ACOMPANHAMENTO DA DESCARACTERIZAÇÃO:

- RELATÓRIOS BARRAGEM B1 IPÊ: páginas 2 a 698
- RELATÓRIOS BARRAGEM B1 AUXILIAR: páginas 699 a 1.527
- RELATÓRIOS BARRAGEM B2 TICO-TICO: páginas 1.528 a 2.411



- FEVEREIRO DE 2025
  17_IPE.OP.RL.8000.GT.20.1131_r0_B1 Ipe

- NOVEMBRO DE 2024
  16_IPE.OP.RL.8000.GT.20.1061_r0_B1 Ipe
  15_MG20243525089_TRI_B1IPE

- AGOSTO DE 2024
  14_IPE.OP.RL.8000.GT.20.1024_r0_B1 Ipe
  13_MG20231866125_ART Proj Exec Descaract B1Ipe
  12_MG20243273955_ART Trim mai jul_B1Ipe

- MAIO DE 2024
  11_IPE.OP.RL.8000.GT.20.960_r0.pdf
  10_MG20231866125_ART Proj Exec Descaract B1Ipe
  09_MG20243023031_ART B1 Ipe

- FEVEREIRO DE 2024
  08_IPE.OP.RL.8000.GT.20.920_r1
  07_MG20242780500_ART B1 Ipe_Assinada

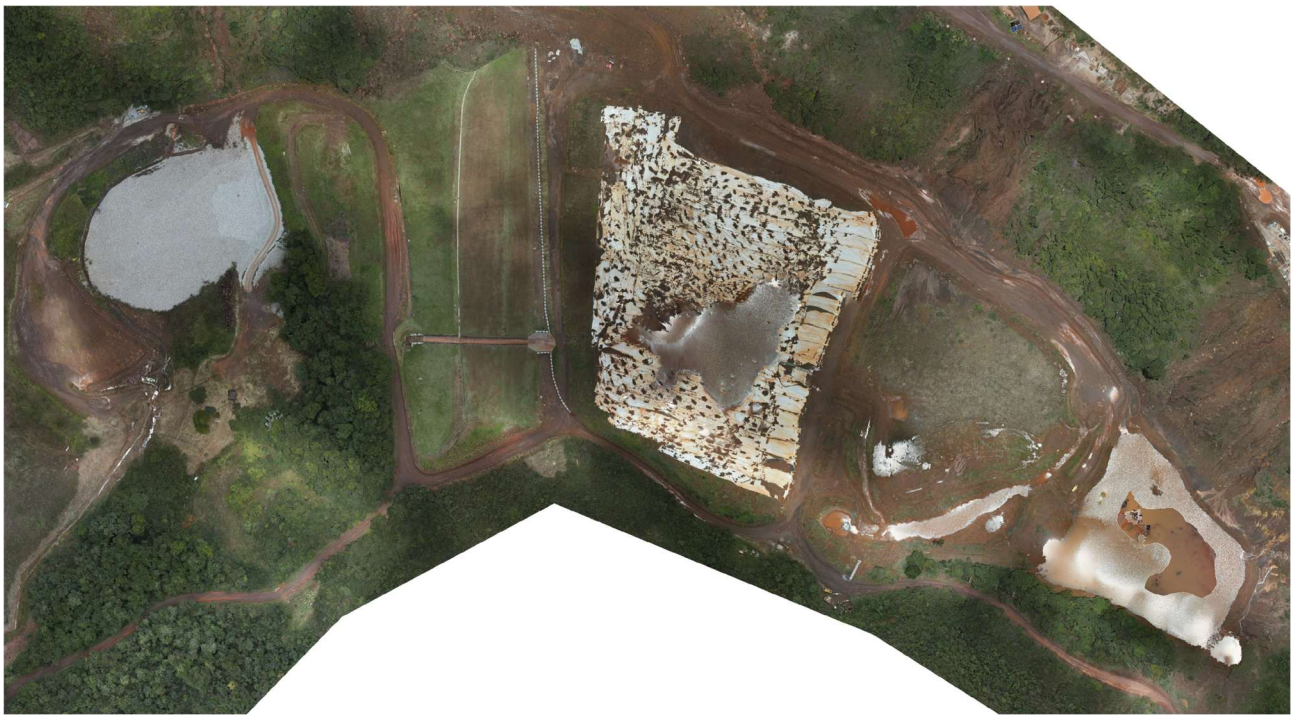
- NOVEMBRO DE 2023
  06_IPE.OP.RL.8000.GT.20.785_r0_B1 IpE_NOV23
  05_MG20232563883_ART B1Ipe_NOV23
  04_MG20231866125_ART Proj Exec Descaract B1Ipe_NOV23

- AGOSTO DE 2023
  03_IPE.OP.RL.8000.GT.20.752_Trimestral_B1_IPE_AGO23

- MAIO DE 2023
  02_IPE.OP.RL.8000.GT.20.697_Trimestral_B1_IPE_MAI23

- FEVEREIRO DE 2023
  01_IPE.OP_.RL_.8000.GT_.20.658_B1_IPE_FEV23

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12825-R-BA-RL-34-GE_r0

FEVEREIRO 2025

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12825-R-BA-RL-34-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.1131

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00				
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X					26	X					51	X					76	X				
2	X					27	X					52	X					77	X				
3	X					28	X					53	X					78	X				
4	X					29	X					54	X					79	X				
5	X					30	X					55	X					80	X				
6	X					31	X					56	X					81	X				
7	X					32	X					57	X					82	X				
8	X					33	X					58	X					83	X				
9	X					34	X					59	X					84	X				
10	X					35	X					60	X					85	X				
11	X					36	X					61	X					86	X				
12	X					37	X					62	X					87	X				
13	X					38	X					63	X					88	X				
14	X					39	X					64	X					89	X				
15	X					40	X					65	X					90	X				
16	X					41	X					66	X					91	X				
17	X					42	X					67	X					92	X				
18	X					43	X					68	X					93	X				
19	X					44	X					69	X					94	X				
20	X					45	X					70	X					95	X				
21	X					46	X					71	X					96	X				
22	X					47	X					72	X					97	X				
23	X					48	X					73	X					98	X				
24	X					49	X					74	X					99	X				
25	X					50	X					75	X					100	X				

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	24/02/2025						
EXECUTADO	GFL						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12825-R-BA-RL-34-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.1131

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc						Rev doc						Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
101	X					126						151						176					
102	X					127						152						177					
103	X					128						153						178					
104	X					129						154						179					
105	X					130						155						180					
106	X					131						156						181					
107	X					132						157						182					
108	X					133						158						183					
109	X					134						159						184					
110	X					135						160						185					
111	X					136						161						186					
112	X					137						162						187					
113	X					138						163						188					
114	X					139						164						189					
115	X					140						165						190					
116	X					141						166						191					
117	X					142						167						192					
118						143						168						193					
119						144						169						194					
120						145						170						195					
121						146						171						196					
122						147						172						197					
123						148						173						198					
124						149						174						199					
125						150						175						200					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	24/02/2025						
EXECUTADO	GFL						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

SUMÁRIO

1. Introdução 5
2. Documentos de referência 6
3. Códigos e Normas 7
4. Ficha Técnica do Empreendimento 8
4.1 Identificação do Empreendedor 8
4.2 Identificação do Empreendimento 8
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 8
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 8
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 8
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.8 Localização da Barragem 9
4.9 Função atual 10
4.10 Características Gerais 11
4.11 Classificação da Barragem 15
5. Projeto de Descaracterização 20
5.1 Descrição do Projeto 21
5.2 Alterações de Projeto 26
5.3 Atividades Preparatórias 26
5.3.1 Poços de Rebaixamento 26
5.3.2 Sistema de Bombeamento no Reservatório 28
5.3.3 Marcos de Monitoramento na Encosta 29
5.3.4 Dispositivos de Monitoramento do Talude da Encosta 31
5.4 Atividades Complementares 32
5.4.1 Instalação de Barreira *New Jersey* 32
5.5 Cronograma 33
5.6 Riscos Geológicos-Geotécnicos 35
5.7 Condição da Estrutura no Período Avaliado 35
5.7.1 Inspeções de Campo 35
5.7.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções 35
5.7.3 Instrumentação Instalada na Barragem 37
5.7.3.1 Leituras da Instrumentação 44
5.7.4 Análise de Estabilidade 79
5.7.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações 79
5.7.4.2 Sismicidade do Local da Barragem 81

5.7.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática 87
5.7.4.4 Parâmetros de Resistência 88
5.7.4.5 Resultados 91
5.8 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 107
5.9 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 107
5.10 Rotina de Monitoramento 109
6. Obras de Descaracterização 110
7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 111
8. Assinaturas 116
9. Anexos 117

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B1 - Mina Ipê**, referente ao trimestre compreendido entre Novembro/2024 e Janeiro/2025, elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê, o qual foi emitido em fevereiro de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

Apesar de o projeto executivo ter sido emitido em fevereiro de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê não foram iniciadas até o momento.

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.652_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco – Não-drenado. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2024.
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1007_r1 – Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragem – Barragem B1 Ipê – Mina Ipê – FEAM – 2º Semestre de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Agosto/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.558_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.559_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.560_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.641_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Especificação Técnica. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.642_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.652_r2 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.679_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784/2019 - Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2024 – Estabelece os requisitos para elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reserva de água.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

4.8 Localização da Barragem

A Barragem B1 – Mina Ipê localiza-se no vale do córrego Quéias, no município de Brumadinho-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 572.390m E e 7.775.120m N, próximo do alto da Serra das Farofas. O acesso é realizado pelo trevo imediatamente após o km 520 da rodovia Fernão Dias (BR-381), à margem direita no sentido sul (BH-SP).

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

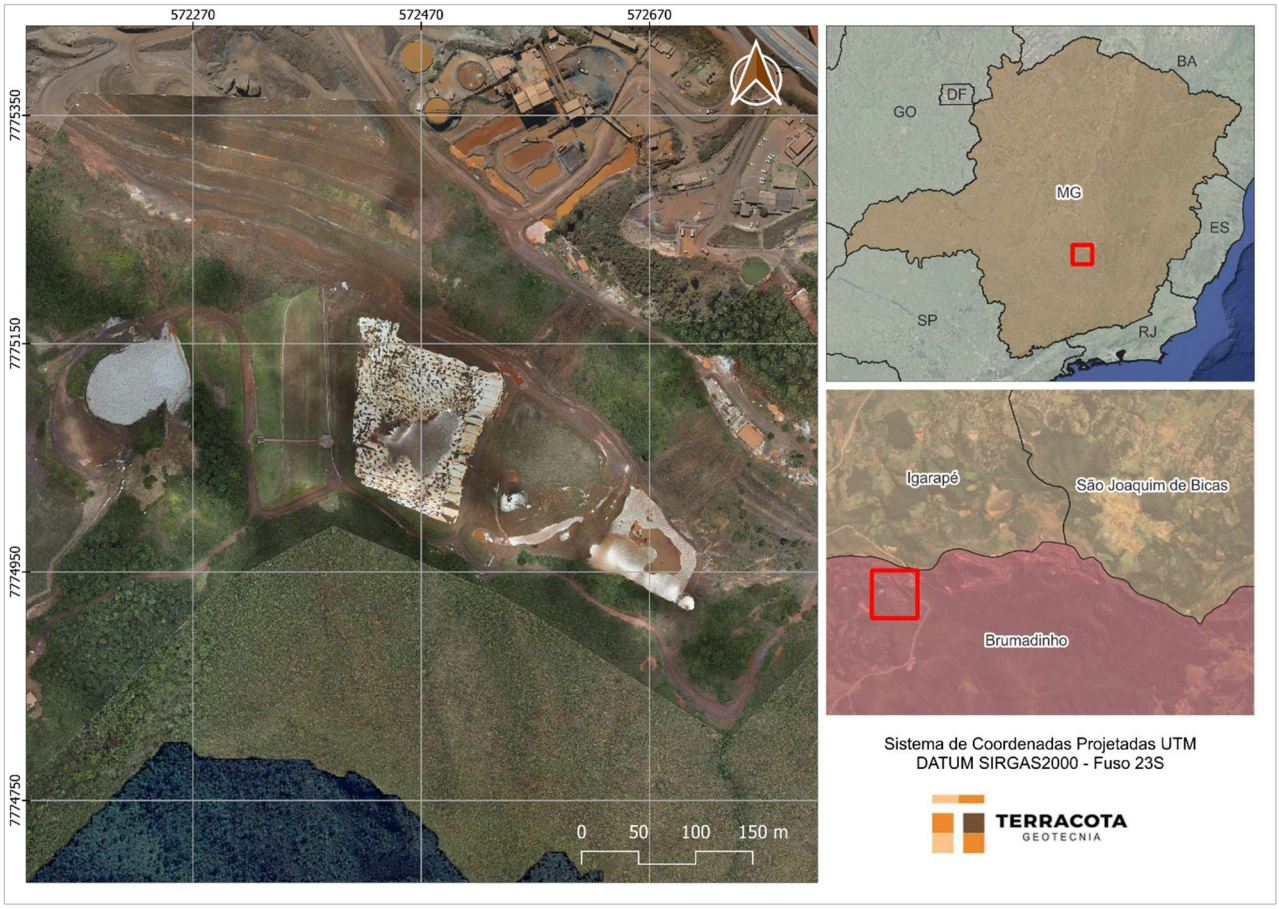


Figura 4.1 – Localização da Barragem B1 – Mina Ipê.

4.9 Função atual

As funções da barragem englobaram a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro da Mina Ipê, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como de Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte, conforme amostragem e ensaios de solubilização e de lixiviação realizados pela empresa Terra Consultoria e Análises Ambientais Ltda. e apresentados nos Relatórios de Ensaios nº 7963/2021, 7971/2021, 7979/2021, 7987/2021 e 7995/2021.

Em virtude da exaustão da capacidade de acumulação da bacia da barragem e da necessidade operacional de se criar espaços para a disposição de rejeitos, a partir do último trimestre de 2010 até dezembro de 2017, foram realizadas operações de retomada ("lavra") do rejeito disposto hidraulicamente e transportados e empilhados mecanicamente. Para tanto, o reservatório foi subdividido em baias de forma a não paralisar as operações sendo que enquanto o lançamento era realizado em uma porção, o rejeito era retomado na outra. O lançamento de rejeitos foi paralisado em dezembro de 2017, operando, desde então, basicamente na retenção de sedimentos exógenos e no amortecimento de cheias provenientes de sua bacia de contribuição. Atualmente a estrutura vem sendo preparada para entrar em processo de descaracterização.

4.10 Características Gerais

A Barragem B1 – Mina Ipê foi construída em 3 (três) etapas, sendo o maciço inicial na El. 1.031,00 m, o primeiro alteamento a montante na El. 1.051,00 m, e o segundo alteamento na El. 1.057,89 m construído em direção a jusante, porém sobre o maciço do primeiro alteamento. Em todas as etapas, foi utilizado rejeito compactado para construção dos respectivos maciços.

Até meados de 2021 a estrutura era considerada como alteada pelo método de jusante, até serem apreciadas as informações contidas no relatório técnico do segundo alteamento, documento R_033_92 elaborado pelo Engenheiro Consultor José Jaime Rodrigues Branco. No referido documento, o autor descreve a execução de um maciço drenante lançado a jusante, a partir do qual a barragem apresentaria condição de estabilidade adequada para realização de sucessivos alteamentos para direção de montante, conforme trecho a seguir retirado do relatório mencionado:

> *"Inicialmente será restaurada a barragem existente com a construção de um maciço drenante lançado para jusante formando um pé para estabilização do maciço atual... [...]*
> *Esta estabilização permitirá a elevação sucessiva de crista da barragem para montante com condições de drenagens e taludes adequadamente dimensionados, de maneira a se manter um fator de segurança para a completa estabilidade do novo maciço... [...] Esta barragem está praticamente toda assoreada com rejeito. Sobre o assoreamento foi projetada a elevação da crista para montante até a cota 556,0 com uma banqueta de 10,0 m de altura na cota 536,0, com altura de 23,0 metros..."*

Entre 2020 e 2022 foi realizada uma extensa campanha de sondagens para subsidiar a elaboração do projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê, na qual foi validada a hipótese de o alteamento ter sido construído pelo método de montante.

Entre fevereiro e março de 2023 foi executado um aterro de reforço a jusante da estrutura de forma a atender o fator de segurança requerido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,30).

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.1, sendo as informações existentes atualizadas considerando um levantamento topográfico de setembro de 2020 (BARRAGEM B1 IPÊ_15_10_ATUAL), levantamento topográfico de novembro de 2021 (B1_IPE_16NOV21), o levantamento topográfico do projeto "*As Built*" do segundo alteamento (TOPOGERAL_11082014.dxf), o levantamento topográfico "*As Built*" do aterro de reforço (CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg) e o levantamento topográfico cadastral (CADASTRO_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B1_IPE_21JUN23.dwg).

Na Figura 4.2 é apresentada uma imagem de satélite da estrutura. A Figura 4.3 e Figura 4.4 apresentam o arranjo geral e a seção B-B' de maior altura da barragem.

Tabela 4.1 – Principais características da Barragem B1 – Mina Ipê.
(Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.1007_r1)

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B1 – Mina Ipê
Código FEAM	132
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: - 20° 07'11.300" Longitude: - 44°18'26.900"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	572.390m E / 7.775.120m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	~1991
Ano de Início de Operação	~1991
Ano de Término de Operação	2017
Ano de Término de Descaracterização	2026 (previsão)
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (projeto)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total (m³)	1.236.370 (*)
Volume do reservatório (m³)	943.579 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	786.359
Área do reservatório (m²)	51.226
Elevação mínima do coroamento (m)	1.057,89
Elevação do terreno natural no pé do barramento (m)	1.002,10
Altura atual da barragem (m)	55,79
Extensão do coroamento (m)	176,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, no mínimo 3,0
Inclinação geral do talude jusante	2,55H:1V (21,4º)
Alteamentos realizados e seus métodos empregados	2 alteamentos a montante (**)
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.057,39 / 1.057,07 (***)
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.057,86 / 1.057,50 (***)
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,50 / 0,82 (***) e 1,43 (****)
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,03 / 0,39 (***) e 1,00 (****)
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	6,72 / 3,22 (***)
Descarga do vertedouro (PMP) (m³/s)	14,33 / 8,50 (***)
Capacidade de Descarga do vertedouro (m³/s)	15,00
Área da bacia de contribuição (km²)	0,51

(*) Volumes atualizados a partir das superfícies resultantes da nova interpretação geológica elaborada pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos hídricos e levantamento topográfico de novembro de 2021 acrescido de 31.705 m³ referente ao aterro de reforço;
(**) O maciço do segundo alteamento foi construído no sentido para jusante, porém é uma ampliação do maciço do 1º alteamento, executado pelo método de montante.
(***) Valores obtidos considerando que todo o volume livre estaria disponível para a passagem do trânsito de cheias.
(****) Valores considerando o topo da barreira New Jersey implantada na elevação mínima 1.058,50 m.

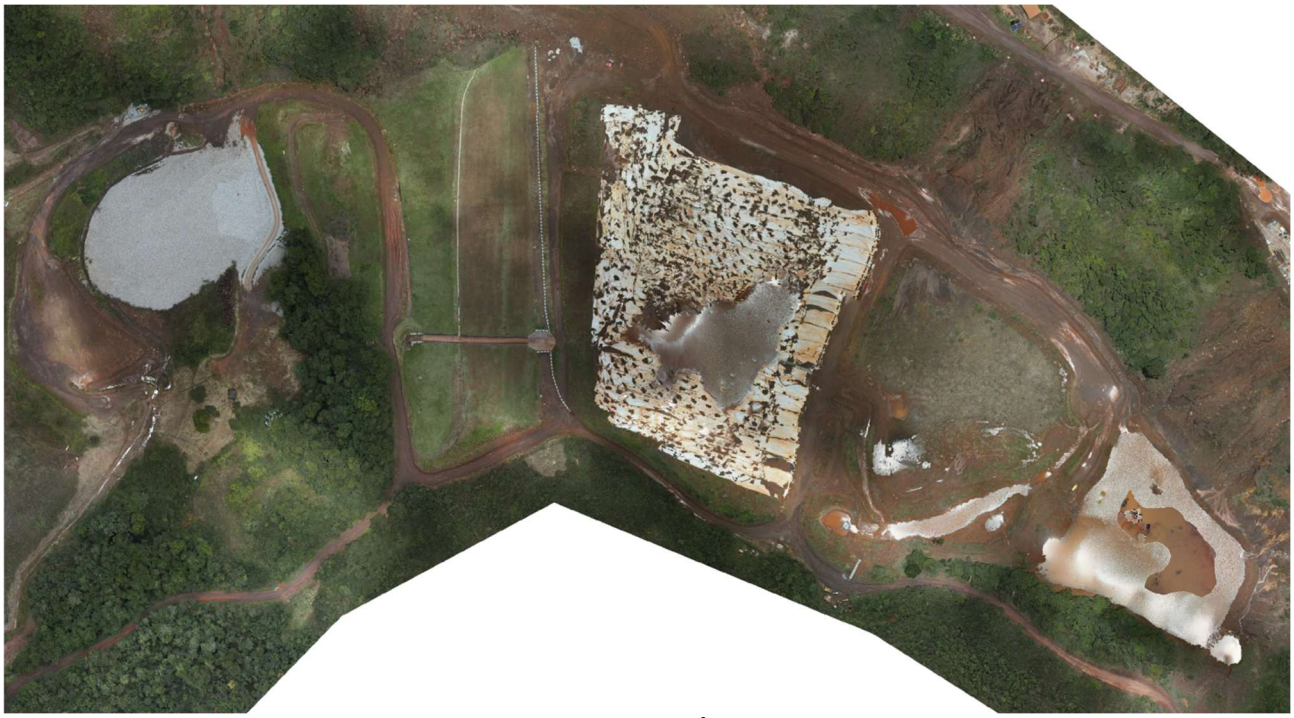


Figura 4.2 – Imagem da Barragem B1 – Mina Ipê. (Fonte: Ortofoto MMI – Janeiro/2025).

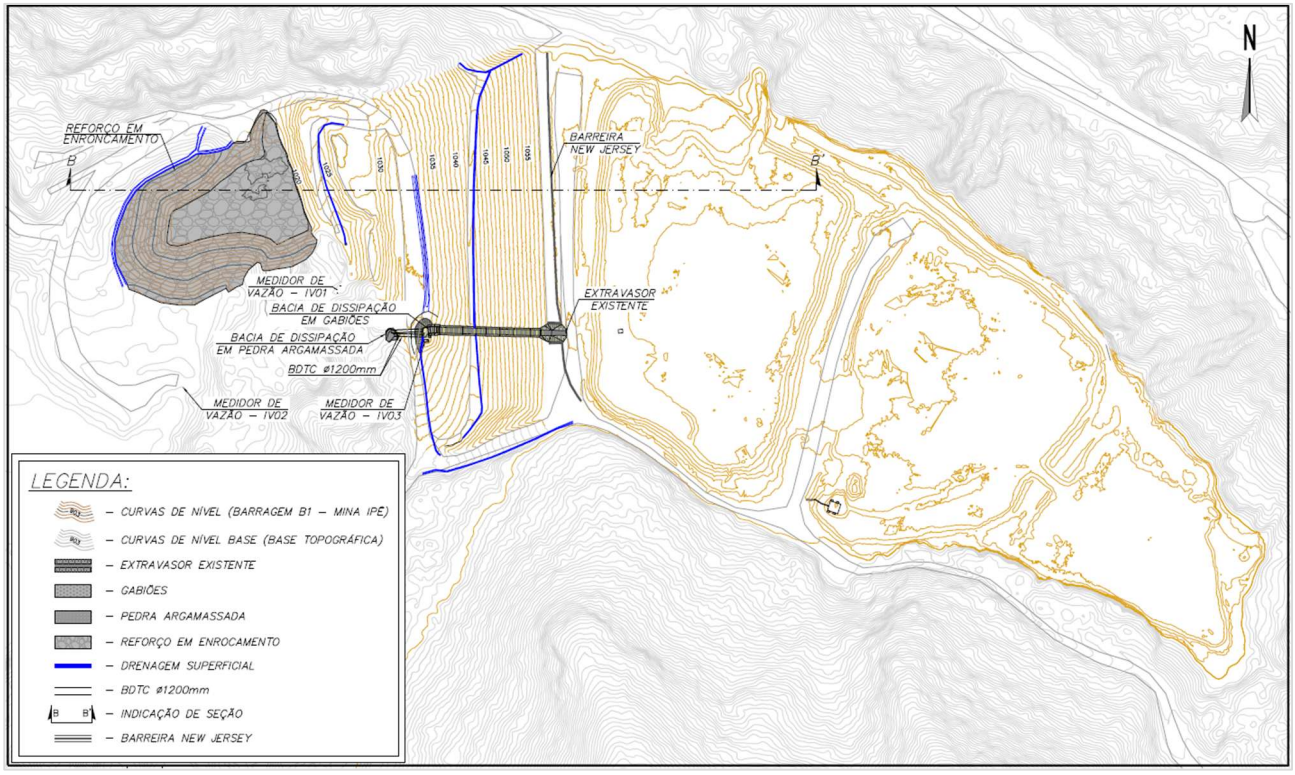


Figura 4.3 – Arranjo Geral atual da Barragem B1 – Mina Ipê.

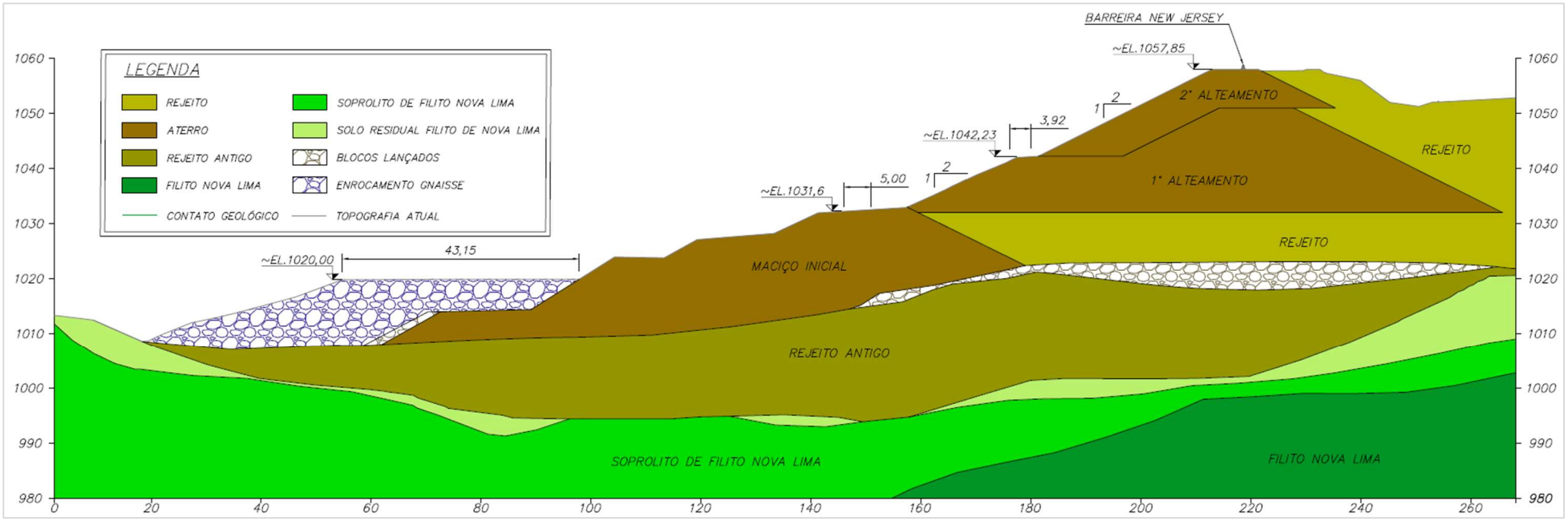


Figura 4.4 – Seção de maior altura B-B' da Barragem B1 – Mina Ipê.

4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B1 – Mina Ipê** foi classificada, conforme RTESB referente ao 2º semestre/2024 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1007), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.2 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	15
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**15**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.3 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	1
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**19**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.4 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.5 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	**50m< Comprimento <200m (1)**	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	200m≤ Comprimento ≤600m (2)	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 15				

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 0				

Tabela 4.8 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	**BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)**
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanen-temente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de insta-lações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO (Existe alta concentração de instalações residen-ciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
PDA = Σ (a até d) = 19			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de remoção completa dos rejeitos dispostos no reservatório, além dos maciços, tanto o maciço inicial quanto os alteamentos realizados e do aterro de reforço, de forma a retornar o vale a uma condição próxima a original;
- O projeto considera a utilização de poço de rebaixamento instalado a jusante da barragem para o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis na fundação antes do início das obras e que esta condição será mantida e monitorada durante os trabalhos de forma a atender os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado liquefeito (FS≥1,1) em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização;
- O atendimento à premissa anterior considera que a barragem trabalhará em condições drenadas, dessa forma não haverá necessidade de se adotar uma Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ);
- O projeto de descaracterização foi concebido para ser executado em duas etapas macro de remoção (dois anos/ciclos), sendo a primeira com remoção dos rejeitos do reservatório até a elevação 1.043,0 m e rebaixamento do maciço da barragem para a elevação 1.046,50 m e a segunda concluindo a remoção completa na elevação 1.001,0 m;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos. Mesmo assim, o projeto contempla a escavação no rejeito de *sumps* provisórios no interior do próprio reservatório, para direcionamento dos fluxos de água de chuvas eventuais a serem bombeados para a planta de processo. Essas estruturas serão realocadas a medida do avanço do rebaixamento do rejeito;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada em camadas de espessura média de 2,0 m, que poderá ser ajustada em campo, condicionada à capacidade de suporte do material. Caso necessário, serão executadas valas drenantes para deságue do rejeito saturado com o objetivo de garantir condições de segurança e operação para trafegabilidade dos equipamentos durante a atividade de lavra. Nos casos em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro com rejeito seco (aterro de conquista) de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;
- O volume total geométrico de remoção previsto, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.100.789 m³;

- Deverá ser realizada a recomposição vegetal da área do terreno natural exposta pelas escavações após remoção dos rejeitos e maciços, com utilização de materiais apropriados. Conforme item 3.6 da TR de Descaracterização da FEAM, a técnica será determinada com embasamento no diagnóstico da área pós-descaracterização à medida que avançam as obras e se tenha as reais condições da superfície exposta com objetivo final de reintrodução da área ao contexto da paisagem local;
- Será proposta uma proteção na calha do fundo do vale com blocos de enrocamento onde se espera que haja fluxo de água, de forma a proteger o local contra erosão.

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê é composto por 02 (duas) etapas macro, conforme descrito no relatório do projeto (IPE.OP.RL.8000.GT.20.560), contemplando as escavações dos rejeitos dispostos no reservatório até a elevação 1.043,0 m e o rebaixamento dos maciços dos alteamentos até a elevação 1.046,50 m, apresentada como Etapa 1, e a remoção do restante dos rejeitos dispostos no reservatório, dos maciços de alteamentos e maciço inicial, dos rejeitos existentes na fundação (rejeito antigo), além da remoção do reforço em enrocamento a jusante e utilização do material como revestimento do canal e *sump*, compreendidos na Etapa 2.

A execução da obra está prevista para ser realizada em duas etapas macro, sendo que a adequação do sistema extravasor faz a divisão entre essas etapas. Para cada etapa será realizada a remoção dos seguintes volumes de materiais:

<u>Etapa 1</u>

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 447.562.m^3;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 57.650.m^3.

<u>Etapa 2</u>

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 226.600.m^3;
- Volume de blocos a serem removidos da fundação: 14.210.m^3;
- Volume de blocos a serem removidos do aterro de reforço a jusante: 31.705 m^3;
- Volume de "rejeitos antigos" a serem removidos da fundação: 99.000.m^3;[1]
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 224.062.m^3.

[1] Neste volume estão considerados os volumes de escavação do *sump* e do canal de drenagem a ser implantado após as escavações de remoção do rejeito.

Com base na taxa de escavação média aproximada entre 2.800 e 3.100 m³ por dia, fornecida pela MMI, cada etapa está prevista para ser executada em um período seco (6 meses, de maio a outubro), podendo ser estendido em função do regime de chuvas.

Os taludes de escavação terão inclinação de 1V:3H, quando for executado em rejeito disposto no reservatório, e 1V:2H, quando resultantes das escavações em rejeito dos maciços compactados. A Figura 5.1 apresenta o resumo da sequência construtiva de remoção do rejeito em camadas.

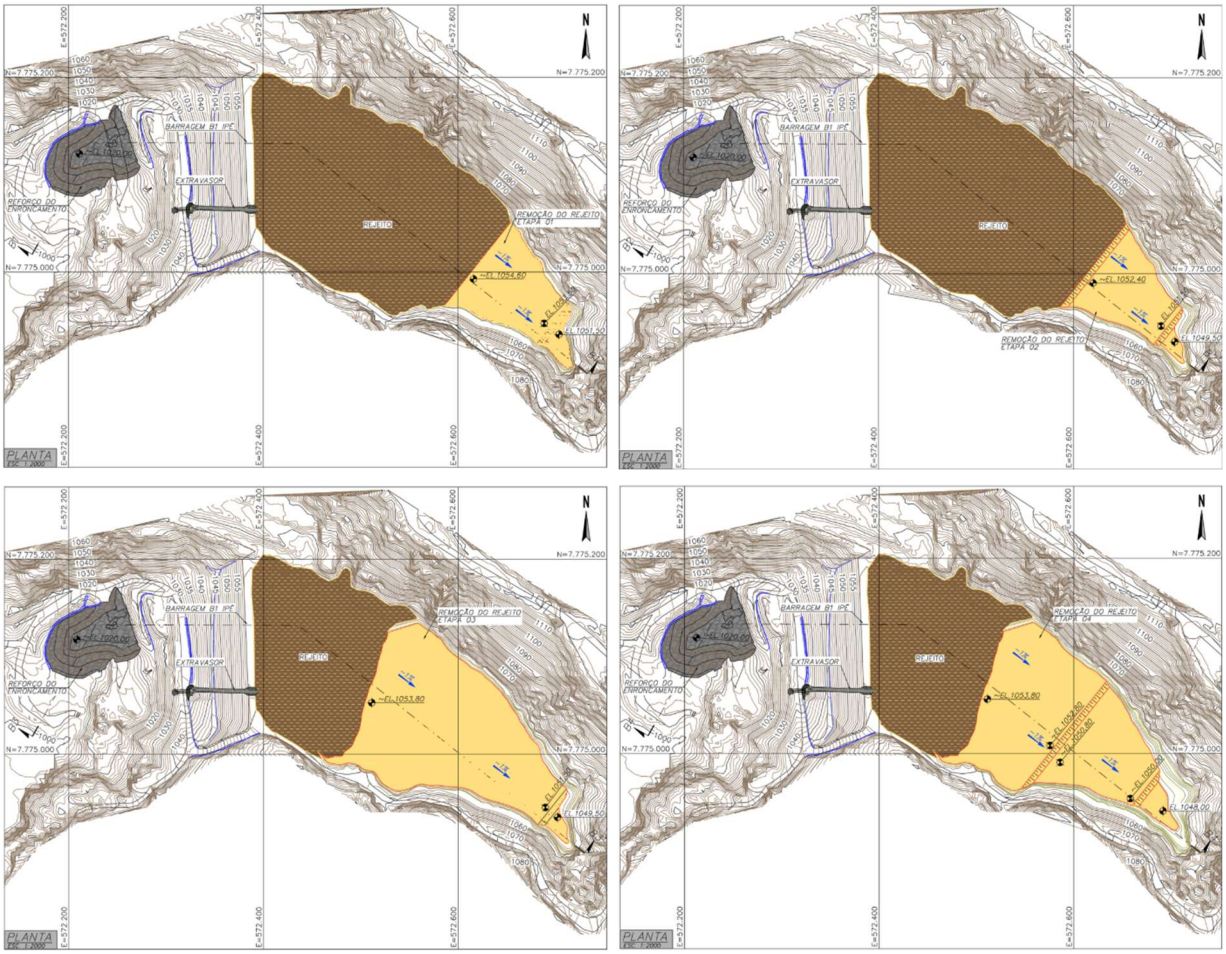


Figura 5.1 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente às quatro primeiras etapas.

Ao término das obras, com a remoção completa dos rejeitos, a área do espaldar da barragem e do reservatório se encontrará conformada em uma condição próxima à original e com o vale protegido com blocos de enrocamento como forma de controle de erosões.

Também faz parte das obras a adequação do sistema extravasor, na etapa de remoção intermediária da barragem, com coroamento do maciço na elevação 1.046,50 m e soleira do extravasor na elevação 1.043,50 m.

A execução das obras deverá cumprir com as diretrizes apresentadas na especificação técnica, nos desenhos de projeto e no relatório técnico do projeto executivo. Ressalta-se que as especificações detalhadas neste documento poderão ser ajustadas conforme experiência adquirida em campo durante a execução das obras, desde que aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

Durante a execução de todas as fases deverá ser realizada a remoção e limpeza dos rejeitos do reservatório e alteamentos / maciços até o terreno natural nos encontros com as ombreiras.
As áreas expostas do terreno natural deverão receber recomposição vegetal como forma de proteção contra erosões/ravinamento, sendo que o talvegue remanescente no meio do vale deverá receber proteção com enrocamentos.

O volume a ser escavado de rejeitos no reservatório será de aproximadamente 674.000 m³. O volume a ser escavado de aterros compactados dos alteamentos e do maciço inicial da barragem, também executados com rejeitos, será de aproximadamente 282.000 m³. As obras também envolvem a escavação de blocos lançados e os rejeitos antigos da fundação com volumes em torno de 14.000 m³ e 99.000 m³, respectivamente. Também serão removidos 31.705 m³ de blocos do aterro de reforço a jusante da estrutura que será utilizado no revestimento do *sump* e canal de drenagem a serem implantados após a remoção da estrutura. A soma de todos os materiais a serem removidos durante as obras de descaracterização totalizam aproximadamente 1.101.000 m³.

A seguir são apresentadas figuras representativas das etapas de execução do projeto de descaracterização.

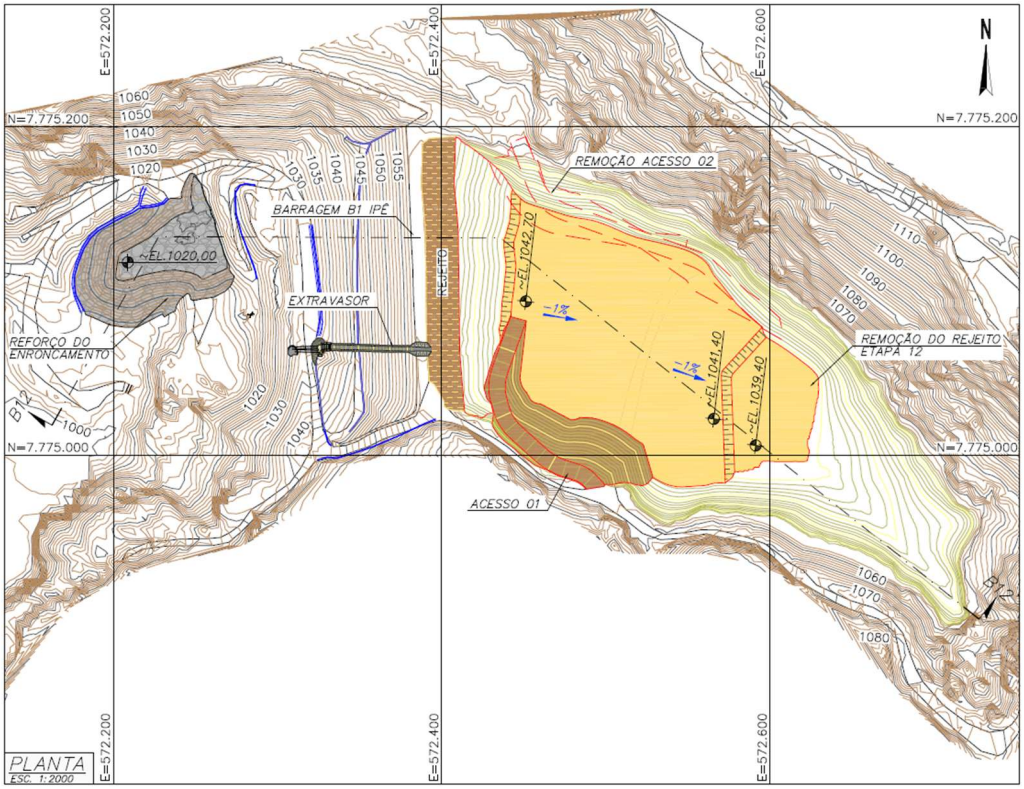


Figura 5.2 – Etapa 12 – Remoção do rejeito do reservatório sem escavação do maciço.

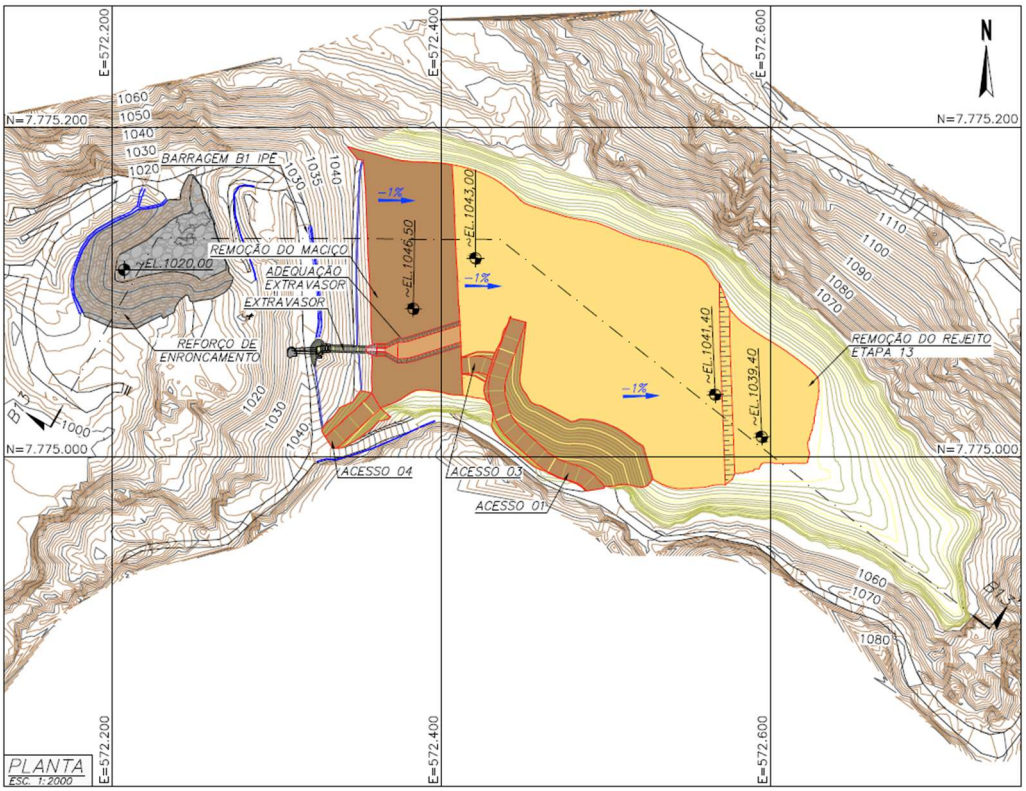


Figura 5.3 – Etapa 13 – Escavação do maciço e implantação de novo sistema extravasor.

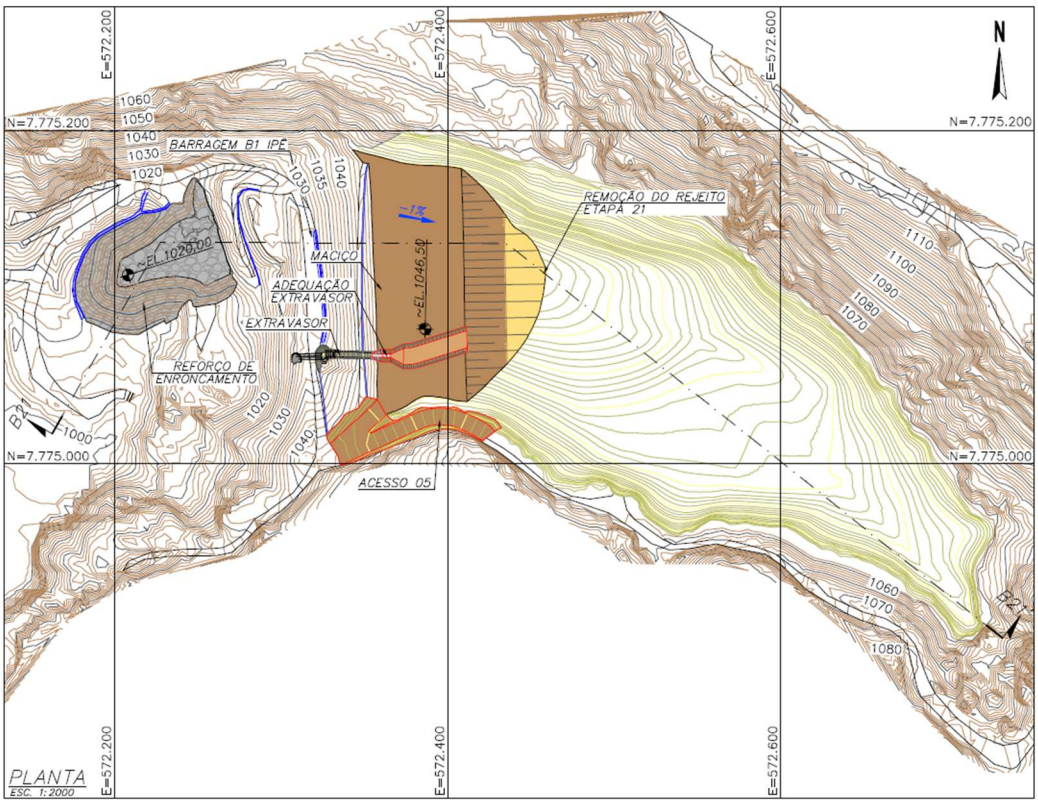


Figura 5.4 – Etapa 21 – Início da escavação do restante dos maciços e do rejeito antigo e a conformação do fundo do vale.

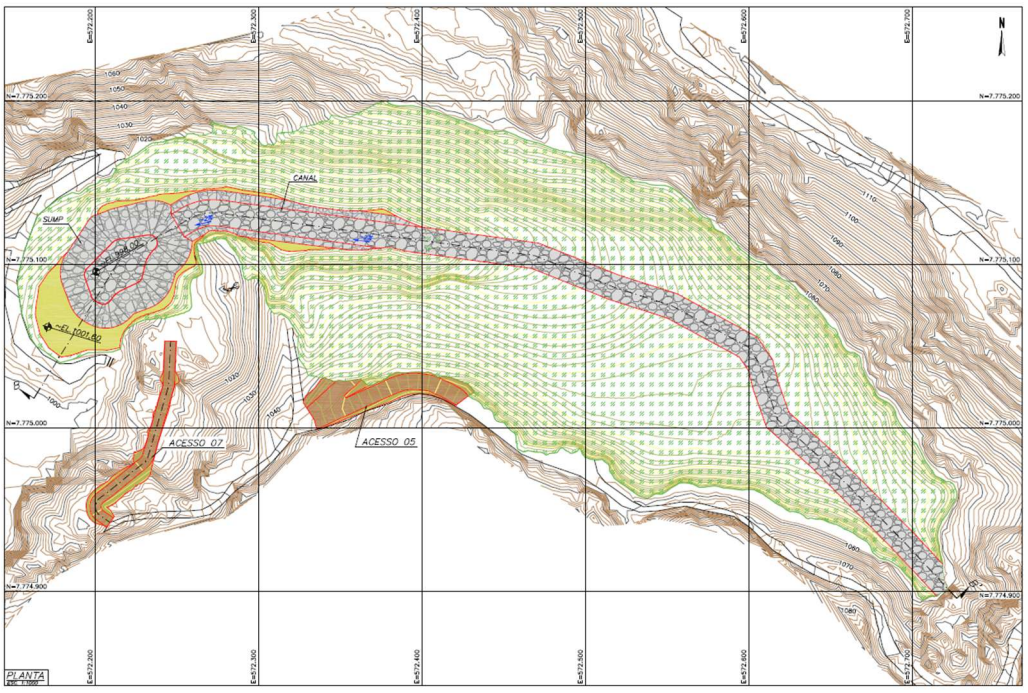


Figura 5.5 – Arranjo geral após a finalização das obras.

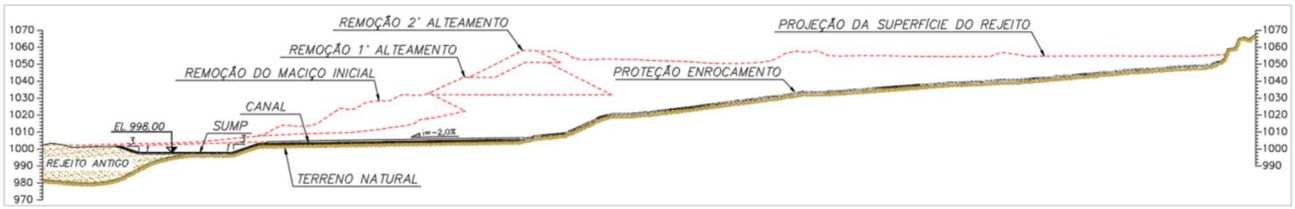


Figura 5.6 – Seção transversal passando pelo vale após a finalização das obras.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização.

5.3 Atividades Preparatórias

A seguir são apresentadas as atividades preparatórias para início da obra de descaracterização executadas durante o período avaliado.

5.3.1 Poços de Rebaixamento

Como premissa do projeto de descaracterização da Barragem B1- Mina Ipê, o nível freático deve estar abaixo da camada de rejeito contrátil presente na fundação da barragem. Para atingir este objetivo, foi executado pela empresa Master Poços, na 1ª quinzena de abril de 2023, um poço de bombeamento (PT-01) com aproximadamente 176 m de profundidade, para rebaixamento do lençol freático local. Foi realizada a instalação da bomba (Motobomba Leão S65-10 600 – 35 CV - 440 Trifásica) e o teste de bombeamento foi executado entre os dias 29/09/2023 e 24/10/2023 enviando a água para dois tanques metálicos. Posteriormente esta água era enviada para a usina através de uma bomba BA13, operando 24 hrs/dia com vazão de 60 m³/h. Na 1ª quinzena de abril de 2024, a MMI realizou um teste para avaliar a vazão que é possível bombear do poço de rebaixamento (PT-01), alterando o direcionamento da água para o extravasor da Barragem B1A Emicon, localizada a jusante da Barragem B1 – Mina Ipê. A partir da 2ª quinzena de abril, manteve-se o bombeamento para jusante.

No período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025) a bomba do poço PT-01 esteve em operação contínua com direcionamento da água para jusante da estrutura, com deságue na canaleta que conduz o fluxo até o extravasor da Barragem B1A Emicon.



Foto 5.1 – Vista do poço de bombeamento PT-01.



Foto 5.2 – Vista dos tanques e bomba BA13.

Após a conclusão do estudo hidrogeológico realizado pela Water Services (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.946), verificou-se a necessidade de implantação de um novo poço de rebaixamento para que seja possível atingir o nível freático desejado e assim sejam iniciadas as obras de descaracterização.

Dessa forma, no dia 30/04/2024 foi iniciada a instalação de um poço de rebaixamento complementar (PT-02) a jusante da estrutura pela empresa Mendonça Poços Ltda., sendo finalizado no dia 01/05/2024, com 180 metros de profundidade. No dia 14/05/24 foram concluídos os testes de 24h de bombeamento do poço, resultando numa vazão de 23 m³/h. Na 1ª quinzena de junho, a MMI realizou a instalação da bomba provisória no poço PT-02. Na 1ª quinzena de julho/2024, fez-se a instalação da bomba definitiva no poço PT-02. No período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025) a bomba do poço PT-02 esteve em operação, direcionando o fluxo também para o extravasor da Barragem B1A Emicon.



Foto 5.3 – Vista do poço – PT-02.



Foto 5.4 – Vista do direcionamento do fluxo dos poços para o extravasor da Barragem B1A Emicon.

A localização dos dois poços de bombeamento é apresentada na Figura 5.7.



Figura 5.7 – Localização dos poços de bombeamento - Barragem B1 – Mina Ipê.

5.3.2 Sistema de Bombeamento no Reservatório

Como parte da premissa de manter o reservatório sempre seco, é mantida uma bomba modelo *flygt* com sensor automático de ativação na baia intermediária (Foto 5.5), de modo a reduzir a infiltração e o tempo de formação de lago dentro do reservatório.



Foto 5.5 – Sistema de bombeamento localizado na baia intermediária.

Por conta do início do período chuvoso, de modo a não permitir o acúmulo de água no reservatório, foi instalada uma bomba modelo ITU-66S10 (Foto 5.6) na baia de jusante e uma bomba modelo ASB750 (Foto 5.7) na baía de montante, as quais direcionam os fluxos para a baia intermediária, que a partir dali são bombeados para jusante e lançados no canal extravasor da Barragem B1A Emicon.



Foto 5.6 – Sistema de bombeamento localizado na baia de jusante.



Foto 5.7 – Sistema de bombeamento localizado na baia de montante.

Durante as obras de descaracterização, um sistema de bombeamento similar ao localizado na baia intermediária (Foto 5.5) será mantido no *sump* operacional de cada fase de escavação.

5.3.3 Marcos de Monitoramento na Encosta

Em junho/2024, 26 marcos de deslocamento foram instalados e cadastrados no topo do talude da encosta na margem direita do reservatório, para que sejam aferidos possíveis deslocamentos na região. A seguir são apresentadas imagens do marco de deslocamento instalado na encosta (Foto 5.8) e do marco de referência para realização das leituras (Foto 5.9), este instalado na ombreira esquerda, próximo aos tanques de transferência do fluxo do poço de rebaixamento.



Foto 5.8 – Marco de deslocamento instalado na encosta.



Foto 5.9 – Marco de referência para realização das leituras.

Na Tabela 5.1 e Figura 5.8 são apresentadas as localizações dos marcos que foram disponibilizados os dados cadastrais.

Tabela 5.1 – Dados Cadastrais dos Marcos de Monitoramento da Encosta

TIPO	INSTRUMENTO	COORDENADAS DE INSTALAÇÃO (SIRGAS2000)		
		E	N	ELEVAÇÃO (m)
Marco de Referência	MERG_001	572.379,861	7.775.189,402	1.058,058
	MMI 0012	572.497,107	7.774.969,586	1.059,408
Marco de Monitoramento	MS-01	572.501,185	7.775.285,062	1.111,075
	MS-02	572.510,454	7.775.270,905	1.108,834
	MS-03	572.539,291	7.775.250,290	1.113,207
	MS-04	572.545,451	7.775.231,350	1.113,277
	MS-05	572.560,371	7.775.219,382	1.113,358
	MS-06	572.574,217	7.775.209,786	1.113,338
	MS-07	572.586,483	7.775.203,938	1.112,945
	MS-08	572.602,236	7.775.194,921	1.114,178
	MS-09	572.617,799	7.775.184,417	1.114,738
	MS-10	572.631,276	7.775.176,191	1.114,803
	MS-11	572.642,056	7.775.168,421	1.115,835
	MS-12	572.654,510	7.775.162,088	1.115,575
	MS-13	572.672,417	7.775.150,373	1.113,216
	MS-14	572.700,196	7.775.135,854	1.113,988
	MS-15	572.712,297	7.775.117,090	1.115,274
	MS-16	572.721,913	7.775.102,571	1.114,645
	MS-17	572.729,425	7.775.088,084	1.114,616
	MS-18	572.744,434	7.775.064,353	1.113,444
	MS-19	572.759,405	7.775.051,041	1.113,068
	MS-20	572.852,048	7.774.985,606	1.106,282
	MS-21	572.858,058	7.774.971,766	1.105,832
	MS-22	572.824,757	7.774.984,246	1.095,031
	MS-23	572.802,075	7.775.004,861	1.102,239
	MS-24	572.788,182	7.775.016,900	1.104,700
	MS-25	572.774,095	7.775.024,654	1.104,655
	MS-26	572.760,554	7.775.036,159	1.105,957



Figura 5.8 – Localização dos marcos de monitoramento da encosta na margem direita do reservatório da Barragem B1 – Mina Ipê.

5.3.4 Dispositivos de Monitoramento do Talude da Encosta

Em julho de 2024, foi realizada a instalação de um dispositivo de monitoramento chamado câmera DEFOX, de modo a verificar possíveis deslocamentos no talude na margem direita do reservatório. Tal dispositivo, de acordo com a MMI, realizava a captura de imagens de alta qualidade e eram enviadas para o servidor da GEOPREVENT onde eram realizadas análises de deformações baseadas em uma comparação das imagens obtidas. Após um período de testes, tal dispositivo foi removido na primeira quinzena de setembro de 2024.



Foto 5.10 – Visão da câmera DEFOX.



Foto 5.11 – Detalhe da câmera DEFOX.

A MMI informou que está em processo de contratação de outra tecnologia para o monitoramento da encosta, chamado ALTAVE. Tal solução consiste em um sistema de câmeras de alta definição que faz a coleta de imagens da região a ser monitorada, os dados são processados pelo software de inteligência artificial (IA Altave Harpia) que faz a leitura das imagens e emite alertas de possíveis perigos em tempo real.



Figura 5.9 – Imagem ilustrativa do software Altave.

5.4 Atividades Complementares

A seguir são apresentadas algumas atividades executadas no período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025), não relacionadas diretamente ao projeto de descaracterização, que foram realizadas de modo a melhorar a condição da estrutura e atender recomendações apresentadas em relatórios de auditoria.

5.4.1 Instalação de Barreira *New Jersey*

Na 1ª quinzena de outubro/2024, foi iniciada a implantação de barreira rígida do tipo *New Jersey* no coroamento da estrutura, de modo a atender recomendação presente na auditoria referente ao 2º semestre/2024 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1007). Tal recomendação foi indicada de modo a melhorar a segurança hidráulica e garantir uma borda livre mínima de 1,00 m, conforme preconiza as boas práticas de engenharia e a norma ABNT NBR 13.028/2024, para estruturas cujo mapa de inundação contemple a existência de comunidade na ZAS.

Foram adquiridas barreiras pré-moldadas em concreto (fck = 25 MPa) nas dimensões: 81 cm (altura) x 61 cm (largura) x 200 cm (comprimento). Na 2ª quinzena de novembro de 2024, pôde-se observar a conclusão da instalação das barreiras no coroamento da estrutura, com a aplicação de manta cimentícia no contato entre as peças pré-moldadas.



Foto 5.12 – Vista da crista com a implantação das barreiras *New Jersey*.



Foto 5.13 – Detalhe da barreira *New Jersey.*

5.5 Cronograma

Na Figura 5.10 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê considerando desde os serviços preliminares e as obras de descaracterização propriamente dito.

Ressalta-se que foi considerada a operação dos poços de rebaixamento durante todas as etapas de descaracterização (remoção da barragem). O sistema somente poderá ser desligado se o fator de segurança para o carregamento não drenado liquefeito tenha atingido o valor de 1,1 exigido pela TR FEAM e se mantenha nesta condição mesmo sem a operação desse poço. Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.

Id	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1	1	DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B1 - MINA IPÊ	1371 dias	Seg 02/10/23	Seg 01/01/29
2	1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	822 dias	Seg 02/10/23	Ter 24/11/26
3	1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	14 dias	Seg 03/03/25	Qui 20/03/25
4	1.1.2	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	7 dias	Sex 21/03/25	Seg 31/03/25
5	1.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	7 dias	Sex 21/03/25	Seg 31/03/25
6	1.1.4	OPERAÇÃO DOS POÇOS DE REBAIXAMENTO PARA REBAIXAMENTO DA SUPERFÍCIE FREATICA	822 dias	Seg 02/10/23	Ter 24/11/26
7	1.2	DESCARACTERIZAÇÃO	431 dias	Ter 01/04/25	Ter 24/11/26
8	1.2.1	FASE 1 - REMOÇÃO PARCIAL DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	70 dias	Ter 01/04/25	Seg 07/07/25
9	1.2.1.1	EXECUÇÃO DE SUMP COM BASE NA ELEVAÇÃO 1.051,50 M	10 dias	Ter 01/04/25	Seg 14/04/25
10	1.2.1.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO ATÉ A ELEVAÇÃO 1.041,40 M	60 dias	Ter 15/04/25	Seg 07/07/25
11	1.2.1.3	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE ATÉ ELEVAÇÃO 1.041,40 M	60 dias	Ter 15/04/25	Seg 07/07/25
12	1.2.2	FASE 2 - PRIMEIRO REBAIXAMENTO DO MACIÇO	70 dias	Ter 08/07/25	Seg 13/10/25
13	1.2.2.1	DEMOLIÇÃO DO EMBOQUE DO CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE	10 dias	Ter 08/07/25	Seg 21/07/25
14	1.2.2.2	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA DESCIDA D'ÁGUA DA OMBREIRA DIREITA	10 dias	Ter 08/07/25	Seg 21/07/25
15	1.2.2.3	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE INSTALADA NA CRISTA DA BARRAGEM	10 dias	Ter 08/07/25	Seg 21/07/25
16	1.2.2.4	ESCAVAÇÃO DO MACIÇO ATÉ ELEVAÇÃO 1.046,00 M	30 dias	Ter 22/07/25	Seg 01/09/25
17	1.2.2.5	CONSTRUÇÃO DE NOVO EMBOQUE PARA O SISTEMA EXRAVASOR LIGADO AO CANAL EXISTENTE	30 dias	Ter 02/09/25	Seg 13/10/25
18	1.2.2.6	REINSTALAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE CONTROLE DA SATURAÇÃO RETIRADOS NA ETAPA 1.2.2.3	30 dias	Ter 02/09/25	Seg 13/10/25
19	1.2.3	FASE 3 - REMOÇÃO DO RESTANTE DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	40 dias	Qua 01/04/26	Ter 26/05/26
20	1.2.3.1	EXECUÇÃO DE SUMP COM BASE NA ELEVAÇÃO 1.037,70 M	10 dias	Qua 01/04/26	Ter 14/04/26
21	1.2.3.2	REMOÇÃO COMPLETA DO REJEITO DO RESERVATÓRIO FORA DA PROJEÇÃO DO 1 º ALTEAMENTO	30 dias	Qua 15/04/26	Ter 26/05/26
22	1.2.3.3	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE ATÉ A COMPLETA REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO FORA DA PROJEÇÃO DO 1º ALTEAMENTO	30 dias	Qua 15/04/26	Ter 26/05/26
23	1.2.4	FASE 4 - REMOÇÃO DO MACIÇO DO 1º ALTEAMENTO	55 dias	Qua 27/05/26	Ter 11/08/26
24	1.2.4.1	DEMOLIÇÃO DO EMBOQUE DO CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE	10 dias	Qua 27/05/26	Ter 09/06/26
25	1.2.4.2	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA DESCIDA D'ÁGUA E CANALETAS EXISTENTES NA BERMA ELEV. 1.041,00 M	10 dias	Qua 27/05/26	Ter 09/06/26
26	1.2.4.3	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE INSTALADA NA CRISTA DA BARRAGEM E NA BERMA ELEV. 1.041,00 M	10 dias	Qua 27/05/26	Ter 09/06/26
27	1.2.4.4	REMOÇÃO DO MACIÇO DO 1º ALTEAMENTO	30 dias	Qua 10/06/26	Ter 21/07/26
28	1.2.4.5	INSTALAÇÃO DE BUEIRO CONECTADO À BACIA DE DISSIPAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR ANTIGO	15 dias	Qua 22/07/26	Ter 11/08/26
29	1.2.5	FASE 5 - REMOÇÃO DO RESTANTE DOS REJEITOS	75 dias	Qua 12/08/26	Ter 24/11/26
30	1.2.5.1	REMOÇÃO DO ATERRO EM BLOCOS DO REFORÇO DE JUSANTE PARA BOTA-ESPERA	15 dias	Qua 12/08/26	Ter 01/09/26
31	1.2.5.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO E DO MACIÇO INICIAL ATÉ A ELEVAÇÃO 1.004,30	30 dias	Qua 02/09/26	Ter 13/10/26
32	1.2.5.3	CONSTRUÇÃO DE SUMP NA REGIÃO DE JUSANTE	15 dias	Qua 14/10/26	Ter 03/11/26
33	1.2.5.4	REVESTIMENTO DO TALVEGUE E SUMP COM ENROCAMENTO	15 dias	Qua 04/11/26	Ter 24/11/26
34	1.2.5.5	PROTEÇÃO DO RESTANTE DA ÁREA DO RESERVATÓRIO ESCAVADO A PARTIR DO PLANTIO DE VEGETAÇÃO	15 dias	Qua 04/11/26	Ter 24/11/26
35	1.3	PÓS-OBRA	549 dias	Qua 25/11/26	Seg 01/01/29
36	1.3.1	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	26 dias	Qua 25/11/26	Qua 30/12/26
37	1.3.2	DESMOBILIZAÇÃO	20 dias	Qui 31/12/26	Qua 27/01/27
38	1.3.3	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	523 dias	Qui 31/12/26	Seg 01/01/29

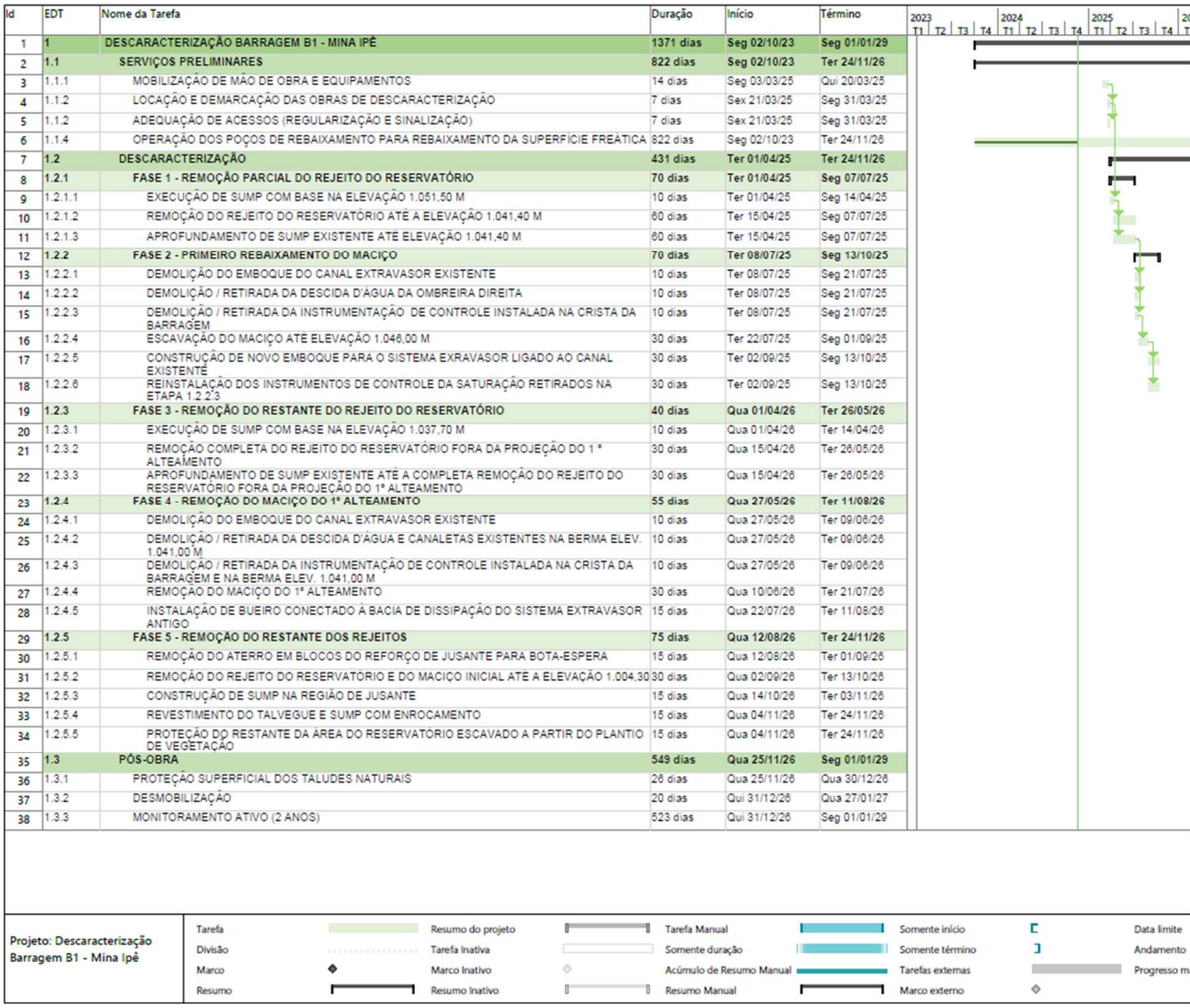


Figura 5.10 – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.

5.6 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Conforme diagnóstico realizado para a estrutura, na condição da freática atual, para a seção B-B' não se atinge os fatores de segurança exigidos para a condição liquefeita. Desta forma, a fim de garantir os fatores de segurança requeridos no Termo de Referência, é premissa do projeto de descaracterização o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis, de modo que estes não trabalhem em condição saturada. Esta medida elimina a possiblidade de ocorrência de carregamentos não drenados, pois uma das condições para tal, é que os materiais classificados como contráteis estejam saturados.

Com relação à encosta natural exposta, poderá haver necessidade de obras estabilizantes pontuais, recuperação de focos erosivos, reaplicação de proteção vegetal etc. Já os taludes de empilhamentos antigos devem receber obras/serviços de estabilização à medida do necessário.

Para monitoramento de deslocamentos, tanto da barragem quanto da encosta existente na ombreira direita, será utilizada instrumentação de controle, existente e a ser instalada, como prismas, estação robótica, radar de superfície, equipamento ALTAVE etc.

5.7 Condição da Estrutura no Período Avaliado

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, aguardando avaliação e aprovação do projeto pela FEAM e empresas parceiras além de o fator de segurança não-drenado liquefeito na seção B-B' estar abaixo do valor mínimo recomendado (1,1) pela TR FEAM de descaracterização. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura no período avaliado em relação: às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

5.7.1 Inspeções de Campo

Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de avaliação quinzenal de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, indicação das anomalias verificadas e análises de estabilidade da estrutura.

5.7.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (novembro/2024 a janeiro/2025).

Tabela 5.2 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B1 – Mina Ipê – 1ª quinzena de nov./2024 a 2ª quinzena de jan./2025.

ID	ANOMALIA	Novembro/2024		Dezembro/2024		Janeiro/2025	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS NO TALUDE DE JUSANTE	-					
06	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NAS CANALETAS LOCALIZADAS NAS BERMAS		-	-	-		
12	PRESENÇA DE ANIMAIS NO MACIÇO						
13	ASSOREAMENTO DA CAIXA DA PLACA INDICADORA DE VAZÃO VERTENTE.	-	-	-	-	-	
19	EROSÃO NO ACESSO A BERMA ELEV. 1.032 M						-
21	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NAS CAIXAS DE PASSAGEM						
24	PONTOS COM ACÚMULO DE ÁGUA NO ACESSO AO PÉ DA BARRAGEM	-	-	-	-		
28	TALUDE SEM PROTEÇÃO VEGETAL E EM PROCESSO EROSIVO NA OMBREIRA PRÓXIMO AO REFORÇO DE ENROCAMENTO						
31	FALHA NO SISTEMA DE ACIONAMENTO AUTOMÁTICO DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO DO RESERVATÓRIO						
32	ACÚMULO DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO						
33	PONTOS COM ACÚMULO DE ÁGUA NA VIA DE ACESSO À BARRAGEM.						
34	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NA SAÍDA DAS GALERIAS DO SISTEMA EXTRAVASOR.						

LEGENDA:

ANOMALIA VERIFICADA | ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO | ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA

ANOMALIA AGRAVADA | ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA

5.7.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle da barragem é composta por 15 (quinze) indicadores de nível d'água, 20 (vinte) piezômetros, dos quais 10 (dez) têm leituras automatizadas, 04 (quatro) marcos superficiais, 03 (três) indicadores de vazão, 02 (dois) sismógrafos e 30 (trinta) prismas com leitura automatizada a partir de estação robótica para controle de deformação, distribuídos em 03 (três) seções transversais de monitoramento.

Os níveis de controle dos indicadores de nível d'água e piezômetros instalados na barragem foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico para o rejeito do reservatório e rejeito antigo da fundação localizados abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível de atenção**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível de Atenção:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,30 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
2- **Nível de Alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,20 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,00 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 3).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.652, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em novembro/2024.

A Figura 5.11, Figura 5.12 e Figura 5.13 apresentam a locação em planta dos instrumentos e da Figura 5.14 a Figura 5.16 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 5.3 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

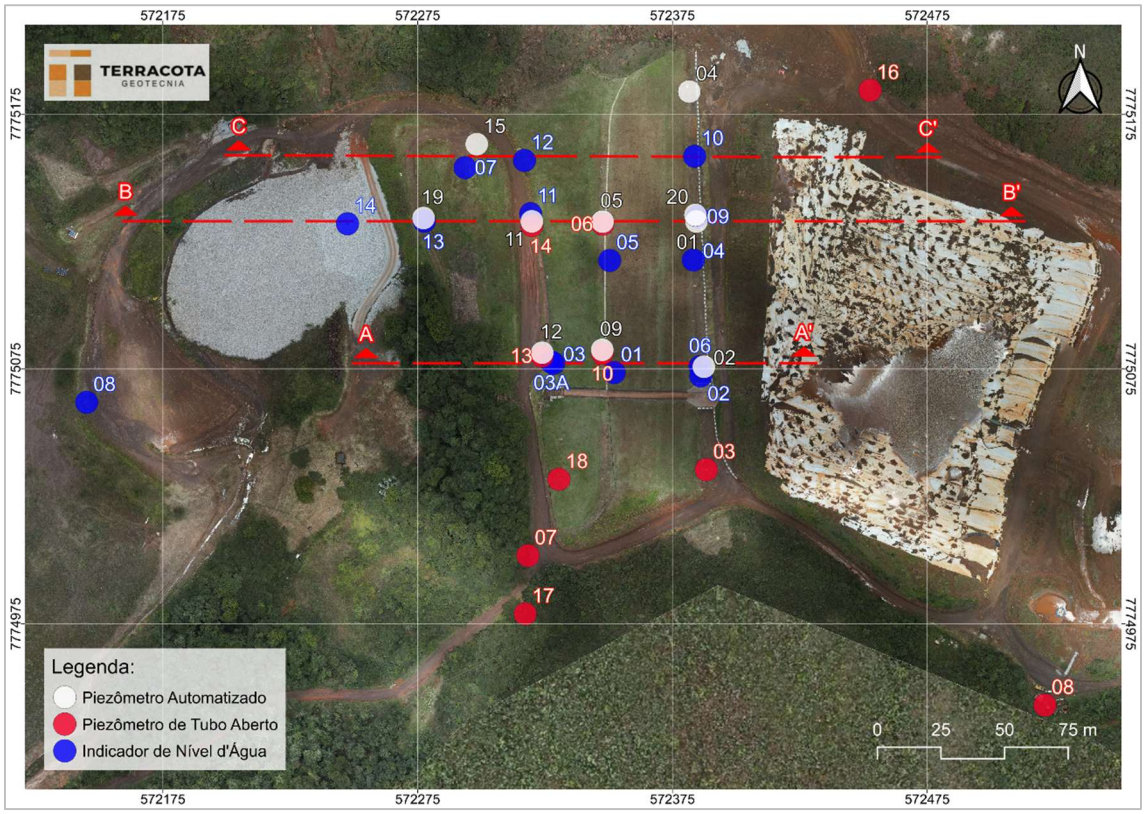


Figura 5.11 – Locação dos INA's e PZ's – Barragem B1 – Mina Ipê.

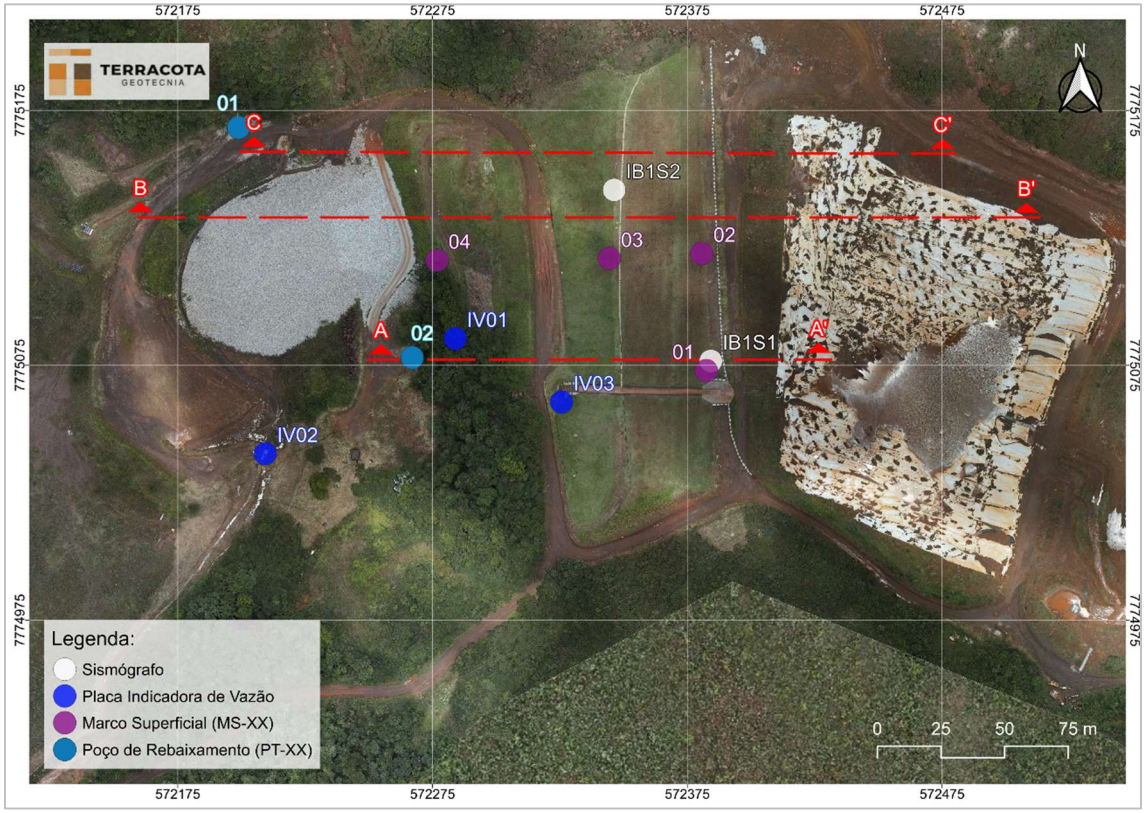


Figura 5.12 – Localização Marcos Superficiais, Sismógrafos e Placas Indicadoras de Vazão – Barragem B1 – Mina Ipê.

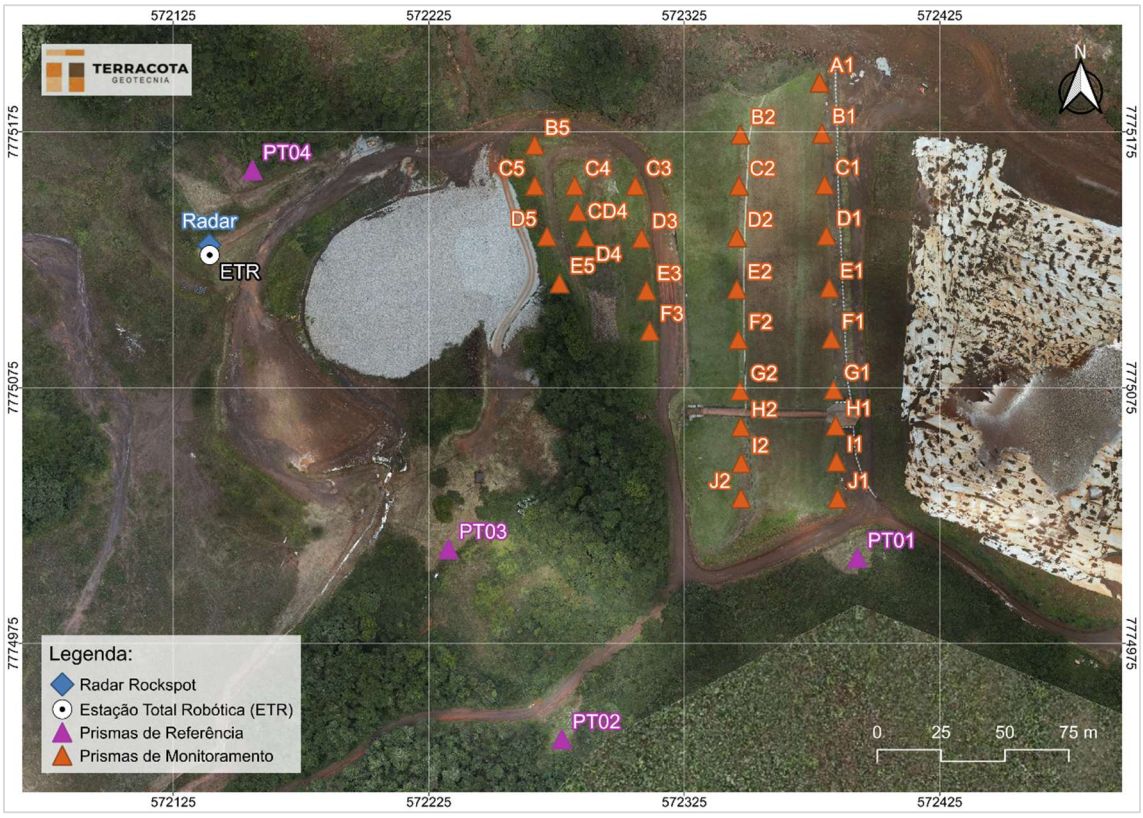


Figura 5.13 – Locação dos prismas instalados no maciço da Barragem B1 – Mina Ipê.

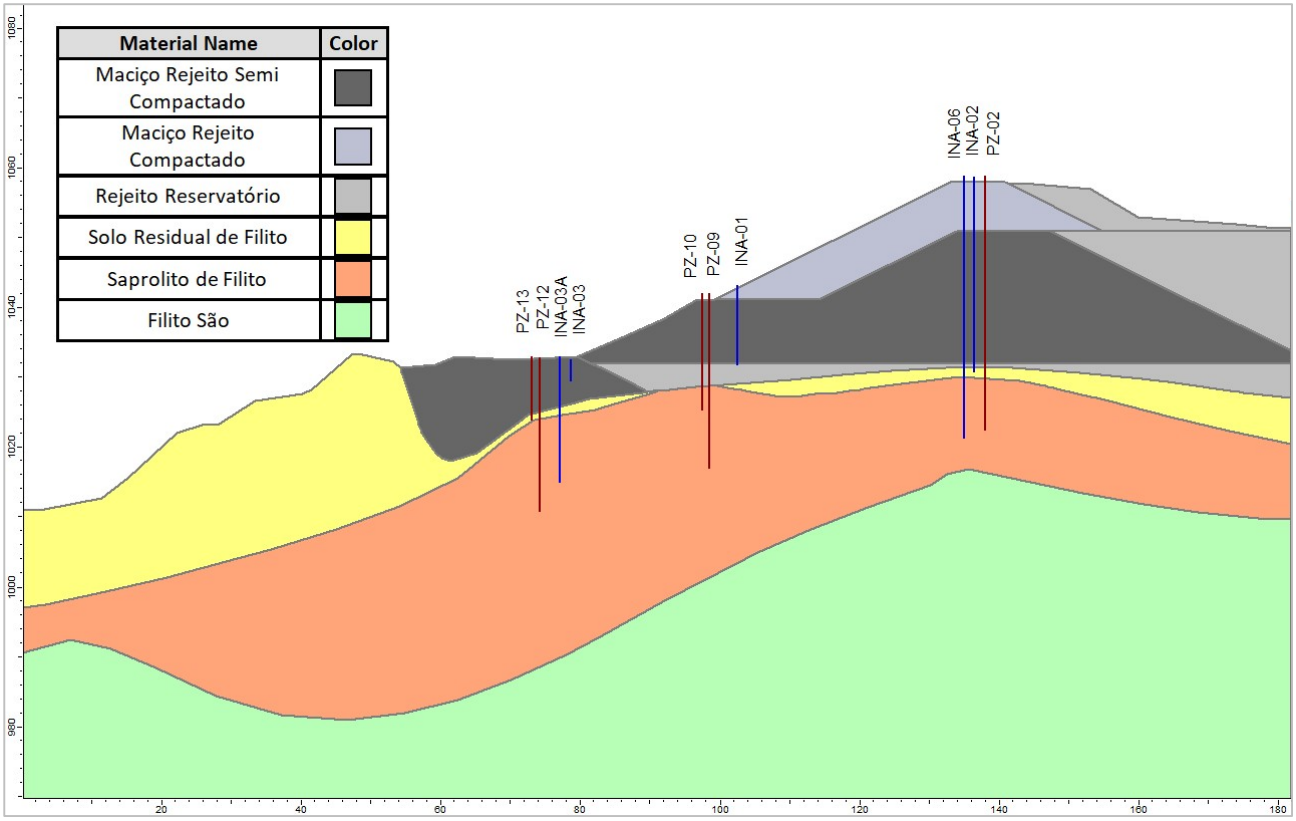


Figura 5.14 – Seção transversal de controle A-A'.

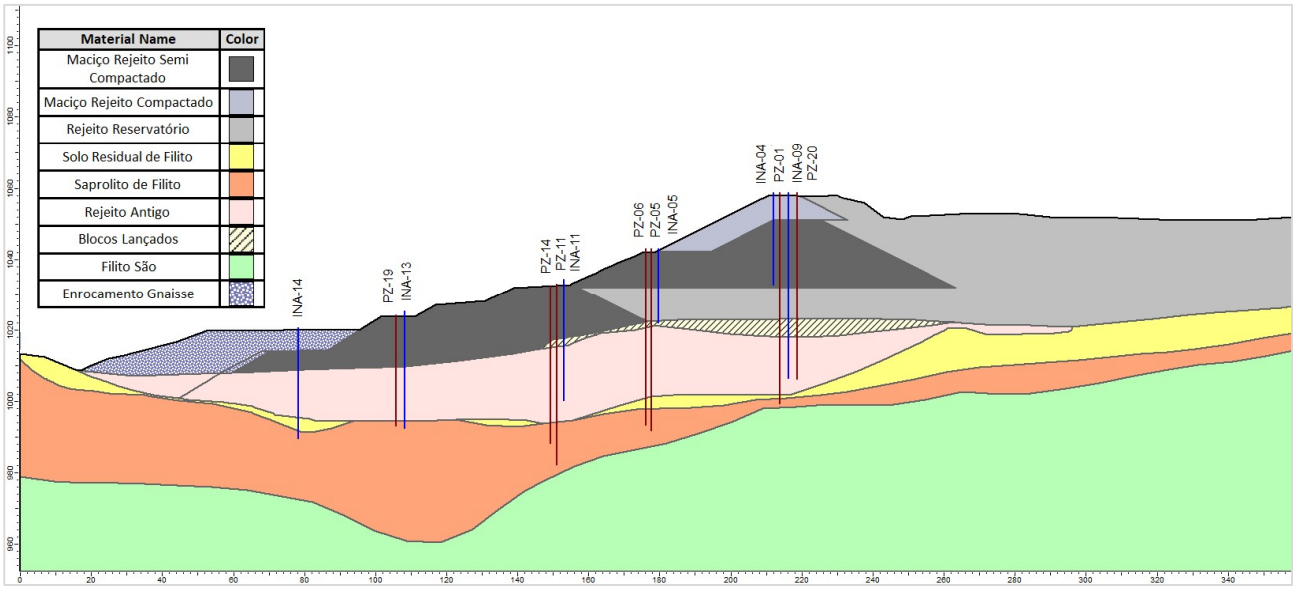


Figura 5.15 – Seção transversal de controle B-B'.

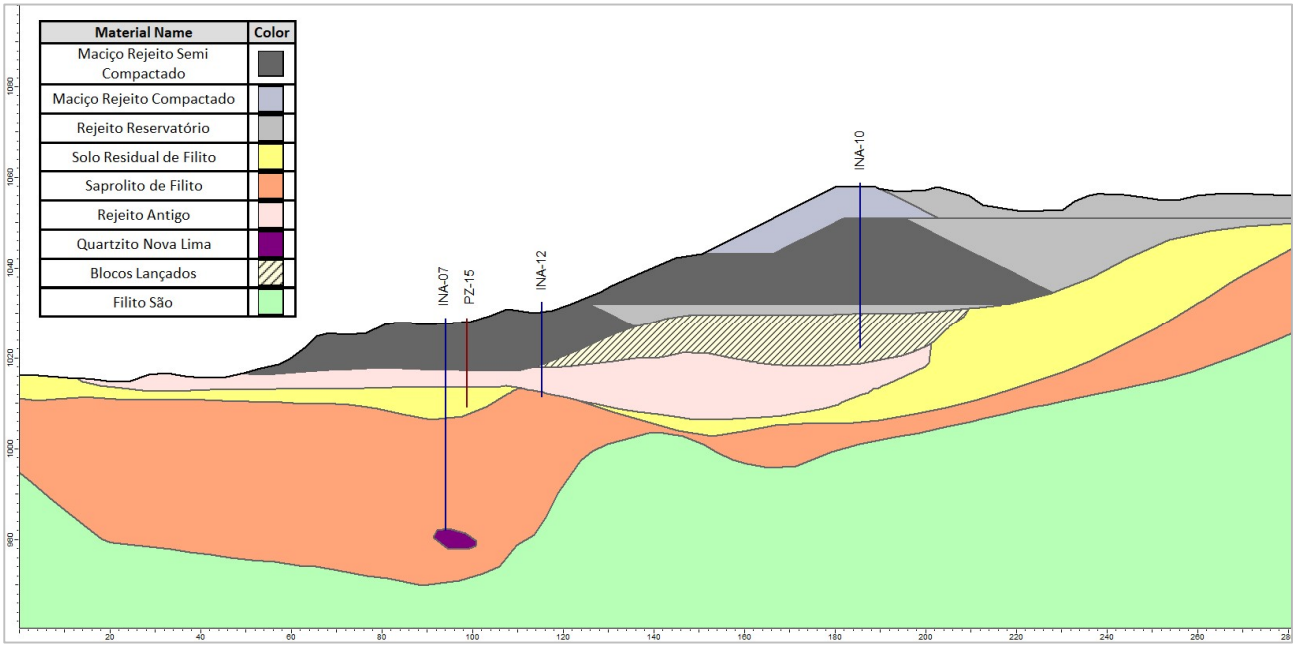


Figura 5.16 – Seção transversal de controle C-C'.

Tabela 5.3 – Locação, características, leitura (29/01/2025) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B1 – Mina Ipê.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (29/01/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A'	PZ-02 (1)	572.387,357	7.775.075,880	1.058,79	1.022,43	36,36	1.024,23	1.044,50	1.048,00	1.050,75
	INA-02	572.386,124	7.775.072,282	1.058,73	1.030,77	27,96	Seco	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-06	572.385,825	7.775.075,896	1.058,91	1.021,41	37,50	1.024,52	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-01	572.352,124	7.775.073,548	1.043,18	1.031,86	11,32	Seco	1.034,25	1.038,50	1.041,50
	PZ-09 (1)	572.347,436	7.775.082,495	1.042,08	1.017,52	24,56	1.023,52	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	PZ-10	572.347,445	7.775.081,231	1.042,09	1.025,33	16,76	Seco	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	INA-03	572.328,377	7.775.077,173	1.032,53	1.029,53	3,00	Seco	1.029,63	1.030,00	1.032,00 (4)
	INA-03A	572.327,458	7.775.077,687	1.032,93	1.015,02	17,91	1.027,10	1.029,63	1.030,00	1.032,00 (4)
	PZ-12 (1)	572.323,871	7.775.081,376	1.032,90	1.011,37	21,53	1.015,35	1.024,00	1.028,25	1.031,25
	PZ-13	572.323,785	7.775.080,033	1.032,95	1.023,95	9,00	1.026,76	1.024,25	1.028,25	1.031,25
B-B'	INA-09	572.384,760	7.775.134,730	1.058,76	1.006,45	52,31	1.021,32	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	PZ-20 (1)	572.384,013	7.775.135,403	1.058,84	1.006,15	52,69	1.016,78	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	PZ-01 (1)	572.384,428	7.775.132,832	1.058,76	999,45	58,31	1.017,12	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	INA-04	572.383,201	7.775.117,738	1.058,68	1.032,92	25,76	Seco	1.033,50	1.033,80	1.039,75
	INA-05	572.350,371	7.775.117,560	1.043,04	1.022,04	21,00	Seco	1.022,50	1.025,00	1.033,00
	PZ-05 (1)	572.347,582	7.775.132,777	1.043,02	991,89	51,13	1.011,14	1.022,25	1.024,50	1.032,75
	PZ-06	572.347,644	7.775.131,804	1.042,98	998,22	44,76	1.012,65	1.022,00	1.024,75	1.032,50
	PZ-11 (1)	572.319,815	7.775.132,876	1.032,42	982,32	50,10	1.010,13	1.016,00	1.023,00	1.028,50
	PZ-14	572.319,863	7.775.131,265	1.032,37	988,35	44,02	1.008,89	1.015,75	1.022,75	1.028,25

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (29/01/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
	INA-11	572.319,341	7.775.135,878	1.032,11	1.000,26	31,85	1.008,31	1.015,75	1.022,75	1.028,25
	PZ-19 (1)	572.277,304	7.775.134,203	1.024,15	993,23	30,92	1.006,39	1.011,75	1.016,75	1.020,50
	INA-13	572.277,614	7.775.132,962	1.023,99	992,45	31,54	1.006,88	1.011,75	1.017,00	1.021,00
	INA-14	572.247,450	7.775.131,940	1.020,59	989,66	30,93	1.006,23	1.010,25	1.013,00	1.016,00
C-C'	INA-10	572.383,702	7.775.158,426	1.058,81	1.022,31	36,50	Seco	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	INA-12	572.316,904	7.775.156,769	1.030,92	1.011,61	19,31	Seco	1.019,80	1.021,60	1.027,80
	PZ-15 (1)	572.298,192	7.775.163,172	1.028,59	1.009,29	19,30	1.010,24	1.017,00	1.018,75	1.025,00
	INA-07	572.293,620	7.775.153,940	1.028,24	982,17	46,07	1.010,03	1.016,75	1.018,50	1.024,50
Instrumentos fora de seção de controle	PZ-03 (2)	572.388,311	7.775.035,497	1.058,11	1.021,13	36,98	1.024,68	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	PZ-04 (2)	572.381,613	7.775.183,815	1.058,95	1.021,34	37,61	1.024,57	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	PZ-18 (1) (2)	572.330,441	7.775.031,720	1.038,21	1.007,85	30,36	1.015,01	1.024,00	1.028,25	1.031,25
	INA-08 (3)	572.145,050	7.775.061,910	1.005,00	959,13	45,87	985,38	Instrumento localizado muito a jusante		
	PZ-07 (3)	572.318,282	7.775.001,790	1.042,31	992,28	50,03	1.014,55	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-08 (3)	572.521,244	7.774.943,098	1.060,37	974,82	85,55	1.032,19	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-16 (3)	572.452,571	7.775.184,306	1.059,85	1.010,23	49,62	1.031,76	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-17 (3)	572.317,208	7.774.978,906	1.043,88	997,28	46,60	1.017,34	Instrumento de hidrogeologia		
A-A'	MS-01	572.382,448	7.775.072,921	1.058,025	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-02	572.380,643	7.775.118,888	1.057,981	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-03	572.344,339	7.775.116,922	1.041,446	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-04	572.276,729	7.775.116,195	1.021,585	-	-	-	Não aplicável		

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (29/01/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
Não aplicável	IB1S1	572.384,203	7.775.076,675	1.058,145	-	-	-	Não aplicável		
	IB1S2	572.346,300	7.775.143,778	1.043,736	-	-	-	Não aplicável		
	IV-1	572.283,918	7.775.085,539	1.017,097	-	-	-	Não aplicável		
	IV-2	572.209,323	7.775.040,352	1.001,070	-	-	-	Não aplicável		
	IV-3	572.325,630	7.775.060,595	1.030,071	-	-	-	Não aplicável		

1- Instrumentos automatizados;
2- Níveis de controle definidos tomando-se como referência os instrumentos INA-02, INA-10 e PZ-12, respectivamente;
3- Níveis de controle não aplicáveis, pois os instrumentos encontram-se fora do maciço da barragem;
4- Níveis de controle correspondentes à condição de afloramento do nível d'água;

5.7.3.1 Leituras da Instrumentação

A MMI realiza leituras semanais dos níveis nos INA's e PZ's, e dos deslocamentos nos Marcos Superficiais. Já os piezômetros automatizados realizam um monitoramento constante com registro a cada 2 horas. Na estrutura também estão instalados prismas para monitoramento de deslocamento nos quais são realizadas leituras contínuas através de estação total robótica. As leituras nas placas indicadoras de vazão são realizadas diariamente.

- **Indicadores de Nível d'Água e Piezômetros**

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para cada instrumento abrangendo dois anos hidrológicos, no período entre 10/2022 e 01/2025, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Ressalta-se que não há registro de formação de lago no reservatório. Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

a) Referências do topo e base de cada instrumento;
b) Leituras do nível de água do instrumento;
c) Pluviometria mensal na região da barragem;
d) Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições de atenção, alerta e emergência.

De acordo com os registros quinzenais de monitoramento dos INA's e PZ's, a superfície freática da Barragem B1 – Mina Ipê se encontra em elevação abaixo do contato do maciço da barragem com o rejeito antigo presente na fundação. De uma maneira geral, os instrumentos variam suas leituras de acordo com a pluviometria, tendo em vista que o reservatório da barragem é mantido sempre seco. Com a operação das bombas de rebaixamento, os instrumentos apresentaram um abatimento nos níveis de leituras, porém devido à grande intensidade das precipitações durante o período chuvoso 2024/2025, os instrumentos apresentaram elevação em suas leituras.

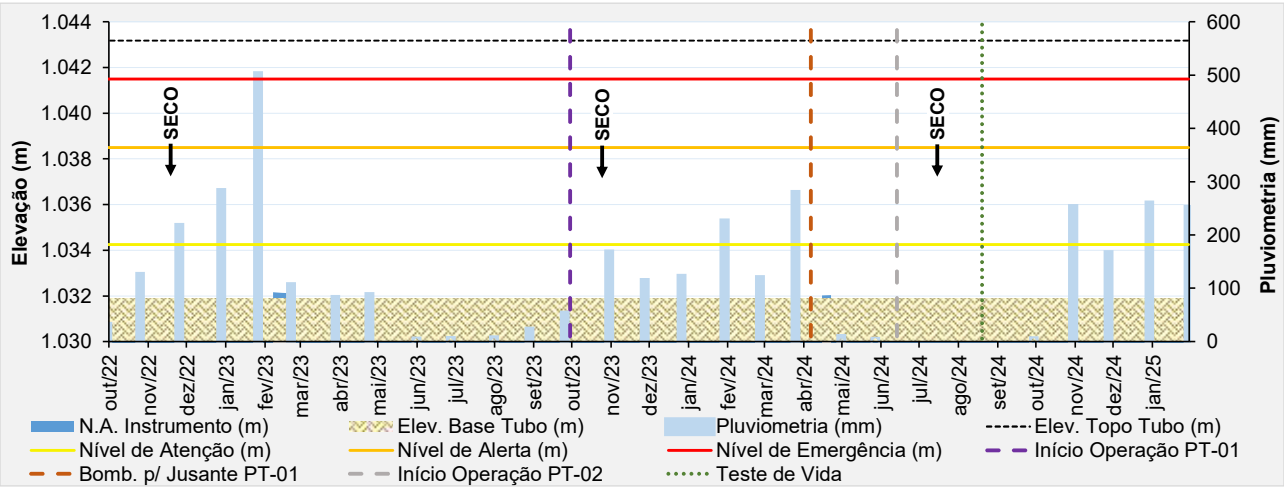


Figura 5.17 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01.

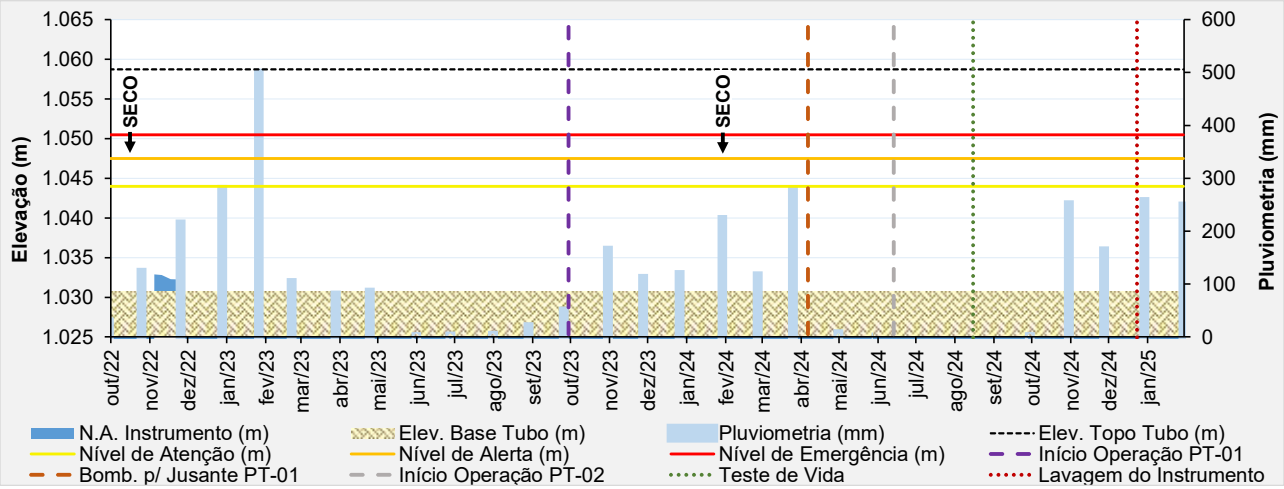


Figura 5.18 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-02.

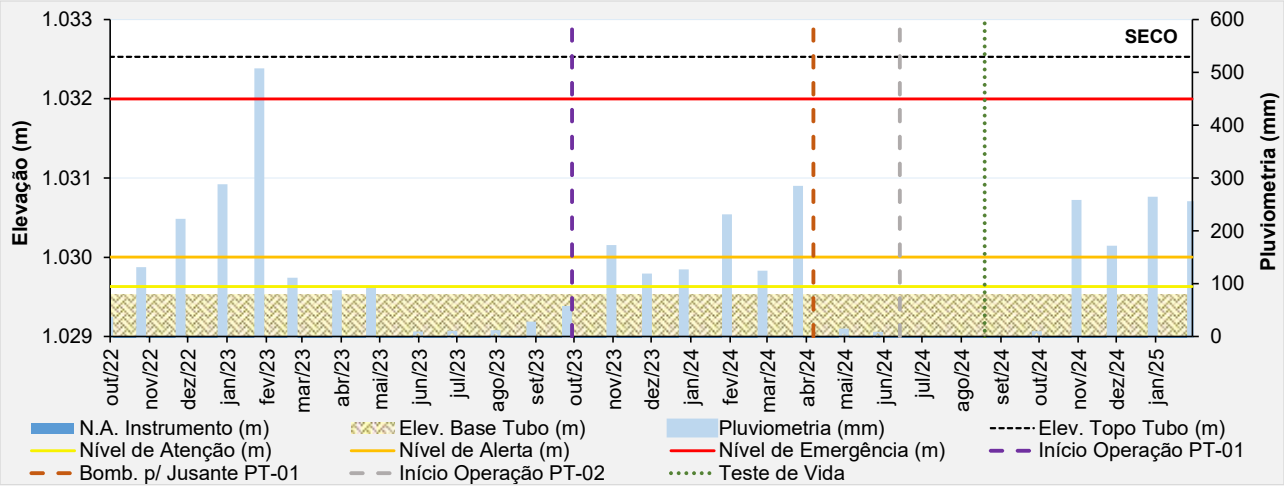


Figura 5.19 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03.

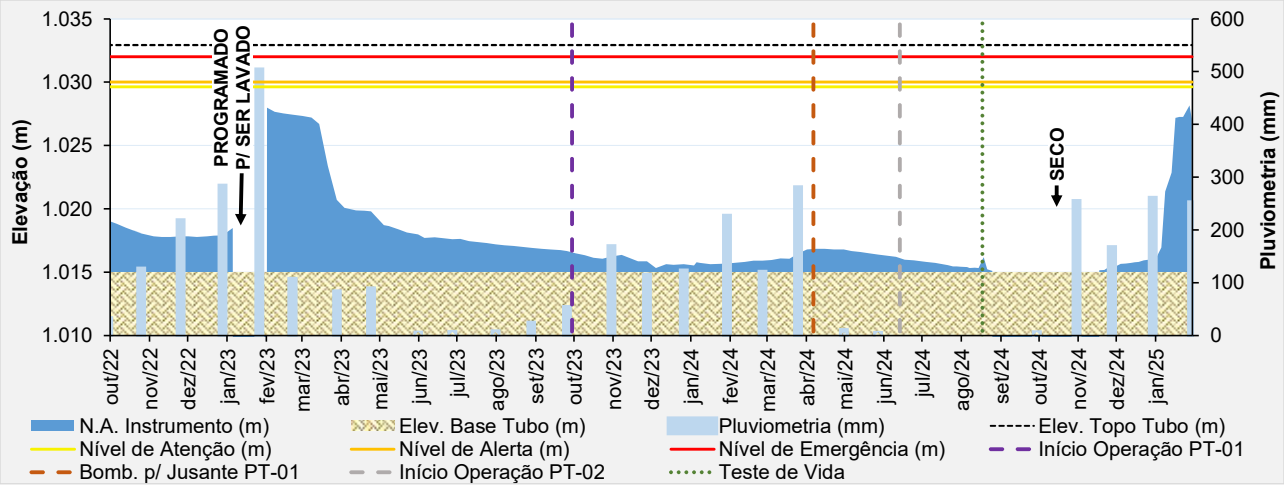


Figura 5.20 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03A.

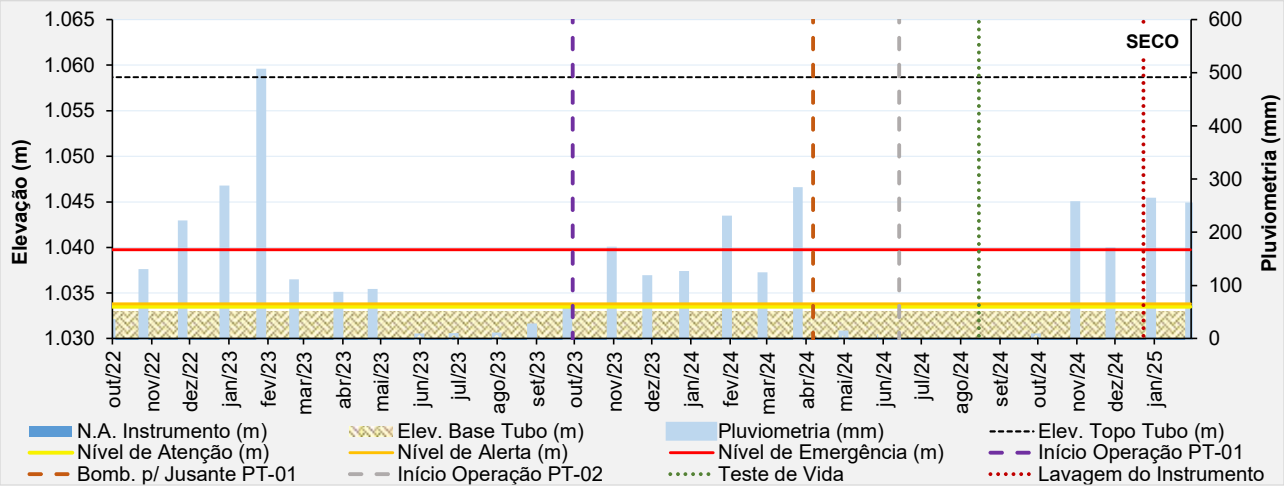


Figura 5.21 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-04.

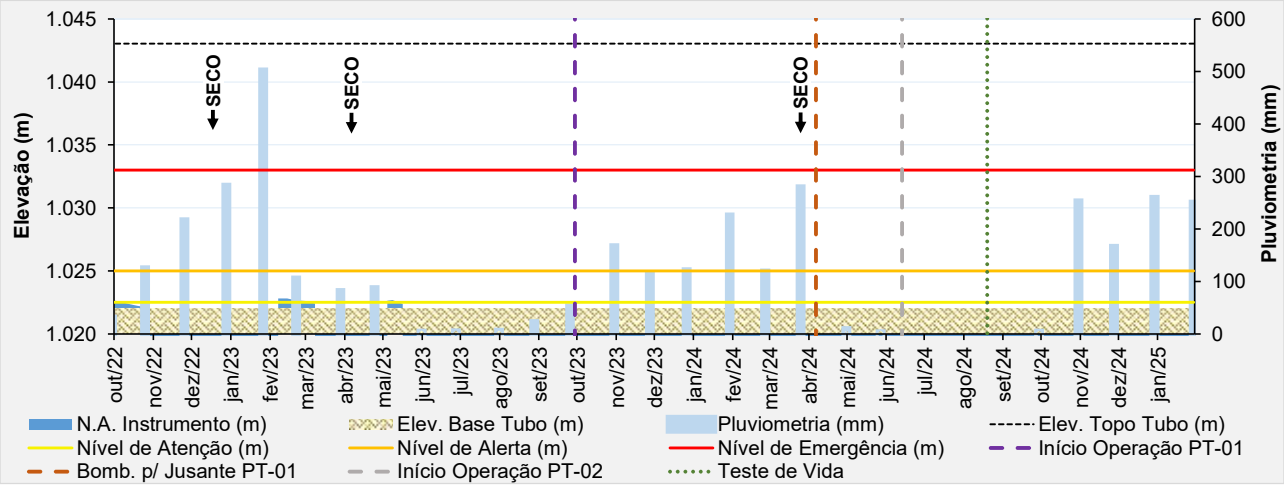


Figura 5.22 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05.

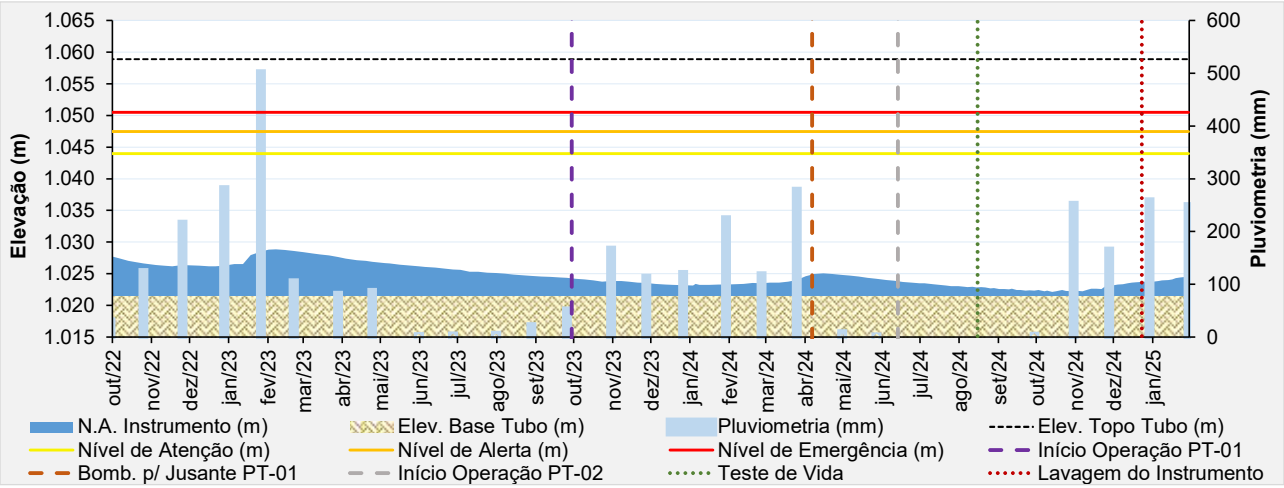


Figura 5.23 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-06.

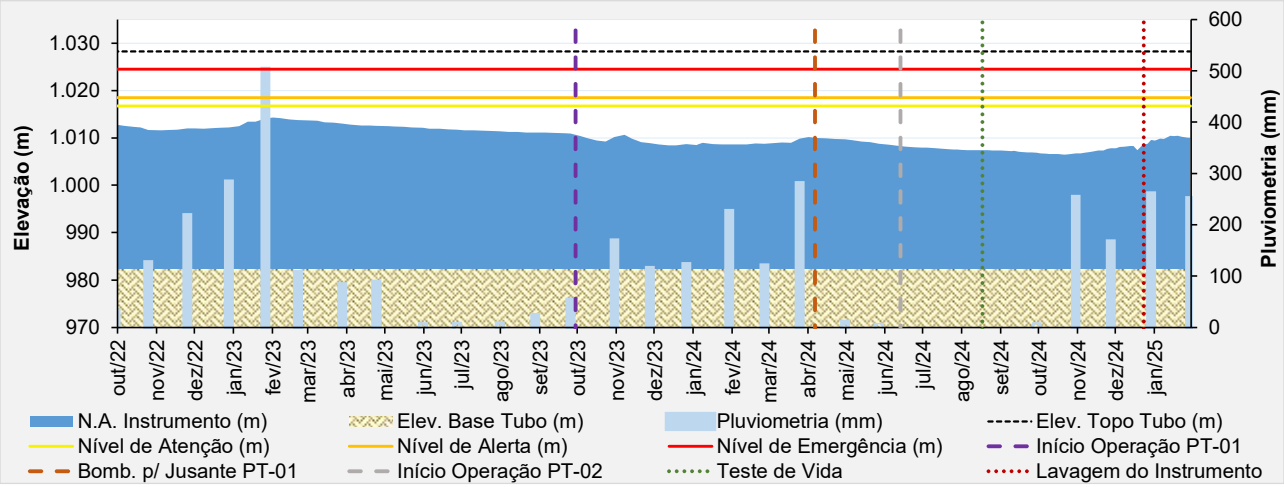


Figura 5.24 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07.

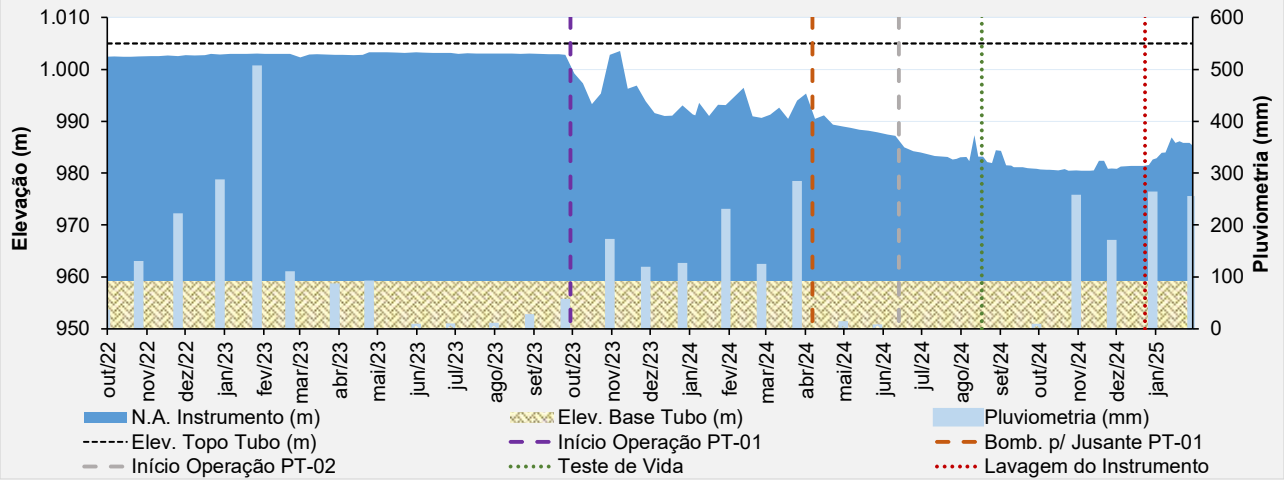


Figura 5.25 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-08.

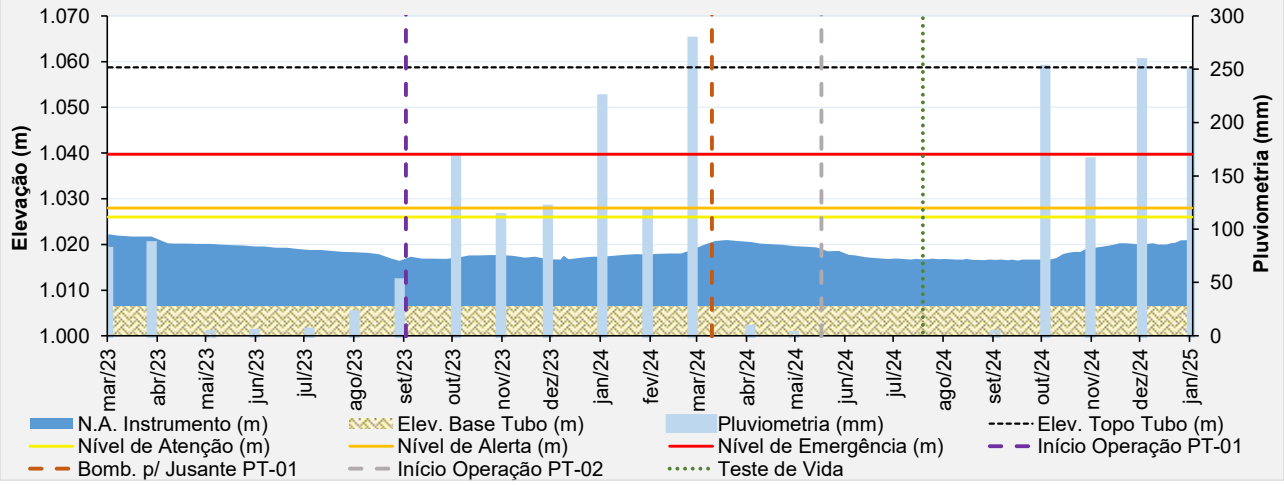


Figura 5.26 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-09.

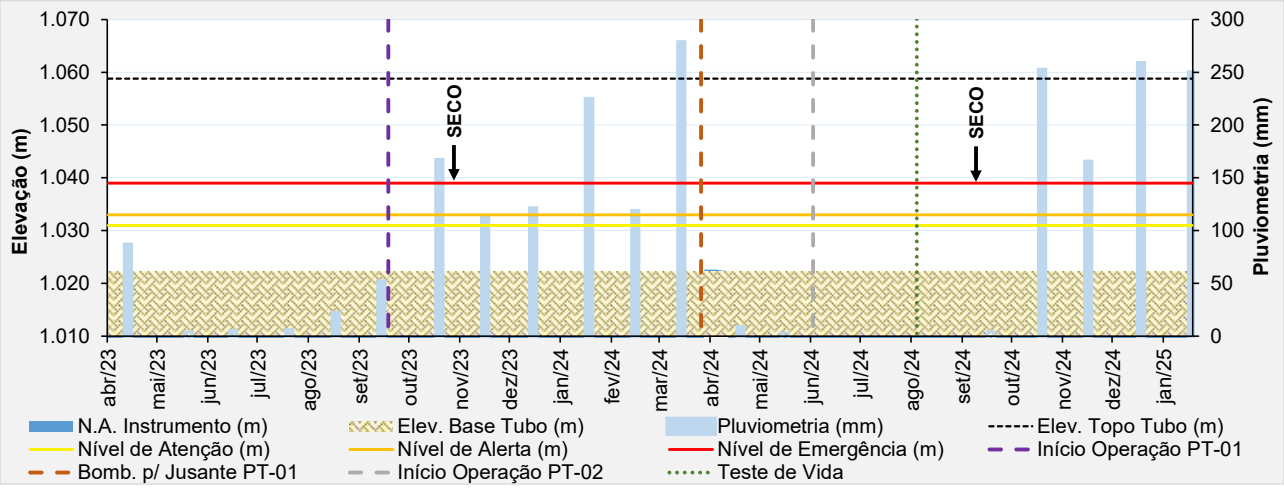


Figura 5.27 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10.

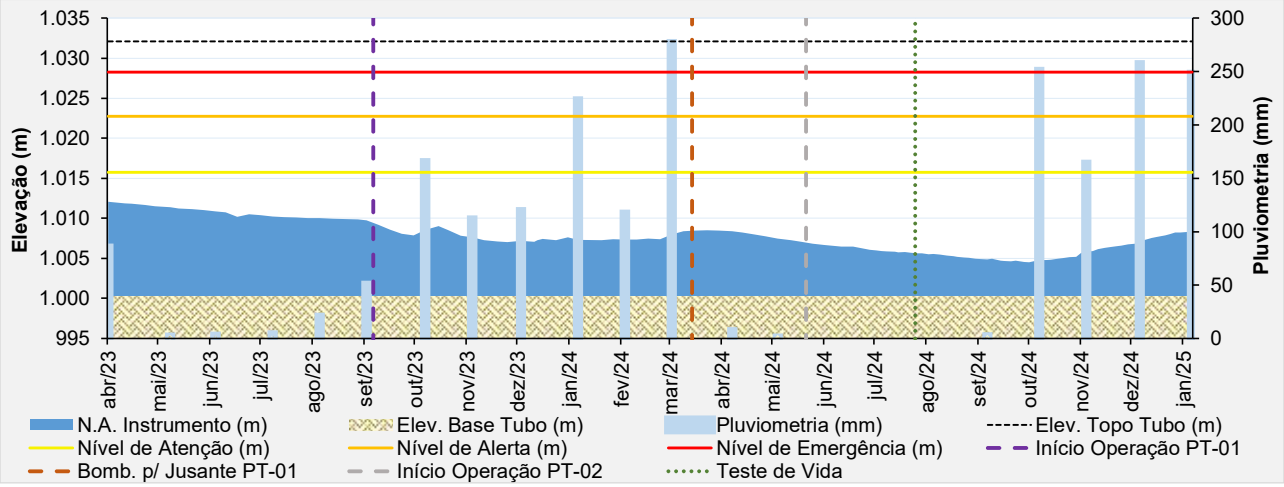


Figura 5.28 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-11.

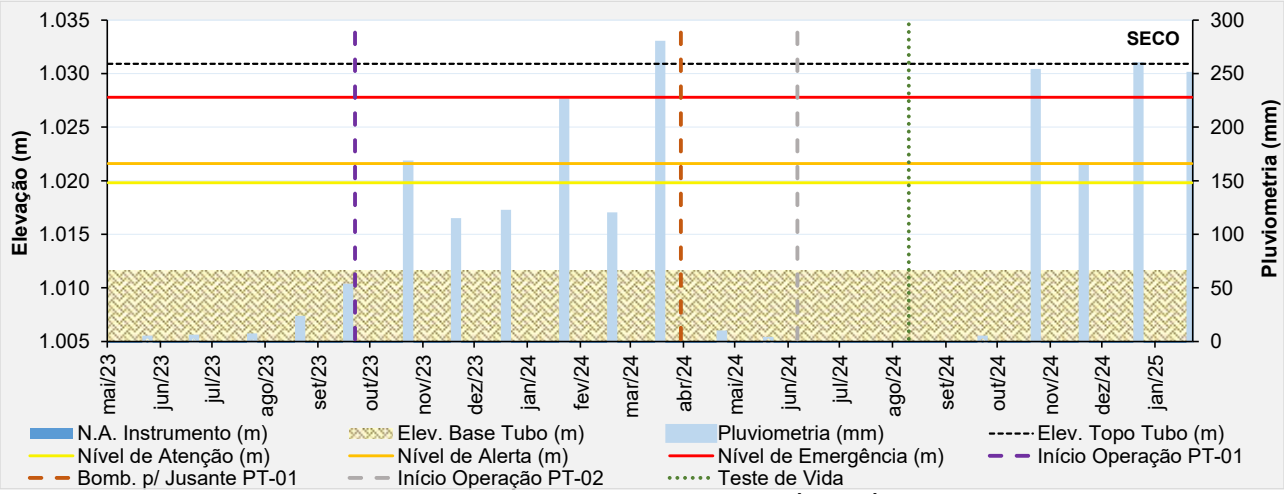


Figura 5.29 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-12.

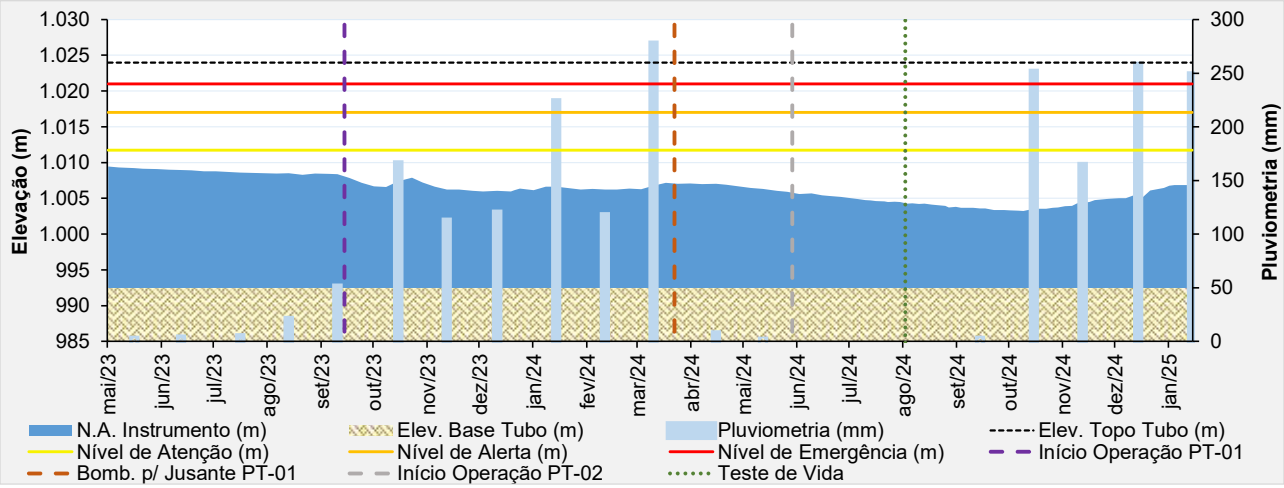


Figura 5.30 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-13.

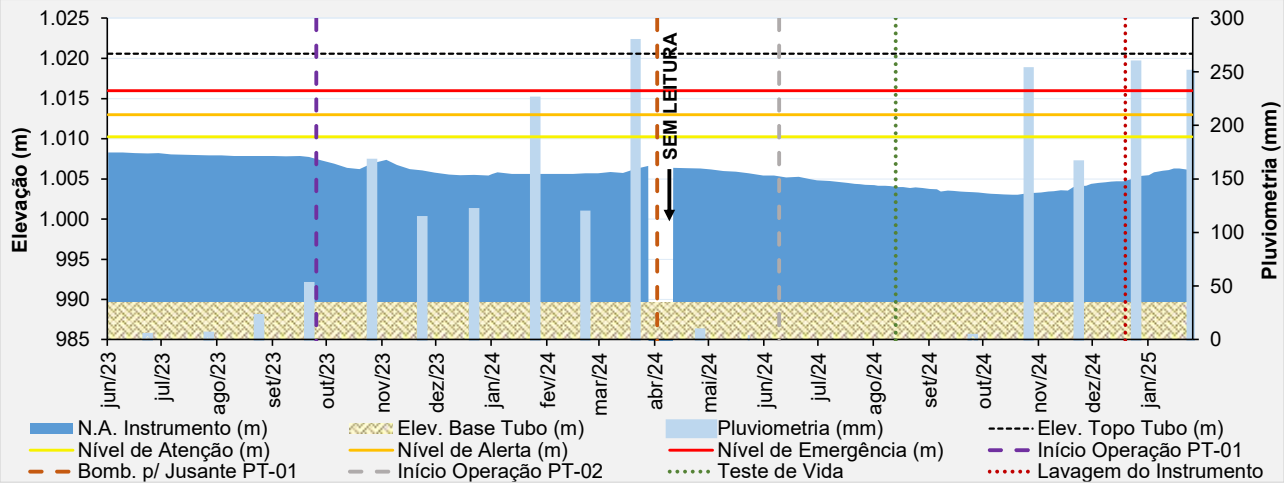


Figura 5.31 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-14.

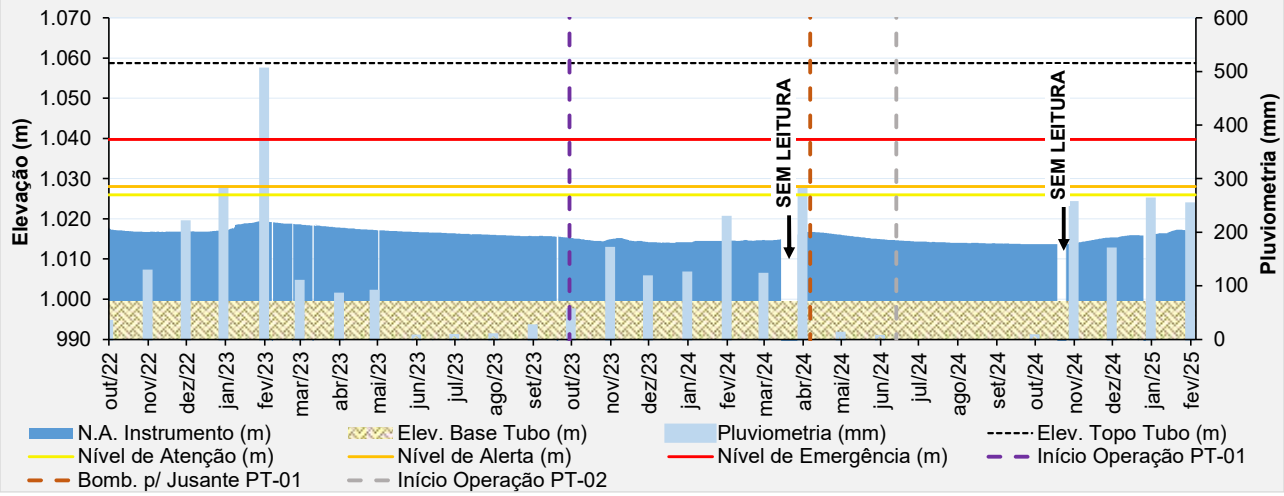


Figura 5.32 – Desempenho do piezômetro automatizado selado – PZ-01.

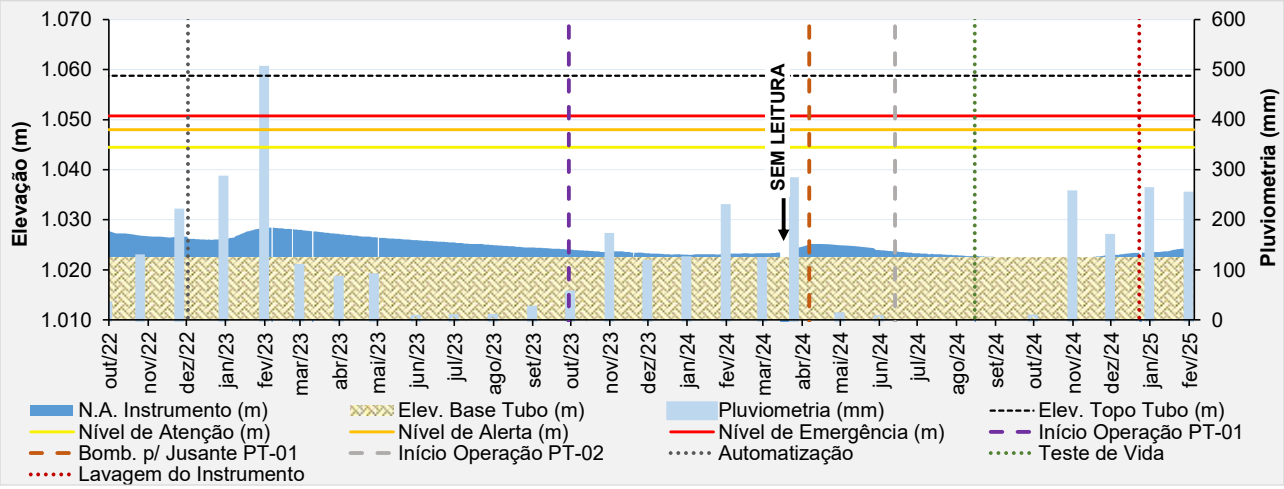


Figura 5.33 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-02.

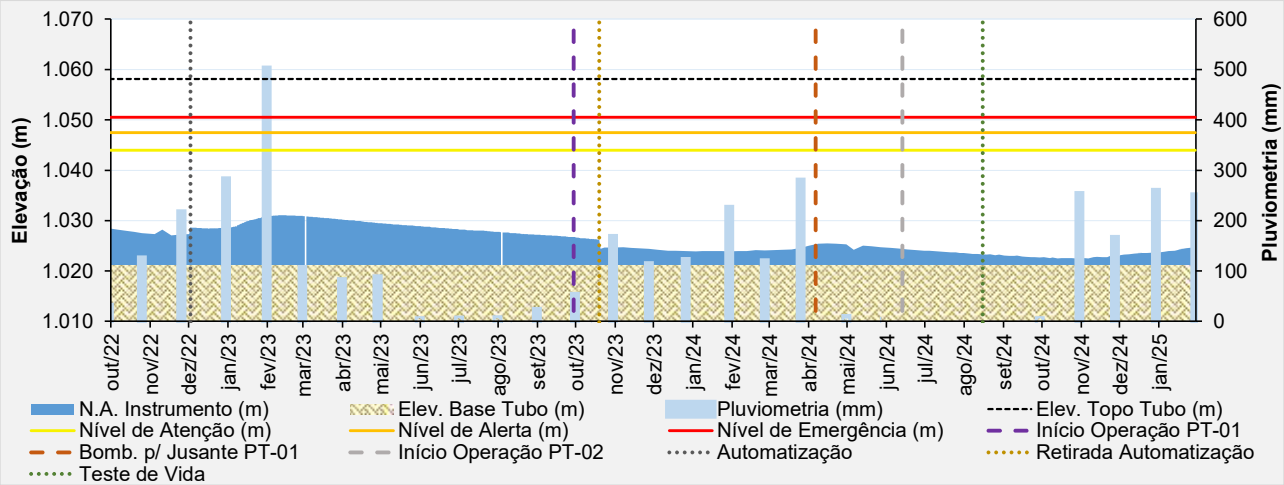


Figura 5.34 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-03.

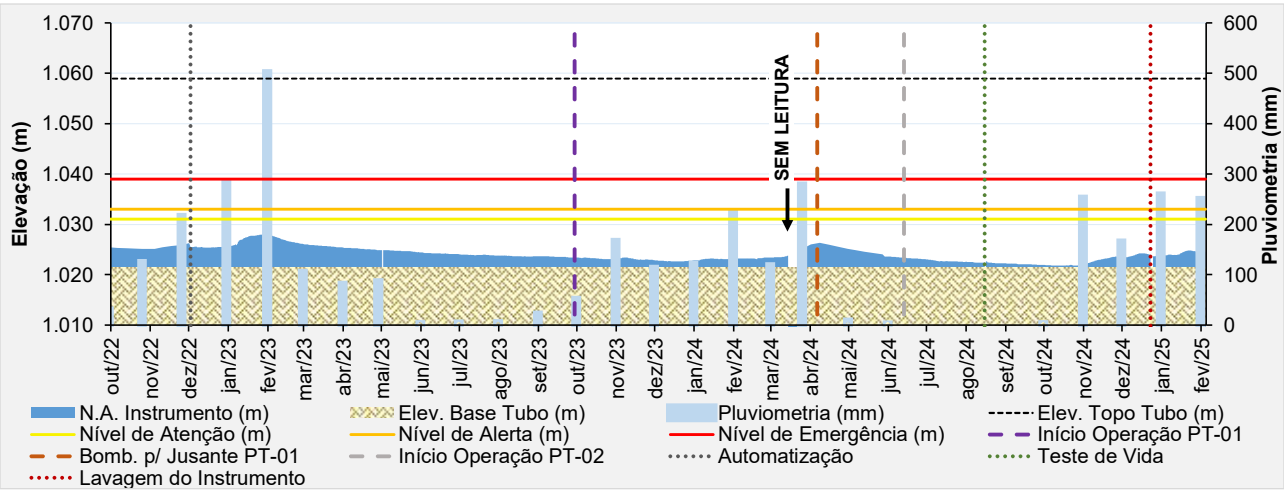


Figura 5.35 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-04.

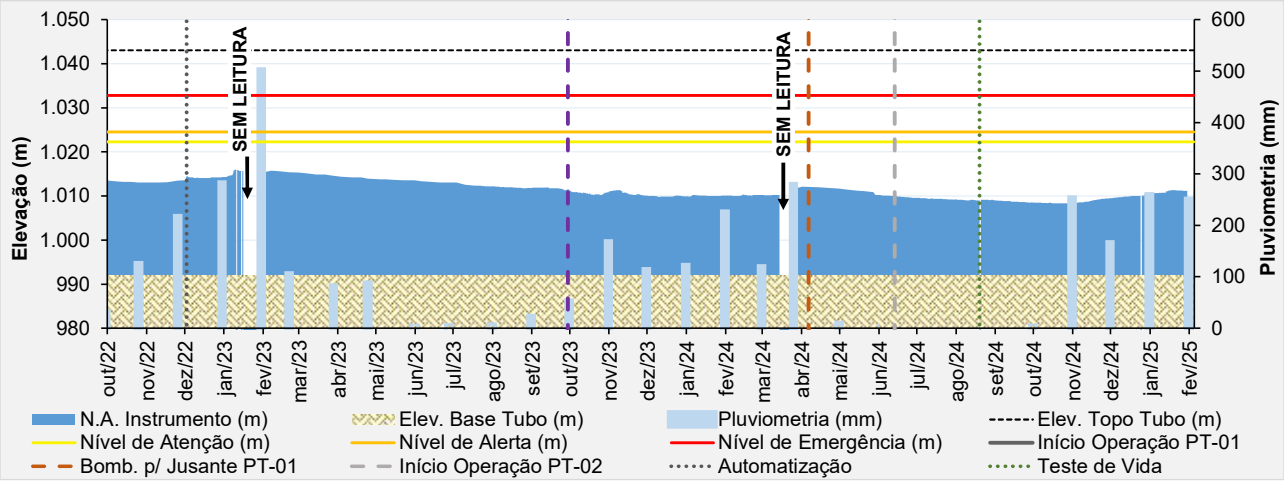


Figura 5.36 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-05.

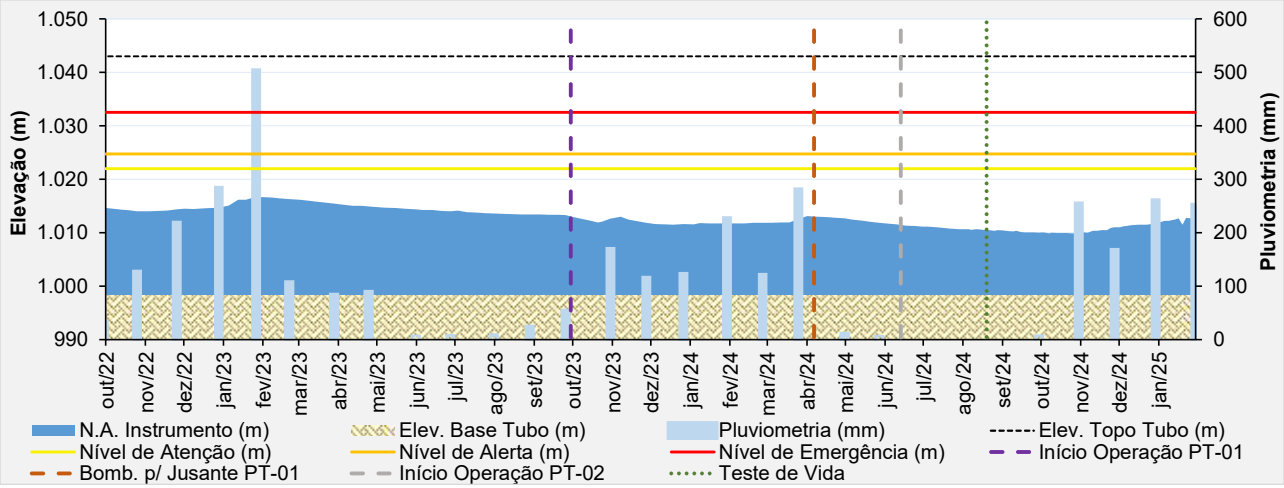


Figura 5.37 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-06.

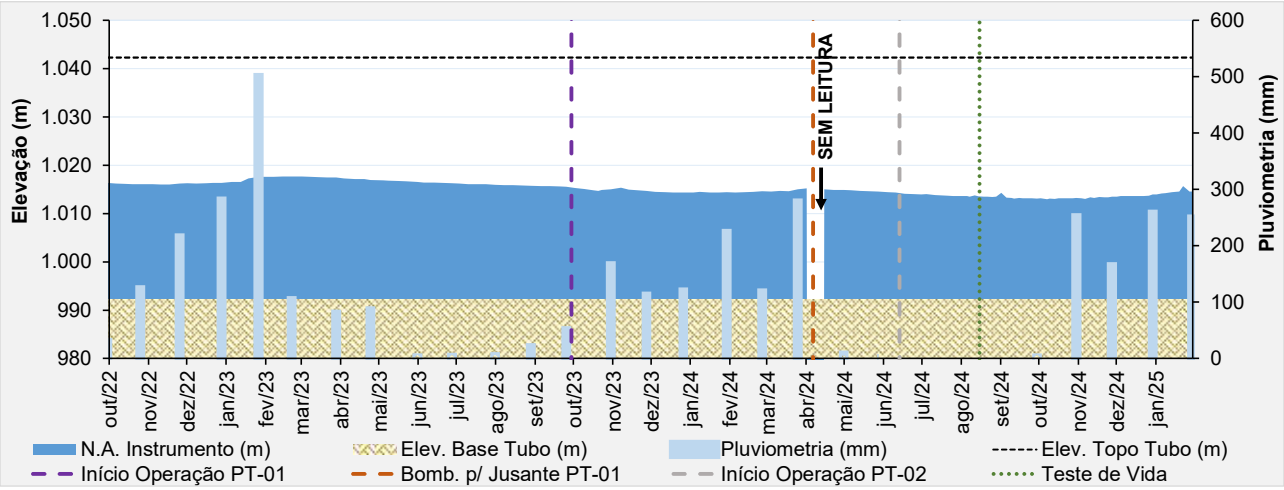


Figura 5.38 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-07.

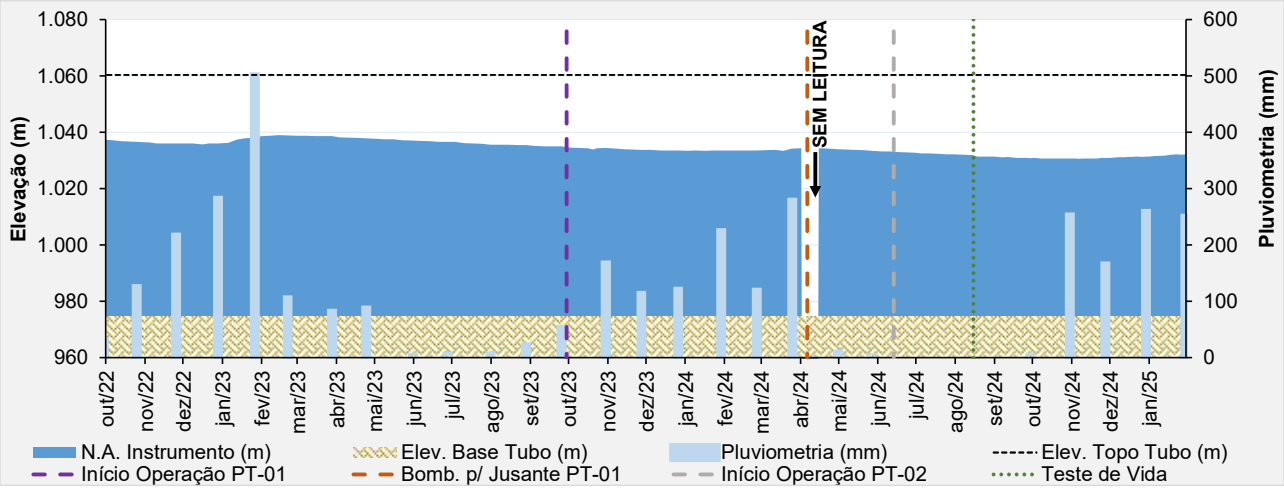


Figura 5.39 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-08.

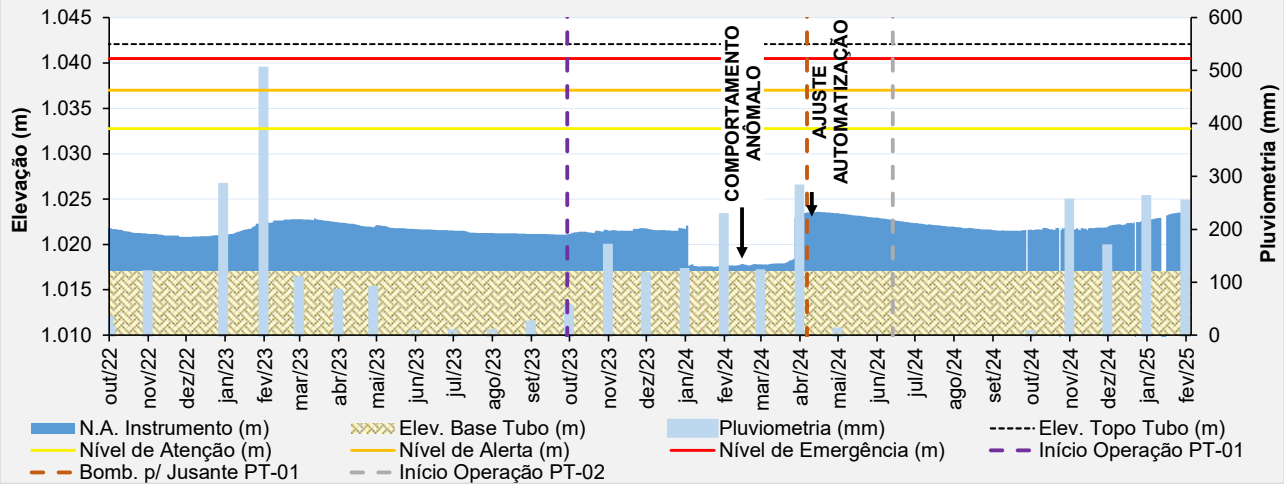


Figura 5.40 – Desempenho do piezômetro automatizado selado – PZ-09.

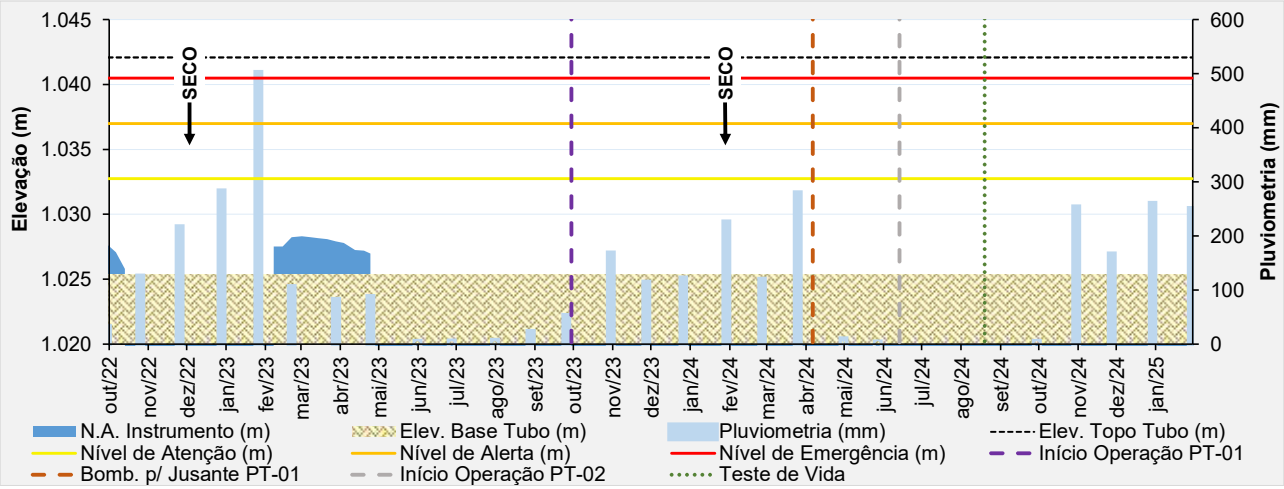


Figura 5.41 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-10.

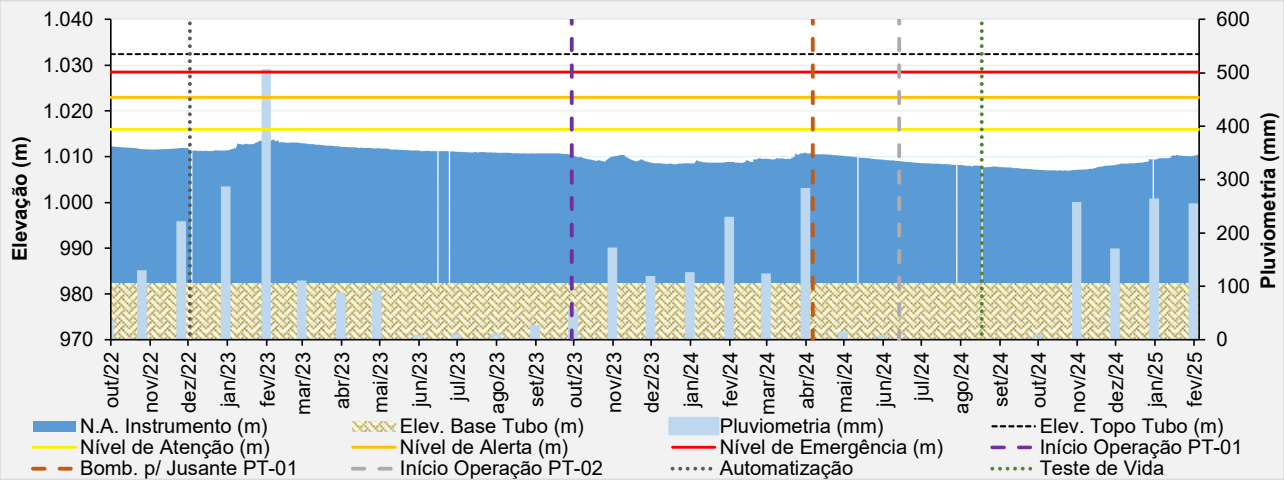


Figura 5.42 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-11.

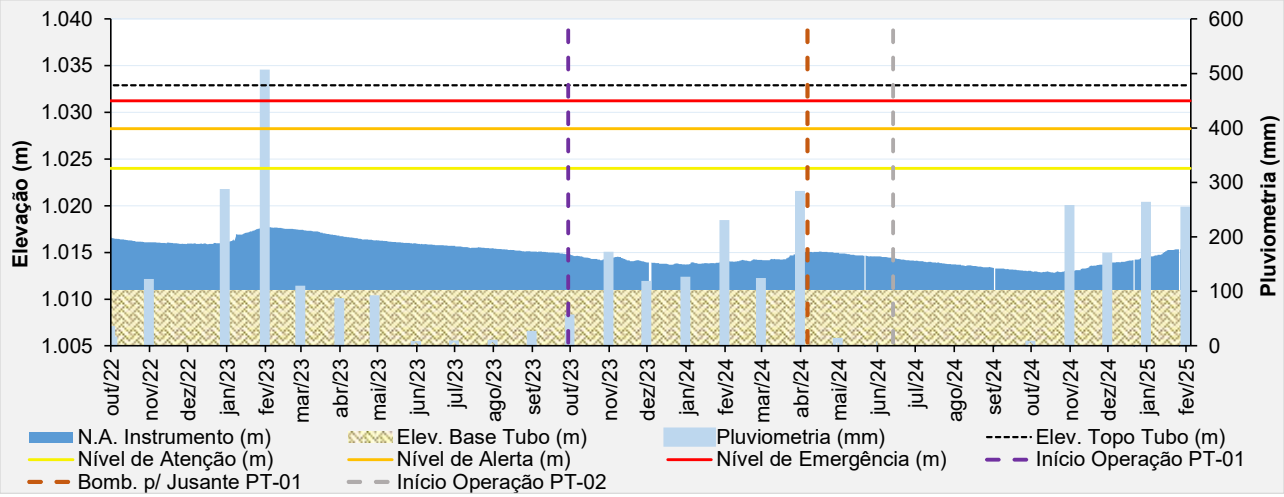


Figura 5.43 – Desempenho do piezômetro automatizado selado – PZ-12.

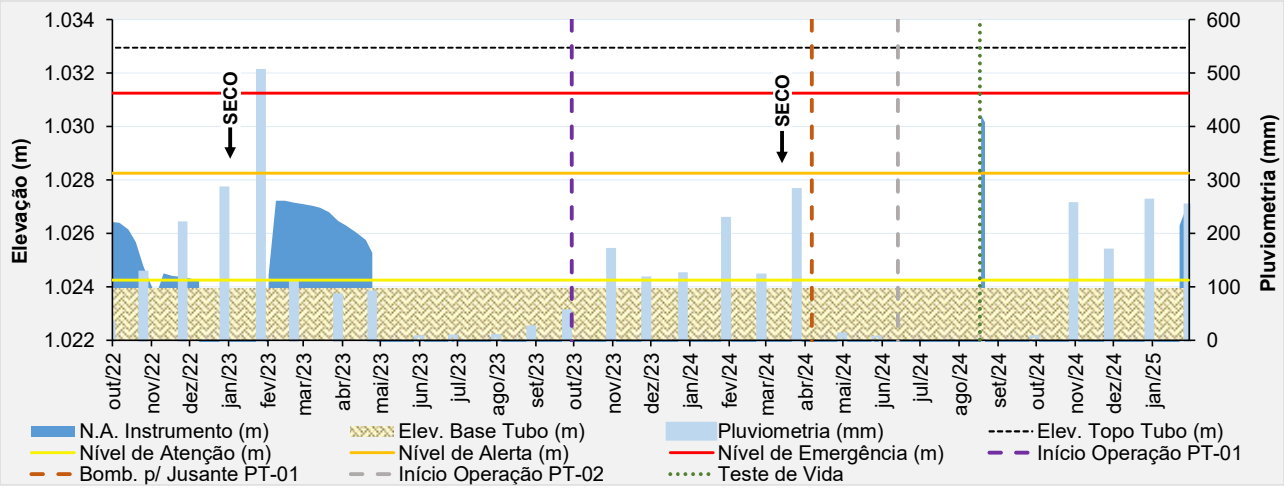


Figura 5.44 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-13.

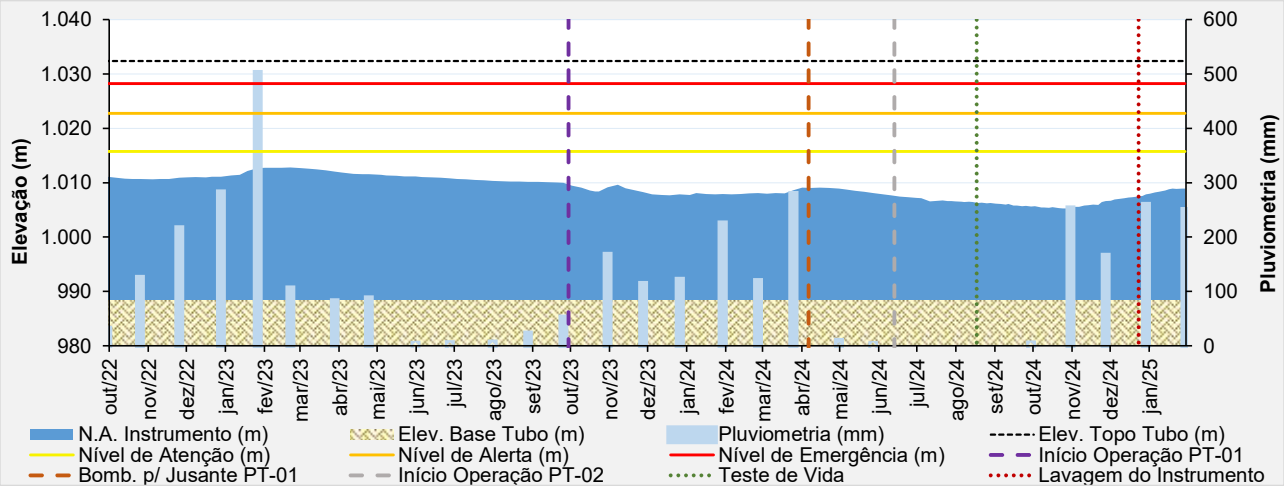


Figura 5.45 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-14.

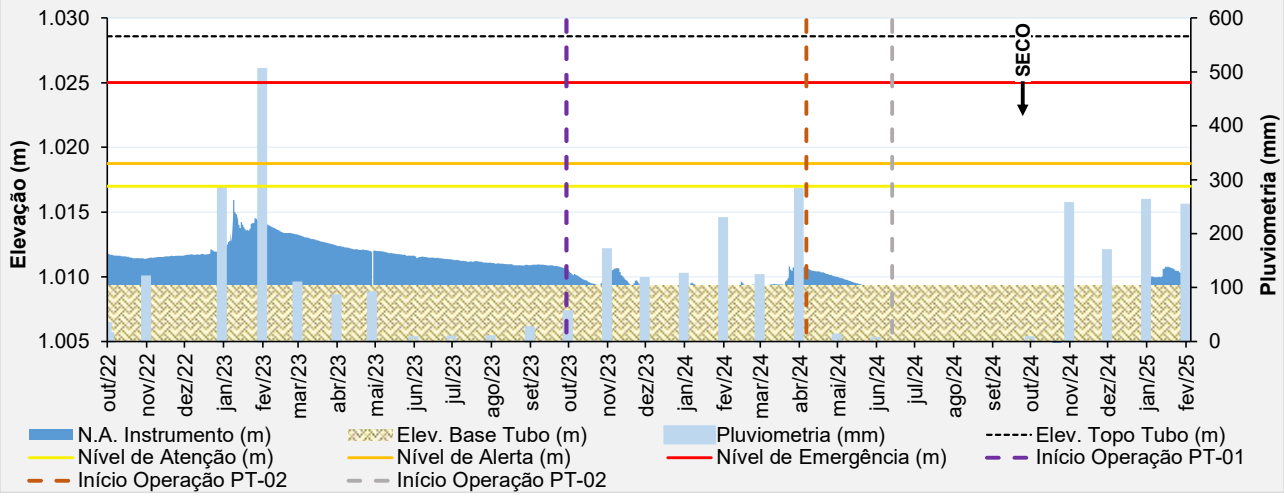


Figura 5.46 – Desempenho do piezômetro automatizado selado – PZ-15.

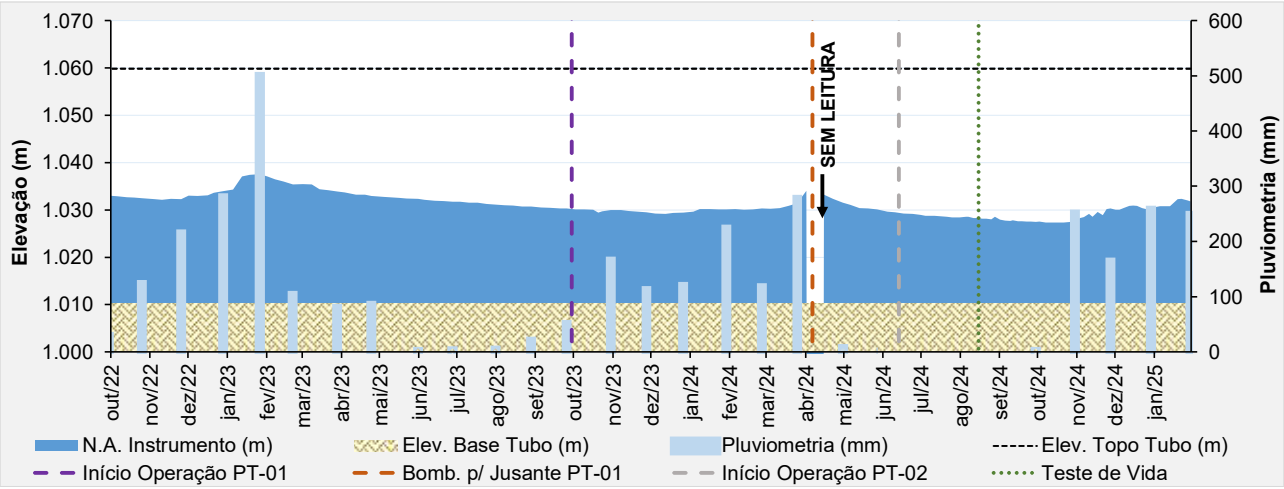


Figura 5.47 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-16.

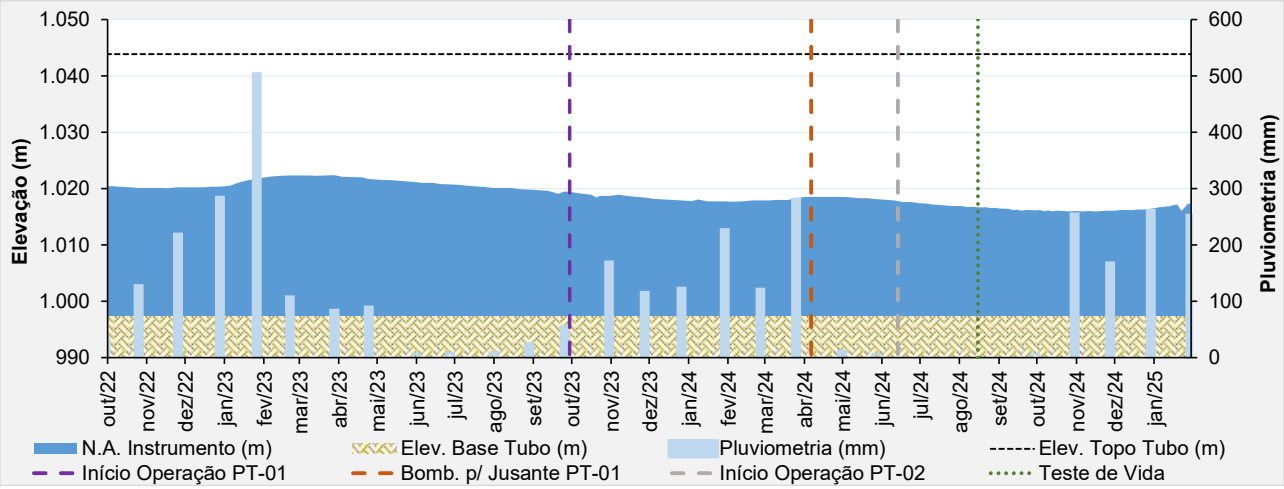


Figura 5.48 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-17.

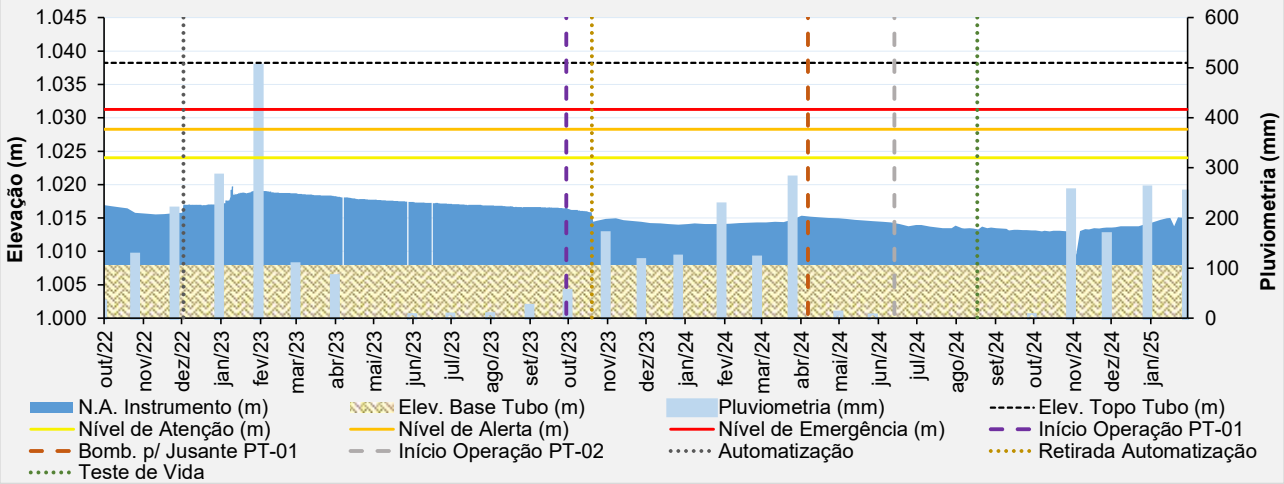


Figura 5.49 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-18.

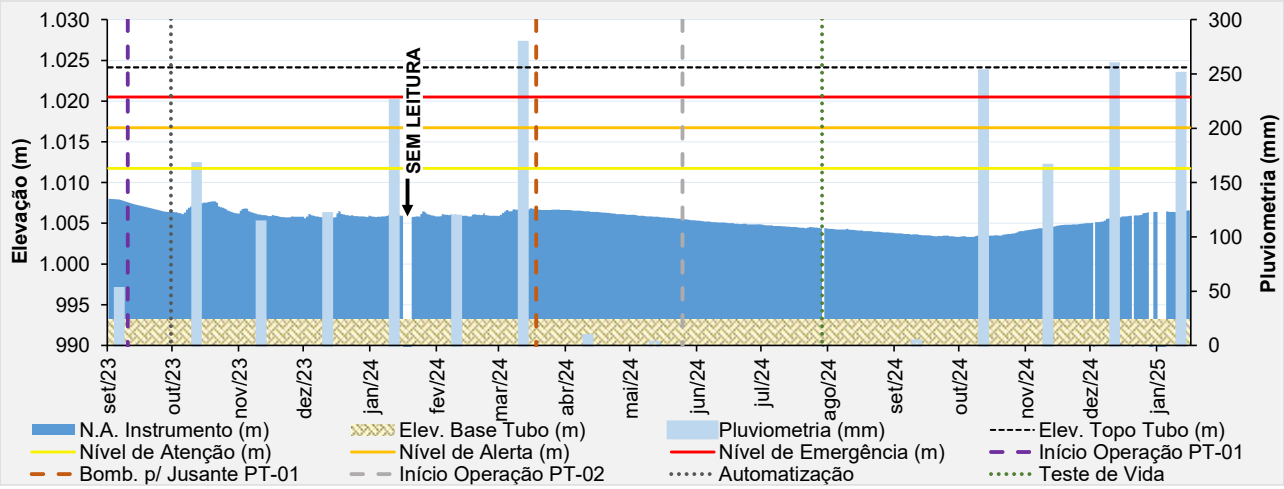


Figura 5.50 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-19.

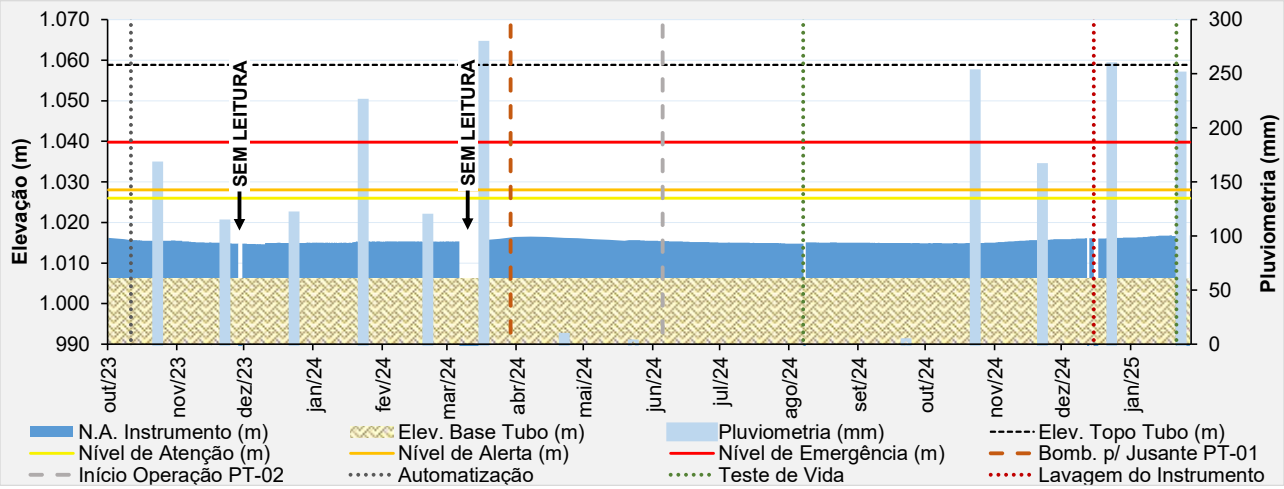


Figura 5.51 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-20.

A partir da análise das leituras dos indicadores de nível d'água e piezômetros, percebe-se que, logo após o início da operação da bomba instalada no poço PT-01, os níveis verificados na instrumentação apresentaram um rebaixamento gradual.

Porém, no período entre fevereiro e março de 2024, devido a constantes paralisações no bombeamento e a uma maior incidência de chuvas na região, os níveis tiveram uma elevação em relação às leituras previamente verificadas.

No início de abril de 2024, com a alteração do direcionamento da água para jusante, os níveis voltaram a apresentar rebaixamento, ficando um pouco mais acentuado a partir de meados de junho/2024 quando entrou em operação a bomba instalada no poço PT-02.

Durante o mês de agosto/2024 foram realizados testes de vida na instrumentação instalada na estrutura, para os instrumentos que não indicaram uma boa resposta após a realização do teste, foi realizada lavagem do instrumento (dezembro/2024) e em alguns até novo teste de vida (janeiro/2025).

No período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025), pode-se observar que os instrumentos apresentaram uma elevação em suas leituras, mesmo com a operação das suas bombas de rebaixamento (PT-01 e PT-02), devido a elevada incidência pluviométrica na região. Dentre estes, destacam-se alguns que apresentaram comportamentos discrepantes ao histórico registrado:

→ INA-03A – Apresentava-se seco até meados de novembro/2024 e ao final de janeiro/2025 indicou leituras com mais de 12 metros acima da cota de fundo cadastrada. Avaliando seu

histórico, este instrumento possui um comportamento mais homogêneo, apesar de ter apresentado níveis elevados no período chuvoso 2022/2023. Durante o ano de 2023 e 2024 foram verificadas pequenas variações, diferente ao observado em janeiro/2025;

→ INA-08 – Apresentou variações elevadas no período avaliado. De acordo com seu histórico, percebe-se que este instrumento é bem sensível à recarga da superfície freática, comportamento este que pode ser visto até em paralisações do bombeamento dos poços de rebaixamento. Assim, tais oscilações podem ser explicadas pela elevada incidência pluviométrica na região;

→ PZ-13 – Em seu registro de leituras, indicava-se seco desde agosto/2024 e na 2ª quinzena de janeiro de 2025, apresentou leitura atingindo nível de atenção conforme definido em carta de risco. Apesar de ter atingido nível de controle, a seção transversal em que está instalado (Seção A-A') se manteve com fator de segurança acima dos valores mínimos de referência;

→ PZ-15 – Instrumento com leitura seco desde o final de maio/2024 e em janeiro de 2025 voltou a apresentar leituras.

- **Placas Indicadoras de Vazão**

O monitoramento de vazão percolada da barragem é realizado por 3 (três) indicadores de vazão da drenagem interna. O indicador de vazão IV-03 permanece seco desde sua construção.

A análise das leituras de vazões na placa IV-01, que mede os efluentes percolados pelo maciço da barragem à jusante do dreno invertido na elevação 1.018,0 m. Considerando o período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025), o dreno apresentou uma vazão média de 0,06 m³/h. Percebe-se que a partir do início da operação da bomba de rebaixamento, não foi verificada vazão na saída do dreno por um período de 6 meses, voltando a apresentar vazão em março/2024, retornando à condição seca em meados de julho/2024 e se manteve nesta condição até outubro/2024.

Pode-se notar na Figura 5.52, que no dia 02/12/2024, foi lida uma vazão de aproximadamente 1,6 m³/h. Esse valor está sendo tratado como outlier devido ao alto índice pluviométrico registrado no dia anterior da leitura (40,2 mm), cujo escoamento superficial influenciou na vazão.

Recomenda-se sempre nesses casos, que as vazões sejam reavaliadas 24 h após os eventos chuvosos, e, caso não seja possível, que a informação de "leitura sob chuva" deva estar incluída nas planilhas de registro de forma a permitir uma melhor análise das informações.

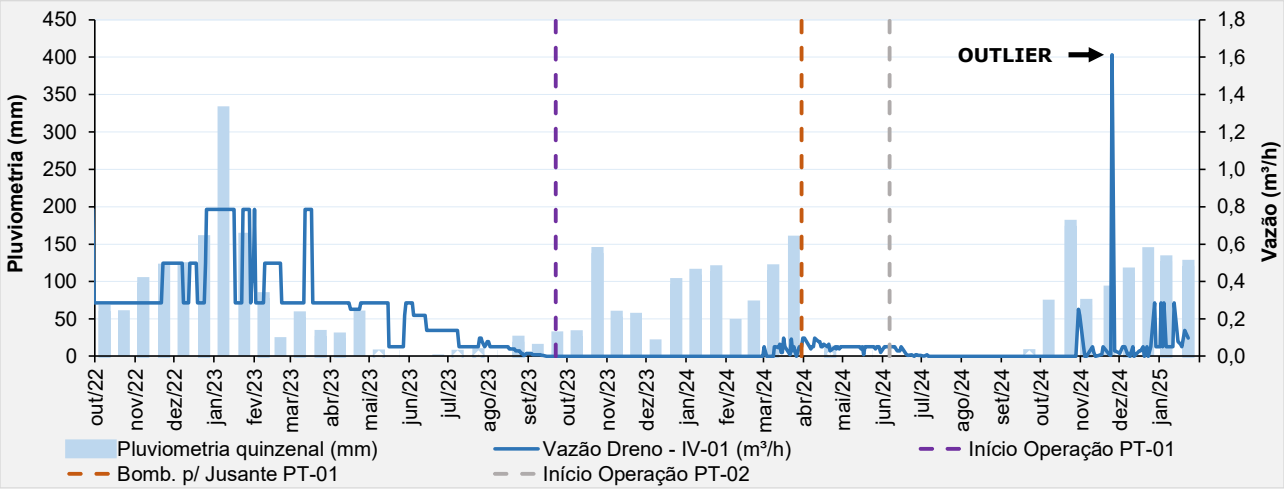


Figura 5.52 – Análise das vazões do IV-01 (Dreno).

Quanto a análise das leituras de vazões na placa IV-02, que mede também as vazões de nascentes na região do pé da barragem, são muito influenciadas pela pluviometria e a grande área de contribuição para esse ponto. No período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025), obteve-se uma vazão média de 1,87 m³/h, com leituras variando de 0 até 5,22 m³/h. Percebe-se que a partir de novembro/2023 houve uma redução significativa nas vazões verificadas no IV-02, período este em que a bomba de rebaixamento estava em operação. A vazão verificada no indicador de vazão IV-02 também respondeu à alteração do direcionamento da água para jusante no início de abril/2024, voltando a apresentar redução das vazões, ficando um pouco mais acentuada a partir de meados de junho/2024 com a operação da bomba instalada no poço PT-02. Ao final do mês de setembro/2024 até meados de outubro/2024, não foi verificada vazão na placa IV-02.

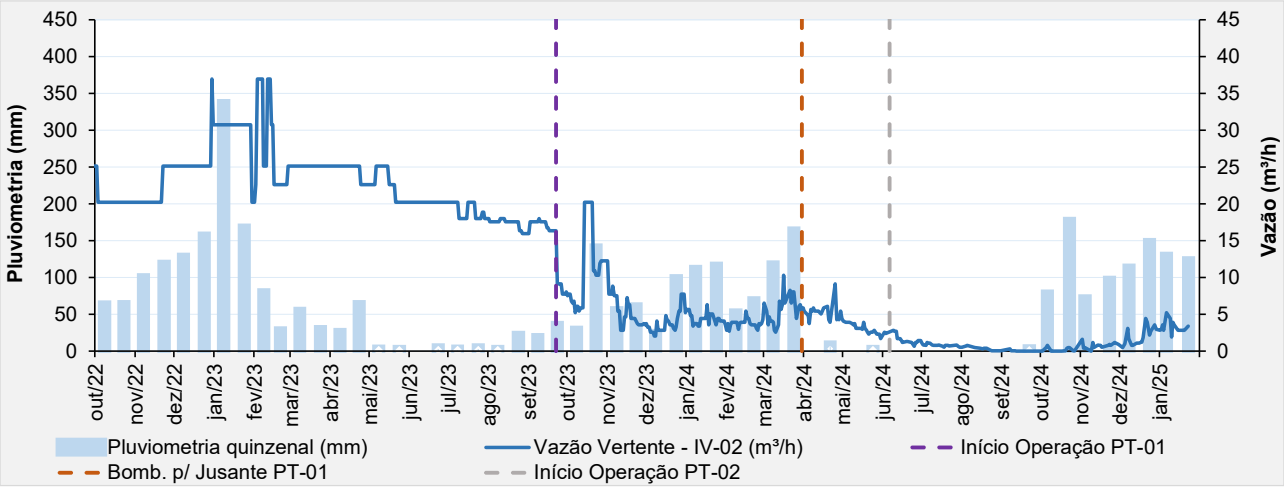


Figura 5.53 – Análise das vazões do IV-02 (Vertente).

- **Prismas de Monitoramento**

Para controle de deslocamento em superfície, atualmente, existem 30 prismas fixos instalados no maciço da barragem e monitorados por uma estação robótica fixa instalada no terreno natural à jusante da barragem conforme Figura 5.13.

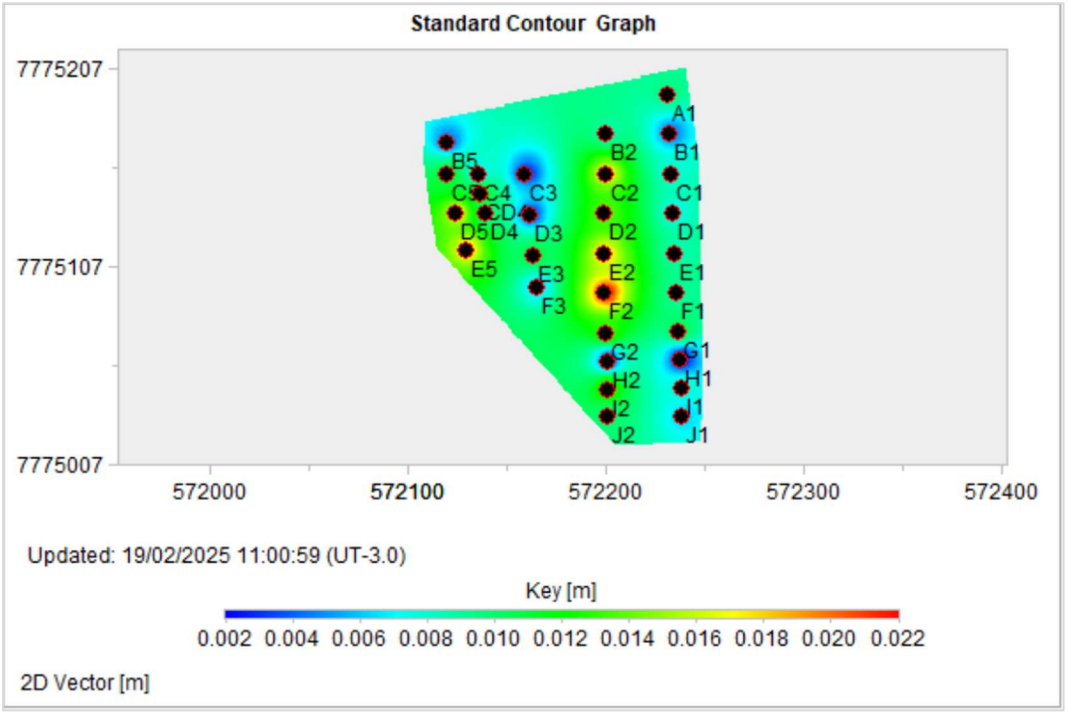


Figura 5.54 – Registros deslocamentos verticais dos prismas. (ref:01/11/24 a 08/01/25)

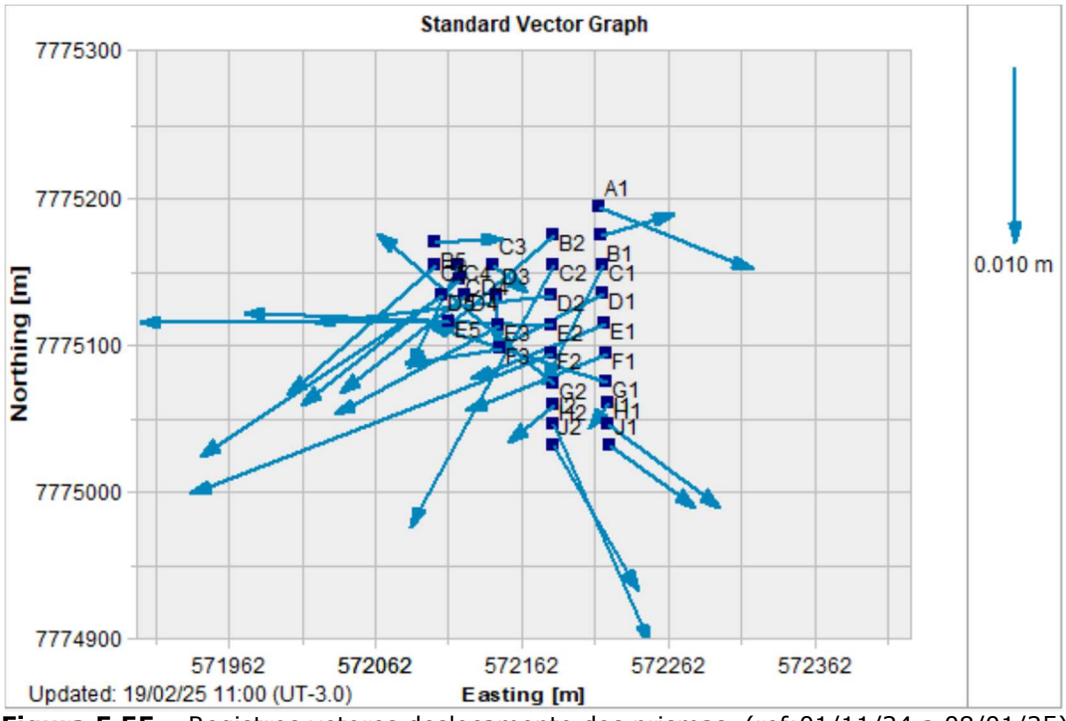


Figura 5.55 – Registros vetores deslocamento dos prismas. (ref:01/11/24 a 08/01/25)

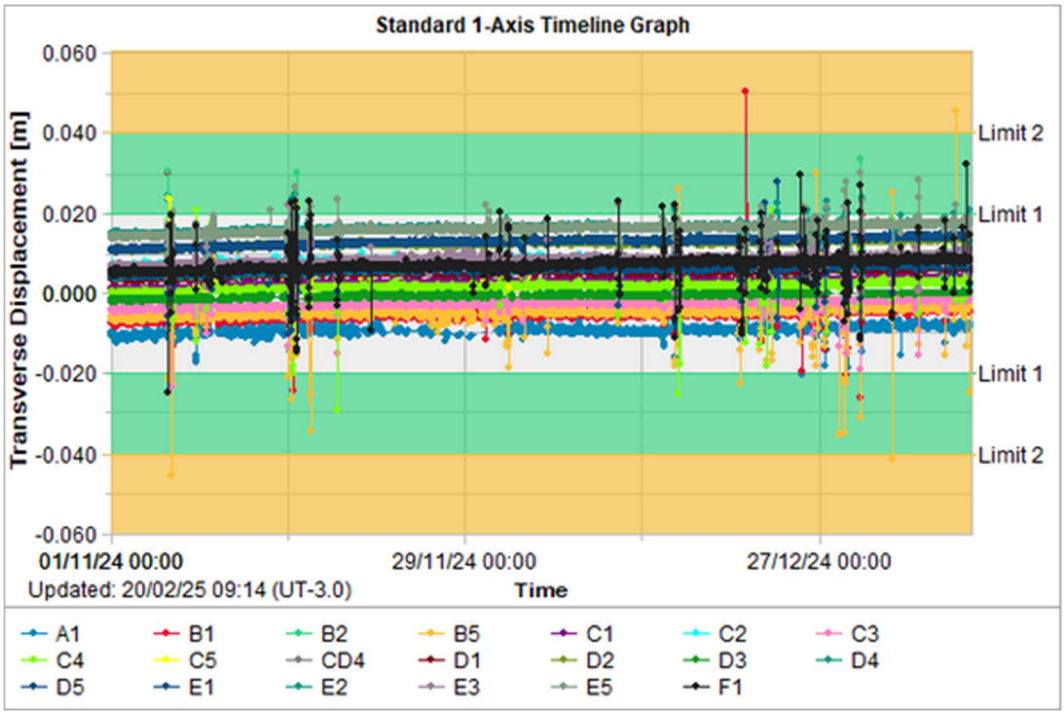


Figura 5.56 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement. (ref:01/11/24 a 08/01/25)

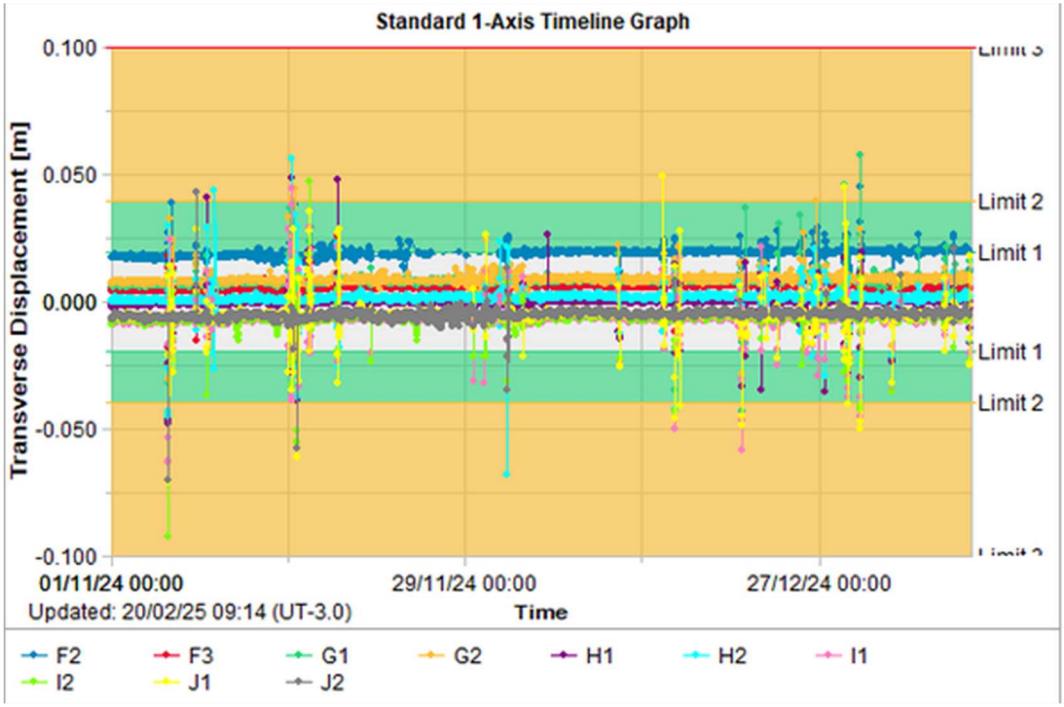


Figura 5.57 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement. (ref:01/11/24 a 08/01/25)

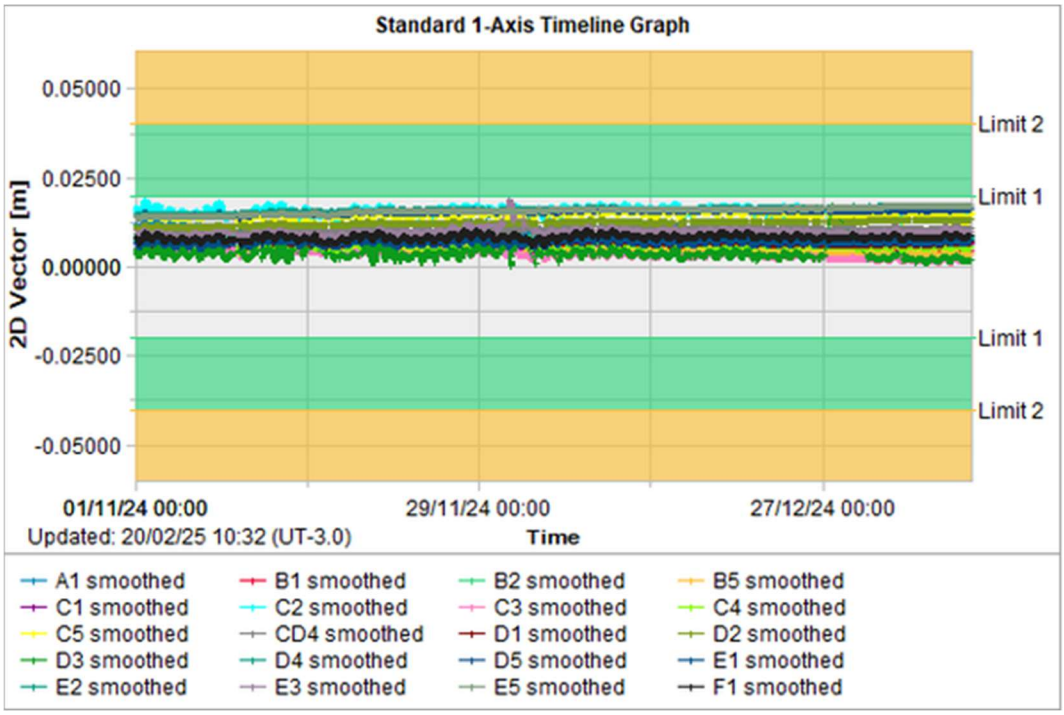


Figura 5.58 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector. (ref:01/11/24 a 08/01/25)

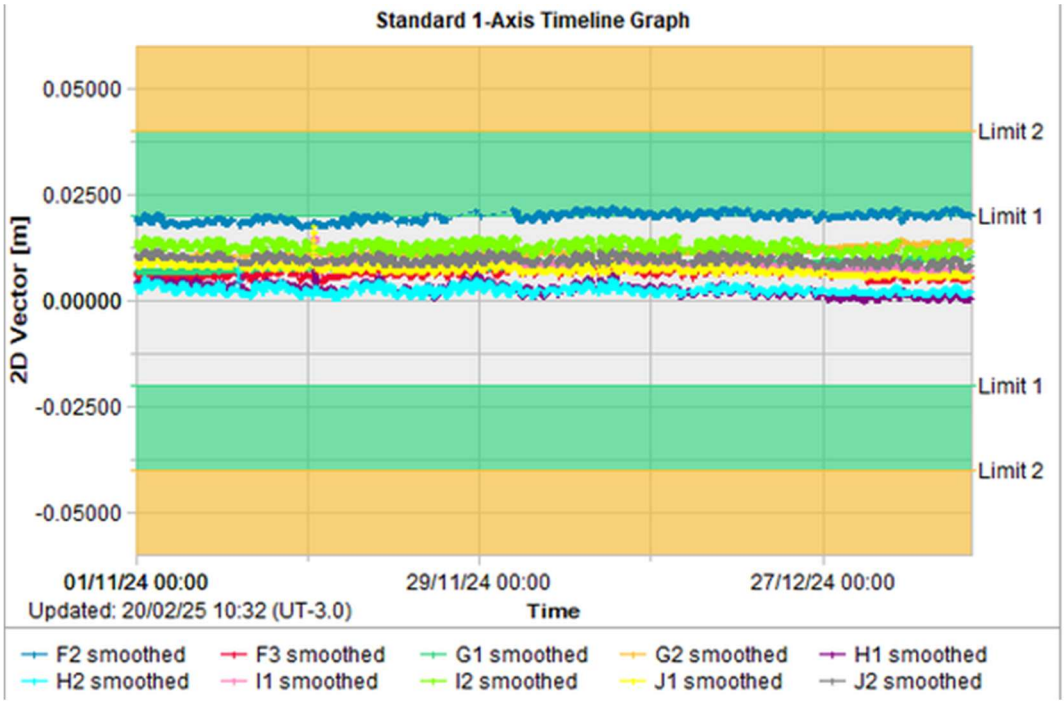


Figura 5.59 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector. (ref:01/11/24 a 08/01/25)

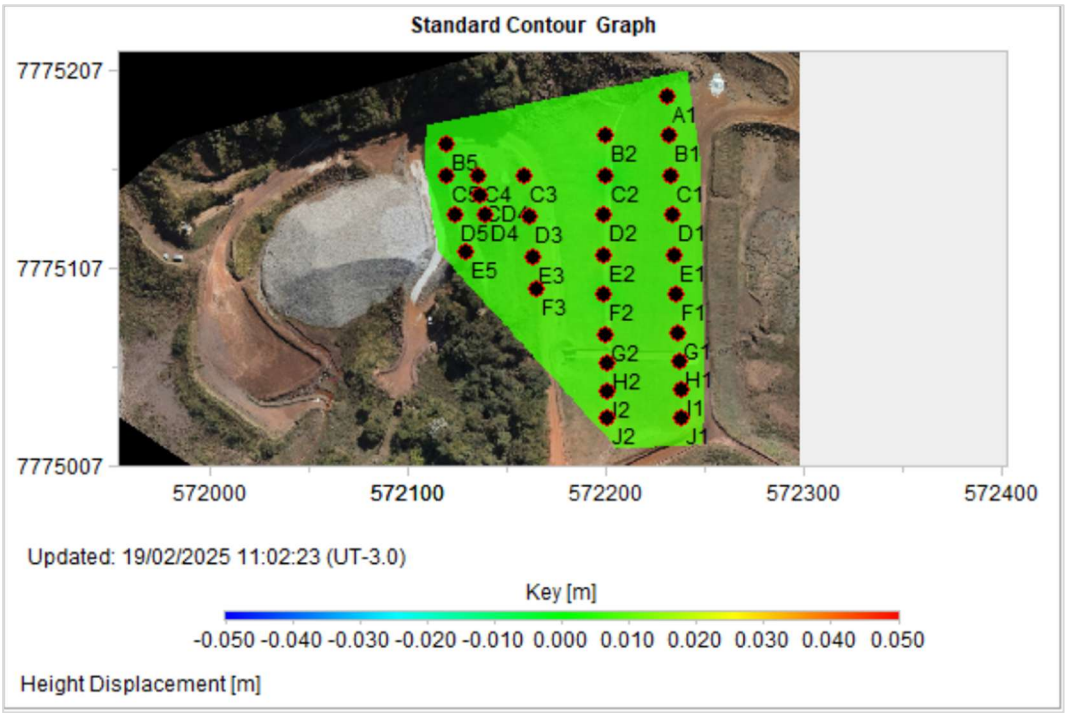


Figura 5.60 – Registros deslocamentos verticais dos prismas. (ref:11/01/25 a 31/01/25)

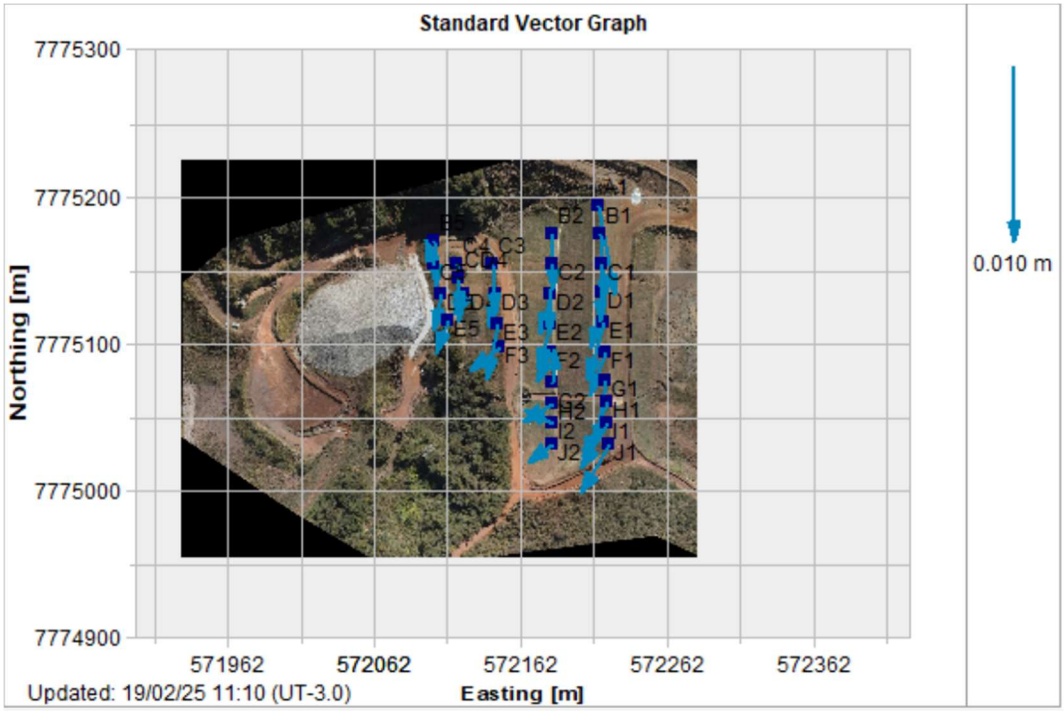


Figura 5.61 – Registros vetores deslocamento dos prismas. (ref:11/01/25 a 31/01/25)

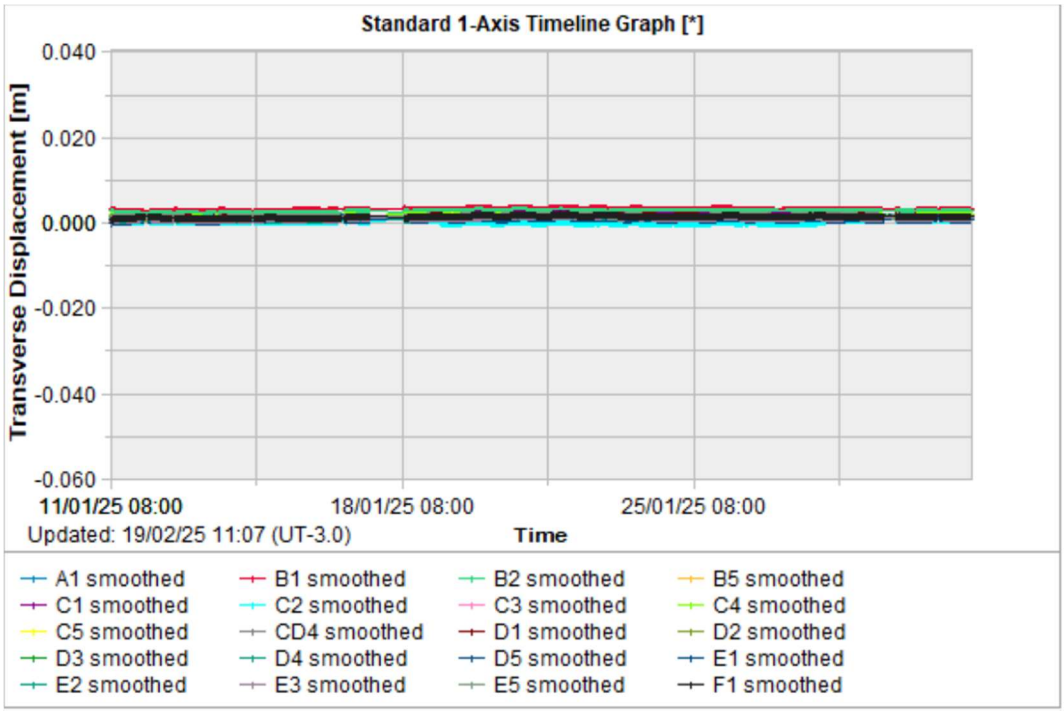


Figura 5.62 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement. (ref:11/01/25 a 31/01/25)

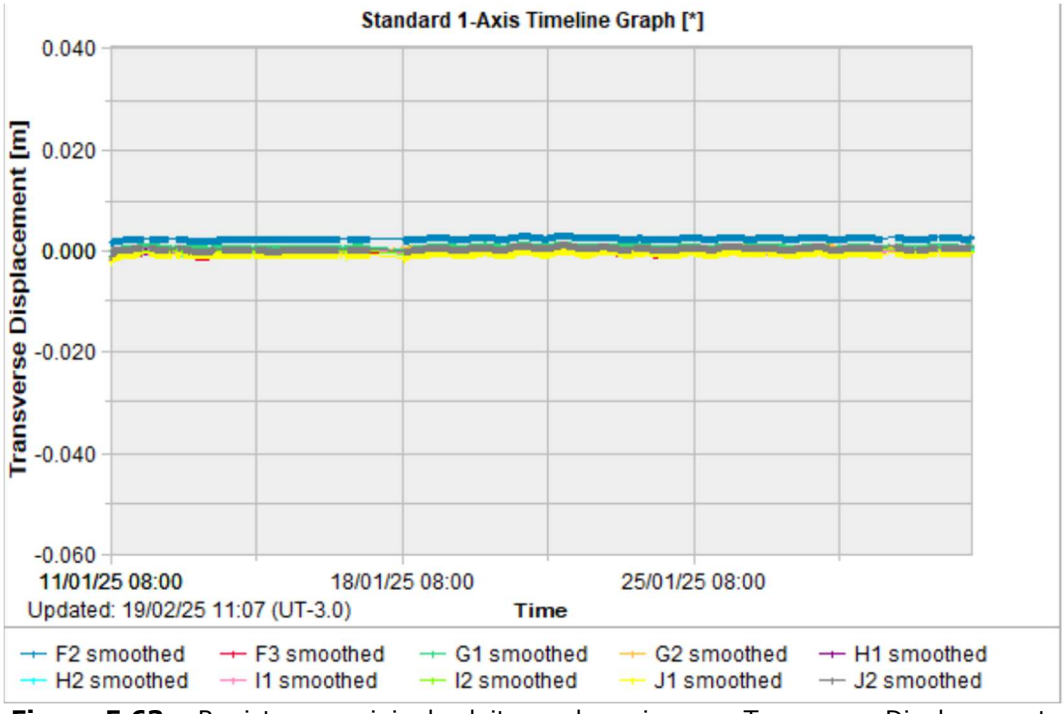


Figura 5.63 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement. (ref:11/01/25 a 31/01/25)

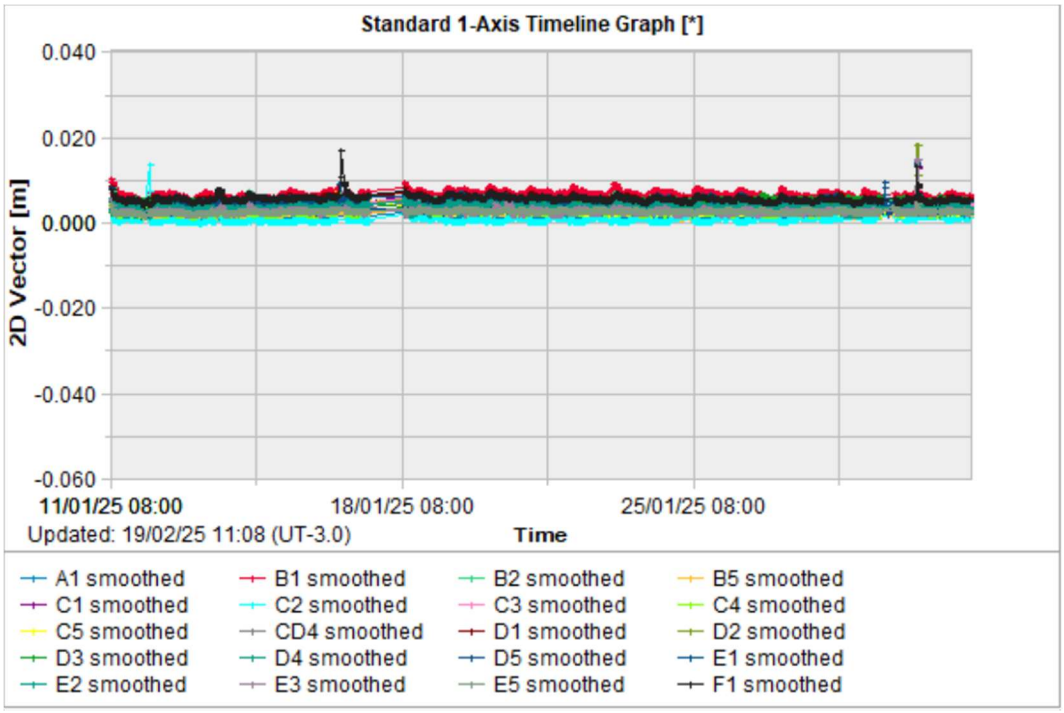


Figura 5.64 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector. (ref:11/01/25 a 31/01/25)

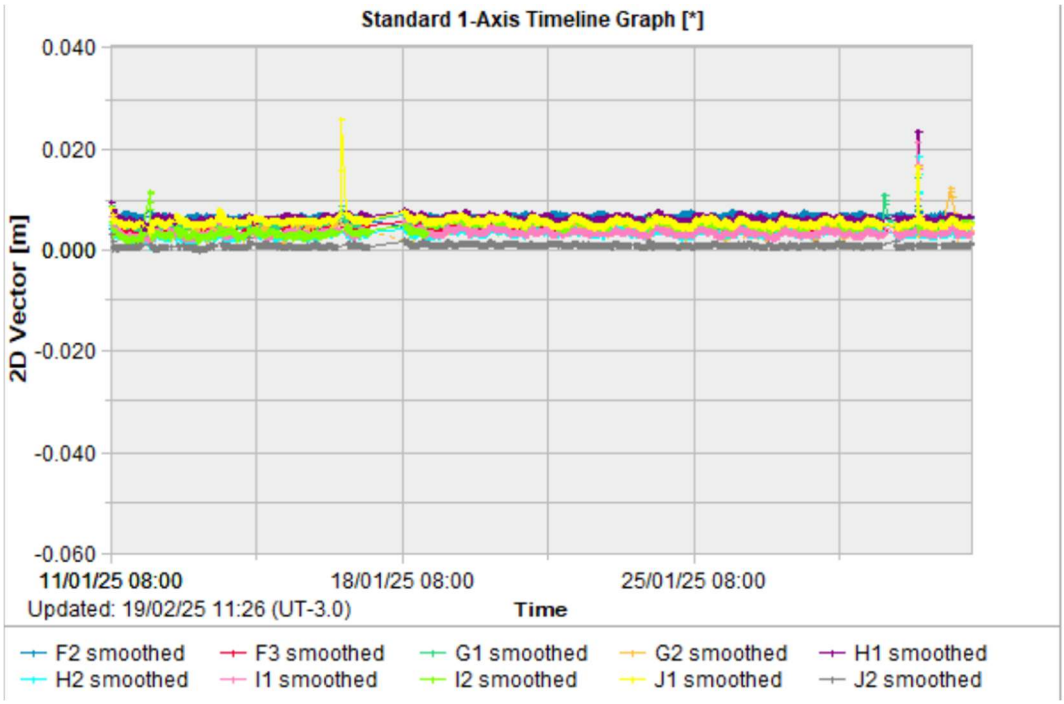


Figura 5.65 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector. (ref:11/01/25 a 31/01/25)

Os gráficos foram divididos em dois intervalos abrangendo o período de avaliação (novembro/2024 a janeiro/2025), pois entre 08/01/2025 e 11/01/2025 foi realizada uma atualização do cadastro dos prismas, realizada para que seja possível a obtenção de informações

mais diretas pelo software quanto a eventuais deslocamentos da estrutura.

Considerando os gráficos obtidos no período entre 01/11/2024 e 08/01/2025, as leituras de deslocamento vertical (Figura 5.54) apontam que a barragem tem um deslocamento acumulado próximo de 2,2 cm, que pode ser considerado como uma movimentação baixa, já que tal valor representa 0,04% em relação à altura da barragem (55,79 m). Conforme esperado, as ombreiras da barragem são as regiões onde são verificados os menores deslocamentos, juntamente com o pé da estrutura. Os maiores deslocamentos são verificados na porção central do barramento. Em relação às leituras dos prismas, estas indicam em geral, deslocamentos horizontais acumulados de até 2,3 cm.

Já no período entre 11/01/2025 e 31/01/2025, as leituras de deslocamento vertical (Figura 5.60) não indicam recalque da estrutura. Em relação às leituras dos prismas, estas indicam em geral, deslocamentos horizontais acumulados de até 1,0 cm, indicando alguns picos, provavelmente alguma interferência momentânea, porém retornando a valores previamente verificados.

- **Marcos de Controle de Deslocamento**

Atualmente na barragem existem 4 marcos de controle de deslocamento instalados na estrutura, como pode ser visto na Tabela 5.3.

Na 1ª quinzena de outubro de 2023, a equipe de topografia da MMI informou que foi realizada a calibração das estações totais e dessa forma foi necessário o recadastramento das hastes com as leituras do dia 11/10/2023.

A partir da análise das leituras dos marcos de controle pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Os valores acumulados observados, horizontais menores que 5 mm e verticais menores que 2 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura (“serrilhado”), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão. A última leitura dos deslocamentos dos marcos superficiais no período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025) foi realizada no dia 30/01/2025.

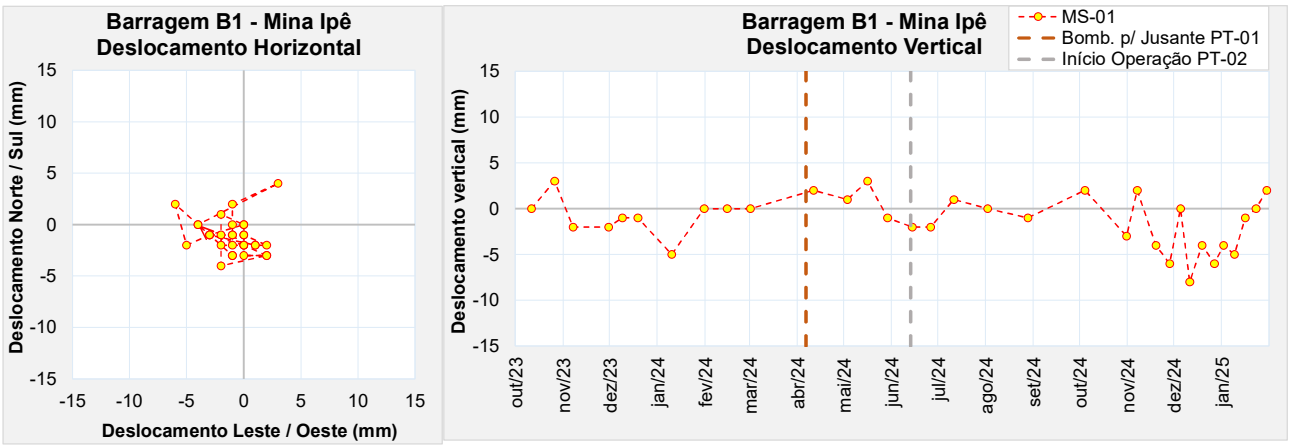


Figura 5.66 – Marco de controle de deformação – MS-01.

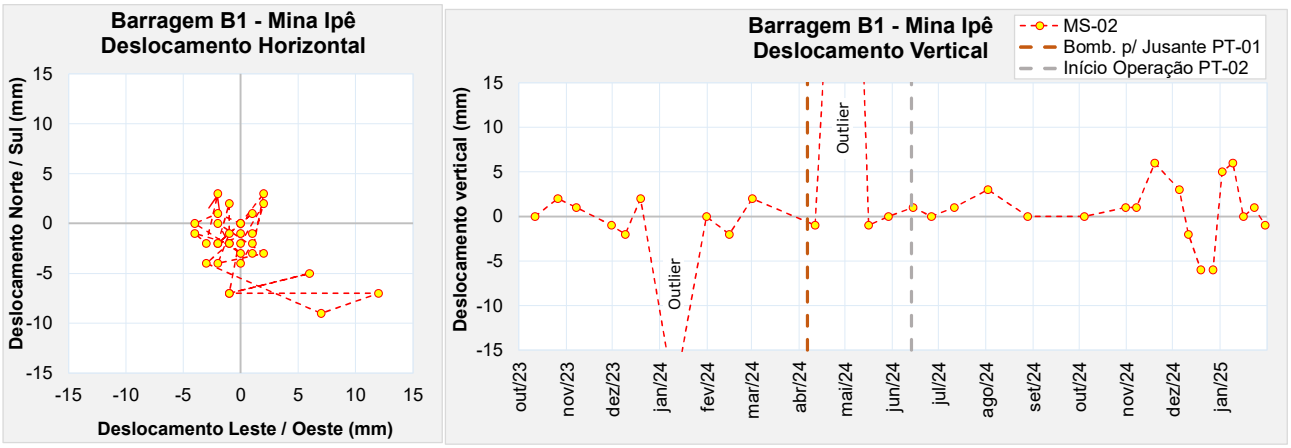


Figura 5.67 – Marco de controle de deformação – MS-02.

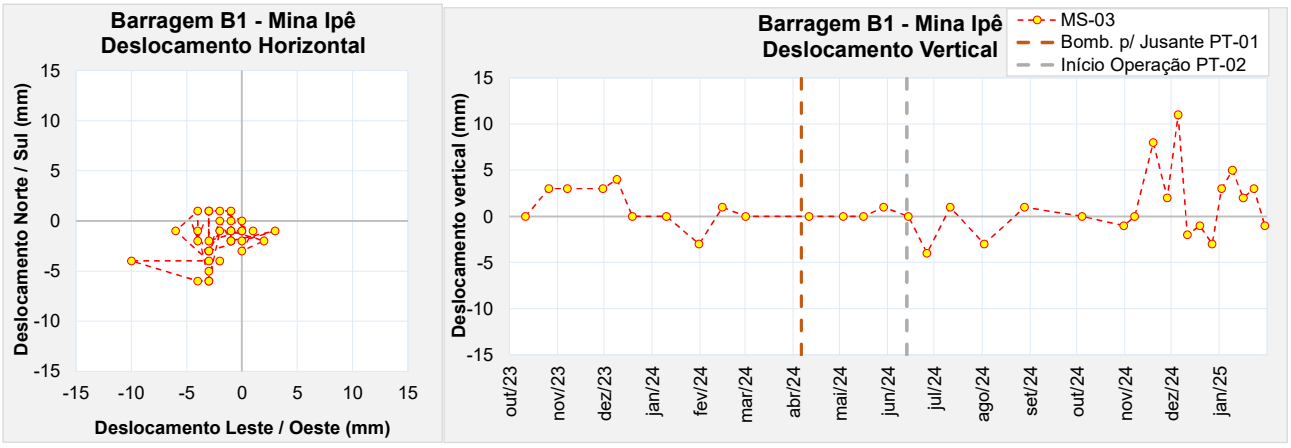


Figura 5.68 – Marco de controle de deformação – MS-03.

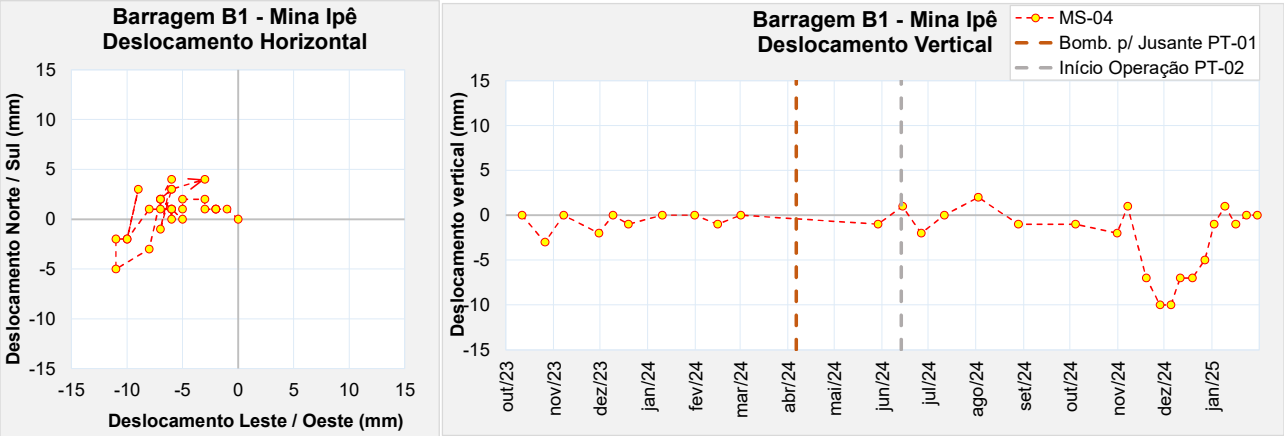


Figura 5.69 – Marco de controle de deformação – MS-04.

- **Monitoramento do Talude da Encosta**

Para monitoramento do talude da encosta na margem direita do reservatório, foram instalados 26 marcos de deslocamento, de modo que se possa avaliar possíveis deslocamentos na região. Na Figura 5.8 é apresentada a locação dos marcos superficiais de monitoramento da encosta e na Tabela 5.1, os dados de cadastro dos marcos de referência e de monitoramento do talude da encosta.

Os marcos MS-01 a MS-21 tiveram suas últimas leituras realizadas no dia 28/08/2024, devido restrições impostas pelo departamento de SSO (Saúde e Segurança Operacional) da MMI, por considerar inseguro a aferição destes marcos, sem as devidas medidas de proteção a serem implantadas. Os demais marcos (MS-22 a MS-26) tiveram leituras realizadas até o dia 30/01/2025.

A partir da análise das leituras dos marcos superficiais, pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Considerando os marcos em que ainda são realizadas leituras (MS-22 a MS-26), os valores acumulados observados, verticais e horizontais resultantes menores que 4 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão.

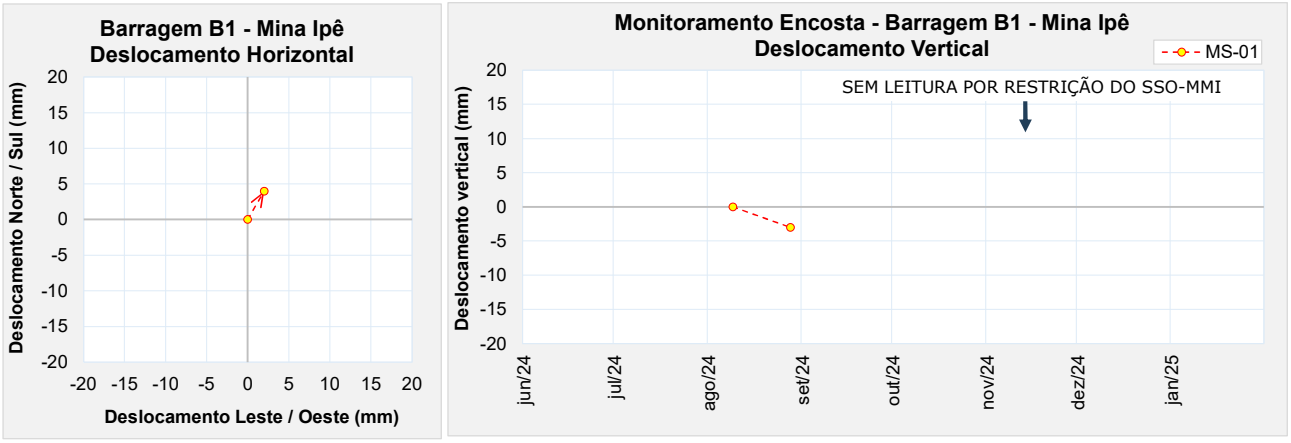


Figura 5.70 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-01.

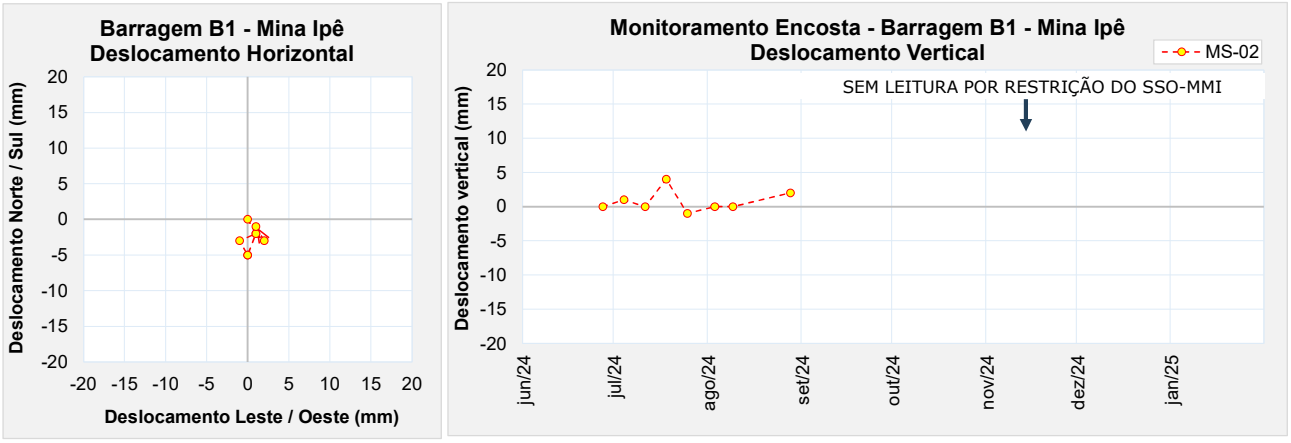


Figura 5.71 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-02.

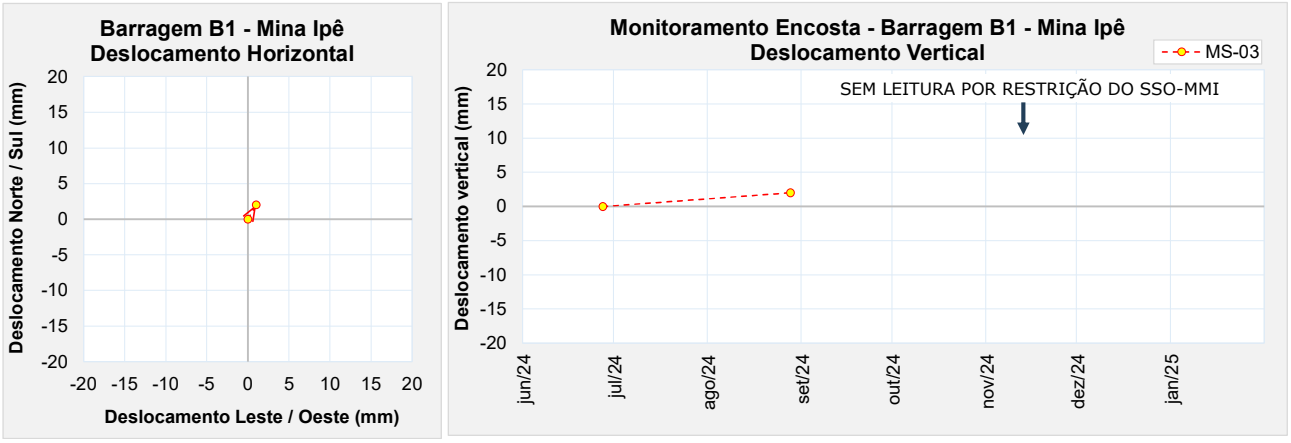


Figura 5.72 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-03.

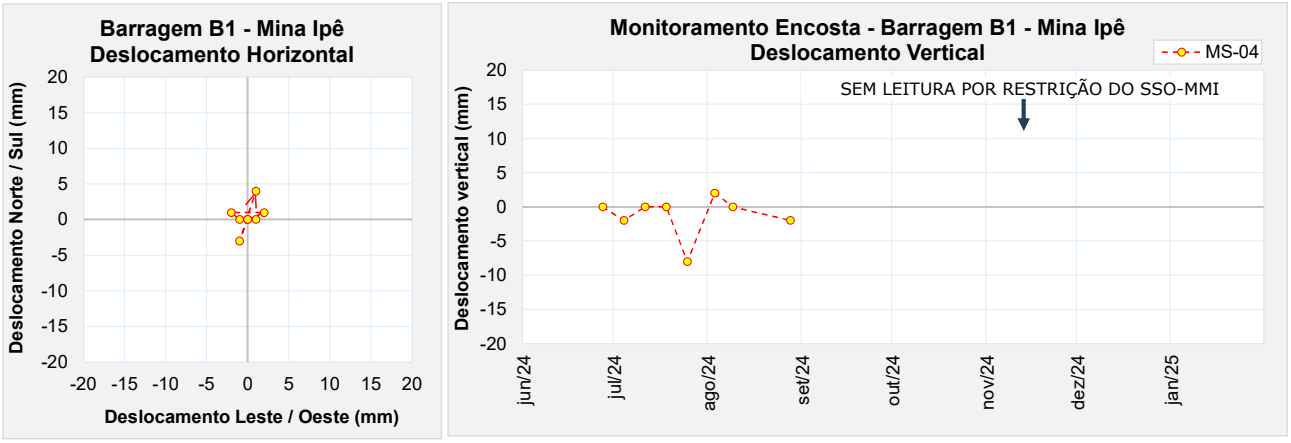


Figura 5.73 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-04.

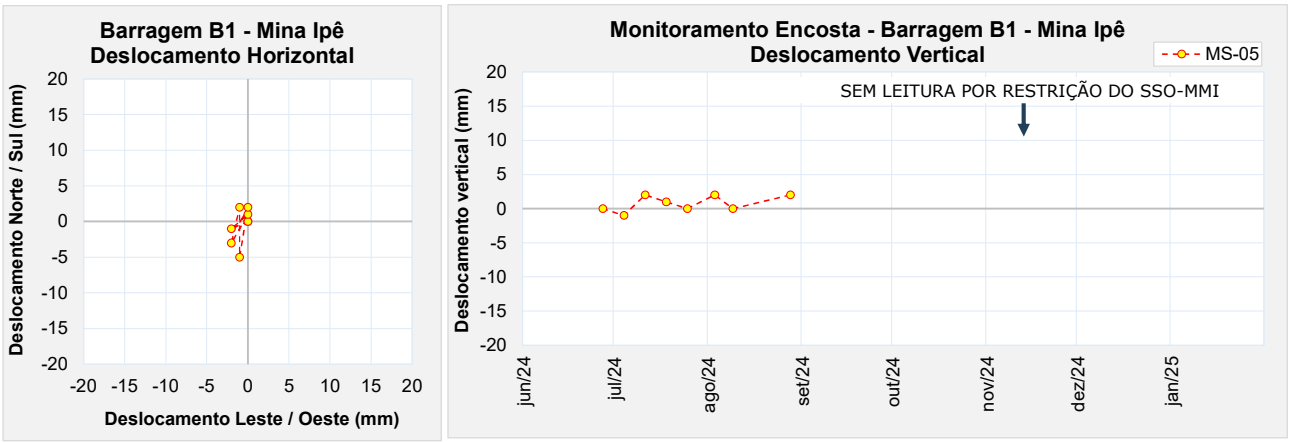


Figura 5.74 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-05.

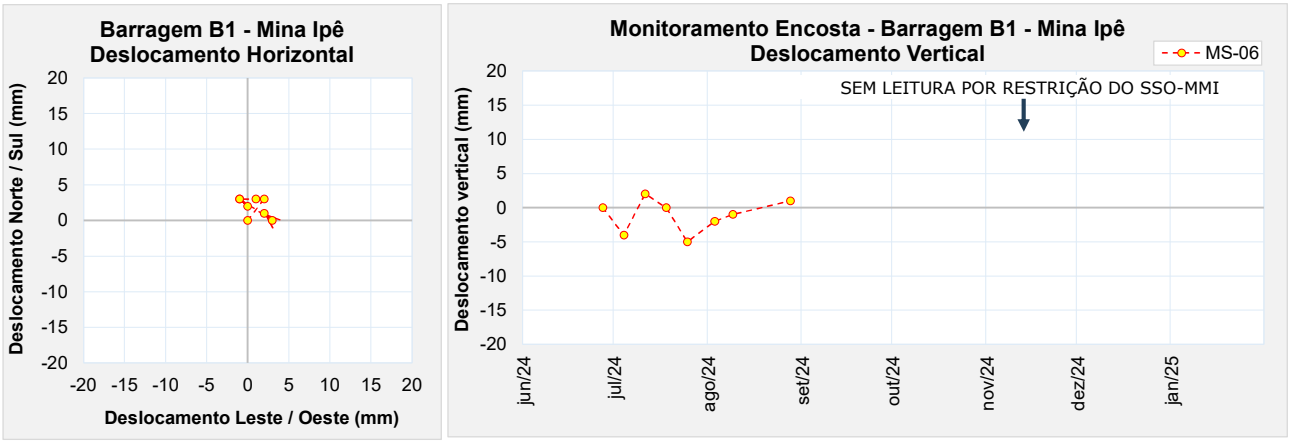


Figura 5.75 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-06.

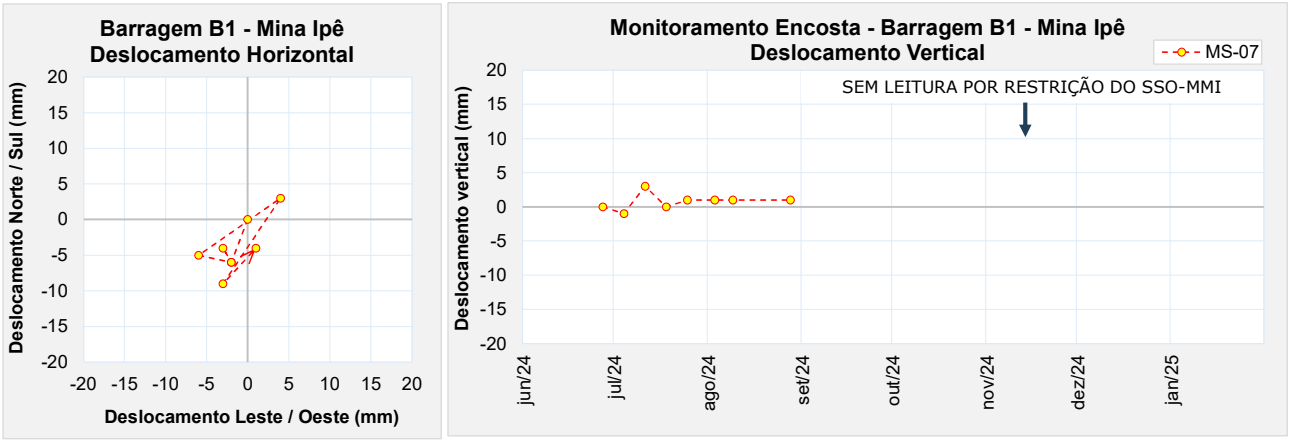


Figura 5.76 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-07.

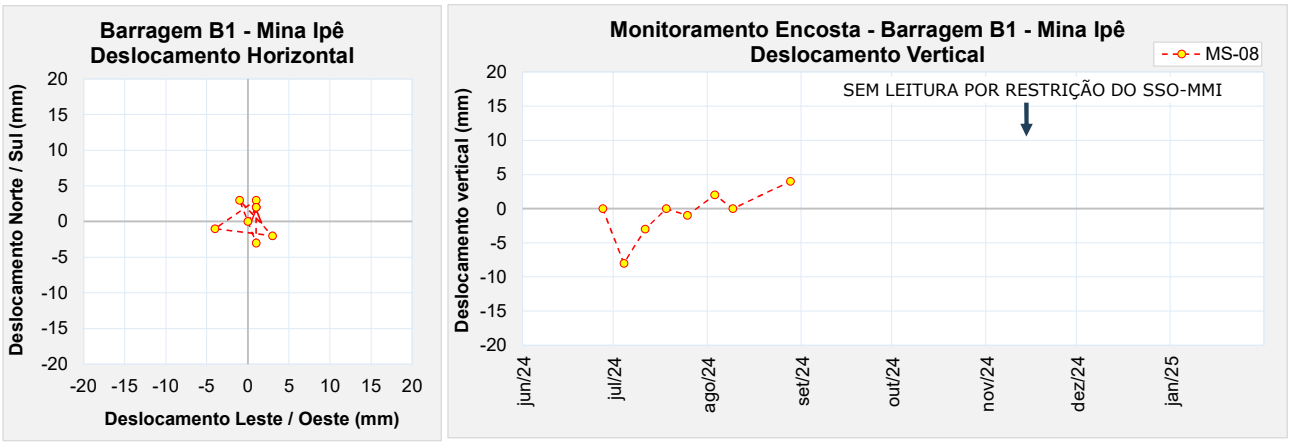


Figura 5.77 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-08.

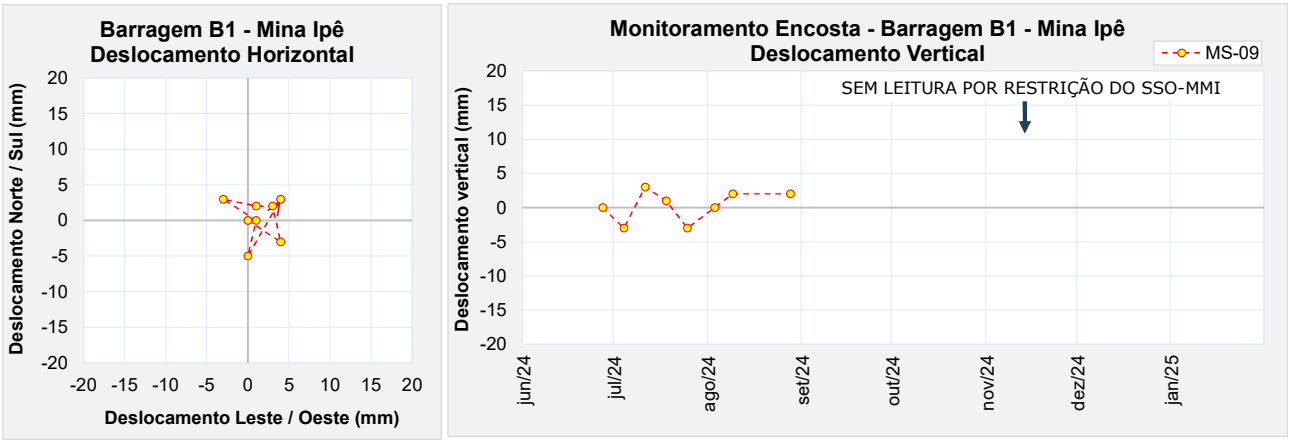


Figura 5.78 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-09.

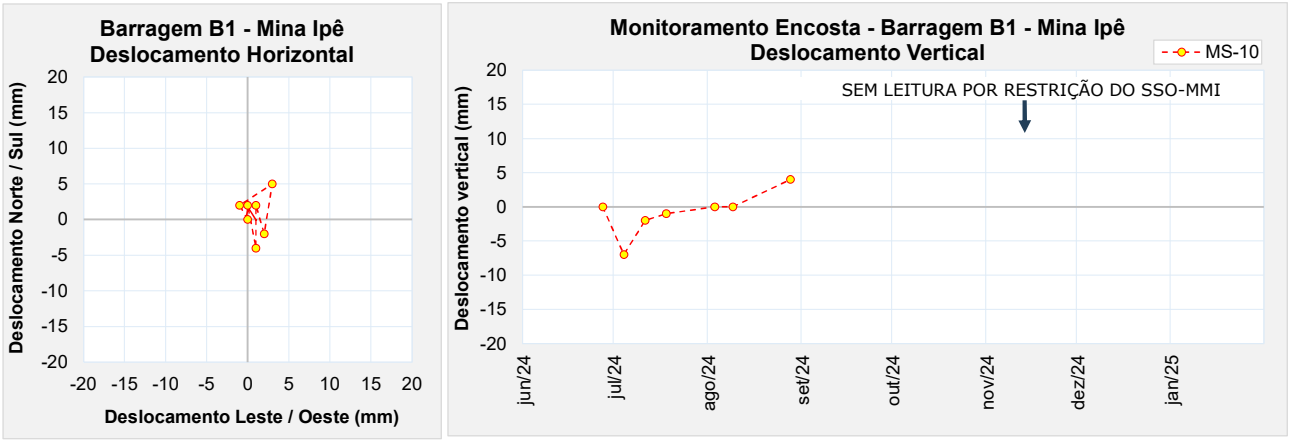


Figura 5.79 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-10.

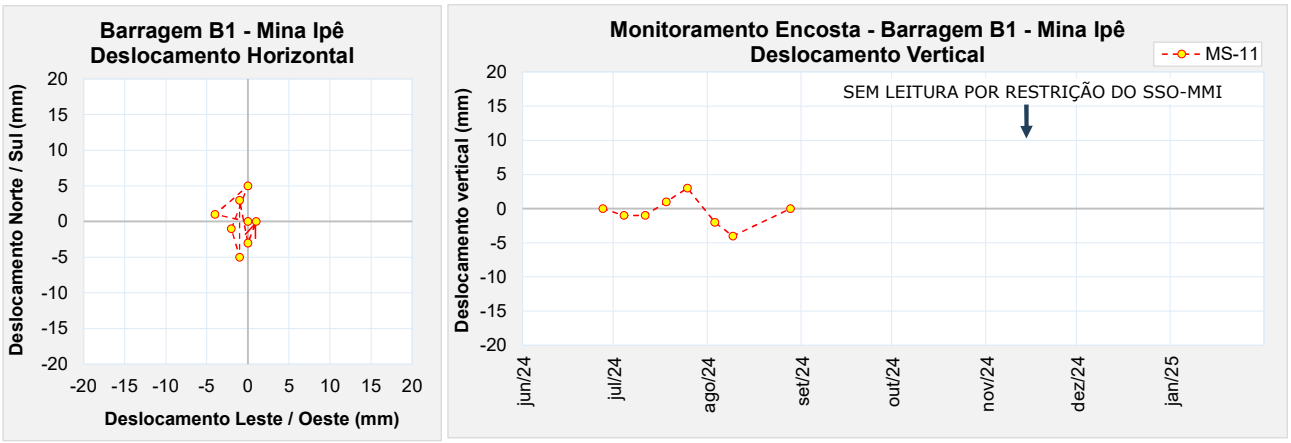


Figura 5.80 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-11.

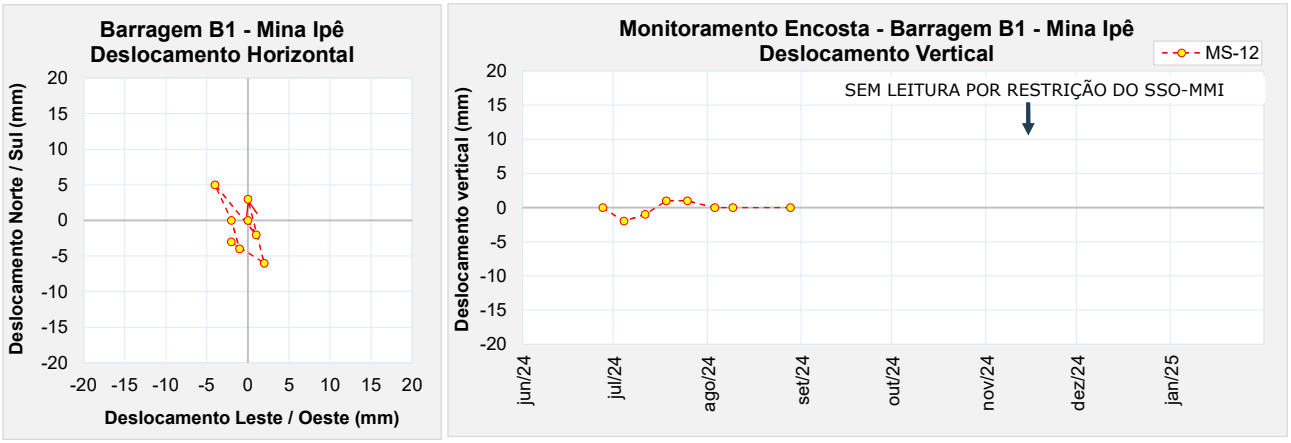


Figura 5.81 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-12.

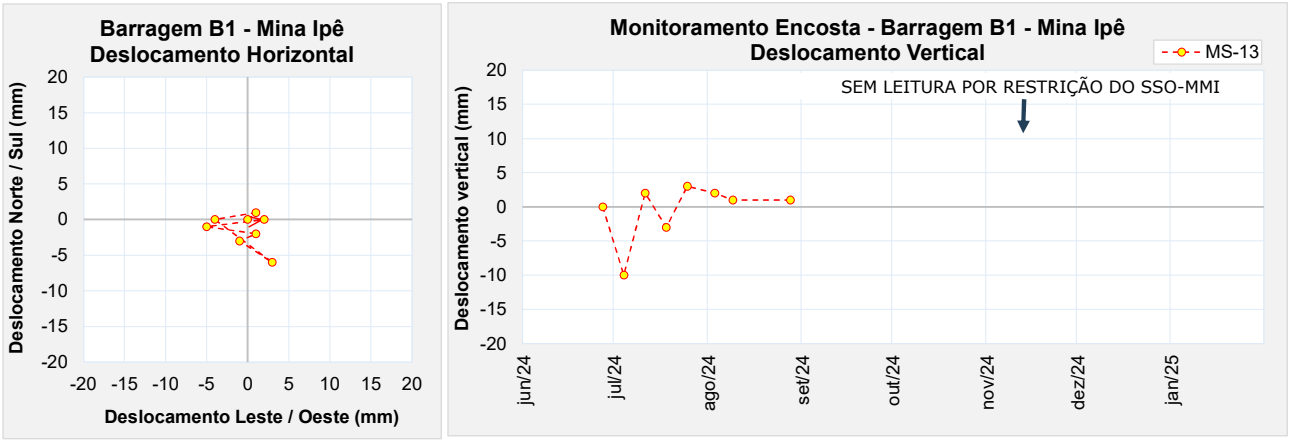


Figura 5.82 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-13.

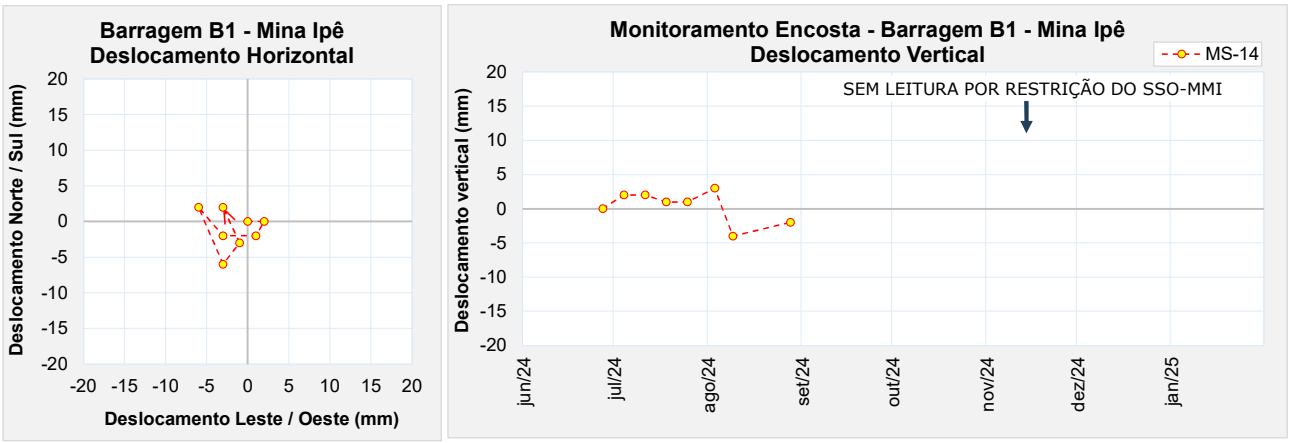


Figura 5.83 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-14.

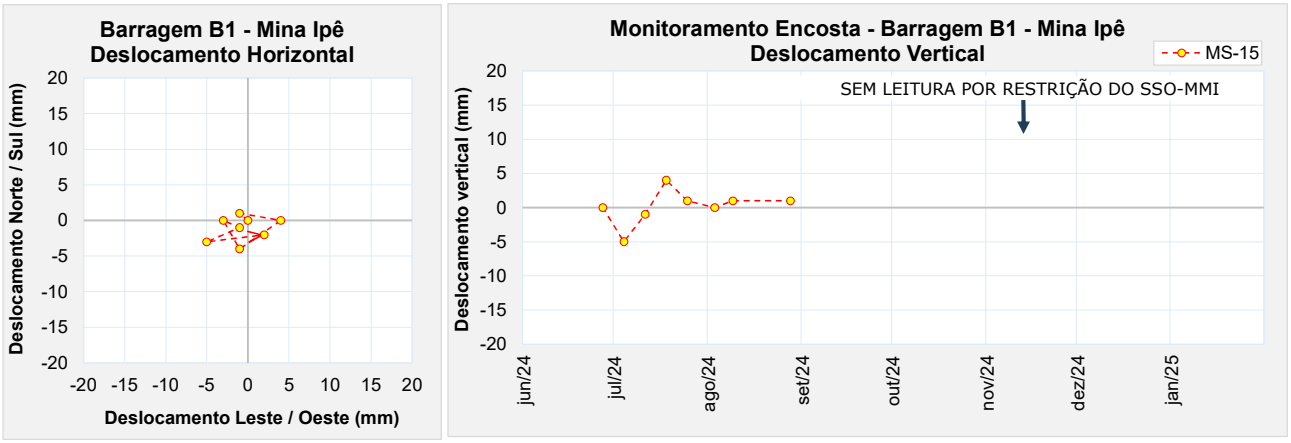


Figura 5.84 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-15.

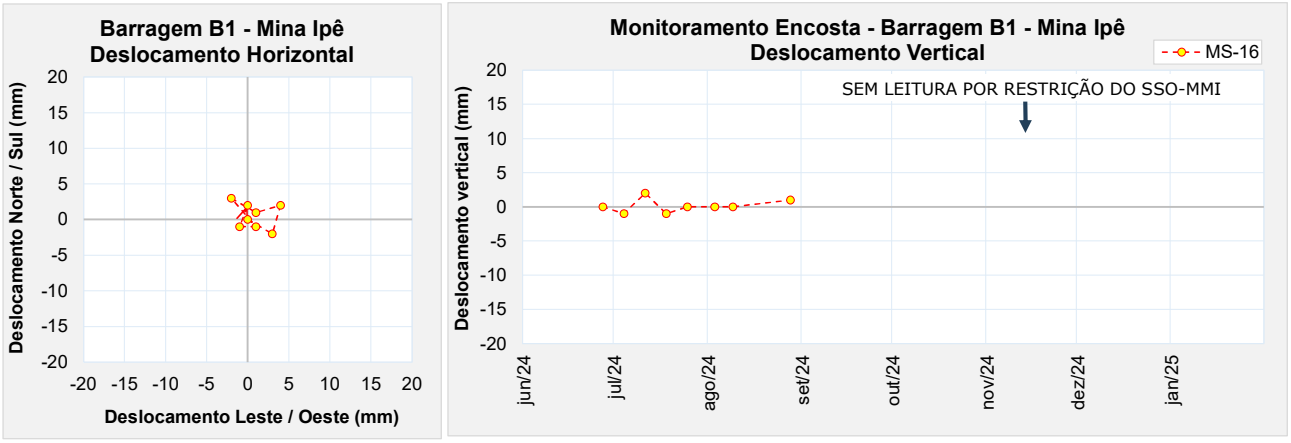


Figura 5.85 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-16.

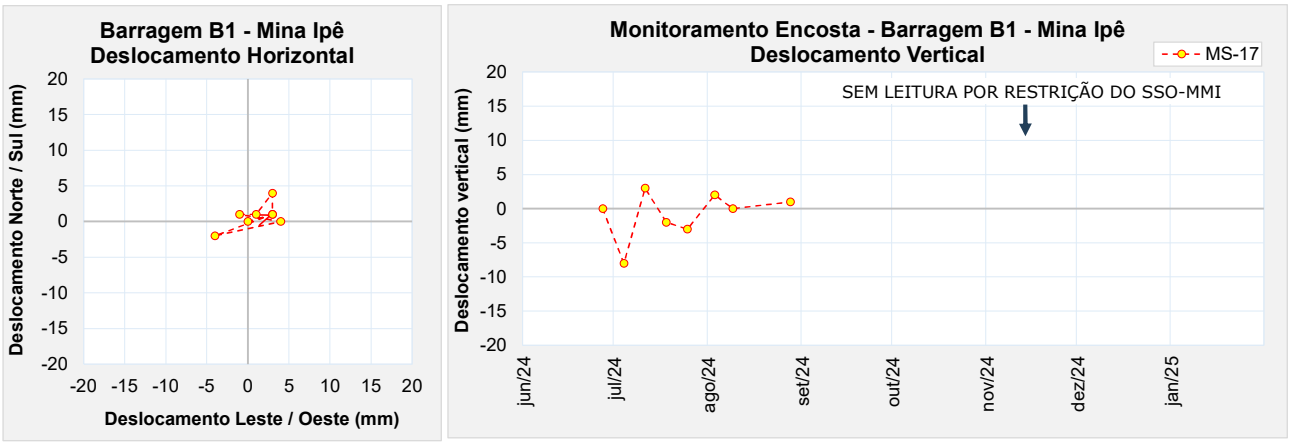


Figura 5.86 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-17.

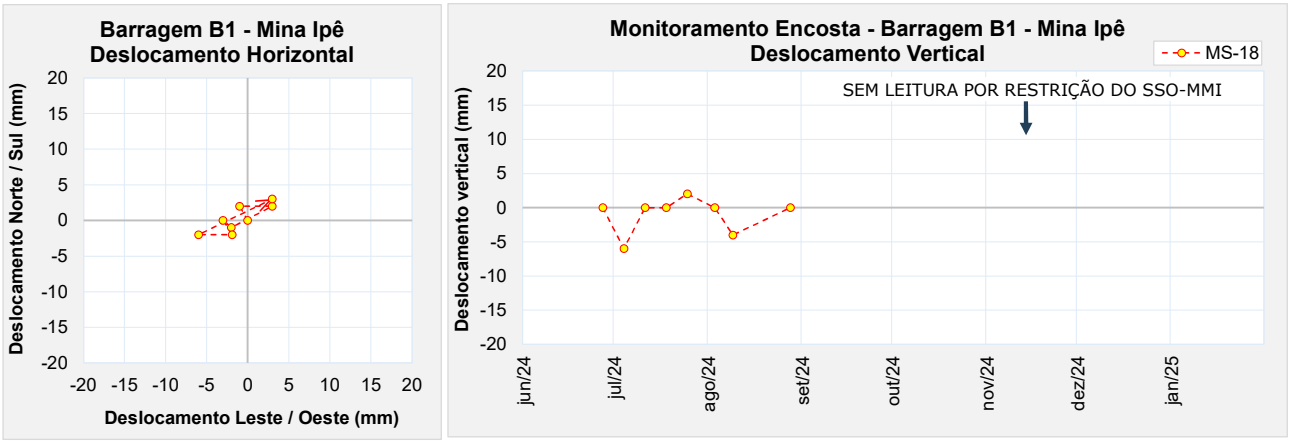


Figura 5.87 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-18.

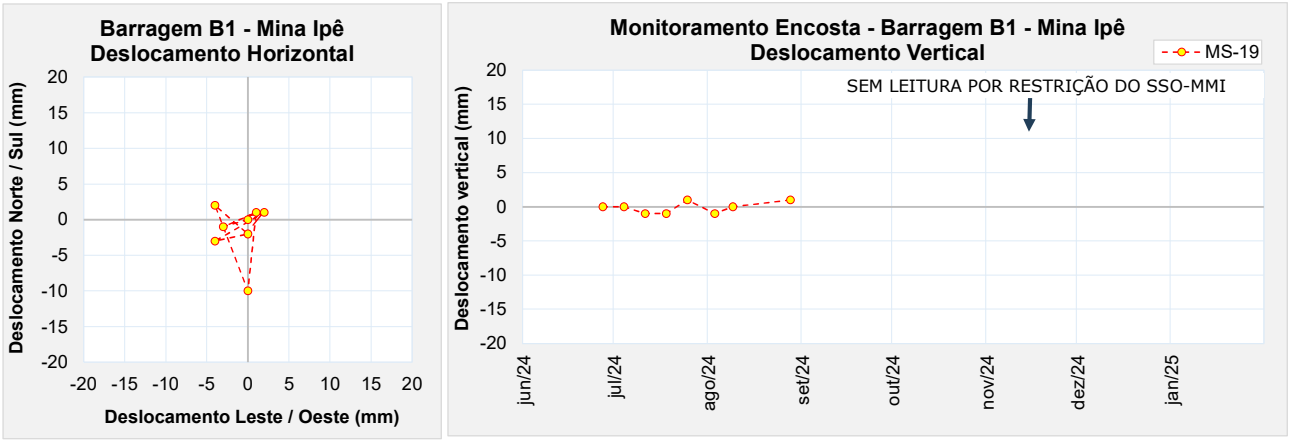


Figura 5.88 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-19.

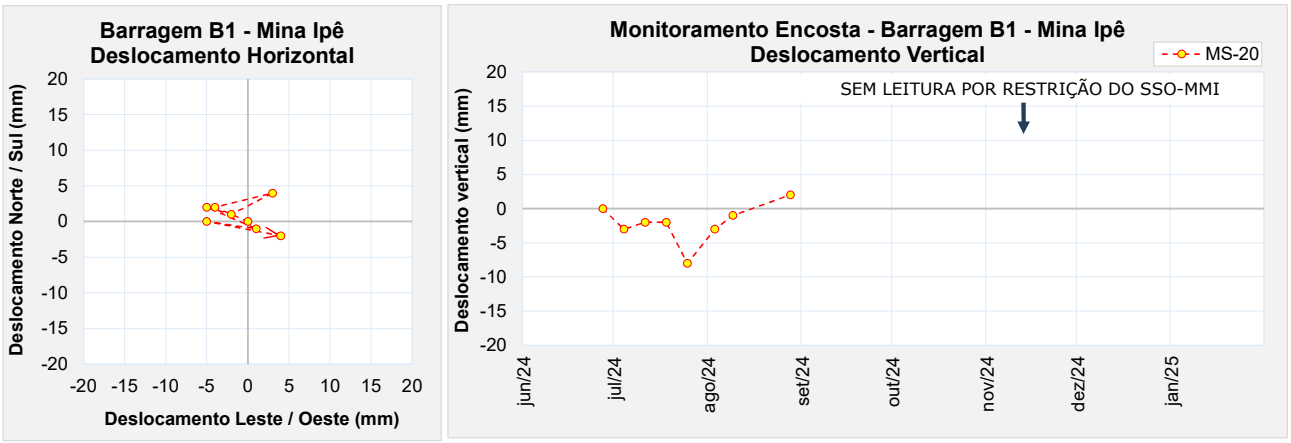


Figura 5.89 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-20.

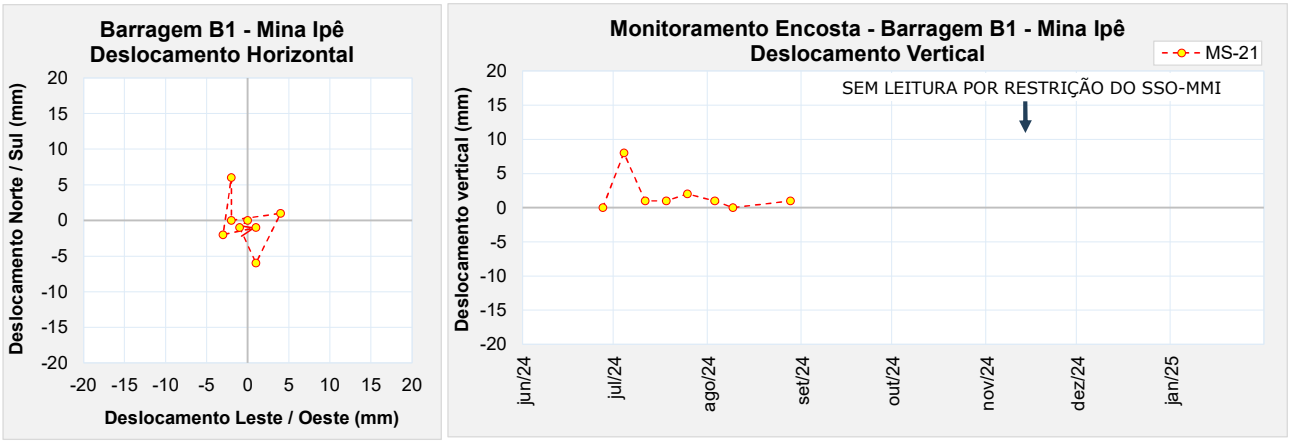


Figura 5.90 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-21.

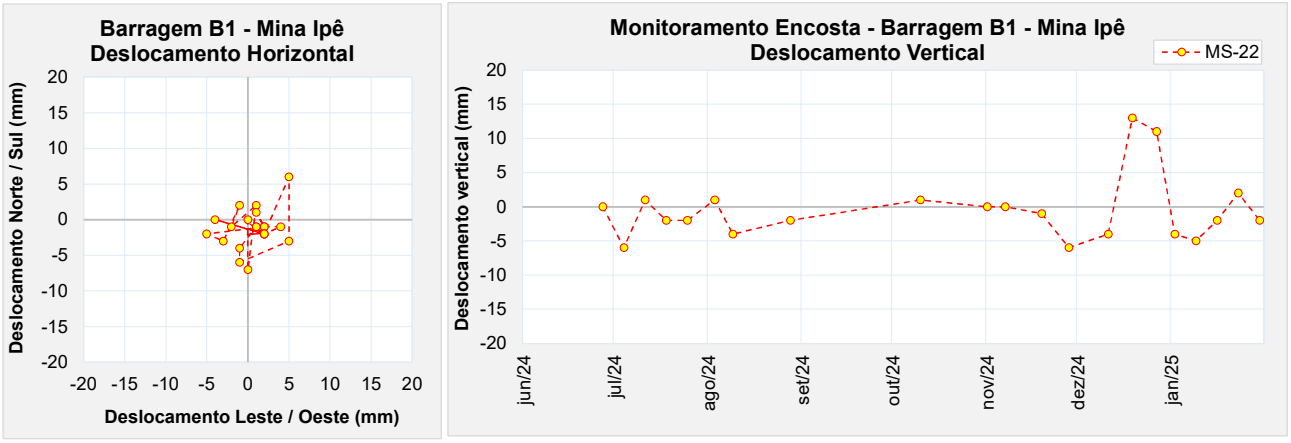


Figura 5.91 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-22.

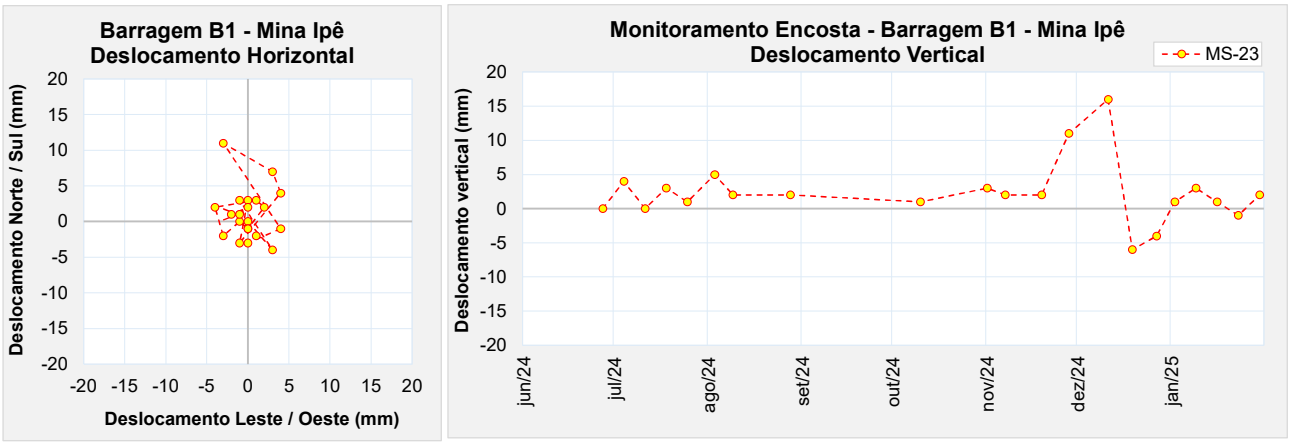


Figura 5.92 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-23.

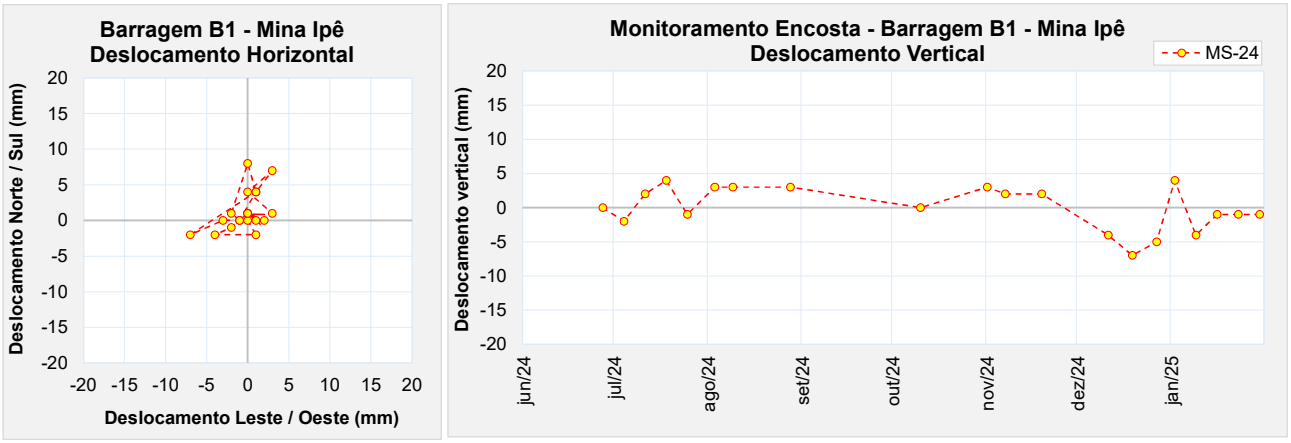


Figura 5.93 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-24.

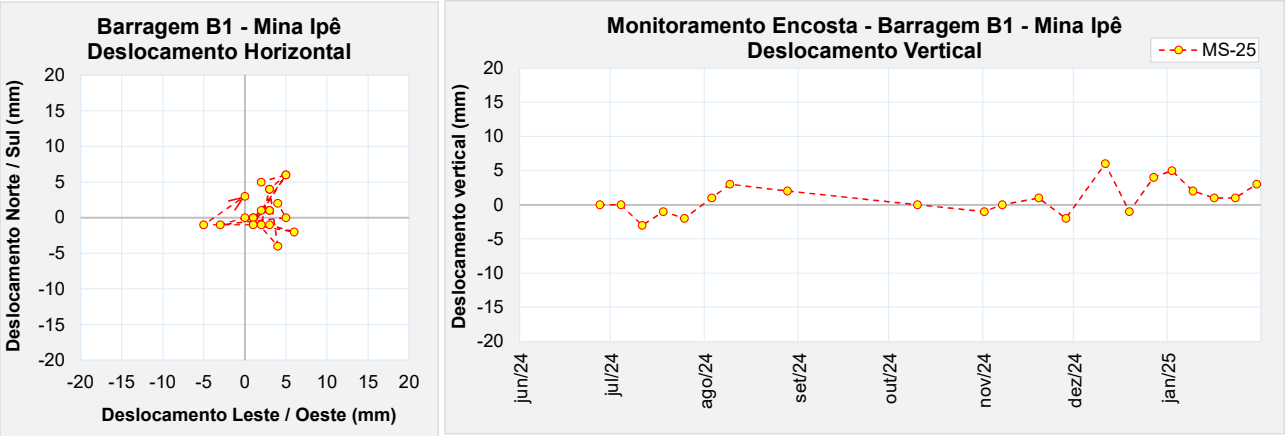


Figura 5.94 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-25.

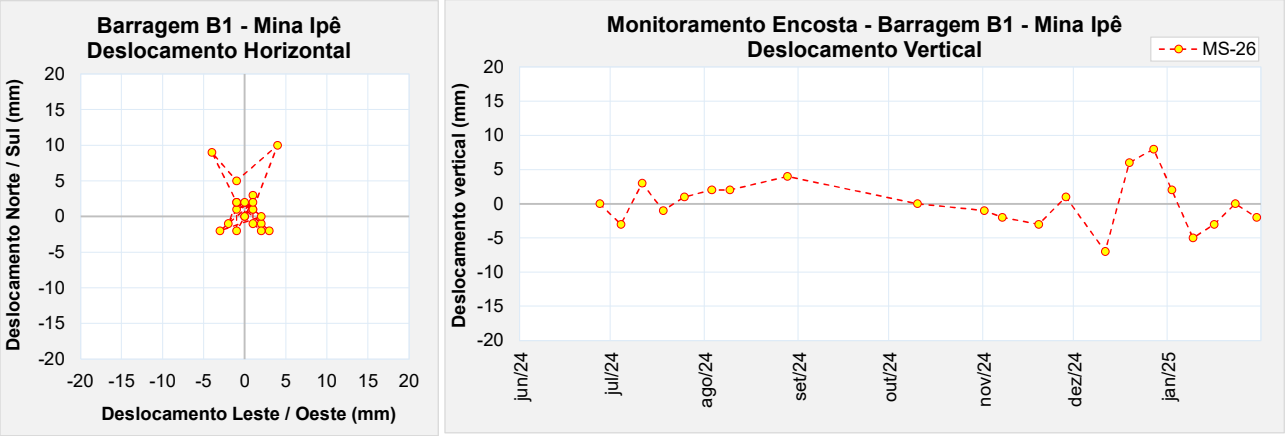


Figura 5.95 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-26.

- **Operação dos Poços de Bombeamento**

Como premissa do projeto de descaracterização da Barragem B1- Mina Ipê, o nível freático deve estar abaixo da camada de rejeito contrátil presente na fundação da barragem. Dessa forma, para que se atinja tal objetivo foram instalados dois poços de rebaixamento, conforme apresentado no item 5.3.1.

O esquema de direcionamento dos fluxos provenientes dos poços de bombeamento e das bombas instaladas no reservatório é apresentado na Figura 5.7.



Figura 5.96 – Esquema de direcionamento atual dos fluxos proveniente dos sistemas de bombeamento.

De modo a determinar a vazão bombeada em cada poço, diariamente é realizada a leitura dos hidrômetros em horário determinado, fazendo o registro das informações. O histórico de bombeamento com indicação de períodos de parada e retomada é apresentado na Figura 5.97.

No gráfico também foram destacados três marcos referentes à operação dos poços de bombeamento:

1. Alteração do sentido do bombeamento para jusante, início de abril/2024;
2. Início da operação da bomba provisória instalada no poço PT-02, meados de junho/2024;
3. Início da operação da bomba definitiva instalada no poço PT-02, início de julho/2024.

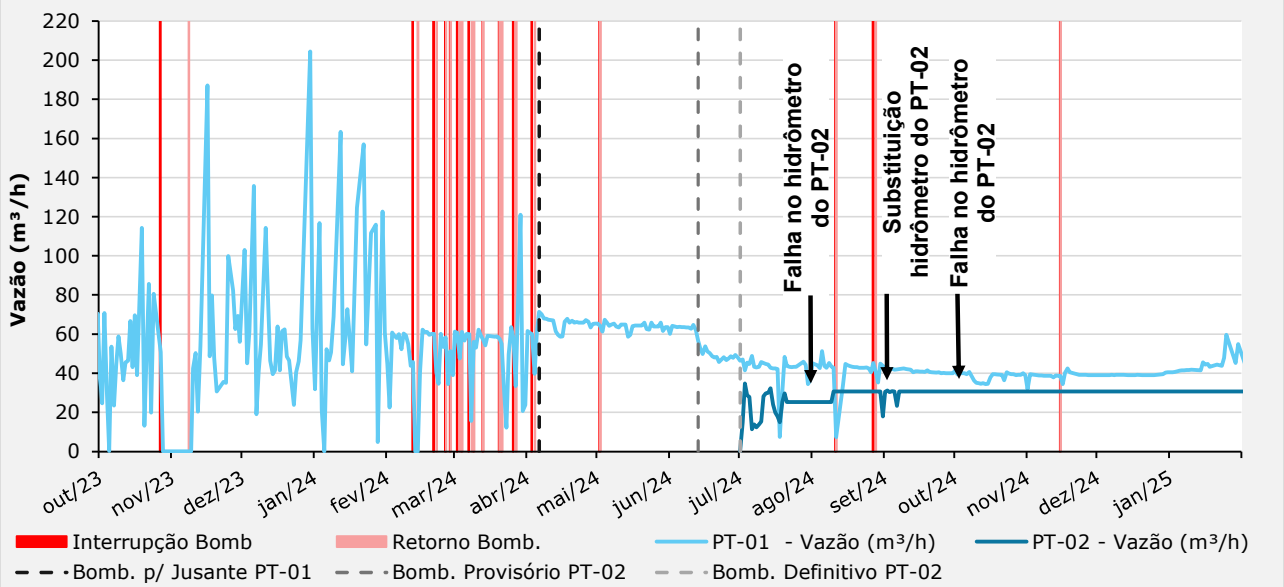


Figura 5.97 – Histórico bombeamento dos poços de rebaixamento.

Em um primeiro momento, após o início do bombeamento do poço PT-01 (29/09/2023), o fluxo proveniente da bomba era enviado para dois tanques metálicos e, posteriormente, esta água era encaminhada para a usina. No período em que o sistema de bombeamento operou nesta configuração, a vazão média obtida foi de aproximadamente 58 m³/h.

No início de abril/2024, após um acordo entre a MMI e Emicon, foi autorizado, durante o período seco, o direcionamento dos fluxos para jusante, em que a água proveniente do bombeamento seria lançada na canaleta de contorno na margem esquerda do reservatório que conduz o fluxo até o extravasor de emergência da Barragem B1A Emicon. Após esse redirecionamento, foi obtida uma vazão média de 64 m³/h.

Após a realização de estudos hidrogeológicos, verificou-se a necessidade de instalação de um poço adicional para que seja possível atingir os níveis recomendados em projeto e, assim, iniciadas as obras de descaracterização. Dessa forma, foi instalado um novo poço (PT-02), o qual começou a operar com uma bomba provisória na primeira quinzena de junho/2024. O bombeamento do fluxo desse novo poço (PT-02) influenciou diretamente na vazão do poço PT-01, reduzindo ligeiramente a vazão média obtida para um valor de 48 m³/h.

No início de julho/2024, foi instalado o conjunto moto-bomba definitivo no poço PT-02 e de acordo com os registros foi obtido uma vazão média de 27 m³/h.

O hidrômetro instalado no poço PT-02 apresentou falhas de funcionamento em julho/2024 devido a presença de pedriscos na água bombeada, que travavam a válvula do equipamento. O equipamento foi substituído no início de setembro/2024, porém o novo hidrômetro em pouco

tempo apresentou o mesmo problema verificado anteriormente. Por questões de registro, foi considerada uma vazão média de 25,3 m³ no período entre 21/07/2024 e 09/08/2024 e de 30,7 m³, nos períodos entre 10/08/2024 e 30/08/2024 e de 07/09/2024 até o momento.

Dessa forma, com a operação simultânea do bombeamento dos poços PT-01 e PT-02, considerando o período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025), obtém-se um valor médio, com a soma das vazões, próximo de 72 m³/h.

Tabela 5.4 – Resumo vazões de bombeamento.

Bombeamento dos poços de rebaixamento		**Vazões Médias (m³/h)**		
Marco notável	**Sentido direcionamento dos fluxos**	**PT-01**	**PT-02**	**TOTAL**
Início operação PT-01	Montante (Tanques Metálicos → Usina)	58	-	58
Alteração do sentido de direcionamento dos fluxos	Jusante (Extravasor B1A Emicon)	64	-	64
Início Operação PT-02	Jusante (Extravasor B1A Emicon)	48	27	75
Condição Atual (Novembro/2024 a Janeiro/2025)	Jusante (Extravasor B1A Emicon)	41	31	72

5.7.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025).

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2024, a partir do software Slide2 da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

5.7.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas considerando a geometria da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico mais atual, realizado em novembro/2021 (documento B1_IPE_16NOV21.dwg), acrescido do levantamento *As Built* da berma de reforço construída a jusante da estrutura (CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg). A estratigrafia das seções transversais de análise foi definida pela DF+ Consultoria Geotécnica e Recursos Hídricos no âmbito do projeto conceitual de descaracterização, a partir da interpretação de uma extensa campanha de sondagens SPT e ensaios CPTu executada na barragem.

Na Figura 5.98 é apresentada a locação em planta das seções e instrumentação de controle utilizadas nas análises de estabilidade.

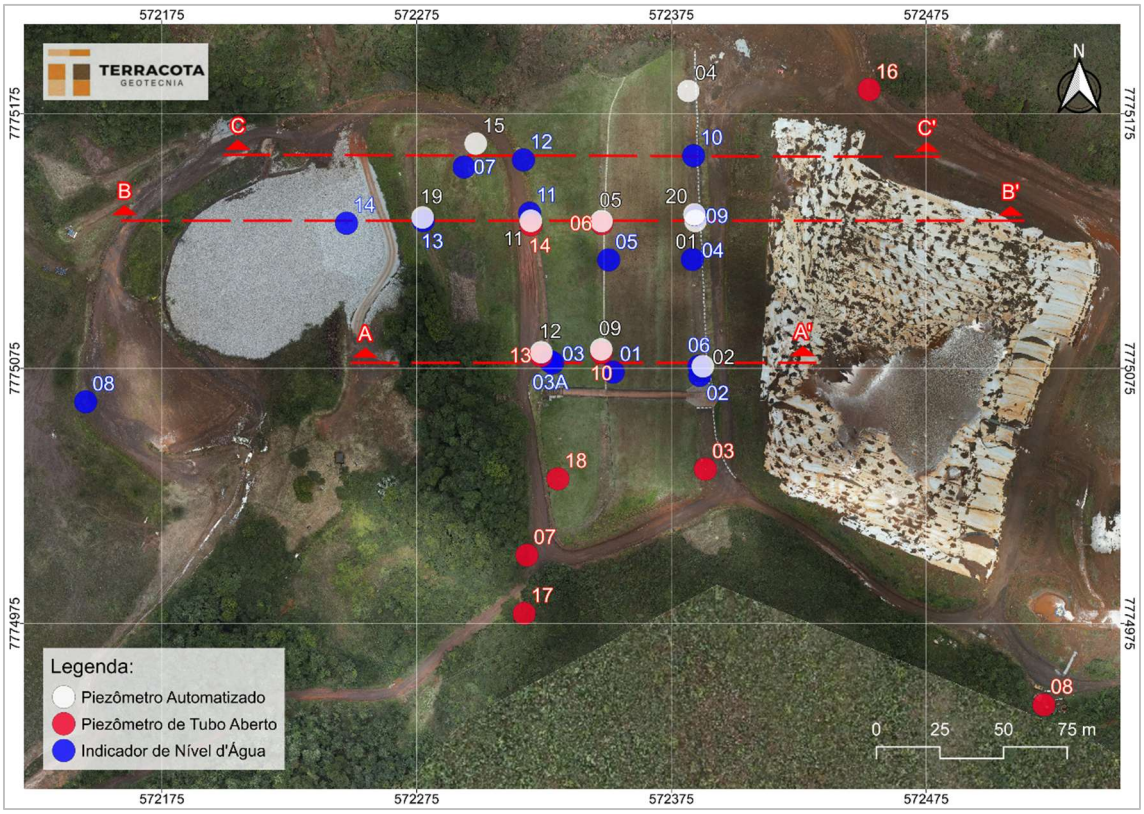


Figura 5.98 – Seções Instrumentadas Barragem B1 – Mina Ipê – Planta.

As condições consideradas nas análises de estabilidade foram os carregamentos drenado e não drenados de pico e liquefeito. Os estudos realizados para definir o comportamento dos rejeitos presentes nas seções de análise indicaram que o rejeito do reservatório e o rejeito antigo presente na fundação da barragem têm comportamento contrátil, ou seja, geram excesso de poropressão positiva na ruptura. Para este tipo de material, a análise não drenada representa a condição crítica de carregamento.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2024 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução ANM 95/2022 (**FS ≥ 1,3**);
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS ≥ 1,0**) e NBR 13.028/2024 (**FS ≥ 1,1**);
- Análises não drenadas com parâmetro liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 5.5 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 5.5 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Sismo (Pseudo-estática)	1,0 a 1,1	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada e condições com sismo (pseudo-estática) atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2024 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reserva de água - Requisitos) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

5.7.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do peak ground acceleration (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento pseudo-estático (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 5.99 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 5.99 – Rede sismológica brasileira (http://www.rsbr.gov.br).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 5.6 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Tabela 5.6 – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

Modelo	Valores máximos por período de retorno (anos)					Máximo absoluto
	500	1.000	2.500	5.000	10.000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	**9.7%**	**9.5%**	**13.4%**	**16.0%**	**18.3%**	**18.3%**
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo "*Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment*" publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 5.100).

A localização da barragem no mapa de Assumpção et al. fornece valor de PGA em torno de 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR.

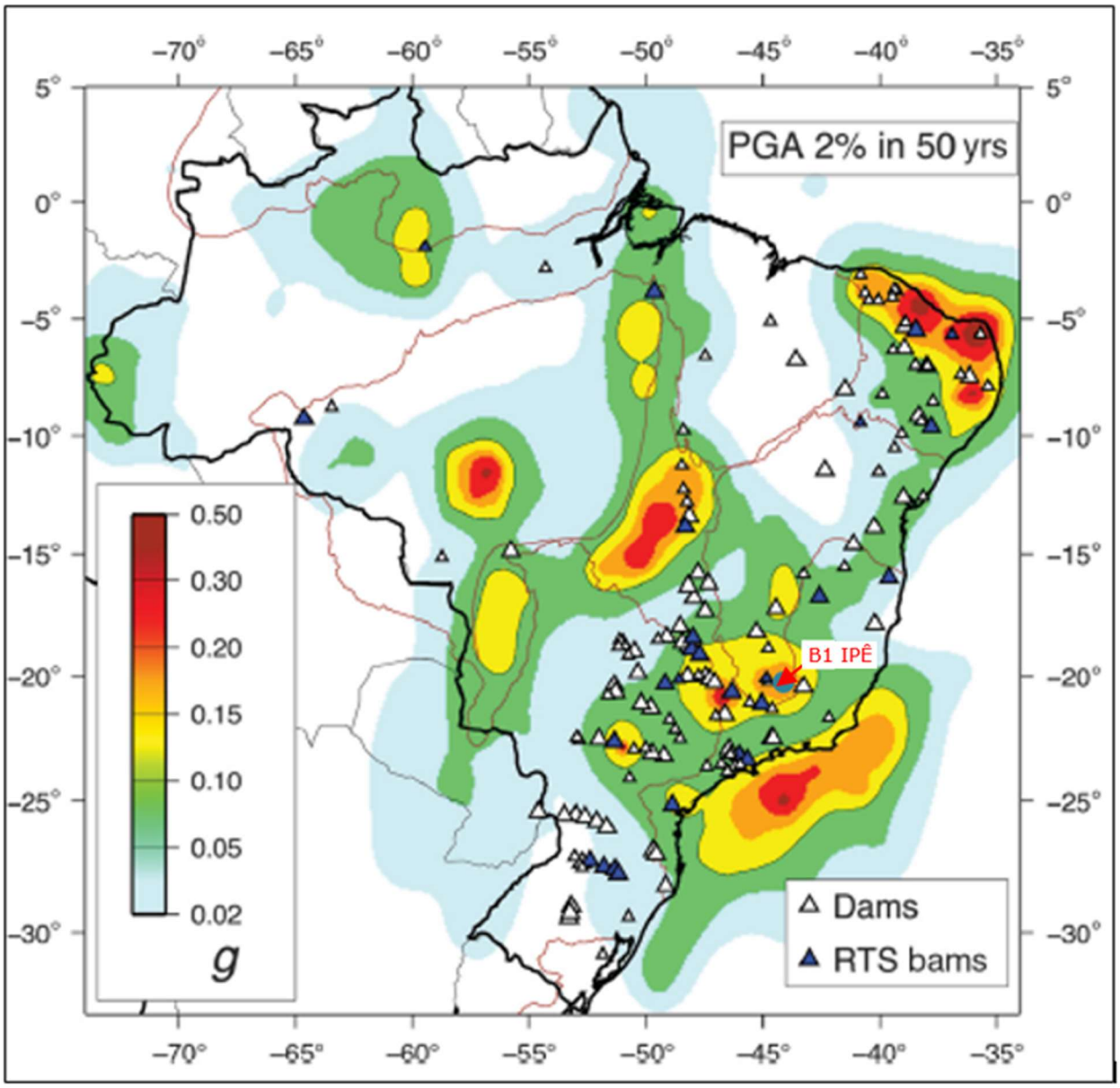


Figura 5.100 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Assumpção Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B1 – Mina Ipê, considerando a contribuição do efeito sísmico, utilizou-se como premissa a norma técnica elaborada pela Canadian Dam Association (CDA) – "*Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams"* (2014), em conformidade ao recomendado pela NBR 13.028/2024 no seu tópico 4.3.5, o qual faz referência aos estudos sísmicos.

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados à infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

Classificação da Barragem	População em Risco (Nota 1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (Nota 2)	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixo	Nenhum	0	Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativo	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
			Apenas perdas marginais do habitat.	
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Muito Alta	**Permanente**	**100 ou menos**	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	
Extrema	Permanente	Mais de 100	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição impossível.	

Nota 1. Definições para população em risco:

Nenhum – Não há população identificável em risco, portanto não há possibilidade de perda de vida a não ser devido ao acaso imprevisível.

Temporário – As pessoas estão apenas temporariamente na zona de inundação do rompimento da barragem (por exemplo, uso sazonal de casas de campo, passagem em rotas de transporte, participação em atividades recreativas).

Permanente – A população em risco normalmente está localizada na zona de inundação da ruptura da barragem (como residentes permanentes); são propostas três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) para permitir estimativas mais detalhadas da potencial perda de vidas (para auxiliar na tomada de decisões se for realizada a análise apropriada).

Nota 2. Definições para população em risco:

Não especificado – O nível apropriado de segurança exigido em uma barragem onde as pessoas estão temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, da natureza de sua atividade e de outras condições.

De acordo com os critérios da Tabela 5.7, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.8 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Muito Alta**. A partir desta classificação, seguindo as

premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 5.8, o PGA de 0,1585g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com períodos de retorno de 2.500 e 10.000 anos.

Tabela 5.8 – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

Classe da Barragem	Probabilidade Anual de Excedência (PAE) – Terremotos (Nota 1)
Baixa	1/1000
Significativo	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/2.475 (Nota 2)
Muito Alta	**1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3)**
Extrema	1/10.000 ou SMP (Nota 3)

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).
Nota 1. Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (Dam Safety Guidelines - CDA 2013).
Nota 2. Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no National Building Code of Canada (Código Nacional de Construção do Canadá).
Nota 3. SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação "*Rationalizing the Seismic Coefficient Method"* (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,079g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Para a componente vertical adota-se um valor correspondente a 60% da componente horizontal, seguindo proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003), resultando num valor igual a 0,047g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

No estudo de Hynes-Griffin & Franklin (1984), recomenda-se que nas análises pseudo-estáticas seja realizada a redução em 20% da resistência dos materiais da fundação que apresentarem comportamento não-drenado nos ensaios executados.

Conforme projeto de descaracterização da estrutura, a Barragem B1 - Mina Ipê deverá ser completamente removida nos próximos dois anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida útil da estrutura igual a 2 anos. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de 100 anos.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{t}\right)^{n}$$

Em que:

- P é a probabilidade de excedência do sismo;
- t é o período de retorno;
- n é o tempo de vida útil da estrutura.

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 1.000 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,2%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 5.6, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,048g e uma componente vertical igual a 0,029g.

5.7.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada na análise de estabilidade foram considerados os instrumentos instalados no maciço e na fundação da Barragem B1 - Mina Ipê, ao longo das três seções de controle existentes na estrutura.

Na 2ª quinzena de janeiro de 2025, os instrumentos INA-03A e PZ-13 apresentaram leituras discrepantes em relação aos seus comportamentos usuais e aos demais instrumentos instalados em seu entorno. Dessa forma, até que seja avaliado o correto funcionamento desses instrumentos, serão considerados dois cenários para realização das análises de estabilidade na seção A-A', seção em que o INA-3A e o PZ-13 estão inseridos. No cenário 1, serão consideradas as leituras do INA-03A e PZ-13, já no cenário 2, será considerada a leitura do PZ-12, ajustando as leituras dos demais instrumentos no entorno.

A Tabela 5.9 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 5.9 – Instrumentação – Valores lidos (29/01/2025) e valores adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)	
				Cenário 1	Cenário 2
A-A'	PZ-02 (2)	1.022,43	1.024,23	1.027,30 (3)	1.024,52 (3)
	INA-02	1.030,77	Seco	1.027,30 (3)	1.024,52 (3)

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)	
				Cenário 1	Cenário 2
A-A'	INA-06	1.021,41	1.024,52	1.027,30 (3)	1.024,52
	INA-01	1.031,86	Seco	1.027,21 (3)	1.023,63 (3)
	PZ-09 (1)	1.017,02	1.023,52	1.027,20 (3)	1.023,52
	PZ-10	1.025,33	Seco	1.027,20 (3)	1.023,52 (3)
	INA-03	1.029,53	Seco	1.027,10 (3)	1.015,35 (3)
	INA-03A	1.015,02	1.027,10	1.027,10	1.015,35 (3)
	PZ-12 (1)	1.010,87	1.015,35	1.026,76 (3)	1.015,35
	PZ-13	1.023,95	1.026,76	1.026,76	1.015,35 (3)
B-B'	INA-09	1.006,45	1.021,32	1.021,32	
	PZ-20 (2)	1.006,15	1.016,78	1.021,32 (3)	
	PZ-01 (1)	999,45	1.017,12	1.021,32 (3)	
	INA-04	1.032,92	Seco	1.021,32 (3)	
	INA-05	1.022,04	Seco	1.013,14 (3)	
	PZ-05 (2)	993,47	1.011,14	1.012,65 (3)	
	PZ-06	998,22	1.012,65	1.012,65	
	INA-11	1.000,26	1.008,31	1.010,13 (3)	
	PZ-11 (2)	982,32	1.010,13	1.010,13	
	PZ-14	988,35	1.008,89	1.008,89	
	INA-13	992,45	1.006,88	1.006,88	
	PZ-19 (2)	993,23	1.006,39	1.006,39	
	INA-14	989,66	1.006,23	1.006,23	
C-C'	INA-10	1.022,31	Seco	1.022,31	
	INA-12	1.011,61	Seco	1.011,61	
	PZ-15 (1)	1.009,29	1.010,24	1.010,24	
	INA-07	982,17	1.010,03	1.010,03	

1- Instrumento automatizado selado;
2- Instrumento automatizado não selado;
3- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento.

5.7.4.4 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade para definição dos níveis de controle foram aqueles consolidados e apresentados no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.537, relativo ao relatório de consolidação de dados da Barragem B1 – Mina Ipê, elaborado pela Terracota Geotecnia. No referido documento foram utilizados dados de ensaios de laboratório, ensaios CPTu e sondagens SPT para determinação da resistência drenada e não drenada dos materiais presentes nas seções de análise.

A exceção à regra é o parâmetro de resistência dos blocos de gnaisse utilizados na berma de reforço, que foram modelados a partir da envoltória inferior de LEPS (1973), que se trata de uma referência bibliográfica específica para modelagem do comportamento de blocos.

Os parâmetros de resistência não drenada de pico e liquefeita do rejeito do reservatório e do rejeito antigo da fundação foram definidos a partir dos ensaios CPTu executados nos materiais. Os rejeitos foram modelados com resistência não drenada quando abaixo da linha freática adotada nas análises de estabilidade.

Na Tabela 5.10 apresentam-se os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade

Tabela 5.10 – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material		Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros de Resistência							Referência
				Parâmetros Efetivos		Parâmetros Totais					
							Obtidos		Adotados(1)		
				c' (kPa)	ϕ' (º)	Razão de resistência não drenada Su/σ'v (kPa)	c (kPa)	ϕ (º)	c (kPa)	ϕ (º)	
Rejeito Reservatório	Drenado		25,0	0,0	30,0	-	-	-	-	-	Correlação com N_{SPT}
	Não Drenado - Pico			-	-	0,23	-	-	-	-	Interpretação de ensaios de Piezocone
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,10	-	-	-	-	
Rejeito Antigo	Drenado		26,5	0,0	35,0	-	-	-	-	-	Correlação com N_{SPT}
	Não Drenado - Pico			-	-	0,27	-	-	-	-	Interpretação de ensaios de Piezocone
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,06	-	-	-	-	
Maciço	Rejeito Compactado		27,5	7,0	40,0	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
	Rejeito Semi Compactado		26,5	0,0	40,0	-	-	-	-	-	
Solo Residual de Filito			19	18,0	36,0	-	39,5	34,4	31,6	27,5	
Saprolito de Filito			20	20,0	45,0	-	-	-	-	-	Correlação com N_{SPT}
Quartzito Nova Lima			20	400,0	35,0	-	-	-	-	-	Estimativa bibliografia/ projetistas
Filito São			20	Resistência Infinita			-	-	-	-	
Blocos Lançados			20	Envoltória Leps Inferior			-	-	-	-	
Enrocamento			22	Envoltória Leps Inferior			-	-	-	-	

(1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984).

5.7.4.5 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 5.101 a Figura 5.128, destacando-se as superfícies de ruptura global e local que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 5.11 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 5.11 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomend.	F.S. Obtido	
					Cenário 1	Cenário 2
A-A'	29/01/2025	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,89	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,89	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,89	1,95
		Não drenado pseudo-estático (1) a_h = 0,079g a_v = 0,047g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,58 (sismo ↑)	1,61 (sismo ↑)
					1,59 (sismo ↓)	1,63 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,048g a_v = 0,029g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,70 (sismo ↑)	1,73 (sismo ↑)
					1,71 (sismo ↓)	1,74 (sismo ↓)
B-B'	29/01/2025	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,98	
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,43	
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeita	1,10	0,46	
		Não drenado pseudo-estático (1) a_h = 0,079g a_v = 0,047g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,09 (sismo ↑)	
					1,05 (sismo ↓)	
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,048g a_v = 0,029g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,22 (sismo ↑)	
					1,15 (sismo ↓)	
C-C'	29/01/2025	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,01	
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	2,01	
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,21	
		Não drenado pseudo-estático (1) a_h = 0,079g a_v = 0,047g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,62 (sismo ↑)	
					1,62 (sismo ↓)	
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,048g a_v = 0,029g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,77 (sismo ↑)	
					1,77 (sismo ↓)	

(1) - Carregamento pseudo-estático considerando critérios do Canadian Dam Association (CDA, 2014);
(2) - Carregamento pseudo-estático considerando Probabilidade de Excedência de 0,2% relativo à vida útil remanescente da estrutura de 2 anos até sua completa remoção e Período de Retorno de 1.000 anos.

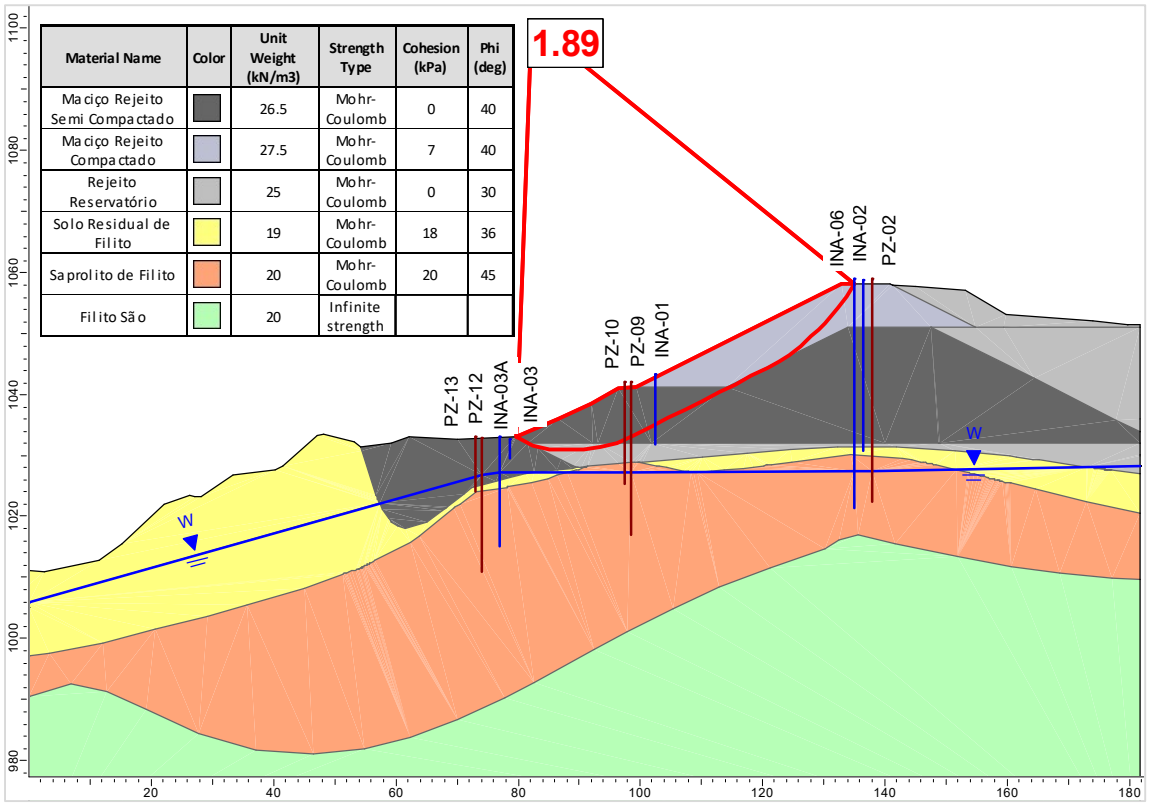


Figura 5.101 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25.

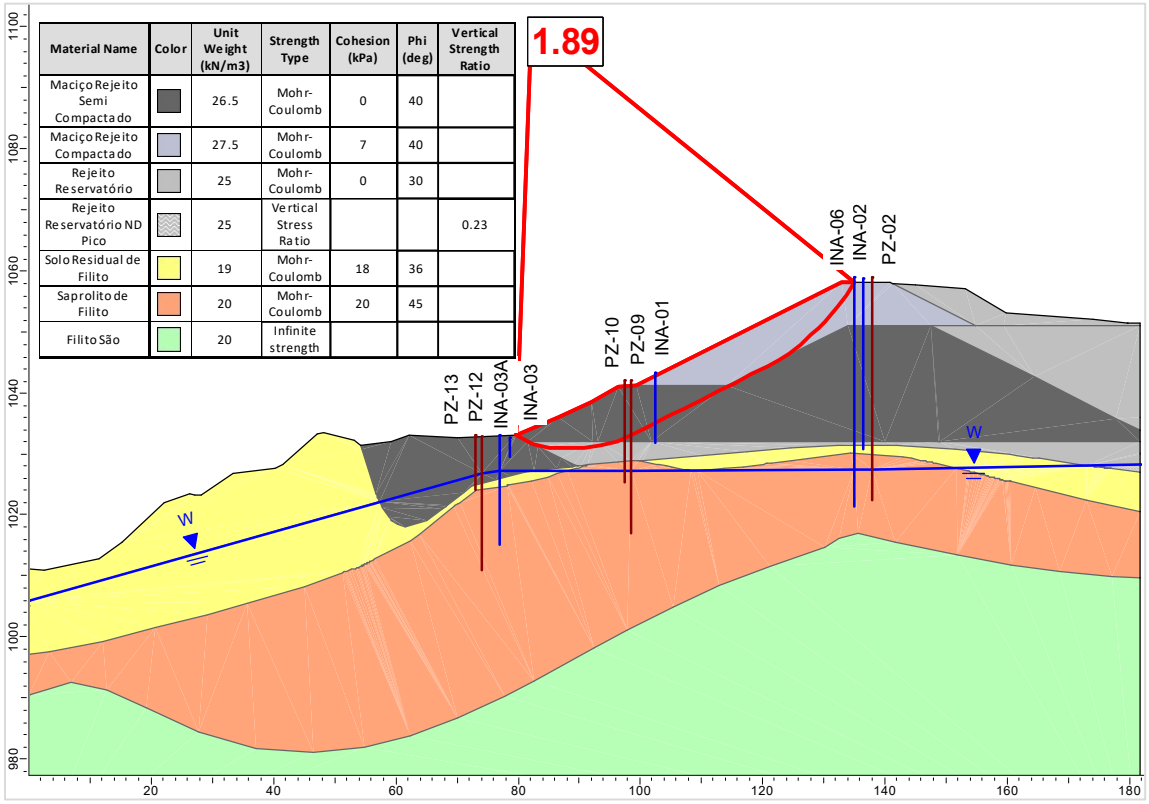


Figura 5.102 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico.

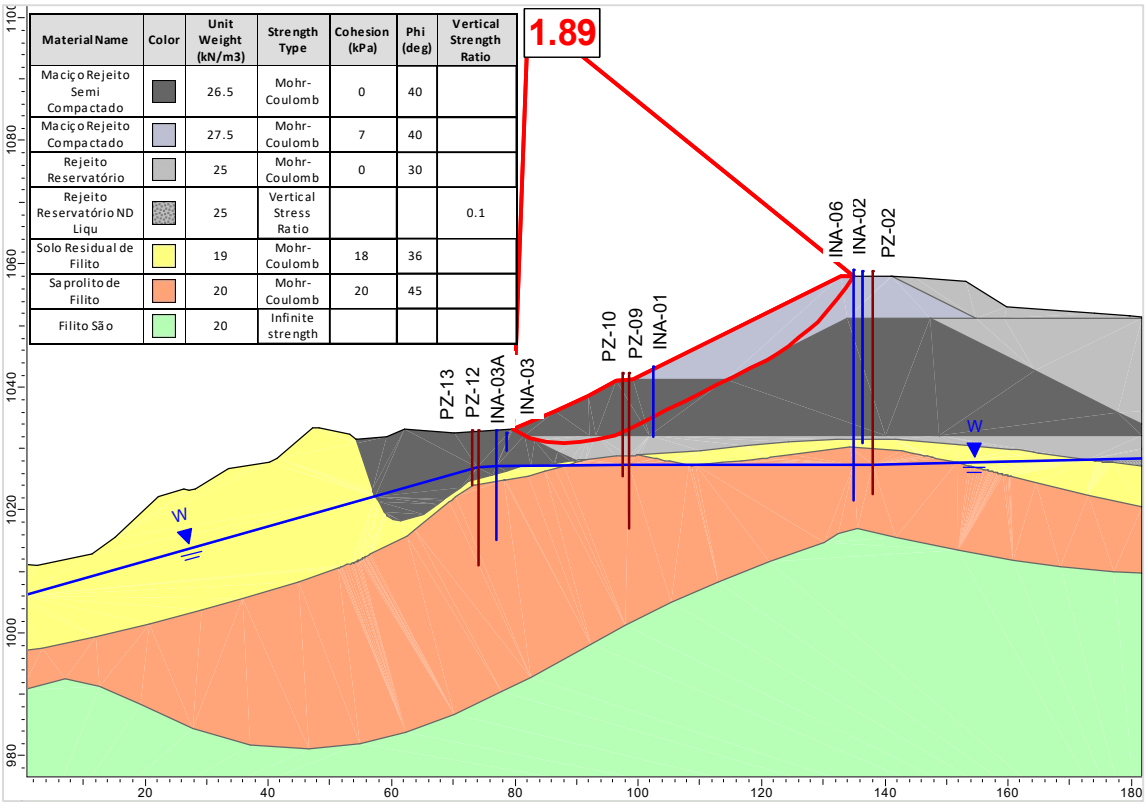


Figura 5.103 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada liquefeito.

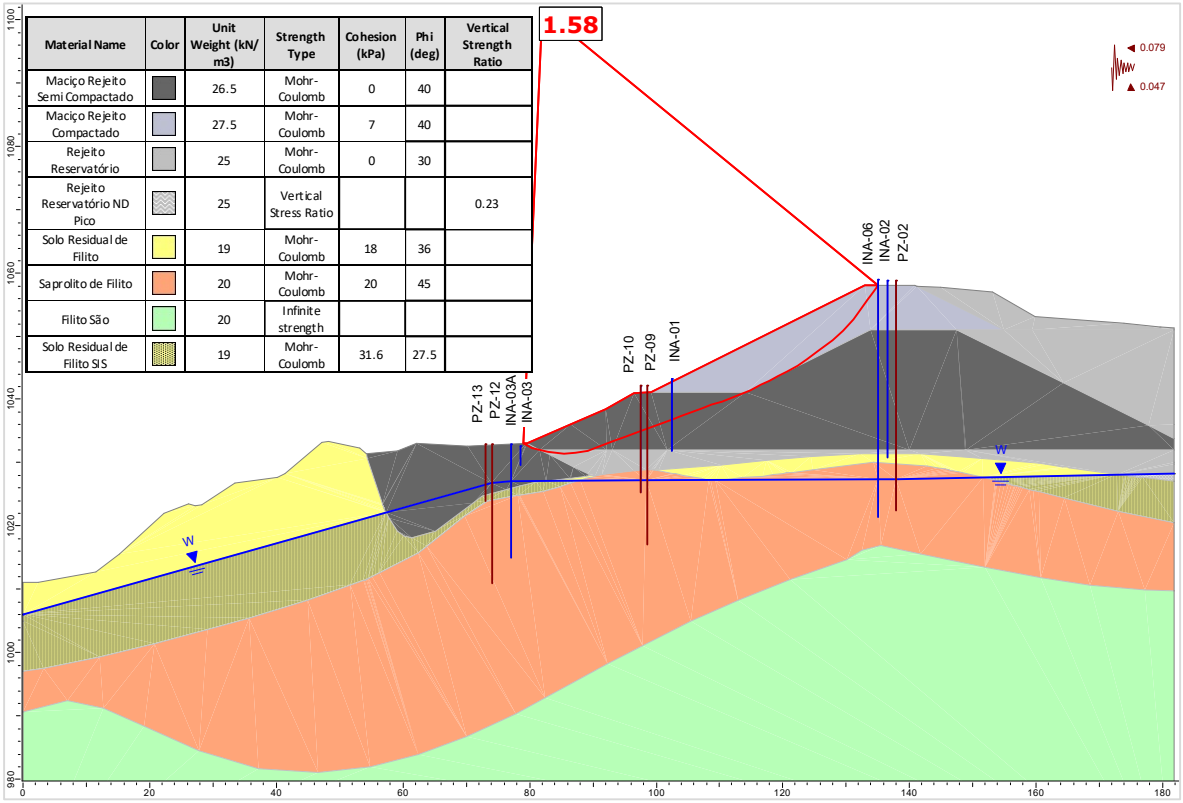
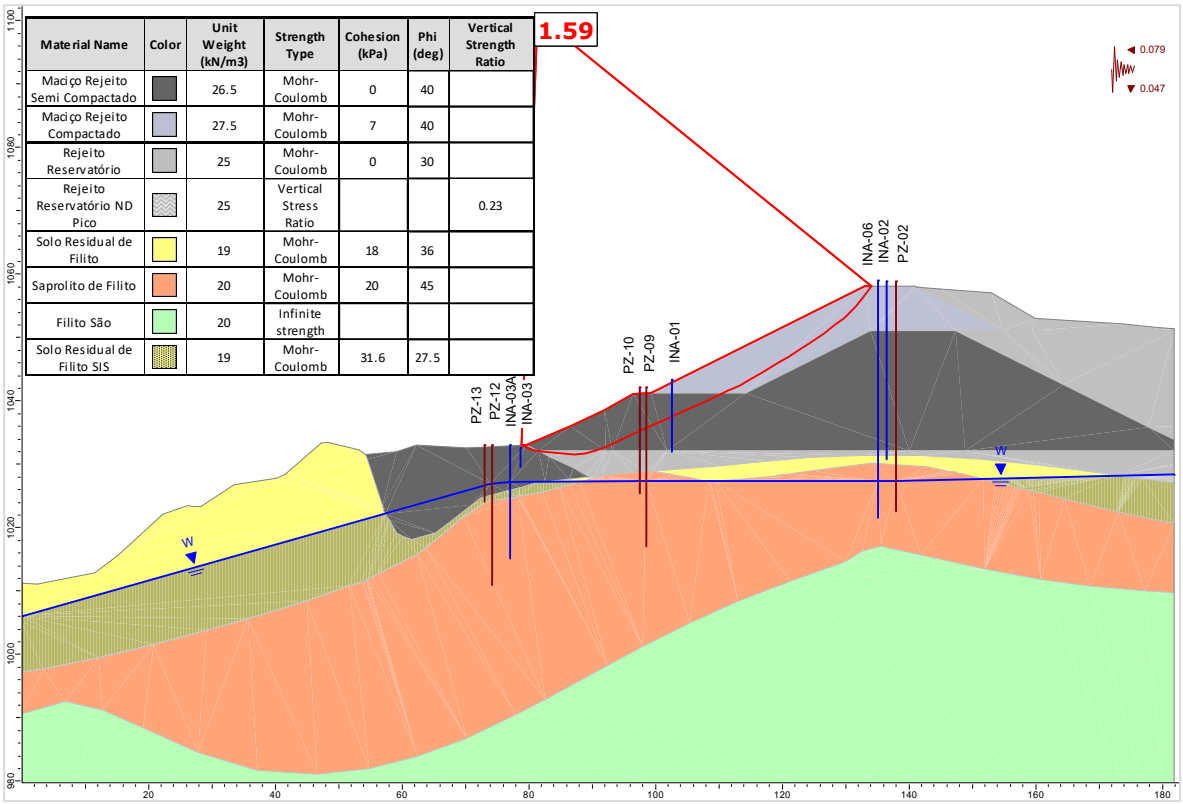
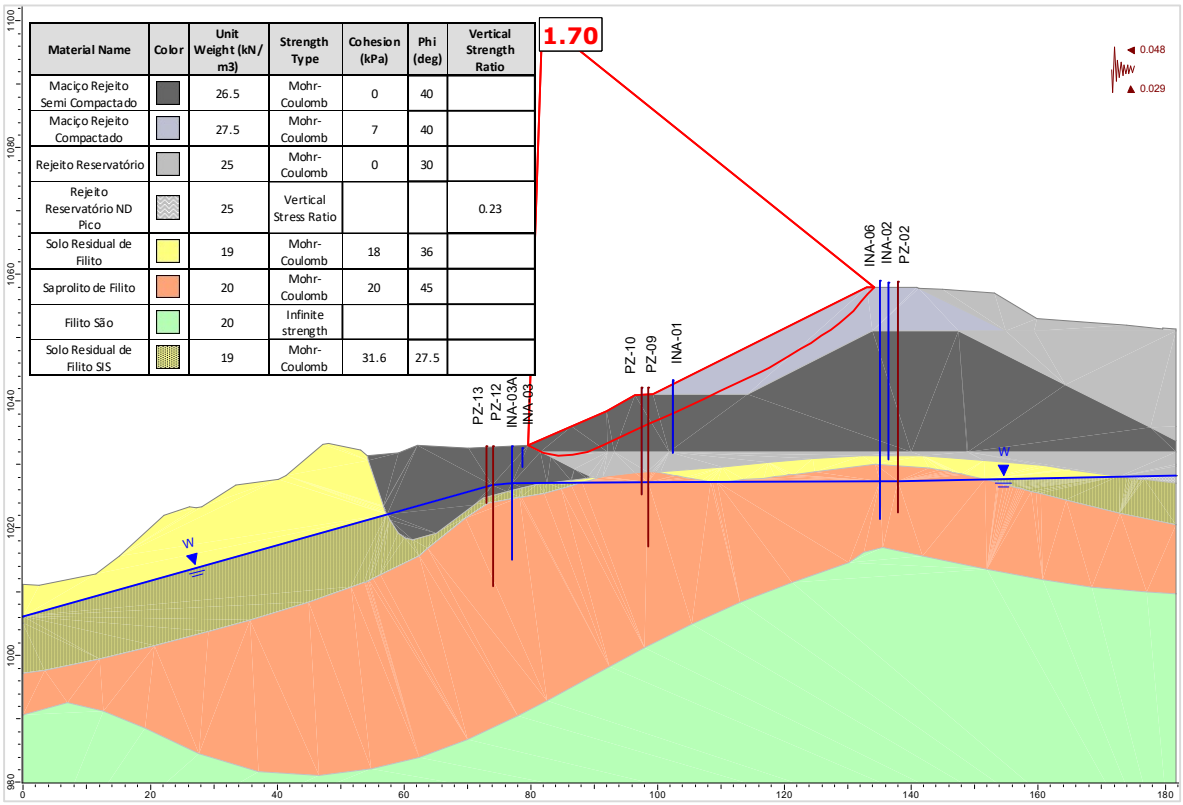


Figura 5.104 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada –Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



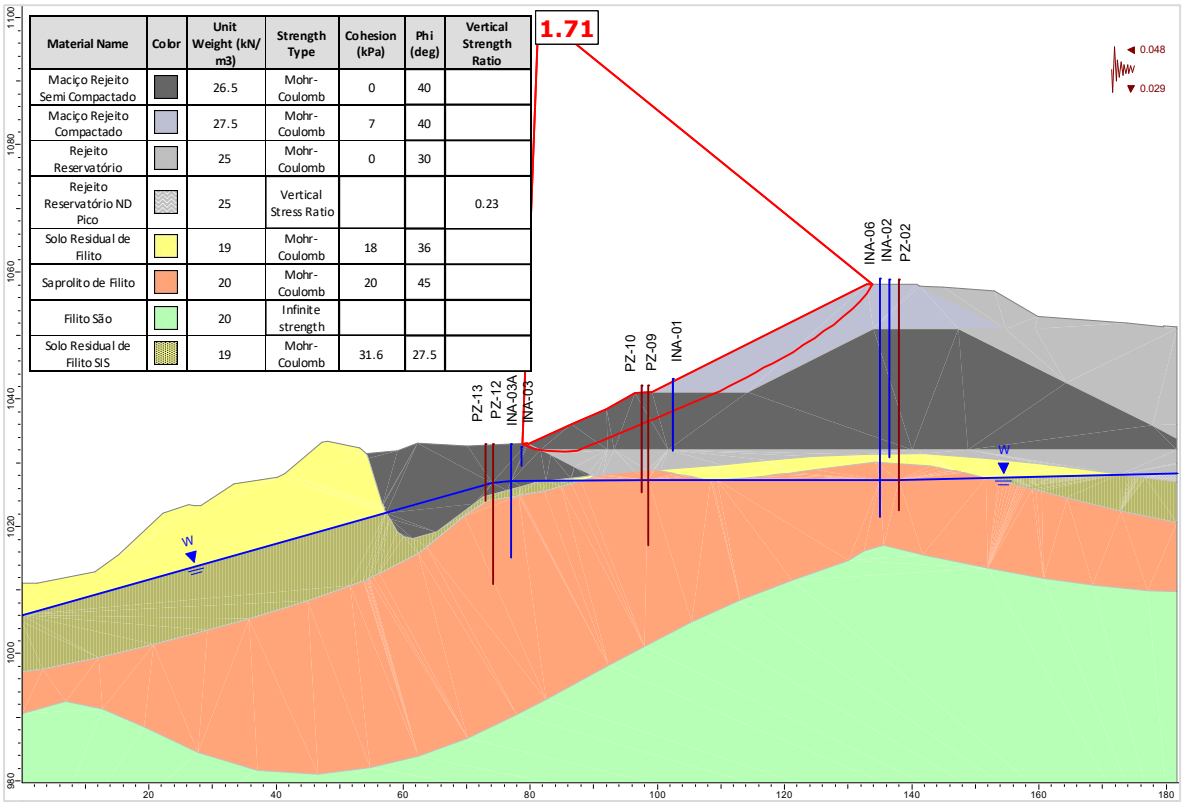
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio			0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Filito São		20	Infinite strength			
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5	

Figura 5.105 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



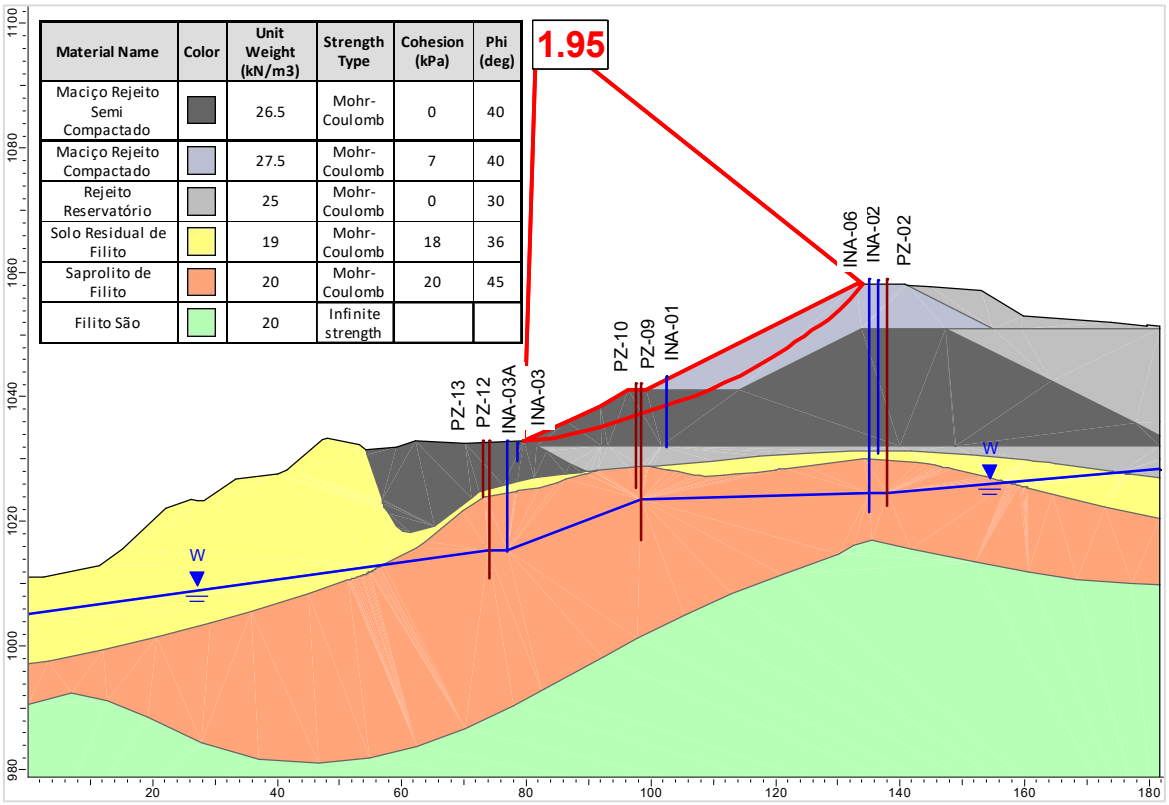
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio			0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Filito São		20	Infinite strength			
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5	

Figura 5.106 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio			0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Filito São		20	Infinite strength			
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5	

Figura 5.107 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45
Filito São		20	Infinite strength		

Figura 5.108 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25.

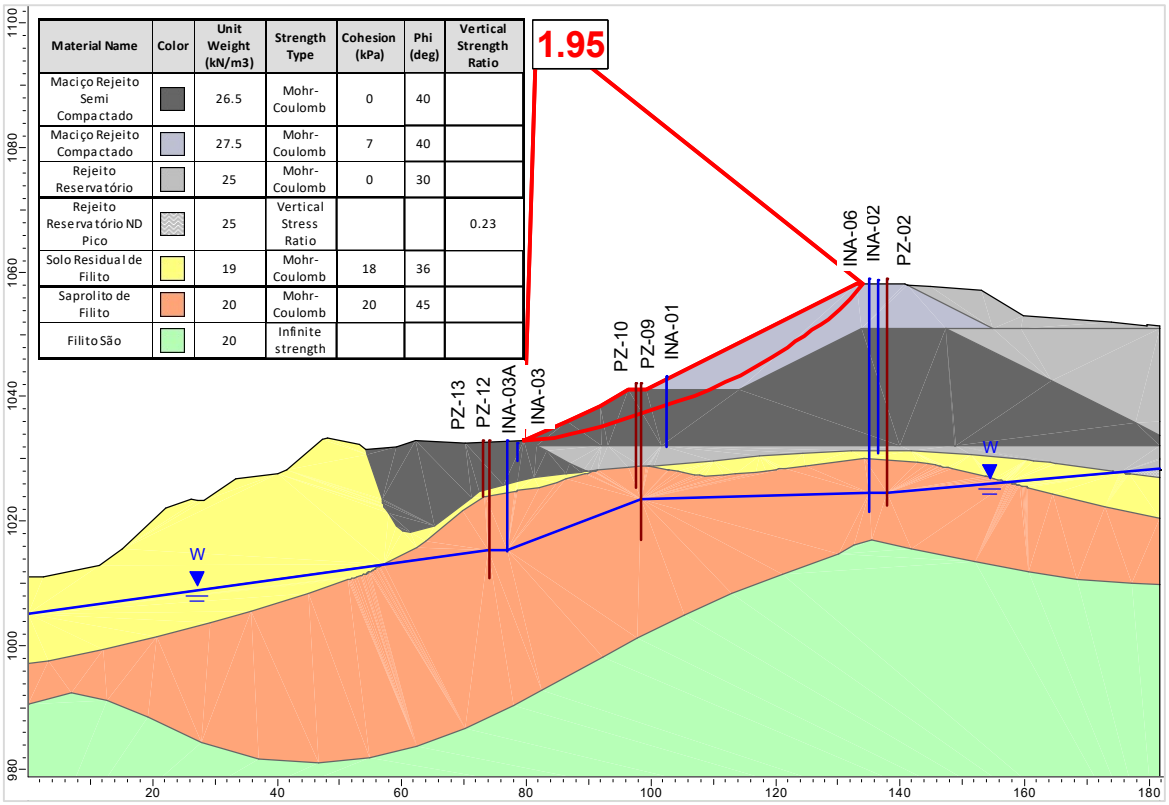


Figura 5.109 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico.

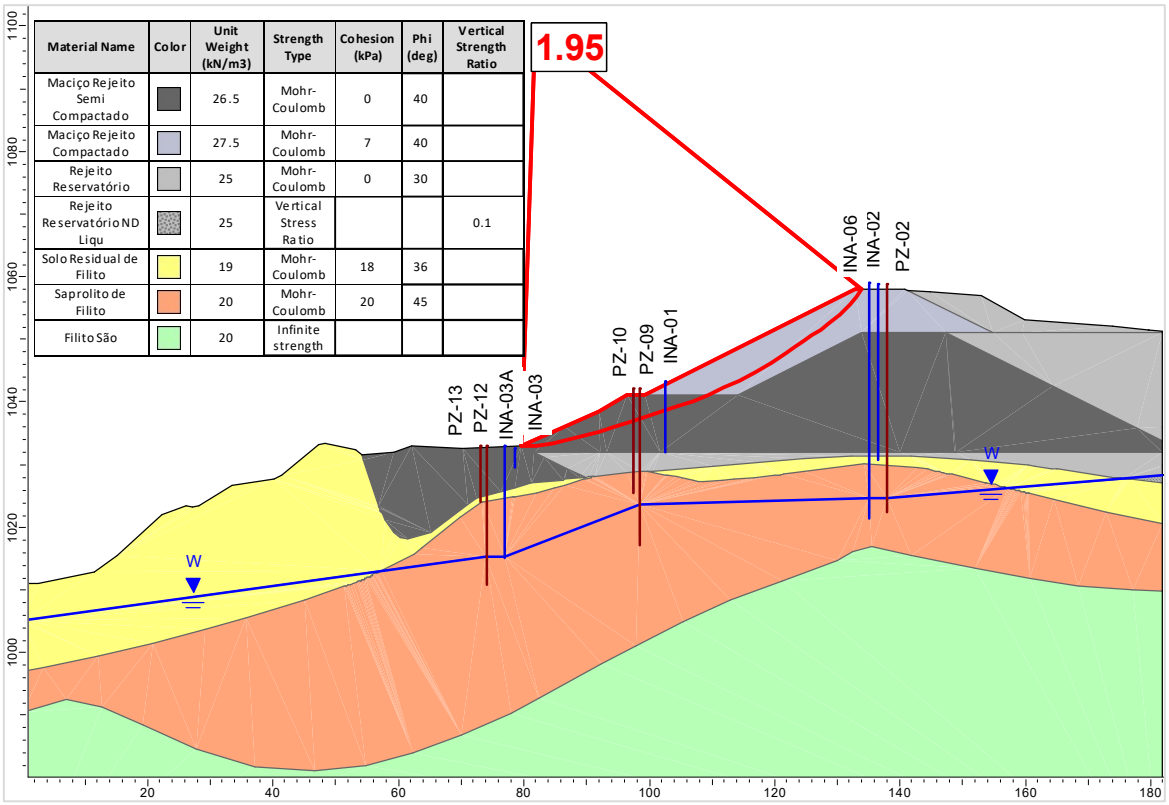
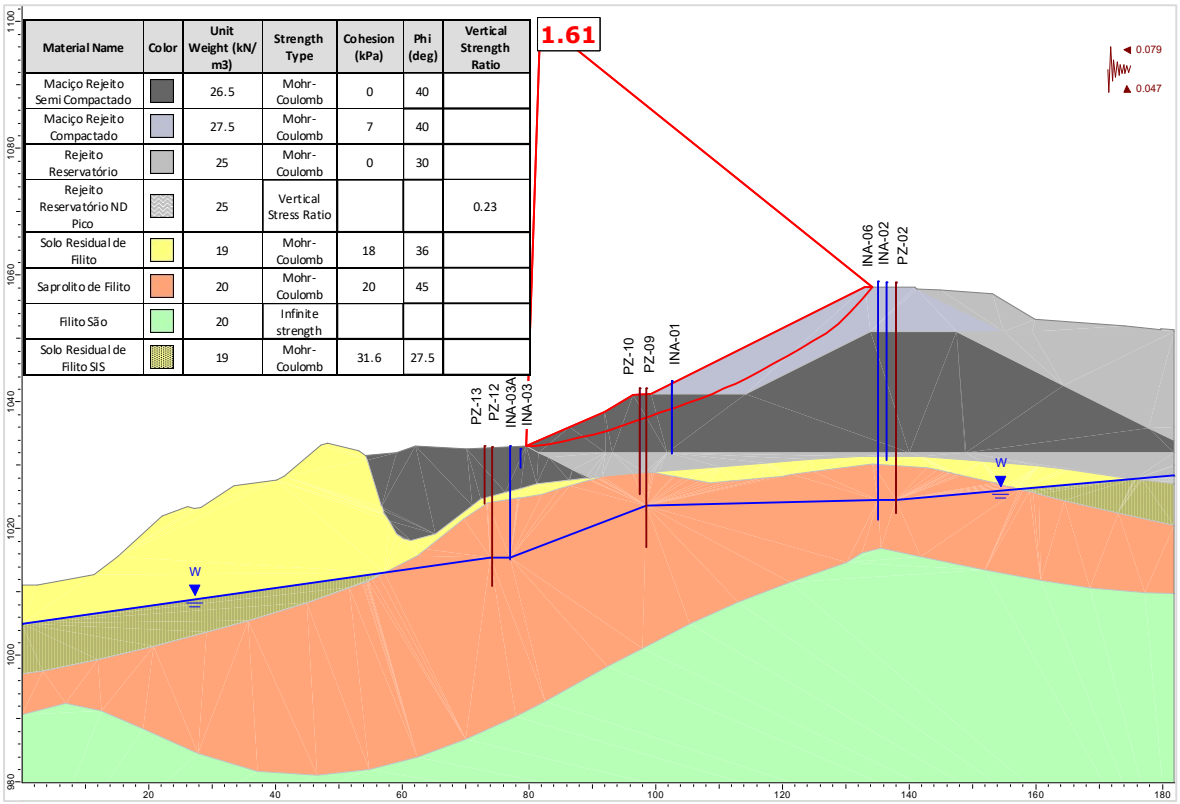
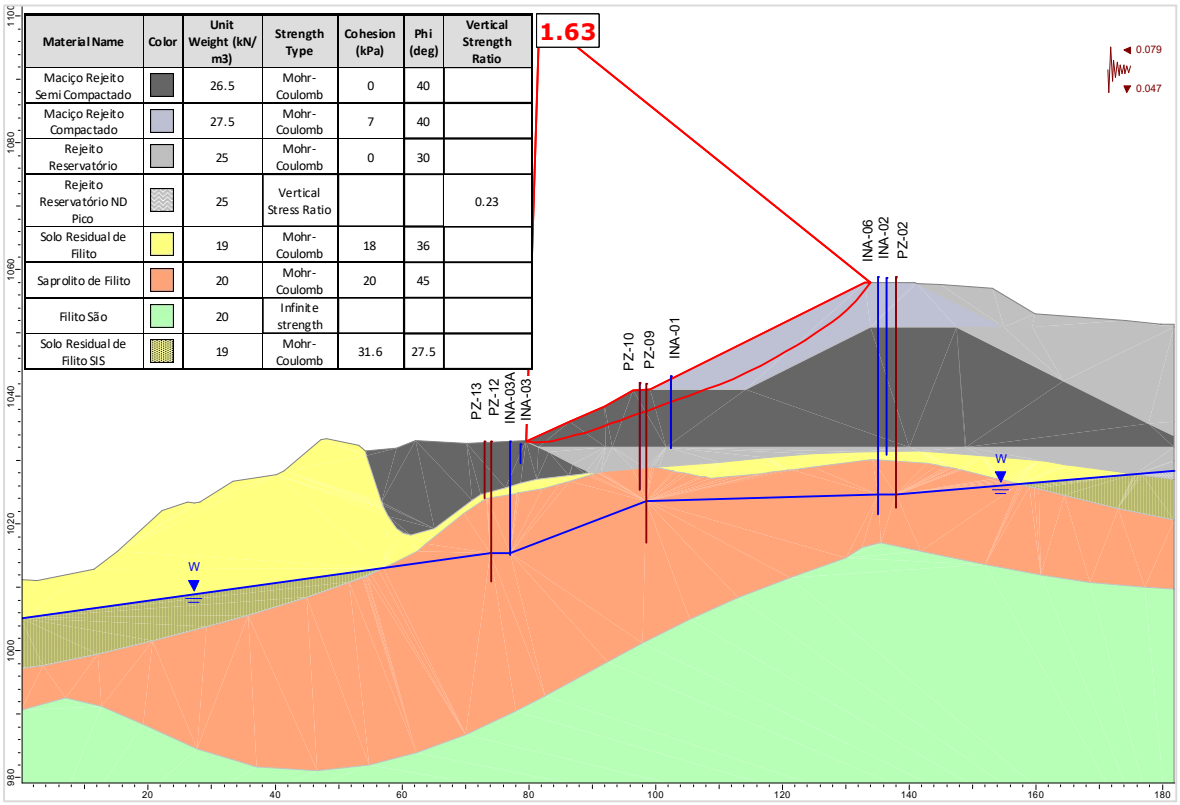


Figura 5.110 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada liquefeito.



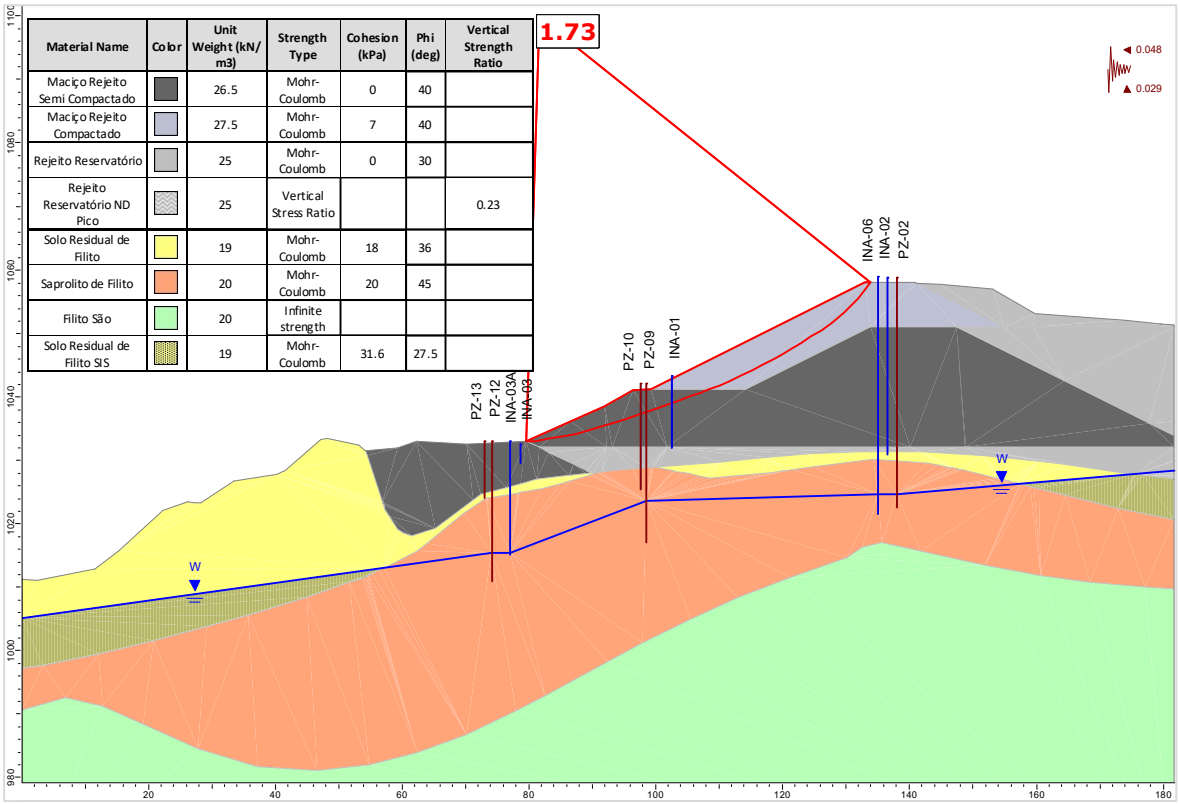
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio			0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Filito São		20	Infinite strength			
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5	

Figura 5.111 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada –Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



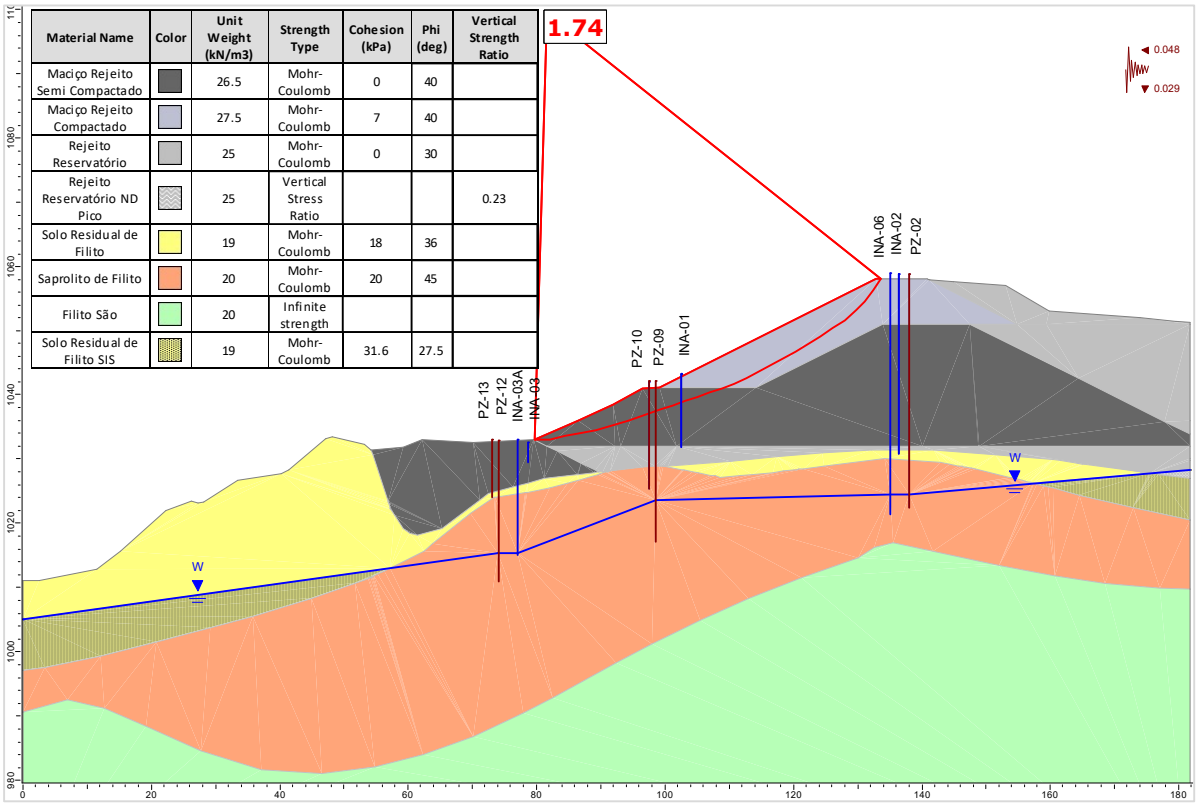
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio			0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Filito São		20	Infinite strength			
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5	

Figura 5.112 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



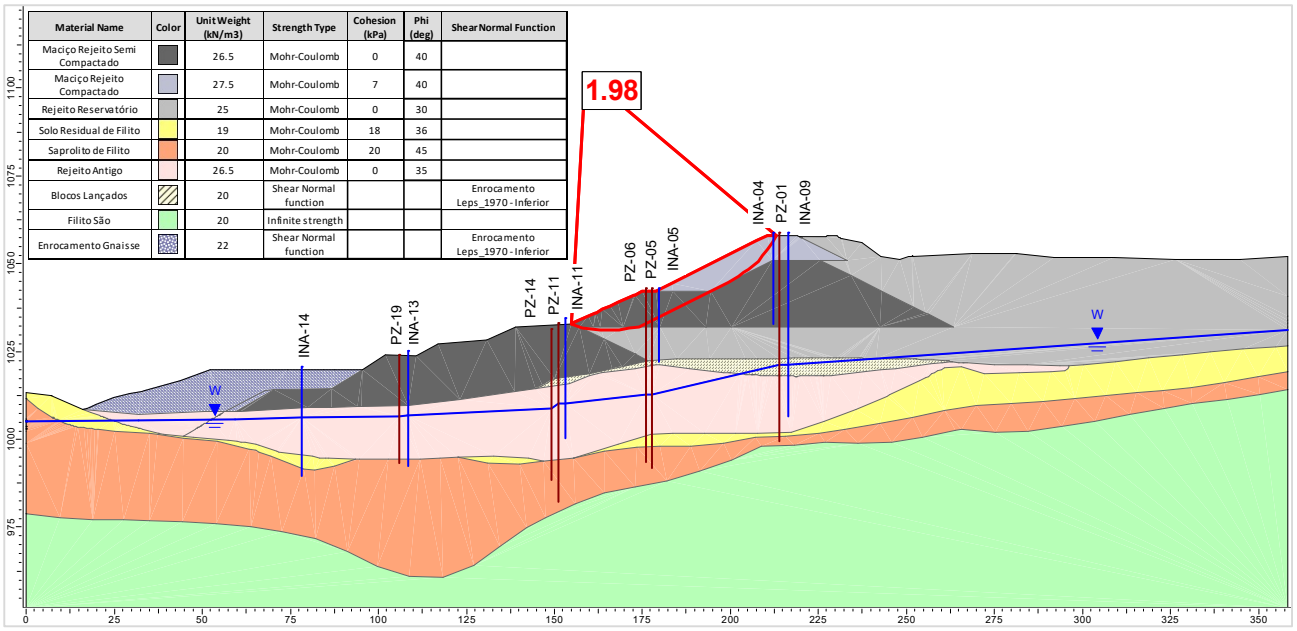
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio			0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Filito São		20	Infinite strength			
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5	

Figura 5.113 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



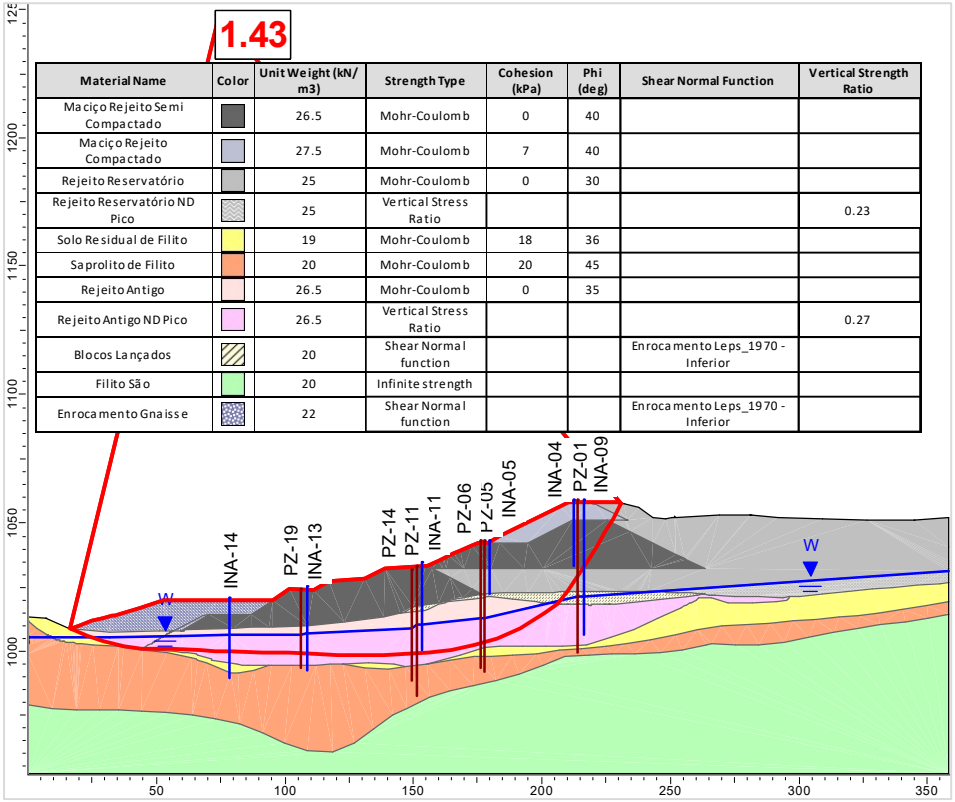
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio			0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Filito São		20	Infinite strength			
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5	

Figura 5.114 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35	
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior
Filito São		20	Infinite strength			
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior

Figura 5.115 – Seção B-B’ – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio				0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	

Figura 5.116 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico.

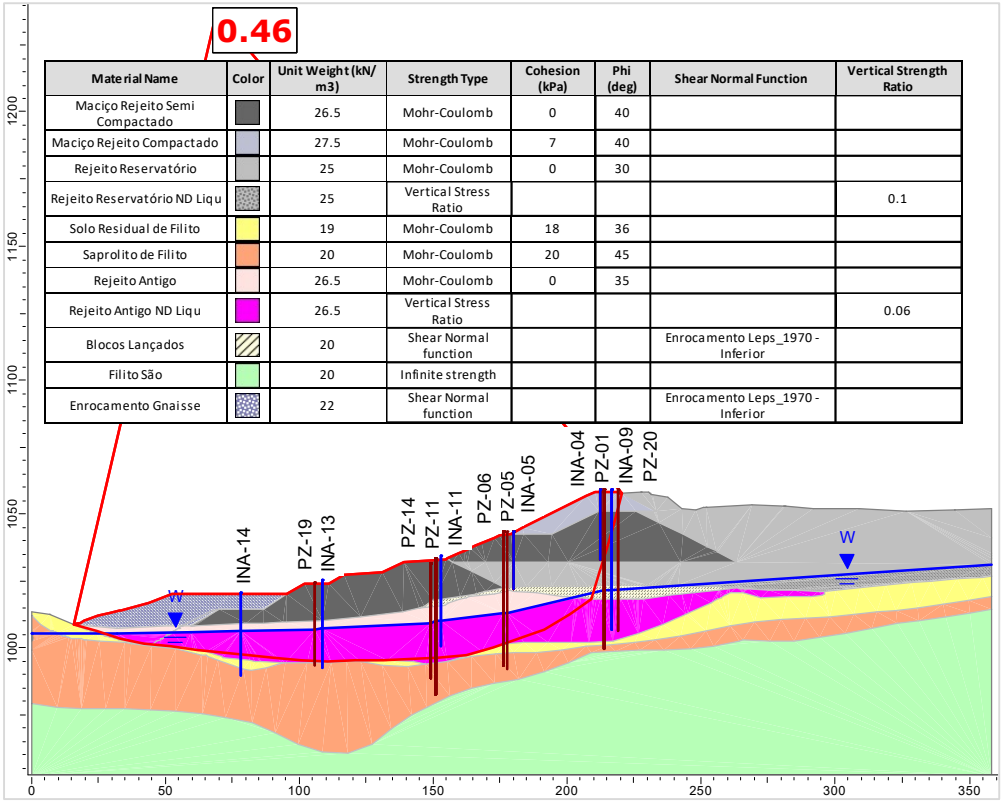


Figura 5.117 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada liquefeito.

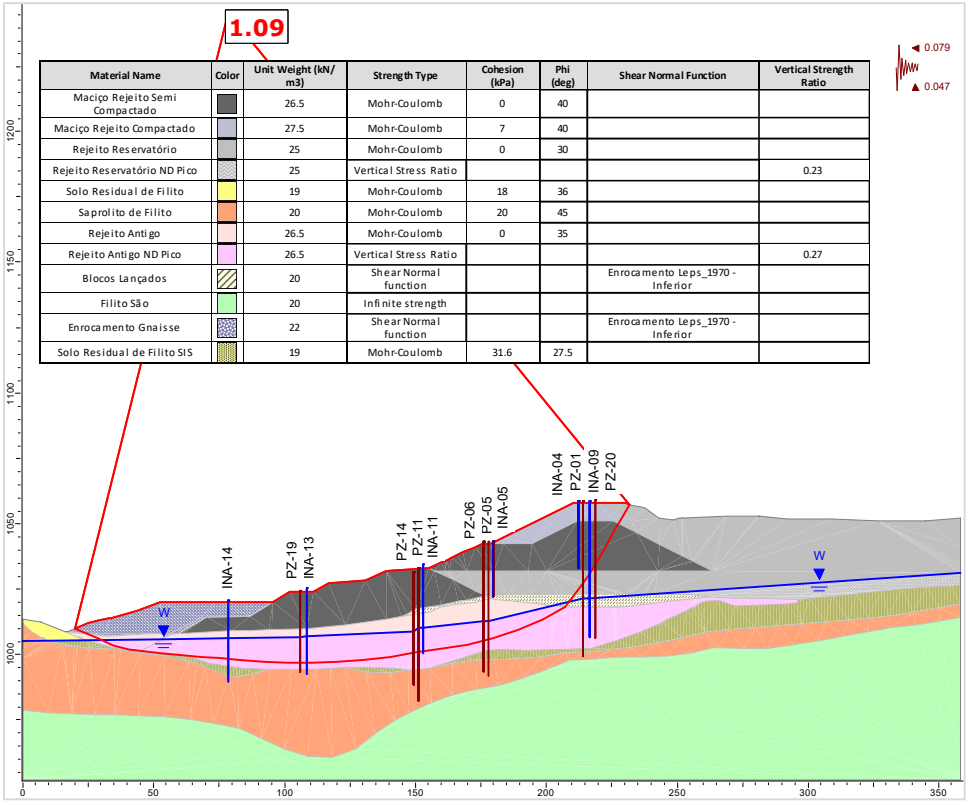
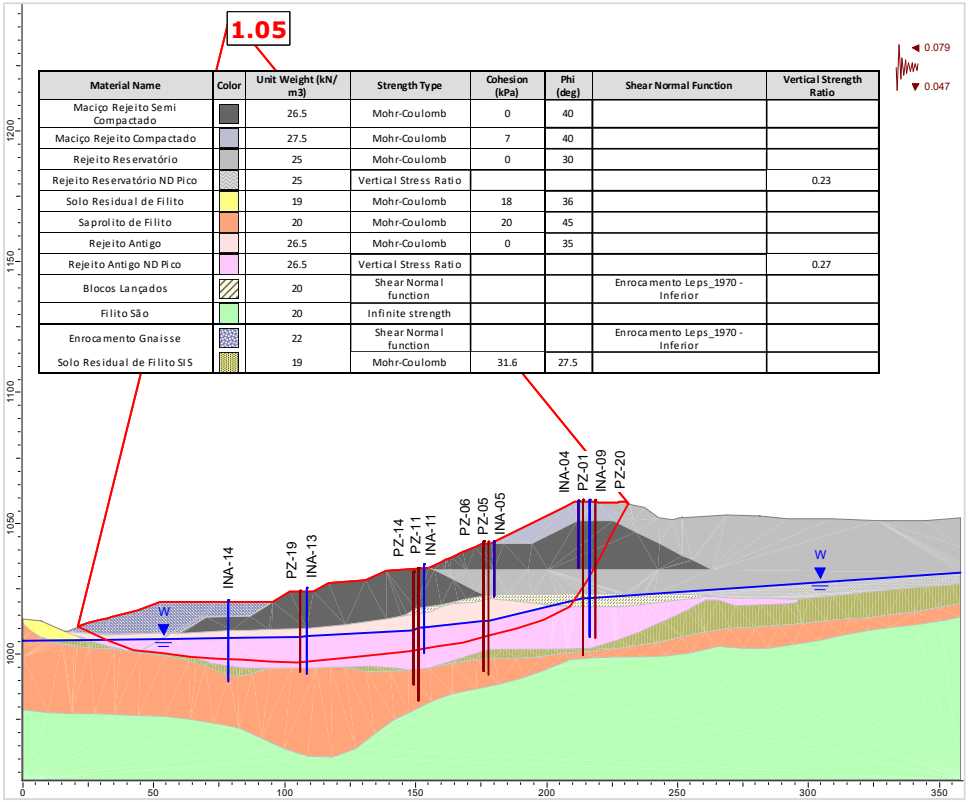
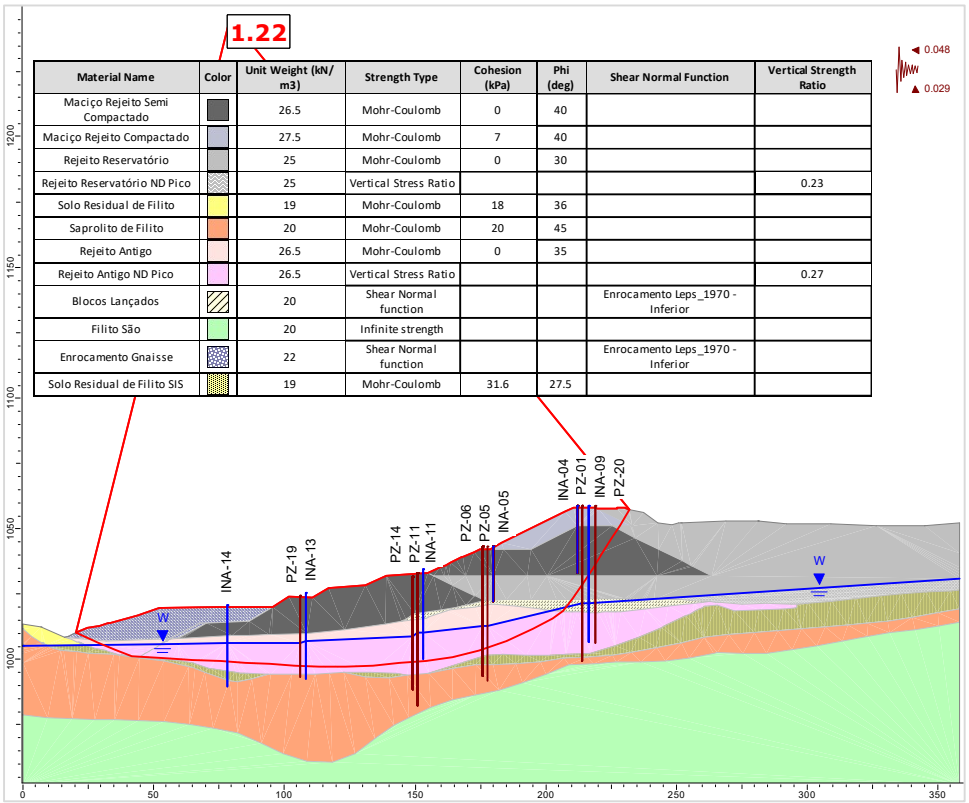


Figura 5.118 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio				0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.119 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio				0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.120 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

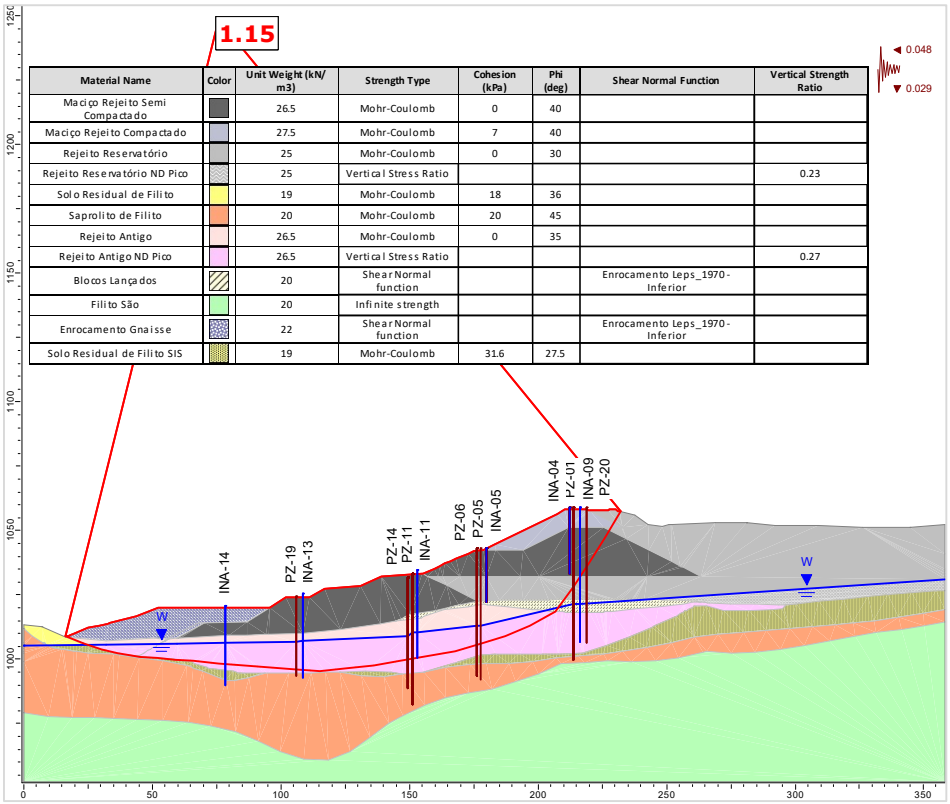


Figura 5.121 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

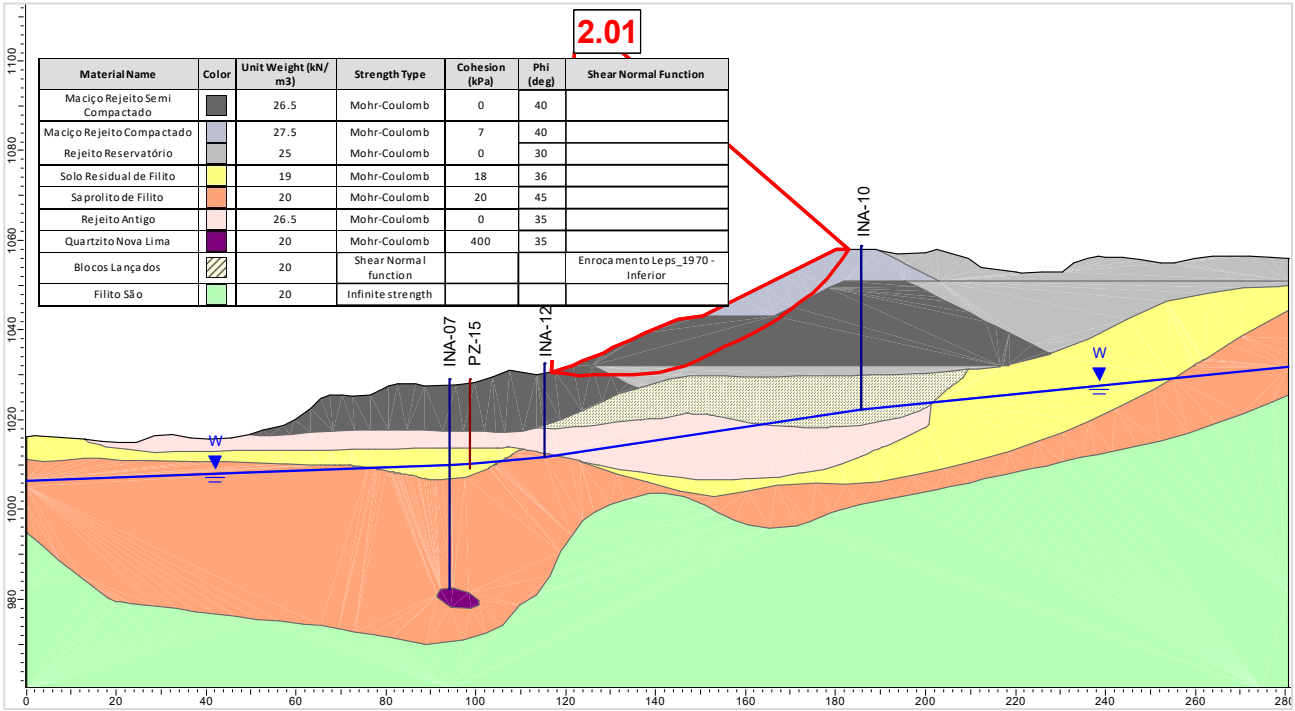


Figura 5.122 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25.

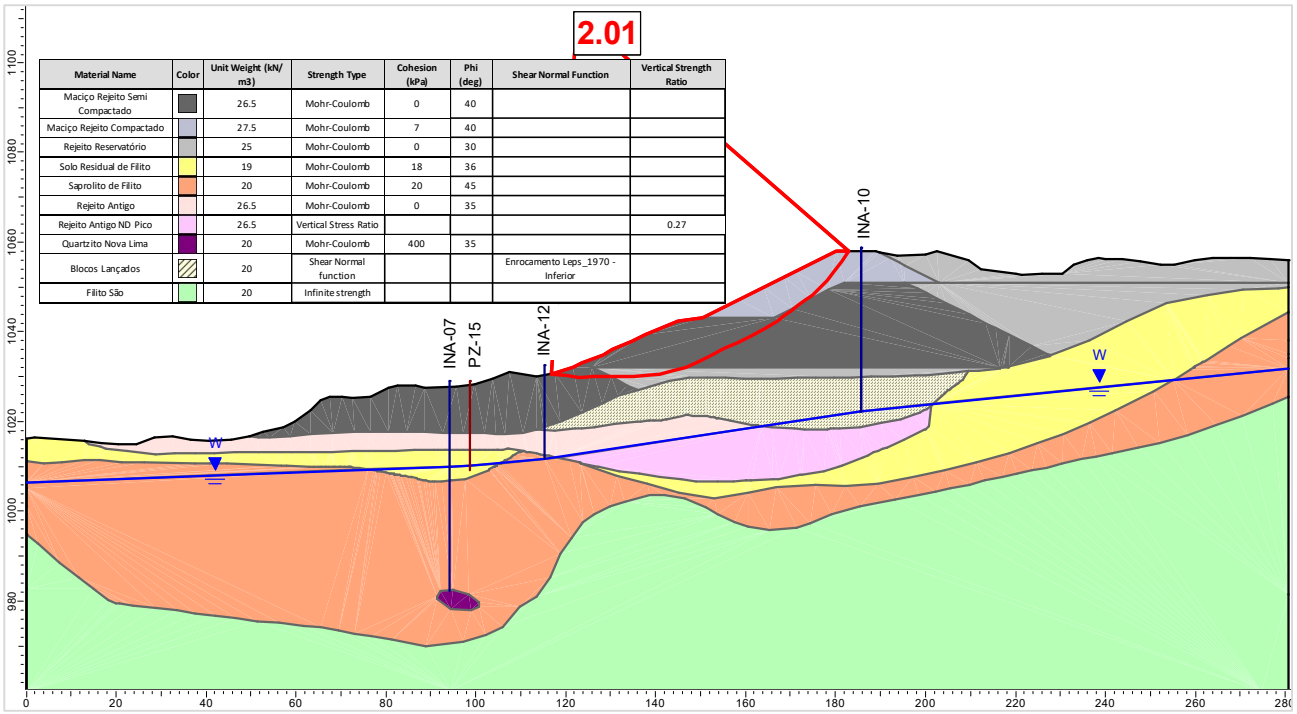


Figura 5.123 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico.

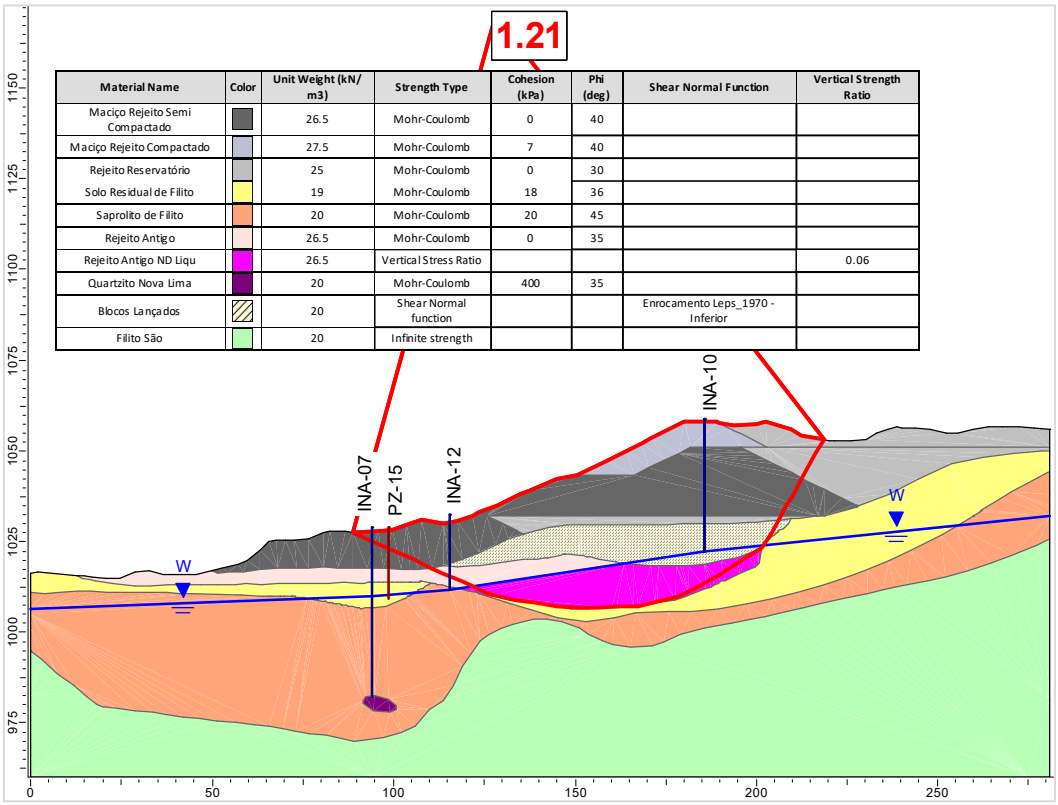
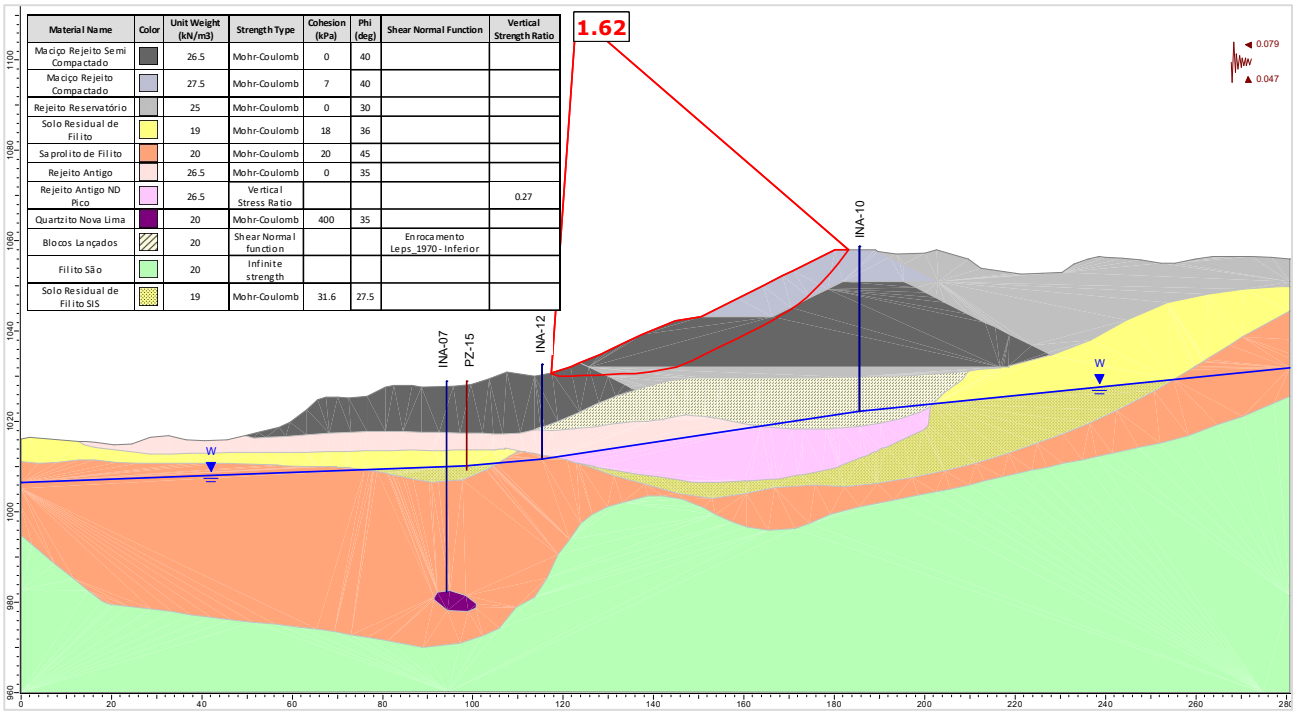
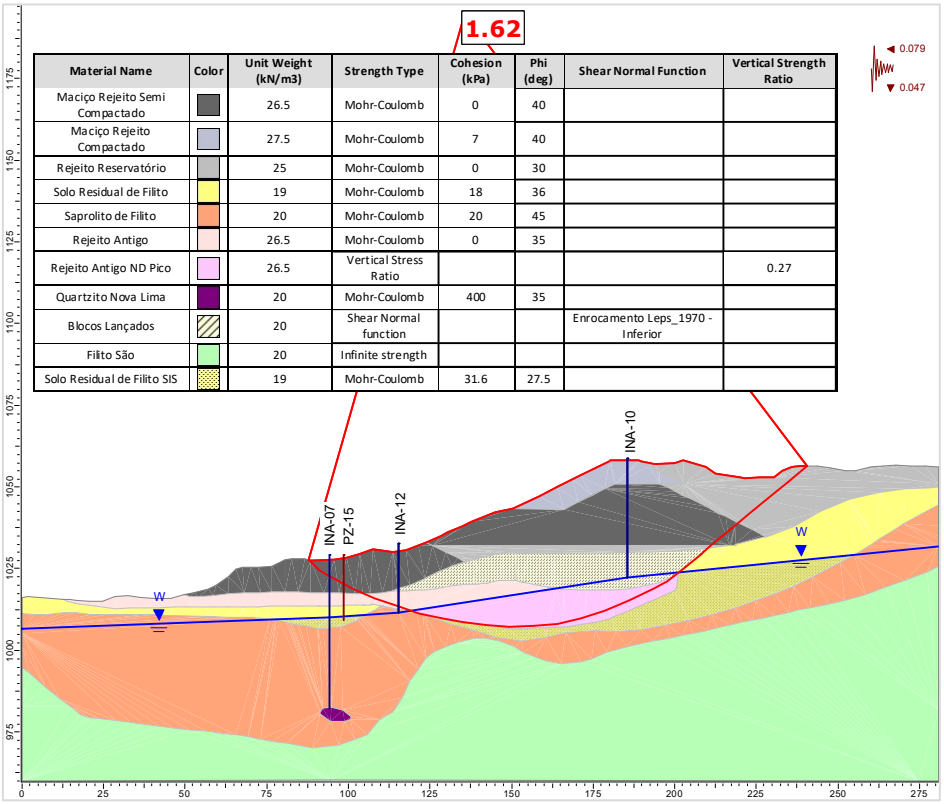


Figura 5.124 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada liquefeito.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Quartzito Nova Lima		20	Mohr-Coulomb	400	35		
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.125 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Quartzito Nova Lima		20	Mohr-Coulomb	400	35		
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.126 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

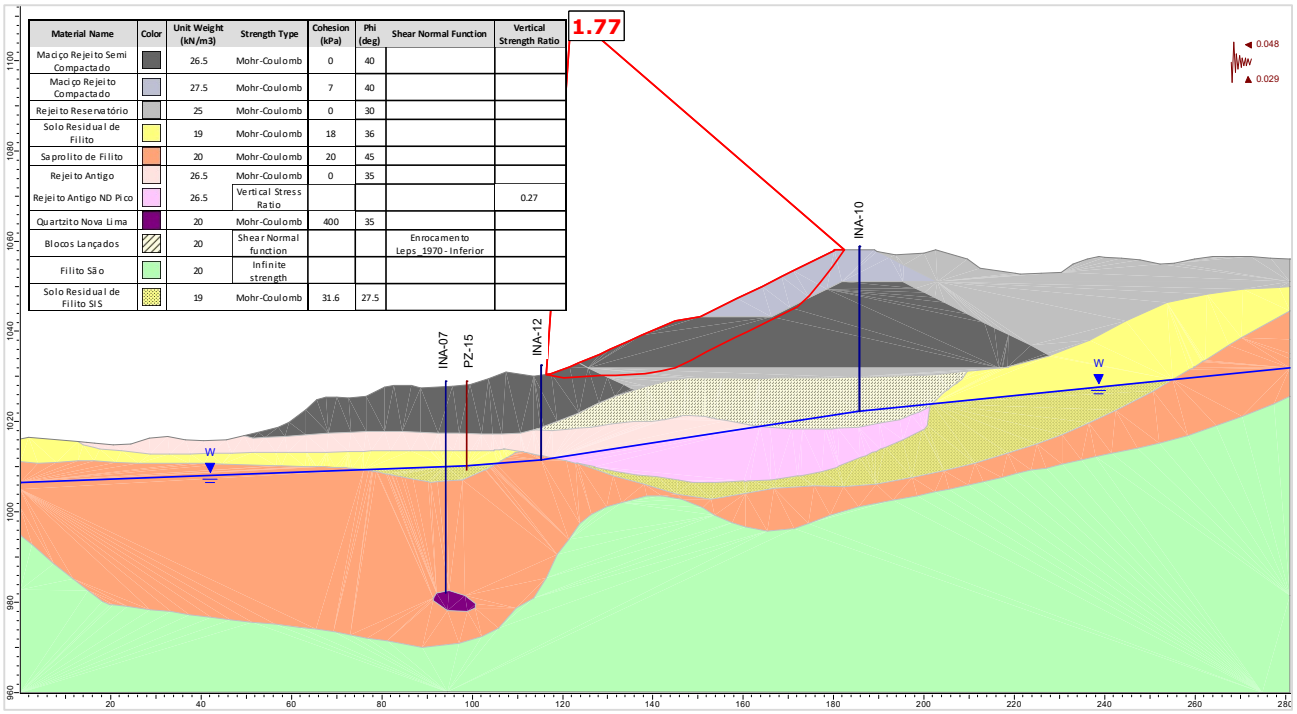


Figura 5.127 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

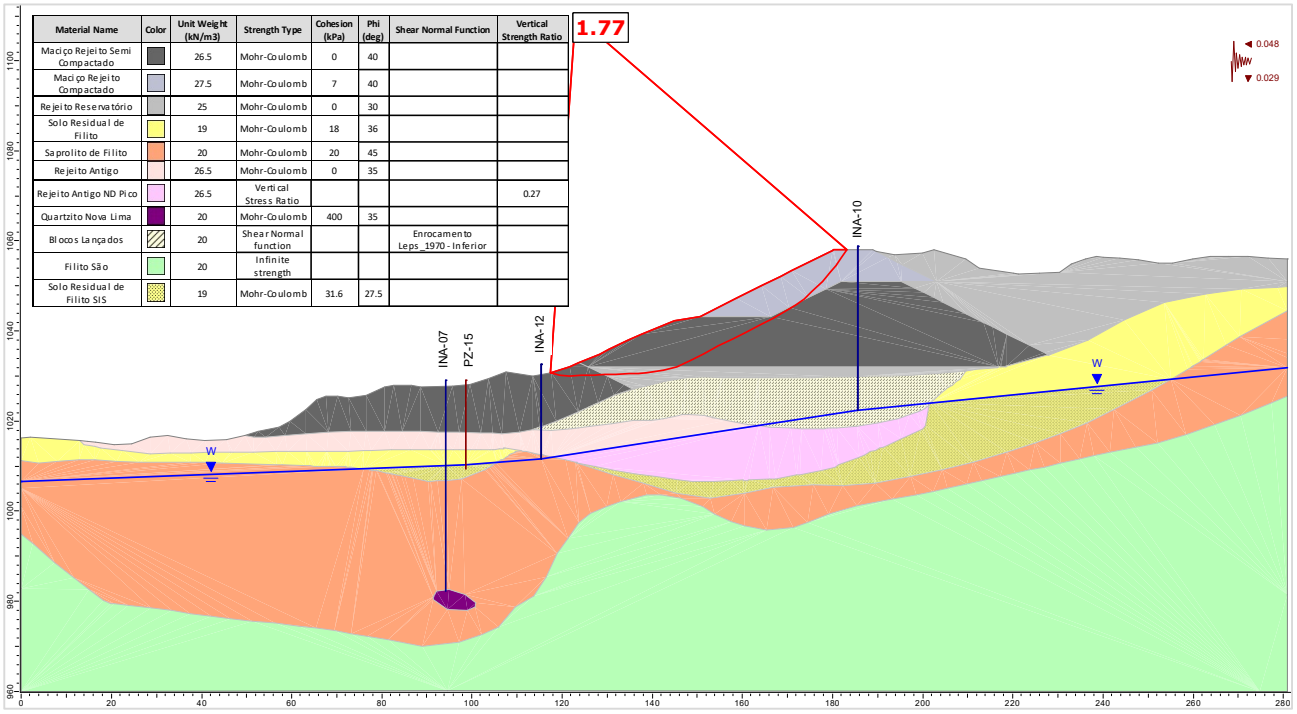


Figura 5.128 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B1 – Mina Ipê, no período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025).

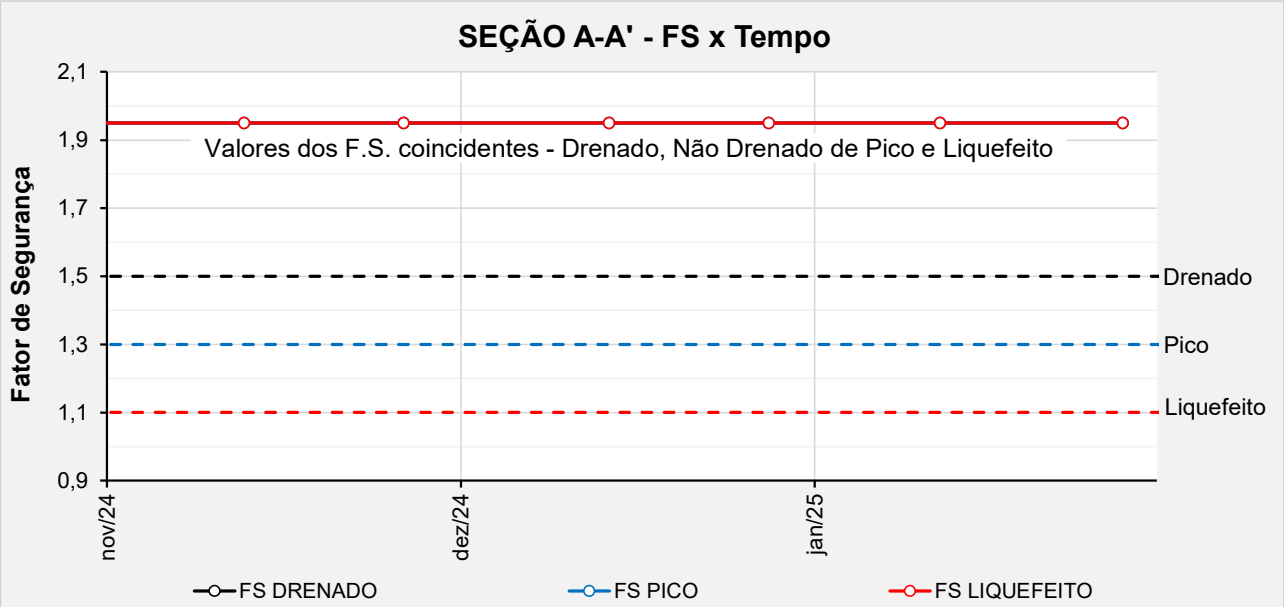


Figura 5.129 – Seção A-A’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

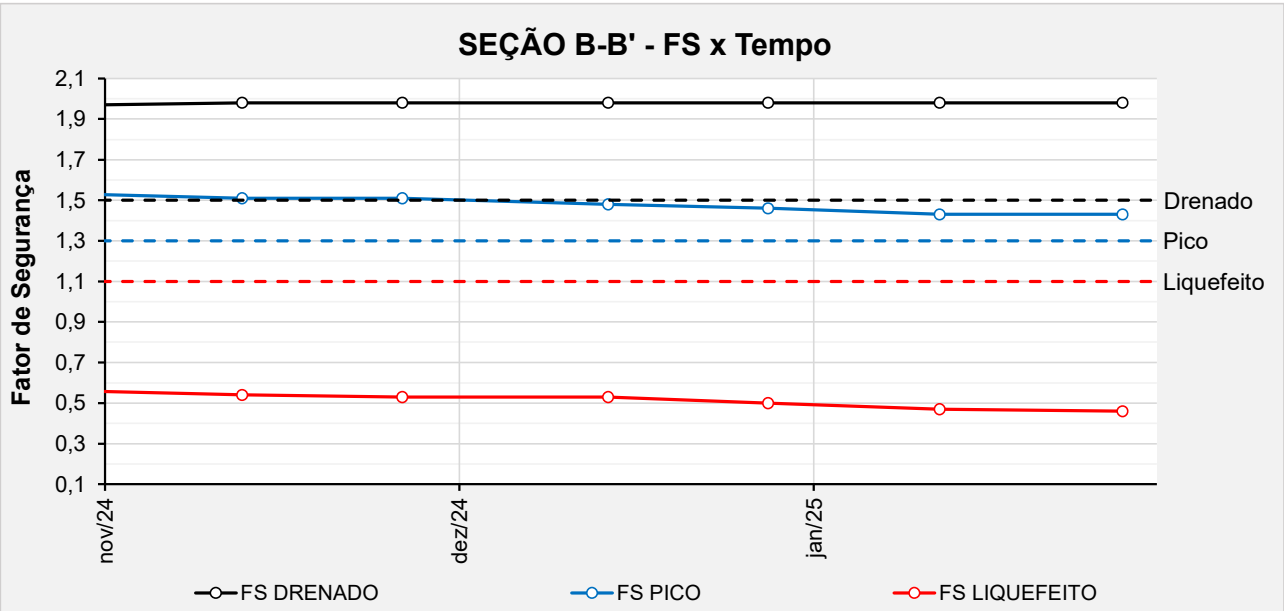


Figura 5.130 – Seção B-B’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

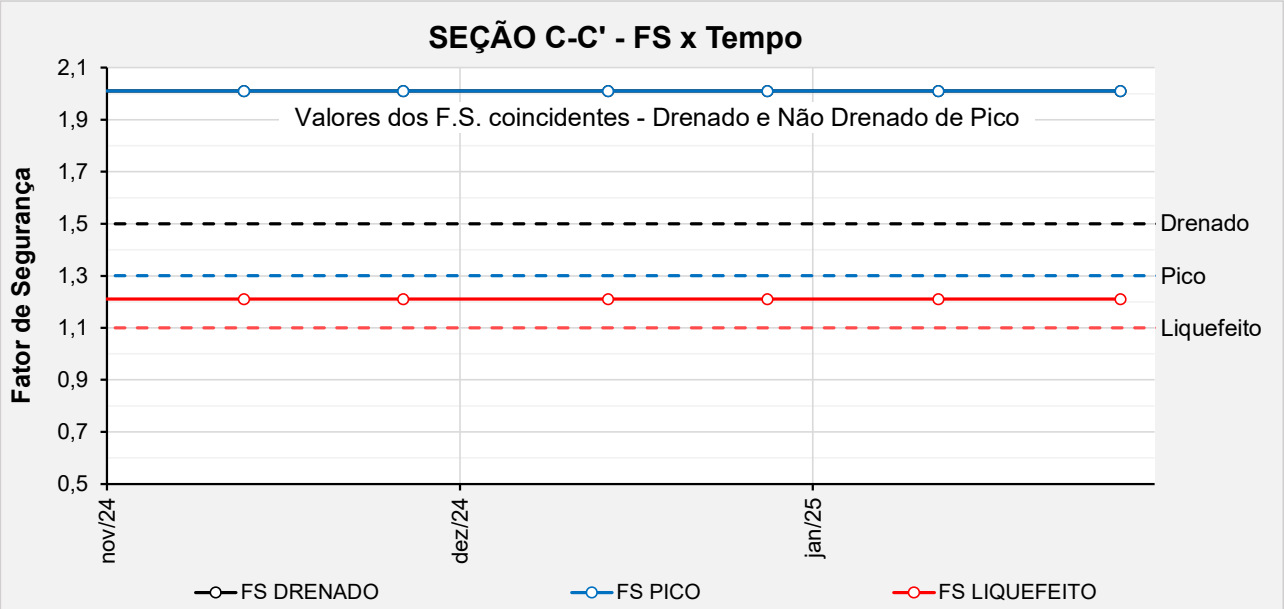


Figura 5.131 – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

5.8 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

5.9 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B1 – Mina Ipê será fundamental para o início e para continuidade das obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação da profundidade e pressão da água no solo e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos dos taludes.

Parte da fundação da Barragem B1 – Mina Ipê é composta por rejeito antigo que foi caracterizado como material contrátil a partir da análise de ensaios CPTu realizados pela Pattrol na campanha 2020 – 2022. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Tendo em vista que, principalmente na seção de controle B-B', o rejeito na fundação da barragem apresenta espessura e extensão consideráveis, os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade para carregamento não drenado liquefeito são baixos e não atendem aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020. Por essa razão, o rebaixamento da superfície freática atuante na estrutura se constitui na principal premissa deste projeto para início das obras de descaracterização.

Também será realizado uma inspeção visual diária de rotina dos taludes escavados e naturais de forma a monitorar eventuais anomalias de deformação.

Caso os poços de rebaixamento implantados à jusante da barragem consigam influenciar na camada saturada do rejeito, é provável que o fator de segurança atinja o valor mínimo exigido pelo TR da FEAM antes do início das obras.

De acordo com o estabelecido no projeto executivo de descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.558), considera-se que será possível executar as obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê desde que sejam atendidas as seguintes condicionantes:

a) Análise de estabilidade atualizada que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles exigidos pela legislação vigente;
b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima diária;
c) Realização de análises de estabilidade semanal, durante as obras;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 02 (dois) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;

g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição anterior, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista que permita autorizar o retorno das atividades.

5.10 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura verificadas nas análises de estabilidade com carregamento não drenado e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e da empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório e fundações para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura deverá ser verificado diariamente durante o período de execução das obras. Já os instrumentos instalados especificamente para o monitoramento do lençol freático no rejeito antigo (INA-09 a INA-14, PZ-19 e PZ-20) deverão ser lidos em intervalos máximos de 04 (quatro) horas. Caso os instrumentos indiquem que a superfície freática se encontra abaixo do nível do rejeito antigo em todos os instrumentos, a obra poderá prosseguir normalmente. Caso contrário, a equipe da MMI ou outra equipe com profissionais qualificados deverá realizar uma análise de estabilidade para verificação do fator de segurança referente à freática medida.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B1 – Mina Ipê. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O fator de segurança avaliado com os dados atualizados da instrumentação não atender aos critérios mínimos descritos nesse projeto;
- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 02 (dois) sismógrafos instalados na barragem;
- A bomba de rebaixamento do lençol freático parar de operar por qualquer motivo;

- O profissional de campo identificar sinais/evidências de deformação nos taludes das ombreiras e áreas adjacentes;
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista.

6. Obras de Descaracterização

Este item não é aplicável, já que o projeto executivo de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê ainda não foi aprovado pela FEAM e empresas parceiras.

7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 7.1 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.1 IDENTIFICAÇÃO	
VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: a) Memorial descritivo e desenhos das estruturas implantadas, removidas ou modificadas, ou informações equivalentes, bem como dispositivos de proteção ambiental;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: c) Descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: d) Descrição das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. No caso de remoção do maciço e do reservatório, apresentar as medidas adotadas para a execução deste procedimento e um quantitativo dos materiais retirados;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Apresentar as medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório, quando couber, bem como informar o seu nível no estágio atual das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar análises de estabilidade nas condições drenada e não drenada, e levando em consideração as solicitações sísmicas que possam atuar sobre a estrutura, avaliando as resistências de pico e residual para a geometria da barragem na atual etapa da obra;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas análises de estabilidade da condição atual
VI. Apresentar o andamento das medidas de estabilização e/ou reforço para atingir no mínimo os fatores de segurança estabelecidos no item V, bem como das medidas de contingência adotadas caso a estabilidade da estrutura durante as obras não possa ser garantida;	Está em operação poço de bombeamento para rebaixamento da superfície freática.
VII. Apresentar o andamento das obras para: a) Remoção das infraestruturas associadas à barragem, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;	Não aplicável. As infraestruturas associadas à barragem já foram removidas.
VII. Apresentar o andamento das obras para: b) Reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. O nível d'água é mantido o mínimo possível na área do reservatório com a operação de bombas. Está em operação poço de bombeamento para rebaixamento da superfície freática.
VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.	Não aplicável. O projeto de descaracterização considera a remoção completa da estrutura.
VIII. Apresentar a análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções; • Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para corrigir as anomalias registradas durante as inspeções visuais, inclusive daquelas iniciadas em períodos anteriores ao do relatório apresentado até sua finalização.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. No termo de referência para acompanhamento do processo de descaracterização de barragens alteadas a montante no estado de Minas

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	Gerais no item 1.3 relativo às obras de descaracterização é solicitada a apresentação de análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções. Conforme justificativa apresentada, as obras de descaracterização não foram iniciadas. Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, análises de estabilidade da estrutura e indicação das anomalias verificadas, evolução das tratativas para suas correções e prazos para atendimento de recomendações.
IX. Apresentar as leituras da instrumentação instalada na barragem, informando a periodicidade adotada para as leituras e a relação dos níveis registrados pelos instrumentos com os Níveis de Controle de Segurança estabelecidos para a estrutura	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas leituras da instrumentação atualizada com histórico de dois anos hidrológicos.
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas leituras da instrumentação atualizada com histórico de dois anos hidrológicos.
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	O TR de descaracterização de barragens alteadas pelo método de montante não exige protocolo para garantir a segurança dos trabalhadores da obra para barragens com declaração de condição de estabilidade garantida, caso

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	da Barragem B1 – Mina Ipê. O projeto atende ao exposto no item 3.3.1 do TR. Tal protocolo é exigido apenas para estruturas que se encontram em nível de alerta. De qualquer forma o projeto trata de critérios de inspeção e monitoramento para paralisação das obras conforme apresentado no Capítulo 12, mais específico no item 12.3 do Relatório de Descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.763).
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Registros fotográficos da condição atual da estrutura são apresentados quinzenalmente nos relatórios de performance geotécnica
1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: a) Informar ações executadas do programa de manejo do patrimônio espeleológico na área afetada pelas obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: b) Informar as ações executadas ações de resgate da fauna e da flora na área afetadas, se couber;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: c) Deverão ser apresentadas as ações para controle de supressão vegetal e de processos erosivos na área afetada pelas obras de descaracterização, bem como os comprovantes de regularização ambiental da atividade;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: d) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para acompanhamento e controle dos índices de qualidade do ar na área afetada pelas obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: e) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para gestão de efluentes líquidos e resíduos sólidos na área afetada pelas obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Para obras em estágio de finalização, apresentar as medidas adotadas para o manejo e a proteção do solo, dos recursos hídricos, para garantir a estabilidade geotécnica da área descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.5 ASSINATURAS	
Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.6 ANEXO	
Apresentar as anotações de responsabilidade técnica – ART do projeto, do acompanhamento das obras e do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

8. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:

Élias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

- Responsável técnico pela elaboração do relatório de acompanhamento do processo de descaracterização:

Guilherme de Freitas Roriz Lima

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1015708625 (CREA-GO)

- Responsável técnico pela barragem:

Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

9. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12824-R-BA-RL-27-GE_r0

NOVEMBRO 2024

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12824-R-BA-RL-27-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.1061

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00				
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X					26	X					51	X					76	X				
2	X					27	X					52	X					77	X				
3	X					28	X					53	X					78	X				
4	X					29	X					54	X					79	X				
5	X					30	X					55	X					80	X				
6	X					31	X					56	X					81	X				
7	X					32	X					57	X					82	X				
8	X					33	X					58	X					83	X				
9	X					34	X					59	X					84	X				
10	X					35	X					60	X					85	X				
11	X					36	X					61	X					86	X				
12	X					37	X					62	X					87	X				
13	X					38	X					63	X					88	X				
14	X					39	X					64	X					89	X				
15	X					40	X					65	X					90	X				
16	X					41	X					66	X					91	X				
17	X					42	X					67	X					92	X				
18	X					43	X					68	X					93	X				
19	X					44	X					69	X					94	X				
20	X					45	X					70	X					95	X				
21	X					46	X					71	X					96	X				
22	X					47	X					72	X					97	X				
23	X					48	X					73	X					98	X				
24	X					49	X					74	X					99	X				
25	X					50	X					75	X					100	X				

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	27/11/2024						
EXECUTADO	GFL						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12824-R-BA-RL-27-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.1061

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc						Rev doc						Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
101	X					126						151						176					
102	X					127						152						177					
103	X					128						153						178					
104	X					129						154						179					
105	X					130						155						180					
106	X					131						156						181					
107	X					132						157						182					
108	X					133						158						183					
109						134						159						184					
110						135						160						185					
111						136						161						186					
112						137						162						187					
113						138						163						188					
114						139						164						189					
115						140						165						190					
116						141						166						191					
117						142						167						192					
118						143						168						193					
119						144						169						194					
120						145						170						195					
121						146						171						196					
122						147						172						197					
123						148						173						198					
124						149						174						199					
125						150						175						200					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	27/11/2024						
EXECUTADO	GFL						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

SUMÁRIO

1. Introdução 5
2. Documentos de referência 6
3. Códigos e Normas 7
4. Ficha Técnica do Empreendimento 8
4.1 Identificação do Empreendedor 8
4.2 Identificação do Empreendimento 8
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 8
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 8
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 8
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.8 Localização da Barragem 9
4.9 Função atual 10
4.10 Características Gerais 11
4.11 Classificação da Barragem 15
5. Projeto de Descaracterização 20
5.1 Descrição do Projeto 21
5.2 Alterações de Projeto 26
5.3 Atividades Preparatórias 26
5.3.1 Poços de Rebaixamento 26
5.3.2 Sistema de Bombeamento no Reservatório 28
5.3.3 Marcos de Monitoramento na Encosta 29
5.3.4 Dispositivos de Monitoramento do Talude da Encosta 31
5.4 Atividades Complementares 32
5.4.1 Revestimento da Baia de Jusante do Reservatório com lona PEBD 32
5.4.2 Instalação de Barreira *New Jersey* 33
5.5 Cronograma 33
5.6 Riscos Geológicos-Geotécnicos 36
5.7 Condição da Estrutura no Período Avaliado 36
5.7.1 Inspeções de Campo 36
5.7.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções 36
5.7.3 Instrumentação Instalada na Barragem 38
5.7.3.1 Leituras da Instrumentação 45
5.7.4 Análise de Estabilidade 75
5.7.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações 75

5.7.4.2 Sismicidade do Local da Barragem 77
5.7.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática 83
5.7.4.4 Parâmetros de Resistência 84
5.7.4.5 Resultados 86
5.8 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 98
5.9 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 99
5.10 Rotina de Monitoramento 100
6. Obras de Descaracterização 101
7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 102
8. Assinaturas 107
9. Anexos 108

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B1 - Mina Ipê**, referente ao trimestre compreendido entre Agosto/2024 e Outubro/2024, elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê, o qual foi emitido em fevereiro de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

Apesar de o projeto executivo ter sido emitido em fevereiro de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê não foram iniciadas até o momento.

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.652_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco – Não-drenado. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2024.
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1007_r1 – Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragem – Barragem B1 Ipê – Mina Ipê – FEAM – 2º Semestre de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Agosto/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.558_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.559_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.560_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.641_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Especificação Técnica. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.642_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.652_r2 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.679_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784/2019 - Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2017 – dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração, visando atender às condições de segurança, operacionalidade, economicidade e desativação, minimizando os impactos ao meio ambiente.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

4.8 Localização da Barragem

A Barragem B1 – Mina Ipê localiza-se no vale do córrego Quéias, no município de Brumadinho-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 572.390m E e 7.775.120m N, próximo do alto da Serra das Farofas. O acesso é realizado pelo trevo imediatamente após o km 520 da rodovia Fernão Dias (BR-381), à margem direita no sentido sul (BH-SP).

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

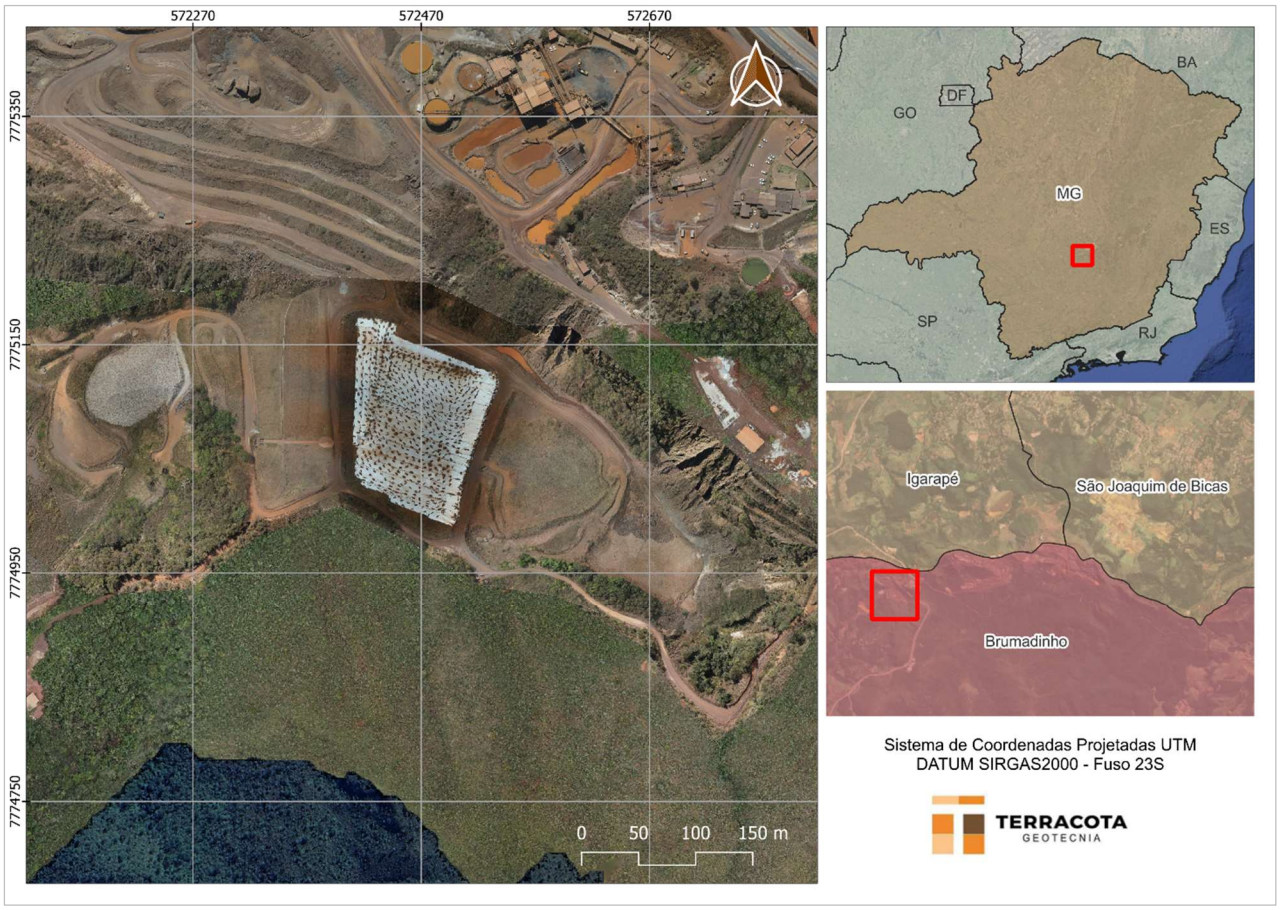


Figura 4.1 – Localização da Barragem B1 – Mina Ipê.

4.9 Função atual

As funções da barragem englobaram a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro da Mina Ipê, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como de Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte, conforme amostragem e ensaios de solubilização e de lixiviação realizados pela empresa Terra Consultoria e Análises Ambientais Ltda. e apresentados nos Relatórios de Ensaios nº 7963/2021, 7971/2021, 7979/2021, 7987/2021 e 7995/2021.

Em virtude da exaustão da capacidade de acumulação da bacia da barragem e da necessidade operacional de se criar espaços para a disposição de rejeitos, a partir do último trimestre de 2010 até dezembro de 2017, foram realizadas operações de retomada ("lavra") do rejeito disposto hidraulicamente e transportados e empilhados mecanicamente. Para tanto, o reservatório foi subdividido em baias de forma a não paralisar as operações sendo que enquanto o lançamento era realizado em uma porção, o rejeito era retomado na outra. O lançamento de rejeitos foi paralisado em dezembro de 2017, operando, desde então, basicamente na retenção de sedimentos exógenos e no amortecimento de cheias provenientes de sua bacia de contribuição. Atualmente a estrutura vem sendo preparada para entrar em processo de descaracterização.

4.10 Características Gerais

A Barragem B1 – Mina Ipê foi construída em 3 (três) etapas, sendo o maciço inicial na El. 1.031,00 m, o primeiro alteamento a montante na El. 1.051,00 m, e o segundo alteamento na El. 1.057,89 m construído em direção a jusante, porém sobre o maciço do primeiro alteamento. Em todas as etapas, foi utilizado rejeito compactado para construção dos respectivos maciços.

Até meados de 2021 a estrutura era considerada como alteada pelo método de jusante, até serem apreciadas as informações contidas no relatório técnico do segundo alteamento, documento R_033_92 elaborado pelo Engenheiro Consultor José Jaime Rodrigues Branco. No referido documento, o autor descreve a execução de um maciço drenante lançado a jusante, a partir do qual a barragem apresentaria condição de estabilidade adequada para realização de sucessivos alteamentos para direção de montante, conforme trecho a seguir retirado do relatório mencionado:

> *"Inicialmente será restaurada a barragem existente com a construção de um maciço drenante lançado para jusante formando um pé para estabilização do maciço atual... [...]*
> *Esta estabilização permitirá a elevação sucessiva de crista da barragem para montante com condições de drenagens e taludes adequadamente dimensionados, de maneira a se manter um fator de segurança para a completa estabilidade do novo maciço... [...] Esta barragem está praticamente toda assoreada com rejeito. Sobre o assoreamento foi projetada a elevação da crista para montante até a cota 556,0 com uma banqueta de 10,0 m de altura na cota 536,0, com altura de 23,0 metros..."*

Entre 2020 e 2022 foi realizada uma extensa campanha de sondagens para subsidiar a elaboração do projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê, na qual foi validada a hipótese de o alteamento ter sido construído pelo método de montante.

Entre fevereiro e março de 2023 foi executado um aterro de reforço a jusante da estrutura de forma a atender o fator de segurança requerido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,30).

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.1, sendo as informações existentes atualizadas considerando um levantamento topográfico de setembro de 2020 (BARRAGEM B1 IPÊ_15_10_ATUAL), levantamento topográfico de novembro de 2021 (B1_IPE_16NOV21), o levantamento topográfico do projeto "*As Built*" do segundo alteamento (TOPOGERAL_11082014.dxf), o levantamento topográfico "*As Built*" do aterro de reforço (CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg) e o levantamento topográfico cadastral (CADASTRO_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B1_IPE_21JUN23.dwg).

Na Figura 4.2 é apresentada uma imagem de satélite da estrutura. A Figura 4.3 e Figura 4.4 apresentam o arranjo geral e a seção B-B' de maior altura da barragem.

Tabela 4.1 – Principais características da Barragem B1 – Mina Ipê.
(Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.1007_r1)

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B1 – Mina Ipê
Código FEAM	132
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: - 20° 07'11.300" Longitude: - 44°18'26.900"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	572.390m E / 7.775.120m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	~1991
Ano de Início de Operação	~1991
Ano de Término de Operação	2017
Ano de Término de Descaracterização	2026 (previsão)
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (projeto)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total (m³)	1.236.370 (*)
Volume do reservatório (m³)	943.579 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	786.359
Área do reservatório (m²)	51.226
Elevação mínima do coroamento (m)	1.057,89
Elevação do terreno natural no pé do barramento (m)	1.002,10
Altura atual da barragem (m)	55,79
Extensão do coroamento (m)	176,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, no mínimo 3,0
Inclinação geral do talude jusante	2,55H:1V (21,4º)
Alteamentos realizados e seus métodos empregados	2 alteamentos a montante (**)
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.057,39 / 1.057,07 (***)
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.057,86 / 1.057,50 (***)
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,50 / 0,82 (***)
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,03 / 0,39 (***)
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	6,72 / 3,22 (***)
Descarga do vertedouro (PMP) (m³/s)	14,33 / 8,50 (***)
Capacidade de Descarga do vertedouro (m³/s)	15,00
Área da bacia de contribuição (km²)	0,51

(*) Volumes atualizados a partir das superfícies resultantes da nova interpretação geológica elaborada pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos hídricos e levantamento topográfico de novembro de 2021 acrescido de 31.705 m³ referente ao aterro de reforço;
(**) O maciço do segundo alteamento foi construído no sentido para jusante, porém é uma ampliação do maciço do 1º alteamento, executado pelo método de montante.
(***) Valores obtidos considerando que todo o volume livre estaria disponível para a passagem do trânsito de cheias.



Figura 4.2 – Imagem da Barragem B1 – Mina Ipê. (Fonte: Ortofoto MMI – Setembro/2024).

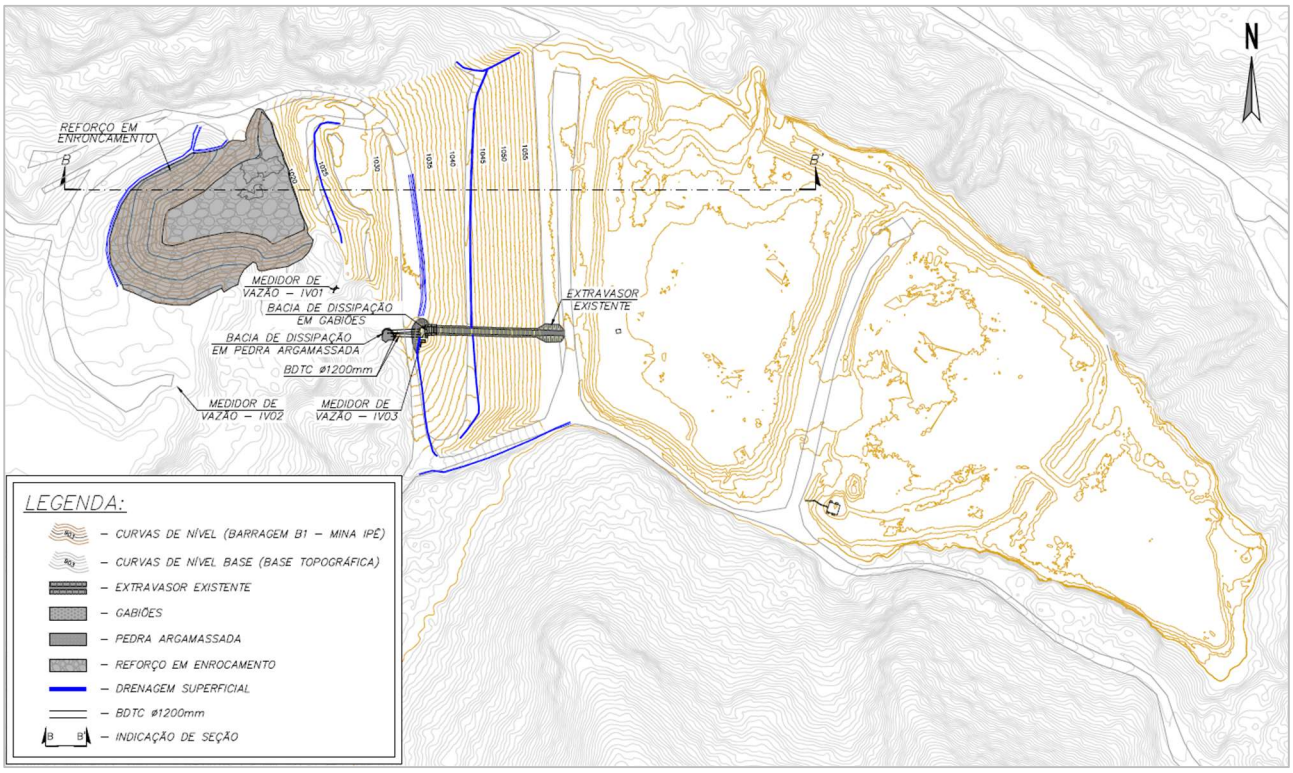


Figura 4.3 – Arranjo Geral atual da Barragem B1 – Mina Ipê.

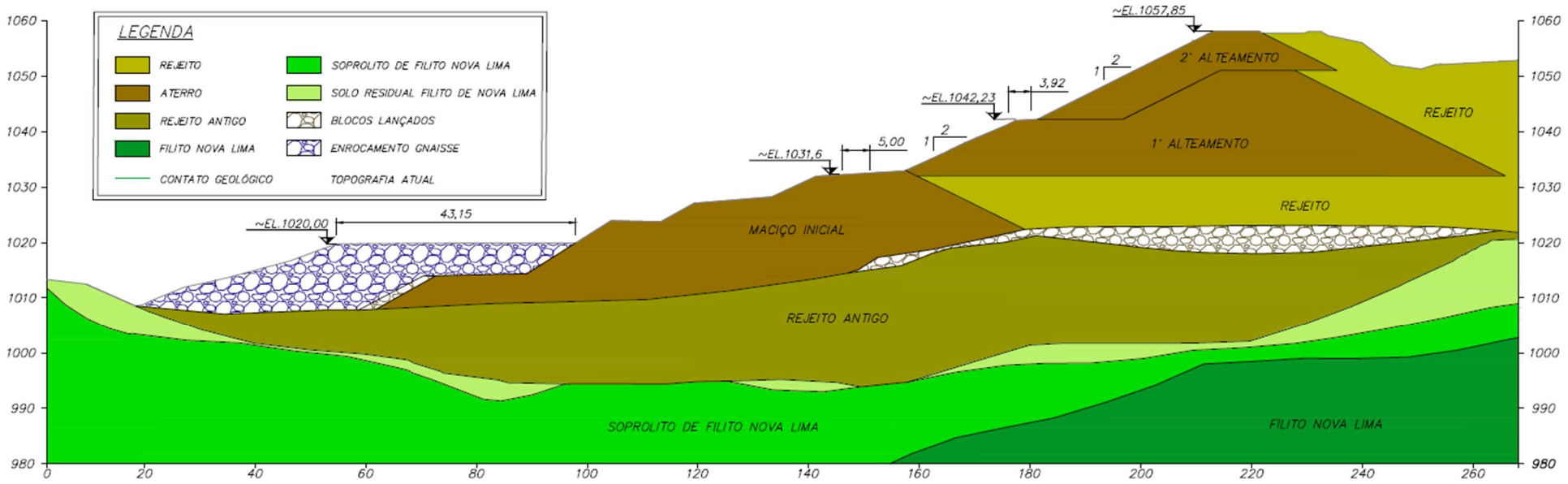


Figura 4.4 – Seção de maior altura B-B’ da Barragem B1 – Mina Ipê.

4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B1 – Mina Ipê** foi classificada, conforme RTESB referente ao 2º semestre/2024 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1007), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.2 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	15
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**15**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.3 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	1
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**19**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.4 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.5 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	**50m< Comprimento <200m (1)**	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	200m≤ Comprimento ≤600m (2)	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 15				

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 0				

Tabela 4.8 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	**BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)**
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanen-temente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de insta-lações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO (Existe alta concentração de instalações residen-ciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
PDA = Σ (a até d) = 19			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de remoção completa dos rejeitos dispostos no reservatório, além dos maciços, tanto o maciço inicial quanto os alteamentos realizados e do aterro de reforço, de forma a retornar o vale a uma condição próxima a original;
- O projeto considera a utilização de poço de rebaixamento instalado a jusante da barragem para o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis na fundação antes do início das obras e que esta condição será mantida e monitorada durante os trabalhos de forma a atender os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado liquefeito (FS≥1,1) em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização;
- O atendimento à premissa anterior considera que a barragem trabalhará em condições drenadas, dessa forma não haverá necessidade de se adotar uma Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ);
- O projeto de descaracterização foi concebido para ser executado em duas etapas macro de remoção (dois anos/ciclos), sendo a primeira com remoção dos rejeitos do reservatório até a elevação 1.043,0 m e rebaixamento do maciço da barragem para a elevação 1.046,50 m e a segunda concluindo a remoção completa na elevação 1.001,0 m;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos. Mesmo assim, o projeto contempla a escavação no rejeito de *sumps* provisórios no interior do próprio reservatório, para direcionamento dos fluxos de água de chuvas eventuais a serem bombeados para a planta de processo. Essas estruturas serão realocadas a medida do avanço do rebaixamento do rejeito;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada em camadas de espessura média de 2,0 m, que poderá ser ajustada em campo, condicionada à capacidade de suporte do material. Caso necessário, serão executadas valas drenantes para deságue do rejeito saturado com o objetivo de garantir condições de segurança e operação para trafegabilidade dos equipamentos durante a atividade de lavra. Nos casos em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro com rejeito seco (aterro de conquista) de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;
- O volume total geométrico de remoção previsto, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.100.789 m³;

- Deverá ser realizada a recomposição vegetal da área do terreno natural exposta pelas escavações após remoção dos rejeitos e maciços, com utilização de materiais apropriados. Conforme item 3.6 da TR de Descaracterização da FEAM, a técnica será determinada com embasamento no diagnóstico da área pós-descaracterização à medida que avançam as obras e se tenha as reais condições da superfície exposta com objetivo final de reintrodução da área ao contexto da paisagem local;
- Será proposta uma proteção na calha do fundo do vale com blocos de enrocamento onde se espera que haja fluxo de água, de forma a proteger o local contra erosão.

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê é composto por 02 (duas) etapas macro, conforme descrito no relatório do projeto (IPE.OP.RL.8000.GT.20.560), contemplando as escavações dos rejeitos dispostos no reservatório até a elevação 1.043,0 m e o rebaixamento dos maciços dos alteamentos até a elevação 1.046,50 m, apresentada como Etapa 1, e a remoção do restante dos rejeitos dispostos no reservatório, dos maciços de alteamentos e maciço inicial, dos rejeitos existentes na fundação (rejeito antigo), além da remoção do reforço em enrocamento a jusante e utilização do material como revestimento do canal e *sump*, compreendidos na Etapa 2.

A execução da obra está prevista para ser realizada em duas etapas macro, sendo que a adequação do sistema extravasor faz a divisão entre essas etapas. Para cada etapa será realizada a remoção dos seguintes volumes de materiais:

<u>Etapa 1</u>

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 447.562.m^3;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 57.650.m^3.

<u>Etapa 2</u>

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 226.600.m^3;
- Volume de blocos a serem removidos da fundação: 14.210.m^3;
- Volume de blocos a serem removidos do aterro de reforço a jusante: 31.705 m^3;
- Volume de "rejeitos antigos" a serem removidos da fundação: 99.000.m^3;[1]
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 224.062.m^3.

[1] Neste volume estão considerados os volumes de escavação do *sump* e do canal de drenagem a ser implantado após as escavações de remoção do rejeito.

Com base na taxa de escavação média aproximada entre 2.800 e 3.100 m³ por dia, fornecida pela MMI, cada etapa está prevista para ser executada em um período seco (6 meses, de maio a outubro), podendo ser estendido em função do regime de chuvas.

Os taludes de escavação terão inclinação de 1V:3H, quando for executado em rejeito disposto no reservatório, e 1V:2H, quando resultantes das escavações em rejeito dos maciços compactados. A Figura 5.1 apresenta o resumo da sequência construtiva de remoção do rejeito em camadas.

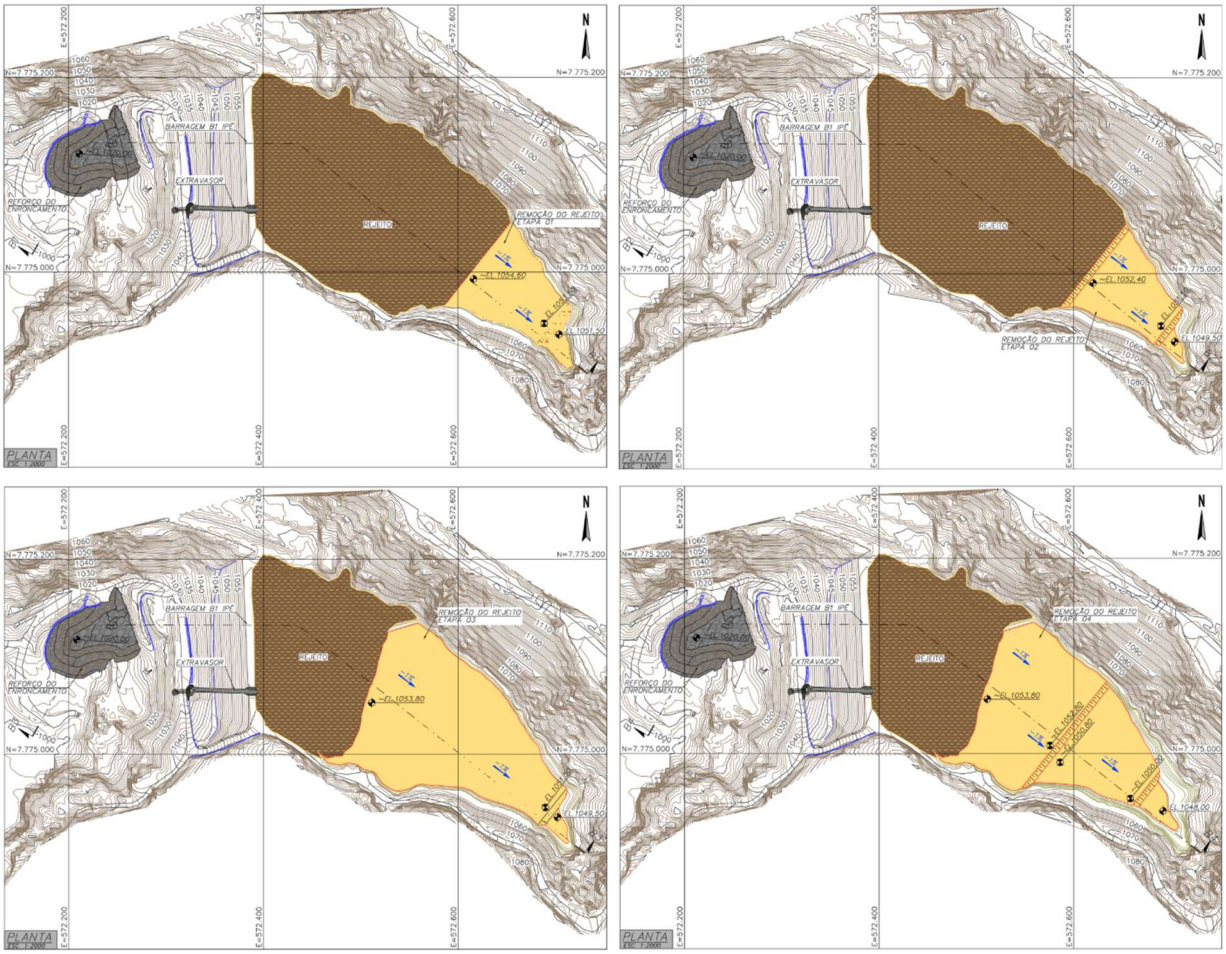


Figura 5.1 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente às quatro primeiras etapas.

Ao término das obras, com a remoção completa dos rejeitos, a área do espaldar da barragem e do reservatório se encontrará conformada em uma condição próxima à original e com o vale protegido com blocos de enrocamento como forma de controle de erosões.

Também faz parte das obras a adequação do sistema extravasor, na etapa de remoção intermediária da barragem, com coroamento do maciço na elevação 1.046,50 m e soleira do extravasor na elevação 1.043,50 m.

A execução das obras deverá cumprir com as diretrizes apresentadas na especificação técnica, nos desenhos de projeto e no relatório técnico do projeto executivo. Ressalta-se que as especificações detalhadas neste documento poderão ser ajustadas conforme experiência adquirida em campo durante a execução das obras, desde que aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

Durante a execução de todas as fases deverá ser realizada a remoção e limpeza dos rejeitos do reservatório e alteamentos / maciços até o terreno natural nos encontros com as ombreiras.
As áreas expostas do terreno natural deverão receber recomposição vegetal como forma de proteção contra erosões/ravinamento, sendo que o talvegue remanescente no meio do vale deverá receber proteção com enrocamentos.

O volume a ser escavado de rejeitos no reservatório será de aproximadamente 674.000 m³. O volume a ser escavado de aterros compactados dos alteamentos e do maciço inicial da barragem, também executados com rejeitos, será de aproximadamente 282.000 m³. As obras também envolvem a escavação de blocos lançados e os rejeitos antigos da fundação com volumes em torno de 14.000 m³ e 99.000 m³, respectivamente. Também serão removidos 31.705 m³ de blocos do aterro de reforço a jusante da estrutura que será utilizado no revestimento do *sump* e canal de drenagem a serem implantados após a remoção da estrutura. A soma de todos os materiais a serem removidos durante as obras de descaracterização totalizam aproximadamente 1.101.000 m³.

A seguir são apresentadas figuras representativas das etapas de execução do projeto de descaracterização.

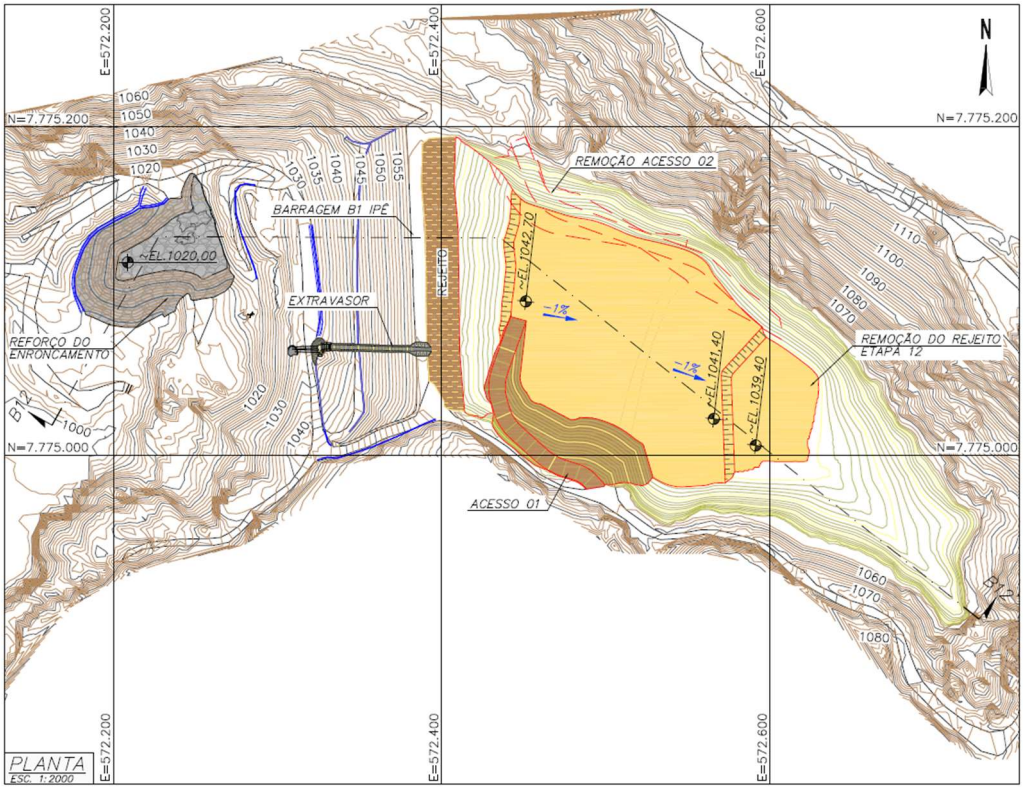


Figura 5.2 – Etapa 12 – Remoção do rejeito do reservatório sem escavação do maciço.

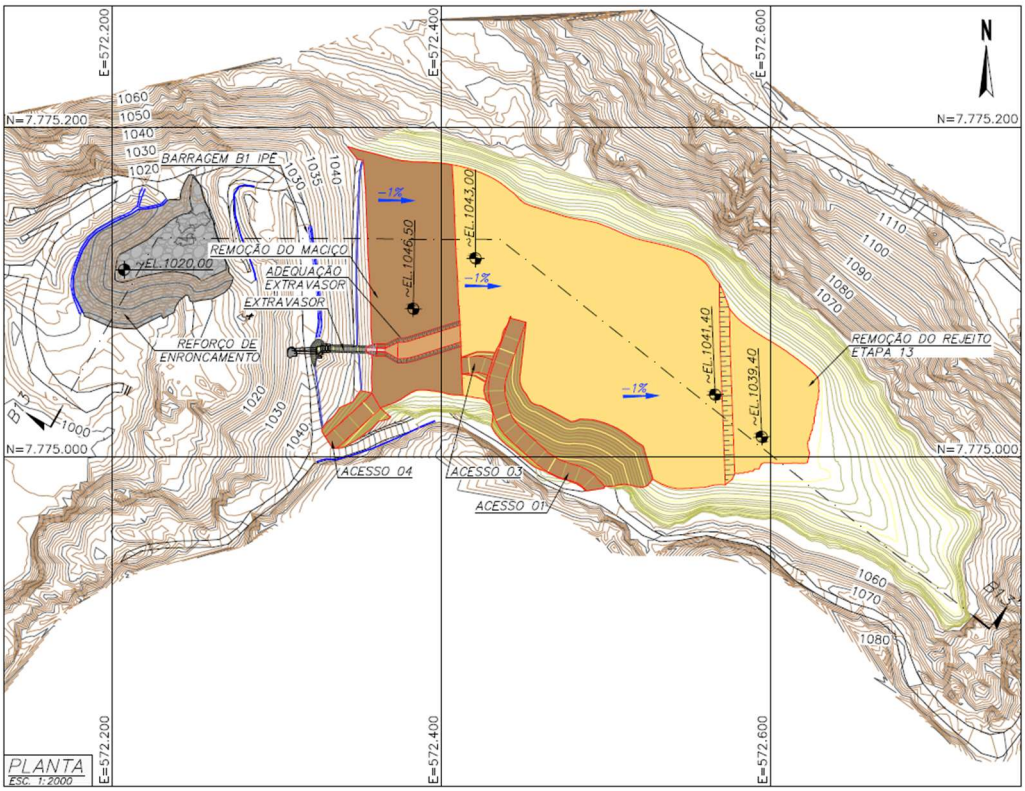


Figura 5.3 – Etapa 13 – Escavação do maciço e implantação de novo sistema extravasor.

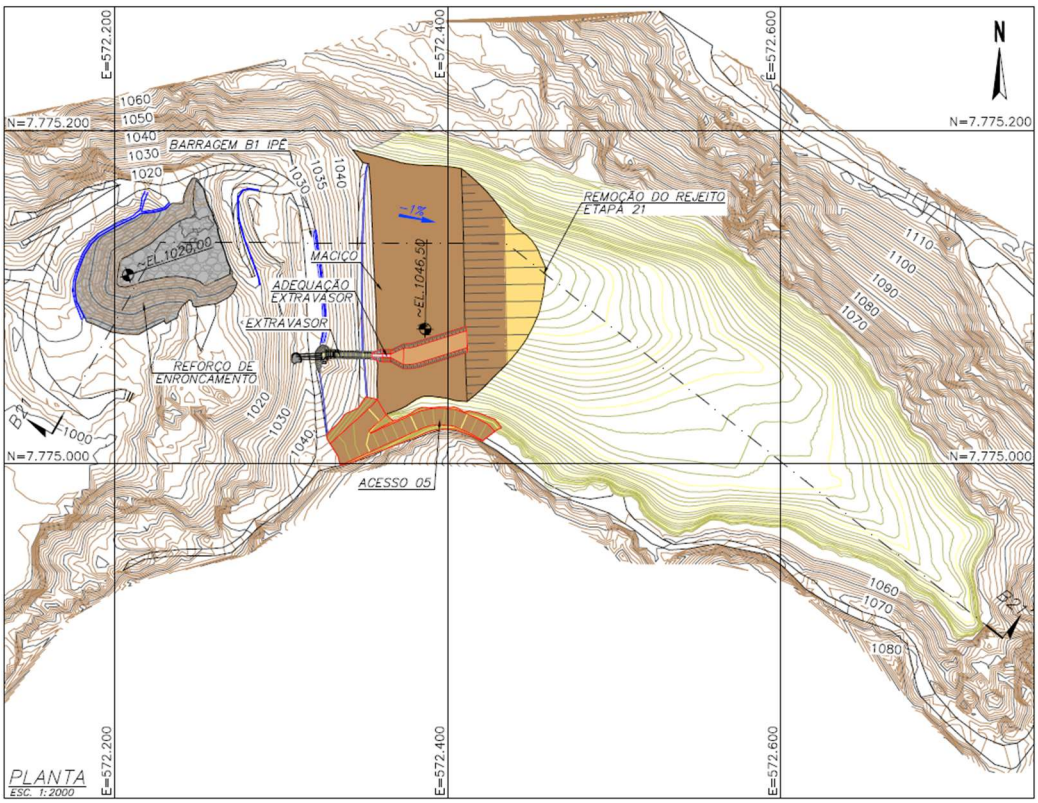


Figura 5.4 – Etapa 21 – Início da escavação do restante dos maciços e do rejeito antigo e a conformação do fundo do vale.

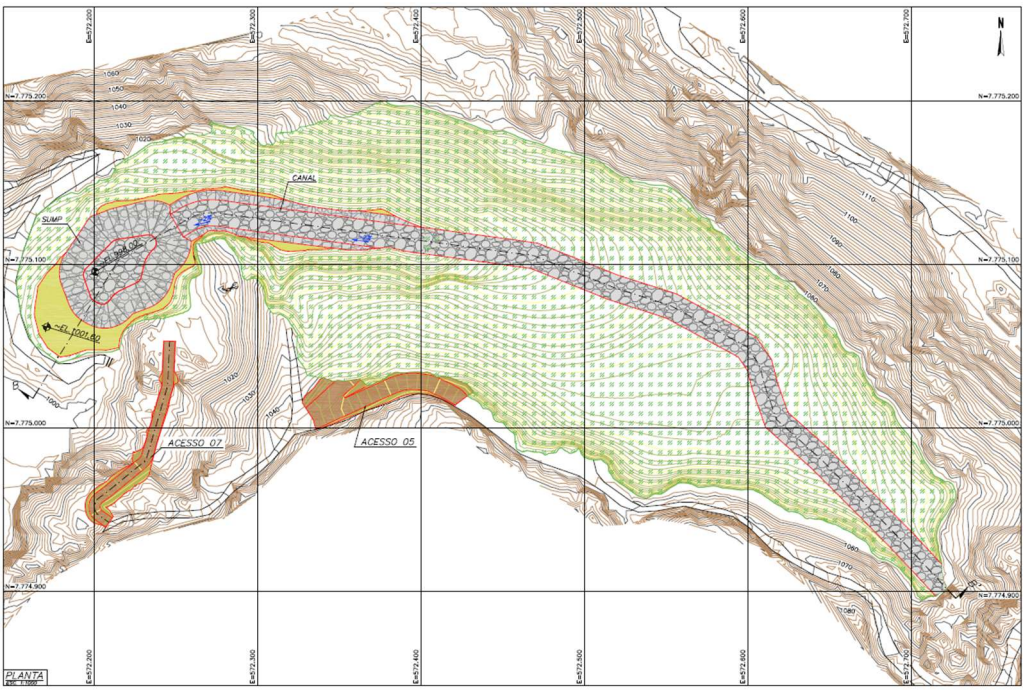


Figura 5.5 – Arranjo geral após a finalização das obras.

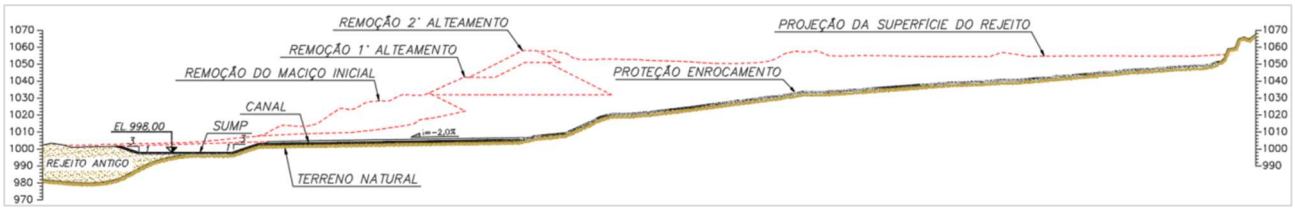


Figura 5.6 – Seção transversal passando pelo vale após a finalização das obras.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização.

5.3 Atividades Preparatórias

A seguir são apresentadas as atividades preparatórias para início da obra de descaracterização executadas durante o período avaliado.

5.3.1 Poços de Rebaixamento

Como premissa do projeto de descaracterização da Barragem B1- Mina Ipê, o nível freático deve estar abaixo da camada de rejeito contrátil presente na fundação da barragem. Para atingir este objetivo, foi executado pela empresa Master Poços, na 1ª quinzena de abril de 2023, um poço de bombeamento (PT-01) com aproximadamente 176 m de profundidade, para rebaixamento do lençol freático local. Foi realizada a instalação da bomba (Motobomba Leão S65-10 600 – 35 CV - 440 Trifásica) e o teste de bombeamento foi executado entre os dias 29/09/2023 e 24/10/2023 enviando a água para dois tanques metálicos. Posteriormente esta água era enviada para a usina através de uma bomba BA13, operando 24 hrs/dia com vazão de 60 m³/h. Na 1ª quinzena de abril de 2024, a MMI realizou um teste para avaliar a vazão que é possível bombear do poço de rebaixamento (PT-01), alterando o direcionamento da água para o extravasor da Barragem B1A Emicon, localizada a jusante da Barragem B1 – Mina Ipê. A partir da 2ª quinzena de abril, manteve-se o bombeamento para jusante.

No período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024) a bomba do poço PT-01 esteve em operação contínua com direcionamento da água para jusante da estrutura, com deságue na canaleta que conduz o fluxo até o extravasor da Barragem B1A Emicon.



Foto 5.1 – Vista do poço de bombeamento PT-01.



Foto 5.2 – Vista dos tanques e bomba BA13.

Após a conclusão do estudo hidrogeológico realizado pela Water Services (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.946), verificou-se a necessidade de implantação de um novo poço de rebaixamento para que seja possível atingir o nível freático desejado e assim sejam iniciadas as obras de descaracterização.

Dessa forma, no dia 30/04/2024 foi iniciada a instalação de um poço de rebaixamento complementar (PT-02) a jusante da estrutura pela empresa Mendonça Poços Ltda., sendo finalizado no dia 01/05/2024, com 180 metros de profundidade. No dia 14/05/24 foram concluídos os testes de 24h de bombeamento do poço, resultando numa vazão de 23 m³/h. Na 1ª quinzena de junho, a MMI realizou a instalação da bomba provisória no poço PT-02. Na 1ª quinzena de julho/2024, fez-se a instalação da bomba definitiva no poço PT-02. No período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024) a bomba do poço PT-02 esteve em operação, direcionando o fluxo também para o extravasor da Barragem B1A Emicon.



Foto 5.3 – Vista do poço – PT-02.



Foto 5.4 – Vista do direcionamento do fluxo dos poços para o extravasor da Barragem B1A Emicon.

A localização dos dois poços de bombeamento é apresentada na Figura 5.7.

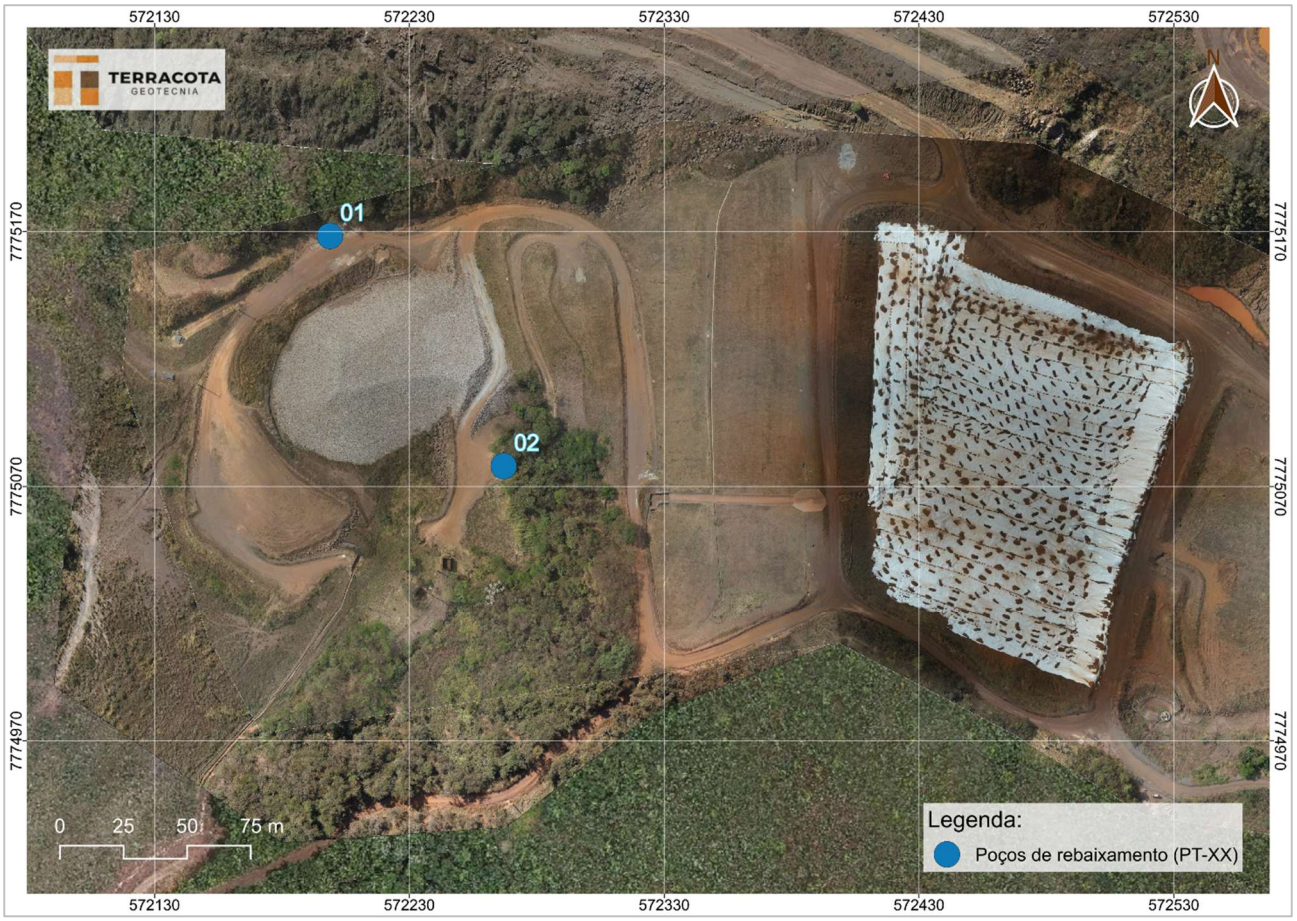


Figura 5.7 – Localização dos poços de bombeamento - Barragem B1 – Mina Ipê.

5.3.2 Sistema de Bombeamento no Reservatório

Como parte da premissa de manter o reservatório sempre seco, é mantida uma bomba modelo *flygt* com sensor automático de ativação na baia intermediária (Foto 5.5), de modo a reduzir a infiltração e o tempo de formação de lago dentro do reservatório.



Foto 5.5 – Sistema de bombeamento localizado na baia intermediária.

Por conta do início do período chuvoso, foi instalada uma bomba modelo ITU-66S10 na baia de jusante de modo a não permitir o acúmulo de água no reservatório próximo ao maciço da estrutura.



Foto 5.6 – Sistema de bombeamento localizado na baia de jusante.

Durante as obras de descaracterização, um sistema de bombeamento similar ao localizado na baia de montante (Foto 5.5) será mantido no *sump* operacional de cada fase de escavação.

5.3.3 Marcos de Monitoramento na Encosta

Em junho/2024, 26 marcos de deslocamento foram instalados e cadastrados no topo do talude da encosta na margem direita do reservatório, para que sejam aferidos possíveis deslocamentos na região. A seguir são apresentadas imagens do marco de deslocamento instalado na encosta (Foto 5.7) e do marco de referência para realização das leituras (Foto 5.8), este instalado na ombreira esquerda, próximo aos tanques de transferência do fluxo do poço de rebaixamento.



Foto 5.7 – Marco de deslocamento instalado na encosta.



Foto 5.8 – Marco de referência para realização das leituras.

Na Tabela 5.1 e Figura 5.8 são apresentadas as localizações dos marcos que foram disponibilizados os dados cadastrais.

Tabela 5.1 – Dados Cadastrais dos Marcos de Monitoramento da Encosta

TIPO	INSTRUMENTO	COORDENADAS DE INSTALAÇÃO (SIRGAS2000)		
		E	N	ELEVAÇÃO (m)
Marco de Referência	MERG_001	572.379,861	7.775.189,402	1.058,058
	MMI 0012	572.497,107	7.774.969,586	1.059,408
Marco de Monitoramento	MS-01	572.501,185	7.775285,062	1.111,075
	MS-02	572.510,454	7.775.270,905	1.108,834
	MS-03	572.539,291	7.775.250,290	1.113,207
	MS-04	572.545,451	7.775.231,350	1.113,277
	MS-05	572.560,371	7.775.219,382	1.113,358
	MS-06	572.574,217	7.775.209,786	1.113,338
	MS-07	572.586,483	7.775.203,938	1.112,945
	MS-08	572.602,236	7.775.194,921	1.114,178
	MS-09	572.617,799	7.775.184,417	1.114,738
	MS-10	572.631,276	7.775.176,191	1.114,803
	MS-11	572.642,056	7.775.168,421	1.115,835
	MS-12	572.654,510	7.775.162,088	1.115,575
	MS-13	572.672,417	7.775.150,373	1.113,216
	MS-14	572.700,196	7.775.135,854	1.113,988
	MS-15	572.712,297	7.775.117,090	1.115,274
	MS-16	572.721,913	7.775.102,571	1.114,645
	MS-17	572.729,425	7.775.088,084	1.114,616
	MS-18	572.744,434	7.775.064,353	1.113,444
	MS-19	572.759,405	7.775.051,041	1.113,068
	MS-20	572.852,048	7.774.985,606	1.106,282
	MS-21	572.858,058	7.774.971,766	1.105,832
	MS-22	572.824,757	7.774.984,246	1.095,031
	MS-23	572.802,075	7.775.004,861	1.102,239
	MS-24	572.788,182	7.775.016,900	1.104,700
	MS-25	572.774,095	7.775.024,654	1.104,655
	MS-26	572.760,554	7.775.036,159	1.105,957



Figura 5.8 – Localização dos marcos de monitoramento da encosta na margem direita do reservatório da Barragem B1 – Mina Ipê.

5.3.4 Dispositivos de Monitoramento do Talude da Encosta

Em julho de 2024, foi realizada a instalação de um dispositivo de monitoramento chamado câmera DEFOX, de modo a verificar possíveis deslocamentos no talude na margem direita do reservatório. Tal dispositivo, de acordo com a MMI, realizava a captura de imagens de alta qualidade e eram enviadas para o servidor da GEOPREVENT onde eram realizadas análises de deformações baseadas em uma comparação das imagens obtidas. Após um período de testes, tal dispositivo foi removido na primeira quinzena de setembro de 2024.



Foto 5.9 – Visão da câmera DEFOX.



Foto 5.10 – Detalhe da câmera DEFOX.

A MMI informou que está em processo de contratação de outra tecnologia para o monitoramento da encosta, chamado ALTAVE. Tal solução consiste em um sistema de câmeras de alta definição que faz a coleta de imagens da região a ser monitorada, os dados são processados pelo software de inteligência artificial (IA Altave Harpia) que faz a leitura das imagens e emite alertas de possíveis perigos em tempo real.



Figura 5.9 – Imagem ilustrativa do software Altave.

5.4 Atividades Complementares

A seguir são apresentadas algumas atividades executadas no período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024), não relacionadas diretamente ao projeto de descaracterização, que foram realizadas de modo a melhorar a condição da estrutura e atender recomendações apresentadas em relatórios de auditoria.

5.4.1 Revestimento da Baia de Jusante do Reservatório com lona PEBD

Na 2ª quinzena de setembro, foi realizado o revestimento da baia de jusante do reservatório com lona PEBD de modo a reduzir a infiltração de água próximo ao maciço da estrutura.

Para a impermeabilização foi utilizada lona dupla termoplástica HALS R-105 FORTE PB da fabricante NORTENE, fornecida em bobinas com as seguintes características:

- Cor: Branco/preto
- Gramatura: 140 g/m²
- Comprimento: 100 m
- Largura: 8 m



Foto 5.11 – Baia de jusante impermeabilizada.



Foto 5.12 – Baia de jusante impermeabilizada.

5.4.2 Instalação de Barreira *New Jersey*

Na 1ª quinzena de outubro, foi iniciada a implantação de barreira rígida do tipo *New Jersey* no coroamento da estrutura, de modo a atender recomendação presente na auditoria referente ao 2º semestre/2024 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1007). Tal recomendação foi indicada de modo a melhorar a segurança hidráulica e garantir uma borda livre mínima de 1,00 m, conforme preconiza as boas práticas de engenharia.

Foram adquiridas barreiras pré-moldadas em concreto (fck = 25MPa) nas dimensões: 81 cm (altura) x 61 cm (largura) x 200 cm (comprimento).

Apesar de as barreiras estarem sendo instaladas na posição final, é necessário que seja realizada a regularização da base de instalação, o engaste da estrutura, além do fechamento das juntas entre as peças.



Foto 5.13 – Vista da crista com a implantação das barreiras *New Jersey*.



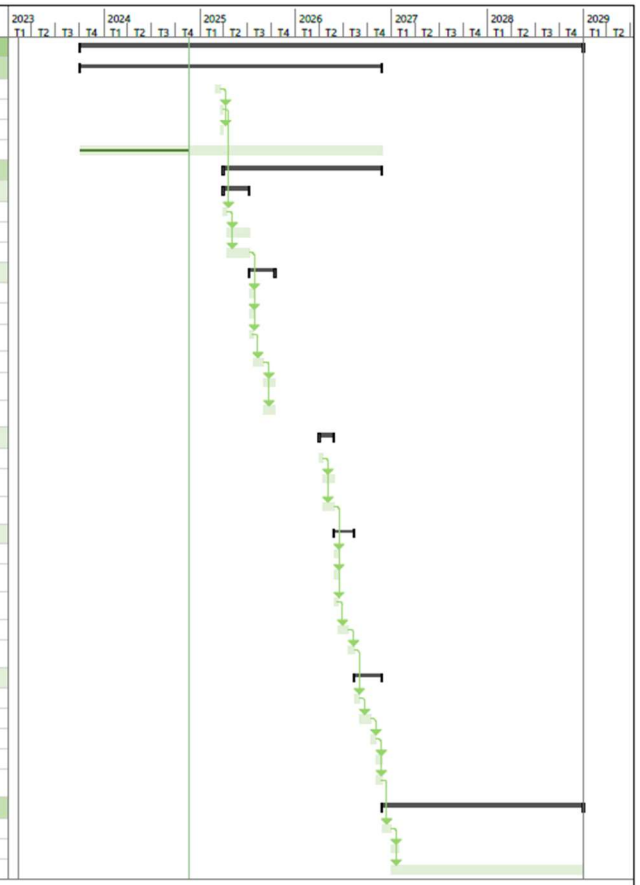
Foto 5.14 – Detalhe da barreira *New Jersey.*

5.5 Cronograma

Na Figura 5.10 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê considerando desde os serviços preliminares e as obras de descaracterização propriamente dito.

Ressalta-se que foi considerada a operação dos poços de rebaixamento durante todas as etapas de descaracterização (remoção da barragem). O sistema somente poderá ser desligado se o fator de segurança para o carregamento não drenado liquefeito tenha atingido o valor de 1,1 exigido pela TR FEAM e se mantenha nesta condição mesmo sem a operação desse poço. Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.

Id	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1	1	**DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B1 - MINA IPÊ**	**1371 dias**	**Seg 02/10/23**	**Seg 01/01/29**
2	1.1	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**822 dias**	**Seg 02/10/23**	**Ter 24/11/26**
3	1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	14 dias	Seg 03/03/25	Qui 20/03/25
4	1.1.2	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	7 dias	Sex 21/03/25	Seg 31/03/25
5	1.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	7 dias	Sex 21/03/25	Seg 31/03/25
6	1.1.4	OPERAÇÃO DOS POÇOS DE REBAIXAMENTO PARA REBAIXAMENTO DA SUPERFÍCIE FREATICA	822 dias	Seg 02/10/23	Ter 24/11/26
7	1.2	**DESCARACTERIZAÇÃO**	**431 dias**	**Ter 01/04/25**	**Ter 24/11/26**
8	1.2.1	**FASE 1 - REMOÇÃO PARCIAL DO REJEITO DO RESERVATÓRIO**	**70 dias**	**Ter 01/04/25**	**Seg 07/07/25**
9	1.2.1.1	EXECUÇÃO DE SUMP COM BASE NA ELEVAÇÃO 1.051,50 M	10 dias	Ter 01/04/25	Seg 14/04/25
10	1.2.1.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO ATÉ A ELEVAÇÃO 1.041,40 M	60 dias	Ter 15/04/25	Seg 07/07/25
11	1.2.1.3	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE ATÉ ELEVAÇÃO 1.041,40 M	60 dias	Ter 15/04/25	Seg 07/07/25
12	1.2.2	**FASE 2 - PRIMEIRO REBAIXAMENTO DO MACIÇO**	**70 dias**	**Ter 08/07/25**	**Seg 13/10/25**
13	1.2.2.1	DEMOLIÇÃO DO EMBOQUE DO CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE	10 dias	Ter 08/07/25	Seg 21/07/25
14	1.2.2.2	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA DESCIDA D'ÁGUA DA OMBREIRA DIREITA	10 dias	Ter 08/07/25	Seg 21/07/25
15	1.2.2.3	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE INSTALADA NA CRISTA DA BARRAGEM	10 dias	Ter 08/07/25	Seg 21/07/25
16	1.2.2.4	ESCAVAÇÃO DO MACIÇO ATÉ ELEVAÇÃO 1.046,00 M	30 dias	Ter 22/07/25	Seg 01/09/25
17	1.2.2.5	CONSTRUÇÃO DE NOVO EMBOQUE PARA O SISTEMA EXRAVASOR LIGADO AO CANAL EXISTENTE	30 dias	Ter 02/09/25	Seg 13/10/25
18	1.2.2.6	REINSTALAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE CONTROLE DA SATURAÇÃO RETIRADOS NA ETAPA 1.2.2.3	30 dias	Ter 02/09/25	Seg 13/10/25
19	1.2.3	**FASE 3 - REMOÇÃO DO RESTANTE DO REJEITO DO RESERVATÓRIO**	**40 dias**	**Qua 01/04/26**	**Ter 26/05/26**
20	1.2.3.1	EXECUÇÃO DE SUMP COM BASE NA ELEVAÇÃO 1.037,70 M	10 dias	Qua 01/04/26	Ter 14/04/26
21	1.2.3.2	REMOÇÃO COMPLETA DO REJEITO DO RESERVATÓRIO FORA DA PROJEÇÃO DO 1 ° ALTEAMENTO	30 dias	Qua 15/04/26	Ter 26/05/26
22	1.2.3.3	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE ATÉ A COMPLETA REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO FORA DA PROJEÇÃO DO 1° ALTEAMENTO	30 dias	Qua 15/04/26	Ter 26/05/26
23	1.2.4	**FASE 4 - REMOÇÃO DO MACIÇO DO 1° ALTEAMENTO**	**55 dias**	**Qua 27/05/26**	**Ter 11/08/26**
24	1.2.4.1	DEMOLIÇÃO DO EMBOQUE DO CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE	10 dias	Qua 27/05/26	Ter 09/06/26
25	1.2.4.2	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA DESCIDA D'ÁGUA E CANALETAS EXISTENTES NA BERMA ELEV. 1.041,00 M	10 dias	Qua 27/05/26	Ter 09/06/26
26	1.2.4.3	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE INSTALADA NA CRISTA DA BARRAGEM E NA BERMA ELEV. 1.041,00 M	10 dias	Qua 27/05/26	Ter 09/06/26
27	1.2.4.4	REMOÇÃO DO MACIÇO DO 1° ALTEAMENTO	30 dias	Qua 10/06/26	Ter 21/07/26
28	1.2.4.5	INSTALAÇÃO DE BUEIRO CONECTADO À BACIA DE DISSIPAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR ANTIGO	15 dias	Qua 22/07/26	Ter 11/08/26
29	1.2.5	**FASE 5 - REMOÇÃO DO RESTANTE DOS REJEITOS**	**75 dias**	**Qua 12/08/26**	**Ter 24/11/26**
30	1.2.5.1	REMOÇÃO DO ATERRO EM BLOCOS DO REFORÇO DE JUSANTE PARA BOTA-ESPERA	15 dias	Qua 12/08/26	Ter 01/09/26
31	1.2.5.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO E DO MACIÇO INICIAL ATÉ A ELEVAÇÃO 1.004,30	30 dias	Qua 02/09/26	Ter 13/10/26
32	1.2.5.3	CONSTRUÇÃO DE SUMP NA REGIÃO DE JUSANTE	15 dias	Qua 14/10/26	Ter 03/11/26
33	1.2.5.4	REVESTIMENTO DO TALVEGUE E SUMP COM ENROCAMENTO	15 dias	Qua 04/11/26	Ter 24/11/26
34	1.2.5.5	PROTEÇÃO DO RESTANTE DA ÁREA DO RESERVATÓRIO ESCAVADO A PARTIR DO PLANTIO DE VEGETAÇÃO	15 dias	Qua 04/11/26	Ter 24/11/26
35	1.3	**PÓS-OBRA**	**549 dias**	**Qua 25/11/26**	**Seg 01/01/29**
36	1.3.1	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	26 dias	Qua 25/11/26	Qua 30/12/26
37	1.3.2	DESMOBILIZAÇÃO	20 dias	Qui 31/12/26	Qua 27/01/27
38	1.3.3	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	523 dias	Qui 31/12/26	Seg 01/01/29



Projeto: Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê

Tarefa · Divisão · Marco · Resumo · Resumo do projeto · Tarefa Inativa · Marco Inativo · Resumo Inativo · Tarefa Manual · Somente duração · Acúmulo de Resumo Manual · Resumo Manual · Somente início · Somente término · Tarefas externas · Marco externo · Data limite · Andamento · Progresso manual

Figura 5.10 – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.

5.6 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Conforme diagnóstico realizado para a estrutura, na condição da freática atual, para a seção B-B' não se atinge os fatores de segurança exigidos para a condição liquefeita. Desta forma, a fim de garantir os fatores de segurança requeridos no Termo de Referência, é premissa do projeto de descaracterização o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis, de modo que estes não trabalhem em condição saturada. Esta medida elimina a possiblidade de ocorrência de carregamentos não drenados, pois uma das condições para tal, é que os materiais classificados como contráteis estejam saturados.

Com relação à encosta natural exposta, poderá haver necessidade de obras estabilizantes pontuais, recuperação de focos erosivos, reaplicação de proteção vegetal etc. Já os taludes de empilhamentos antigos devem receber obras/serviços de estabilização à medida do necessário.

Para monitoramento de deslocamentos, tanto da barragem quanto da encosta existente na ombreira direita, será utilizada instrumentação de controle, existente e a ser instalada, como prismas, estação robótica, radar de superfície, equipamento ALTAVE etc.

5.7 Condição da Estrutura no Período Avaliado

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, aguardando avaliação e aprovação do projeto pela FEAM e empresas parceiras além de o fator de segurança não-drenado liquefeito na seção B-B' estar abaixo do valor mínimo recomendado (1,1) pela TR FEAM de descaracterização. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura no período avaliado em relação: às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

5.7.1 Inspeções de Campo

Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de avaliação quinzenal de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, indicação das anomalias verificadas e análises de estabilidade da estrutura.

5.7.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (agosto/2024 a outubro/2024).

Tabela 5.2 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B1 – Mina Ipê – 1ª quinzena de ago./2024 a 2ª quinzena de out./2024.

ID	ANOMALIA	Agosto/2024		Setembro/2024		Outubro/2024	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS NO TALUDE DE JUSANTE						
06	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NAS CANALETAS LOCALIZADAS NAS BERMAS	-	-	-	-	-	
12	PRESENÇA DE ANIMAIS NO MACIÇO	-	-	-	-	-	
16	FALHA NO REVESTIMENTO VEGETAL DO TALUDE DE MONTANTE	-	-	-			-
19	EROSÃO NO ACESSO A BERMA ELEV. 1.032 M	-	-	-	-		
21	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NAS CAIXAS DE PASSAGEM	-	-	-	-	-	
28	TALUDE SEM PROTEÇÃO VEGETAL E EM PROCESSO EROSIVO NA OMBREIRA PRÓXIMO AO REFORÇO DE ENROCAMENTO						
30	PÉ DO TALUDE DESCALÇADO NO ACESSO PRÓXIMO À BACIA DE DISSIPAÇÃO			-	-	-	-

LEGENDA:

ANOMALIA VERIFICADA | ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO | ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA

ANOMALIA AGRAVADA | ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA

5.7.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle da barragem é composta por 15 (quinze) indicadores de nível d'água, 20 (vinte) piezômetros, dos quais 10 (dez) tem leituras automatizadas, 04 (quatro) marcos superficiais, 03 (três) indicadores de vazão, 02 (dois) sismógrafos e 30 (trinta) prismas com leitura automatizada a partir de estação robótica para controle de deformação, distribuídos em 03 (três) seções transversais de monitoramento.

Os níveis de controle dos indicadores de nível d'água e piezômetros instalados na barragem foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico para o rejeito do reservatório e rejeito antigo da fundação localizados abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível de atenção**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível de atenção:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,30 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
2- **Nível de alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,20 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,00 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 3).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.652, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em novembro/2024.

A Figura 5.11, Figura 5.12 e Figura 5.13 apresentam a locação em planta dos instrumentos e da Figura 5.14 a Figura 5.16 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 5.3 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

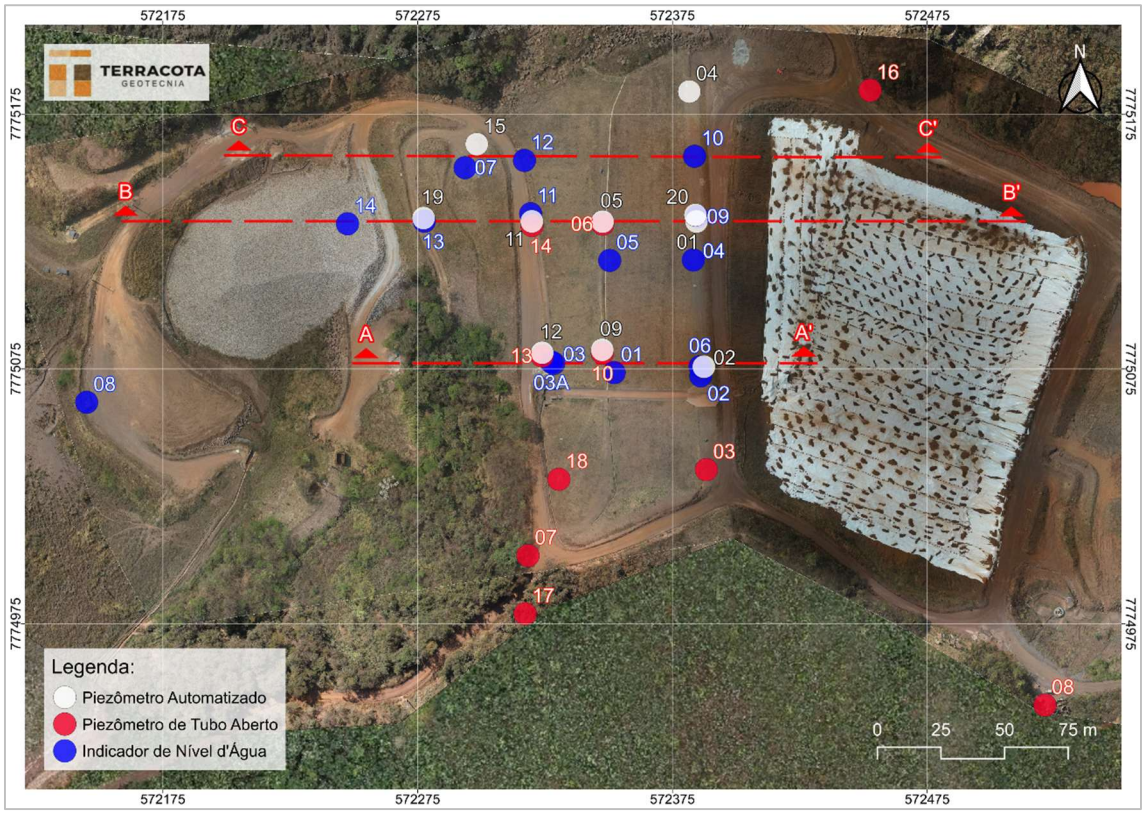


Figura 5.11 – Locação dos INA's e PZ's – Barragem B1 – Mina Ipê.

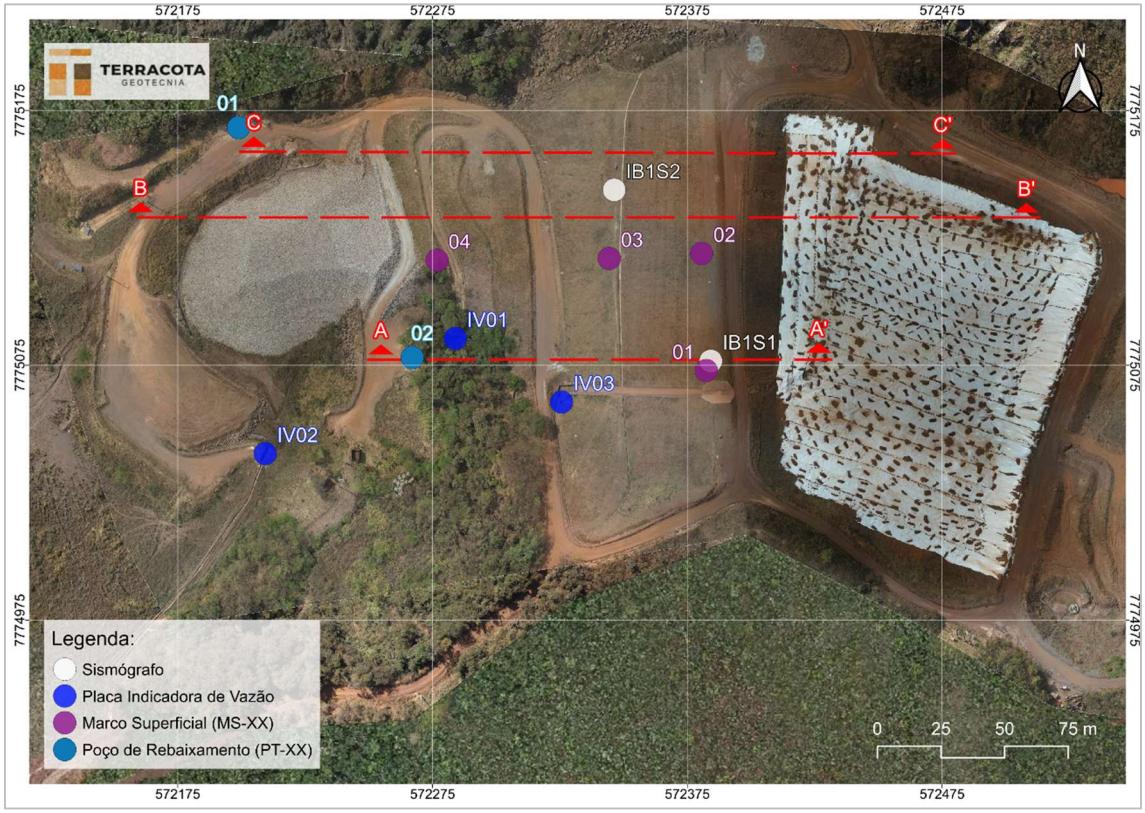


Figura 5.12 – Localização Marcos Superficiais, Sismógrafos e Placas Indicadoras de Vazão – Barragem B1 – Mina Ipê.

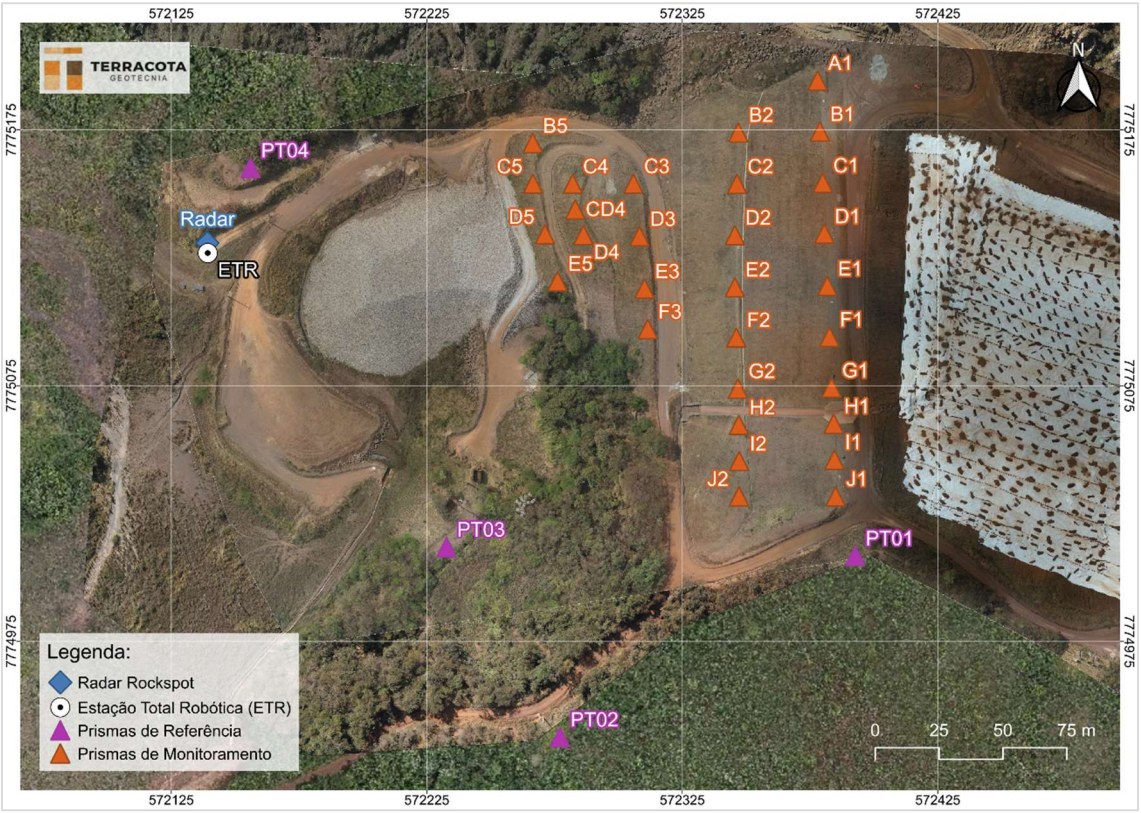


Figura 5.13 – Locação dos prismas instalados no maciço da Barragem B1 – Mina Ipê.

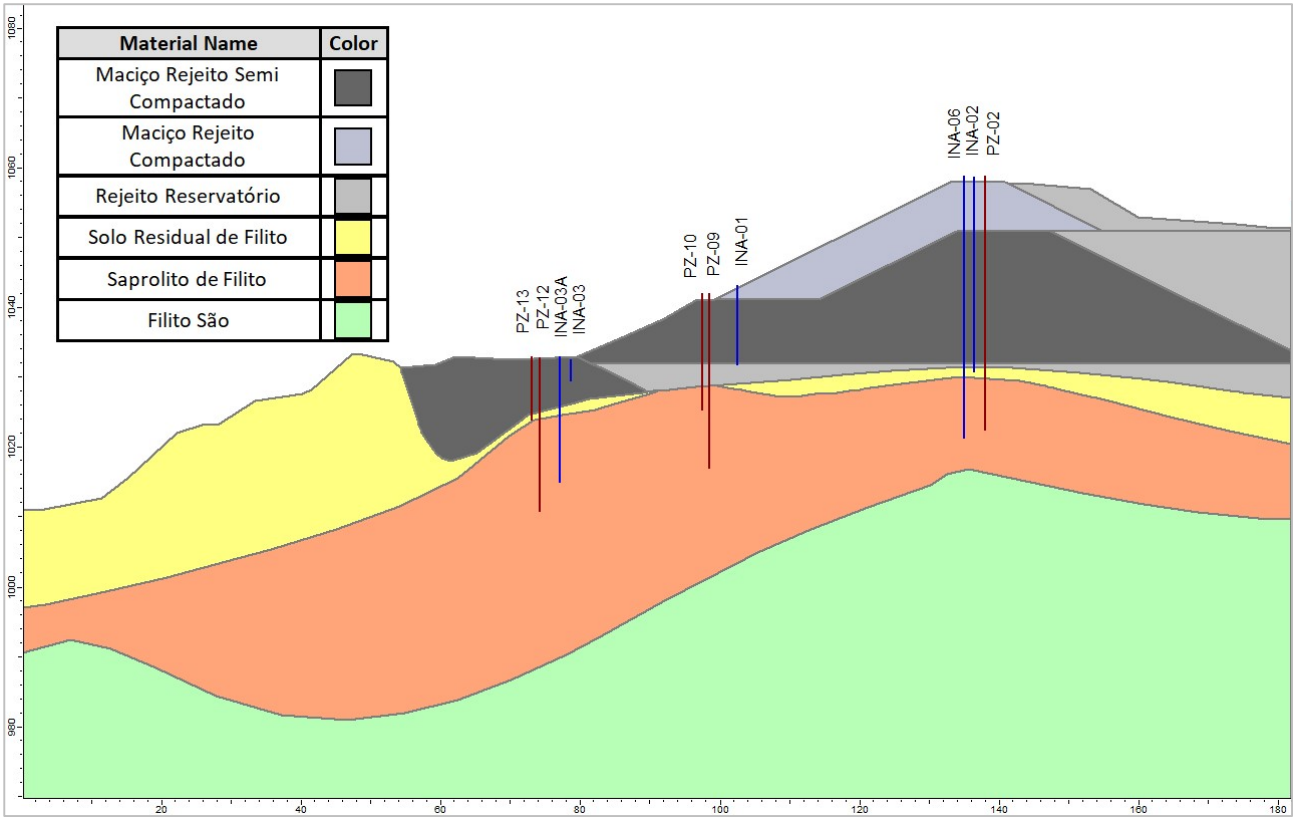


Figura 5.14 – Seção transversal de controle A-A'.

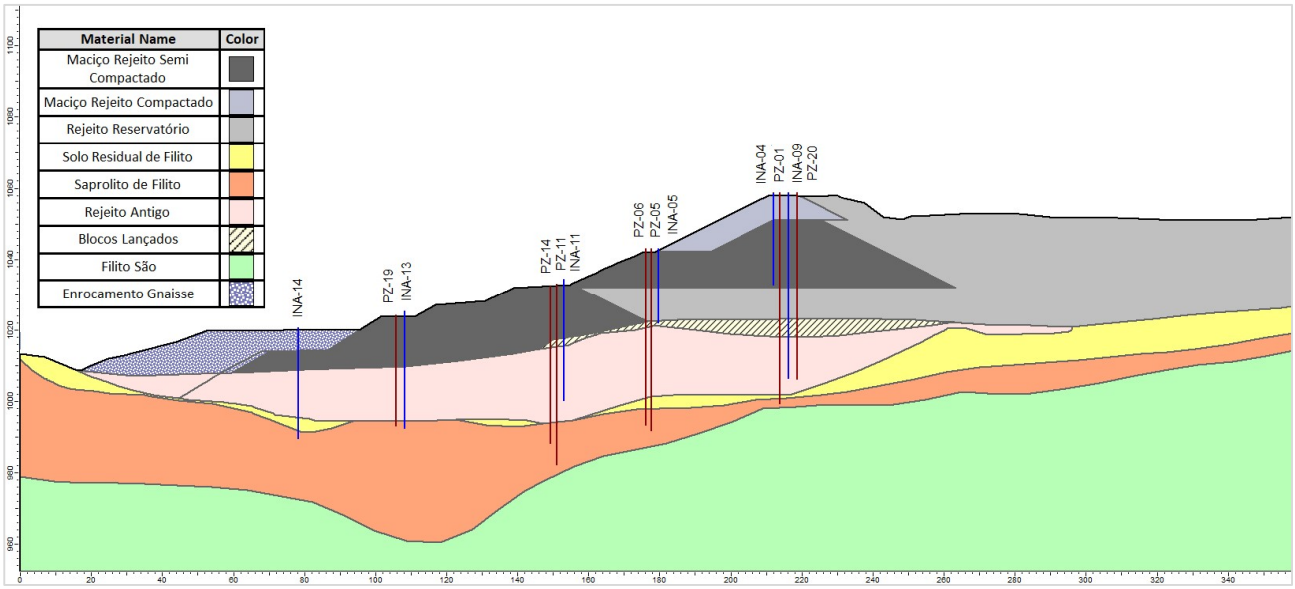


Figura 5.15 – Seção transversal de controle B-B'.

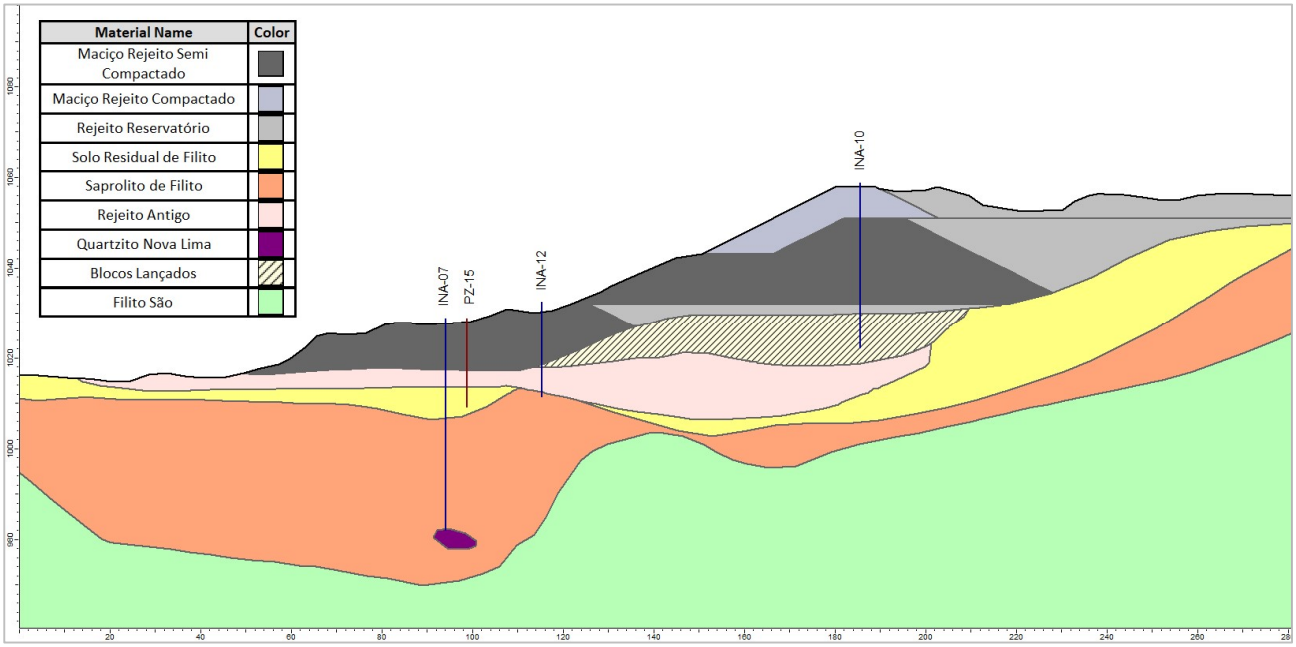


Figura 5.16 – Seção transversal de controle C-C'.

Tabela 5.3 – Locação, características, leitura (30/10/2024) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B1 – Mina Ipê.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/10/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A'	PZ-02 (1)	572.387,357	7.775.075,880	1.058,79	1.022,43	36,36	1.022,44	1.044,50	1.048,00	1.050,75
	INA-02	572.386,124	7.775.072,282	1.058,73	1.030,77	27,96	Seco	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-06	572.385,825	7.775.075,896	1.058,91	1.021,41	37,50	1.022,25	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-01	572.352,124	7.775.073,548	1.043,18	1.031,86	11,32	Seco	1.034,25	1.038,50	1.041,50
	PZ-09 (1)	572.347,436	7.775.082,495	1.042,08	1.017,52	24,56	1.021,85	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	PZ-10	572.347,445	7.775.081,231	1.042,09	1.025,33	16,76	Seco	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	INA-03	572.328,377	7.775.077,173	1.032,53	1.029,53	3,00	Seco	1.029,63	1.030,00	1.032,00 (4)
	INA-03A	572.327,458	7.775.077,687	1.032,93	1.015,02	17,91	Seco	1.029,63	1.030,00	1.032,00 (4)
	PZ-12 (1)	572.323,871	7.775.081,376	1.032,90	1.011,37	21,53	1.013,07	1.024,00	1.028,25	1.031,25
	PZ-13	572.323,785	7.775.080,033	1.032,95	1.023,95	9,00	Seco	1.024,25	1.028,25	1.031,25
B-B'	INA-09	572.384,760	7.775.134,730	1.058,76	1.006,45	52,31	1.016,67	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	PZ-20 (1)	572.384,013	7.775.135,403	1.058,84	1.006,15	52,69	1.014,89	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	PZ-01 (1)	572.384,428	7.775.132,832	1.058,76	999,45	58,31	1.013,87	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	INA-04	572.383,201	7.775.117,738	1.058,68	1.032,92	25,76	Seco	1.033,50	1.033,80	1.039,75
	INA-05	572.350,371	7.775.117,560	1.043,04	1.022,04	21,00	Seco	1.022,50	1.025,00	1.033,00
	PZ-05 (1)	572.347,582	7.775.132,777	1.043,02	991,89	51,13	1.008,40	1.022,25	1.024,50	1.032,75
	PZ-06	572.347,644	7.775.131,804	1.042,98	998,22	44,76	1.010,01	1.022,00	1.024,75	1.032,50
	PZ-11 (1)	572.319,815	7.775.132,876	1.032,42	982,32	50,10	1.007,09	1.016,00	1.023,00	1.028,50
	PZ-14	572.319,863	7.775.131,265	1.032,37	988,35	44,02	1.005,39	1.015,75	1.022,75	1.028,25

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/10/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
	INA-11	572.319,341	7.775.135,878	1.032,11	1.000,26	31,85	1.004,79	1.015,75	1.022,75	1.028,25
	PZ-19 (1)	572.277,304	7.775.134,203	1.024,15	993,23	30,92	1.003,47	1.011,75	1.016,75	1.020,50
	INA-13	572.277,614	7.775.132,962	1.023,99	992,45	31,54	1.003,51	1.011,75	1.017,00	1.021,00
	INA-14	572.247,450	7.775.131,940	1.020,59	989,66	30,93	1.003,25	1.010,25	1.013,00	1.016,00
C-C'	INA-10	572.383,702	7.775.158,426	1.058,81	1.022,31	36,50	Seco	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	INA-12	572.316,904	7.775.156,769	1.030,92	1.011,61	19,31	Seco	1.019,80	1.021,60	1.027,80
	PZ-15 (1)	572.298,192	7.775.163,172	1.028,59	1.009,29	19,30	1.008,65	1.017,00	1.018,75	1.025,00
	INA-07	572.293,620	7.775.153,940	1.028,24	982,17	46,07	1.006,71	1.016,75	1.018,50	1.024,50
Instrumentos fora de seção de controle	PZ-03 (2)	572.388,311	7.775.035,497	1.058,11	1.021,13	36,98	1.022,52	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	PZ-04 (2)	572.381,613	7.775.183,815	1.058,95	1.021,34	37,61	1.021,94	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	PZ-18 (1) (2)	572.330,441	7.775.031,720	1.038,21	1.007,85	30,36	1.013,17	1.024,00	1.028,25	1.031,25
	INA-08 (3)	572.145,050	7.775.061,910	1.005,00	959,13	45,87	980,56	Instrumento localizado muito a jusante		
	PZ-07 (3)	572.318,282	7.775.001,790	1.042,31	992,28	50,03	1.013,22	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-08 (3)	572.521,244	7.774.943,098	1.060,37	974,82	85,55	1.030,75	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-16 (3)	572.452,571	7.775.184,306	1.059,85	1.010,23	49,62	1.027,73	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-17 (3)	572.317,208	7.774.978,906	1.043,88	997,28	46,60	1.016,04	Instrumento de hidrogeologia		
A-A'	MS-01	572.382,448	7.775.072,921	1.058,025	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-02	572.380,643	7.775.118,888	1.057,981	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-03	572.344,339	7.775.116,922	1.041,446	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-04	572.276,729	7.775.116,195	1.021,585	-	-	-	Não aplicável		

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/10/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
Não aplicável	IB1S1	572.384,203	7.775.076,675	1.058,145	-	-	-	Não aplicável		
	IB1S2	572.346,300	7.775.143,778	1.043,736	-	-	-	Não aplicável		
	IV-1	572.283,918	7.775.085,539	1.017,097	-	-	-	Não aplicável		
	IV-2	572.209,323	7.775.040,352	1.001,070	-	-	-	Não aplicável		
	IV-3	572.325,630	7.775.060,595	1.030,071	-	-	-	Não aplicável		

1- Instrumentos automatizados;
2- Níveis de controle definidos tomando-se como referência os instrumentos INA-02, INA-10 e PZ-12, respectivamente;
3- Níveis de controle não aplicáveis, pois os instrumentos encontram-se fora do maciço da barragem;
4- Níveis de controle correspondentes à condição de afloramento do nível d'água;

5.7.3.1 Leituras da Instrumentação

A MMI realiza leituras semanais dos níveis nos INA's e PZ's e quinzenais dos deslocamentos nos Marcos Superficiais. Já os piezômetros automatizados realizam um monitoramento constante com registro a cada 2 horas. Na estrutura também estão instalados prismas para monitoramento de deslocamento nos quais são realizadas leituras contínuas através de estação total robótica. As leituras nas placas indicadoras de vazão são realizadas diariamente.

- **Indicadores de Nível d'Água e Piezômetros**

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para cada instrumento abrangendo dois anos hidrológicos, no período entre 10/2022 e 10/2024, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Ressalta-se que não há registro de formação de lago no reservatório. Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

a) Referências do topo e base de cada instrumento;
b) Leituras do nível de água do instrumento;
c) Pluviometria mensal na região da barragem;
d) Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições de atenção, alerta e emergência.

De acordo com os registros quinzenais de monitoramento dos INA's e PZ's, a superfície freática da Barragem B1 – Mina Ipê se encontra em elevação abaixo do contato do maciço da barragem com o rejeito antigo presente na fundação. De uma maneira geral, os instrumentos variam suas leituras de acordo com a pluviometria, tendo em vista que o reservatório da barragem é mantido sempre seco. Com a operação das bombas de rebaixamento, os instrumentos apresentaram um abatimento nos níveis de leituras.

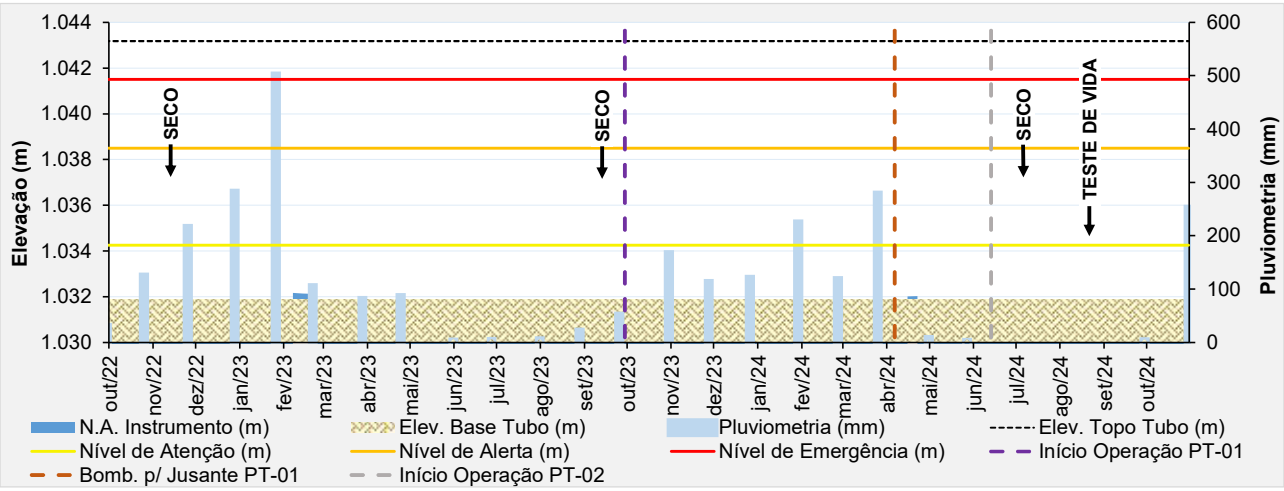


Figura 5.17 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01.

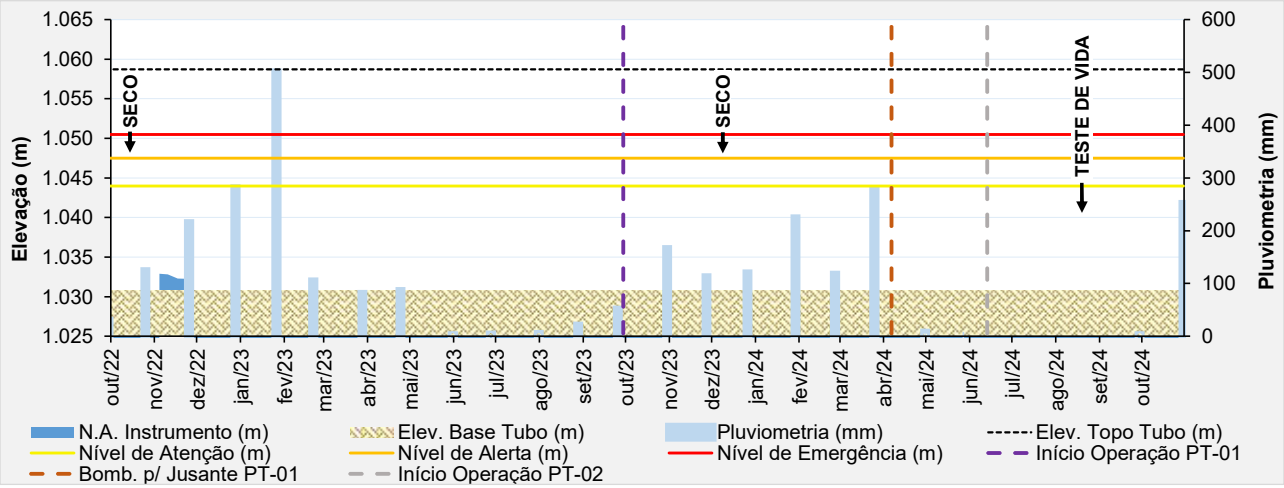


Figura 5.18 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-02.

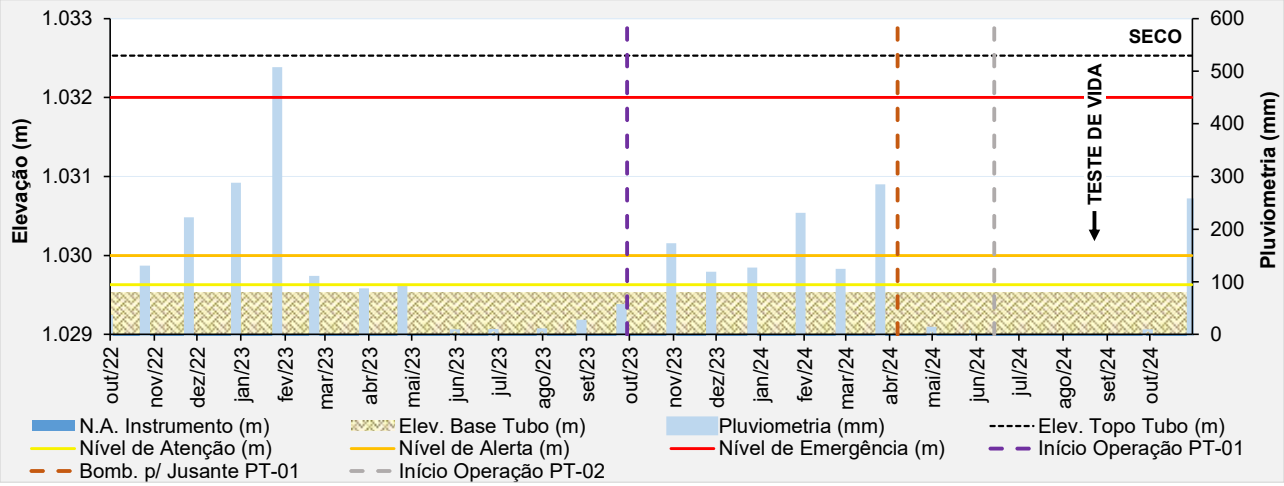


Figura 5.19 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03.

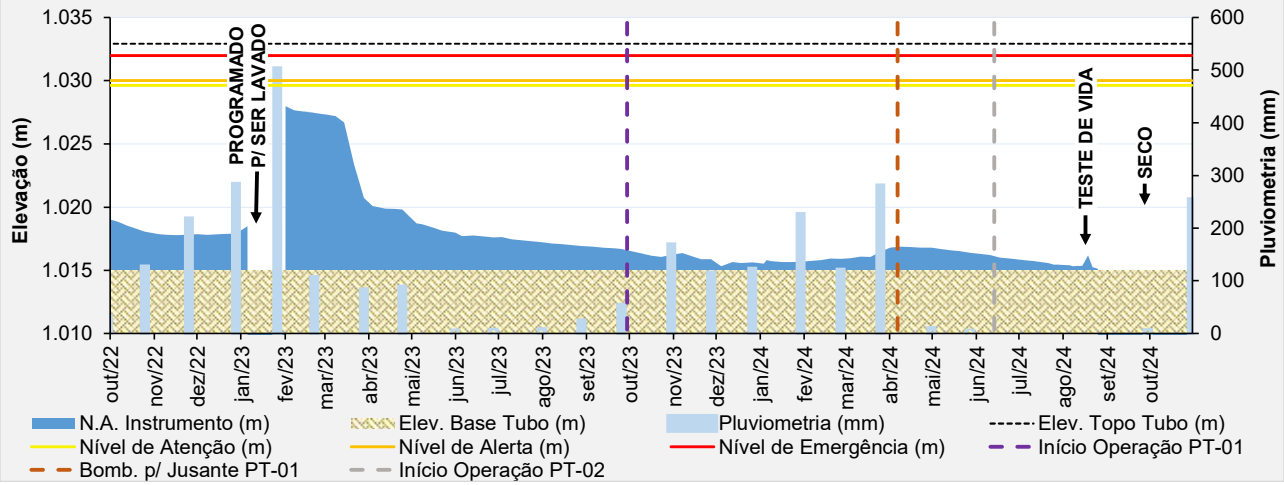


Figura 5.20 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03A.

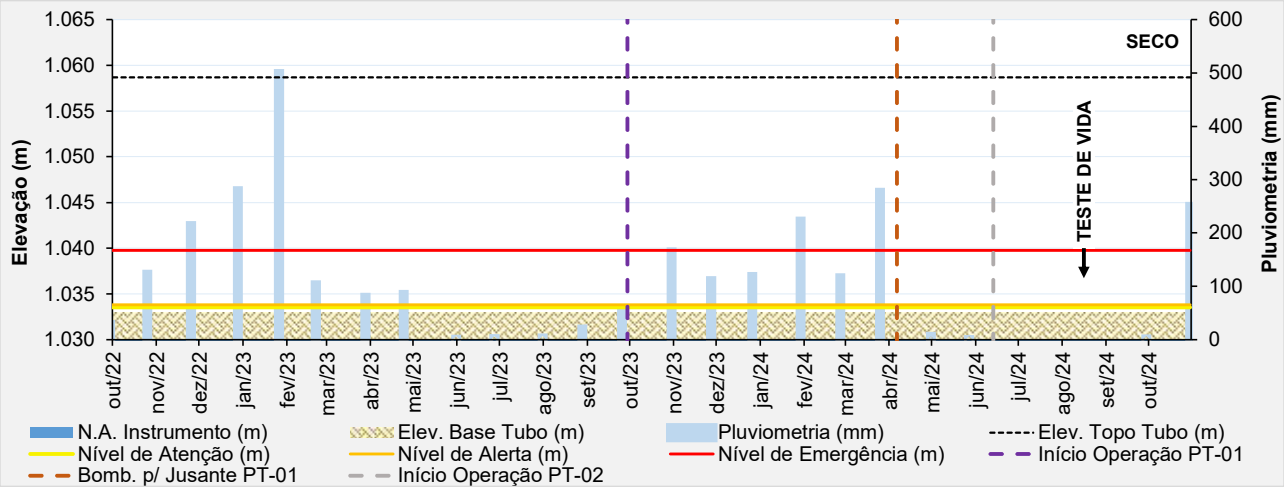


Figura 5.21 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-04.

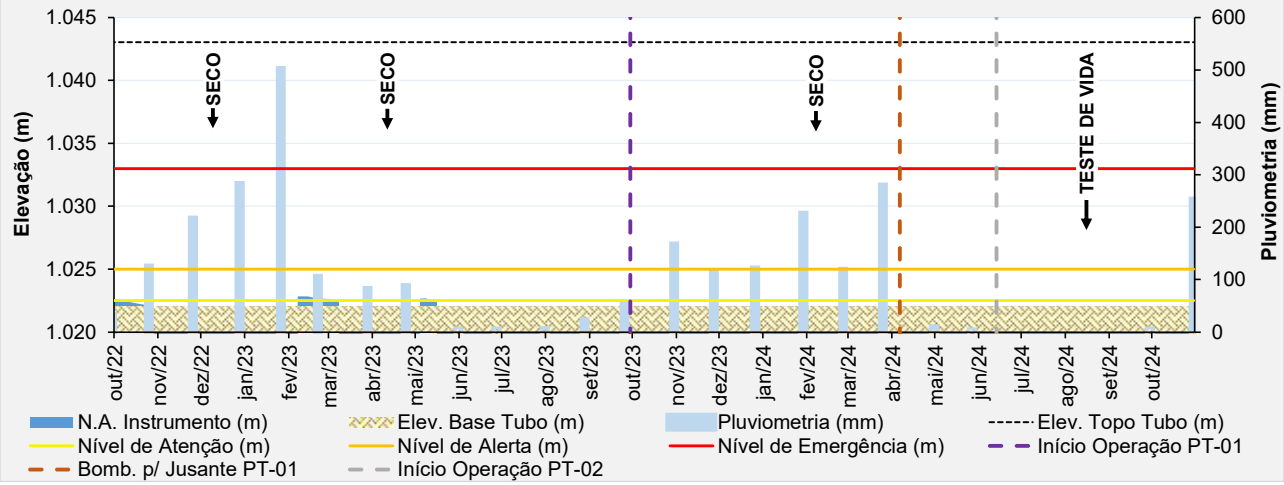


Figura 5.22 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05.

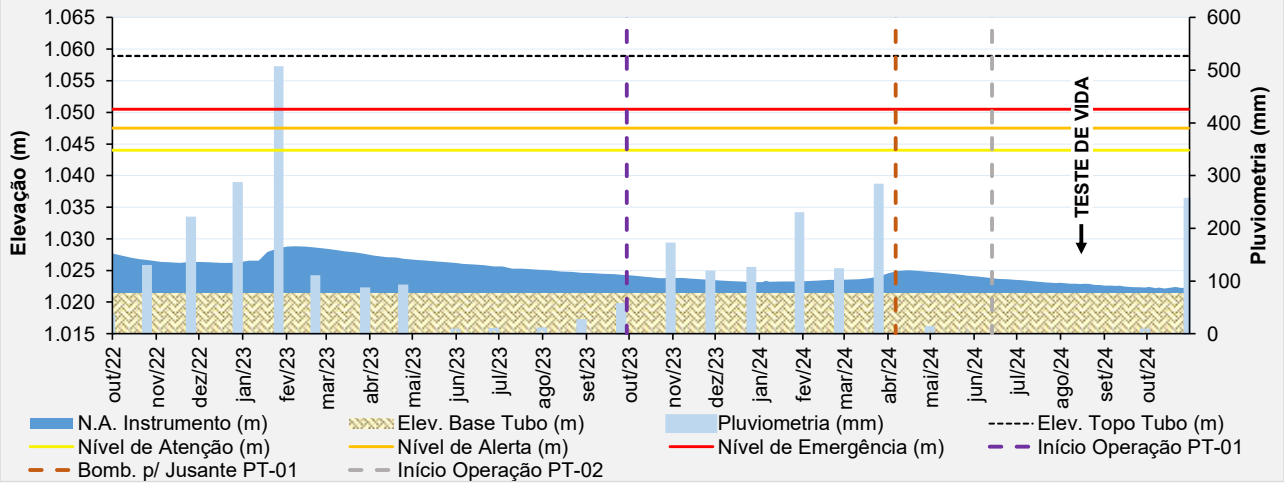


Figura 5.23 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-06.

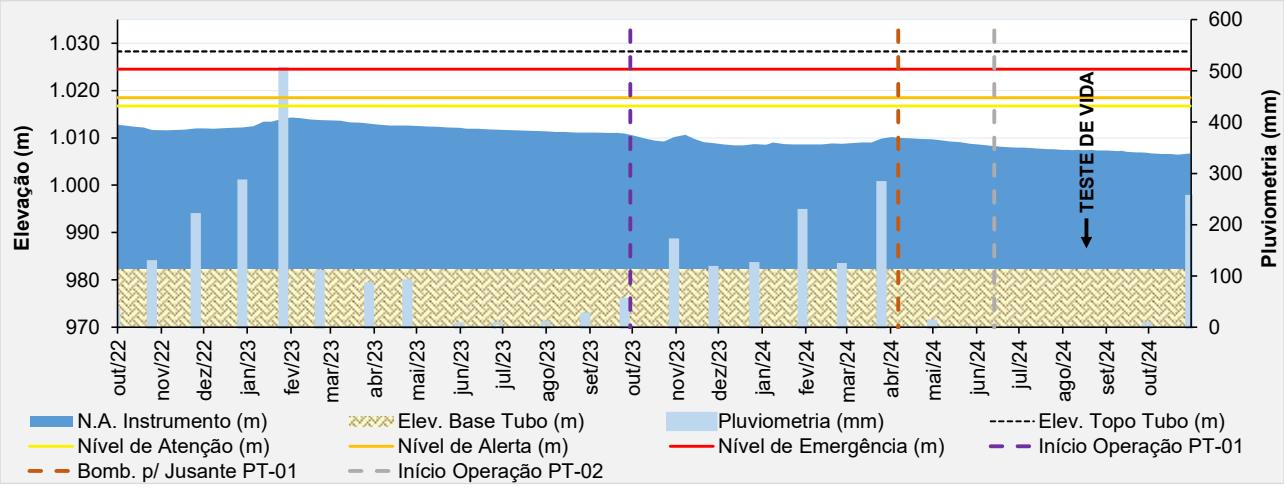


Figura 5.24 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07.

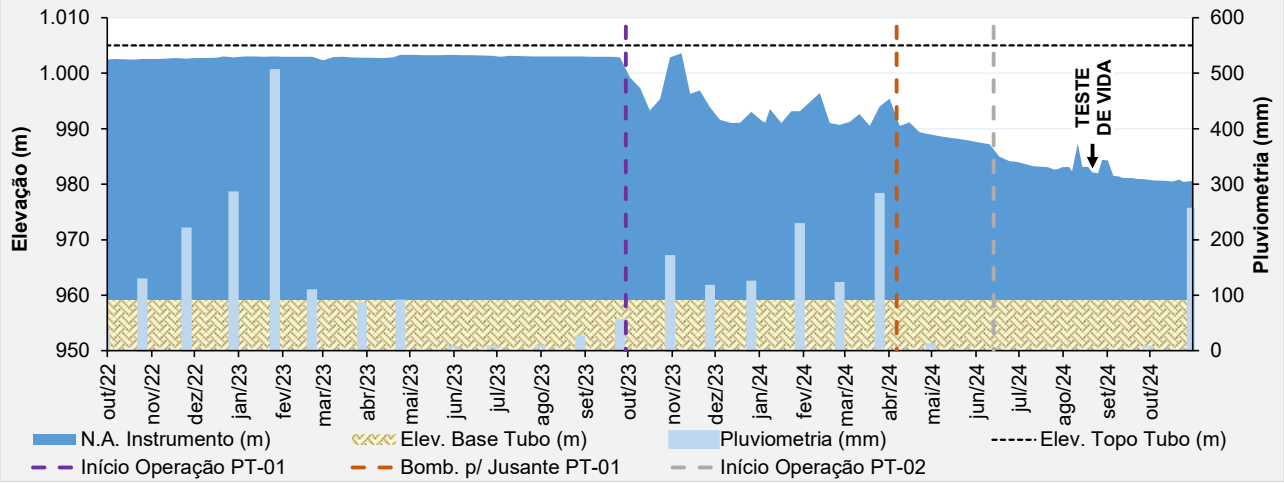


Figura 5.25 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-08.

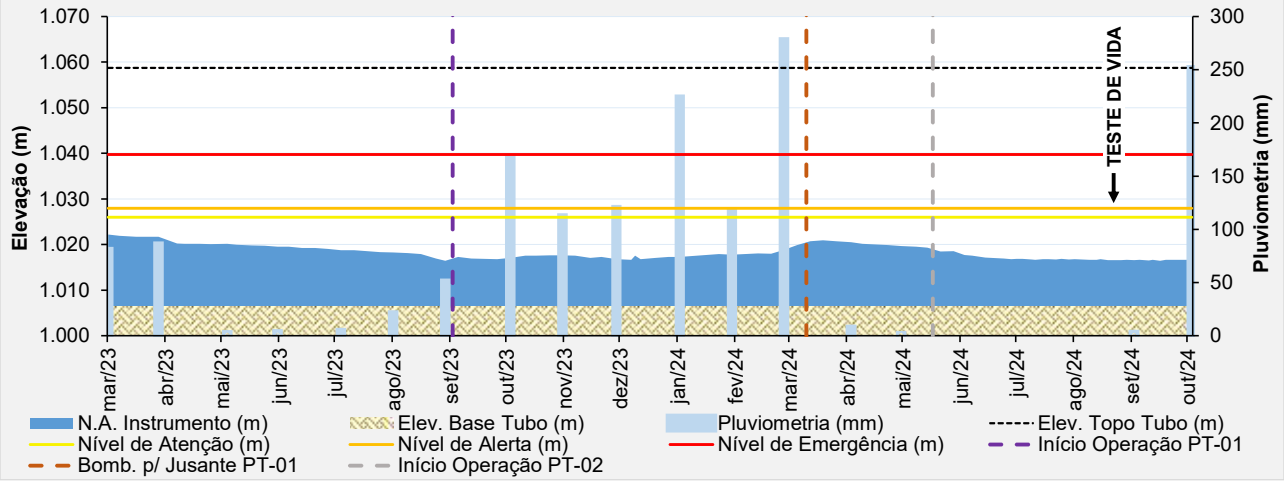


Figura 5.26 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-09.

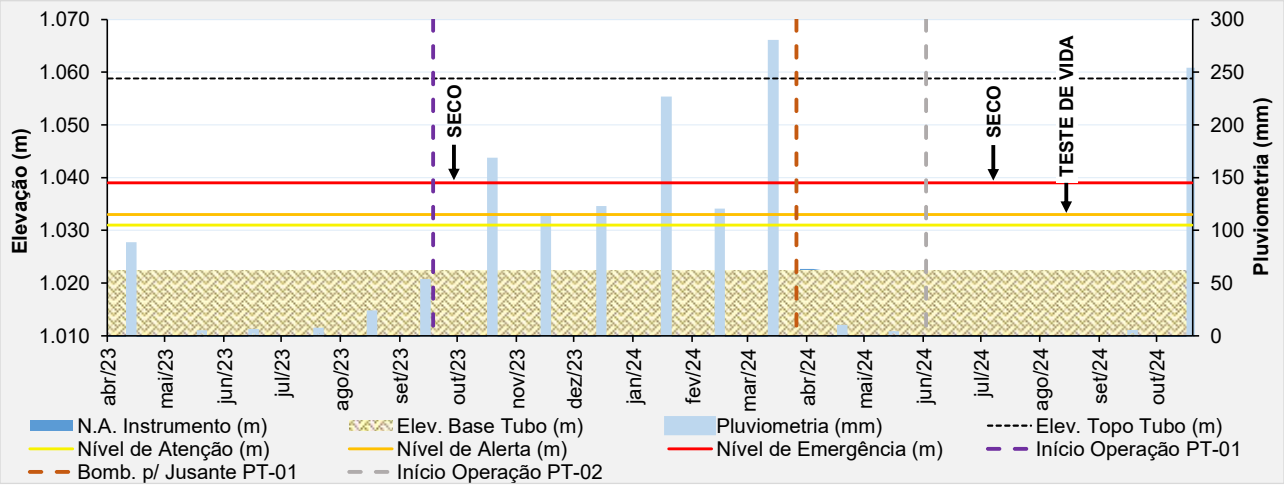


Figura 5.27 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10.

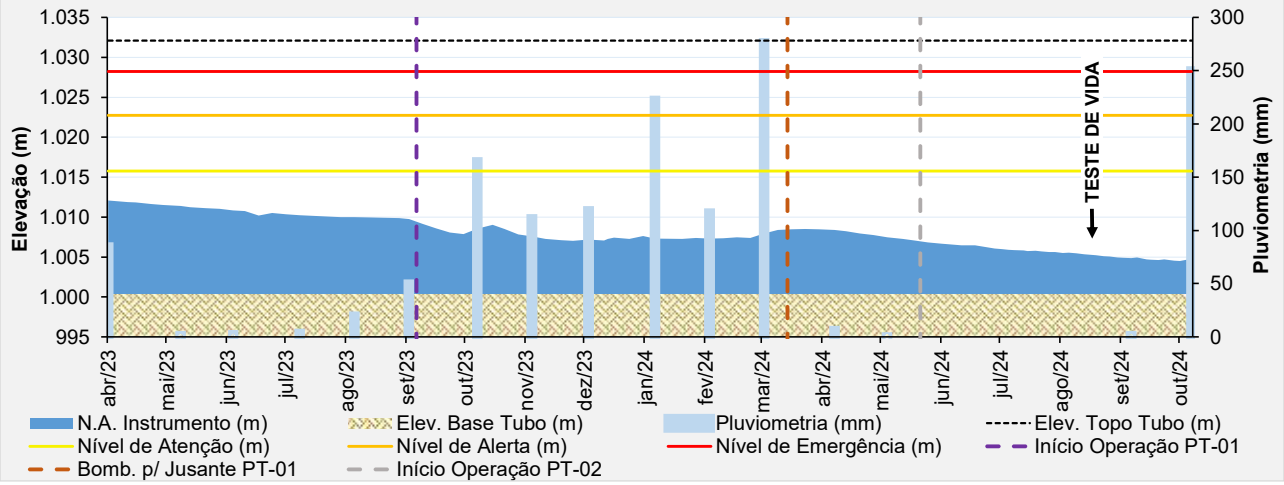


Figura 5.28 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-11.

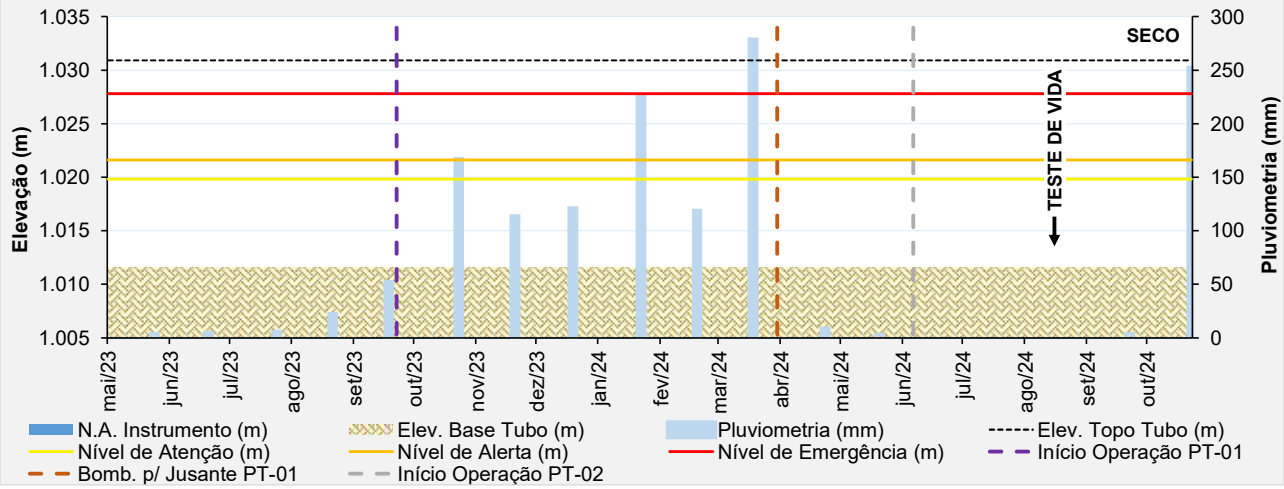


Figura 5.29 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-12.

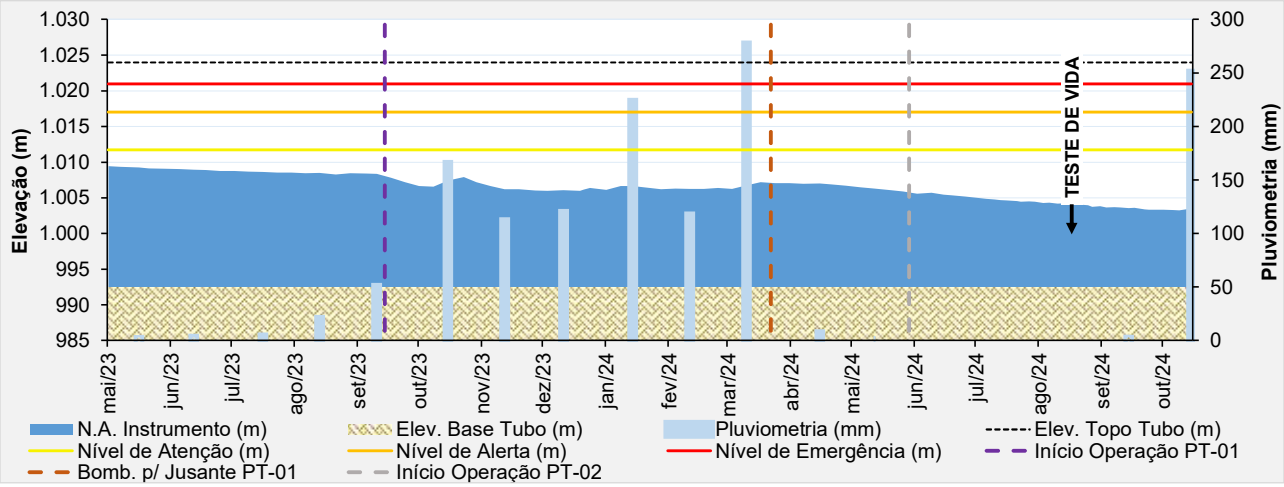


Figura 5.30 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-13.

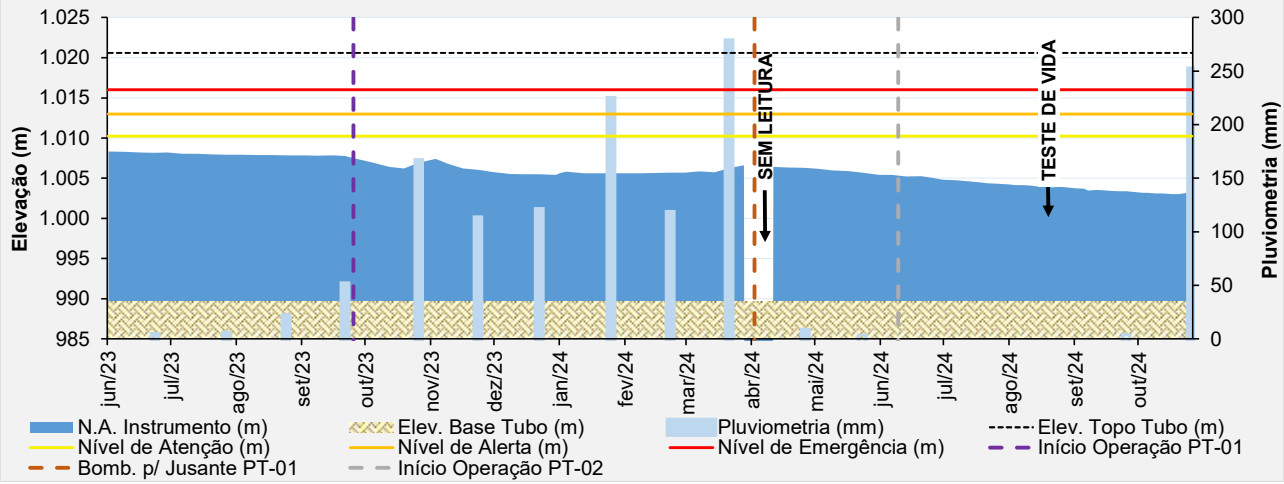


Figura 5.31 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-14.

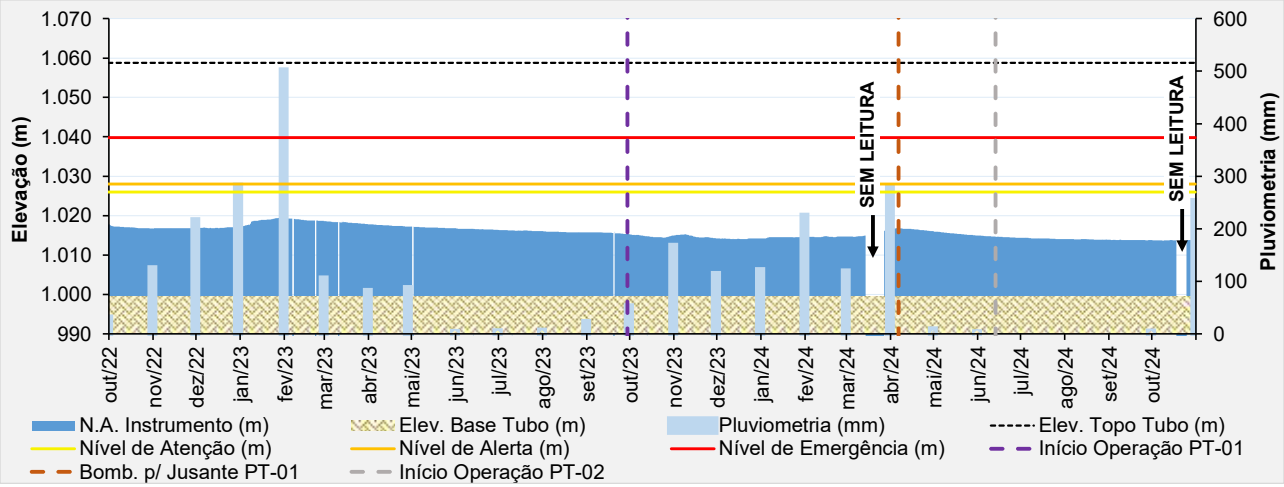


Figura 5.32 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-01.

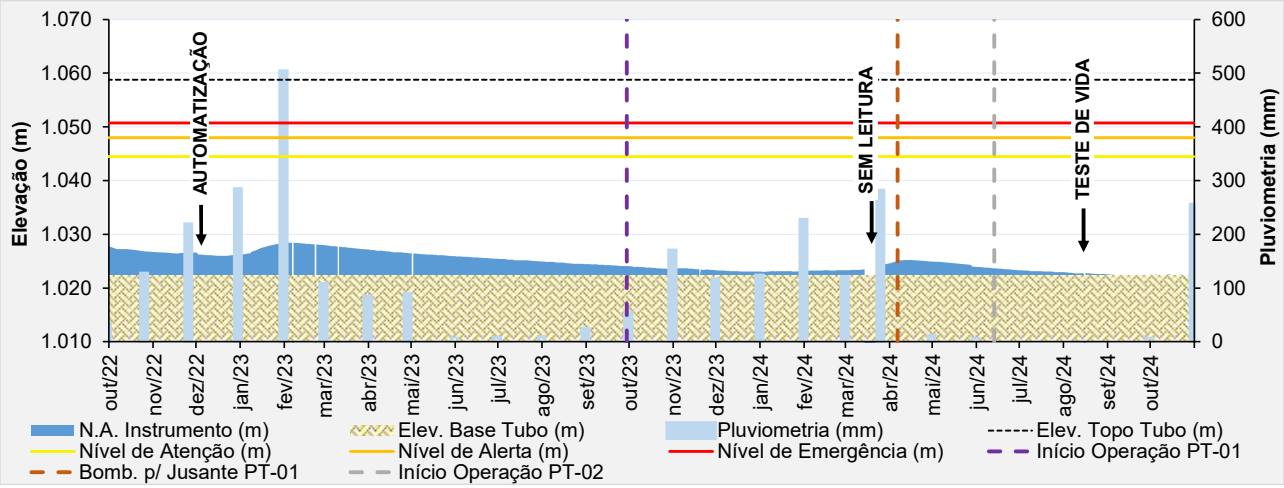


Figura 5.33 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-02.

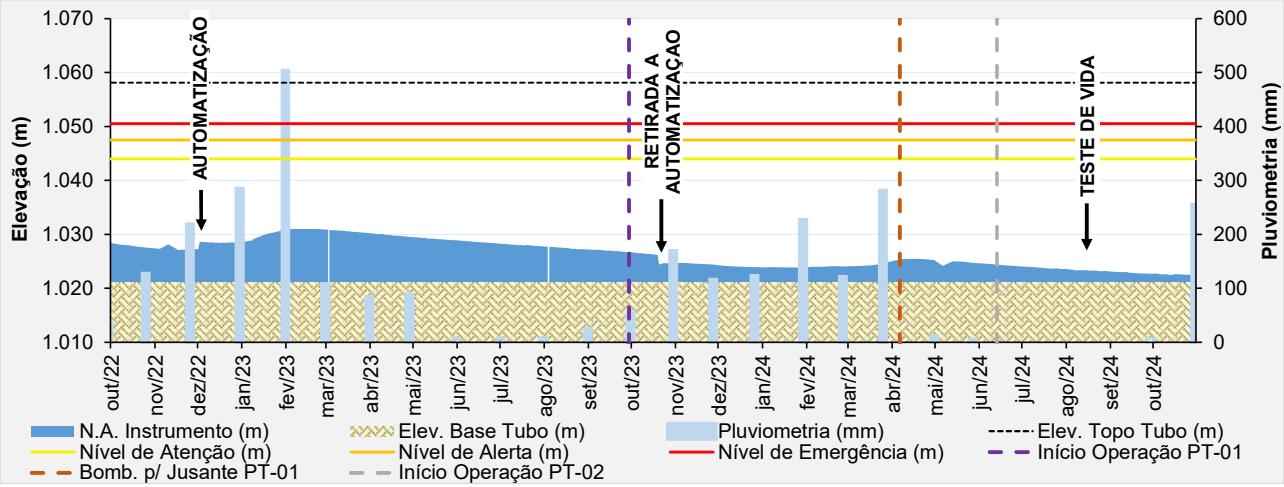


Figura 5.34 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-03.

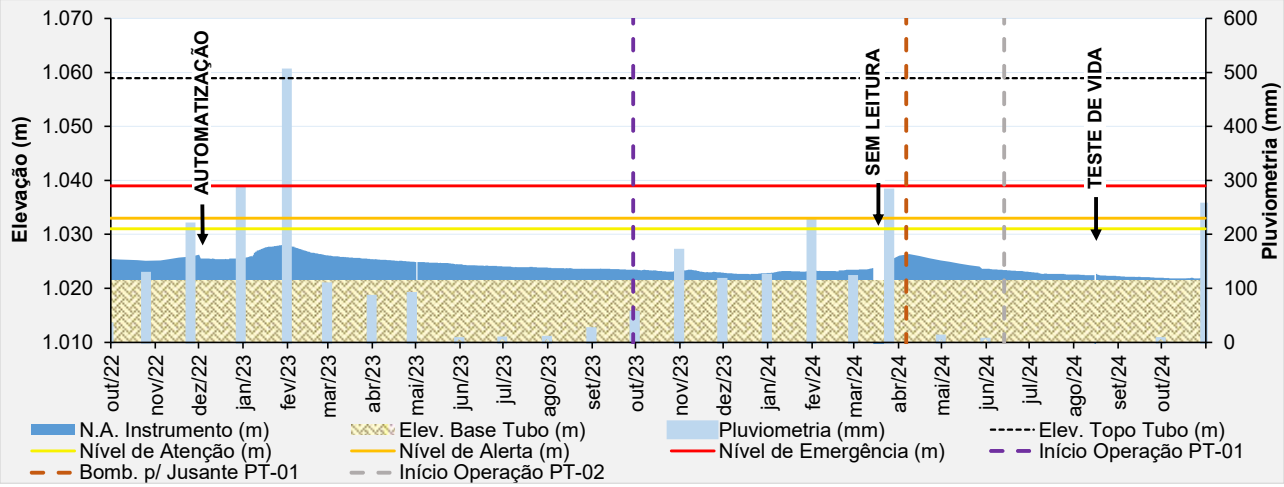


Figura 5.35 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-04.

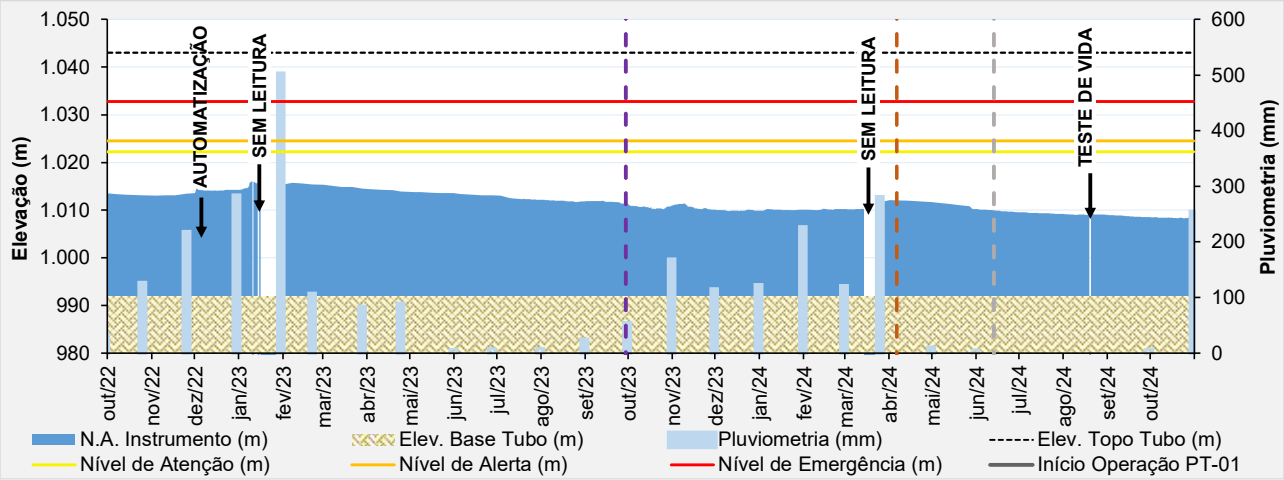


Figura 5.36 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-05.

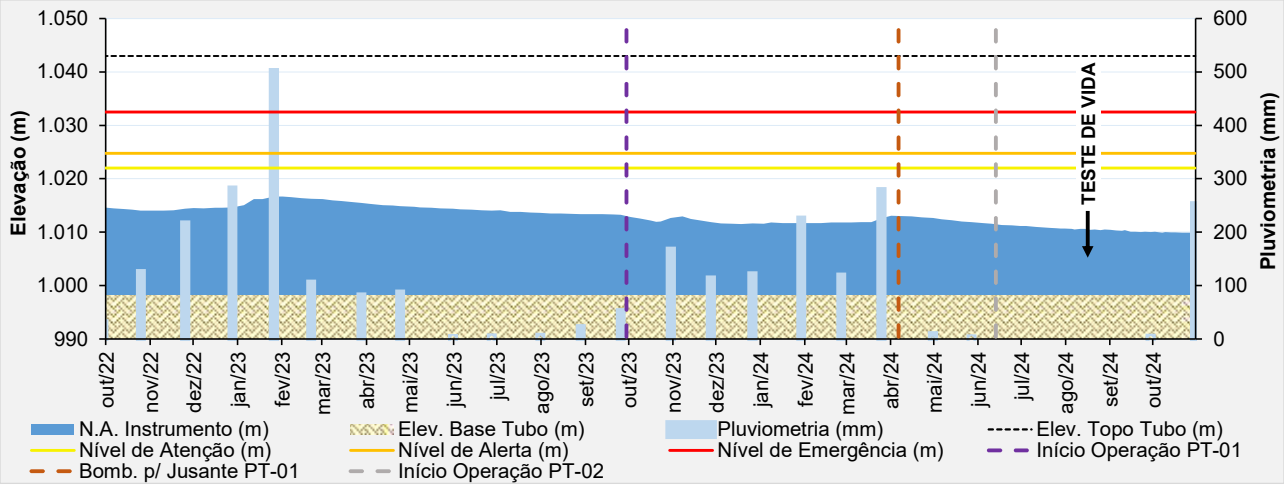


Figura 5.37 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-06.

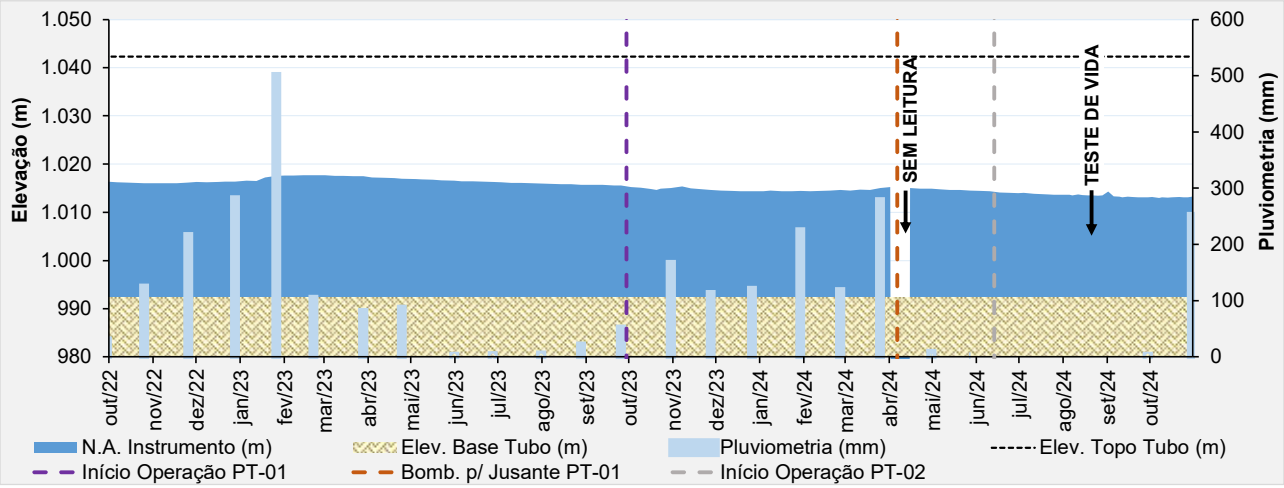


Figura 5.38 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-07.

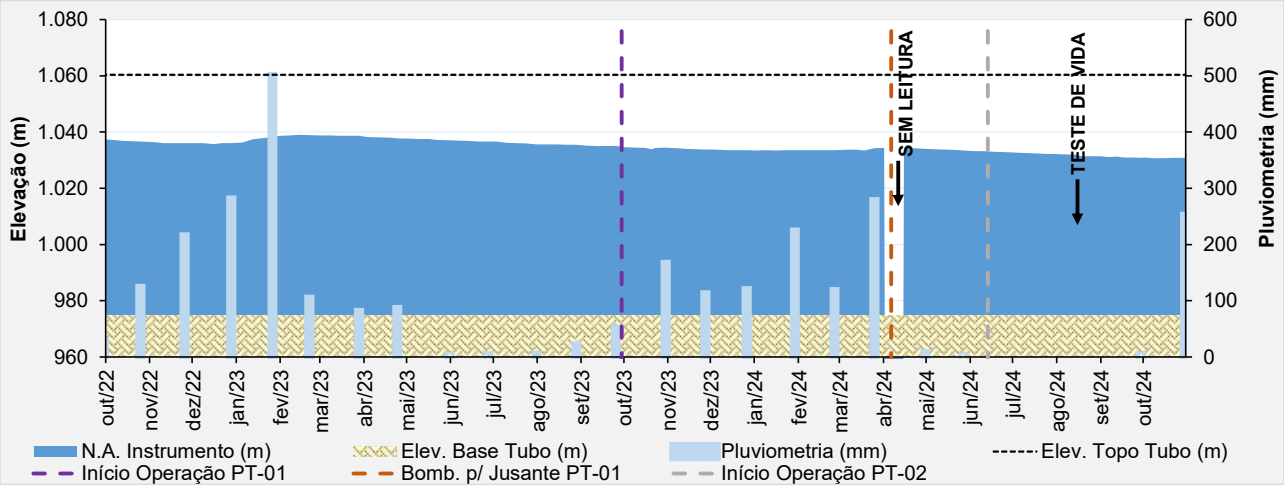


Figura 5.39 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-08.

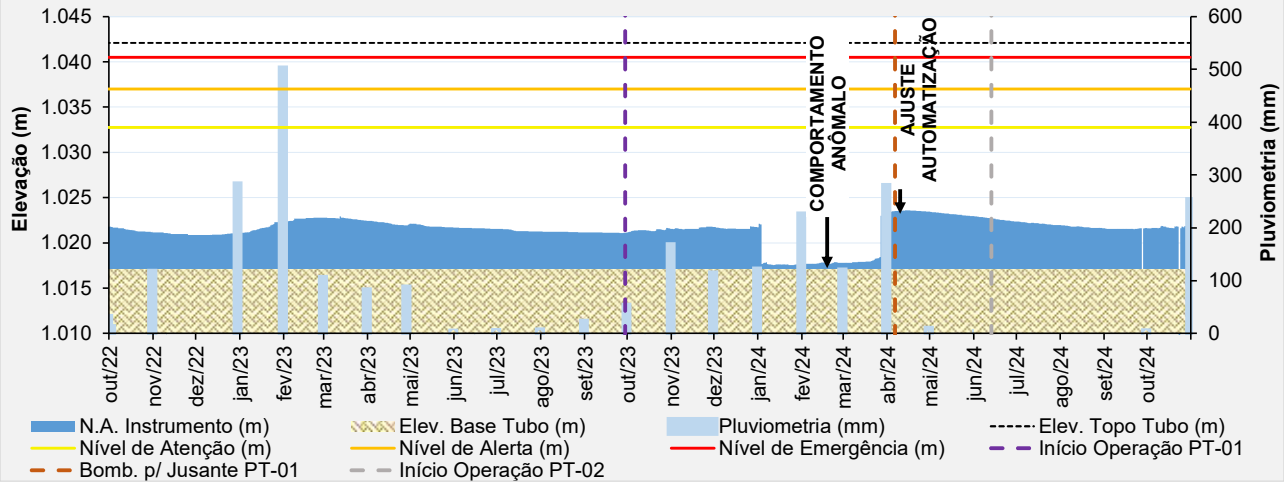


Figura 5.40 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-09.

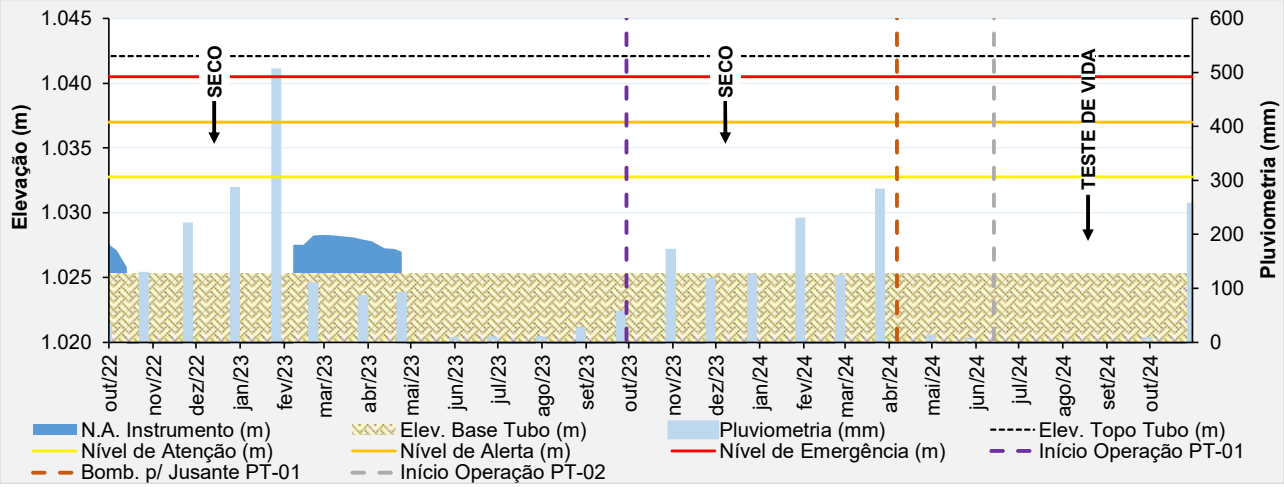


Figura 5.41 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-10.

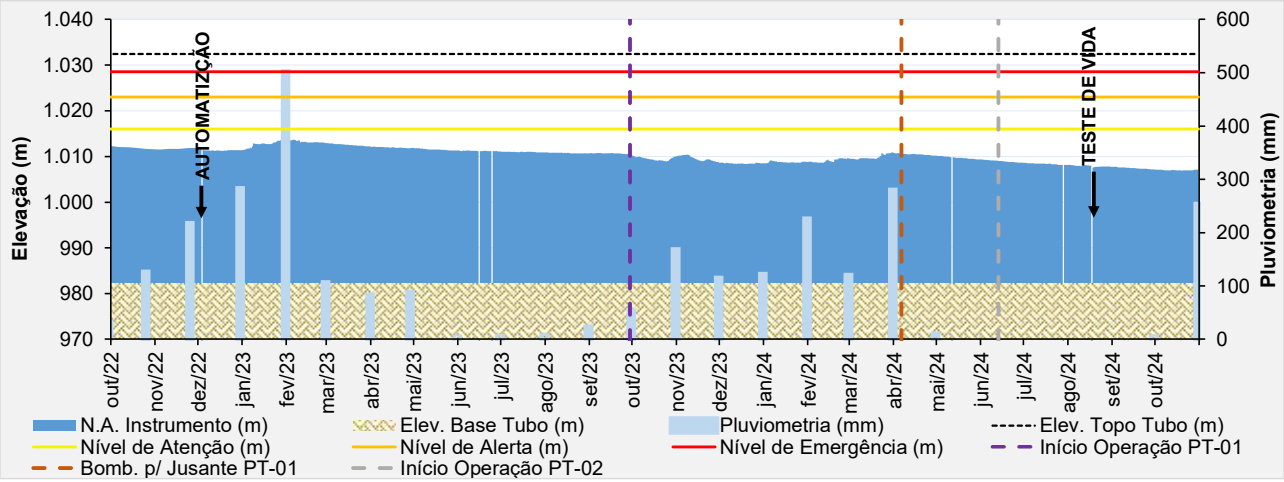


Figura 5.42 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-11.

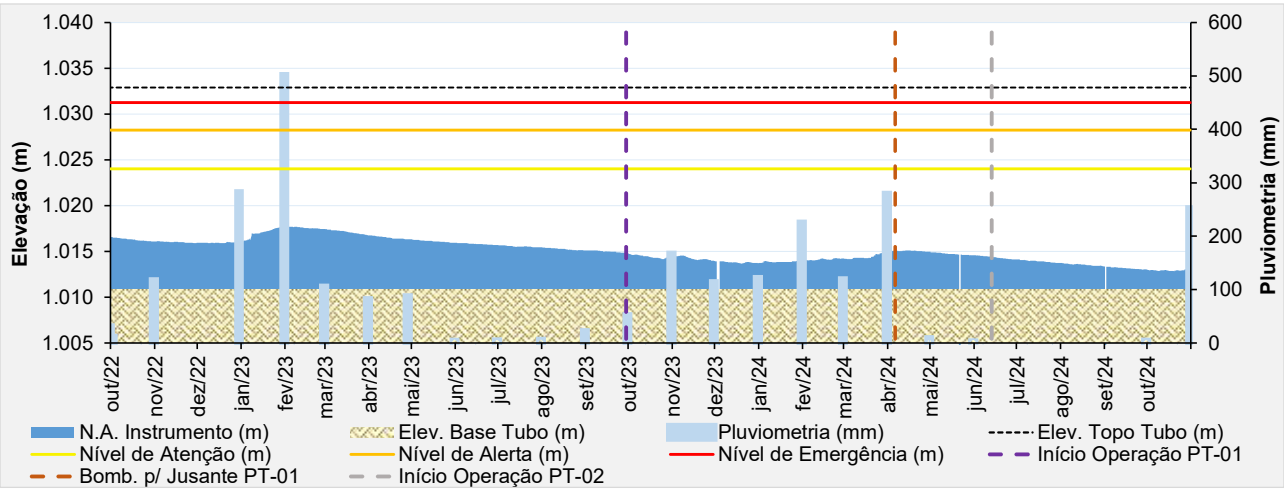


Figura 5.43 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-12.

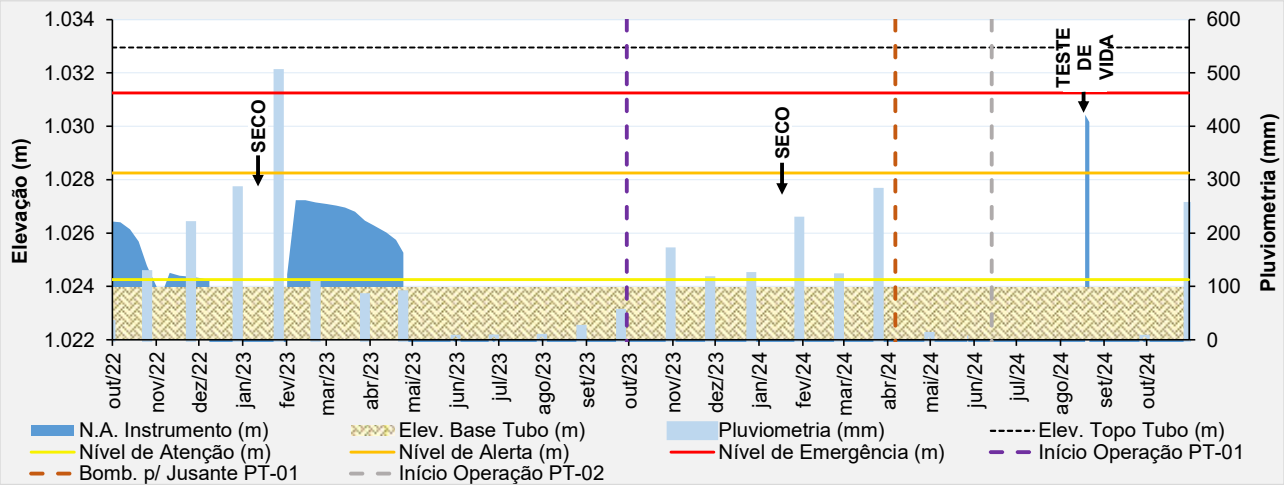


Figura 5.44 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-13.

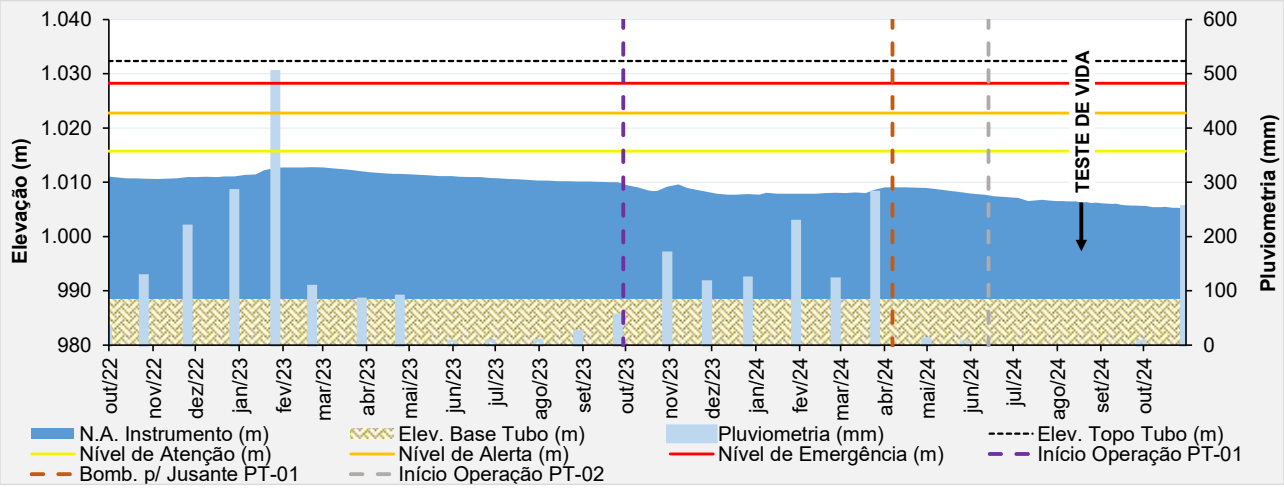


Figura 5.45 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-14.

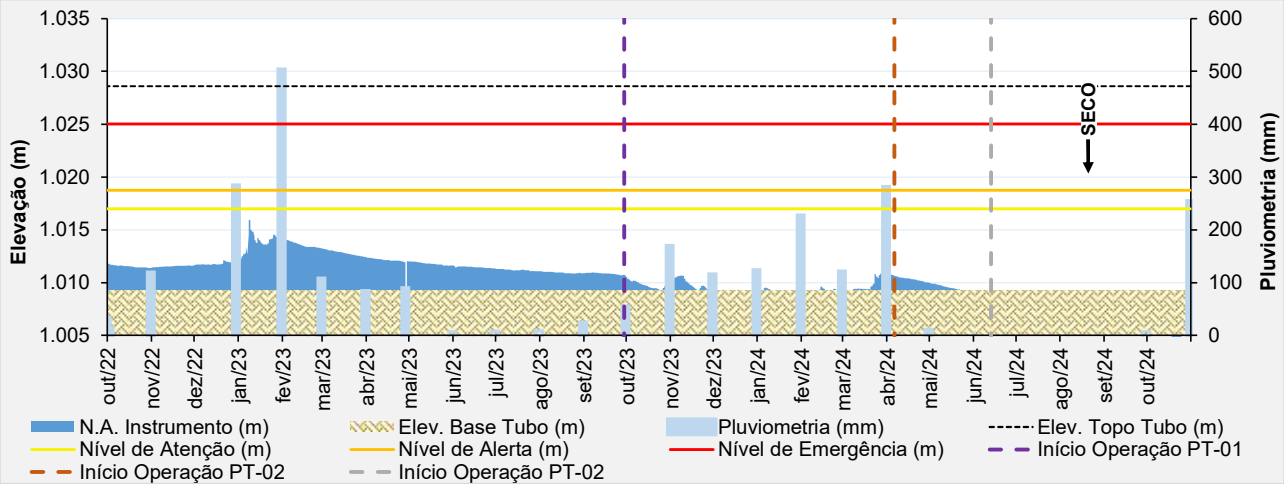


Figura 5.46 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-15.

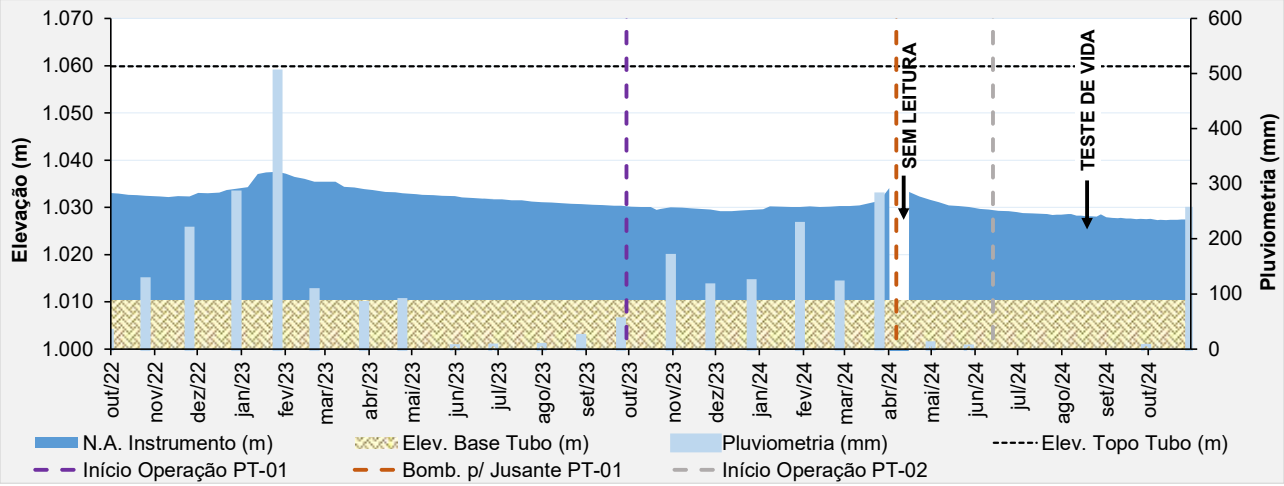


Figura 5.47 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-16.

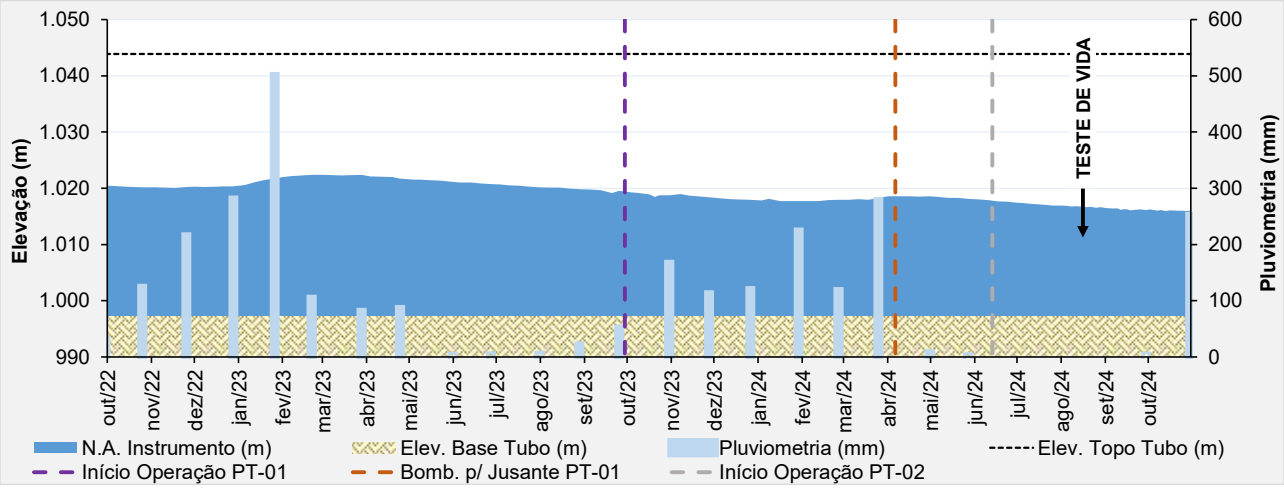


Figura 5.48 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-17.

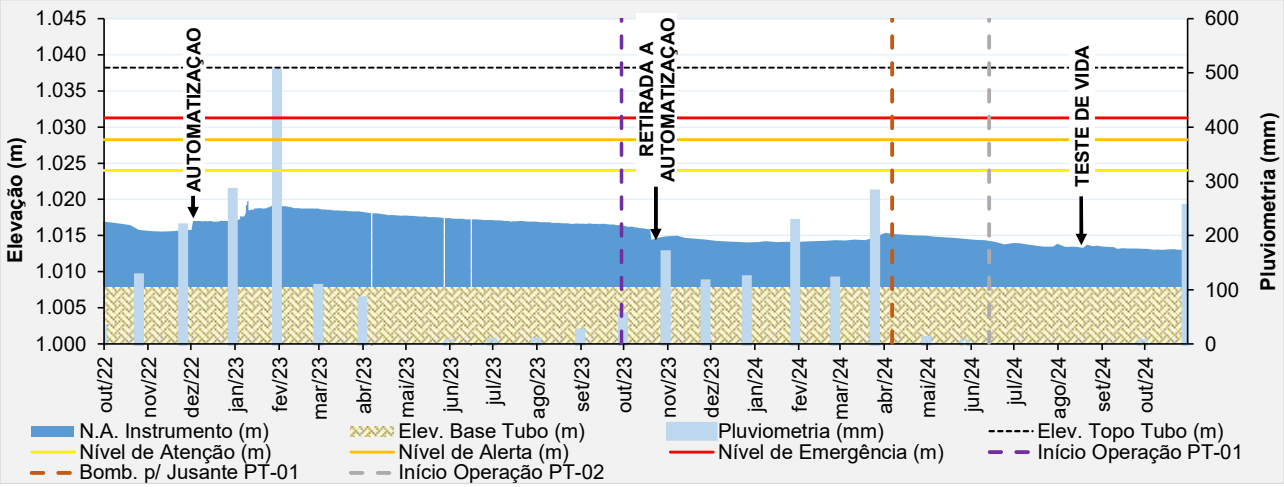


Figura 5.49 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-18.

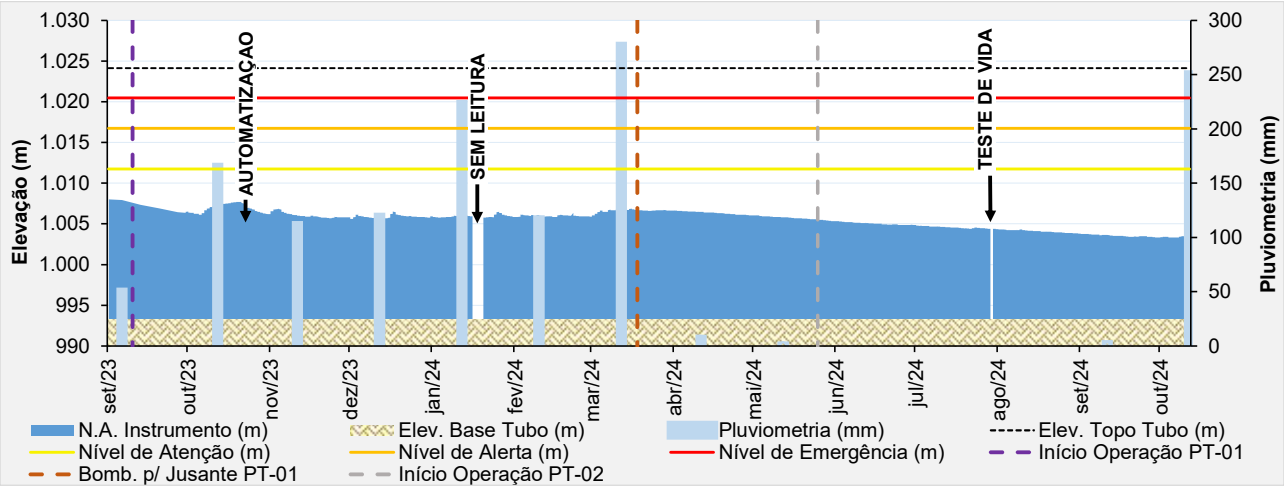


Figura 5.50 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-19.

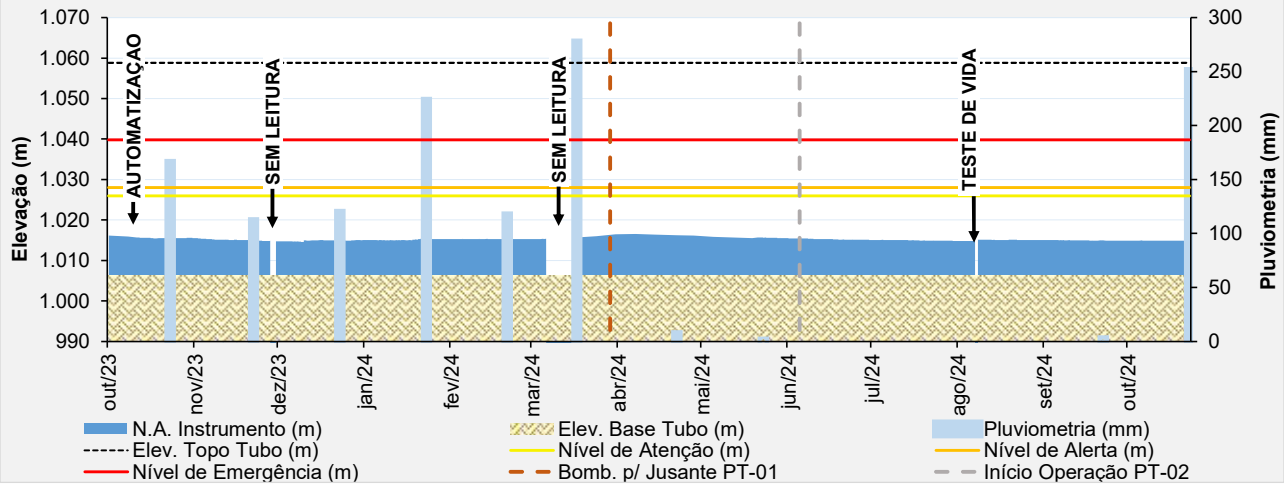


Figura 5.51 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-20.

A partir da análise das leituras dos indicadores de nível d'água e piezômetros, percebe-se que, logo após o início da operação da bomba instalada no poço PT-01, os níveis verificados na instrumentação apresentaram um rebaixamento gradual.

Porém, no período entre fevereiro e março de 2024, devido a constantes paralisações no bombeamento e a uma maior incidência de chuvas na região, os níveis tiveram uma elevação em relação às leituras previamente verificadas.

No início de abril de 2024, com a alteração do direcionamento da água para jusante, os níveis voltaram a apresentar rebaixamento, ficando um pouco mais acentuado a partir de meados de junho/2024 quando entrou em operação a bomba instalada no poço PT-02.

No período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024), pode-se observar que os instrumentos mantiveram o comportamento de rebaixamento, previamente verificado. Durante o mês de agosto/2024 foram realizados testes de vida na instrumentação instalada na estrutura.

- **Placas Indicadoras de Vazão**

O monitoramento de vazão percolada da barragem é realizado por 3 (três) indicadores de vazão da drenagem interna. O indicador de vazão IV-03 permanece seco desde sua construção.

A análise das leituras de vazões na placa IV-01, que mede os efluentes percolados pelo maciço da barragem à jusante do dreno invertido na elevação 1.018,0 m. Durante todo o período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024), o dreno não apresentou vazão. Percebe-se que a partir do início da operação da bomba de rebaixamento, não foi verificada vazão na saída do dreno por um período de 6 meses, voltando a apresentar vazão em março/2024, retornando à condição seca em meados de julho/2024 e se manteve nesta condição até o momento.

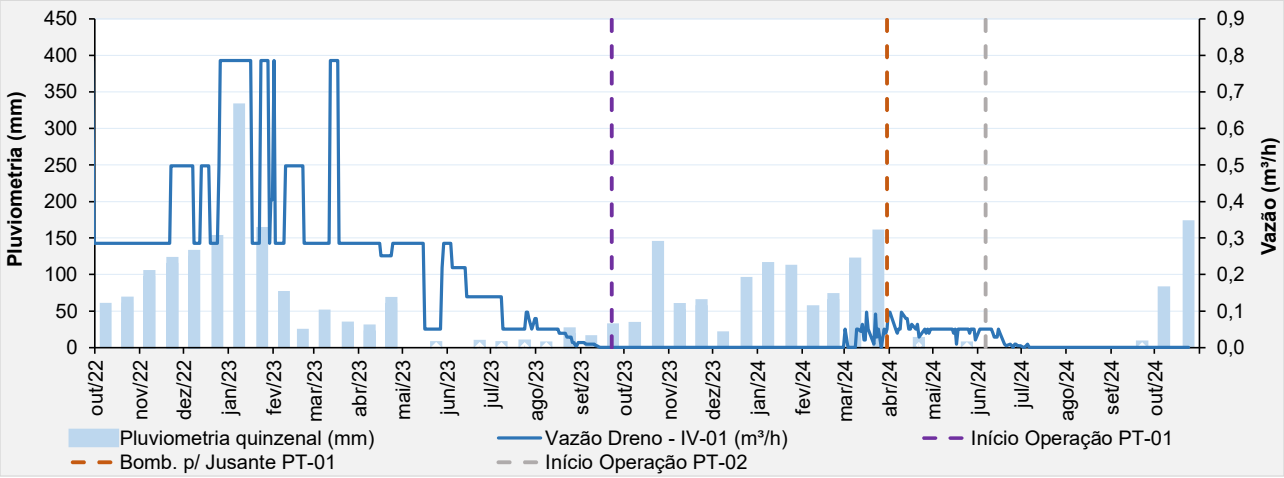


Figura 5.52 – Análise das vazões do IV-01 (Dreno).

Quanto a análise das leituras de vazões na placa IV-02, que mede também as vazões de nascentes na região do pé da barragem, são muito influenciadas pela pluviometria e a grande área de contribuição para esse ponto. No período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024), obteve-se uma vazão média de 0,23 m³/h, com leituras variando de 0 até 0,85 m³/h. Percebe-se que a partir de novembro/2023 houve uma redução significativa nas vazões verificadas no IV-02, período este em que a bomba de rebaixamento estava em operação. A vazão verificada no indicador de vazão IV-02 também respondeu à alteração do direcionamento da água para jusante no início de abril/2024, voltando a apresentar redução das vazões, ficando um pouco mais acentuada a partir de meados de junho/2024 com a operação da bomba instalada no poço PT-02. Ao final do mês de setembro/2024 até meados de outubro/2024, não foi verificada vazão na placa IV-02.

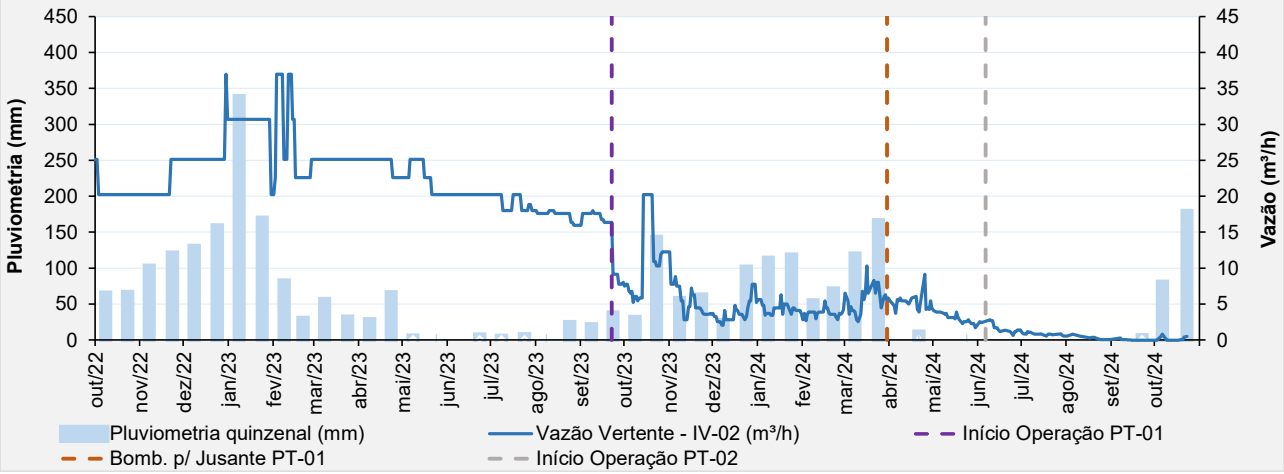


Figura 5.53 – Análise das vazões do IV-02 (Vertente).

- **Prismas de Monitoramento**

Para controle de deslocamento em superfície, atualmente, existem 30 prismas fixos instalados no maciço da barragem e monitorados por uma estação robótica fixa instalada no terreno natural à jusante da barragem conforme Figura 5.13.

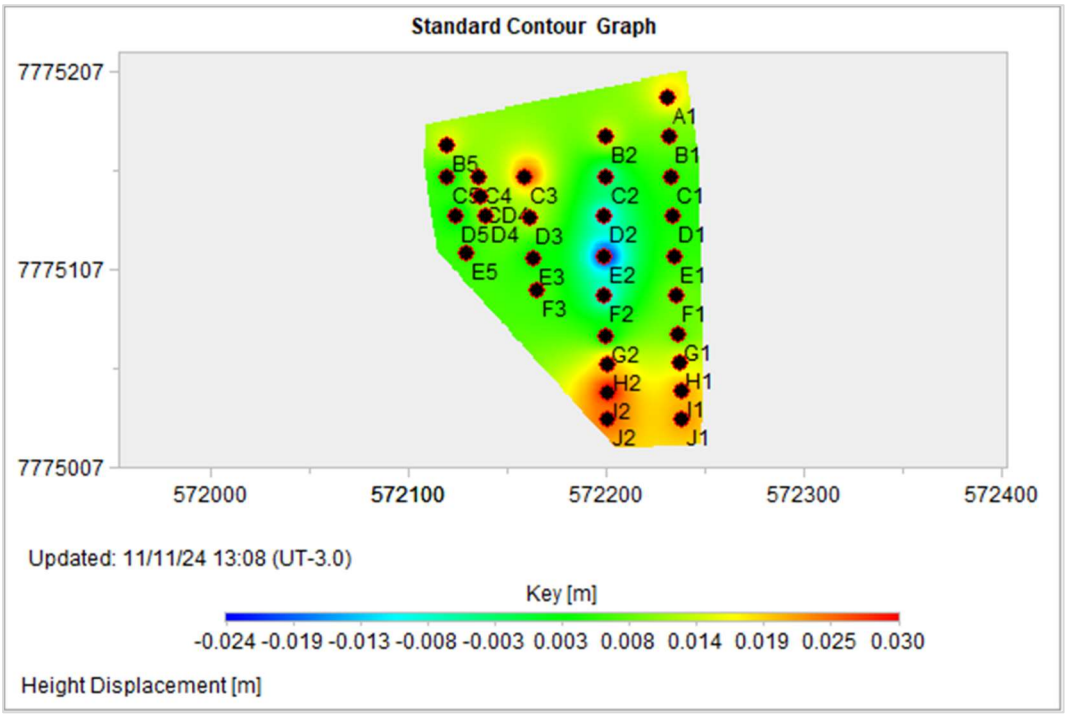


Figura 5.54 – Registros deslocamentos verticais dos prismas.

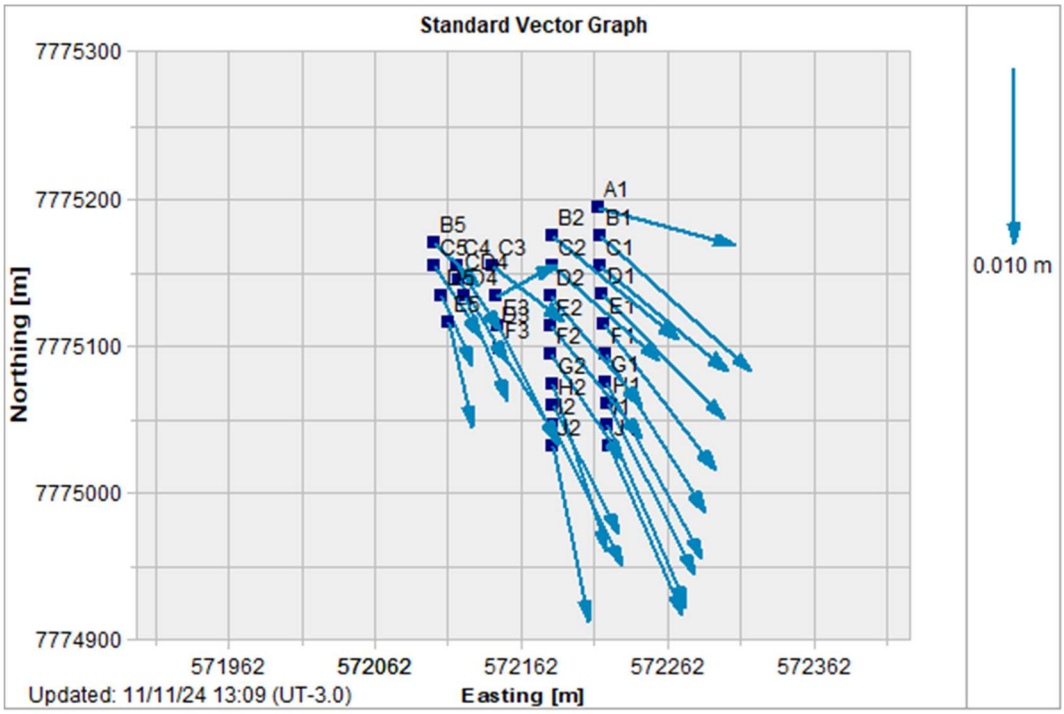


Figura 5.55 – Registros vetores deslocamento dos prismas.

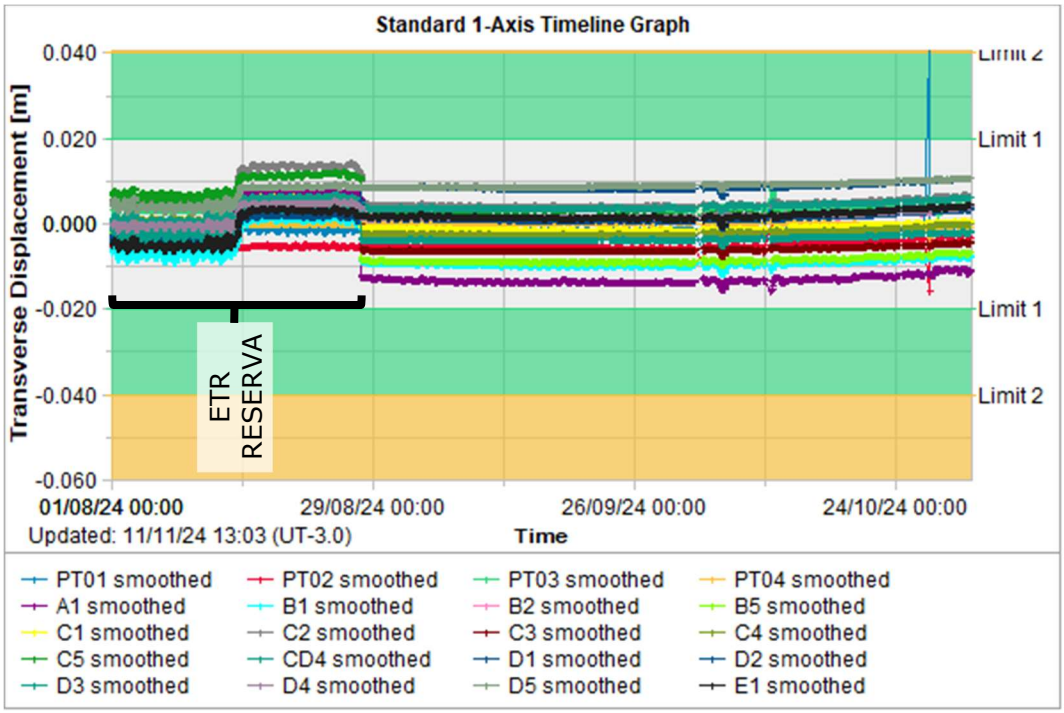


Figura 5.56 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

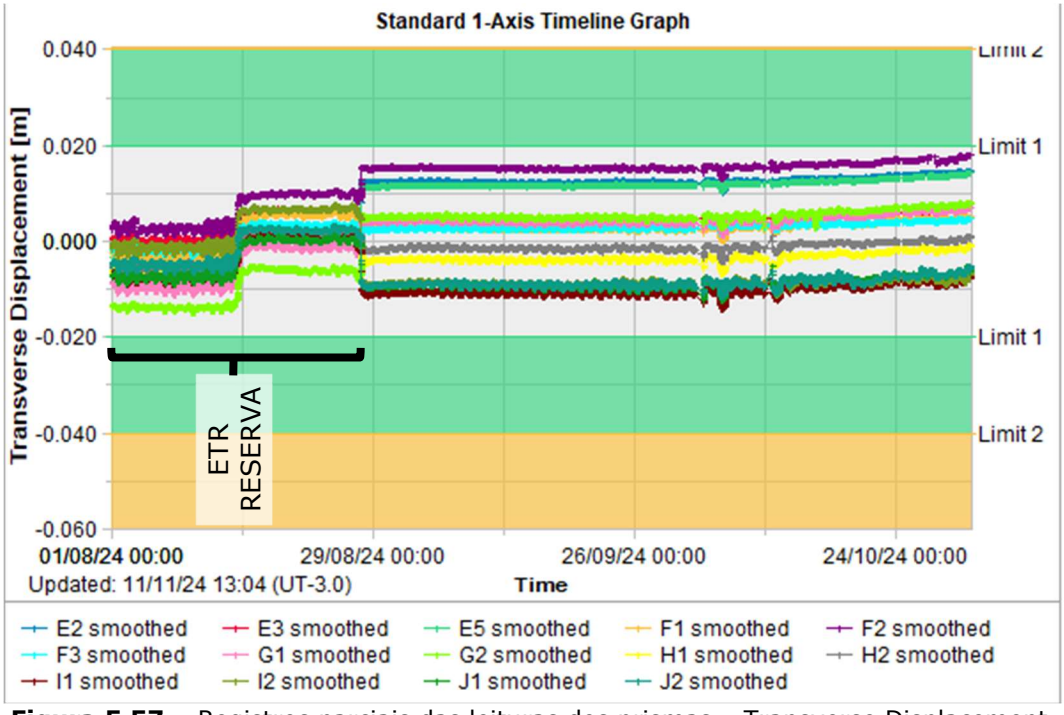


Figura 5.57 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

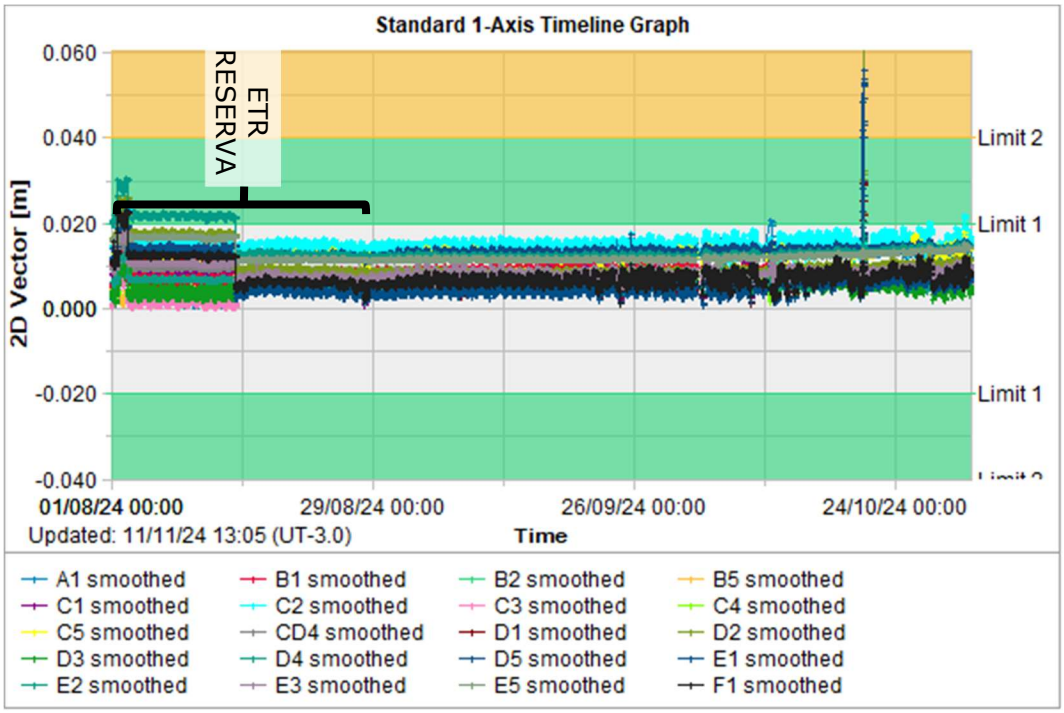


Figura 5.58 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

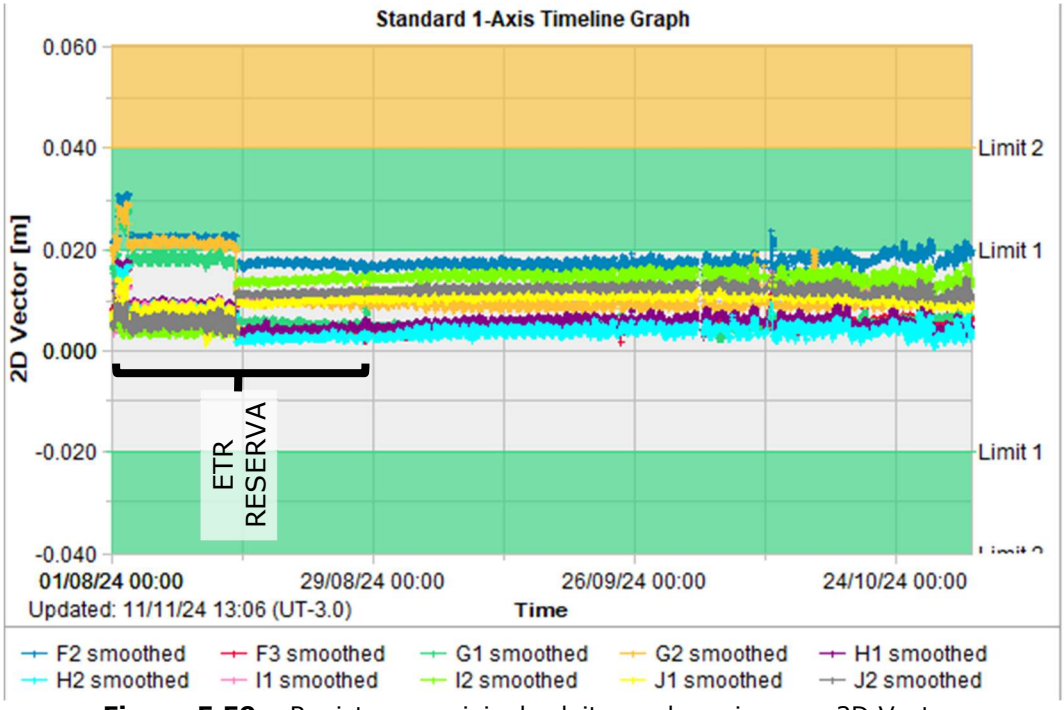


Figura 5.59 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

As leituras de deslocamento vertical (Figura 5.54) apontam que a barragem tem um deslocamento acumulado menor que 2,5 cm, que pode ser considerado como uma movimentação baixa, já que tal valor representa 0,04% em relação à altura da barragem (55,79 m). Conforme esperado, as ombreiras da barragem são as regiões onde são verificados

os menores deslocamentos, juntamente com o pé da estrutura. Os maiores deslocamentos são verificados na porção central do barramento.

Em meados de agosto de 2024, pode-se observar um deslocamento uniforme dos registros dos dados de monitoramento, sendo resultado do retorno da estação total após calibração. Durante o período de 05/07/2024 a 22/08/2024, o monitoramento dos prismas foi realizado por uma estação total reserva, conforme informado pela MMI. Durante a utilização da estação reserva, alguns marcos atingiram o limite 1 (verde), mantendo os níveis, com pequenas variações, até o final do período avaliado, não indicando tendência de deslocamento, porém comprometendo o histórico, análise e interpretação dos dados.

- **Marcos de Controle de Deslocamento**

Atualmente na barragem existem 4 marcos de controle de deslocamento instalados na estrutura, como pode ser visto na Tabela 5.3.

Na 1ª quinzena de outubro de 2023, a equipe de topografia da MMI informou que foi realizada a calibração das estações totais e dessa forma foi necessário o recadastramento das hastes com as leituras do dia 11/10/2023.

A partir da análise das leituras dos marcos de controle pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Os valores acumulados observados, horizontais menores que 6 mm e verticais menores que 3 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura (“serrilhado”), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão. A última leitura dos deslocamentos dos marcos superficiais no período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024) foi realizada no dia 31/10/2024.

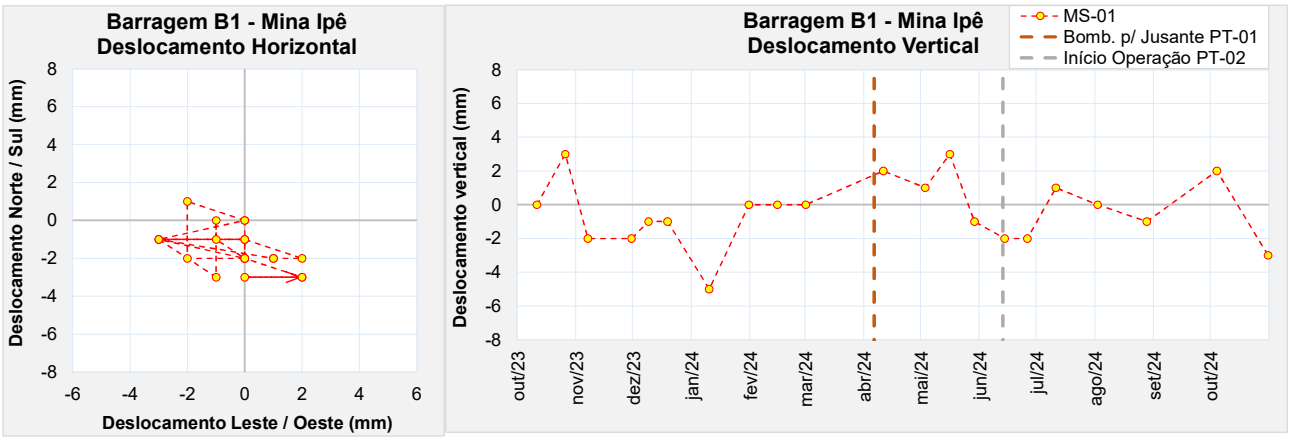


Figura 5.60 – Marco de controle de deformação – MS-01.

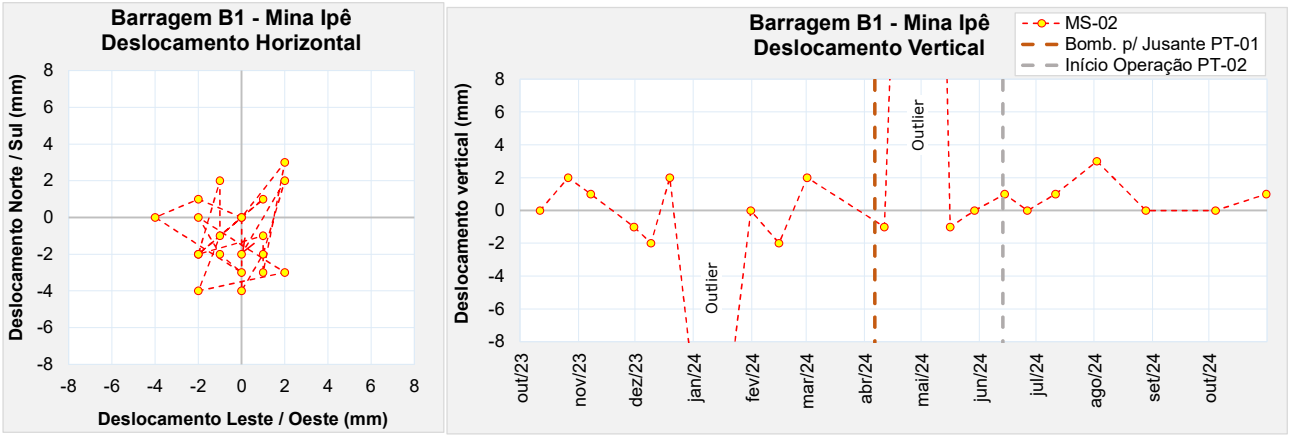


Figura 5.61 – Marco de controle de deformação – MS-02.

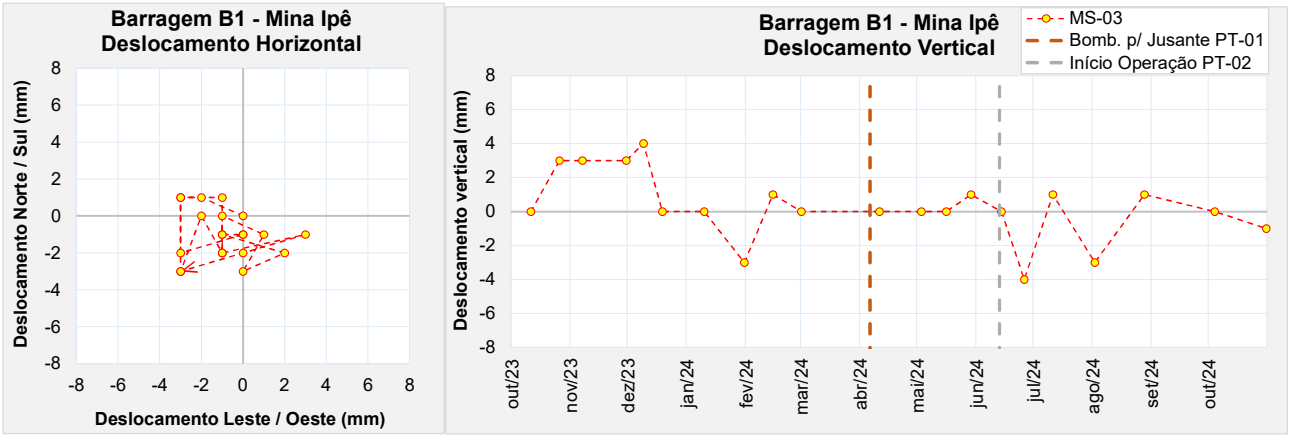


Figura 5.62 – Marco de controle de deformação – MS-03.

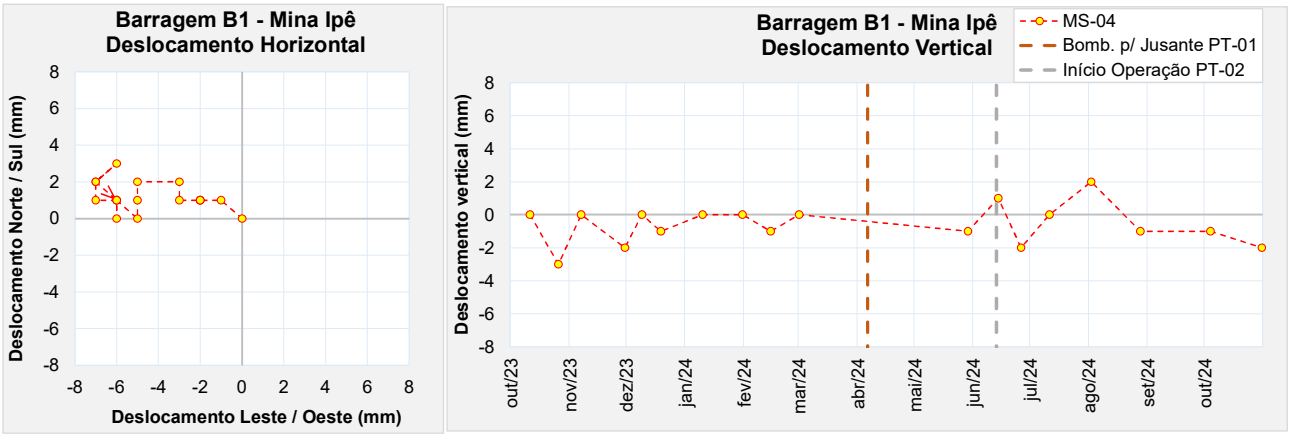


Figura 5.63 – Marco de controle de deformação – MS-04.

- **Monitoramento do Talude da Encosta**

Para monitoramento do talude da encosta na margem direita do reservatório, foram instalados 26 marcos de deslocamento, de modo que se possa avaliar possíveis deslocamentos na região. Na Figura 5.8 é apresentada a locação dos marcos superficiais de monitoramento da encosta e

na Tabela 5.1, os dados de cadastro dos marcos de referência e de monitoramento do talude da encosta.

A partir da análise das leituras dos marcos superficiais, pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Os valores acumulados observados, verticais menores que 4 mm e horizontais resultantes menores que 5 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão.

Os marcos MS-01 a MS-21 tiveram suas últimas leituras realizadas no dia 28/08/2024, devido restrições impostas pelo departamento de SSO (Saúde e Segurança Operacional) da MMI, por considerar inseguro a aferição destes marcos, sem as devidas medidas de proteção a serem implantadas. Os demais marcos (MS-22 a MS-26) tiveram leituras realizadas até o dia 10/10/2024.

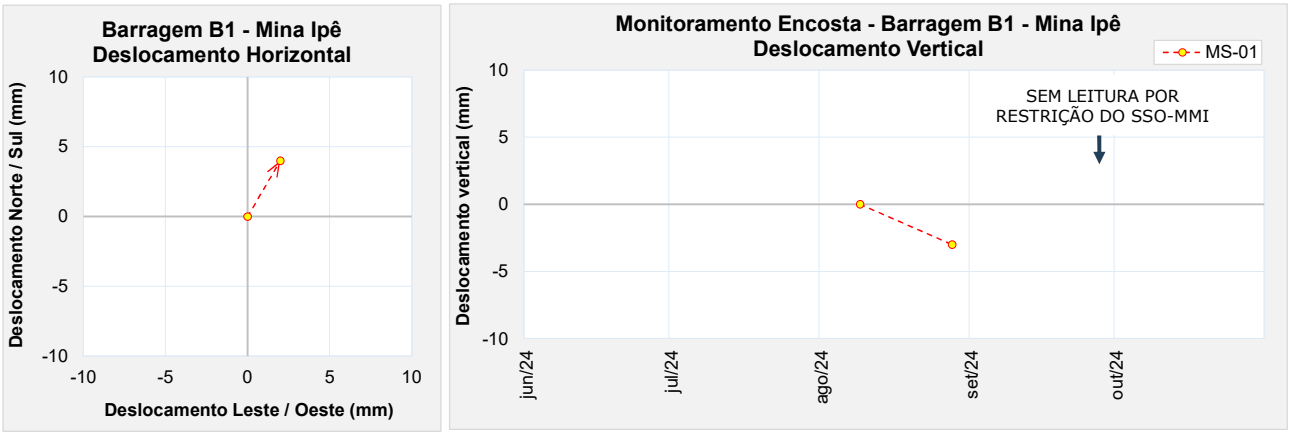


Figura 5.64 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-01.

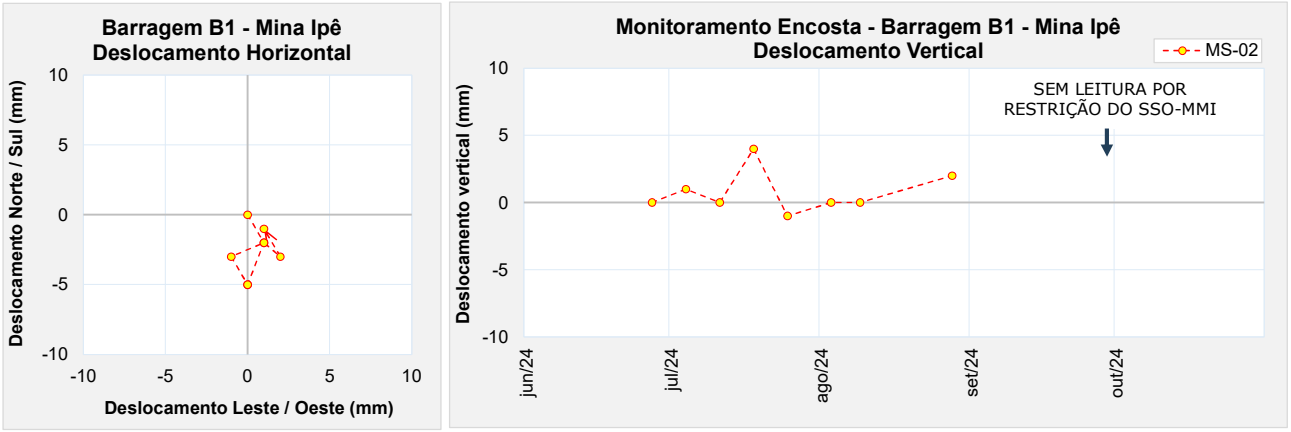


Figura 5.65 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-02.

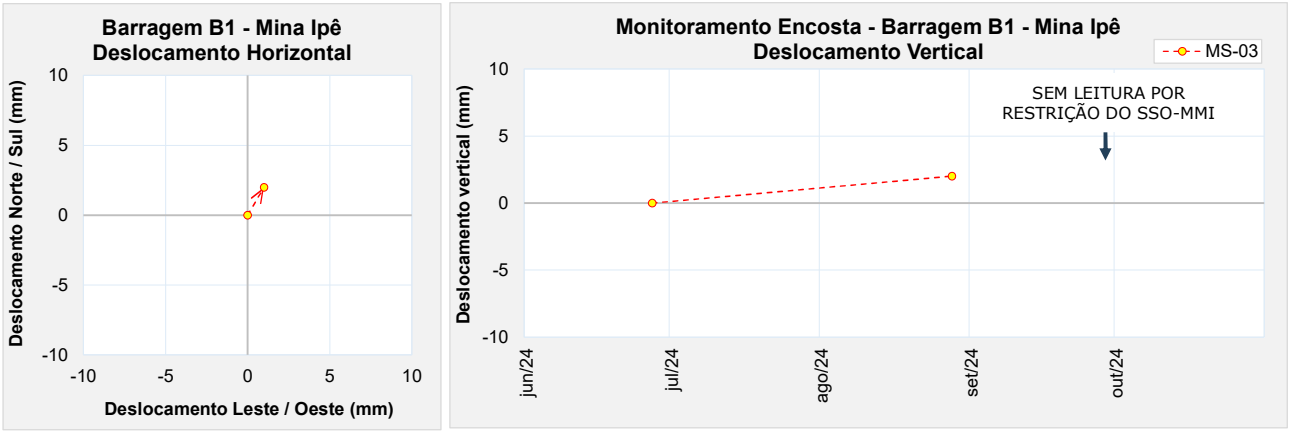


Figura 5.66 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-03.

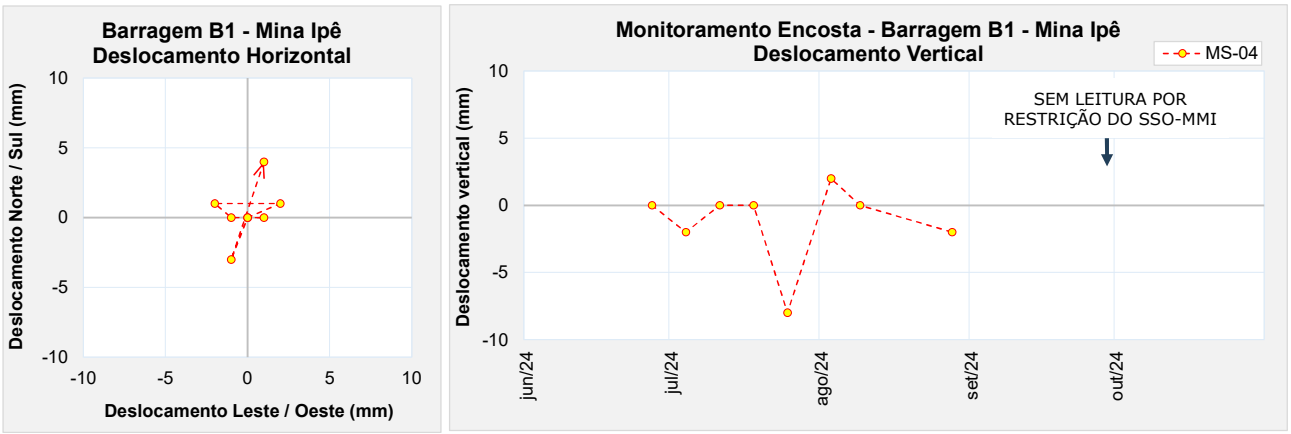


Figura 5.67 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-04.

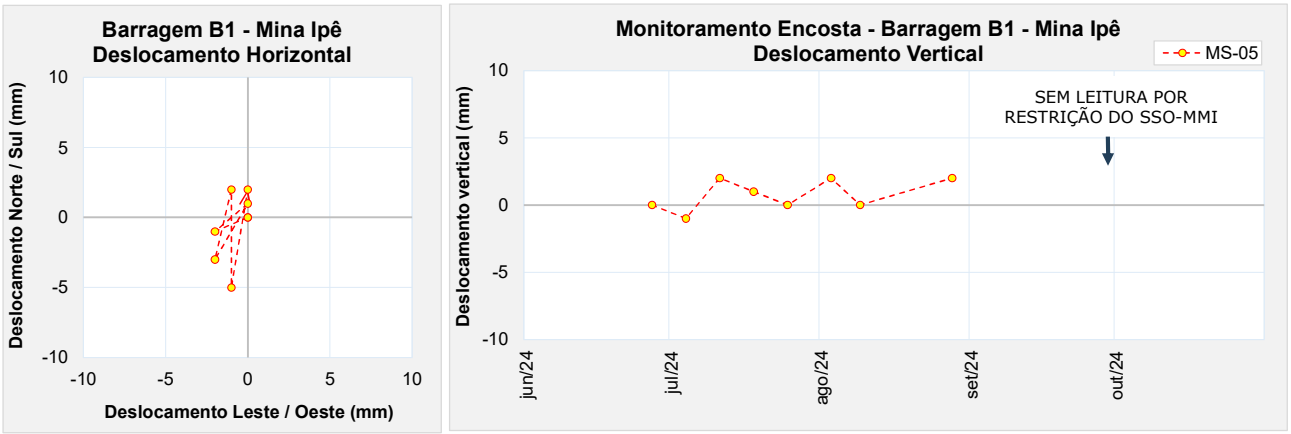


Figura 5.68 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-05.

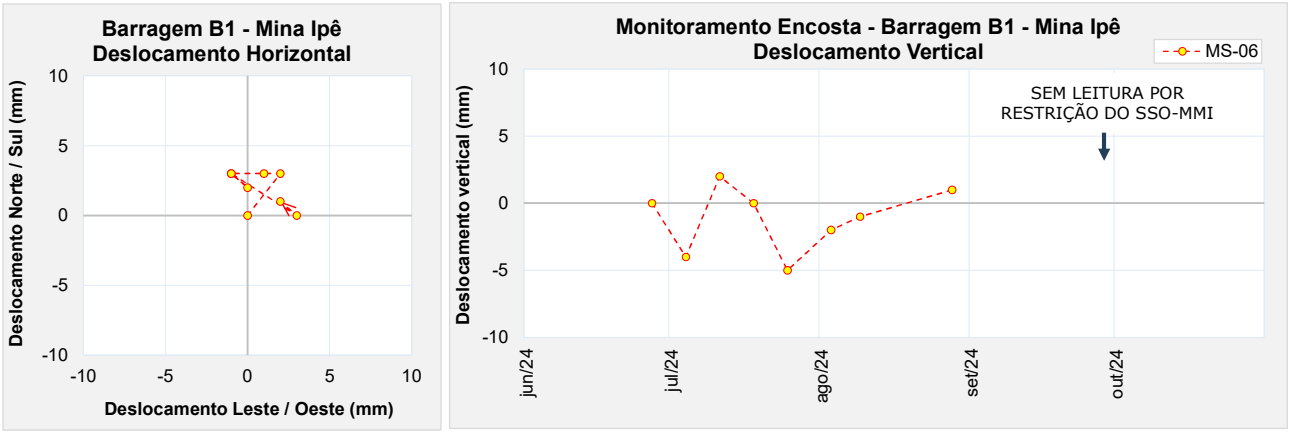


Figura 5.69 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-06.

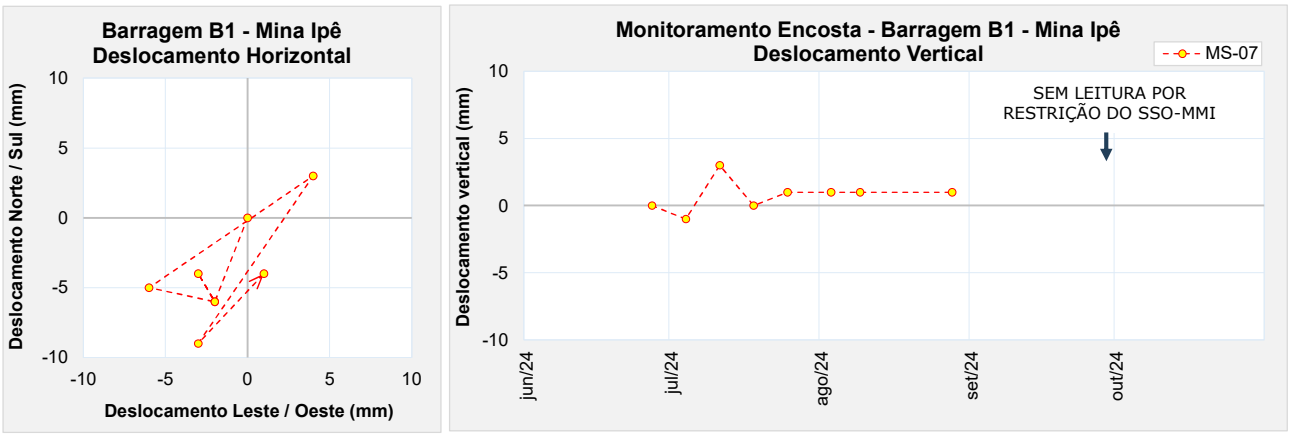


Figura 5.70 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-07.

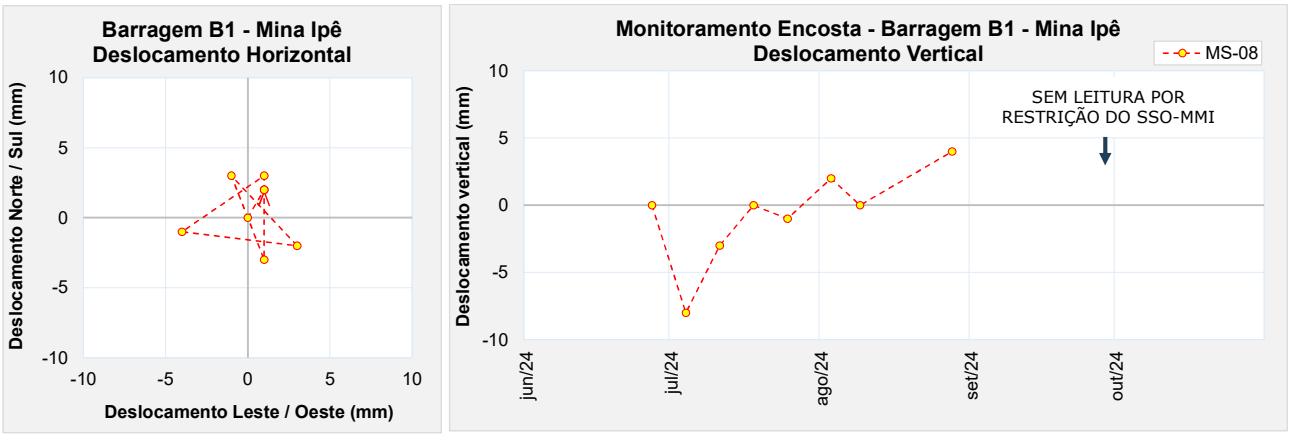


Figura 5.71 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-08.

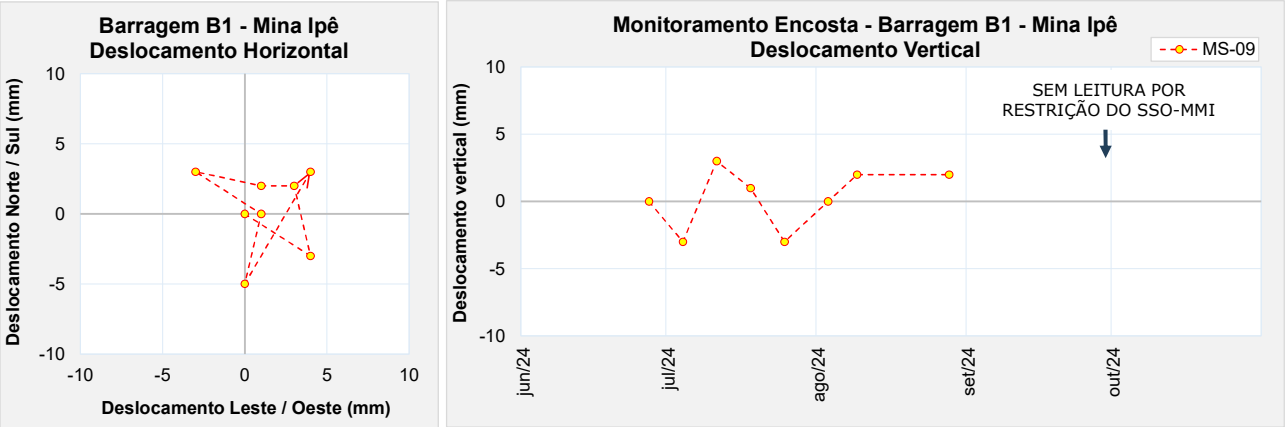


Figura 5.72 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-09.

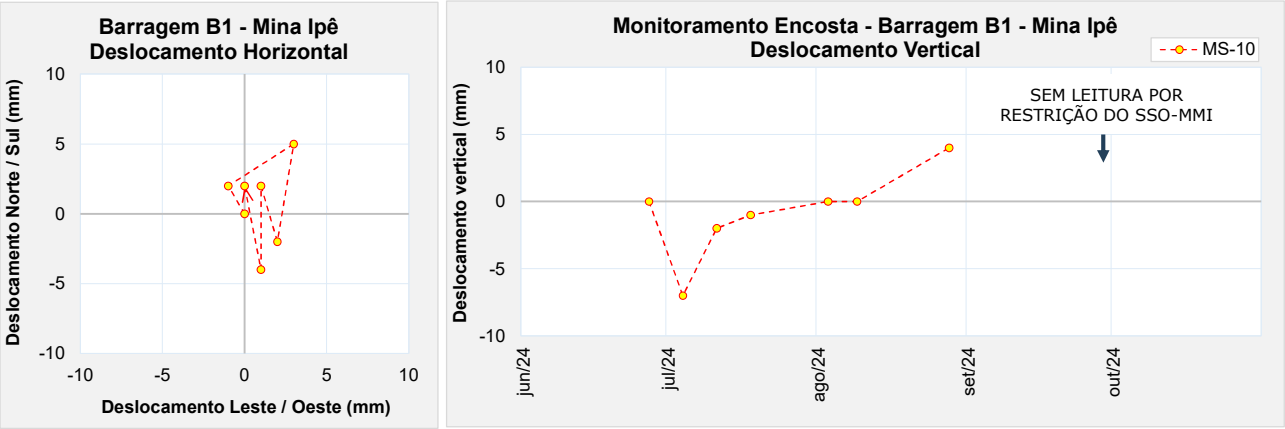


Figura 5.73 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-10.

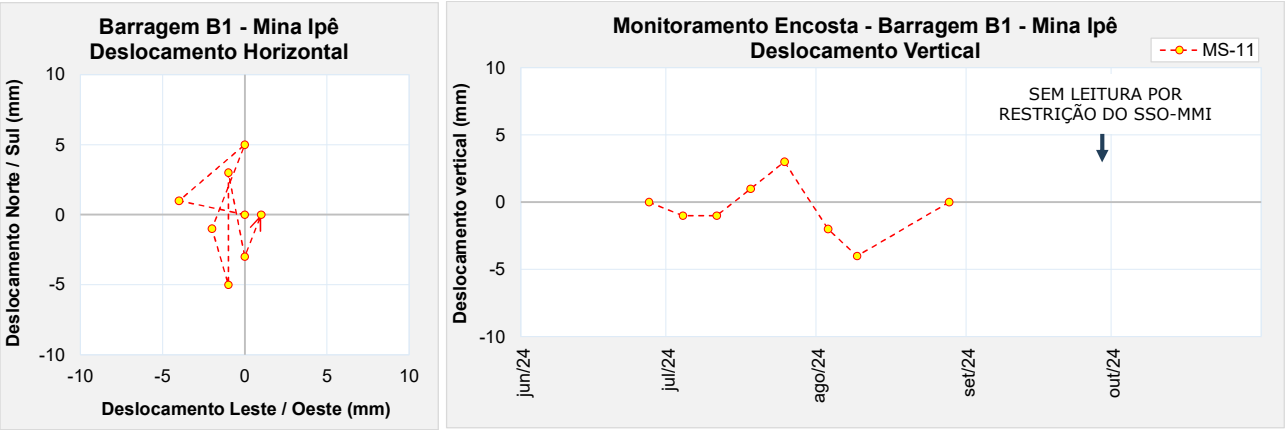


Figura 5.74 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-11.

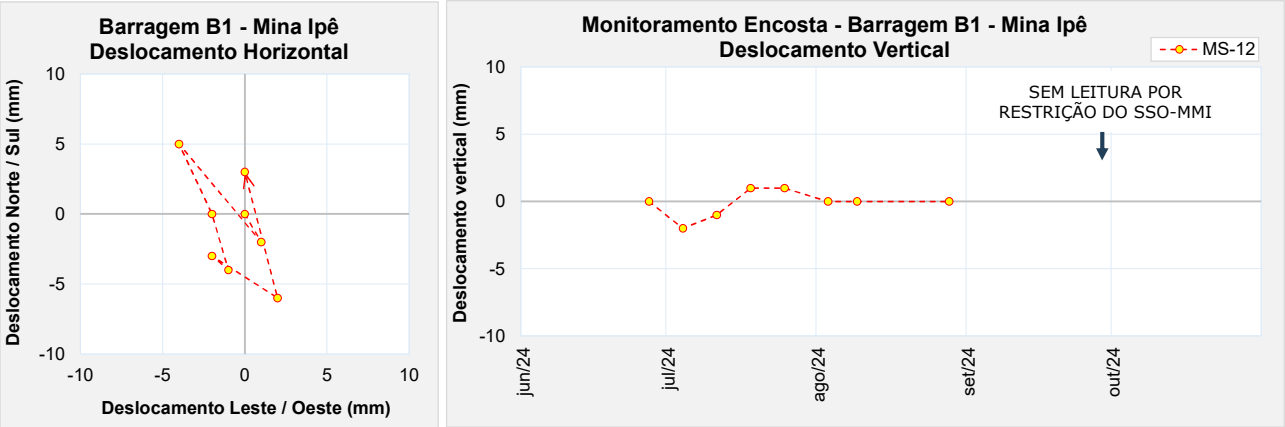


Figura 5.75 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-12.

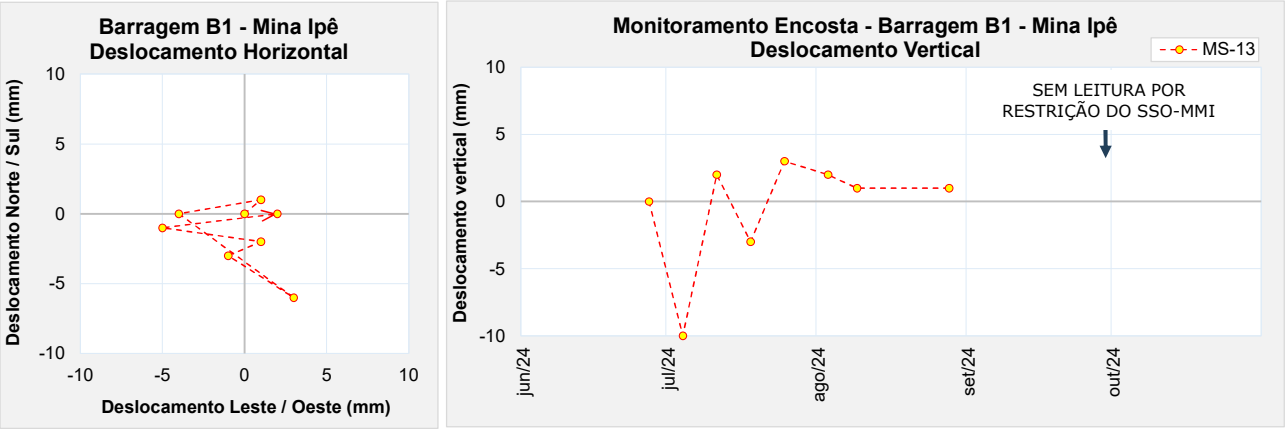


Figura 5.76 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-13.

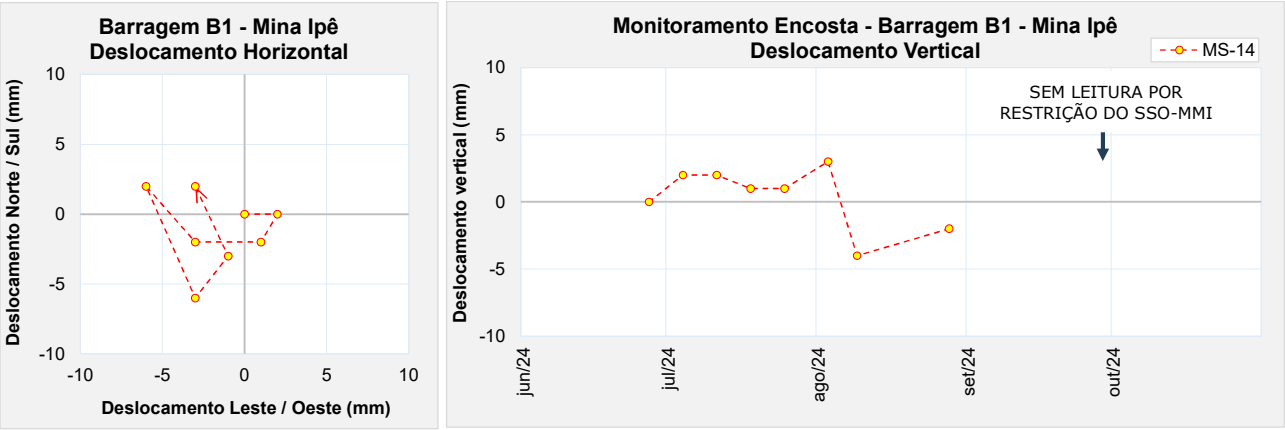


Figura 5.77 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-14.

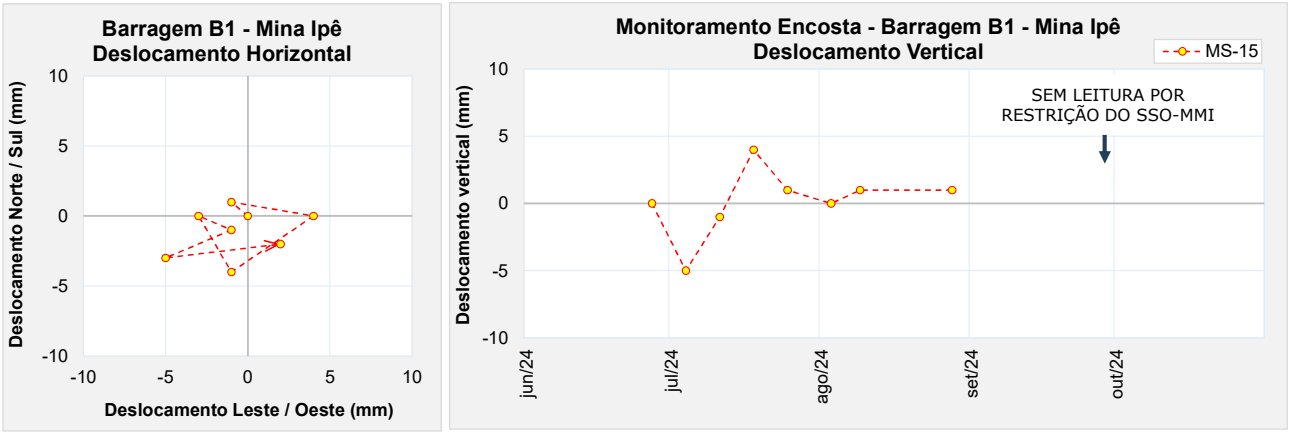


Figura 5.78 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-15.

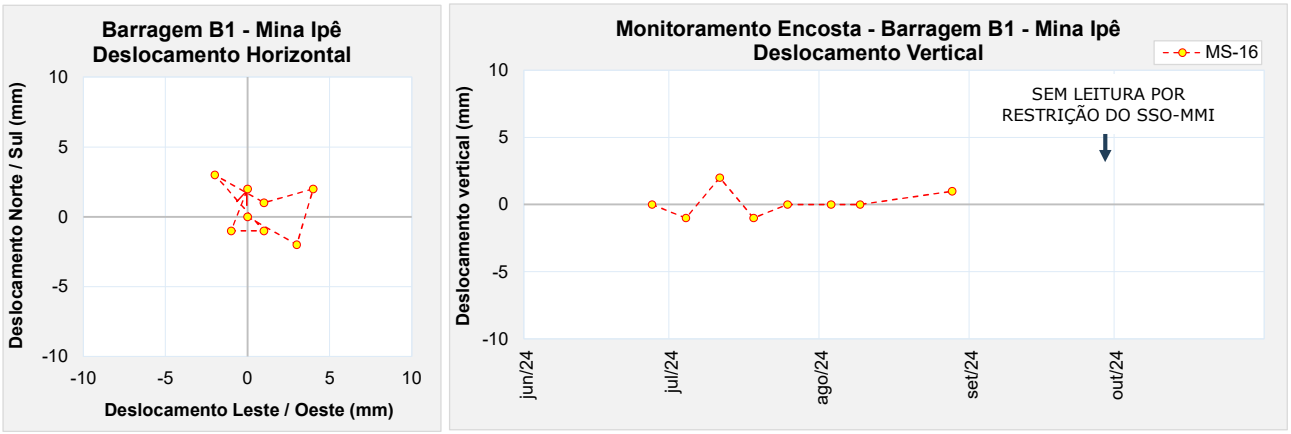


Figura 5.79 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-16.

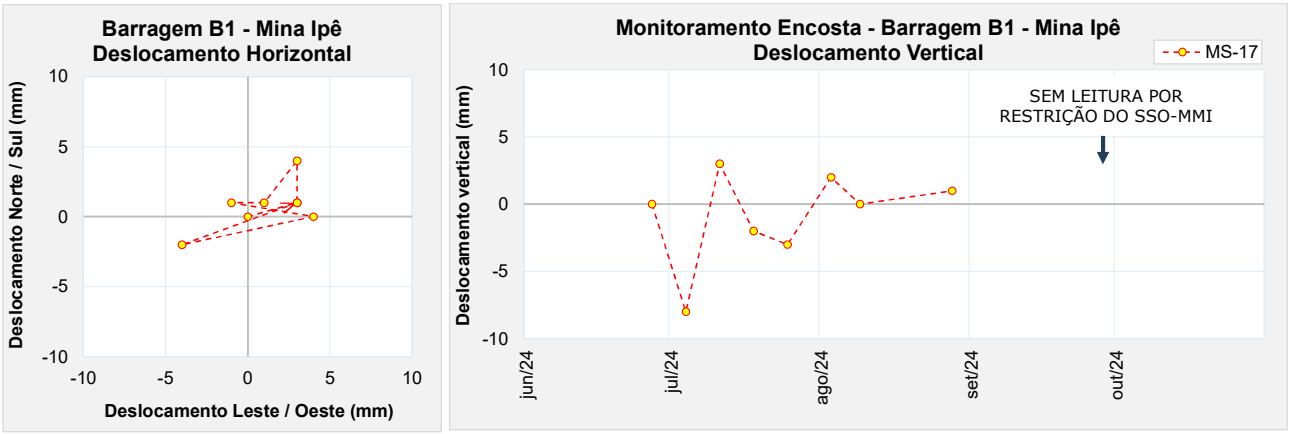


Figura 5.80 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-17.

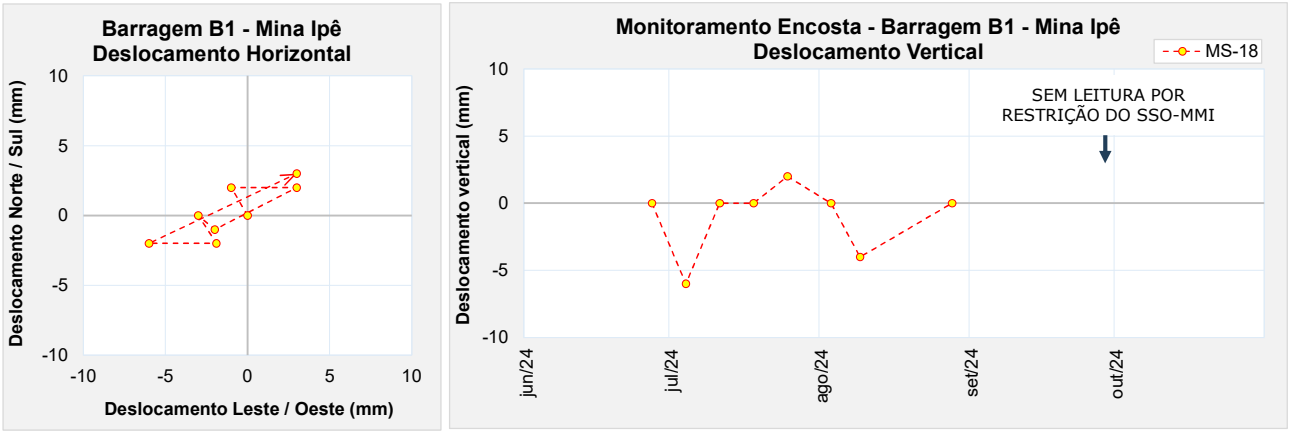


Figura 5.81 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-18.

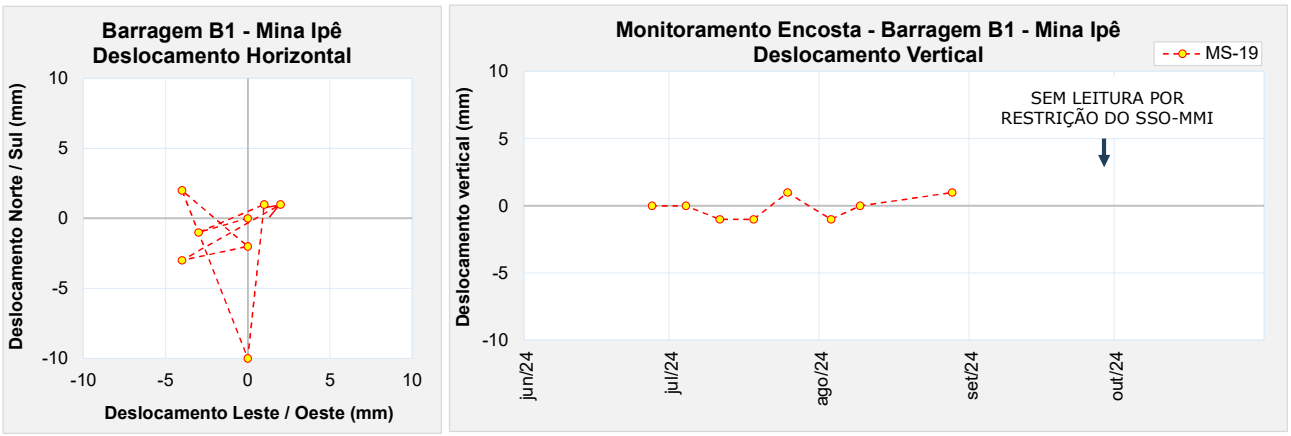


Figura 5.82 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-19.

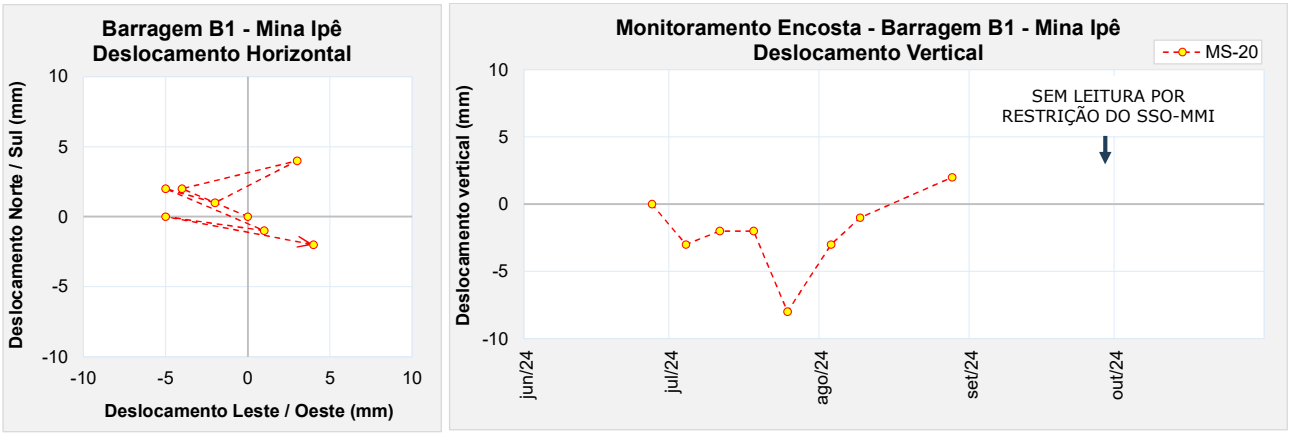


Figura 5.83 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-20.

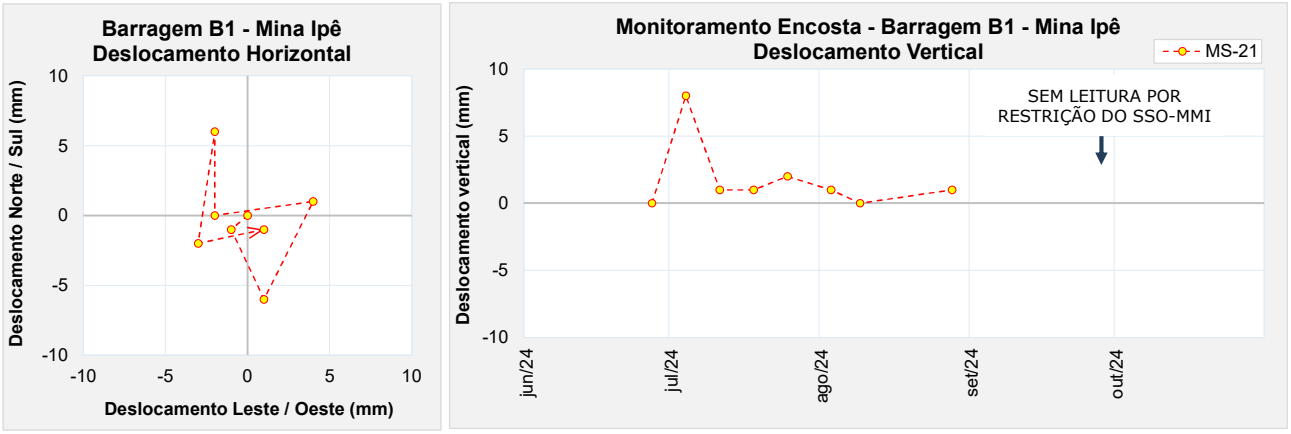


Figura 5.84 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-21.

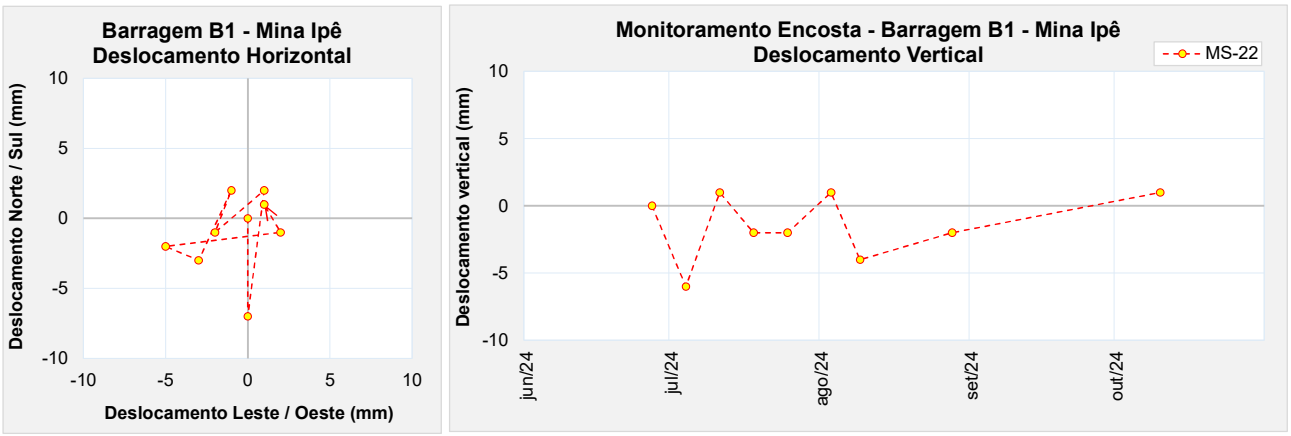


Figura 5.85 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-22.

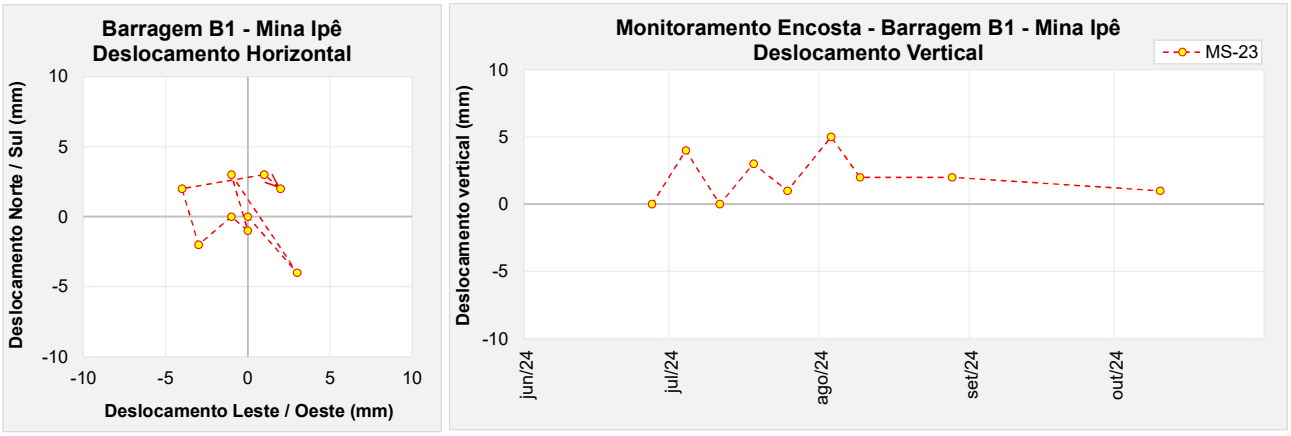


Figura 5.86 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-23.

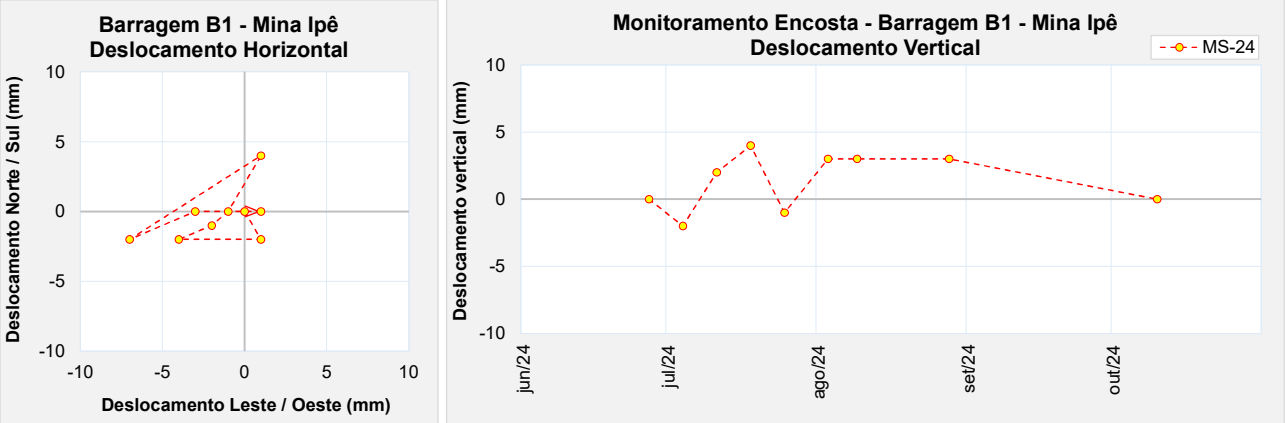


Figura 5.87 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-24.

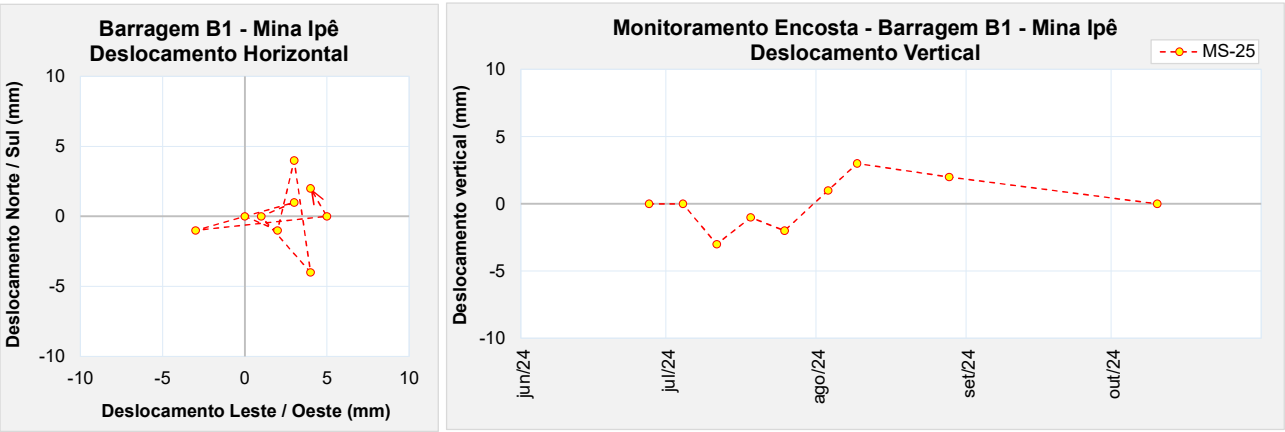


Figura 5.88 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-25.

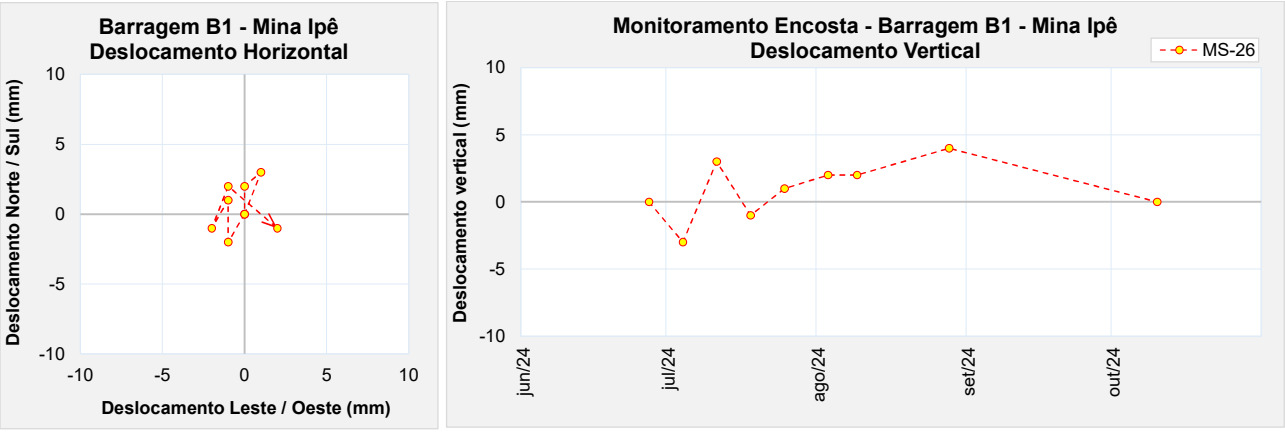


Figura 5.89 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-26.

- **Operação dos Poços de Bombeamento**

Como premissa do projeto de descaracterização da Barragem B1- Mina Ipê, o nível freático deve estar abaixo da camada de rejeito contrátil presente na fundação da barragem. Dessa forma,

para que se atinja tal objetivo foram instalados dois poços de rebaixamento, conforme apresentado no item 5.3.1.

O esquema de direcionamento dos fluxos provenientes dos poços de bombeamento é apresentado na Figura 5.7.

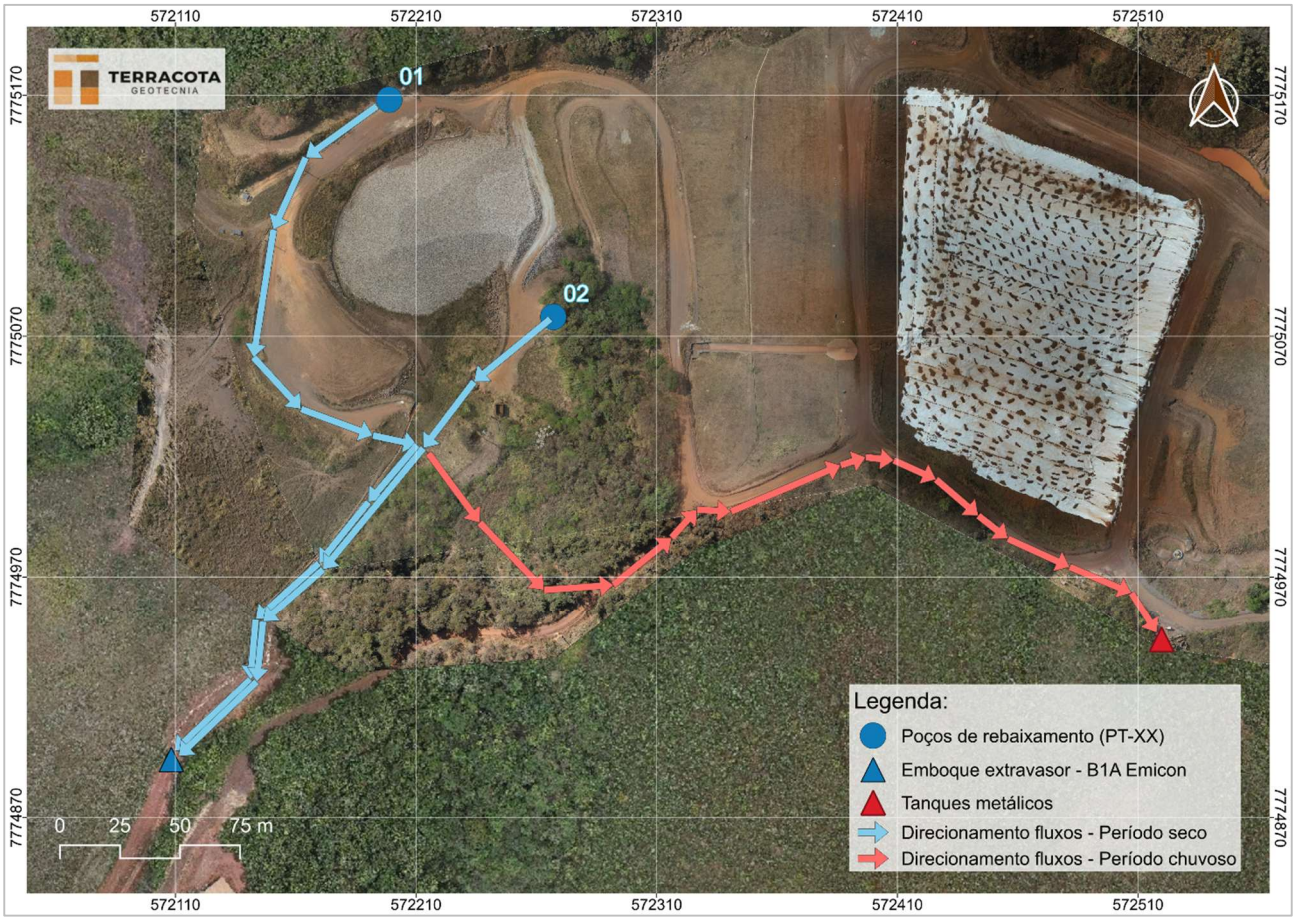


Figura 5.90 – Esquema de direcionamento dos fluxos proveniente dos poços de bombeamento.

De modo a determinar a vazão bombeada em cada poço, diariamente é realizada a leitura dos hidrômetros em horário determinado, fazendo o registro das informações. O histórico de bombeamento com indicação de períodos de parada e retomada é apresentado na Figura 5.91.

No gráfico também foram destacados três marcos referentes à operação dos poços de bombeamento:

1. Alteração do sentido do bombeamento para jusante, início de abril/2024;
2. Início da operação da bomba provisória instalada no poço PT-02, meados de junho/2024;
3. Início da operação da bomba definitiva instalada no poço PT-02, início de julho/2024.

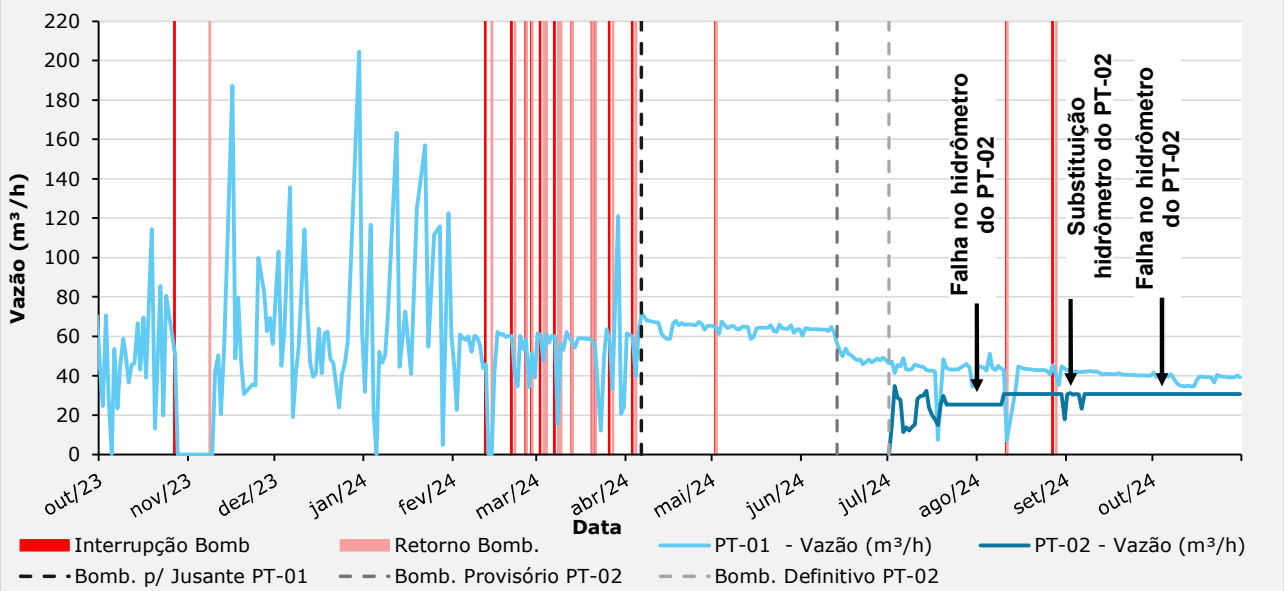


Figura 5.91 – Histórico bombeamento dos poços de rebaixamento.

Em um primeiro momento, após o início do bombeamento do poço PT-01 (29/09/2023), o fluxo proveniente da bomba era enviado para dois tanques metálicos e, posteriormente, esta água era encaminhada para a usina. No período em que o sistema de bombeamento operou nesta configuração, a vazão média obtida foi de aproximadamente 58 m³/h.

No início de abril/2024, após um acordo entre a MMI e Emicon, foi autorizado, durante o período seco, o direcionamento dos fluxos para jusante, em que a água proveniente do bombeamento seria lançada na canaleta de contorno na margem esquerda do reservatório que conduz o fluxo até o extravasor de emergência da Barragem B1A Emicon. Após esse redirecionamento, foi obtida uma vazão média de 64 m³/h.

Após a realização de estudos hidrogeológicos, verificou-se a necessidade de instalação de um poço adicional para que seja possível atingir os níveis recomendados em projeto e, assim, iniciadas as obras de descaracterização. Dessa forma, foi instalado um novo poço (PT-02), o qual começou a operar com uma bomba provisória na primeira quinzena de junho/2024. O bombeamento do fluxo desse novo poço (PT-02) influenciou diretamente na vazão do poço PT-01, reduzindo ligeiramente a vazão média obtida para um valor de 48 m³/h.

No início de julho/2024, foi instalado o conjunto moto-bomba definitivo no poço PT-02 e de acordo com os registros foi obtido uma vazão média de 27 m³/h.

O hidrômetro instalado no poço PT-02 apresentou falhas de funcionamento em julho/2024 devido a presença de pedriscos na água bombeada, que travavam a válvula do equipamento. O equipamento foi substituído no início de setembro/2024, porém o novo hidrômetro em pouco

tempo apresentou o mesmo problema verificado anteriormente. Por questões de registro, foi considerada uma vazão média de 25,3 m³ no período entre 21/07/2024 e 09/08/2024 e de 30,7 m³, nos períodos entre 10/08/2024 à 30/08/2024 e de 07/09/2024 até o momento.

Dessa forma, com a operação simultânea do bombeamento dos poços PT-01 e PT-02, considerando o período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024), obtém-se um valor médio, com a soma das vazões, próximo de 70 m³/h.

Tabela 5.4 – Resumo vazões de bombeamento.

Bombeamento dos poços de rebaixamento		**Vazões Médias (m³/h)**		
Marco notável	**Sentido direcionamento dos fluxos**	**PT-01**	**PT-02**	**TOTAL**
Início operação PT-01	Montante (Tanques Metálicos → Usina)	58	-	58
Alteração do sentido de direcionamento dos fluxos	Jusante (Extravasor B1A Emicon)	64	-	64
Início Operação PT-02	Jusante (Extravasor B1A Emicon)	48	27	75
Condição Atual (Agosto a Outubro/2024)	Jusante (Extravasor B1A Emicon)	40	30	70

5.7.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024).

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2017, a partir do software Slide da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

5.7.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas considerando a geometria da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico mais atual, realizado em novembro/2021 (documento B1_IPE_16NOV21.dwg), acrescido do levantamento As Built da berma de reforço construída a jusante da estrutura (CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg). A estratigrafia das seções transversais de análise foi definida pela DF+ Consultoria Geotécnica e Recursos Hídricos no âmbito do projeto conceitual de descaracterização, a partir da interpretação de uma extensa campanha de sondagens SPT e ensaios CPTu executada na barragem.

Na Figura 5.92 é apresentada a locação em planta das seções e instrumentação de controle utilizadas nas análises de estabilidade.

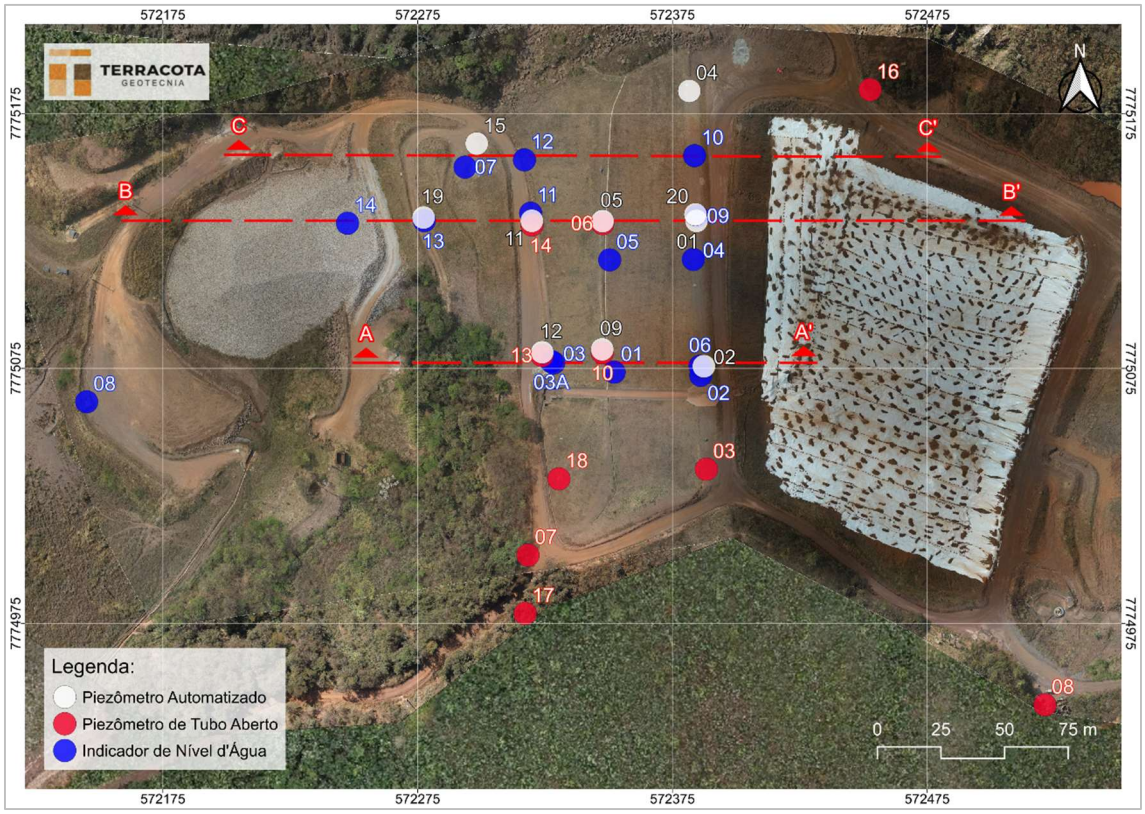


Figura 5.92 – Seções Instrumentadas Barragem B1 – Mina Ipê – Planta.

As condições consideradas nas análises de estabilidade foram os carregamentos drenado e não drenados de pico e liquefeito. Os estudos realizados para definir o comportamento dos rejeitos presentes nas seções de análise indicaram que o rejeito do reservatório e o rejeito antigo presente na fundação da barragem têm comportamento contrátil, ou seja, geram excesso de poropressão positiva na ruptura. Para este tipo de material, a análise não drenada representa a condição crítica de carregamento.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução ANM 95/2022 (**FS ≥ 1,3**);
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS ≥ 1,0**) e NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,1**);
- Análises não drenadas com parâmetro liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 5.5 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 5.5 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Sismo (Pseudo-estática)	1,0 a 1,1	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada e condições com sismo (pseudo-estática) atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2017 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

5.7.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do peak ground acceleration (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento pseudo-estático (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 5.93 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 5.93 – Rede sismológica brasileira (http://www.rsbr.gov.br).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 5.6 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Tabela 5.6 – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

Modelo	Valores máximos por período de retorno (anos)					Máximo absoluto
	500	1.000	2.500	5.000	10.000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	**9.7%**	**9.5%**	**13.4%**	**16.0%**	**18.3%**	**18.3%**
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo "*Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment*" publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 5.94).

A localização da barragem no mapa de Assumpção et al. fornece valor de PGA em torno de 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR.

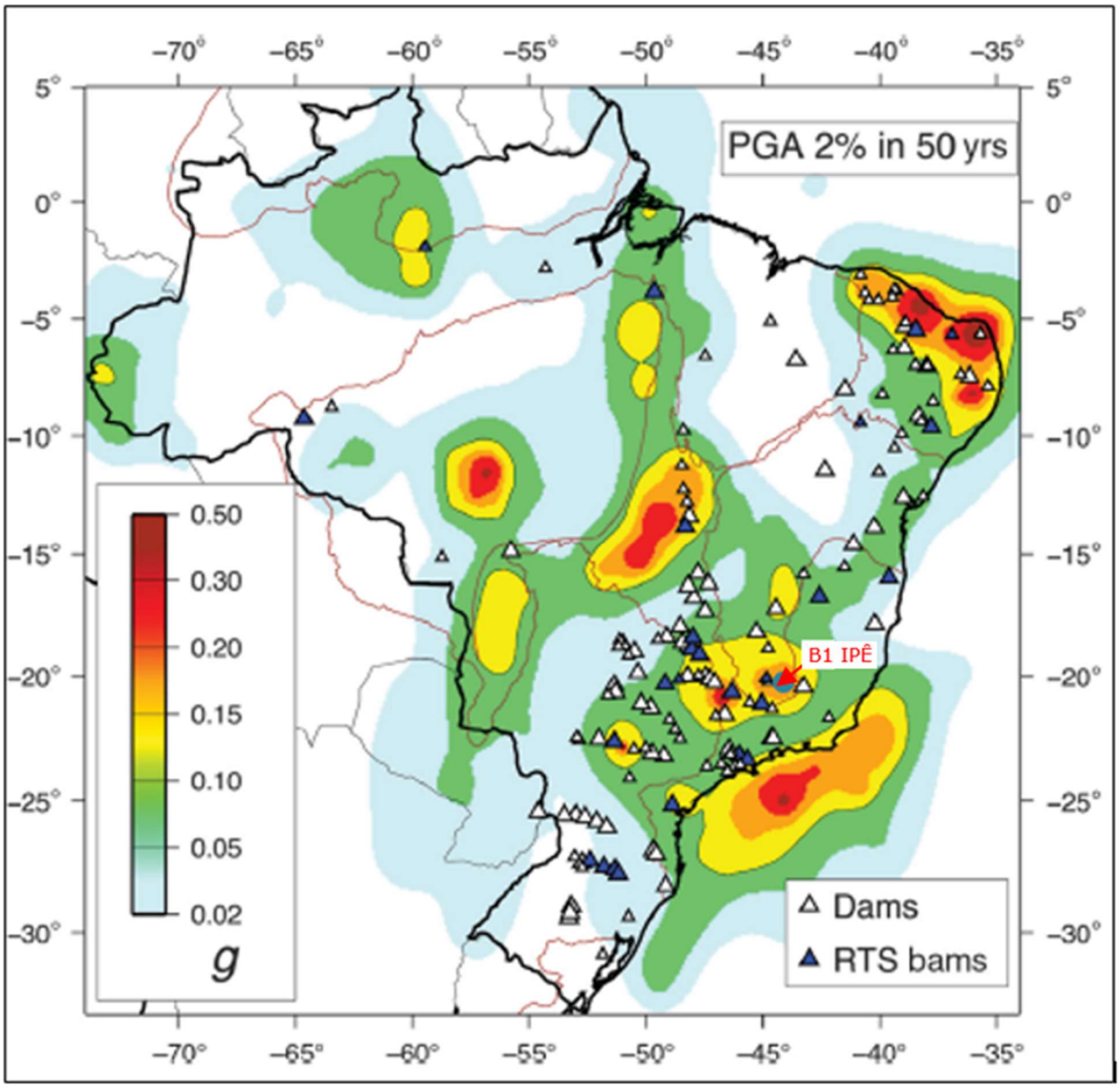


Figura 5.94 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Assumpção Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B1 – Mina Ipê, considerando a contribuição do efeito sísmico, utilizou-se como premissa a norma técnica elaborada pela Canadian Dam Association (CDA) – "*Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams"* (2014), em conformidade ao recomendado pela NBR 13.028/2017 no seu tópico 5.3.6, o qual faz referência aos estudos sísmicos.

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados à infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

Classificação da Barragem	População em Risco (Nota 1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (Nota 2)	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixo	Nenhum	0	Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativo	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
			Apenas perdas marginais do habitat.	
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Muito Alta	**Permanente**	**100 ou menos**	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	
Extrema	Permanente	Mais de 100	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição impossível.	

Nota 1. Definições para população em risco:

Nenhum – Não há população identificável em risco, portanto não há possibilidade de perda de vida a não ser devido ao acaso imprevisível.

Temporário – As pessoas estão apenas temporariamente na zona de inundação do rompimento da barragem (por exemplo, uso sazonal de casas de campo, passagem em rotas de transporte, participação em atividades recreativas).

Permanente – A população em risco normalmente está localizada na zona de inundação da ruptura da barragem (como residentes permanentes); são propostas três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) para permitir estimativas mais detalhadas da potencial perda de vidas (para auxiliar na tomada de decisões se for realizada a análise apropriada).

Nota 2. Definições para população em risco:

Não especificado – O nível apropriado de segurança exigido em uma barragem onde as pessoas estão temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, da natureza de sua atividade e de outras condições.

De acordo com os critérios da Tabela 5.7, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.8 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Muito Alta**. A partir desta classificação, seguindo as

premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 5.8, o PGA de 0,1585g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com períodos de retorno de 2.500 e 10.000 anos.

Tabela 5.8 – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

Classe da Barragem	Probabilidade Anual de Excedência (PAE) – Terremotos (Nota 1)
Baixa	1/1000
Significativo	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/2.475 (Nota 2)
Muito Alta	**1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3)**
Extrema	1/10.000 ou SMP (Nota 3)

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).
Nota 1. Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (Dam Safety Guidelines - CDA 2013).
Nota 2. Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no National Building Code of Canada (Código Nacional de Construção do Canadá).
Nota 3. SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação "*Rationalizing the Seismic Coefficient Method"* (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,079g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Para a componente vertical adota-se um valor correspondente a 60% da componente horizontal, seguindo proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003), resultando num valor igual a 0,047g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

No estudo de Hynes-Griffin & Franklin (1984), recomenda-se que nas análises pseudo-estáticas seja realizada a redução em 20% da resistência dos materiais da fundação que apresentarem comportamento não-drenado nos ensaios executados.

Conforme projeto de descaracterização da estrutura, a Barragem B1 - Mina Ipê deverá ser completamente removida nos próximos dois anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida útil da estrutura igual a 2 anos. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de 100 anos.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{t}\right)^{n}$$

Em que:

- P é a probabilidade de excedência do sismo;
- t é o período de retorno;
- n é o tempo de vida útil da estrutura.

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 1.000 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,2%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 5.6, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,048g e uma componente vertical igual a 0,029g.

5.7.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada na análise de estabilidade foram considerados os instrumentos instalados no maciço e na fundação da Barragem B1 - Mina Ipê, ao longo das três seções de controle existentes na estrutura.

A Tabela 5.9 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 5.9 – Instrumentação – Valores lidos (30/10/2024) e valores adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A’	PZ-02 (2)	1.022,43	1.022,44	1.022,44
	INA-02	1.030,77	Seco	1.022,34 (4)
	INA-06	1.021,41	1.022,25	1.022,25
	INA-01	1.031,86	Seco	1.021,89 (4)
	PZ-09 (1)	1.017,02	1.021,85	1.021,85
	PZ-10	1.025,33	Seco	1.021,85 (4)
	INA-03	1.029,53	Seco	1.015,55 (4)
	INA-03A	1.015,02	Seco	1.015,02
	PZ-12(1)	1.010,87	1.013,07	1.013,07
	PZ-13	1.023,95	Seco	1.013,07 (4)
B-B’	INA-09	1.006,45	1.016,67	1.016,67
	PZ-20 (3)	1.006,15	1.014,89	1.016,67 (4)
	PZ-01 (1)	999,45	1.013,87	1.016,67 (4)

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
B-B'	INA-04	1.032,92	Seco	1.016,67 (4)
	INA-05	1.022,04	Seco	1.010,40 (4)
	PZ-05 (2)	993,47	1.008,40	1.010,01 (4)
	PZ-06	998,22	1.010,01	1.010,01
	INA-11	1.000,26	1.004,79	1.007,09 (4)
	PZ-11 (2)	982,32	1.007,09	1.007,09
	PZ-14	988,35	1.005,39	1.005,39
	INA-13	992,45	1.003,51	1.003,51
	PZ-19 (3)	993,23	1.003,47	1.003,51 (4)
	INA-14	989,66	1.003,25	1.003,25
C-C'	INA-10	1.022,31	Seco	1.022,31
	INA-12	1.011,61	Seco	1.011,61
	PZ-15 (1)	1.009,29	1.008,65 (5)	1.009,29
	INA-07	982,17	1.006,71	1.006,71

1- Instrumento automatizado em 2021;
2- Instrumento automatizado em 02/12/2022;
3- Instrumento automatizado em 19/10/2023;
4- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
5- Leitura abaixo da cota de fundo.

5.7.4.4 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade para definição dos níveis de controle foram aqueles consolidados e apresentados no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.537, relativo ao relatório de consolidação de dados da Barragem B1 – Mina Ipê, elaborado pela Terracota Geotecnia. No referido documento foram utilizados dados de ensaios de laboratório, ensaios CPTu e sondagens SPT para determinação da resistência drenada e não drenada dos materiais presentes nas seções de análise.

A exceção à regra é o parâmetro de resistência dos blocos de gnaisse utilizados na berma de reforço, que foram modelados a partir da envoltória inferior de LEPS (1973), que se trata de uma referência bibliográfica específica para modelagem do comportamento de blocos.

Os parâmetros de resistência não drenada de pico e liquefeita do rejeito do reservatório e do rejeito antigo da fundação foram definidos a partir dos ensaios CPTu executados nos materiais. Os rejeitos foram modelados com resistência não drenada quando abaixo da linha freática adotada nas análises de estabilidade.

Na Tabela 5.10 apresentam-se os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade

Tabela 5.10 – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material		Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros de Resistência							Referência
				Parâmetros Efetivos		Parâmetros Totais					
				c' (kPa)	ϕ' (º)	Razão de resistência não drenada Su/σ'v (kPa)	Obtidos		Adotados(1)		
							c (kPa)	ϕ (º)	c (kPa)	ϕ (º)	
Rejeito Reservatório	Drenado		25,0	0,0	30,0	-	-	-	-	-	Correlação com N_{SPT}
	Não Drenado - Pico			-	-	0,23	-	-	-	-	Interpretação de ensaios de Piezocone
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,10	-	-	-	-	
Rejeito Antigo	Drenado		26,5	0,0	35,0	-	-	-	-	-	Correlação com N_{SPT}
	Não Drenado - Pico			-	-	0,27	-	-	-	-	Interpretação de ensaios de Piezocone
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,06	-	-	-	-	
Maciço	Rejeito Compactado		27,5	7,0	40,0	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
	Rejeito Semi Compactado		26,5	0,0	40,0	-	-	-	-	-	
Solo Residual de Filito			19	18,0	36,0	-	39,5	34,4	31,6	27,5	
Saprolito de Filito			20	20,0	45,0	-	-	-	-	-	Correlação com N_{SPT}
Quartzito Nova Lima			20	400,0	35,0	-	-	-	-	-	Estimativa bibliografia/ projetistas
Filito São			20	Resistência Infinita			-	-	-	-	
Blocos Lançados			20	Envoltória Leps Inferior			-	-	-	-	
Enrocamento			22	Envoltória Leps Inferior			-	-	-	-	

(1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984).

5.7.4.5 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 5.95 a Figura 5.111, destacando-se as superfícies de ruptura global e local que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 5.11 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 5.11 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A'	30/10/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,95
		Não drenado pseudo-estático (1) a_h = 0,079g a_v = 0,047g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,61 (sismo ↑)
					1,63 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,048g a_v = 0,029g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,74 (sismo ↑)
					1,74 (sismo ↓)
B-B'	30/10/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,97
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,53
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	0,56
		Não drenado pseudo-estático (1) a_h = 0,079g a_v = 0,047g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,16 (sismo ↑)
					1,10 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,048g a_v = 0,029g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,28 (sismo ↑)
					1,25 (sismo ↓)
C-C'	30/10/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,01
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	2,01
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,21
		Não drenado pseudo-estático (1) a_h = 0,079g a_v = 0,047g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,63 (sismo ↑)
					1,61 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,048g a_v = 0,029g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,77 (sismo ↑)
					1,78 (sismo ↓)

(1) - Carregamento pseudo-estático considerando critérios do Canadian Dam Association (CDA, 2014);
(2) - Carregamento pseudo-estático considerando Probabilidade de Excedência de 0,2% relativo à vida útil remanescente da estrutura de 2 anos até sua completa remoção e Período de Retorno de 1.000 anos.

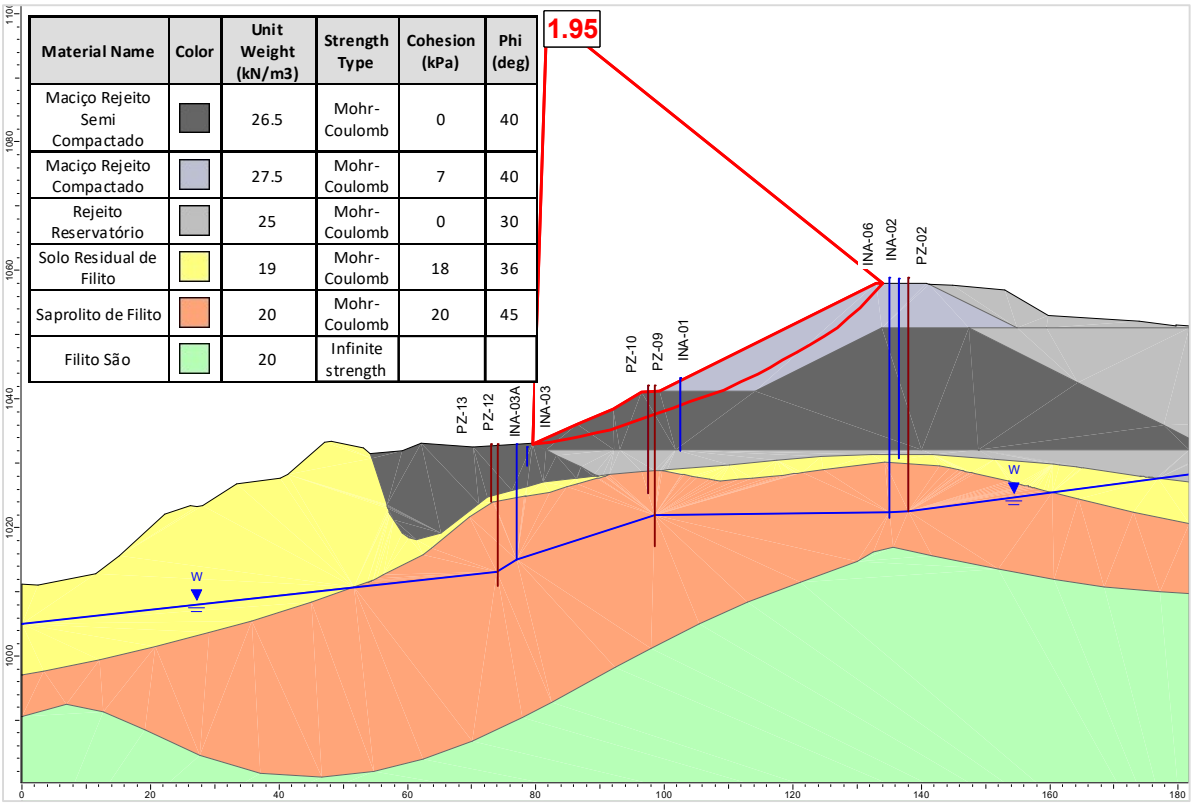


Figura 5.95 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024.

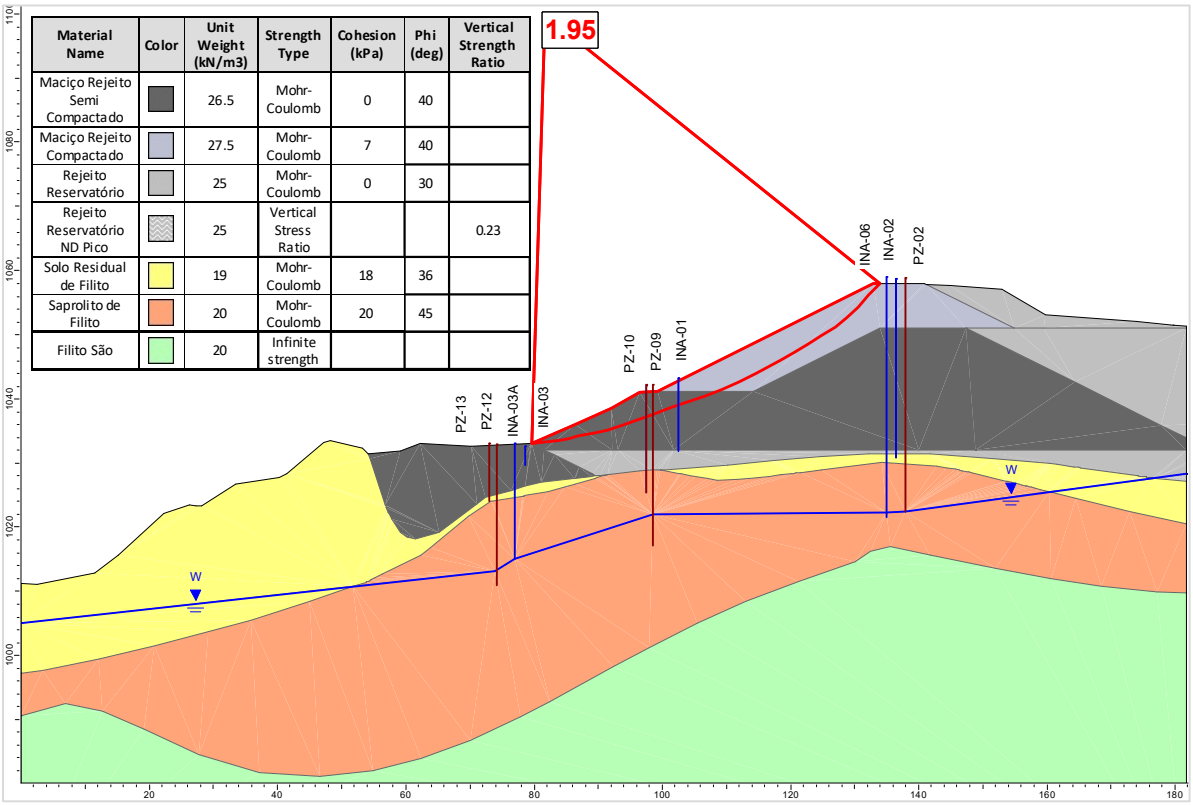
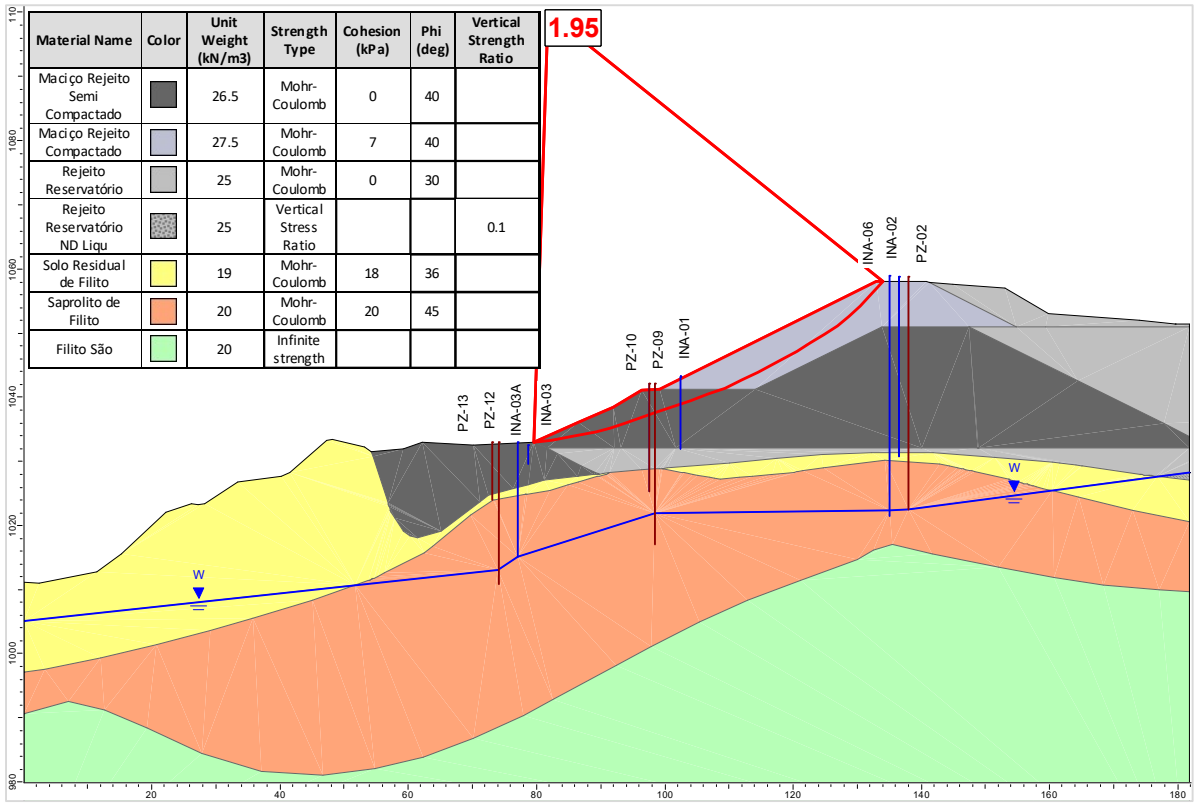
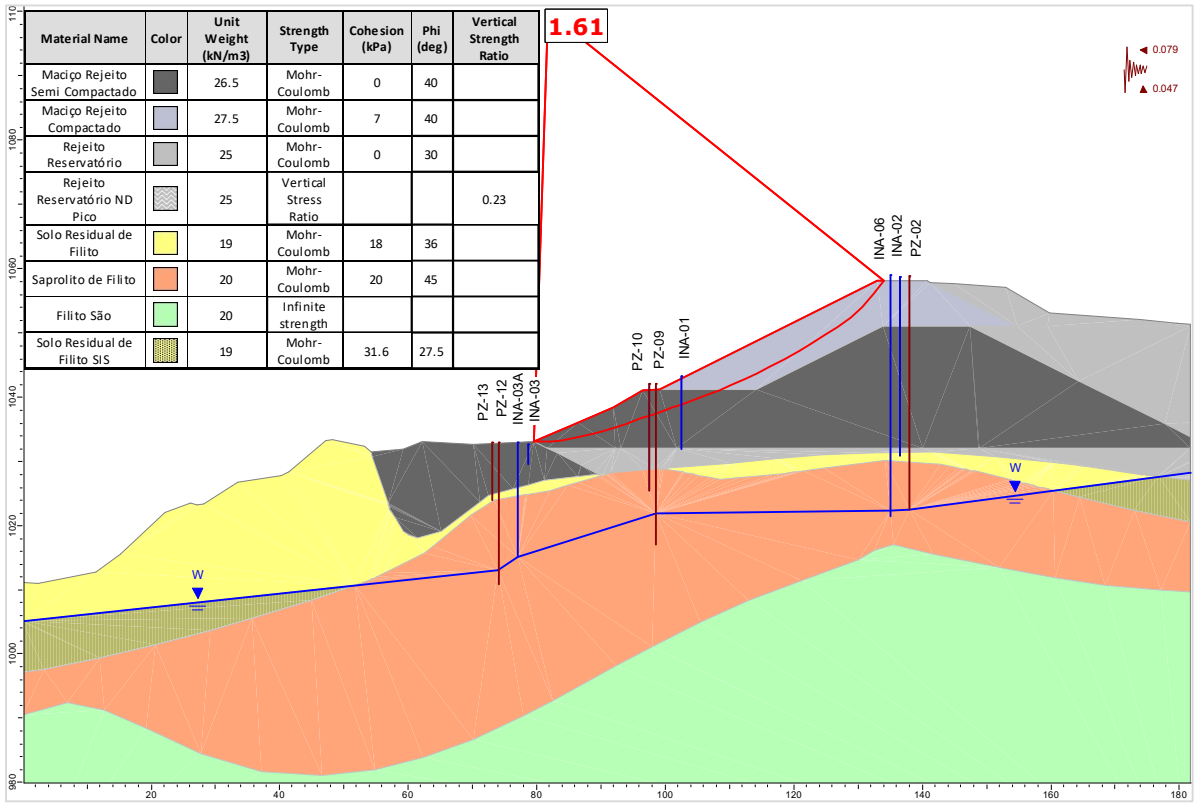


Figura 5.96 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



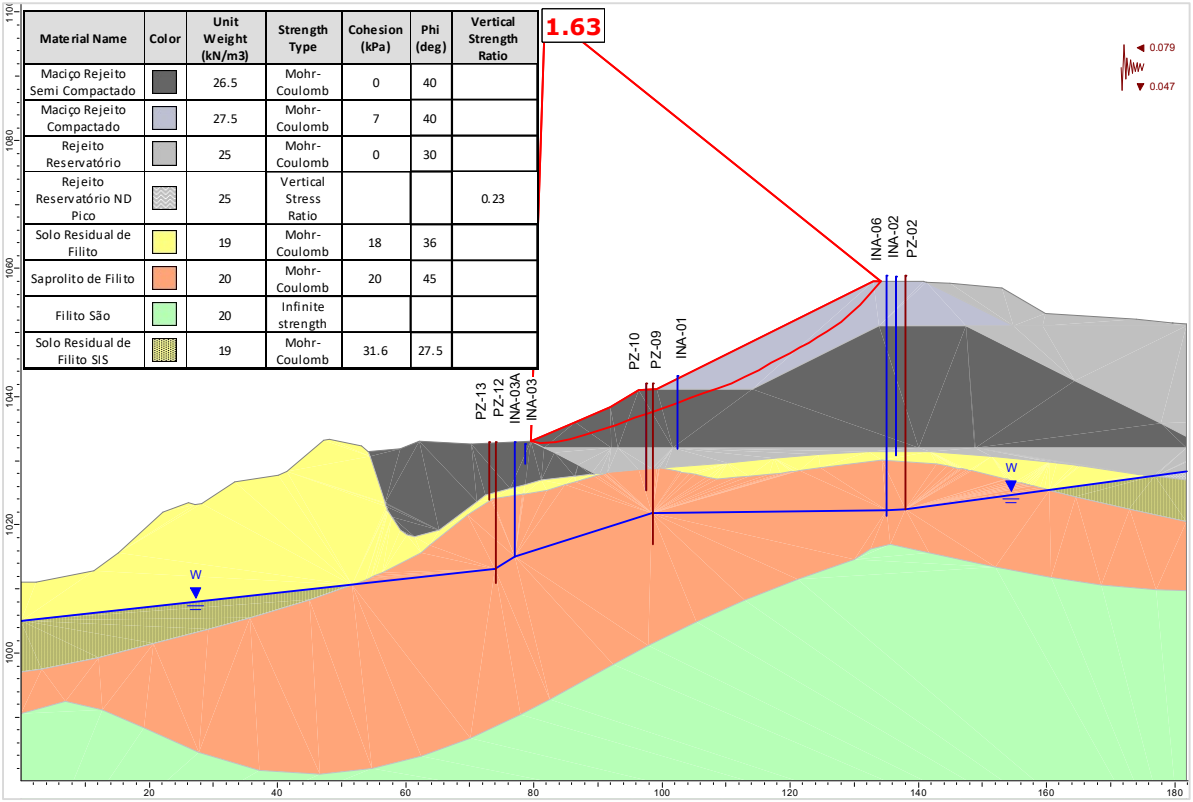
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Rejeito Reservatório ND Liqu		25	Vertical Stress Ratio			0.1
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Filito São		20	Infinite strength			

Figura 5.97 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeito.



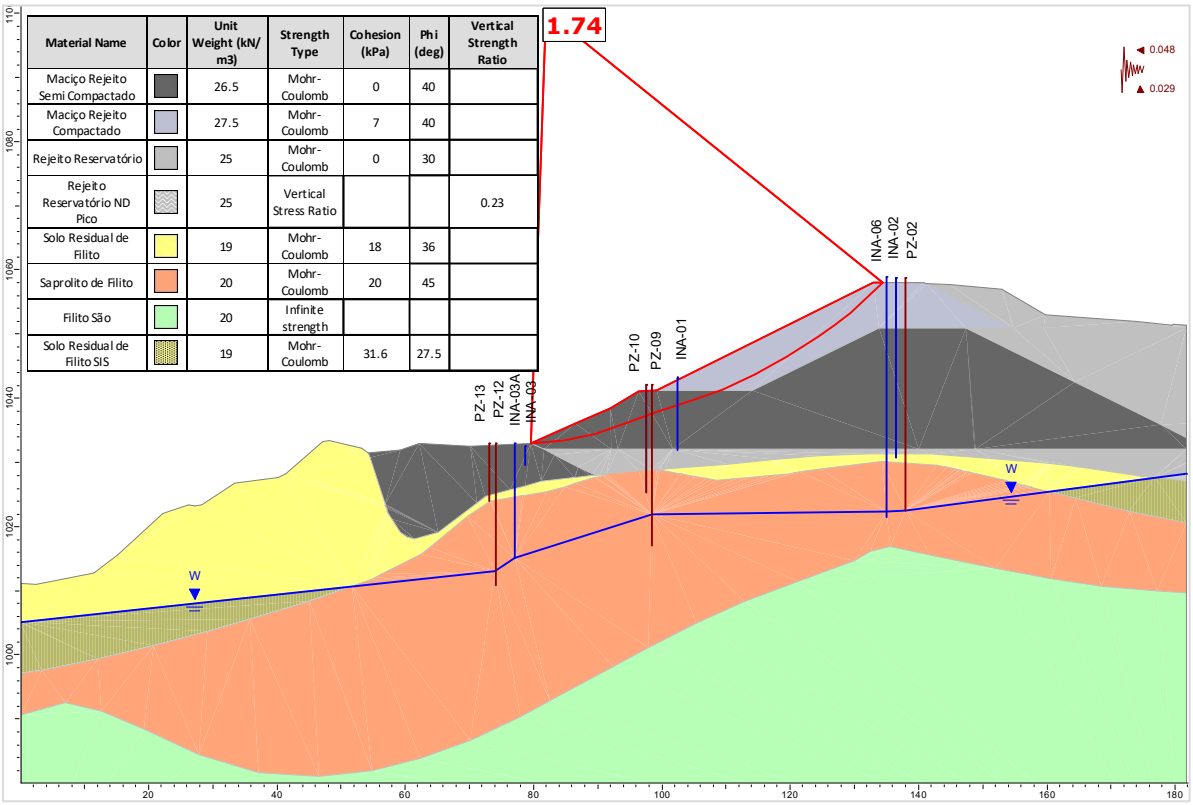
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio			0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Filito São		20	Infinite strength			
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5	

Figura 5.98 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio			0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Filito São		20	Infinite strength			
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5	

Figura 5.99 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio			0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Filito São		20	Infinite strength			
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5	

Figura 5.100 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

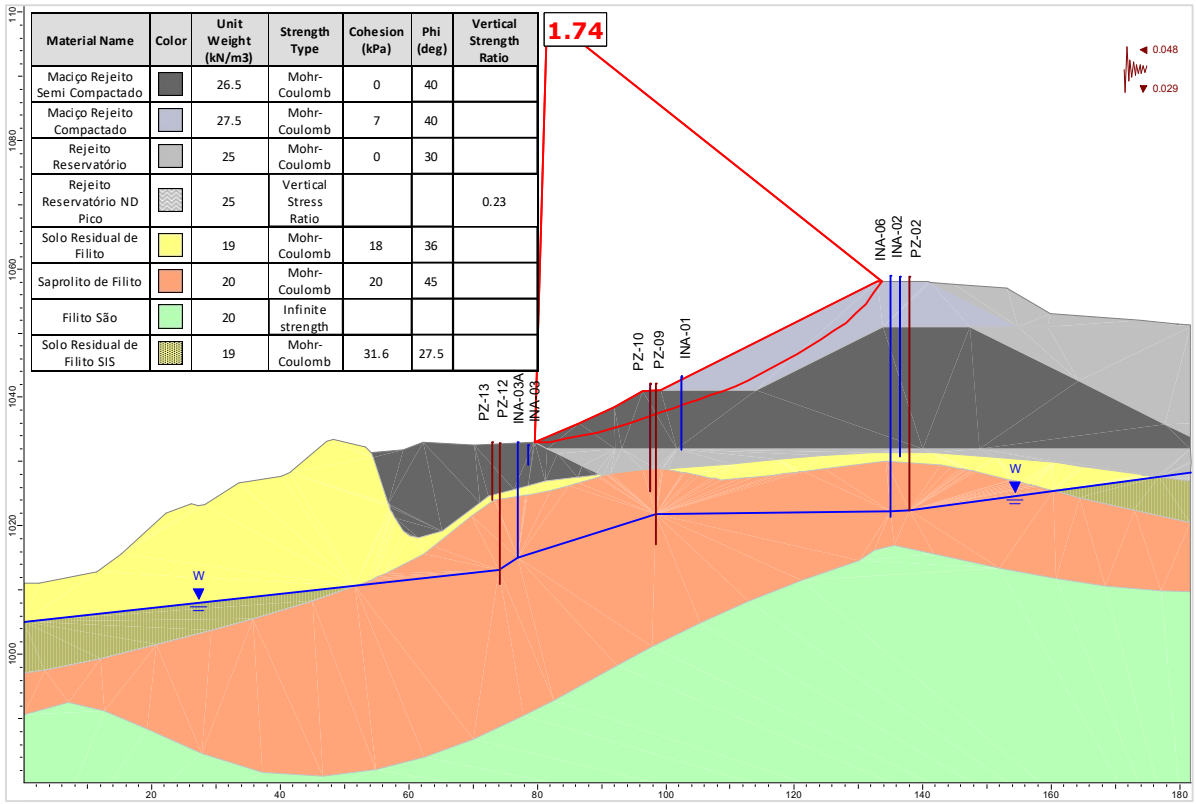


Figura 5.101 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

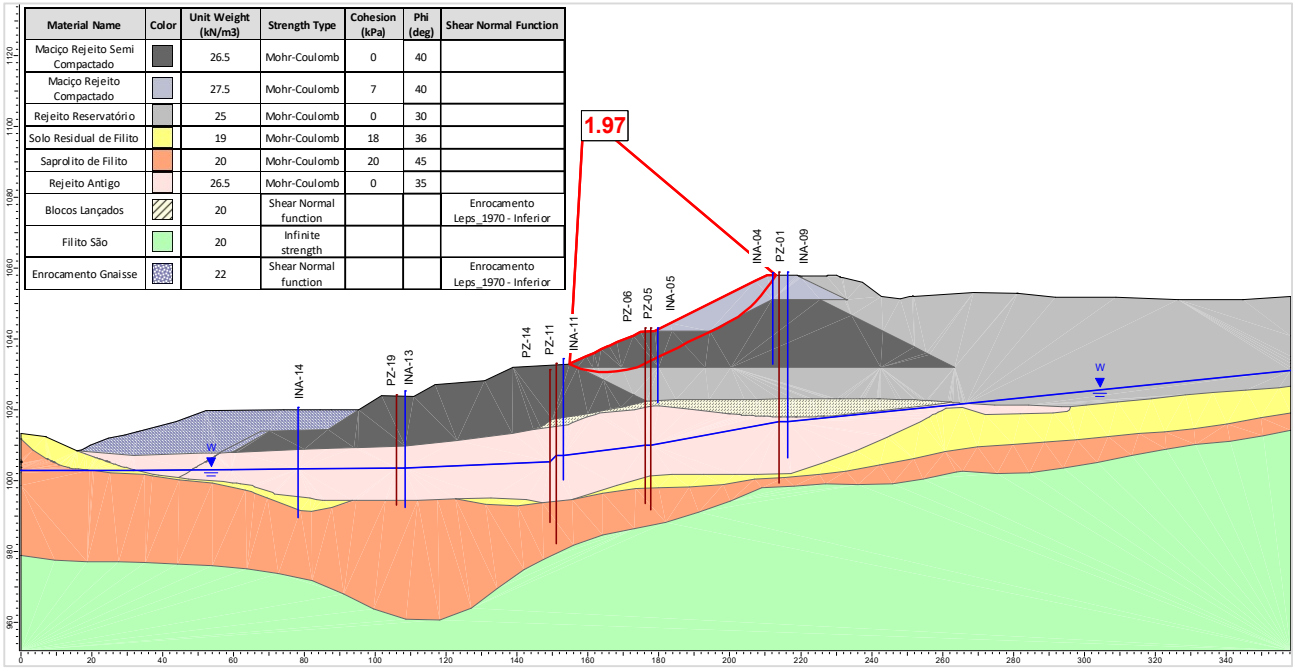
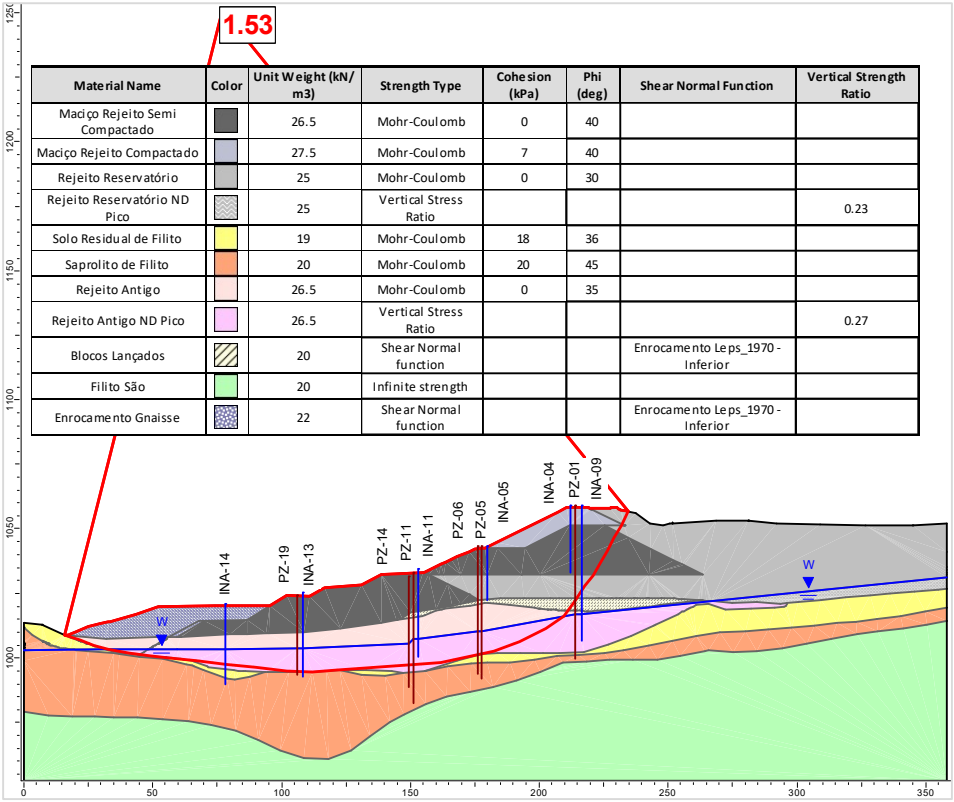
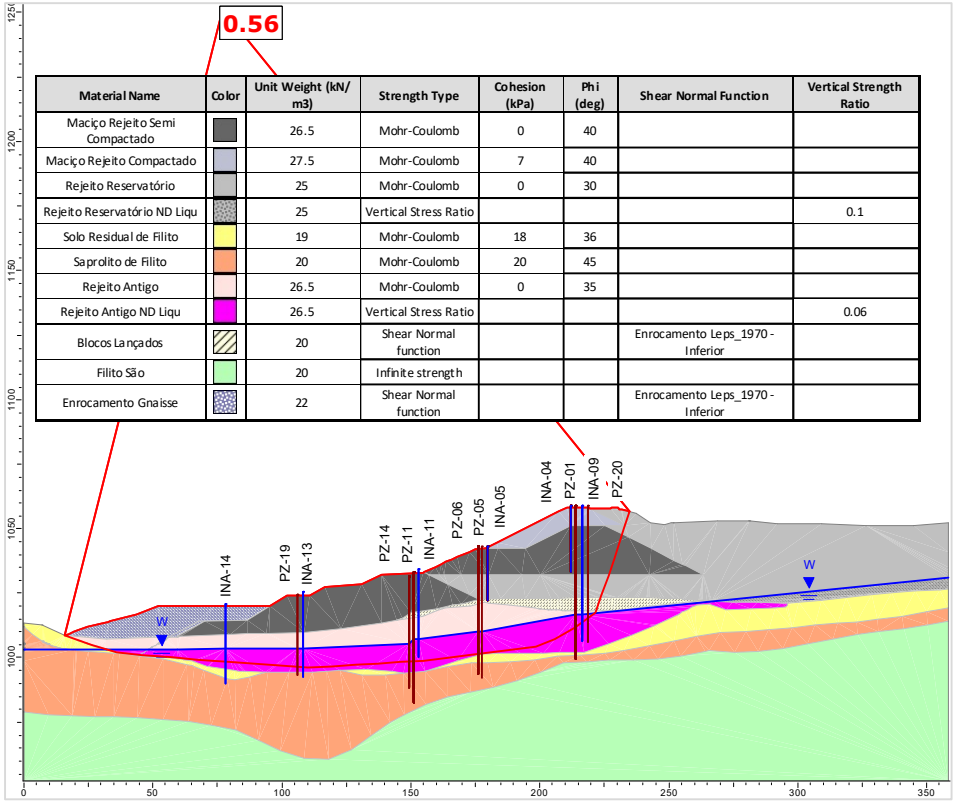


Figura 5.102 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio				0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	

Figura 5.103 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Rejeito Reservatório ND Liqu		25	Vertical Stress Ratio				0.1
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Liqu		26.5	Vertical Stress Ratio				0.06
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	

Figura 5.104 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeito.

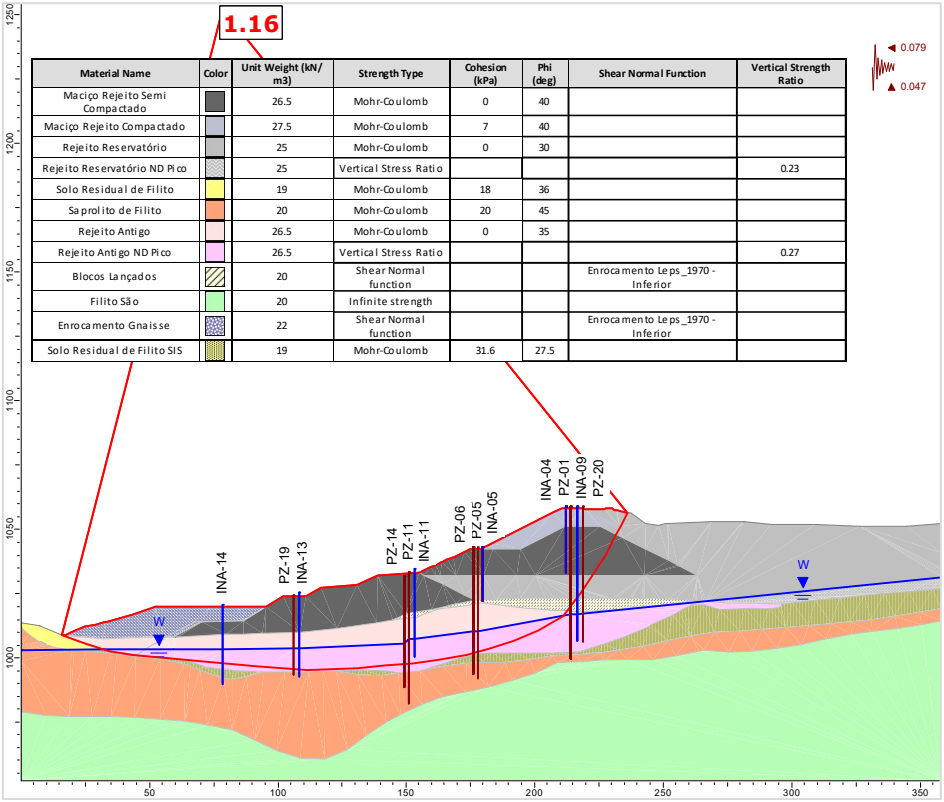


Figura 5.105 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

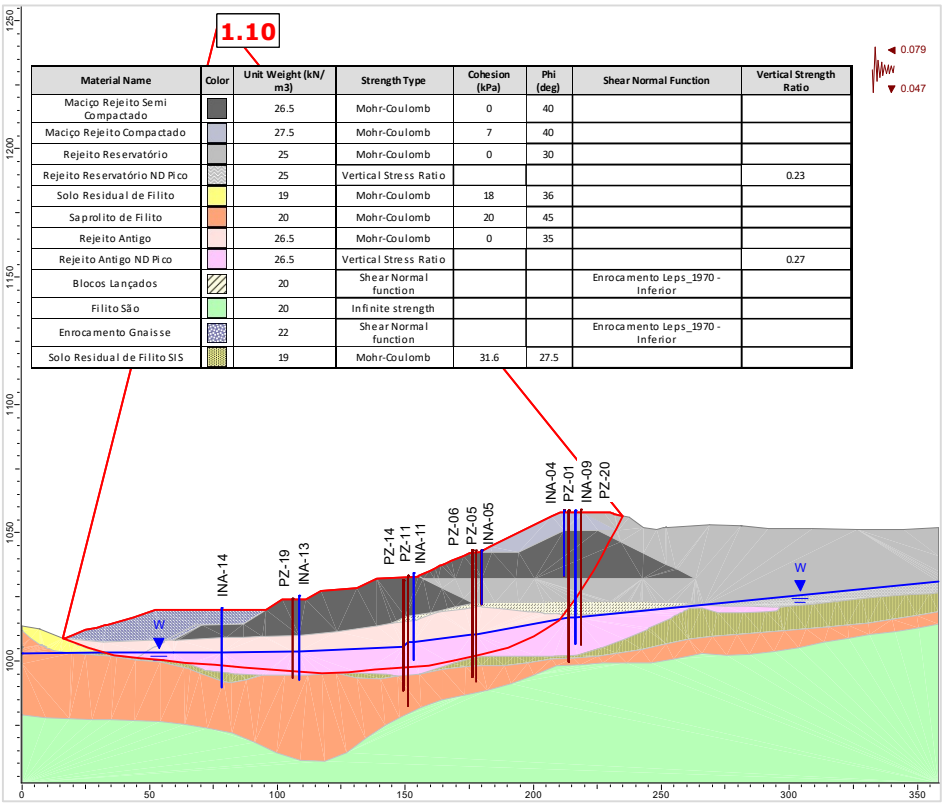
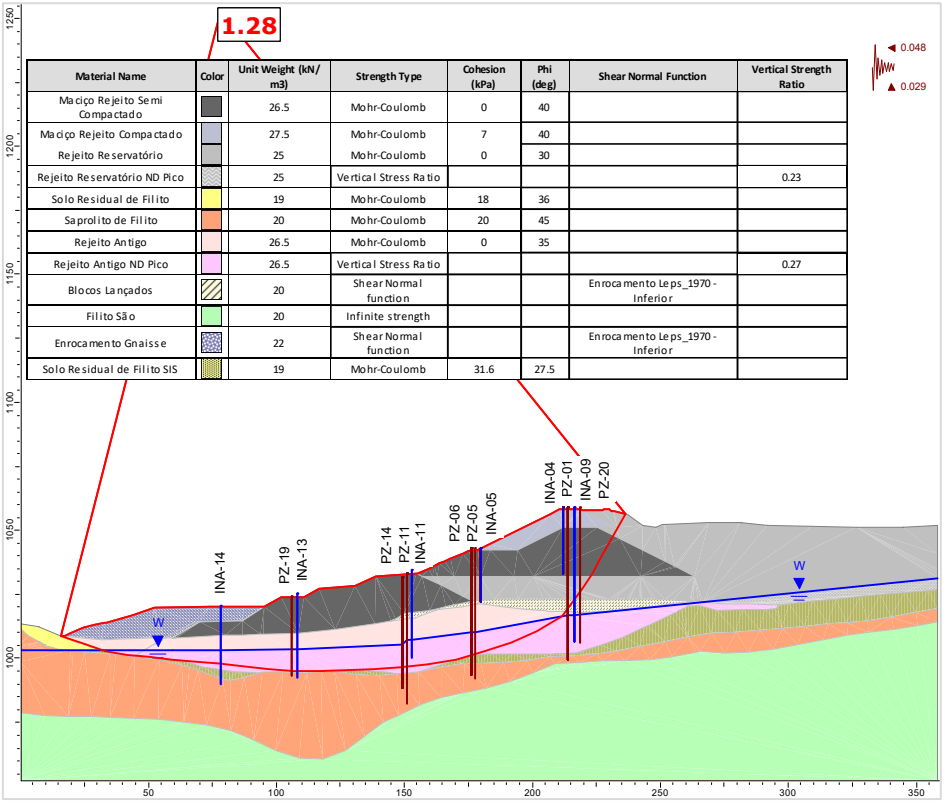
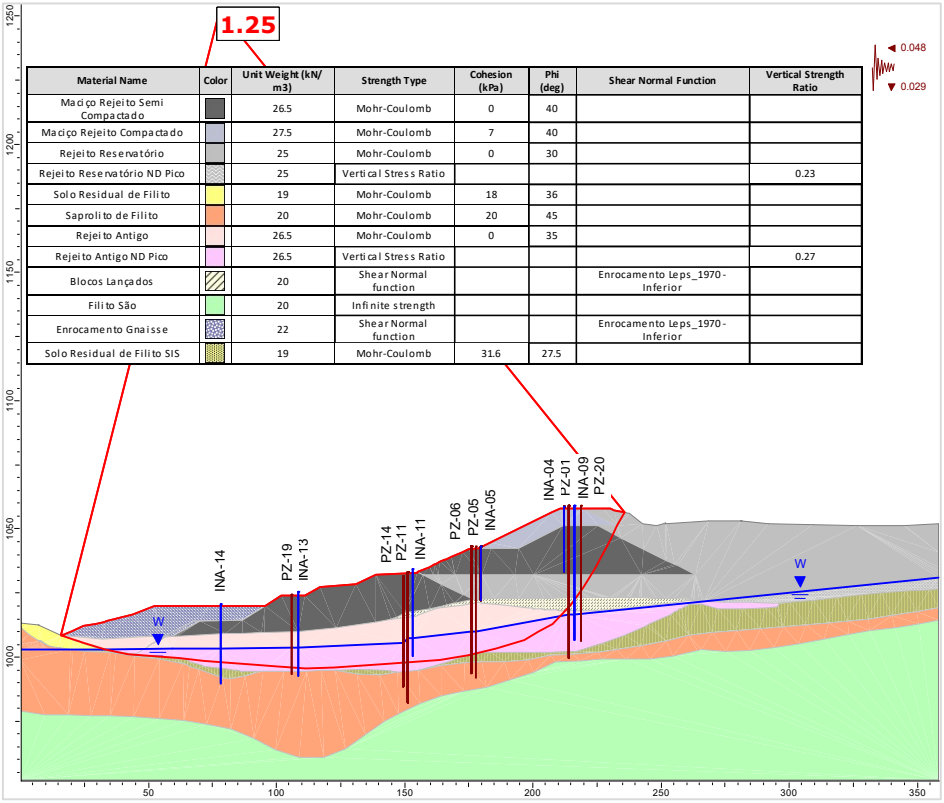


Figura 5.106 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



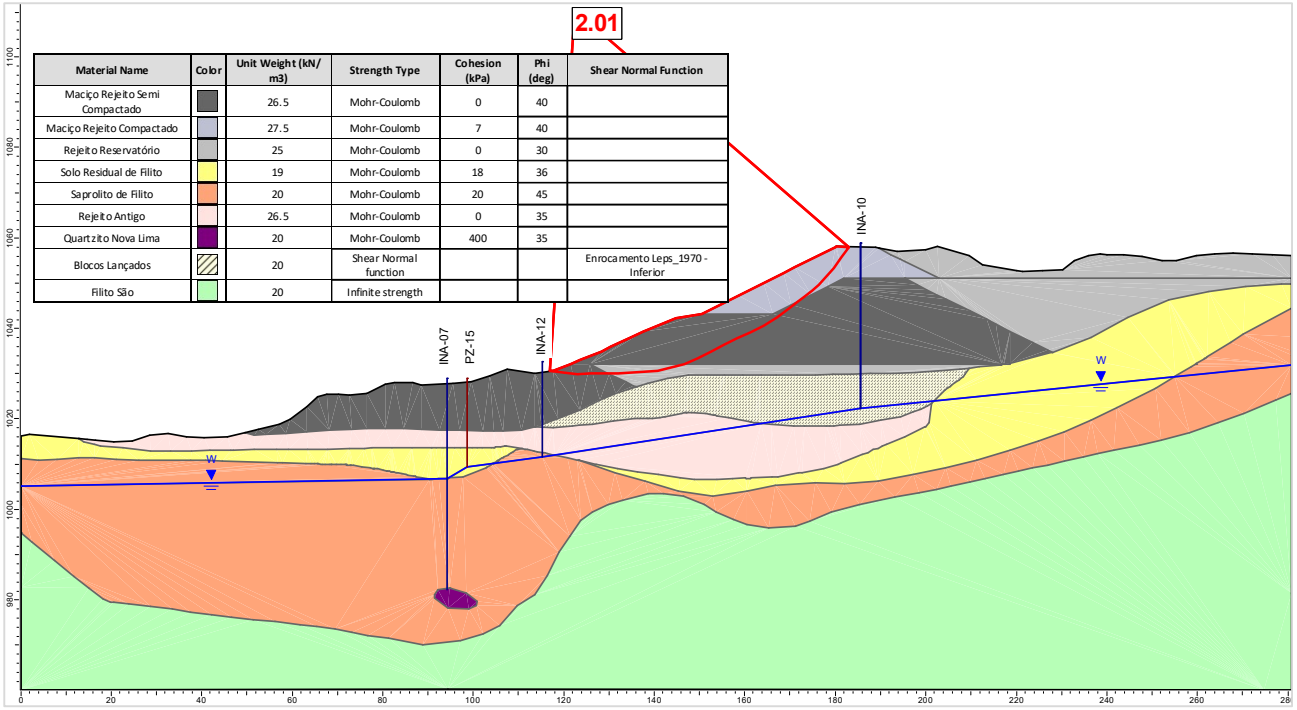
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio				0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.107 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



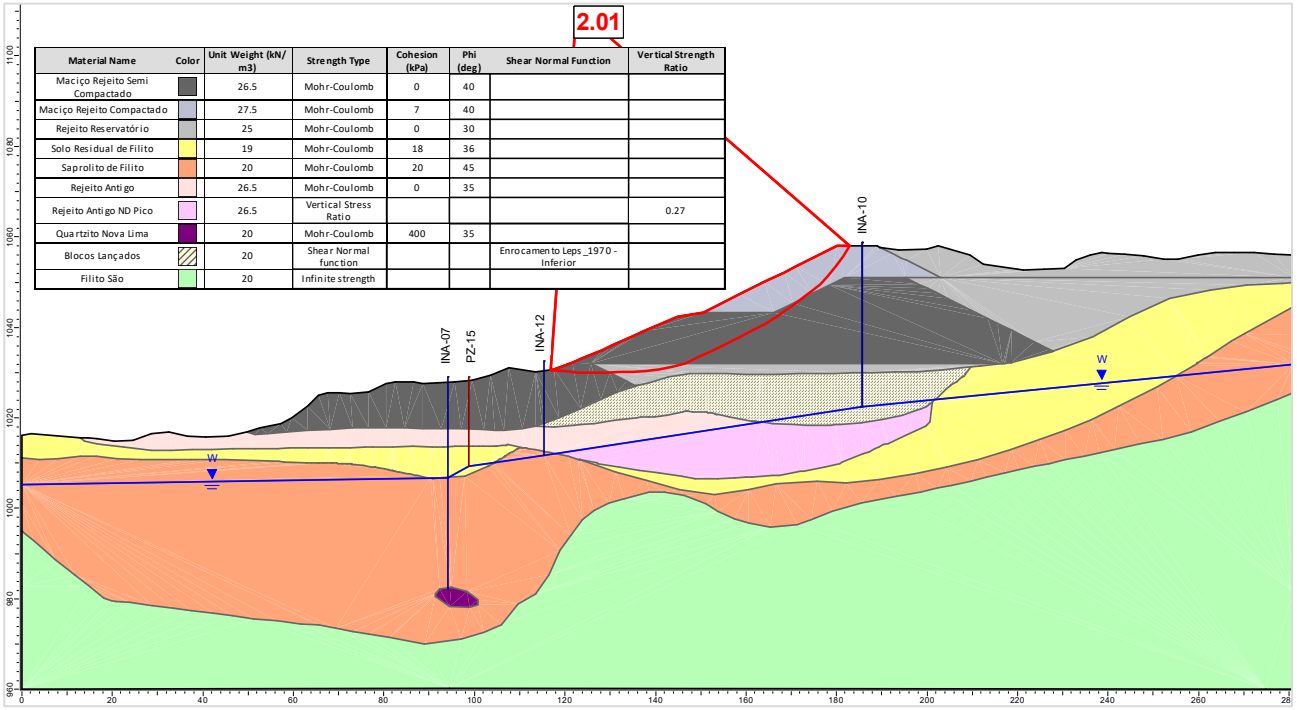
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio				0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.108 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35	
Quartzito Nova Lima		20	Mohr-Coulomb	400	35	
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior
Filito São		20	Infinite strength			

Figura 5.109 – Seção C-C’ – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Quartzito Nova Lima		20	Mohr-Coulomb	400	35		
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				

Figura 5.110 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

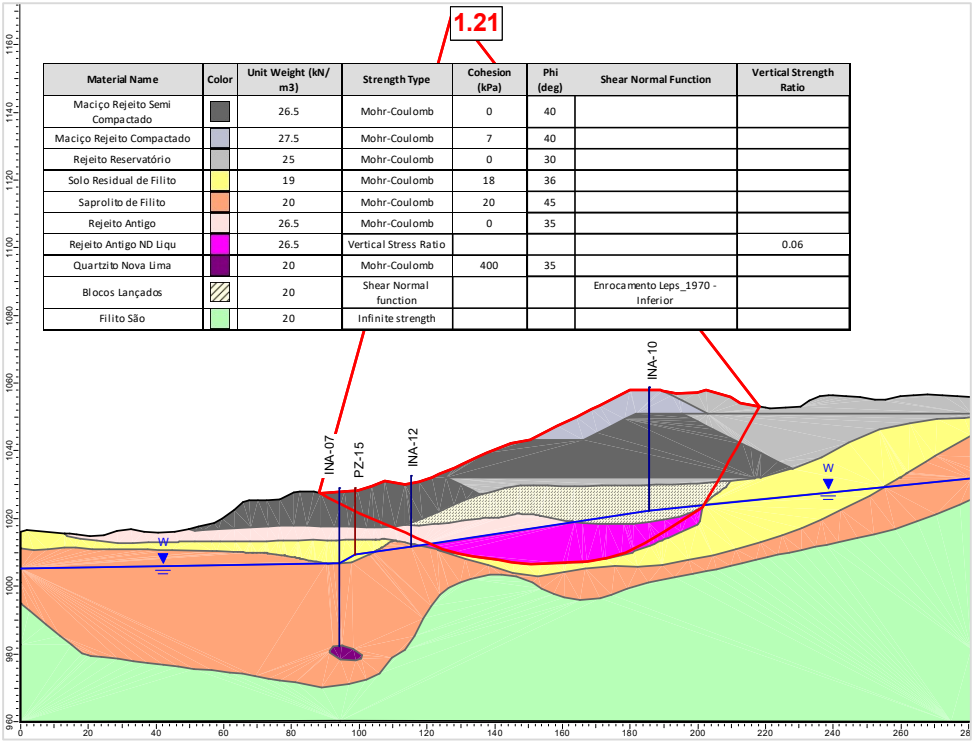


Figura 5.111 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeito.

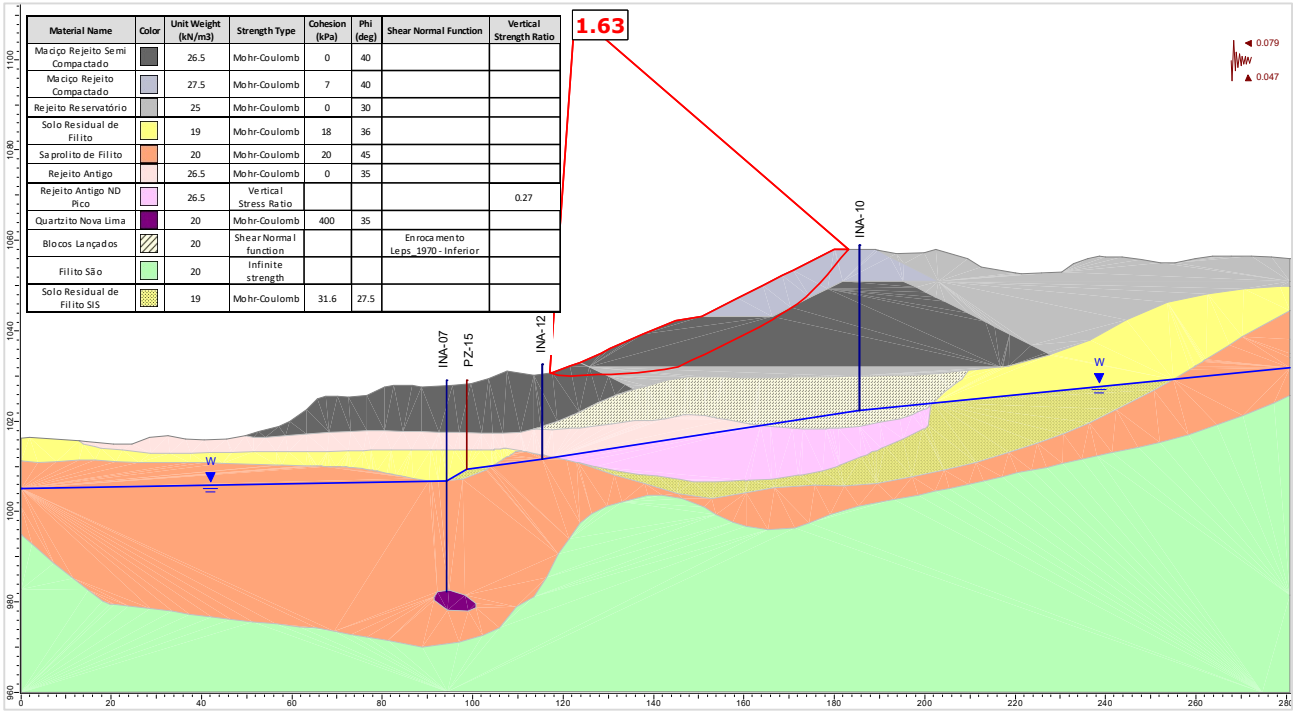
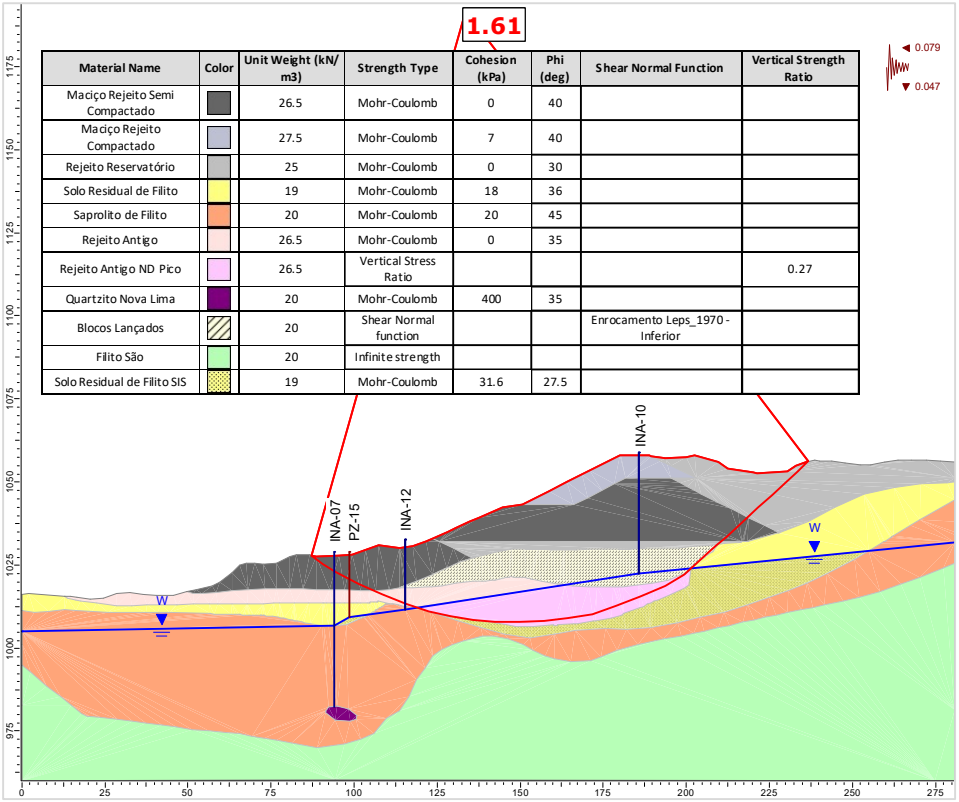
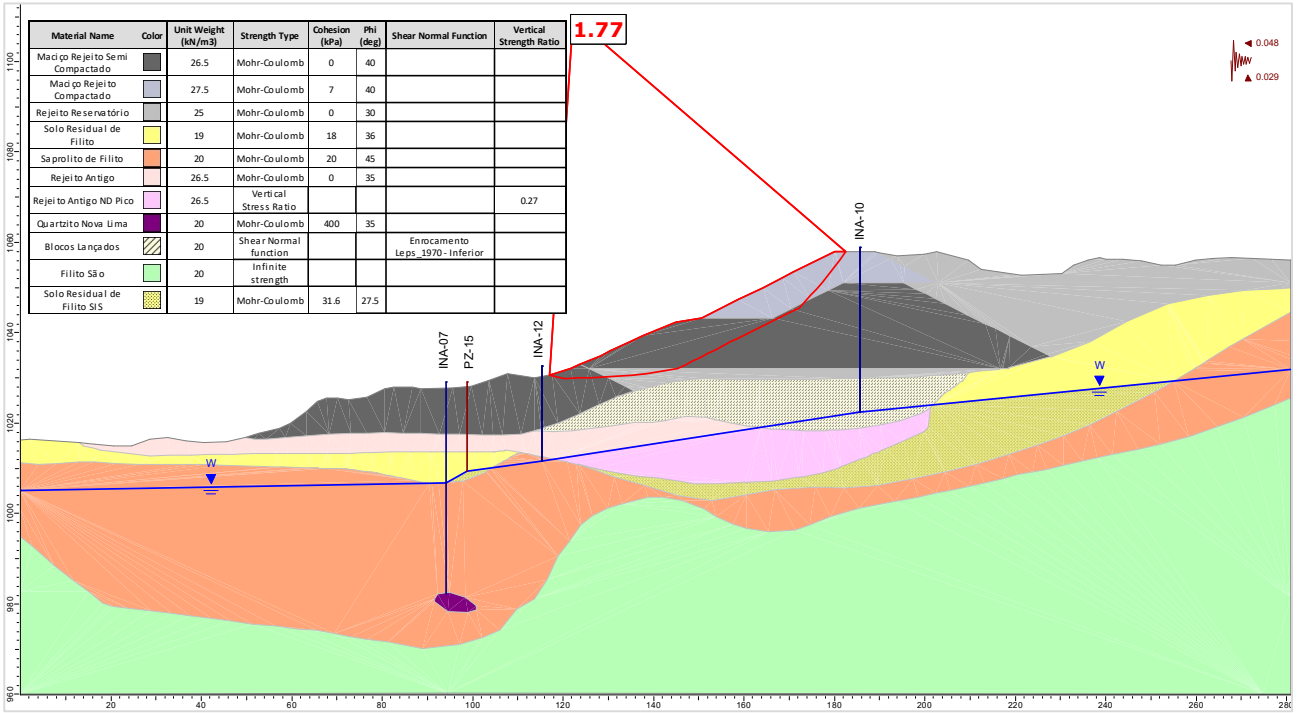


Figura 5.112 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



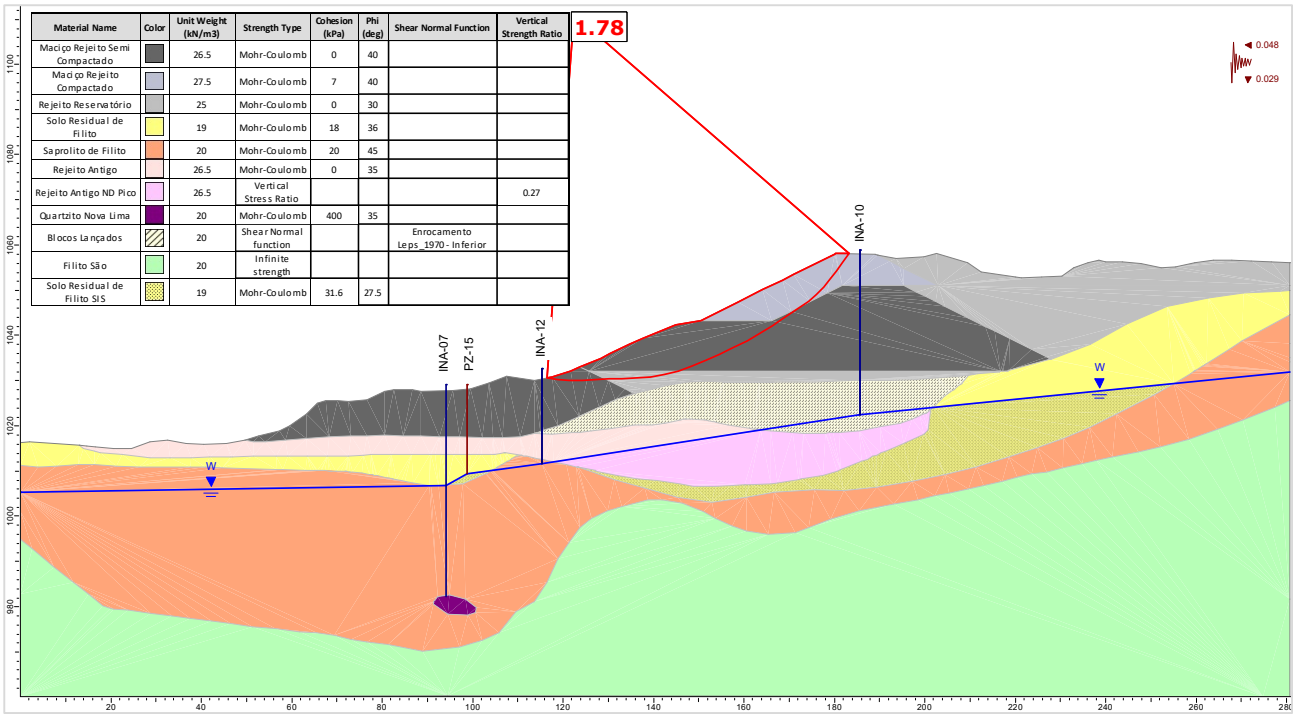
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Quartzito Nova Lima		20	Mohr-Coulomb	400	35		
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.113 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Quartzito Nova Lima		20	Mohr-Coulomb	400	35		
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.114 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Quartzito Nova Lima		20	Mohr-Coulomb	400	35		
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.115 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B1 – Mina Ipê, no período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024).

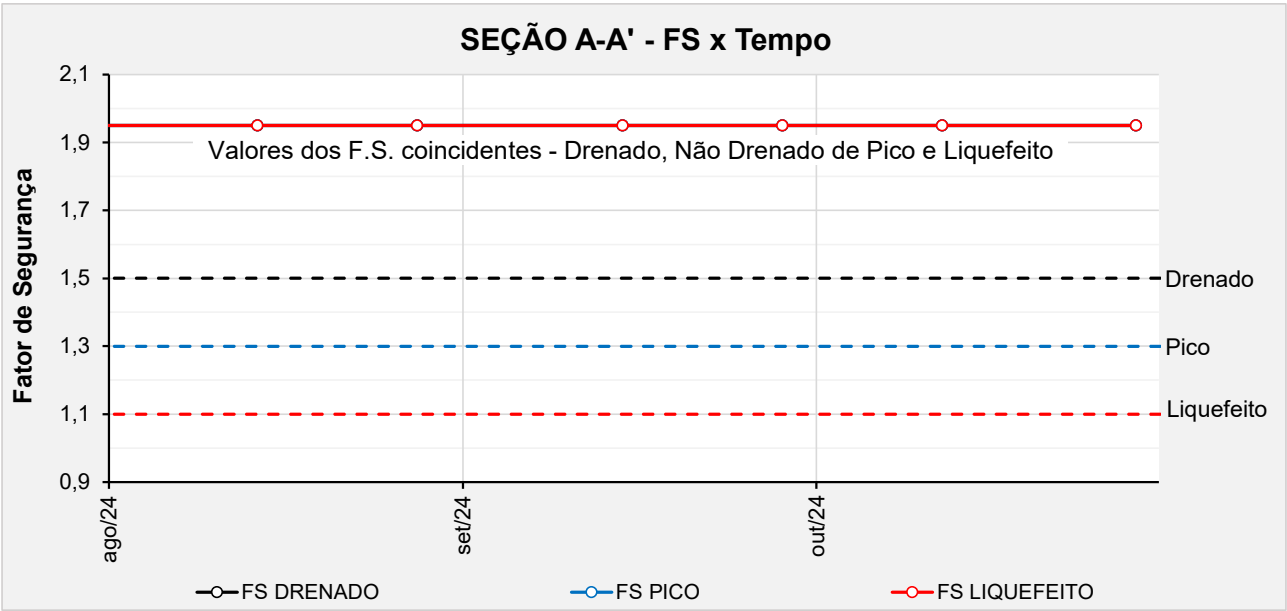


Figura 5.116 – Seção A-A’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

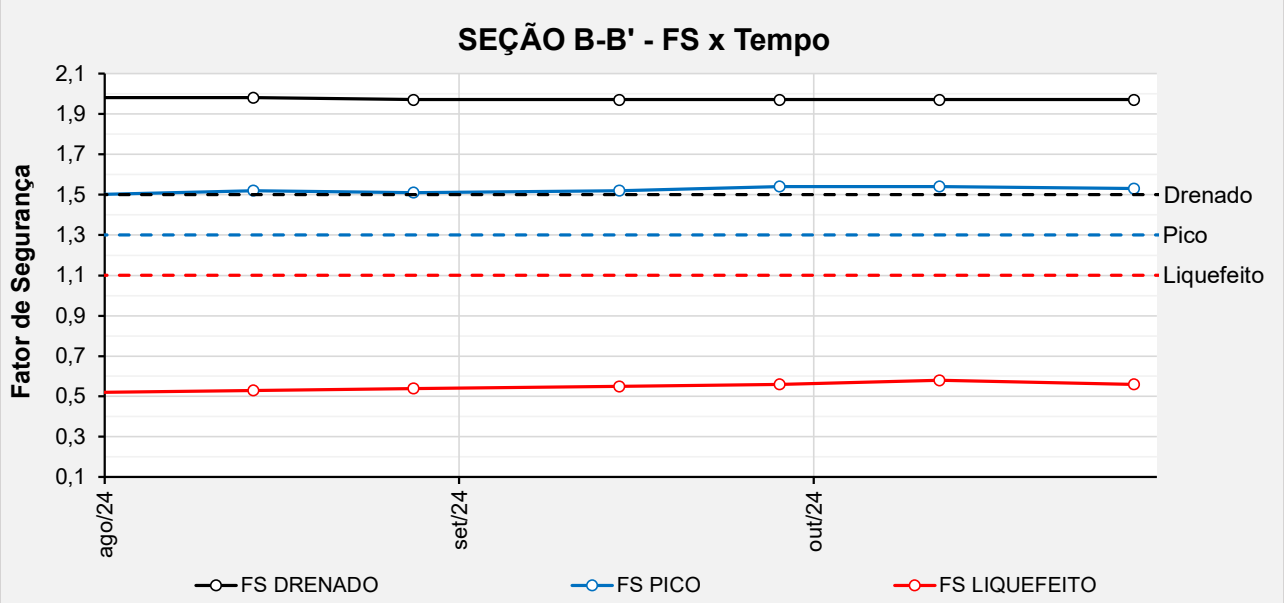


Figura 5.117 – Seção B-B’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

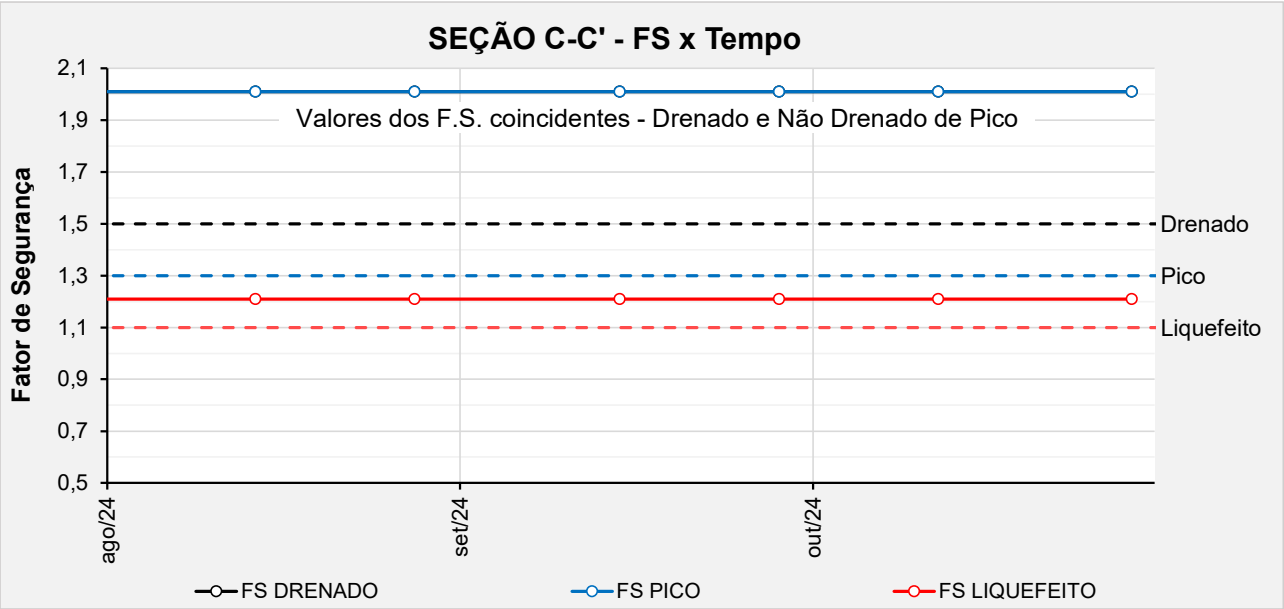


Figura 5.118 – Seção C-C’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

5.8 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

5.9 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B1 – Mina Ipê será fundamental para o início e para continuidade das obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação da profundidade e pressão da água no solo e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos dos taludes.

Parte da fundação da Barragem B1 – Mina Ipê é composta por rejeito antigo que foi caracterizado como material contrátil a partir da análise de ensaios CPTu realizados pela Pattrol na campanha 2020 – 2022. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Tendo em vista que, principalmente na seção de controle B-B', o rejeito na fundação da barragem apresenta espessura e extensão consideráveis, os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade para carregamento não drenado liquefeito são baixos e não atendem aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020. Por essa razão, o rebaixamento da superfície freática atuante na estrutura se constitui na principal premissa deste projeto para início das obras de descaracterização.

Também será realizado uma inspeção visual diária de rotina dos taludes escavados e naturais de forma a monitorar eventuais anomalias de deformação.

Caso os poços de rebaixamento implantados à jusante da barragem consigam influenciar na camada saturada do rejeito, é provável que o fator de segurança atinja o valor mínimo exigido pelo TR da FEAM antes do início das obras.

De acordo com o estabelecido no projeto executivo de descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.558), considera-se que será possível executar as obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê desde que sejam atendidas as seguintes condicionantes:

a) Análise de estabilidade atualizada que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles exigidos pela legislação vigente;
b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima diária;
c) Realização de análises de estabilidade semanal, durante as obras;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 02 (dois) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição anterior, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista que permita autorizar o retorno das atividades.

5.10 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura verificadas nas análises de estabilidade com carregamento não drenado e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e da empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório e fundações para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura deverá ser verificado diariamente durante o período de execução das obras. Já os instrumentos instalados especificamente para o monitoramento do lençol freático no rejeito antigo (INA-09 a INA-14, PZ-19 e PZ-20) deverão ser lidos em intervalos máximos de 04 (quatro) horas. Caso os instrumentos indiquem que a superfície freática se encontra abaixo do nível do rejeito antigo em todos os instrumentos, a obra poderá prosseguir normalmente. Caso contrário, a equipe da MMI ou outra equipe com profissionais qualificados deverá realizar uma análise de estabilidade para verificação do fator de segurança referente à freática medida.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B1 – Mina Ipê. O encarregado

deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O fator de segurança avaliado com os dados atualizados da instrumentação não atender aos critérios mínimos descritos nesse projeto;
- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 02 (dois) sismógrafos instalados na barragem;
- A bomba de rebaixamento do lençol freático parar de operar por qualquer motivo;
- O profissional de campo identificar sinais/evidências de deformação nos taludes das ombreiras e áreas adjacentes;
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista.

6. Obras de Descaracterização

Este item não é aplicável, já que o projeto executivo de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê ainda não foi aprovado pela FEAM e empresas parceiras.

7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 7.1 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.1 IDENTIFICAÇÃO	
VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: a) Memorial descritivo e desenhos das estruturas implantadas, removidas ou modificadas, ou informações equivalentes, bem como dispositivos de proteção ambiental;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: c) Descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: d) Descrição das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. No caso de remoção do maciço e do reservatório, apresentar as medidas adotadas para a execução deste procedimento e um quantitativo dos materiais retirados;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Apresentar as medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório, quando couber, bem como informar o seu nível no estágio atual das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar análises de estabilidade nas condições drenada e não drenada, e levando em consideração as solicitações sísmicas que possam atuar sobre a estrutura, avaliando as resistências de pico e residual para a geometria da barragem na atual etapa da obra;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas análises de estabilidade da condição atual
VI. Apresentar o andamento das medidas de estabilização e/ou reforço para atingir no mínimo os fatores de segurança estabelecidos no item V, bem como das medidas de contingência adotadas caso a estabilidade da estrutura durante as obras não possa ser garantida;	Está em operação poço de bombeamento para rebaixamento da superfície freática.
VII. Apresentar o andamento das obras para: a) Remoção das infraestruturas associadas à barragem, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;	Não aplicável. As infraestruturas associadas à barragem já foram removidas.
VII. Apresentar o andamento das obras para: b) Reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. O nível d'água é mantido o mínimo possível na área do reservatório com a operação de bombas. Está em operação poço de bombeamento para rebaixamento da superfície freática.
VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.	Não aplicável. O projeto de descaracterização considera a remoção completa da estrutura.
VIII. Apresentar a análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções; • Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para corrigir as anomalias registradas durante as inspeções visuais, inclusive daquelas iniciadas em períodos anteriores ao do relatório apresentado até sua finalização.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. No termo de referência para acompanhamento do processo de descaracterização de barragens alteadas a montante no estado de Minas

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	Gerais no item 1.3 relativo às obras de descaracterização é solicitada a apresentação de análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções. Conforme justificativa apresentada, as obras de descaracterização não foram iniciadas. Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, análises de estabilidade da estrutura e indicação das anomalias verificadas, evolução das tratativas para suas correções e prazos para atendimento de recomendações.
IX. Apresentar as leituras da instrumentação instalada na barragem, informando a periodicidade adotada para as leituras e a relação dos níveis registrados pelos instrumentos com os Níveis de Controle de Segurança estabelecidos para a estrutura	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas leituras da instrumentação atualizada com histórico de dois anos hidrológicos.
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas leituras da instrumentação atualizada com histórico de dois anos hidrológicos.
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	O TR de descaracterização de barragens alteadas pelo método de montante não exige protocolo para garantir a segurança dos trabalhadores da obra para barragens com declaração de condição de estabilidade garantida, caso

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	da Barragem B1 – Mina Ipê. O projeto atende ao exposto no item 3.3.1 do TR. Tal protocolo é exigido apenas para estruturas que se encontram em nível de alerta. De qualquer forma o projeto trata de critérios de inspeção e monitoramento para paralisação das obras conforme apresentado no Capítulo 12, mais específico no item 12.3 do Relatório de Descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.763).
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Registros fotográficos da condição atual da estrutura são apresentados quinzenalmente nos relatórios de performance geotécnica
1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: a) Informar ações executadas do programa de manejo do patrimônio espeleológico na área afetada pelas obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: b) Informar as ações executadas ações de resgate da fauna e da flora na área afetadas, se couber;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: c) Deverão ser apresentadas as ações para controle de supressão vegetal e de processos erosivos na área afetada pelas obras de descaracterização, bem como os comprovantes de regularização ambiental da atividade;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: d) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para acompanhamento e controle dos índices de qualidade do ar na área afetada pelas obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: e) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para gestão de efluentes líquidos e resíduos sólidos na área afetada pelas obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Para obras em estágio de finalização, apresentar as medidas adotadas para o manejo e a proteção do solo, dos recursos hídricos, para garantir a estabilidade geotécnica da área descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.5 ASSINATURAS	
Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.6 ANEXO	
Apresentar as anotações de responsabilidade técnica – ART do projeto, do acompanhamento das obras e do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

8. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:



Élias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

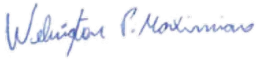
- Responsável técnico pela elaboração do relatório de acompanhamento do processo de descaracterização:



Guilherme de Freitas Roriz Lima

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1015708625 (CREA-GO)

- Responsável técnico pela barragem:

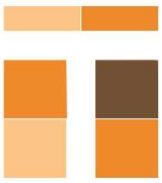


Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

9. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



TERRACOTA
GEOTECNIA

Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243525089

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

GUILHERME DE FREITAS RORIZ LIMA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1015708625**
Registro: **318094MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA BR-381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **CMS000526**
Celebrado em: **01/08/2022**
Valor: **R$ 8.210,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**
Data de Início: **01/11/2024**
Previsão de término: **06/12/2024**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **OUTROS**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1 - MINA IPÊ (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1061), REFERENTE AO TRIMESTRE AGOSTO DE 2024 A OUTUBRO DE 2024, EM ATENDIMENTO AO TERMO DE COMPROMISSO - TC (MPF, MPMG, SEMAD/FEAM, ANM)

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

gov.br Documento assinado digitalmente
GUILHERME DE FREITAS RORIZ LIMA
Data: 27/11/2024 15:24:39-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Brumadinho, 27 de novembro de 2024
Local data

GUILHERME DE FREITAS RORIZ LIMA - CPF: 032.735.701-05

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243525089

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

10. Valor

Valor da ART: **R$ 99,64** Registrada em: **27/11/2024** Valor pago: **R$ 99,65** Nosso Número: **8606145140**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: 1dYwc
Impresso em: 27/11/2024 às 15:13:00 por: , ip: 200.97.244.84

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12824-R-BA-RL-22-GE_r0

AGOSTO 2024

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12824-R-BA-RL-22-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.1024

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00				
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X					26	X					51	X					76	X				
2	X					27	X					52	X					77	X				
3	X					28	X					53	X					78	X				
4	X					29	X					54	X					79	X				
5	X					30	X					55	X					80	X				
6	X					31	X					56	X					81	X				
7	X					32	X					57	X					82	X				
8	X					33	X					58	X					83	X				
9	X					34	X					59	X					84	X				
10	X					35	X					60	X					85	X				
11	X					36	X					61	X					86	X				
12	X					37	X					62	X					87	X				
13	X					38	X					63	X					88	X				
14	X					39	X					64	X					89	X				
15	X					40	X					65	X					90	X				
16	X					41	X					66	X					91	X				
17	X					42	X					67	X					92	X				
18	X					43	X					68	X					93	X				
19	X					44	X					69	X					94	X				
20	X					45	X					70	X					95	X				
21	X					46	X					71	X					96	X				
22	X					47	X					72	X					97	X				
23	X					48	X					73	X					98	X				
24	X					49	X					74	X					99	X				
25	X					50	X					75	X					100	X				

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	29/08/2024						
EXECUTADO	GFL / EJC						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

TERRACOTA GEOTECNIA	**TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS**

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA: 12824-R-BA-RL-22-GE_r0 Nº. MORRO DO IPÊ: IPE.OP.RL.8000.GT.20.1024	**BARRAGEM B1 – MINA IPÊ** **RELATÓRIO TÉCNICO** **RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO**

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc						Rev doc						Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
101	X					126						151						176					
102	X					127						152						177					
103	X					128						153						178					
104	X					129						154						179					
105	X					130						155						180					
106						131						156						181					
107						132						157						182					
108						133						158						183					
109						134						159						184					
110						135						160						185					
111						136						161						186					
112						137						162						187					
113						138						163						188					
114						139						164						189					
115						140						165						190					
116						141						166						191					
117						142						167						192					
118						143						168						193					
119						144						169						194					
120						145						170						195					
121						146						171						196					
122						147						172						197					
123						148						173						198					
124						149						174						199					
125						150						175						200					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	29/08/2024						
EXECUTADO	GFL / EJC						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

SUMÁRIO

1. Introdução 5
2. Documentos de referência 6
3. Códigos e Normas 7
4. Ficha Técnica do Empreendimento 8
4.1 Identificação do Empreendedor 8
4.2 Identificação do Empreendimento 8
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 8
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 8
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 8
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.8 Localização da Barragem 9
4.9 Função atual 10
4.10 Características Gerais 11
4.11 Classificação da Barragem 15
5. Projeto de Descaracterização 20
5.1 Descrição do Projeto 21
5.2 Alterações de Projeto 26
5.3 Atividades Preparatórias 26
5.3.1 Poços de Rebaixamento 26
5.3.2 Sistema de Bombeamento no Reservatório 28
5.3.3 Marcos de Monitoramento na Encosta 29
5.3.4 Câmera de monitoramento do talude da encosta – DEFOX 31
5.4 Cronograma 31
5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos 33
5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado 33
5.6.1 Inspeções de Campo 33
5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções 33
5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem 35
5.6.3.1 Leituras da Instrumentação 42
5.6.4 Análise de Estabilidade 72
5.6.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações 72
5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem 74
5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática 80
5.6.4.4 Parâmetros de Resistência 81

5.6.4.5 Resultados 83
5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 95
5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 96
5.9 Rotina de Monitoramento 97
6. Obras de Descaracterização 98
7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 99
8. Assinaturas 104
9. Anexos 105

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B1 - Mina Ipê**, referente ao trimestre de Maio/2024 a Julho/2024, elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê, o qual foi emitido em fevereiro de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

Apesar de o projeto executivo ter sido emitido em fevereiro de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê não foram iniciadas até o momento.

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.912_r1 – Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragem – Barragem B1 Ipê – Mina Ipê – FEAM – 1º Semestre de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Março/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.558_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.559_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.560_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.641_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Especificação Técnica. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.642_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.652_r2 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.679_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.652_r1 – Barragem B1 – Mina Ipê – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco – Não-drenado. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Agosto/2023.

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784/2019 - Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2017 – dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração, visando atender às condições de segurança, operacionalidade, economicidade e desativação, minimizando os impactos ao meio ambiente.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

4.8 Localização da Barragem

A Barragem B1 – Mina Ipê localiza-se no vale do córrego Quéias, no município de Brumadinho-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 572.390m E e 7.775.120m N, próximo do alto da Serra das Farofas. O acesso é realizado pelo trevo imediatamente após o km 520 da rodovia Fernão Dias (BR-381), à margem direita no sentido sul (BH-SP).

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

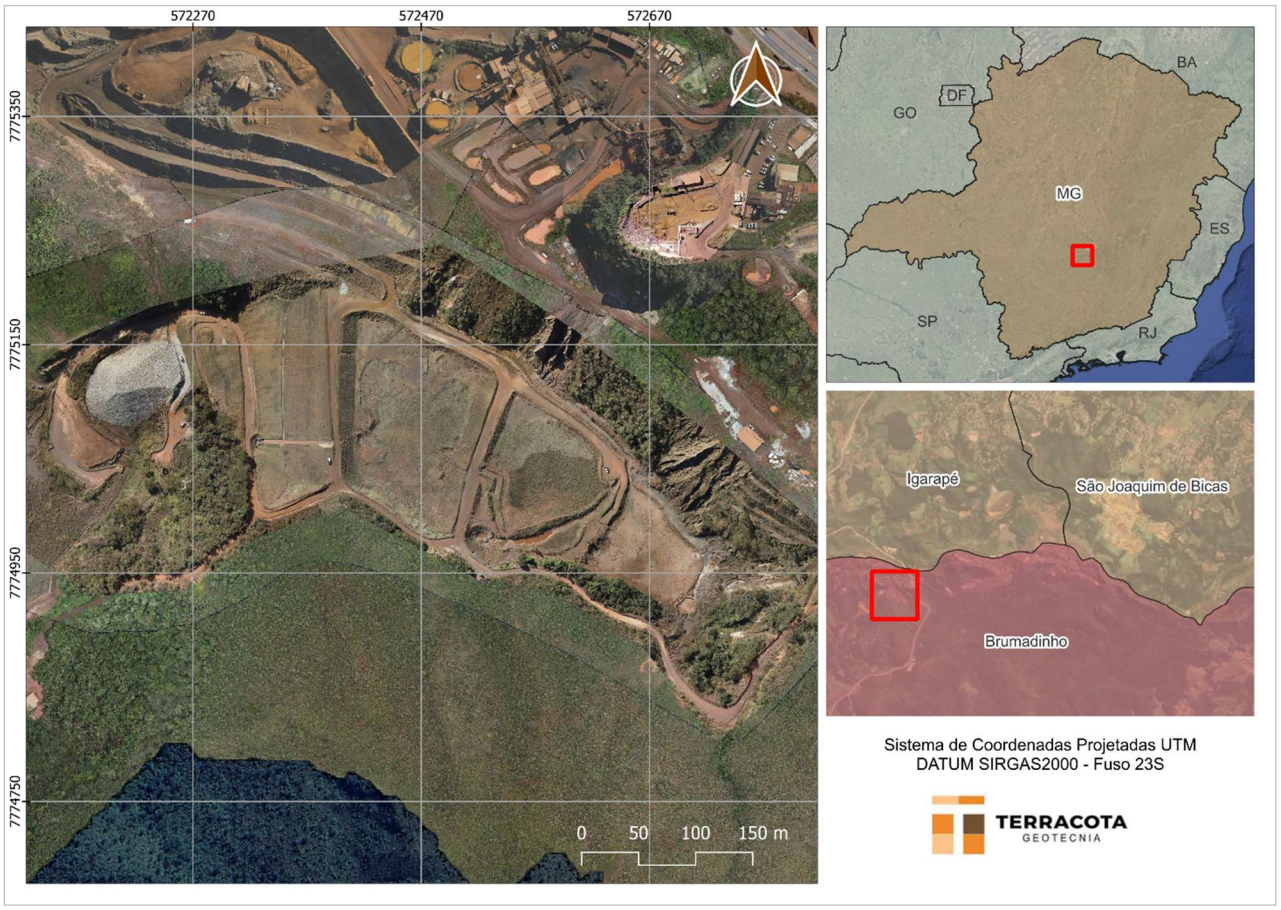


Figura 4.1 – Localização da Barragem B1 – Mina Ipê.

4.9 Função atual

As funções da barragem englobaram a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro da Mina Ipê, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como de Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte, conforme amostragem e ensaios de solubilização e de lixiviação realizados pela empresa Terra Consultoria e Análises Ambientais Ltda. e apresentados nos Relatórios de Ensaios nº 7963/2021, 7971/2021, 7979/2021, 7987/2021 e 7995/2021.

Em virtude da exaustão da capacidade de acumulação da bacia da barragem e da necessidade operacional de se criar espaços para a disposição de rejeitos, a partir do último trimestre de 2010 até dezembro de 2017, foram realizadas operações de retomada ("lavra") do rejeito disposto hidraulicamente e transportados e empilhados mecanicamente. Para tanto, o reservatório foi subdividido em baias de forma a não paralisar as operações sendo que enquanto o lançamento era realizado em uma porção, o rejeito era retomado na outra. O lançamento de rejeitos foi paralisado em dezembro de 2017, operando, desde então, basicamente na retenção de sedimentos exógenos e no amortecimento de cheias provenientes de sua bacia de contribuição. Atualmente a estrutura vem sendo preparada para entrar em processo de descaracterização.

4.10 Características Gerais

A Barragem B1 – Mina Ipê foi construída em 3 (três) etapas, sendo o maciço inicial na El. 1.031,00 m, o primeiro alteamento a montante na El. 1.051,00 m, e o segundo alteamento na El. 1.057,89 m construído em direção a jusante, porém sobre o maciço do primeiro alteamento. Em todas as etapas, foi utilizado rejeito compactado para construção dos respectivos maciços.

Até meados de 2021 a estrutura era considerada como alteada pelo método de jusante, até serem apreciadas as informações contidas no relatório técnico do segundo alteamento, documento R_033_92 elaborado pelo Engenheiro Consultor José Jaime Rodrigues Branco. No referido documento, o autor descreve a execução de um maciço drenante lançado a jusante, a partir do qual a barragem apresentaria condição de estabilidade adequada para realização de sucessivos alteamentos para direção de montante, conforme trecho a seguir retirado do relatório mencionado:

> *"Inicialmente será restaurada a barragem existente com a construção de um maciço drenante lançado para jusante formando um pé para estabilização do maciço atual... [...]*
> *Esta estabilização permitirá a elevação sucessiva de crista da barragem para montante com condições de drenagens e taludes adequadamente dimensionados, de maneira a se manter um fator de segurança para a completa estabilidade do novo maciço... [...] Esta barragem está praticamente toda assoreada com rejeito. Sobre o assoreamento foi projetada a elevação da crista para montante até a cota 556,0 com uma banqueta de 10,0 m de altura na cota 536,0, com altura de 23,0 metros..."*

Entre 2020 e 2022 foi realizada uma extensa campanha de sondagens para subsidiar a elaboração do projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê, na qual foi validada a hipótese de o alteamento ter sido construído pelo método de montante.

Entre fevereiro e março de 2023 foi executado um aterro de reforço a jusante da estrutura de forma a atender o fator de segurança requerido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,30).

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.1, sendo as informações existentes atualizadas considerando um levantamento topográfico de setembro de 2020 (BARRAGEM B1 IPÊ_15_10_ATUAL), levantamento topográfico de novembro de 2021 (B1_IPE_16NOV21), o levantamento topográfico do projeto "*As Built*" do segundo alteamento (TOPOGERAL_11082014.dxf), o levantamento topográfico "*As Built*" do aterro de reforço (CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg) e o levantamento topográfico cadastral (CADASTRO_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B1_IPE_21JUN23.dwg).

Na Figura 4.2 é apresentada uma imagem de satélite da estrutura. A Figura 4.3 e Figura 4.4 apresentam o arranjo geral e a seção B-B' de maior altura da barragem.

Tabela 4.1 – Principais características da Barragem B1 – Mina Ipê.
(Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.912_r1)

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B1 – Mina Ipê
Código FEAM	132
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: - 20° 07'11.300" Longitude: - 44°18'26.900"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	572.390m E / 7.775.120m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	~1991
Ano de Início de Operação	~1991
Ano de Término de Operação	2017
Ano de Término de Descaracterização	2025 (previsão)
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (projeto)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total (m³)	1.236.370 (*)
Volume do reservatório (m³)	943.579 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	786.359
Área do reservatório (m²)	51.226
Elevação mínima do coroamento (m)	1.057,89
Elevação do terreno natural no pé do barramento (m)	1.002,10
Altura atual da barragem (m)	55,79
Extensão do coroamento (m)	176,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, no mínimo 3,0
Inclinação geral do talude jusante	2,55H:1V (21,4º)
Alteamentos realizados e seus métodos empregados	2 alteamentos a montante (**)
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.057,39 / 1.057,07 (***)
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.057,86 / 1.057,50 (***)
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,50 / 0,82 (***)
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,03 / 0,39 (***)
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	6,72 / 3,22 (***)
Descarga do vertedouro (PMP) (m³/s)	14,33 / 8,50 (***)
Capacidade de Descarga do vertedouro (m³/s)	15,00
Área da bacia de contribuição (km²)	0,51

(*) Volumes atualizados a partir das superfícies resultantes da nova interpretação geológica elaborada pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos hídricos e levantamento topográfico de novembro de 2021 acrescido de 31.705 m³ referente ao aterro de reforço;
(**) O maciço do segundo alteamento foi construído no sentido para jusante, porém é uma ampliação do maciço do 1º alteamento, executado pelo método de montante.
(***) Valores obtidos considerando que todo o volume livre estaria disponível para a passagem do trânsito de cheias.



Figura 4.2 – Imagem da Barragem B1 – Mina Ipê. (Fonte: Ortofoto MMI – Julho/2024).

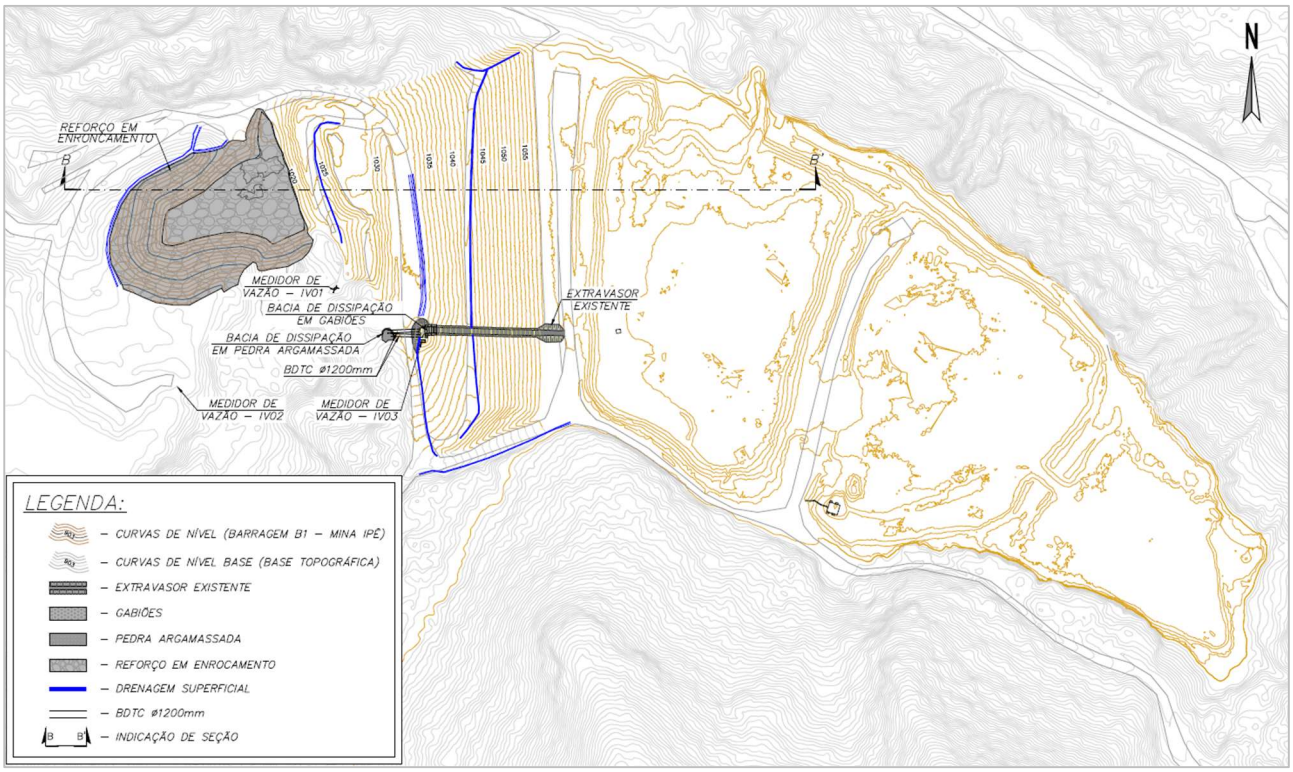


Figura 4.3 – Arranjo Geral atual da Barragem B1 – Mina Ipê.

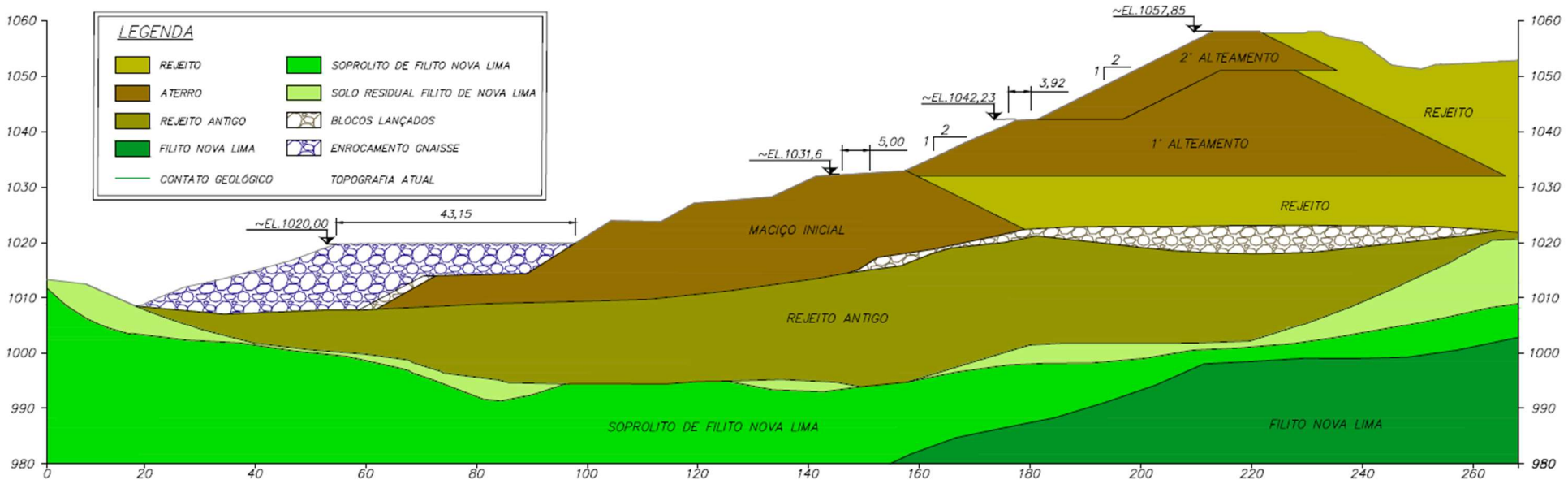


Figura 4.4 – Seção de maior altura B-B’ da Barragem B1 – Mina Ipê.

4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B1 – Mina Ipê** foi classificada, conforme RTESB referente ao 1º semestre/2024 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.912), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.2 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	15
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**15**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.3 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	1
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**19**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.4 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.5 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	**50m< Comprimento <200m (1)**	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	200m≤ Comprimento ≤600m (2)	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 15				

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 0				

Tabela 4.8 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	**BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)**
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanen-temente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de insta-lações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO (Existe alta concentração de instalações residen-ciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
PDA = Σ (a até d) = 19			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de remoção completa dos rejeitos dispostos no reservatório, além dos maciços, tanto o maciço inicial quanto os alteamentos realizados e do aterro de reforço, de forma a retornar o vale a uma condição próxima a original;
- O projeto considera a utilização de poço de rebaixamento instalado a jusante da barragem para o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis na fundação antes do início das obras e que esta condição será mantida e monitorada durante os trabalhos de forma a atender os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado liquefeito (FS≥1,1) em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização;
- O atendimento à premissa anterior considera que a barragem trabalhará em condições drenadas, dessa forma não haverá necessidade de se adotar uma Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ);
- O projeto de descaracterização foi concebido para ser executado em duas etapas macro de remoção (dois anos/ciclos), sendo a primeira com remoção dos rejeitos do reservatório até a elevação 1.043,0 m e rebaixamento do maciço da barragem para a elevação 1.046,50 m e a segunda concluindo a remoção completa na elevação 1.001,0 m;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos. Mesmo assim, o projeto contempla a escavação no rejeito de *sumps* provisórios no interior do próprio reservatório, para direcionamento dos fluxos de água de chuvas eventuais a serem bombeados para a planta de processo. Essas estruturas serão realocadas a medida do avanço do rebaixamento do rejeito;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada em camadas de espessura média de 2,0 m, que poderá ser ajustada em campo, condicionada à capacidade de suporte do material. Caso necessário, serão executadas valas drenantes para deságue do rejeito saturado com o objetivo de garantir condições de segurança e operação para trafegabilidade dos equipamentos durante a atividade de lavra. Nos casos em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro com rejeito seco (aterro de conquista) de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;
- O volume total geométrico de remoção previsto, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.100.789 m³;

- Deverá ser realizada a recomposição vegetal da área do terreno natural exposta pelas escavações após remoção dos rejeitos e maciços, com utilização de materiais apropriados. Conforme item 3.6 da TR de Descaracterização da FEAM, a técnica será determinada com embasamento no diagnóstico da área pós-descaracterização à medida que avançam as obras e se tenha as reais condições da superfície exposta com objetivo final de reintrodução da área ao contexto da paisagem local;
- Será proposta uma proteção na calha do fundo do vale com blocos de enrocamento onde se espera que haja fluxo de água, de forma a proteger o local contra erosão.

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê é composto por 02 (duas) etapas macro, conforme descrito no relatório do projeto (IPE.OP.RL.8000.GT.20.560), contemplando as escavações dos rejeitos dispostos no reservatório até a elevação 1.043,0 m e o rebaixamento dos maciços dos alteamentos até a elevação 1.046,50 m, apresentada como Etapa 1, e a remoção do restante dos rejeitos dispostos no reservatório, dos maciços de alteamentos e maciço inicial, dos rejeitos existentes na fundação (rejeito antigo), além da remoção do reforço em enrocamento a jusante e utilização do material como revestimento do canal e *sump*, compreendidos na Etapa 2.

A execução da obra está prevista para ser realizada em duas etapas macro, sendo que a adequação do sistema extravasor faz a divisão entre essas etapas. Para cada etapa será realizada a remoção dos seguintes volumes de materiais:

<u>Etapa 1</u>

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 447.562.m^3;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 57.650.m^3.

<u>Etapa 2</u>

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 226.600.m^3;
- Volume de blocos a serem removidos da fundação: 14.210.m^3;
- Volume de blocos a serem removidos do aterro de reforço a jusante: 31.705 m^3;
- Volume de "rejeitos antigos" a serem removidos da fundação: 99.000.m^3;[1]
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 224.062.m^3.

[1] Neste volume estão considerados os volumes de escavação do *sump* e do canal de drenagem a ser implantado após as escavações de remoção do rejeito.

Com base na taxa de escavação média aproximada entre 2.800 e 3.100 m³ por dia, fornecida pela MMI, cada etapa está prevista para ser executada em um período seco (6 meses, de maio a outubro), podendo ser estendido em função do regime de chuvas.

Os taludes de escavação terão inclinação de 1V:3H, quando for executado em rejeito disposto no reservatório, e 1V:2H, quando resultantes das escavações em rejeito dos maciços compactados. A Figura 5.1 apresenta o resumo da sequência construtiva de remoção do rejeito em camadas.

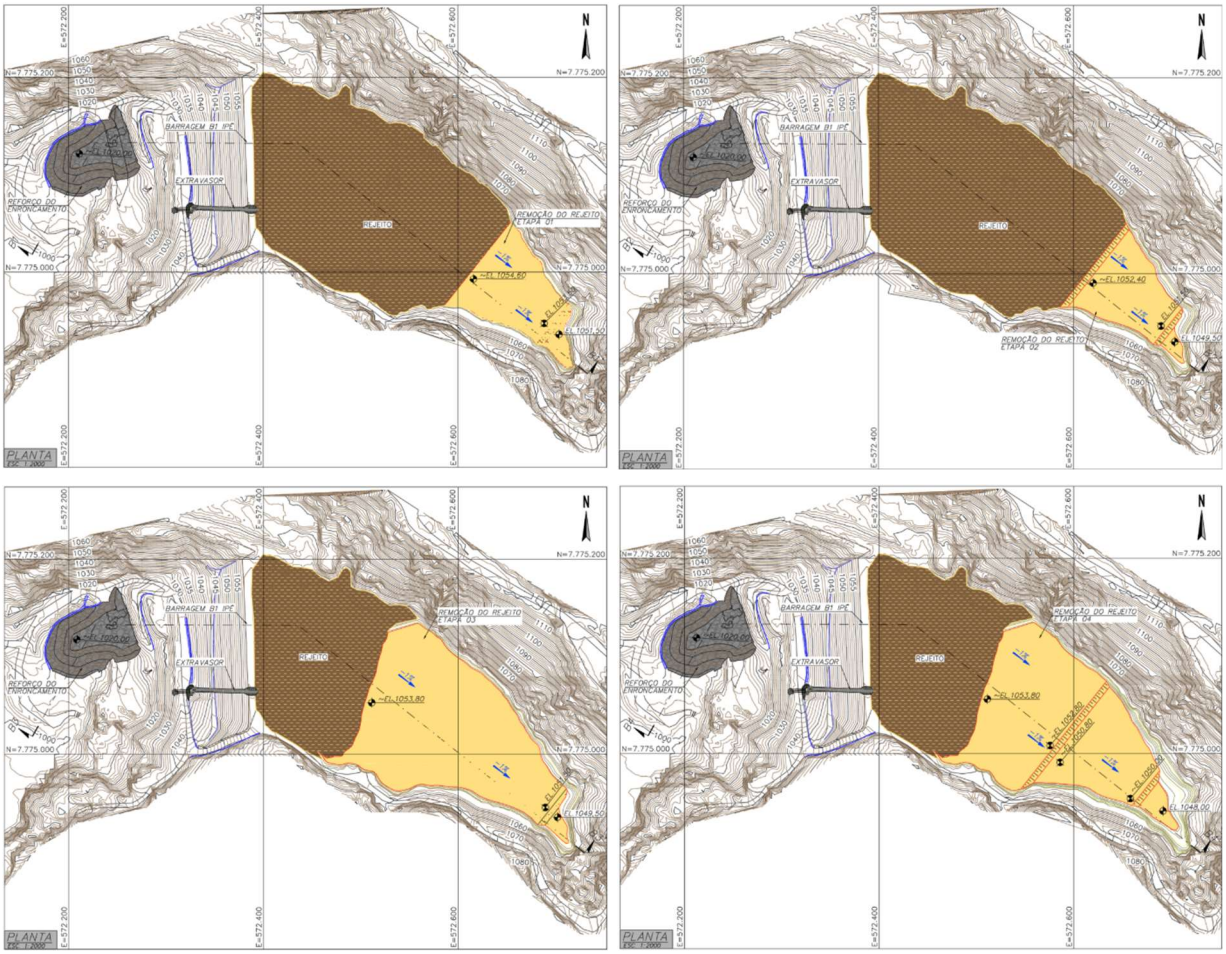


Figura 5.1 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente às quatro primeiras etapas.

Ao término das obras, com a remoção completa dos rejeitos, a área do espaldar da barragem e do reservatório se encontrará conformada em uma condição próxima à original e com o vale protegido com blocos de enrocamento como forma de controle de erosões.

Também faz parte das obras a adequação do sistema extravasor, na etapa de remoção intermediária da barragem, com coroamento do maciço na elevação 1.046,50 m e soleira do extravasor na elevação 1.043,50 m.

A execução das obras deverá cumprir com as diretrizes apresentadas na especificação técnica, nos desenhos de projeto e no relatório técnico do projeto executivo. Ressalta-se que as especificações detalhadas neste documento poderão ser ajustadas conforme experiência adquirida em campo durante a execução das obras, desde que aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

Durante a execução de todas as fases deverá ser realizada a remoção e limpeza dos rejeitos do reservatório e alteamentos / maciços até o terreno natural nos encontros com as ombreiras.
As áreas expostas do terreno natural deverão receber recomposição vegetal como forma de proteção contra erosões/ravinamento, sendo que o talvegue remanescente no meio do vale deverá receber proteção com enrocamentos.

O volume a ser escavado de rejeitos no reservatório será de aproximadamente 674.000 m³. O volume a ser escavado de aterros compactados dos alteamentos e do maciço inicial da barragem, também executados com rejeitos, será de aproximadamente 282.000 m³. As obras também envolvem a escavação de blocos lançados e os rejeitos antigos da fundação com volumes em torno de 14.000 m³ e 99.000 m³, respectivamente. Também serão removidos 31.705 m³ de blocos do aterro de reforço a jusante da estrutura que será utilizado no revestimento do *sump* e canal de drenagem a serem implantados após a remoção da estrutura. A soma de todos os materiais a serem removidos durante as obras de descaracterização totalizam aproximadamente 1.101.000 m³.

A seguir são apresentadas figuras representativas das etapas de execução do projeto de descaracterização.

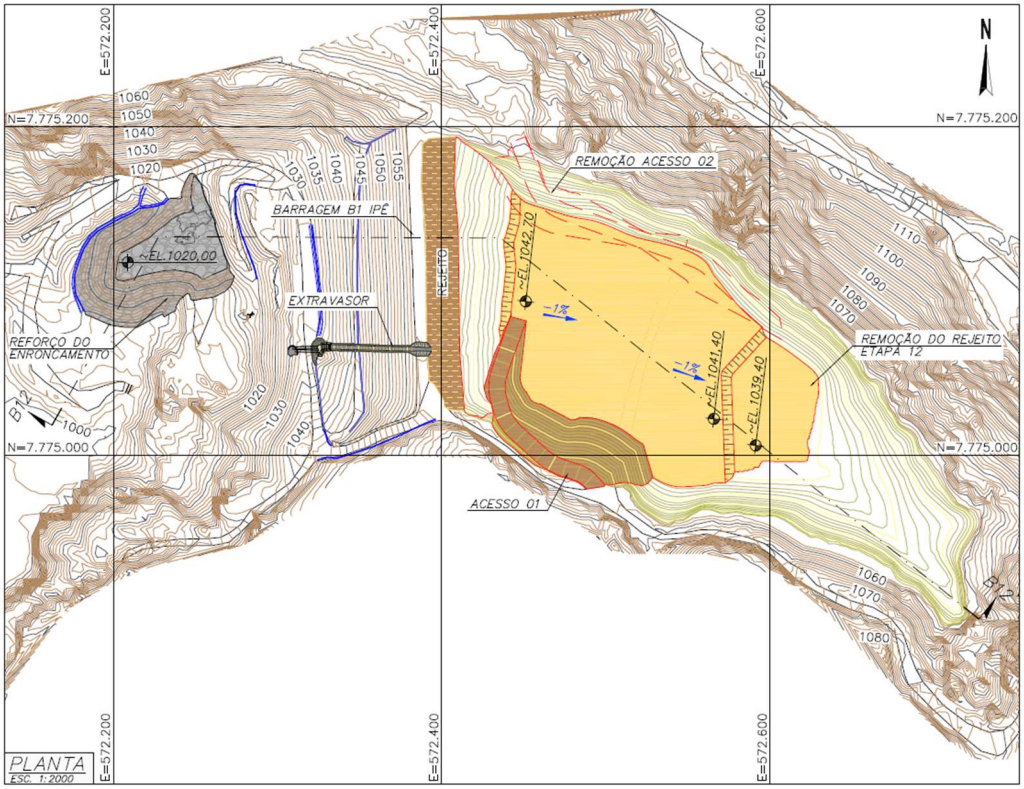


Figura 5.2 – Etapa 12 – Remoção do rejeito do reservatório sem escavação do maciço.

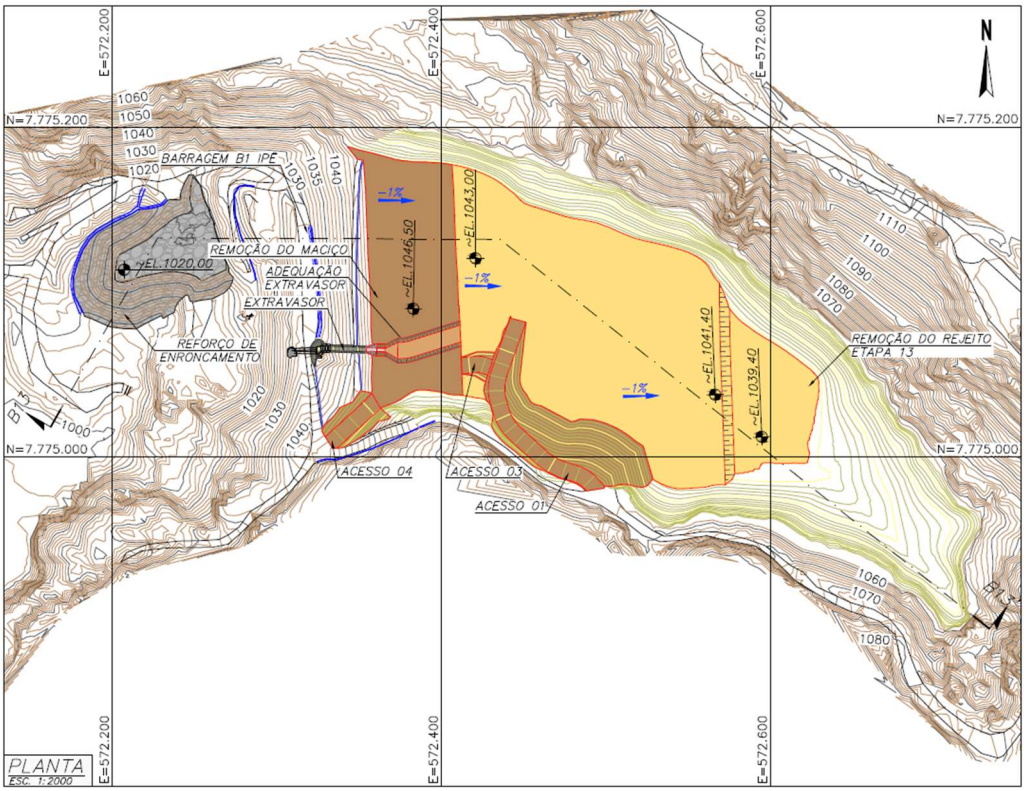


Figura 5.3 – Etapa 13 – Escavação do maciço e implantação de novo sistema extravasor.

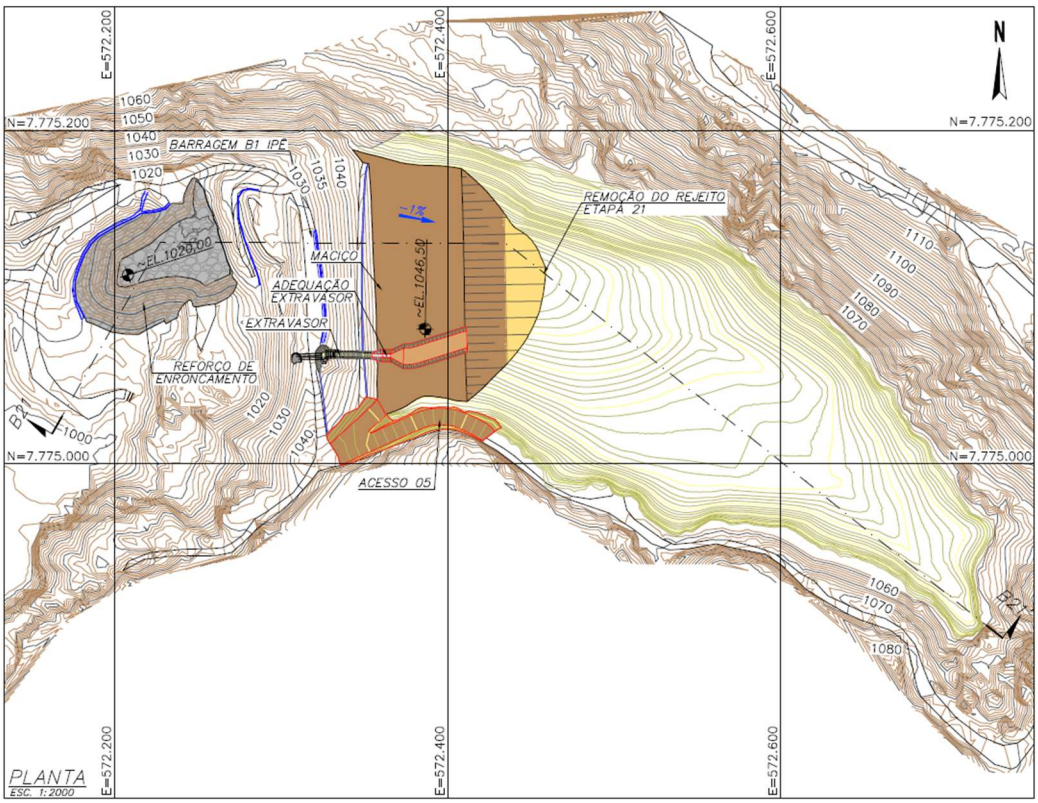


Figura 5.4 – Etapa 21 – Início da escavação do restante dos maciços e do rejeito antigo e a conformação do fundo do vale.

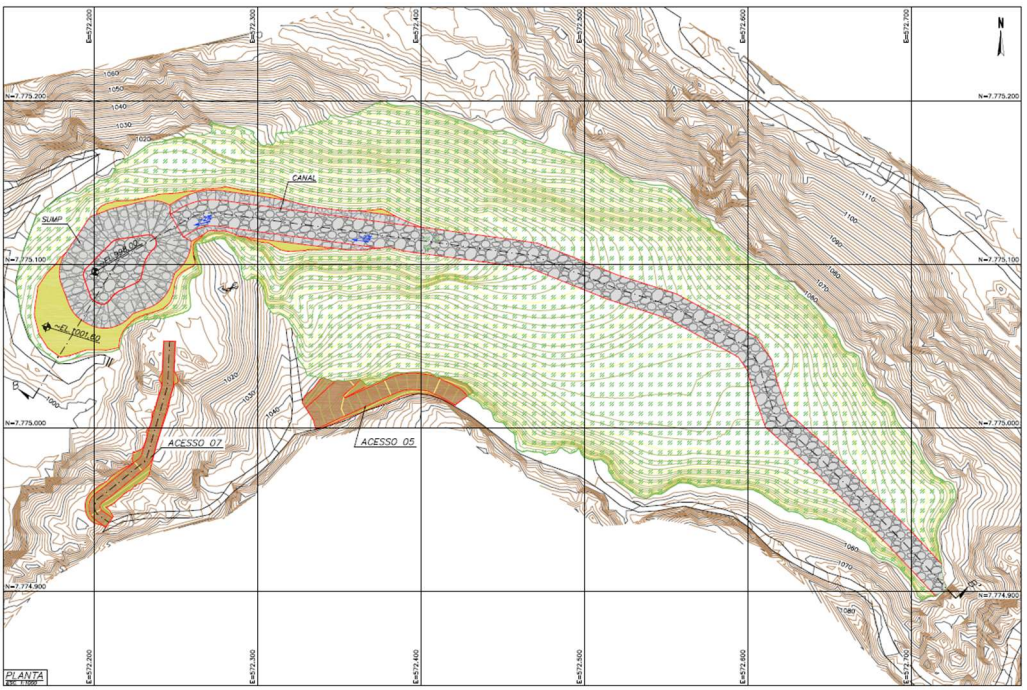


Figura 5.5 – Arranjo geral após a finalização das obras.

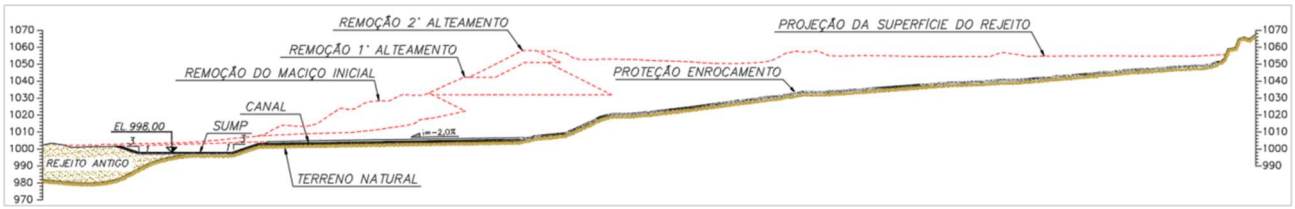


Figura 5.6 – Seção transversal passando pelo vale após a finalização das obras.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização.

5.3 Atividades Preparatórias

A seguir são apresentadas as atividades preparatórias para início da obra de descaracterização executadas durante o período avaliado.

5.3.1 Poços de Rebaixamento

Como premissa do projeto de descaracterização da Barragem B1- Mina Ipê, o nível freático deve estar abaixo da camada de rejeito contrátil presente na fundação da barragem. Para atingir este objetivo, foi executado pela empresa Master Poços, na 1ª quinzena de abril de 2023, um poço de bombeamento (PT-01) com aproximadamente 176 m de profundidade, para rebaixamento do lençol freático local. Foi realizada a instalação da bomba (Motobomba Leão S65-10 600 – 35 CV - 440 Trifásica) e o teste de bombeamento foi executado entre os dias 29/09/2023 e 24/10/2023 enviando a água para dois tanques metálicos. Posteriormente esta água era enviada para a usina através de uma bomba BA13, operando 24 hrs/dia com vazão de 60 m³/h. Na 1ª quinzena de abril de 2024, a MMI realizou um teste para avaliar a vazão que é possível bombear do poço de rebaixamento (PT-01), alterando o direcionamento da água para o extravasor da Barragem B1A Emicon, localizada a jusante da Barragem B1 – Mina Ipê. A partir da 2ª quinzena de abril, manteve-se o bombeamento para jusante.

No período avaliado (maio/2024 a julho/2024) a bomba do poço PT-01 esteve em operação contínua com direcionamento da água para jusante da estrutura, com deságue na canaleta que conduz o fluxo até o extravasor da Barragem B1A Emicon.



Foto 5.1 – Vista do poço de bombeamento PT-01.



Foto 5.2 – Vista dos tanques e bomba BA13.

Após a conclusão do estudo hidrogeológico realizado pela Water Services (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.946), verificou-se a necessidade de implantação de um novo poço de rebaixamento para que seja possível atingir o nível freático desejado e assim sejam iniciadas as obras de descaracterização.

Dessa forma, no dia 30/04/2024 foi iniciada a instalação de um poço de rebaixamento complementar (PT-02) a jusante da estrutura pela empresa Mendonça Poços Ltda., sendo finalizado no dia 01/05/2024, com 180 metros de profundidade. No dia 14/05/24 foram concluídos os testes de 24h de bombeamento do poço, resultando numa vazão de 23 m³/h. Na 1ª quinzena de junho, a MMI realizou a instalação da bomba provisória no poço PT-02. Na 1ª quinzena de julho/2024, fez-se a instalação da bomba definitiva no poço PT-02. No período avaliado (maio/2024 a julho/2024) a bomba do poço PT-02 esteve em operação, direcionando o fluxo também para o extravasor da Barragem B1A Emicon, tendo alguns pequenos períodos de paralisação para manutenção.



Foto 5.3 – Vista do poço – PT-02.



Foto 5.4 – Vista do direcionamento do fluxo dos poços para o extravasor da Barragem B1A Emicon.

A localização dos dois poços de bombeamento é apresentada na Figura 5.7.



Figura 5.7 – Localização dos poços de bombeamento - Barragem B1 – Mina Ipê.

5.3.2 Sistema de Bombeamento no Reservatório

Como parte da premissa de manter o reservatório sempre seco, é mantida uma bomba modelo *flygt* com sensor automático de ativação na baia de montante (Foto 5.5), de modo a reduzir a infiltração e o tempo de formação de lago dentro do reservatório.



Foto 5.5 – Sistema de bombeamento localizado na baia de montante.

Durante as obras de descaracterização, um sistema de bombeamento similar ao localizado na baia de montante (Foto 5.5) será mantido no *sump* operacional de cada fase de escavação.

5.3.3 Marcos de Monitoramento na Encosta

No período avaliado foi concluída a instalação de 26 marcos de deslocamento no topo do talude da encosta na margem direita do reservatório, para que sejam aferidos possíveis deslocamentos na região. A seguir são apresentadas imagens do marco de deslocamento instalado na encosta (Foto 5.6) e do marco de referência para realização das leituras (Foto 5.7), este instalado na ombreira esquerda, próximo aos tanques de transferência do fluxo do poço de rebaixamento.



Foto 5.6 – Marco de deslocamento instalado na encosta.



Foto 5.7 – Marco de referência para realização das leituras.

Na Tabela 5.1 e Figura 5.8 são apresentadas as localizações dos marcos que foram disponibilizados os dados cadastrais.

Tabela 5.1 – Dados Cadastrais dos Marcos de Monitoramento da Encosta

TIPO	INSTRUMENTO	COORDENADAS DE INSTALAÇÃO (SIRGAS2000)		
		E	N	ELEVAÇÃO (m)
Marco de Referência	MERG_001	572.379,861	7.775.189,402	1.058,058
	MMI 0012	572.497,107	7.774.969,586	1.059,408
Marco de Monitoramento	MS-01	572.501,185	7.775285,062	1.111,075
	MS-02	572.510,454	7.775.270,905	1.108,834
	MS-03	572.539,291	7.775.250,290	1.113,207
	MS-04	572.545,451	7.775.231,350	1.113,277
	MS-05	572.560,371	7.775.219,382	1.113,358
	MS-06	572.574,217	7.775.209,786	1.113,338
	MS-07	572.586,483	7.775.203,938	1.112,945
	MS-08	572.602,236	7.775.194,921	1.114,178
	MS-09	572.617,799	7.775.184,417	1.114,738
	MS-10	572.631,276	7.775.176,191	1.114,803
	MS-11	572.642,056	7.775.168,421	1.115,835
	MS-12	572.654,510	7.775.162,088	1.115,575

TIPO	INSTRUMENTO	COORDENADAS DE INSTALAÇÃO (SIRGAS2000)		
		E	N	ELEVAÇÃO (m)
Marco de Monitoramento	MS-13	572.672,417	7.775.150,373	1.113,216
	MS-14	572.700,196	7.775.135,854	1.113,988
	MS-15	572.712,297	7.775.117,090	1.115,274
	MS-16	572.721,913	7.775.102,571	1.114,645
	MS-17	572.729,425	7.775.088,084	1.114,616
	MS-18	572.744,434	7.775.064,353	1.113,444
	MS-19	572.759,405	7.775.051,041	1.113,068
	MS-20	572.852,048	7.774.985,606	1.106,282
	MS-21	572.858,058	7.774.971,766	1.105,832
	MS-22	572.824,757	7.774.984,246	1.095,031
	MS-23	572.802,075	7.775.004,861	1.102,239
	MS-24	572.788,182	7.775.016,900	1.104,700
	MS-25	572.774,095	7.775.024,654	1.104,655
	MS-26	572.760,554	7.775.036,159	1.105,957



Figura 5.8 – Localização dos marcos de monitoramento da encosta na margem direita do reservatório da Barragem B1 – Mina Ipê.

5.3.4 Câmera de monitoramento do talude da encosta – DEFOX

Na 1ª quinzena de julho foi realizada a instalação da câmera DEFOX de monitoramento do talude na margem direita do reservatório, a qual, de acordo com a MMI, realiza a captura de imagens de alta qualidade que são enviadas para o servidor da GEOPREVENT onde são realizadas análises de deformações baseadas em uma comparação das imagens obtidas.



Foto 5.8 – Visão da câmera DEFOX.



Foto 5.9 – Detalhe da câmera DEFOX.

5.4 Cronograma

Na Figura 5.9 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê considerando desde os serviços preliminares e as obras de descaracterização propriamente dito.

Ressalta-se que foi considerada a operação dos poços de rebaixamento durante todas as etapas de descaracterização (remoção da barragem). O sistema somente poderá ser desligado se o fator de segurança para o carregamento não drenado liquefeito tenha atingido o valor de 1,1 exigido pela TR FEAM e se mantenha nesta condição mesmo sem a operação desse poço. Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras	Início da Linha de Base
1	**DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B1 - MINA IPÊ**	**1353 dias**	**Seg 02/10/23**	**Qua 06/12/28**		**Seg 02/10/23**
2	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**800 dias**	**Seg 02/10/23**	**Sex 23/10/26**		**Seg 02/10/23**
3	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	7 dias	Seg 03/03/25	Ter 11/03/25		Seg 05/02/24
4	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	7 dias	Qua 12/03/25	Qui 20/03/25	3	Seg 26/02/24
5	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	7 dias	Qua 12/03/25	Qui 20/03/25	3	Seg 26/02/24
6	OPERAÇÃO DOS POÇOS DE REBAIXAMENTO PARA REBAIXAMENTO DA SUPERFÍCIE FREÁTICA	800 dias	Seg 02/10/23	Sex 23/10/26		Seg 02/10/23
7	**DESCARACTERIZAÇÃO**	**416 dias**	**Sex 21/03/25**	**Sex 23/10/26**		**Seg 18/03/24**
8	**FASE 1 - REMOÇÃO PARCIAL DO REJEITO DO RESERVATÓRIO**	**70 dias**	**Sex 21/03/25**	**Qui 26/06/25**		**Seg 18/03/24**
9	EXECUÇÃO DE SUMP COM BASE NA ELEVAÇÃO 1.051,50 M	10 dias	Sex 21/03/25	Qui 03/04/25	4	Seg 18/03/24
10	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO ATÉ A ELEVAÇÃO 1.041,40 M	60 dias	Sex 04/04/25	Qui 26/06/25	9	Seg 01/04/24
11	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE ATÉ ELEVAÇÃO 1.041,40 M	60 dias	Sex 04/04/25	Qui 26/06/25	9	Seg 01/04/24
12	**FASE 2 - PRIMEIRO REBAIXAMENTO DO MACIÇO**	**70 dias**	**Sex 27/06/25**	**Qui 02/10/25**		**Seg 24/06/24**
13	DEMOLIÇÃO DO EMBOQUE DO CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE	10 dias	Sex 27/06/25	Qui 10/07/25	11	Seg 24/06/24
14	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA DESCIDA D'ÁGUA DA OMBREIRA DIREITA	10 dias	Sex 27/06/25	Qui 10/07/25	11	Seg 24/06/24
15	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE INSTALADA NA CRISTA DA BARRAGEM	10 dias	Sex 27/06/25	Qui 10/07/25	11	Seg 24/06/24
16	ESCAVAÇÃO DO MACIÇO ATÉ ELEVAÇÃO 1.046,00 M	30 dias	Sex 11/07/25	Qui 21/08/25	15	Seg 08/07/24
17	CONSTRUÇÃO DE NOVO EMBOQUE PARA O SISTEMA EXRAVASOR LIGADO AO CANAL EXISTENTE	30 dias	Sex 22/08/25	Qui 02/10/25	16	Seg 19/08/24
18	REINSTALAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE CONTROLE DA SATURAÇÃO RETIRADOS NA ETAPA 1.2.2.3	30 dias	Sex 22/08/25	Qui 02/10/25	16	Seg 19/08/24
19	**FASE 3 - REMOÇÃO DO RESTANTE DO REJEITO DO RESERVATÓRIO**	**40 dias**	**Seg 02/03/26**	**Sex 24/04/26**		**Seg 03/03/25**
20	EXECUÇÃO DE SUMP COM BASE NA ELEVAÇÃO 1.037,70 M	10 dias	Seg 02/03/26	Sex 13/03/26		Seg 03/03/25
21	REMOÇÃO COMPLETA DO REJEITO DO RESERVATÓRIO FORA DA PROJEÇÃO DO 1 ° ALTEAMENTO	30 dias	Seg 16/03/26	Sex 24/04/26	20	Seg 17/03/25
22	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE ATÉ A COMPLETA REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO FORA DA PROJEÇÃO DO 1° ALTEAMENTO	30 dias	Seg 16/03/26	Sex 24/04/26	20	Seg 17/03/25
23	**FASE 4 - REMOÇÃO DO MACIÇO DO 1° ALTEAMENTO**	**55 dias**	**Seg 27/04/26**	**Sex 10/07/26**		**Seg 28/04/25**
24	DEMOLIÇÃO DO EMBOQUE DO CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE	10 dias	Seg 27/04/26	Sex 08/05/26	22	Seg 28/04/25
25	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA DESCIDA D'ÁGUA E CANALETAS EXISTENTES NA BERMA ELEV. 1.041,00 M	10 dias	Seg 27/04/26	Sex 08/05/26	22	Seg 28/04/25
26	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE INSTALADA NA CRISTA DA BARRAGEM E NA BERMA ELEV. 1.041,00 M	10 dias	Seg 27/04/26	Sex 08/05/26	22	Seg 28/04/25
27	REMOÇÃO DO MACIÇO DO 1° ALTEAMENTO	30 dias	Seg 11/05/26	Sex 19/06/26	26	Seg 12/05/25
28	INSTALAÇÃO DE BUEIRO CONECTADO À BACIA DE DISSIPAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR ANTIGO	15 dias	Seg 22/06/26	Sex 10/07/26	27	Seg 23/06/25
29	**FASE 5 - REMOÇÃO DO RESTANTE DOS REJEITOS**	**75 dias**	**Seg 13/07/26**	**Sex 23/10/26**		**Seg 14/07/25**
30	REMOÇÃO DO ATERRO EM BLOCOS DO REFORÇO DE JUSANTE PARA BOTA-ESPERA	15 dias	Seg 13/07/26	Sex 31/07/26	28	Seg 14/07/25
31	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO E DO MACIÇO INICIAL ATÉ A ELEVAÇÃO 1.004,30	30 dias	Seg 03/08/26	Sex 11/09/26	30	Seg 04/08/25
32	CONSTRUÇÃO DE SUMP NA REGIÃO DE JUSANTE	15 dias	Seg 14/09/26	Sex 02/10/26	31	Seg 15/09/25
33	REVESTIMENTO DO TALVEGUE E SUMP COM ENROCAMENTO	15 dias	Seg 05/10/26	Sex 23/10/26	32	Seg 06/10/25
34	PROTEÇÃO DO RESTANTE DA ÁREA DO RESERVATÓRIO ESCAVADO A PARTIR DO PLANTIO DE VEGETAÇÃO	15 dias	Seg 05/10/26	Sex 23/10/26	32	Seg 06/10/25
35	**PÓS-OBRA**	**553 dias**	**Seg 26/10/26**	**Qua 06/12/28**		**Seg 27/10/25**
36	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	30 dias	Seg 26/10/26	Sex 04/12/26	34	Seg 27/10/25
37	DESMOBILIZAÇÃO	20 dias	Seg 07/12/26	Sex 01/01/27	36	Seg 08/12/25
38	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	523 dias	Seg 07/12/26	Qua 06/12/28	36	Seg 08/12/25

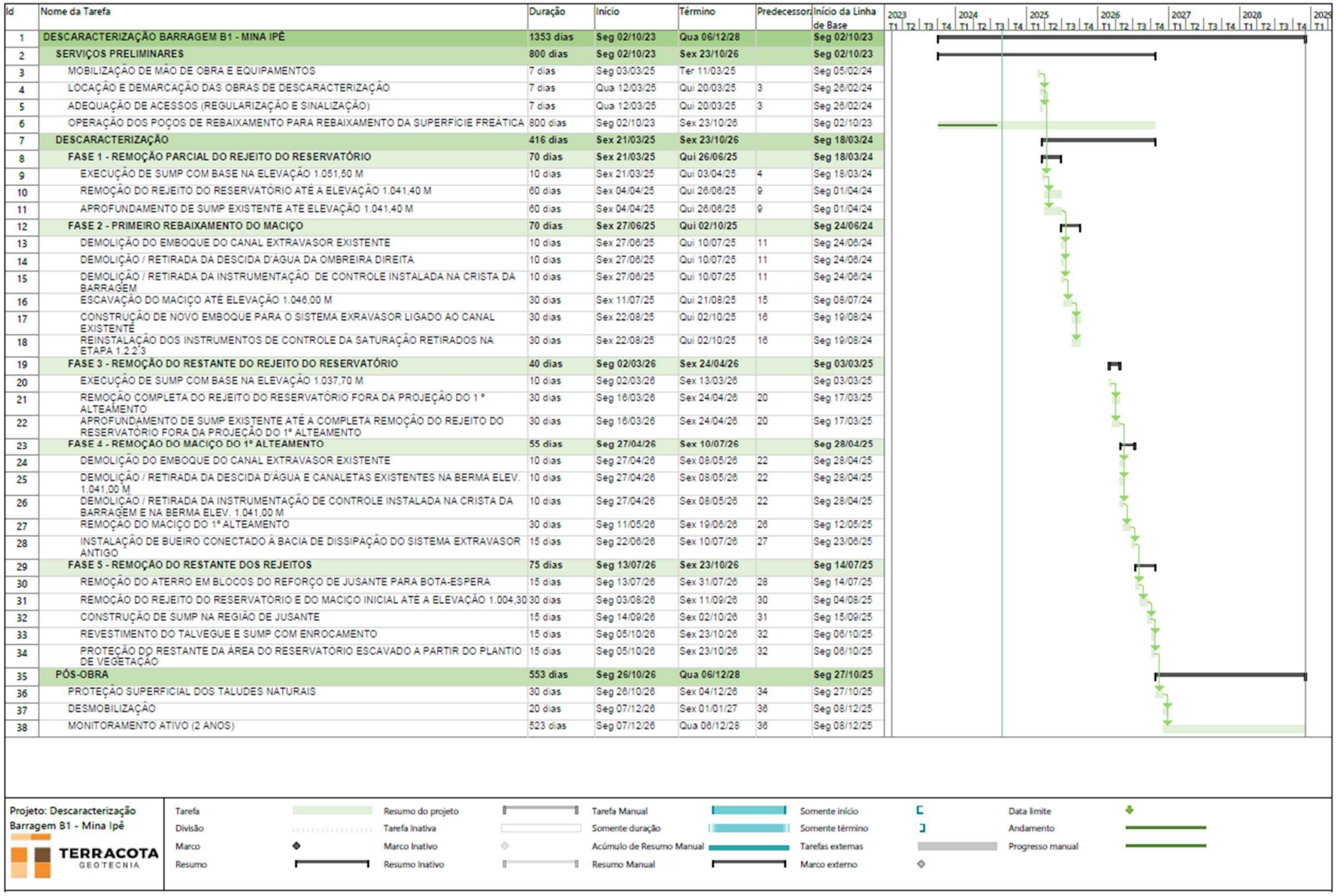


Figura 5.9 – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.

5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Conforme diagnóstico realizado para a estrutura, na condição da freática atual, para a seção B-B' não se atinge os fatores de segurança exigidos para a condição liquefeita. Desta forma, a fim de garantir os fatores de segurança requeridos no Termo de Referência, é premissa do projeto de descaracterização o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis, de modo que estes não trabalhem em condição saturada. Esta medida elimina a possiblidade de ocorrência de carregamentos não drenados, pois uma das condições para tal, é que os materiais classificados como contráteis estejam saturados.

Com relação à encosta natural exposta, poderá haver necessidade de obras estabilizantes pontuais, recuperação de focos erosivos, reaplicação de proteção vegetal etc. Já os taludes de empilhamentos antigos devem receber obras/serviços de estabilização à medida do necessário.

Para monitoramento de deslocamentos, tanto da barragem quanto da encosta existente na ombreira direita, será utilizada instrumentação de controle, existente e a ser instalada, como prismas, estação robótica, radar de superfície, câmera DEFOX etc.

5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, aguardando avaliação e aprovação do projeto pela FEAM e empresas parceiras além de o fator de segurança não-drenado liquefeito na seção B-B' estar abaixo do valor mínimo recomendado (1,1) pela TR FEAM de descaracterização. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura no período avaliado em relação: às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

5.6.1 Inspeções de Campo

Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de avaliação quinzenal de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, indicação das anomalias verificadas e análises de estabilidade da estrutura.

5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (maio/2024 a julho/2024).

Tabela 5.2 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B1 – Mina Ipê – 1ª quinzena de mai./2024 a 2ª quinzena de jul./2024.

ID	ANOMALIA	Maio/2024		Junho/2024		Julho/2024	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS NO TALUDE DE JUSANTE						
21	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NAS CAIXAS DE PASSAGEM					-	-
28	TALUDE SEM PROTEÇÃO VEGETAL E EM PROCESSO EROSIVO NA OMBREIRA PRÓXIMO AO REFORÇO DE ENROCAMENTO						
30	PÉ DO TALUDE DESCALÇADO NO ACESSO PRÓXIMO À BACIA DE DISSIPAÇÃO						

LEGENDA:

ANOMALIA VERIFICADA | ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO | ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA

ANOMALIA AGRAVADA | ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA

5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle da barragem é composta por 15 (quinze) indicadores de nível d'água, 20 (vinte) piezômetros, dos quais 10 (dez) tem leituras automatizadas, 04 (quatro) marcos superficiais, 03 (três) indicadores de vazão, 02 (dois) sismógrafos e 30 (trinta) prismas com leitura automatizada a partir de estação robótica para controle de deformação, distribuídos em 03 (três) seções transversais de monitoramento.

Os níveis de controle dos indicadores de nível d'água e piezômetros instalados na barragem foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico para o rejeito do reservatório e rejeito antigo da fundação localizados abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível normal**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível normal:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,3 (FS mínimo para análise não drenada de pico);
2- **Nível de alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,2 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,0 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.652, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em agosto/2023.

A Figura 5.10, Figura 5.11 e Figura 5.12 apresentam a locação em planta dos instrumentos e da Figura 5.13 a Figura 5.15 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 5.3 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

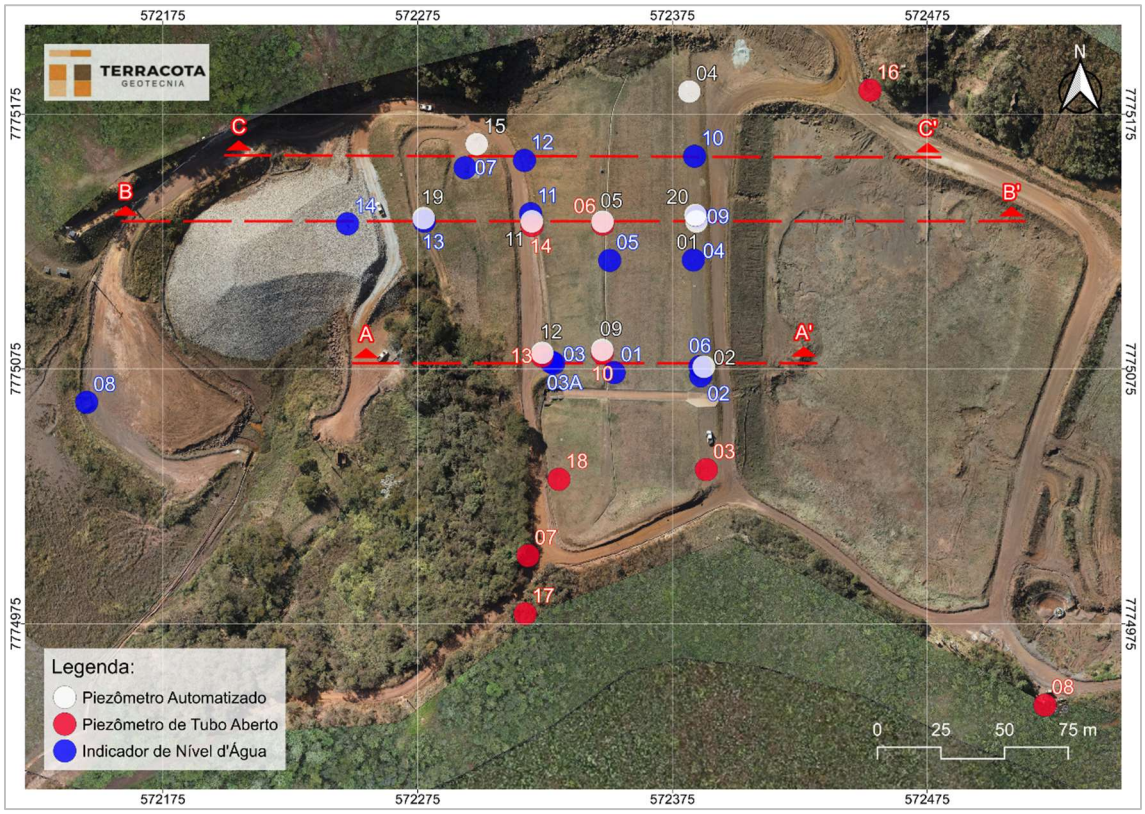


Figura 5.10 – Locação dos INA's e PZ's – Barragem B1 – Mina Ipê.

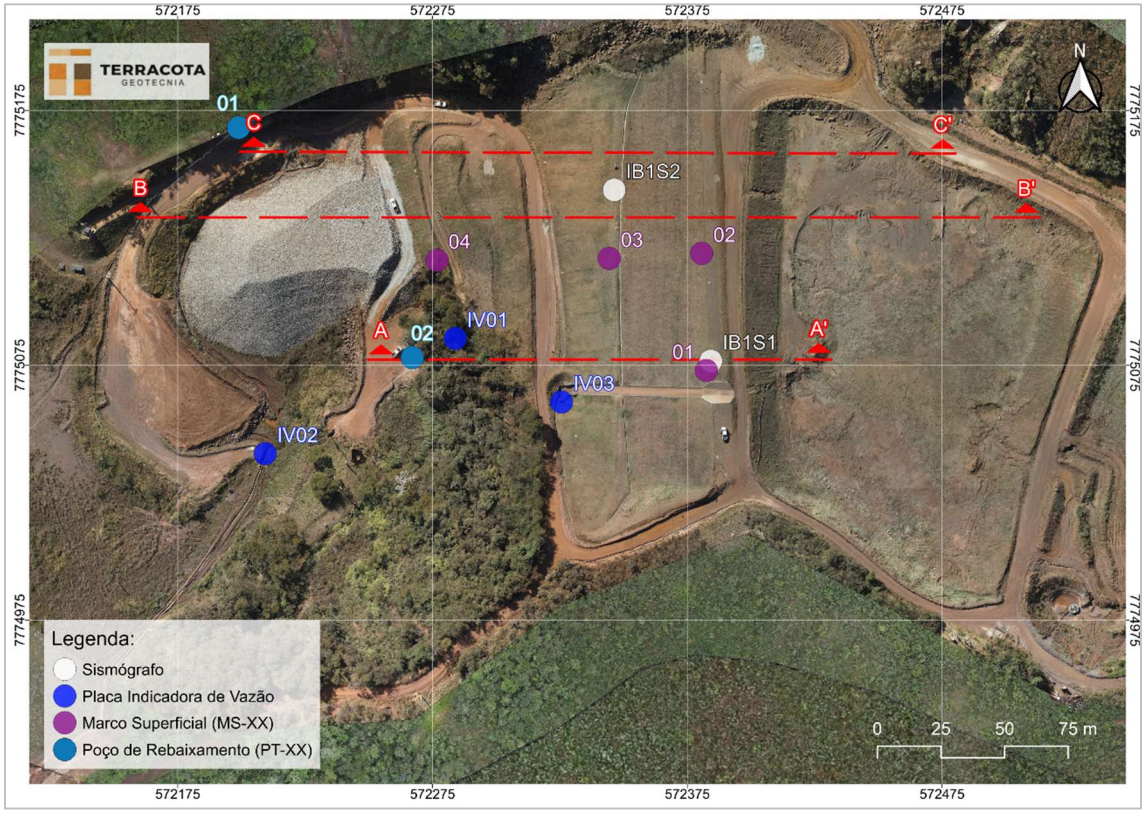


Figura 5.11 – Localização Marcos Superficiais, Sismógrafos e Placas Indicadoras de Vazão – Barragem B1 – Mina Ipê.

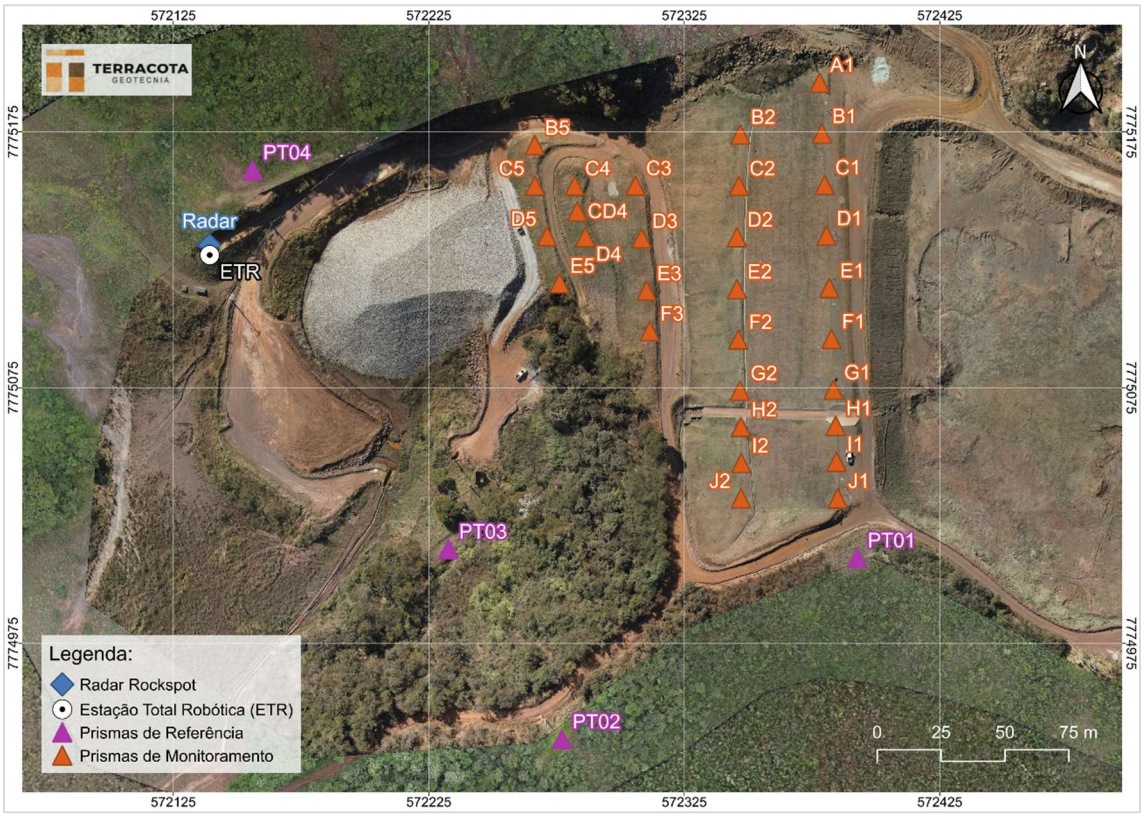


Figura 5.12 – Locação dos prismas instalados no maciço da Barragem B1 – Mina Ipê.

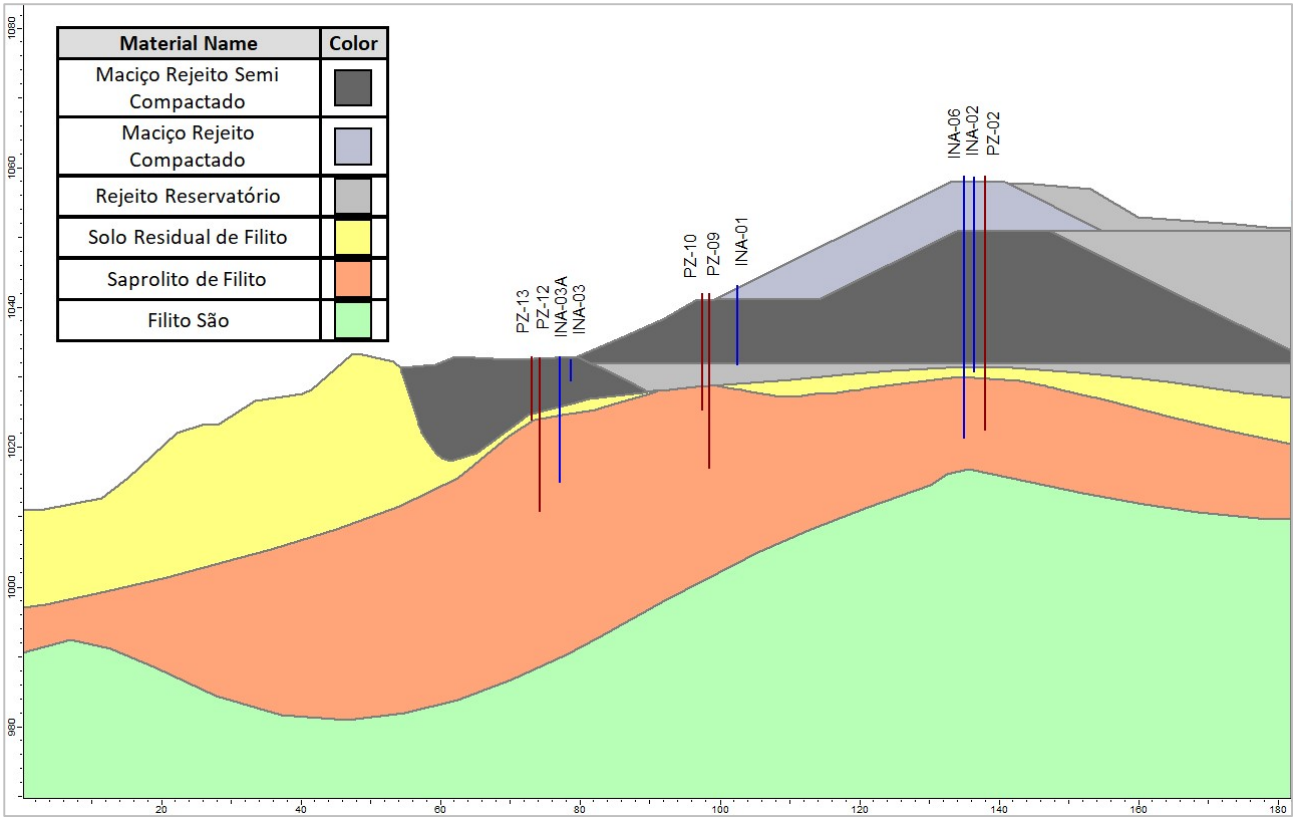


Figura 5.13 – Seção transversal de controle A-A'.

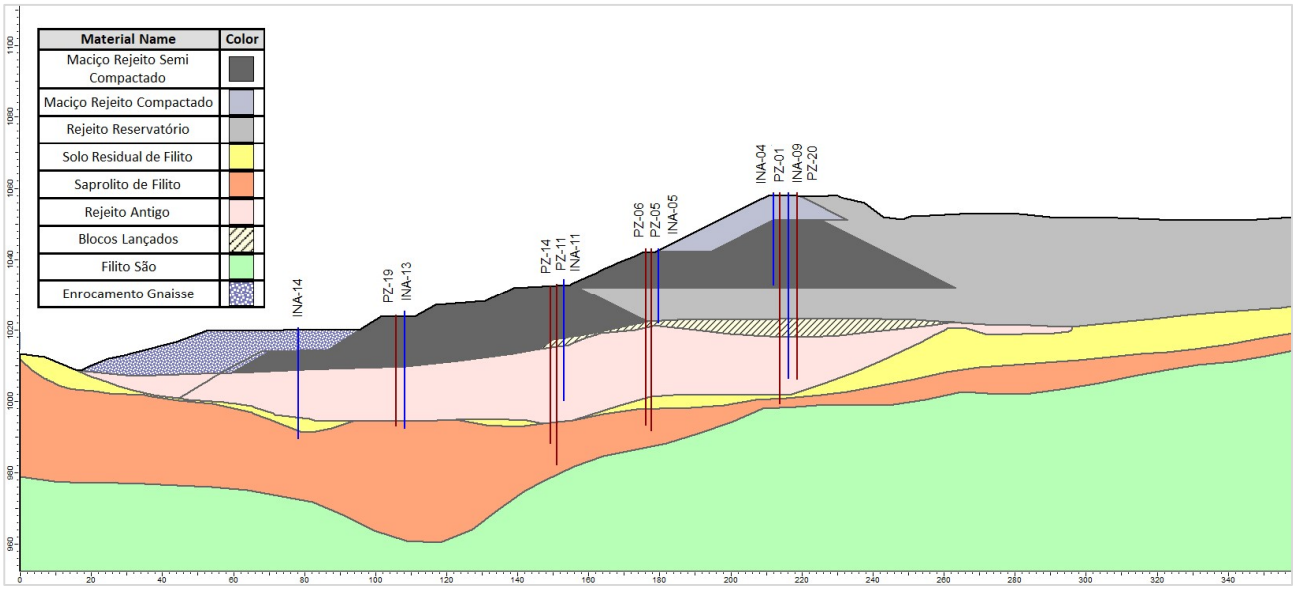


Figura 5.14 – Seção transversal de controle B-B'.

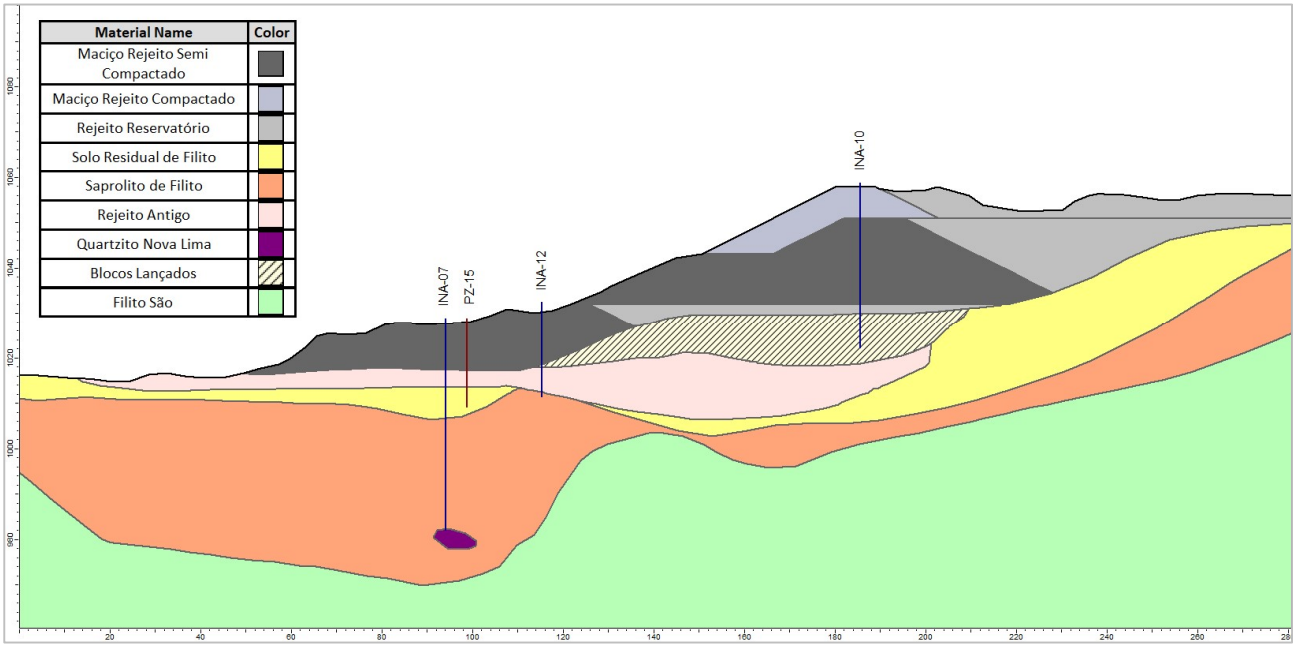


Figura 5.15 – Seção transversal de controle C-C'.

Tabela 5.3 – Locação, características, leitura (31/07/2024) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B1 – Mina Ipê.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação (m) Leitura (31/07/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A'	PZ-02 (1)	572.387,357	7.775.075,880	1.058,79	1.022,43	36,36	1.022,94	1.044,50	1.048,00	1.050,75
	INA-02	572.386,124	7.775.072,282	1.058,73	1.030,77	27,96	Seco	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-06	572.385,825	7.775.075,896	1.058,91	1.021,41	37,50	1.023,05	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-01	572.352,124	7.775.073,548	1.043,18	1.031,86	11,32	Seco	1.034,25	1.038,50	1.041,50
	PZ-09 (1)	572.347,436	7.775.082,495	1.042,08	1.017,52	24,56	1.021,98	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	PZ-10	572.347,445	7.775.081,231	1.042,09	1.025,33	16,76	Seco	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	INA-03	572.328,377	7.775.077,173	1.032,53	1.029,53	3,00	Seco	1.029,63	1.030,00	1.032,00 (4)
	INA-03A	572.327,458	7.775.077,687	1.032,93	1.015,02	17,91	1.015,43	1.029,63	1.030,00	1.032,00 (4)
	PZ-12 (1)	572.323,871	7.775.081,376	1.032,90	1.011,37	21,53	1.013,76	1.024,00	1.028,25	1.031,25
	PZ-13	572.323,785	7.775.080,033	1.032,95	1.023,95	9,00	Seco	1.024,25	1.028,25	1.031,25
B-B'	INA-09	572.384,760	7.775.134,730	1.058,76	1.006,45	52,31	1.016,88	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	PZ-20 (1)	572.384,013	7.775.135,403	1.058,84	1.006,15	52,69	1.014,92	1.026,00 (5)	1.028,00 (5)	1.039,75 (5)
	PZ-01 (1)	572.384,428	7.775.132,832	1.058,76	999,45	58,31	1.014,08	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	INA-04	572.383,201	7.775.117,738	1.058,68	1.032,92	25,76	Seco	1.033,50	1.033,80	1.039,50
	INA-05	572.350,371	7.775.117,560	1.043,04	1.022,04	21,00	Seco	1.022,50	1.025,00	1.033,00
	PZ-05 (1)	572.347,582	7.775.132,777	1.043,02	991,89	51,13	1.009,19	1.022,25	1.024,50	1.032,75
	PZ-06	572.347,644	7.775.131,804	1.042,98	998,22	44,76	1.010,67	1.022,00	1.024,75	1.032,50
	PZ-11 (1)	572.319,815	7.775.132,876	1.032,42	982,32	50,10	1.008,20	1.016,00	1.023,00	1.028,50
	PZ-14	572.319,863	7.775.131,265	1.032,37	988,35	44,02	1.006,58	1.015,75	1.022,75	1.028,25

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação (m) Leitura (31/07/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
	INA-11	572.319,341	7.775.135,878	1.032,11	1.000,26	31,85	1.005,88	1.015,75	1.022,75	1.028,25
	PZ-19 (1)	572.277,304	7.775.134,203	1.024,15	993,23	30,92	1.004,63	1.011,85 (5)	1.017,00 (5)	1.021,00 (5)
	INA-13	572.277,614	7.775.132,962	1.023,99	992,45	31,54	1.004,65	1.011,85	1.017,00	1.021,00
	INA-14	572.247,450	7.775.131,940	1.020,59	989,66	30,93	1.004,29	1.010,50	1.013,00	1.016,00
C-C’	INA-10	572.383,702	7.775.158,426	1.058,81	1.022,31	36,50	Seco	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	INA-12	572.316,904	7.775.156,769	1.030,92	1.011,61	19,31	Seco	1.019,80	1.021,60	1.027,80
	PZ-15 (1)	572.298,192	7.775.163,172	1.028,59	1.009,29	19,30	1.008,70	1.017,00	1.018,75	1.025,00
	INA-07	572.293,620	7.775.153,940	1.028,24	982,17	46,07	1.007,49	1.016,75	1.018,50	1.025,00
Instrumentos fora de seção de controle	PZ-03 (2)	572.388,311	7.775.035,497	1.058,11	1.021,13	36,98	1.023,59	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	PZ-04 (2)	572.381,613	7.775.183,815	1.058,95	1.021,34	37,61	1.022,57	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	PZ-18 (1) (2)	572.330,441	7.775.031,720	1.038,21	1.007,85	30,36	1.013,87	1.024,00	1.028,25	1.031,25
	INA-08 (3)	572.145,050	7.775.061,910	1.005,00	959,13	45,87	983,07	Instrumento localizado muito a jusante		
	PZ-07 (3)	572.318,282	7.775.001,790	1.042,31	992,28	50,03	1.013,66	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-08 (3)	572.521,244	7.774.943,098	1.060,37	974,82	85,55	1.032,13	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-16 (3)	572.452,571	7.775.184,306	1.059,85	1.010,23	49,62	1.028,46	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-17 (3)	572.317,208	7.774.978,906	1.043,88	997,28	46,60	1.016,95	Instrumento de hidrogeologia		
A-A’	MS-01	572.382,448	7.775.072,921	1.058,025	-	-	-	Não aplicável		
B-B’	MS-02	572.380,643	7.775.118,888	1.057,981	-	-	-	Não aplicável		
B-B’	MS-03	572.344,339	7.775.116,922	1.041,446	-	-	-	Não aplicável		
B-B’	MS-04	572.276,729	7.775.116,195	1.021,585	-	-	-	Não aplicável		

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação (m) Leitura (31/07/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
Não aplicável	IB1S1	572.384,203	7.775.076,675	1.058,145	-	-	-	Não aplicável		
	IB1S2	572.346,300	7.775.143,778	1.043,736	-	-	-	Não aplicável		
	IV-1	572.283,918	7.775.085,539	1.017,097	-	-	-	Não aplicável		
	IV-2	572.209,323	7.775.040,352	1.001,070	-	-	-	Não aplicável		
	IV-3	572.325,630	7.775.060,595	1.030,071	-	-	-	Não aplicável		

1- Instrumentos automatizados;
2- Níveis de controle definidos tomando-se como referência os instrumentos INA-02, INA-10 e PZ-12;
3- Níveis de controle não aplicáveis, pois os instrumentos encontram-se fora do maciço da barragem;
4- Níveis de controle correspondentes à condição de afloramento do nível d'água;
5- Níveis de controle correspondentes aos instrumentos adjacentes.

5.6.3.1 Leituras da Instrumentação

A MMI realiza leituras semanais dos níveis nos INA's e PZ's e quinzenais dos deslocamentos nos Marcos Superficiais. Já os piezômetros automatizados realizam um monitoramento constante com registro a cada 2 horas. Na estrutura também estão instalados prismas para monitoramento de deslocamento nos quais são realizadas leituras contínuas através de estação total robótica. As leituras nas placas indicadoras de vazão são realizadas diariamente.

- **Indicadores de Nível d'Água e Piezômetros**

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para cada instrumento abrangendo dois anos hidrológicos, no período entre 10/2021 e 07/2024, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

a) Nível de água do reservatório – seco no período avaliado;
b) Referências do topo e base de cada instrumento;
c) Leituras do nível de água do instrumento;
d) Pluviometria mensal na região da barragem;
e) Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições normal, alerta e emergência.

De acordo com os registros quinzenais de monitoramento dos INA's e PZ's, a superfície freática da Barragem B1 – Mina Ipê se encontra em elevação abaixo do contato do maciço da barragem com o rejeito antigo presente na fundação. De uma maneira geral, os instrumentos variam suas leituras de acordo com a pluviometria, tendo em vista que o reservatório da barragem é mantido sempre seco. Com a operação das bombas de rebaixamento, os instrumentos apresentaram um abatimento nos níveis de leituras.

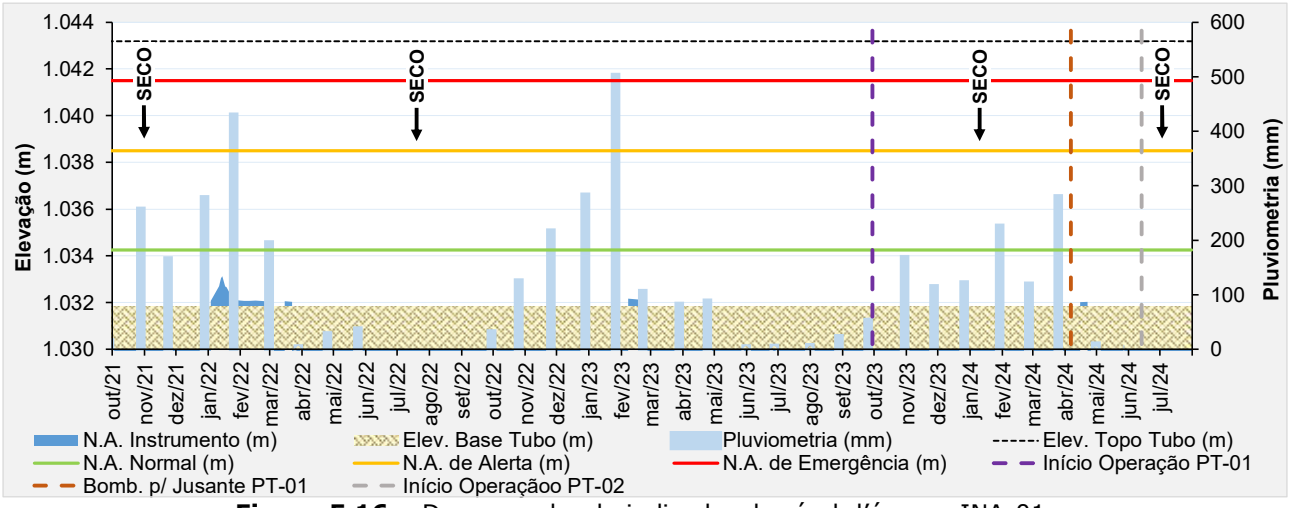


Figura 5.16 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01.

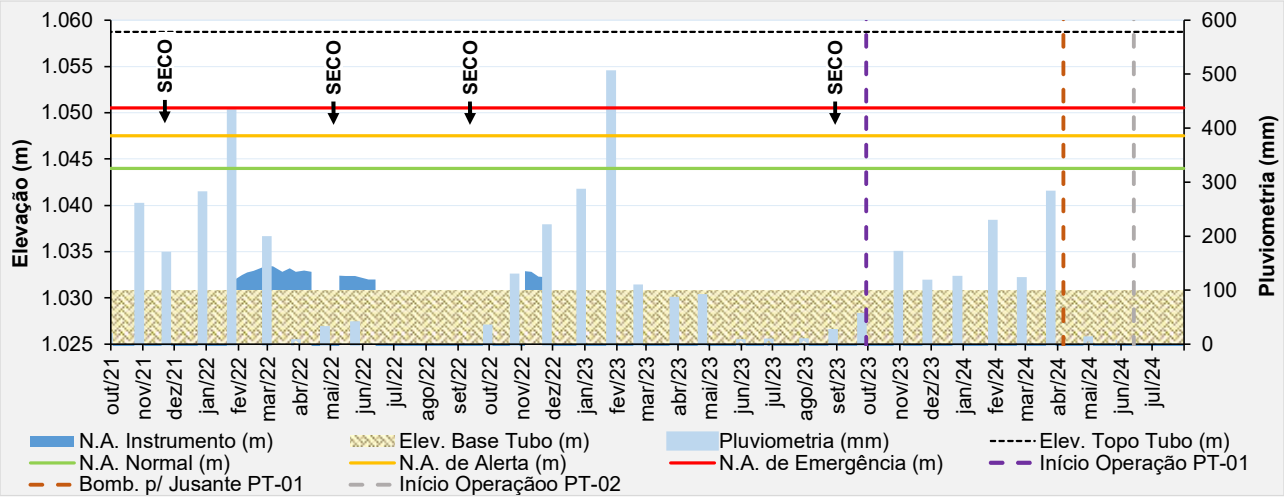


Figura 5.17 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-02.

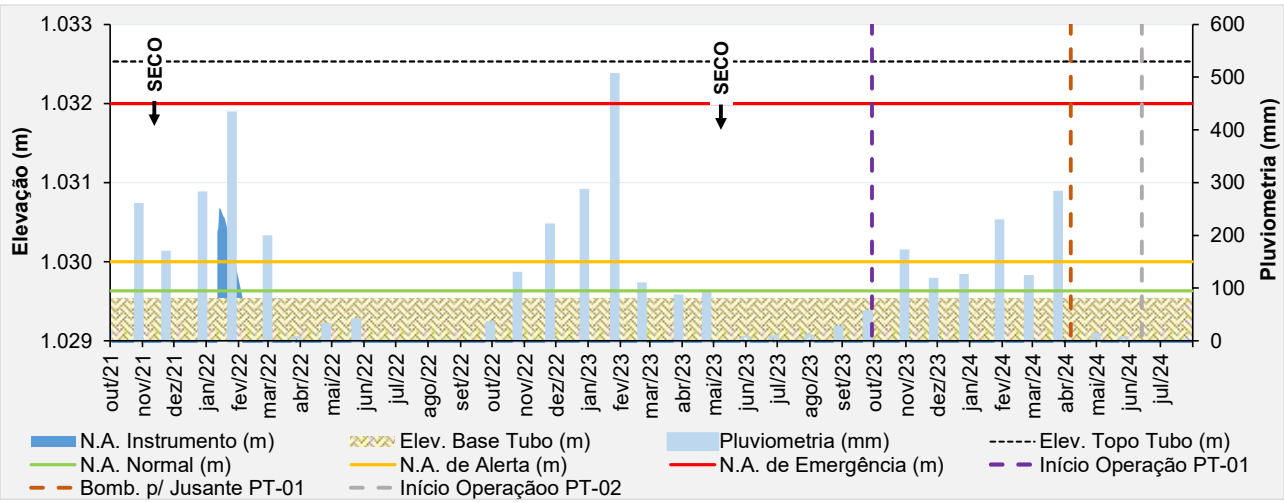


Figura 5.18 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03.

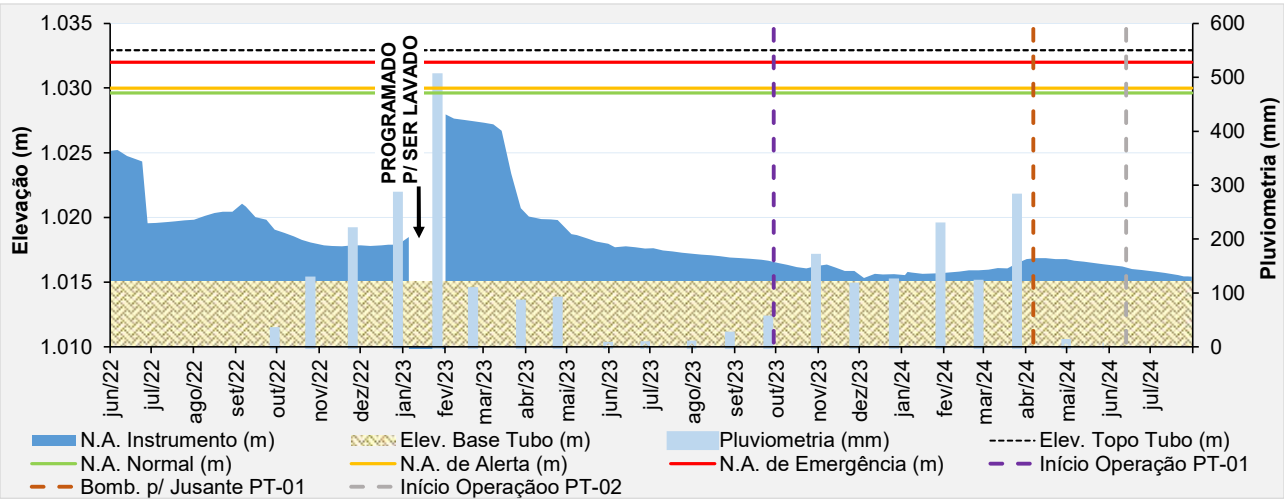


Figura 5.19 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03A.

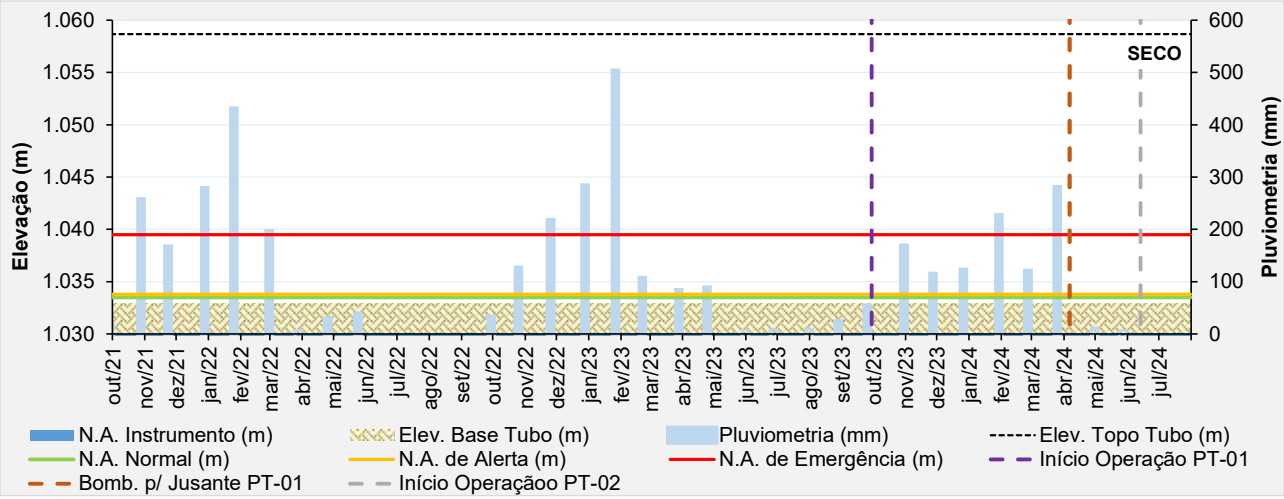


Figura 5.20 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-04.

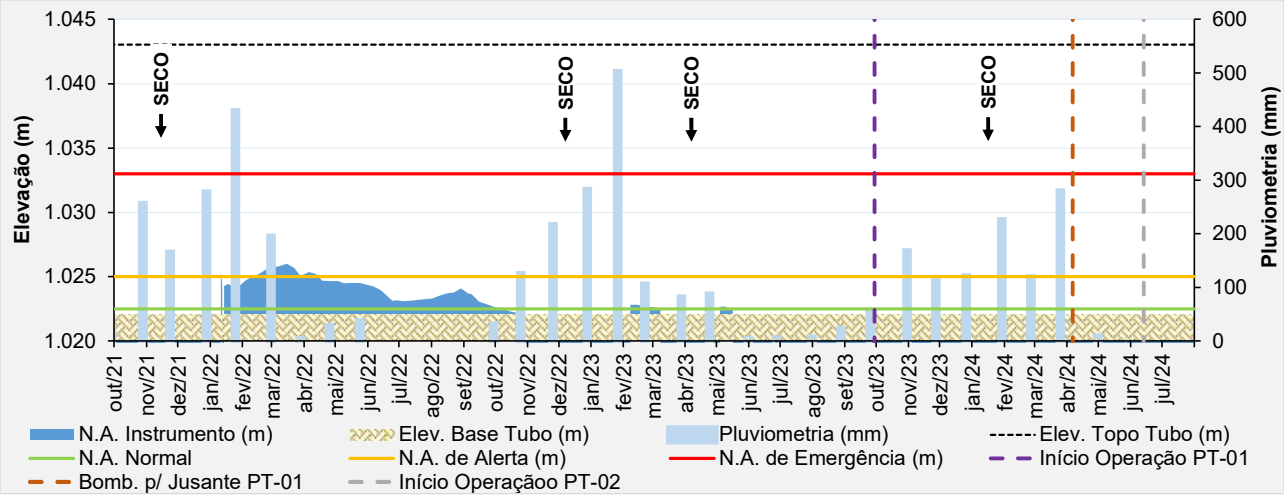


Figura 5.21 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05.

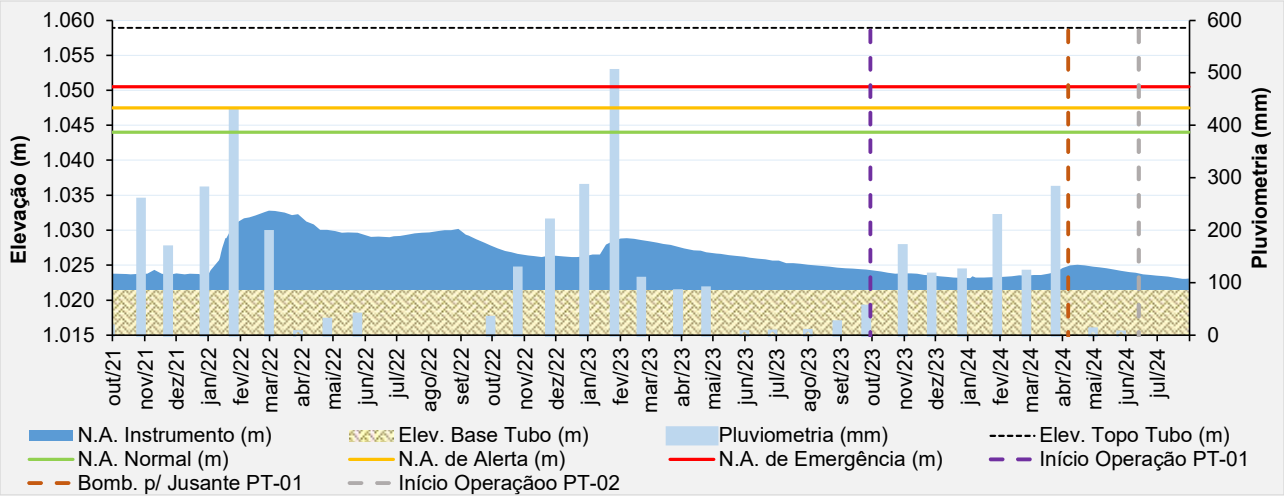


Figura 5.22 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-06.

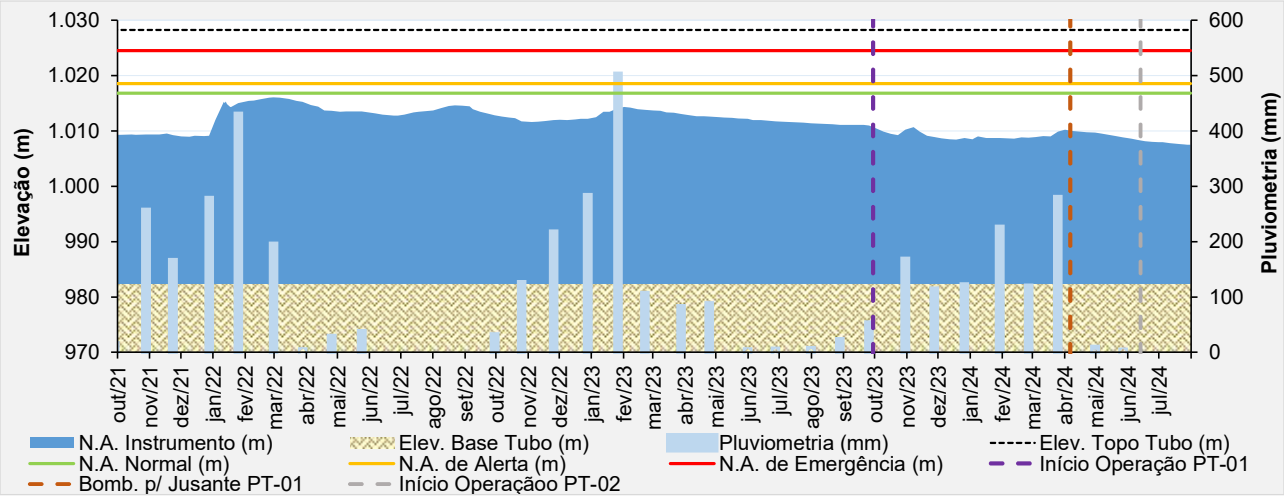


Figura 5.23 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07.

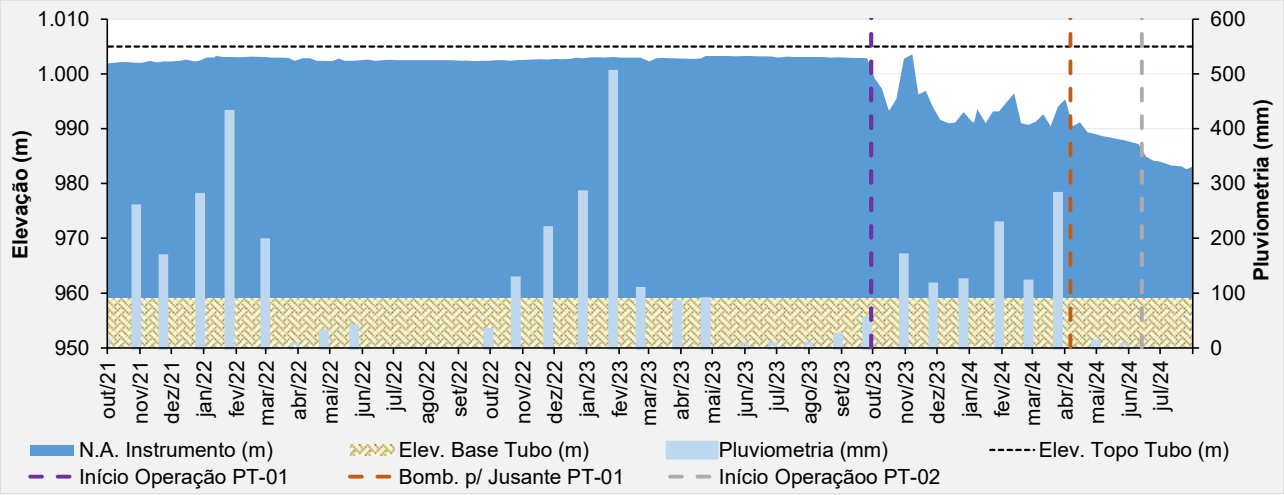


Figura 5.24 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-08.

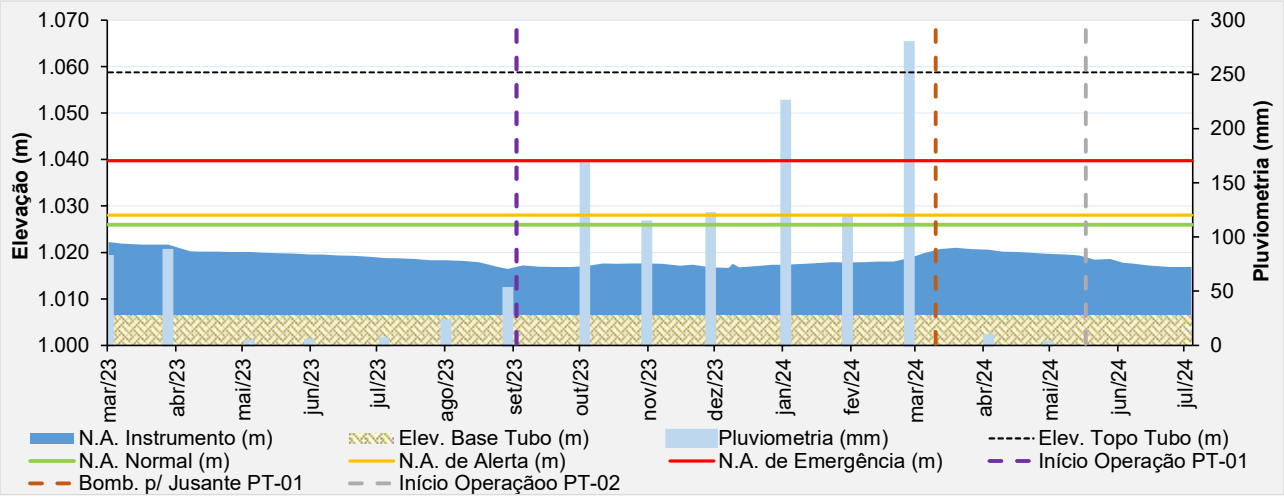


Figura 5.25 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-09.

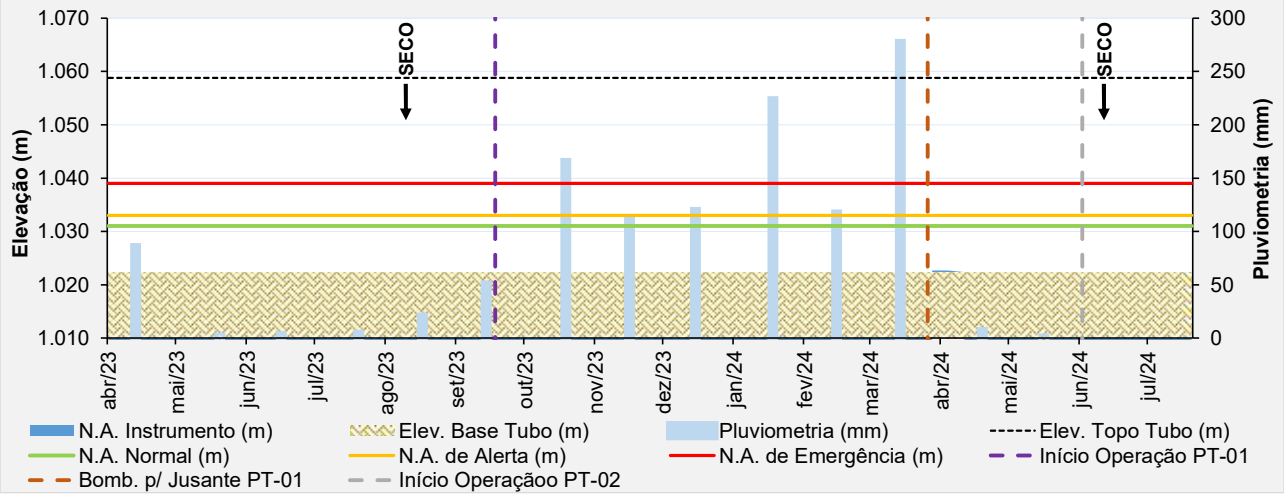


Figura 5.26 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10.

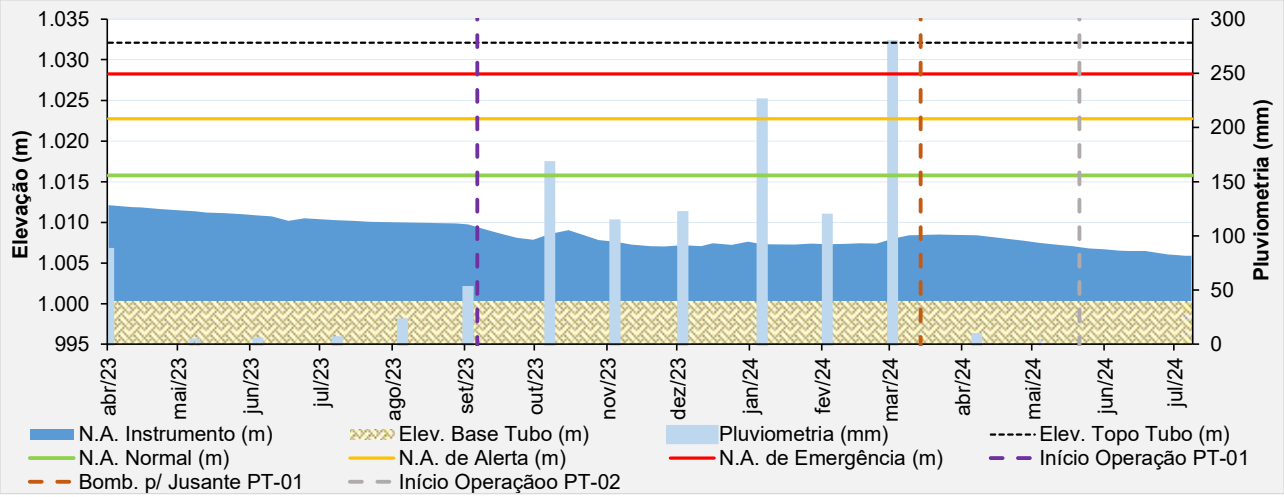


Figura 5.27 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-11.

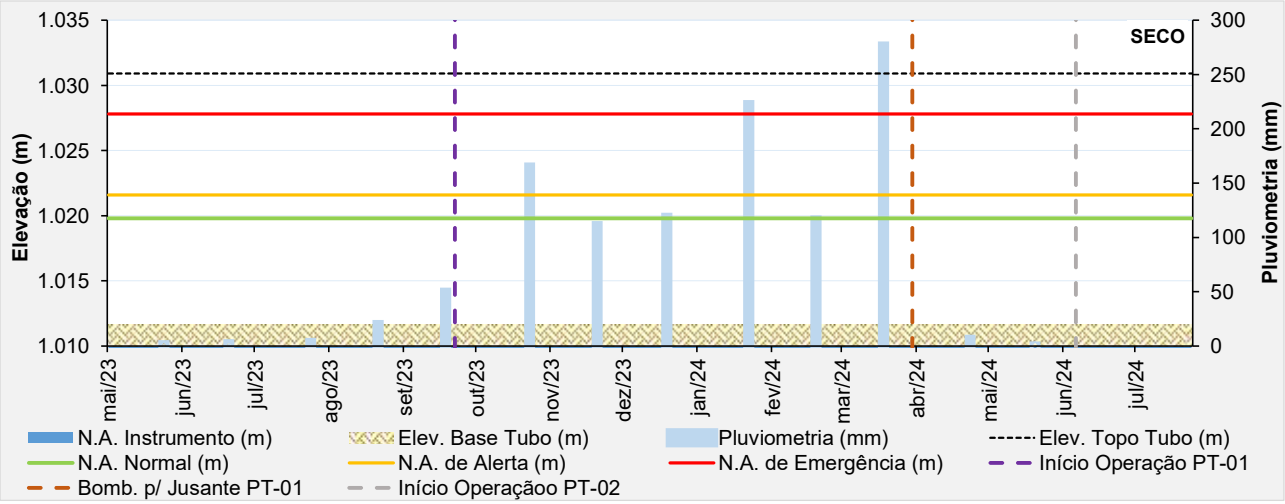


Figura 5.28 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-12.

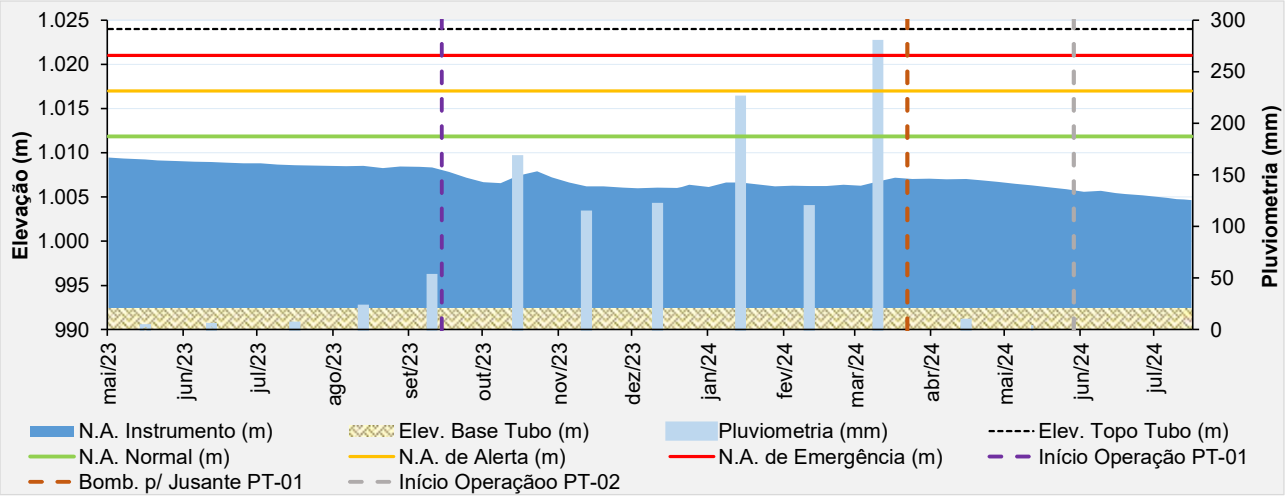


Figura 5.29 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-13.

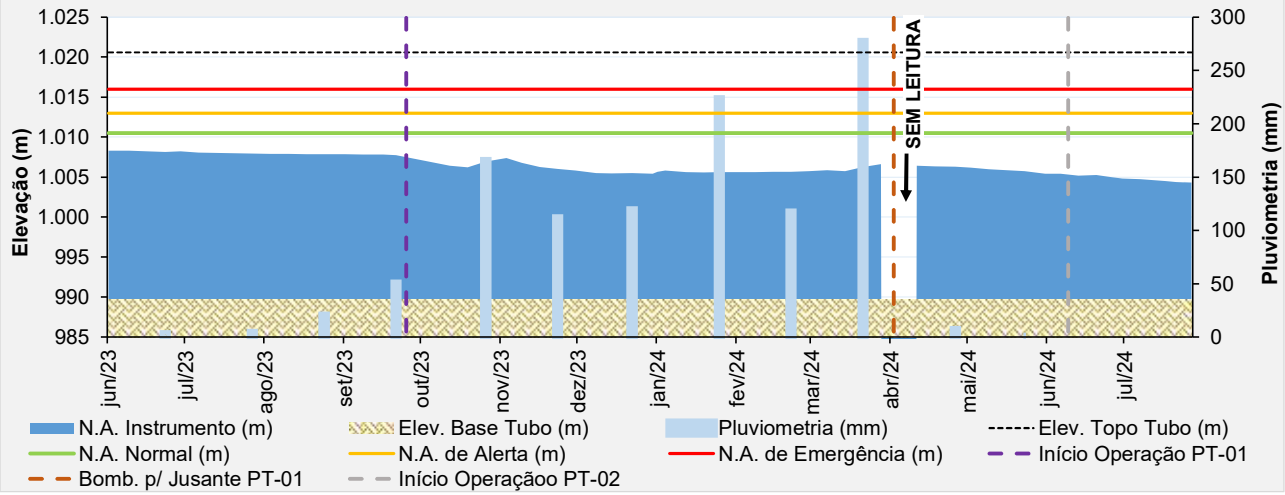


Figura 5.30 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-14.

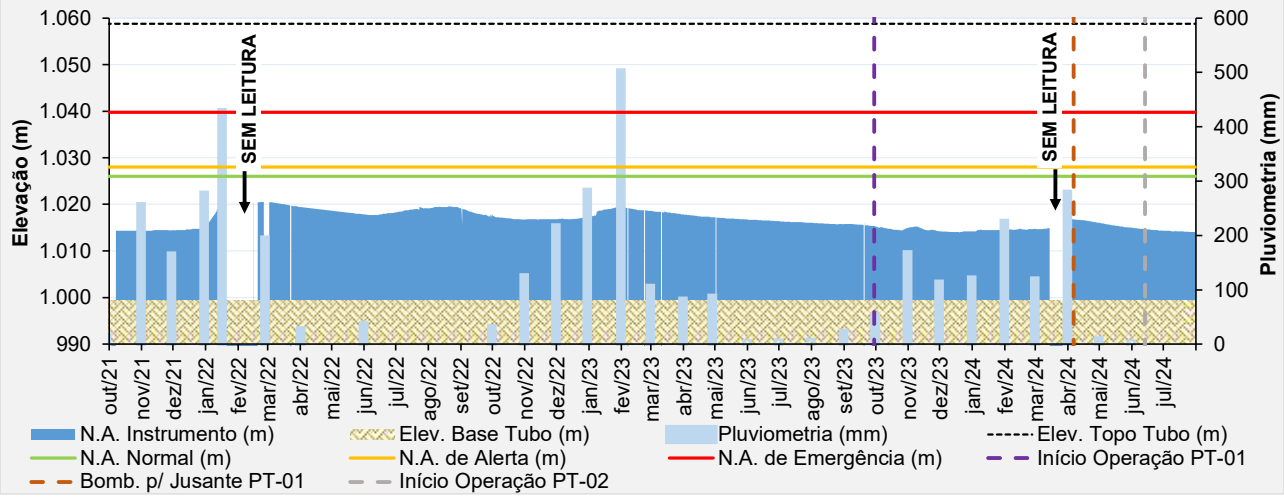


Figura 5.31 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-01.

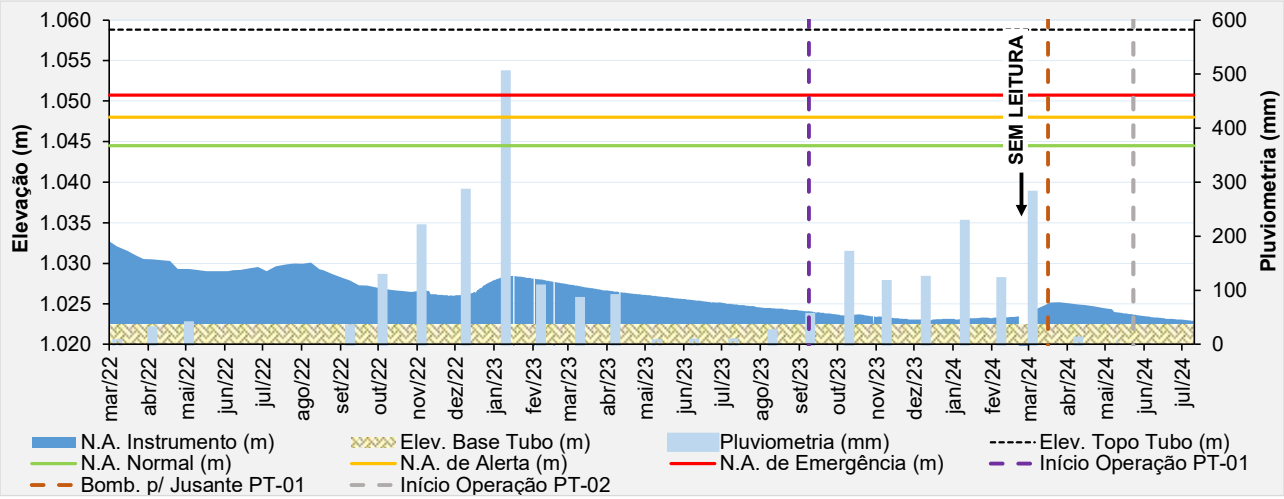


Figura 5.32 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-02.

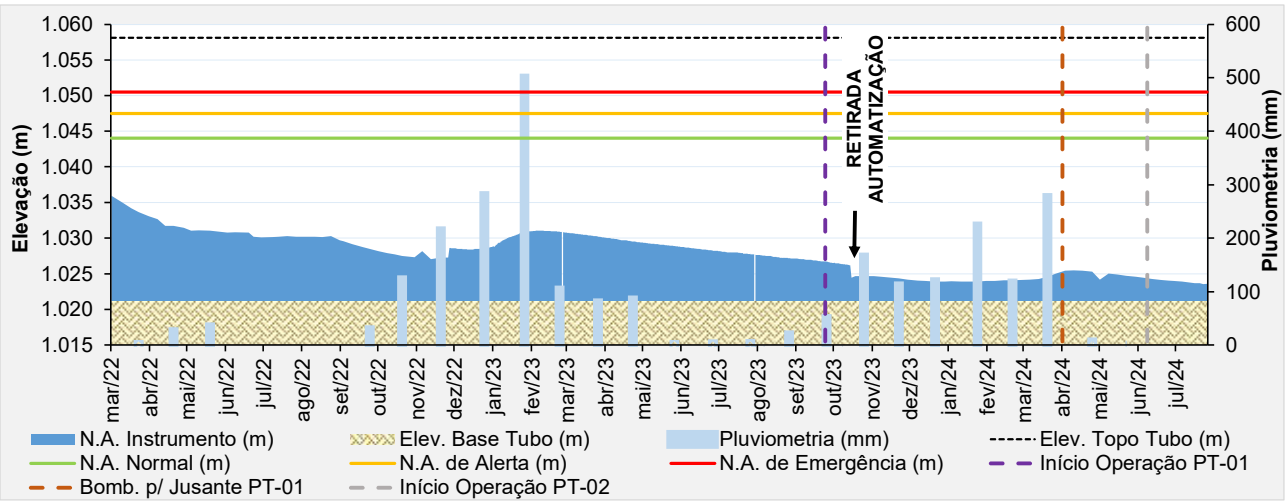


Figura 5.33 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-03.

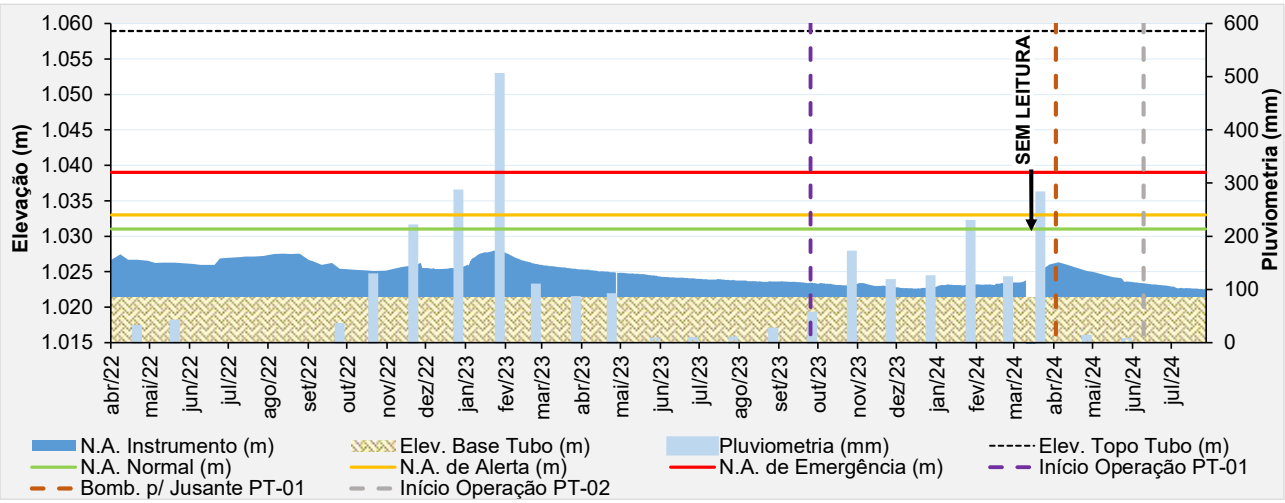


Figura 5.34 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-04.

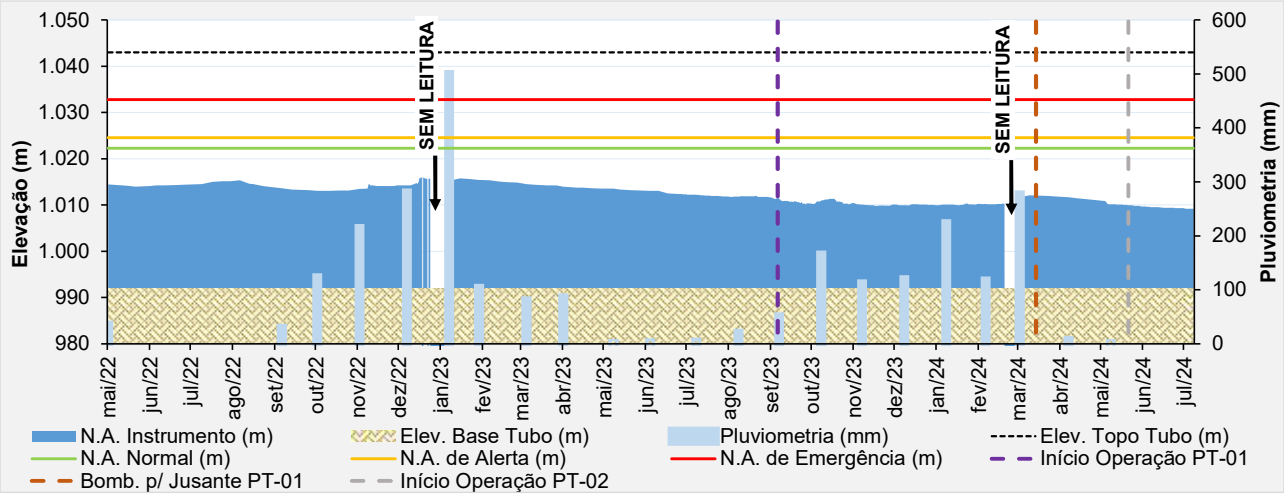


Figura 5.35 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-05.

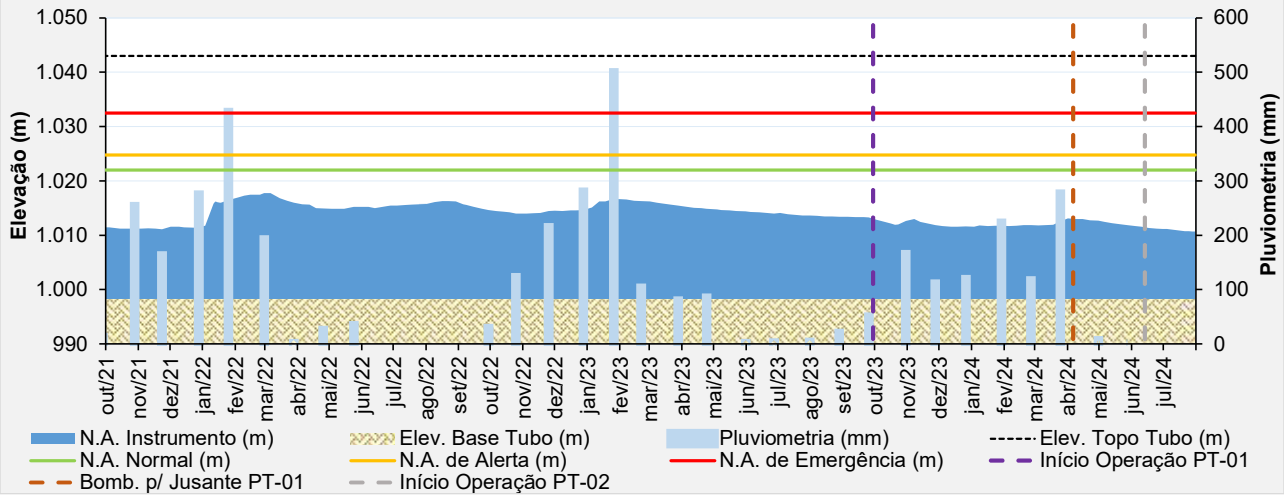


Figura 5.36 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-06.

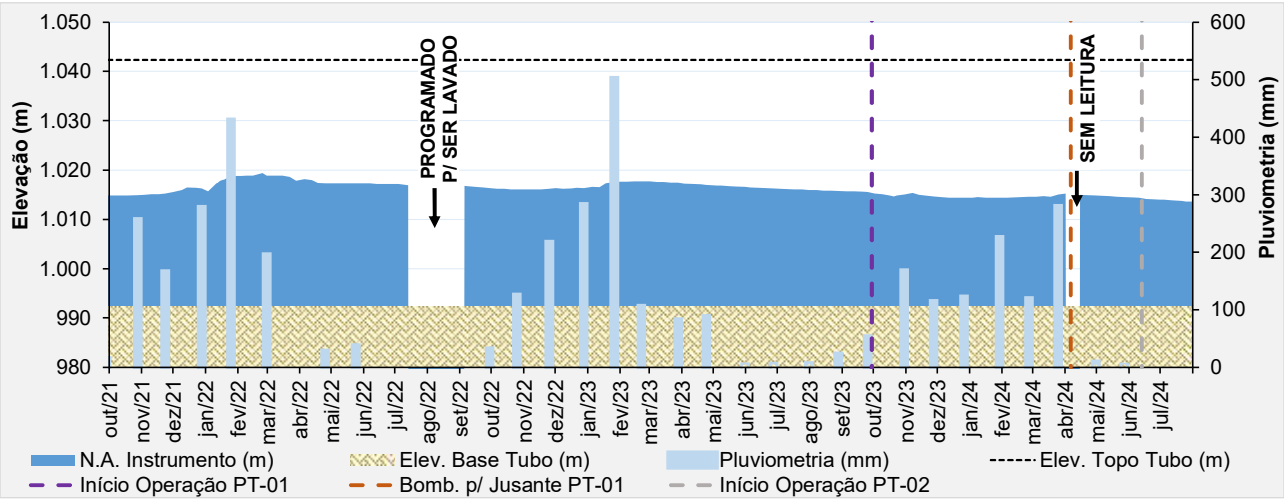


Figura 5.37 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-07.

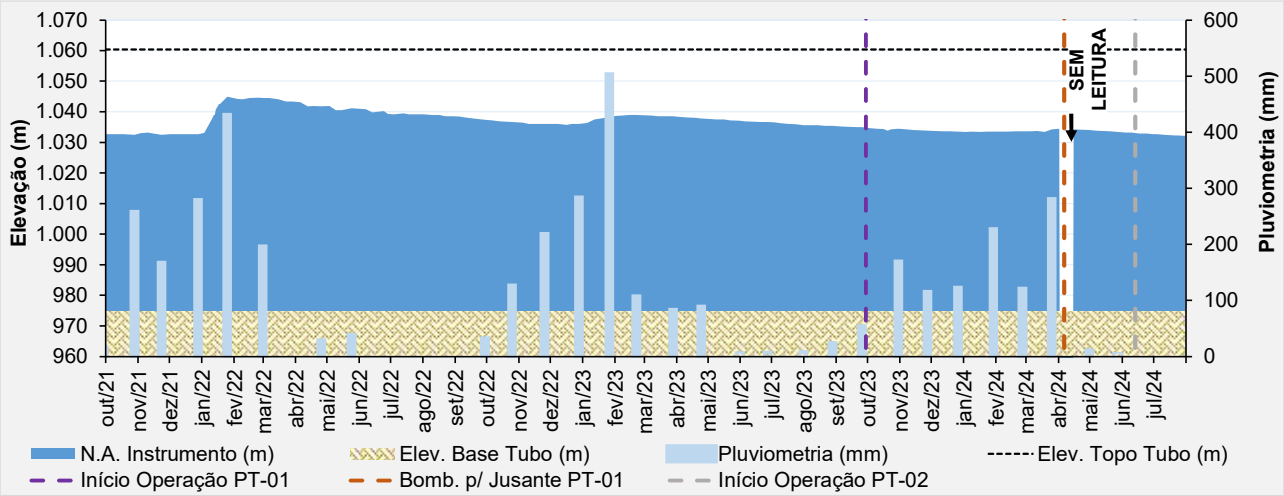


Figura 5.38 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-08.

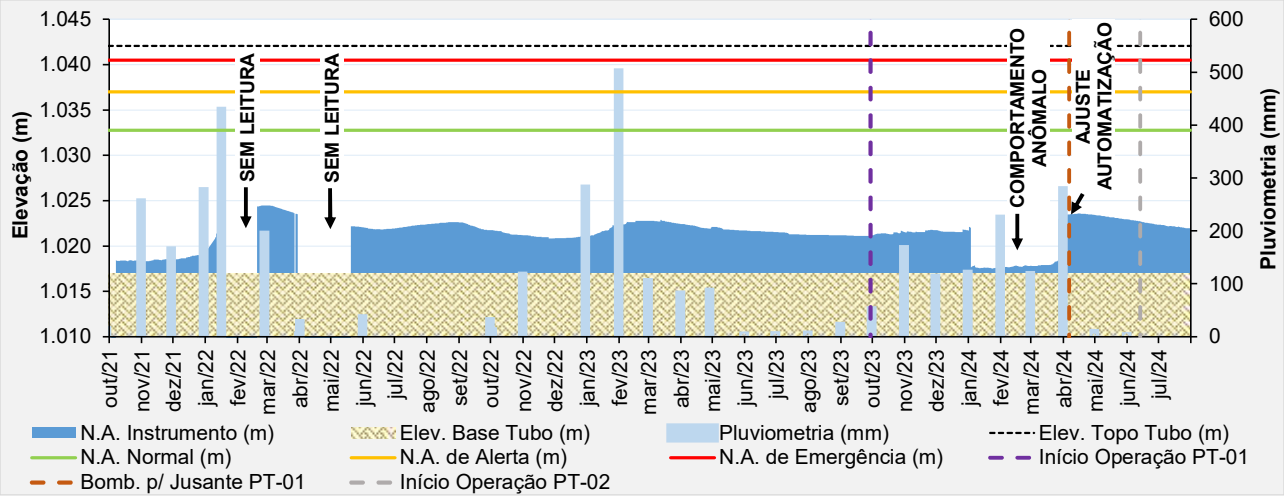


Figura 5.39 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-09.

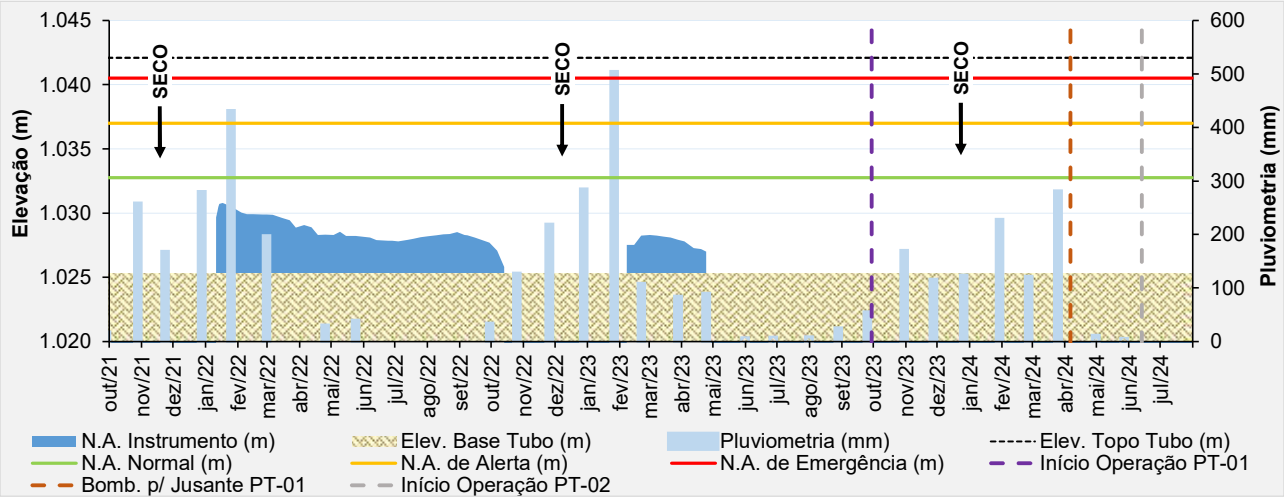


Figura 5.40 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-10.

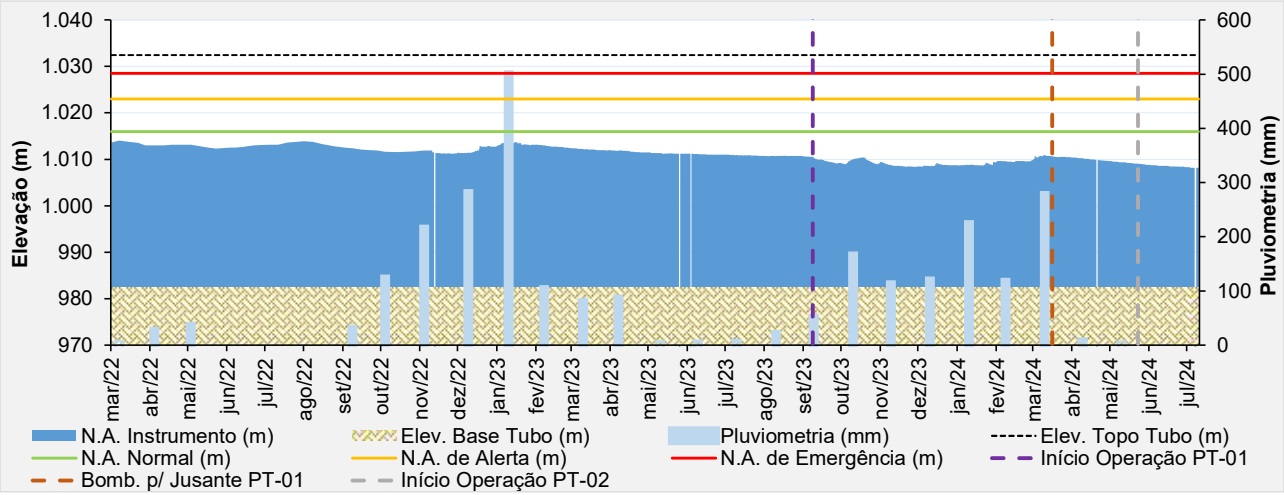


Figura 5.41 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-11.

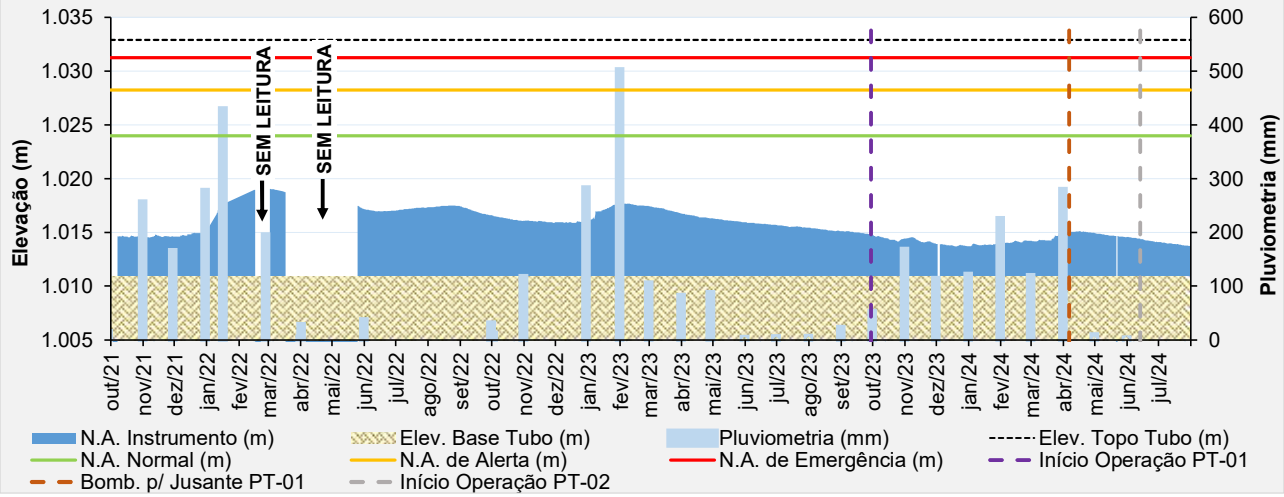


Figura 5.42 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-12.

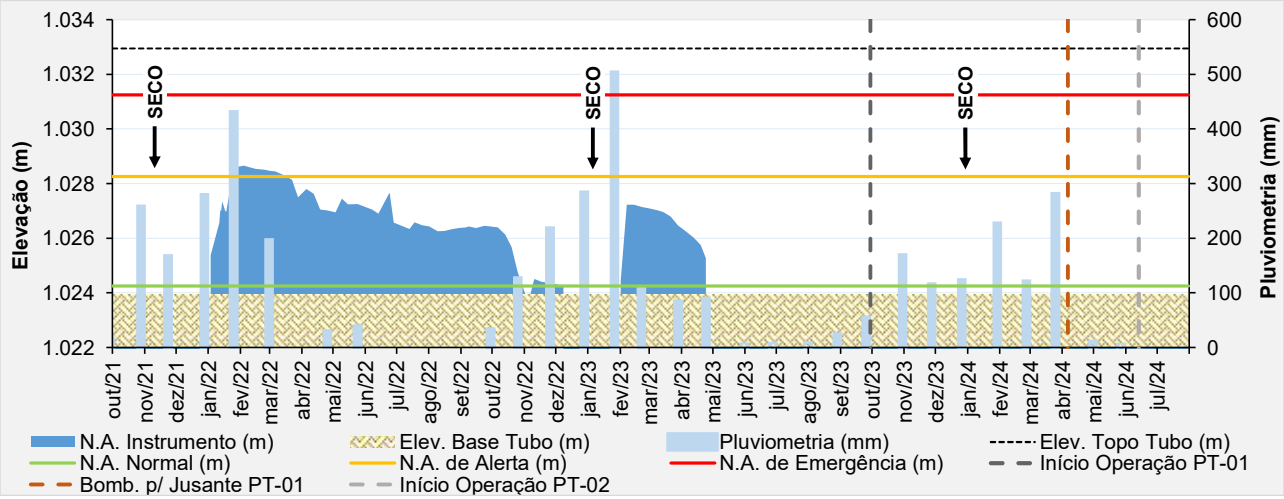


Figura 5.43 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-13.

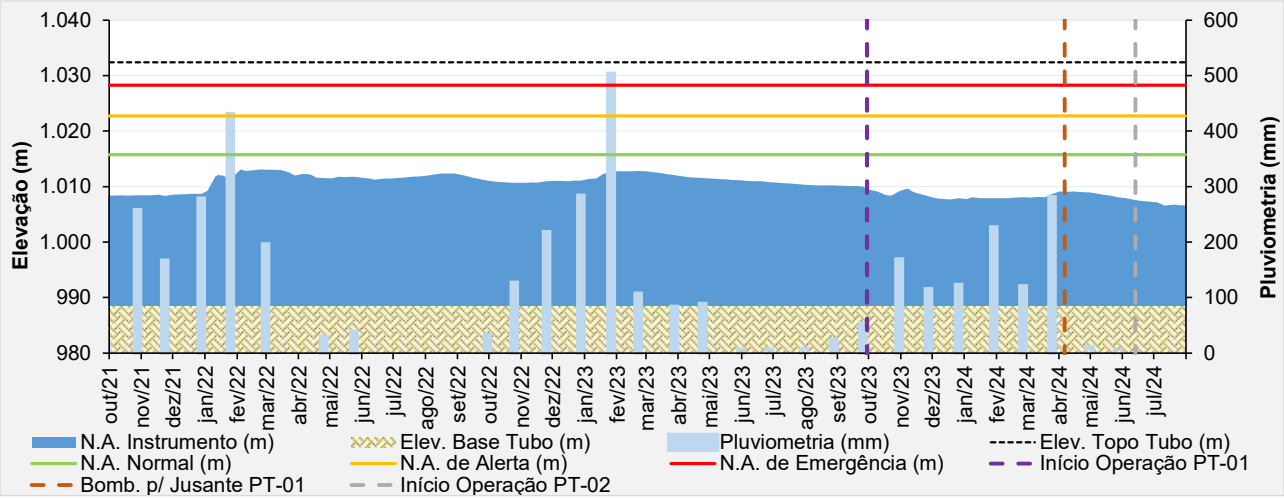


Figura 5.44 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-14.

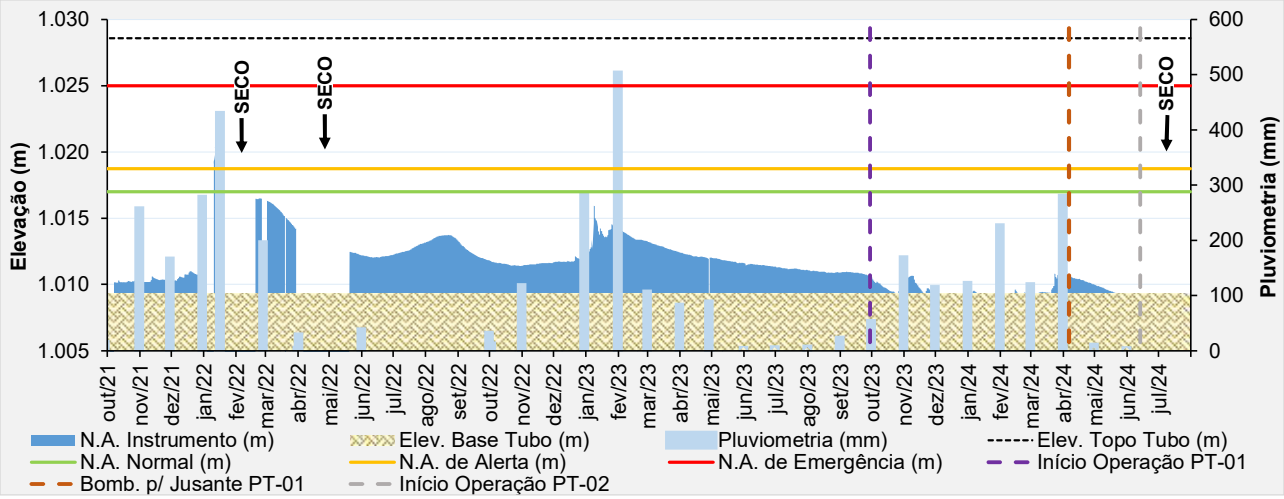


Figura 5.45 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-15.

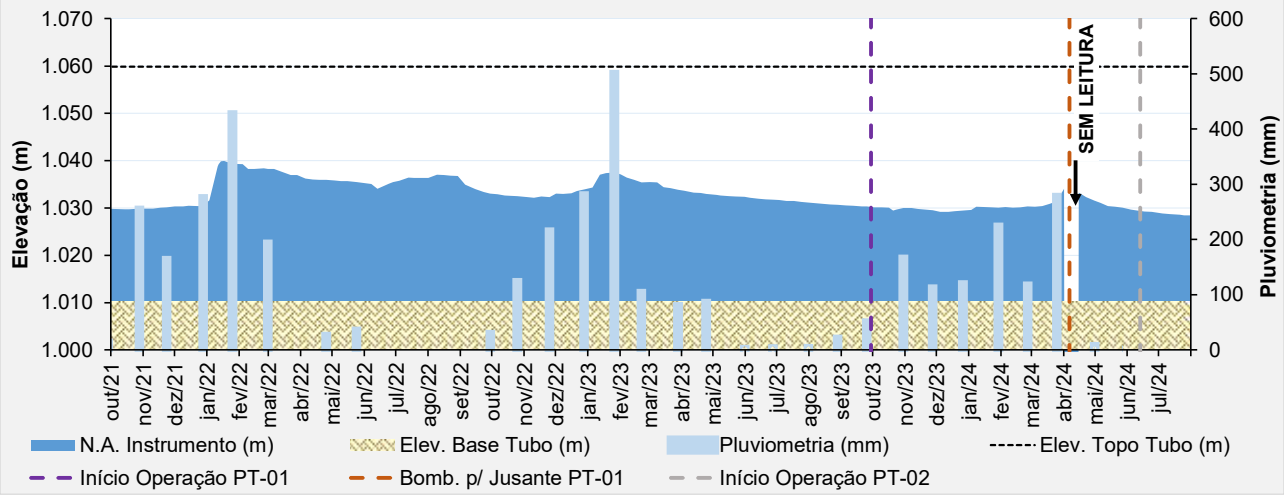


Figura 5.46 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-16.

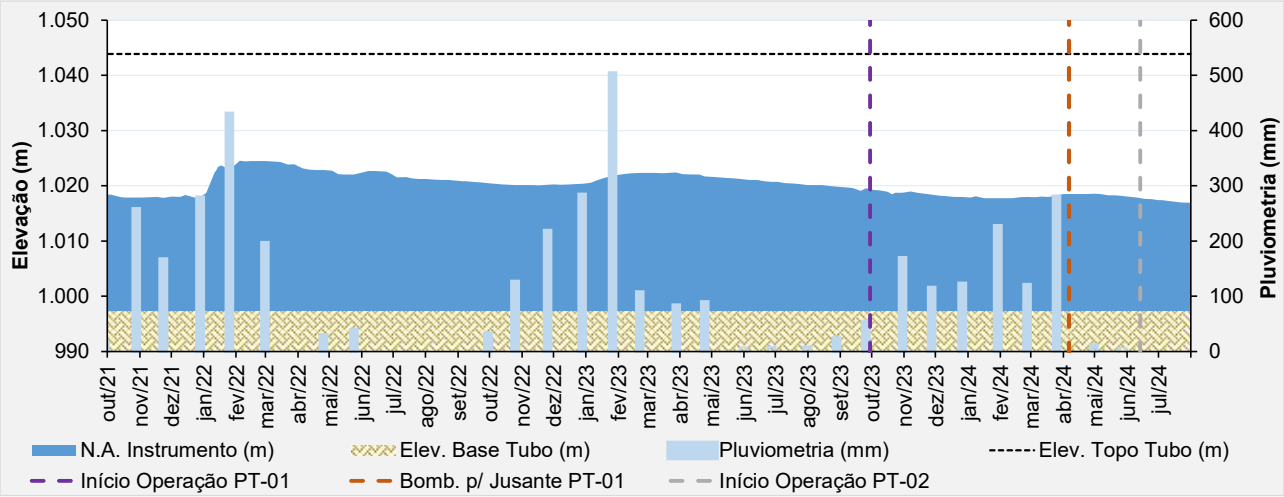


Figura 5.47 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-17.

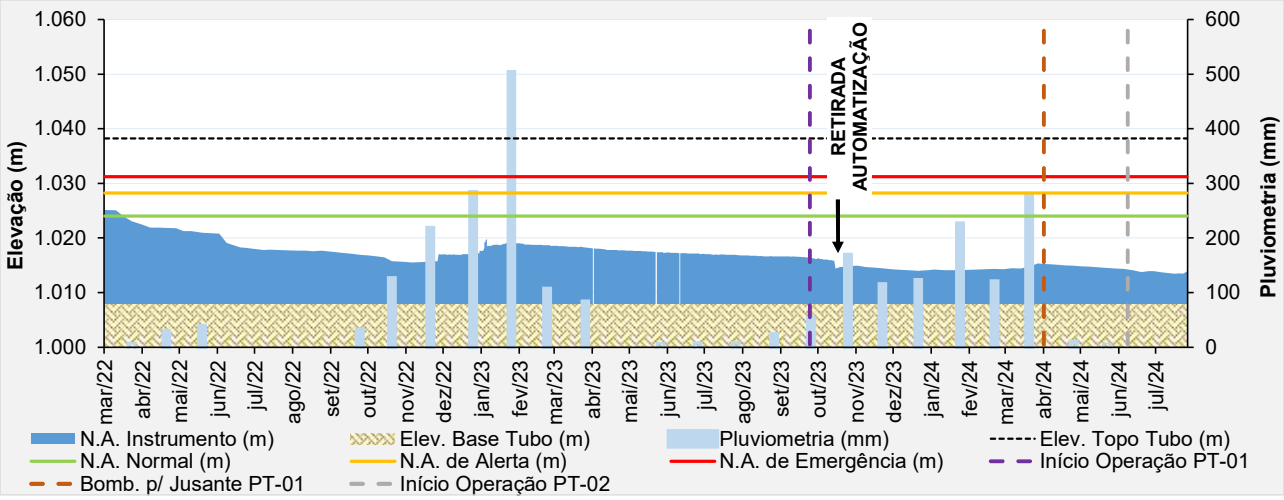


Figura 5.48 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-18.

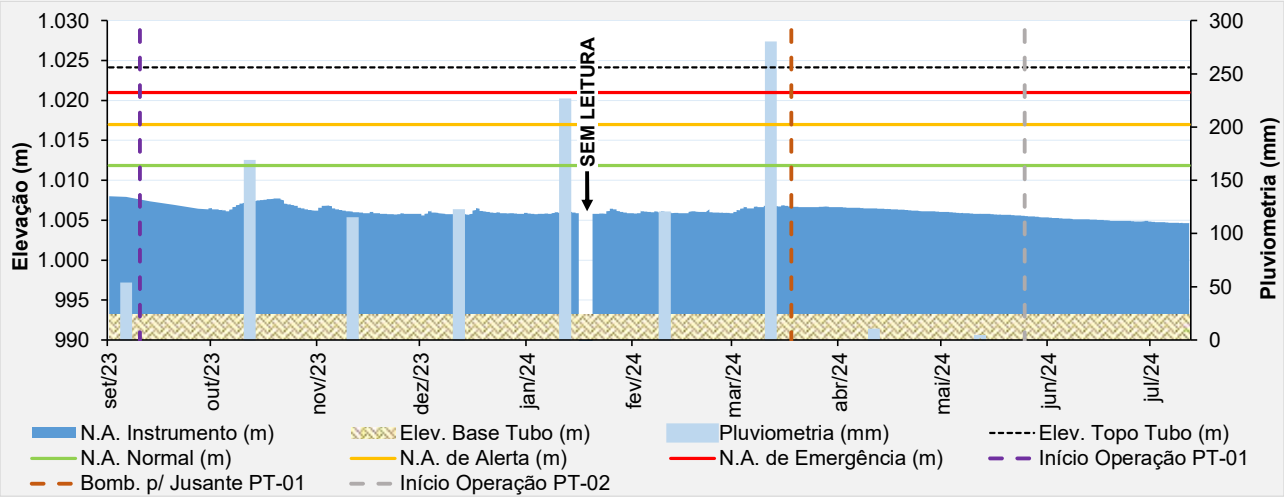


Figura 5.49 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-19.

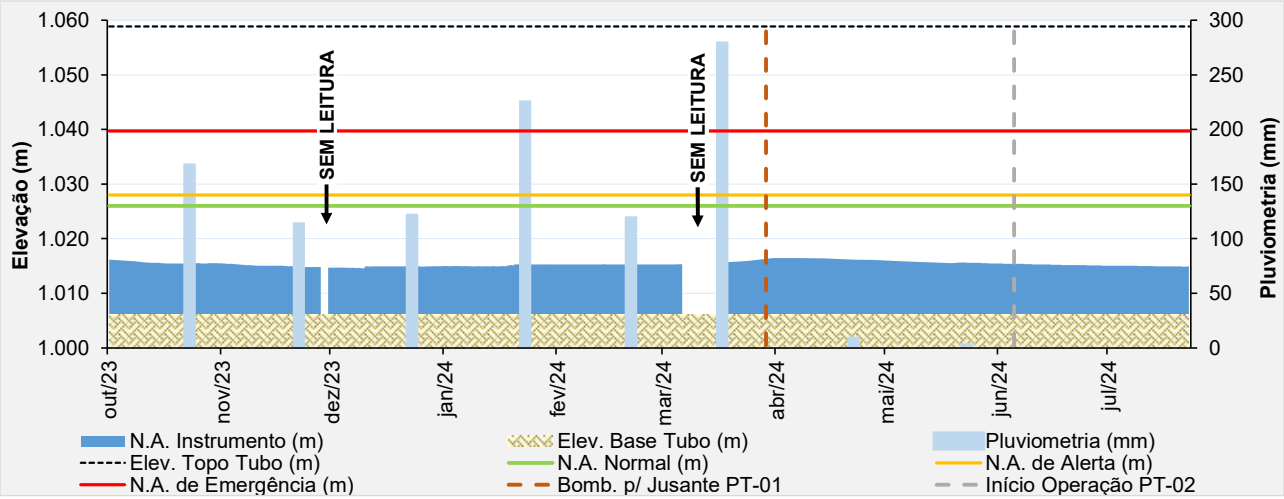


Figura 5.50 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-20.

A partir da análise das leituras dos indicadores de nível d'água e piezômetros, percebe-se que, logo após o início da operação da bomba instalada no poço PT-01, os níveis verificados na instrumentação apresentaram um rebaixamento gradual.

Porém, no período entre fevereiro e março de 2024, devido a constantes paralisações no bombeamento e a uma maior incidência de chuvas na região, os níveis tiveram uma elevação em relação às leituras previamente verificadas.

No início de abril de 2024, com a alteração do direcionamento da água para jusante, os níveis voltaram a apresentar rebaixamento, ficando um pouco mais acentuado a partir de meados de junho/2024 quando entrou em operação a bomba instalada no poço PT-02.

- **Placas Indicadoras de Vazão**

O monitoramento de vazão percolada da barragem é realizado por 3 (três) indicadores de vazão da drenagem interna. O indicador de vazão IV-03 permanece seco desde sua construção.

A análise das leituras de vazões na placa IV-01, que mede os efluentes percolados pelo maciço da barragem à jusante do dreno invertido na elevação 1.018,0 m. Considerando o período avaliado (maio/2024 a julho/2024), o dreno apresentou uma vazão média de 0,03 m³/h. Percebe-se que a partir do início da operação da bomba de rebaixamento, não foi verificada vazão na saída do dreno por um período de 6 meses, voltando a apresentar vazão em março/2024, retornando à condição seca em meados de julho/2024.

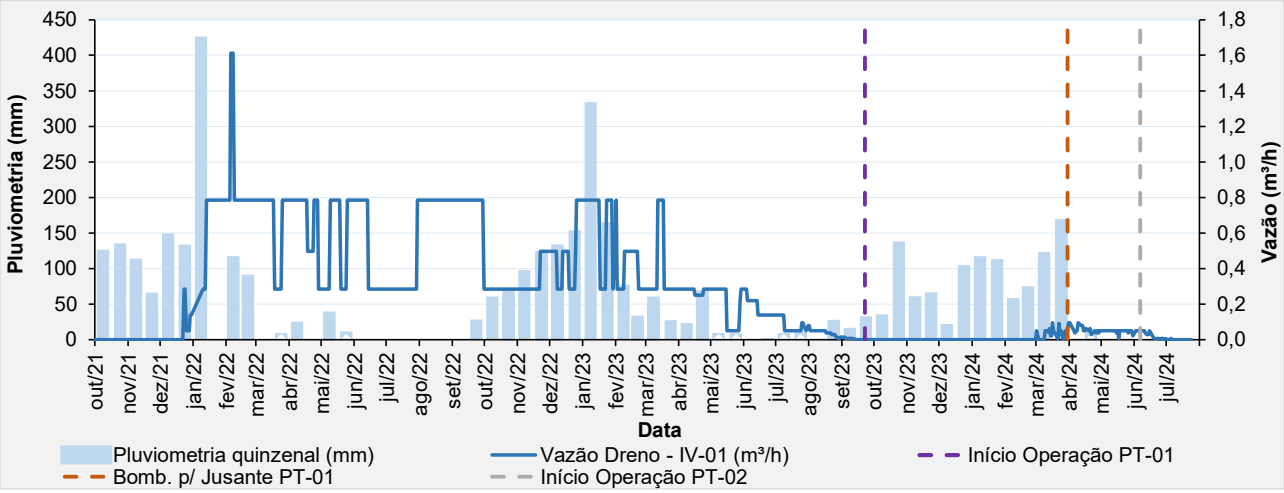


Figura 5.51 – Análise das vazões do IV-01 (Dreno).

Quanto a análise das leituras de vazões na placa IV-02, que mede também as vazões de nascentes na região do pé da barragem, são muito influenciadas pela pluviometria e a grande área de contribuição para esse ponto. No período avaliado (maio/2024 a julho/2024), obteve-se uma vazão média de 2,36 m³/h, com leituras variando de 0,55 m³/h até 9,12 m³/h. Percebe-se que a partir de novembro/2023 houve uma redução significativa nas vazões verificadas no IV-02, período este em que a bomba de rebaixamento estava em operação. A vazão verificada no indicador de vazão IV-02 também respondeu à alteração do direcionamento da água para jusante no início de abril/2024, voltando a apresentar redução das vazões, ficando um pouco mais acentuada a partir de meados de junho/2024 com a operação da bomba instalada no poço PT-02.

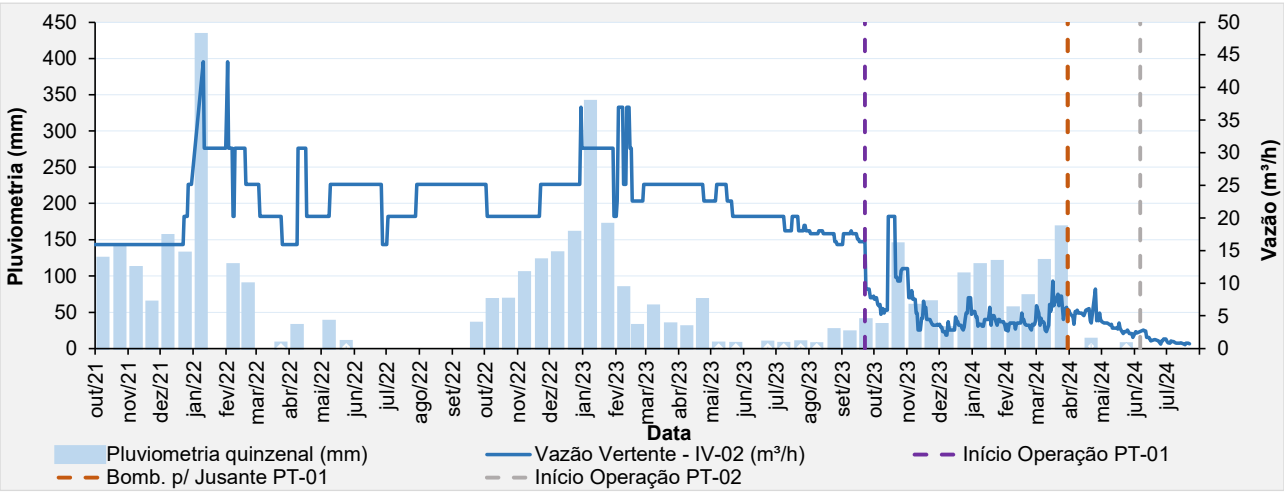


Figura 5.52 – Análise das vazões do IV-02 (Vertente).

- **Prismas de Monitoramento**

Para controle de deslocamento em superfície, atualmente, existem 30 prismas fixos instalados no maciço da barragem e monitorados por uma estação robótica fixa instalada no terreno natural à jusante da barragem conforme Figura 5.12.

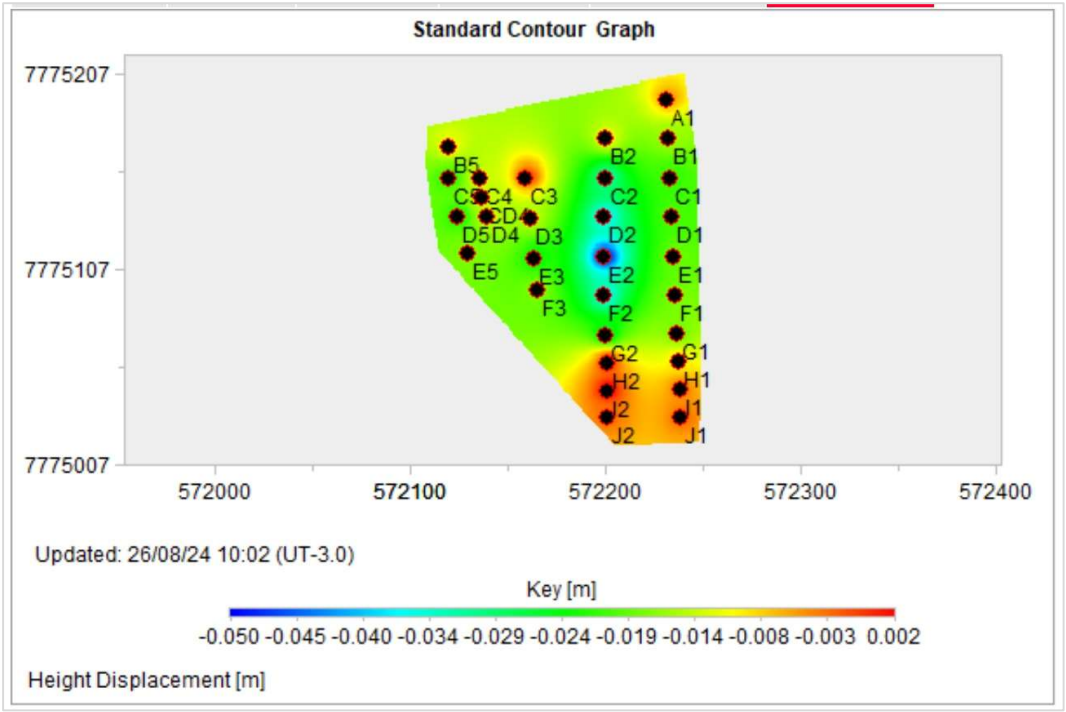


Figura 5.53 – Registros deslocamentos verticais dos prismas.

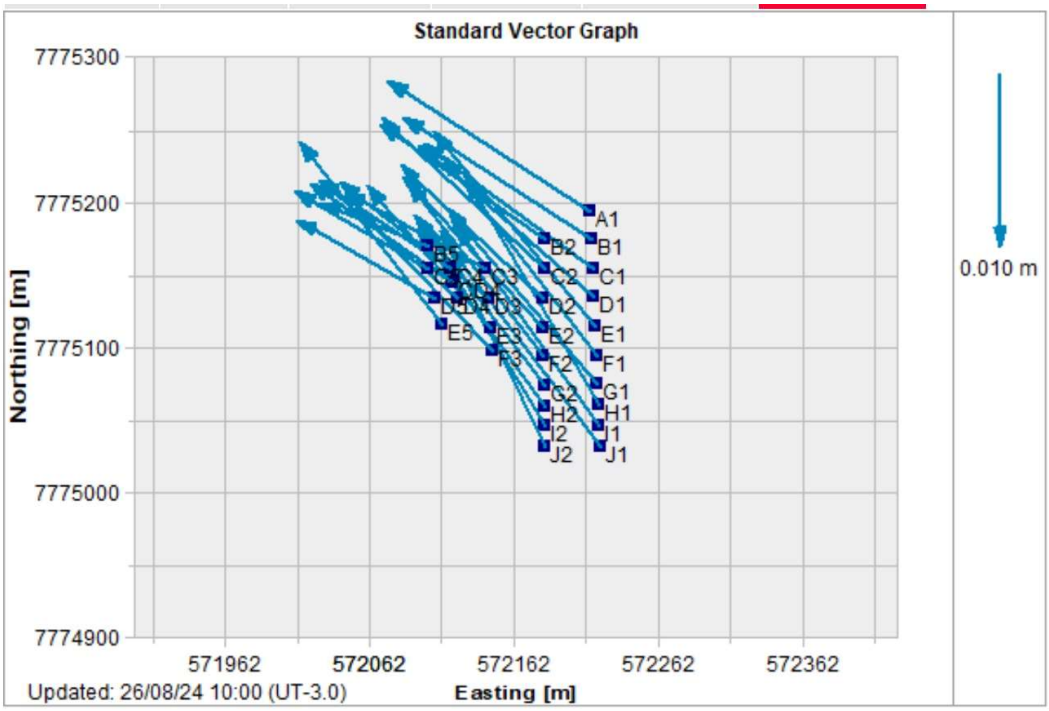


Figura 5.54 – Registros vetores deslocamento dos prismas.

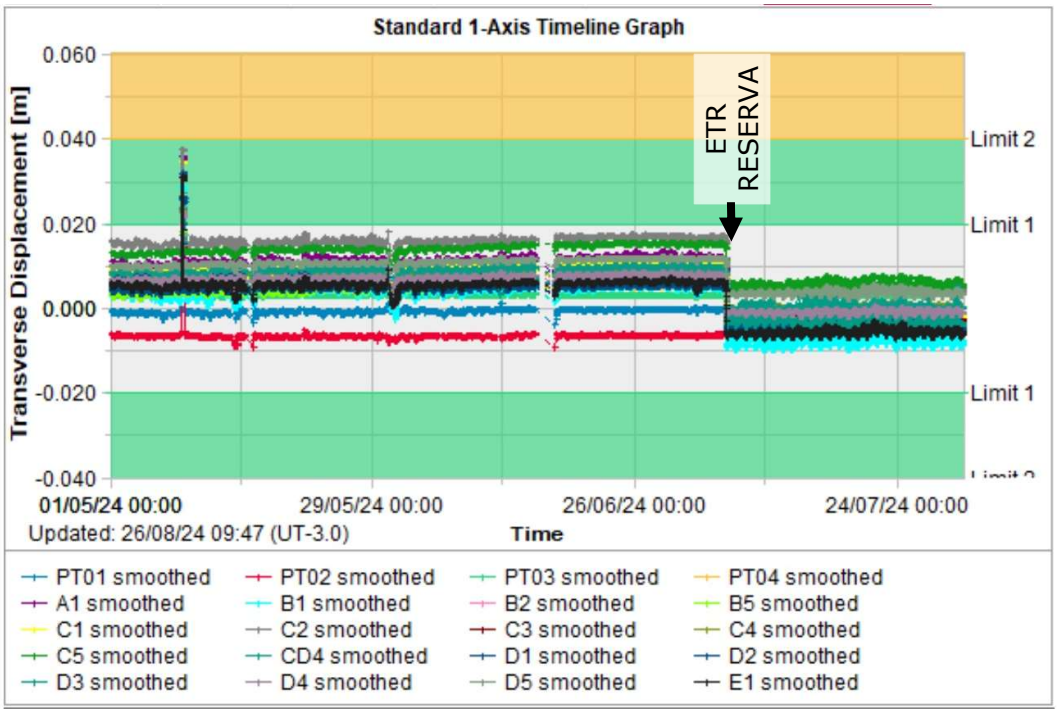


Figura 5.55 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

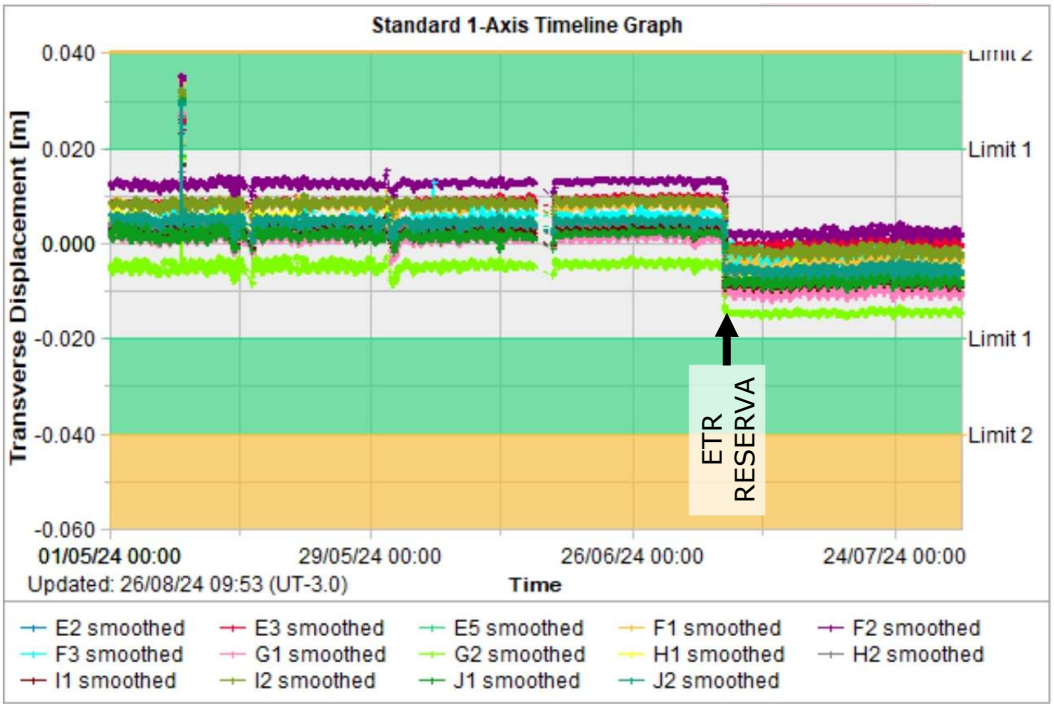


Figura 5.56 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

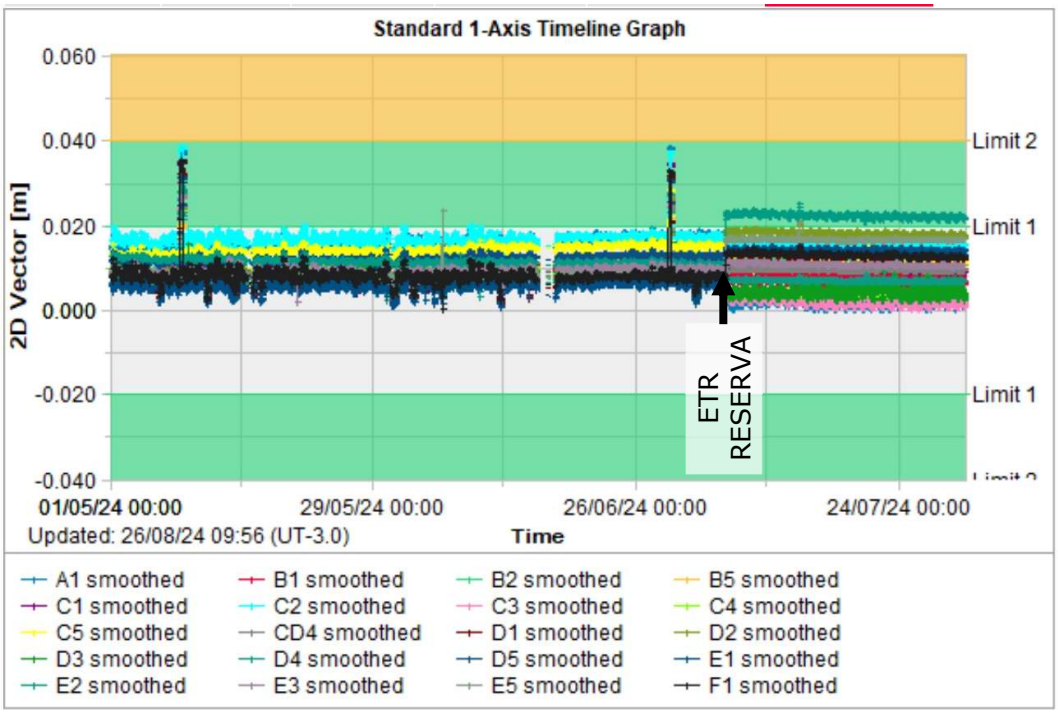


Figura 5.57 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

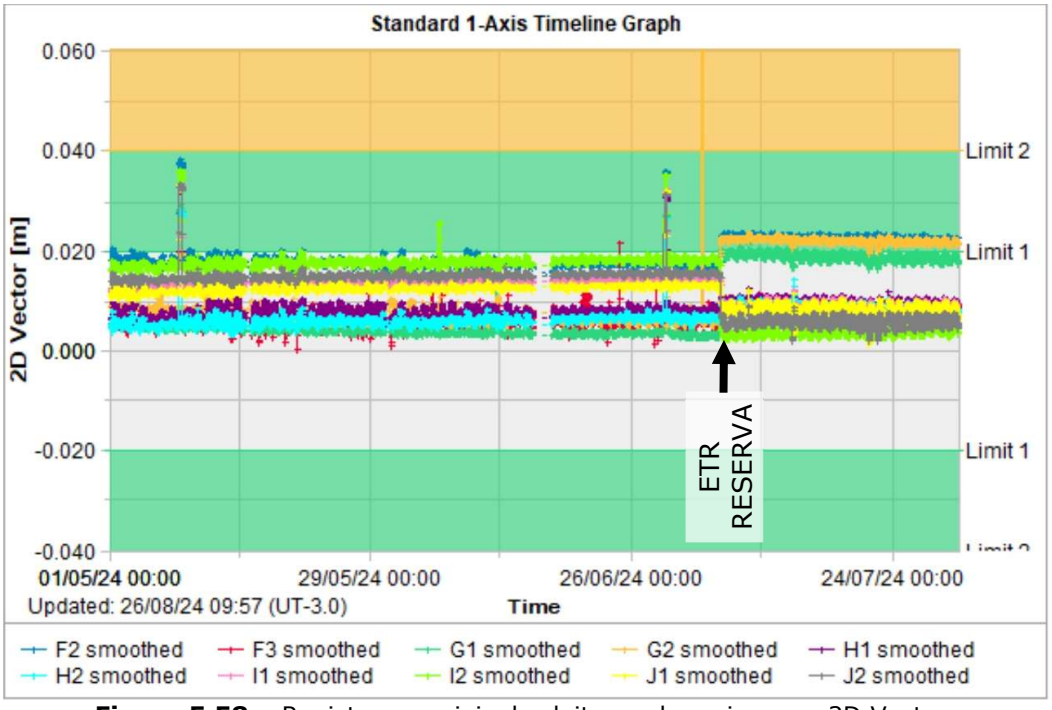


Figura 5.58 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

As leituras de deslocamento vertical (Figura 5.53) apontam que a barragem tem um deslocamento acumulado menor que 4,5 cm, que pode ser considerado como uma movimentação baixa, já que tal valor representa 0,08% em relação à altura da barragem (55,79 m). Conforme esperado, as ombreiras da barragem são as regiões onde são verificados

os menores deslocamentos, juntamente com o pé da estrutura. Os maiores deslocamentos são verificados na porção central do barramento.

No final de junho de 2024, pode-se observar um deslocamento uniforme dos registros dos dados de monitoramento, sendo resultado da troca da estação total por um equipamento reserva para que a atual fosse calibrada, conforme informado pela MMI. Após essa alteração alguns marcos atingiram o limite 1 (verde), mantendo os níveis, com pequenas variações, até o final do período avaliado, não indicando tendência de deslocamento, porém comprometendo o histórico, análise e interpretação dos dados.

- **Marcos de Controle de Deslocamento**

Atualmente na barragem existem 4 marcos de controle de deslocamento instalados na estrutura, como pode ser visto na Tabela 5.3.

Na 1ª quinzena de outubro de 2023, a equipe de topografia da MMI informou que foi realizada a calibração das estações totais e dessa forma foi necessário o recadastramento das hastes com as leituras do dia 11/10/2023.

A partir da análise das leituras dos marcos de controle pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Os valores acumulados observados, horizontais menores que 7 mm e verticais menores que 3 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura (“serrilhado”), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão. A última leitura dos deslocamentos dos marcos superficiais no período avaliado (maio/2024 a julho/2024) foi realizada no dia 11/07/2024.

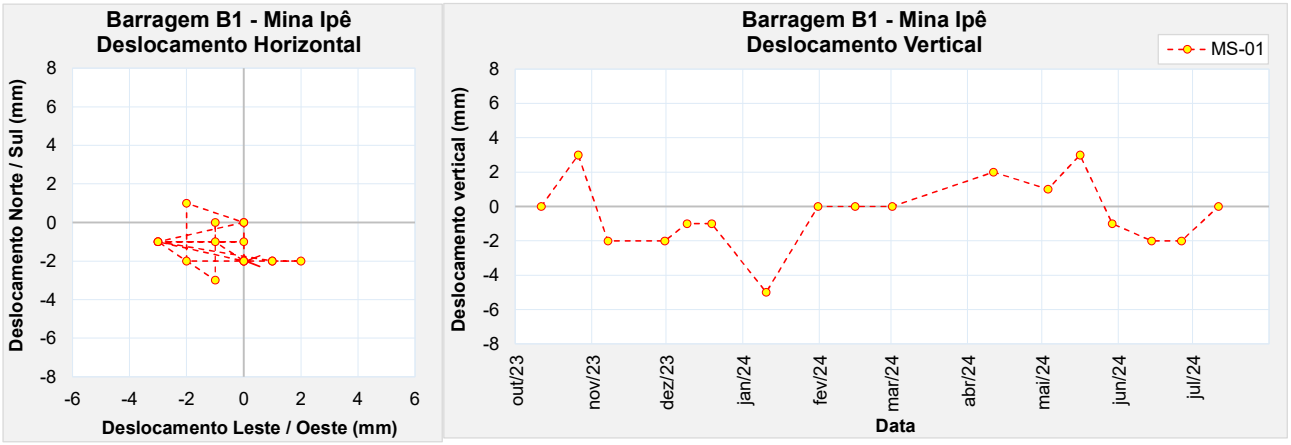


Figura 5.59 – Marco de controle de deformação – MS-01.

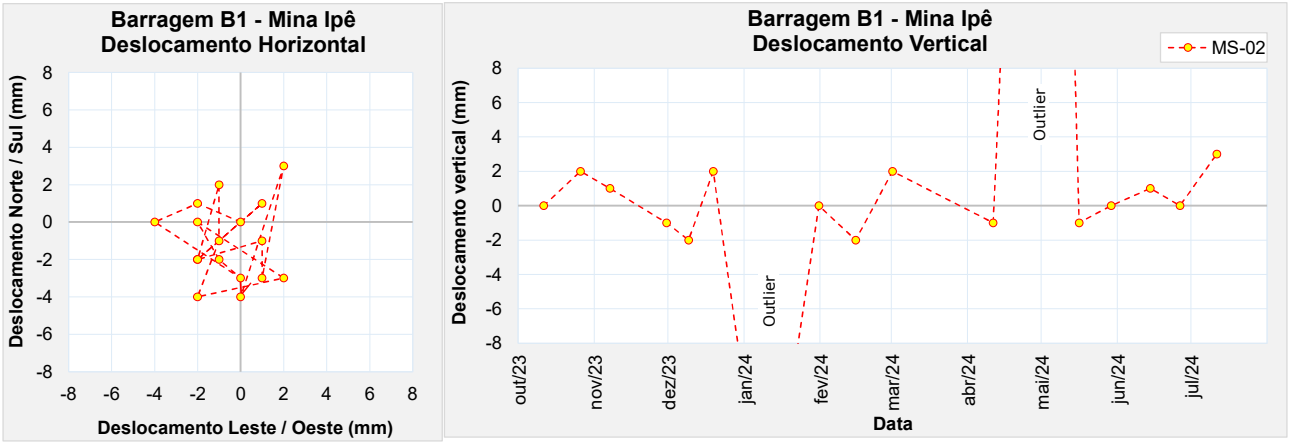


Figura 5.60 – Marco de controle de deformação – MS-02.

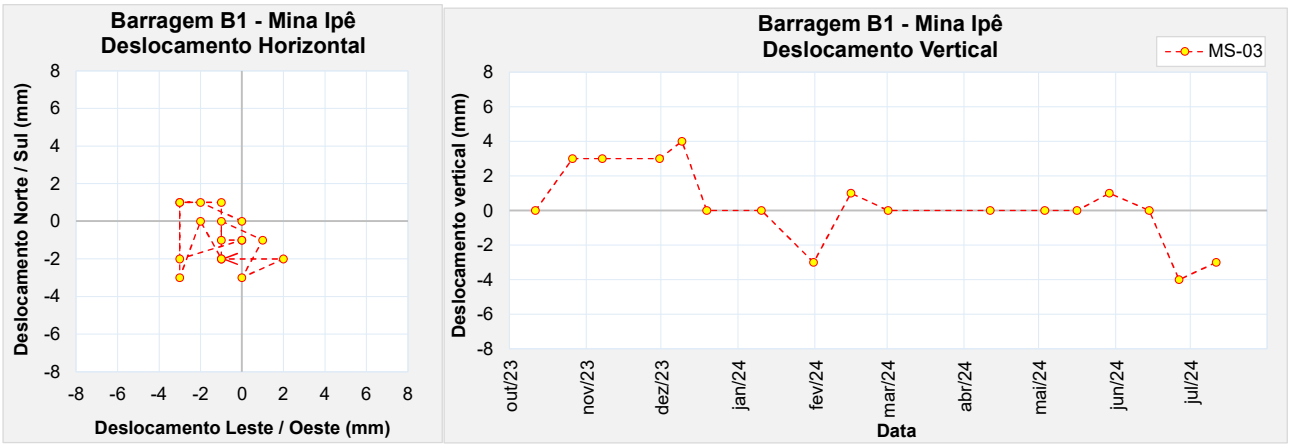


Figura 5.61 – Marco de controle de deformação – MS-03.

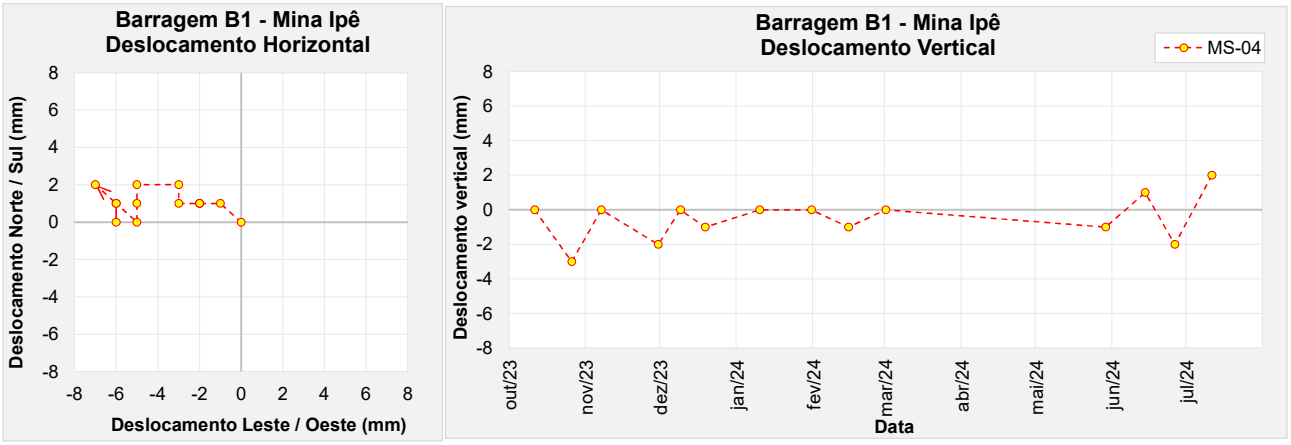


Figura 5.62 – Marco de controle de deformação – MS-04.

- **Monitoramento do Talude da Encosta**

Para monitoramento do talude da encosta na margem direita do reservatório, foram instalados 26 marcos de deslocamento, de modo que se possa avaliar possíveis deslocamentos na região. Na Figura 5.8 é apresentada a locação dos marcos superficiais de monitoramento da encosta e

na Tabela 5.1, os dados de cadastro dos marcos de referência e de monitoramento do talude da encosta.

A partir da análise das leituras dos marcos superficiais, pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Os valores acumulados observados, verticais menores que 8 mm e horizontais resultantes também menores que 8 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão.

Os marcos MS-01 e MS-03 foram cadastrados, porém ainda não foram realizadas as demais aferições, dessa forma não serão apresentados gráficos do histórico de deslocamento destes instrumentos. No dia 25/07/2024, não foi realizada a aferição do marco MS-10.

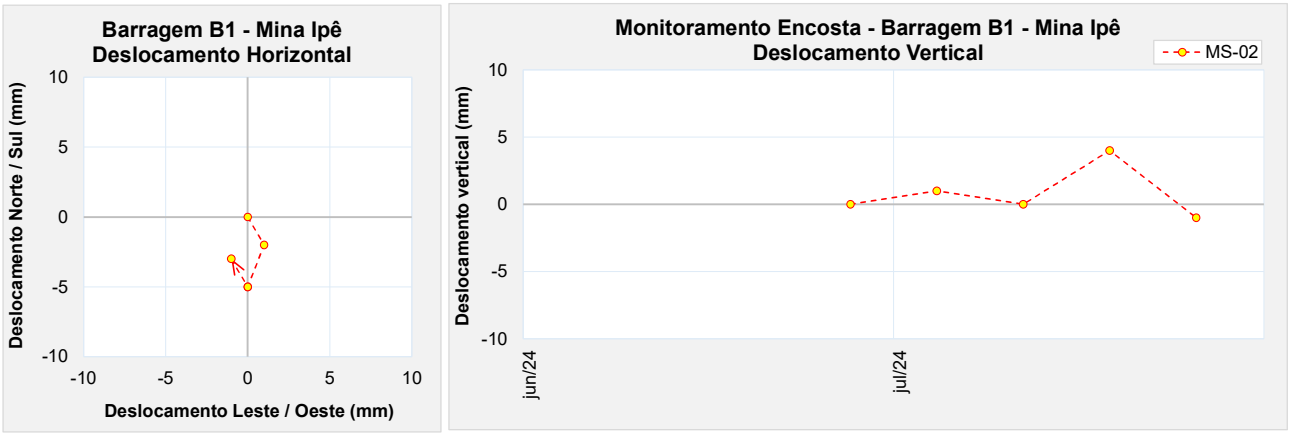


Figura 5.63 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-02.

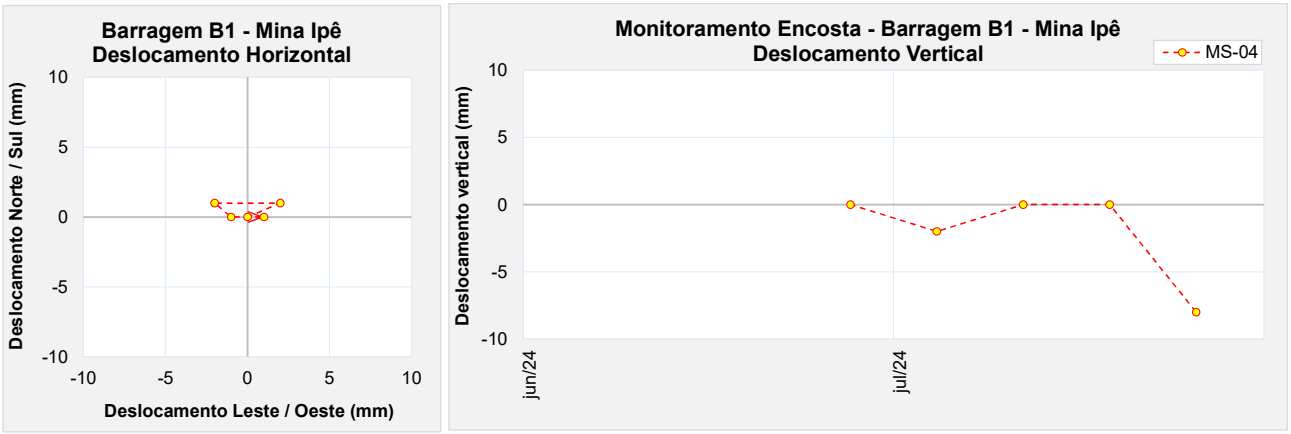


Figura 5.64 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-04.

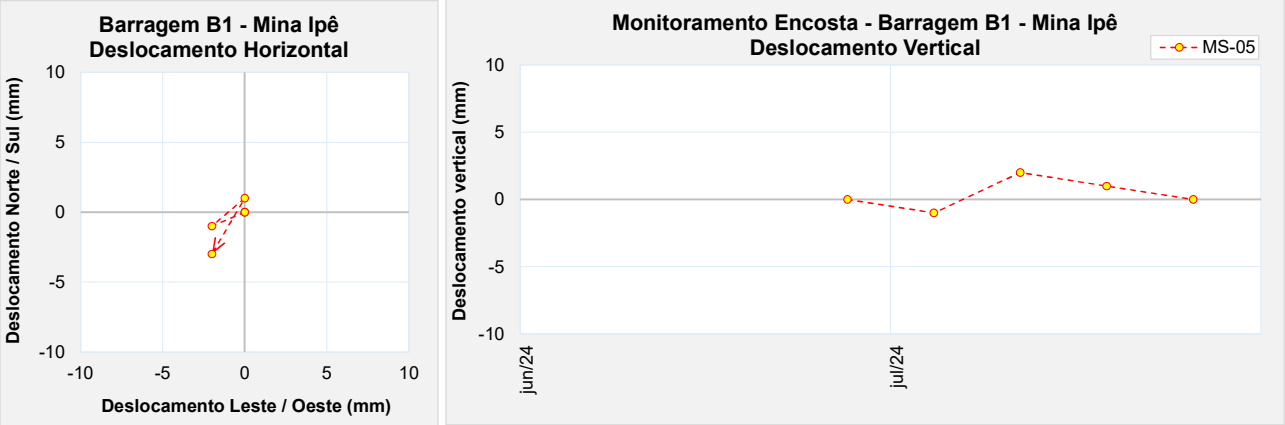


Figura 5.65 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-05.

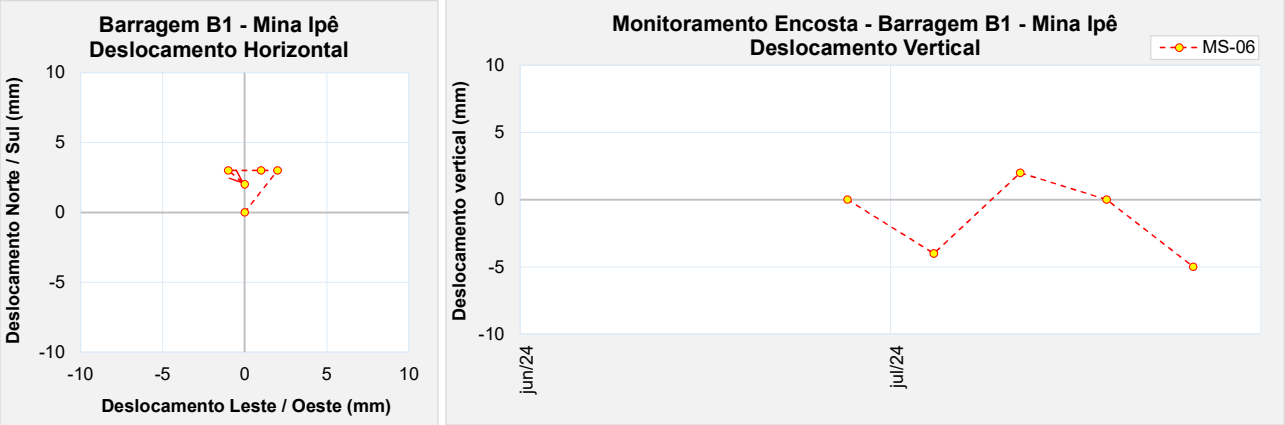


Figura 5.66 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-06.

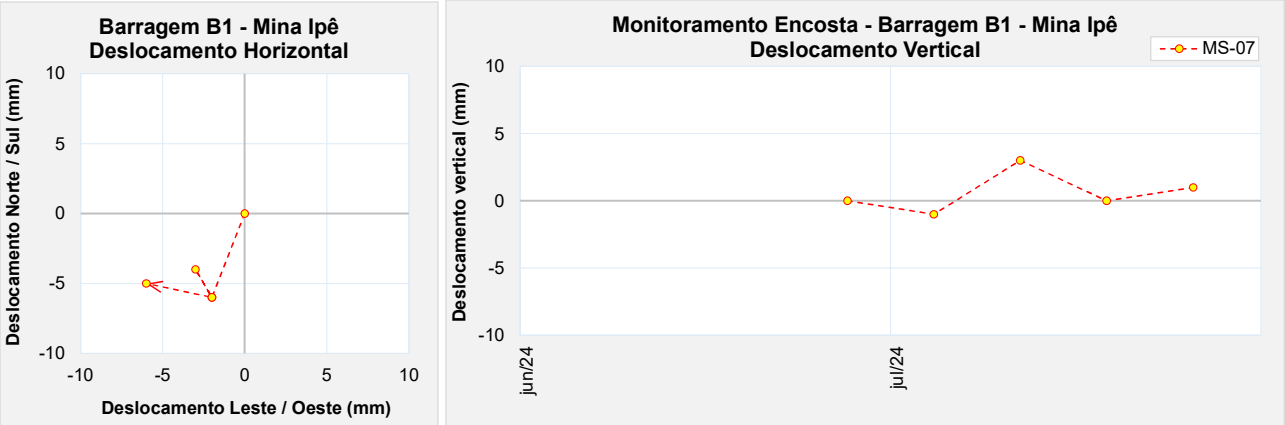


Figura 5.67 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-07.

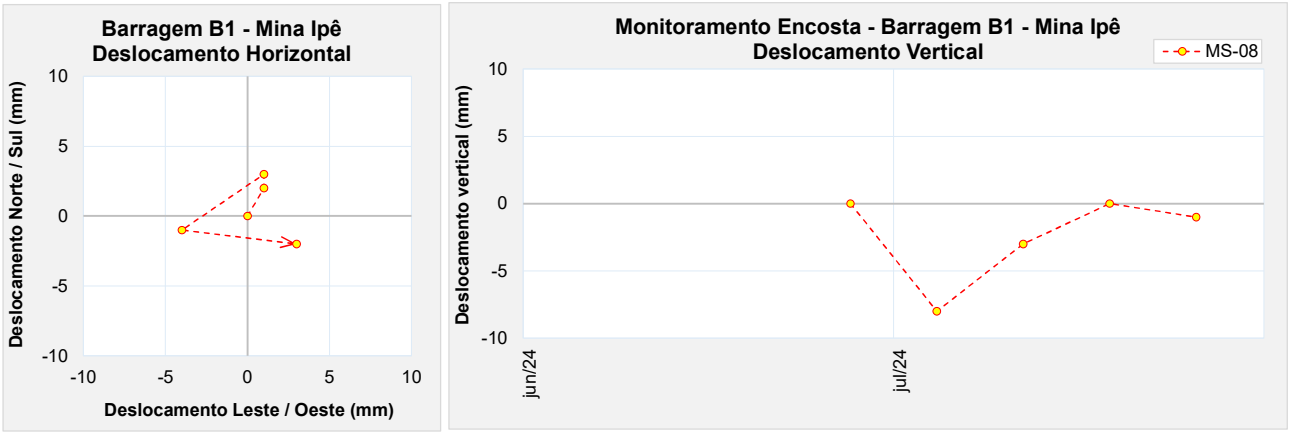


Figura 5.68 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-08.

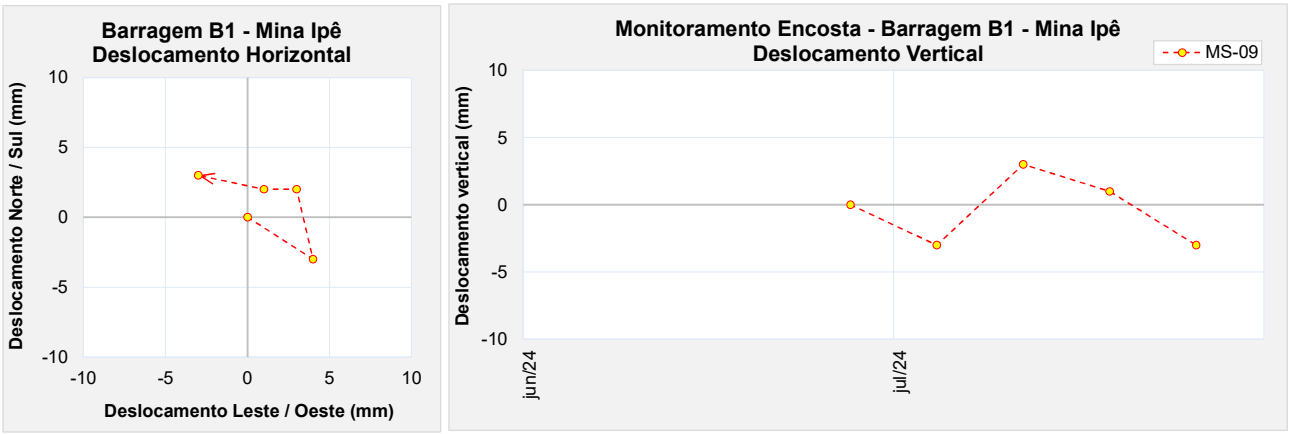


Figura 5.69 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-09.

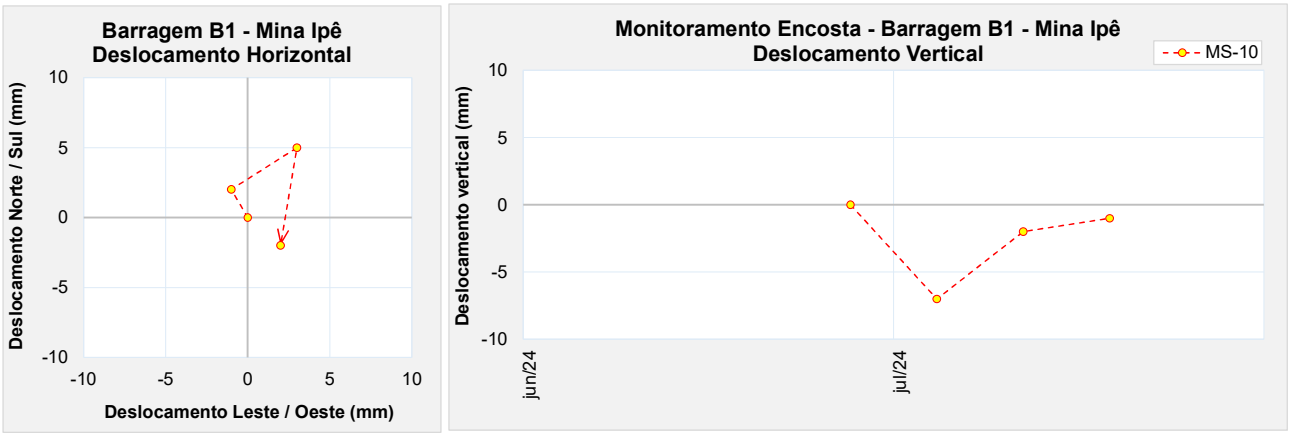


Figura 5.70 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-10.

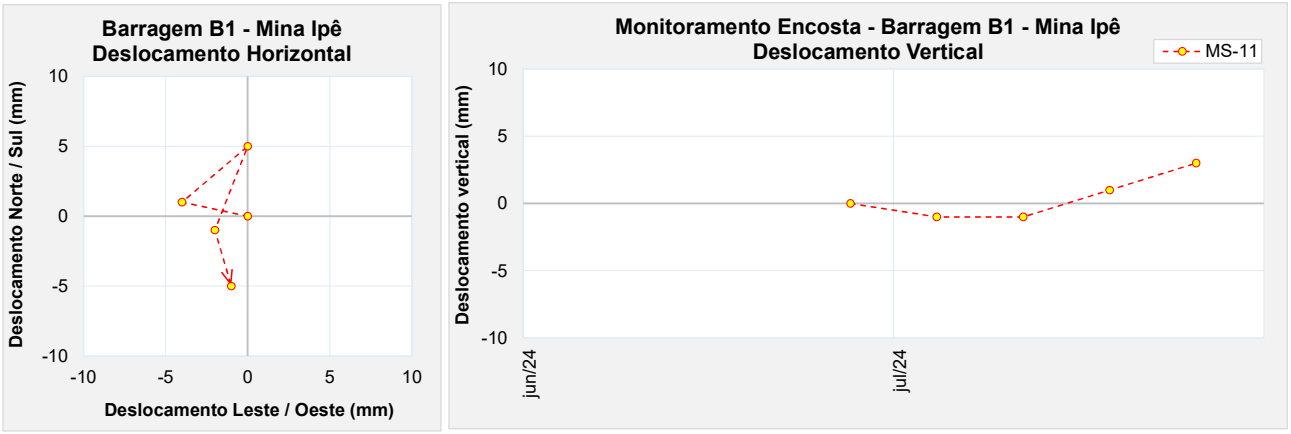


Figura 5.71 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-11.

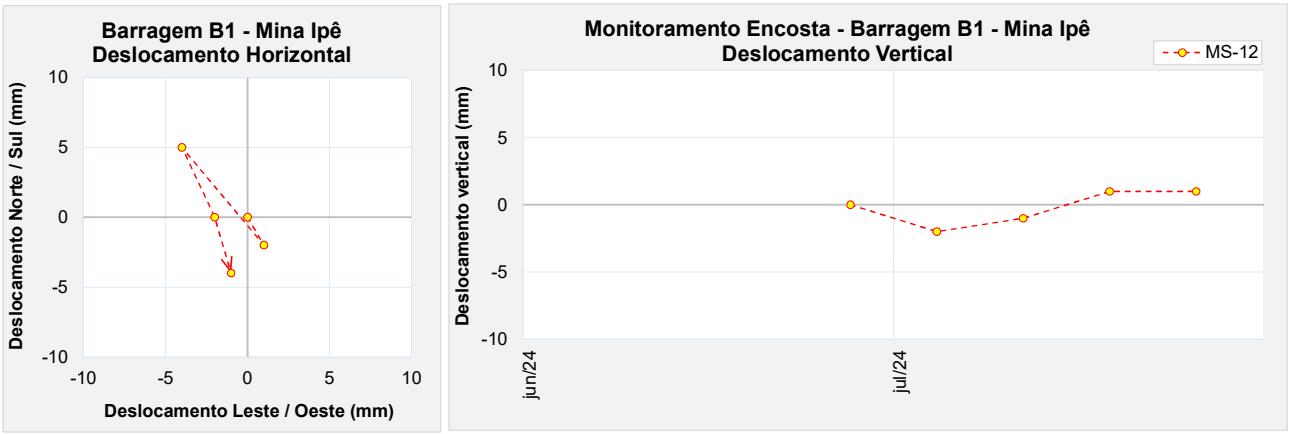


Figura 5.72 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-12.

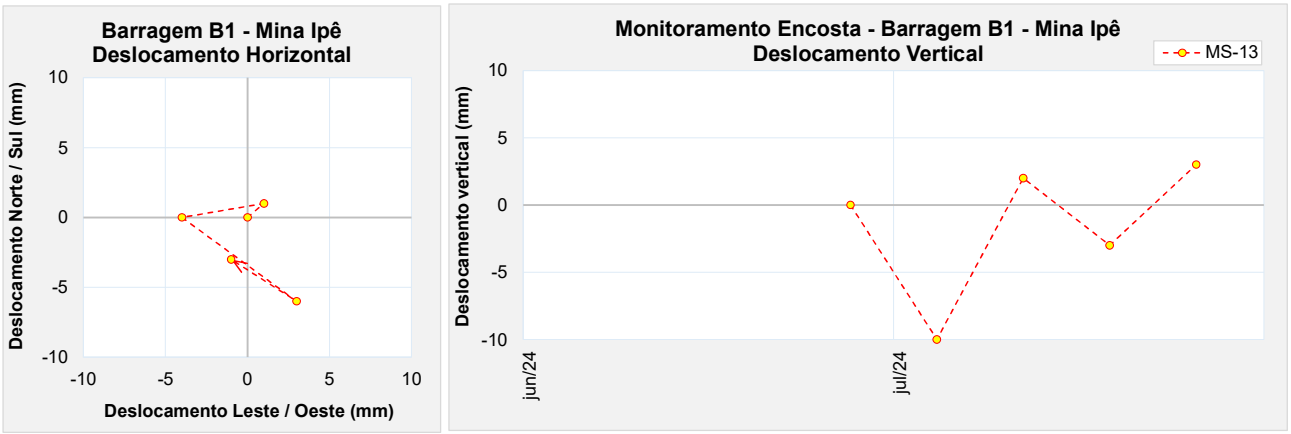


Figura 5.73 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-13.

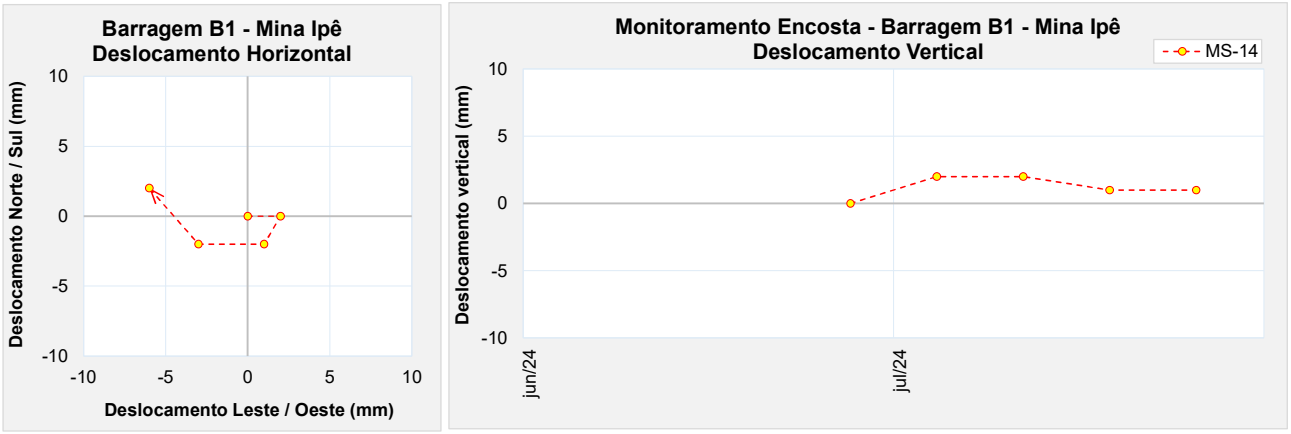


Figura 5.74 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-14.

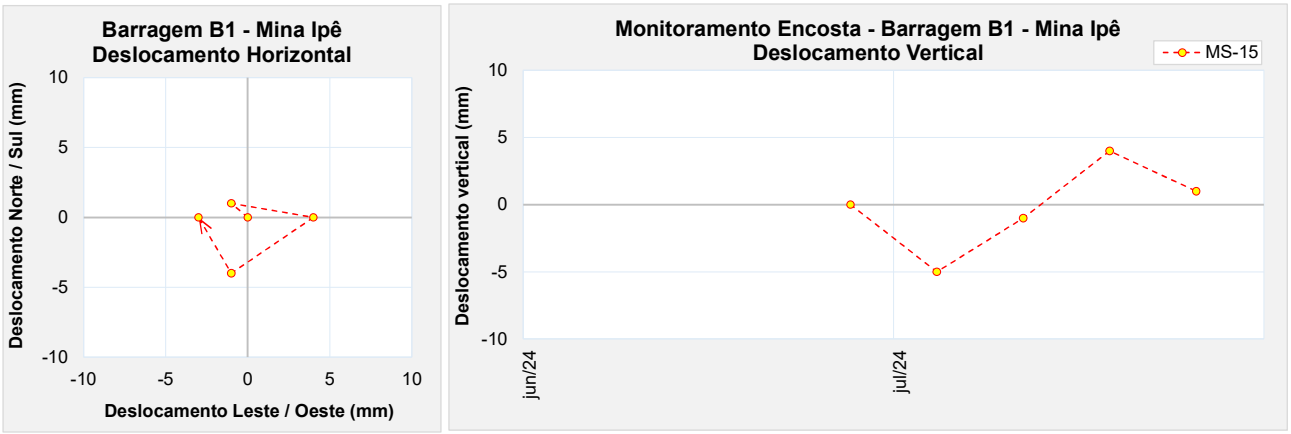


Figura 5.75 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-15.

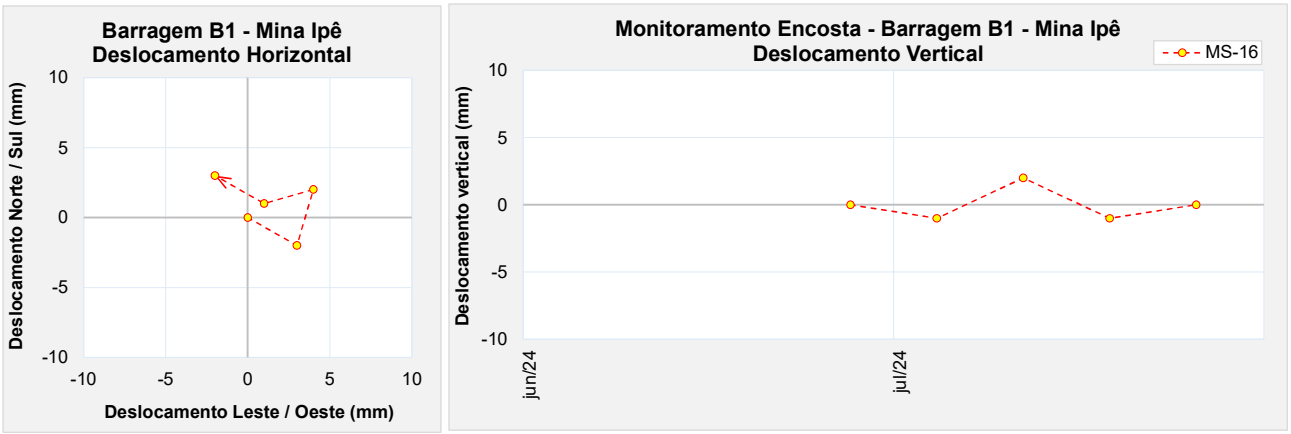


Figura 5.76 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-16.

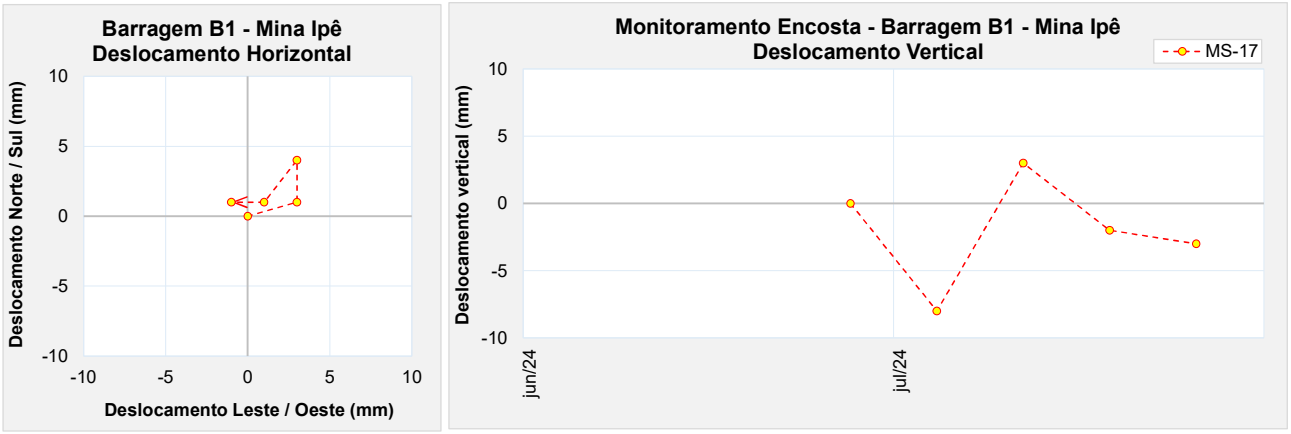


Figura 5.77 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-17.

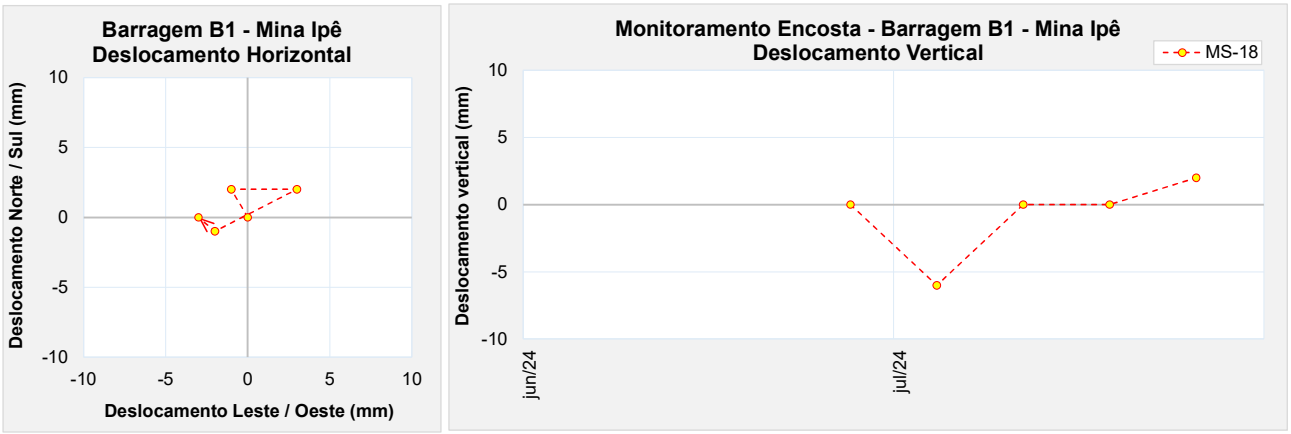


Figura 5.78 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-18.

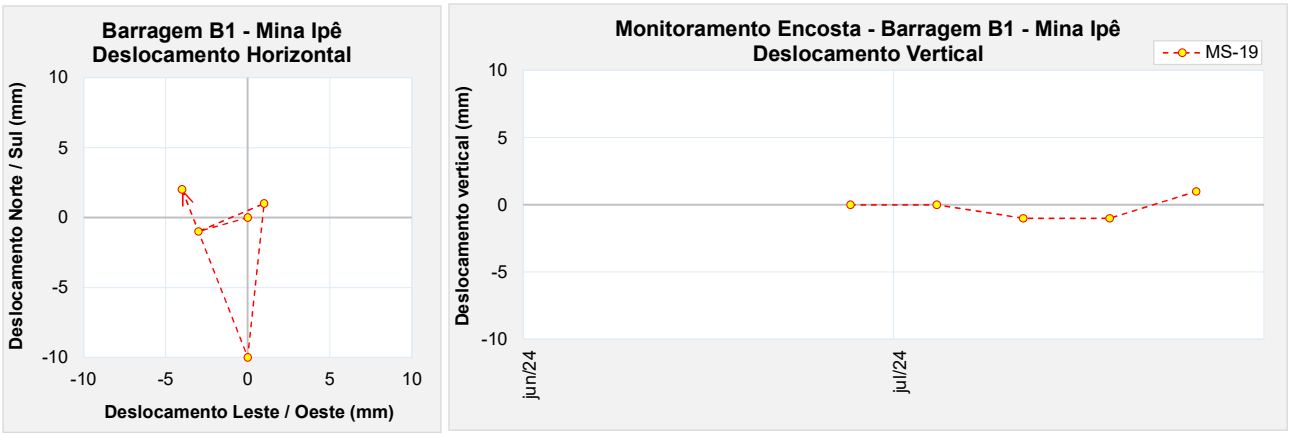


Figura 5.79 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-19.

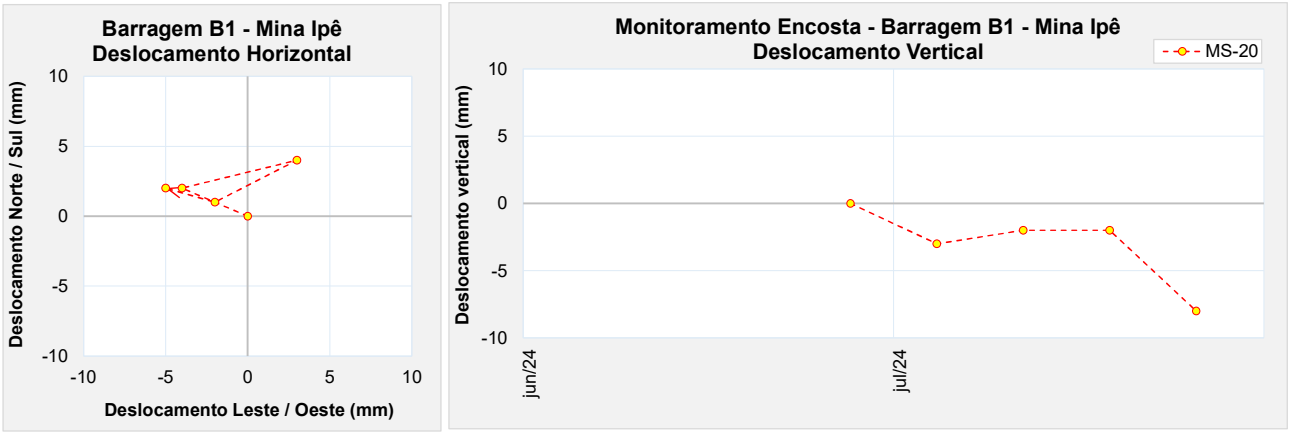


Figura 5.80 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-20.

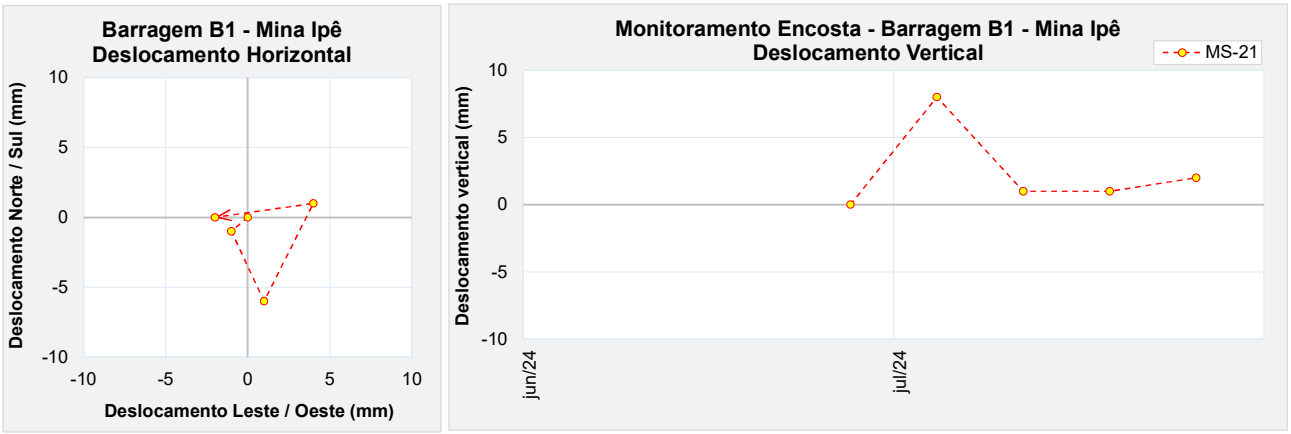


Figura 5.81 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-21.

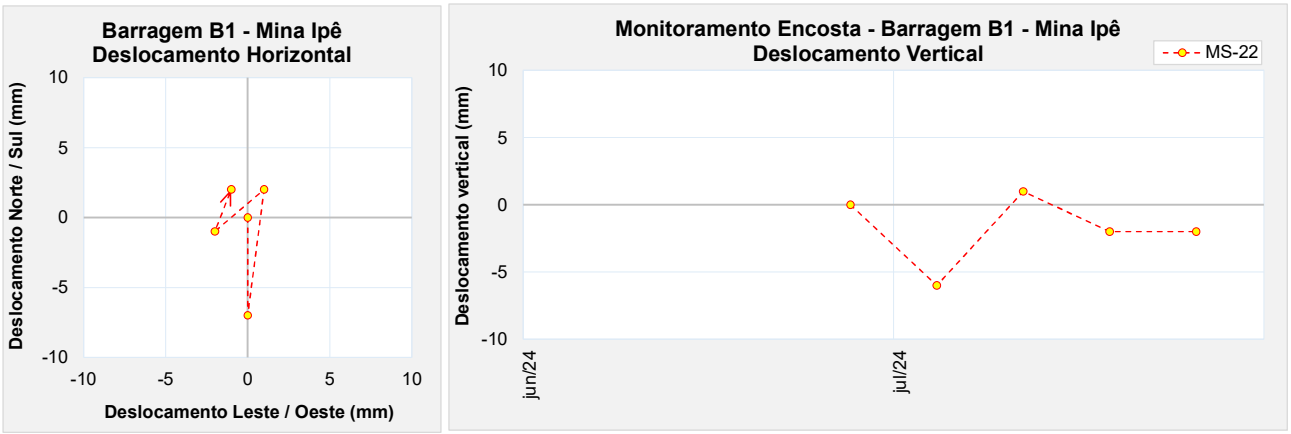


Figura 5.82 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-22.

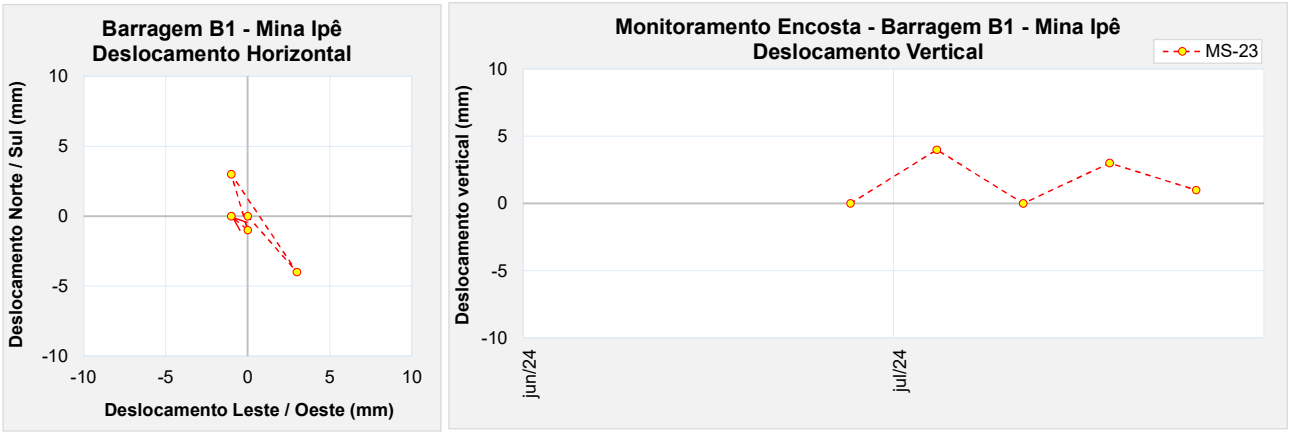


Figura 5.83 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-23.

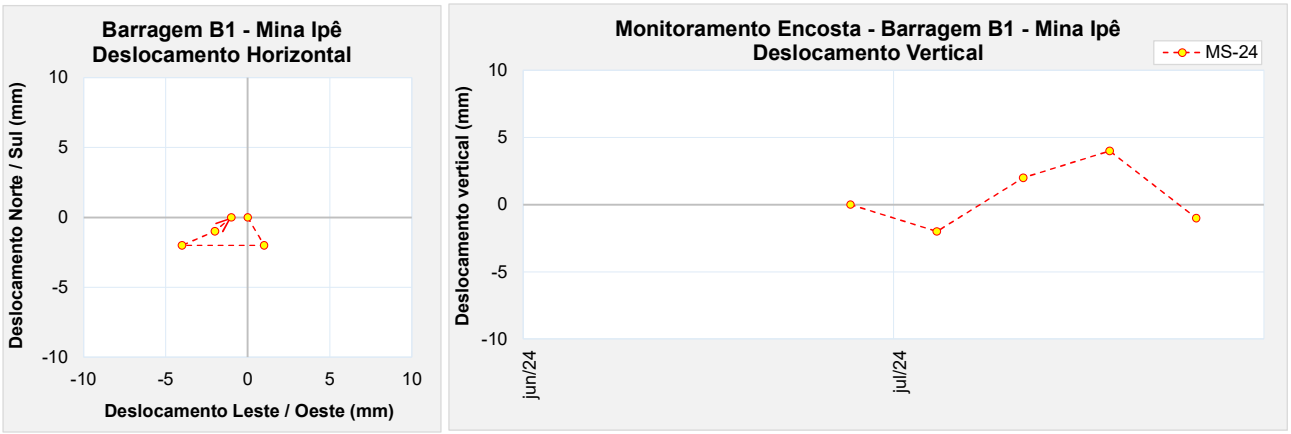


Figura 5.84 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-24.

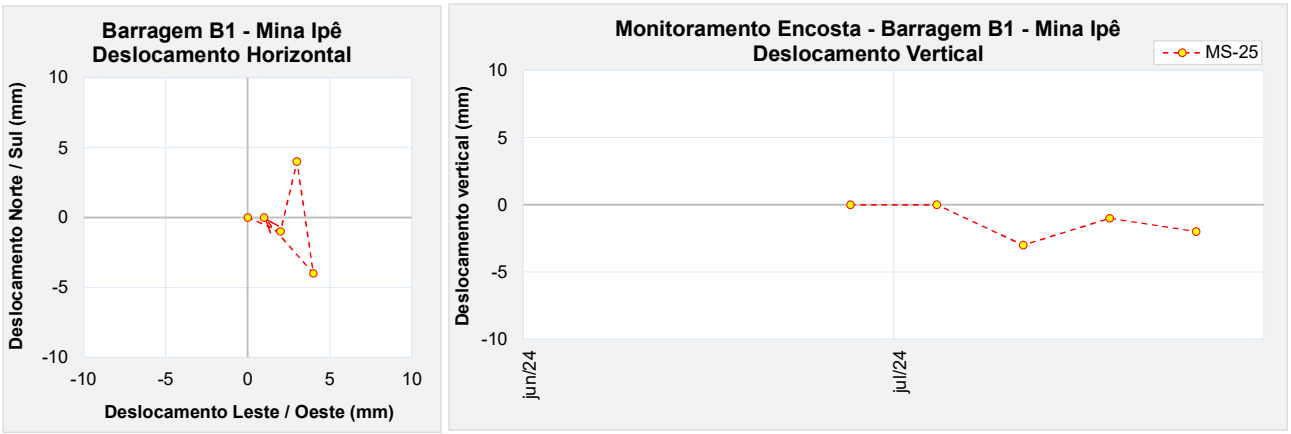


Figura 5.85 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-25.

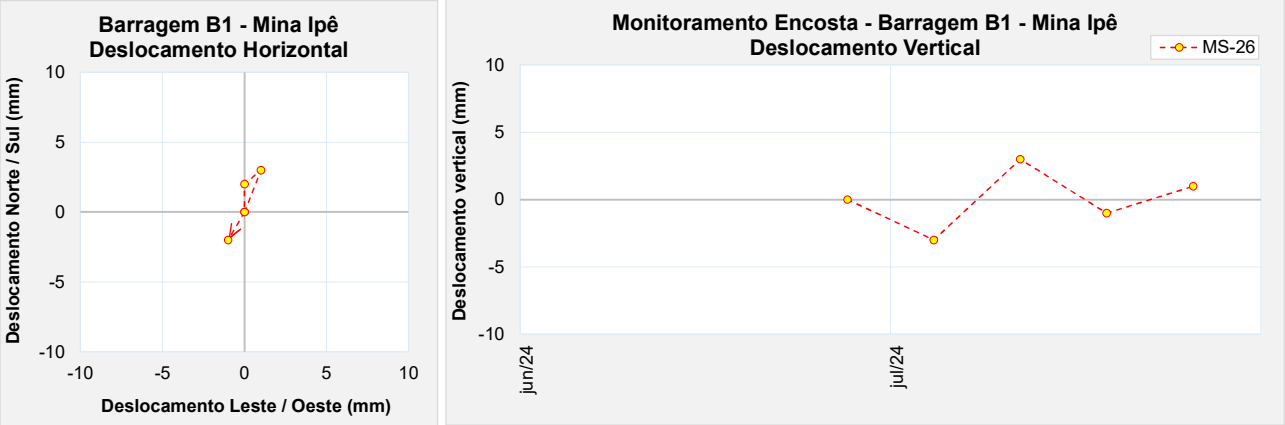


Figura 5.86 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-26.

- **Operação dos Poços de Bombeamento**

Como premissa do projeto de descaracterização da Barragem B1- Mina Ipê, o nível freático deve estar abaixo da camada de rejeito contrátil presente na fundação da barragem. Dessa forma, para que se atinja tal objetivo foram instalados dois poços de rebaixamento, conforme apresentado no item 5.3.1.

O esquema de direcionamento dos fluxos provenientes dos poços de bombeamento é apresentado na Figura 5.7.

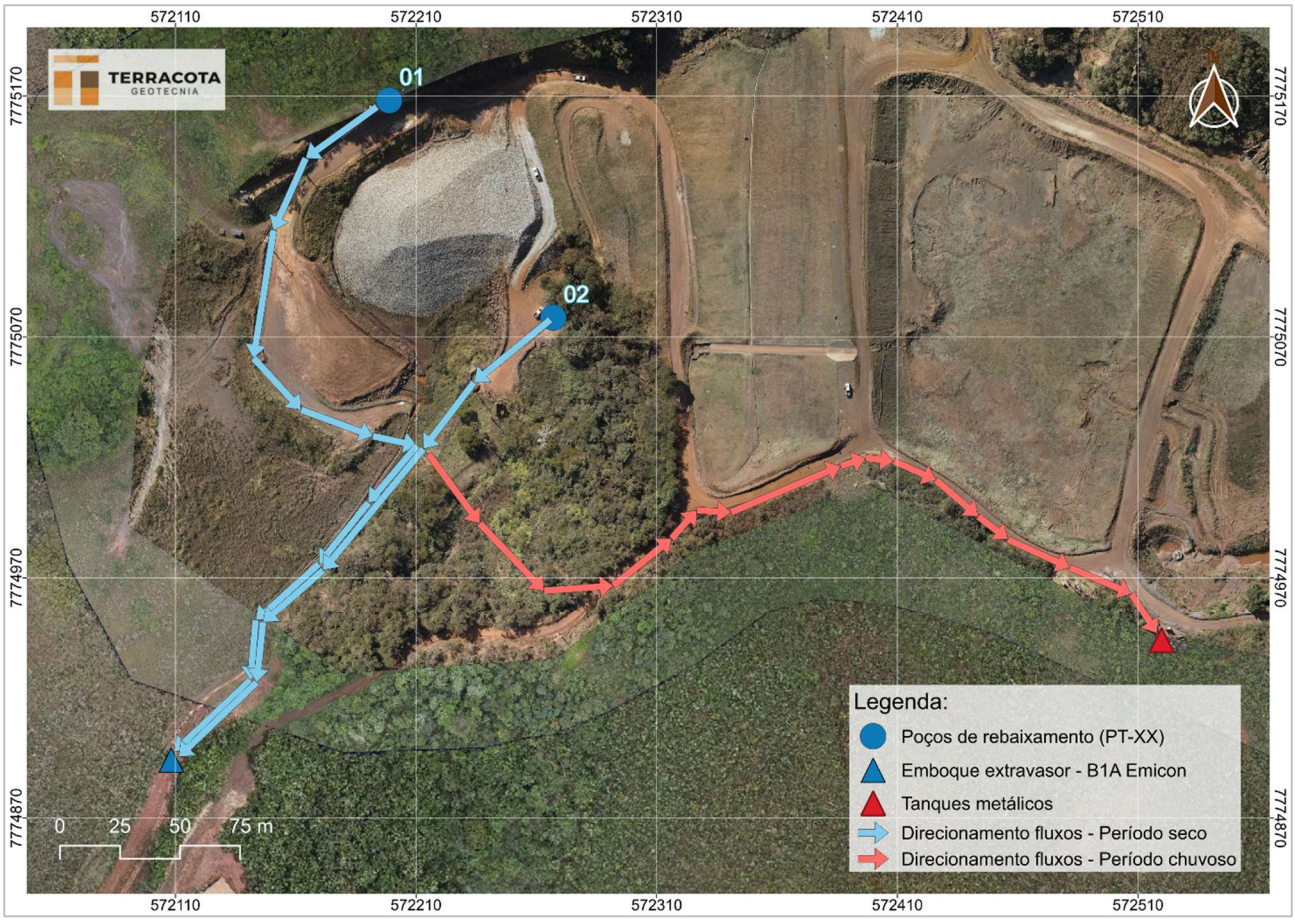


Figura 5.87 – Esquema de direcionamento dos fluxos proveniente dos poços de bombeamento.

De modo a determinar a vazão bombeada em cada poço, diariamente é realizada a leitura dos hidrômetros em horário determinado, fazendo o registro das informações. O histórico de bombeamento com indicação de períodos de parada e retomada é apresentado na Figura 5.88.

No gráfico também foram destacados três marcos referentes à operação dos poços de bombeamento:

1. Alteração do sentido do bombeamento para jusante, início de abril/2024;
2. Início da operação da bomba provisória instalada no poço PT-02, meados de junho/2024;
3. Início da operação da bomba definitiva instalada no poço PT-02, início de julho/2024.

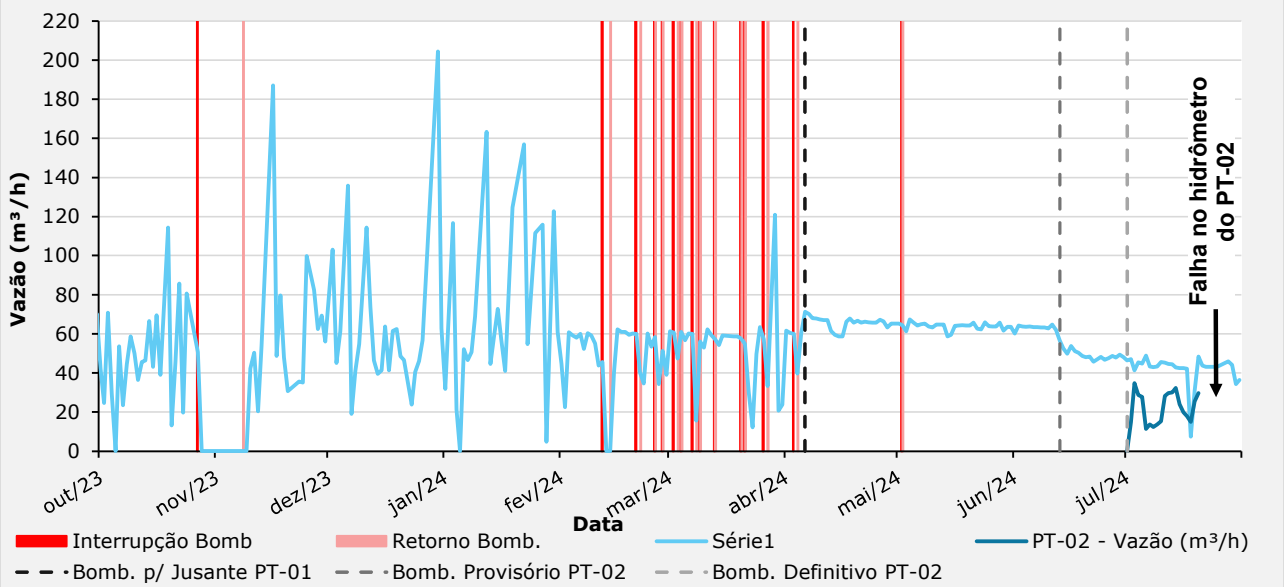


Figura 5.88 – Histórico bombeamento dos poços de rebaixamento.

Em um primeiro momento, após o início do bombeamento do poço PT-01 (29/09/2023), o fluxo proveniente da bomba era enviado para dois tanques metálicos e, posteriormente, esta água era encaminhada para a usina. No período em que o sistema de bombeamento operou nesta configuração, a vazão média obtida foi de aproximadamente 58 m³/h.

No início de abril/2024, após um acordo entre a MMI e Emicon, foi autorizado, durante o período seco, o direcionamento dos fluxos para jusante, em que a água proveniente do bombeamento seria lançada na canaleta de contorno na margem esquerda do reservatório que conduz o fluxo até o extravasor de emergência da Barragem B1A Emicon. Após esse redirecionamento, foi obtida uma vazão média de 64 m³/h.

Após a realização de estudos hidrogeológicos, verificou-se a necessidade de instalação de um poço adicional para que seja possível atingir os níveis recomendados em projeto e, assim, iniciadas as obras de descaracterização. Dessa forma, foi instalado um novo poço (PT-02), o qual começou a operar com uma bomba provisória na primeira quinzena de junho/2024. O bombeamento do fluxo desse novo poço (PT-02) influenciou diretamente na vazão do poço PT-01, reduzindo ligeiramente a vazão média obtida para um valor de 48 m³/h.

No início de julho/2024, foi instalado o conjunto moto-bomba definitivo no poço PT-02 e de acordo com os registros foi obtido uma vazão média de 27 m³/h.

Dessa forma, com a operação simultânea do bombeamento dos poços PT-01 e PT-02, obtém-se um valor médio, com a soma das vazões, próximo de 75 m³/h.

Tabela 5.4 – Resumo vazões de bombeamento.

Bombeamento dos poços de rebaixamento		Vazões Médias (m³/h)		
Marco notável	**Sentido direcionamento dos fluxos**	**PT-01**	**PT-02**	**TOTAL**
Início operação PT-01	Montante (Tanques Metálicos → Usina)	58	-	58
Alteração do sentido de direcionamento dos fluxos	Jusante (Extravasor B1A Emicon)	64	-	64
Início Operação PT-02	Jusante (Extravasor B1A Emicon)	48	27	75

5.6.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (maio/2024 a julho/2024).

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2017, a partir do software Slide da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

5.6.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas considerando a geometria da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico mais atual, realizado em novembro/2021 (documento B1_IPE_16NOV21.dwg), acrescido do levantamento As Built da berma de reforço construída a jusante da estrutura (CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg). A estratigrafia das seções transversais de análise foi definida pela DF+ Consultoria Geotécnica e Recursos Hídricos no âmbito do projeto conceitual de descaracterização, a partir da interpretação de uma extensa campanha de sondagens SPT e ensaios CPTu executada na barragem.

Na Figura 5.89 é apresentada a locação em planta das seções e instrumentação de controle utilizadas nas análises de estabilidade.

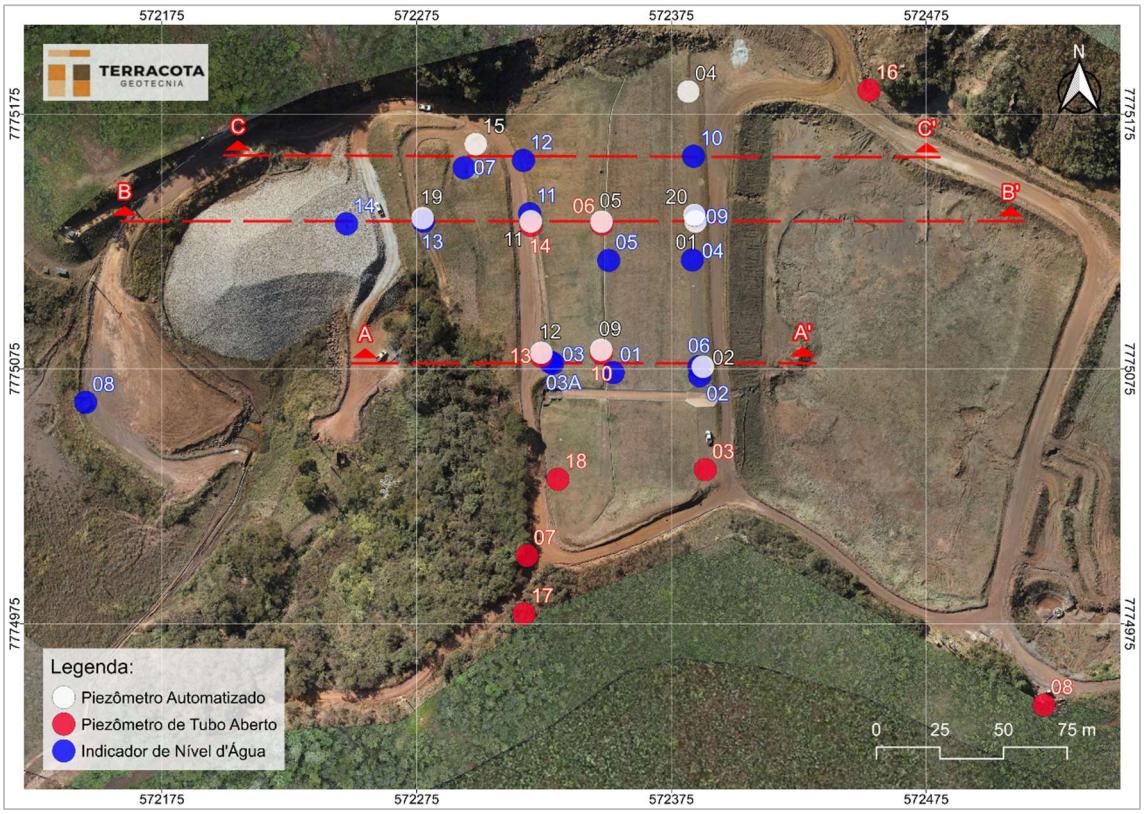


Figura 5.89 – Seções Instrumentadas Barragem B1 – Mina Ipê – Planta.

As condições consideradas nas análises de estabilidade foram os carregamentos drenado e não drenados de pico e liquefeito. Os estudos realizados para definir o comportamento dos rejeitos presentes nas seções de análise indicaram que o rejeito do reservatório e o rejeito antigo presente na fundação da barragem têm comportamento contrátil, ou seja, geram excesso de poropressão positiva na ruptura. Para este tipo de material, a análise não drenada representa a condição crítica de carregamento.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução ANM 95/2022 (**FS ≥ 1,3**);
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS ≥ 1,0**) e NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,1**);
- Análises não drenadas com parâmetro liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 5.5 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 5.5 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Sismo (Pseudo-estática)	1,0 a 1,1	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada e condições com sismo (pseudo-estática) atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2017 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do peak ground acceleration (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento pseudo-estático (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 5.90 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 5.90 – Rede sismológica brasileira (http://www.rsbr.gov.br).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 5.6 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Tabela 5.6 – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

Modelo	Valores máximos por período de retorno (anos)					Máximo absoluto
	500	1.000	2.500	5.000	10.000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	**9.7%**	**9.5%**	**13.4%**	**16.0%**	**18.3%**	**18.3%**
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo "*Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment*" publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 5.91).

A localização da barragem no mapa de Assumpção et al. fornece valor de PGA em torno de 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR.

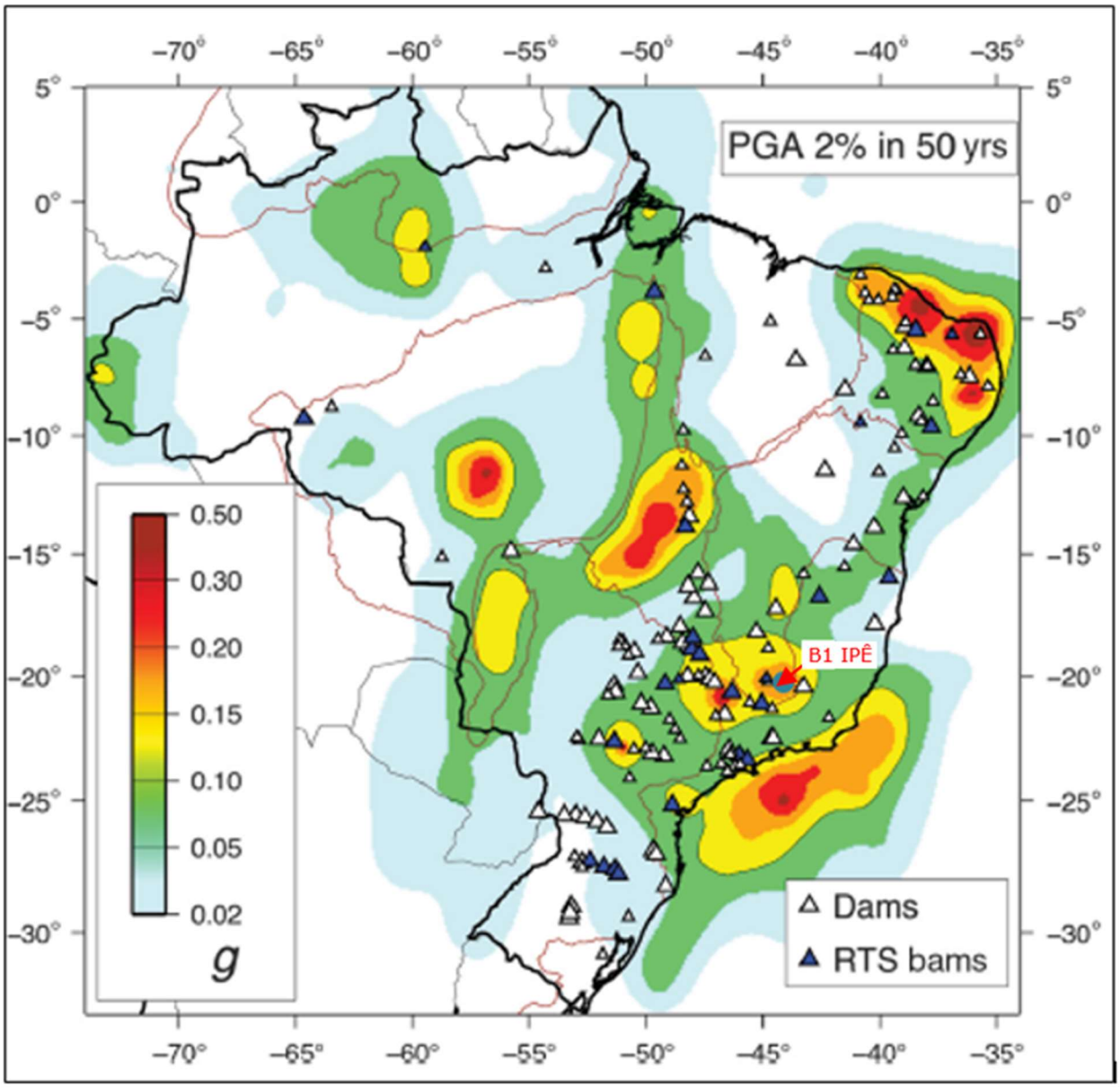


Figura 5.91 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Assumpção Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B1 – Mina Ipê, considerando a contribuição do efeito sísmico, utilizou-se como premissa a norma técnica elaborada pela Canadian Dam Association (CDA) – "*Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams"* (2014), em conformidade ao recomendado pela NBR 13.028/2017 no seu tópico 5.3.6, o qual faz referência aos estudos sísmicos.

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados à infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

Classificação da Barragem	População em Risco (Nota 1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (Nota 2)	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixo	Nenhum	0	Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativo	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
			Apenas perdas marginais do habitat.	
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Muito Alta	**Permanente**	**100 ou menos**	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	
Extrema	Permanente	Mais de 100	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição impossível.	

Nota 1. Definições para população em risco:

Nenhum – Não há população identificável em risco, portanto não há possibilidade de perda de vida a não ser devido ao acaso imprevisível.

Temporário – As pessoas estão apenas temporariamente na zona de inundação do rompimento da barragem (por exemplo, uso sazonal de casas de campo, passagem em rotas de transporte, participação em atividades recreativas).

Permanente – A população em risco normalmente está localizada na zona de inundação da ruptura da barragem (como residentes permanentes); são propostas três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) para permitir estimativas mais detalhadas da potencial perda de vidas (para auxiliar na tomada de decisões se for realizada a análise apropriada).

Nota 2. Definições para população em risco:

Não especificado – O nível apropriado de segurança exigido em uma barragem onde as pessoas estão temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, da natureza de sua atividade e de outras condições.

De acordo com os critérios da Tabela 5.7, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.8 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Muito Alta**. A partir desta classificação, seguindo as

premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 5.8, o PGA de 0,1585g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com períodos de retorno de 2.500 e 10.000 anos.

Tabela 5.8 – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

Classe da Barragem	Probabilidade Anual de Excedência (PAE) – Terremotos (Nota 1)
Baixa	1/1000
Significativo	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/2.475 (Nota 2)
Muito Alta	1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3)
Extrema	1/10.000 ou SMP (Nota 3)

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).
Nota 1. Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (Dam Safety Guidelines - CDA 2013).
Nota 2. Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no National Building Code of Canada (Código Nacional de Construção do Canadá).
Nota 3. SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação "*Rationalizing the Seismic Coefficient Method"* (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,079g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Para a componente vertical adota-se um valor correspondente a 60% da componente horizontal, seguindo proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003), resultando num valor igual a 0,047g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

No estudo de Hynes-Griffin & Franklin (1984), recomenda-se que nas análises pseudo-estáticas seja realizada a redução em 20% da resistência dos materiais da fundação que apresentarem comportamento não-drenado nos ensaios executados.

Conforme projeto de descaracterização da estrutura, a Barragem B1 - Mina Ipê deverá ser completamente removida nos próximos dois anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida útil da estrutura igual a 2 anos. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de 100 anos.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{t}\right)^{n}$$

Em que:

- P é a probabilidade de excedência do sismo;
- t é o período de retorno;
- n é o tempo de vida útil da estrutura.

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 1.000 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,2%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 5.6, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,048g e uma componente vertical igual a 0,029g.

5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada na análise de estabilidade foram considerados os instrumentos instalados no maciço e na fundação da Barragem B1 - Mina Ipê, ao longo das três seções de controle existentes na estrutura.

A Tabela 5.9 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 5.9 – Instrumentação – Valores lidos (31/07/2024) e valores adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	PZ-02 (2)	1.022,43	1.022,94	1.023,05 (4)
	INA-02	1.030,77	Seco	-
	INA-06	1.021,41	1.023,05	1.023,05
	INA-01	1.031,86	Seco	-
	PZ-09 (1)	1.017,02	1.021,98	1.021,98
	PZ-10	1.025,33	Seco	-
	INA-03	1.029,53	Seco	-
	INA-03A	1.015,02	1.015,43	1.015,43
	PZ-12(1)	1.010,87	1.013,76	1.013,76
	PZ-13	1.023,95	Seco	-
B-B'	INA-09	1.006,45	1.016,88	1.016,88
	PZ-20 (3)	1.006,15	1.014,92	1.016,88 (4)
	PZ-01 (1)	999,45	1.014,08	1.016,88 (4)

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
B-B'	INA-04	1.032,92	Seco	-
	INA-05	1.022,04	Seco	-
	PZ-05 (2)	993,47	1.009,19	1.010,67 (4)
	PZ-06	998,22	1.010,67	1.010,67
	INA-11	1.000,26	1.005,88	1.008,50 (4)
	PZ-11 (2)	982,32	1.008,20	1.008,20
	PZ-14	988,35	1.006,58	1.006,58
	INA-13	992,45	1.004,65	1.004,65
	PZ-19 (3)	993,23	1.004,63	1.004,63
	INA-14	989,66	1.004,29	1.004,29
C-C'	INA-10	1.022,31	Seco	1.022,31
	INA-12	1.011,61	Seco	1.011,61
	PZ-15 (1)	1.009,29	1.008,70 (5)	1.009,29
	INA-07	982,17	1.007,49	1.007,49

1- Instrumento automatizado em 2021;
2- Instrumento automatizado em 02/12/2022;
3- Instrumento automatizado em 19/10/2023;
4- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
5- Leitura abaixo da cota de fundo.

5.6.4.4 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade para definição dos níveis de controle foram aqueles consolidados e apresentados no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.537, relativo ao relatório de consolidação de dados da Barragem B1 – Mina Ipê, elaborado pela Terracota Geotecnia. No referido documento foram utilizados dados de ensaios de laboratório, ensaios CPTu e sondagens SPT para determinação da resistência drenada e não drenada dos materiais presentes nas seções de análise.

A exceção à regra é o parâmetro de resistência dos blocos de gnaisse utilizados na berma de reforço, que foram modelados a partir da envoltória inferior de LEPS (1973), que se trata de uma referência bibliográfica específica para modelagem do comportamento de blocos.

Os parâmetros de resistência não drenada de pico e liquefeita do rejeito do reservatório e do rejeito antigo da fundação foram definidos a partir dos ensaios CPTu executados nos materiais. Os rejeitos foram modelados com resistência não drenada quando abaixo da linha freática adotada nas análises de estabilidade.

Na Tabela 5.10 apresentam-se os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade

Tabela 5.10 – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material		Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros de Resistência							Referência
				Parâmetros Efetivos		Parâmetros Totais					
				c' (kPa)	ϕ' (º)	Razão de resistência não drenada Su/σ'v (kPa)	Obtidos		Adotados(1)		
							c (kPa)	ϕ (º)	c (kPa)	ϕ (º)	
Rejeito Reservatório	Drenado		25,0	0,0	30,0	-	-	-	-	-	Correlação com N_{SPT}
	Não Drenado - Pico			-	-	0,23	-	-	-	-	Interpretação de ensaios de Piezocone
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,10	-	-	-	-	
Rejeito Antigo	Drenado		26,5	0,0	35,0	-	-	-	-	-	Correlação com N_{SPT}
	Não Drenado - Pico			-	-	0,27	-	-	-	-	Interpretação de ensaios de Piezocone
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,06	-	-	-	-	
Maciço	Rejeito Compactado		27,5	7,0	40,0	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
	Rejeito Semi Compactado		26,5	0,0	40,0	-	-	-	-	-	
Solo Residual de Filito			19	18,0	36,0	-	39,5	34,4	31,6	27,5	
Saprolito de Filito			20	20,0	45,0	-	-	-	-	-	Correlação com N_{SPT}
Quartzito Nova Lima			20	400,0	35,0	-	-	-	-	-	Estimativa bibliografia/ projetistas
Filito São			20	Resistência Infinita			-	-	-	-	
Blocos Lançados			20	Envoltória Leps Inferior			-	-	-	-	
Enrocamento			22	Envoltória Leps Inferior			-	-	-	-	

(1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984).

5.6.4.5 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 5.92 a Figura 5.108, destacando-se as superfícies de ruptura global e local que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 5.11 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 5.11 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A'	31/07/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,95
		Não drenado pseudo-estático (1) a_h = 0,079g a_v = 0,047g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,61 (sismo ↑)
					1,63 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,048g a_v = 0,029g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,74 (sismo ↑)
					1,74 (sismo ↓)
B-B'	31/07/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,98
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,50
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	0,52
		Não drenado pseudo-estático (1) a_h = 0,079g a_v = 0,047g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,13 (sismo ↑)
					1,08 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,048g a_v = 0,029g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,26 (sismo ↑)
					1,21 (sismo ↓)
C-C'	31/07/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,01
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	2,01
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,21
		Não drenado pseudo-estático (1) a_h = 0,079g a_v = 0,047g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,63 (sismo ↑)
					1,63 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,048g a_v = 0,029g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,77 (sismo ↑)
					1,78 (sismo ↓)

(1) - Carregamento pseudo-estático considerando critérios do Canadian Dam Association (CDA, 2014);
(2) - Carregamento pseudo-estático considerando Probabilidade de Excedência de 0,2% relativo à vida útil remanescente da estrutura de 2 anos até sua completa remoção e Período de Retorno de 1.000 anos.

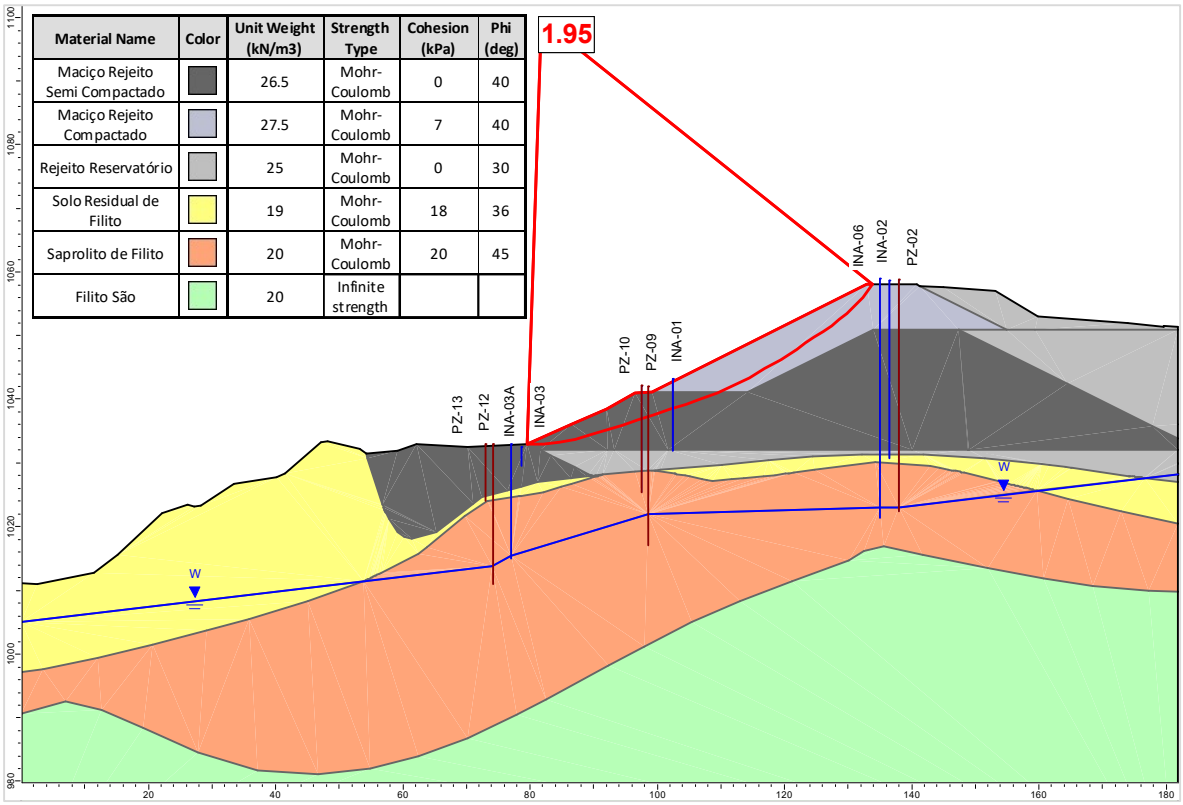


Figura 5.92 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024.

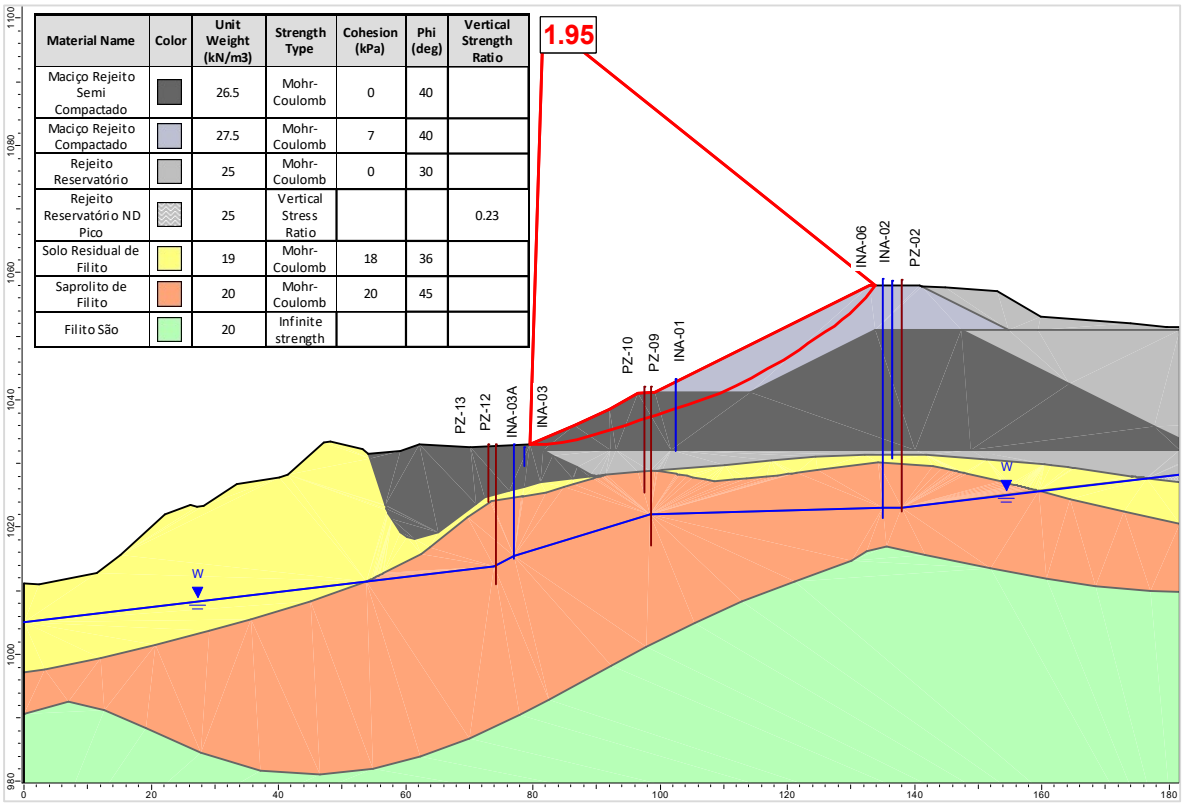
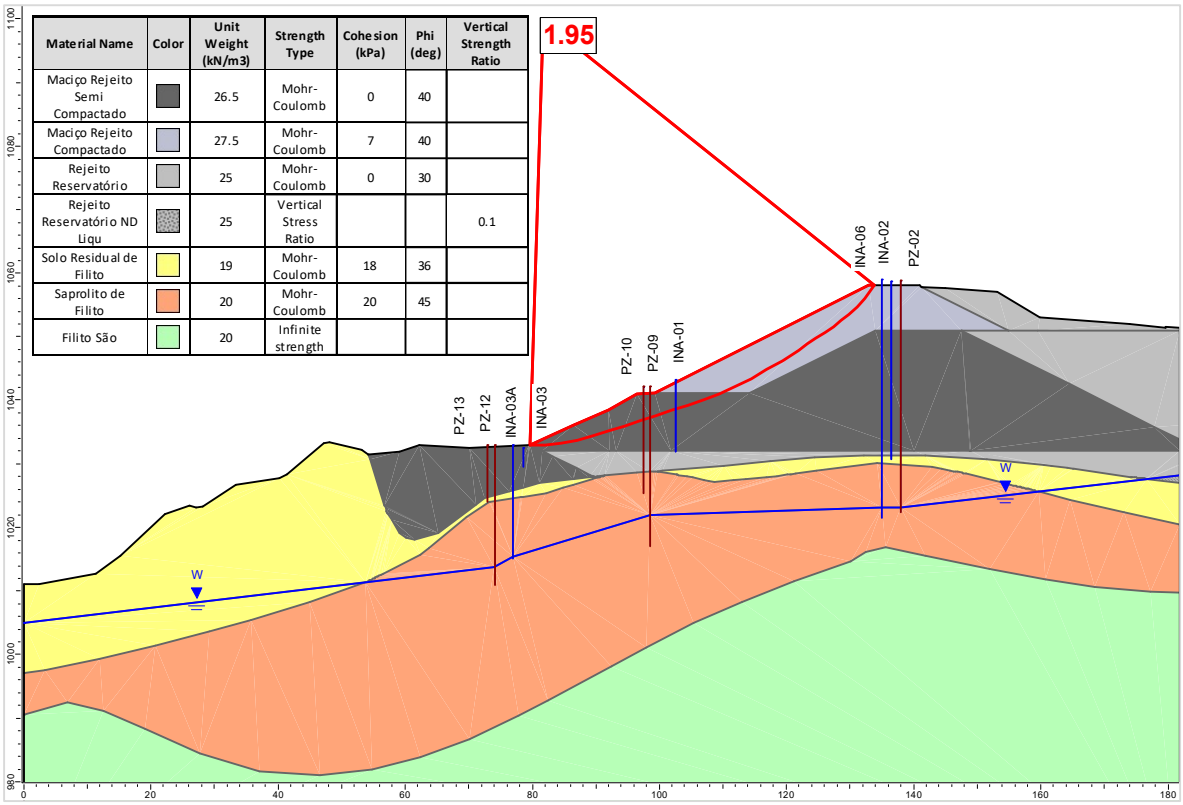
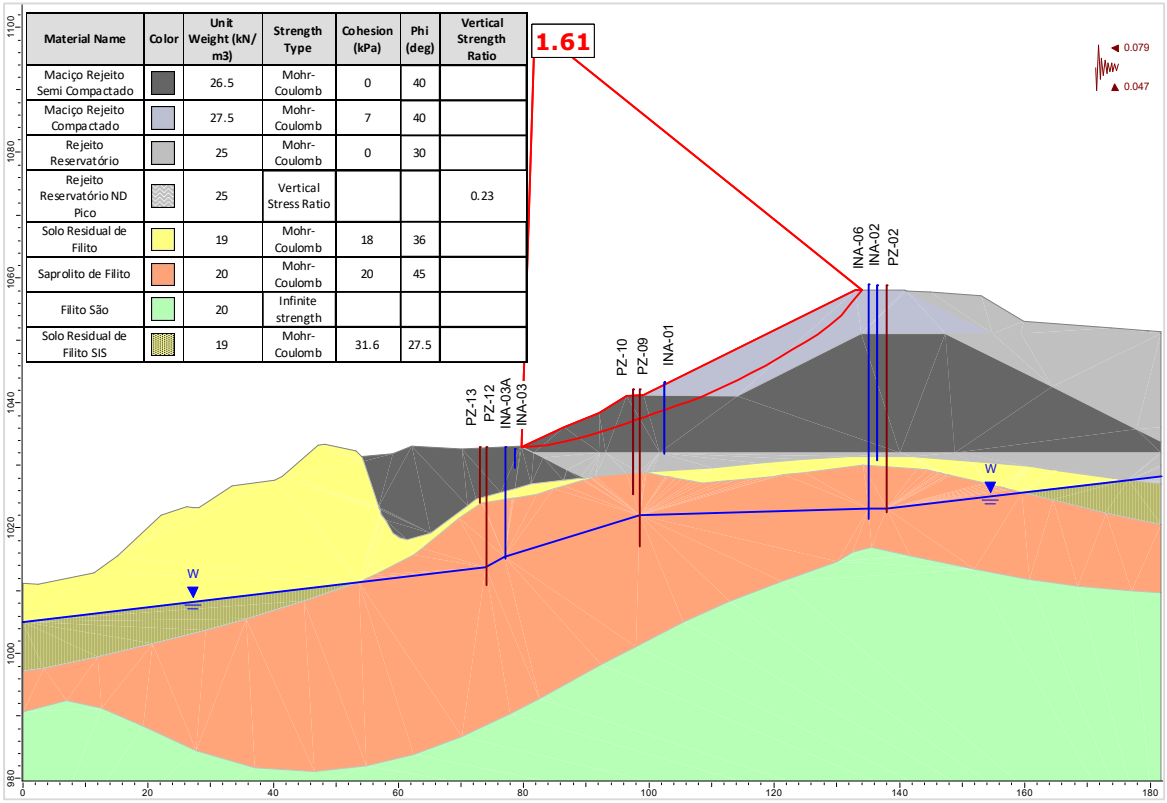


Figura 5.93 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Rejeito Reservatório ND Liqu		25	Vertical Stress Ratio			0.1
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Filito São		20	Infinite strength			

Figura 5.94 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeito.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio			0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Filito São		20	Infinite strength			
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5	

Figura 5.95 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

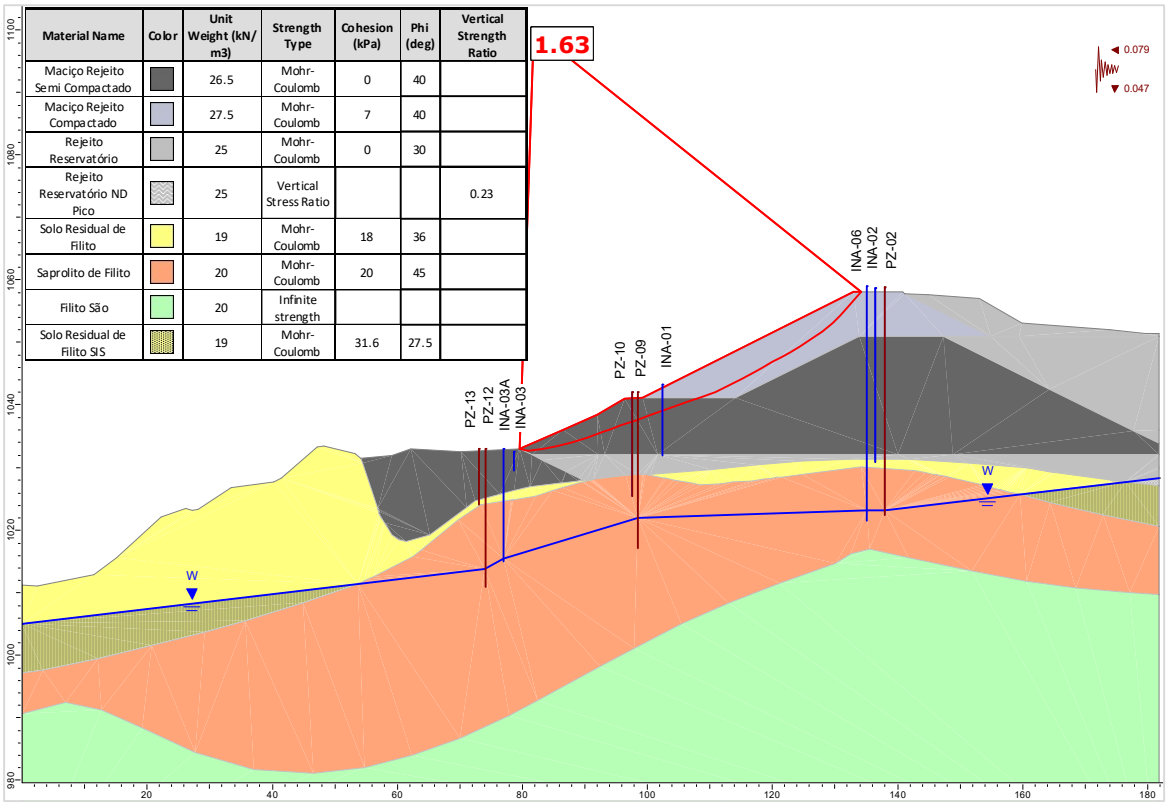


Figura 5.96 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

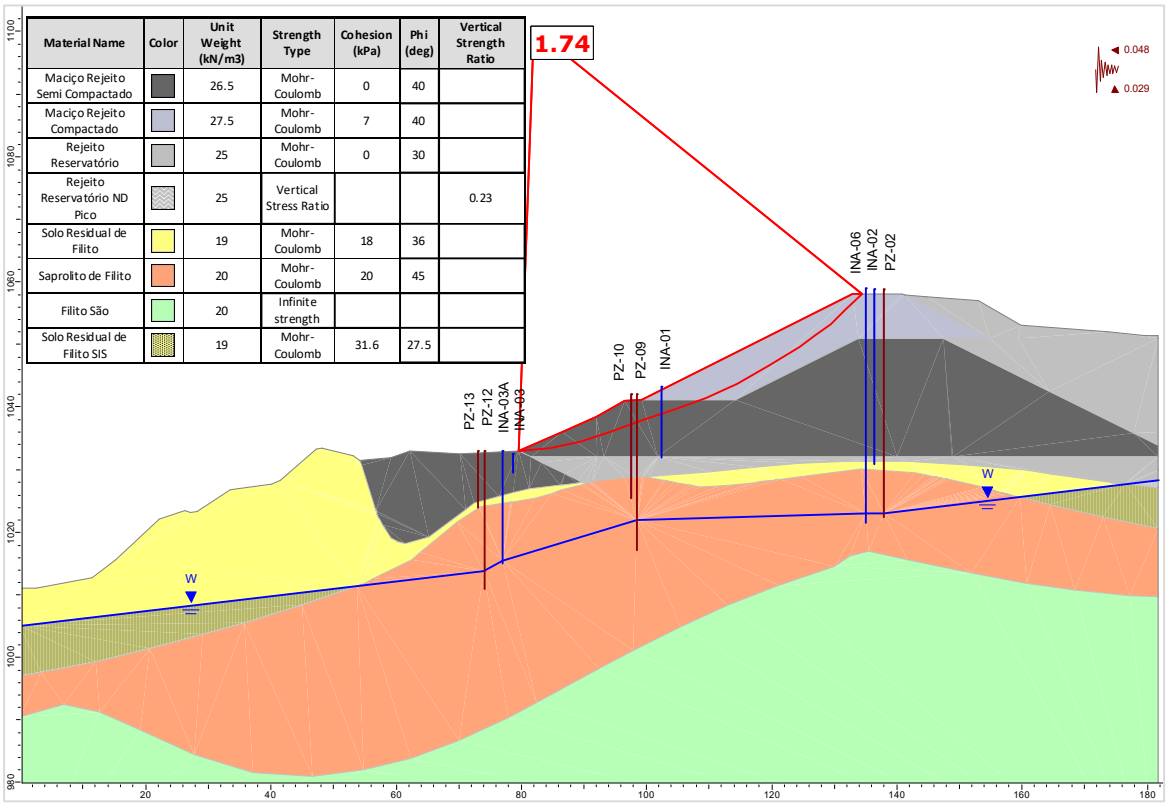
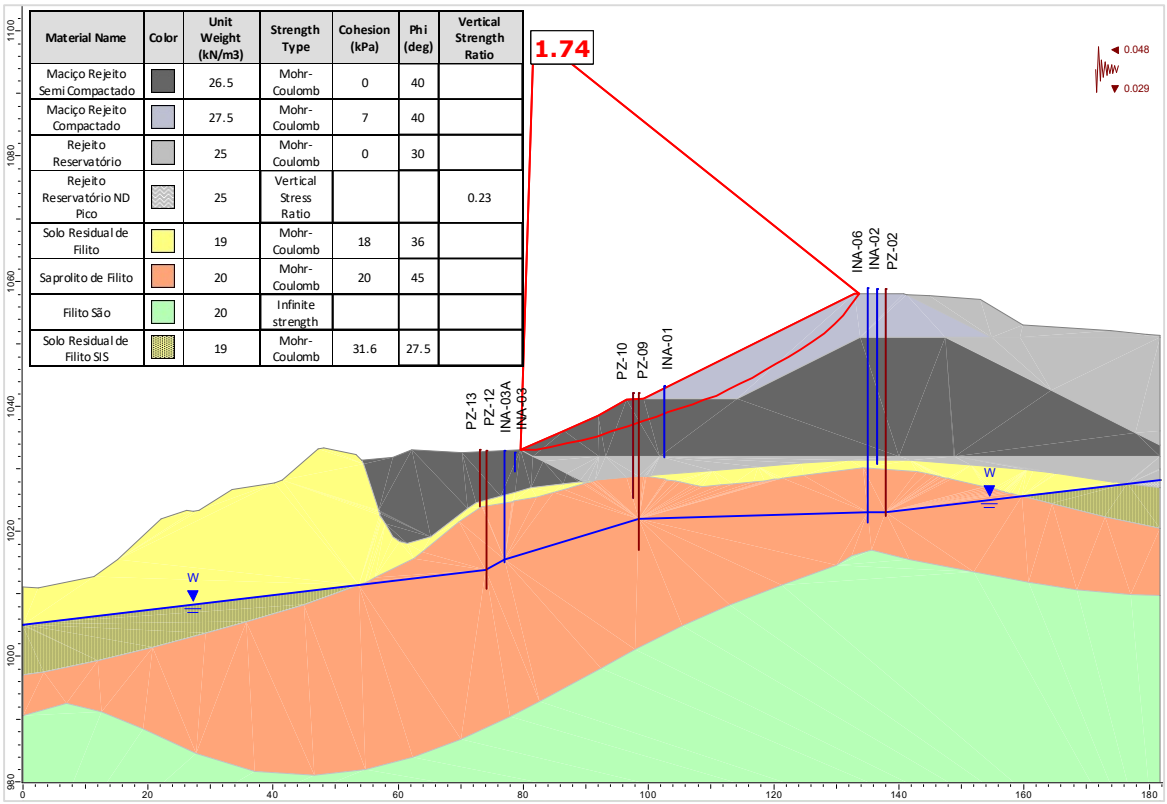
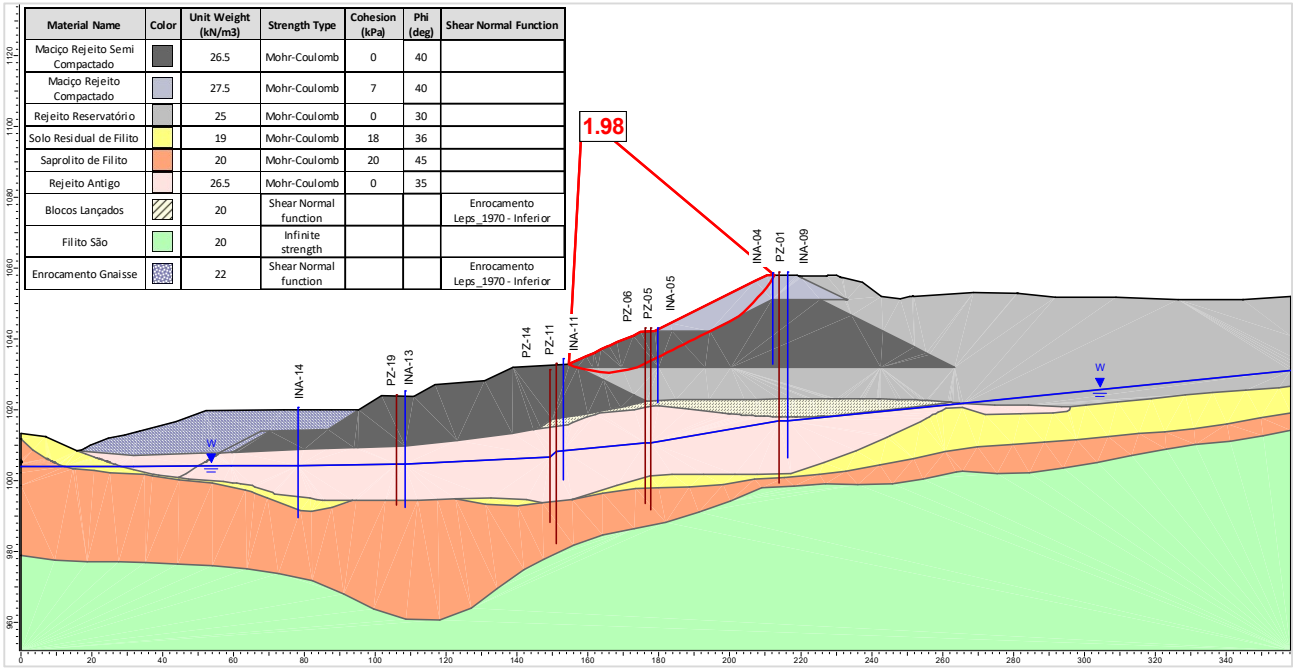


Figura 5.97 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



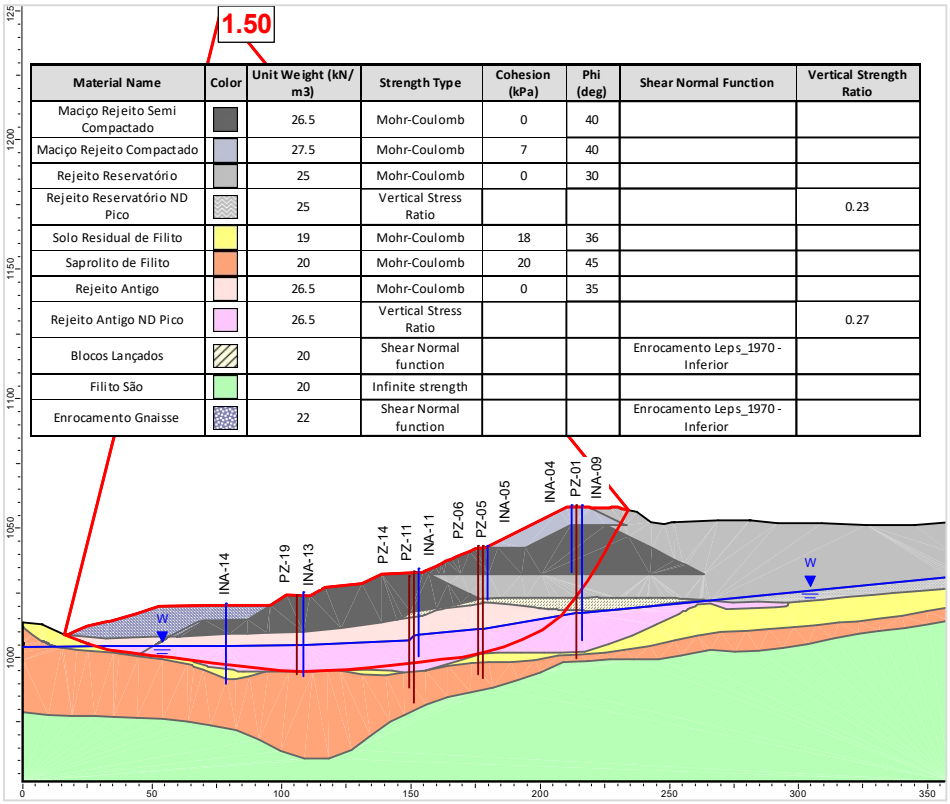
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio			0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Filito São		20	Infinite strength			
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5	

Figura 5.98 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



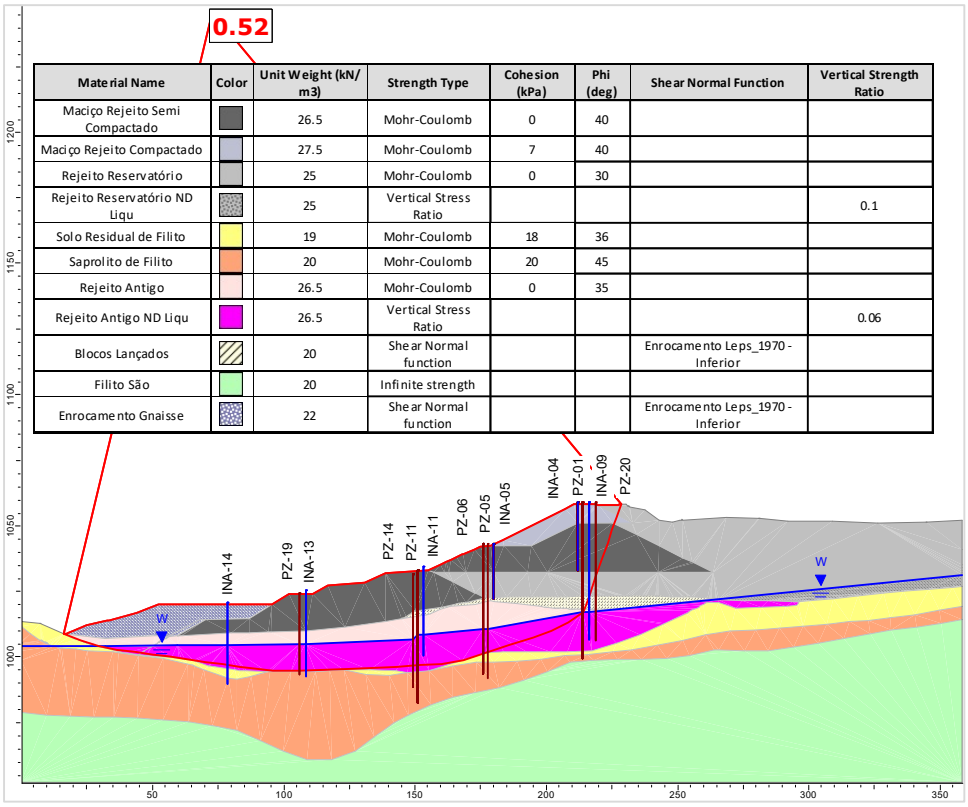
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35	
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior
Filito São		20	Infinite strength			
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior

Figura 5.99 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio				0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	

Figura 5.100 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Rejeito Reservatório ND Liqu		25	Vertical Stress Ratio				0.1
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Liqu		26.5	Vertical Stress Ratio				0.06
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	

Figura 5.101 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeito.

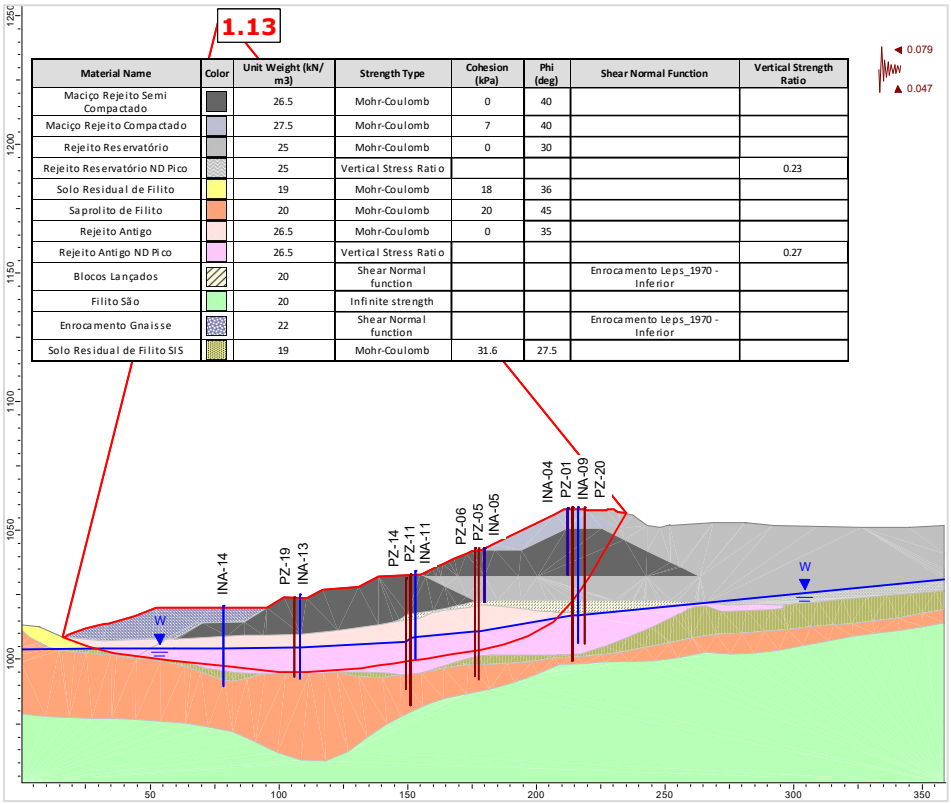


Figura 5.102 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

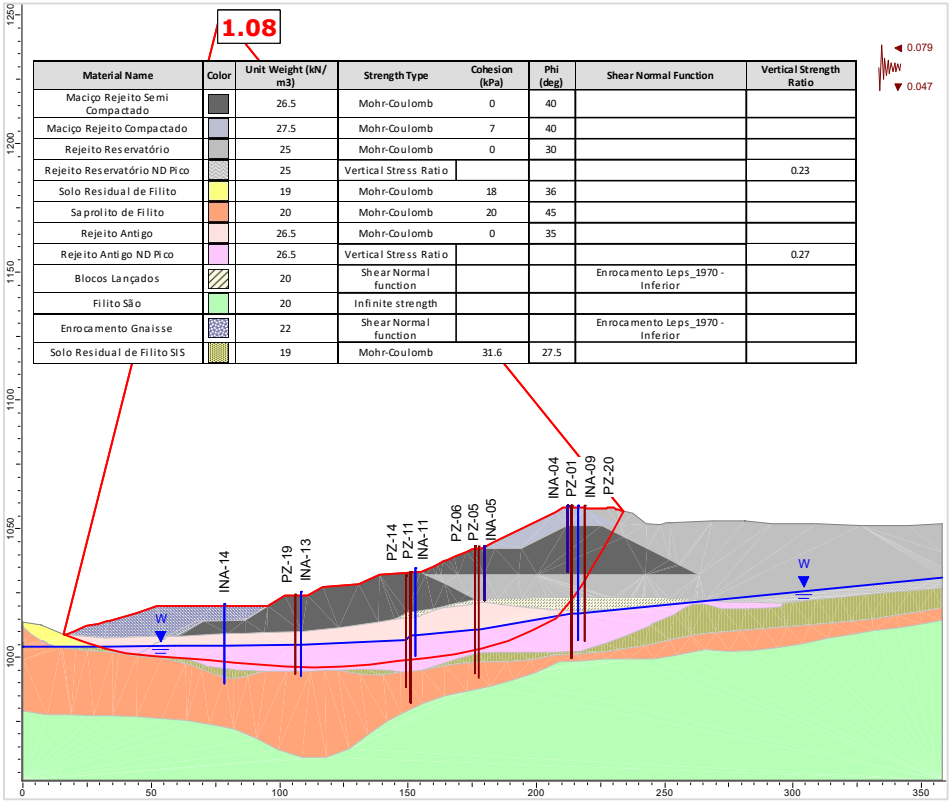
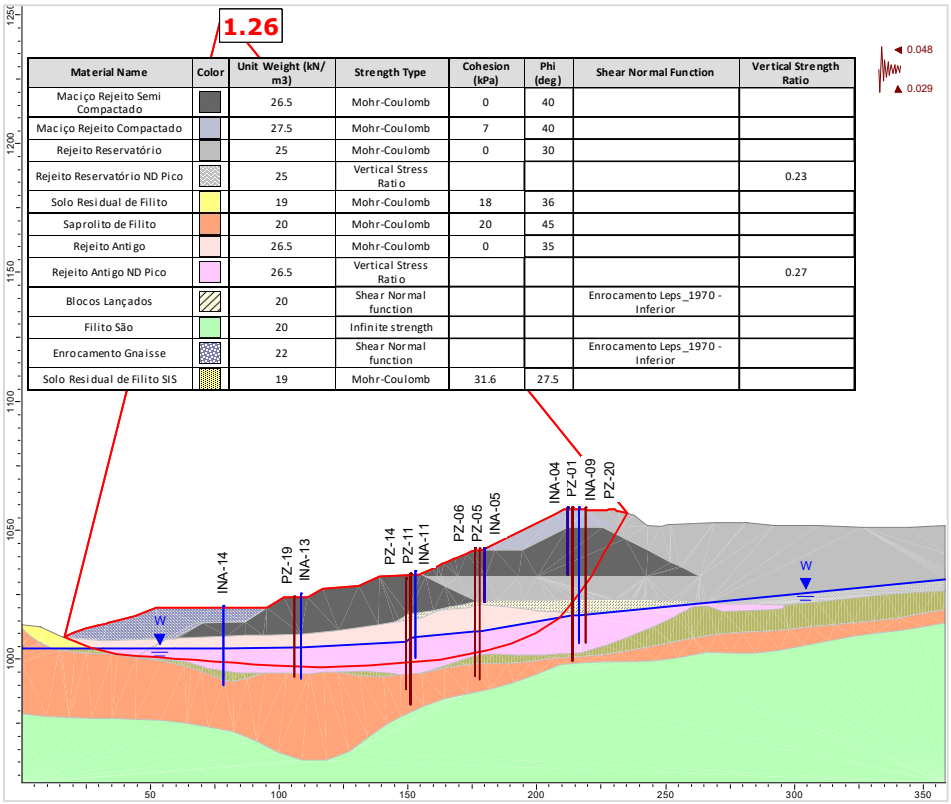
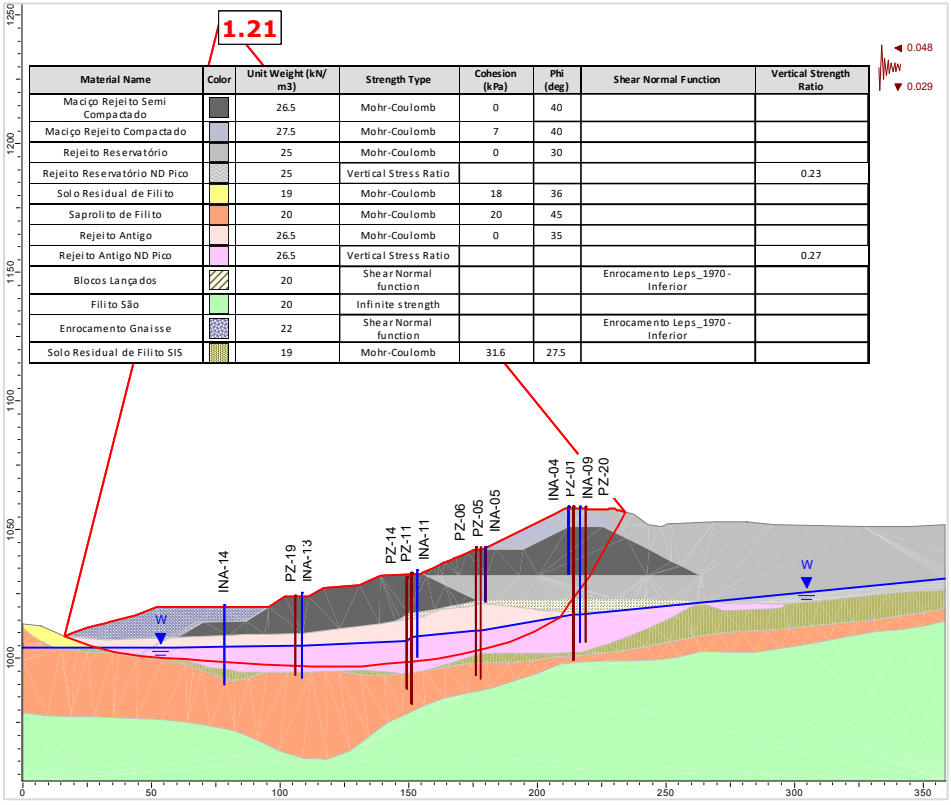


Figura 5.103 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio				0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.104 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio				0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.105 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

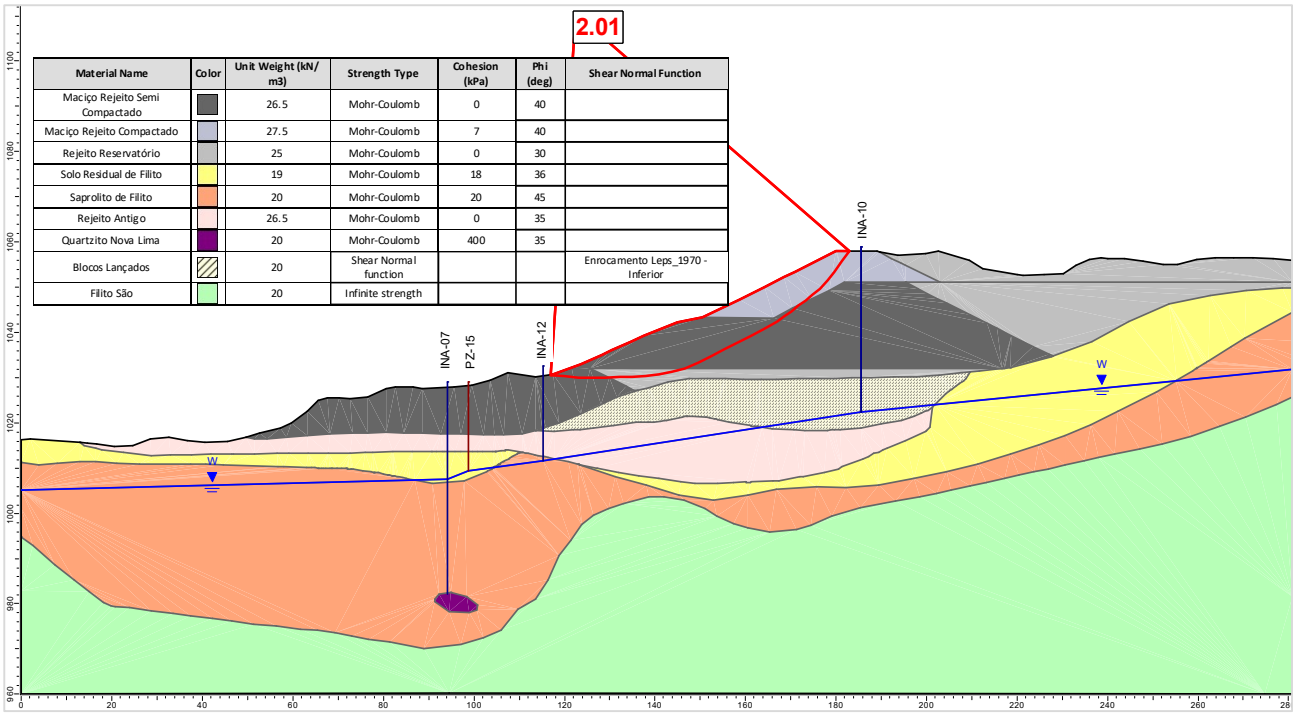


Figura 5.106 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024.

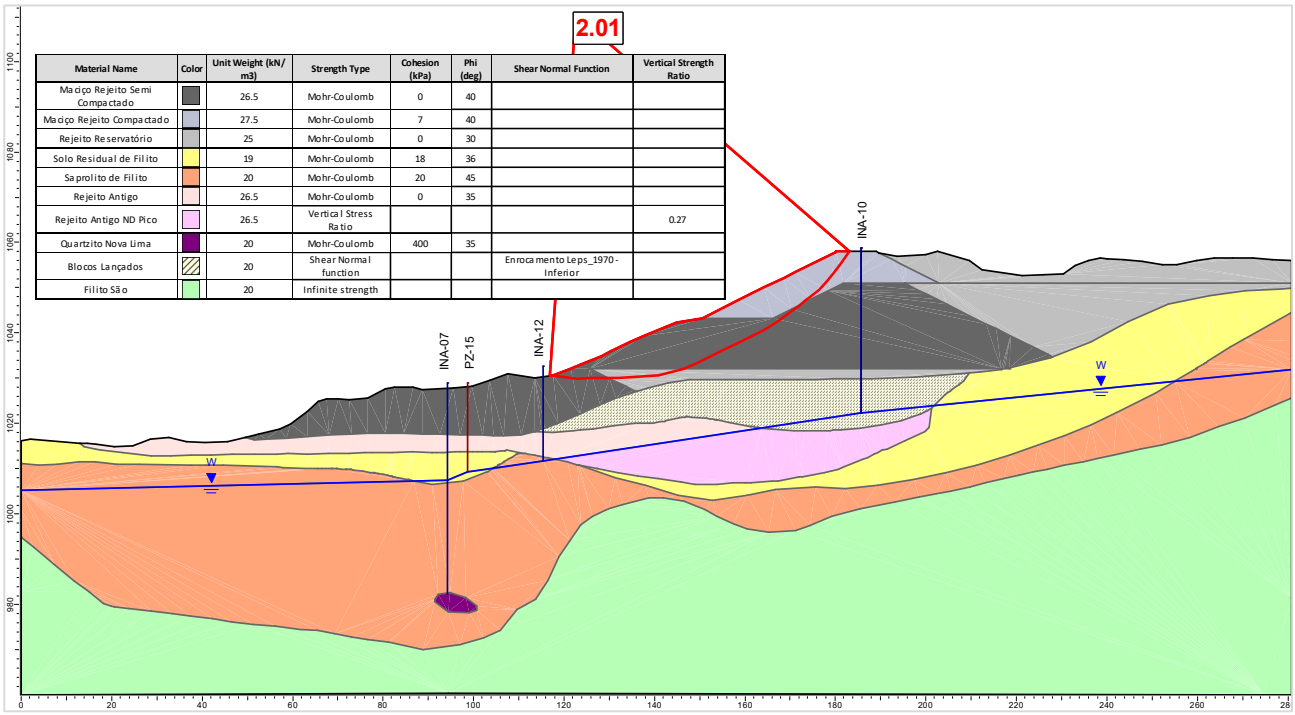


Figura 5.107 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

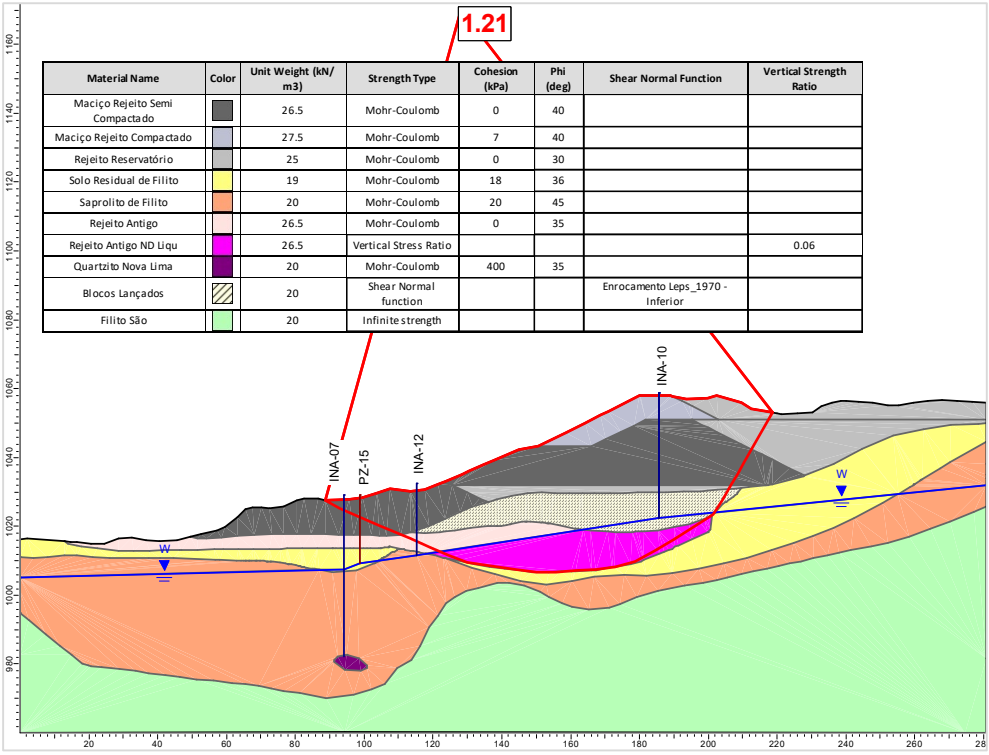


Figura 5.108 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeito.

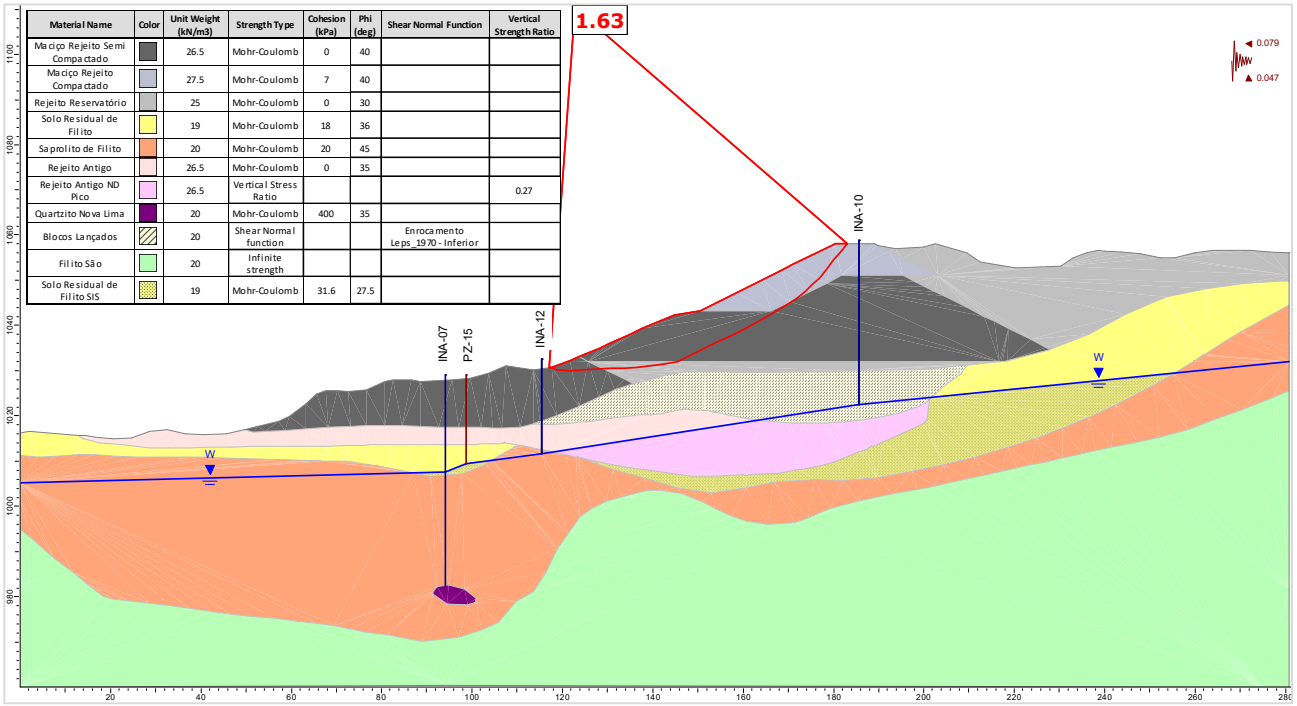
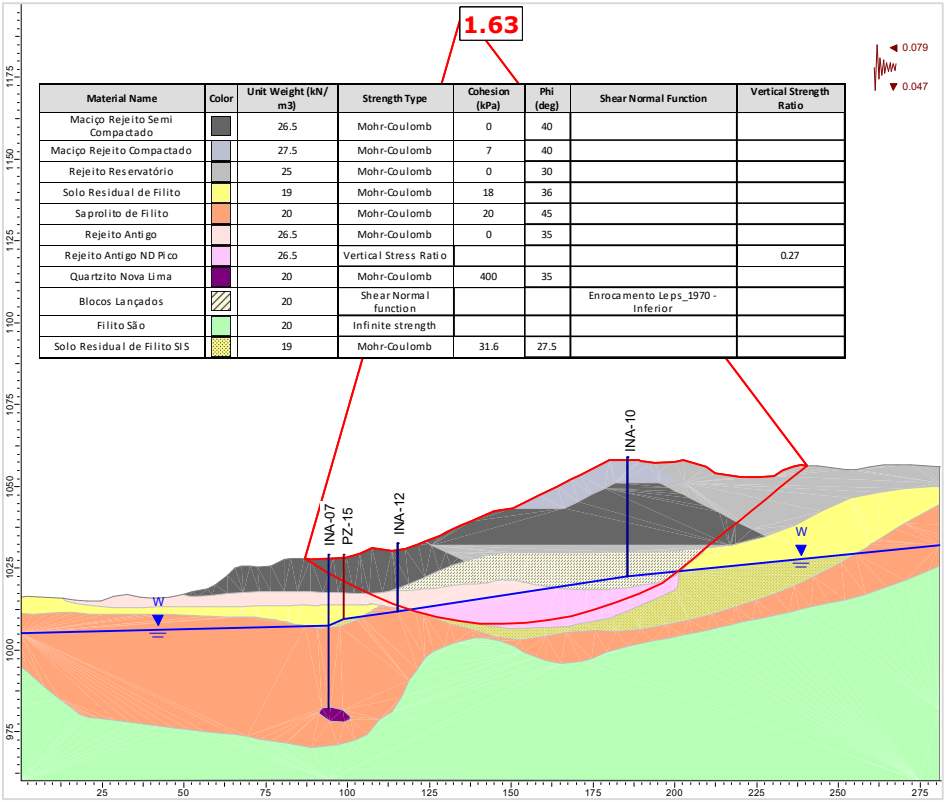
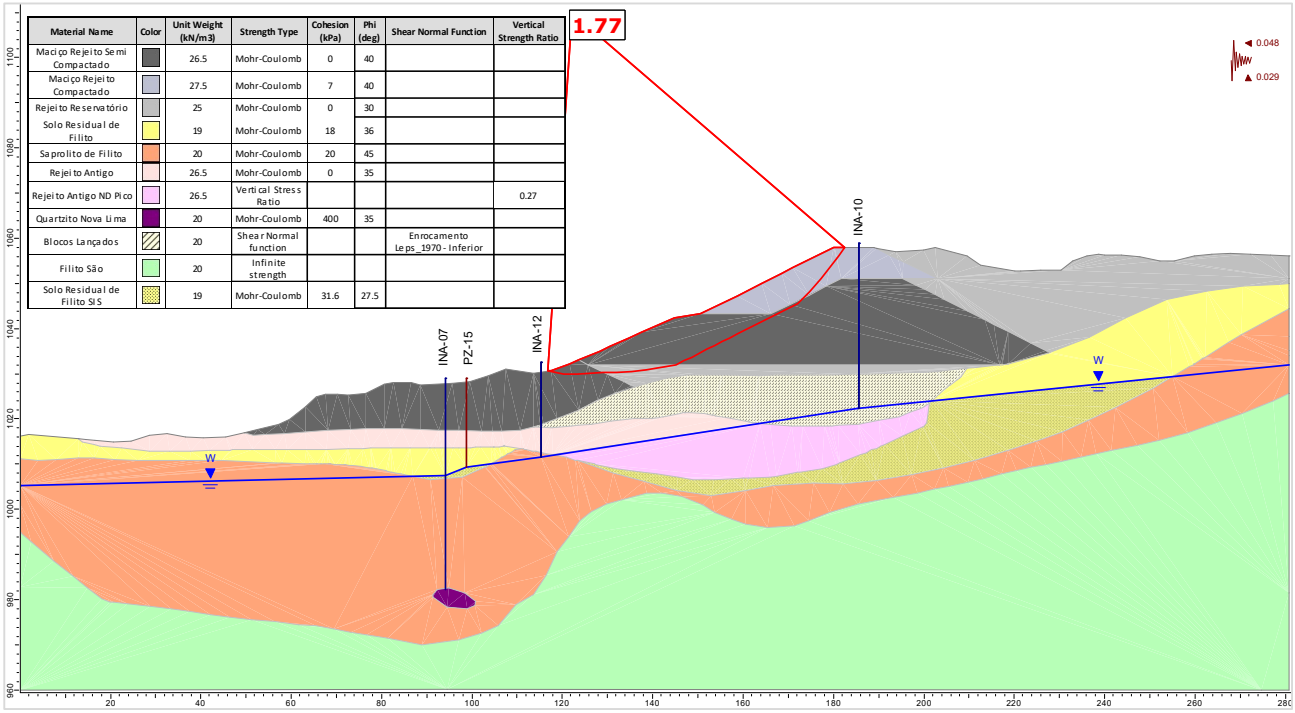


Figura 5.109 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Quartzito Nova Lima		20	Mohr-Coulomb	400	35		
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.110 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Quartzito Nova Lima		20	Mohr-Coulomb	400	35		
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.111 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

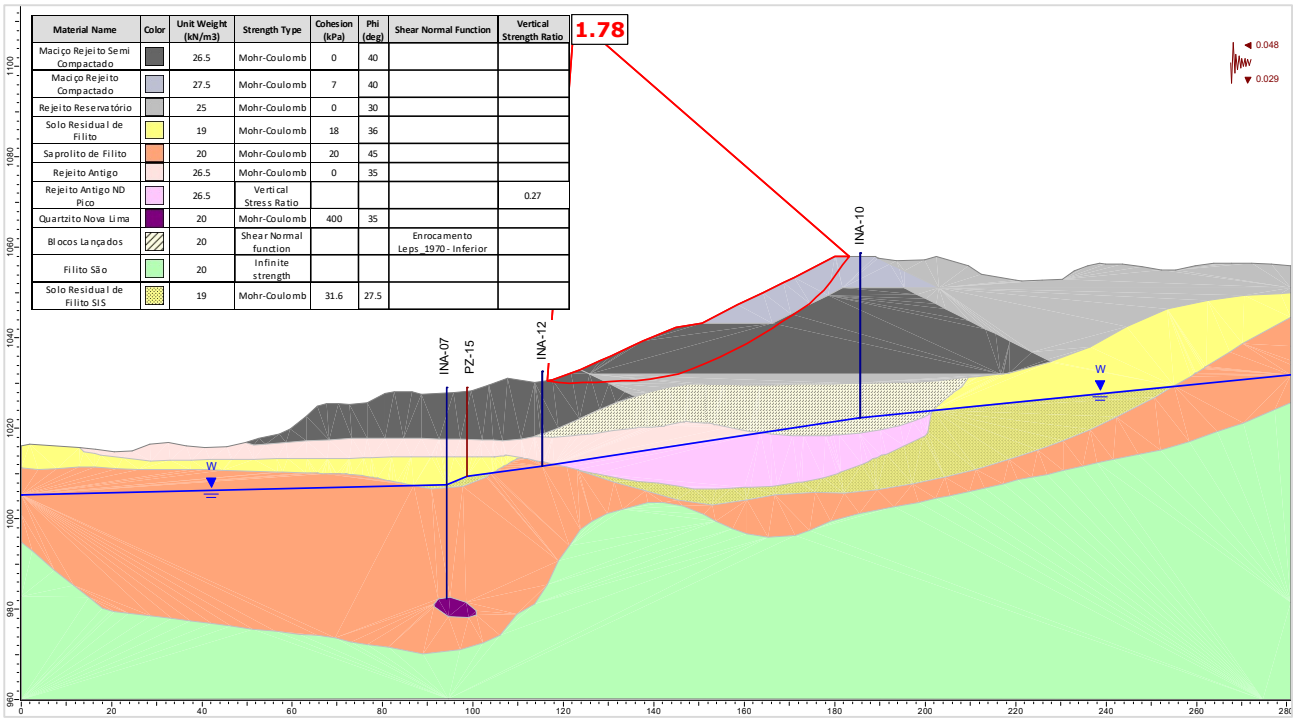


Figura 5.112 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B1 – Mina Ipê, no período avaliado (maio/2024 a julho/2024).

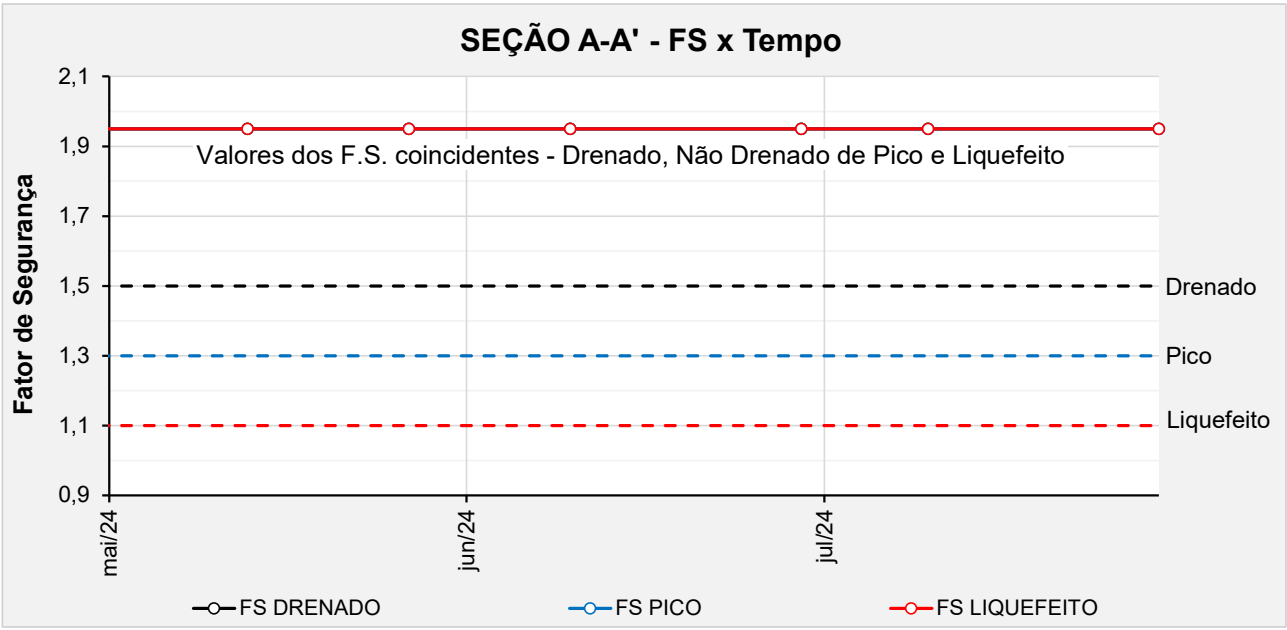


Figura 5.113 – Seção A-A’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

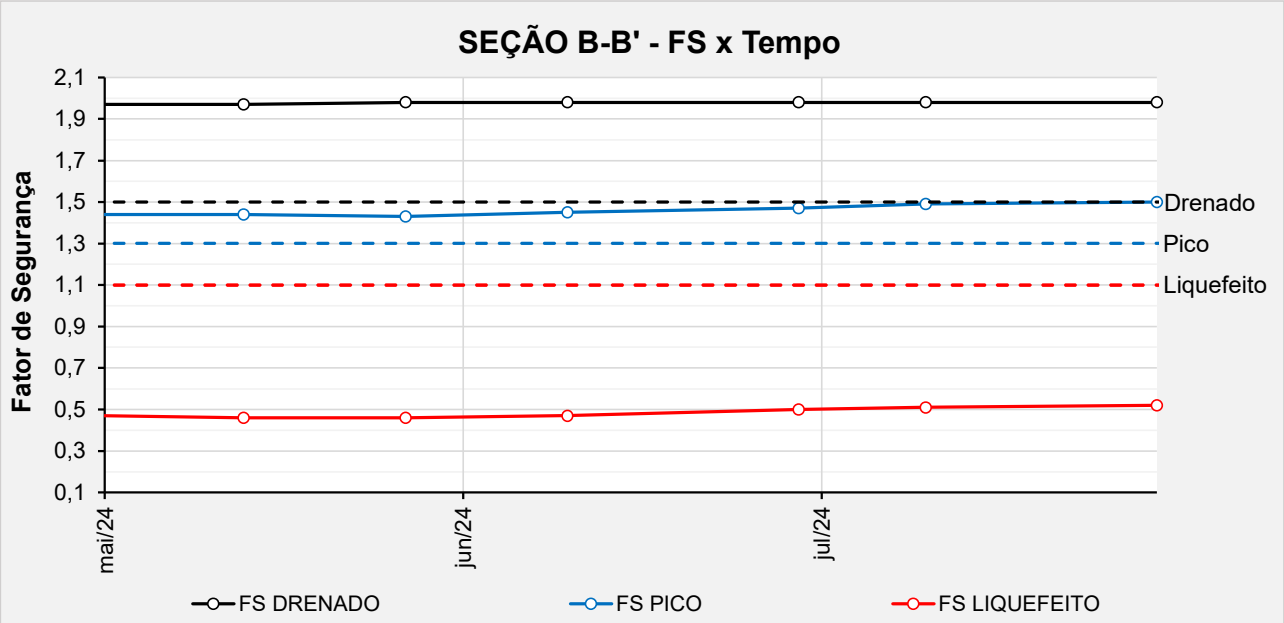


Figura 5.114 – Seção B-B’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

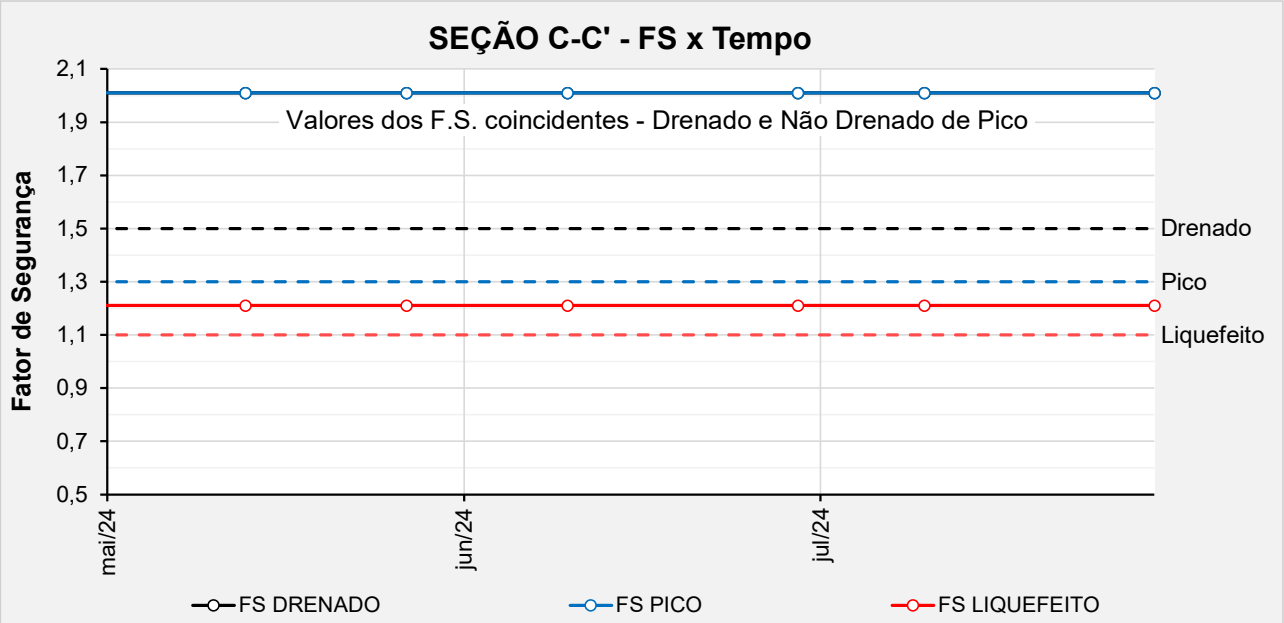


Figura 5.115 – Seção C-C’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B1 – Mina Ipê será fundamental para o início e para continuidade das obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação da profundidade e pressão da água no solo e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos dos taludes.

Parte da fundação da Barragem B1 – Mina Ipê é composta por rejeito antigo que foi caracterizado como material contrátil a partir da análise de ensaios CPTu realizados pela Pattrol na campanha 2020 – 2022. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Tendo em vista que, principalmente na seção de controle B-B', o rejeito na fundação da barragem apresenta espessura e extensão consideráveis, os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade para carregamento não drenado liquefeito são baixos e não atendem aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020. Por essa razão, o rebaixamento da superfície freática atuante na estrutura se constitui na principal premissa deste projeto para início das obras de descaracterização.

Também será realizado uma inspeção visual diária de rotina dos taludes escavados e naturais de forma a monitorar eventuais anomalias de deformação.

Caso o poço de rebaixamento implantado à jusante da barragem consiga influenciar na camada saturada do rejeito, é provável que o fator de segurança atinja o valor mínimo exigido pelo TR da FEAM antes do início das obras.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, considera-se que é possível dar início às obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê desde que sejam atendidas as seguintes condicionantes:

a) Análise de estabilidade atualizada que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles exigidos pela legislação vigente;
b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima diária;
c) Realização de análises de estabilidade semanal;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 02 (dois) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição anterior, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista que permita autorizar o retorno das atividades.

5.9 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura verificadas nas análises de estabilidade com carregamento não drenado e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e da empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório e fundações para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura deverá ser verificado diariamente durante o período de execução das obras. Já os instrumentos instalados especificamente para o monitoramento do lençol freático no rejeito antigo (INA-09 a INA-14, PZ-19 e PZ-20) deverão ser lidos em intervalos máximos de 04 (quatro) horas. Caso os instrumentos indiquem que a superfície freática se encontra abaixo do nível do rejeito antigo em todos os instrumentos, a obra poderá prosseguir normalmente. Caso contrário, a equipe da MMI ou outra equipe com profissionais qualificados deverá realizar uma análise de estabilidade para verificação do fator de segurança referente à freática medida.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B1 – Mina Ipê. O encarregado

deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O fator de segurança avaliado com os dados atualizados da instrumentação não atender aos critérios mínimos descritos nesse projeto;
- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 02 (dois) sismógrafos instalados na barragem;
- A bomba de rebaixamento do lençol freático parar de operar por qualquer motivo;
- O profissional de campo identificar sinais/evidências de deformação nos taludes das ombreiras e áreas adjacentes;
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista.

6. Obras de Descaracterização

Este item não é aplicável, já que o projeto executivo de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê ainda não foi aprovado pela FEAM e empresas parceiras.

7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 7.1 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.1 IDENTIFICAÇÃO	
VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: a) Memorial descritivo e desenhos das estruturas implantadas, removidas ou modificadas, ou informações equivalentes, bem como dispositivos de proteção ambiental;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: c) Descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: d) Descrição das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. No caso de remoção do maciço e do reservatório, apresentar as medidas adotadas para a execução deste procedimento e um quantitativo dos materiais retirados;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Apresentar as medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório, quando couber, bem como informar o seu nível no estágio atual das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar análises de estabilidade nas condições drenada e não drenada, e levando em consideração as solicitações sísmicas que possam atuar sobre a estrutura, avaliando as resistências de pico e residual para a geometria da barragem na atual etapa da obra;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas análises de estabilidade da condição atual
VI. Apresentar o andamento das medidas de estabilização e/ou reforço para atingir no mínimo os fatores de segurança estabelecidos no item V, bem como das medidas de contingência adotadas caso a estabilidade da estrutura durante as obras não possa ser garantida;	Está em operação poço de bombeamento para rebaixamento da superfície freática.
VII. Apresentar o andamento das obras para: a) Remoção das infraestruturas associadas à barragem, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;	Não aplicável. As infraestruturas associadas à barragem já foram removidas.
VII. Apresentar o andamento das obras para: b) Reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. O nível d'água é mantido o mínimo possível na área do reservatório com a operação de bombas. Está em operação poço de bombeamento para rebaixamento da superfície freática.
VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.	Não aplicável. O projeto de descaracterização considera a remoção completa da estrutura.
VIII. Apresentar a análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções; • Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para corrigir as anomalias registradas durante as inspeções visuais, inclusive daquelas iniciadas em períodos anteriores ao do relatório apresentado até sua finalização.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. No termo de referência para acompanhamento do processo de descaracterização de barragens alteadas a montante no estado de Minas

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	Gerais no item 1.3 relativo às obras de descaracterização é solicitada a apresentação de análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções. Conforme justificativa apresentada, as obras de descaracterização não foram iniciadas. Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, análises de estabilidade da estrutura e indicação das anomalias verificadas, evolução das tratativas para suas correções e prazos para atendimento de recomendações.
IX. Apresentar as leituras da instrumentação instalada na barragem, informando a periodicidade adotada para as leituras e a relação dos níveis registrados pelos instrumentos com os Níveis de Controle de Segurança estabelecidos para a estrutura	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas leituras da instrumentação atualizada com histórico de dois anos hidrológicos.
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas leituras da instrumentação atualizada com histórico de dois anos hidrológicos.
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	O TR de descaracterização de barragens alteadas pelo método de montante não exige protocolo para garantir a segurança dos trabalhadores da obra para barragens com declaração de condição de estabilidade garantida, caso

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	da Barragem B1 – Mina Ipê. O projeto atende ao exposto no item 3.3.1 do TR. Tal protocolo é exigido apenas para estruturas que se encontram em nível de alerta. De qualquer forma o projeto trata de critérios de inspeção e monitoramento para paralisação das obras conforme apresentado no Capítulo 12, mais específico no item 12.3 do Relatório de Descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.763).
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Registros fotográficos da condição atual da estrutura são apresentados quinzenalmente nos relatórios de performance geotécnica
1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: a) Informar ações executadas do programa de manejo do patrimônio espeleológico na área afetada pelas obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: b) Informar as ações executadas ações de resgate da fauna e da flora na área afetadas, se couber;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: c) Deverão ser apresentadas as ações para controle de supressão vegetal e de processos erosivos na área afetada pelas obras de descaracterização, bem como os comprovantes de regularização ambiental da atividade;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: d) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para acompanhamento e controle dos índices de qualidade do ar na área afetada pelas obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: e) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para gestão de efluentes líquidos e resíduos sólidos na área afetada pelas obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Para obras em estágio de finalização, apresentar as medidas adotadas para o manejo e a proteção do solo, dos recursos hídricos, para garantir a estabilidade geotécnica da área descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.5 ASSINATURAS	
Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.6 ANEXO	
Apresentar as anotações de responsabilidade técnica – ART do projeto, do acompanhamento das obras e do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

8. Assinaturas

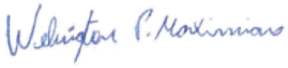
- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:



Elias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

- Responsável técnico pela barragem:

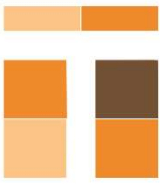


Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

9. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



TERRACOTA
GEOTECNIA

Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231866125

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em:

Valor: **R$ 210.000,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381 , KM 520

Nº: **00**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Data de Início: **09/01/2023**

Previsão de término: **31/03/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **AMBIENTAL**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1 - MINA IPÊ.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- A Resolução n° 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.02.23 10:03:35 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Dados: 2023.02.24 08:31:37 -03'00'

BELO HORIZONTE 23 de FEVEREIRO de 2023

Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231866125

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

Valor da ART: **R$ 254,59** Registrada em: **23/02/2023** Valor pago: **R$ 254,59** Nosso Número: **8600951640**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: bABA5
Impresso em: 23/02/2023 às 09:58:57 por: , ip: 200.25.56.70

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243273955

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1403750408**

Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **CCT000657**

Celebrado em: **17/07/2023**

Valor: **R$ 8.210,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Data de Início: **01/08/2024**

Previsão de término: **31/08/2024**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1 - MINA IPÊ (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1024), REFERENTE AO TRIMESTRE MAIO DE 2024 A JULHO DE 2024, EM ATENDIMENTO AO TERMO DE COMPROMISSO - TC (MPF, MPMG, SEMAD/FEAM, ANM)

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2024.08.29 22:21:05 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

Brumadinho, 27 de agosto de 2024

Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: yZ8dx
Impresso em: 27/08/2024 às 21:56:30 por: , ip: 177.55.230.205

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243273955

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

10. Valor

Valor da ART: **R$ 99,64** Registrada em: **27/08/2024** Valor pago: **R$ 99,64** Nosso Número: **8605555077**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: yZ8dx
Impresso em: 27/08/2024 às 21:56:31 por: , ip: 177.55.230.205

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12822-R-BA-RL-13-GE_r0

MAIO

2024

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12822-R-BA-RL-13-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.960

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00				
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X					26	X					51	X					76	X				
2	X					27	X					52	X					77	X				
3	X					28	X					53	X					78	X				
4	X					29	X					54	X					79	X				
5	X					30	X					55	X					80	X				
6	X					31	X					56	X					81	X				
7	X					32	X					57	X					82	X				
8	X					33	X					58	X					83	X				
9	X					34	X					59	X					84	X				
10	X					35	X					60	X					85	X				
11	X					36	X					61	X					86	X				
12	X					37	X					62	X					87	X				
13	X					38	X					63	X					88	X				
14	X					39	X					64	X					89	X				
15	X					40	X					65	X					90	X				
16	X					41	X					66	X					91	X				
17	X					42	X					67	X					92	X				
18	X					43	X					68	X					93	X				
19	X					44	X					69	X					94					
20	X					45	X					70	X					95					
21	X					46	X					71	X					96					
22	X					47	X					72	X					97					
23	X					48	X					73	X					98					
24	X					49	X					74	X					99					
25	X					50	X					75	X					100					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	27/05/2024						
EXECUTADO	GFL / EJC						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

SUMÁRIO

1. Introdução 4
2. Documentos de referência 5
3. Códigos e Normas 6
4. Ficha Técnica do Empreendimento 7
4.1 Identificação do Empreendedor 7
4.2 Identificação do Empreendimento 7
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 7
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 7
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 7
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 8
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 8
4.8 Localização da Barragem 8
4.9 Função atual 9
4.10 Características Gerais 10
4.11 Classificação da Barragem 14
5. Projeto de Descaracterização 19
5.1 Descrição do Projeto 20
5.2 Alterações de Projeto 25
5.3 Atividades Preparatórias 25
5.3.1 Poços de Rebaixamento 25
5.3.2 Sistema de Bombeamento no Reservatório 27
5.3.3 Instalação de Marcos de Monitoramento na Encosta 28
5.4 Cronograma 30
5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos 32
5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado 32
5.6.1 Inspeções de Campo 32
5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções 32
5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem 34
5.6.3.1 Leituras Instrumentação 41
5.6.4 Análise de Estabilidade 60
5.6.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações 61
5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem 63
5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática 68
5.6.4.4 Parâmetros de Resistência 69
5.6.4.5 Resultados 70

5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 83
5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 84
5.9 Rotina de Monitoramento 85
6. Obras de Descaracterização 86
7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 86
8. Assinaturas 92
9. Anexos 93

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B1 - Mina Ipê**, referente ao trimestre (Fevereiro/2024 a Abril/2024), elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê, o qual foi emitido em fevereiro de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

Apesar de o projeto executivo ter sido emitido em fevereiro de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê não foram iniciadas até o momento.

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.912_r1 – Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragem – Barragem B1 Ipê – Mina Ipê – FEAM – 1º Semestre de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Março/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.558_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.559_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.560_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.641_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Especificação Técnica. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.642_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.652_r2 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.679_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.652_r1 – Barragem B1 – Mina Ipê – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco – Não-drenado. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Agosto/2023.

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784/2019 - Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2017 – dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração, visando atender às condições de segurança, operacionalidade, economicidade e desativação, minimizando os impactos ao meio ambiente.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

4.8 Localização da Barragem

A Barragem B1 – Mina Ipê localiza-se no vale do córrego Quéias, no município de Brumadinho-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 572.390m E e 7.775.120m N, próximo do alto da Serra das Farofas. O acesso é realizado pelo trevo imediatamente após o km 520 da rodovia Fernão Dias (BR-381), à margem direita no sentido sul (BH-SP).

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

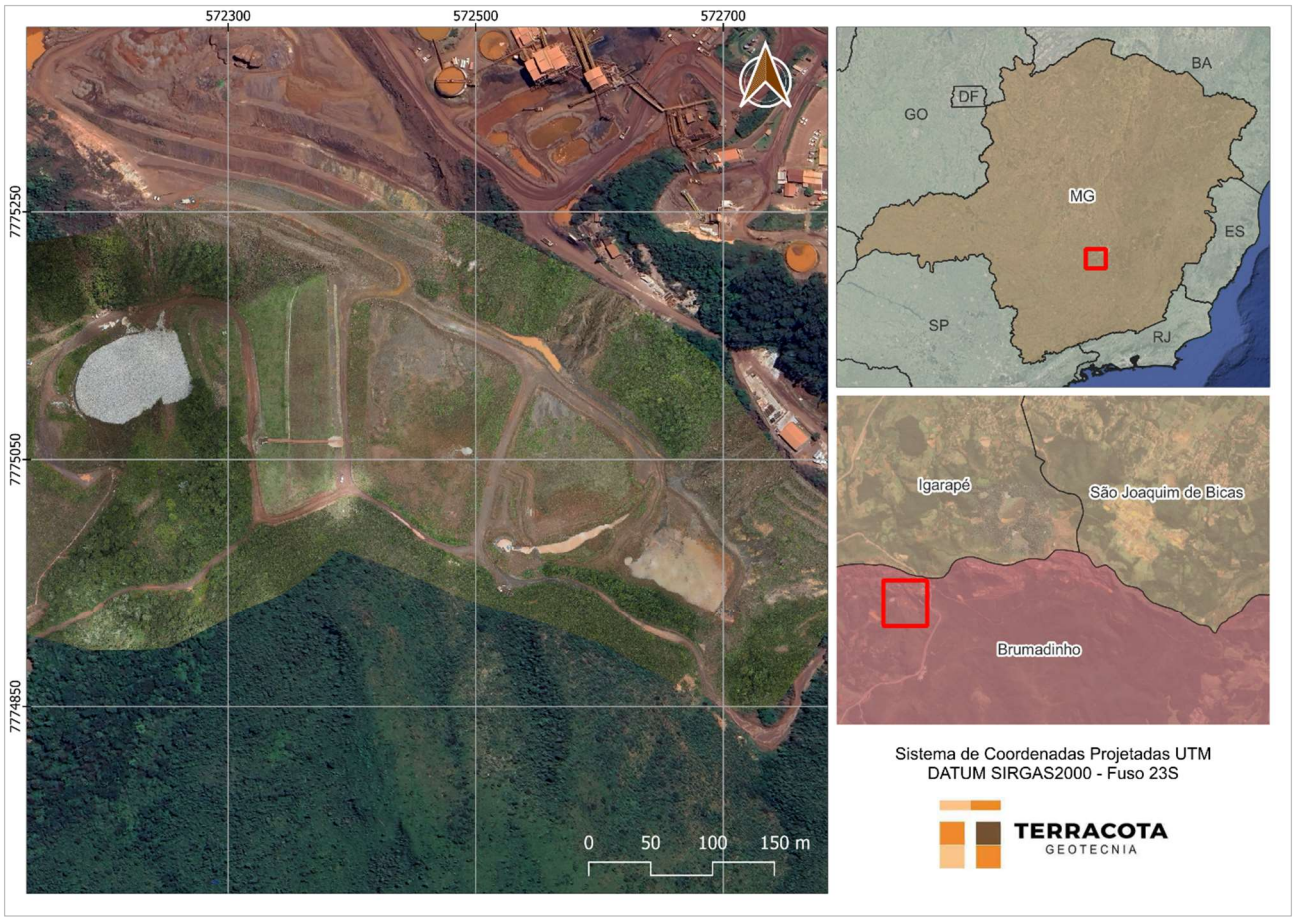


Figura 4.1 – Localização da Barragem B1 – Mina Ipê.

4.9 Função atual

As funções da barragem englobaram a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro da Mina Ipê, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como de Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte.

Em virtude da exaustão da capacidade de acumulação da bacia da barragem e da necessidade operacional de se criar espaços para a disposição de rejeitos, a partir do último trimestre de 2010 até dezembro de 2017, foram realizadas operações de retomada ("lavra") do rejeito disposto hidraulicamente e transportados e empilhados mecanicamente. Para tanto, o reservatório foi subdividido em baias de forma a não paralisar as operações sendo que enquanto o lançamento era realizado em uma porção, o rejeito era retomado na outra. O lançamento de rejeitos foi paralisado em dezembro de 2017, operando, desde então, basicamente na retenção de sedimentos exógenos e no amortecimento de cheias provenientes de sua bacia de contribuição. Atualmente a estrutura vem sendo preparada para entrar em processo de descaracterização.

4.10 Características Gerais

A Barragem B1 – Mina Ipê foi construída em 3 (três) etapas, sendo o maciço inicial na El. 1.031,00 m, o primeiro alteamento a montante na El. 1.051,00 m, e o segundo alteamento na El. 1.057,00 m construído em direção a jusante, porém sobre o maciço do primeiro alteamento. Em todas as etapas, foi utilizado rejeito compactado para construção dos respectivos maciços.

Até meados de 2021 a estrutura era considerada como alteada pelo método de jusante, até serem apreciadas as informações contidas no relatório técnico do segundo alteamento, documento R_033_92 elaborado pelo Engenheiro Consultor José Jaime Rodrigues Branco. No referido documento, o autor descreve a execução de um maciço drenante lançado a jusante, a partir do qual a barragem apresentaria condição de estabilidade adequada para realização de sucessivos alteamentos para direção de montante, conforme trecho a seguir retirado do relatório mencionado:

> *"Inicialmente será restaurada a barragem existente com a construção de um maciço drenante lançado para jusante formando um pé para estabilização do maciço atual... [...]*
> *Esta estabilização permitirá a elevação sucessiva de crista da barragem para montante com condições de drenagens e taludes adequadamente dimensionados, de maneira a se manter um fator de segurança para a completa estabilidade do novo maciço... [...] Esta barragem está praticamente toda assoreada com rejeito. Sobre o assoreamento foi projetada a elevação da crista para montante até a cota 556,0 com uma banqueta de 10,0 m de altura na cota 536,0, com altura de 23,0 metros..."*

Entre 2020 e 2022 foi realizada uma extensa campanha de sondagens para subsidiar a elaboração do projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê, na qual foi validada a hipótese de o alteamento ter sido construído pelo método de montante.

Entre fevereiro e março de 2023 foi executado um aterro de reforço a jusante da estrutura de forma a atender o fator de segurança requerido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,30).

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.1, sendo as informações existentes atualizadas considerando um levantamento topográfico de setembro de 2020 (BARRAGEM B1 IPÊ_15_10_ATUAL), levantamento topográfico de novembro de 2021 (B1_IPE_16NOV21), o levantamento topográfico do projeto "*As Built*" do segundo alteamento (TOPOGERAL_11082014.dxf), o levantamento topográfico "*As Built*" do aterro de reforço (CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg) e o levantamento topográfico cadastral (CADASTRO_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B1_IPE_21JUN23.dwg).

Na Figura 4.2 é apresentada uma imagem de satélite da estrutura. A Figura 4.3 e Figura 4.4 apresentam o arranjo geral e a seção B-B' de maior altura da barragem.

Tabela 4.1 – Principais características da Barragem B1 – Mina Ipê.
(Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.912_r1)

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B1 – Mina Ipê
Código FEAM	132
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: - 20° 07'11.300" Longitude: - 44°18'26.900"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	572.390m E / 7.775.120m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	~1991
Ano de Início de Operação	~1991
Ano de Término de Operação	2017
Ano de Término de Descaracterização	2025 (previsão)
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (projeto)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total (m³)	1.236.370 (*)
Volume do reservatório (m³)	943.579 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	786.359
Área do reservatório (m²)	51.226
Elevação mínima do coroamento (m)	1.057,89
Elevação do terreno natural no pé do barramento (m)	1.002,10
Altura atual da barragem (m)	55,79
Extensão do coroamento (m)	176,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, no mínimo 3,0
Inclinação geral do talude jusante	2,55H:1V (21,4º)
Alteamentos realizados e seus métodos empregados	2 alteamentos a montante (**)
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.057,39 / 1.057,07 (***)
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.057,86 / 1.057,50 (***)
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,50 / 0,82 (***)
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,03 / 0,39 (***)
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	6,72 / 3,22 (***)
Descarga do vertedouro (PMP) (m³/s)	14,33 / 8,50 (***)
Capacidade de Descarga do vertedouro (m³/s)	15,00
Área da bacia de contribuição (km²)	0,51

(*) Volumes atualizados a partir das superfícies resultantes da nova interpretação geológica elaborada pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos hídricos e levantamento topográfico de novembro de 2021 acrescido de 31.705 m³ referente ao aterro de reforço;
(**) O maciço do segundo alteamento foi construído no sentido para jusante, porém é uma ampliação do maciço do 1º alteamento, executado pelo método de montante.
(***) Valores obtidos considerando que todo o volume livre estaria disponível para a passagem do trânsito de cheias.



Figura 4.2 – Imagem da Barragem B1 – Mina Ipê. (Fonte: Ortofoto MMI – Março/2024).

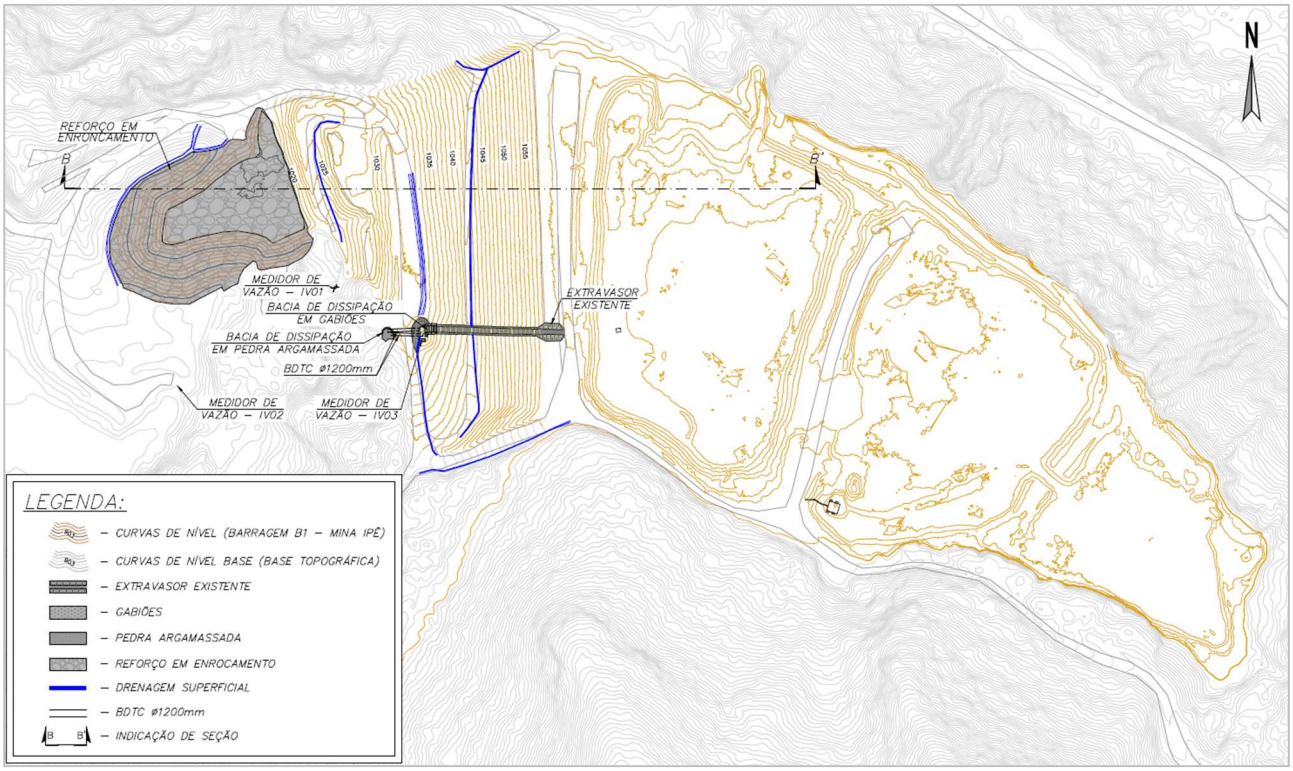


Figura 4.3 – Arranjo Geral atual da Barragem B1 – Mina Ipê.

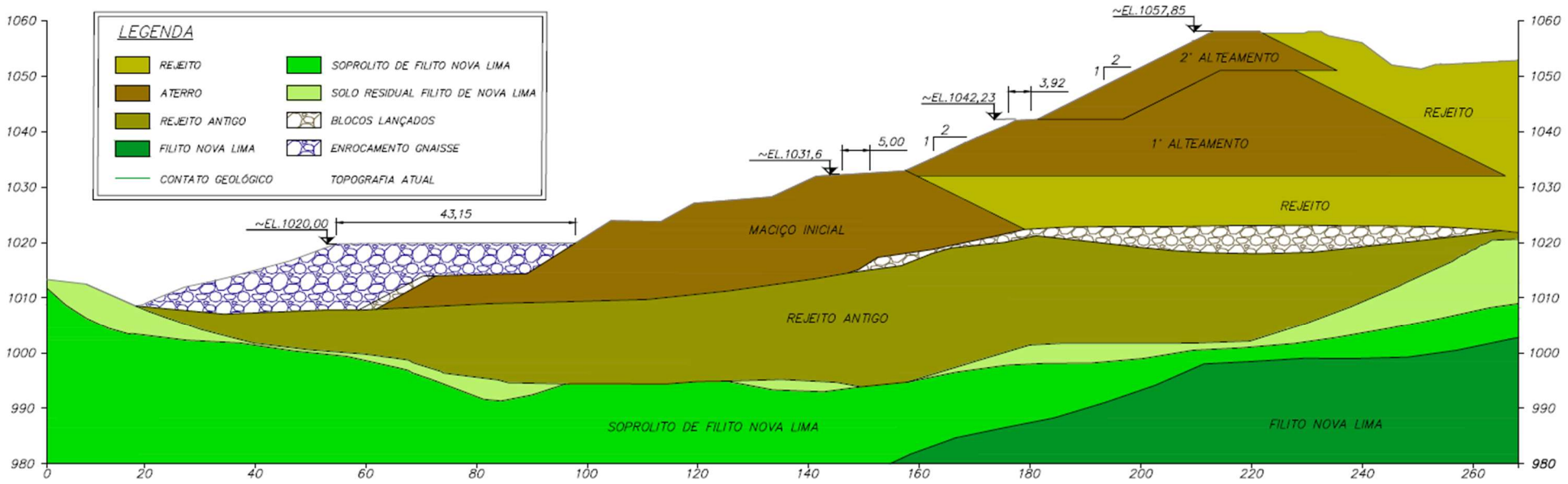


Figura 4.4 – Seção de maior altura B-B’ da Barragem B1 – Mina Ipê.

4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B1 – Mina Ipê** foi classificada, conforme RTESB referente ao 1º semestre/2024 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.912), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.2 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	15
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**15**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.3 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	1
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**19**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.4 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.5 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	**50m< Comprimento <200m (1)**	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	200m≤ Comprimento ≤600m (2)	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 15				

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 0				

Tabela 4.8 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	**BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)**
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanen-temente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de insta-lações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO (Existe alta concentração de instalações residen-ciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
PDA = Σ (a até d) = 19			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de remoção completa dos rejeitos dispostos no reservatório, além dos maciços, tanto o maciço inicial quanto os alteamentos realizados e do aterro de reforço, de forma a retornar o vale a uma condição próxima a original;
- O projeto considera a utilização de poço de rebaixamento instalado a jusante da barragem para o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis na fundação antes do início das obras e que esta condição será mantida e monitorada durante os trabalhos de forma a atender os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado liquefeito (FS≥1,1) em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização;
- O atendimento à premissa anterior considera que a barragem trabalhará em condições drenadas, dessa forma não haverá necessidade de se adotar uma Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ);
- O projeto de descaracterização foi concebido para ser executado em duas etapas macro de remoção (dois anos/ciclos), sendo a primeira com remoção dos rejeitos do reservatório até a elevação 1.043,0 m e rebaixamento do maciço da barragem para a elevação 1.046,50 m e a segunda concluindo a remoção completa na elevação 1.001,0 m;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos. Mesmo assim, o projeto contempla a escavação no rejeito de *sumps* provisórios no interior do próprio reservatório, para direcionamento dos fluxos de água de chuvas eventuais a serem bombeados para a planta de processo. Essas estruturas serão realocadas a medida do avanço do rebaixamento do rejeito;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada em camadas de espessura média de 2,0 m, que poderá ser ajustada em campo, condicionada à capacidade de suporte do material. Caso necessário, serão executadas valas drenantes para deságue do rejeito saturado com o objetivo de garantir condições de segurança e operação para trafegabilidade dos equipamentos durante a atividade de lavra. Nos casos em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro com rejeito seco (aterro de conquista) de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;
- O volume total geométrico de remoção previsto, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.100.789 m³;

- Deverá ser realizada a recomposição vegetal da área do terreno natural exposta pelas escavações após remoção dos rejeitos e maciços, com utilização de materiais apropriados. Conforme item 3.6 da TR de Descaracterização da FEAM, a técnica será determinada com embasamento no diagnóstico da área pós-descaracterização à medida que avançam as obras e se tenha as reais condições da superfície exposta com objetivo final de reintrodução da área ao contexto da paisagem local;
- Será proposta uma proteção na calha do fundo do vale com blocos de enrocamento onde se espera que haja fluxo de água, de forma a proteger o local contra erosão.

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê é composto por 02 (duas) etapas macro, conforme descrito no relatório do projeto (IPE.OP.RL.8000.GT.20.560), contemplando as escavações dos rejeitos dispostos no reservatório até a elevação 1.043,0 m e o rebaixamento dos maciços dos alteamentos até a elevação 1.046,50 m, apresentada como Etapa 1, e a remoção do restante dos rejeitos dispostos no reservatório, dos maciços de alteamentos e maciço inicial, dos rejeitos existentes na fundação (rejeito antigo), além da remoção do reforço em enrocamento a jusante e utilização do material como revestimento do canal e *sump*, compreendidos na Etapa 2.

A execução da obra está prevista para ser realizada em duas etapas macro, sendo que a adequação do sistema extravasor faz a divisão entre essas etapas. Para cada etapa será realizada a remoção dos seguintes volumes de materiais:

<u>Etapa 1</u>

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 447.562.m^3;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 57.650.m^3.

<u>Etapa 2</u>

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 226.600.m^3;
- Volume de blocos a serem removidos da fundação: 14.210.m^3;
- Volume de blocos a serem removidos do aterro de reforço a jusante: 31.705 m^3;
- Volume de "rejeitos antigos" a serem removidos da fundação: 99.000.m^3;[1]
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 224.062.m^3.

[1] Neste volume estão considerados os volumes de escavação do *sump* e do canal de drenagem a ser implantado após as escavações de remoção do rejeito.

Com base na taxa de escavação média aproximada entre 2.800 e 3.100 m³ por dia, fornecida pela MMI, cada etapa está prevista para ser executada em um período seco (6 meses, de maio a outubro), podendo ser estendido em função do regime de chuvas.

Os taludes de escavação terão inclinação de 1V:3H, quando for executado em rejeito disposto no reservatório, e 1V:2H, quando resultantes das escavações em rejeito dos maciços compactados. A Figura 5.1 apresenta o resumo da sequência construtiva de remoção do rejeito em camadas.

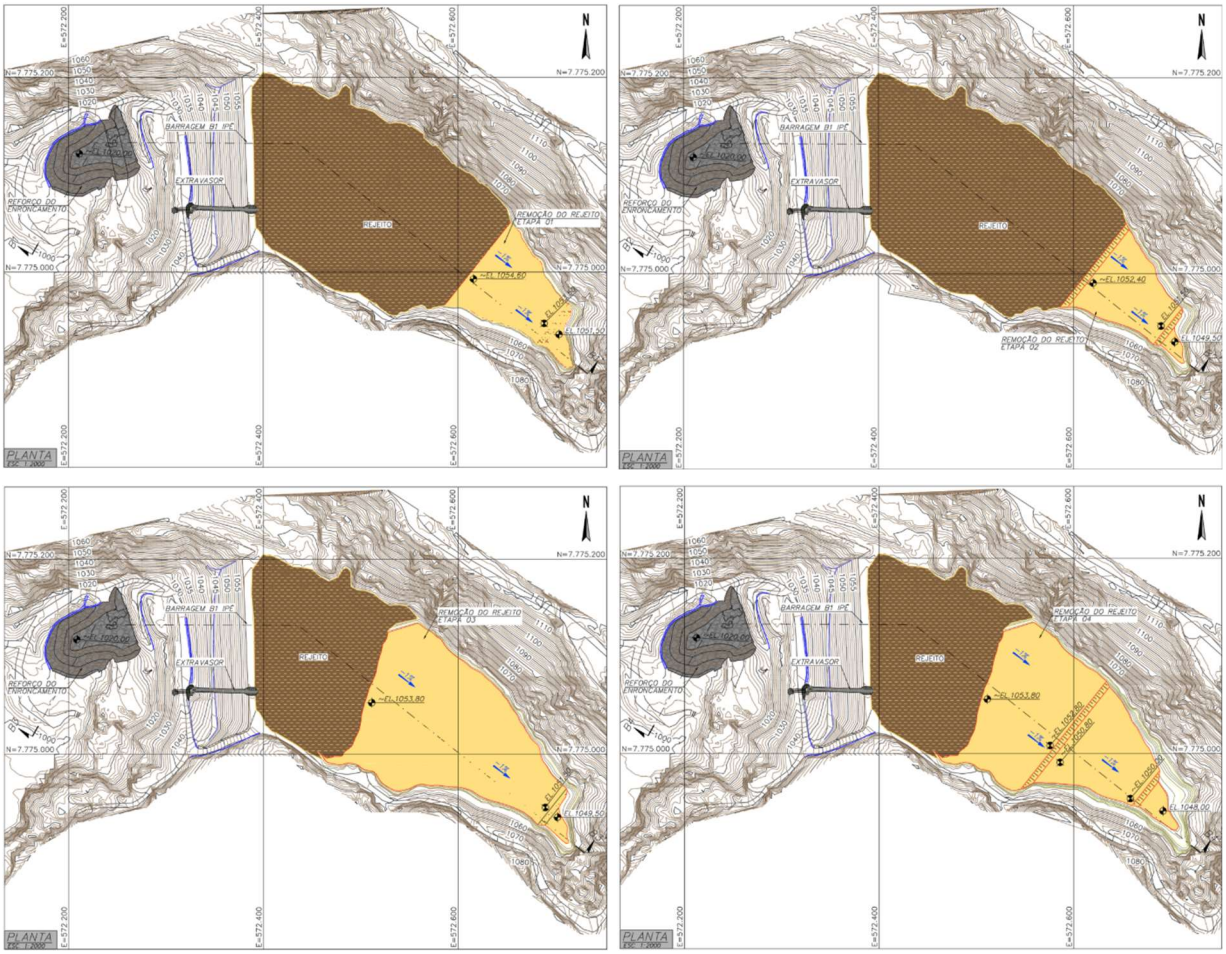


Figura 5.1 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente às quatro primeiras etapas.

Ao término das obras, com a remoção completa dos rejeitos, a área do espaldar da barragem e do reservatório se encontrará conformada em uma condição próxima à original e com o vale protegido com blocos de enrocamento como forma de controle de erosões.

Também faz parte das obras a adequação do sistema extravasor, na etapa de remoção intermediária da barragem, com coroamento do maciço na elevação 1.046,50 m e soleira do extravasor na elevação 1.043,50 m.

A execução das obras deverá cumprir com as diretrizes apresentadas na especificação técnica, nos desenhos de projeto e no relatório técnico do projeto executivo. Ressalta-se que as especificações detalhadas neste documento poderão ser ajustadas conforme experiência adquirida em campo durante a execução das obras, desde que aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

Durante a execução de todas as fases deverá ser realizada a remoção e limpeza dos rejeitos do reservatório e alteamentos / maciços até o terreno natural nos encontros com as ombreiras.
As áreas expostas do terreno natural deverão receber recomposição vegetal como forma de proteção contra erosões/ravinamento, sendo que o talvegue remanescente no meio do vale deverá receber proteção com enrocamentos.

O volume a ser escavado de rejeitos no reservatório será de aproximadamente 674.000 m³. O volume a ser escavado de aterros compactados dos alteamentos e do maciço inicial da barragem, também executados com rejeitos, será de aproximadamente 282.000 m³. As obras também envolvem a escavação de blocos lançados e os rejeitos antigos da fundação com volumes em torno de 14.000 m³ e 99.000 m³, respectivamente. Também serão removidos 31.705 m³ de blocos do aterro de reforço a jusante da estrutura que será utilizado no revestimento do *sump* e canal de drenagem a serem implantados após a remoção da estrutura. A soma de todos os materiais a serem removidos durante as obras de descaracterização totalizam aproximadamente 1.101.000 m³.

A seguir são apresentadas figuras representativas das etapas de execução do projeto de descaracterização.

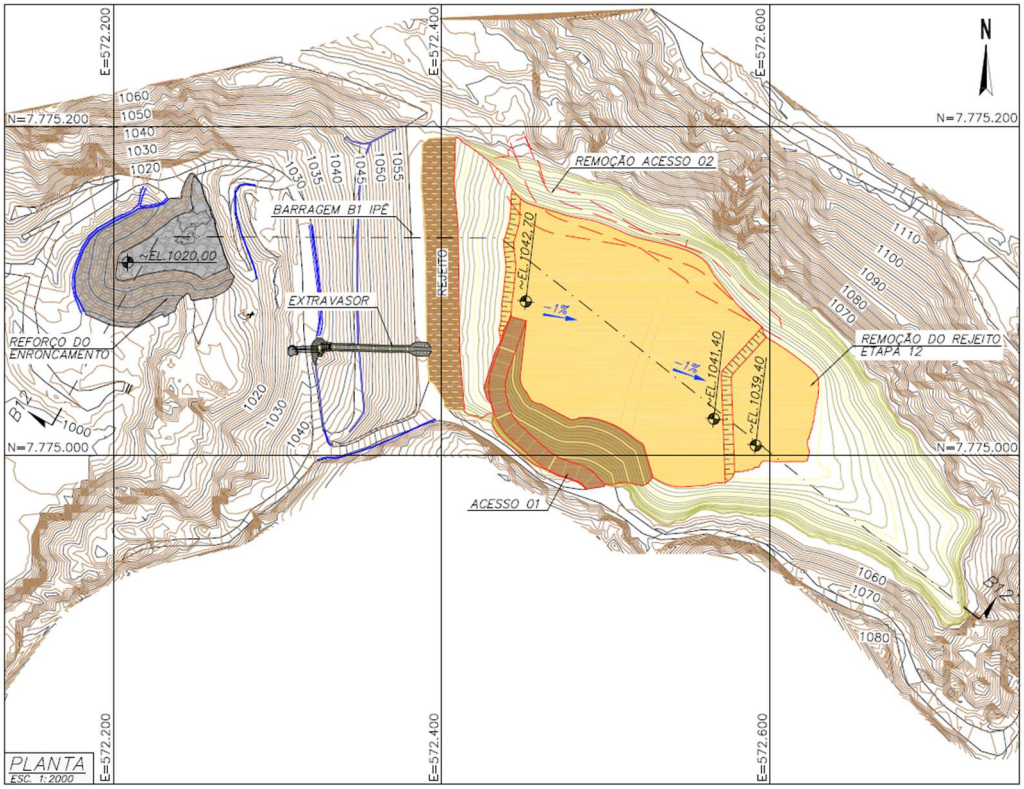


Figura 5.2 – Etapa 12 – Remoção do rejeito do reservatório sem escavação do maciço.

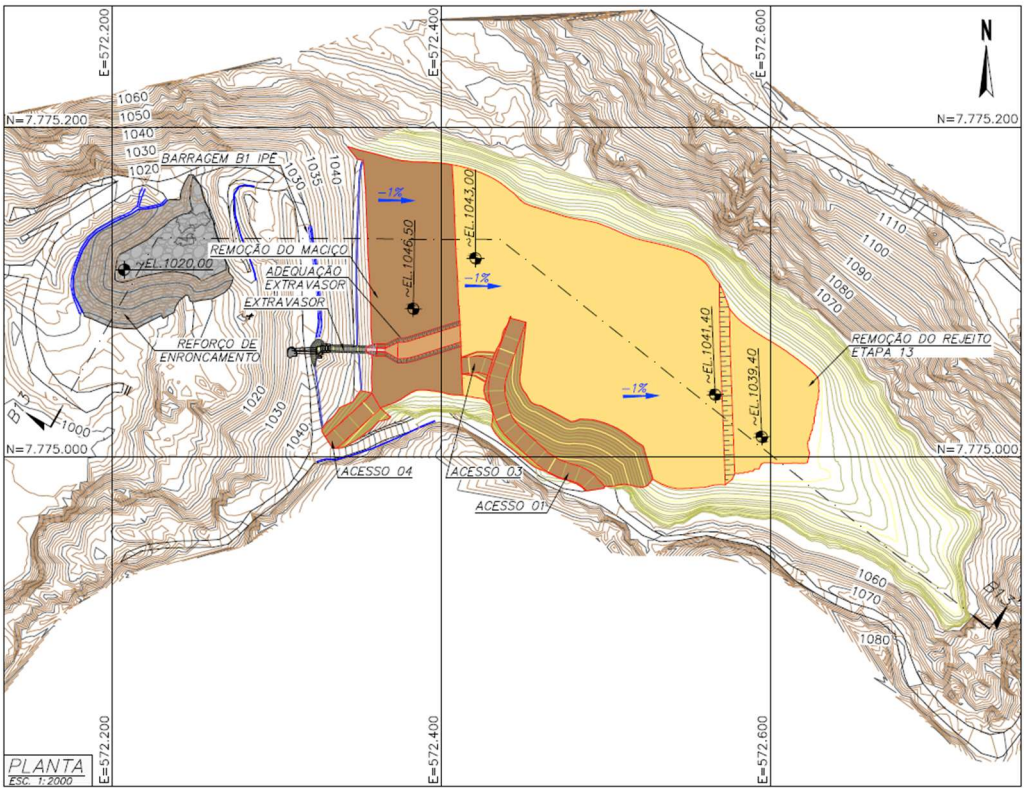


Figura 5.3 – Etapa 13 – Escavação do maciço e implantação de novo sistema extravasor.

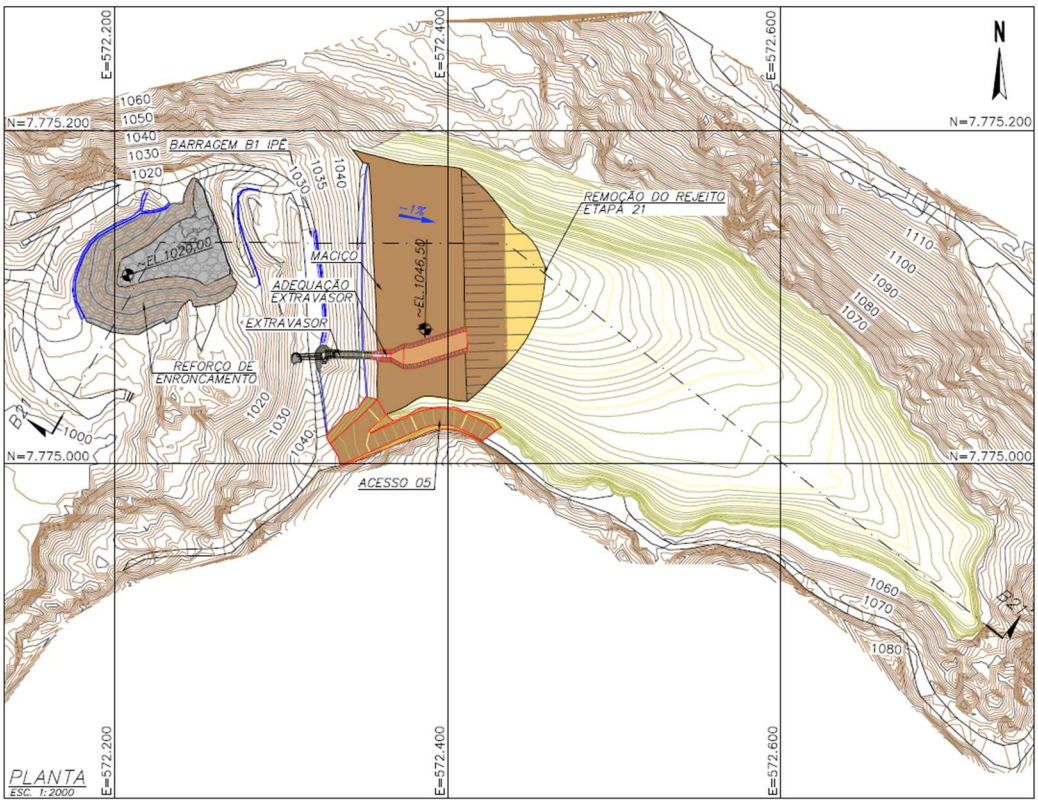


Figura 5.4 – Etapa 21 – Início da escavação do restante dos maciços e do rejeito antigo e a conformação do fundo do vale.

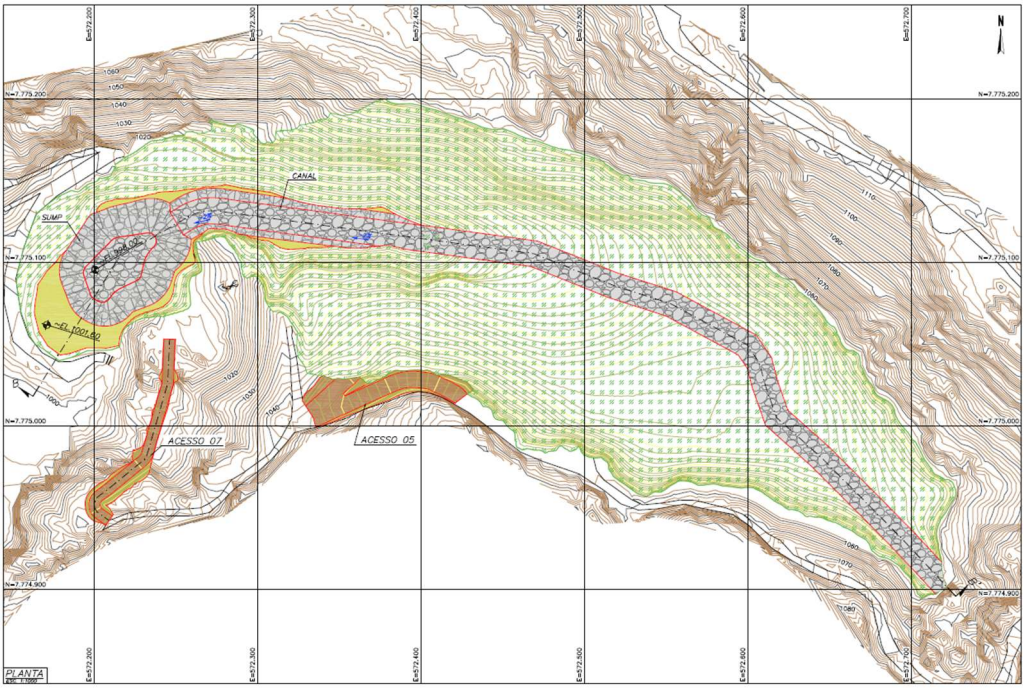


Figura 5.5 – Arranjo geral após a finalização das obras.

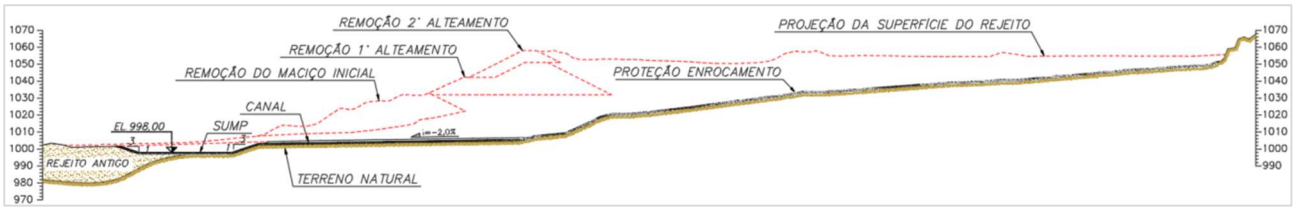


Figura 5.6 – Seção transversal passando pelo vale após a finalização das obras.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização.

5.3 Atividades Preparatórias

A seguir são apresentadas as atividades preparatórias para início da obra de descaracterização executadas durante o período avaliado.

5.3.1 Poços de Rebaixamento

Como premissa do projeto de descaracterização da Barragem B1- Mina Ipê, o nível freático deve estar abaixo da camada de rejeito contrátil presente na fundação da barragem. Para atingir este objetivo, foi executado pela empresa Master Poços, na 1ª quinzena de abril de 2023, um poço de bombeamento (PT-01) com aproximadamente 176 m de profundidade, para rebaixamento do lençol freático local. Foi realizada a instalação da bomba (Motobomba Leão S65-10 600 – 35 CV - 440 Trifásica) e o teste de bombeamento foi executado entre os dias 29/09/2023 e 24/10/2023 enviando a água para dois tanques metálicos. Na 1ª quinzena de abril de 2024, a MMI realizou um teste para avaliar a vazão que é possível bombear do poço de rebaixamento (PT-01), alterando o direcionamento da água para o extravasor da barragem B1A Emicon, localizada a jusante da Barragem B1 – Mina Ipê. A partir da 2ª quinzena de abril, manteve-se o bombeamento para jusante.

No período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024) a bomba do poço PT-01 esteve em operação com pequenos períodos de paralisação para manutenção da tubulação e ajustes do direcionamento da água.



Foto 5.1 – Vista do poço de bombeamento PT-01.



Foto 5.2 – Lançamento da água do poço PT-01 no extravasor de emergência da B1A Emicon.

Após a conclusão do estudo hidrogeológico realizado pela Water Services (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.946), verificou-se a necessidade de implantação de um novo poço de rebaixamento para que seja possível atingir o nível freático desejado e assim sejam iniciadas as obras de descaracterização.

Dessa forma, no dia 30/04/2024 foi iniciada a instalação de um poço de rebaixamento complementar (PT-02) a jusante da estrutura pela empresa Mendonça Poços Ltda., sendo finalizado no dia 01/05/2024, com 180 metros de profundidade.



Foto 5.3 – Perfuração do Poço de Rebaixamento - PT-02.



Foto 5.4 – Poço de rebaixamento - PT-02 finalizado.

A localização dos poços é apresentada na Figura 5.7.



Figura 5.7 – Localização dos poços de rebaixamento.

5.3.2 Sistema de Bombeamento no Reservatório

Como parte da premissa de manter o reservatório sempre seco, é mantida uma bomba modelo *flygt* com sensor automático de ativação na baia de montante (Foto 5.5), de modo a reduzir a infiltração e o tempo de formação de lago dentro do reservatório.



Foto 5.5 – Sistema de bombeamento localizado na baia de montante.

Durante as obras de descaracterização, um sistema de bombeamento similar ao localizado na baia de montante (Foto 5.5) será mantido no *sump* operacional de cada fase de escavação.

5.3.3 Instalação de Marcos de Monitoramento na Encosta

Em abril de 2024, foi iniciada a instalação de marcos de monitoramento (Foto 5.6 e Foto 5.7) na encosta a montante do reservatório na região da ombreira direita com o objetivo de monitorar possíveis deslocamentos na região avaliada.

O marco de referência (Foto 5.8) foi instalado no acesso próximo a ombreira esquerda de forma que consiga visada de todos os marcos superficiais instalados na encosta.



Foto 5.6 – Marco de monitoramento da encosta.



Foto 5.7 – Marco de monitoramento da encosta.



Foto 5.8 – Marco de referência para o monitoramento da encosta.

Na Tabela 5.1 e Figura 5.8 são apresentadas as localizações dos marcos que foram disponibilizados os dados cadastrais.

Tabela 5.1 – Dados Cadastrais dos Marcos de Monitoramento da Encosta

Marcos	E	N	ELEVAÇÃO
01		Sem dados de cadastro	
02	572.510,433	7.775.270,913	1.108,773
03		Sem dados de cadastro	
04	572.545,440	7.775.231,353	1.113,238
05	572.560,351	7.775.219,391	1.113,325
06	572.574,206	7.775.209,786	1.113,310
07	572.586,470	7.775.203,933	1.112,917
08		Sem dados de cadastro	

Marcos	E	N	ELEVAÇÃO
09	572.617,790	7.775.184,414	1.114,702
10		Sem dados de cadastro	
11		Sem dados de cadastro	
12		Sem dados de cadastro	
13		Sem dados de cadastro	
14		Sem dados de cadastro	
15	572.712,295	7.775.117,073	1.115,207
16	572.721,919	7.775.102,535	1.114,615
17	572.729,429	7.775.088,036	1.114,580
18	572.744,428	7.775.064,294	1.113,409
19	572.759,395	7.775.051,020	1.113,014
20	572.852,033	7.774.985,538	1.106,223
21		Sem dados de cadastro	
22	572.824,741	7.774.984,214	1.094,986
23	572.802,056	7.775.004,849	1.102,210
24	572.788,172	7.775.016,848	1.104,648
25	572.774,089	7.775.024,623	1.104,605
26	572.760,537	7.775.036,162	1.105,909



Figura 5.8 – Localização dos marcos de monitoramento da encosta.

5.4 Cronograma

Na Figura 5.9 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê considerando desde os serviços preliminares e as obras de descaracterização propriamente dito.

Ressalta-se que foi considerada a operação dos poços de rebaixamento durante todas as etapas de descaracterização (remoção da barragem). O sistema somente poderá ser desligado se o fator de segurança para o carregamento não drenado liquefeito tenha atingido o valor de 1,1 exigido pela TR FEAM e se mantenha nesta condição mesmo sem a operação desse poço. Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.

Id	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1	1	DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B1 - MINA IPÊ	1093 dias	Seg 02/10/23	Qua 08/12/27
2	1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	540 dias	Seg 02/10/23	Sex 24/10/25
3	1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	7 dias	Ter 04/06/24	Qua 12/06/24
4	1.1.2	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	7 dias	Qui 13/06/24	Sex 21/06/24
5	1.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	7 dias	Qui 13/06/24	Sex 21/06/24
6	1.1.4	OPERAÇÃO DOS POÇOS DE REBAIXAMENTO PARA REBAIXAMENTO DA SUPERFICIE FREA	540 dias	Seg 02/10/23	Sex 24/10/25
7	1.2	DESCARACTERIZAÇÃO	350 dias	Seg 24/06/24	Sex 24/10/25
8	1.2.1	FASE 1 - REMOÇÃO PARCIAL DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	70 dias	Seg 24/06/24	Sex 27/09/24
9	1.2.1.1	EXECUÇÃO DE SUMP COM BASE NA ELEVAÇÃO 1.051,50 M	10 dias	Seg 24/06/24	Sex 05/07/24
10	1.2.1.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO ATÉ A ELEVAÇÃO 1.041,40 M	60 dias	Seg 08/07/24	Sex 27/09/24
11	1.2.1.3	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE ATÉ ELEVAÇÃO 1.041,40 M	60 dias	Seg 08/07/24	Sex 27/09/24
12	1.2.2	FASE 2 - PRIMEIRO REBAIXAMENTO DO MACIÇO	70 dias	Seg 30/09/24	Sex 03/01/25
13	1.2.2.1	DEMOLIÇÃO DO EMBOQUE DO CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE	10 dias	Seg 30/09/24	Sex 11/10/24
14	1.2.2.2	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA DESCIDA D'ÁGUA DA OMBREIRA DIREITA	10 dias	Seg 30/09/24	Sex 11/10/24
15	1.2.2.3	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE INSTALADA NA CRISTA DA BARRAGEM	10 dias	Seg 30/09/24	Sex 11/10/24
16	1.2.2.4	ESCAVAÇÃO DO MACIÇO ATÉ ELEVAÇÃO 1.046,00 M	30 dias	Seg 14/10/24	Sex 22/11/24
17	1.2.2.5	CONSTRUÇÃO DE NOVO EMBOQUE PARA O SISTEMA EXRAVASOR LIGADO AO CANAL EXISTENTE	30 dias	Seg 25/11/24	Sex 03/01/25
18	1.2.2.6	REINSTALAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE CONTROLE DA SATURAÇÃO RETIRADOS NA ETAPA 1.2.2.3	30 dias	Seg 25/11/24	Sex 03/01/25
19	1.2.3	FASE 3 - REMOÇÃO DO RESTANTE DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	40 dias	Seg 03/03/25	Sex 25/04/25
20	1.2.3.1	EXECUÇÃO DE SUMP COM BASE NA ELEVAÇÃO 1.037,70 M	10 dias	Seg 03/03/25	Sex 14/03/25
21	1.2.3.2	REMOÇÃO COMPLETA DO REJEITO DO RESERVATÓRIO FORA DA PROJEÇÃO DO 1 º ALTEAMENTO	30 dias	Seg 17/03/25	Sex 25/04/25
22	1.2.3.3	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE ATÉ A COMPLETA REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATORIO FORA DA PROJEÇAO DO 1º ALTEAMNTO	30 dias	Seg 17/03/25	Sex 25/04/25
23	1.2.4	FASE 4 - REMOÇÃO DO MACIÇO DO 1º ALTEAMENTO	55 dias	Seg 28/04/25	Sex 11/07/25
24	1.2.4.1	DEMOLIÇÃO DO EMBOQUE DO CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE	10 dias	Seg 28/04/25	Sex 09/05/25
25	1.2.4.2	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA DESCIDA D'ÁGUA E CANALETAS EXISTENTES NA BERMA ELEV. 1.041,00 M	10 dias	Seg 28/04/25	Sex 09/05/25
26	1.2.4.3	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE INSTALADA NA CRISTA DA BARRAGEM E NA BERMA ELEV. 1.041,00 M	10 dias	Seg 28/04/25	Sex 09/05/25
27	1.2.4.4	REMOÇÃO DO MACIÇO DO 1º ALTEAMENTO	30 dias	Seg 12/05/25	Sex 20/06/25
28	1.2.4.5	INSTALAÇÃO DE BUEIRO CONECTADO À BACIA DE DISSIPAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR ANTIGO	15 dias	Seg 23/06/25	Sex 11/07/25
29	1.2.5	FASE 5 - REMOÇÃO DO RESTANTE DOS REJEITOS	75 dias	Seg 14/07/25	Sex 24/10/25
30	1.2.5.1	REMOÇÃO DO ATERRO EM BLOCOS DO REFORÇO DE JUSANTE PARA BOTA-ESPERA	15 dias	Seg 14/07/25	Sex 01/08/25
31	1.2.5.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO E DO MACIÇO INICIAL ATÉ A ELEVAÇÃO 1.004,30 M	30 dias	Seg 04/08/25	Sex 12/09/25
32	1.2.5.3	CONSTRUÇÃO DE SUMP NA REGIÃO DE JUSANTE	15 dias	Seg 15/09/25	Sex 03/10/25
33	1.2.5.4	REVESTIMENTO DO TALVEGUE E SUMP COM ENROCAMENTO	15 dias	Seg 08/10/25	Sex 24/10/25
34	1.2.5.5	PROTEÇÃO DO RESTANTE DA ÁREA DO RESERVATÓRIO ESCAVADO A PARTIR DO PLANTIO DE VEGETAÇAO	15 dias	Seg 08/10/25	Sex 24/10/25
35	1.3	POS-OBRA	553 dias	Seg 27/10/25	Qua 08/12/27
36	1.3.1	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	30 dias	Seg 27/10/25	Sex 05/12/25
37	1.3.2	DESMOBILIZAÇÃO	20 dias	Seg 08/12/25	Sex 02/01/26
38	1.3.3	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	523 dias	Seg 08/12/25	Qua 08/12/27

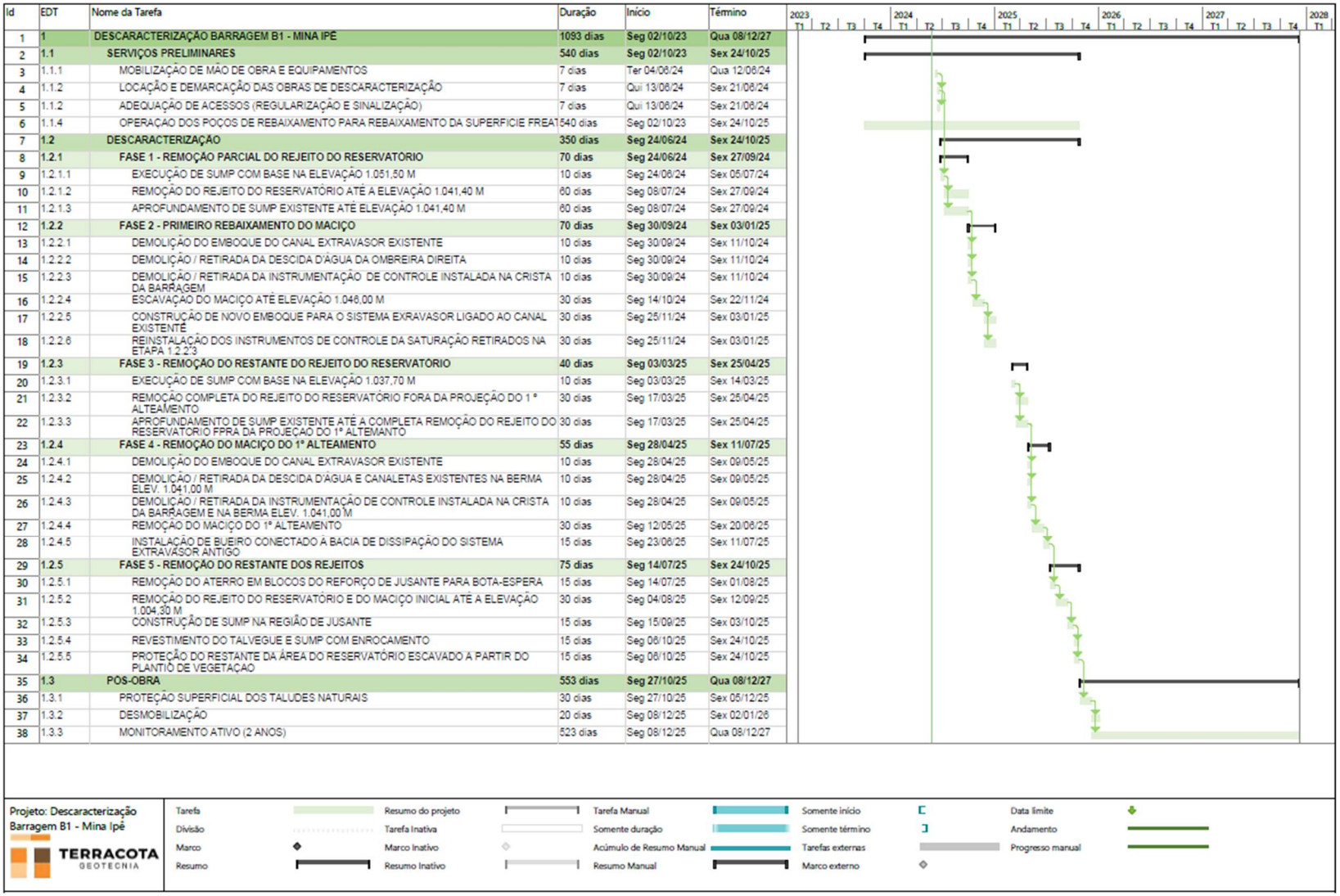


Figura 5.9 – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.

5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Conforme diagnóstico realizado para a estrutura, na condição da freática atual, para a seção B-B' não se atinge os fatores de segurança exigidos para a condição liquefeita. Desta forma, a fim de garantir os fatores de segurança requeridos no Termo de Referência, é premissa do projeto de descaracterização o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis, de modo que estes não trabalhem em condição saturada. Esta medida elimina a possiblidade de ocorrência de carregamentos não drenados, pois uma das condições para tal, é que os materiais classificados como contráteis estejam saturados.

Com relação à encosta natural exposta, poderá haver necessidade de obras estabilizantes pontuais, recuperação de focos erosivos, reaplicação de proteção vegetal etc. Já os taludes de empilhamentos antigos devem receber obras/serviços de estabilização à medida do necessário.

Para monitoramento de deslocamentos, tanto da barragem quanto da encosta existente na ombreira direita, será utilizada instrumentação de controle, existente e a ser instalada, como prismas, estação robótica, radar de superfície etc.

5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, aguardando avaliação e aprovação do projeto pela FEAM e empresas parceiras além de o fator de segurança não-drenado liquefeito na seção B-B' estar abaixo do valor mínimo recomendado (1,1) pela TR FEAM de descaracterização. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura no período avaliado em relação: às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

5.6.1 Inspeções de Campo

Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de avaliação quinzenal de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, indicação das anomalias verificadas e análises de estabilidade da estrutura.

5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (fevereiro/2024 a abril/2024).

Tabela 5.2 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B1 – Mina Ipê – 1ª quinzena de fev./2024 a 2ª quinzena de abr./2024.

ID	ANOMALIA	Fevereiro/2024		Março/2024		Abril/2024	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS NO TALUDE DE JUSANTE						
05	PRESENÇA DE VEGETAÇÃO NA CAIXA DE DISSIPAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR	-			-	-	-
07	VEGETAÇÃO ALTA NO TALUDE DE JUSANTE						-
12	PRESENÇA DE ANIMAIS NO MACIÇO	-			-	-	-
13	ASSOREAMENTO DA CAIXA DA PLACA INDICADORA DE VAZÃO VERTENTE						-
19	EROSÃO NO ACESSO A BERMA ELEV. 1.032 M			-	-	-	-
21	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NAS CAIXAS DE PASSAGEM					-	
25	MANGOTE FURADO ACUMULANDO ÁGUA NO ACESSO						-
26	ASSOREAMENTO DA DRENAGEM SUPERFICIAL NA OMBREIRA PRÓXIMO AO REFORÇO DE ENROCAMENTO						-
28	TALUDE SEM PROTEÇÃO VEGETAL E EM PROCESSO EROSIVO NA OMBREIRA PRÓXIMO AO REFORÇO DE ENROCAMENTO						
29	PÉ DO TALUDE DESCALÇADO NO ACESSO PRÓXIMO AO REFORÇO						-
30	PÉ DO TALUDE DESCALÇADO NO ACESSO PRÓXIMO À BACIA DE DISSIPAÇÃO						

LEGENDA:

ANOMALIA VERIFICADA | ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO | ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA

ANOMALIA AGRAVADA | ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA

5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle da barragem é composta por 15 (quinze) indicadores de nível d'água, 20 (vinte) piezômetros, dos quais 10 (dez) tem leituras automatizadas, 04 (quatro) marcos superficiais, 03 (três) indicadores de vazão, 02 (dois) sismógrafos e 30 (trinta) prismas com leitura automatizada a partir de estação robótica para controle de deformação, distribuídos em 03 (três) seções transversais de monitoramento.

Os níveis de controle dos indicadores de nível d'água e piezômetros instalados na barragem foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico para o rejeito do reservatório e rejeito antigo da fundação localizados abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível normal**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível normal:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,3 (FS mínimo para análise não drenada de pico);
2- **Nível de alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,2 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,0 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.652, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em agosto/2023.

A Figura 5.10, Figura 5.11 e Figura 5.12 apresentam a locação em planta dos instrumentos e da Figura 5.13 a Figura 5.15 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 5.3 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

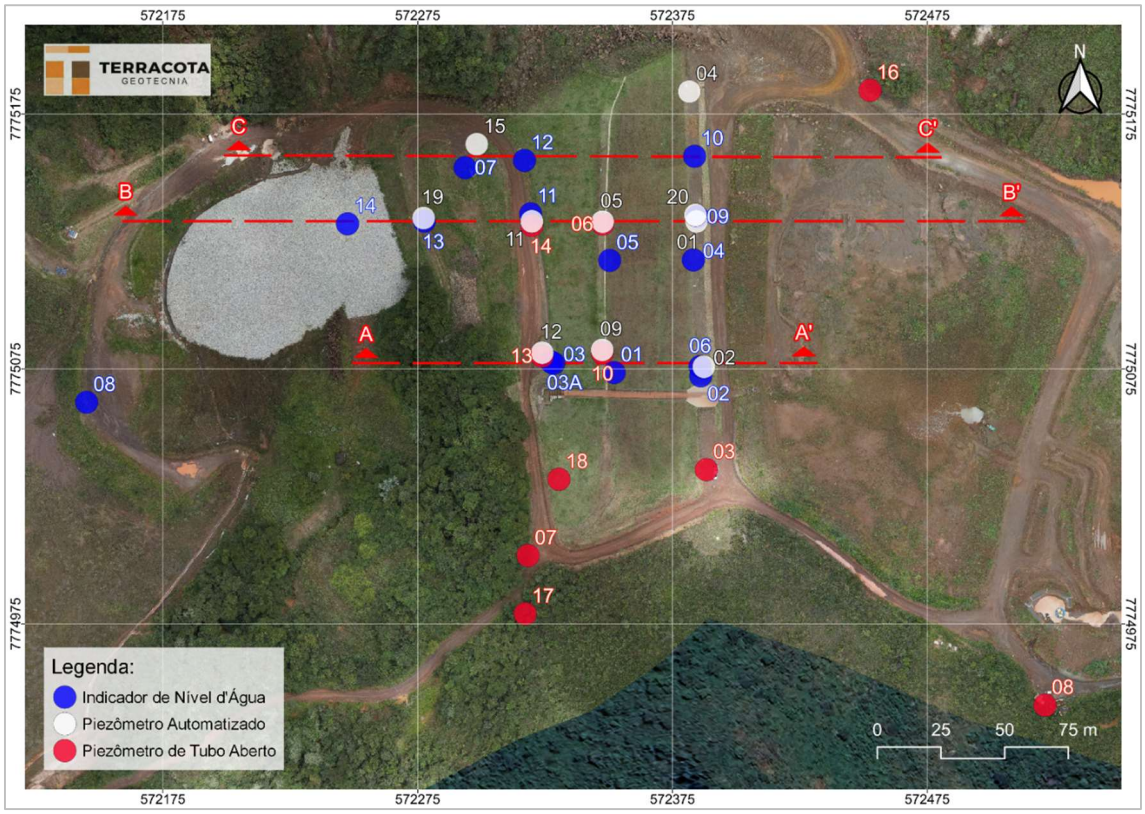


Figura 5.10 – Locação dos INA's e PZ's – Barragem B1 – Mina Ipê.

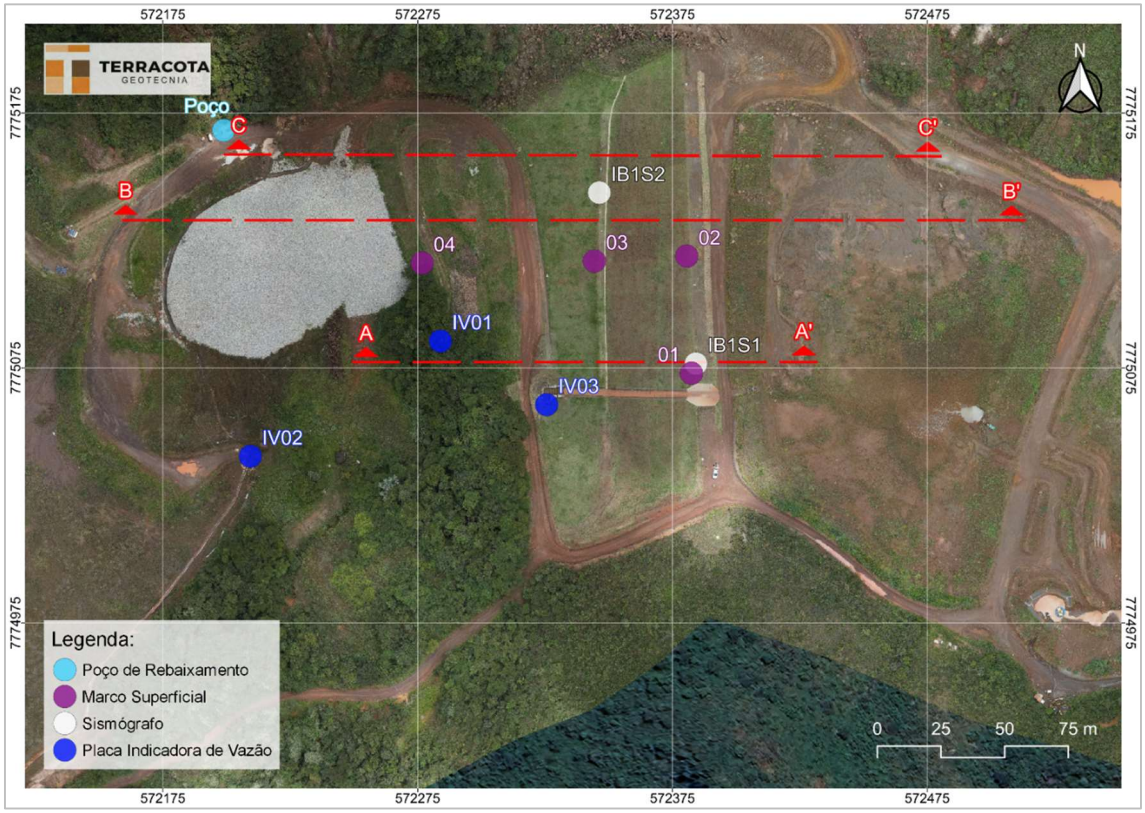


Figura 5.11 – Localização Marcos Superficiais, Sismógrafos e Placas Indicadoras de Vazão – Barragem B1 – Mina Ipê.

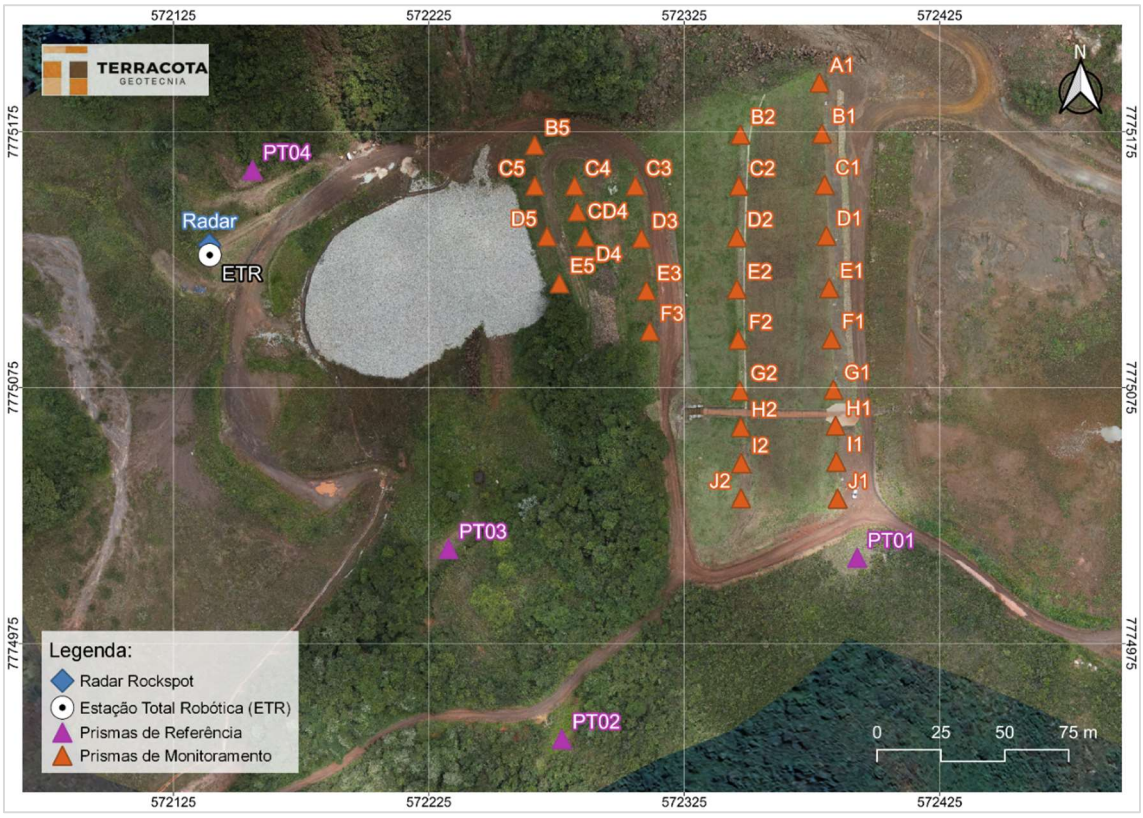


Figura 5.12 – Locação dos prismas instalados no maciço da Barragem B1 – Mina Ipê.

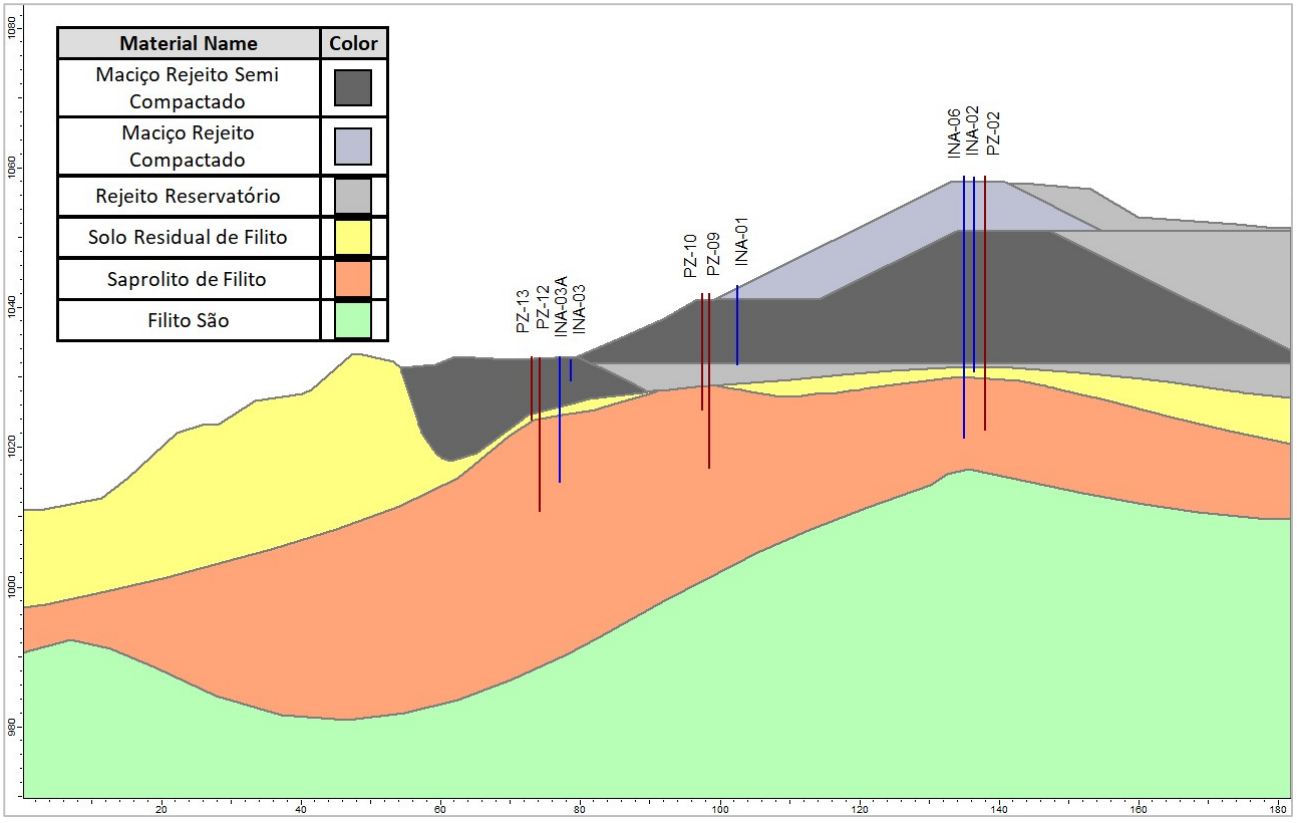


Figura 5.13 – Seção transversal de controle A-A'.

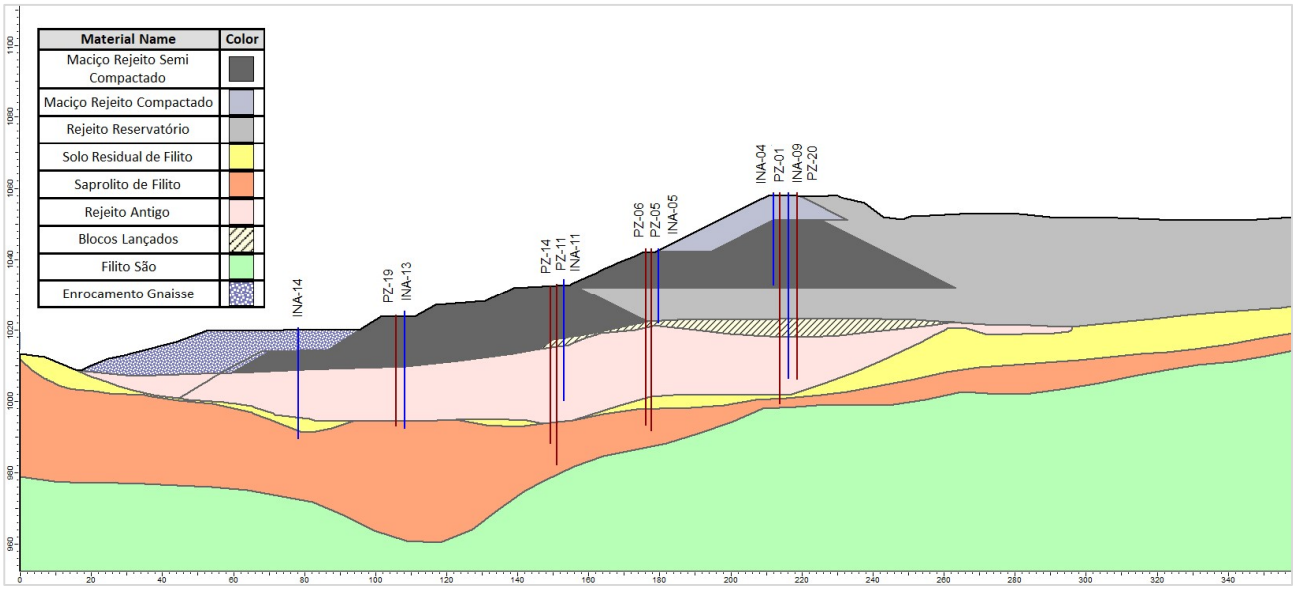


Figura 5.14 – Seção transversal de controle B-B'.

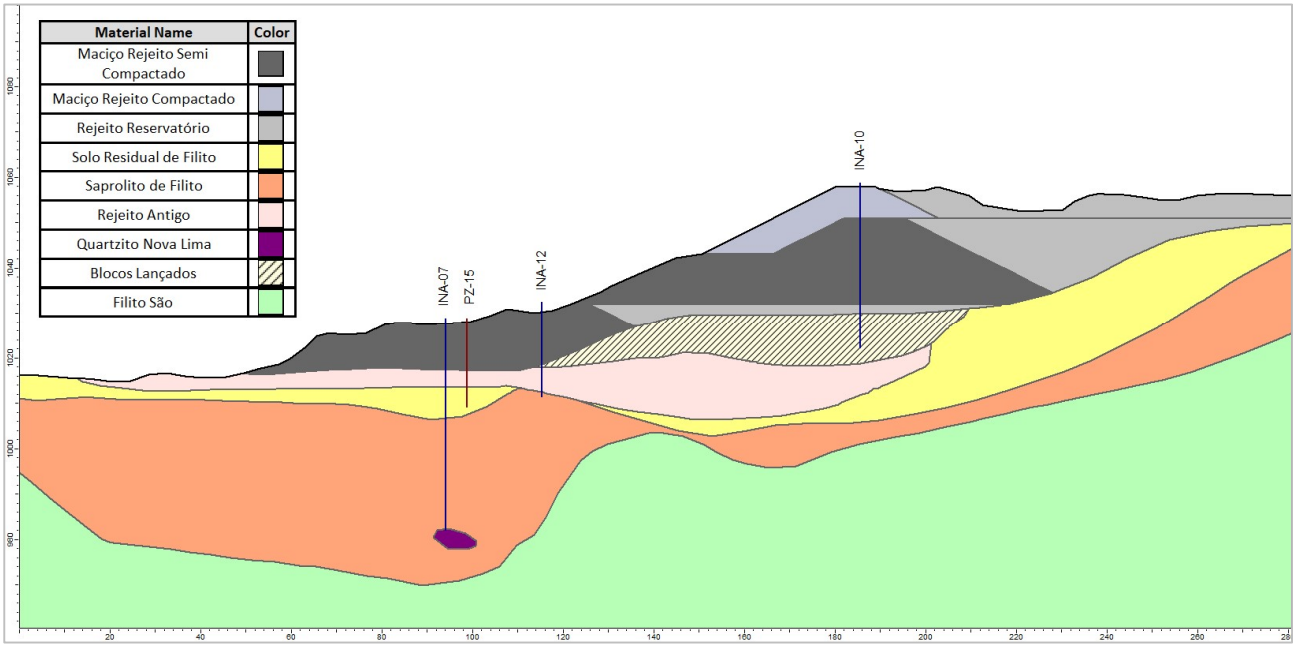


Figura 5.15 – Seção transversal de controle C-C'.

Tabela 5.3 – Locação, características, leitura (30/04/2024) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B1 – Mina Ipê.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/04/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A’	PZ-02 (1)	572.387,357	7.775.075,880	1.058,79	1.022,43	36,36	1.024,93	1.044,50	1.048,00	1.050,75
	INA-02	572.386,124	7.775.072,282	1.058,73	1.030,77	27,96	Seco	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-06	572.385,825	7.775.075,896	1.058,91	1.021,41	37,50	1.024,78	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-01	572.352,124	7.775.073,548	1.043,18	1.031,86	11,32	Seco	1.034,25	1.038,50	1.041,50
	PZ-09 (1)	572.347,436	7.775.082,495	1.042,08	1.017,52	24,56	1.023,45	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	PZ-10	572.347,445	7.775.081,231	1.042,09	1.025,33	16,76	Seco	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	INA-03	572.328,377	7.775.077,173	1.032,53	1.029,53	3,00	Seco	1.029,63	1.030,00	1.032,00 (4)
	INA-03A	572.327,458	7.775.077,687	1.032,93	1.015,02	17,91	1.016,79	1.029,63	1.030,00	1.032,00 (4)
	PZ-12 (1)	572.323,871	7.775.081,376	1.032,90	1.011,37	21,53	1.014,96	1.024,00	1.028,25	1.031,25
	PZ-13	572.323,785	7.775.080,033	1.032,95	1.023,95	9,00	Seco	1.024,25	1.028,25	1.031,25
B-B’	INA-09	572.384,760	7.775.134,730	1.058,76	1.006,45	52,31	1.020,55	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	PZ-20 (1)	572.384,013	7.775.135,403	1.058,84	1.006,15	52,69	1.016,18	1.026,00 (5)	1.028,00 (5)	1.039,75 (5)
	PZ-01 (1)	572.384,428	7.775.132,832	1.058,76	999,45	58,31	1.016,05	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	INA-04	572.383,201	7.775.117,738	1.058,68	1.032,92	25,76	Seco	1.033,50	1.033,80	1.039,50
	INA-05	572.350,371	7.775.117,560	1.043,04	1.022,04	21,00	Seco	1.022,50	1.025,00	1.033,00
	PZ-05 (1)	572.347,582	7.775.132,777	1.043,02	991,89	51,13	1.011,67	1.022,25	1.024,50	1.032,75
	PZ-06	572.347,644	7.775.131,804	1.042,98	998,22	44,76	1.012,66	1.022,00	1.024,75	1.032,50
	PZ-11 (1)	572.319,815	7.775.132,876	1.032,42	982,32	50,10	1.010,21	1.016,00	1.023,00	1.028,50
	PZ-14	572.319,863	7.775.131,265	1.032,37	988,35	44,02	1.008,93	1.015,75	1.022,75	1.028,25

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/04/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
	INA-11	572.319,341	7.775.135,878	1.032,11	1.000,26	31,85	1.008,41	1.015,75	1.022,75	1.028,25
	PZ-19 (1)	572.277,304	7.775.134,203	1.024,15	993,23	30,92	1.006,48	1.011,85 (5)	1.017,00 (5)	1.021,00 (5)
	INA-13	572.277,614	7.775.132,962	1.023,99	992,45	31,54	1.007,02	1.011,85	1.017,00	1.021,00
	INA-14	572.247,450	7.775.131,940	1.020,59	989,66	30,93	1.006,29	1.010,50	1.013,00	1.016,00
C-C'	INA-10	572.383,702	7.775.158,426	1.058,81	1.022,31	36,50	Seco	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	INA-12	572.316,904	7.775.156,769	1.030,92	1.011,61	19,31	Seco	1.019,80	1.021,60	1.027,80
	PZ-15 (1)	572.298,192	7.775.163,172	1.028,59	1.009,29	19,30	1.010,02	1.017,00	1.018,75	1.025,00
	INA-07	572.293,620	7.775.153,940	1.028,24	982,17	46,07	1.009,67	1.016,75	1.018,50	1.025,00
Instrumentos fora de seção de controle	PZ-03 (2)	572.388,311	7.775.035,497	1.058,11	1.021,13	36,98	1.025,27	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	PZ-04 (2)	572.381,613	7.775.183,815	1.058,95	1.021,34	37,61	1.025,13	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	PZ-18 (1) (2)	572.330,441	7.775.031,720	1.038,21	1.007,85	30,36	1.014,94	1.024,00	1.028,25	1.031,25
	INA-08 (3)	572.145,050	7.775.061,910	1.005,00	959,13	45,87	988,97	Instrumento localizado muito a jusante		
	PZ-07 (3)	572.318,282	7.775.001,790	1.042,31	992,28	50,03	1.014,87	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-08 (3)	572.521,244	7.774.943,098	1.060,37	974,82	85,55	1.034,06	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-16 (3)	572.452,571	7.775.184,306	1.059,85	1.010,23	49,62	1.031,58	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-17 (3)	572.317,208	7.774.978,906	1.043,88	997,28	46,60	1.018,56	Instrumento de hidrogeologia		
A-A'	MS-01	572.382,448	7.775.072,921	1.058,025	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-02	572.380,643	7.775.118,888	1.057,981	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-03	572.344,339	7.775.116,922	1.041,446	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-04	572.276,729	7.775.116,195	1.021,585	-	-	-	Não aplicável		

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/04/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
Não aplicável	IB1S1	572.384,203	7.775.076,675	1.058,145	-	-	-		Não aplicável	
	IB1S2	572.346,300	7.775.143,778	1.043,736	-	-	-		Não aplicável	
	IV-1	572.283,918	7.775.085,539	1.017,097	-	-	-		Não aplicável	
	IV-2	572.209,323	7.775.040,352	1.001,070	-	-	-		Não aplicável	
	IV-3	572.325,630	7.775.060,595	1.030,071	-	-	-		Não aplicável	

1- Instrumentos automatizados;
2- Níveis de controle definidos tomando-se como referência os instrumentos INA-02, INA-10 e PZ-12;
3- Níveis de controle não aplicáveis, pois os instrumentos encontram-se fora do maciço da barragem;
4- Níveis de controle correspondentes à condição de afloramento do nível d'água;
5- Níveis de controle correspondentes aos instrumentos adjacentes.

5.6.3.1 Leituras Instrumentação

A MMI realiza leituras semanais dos níveis nos INA's e PZ's e quinzenais dos deslocamentos nos Marcos Superficiais. Já os piezômetros automatizados realizam um monitoramento constante com registro a cada 2 horas. Na estrutura também estão instalados prismas para monitoramento de deslocamento nos quais são realizadas leituras contínuas através de estação total robótica. As leituras nas placas indicadoras de vazão são realizadas diariamente.

- **Indicadores de Nível d'Água e Piezômetros**

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para cada instrumento abrangendo dois anos hidrológicos, no período entre 10/2021 e 04/2024, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

a) Nível de água do reservatório – seco (Elev. 1.051 m) no período avaliado;
b) Referências do topo e base de cada instrumento;
c) Leituras do nível de água do instrumento;
d) Pluviometria mensal na região da barragem;
e) Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições normal, alerta e emergência.

De acordo com os registros quinzenais de monitoramento dos INA's e PZ's, a superfície freática da Barragem B1 – Mina Ipê se encontra em elevação abaixo do contato do maciço da barragem com o rejeito antigo presente na fundação. De uma maneira geral, os instrumentos variam suas leituras de acordo com a pluviometria, tendo em vista que o reservatório da barragem é mantido sempre seco. Com o início da operação da bomba de rebaixamento, os instrumentos apresentaram um abatimento nos níveis de leitura.

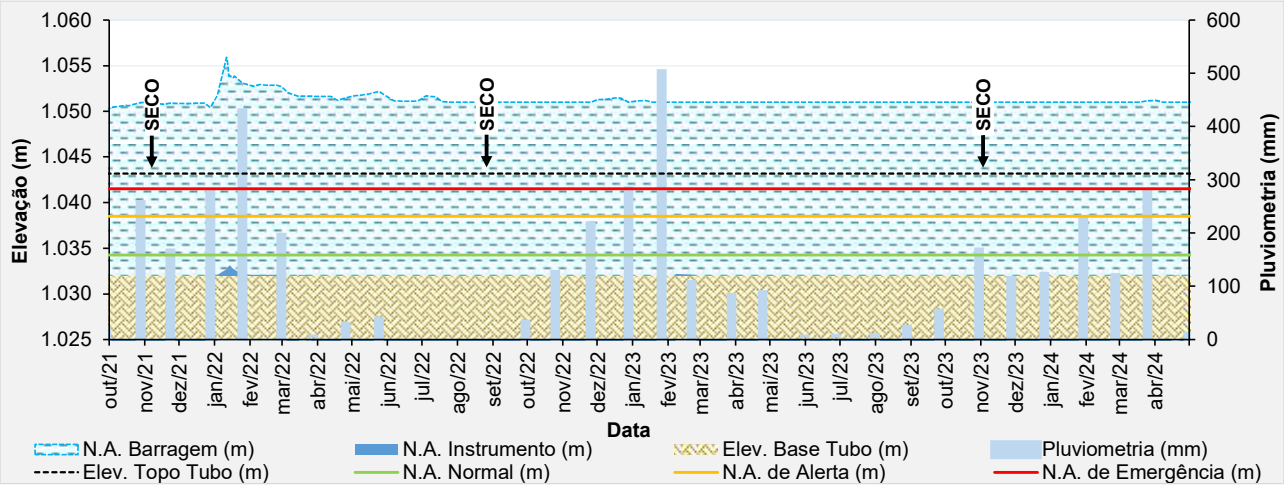


Figura 5.16 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01.

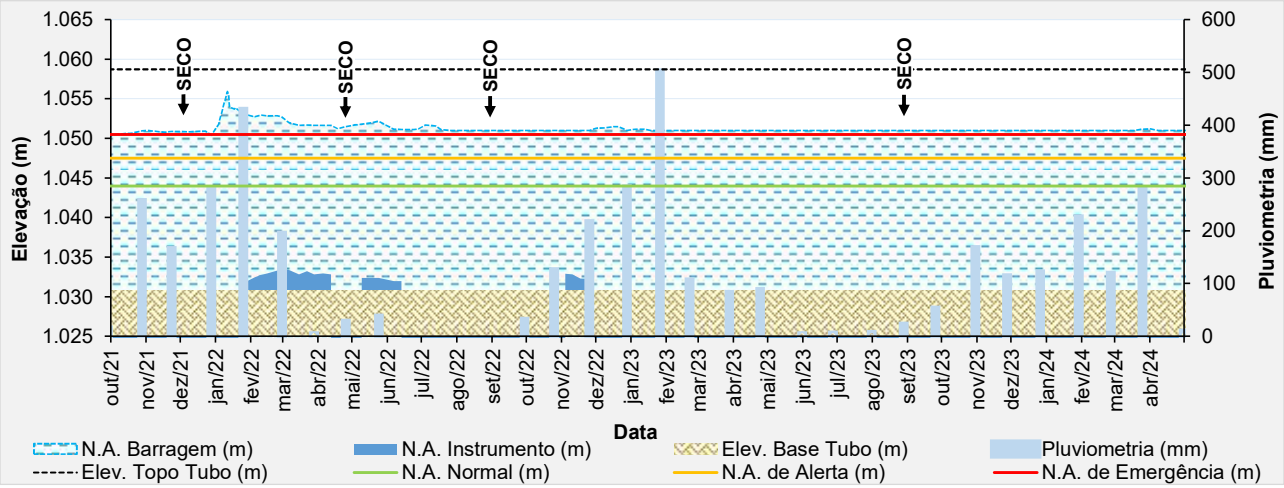


Figura 5.17 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-02.

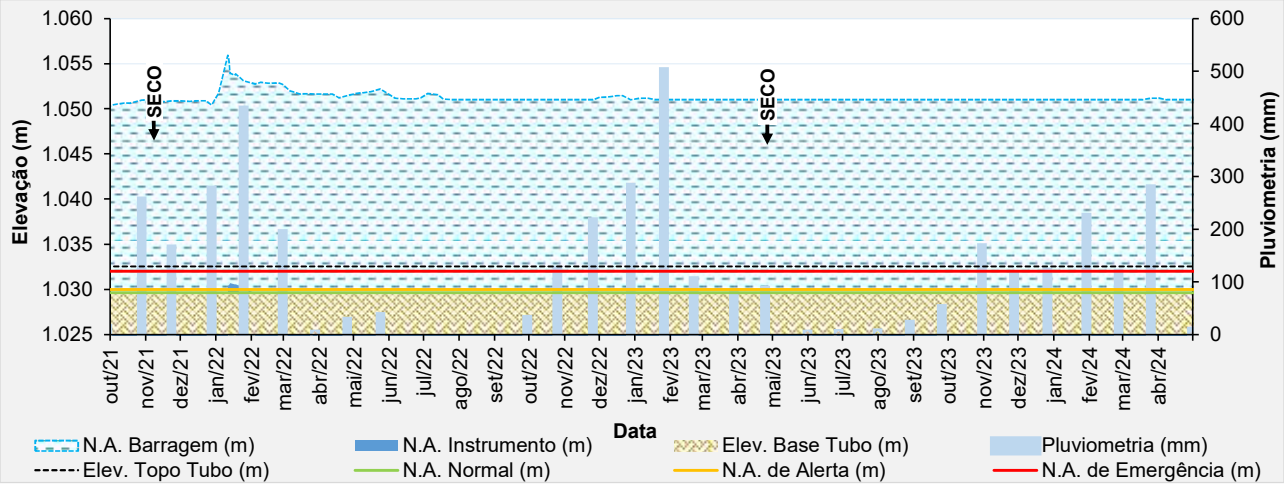


Figura 5.18 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03.

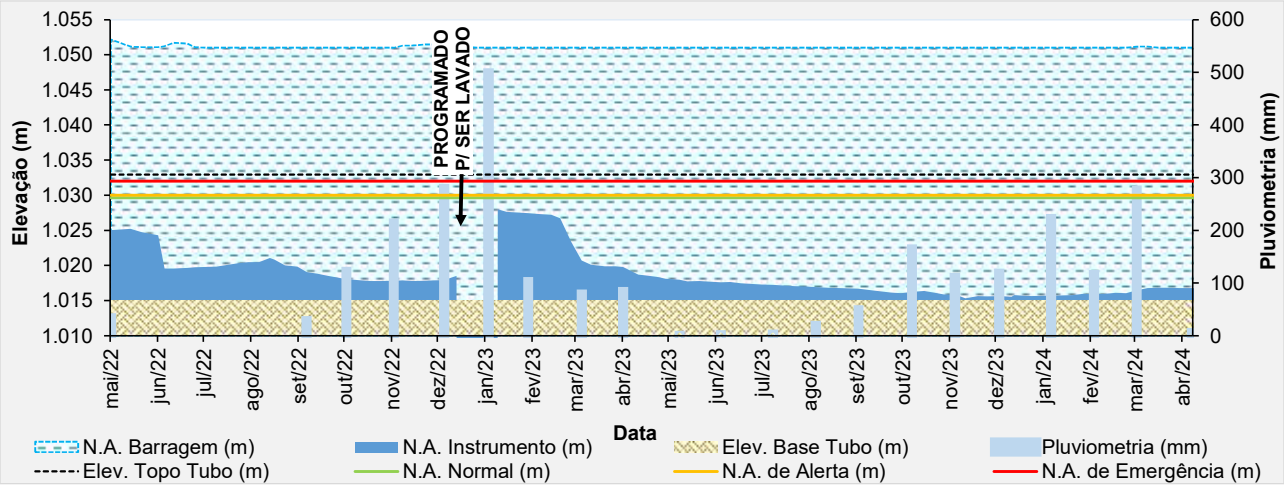


Figura 5.19 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03A.

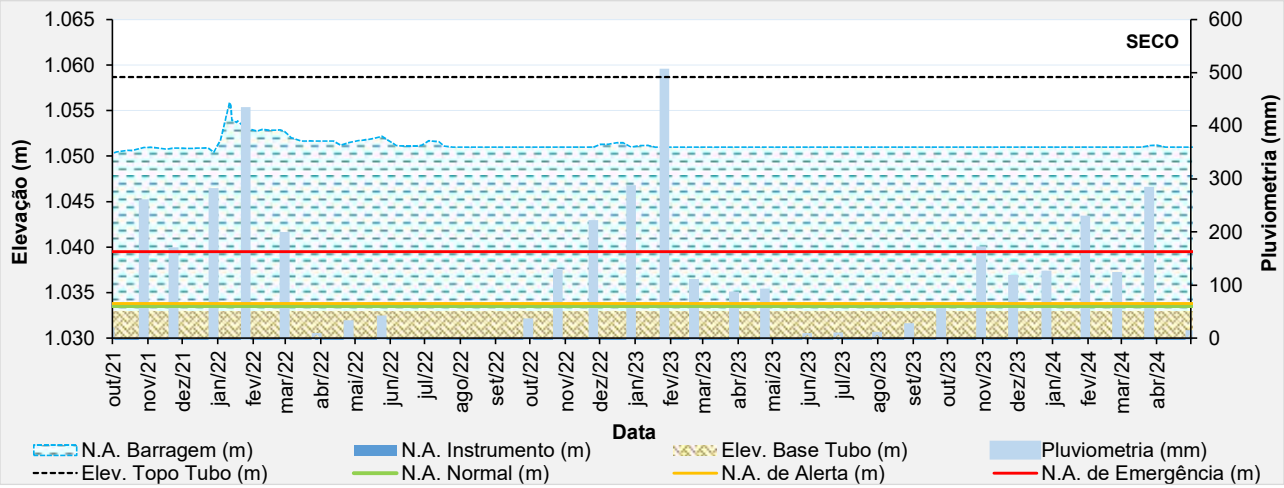


Figura 5.20 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-04.

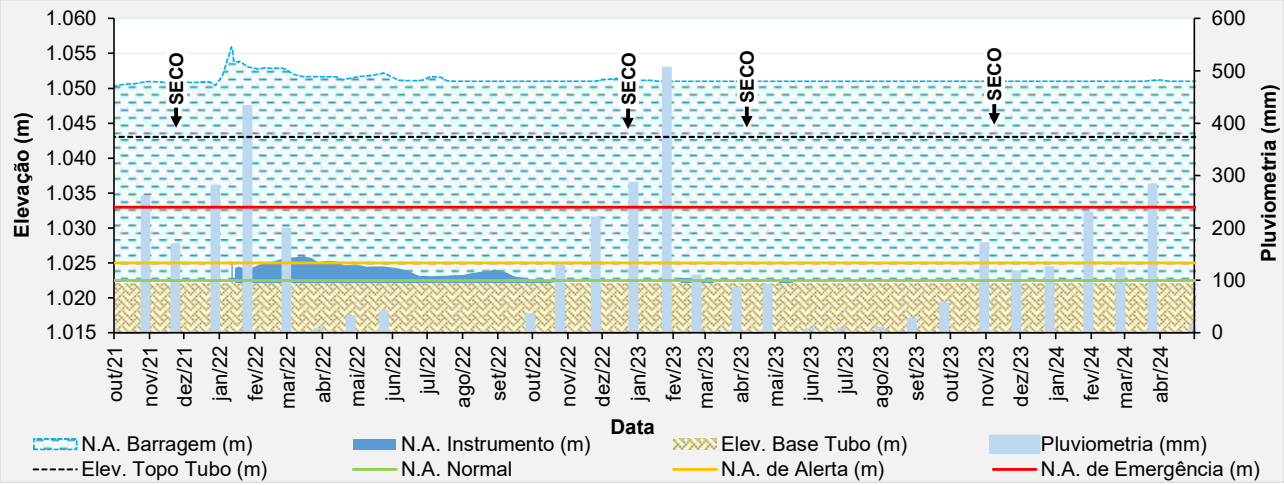


Figura 5.21 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05.

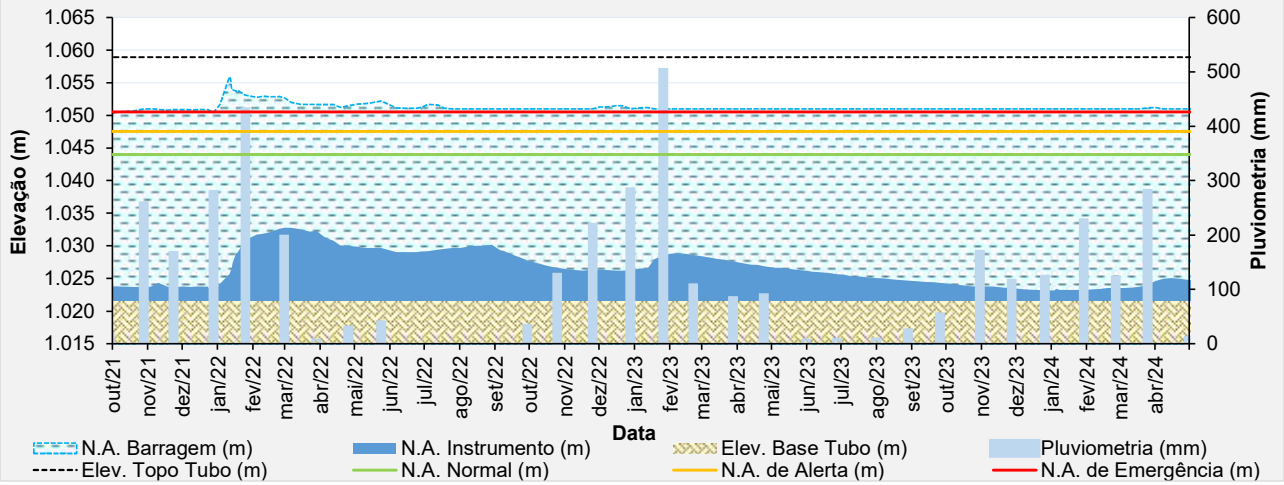


Figura 5.22 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-06.

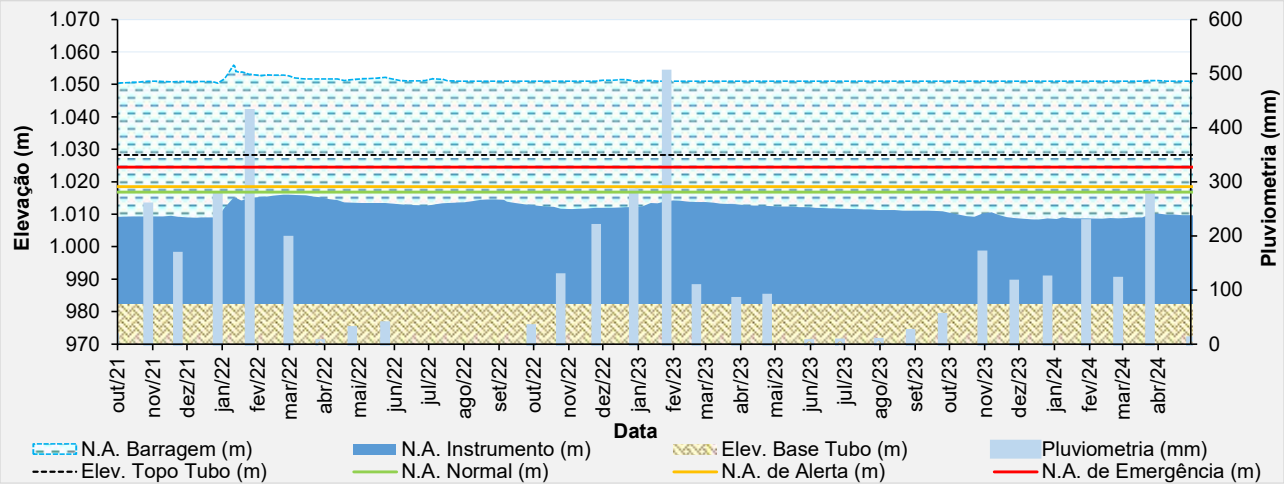


Figura 5.23 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07.

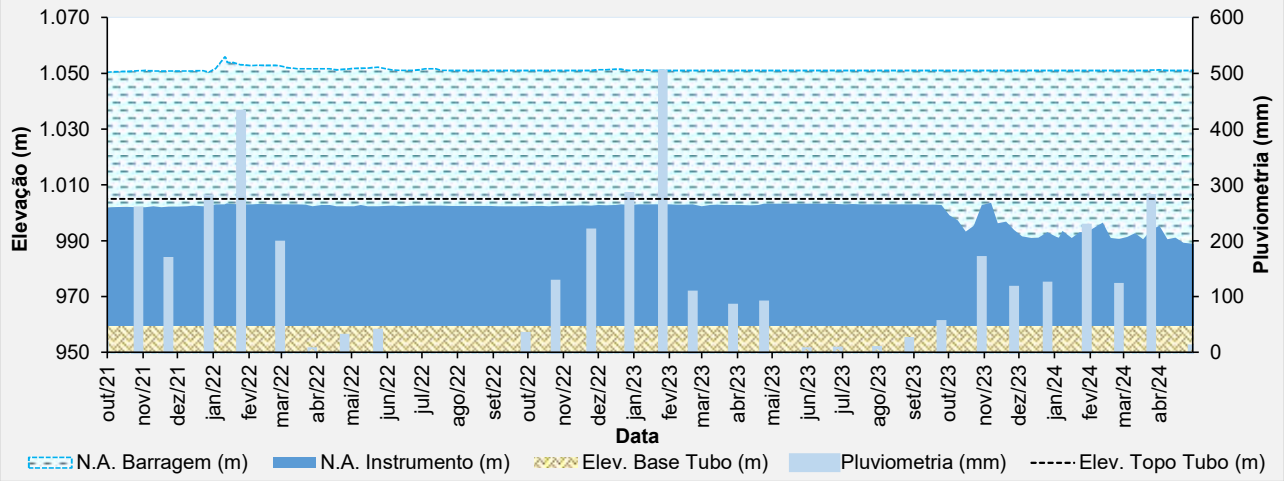


Figura 5.24 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-08.

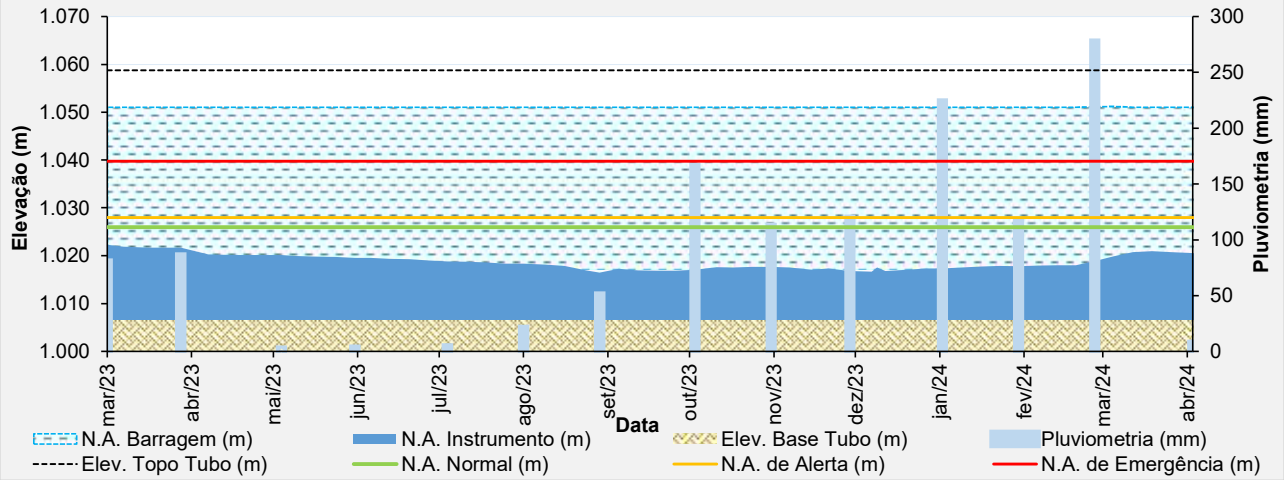


Figura 5.25 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-09.

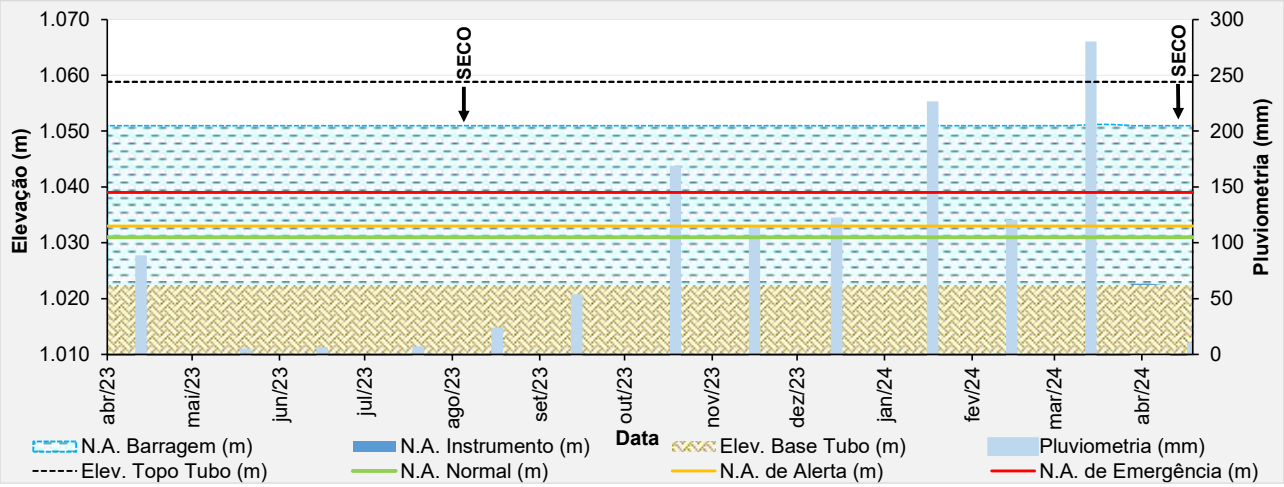


Figura 5.26 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10.

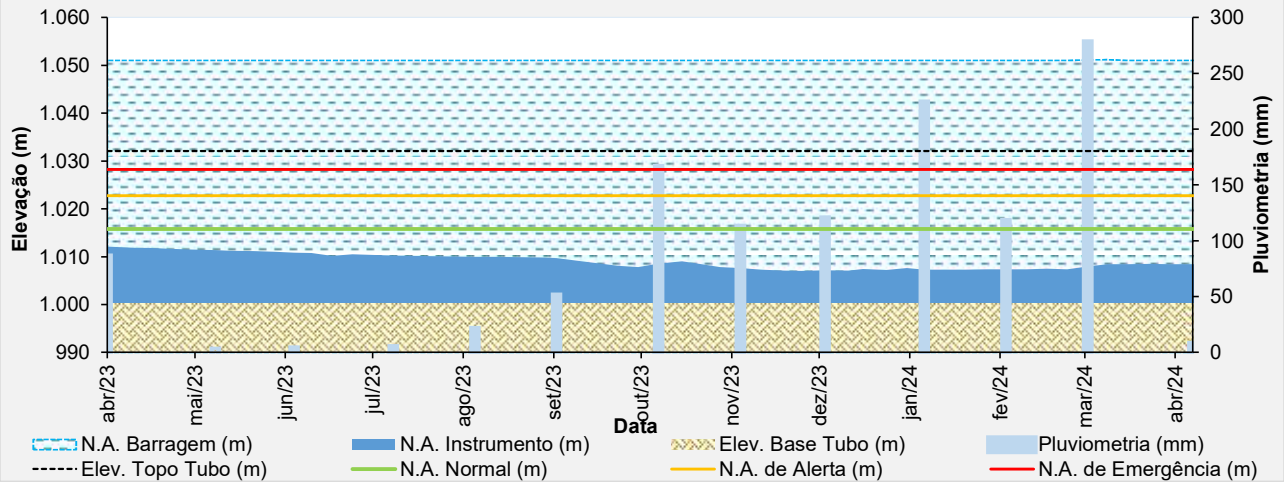


Figura 5.27 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-11.

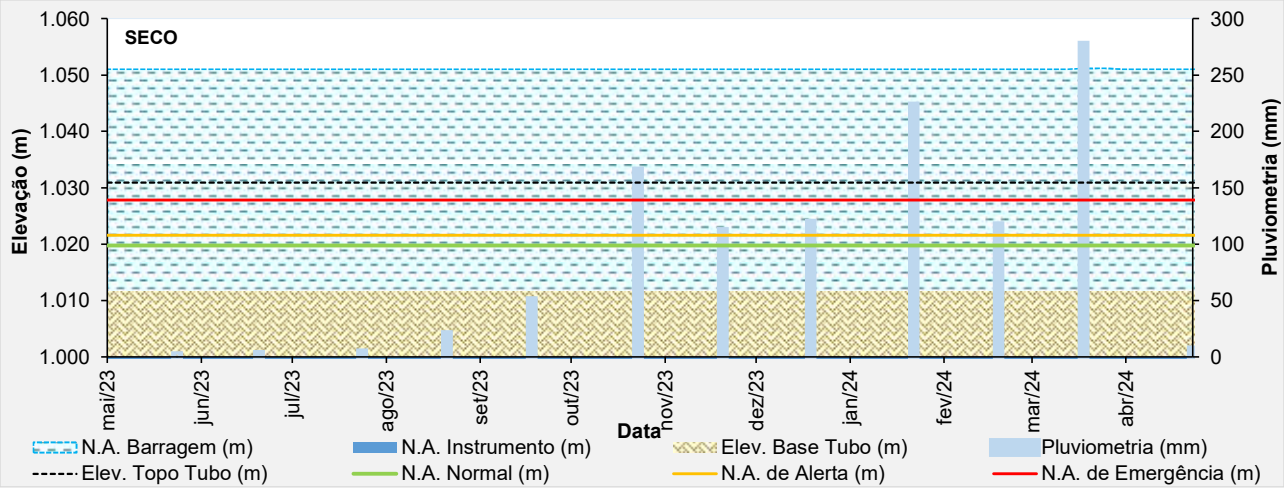


Figura 5.28 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-12.

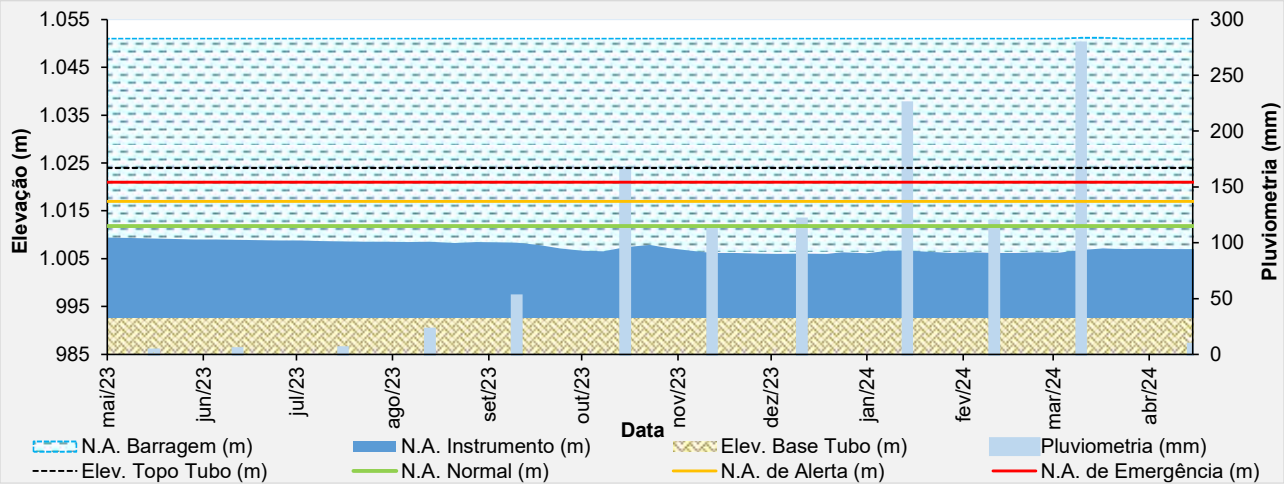


Figura 5.29 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-13.

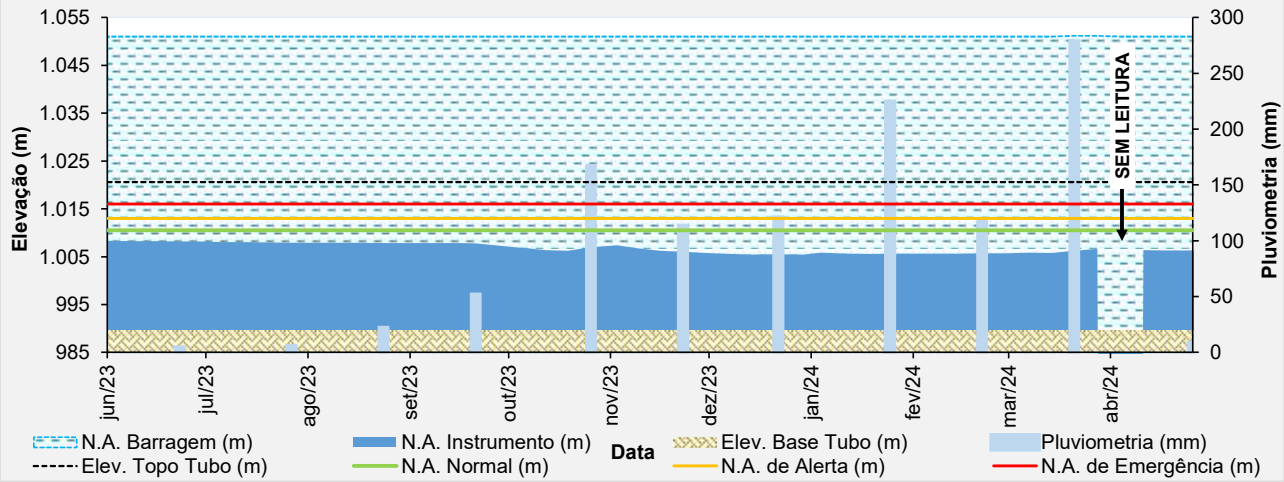


Figura 5.30 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-14.

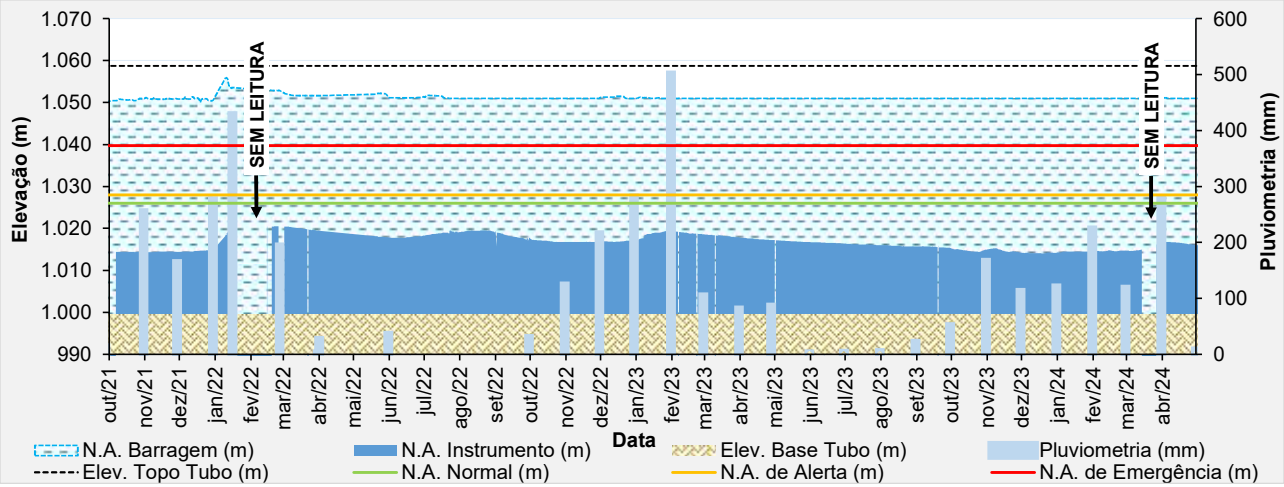


Figura 5.31 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-01.

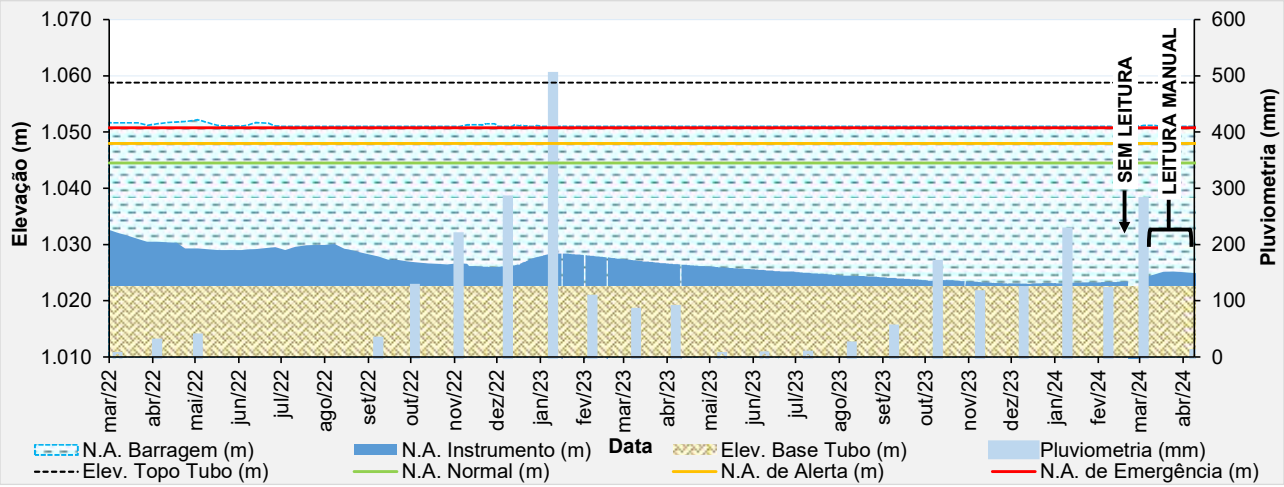


Figura 5.32 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-02.

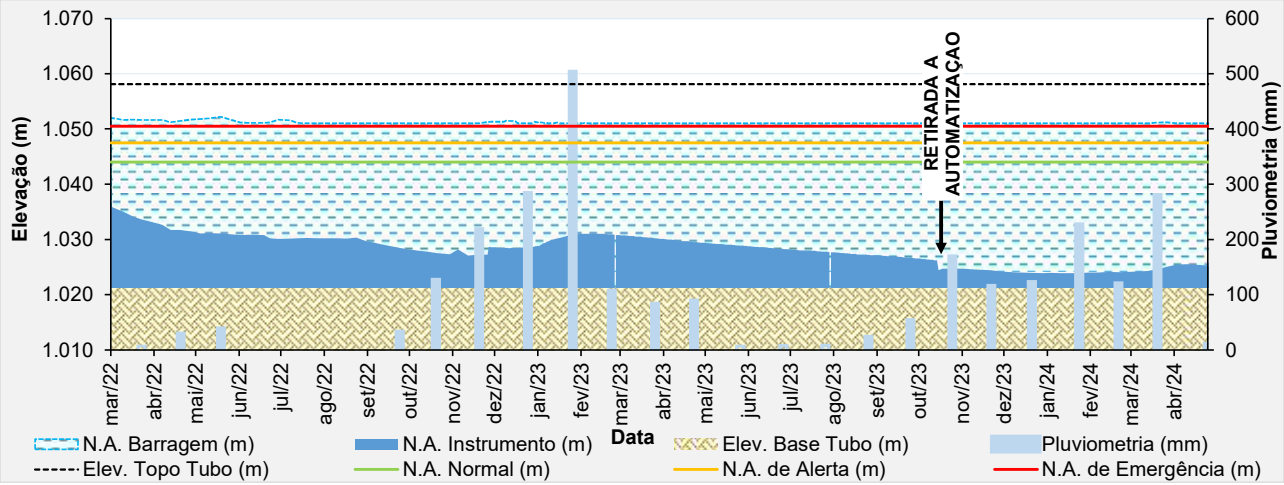


Figura 5.33 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-03.

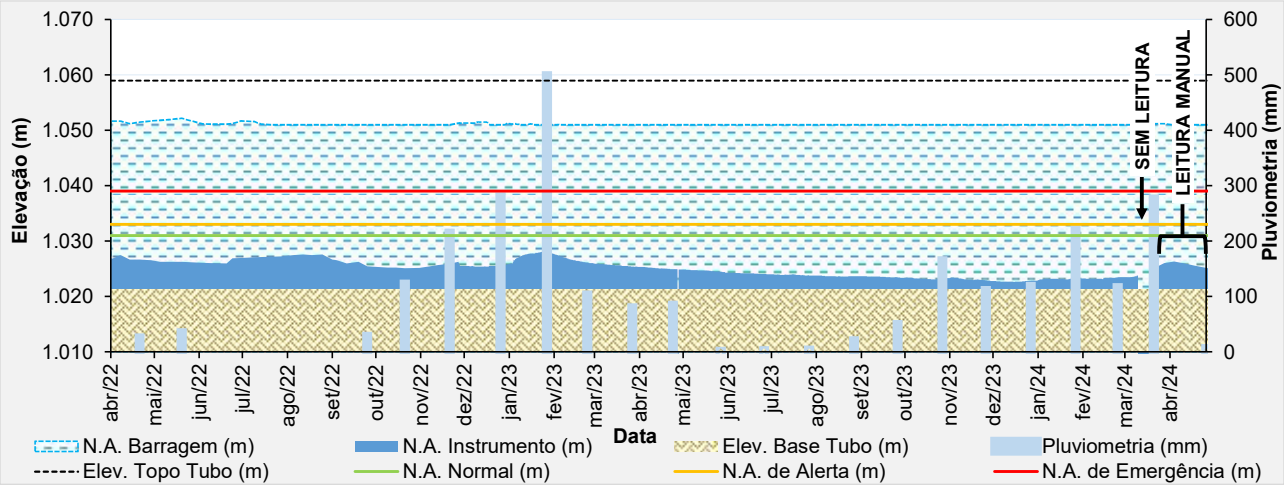


Figura 5.34 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-04.

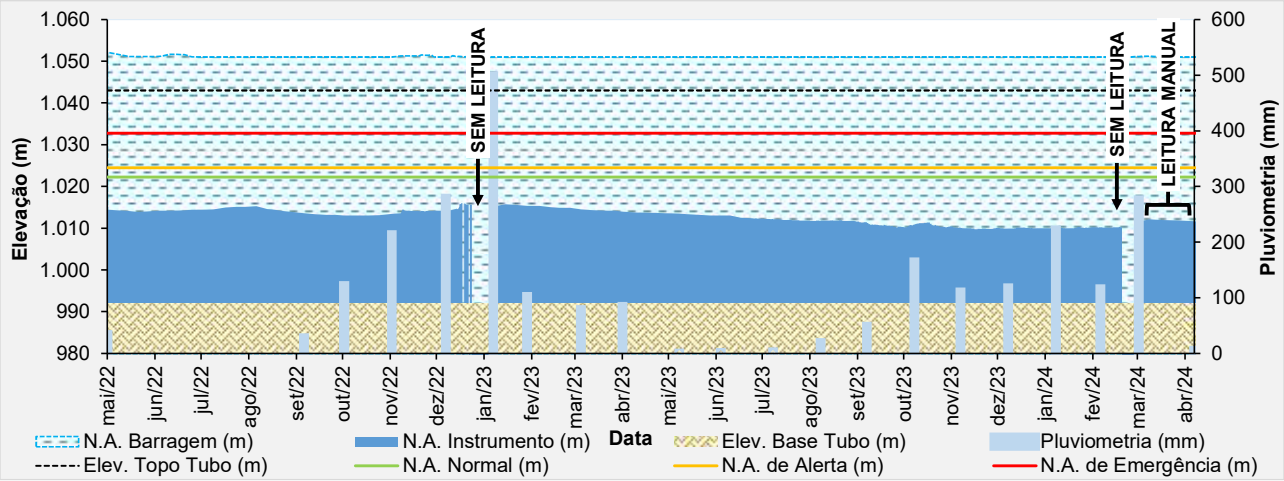


Figura 5.35 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-05.

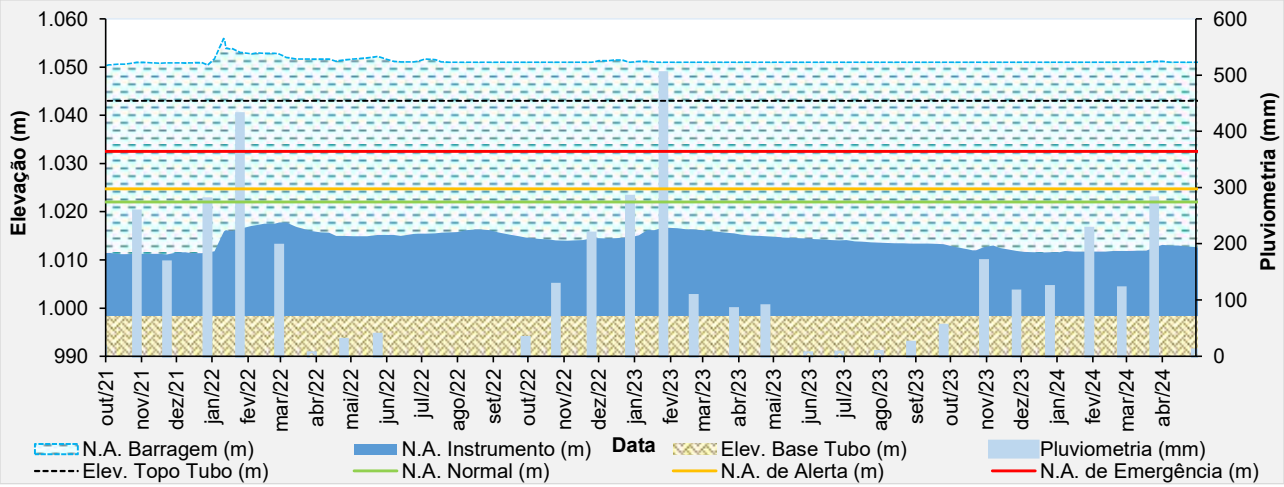


Figura 5.36 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-06.

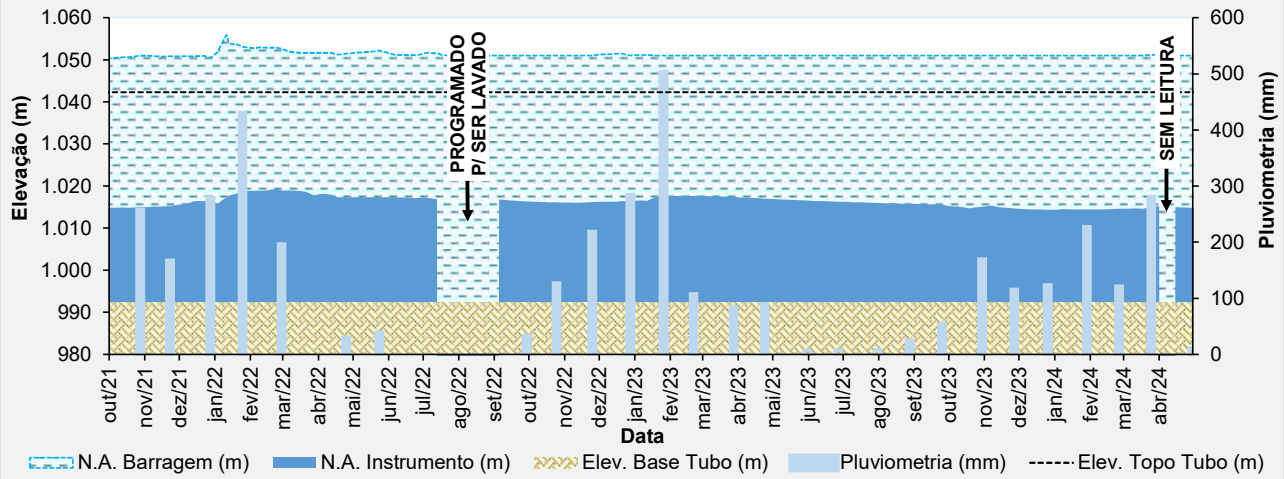


Figura 5.37 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-07.

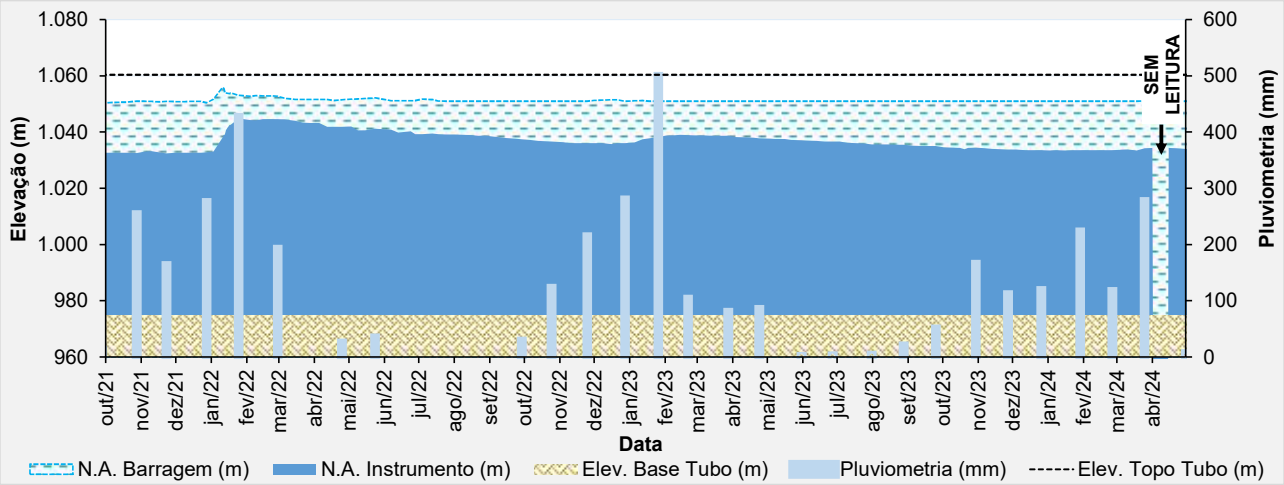


Figura 5.38 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-08.

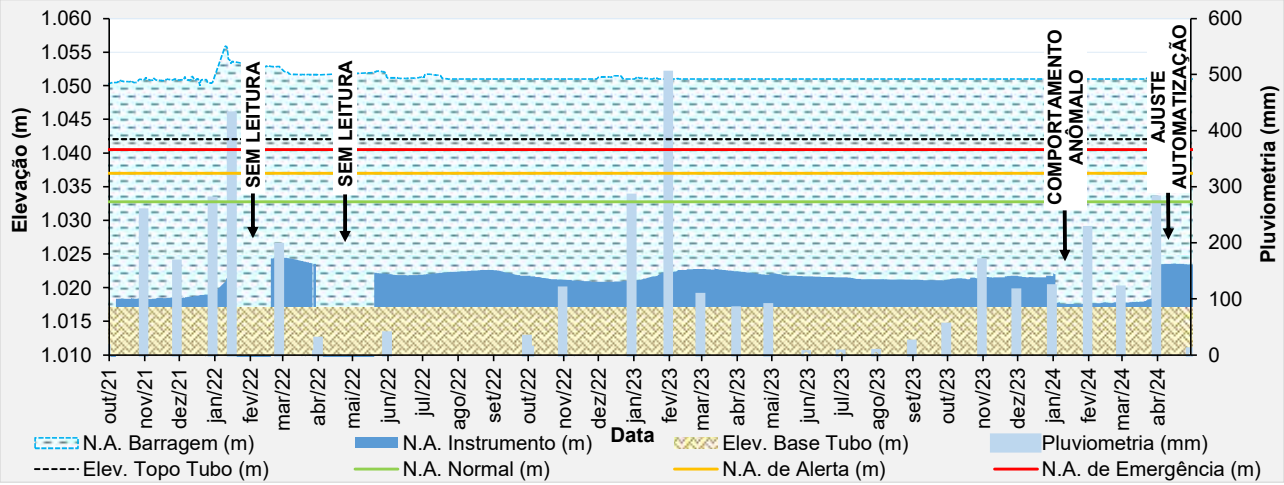


Figura 5.39 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-09.

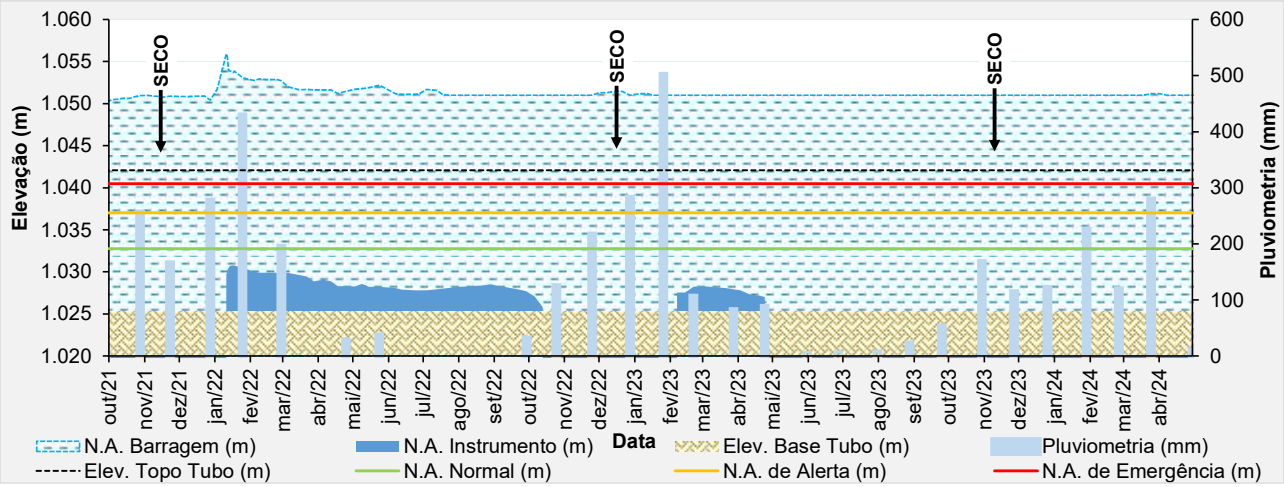


Figura 5.40 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-10.

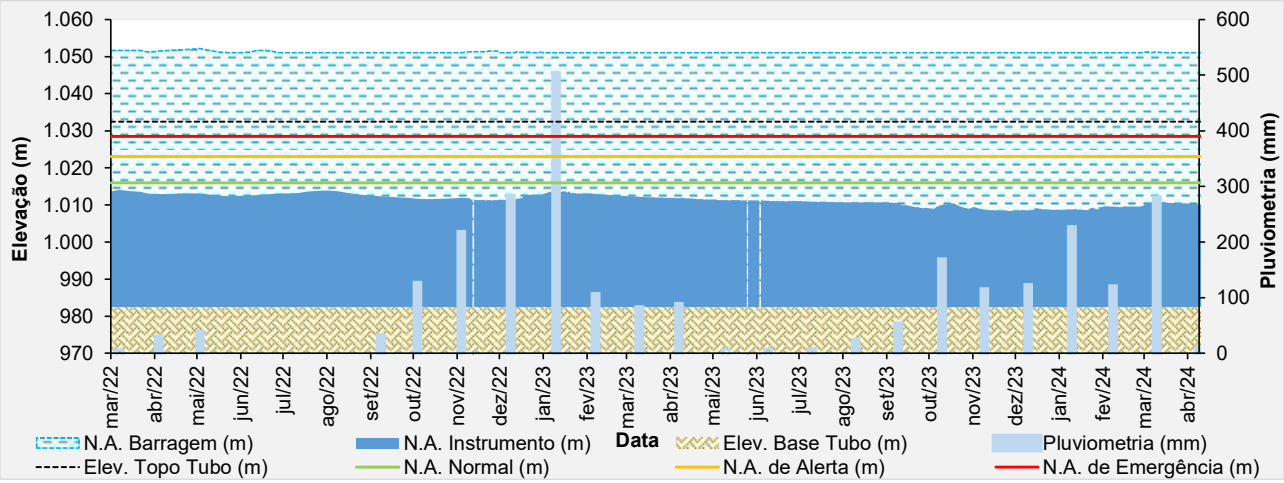


Figura 5.41 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-11.

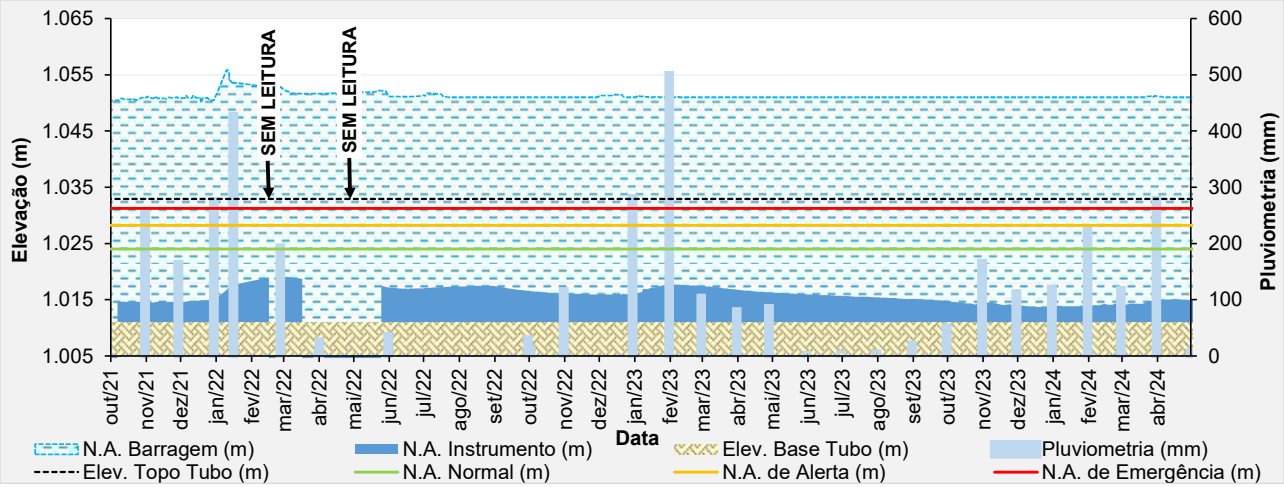


Figura 5.42 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-12.

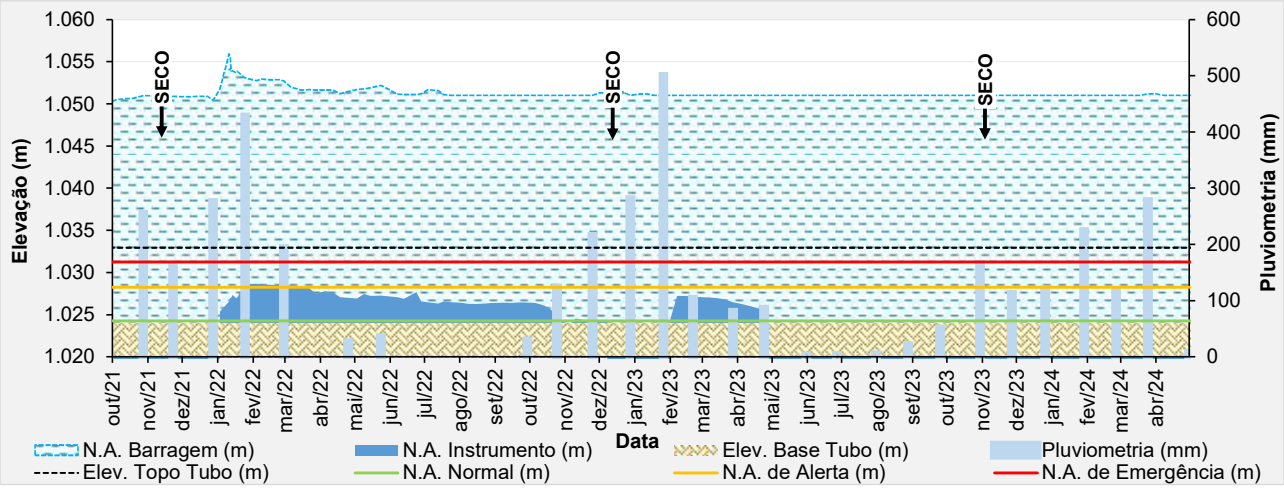


Figura 5.43 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-13.

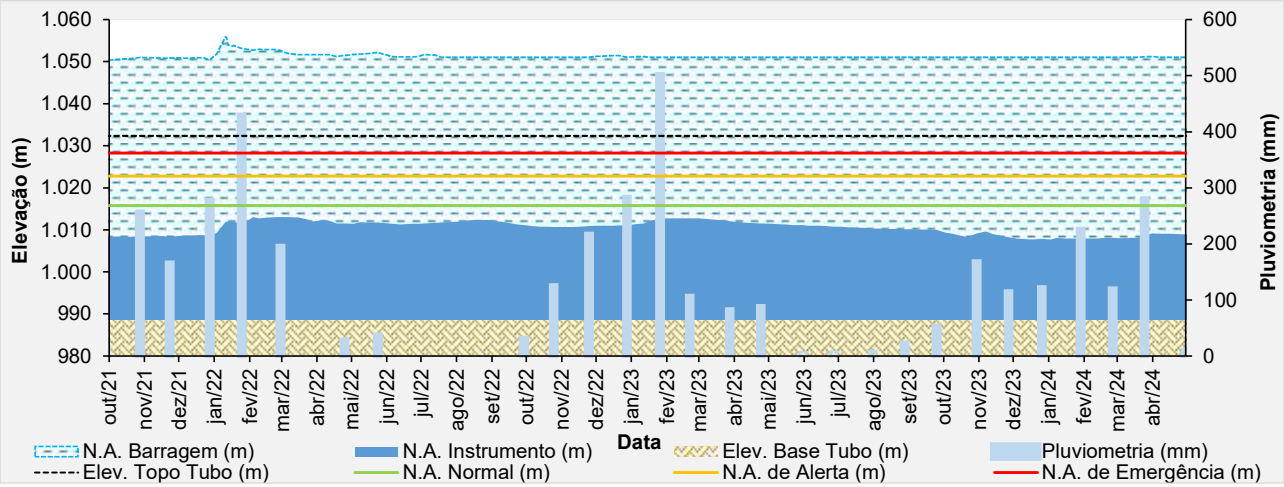


Figura 5.44 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-14.

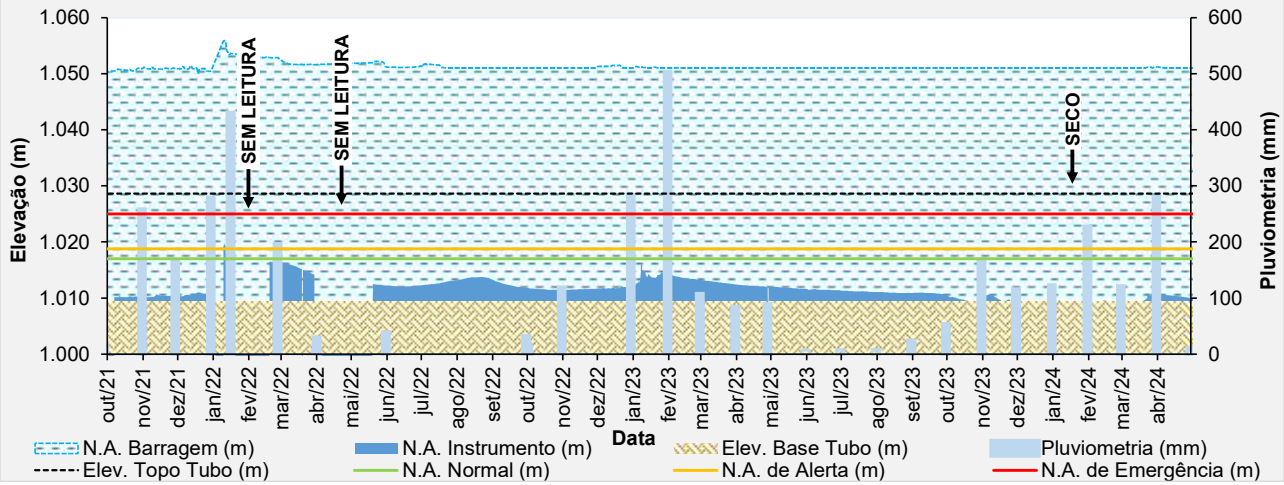


Figura 5.45 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-15.

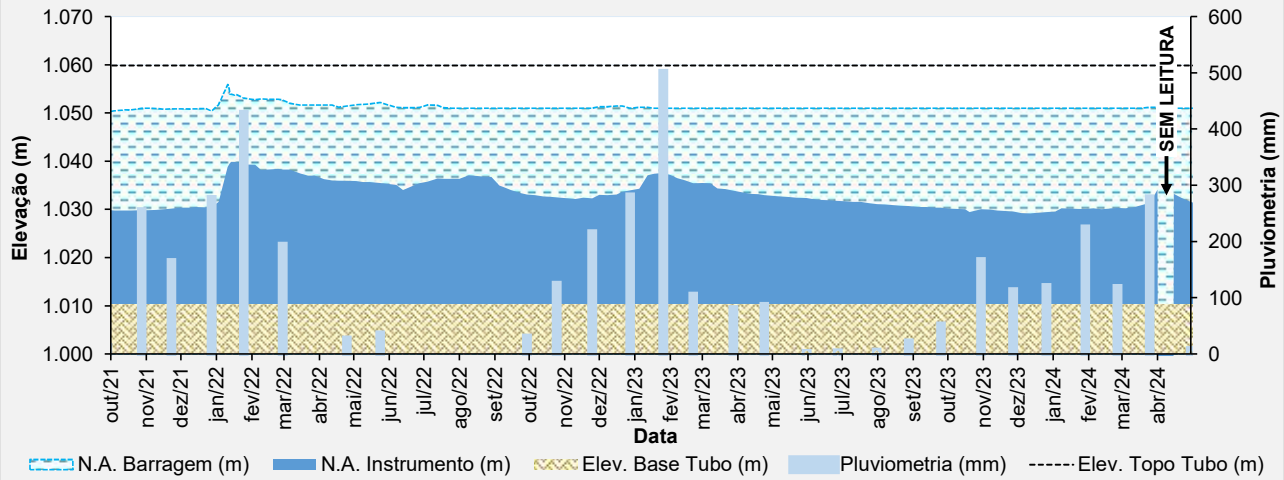


Figura 5.46 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-16.

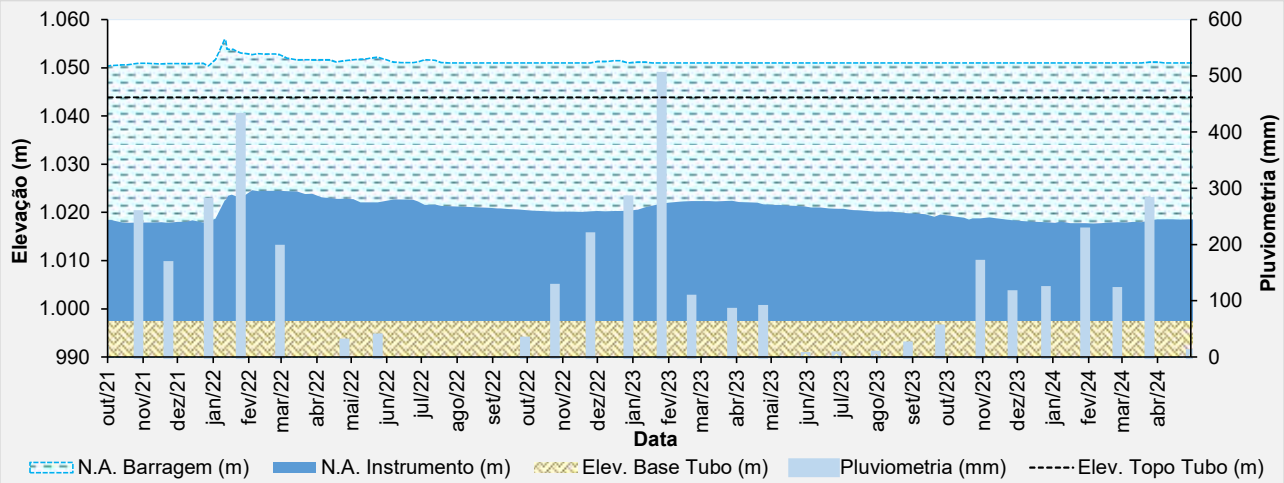


Figura 5.47 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-17.

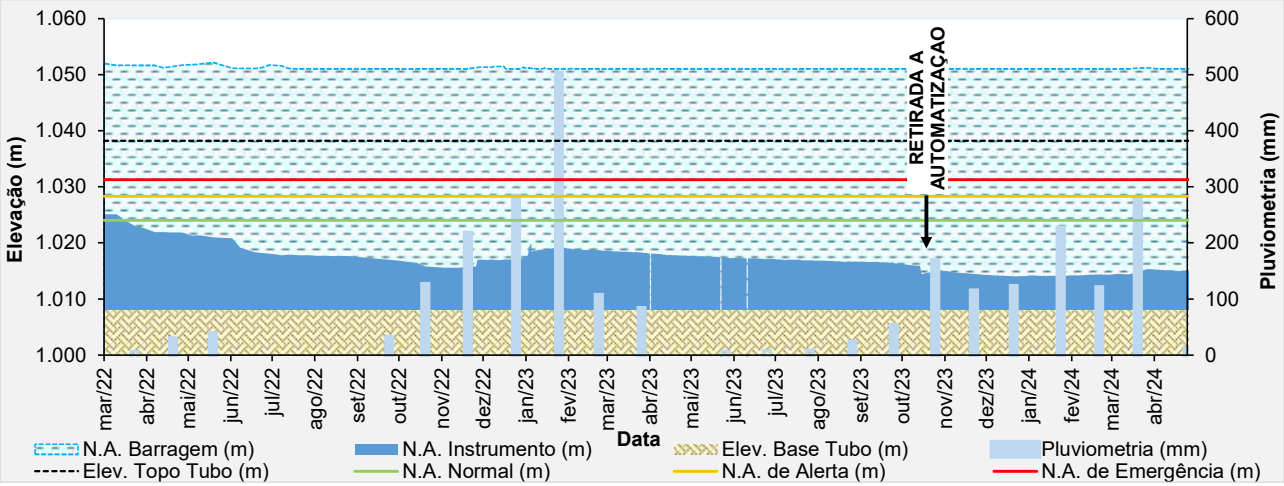


Figura 5.48 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-18.

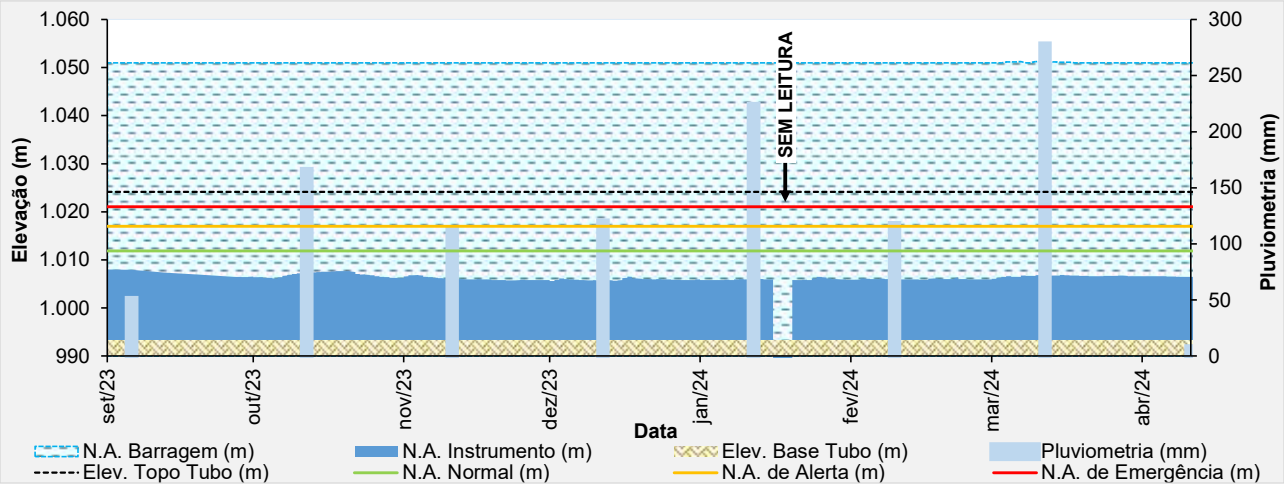


Figura 5.49 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-19.

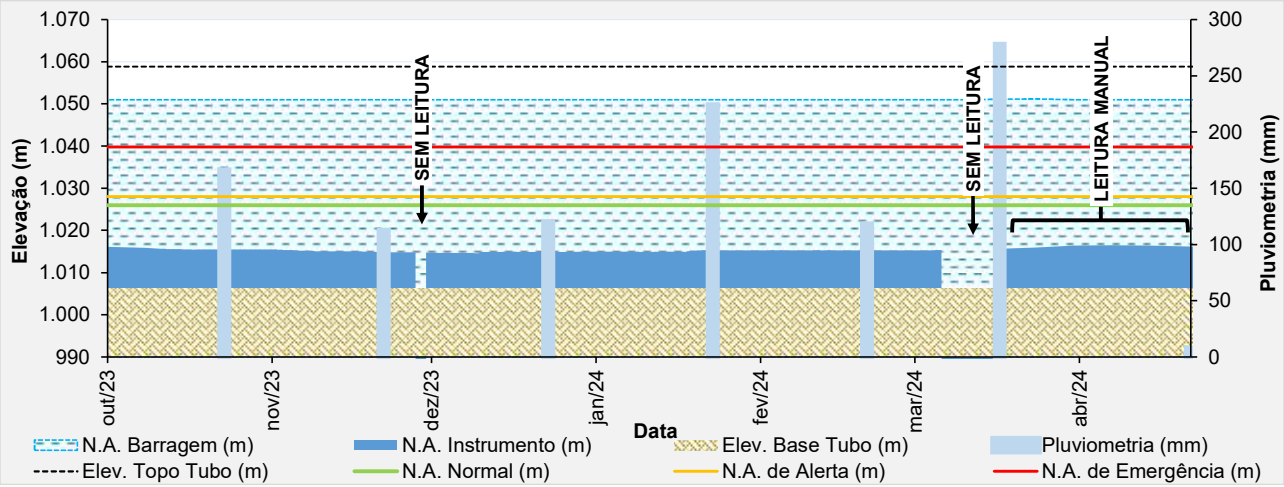


Figura 5.50 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-20.

- **Placas Indicadoras de Vazão**

O monitoramento de vazão percolada da barragem é realizado por 3 (três) indicadores de vazão da drenagem interna. O indicador de vazão IV-03 permanece seco desde sua construção.

A análise das leituras de vazões na placa IV-01, que mede os efluentes percolados pelo maciço da barragem à jusante do dreno invertido na elevação 1.018,0 m. Considerando o período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024), o dreno apresentou uma vazão média de 0,02 m³/h. Percebe-se que a partir do início da operação da bomba de rebaixamento, não foi verificada vazão na saída do dreno por um período de 6 meses, voltando a apresentar vazão em março/2024.

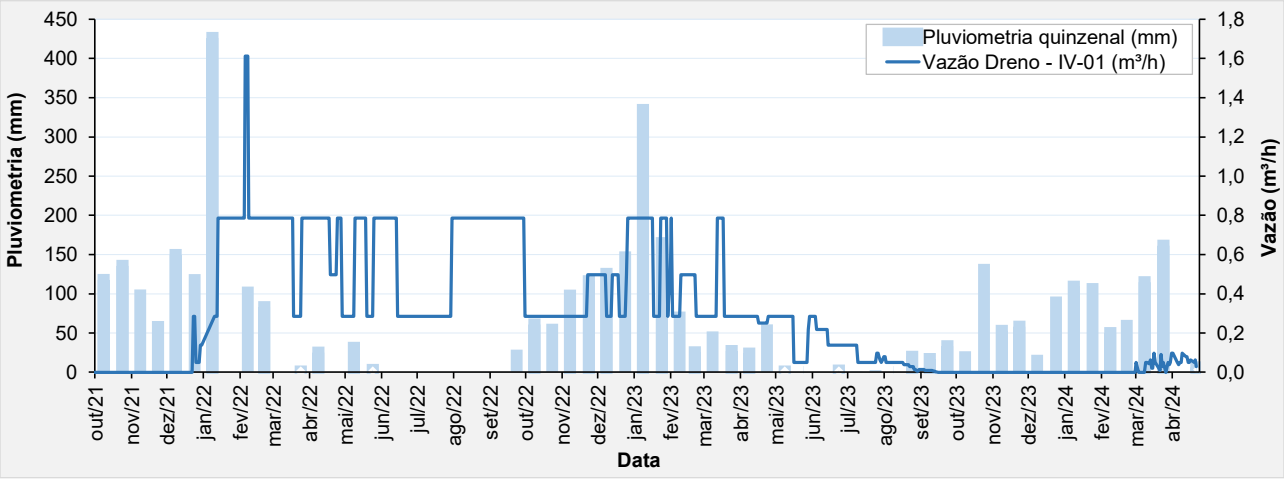


Figura 5.51 – Análise das vazões do IV-01 (Dreno).

Quanto a análise das leituras de vazões na placa IV-02, que mede também as vazões de nascentes na região do pé da barragem, são muito influenciadas pela pluviometria e a grande

área de contribuição para esse ponto. No período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024), obteve-se uma vazão média de 4,67 m³/h, com leituras variando de 2,54 m³/h até 10,31 m³/h. Percebe-se que a partir de novembro/2023 houve uma redução significativa nas vazões verificadas no IV-02, período este em que a bomba de rebaixamento estava em operação.

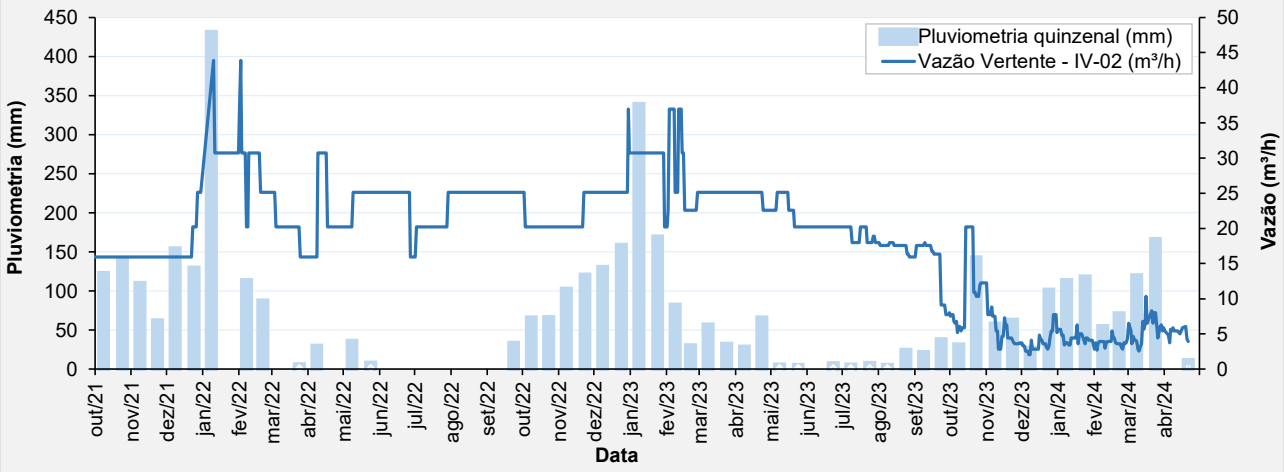


Figura 5.52 – Análise das vazões do IV-02 (Vertente).

- **Prismas de Monitoramento**

Para controle de deslocamento em superfície, atualmente, existem 30 prismas fixos instalados no maciço da barragem e monitorados por uma estação robótica fixa instalada no terreno natural à jusante da barragem conforme Figura 5.12.

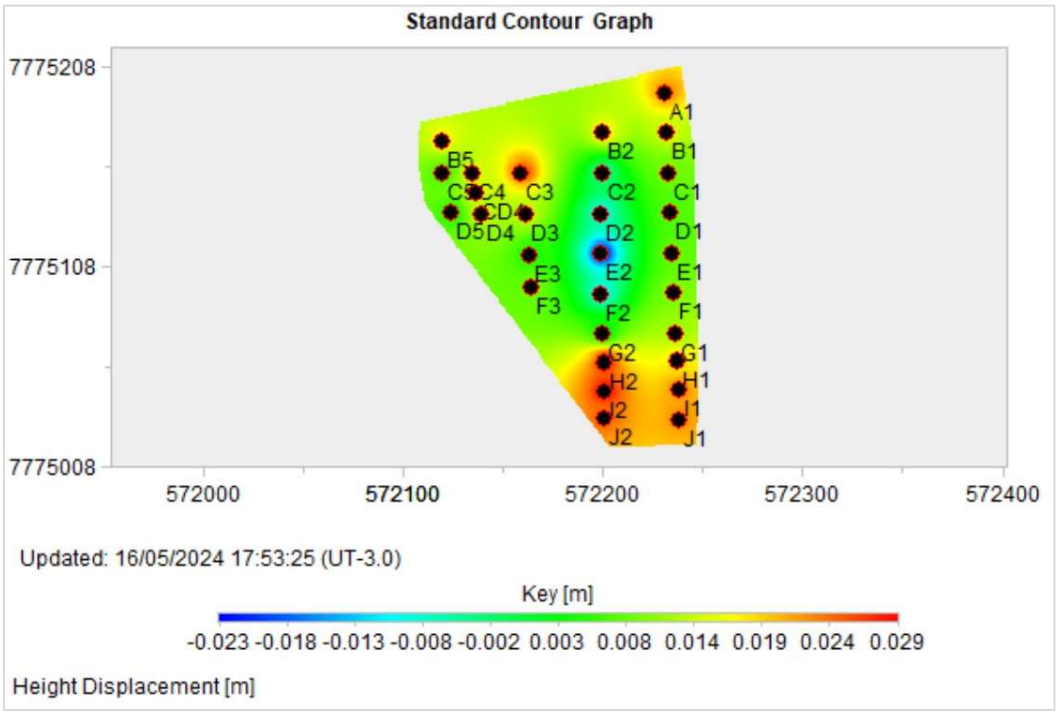


Figura 5.53 – Registros deslocamentos verticais dos prismas.

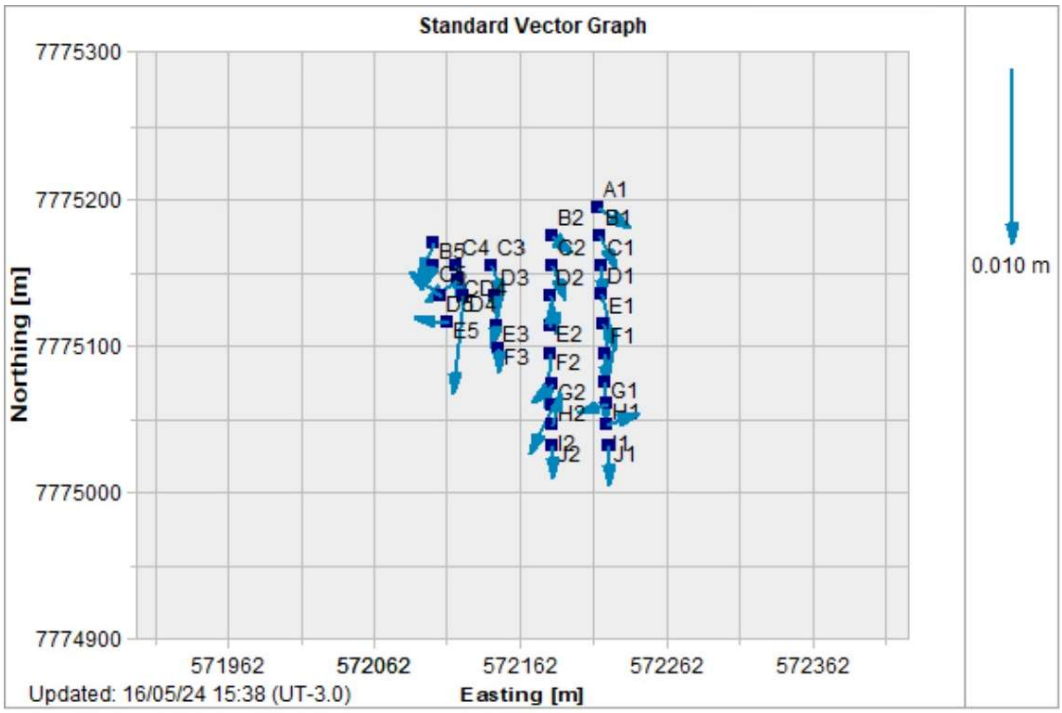


Figura 5.54 – Registros vetores deslocamento dos prismas.

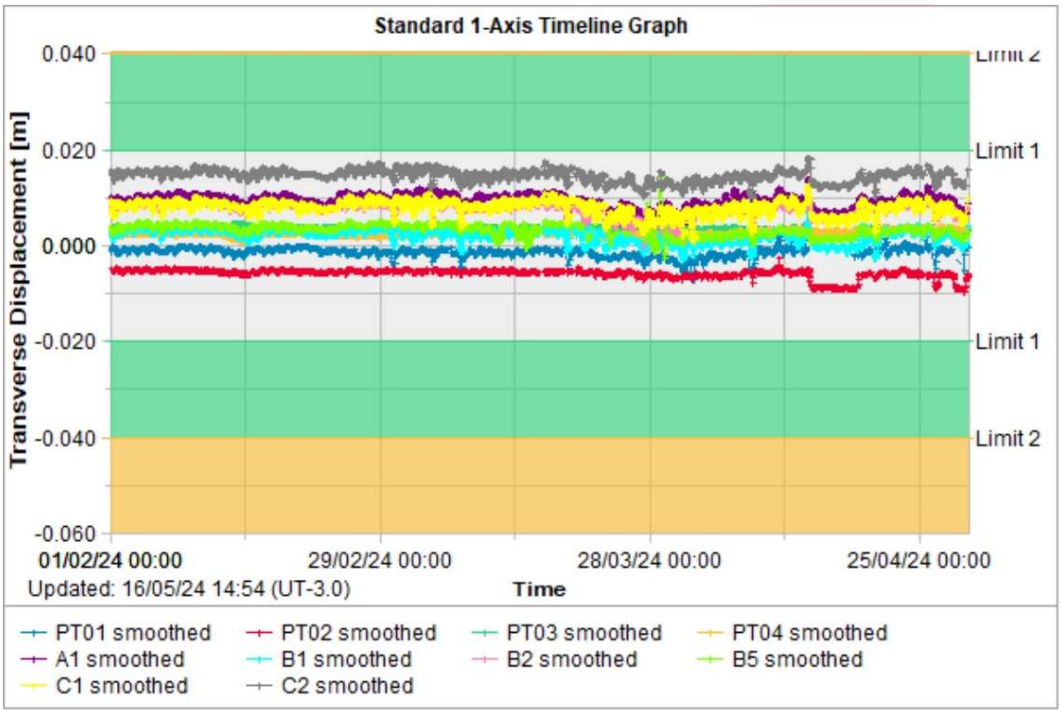


Figura 5.55 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

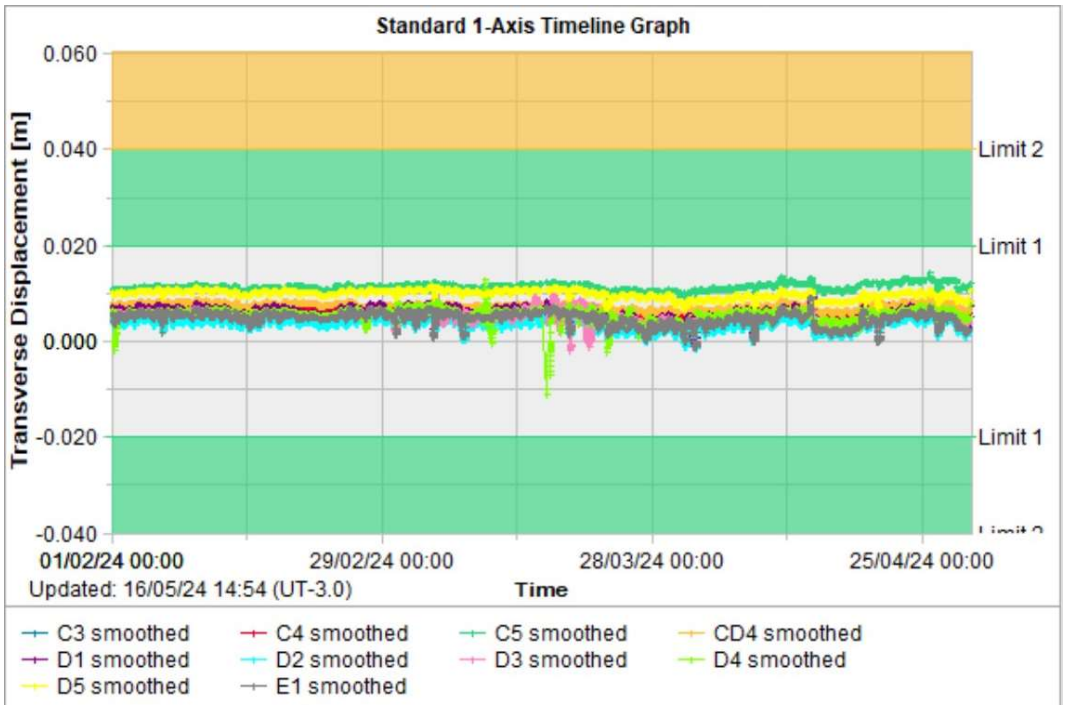


Figura 5.56 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

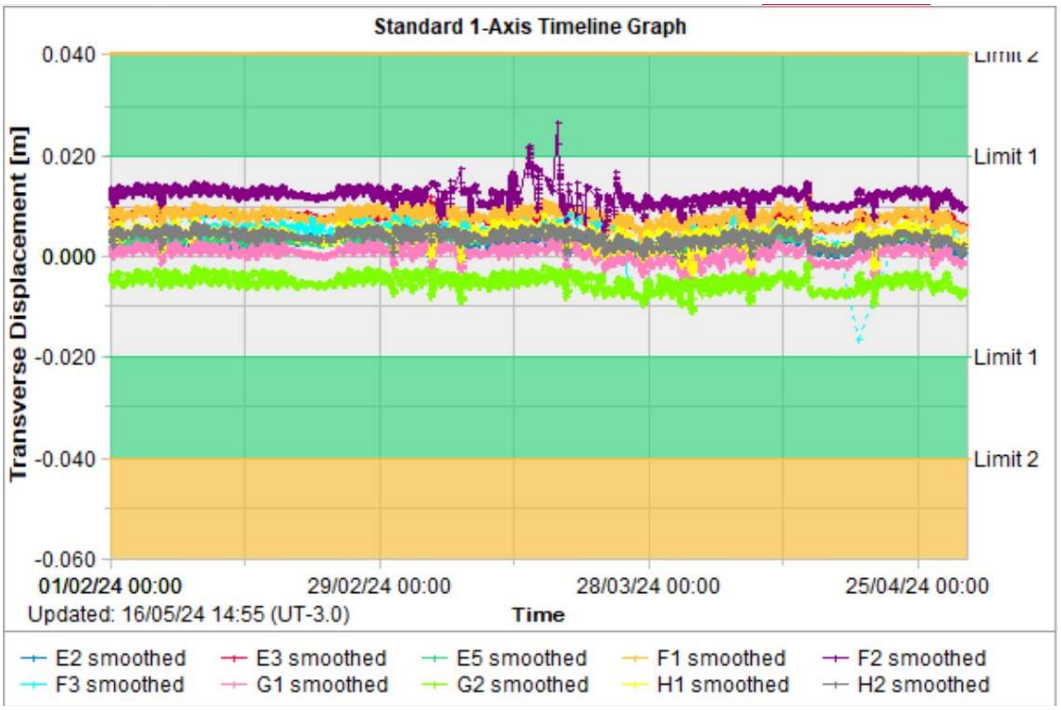


Figura 5.57 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

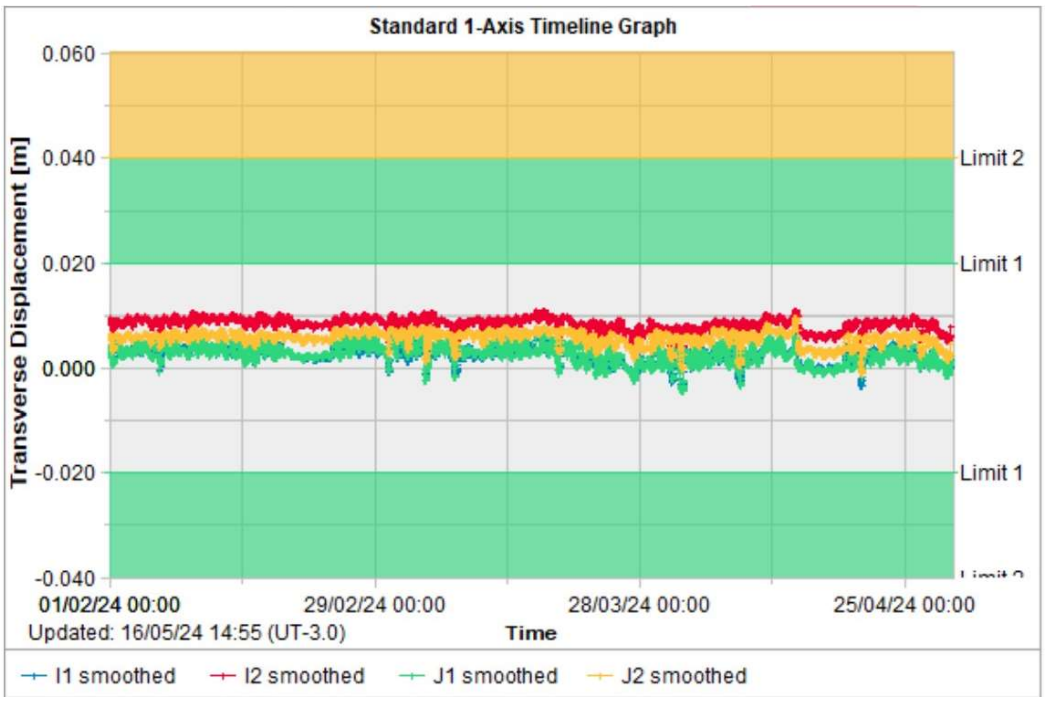


Figura 5.58 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

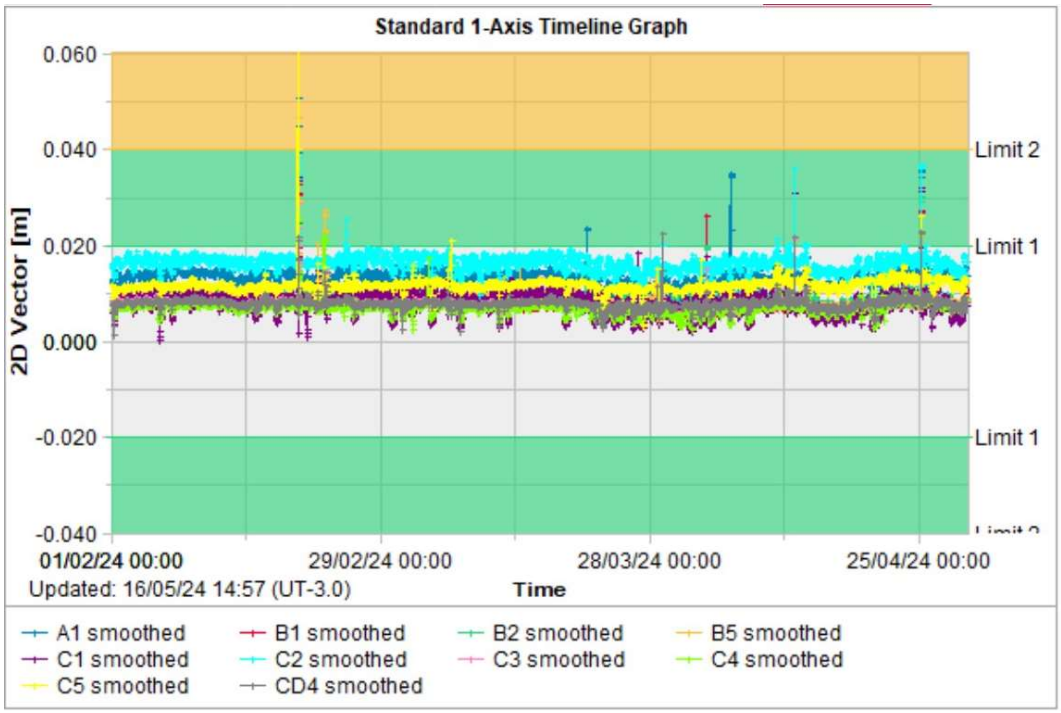


Figura 5.59 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

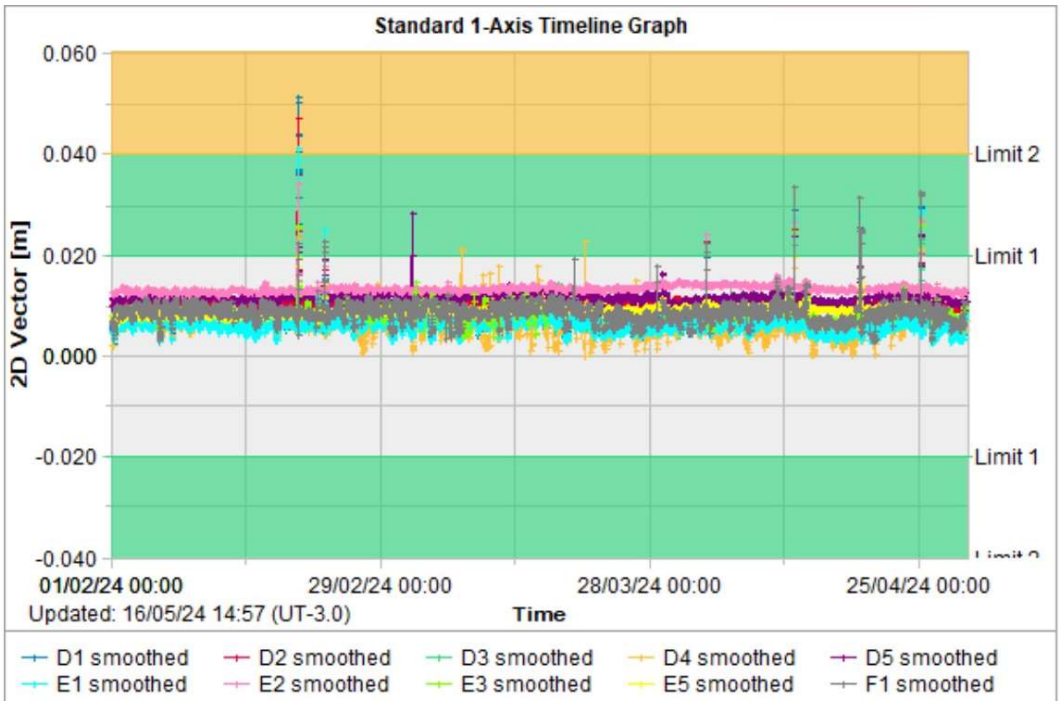


Figura 5.60 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

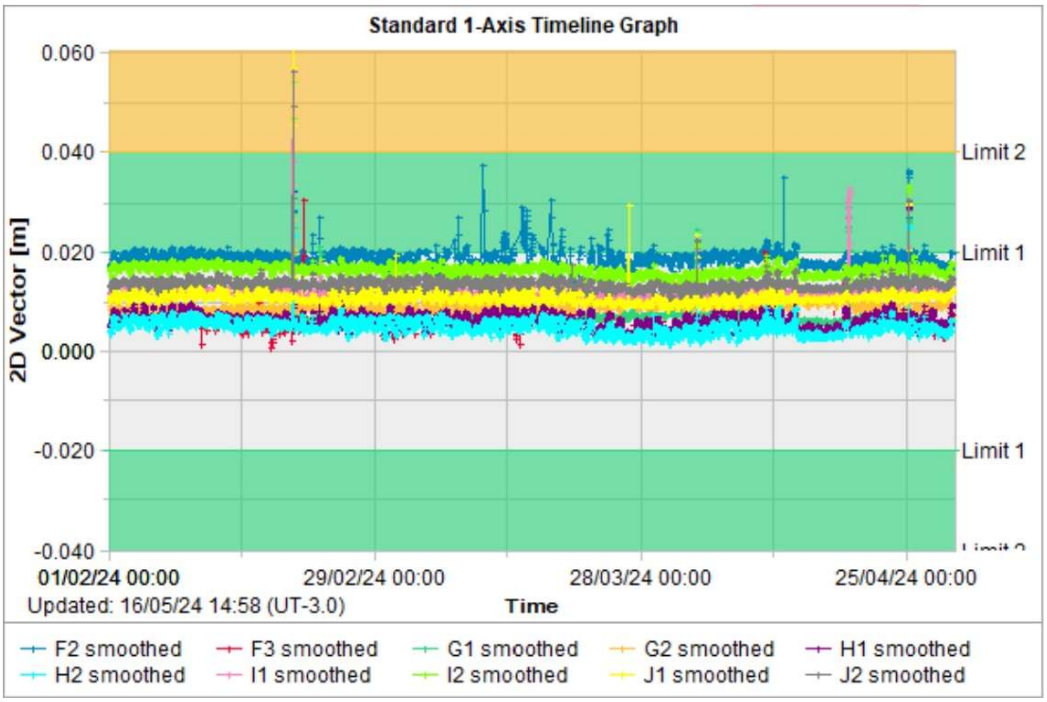


Figura 5.61 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

As leituras de deslocamento vertical (Figura 5.53) apontam que a barragem tem um deslocamento acumulado menor que 3,0 cm, que pode ser considerado como uma movimentação baixa. já que tal valor representa 0,05% em relação à altura da barragem (55,79 m). Conforme esperado, as ombreiras da barragem são as regiões onde são verificados

os menores deslocamentos, juntamente com o pé da estrutura. Os maiores deslocamentos são verificados na porção central do barramento.

Em relação às leituras dos deslocamentos horizontais, estas indicam em geral, no período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024), pequenos deslocamentos transversais, dentro dos parâmetros de normalidade dos instrumentos determinados pela equipe da MMI com a equipe da Leica Geosystems (fornecedora dos equipamentos de medição). Foram verificadas algumas leituras com picos acima do limite 1 definido para os instrumentos, mas retornando em seguida a valores dentro dos limites normais. Sendo, desta forma, considerados como erros de leitura.

- **Marcos de Controle de Deslocamento**

Atualmente na barragem existem 4 marcos de controle de deslocamento instalados na estrutura, como pode ser visto na Tabela 5.3.

Na 1ª quinzena de outubro de 2023, a equipe de topografia da MMI informou que foi realizada a calibração das estações totais e dessa forma foi necessário o recadastramento das hastes com as leituras do dia 11/10/2023.

A partir da análise das leituras dos marcos de controle pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Os valores acumulados observados, horizontais menores que 5 mm e verticais menores que 2 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura (“serrilhado”), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão. A última leitura dos deslocamentos dos marcos superficiais no período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024) foi realizada no dia 11/04/2024, porém não foi realizada a aferição do marco MS-04.

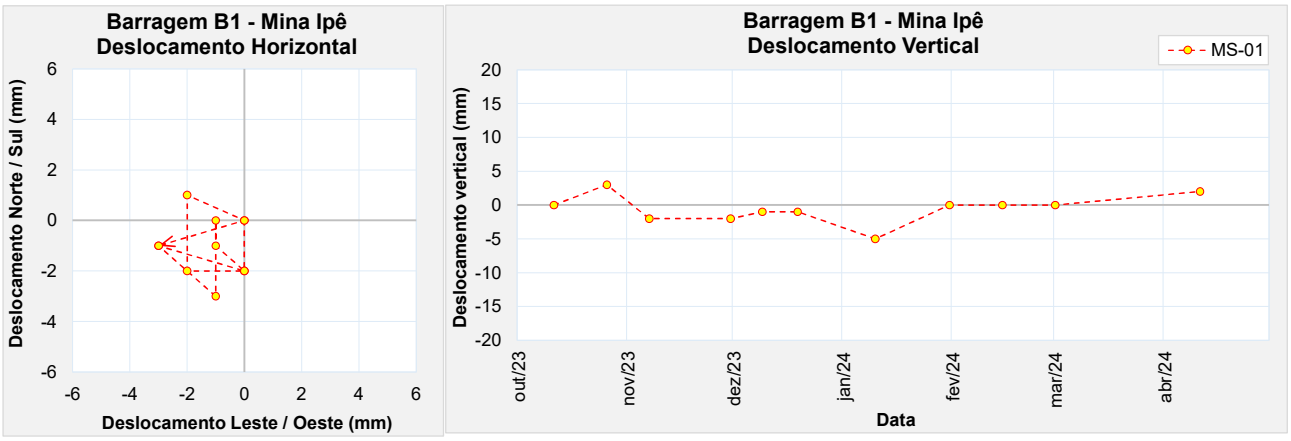


Figura 5.62 – Marco de controle de deformação – MS-01.

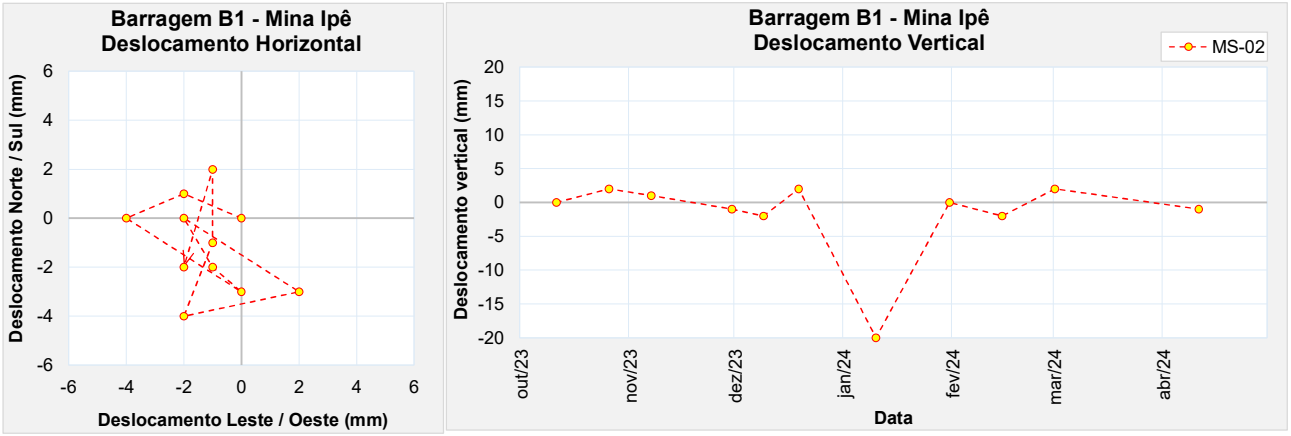


Figura 5.63 – Marco de controle de deformação – MS-02.

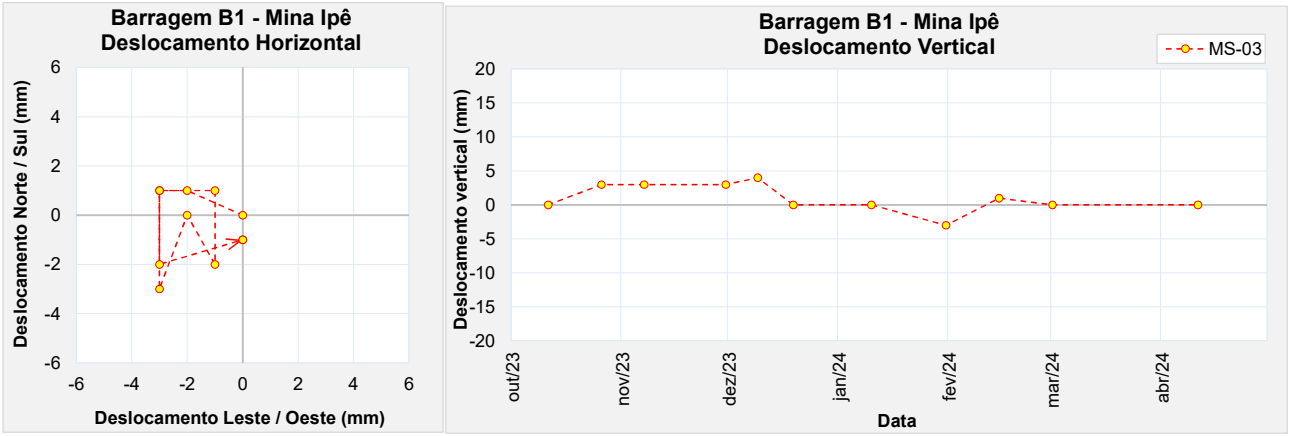


Figura 5.64 – Marco de controle de deformação – MS-03.

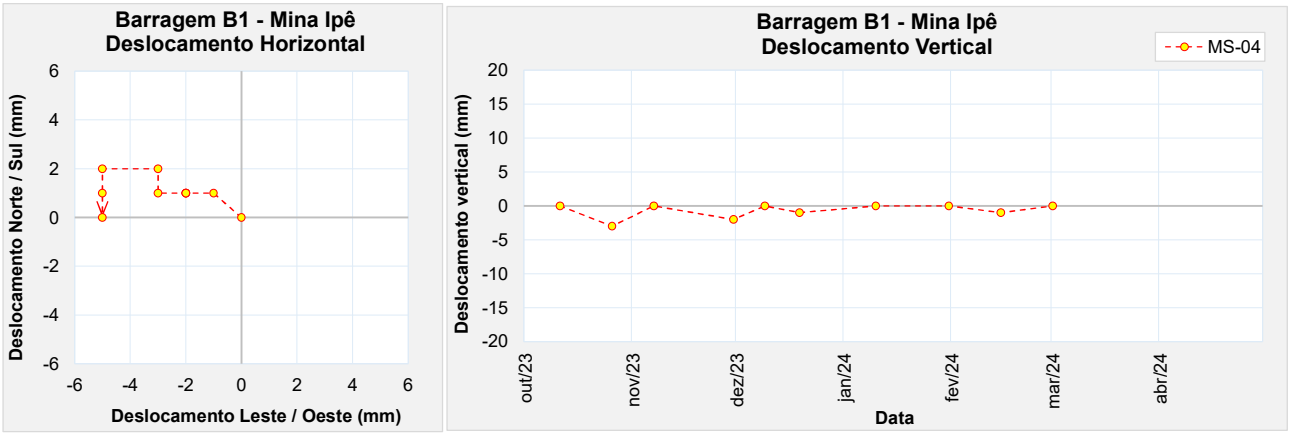


Figura 5.65 – Marco de controle de deformação – MS-04.

5.6.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024).

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2017, a partir do software Slide da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

5.6.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas considerando a geometria da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico mais atual, realizado em novembro/2021 (documento B1_IPE_16NOV21.dwg), acrescido do levantamento As Built da berma de reforço construída a jusante da estrutura (CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg). A estratigrafia das seções transversais de análise foi definida pela DF+ Consultoria Geotécnica e Recursos Hídricos no âmbito do projeto conceitual de descaracterização, a partir da interpretação de uma extensa campanha de sondagens SPT e ensaios CPTu executada na barragem.

Na Figura 5.66 é apresentada a locação em planta das seções e instrumentação de controle utilizadas nas análises de estabilidade.

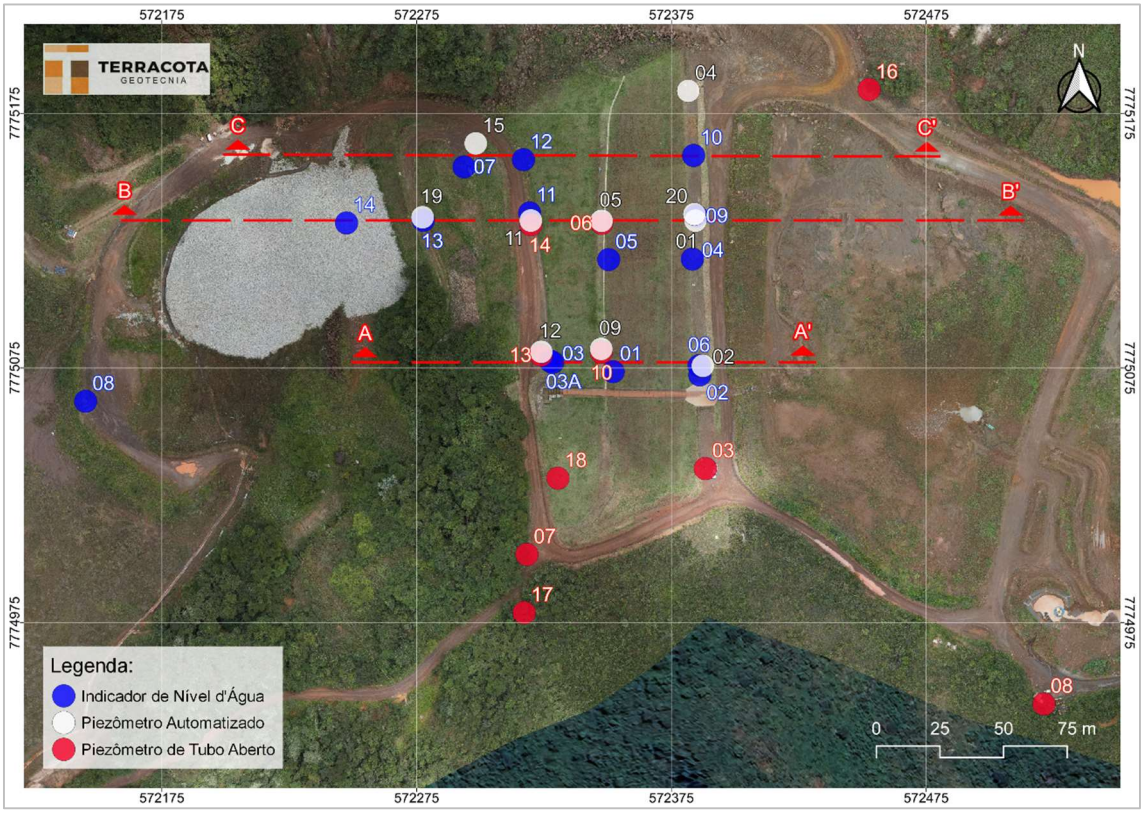


Figura 5.66 – Seções Instrumentadas Barragem B1 – Mina Ipê – Planta.

As condições consideradas nas análises de estabilidade foram os carregamentos drenado e não drenados de pico e liquefeito. Os estudos realizados para definir o comportamento dos rejeitos presentes nas seções de análise indicaram que o rejeito do reservatório e o rejeito antigo presente na fundação da barragem têm comportamento contrátil, ou seja, geram excesso de poropressão positiva na ruptura. Para este tipo de material, a análise não drenada representa a condição crítica de carregamento.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução ANM 95/2022 (**FS ≥ 1,3**);
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS ≥ 1,0**) e NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,1**);
- Análises não drenadas com parâmetro liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 5.4 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 5.4 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Sismo (Pseudo-estática)	1,0 a 1,1	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada e condições com sismo (pseudo-estática) atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2017 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do peak ground acceleration (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento pseudo-estático (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 5.67 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.

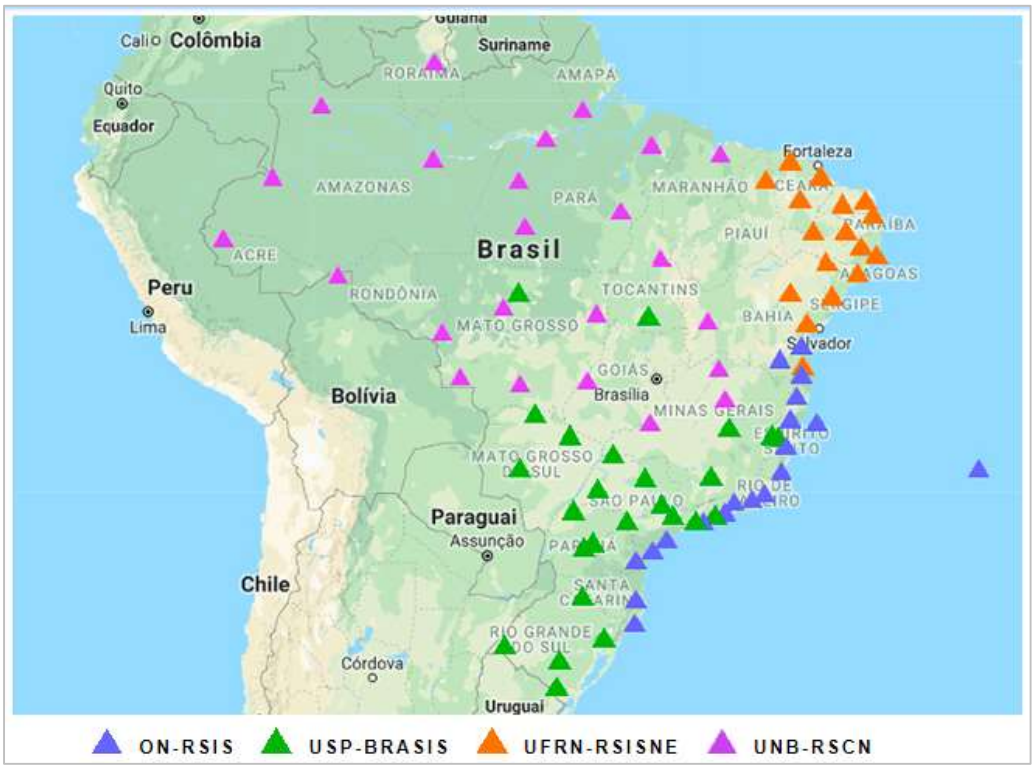


Figura 5.67 – Rede sismológica brasileira (http://www.rsbr.gov.br).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 5.5 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Tabela 5.5 – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

Modelo	Valores máximos por período de retorno (anos)					Máximo absoluto
	500	1.000	2.500	5.000	10.000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	**9.7%**	**9.5%**	**13.4%**	**16.0%**	**18.3%**	**18.3%**
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo "*Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment*" publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 5.68).

A localização da barragem no mapa de Assumpção et al. fornece valor de PGA em torno de 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR.

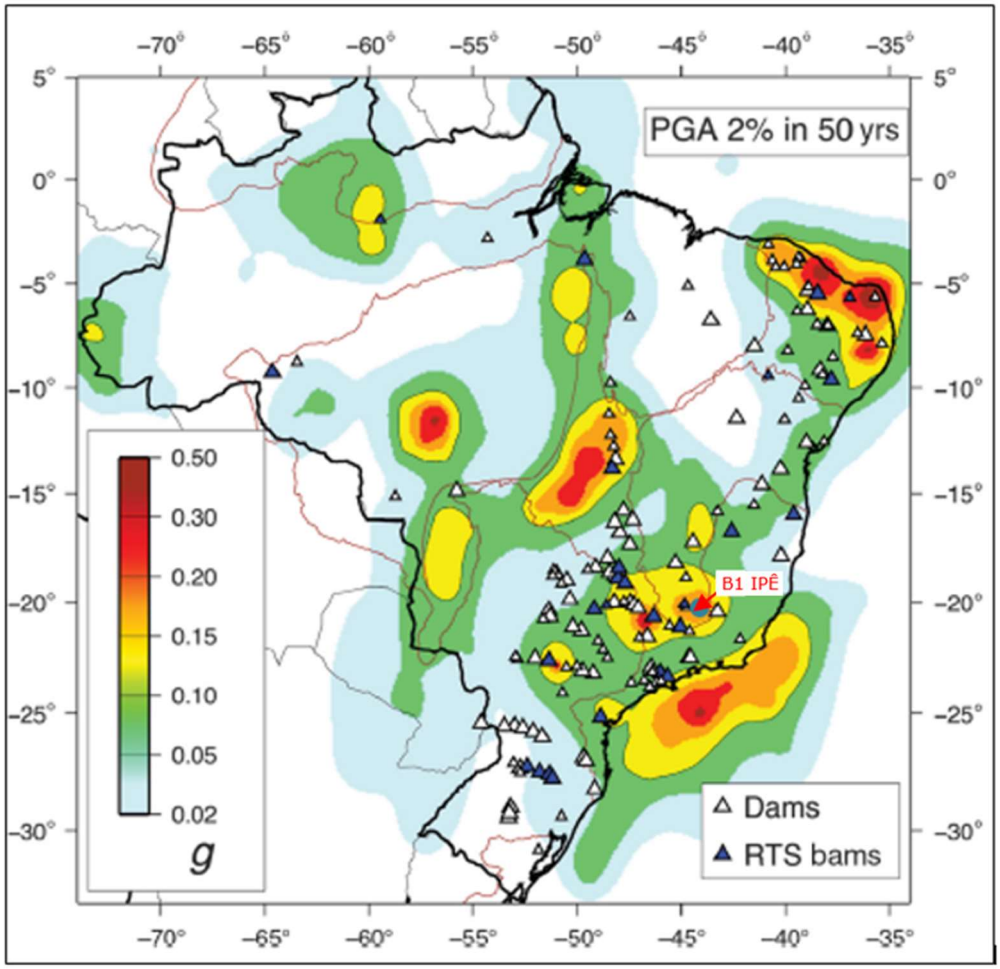


Figura 5.68 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Assumpção Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B1 – Mina Ipê, considerando a contribuição do efeito sísmico, utilizou-se como premissa a norma técnica elaborada pela Canadian Dam Association (CDA) – *"Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams"* (2014), em conformidade ao recomendado pela NBR 13.028/2017 no seu tópico 5.3.6, o qual faz referência aos estudos sísmicos.

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados à infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

Classificação da Barragem	População em Risco (Nota 1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (Nota 2)	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixo	Nenhum	0	Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativo	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
			Apenas perdas marginais do habitat.	
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Muito Alta	**Permanente**	**100 ou menos**	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	
Extrema	Permanente	Mais de 100	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição impossível.	

Nota 1. Definições para população em risco:

Nenhum – Não há população identificável em risco, portanto não há possibilidade de perda de vida a não ser devido ao acaso imprevisível.

Temporário – As pessoas estão apenas temporariamente na zona de inundação do rompimento da barragem (por exemplo, uso sazonal de casas de campo, passagem em rotas de transporte, participação em atividades recreativas).

Permanente – A população em risco normalmente está localizada na zona de inundação da ruptura da barragem (como residentes permanentes); são propostas três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) para permitir estimativas mais detalhadas da potencial perda de vidas (para auxiliar na tomada de decisões se for realizada a análise apropriada).

Nota 2. Definições para população em risco:

Não especificado – O nível apropriado de segurança exigido em uma barragem onde as pessoas estão temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, da natureza de sua atividade e de outras condições.

De acordo com os critérios da Tabela 5.6, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.8 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Muito Alta**. A partir desta classificação, seguindo as

premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 5.7, o PGA de 0,1585g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com períodos de retorno de 2.500 e 10.000 anos.

Tabela 5.7 – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

Classe da Barragem	Probabilidade Anual de Excedência (PAE) – Terremotos (Nota 1)
Baixa	1/1000
Significativo	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/2.475 (Nota 2)
Muito Alta	1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3)
Extrema	1/10.000 ou SMP (Nota 3)

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).
Nota 1. Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (Dam Safety Guidelines - CDA 2013).
Nota 2. Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no National Building Code of Canada (Código Nacional de Construção do Canadá).
Nota 3. SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação "*Rationalizing the Seismic Coefficient Method"* (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,079g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Para a componente vertical adota-se um valor correspondente a 60% da componente horizontal, seguindo proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003), resultando num valor igual a 0,047g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

Conforme projeto de descaracterização da estrutura, a Barragem B1 - Mina Ipê deverá ser completamente removida nos próximos dois anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida útil da estrutura igual a 2 anos, utilizando a Equação 5.1. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de 100 anos.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{t}\right)^{n}$$ Equação 5.1

Em que:

- P é a probabilidade de excedência do sismo;
- t é o período de retorno;
- n é o tempo de vida útil da estrutura.

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 1.000 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,2%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 5.5, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,048g e uma componente vertical igual a 0,029g.

5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada na análise de estabilidade foram considerados os instrumentos instalados no maciço e na fundação da Barragem B1 - Mina Ipê, ao longo das três seções de controle existentes na estrutura.

A Tabela 5.8 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 5.8 – Instrumentação – Valores lidos (30/04/2024) e valores adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A’	PZ-02(2)	1.022,43	1.024,93	1.024,93
	INA-02	1.030,77	Seco	-
	INA-06	1.021,41	1.024,78	1.024,78
	INA-01	1.031,86	Seco	-
	PZ-09(1)	1.017,02	1023,45	1.023,45
	PZ-10	1.025,33	Seco	-
	INA-03	1.029,53	Seco	-
	INA-03A	1.015,02	1.016,79	1.016,79
	PZ-12(1)	1.010,87	1.014,96	1.014,96
	PZ-13	1.023,95	Seco	-
B-B’	INA-09	1.006,45	1.020,55	1.020,55
	PZ-20(3)	1.006,15	1.016,18	1.020,55 (4)
	PZ-01(1)	999,45	1.016,05	1.020,55 (4)

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
	INA-04	1.032,92	Seco	-
	INA-05	1.022,04	Seco	-
	PZ-05(2)	993,47	1.011,67	1.012,66 (4)
	PZ-06	998,22	1.012,66	1.012,66
	INA-11	1.000,26	1.008,41	1.010,21 (4)
	PZ-11(2)	982,32	1.010,21	1.010,21
	PZ-14	988,35	1.008,93	1.008,93
	INA-13	992,45	1.007,02	1.007,02
	PZ-19(3)	993,23	1.006,48	1.006,48
	INA-14	989,66	1.006,29	1.006,29
C-C'	INA-10	1.022,31	Seco	1.022,31
	INA-12	1.011,61	Seco	1.011,61
	PZ-15(1)	1.009,29	1.010,02	1.010,02
	INA-07	982,17	1.009,67	1.009,67

1- Instrumento automatizado em 2021;
2- Instrumento automatizado em 02/12/2022;
3- Instrumento automatizado em 19/10/2023;
4- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento.

5.6.4.4 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade para definição dos níveis de controle foram aqueles consolidados e apresentados no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.537, relativo ao relatório de consolidação de dados da Barragem B1 – Mina Ipê, elaborado pela Terracota Geotecnia. No referido documento foram utilizados dados de ensaios de laboratório, ensaios CPTu e sondagens SPT para determinação da resistência drenada e não drenada dos materiais presentes nas seções de análise.

A exceção à regra é o parâmetro de resistência dos blocos de gnaisse utilizados na berma de reforço, que foram modelados a partir da envoltória inferior de LEPS (1973), que se trata de uma referência bibliográfica específica para modelagem do comportamento de blocos.

Os parâmetros de resistência não drenada de pico e liquefeita do rejeito do reservatório e do rejeito antigo da fundação foram definidos a partir dos ensaios CPTu executados nos materiais. Os rejeitos foram modelados com resistência não drenada quando abaixo da linha freática adotada nas análises de estabilidade.

Na Tabela 5.9 apresentam-se os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

Tabela 5.9 – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material		Cor	γ	Parâmetros de Resistência			Referência
				Parâmetros Efetivos		Su/σ'v	
			(kN/m³)	c' (kPa)	ϕ' (º)	(kPa)	
Rejeito Reservatório	Acima do N.A.		25,0	0,0	30,0	-	Correlação com N_{SPT}
	Abaixo do N.A. - Pico			-	-	0,23	Interpretação de ensaios de Piezocone
	Abaixo do N.A. - Liquefeito			-	-	0,10	
Rejeito Antigo	Acima do N.A.		26,5	0,0	35,0	-	Correlação com N_{SPT}
	Abaixo do N.A. - Pico			-	-	0,27	Interpretação de ensaios de Piezocone
	Abaixo do N.A. - Liquefeito			-	-	0,06	
Maciço	Rejeito Compactado		27,5	7,0	40,0	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
	Rejeito Semi Compactado		26,5	0,0	40,0	-	
Solo Residual de Filito (1)			19	18,0	36,0	-	
Saprolito de Filito			20	20,0	45,0	-	Correlação com N_{SPT}
Quartzito Nova Lima			20	400,0	35,0	-	Estimativa bibliografia/ projetistas
Filito São			20	Resistência Infinita			
Blocos Lançados			20	Envoltória Leps Inferior			
Enrocamento			22	Envoltória Leps Inferior			

(1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984), resultando em c=31,6º kPa e Ø=27,5.

5.6.4.5 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 5.69 a Figura 5.85, destacando-se as superfícies de ruptura global e local que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 5.10 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 5.10 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A'	30/04/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,95
		Não drenado pseudo-estático (1) a_h = 0,079g a_v = 0,047g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,61 (sismo ↑)
					1,63 (sismo ↓)

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,048g a_v = 0,029g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,74 (sismo ↑)
					1,74 (sismo ↓)
B-B'	30/04/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,97
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,44
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	0,47
		Não drenado pseudo-estático (1) a_h = 0,079g a_v = 0,047g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,08 (sismo ↑)
					1,03 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,048g a_v = 0,029g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,19 (sismo ↑)
					1,15 (sismo ↓)
C-C'	30/04/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,01
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	2,01
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,21
		Não drenado pseudo-estático (1) a_h = 0,079g a_v = 0,047g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,63 (sismo ↑)
					1,62 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,048g a_v = 0,029g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,77 (sismo ↑)
					1,78 (sismo ↓)

(1) - Carregamento pseudo-estático considerando critérios do Canadian Dam Association (CDA, 2014);
(2) - Carregamento pseudo-estático considerando Probabilidade de Excedência de 0,2% relativo à vida útil remanescente da estrutura de 2 anos até sua completa remoção e Período de Retorno de 1.000 anos.

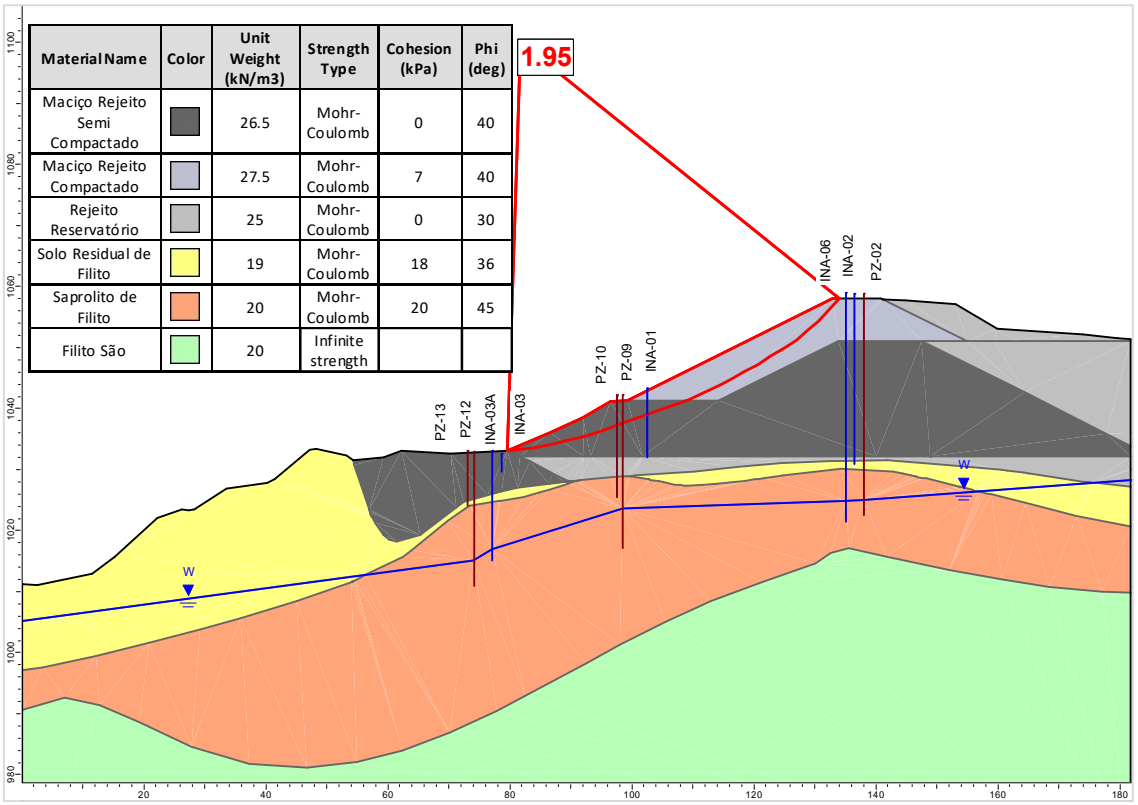


Figura 5.69 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.

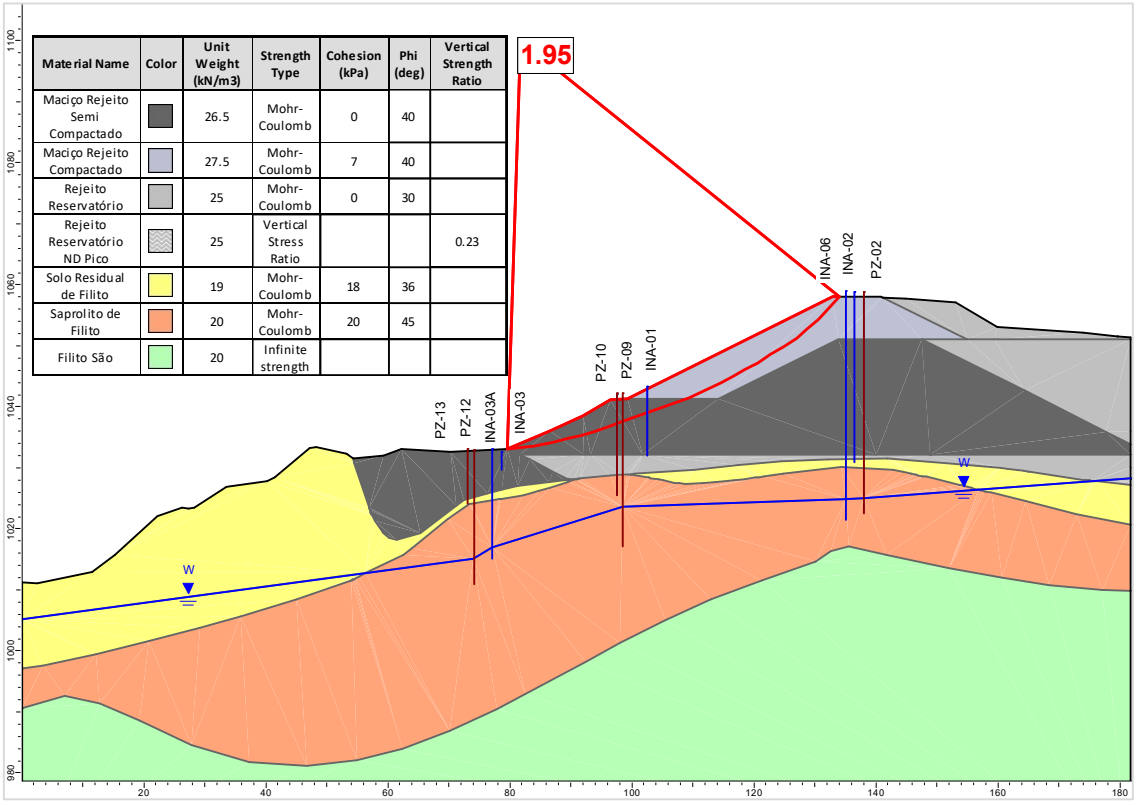
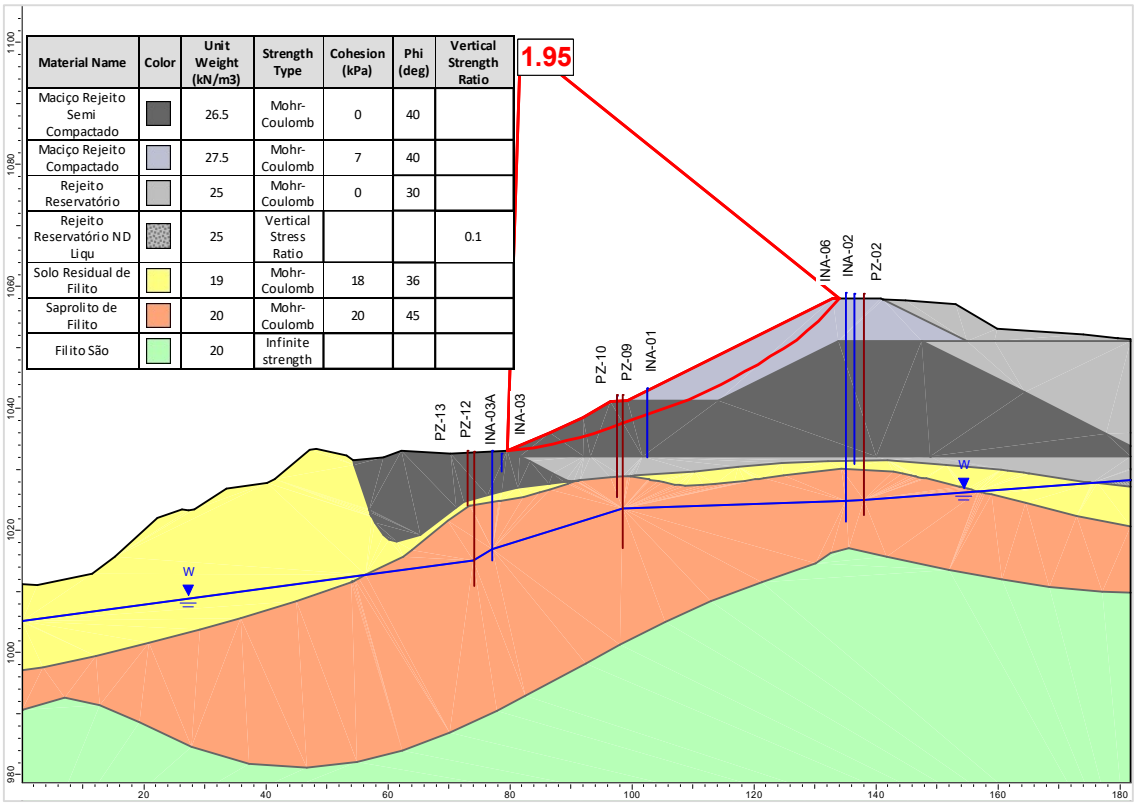
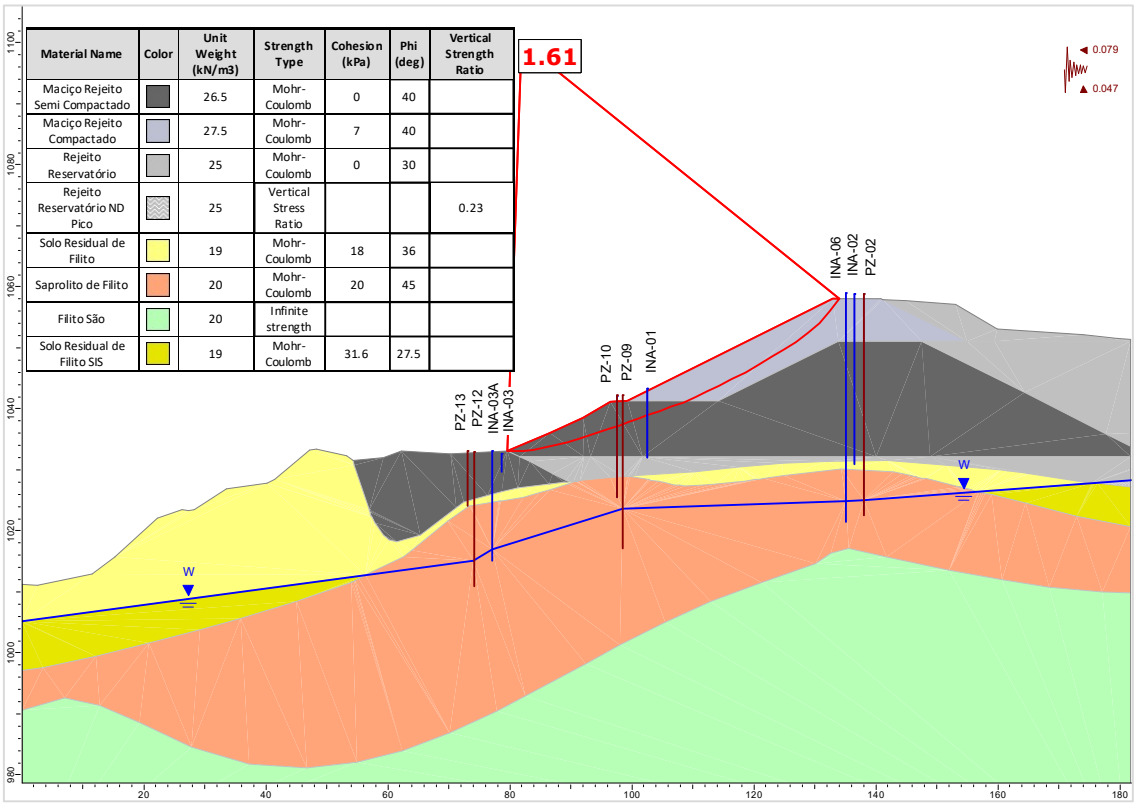


Figura 5.70 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Rejeito Reservatório ND Liqu		25	Vertical Stress Ratio			0.1
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Filito São		20	Infinite strength			

Figura 5.71 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeito.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40	
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40	
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30	
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio			0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36	
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45	
Filito São		20	Infinite strength			
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5	

Figura 5.72 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

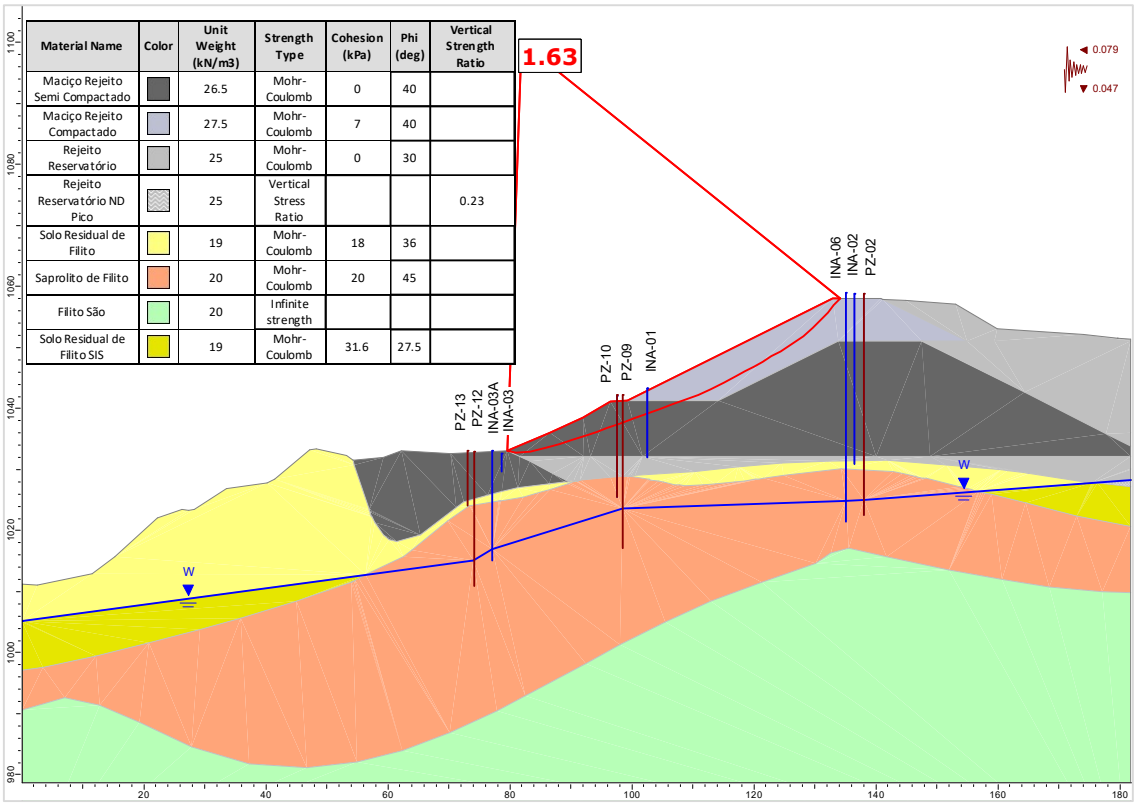


Figura 5.73 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

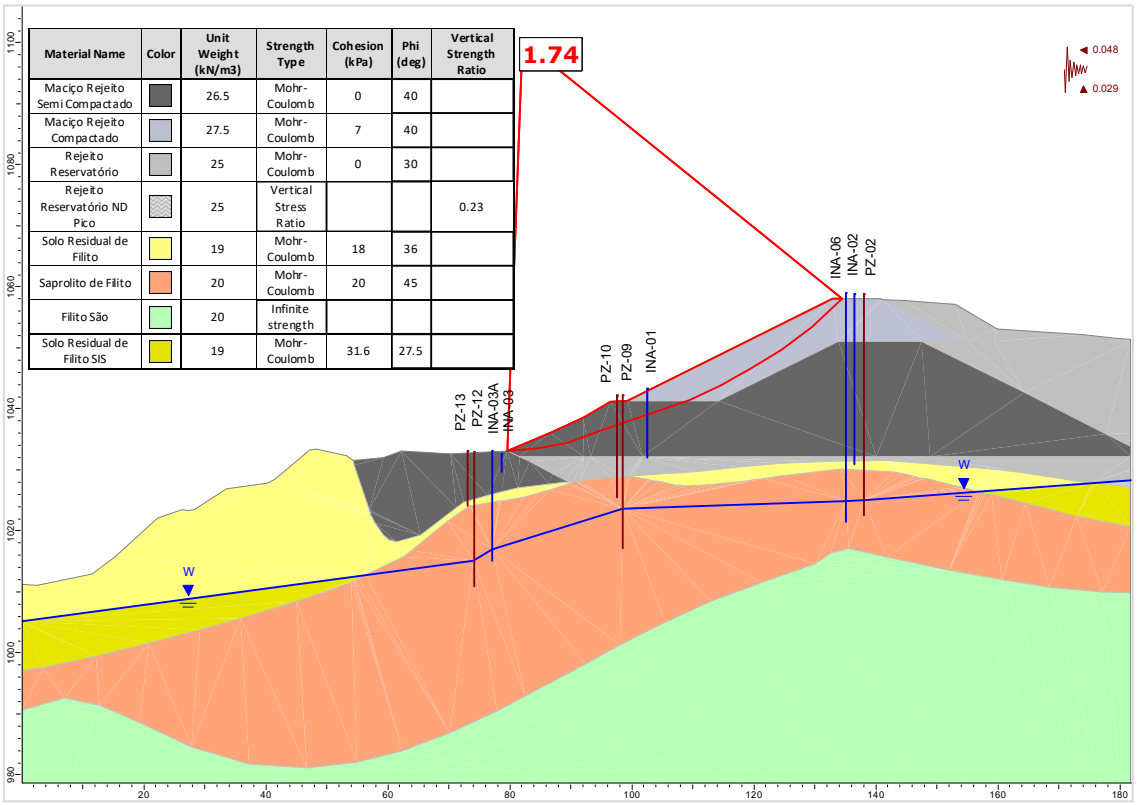


Figura 5.74 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

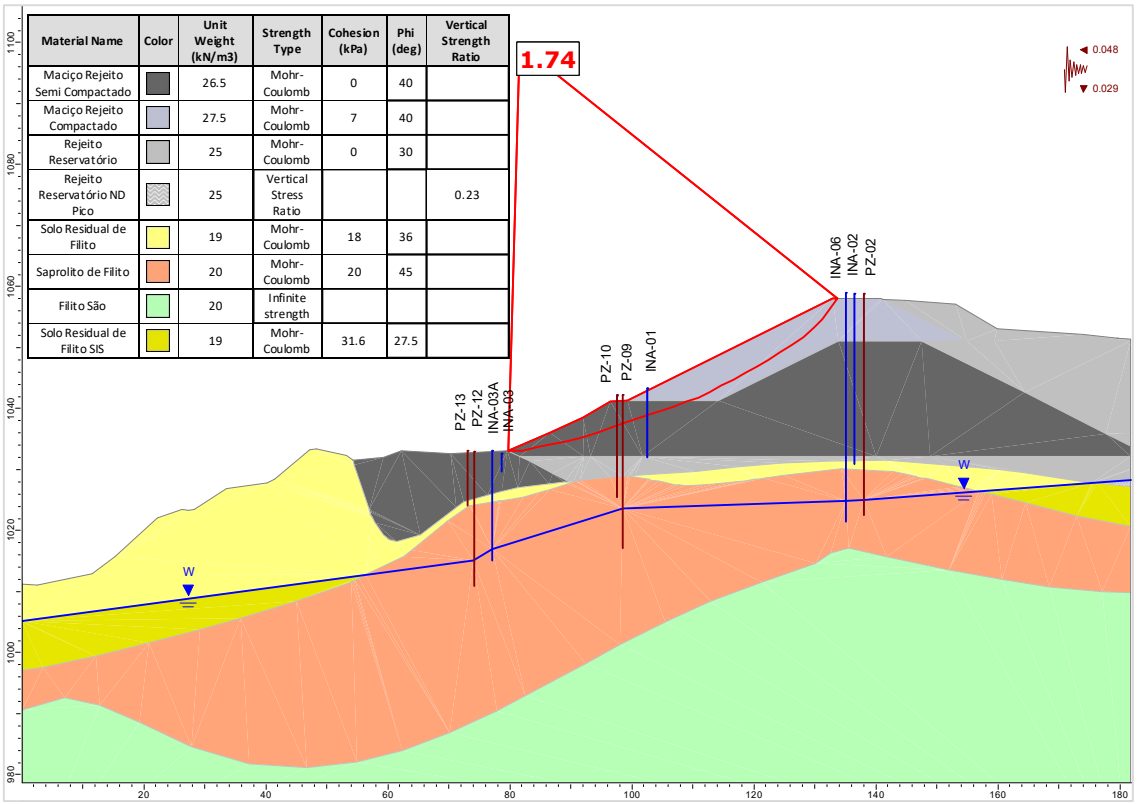


Figura 5.75 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

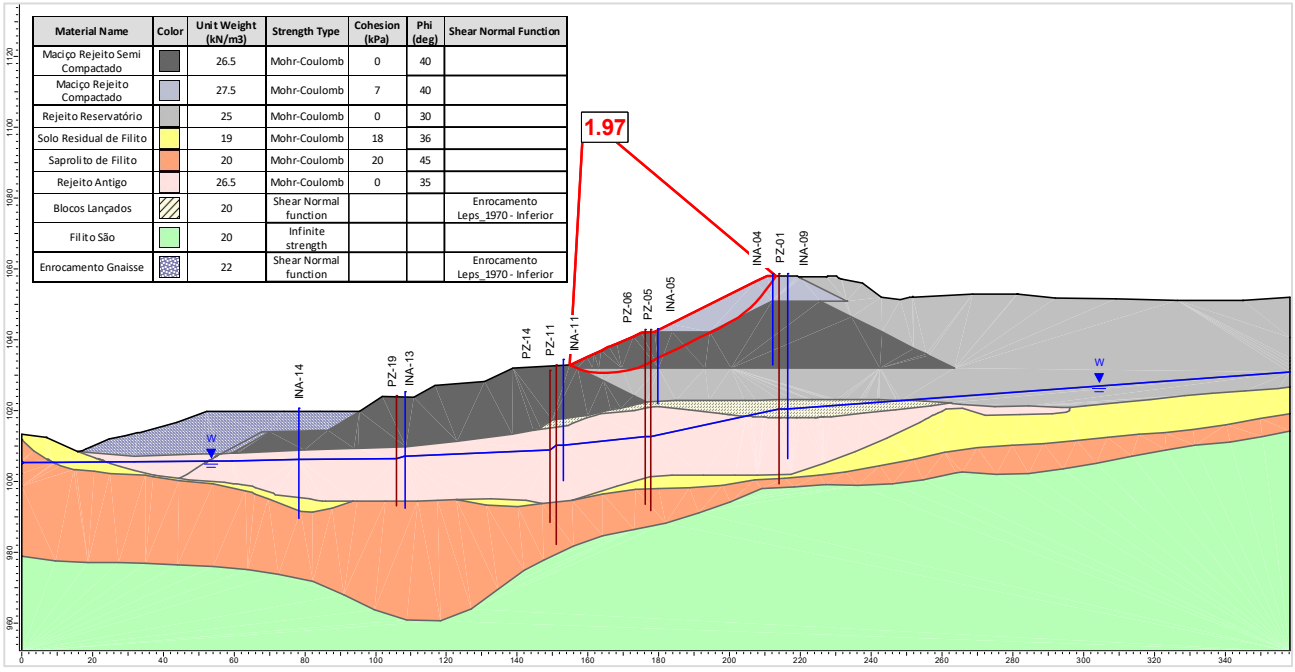


Figura 5.76 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.

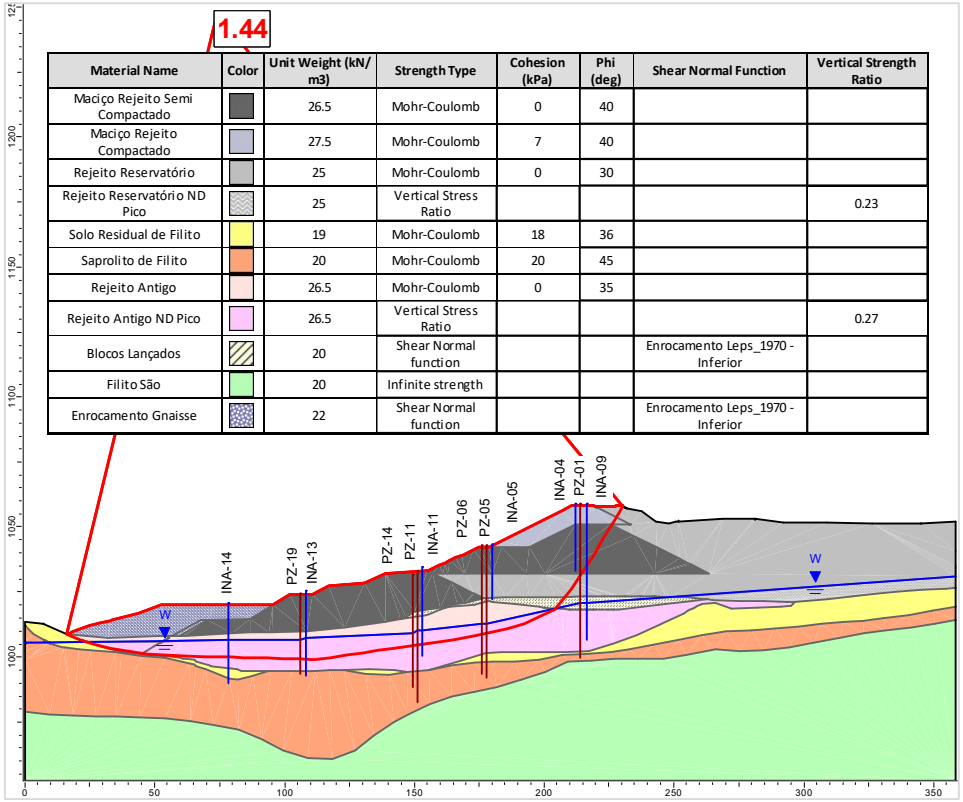


Figura 5.77 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

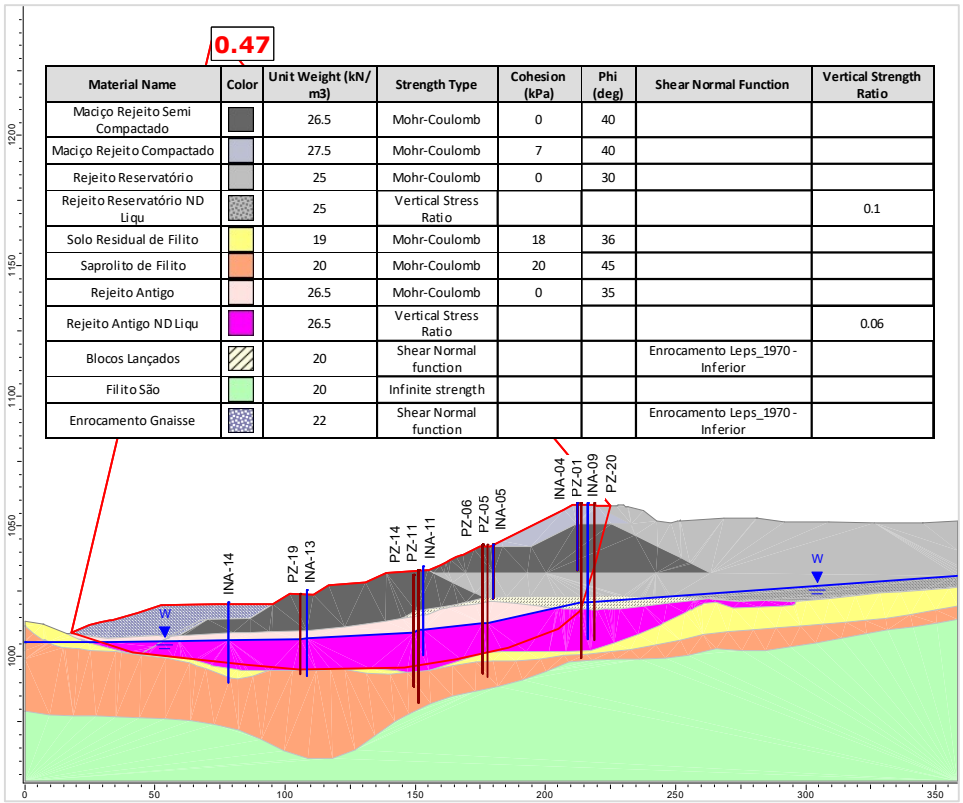
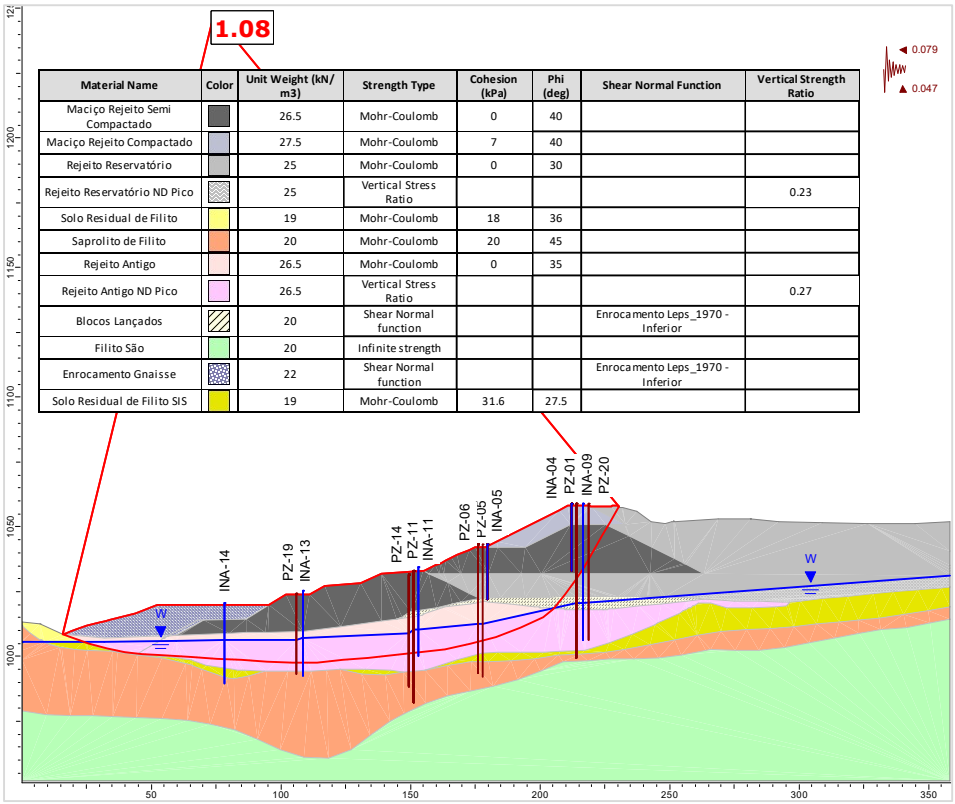
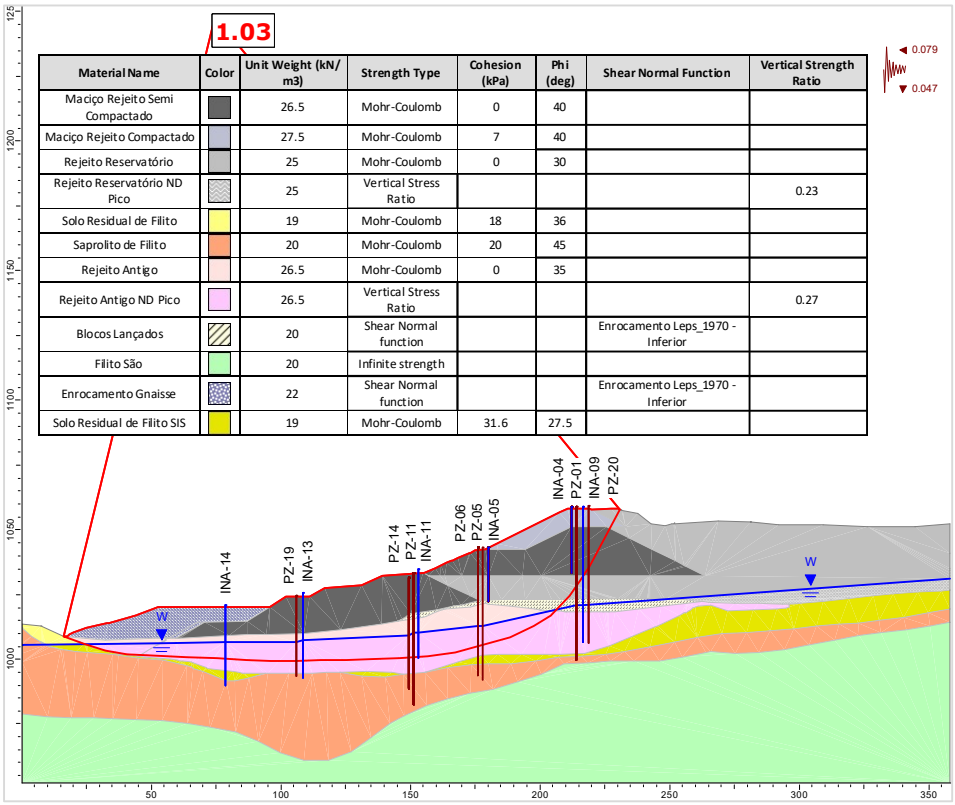


Figura 5.78 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeito.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio				0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.79 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio				0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.80 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

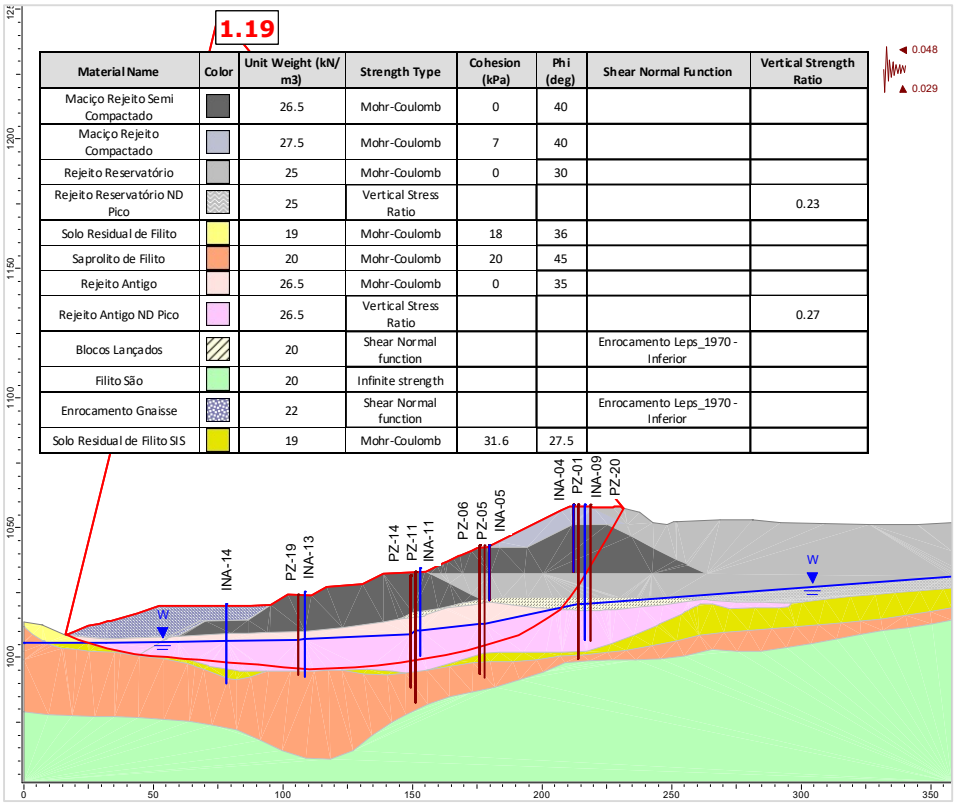


Figura 5.81 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

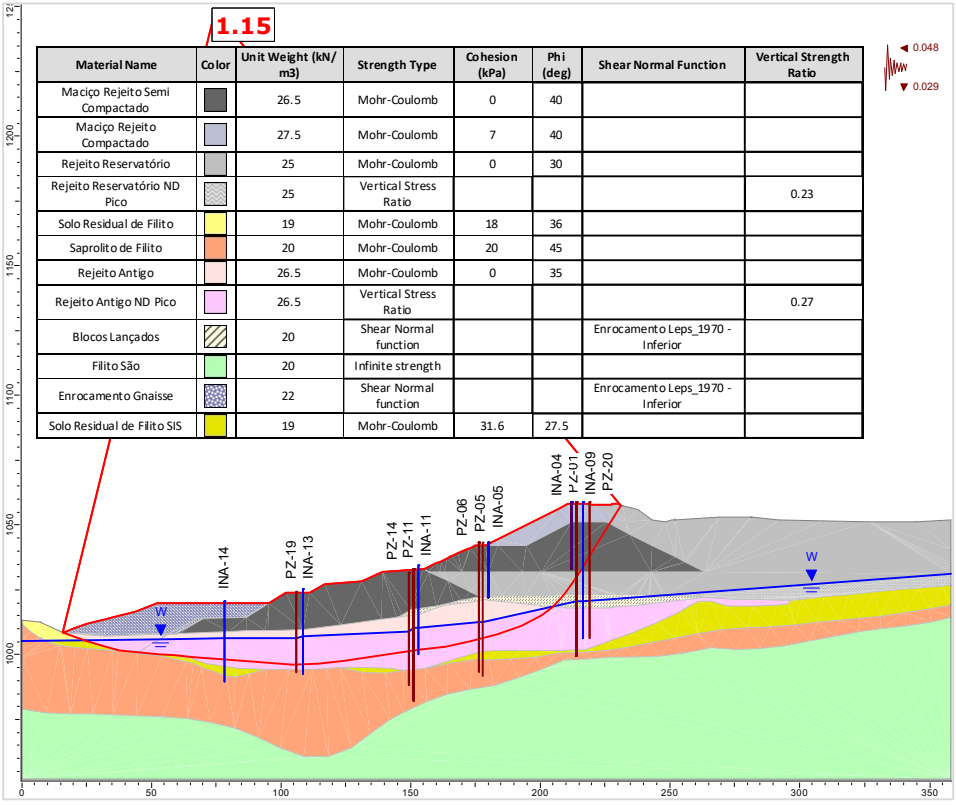


Figura 5.82 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

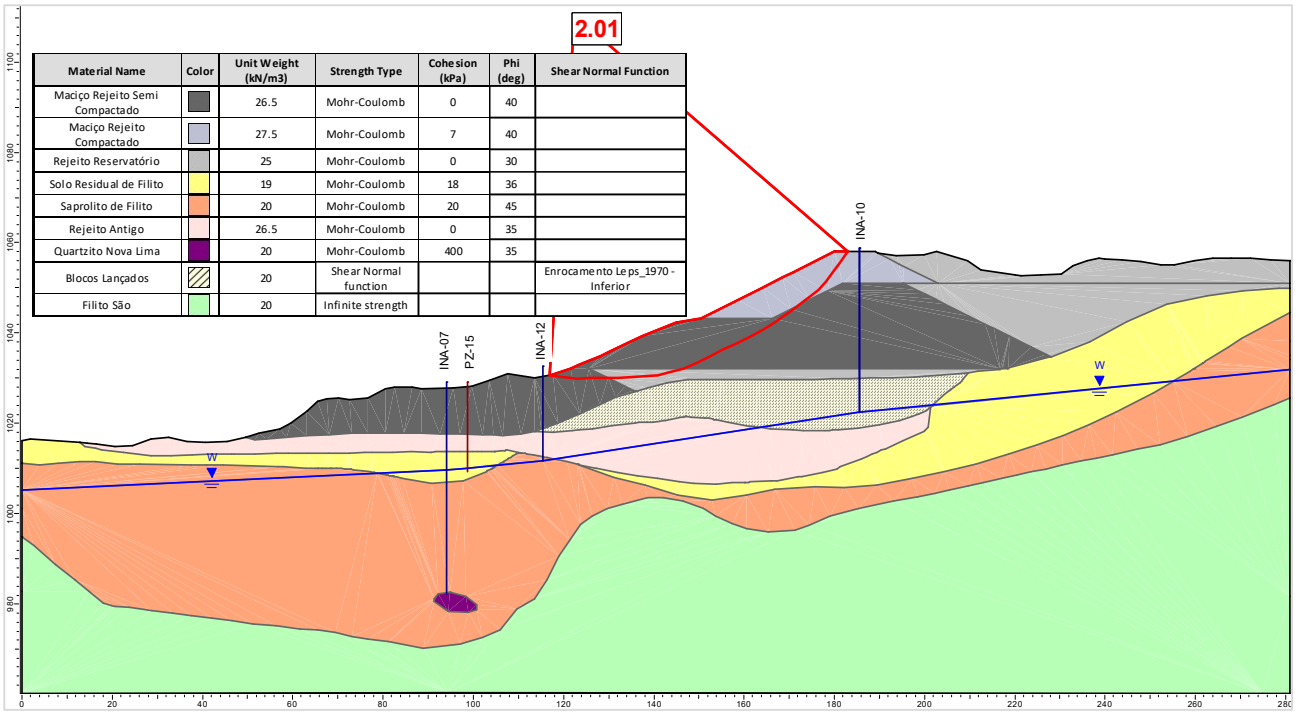


Figura 5.83 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.

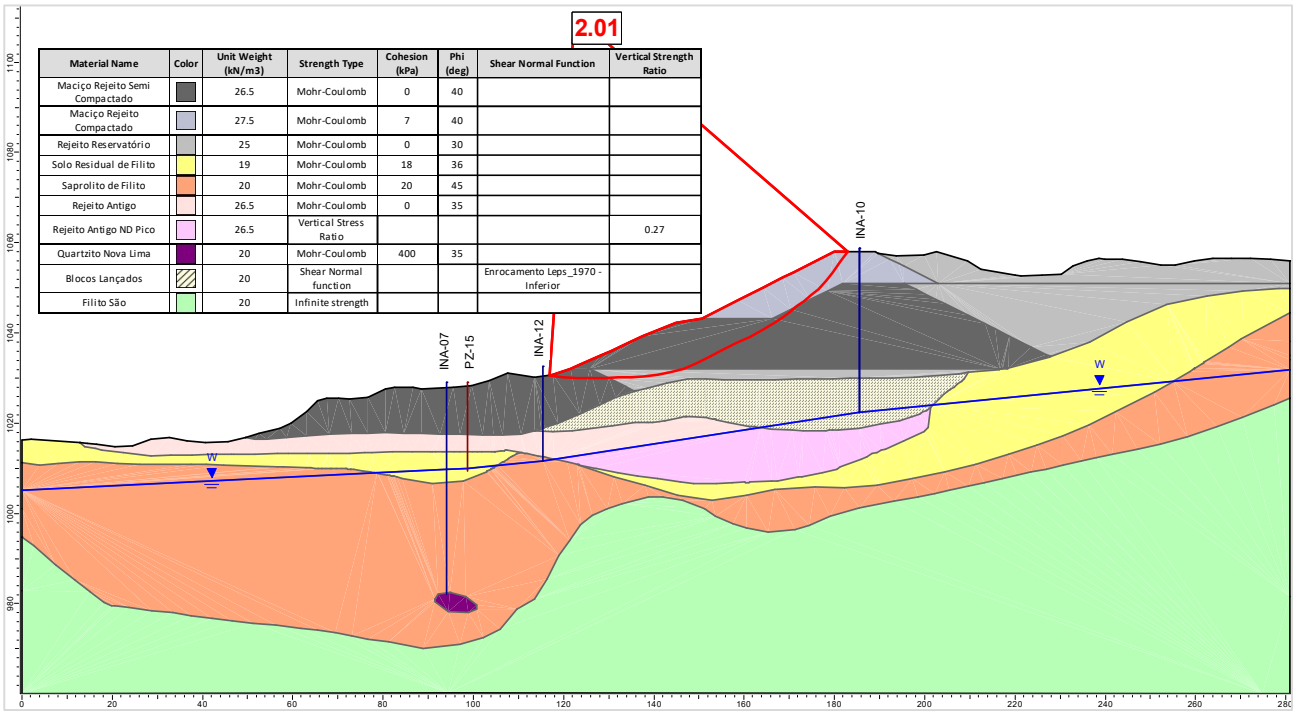
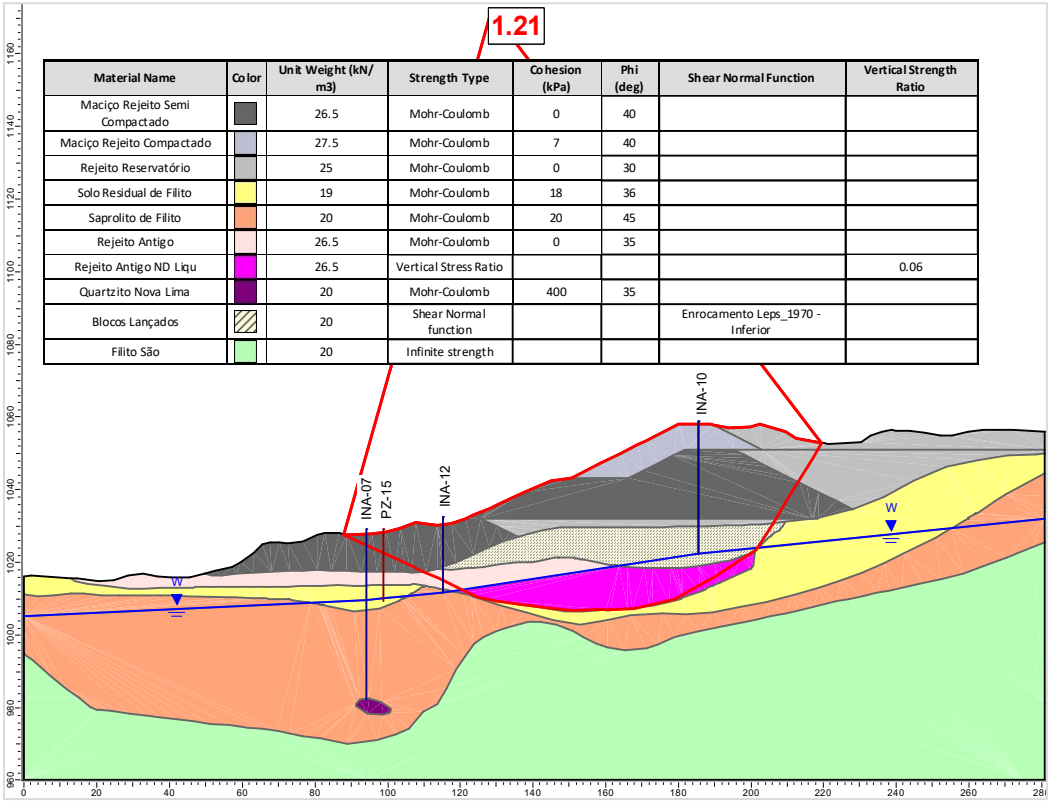
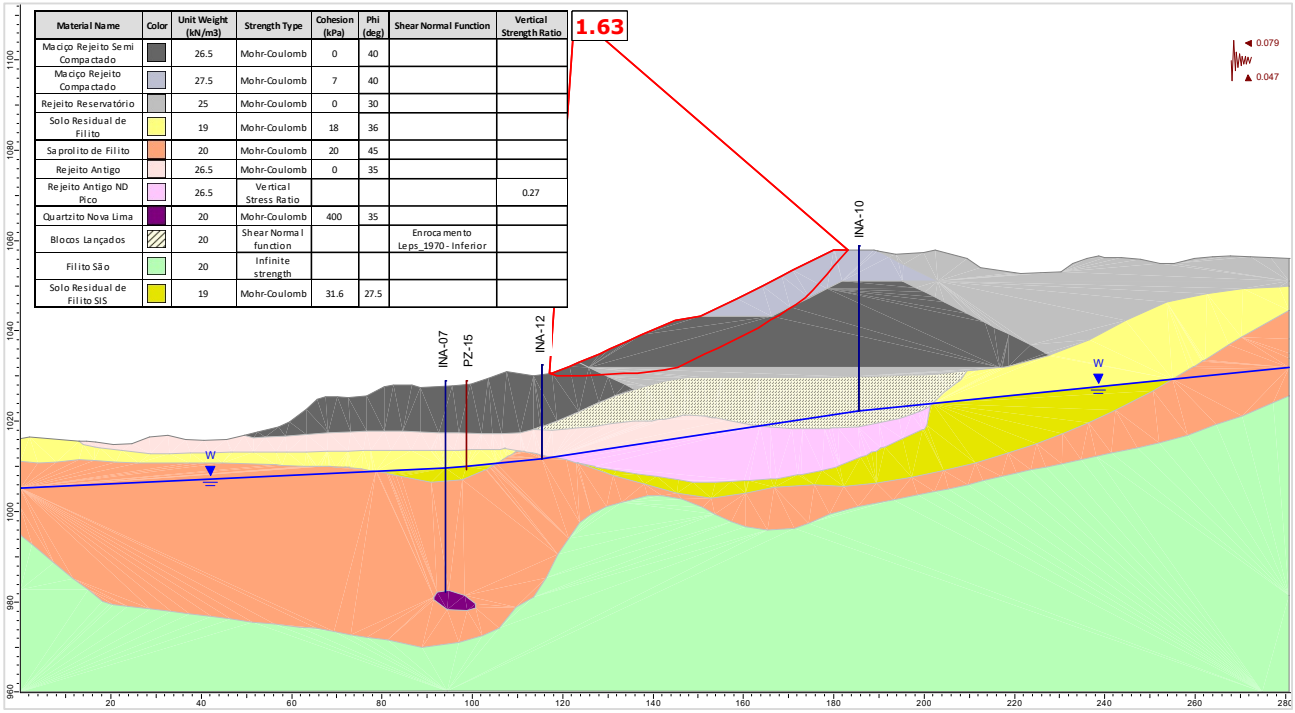


Figura 5.84 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



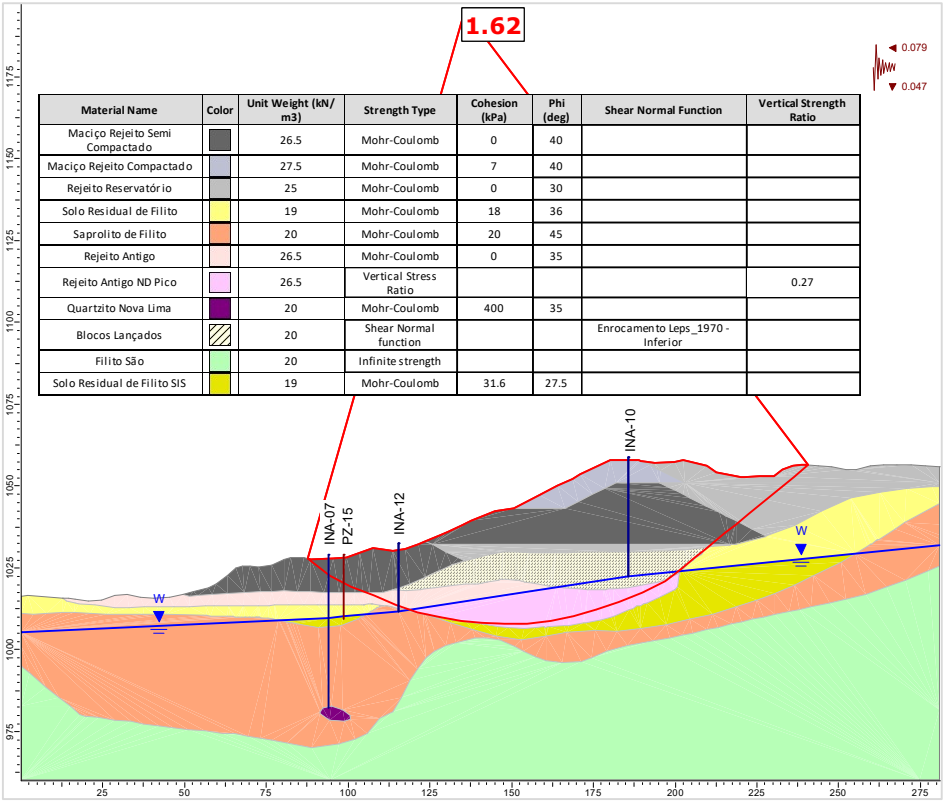
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Liqu		26.5	Vertical Stress Ratio				0.06
Quartzito Nova Lima		20	Mohr-Coulomb	400	35		
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				

Figura 5.85 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeito.



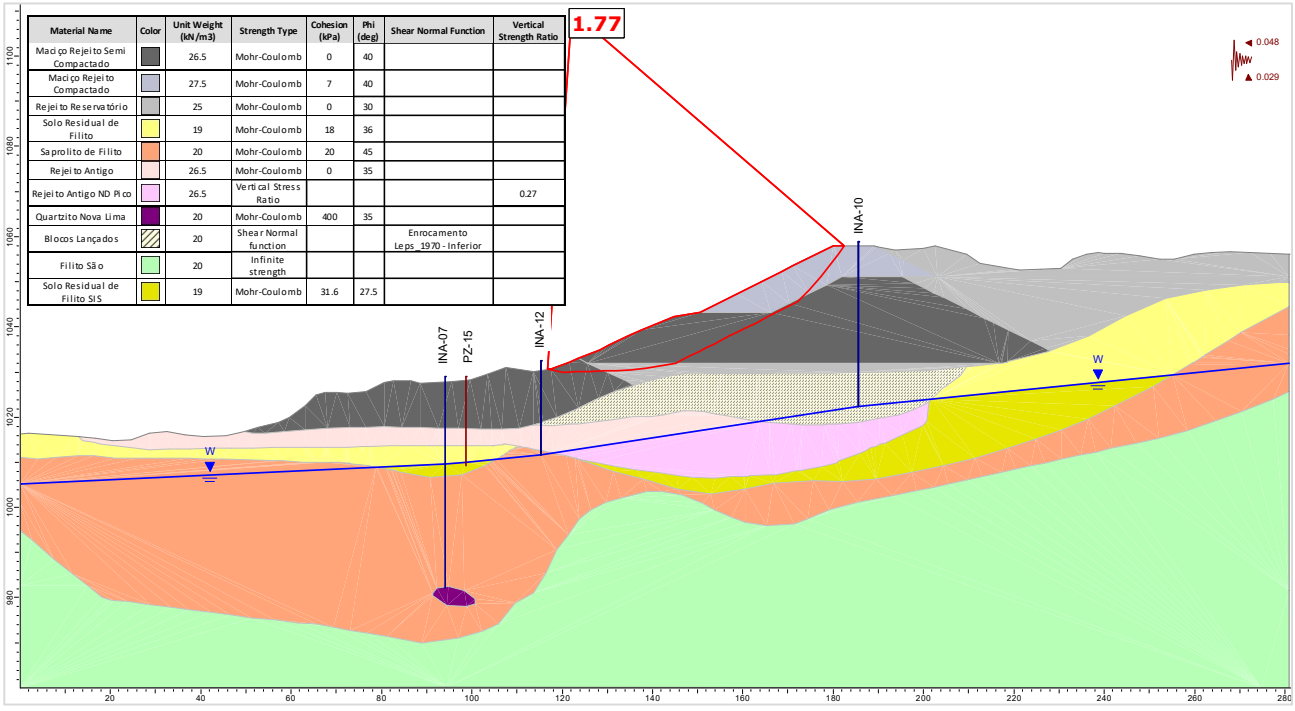
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Quartzito Nova Lima		20	Mohr-Coulomb	400	35		
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.86 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Quartzito Nova Lima		20	Mohr-Coulomb	400	35		
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.87 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Quartzito Nova Lima		20	Mohr-Coulomb	400	35		
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	31.6	27.5		

Figura 5.88 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

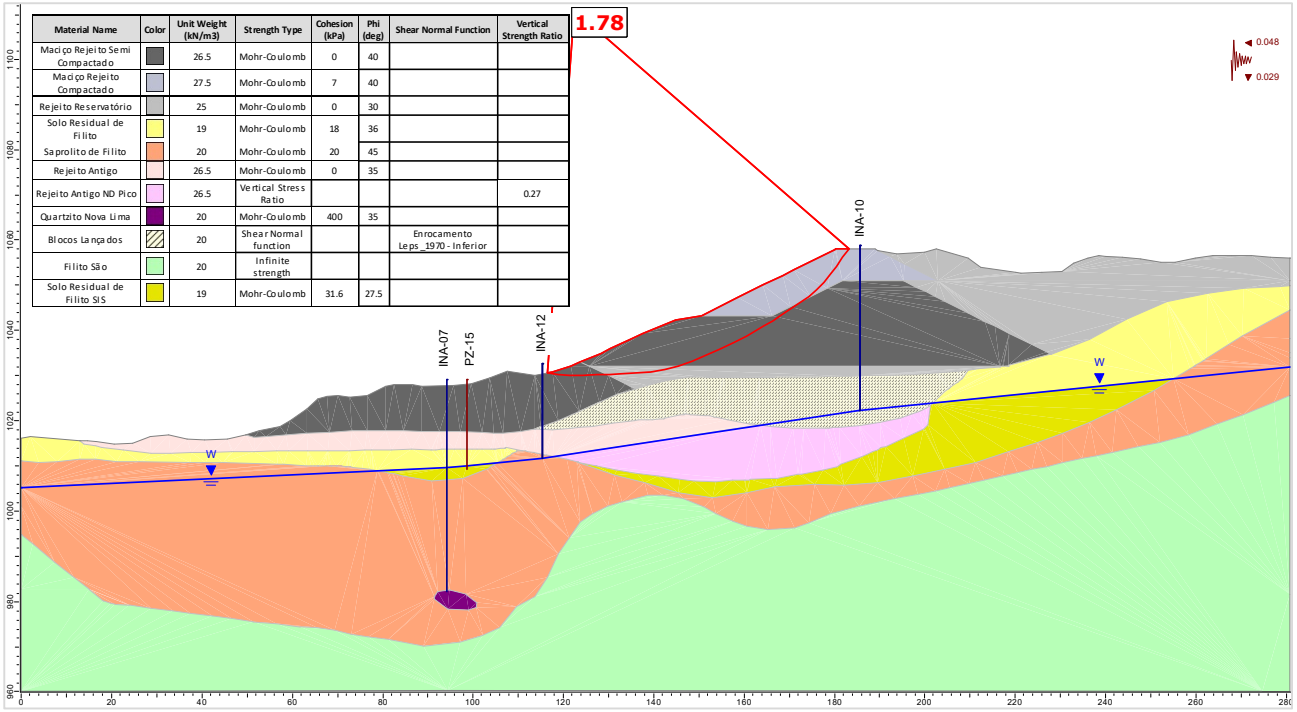


Figura 5.89 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B1 – Mina Ipê, no período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024).

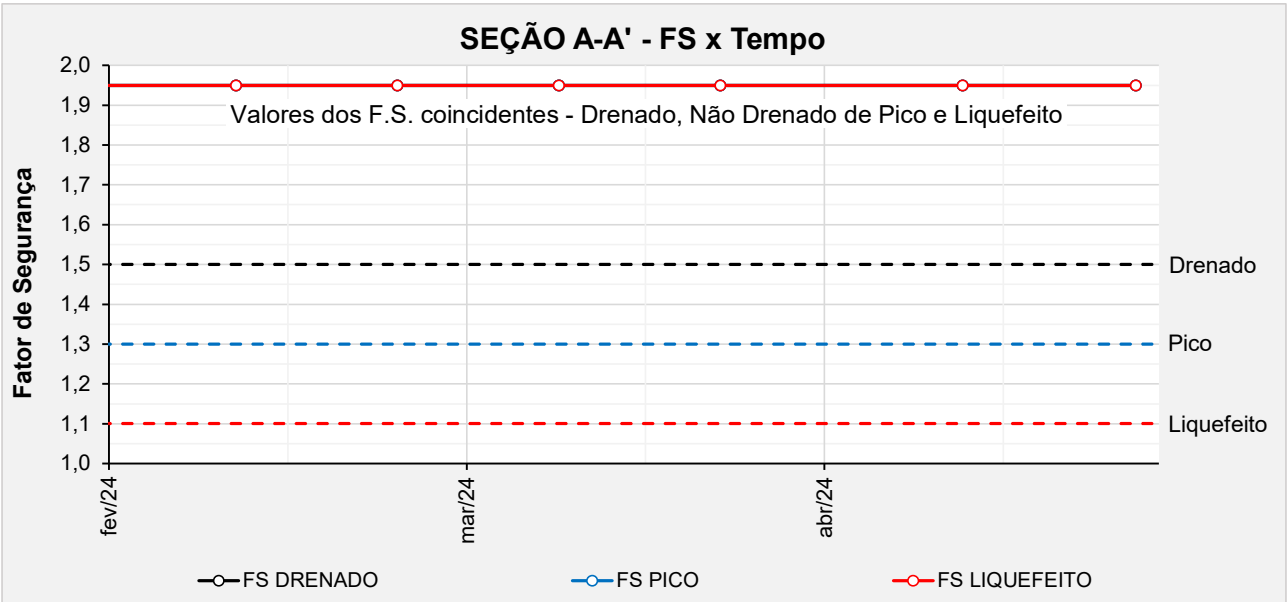


Figura 5.90 – Seção A-A’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

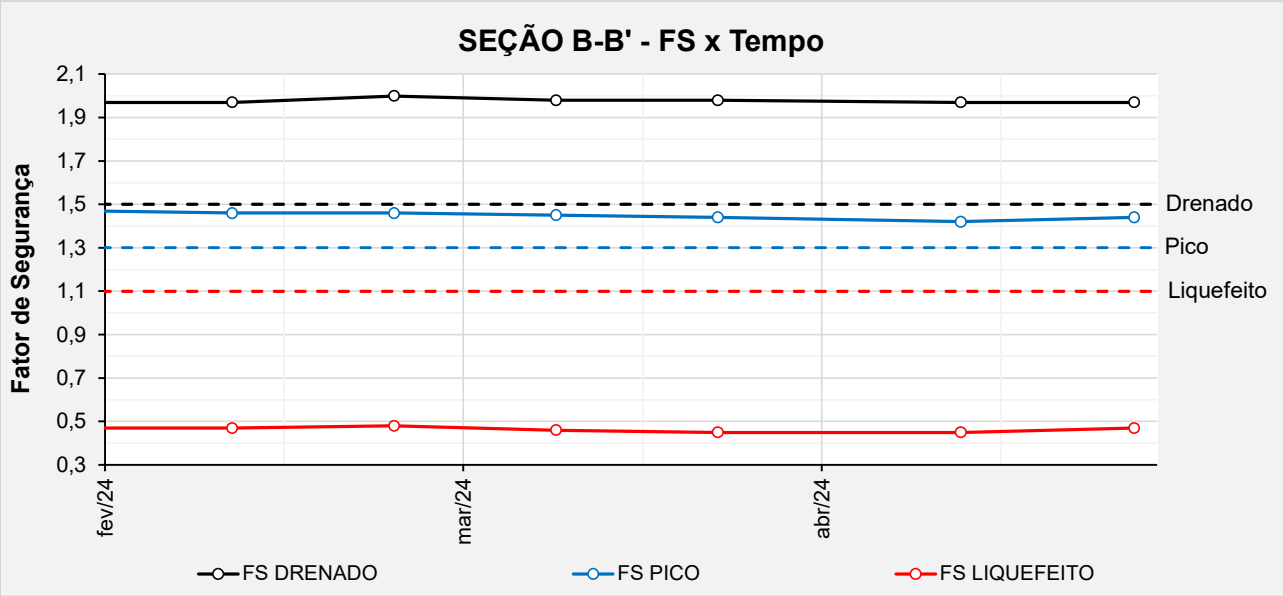


Figura 5.91 – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

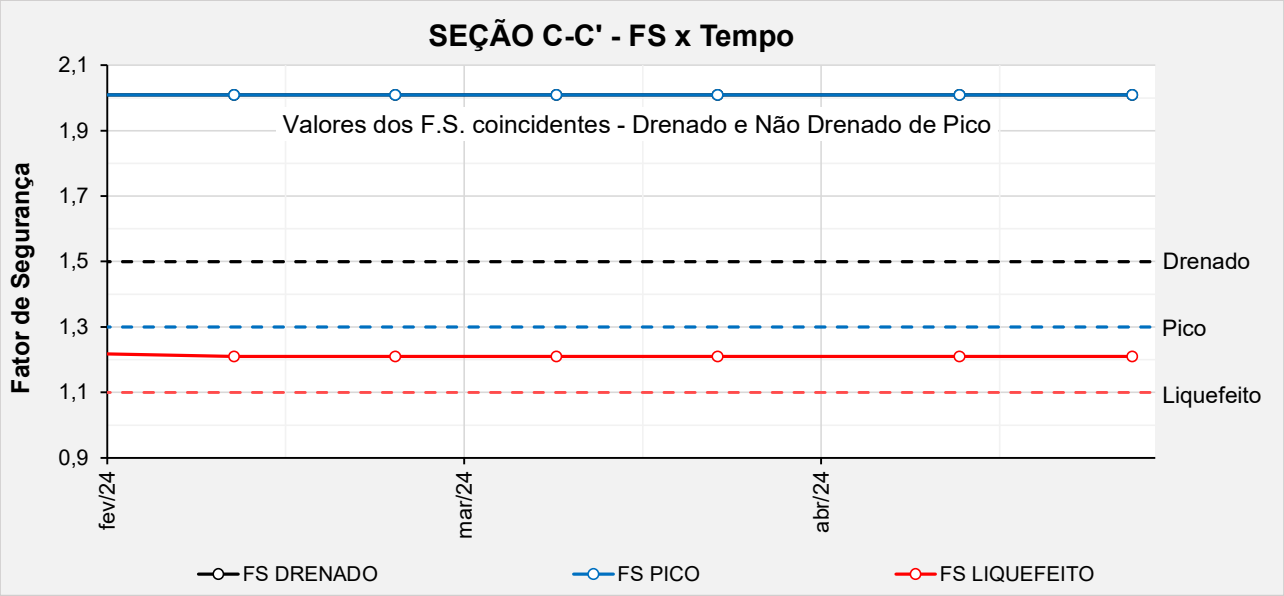


Figura 5.92 – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;

- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B1 – Mina Ipê será fundamental para o início e para continuidade das obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação da profundidade e pressão da água no solo e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos dos taludes.

Parte da fundação da Barragem B1 – Mina Ipê é composta por rejeito antigo que foi caracterizado como material contrátil a partir da análise de ensaios CPTu realizados pela Pattrol na campanha 2020 – 2022. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Tendo em vista que, principalmente na seção de controle B-B', o rejeito na fundação da barragem apresenta espessura e extensão consideráveis, os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade para carregamento não drenado liquefeito são baixos e não atendem aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020. Por essa razão, o rebaixamento da superfície freática atuante na estrutura se constitui na principal premissa deste projeto para início das obras de descaracterização.

Também será realizado uma inspeção visual diária de rotina dos taludes escavados e naturais de forma a monitorar eventuais anomalias de deformação.

Caso o poço de rebaixamento implantado à jusante da barragem consiga influenciar na camada saturada do rejeito, é provável que o fator de segurança atinja o valor mínimo exigido pelo TR da FEAM antes do início das obras.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, considera-se que é possível dar início às obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê desde que sejam atendidas as seguintes condicionantes:

a) Análise de estabilidade atualizada que demonstre fatores de segurança iguais ou

superiores àqueles exigidos pela legislação vigente;

b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima diária;
c) Realização de análises de estabilidade semanal;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 02 (dois) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição anterior, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista que permita autorizar o retorno das atividades.

5.9 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura verificadas nas análises de estabilidade com carregamento não drenado e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e da empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório e fundações para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura deverá ser verificado diariamente durante o período de execução das obras. Já os instrumentos instalados especificamente para o monitoramento do lençol freático no rejeito antigo (INA-09 a INA-14, PZ-19 e PZ-20) deverão ser lidos em intervalos máximos de 04 (quatro) horas. Caso os instrumentos indiquem que a superfície freática se encontra abaixo do nível do rejeito antigo em todos os instrumentos, a obra poderá prosseguir normalmente. Caso contrário, a equipe da MMI ou outra equipe com profissionais qualificados deverá realizar uma análise de estabilidade para verificação do fator de segurança referente à freática medida.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B1 – Mina Ipê. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos

automatizados instalados.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O fator de segurança avaliado com os dados atualizados da instrumentação não atender aos critérios mínimos descritos nesse projeto;
- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 02 (dois) sismógrafos instalados na barragem;
- A bomba de rebaixamento do lençol freático parar de operar por qualquer motivo;
- O profissional de campo identificar sinais/evidências de deformação nos taludes das ombreiras e áreas adjacentes;
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista.

6. Obras de Descaracterização

Este item não é aplicável, já que o projeto executivo de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê ainda não foi aprovado pela FEAM e empresas parceiras.

7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 7.1 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.1 IDENTIFICAÇÃO	
VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: a) Memorial descritivo e desenhos das estruturas implantadas, removidas ou modificadas, ou informações equivalentes, bem como dispositivos de proteção ambiental;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: c) Descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: d) Descrição das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. No caso de remoção do maciço e do reservatório, apresentar as medidas adotadas para a execução deste procedimento e um quantitativo dos materiais retirados;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Apresentar as medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório, quando couber, bem como informar o seu nível no estágio atual das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar análises de estabilidade nas condições drenada e não drenada, e levando em consideração as solicitações sísmicas que possam atuar sobre a estrutura, avaliando as resistências de pico e residual para a geometria da barragem na atual etapa da obra;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas análises de estabilidade da condição atual

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
VI. Apresentar o andamento das medidas de estabilização e/ou reforço para atingir no mínimo os fatores de segurança estabelecidos no item V, bem como das medidas de contingência adotadas caso a estabilidade da estrutura durante as obras não possa ser garantida;	Está em operação poço de bombeamento para rebaixamento da superfície freática.
VII. Apresentar o andamento das obras para: a) Remoção das infraestruturas associadas à barragem, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;	Não aplicável. As infraestruturas associadas à barragem já foram removidas.
VII. Apresentar o andamento das obras para: b) Reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. O nível d'água é mantido o mínimo possível na área do reservatório com a operação de bombas. Está em operação poço de bombeamento para rebaixamento da superfície freática.
VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.	Não aplicável. O projeto de descaracterização considera a remoção completa da estrutura.
VIII. Apresentar a análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções; • Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para corrigir as anomalias registradas durante as inspeções visuais, inclusive daquelas iniciadas em períodos anteriores ao do relatório apresentado até sua finalização.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. No termo de referência para acompanhamento do processo de descaracterização de barragens alteadas a montante no estado de Minas Gerais no item 1.3 relativo às obras de descaracterização é solicitada a apresentação de análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções. Conforme justificativa apresentada, as obras de descaracterização não foram iniciadas. Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, análises de estabilidade da estrutura e indicação das anomalias verificadas, evolução das tratativas

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	para suas correções e prazos para atendimento de recomendações.
IX. Apresentar as leituras da instrumentação instalada na barragem, informando a periodicidade adotada para as leituras e a relação dos níveis registrados pelos instrumentos com os Níveis de Controle de Segurança estabelecidos para a estrutura	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas leituras da instrumentação atualizada com histórico de dois anos hidrológicos.
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas leituras da instrumentação atualizada com histórico de dois anos hidrológicos.
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	O TR de descaracterização de barragens alteadas pelo método de montante não exige protocolo para garantir a segurança dos trabalhadores da obra para barragens com declaração de condição de estabilidade garantida, caso da Barragem B1 – Mina Ipê. O projeto atende ao exposto no item 3.3.1 do TR. Tal protocolo é exigido apenas para estruturas que se encontram em nível de alerta. De qualquer forma o projeto trata de critérios de inspeção e monitoramento para paralisação das obras conforme apresentado no Capítulo 12, mais específico no item 12.3 do Relatório de Descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.763).
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Registros fotográficos da condição atual da estrutura são apresentados

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	quinzenalmente nos relatórios de performance geotécnica
1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: a) Informar ações executadas do programa de manejo do patrimônio espeleológico na área afetada pelas obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: b) Informar as ações executadas ações de resgate da fauna e da flora na área afetadas, se couber;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: c) Deverão ser apresentadas as ações para controle de supressão vegetal e de processos erosivos na área afetada pelas obras de descaracterização, bem como os comprovantes de regularização ambiental da atividade;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: d) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para acompanhamento e controle dos índices de qualidade do ar na área afetada pelas obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: e) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para gestão de efluentes líquidos e resíduos sólidos na área afetada pelas obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Para obras em estágio de finalização, apresentar as medidas adotadas para o manejo e a proteção do solo, dos recursos hídricos, para garantir a estabilidade geotécnica da área descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de	Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.5 ASSINATURAS	
Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.6 ANEXO	
Apresentar as anotações de responsabilidade técnica – ART do projeto, do acompanhamento das obras e do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando atingir F.S. liquefeito ≥ 1,1 e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

8. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:

Elias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

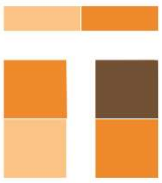
- Responsável técnico pela barragem:

Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

9. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



TERRACOTA
GEOTECNIA

Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231866125

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em:

Valor: **R$ 210.000,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381 , KM 520

Nº: **00**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Data de Início: **09/01/2023**

Previsão de término: **31/03/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **AMBIENTAL**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1 - MINA IPÊ.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- A Resolução n° 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.02.23 10:03:35 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Dados: 2023.02.24 08:31:37 -03'00'

BELO HORIZONTE 23 de FEVEREIRO de 2023

Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231866125

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

Valor da ART: **R$ 254,59** Registrada em: **23/02/2023** Valor pago: **R$ 254,59** Nosso Número: **8600951640**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: bABA5
Impresso em: 23/02/2023 às 09:58:57 por: , ip: 200.25.56.70

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243023031

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à MG20221553989

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1403750408**

Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **CCT000657**

Celebrado em: **17/07/2023**

Valor: **R$ 8.210,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Data de Início: **02/05/2024**

Previsão de término: **31/05/2024**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1 - MINA IPÊ (IPE.OP.RL.8000.GT.20.960), REFERENTE AO TRIMESTRE FEVEREIRO DE 2024 A ABRIL DE 2024, EM ATENDIMENTO AO TERMO DE COMPROMISSO - TC (MPF, MPMG, SEMAD/FEAM, ANM)

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2024.05.27 11:25:47 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

BELO HORIZONTE, 27 de MAIO de 2024

Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: dZ3DA
Impresso em: 27/05/2024 às 11:22:16 por: , ip: 200.25.56.74

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243023031

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à
MG20221553989

10. Valor

Valor da ART: **R$ 99,64** Registrada em: **27/05/2024** Valor pago: **R$ 99,64** Nosso Número: **8604836966**

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12822-R-BA-RL-08-GE_r1

FEVEREIRO 2024

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12822-R-BA-RL-08-GE_r1

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.920

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00	01				Rev doc	00	01				Rev doc	00	01				Rev doc	00	01			
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X	X				26	X	X				51	X	X				76	X	X			
2	X	X				27	X	X				52	X	X				77	X	X			
3	X	X				28	X	X				53	X	X				78	X	X			
4	X	X				29	X	X				54	X	X				79	X	X			
5	X	X				30	X	X				55	X	X				80	X	X			
6	X	X				31	X	X				56	X	X				81	X	X			
7	X	X				32	X	X				57	X	X				82	X	X			
8	X	X				33	X	X				58	X	X				83	X	X			
9	X	X				34	X	X				59	X	X				84	X	X			
10	X	X				35	X	X				60	X	X				85	X	X			
11	X	X				36	X	X				61	X	X				86	X	X			
12	X	X				37	X	X				62	X	X				87	X	X			
13	X	X				38	X	X				63	X	X				88	X	X			
14	X	X				39	X	X				64	X	X				89					
15	X	X				40	X	X				65	X	X				90					
16	X	X				41	X	X				66	X	X				91					
17	X	X				42	X	X				67	X	X				92					
18	X	X				43	X	X				68	X	X				93					
19	X	X				44	X	X				69	X	X				94					
20	X	X				45	X	X				70	X	X				95					
21	X	X				46	X	X				71	X	X				96					
22	X	X				47	X	X				72	X	X				97					
23	X	X				48	X	X				73	X	X				98					
24	X	X				49	X	X				74	X	X				99					
25	X	X				50	X	X				75	X	X				100					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS
01	I	APROVADO

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV. 01	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	27/02/2024	29/02/2024					
EXECUTADO	GFL / EJC	GFL / EJC					
VERIFICADO	EJC	EJC					
APROVADO	EJC	EJC					

SUMÁRIO

1. Introdução 4
2. Documentos de referência 5
3. Códigos e Normas 6
4. Ficha Técnica do Empreendimento 7
4.1 Identificação do Empreendedor 7
4.2 Identificação do Empreendimento 7
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 7
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 7
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 7
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 8
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 8
4.8 Localização da Barragem 8
4.9 Função atual 9
4.10 Características Gerais 10
4.11 Classificação da Barragem 14
5. Projeto de Descaracterização 19
5.1 Descrição do Projeto 20
5.2 Alterações de Projeto 25
5.3 Atividades Preparatórias 25
5.3.1 Poço de Rebaixamento 25
5.3.2 Sistema de Bombeamento no Reservatório 26
5.3.3 Adequação da Caixa de Dissipação do Sistema Extravasor 27
5.4 Cronograma 27
5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos 29
5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado 29
5.6.1 Inspeções de Campo 29
5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções 29
5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem 31
5.6.3.1 Leituras Instrumentação 38
5.6.4 Análise de Estabilidade 56
5.6.4.1 Premissas adotadas nas Simulações 57
5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem 59
5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática 65

5.6.4.4 Parâmetros de Resistência 66
5.6.4.5 Resultados 67
5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 80
5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 81
5.9 Rotina de Monitoramento 82
6. Obras de Descaracterização 83
7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 83
8. Assinaturas 87
9. Anexos 88

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê, referente ao trimestre (Novembro/2023 a Janeiro/2024), elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê, o qual foi emitido em fevereiro de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

Apesar de o projeto executivo ter sido emitido em fevereiro de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê não foram iniciadas até o momento.

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.558_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.559_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.560_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.641_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Especificação Técnica. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.642_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.652_r2 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.679_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.719_r1 – Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragem – Barragem B1 Ipê – Mina Ipê – FEAM – 2º Semestre de 2023. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Agosto/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.652_r1 – Barragem B1 – Mina Ipê – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco – Não-drenado. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Agosto/2023.

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2017 – dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

4.8 Localização da Barragem

A Barragem B1 – Mina Ipê localiza-se no vale do córrego Quéias, no município de Brumadinho-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 572.390 E e 7.775.120 N, próximo do alto da Serra das Farofas. O acesso é realizado pelo trevo imediatamente após o km 520 da rodovia Fernão Dias (BR-381), à margem direita no sentido sul (BH-SP).

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

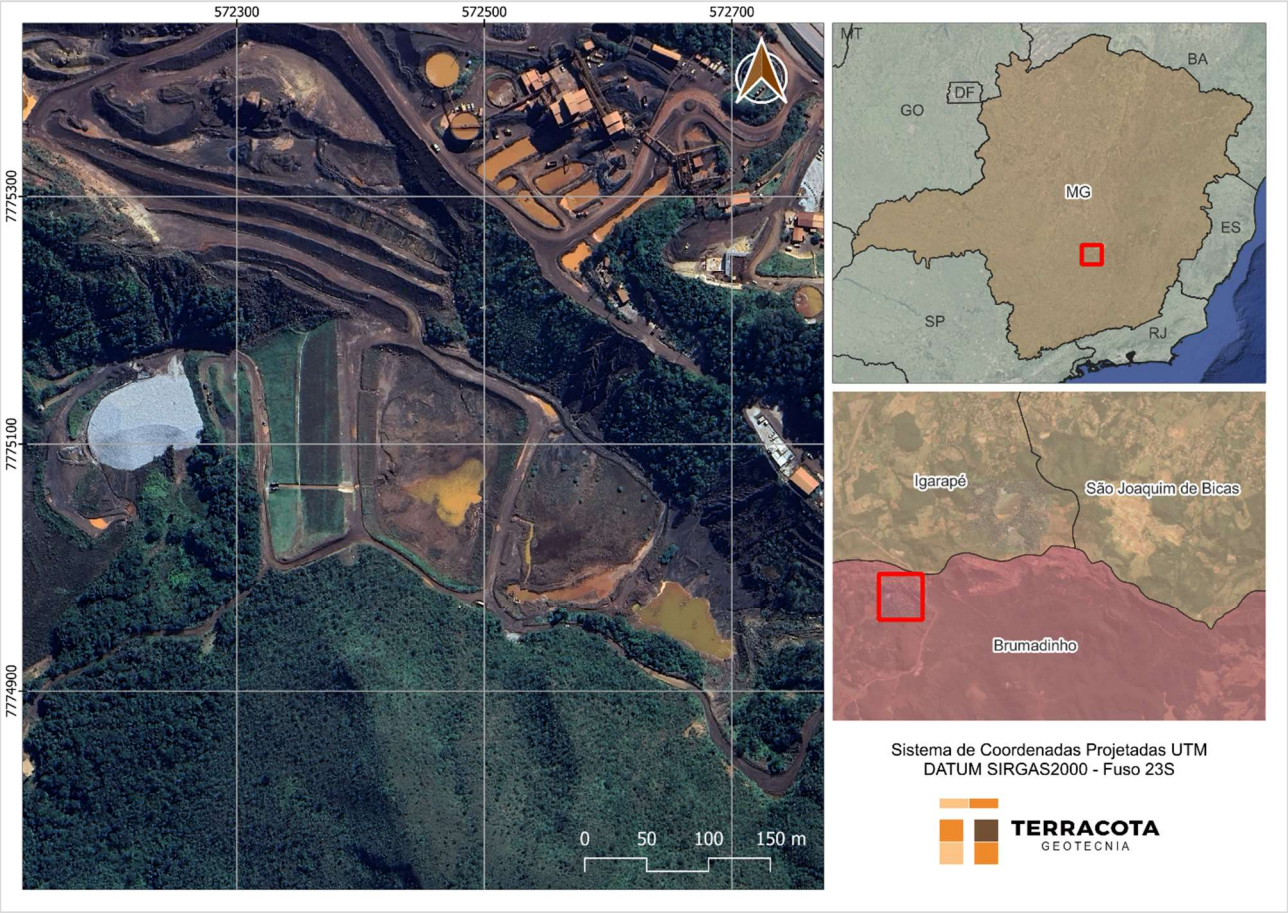


Figura 4.1 – Localização da Barragem B1 – Mina Ipê.

4.9 Função atual

As funções da barragem englobaram a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro da Mina Ipê, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como de Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte.

Em virtude da exaustão da capacidade de acumulação da bacia da barragem e da necessidade operacional de se criar espaços para a disposição de rejeitos, a partir do último trimestre de 2010 até dezembro de 2017, foram realizadas operações de retomada ("lavra") do rejeito disposto hidraulicamente e transportados e empilhados mecanicamente. Para tanto, o reservatório foi subdividido em baias de forma a não paralisar as operações sendo que enquanto o lançamento era realizado em uma porção, o rejeito era retomado na outra. O lançamento de rejeitos foi paralisado em dezembro de 2017, operando, desde então, basicamente na retenção de sedimentos exógenos e no amortecimento de cheias provenientes de sua bacia de contribuição. Atualmente a estrutura vem sendo preparada para entrar em processo de descaracterização.

4.10 Características Gerais

A Barragem B1 – Mina Ipê foi construída em 3 (três) etapas, sendo o maciço inicial na El. 1.031,00 m, o primeiro alteamento a montante na El. 1.051,00 m, e o segundo alteamento na El. 1.057,00 m construído em direção a jusante, porém sobre o maciço do primeiro alteamento. Em todas as etapas, foi utilizado rejeito compactado para construção dos respectivos maciços.

Até meados de 2021 a estrutura era considerada como alteada pelo método de jusante, até serem apreciadas as informações contidas no relatório técnico do segundo alteamento, documento R_033_92 elaborado pelo Engenheiro Consultor José Jaime Rodrigues Branco. No referido documento, o autor descreve a execução de um maciço drenante lançado a jusante, a partir do qual a barragem apresentaria condição de estabilidade adequada para realização de sucessivos alteamentos para direção de montante, conforme trecho a seguir retirado do relatório mencionado:

> *"Inicialmente será restaurada a barragem existente com a construção de um maciço drenante lançado para jusante formando um pé para estabilização do maciço atual... [...]*
> *Esta estabilização permitirá a elevação sucessiva de crista da barragem para montante com condições de drenagens e taludes adequadamente dimensionados, de maneira a se manter um fator de segurança para a completa estabilidade do novo maciço... [...] Esta barragem está praticamente toda assoreada com rejeito. Sobre o assoreamento foi projetada a elevação da crista para montante até a cota 556,0 com uma banqueta de 10,0 m de altura na cota 536,0, com altura de 23,0 metros..."*

Entre 2020 e 2022 foi realizada uma extensa campanha de sondagens para subsidiar a elaboração do projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê, na qual foi validada a hipótese de o alteamento ter sido construído pelo método de montante.

Entre fevereiro e março de 2023 foi executado um aterro de reforço a jusante da estrutura de forma a atender o fator de segurança requerido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,30).

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.1, sendo as informações existentes atualizadas considerando um levantamento topográfico de setembro de 2020 (BARRAGEM B1 IPÊ_15_10_ATUAL), levantamento topográfico de novembro de 2021 (B1_IPE_16NOV21), o levantamento topográfico do projeto "*As Built*" do segundo alteamento (TOPOGERAL_11082014.dxf), o levantamento topográfico "*As Built*" do aterro de reforço (CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg) e o levantamento topográfico cadastral (CADASTRO_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B1_IPE_21JUN23.dwg).

Na Figura 4.2 é apresentada uma imagem de satélite da estrutura. A Figura 4.3 e Figura 4.4 apresentam o arranjo geral e a seção B-B' de maior altura da barragem.

Tabela 4.1 – Principais características da Barragem B1 – Mina Ipê.

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B1 – Mina Ipê
Código FEAM	132
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: - 20° 7'11.60" Longitude: - 44°18'26.89"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	572.390m E / 7.775.120m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	~1991
Ano de Início de Operação	~1991
Ano de Término de Operação	2017
Ano de Término de Descaracterização	2025 (previsão)
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (projeto)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total (m³)	1.236.370 (*)
Volume do reservatório (m³)	943.579 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	786.359
Área do reservatório (m²)	51.226
Elevação mínima do coroamento (m)	1.057,83
Elevação do terreno natural no pé do barramento (m)	1.002,10
Altura atual da barragem (m)	55,0
Extensão do coroamento (m)	176,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, no mínimo 3,0
Inclinação geral do talude jusante	2,55H:1V (21,4º)
Alteamentos realizados e seus métodos empregados	2 alteamentos a montante (**)
Nível d'água máximo maximorum (TR 1.000 anos) (m)	1.057,18 / 1.056,95 (***)
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.057,56 / 1.057,03 (***)
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.057,80 / 1.057,52 (***)
Borda livre mínima (TR 1.000 anos) (m)	0,65 / 0,88 (***)
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,27 / 0,80 (***)
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,03 / 0,31 (***)
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	8,09 (N.A. El. 1057,56 m)
Capacidade de Descarga do vertedouro (m³/s)	11,25 (N.A. El. 1057,83 m)
Área da bacia de contribuição (km²)	0,51

(*) Volumes atualizados a partir das superfícies resultantes da nova interpretação geológica elaborada pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos hídricos e levantamento topográfico de novembro de 2021 acrescido de 31.705 m³ referente ao aterro de reforço;
(**) O maciço do segundo alteamento foi construído no sentido para jusante, porém é uma ampliação do maciço do 1º alteamento, executado pelo método de montante.
(***) Valores obtidos considerando que todo o volume livre estaria disponível para a passagem do trânsito de cheias.



Figura 4.2 – Imagem da Barragem B1 – Mina Ipê. (Fonte: GoogleEarth® - Maio/2023).

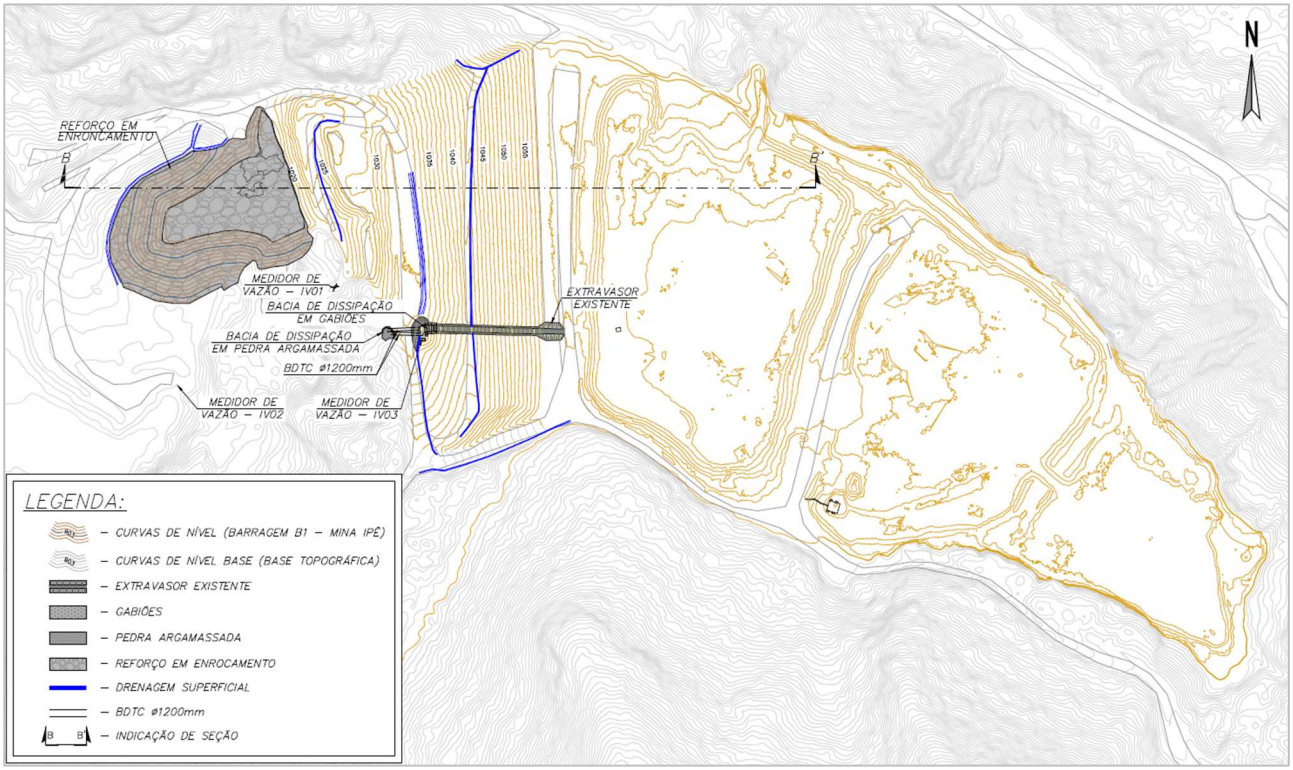


Figura 4.3 – Arranjo Geral atual da Barragem B1 – Mina Ipê.

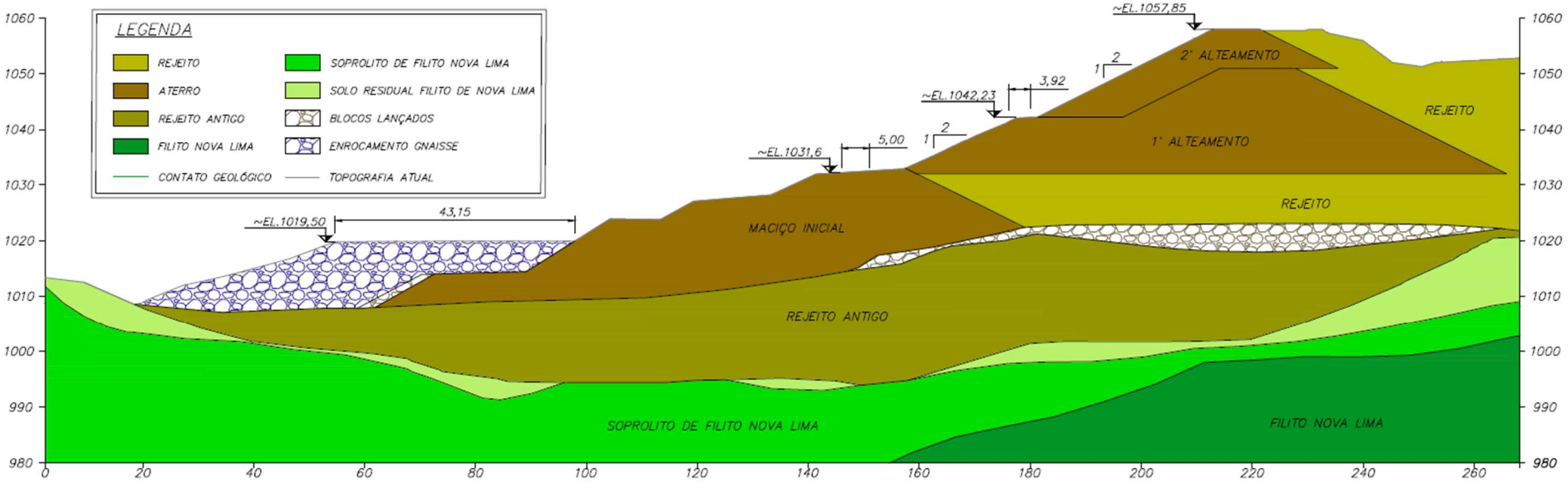


Figura 4.4 – Seção de maior altura B-B' da Barragem B1 – Mina Ipê.

4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B1 – Mina Ipê** foi classificada, conforme RTESB referente ao 2º semestre/2023 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.719), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.2 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	15
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**15**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.3 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	1
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**19**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.4 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.5 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	**50m< Comprimento <200m (1)**	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	200m≤ Comprimento ≤600m (2)	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 15				

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 0				

Tabela 4.8 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	**BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)**
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanen-temente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de insta-lações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO (Existe alta concentração de instalações residen-ciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
PDA = Σ (a até d) = 19			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de remoção completa dos rejeitos dispostos no reservatório, além dos maciços, tanto o maciço inicial quanto os alteamentos realizados e do aterro de reforço, de forma a retornar o vale à uma condição próxima a original;
- O projeto considera a utilização de poço de rebaixamento instalado a jusante da barragem para o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis na fundação antes do início das obras e que esta condição será mantida e monitorada durante os trabalhos de forma a atender os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado liquefeito (FS≥1,1) em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização;
- O atendimento à premissa anterior considera que a barragem trabalhará em condições drenadas, dessa forma não haverá necessidade de se adotar uma Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ);
- O projeto de descaracterização foi concebido para ser executado em duas etapas macro de remoção (dois anos/ciclos), sendo a primeira com remoção dos rejeitos do reservatório até a elevação 1.043,0 m e rebaixamento do maciço da barragem para a elevação 1.046,50 m e a segunda concluindo a remoção completa na elevação 1.001,0 m;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos. Mesmo assim, o projeto contempla a escavação no rejeito de *sumps* provisórios no interior do próprio reservatório, para direcionamento dos fluxos de água de chuvas eventuais a serem bombeados para a planta de processo. Essas estruturas serão realocadas a medida do avanço do rebaixamento do rejeito;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada em camadas de espessura média de 2,0 m, que poderá ser ajustada em campo, condicionada à capacidade de suporte do material. Caso necessário, serão executadas valas drenantes para deságue do rejeito saturado com o objetivo de garantir condições de segurança e operação para trafegabilidade dos equipamentos durante a atividade de lavra. Nos casos em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro com rejeito seco (aterro de conquista) de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;
- O volume total geométrico de remoção previsto, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.100.789 m³;

- Deverá ser realizada a recomposição vegetal da área do terreno natural exposta pelas escavações após remoção dos rejeitos e maciços, com utilização de materiais apropriados. Conforme item 3.6 da TR de Descaracterização da FEAM, a técnica será determinada com embasamento no diagnóstico da área pós-descaracterização à medida que avançam as obras e se tenha as reais condições da superfície exposta com objetivo final de reintrodução da área ao contexto da paisagem local;
- Será proposta uma proteção na calha do fundo do vale com blocos de enrocamento onde se espera que haja fluxo de água, de forma a proteger o local contra erosão.

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê é composto por 02 (duas) etapas macro, conforme descrito no relatório do projeto (IPE.OP.RL.8000.GT.20.560), contemplando as escavações dos rejeitos dispostos no reservatório até a elevação 1.043,0 m e o rebaixamento dos maciços dos alteamentos até a elevação 1.046,50 m, apresentada como Etapa 1, e a remoção do restante dos rejeitos dispostos no reservatório, dos maciços de alteamentos e maciço inicial, dos rejeitos existentes na fundação (rejeito antigo), além da remoção do reforço em enrocamento a jusante e utilização do material como revestimento do canal e *sump*, compreendidos na Etapa 2.

A execução da obra está prevista para ser realizada em duas etapas macro, sendo que a adequação do sistema extravasor faz a divisão entre essas etapas. Para cada etapa será realizada a remoção dos seguintes volumes de materiais:

<u>Etapa 1</u>

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 447.562.m^3;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 57.650.m^3.

<u>Etapa 2</u>

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 226.600.m^3;
- Volume de blocos a serem removidos da fundação: 14.210.m^3;
- Volume de blocos a serem removidos do aterro de reforço a jusante: 31.705 m^3;
- Volume de "rejeitos antigos" a serem removidos da fundação: 99.000.m^3;[1]
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 224.062.m^3.

[1] Neste volume estão considerados os volumes de escavação do *sump* e do canal de drenagem a ser implantado após as escavações de remoção do rejeito.

Com base na taxa de escavação média aproximada entre 2.800 e 3.100 m³ por dia, fornecida pela MMI, cada etapa está prevista para ser executada em um período seco (6 meses, de maio a outubro), podendo ser estendido em função do regime de chuvas.

Os taludes de escavação terão inclinação de 1V:3H, quando for executado em rejeito disposto no reservatório, e 1V:2H, quando resultantes das escavações em rejeito dos maciços compactados. A Figura 5.1 apresenta o resumo da sequência construtiva de remoção do rejeito em camadas.

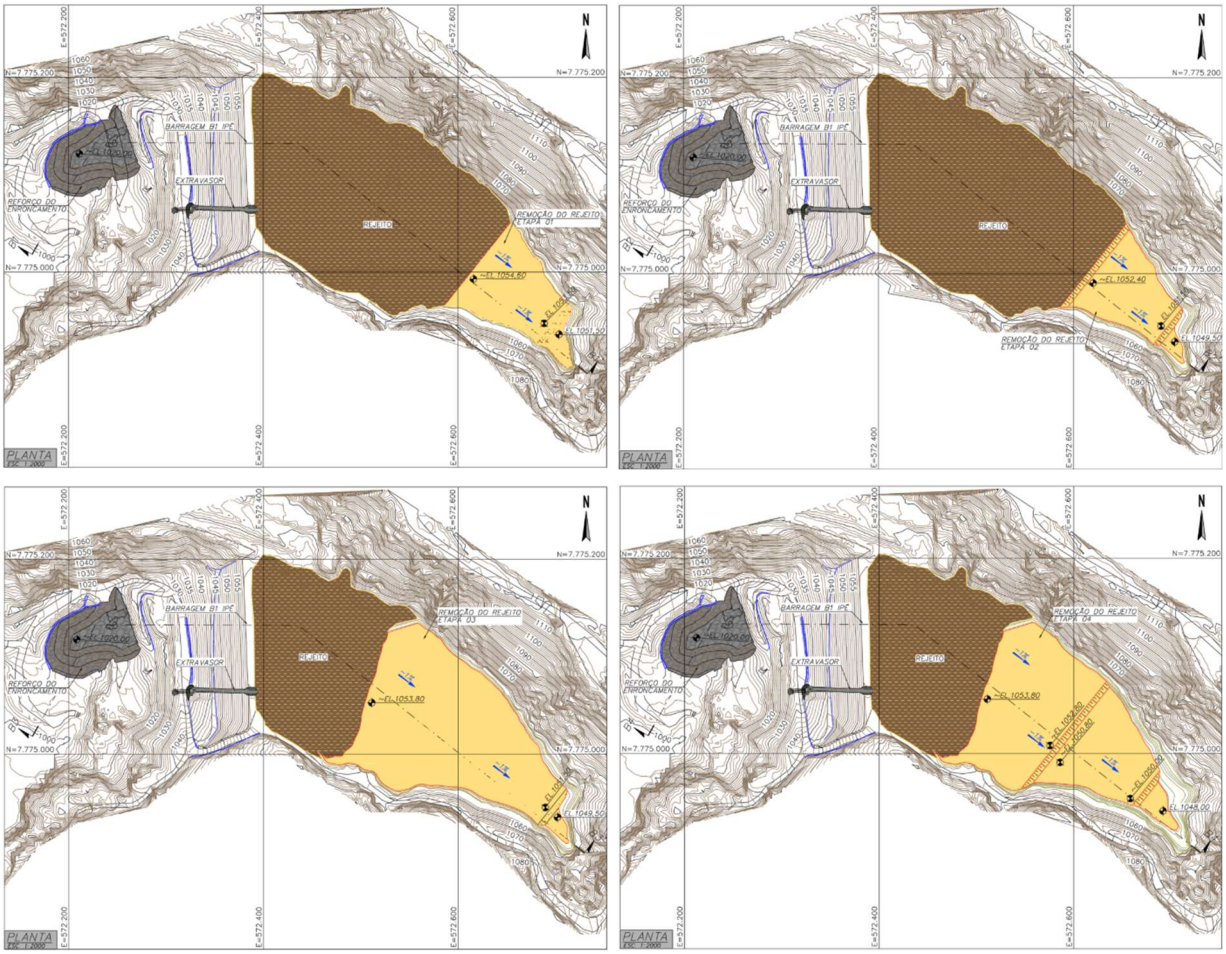


Figura 5.1 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente às quatro primeiras etapas.

Ao término das obras, com a remoção completa dos rejeitos, a área do espaldar da barragem e do reservatório se encontrará conformada em uma condição próxima à original e com o vale protegido com blocos de enrocamento como forma de controle de erosões.

Também faz parte das obras a adequação do sistema extravasor, na etapa de remoção intermediária da barragem, com coroamento do maciço na elevação 1.046,50 m e soleira do extravasor na elevação 1.043,50 m.

A execução das obras deverá cumprir com as diretrizes apresentadas na especificação técnica, nos desenhos de projeto e no relatório técnico do projeto executivo. Ressalta-se que as especificações detalhadas neste documento poderão ser ajustadas conforme experiência adquirida em campo durante a execução das obras, desde que aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

Durante a execução de todas as fases deverá ser realizada a remoção e limpeza dos rejeitos do reservatório e alteamentos / maciços até o terreno natural nos encontros com as ombreiras.
As áreas expostas do terreno natural deverão receber recomposição vegetal como forma de proteção contra erosões/ravinamento, sendo que o talvegue remanescente no meio do vale deverá receber proteção com enrocamentos.

O volume a ser escavado de rejeitos no reservatório será de aproximadamente 674.000 m³. O volume a ser escavado de aterros compactados dos alteamentos e do maciço inicial da barragem, também executados com rejeitos, será de aproximadamente 282.000 m³. As obras também envolvem a escavação de blocos lançados e os rejeitos antigos da fundação com volumes em torno de 14.000 m³ e 99.000 m³, respectivamente. Também serão removidos 31.705 m³ de blocos do aterro de reforço a jusante da estrutura que será utilizado no revestimento do *sump* e canal de drenagem a serem implantados após a remoção da estrutura. A soma de todos os materiais a serem removidos durante as obras de descaracterização totalizam aproximadamente 1.101.000 m³.

A seguir são apresentadas figuras representativas das etapas de execução do projeto de descaracterização.

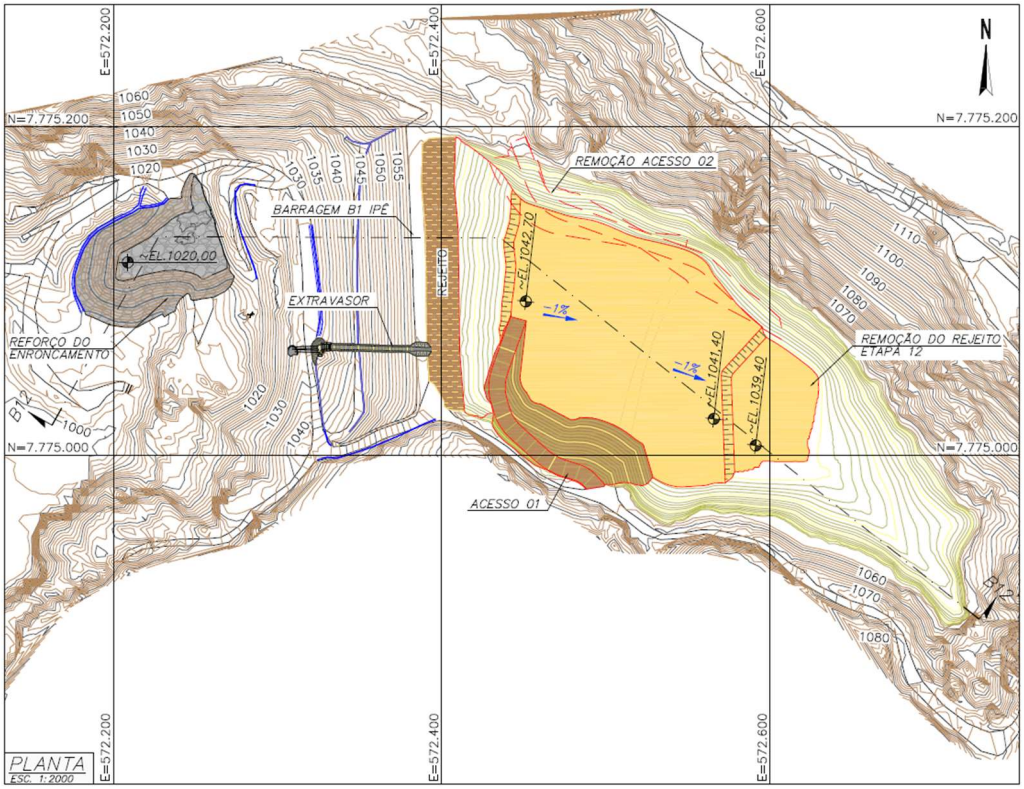


Figura 5.2 – Etapa 12 – Remoção do rejeito do reservatório sem escavação do maciço.

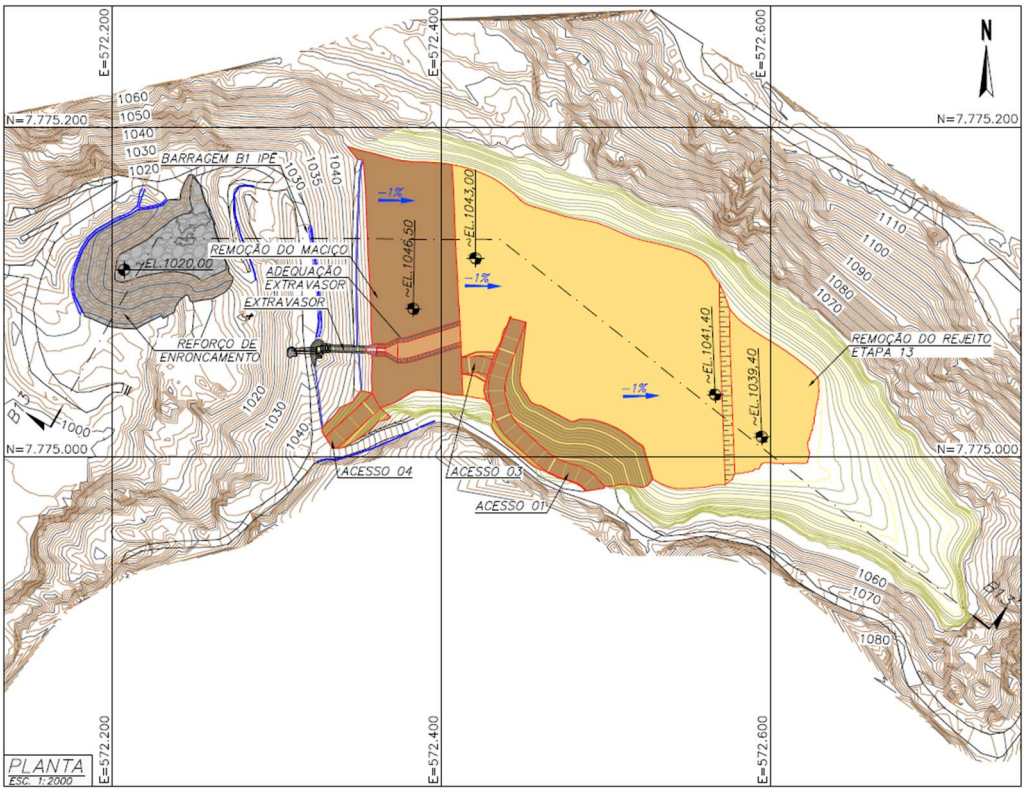


Figura 5.3 – Etapa 13 – Escavação do maciço e implantação de novo sistema extravasor.

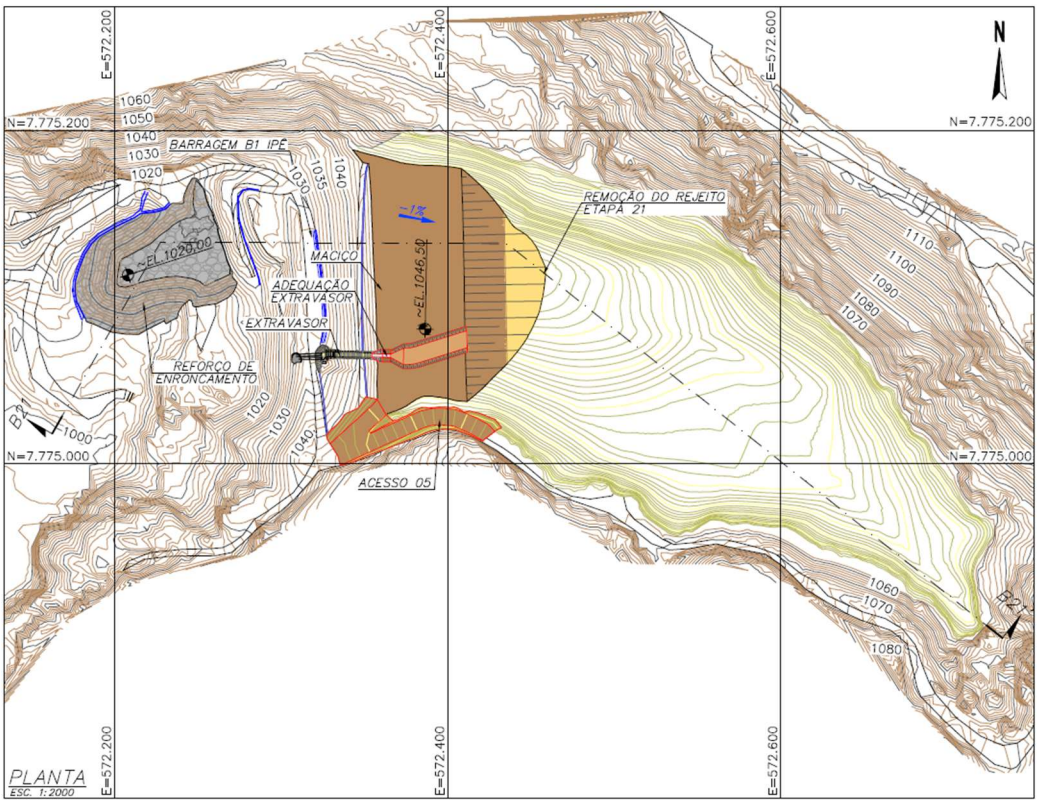


Figura 5.4 – Etapa 21 – Início da escavação do restante dos maciços e do rejeito antigo e a conformação do fundo do vale.

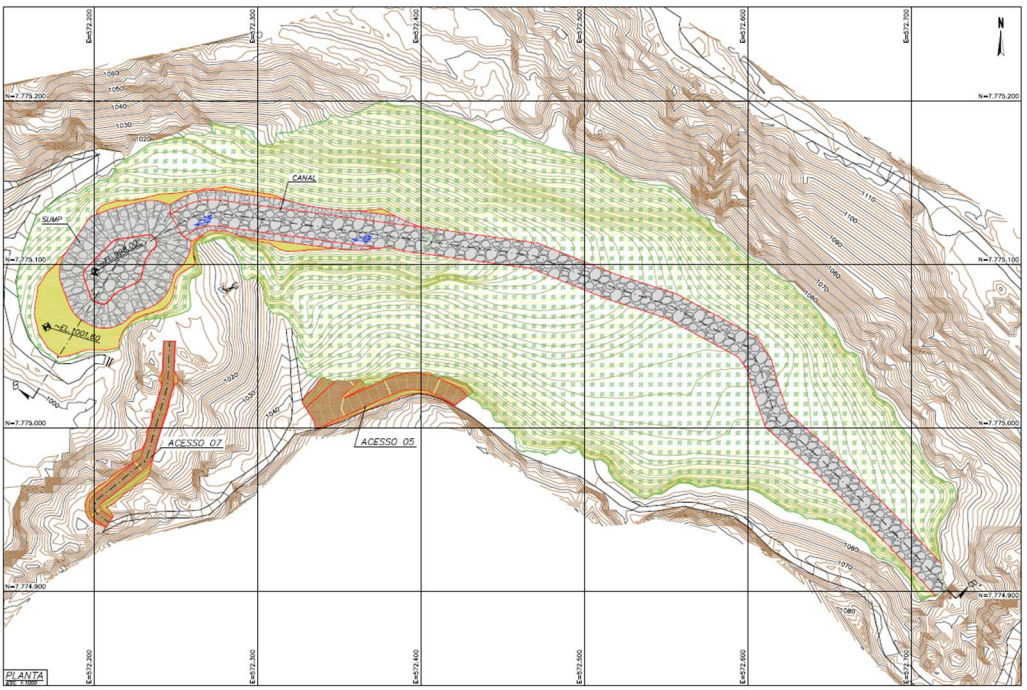


Figura 5.5 – Arranjo geral após a finalização das obras.

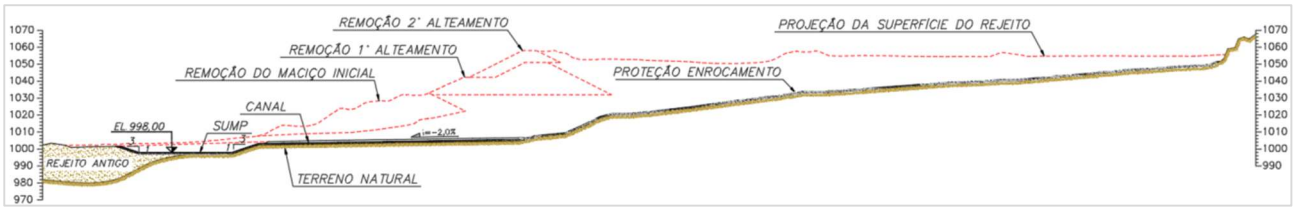


Figura 5.6 – Seção transversal passando pelo vale após a finalização das obras.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização, porém os documentos passaram por revisão de modo a contemplar o reforço de enrocamento executado a jusante, os quais foram emitidos em novembro/2023.

5.3 Atividades Preparatórias

A seguir são apresentadas as atividades preparatórias para início da obra de descaracterização executadas durante o período avaliado.

5.3.1 Poço de Rebaixamento

Como premissa do projeto de descaracterização da Barragem B1- Mina Ipê, o nível freático deve estar abaixo da camada de rejeito contrátil presente na fundação da barragem. Para atingir este objetivo, foi executado pela empresa Master Poços, na 1ª quinzena de abril de 2023, um poço de bombeamento com aproximadamente 176 m de profundidade, para rebaixamento do lençol freático local. Foi realizada a instalação da bomba (Motobomba Leão S65-10 600 – 35 CV - 440 Trifásica) e o teste de bombeamento foi executado entre os dias 29/09/2023 e 24/10/2023 enviando a água para dois tanques metálicos.

No período avaliado (novembro/2023 a janeiro/2024) a bomba esteve em operação com pequenos períodos de paralisação para manutenção da tubulação. Esta água está sendo direcionada para a usina através de uma bomba BA13 operando 24 h/dia com vazão de 60 m³/h.



Foto 5.1 – Vista do poço de bombeamento.



Foto 5.2 – Vista dos tanques e bomba BA13.

A localização do poço é apresentada na Figura 5.7.

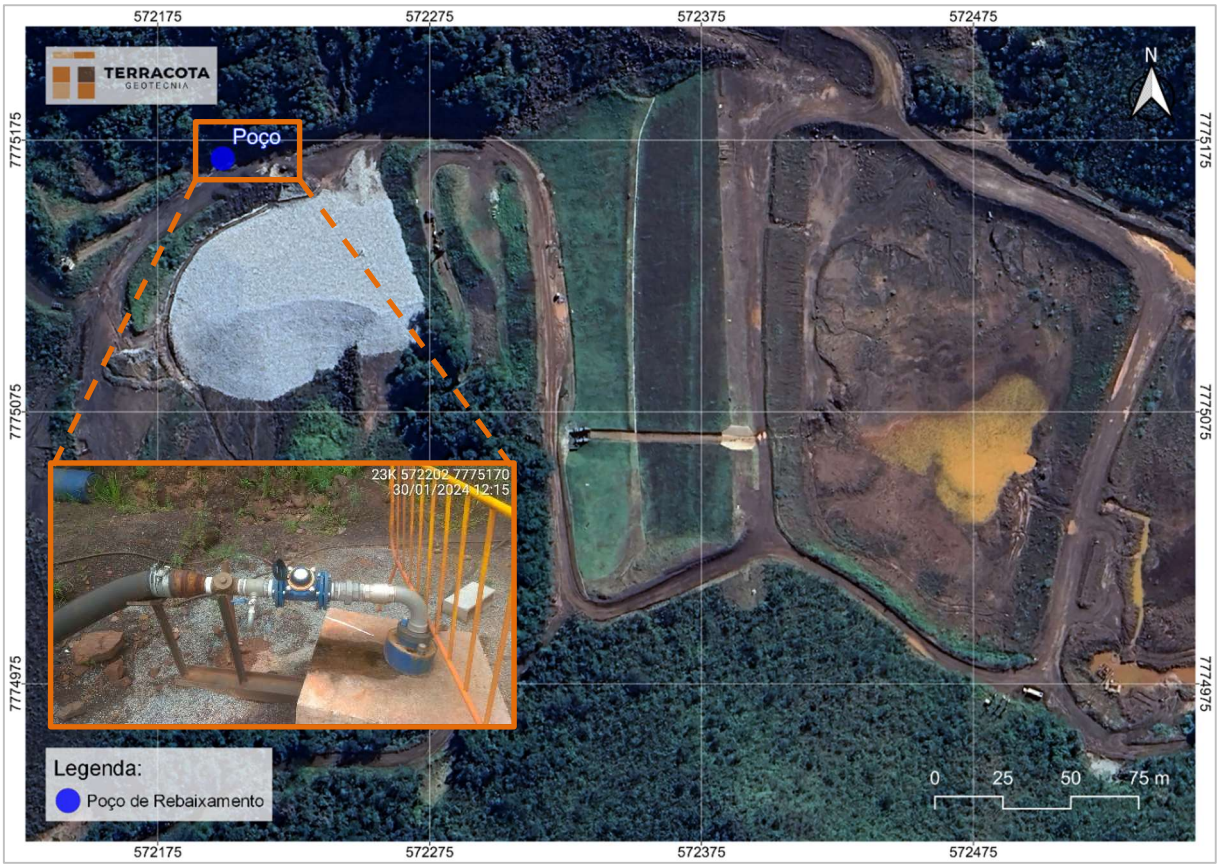


Figura 5.7 – Localização do poço de rebaixamento.

5.3.2 Sistema de Bombeamento no Reservatório

Como parte da preparação para o período chuvoso, foram instaladas bombas nas bacias do reservatório. Uma na baia de jusante (Foto 5.3) e outra bomba, modelo *flygt* com sensor automático de ativação na baia de montante (Foto 5.4), de modo a reduzir a infiltração e o tempo de formação de lago dentro do reservatório.



Foto 5.3 – Sistema de bombeamento localizado na baia de jusante.



Foto 5.4 – Sistema de bombeamento localizado na baia de montante.

Durante as obras de descaracterização, um sistema de bombeamento similar ao localizado na baia de montante (Foto 5.4) será mantido no *sump* operacional de cada fase de escavação.

5.3.3 Adequação da Caixa de Dissipação do Sistema Extravasor

A partir da verificação do sistema extravasor para vazões PMP, de forma a atender às determinações do Art. 24 da Resolução 95/2022 da ANM, verificou-se a necessidade de realizar a adequação das paredes da caixa de dissipação de modo a evitar possível transbordamento para o acesso. A seguir são apresentadas imagens da execução do alteamento das paredes (Foto 5.5) e implantação de proteção em revestimento vegetal (Foto 5.6).



Foto 5.5 – Alteamento das paredes da caixa de dissipação.



Foto 5.6 – Implantação de revestimento vegetal nas paredes da caixa de dissipação.

5.4 Cronograma

Na Figura 5.8 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê considerando desde os serviços preliminares e as obras de descaracterização propriamente dito.

Ressalta-se que foi considerada a operação do poço de rebaixamento durante todas as etapas de descaracterização (remoção da barragem). O sistema somente poderá ser desligado se o fator de segurança para o carregamento não drenado liquefeito tenha atingido o valor de 1,1 exigido pela TR FEAM e se mantenha nesta condição mesmo sem a operação desse poço. Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.

Id	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1	1	DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B1 - MINA IPÊ	1093 dias	Seg 02/10/23	Qua 08/12/27
2	1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	120 dias	Seg 02/10/23	Sex 15/03/24
3	1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 05/02/24	Sex 23/02/24
4	1.1.2	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	15 dias	Seg 26/02/24	Sex 15/03/24
5	1.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Seg 26/02/24	Sex 15/03/24
6	1.1.4	OPERAÇÃO DO POÇO DE REBAIXAMENTO PARA REBAIXAMENTO DA SUPERFÍCIE FREÁTI	120 dias	Seg 02/10/23	Sex 15/03/24
7	1.2	DESCARACTERIZAÇÃO	420 dias	Seg 18/03/24	Sex 24/10/25
8	1.2.1	FASE 1 - REMOÇÃO PARCIAL DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	70 dias	Seg 18/03/24	Sex 21/06/24
9	1.2.1.1	EXECUÇÃO DE SUMP COM BASE NA ELEVAÇÃO 1.051,50 M	10 dias	Seg 18/03/24	Sex 29/03/24
10	1.2.1.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO ATÉ A ELEVAÇÃO 1.041,40 M	60 dias	Seg 01/04/24	Sex 21/06/24
11	1.2.1.3	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE ATÉ ELEVAÇÃO 1.041,40 M	60 dias	Seg 01/04/24	Sex 21/06/24
12	1.2.2	FASE 2 - PRIMEIRO REBAIXAMENTO DO MACIÇO	70 dias	Seg 24/06/24	Sex 27/09/24
13	1.2.2.1	DEMOLIÇÃO DO EMBOQUE DO CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE	10 dias	Seg 24/06/24	Sex 05/07/24
14	1.2.2.2	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA DESCIDA D'ÁGUA DA OMBREIRA DIREITA	10 dias	Seg 24/06/24	Sex 05/07/24
15	1.2.2.3	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE INSTALADA NA CRISTA DA BARRAGEM	10 dias	Seg 24/06/24	Sex 05/07/24
16	1.2.2.4	ESCAVAÇÃO DO MACIÇO ATÉ ELEVAÇÃO 1.046,00 M	30 dias	Seg 08/07/24	Sex 16/08/24
17	1.2.2.5	CONSTRUÇÃO DE NOVO EMBOQUE PARA O SISTEMA EXRAVASOR LIGADO AO CANAL EXISTENTE	30 dias	Seg 19/08/24	Sex 27/09/24
18	1.2.2.6	REINSTALAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE CONTROLE DA SATURAÇÃO RETIRADOS NA ETAPA 1.2.2.3	30 dias	Seg 19/08/24	Sex 27/09/24
19	1.2.3	FASE 3 - REMOÇÃO DO RESTANTE DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	40 dias	Seg 03/03/25	Sex 25/04/25
20	1.2.3.1	EXECUÇÃO DE SUMP COM BASE NA ELEVAÇÃO 1.037,70 M	10 dias	Seg 03/03/25	Sex 14/03/25
21	1.2.3.2	REMOÇÃO COMPLETA DO REJEITO DO RESERVATÓRIO FORA DA PROJEÇÃO DO 1 º ALTEAMENTO	30 dias	Seg 17/03/25	Sex 25/04/25
22	1.2.3.3	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE ATÉ A COMPLETA REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO FPRA DA PROJEÇÃO DO 1º ALTEMANTO	30 dias	Seg 17/03/25	Sex 25/04/25
23	1.2.4	FASE 4 - REMOÇÃO DO MACIÇO DO 1º ALTEAMENTO	55 dias	Seg 28/04/25	Sex 11/07/25
24	1.2.4.1	DEMOLIÇÃO DO EMBOQUE DO CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE	10 dias	Seg 28/04/25	Sex 09/05/25
25	1.2.4.2	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA DESCIDA D'ÁGUA E CANALETAS EXISTENTES NA BERMA ELEV. 1.041,00 M	10 dias	Seg 28/04/25	Sex 09/05/25
26	1.2.4.3	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE INSTALADA NA CRISTA DA BARRAGEM E NA BERMA ELEV. 1.041,00 M	10 dias	Seg 28/04/25	Sex 09/05/25
27	1.2.4.4	REMOÇÃO DO MACIÇO DO 1º ALTEAMENTO	30 dias	Seg 12/05/25	Sex 20/06/25
28	1.2.4.5	INSTALAÇÃO DE BUEIRO CONECTADO À BACIA DE DISSIPAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR ANTIGO	15 dias	Seg 23/06/25	Sex 11/07/25
29	1.2.5	FASE 5 - REMOÇÃO DO RESTANTE DOS REJEITOS	75 dias	Seg 14/07/25	Sex 24/10/25
30	1.2.5.1	REMOÇÃO DO ATERRO EM BLOCOS DO REFORÇO DE JUSANTE PARA BOTA-ESPERA	15 dias	Seg 14/07/25	Sex 01/08/25
31	1.2.5.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO E DO MACIÇO INICIAL ATÉ A ELEVAÇÃO 1.004,30 M	30 dias	Seg 04/08/25	Sex 12/09/25
32	1.2.5.3	CONSTRUÇÃO DE SUMP NA REGIÃO DE JUSANTE	15 dias	Seg 15/09/25	Sex 03/10/25
33	1.2.5.4	REVESTIMENTO DO TALVEGUE E SUMP COM ENROCAMENTO	15 dias	Seg 06/10/25	Sex 24/10/25
34	1.2.5.5	PROTEÇÃO DO RESTANTE DA ÁREA DO RESERVATÓRIO ESCAVADO A PARTIR DO PLANTIO DE VEGETAÇÃO	15 dias	Seg 06/10/25	Sex 24/10/25
35	1.3	PÓS-OBRA	553 dias	Seg 27/10/25	Qua 08/12/27
36	1.3.1	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	30 dias	Seg 27/10/25	Sex 05/12/25
37	1.3.2	DESMOBILIZAÇÃO	20 dias	Seg 08/12/25	Sex 02/01/26
38	1.3.3	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	523 dias	Seg 08/12/25	Qua 08/12/27

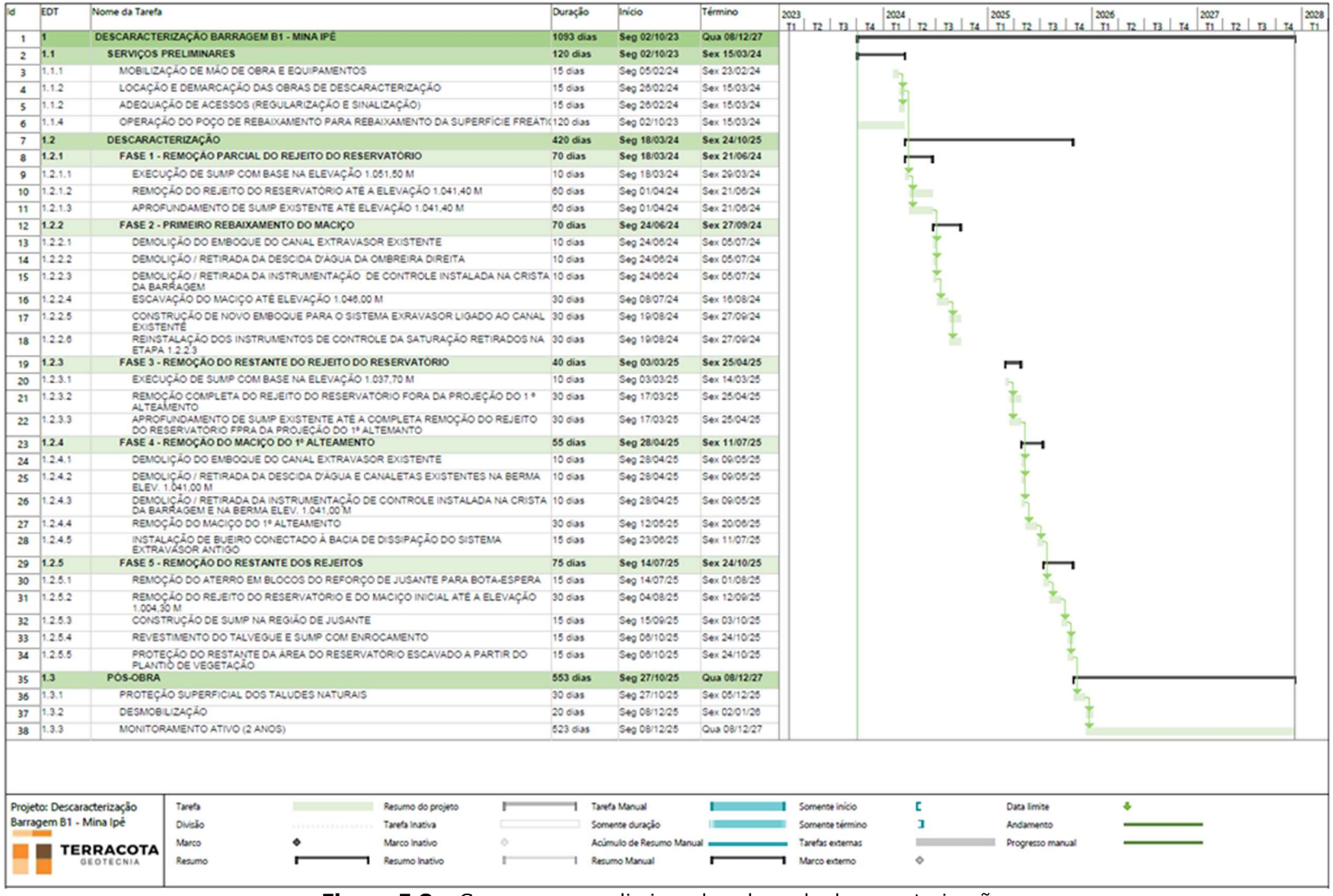


Figura 5.8 – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.

5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Conforme diagnóstico realizado para a estrutura, na condição da freática atual, para a seção B-B' não se atinge os fatores de segurança exigidos para a condição liquefeita. Desta forma, a fim de garantir os fatores de segurança requeridos no Termo de Referência, é premissa do projeto de descaracterização o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis, de modo que estes não trabalhem em condição saturada. Esta medida elimina a possiblidade de ocorrência de carregamentos não drenados, pois uma das condições para tal, é que os materiais classificados como contráteis estejam saturados.

Com relação à encosta natural exposta, poderá haver necessidade de obras estabilizantes pontuais, recuperação de focos erosivos, reaplicação de proteção vegetal etc. Já os taludes de empilhamentos antigos devem receber obras/serviços de estabilização à medida do necessário.

Para monitoramento de deslocamentos, tanto da barragem quanto da encosta existente na ombreira direita, será utilizada instrumentação de controle, existente e a ser instalada, como prismas, estação robótica, radar de superfície etc.

5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, aguardando avaliação e aprovação do projeto pela FEAM e empresas parceiras além de o fator de segurança não-drenado liquefeito na seção B-B' estar abaixo do valor mínimo recomendado (1,1) pela TR FEAM de descaracterização. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura no período avaliado em relação: às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

5.6.1 Inspeções de Campo

Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de avaliação quinzenal de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, indicação das anomalias verificadas e análises de estabilidade da estrutura.

5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (novembro/2023 a janeiro/2024).

Tabela 5.1 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B1 – Mina Ipê – 1ª quinzena de nov./2023 a 2ª quinzena de jan./2024.

ID	ANOMALIA	Novembro/2023		Dezembro/2023		Janeiro/2024	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS NO TALUDE DE JUSANTE						
02	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NAS CANALETAS LOCALIZADAS NAS BERMAS			-	-		
03	VEGETAÇÃO ALTA NO TALUDE DE JUSANTE	-	-	-			
04	PRESENÇA DE ANIMAIS NO MACIÇO		-	-	-	-	-
05	ASSOREAMENTO DA CAIXA DA PLACA INDICADORA DE VAZÃO VERTENTE	-	-	-	-		
06	EROSÃO NO ACESSO A BERMA ELEV. 1.032 M		-				
07	RAVINAMENTO E FALHA NA PROTEÇÃO VEGETAL DO TALUDE DE MONTANTE				-	-	-
08	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NAS CAIXAS DE PASSAGEM						
09	CANALETAS DANIFICADAS						-
10	PRESENÇA DE MATERIAL REMANESCENTE DO PLANTIO DE GRAMÍNEA NO COROAMENTO.						
11	PONTOS COM ACÚMULO DE ÁGUA NO ACESSO AO PÉ DA BARRAGEM						

LEGENDA:

ANOMALIA VERIFICADA
ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO
ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA
ANOMALIA AGRAVADA
ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA

5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle da barragem é composta por 15 (quinze) indicadores de nível d'água, 20 (vinte) piezômetros, dos quais 10 (dez) tem leituras automatizadas, 04 (quatro) marcos superficiais, 03 (três) indicadores de vazão, 02 (dois) sismógrafos e 30 (trinta) prismas com leitura automatizada a partir de estação robótica para controle de deformação, distribuídos em 03 (três) seções transversais de monitoramento.

Os níveis de controle dos indicadores de nível d'água e piezômetros instalados na barragem foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico para o rejeito do reservatório e rejeito antigo da fundação localizados abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível normal**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível normal:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,30 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
2- **Nível de alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,20 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,00 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 3).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.652, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em agosto/2023.

A Figura 5.9, Figura 5.10 e Figura 5.11 apresentam a locação em planta dos instrumentos e da Figura 5.12 a Figura 5.14 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 5.2 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

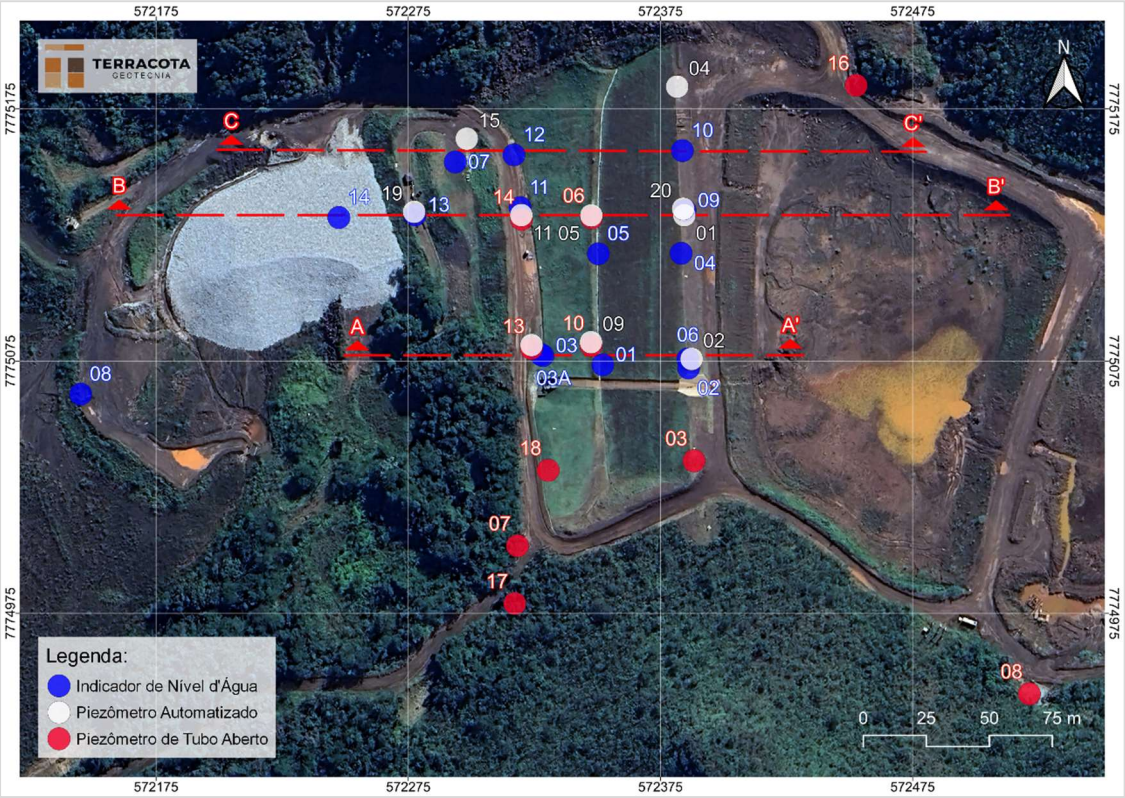


Figura 5.9 – Locação dos INA's e PZ's – Barragem B1 – Mina Ipê.

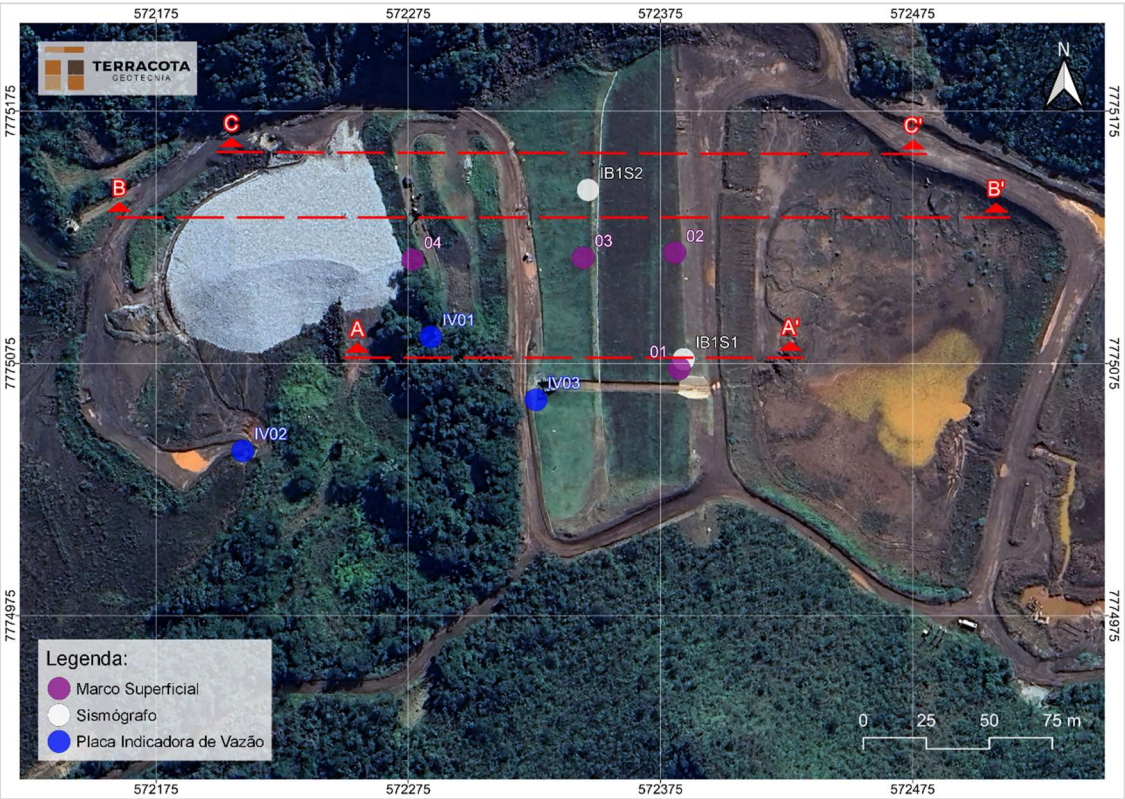


Figura 5.10 – Localização Marcos Superficiais, Sismógrafos e Placas Indicadoras de Vazão – Barragem B1 – Mina Ipê.



Figura 5.11 – Locação dos prismas instalados no maciço da Barragem B1 – Mina Ipê.

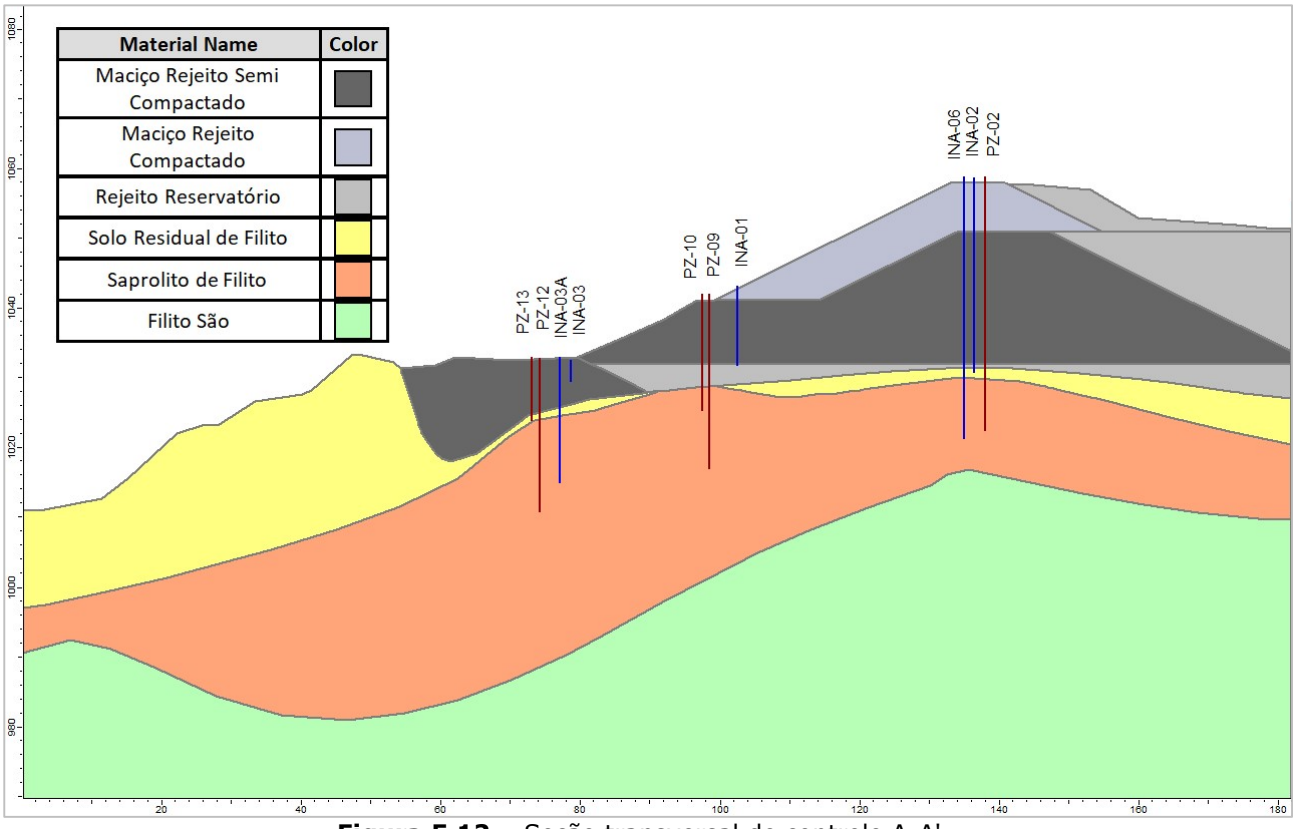


Figura 5.12 – Seção transversal de controle A-A'.

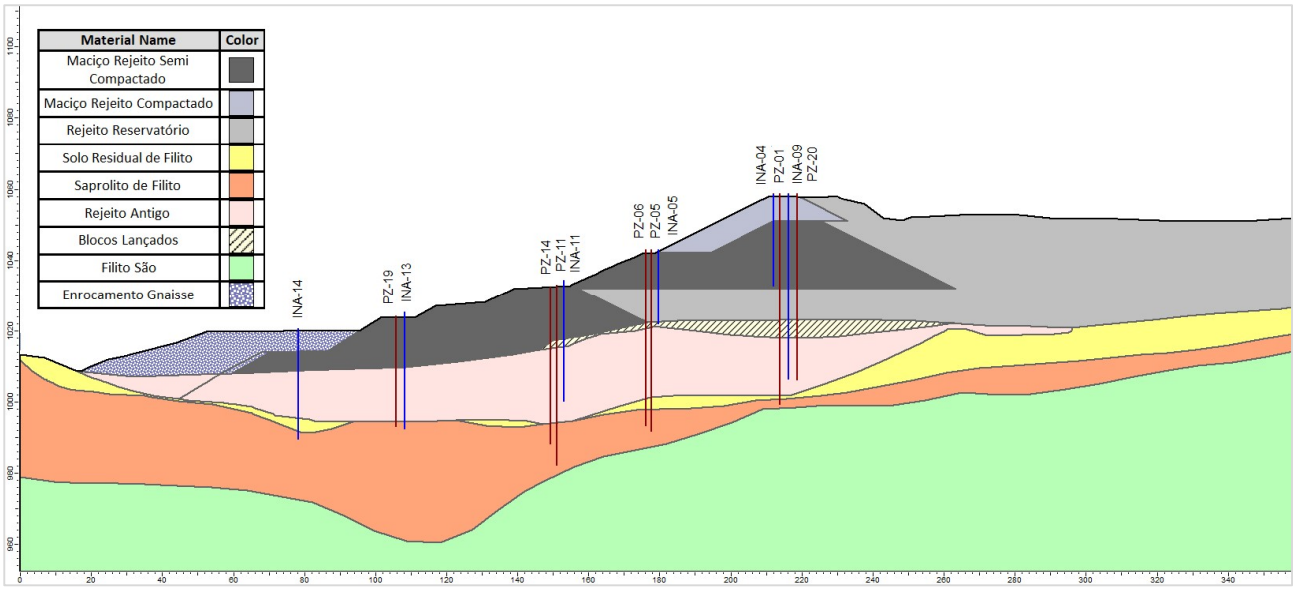


Figura 5.13 – Seção transversal de controle B-B'.

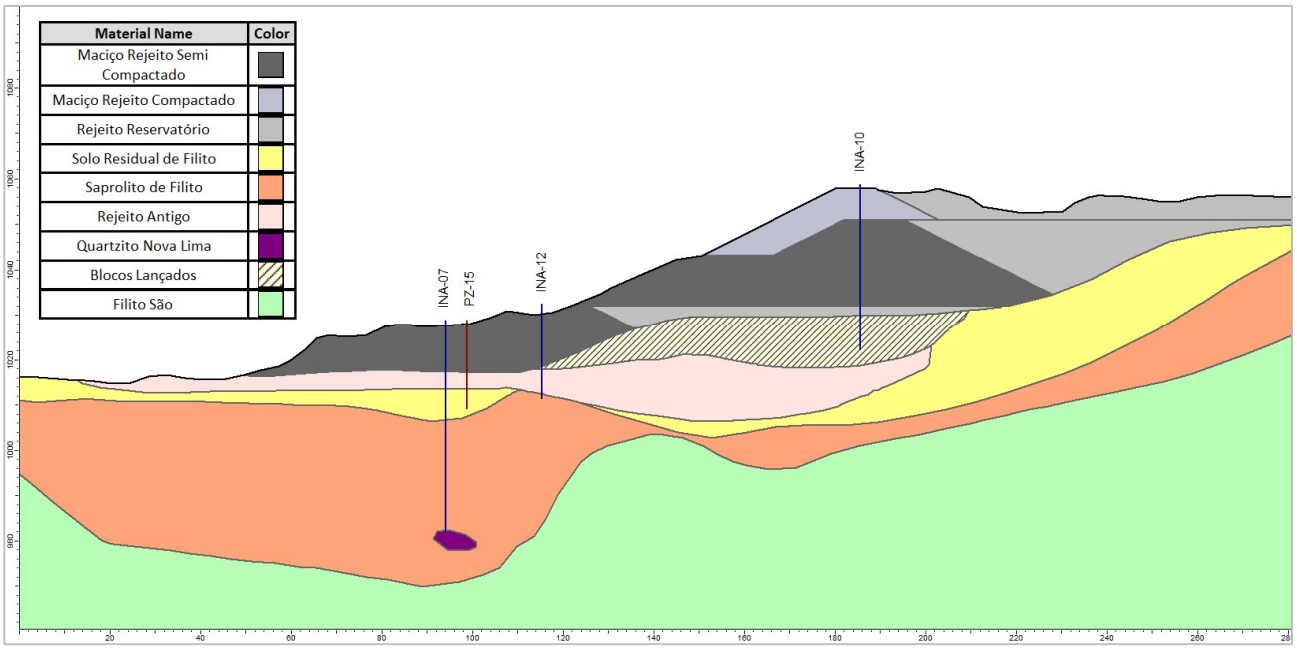


Figura 5.14 – Seção transversal de controle C-C'.

Tabela 5.2 – Locação, características, leitura (29/01/2024) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B1 – Mina Ipê.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (29/01/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A’	PZ-02 (1)	572.387,357	7.775.075,880	1.058,79	1.022,43	36,36	1.023,15	1.044,50	1.048,00	1.050,75
	INA-02	572.386,124	7.775.072,282	1.058,73	1.030,77	27,96	Seco	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-06	572.385,825	7.775.075,896	1.058,91	1.021,41	37,50	1.023,28	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-01	572.352,124	7.775.073,548	1.043,18	1.031,86	11,32	Seco	1.034,25	1.038,50	1.041,50
	PZ-09 (1)	572.347,436	7.775.082,495	1.042,08	1.017,52	24,56	1.017,67	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	PZ-10	572.347,445	7.775.081,231	1.042,09	1.025,33	16,76	Seco	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	INA-03	572.328,377	7.775.077,173	1.032,53	1.029,53	3,00	Seco	1.029,63	1.030,00	1.032,00 (4)
	INA-03A	572.327,458	7.775.077,687	1.032,93	1.015,02	17,91	1.015,68	1.029,63	1.030,00	1.032,00 (4)
	PZ-12 (1)	572.323,871	7.775.081,376	1.032,90	1.011,37	21,53	1.014,01	1.024,00	1.028,25	1.031,25
	PZ-13	572.323,785	7.775.080,033	1.032,95	1.023,95	9,00	Seco	1.024,25	1.028,25	1.031,25
B-B’	INA-09	572.384,760	7.775.134,730	1.058,76	1.006,45	52,31	1.017,33	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	PZ-20 (1)	572.384,013	7.775.135,403	1.058,84	1.006,15	52,69	1.015,37	1.026,00 (5)	1.028,00 (5)	1.039,75 (5)
	PZ-01 (1)	572.384,428	7.775.132,832	1.058,76	999,45	58,31	1.014,60	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	INA-04	572.383,201	7.775.117,738	1.058,68	1.032,92	25,76	Seco	1.033,50	1.033,80	1.039,50
	INA-05	572.350,371	7.775.117,560	1.043,04	1.022,04	21,00	Seco	1.022,50	1.025,00	1.033,00
	PZ-05 (1)	572.347,582	7.775.132,777	1.043,02	991,89	51,13	1.010,11	1.022,25	1.024,50	1.032,75
	PZ-06	572.347,644	7.775.131,804	1.042,98	998,22	44,76	1.011,73	1.022,00	1.024,75	1.032,50
	PZ-11 (1)	572.319,815	7.775.132,876	1.032,42	982,32	50,10	1.008,86	1.016,00	1.023,00	1.028,50
	PZ-14	572.319,863	7.775.131,265	1.032,37	988,35	44,02	1.007,92	1.015,75	1.022,75	1.028,25

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (29/01/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
	INA-11	572.319,341	7.775.135,878	1.032,11	1.000,26	31,85	1.007,31	1.015,75	1.022,75	1.028,25
	PZ-19 (1)	572.277,304	7.775.134,203	1.024,15	993,23	30,92	1.005,99	1.011,85 (5)	1.017,00 (5)	1.021,00 (5)
	INA-13	572.277,614	7.775.132,962	1.023,99	992,45	31,54	1.006,64	1.011,85	1.017,00	1.021,00
	INA-14	572.247,450	7.775.131,940	1.020,59	989,66	30,93	1.005,61	1.010,50	1.013,00	1.016,00
C-C'	INA-10	572.383,702	7.775.158,426	1.058,81	1.022,31	36,50	Seco	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	INA-12	572.316,904	7.775.156,769	1.030,92	1.011,61	19,31	Seco	1.019,80	1.021,60	1.027,80
	PZ-15 (1)	572.298,192	7.775.163,172	1.028,59	1.009,29	19,30	1.009,22	1.017,00	1.018,75	1.025,00
	INA-07	572.293,620	7.775.153,940	1.028,24	982,17	46,07	1.008,66	1.016,75	1.018,50	1.025,00
Instrumentos fora de seção de controle	PZ-03 (2)	572.388,311	7.775.035,497	1.058,11	1.021,13	36,98	1.023,90	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	PZ-04 (2)	572.381,613	7.775.183,815	1.058,95	1.021,34	37,61	1.023,19	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	PZ-18 (1) (2)	572.330,441	7.775.031,720	1.038,21	1.007,85	30,36	1.014,11	1.024,00	1.028,25	1.031,25
	INA-08 (3)	572.145,050	7.775.061,910	1.005,00	959,13	45,87	993,14	Instrumento localizado muito a jusante		
	PZ-07 (3)	572.318,282	7.775.001,790	1.042,31	992,28	50,03	1.014,42	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-08 (3)	572.521,244	7.774.943,098	1.060,37	974,82	85,55	1.033,51	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-16 (3)	572.452,571	7.775.184,306	1.059,85	1.010,23	49,62	1.030,08	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-17 (3)	572.317,208	7.774.978,906	1.043,88	997,28	46,60	1.017,75	Instrumento de hidrogeologia		
A-A'	MS-01	572.382,448	7.775.072,921	1.058,025	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-02	572.380,643	7.775.118,888	1.057,981	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-03	572.344,339	7.775.116,922	1.041,446	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-04	572.276,729	7.775.116,195	1.021,585	-	-	-	Não aplicável		

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (29/01/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
Não aplicável	IB1S1	572.384,203	7.775.076,675	1.058,145	-	-	-		Não aplicável	
	IB1S2	572.346,300	7.775.143,778	1.043,736	-	-	-		Não aplicável	
	IV-1	572.283,918	7.775.085,539	1.017,097	-	-	-		Não aplicável	
	IV-2	572.209,323	7.775.040,352	1.001,070	-	-	-		Não aplicável	
	IV-3	572.325,630	7.775.060,595	1.030,071	-	-	-		Não aplicável	

1- Instrumentos automatizados;
2- Níveis de controle definidos tomando-se como referência os instrumentos INA-02, INA-10 e PZ-12;
3- Níveis de controle não aplicáveis, pois os instrumentos encontram-se fora do maciço da barragem;
4- Níveis de controle correspondentes à condição de afloramento do nível d'água;
5- Níveis de controle correspondentes aos instrumentos adjacentes.

5.6.3.1 Leituras Instrumentação

A MMI realiza leituras semanais dos níveis nos INA's e PZ's e quinzenais dos deslocamentos nos Marcos Superficiais. Já os piezômetros automatizados realizam um monitoramento constante com registro a cada 2 horas. Na estrutura também estão instalados prismas para monitoramento de deslocamento nos quais são realizadas leituras contínuas através de estação total robótica. As leituras nas placas indicadoras de vazão são realizadas diariamente.

- **Indicadores de Nível d'Água e Piezômetros**

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para cada instrumento abrangendo dois anos hidrológicos, no período entre 10/2021 e 01/2024, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

a) Nível de água do reservatório – seco (Elev. 1.051 m) no período avaliado;
b) Referências do topo e base de cada instrumento;
c) Leituras do nível de água do instrumento;
d) Pluviometria mensal na região da barragem;
e) Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições normal, alerta e emergência.

De acordo com os registros quinzenais de monitoramento dos INA's e PZ's, a superfície freática da Barragem B1 – Mina Ipê se encontra em elevação abaixo do contato do maciço da barragem com o rejeito antigo presente na fundação. De uma maneira geral, os instrumentos variam suas leituras de acordo com a pluviometria, tendo em vista que o reservatório da barragem é mantido sempre seco. Com o início da operação da bomba de rebaixamento, os instrumentos apresentaram um abatimento nos níveis de leitura.

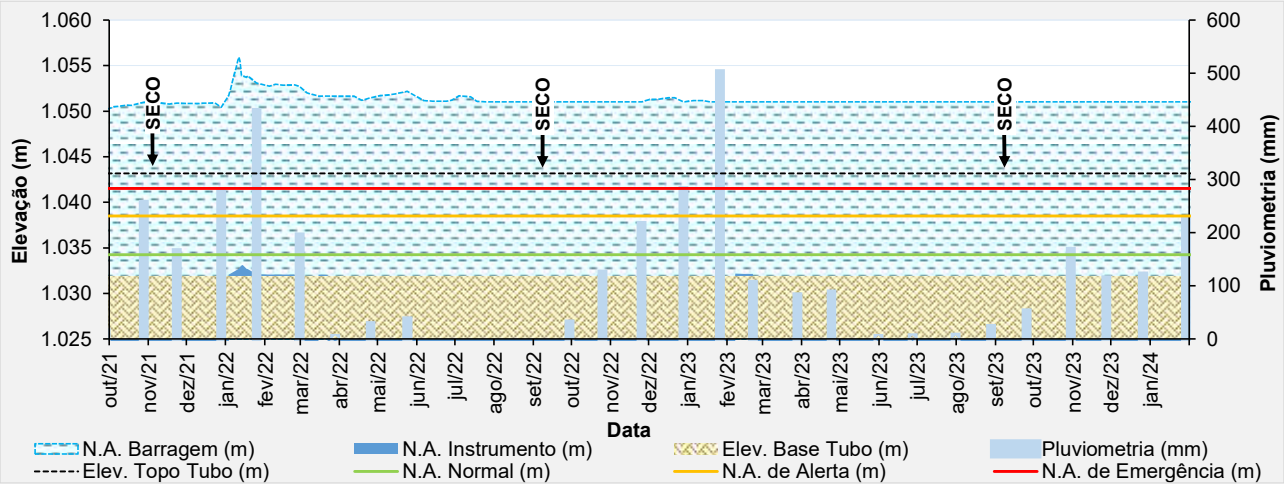


Figura 5.15 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01.

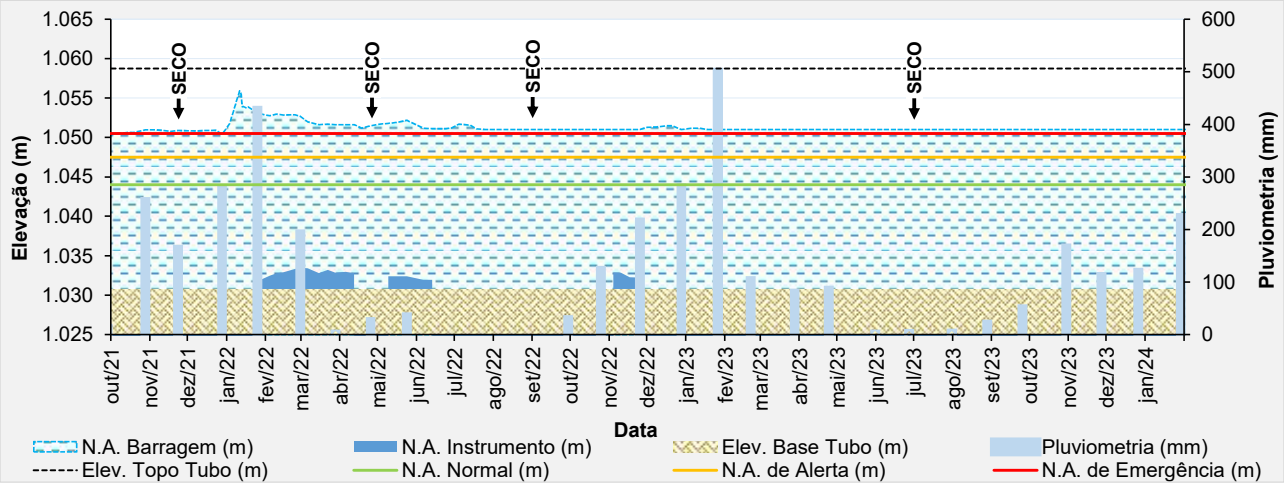


Figura 5.16 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-02.

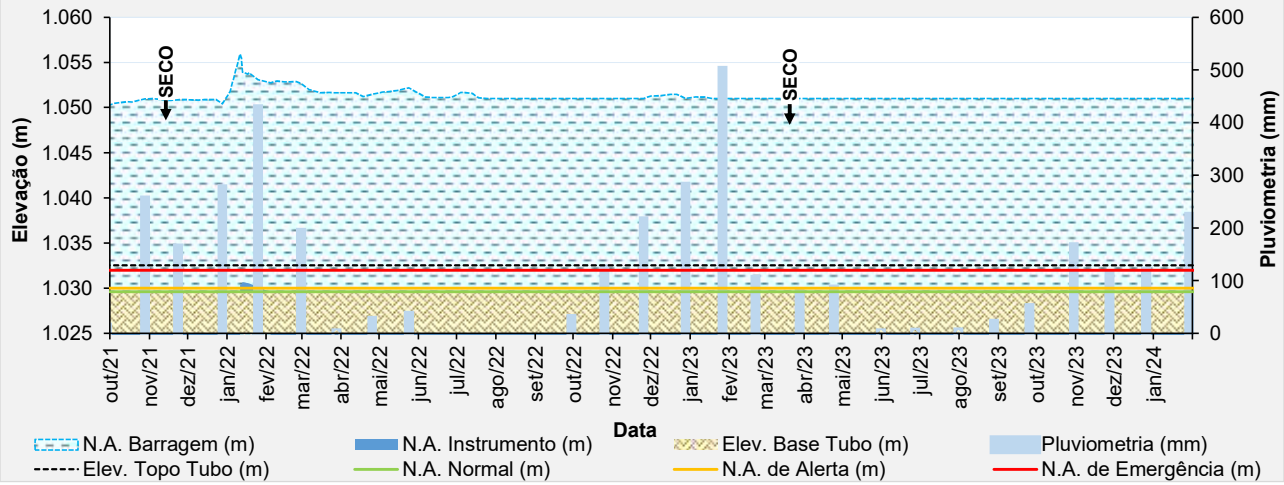


Figura 5.17 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03.

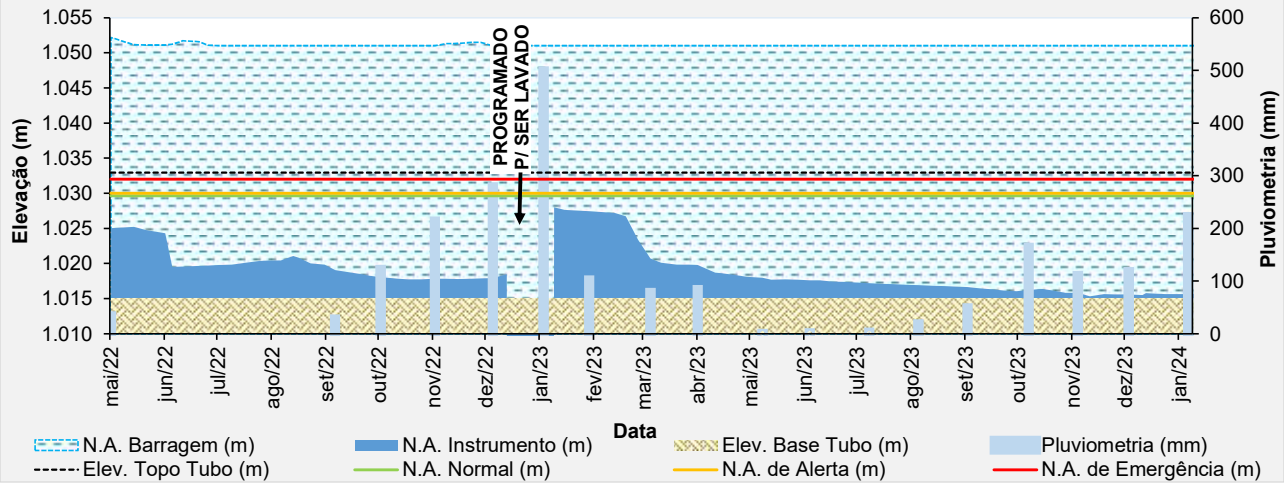


Figura 5.18 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03A.

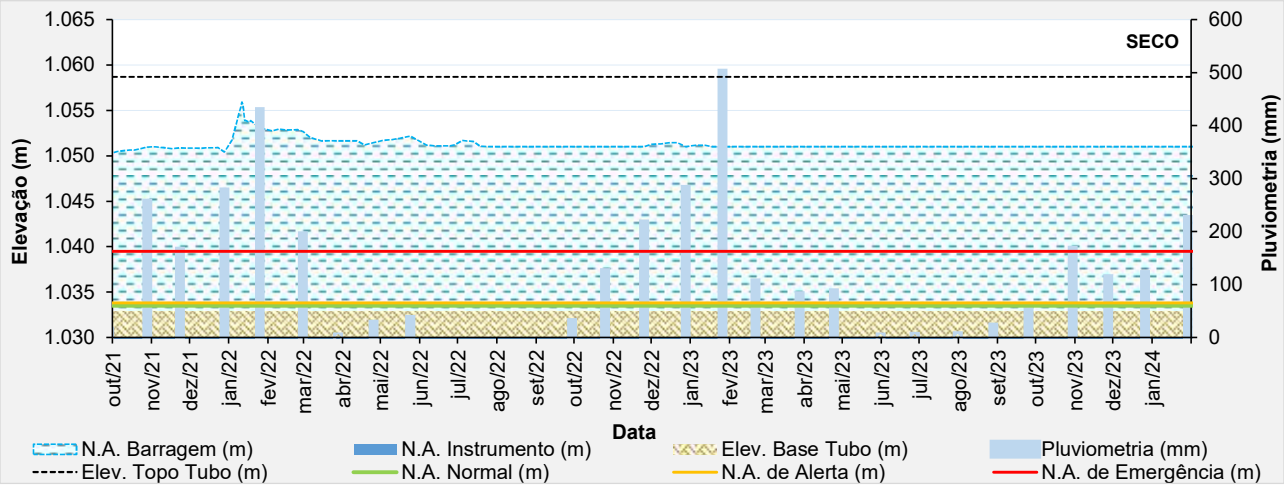


Figura 5.19 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-04.

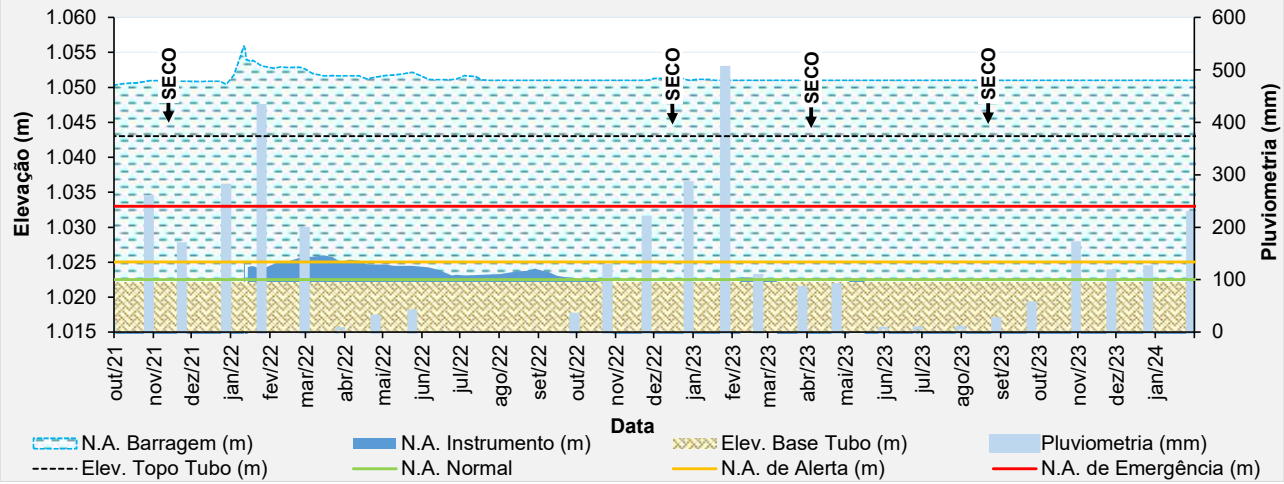


Figura 5.20 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05.

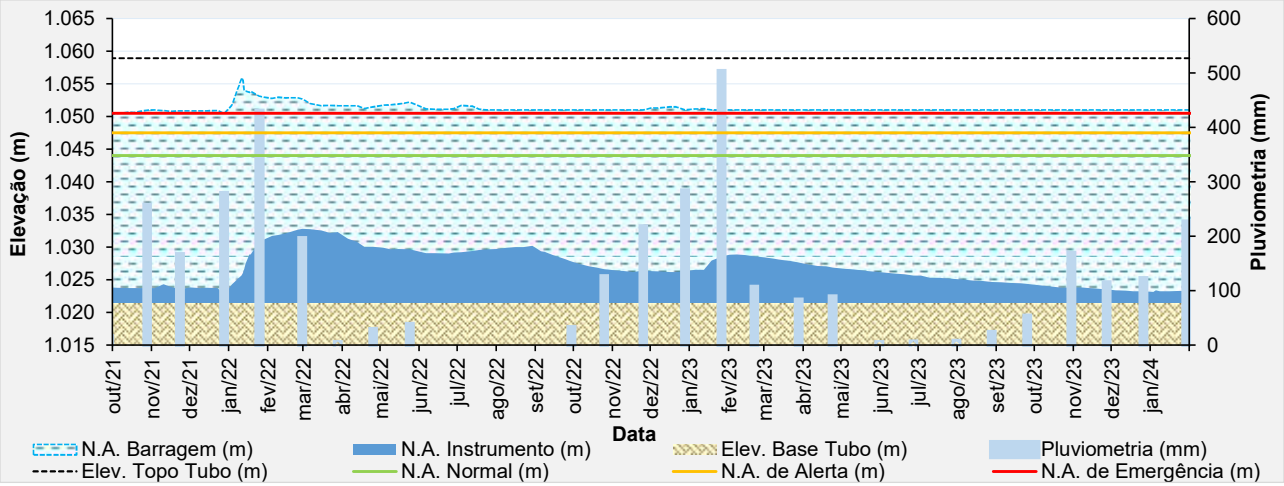


Figura 5.21 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-06.

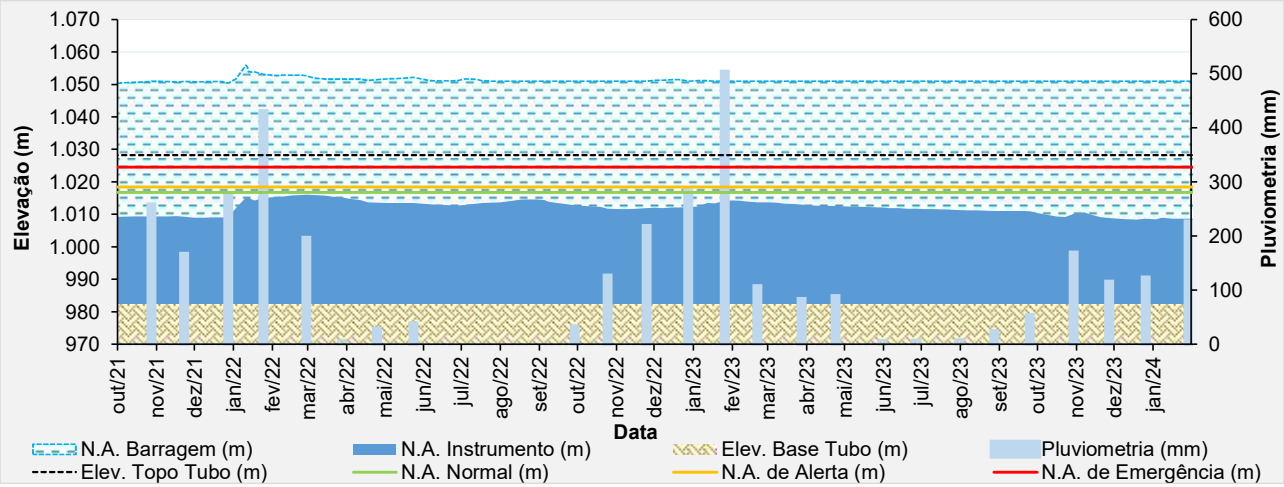


Figura 5.22 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07.

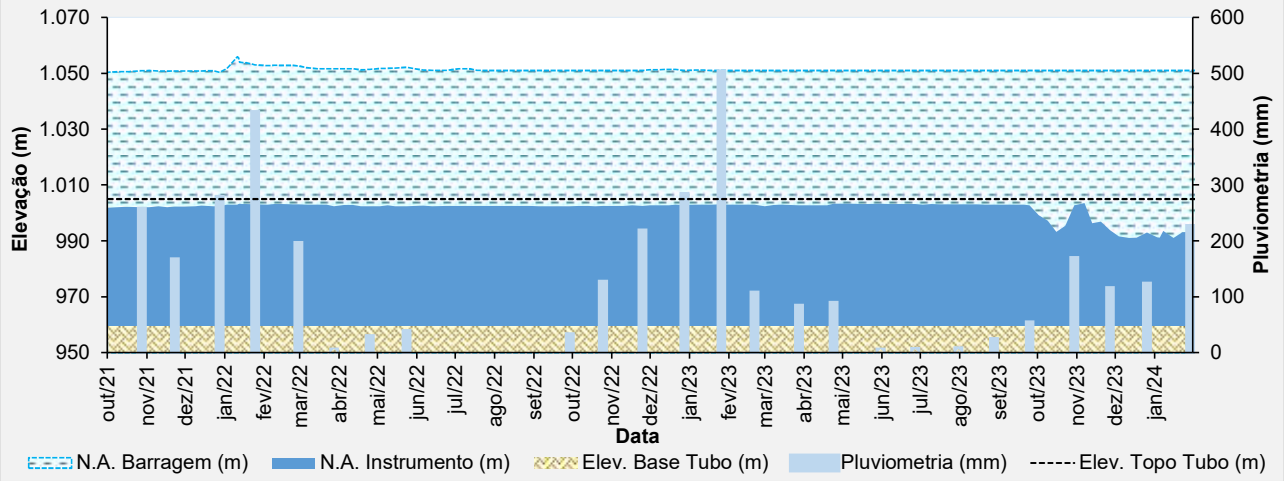


Figura 5.23 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-08.

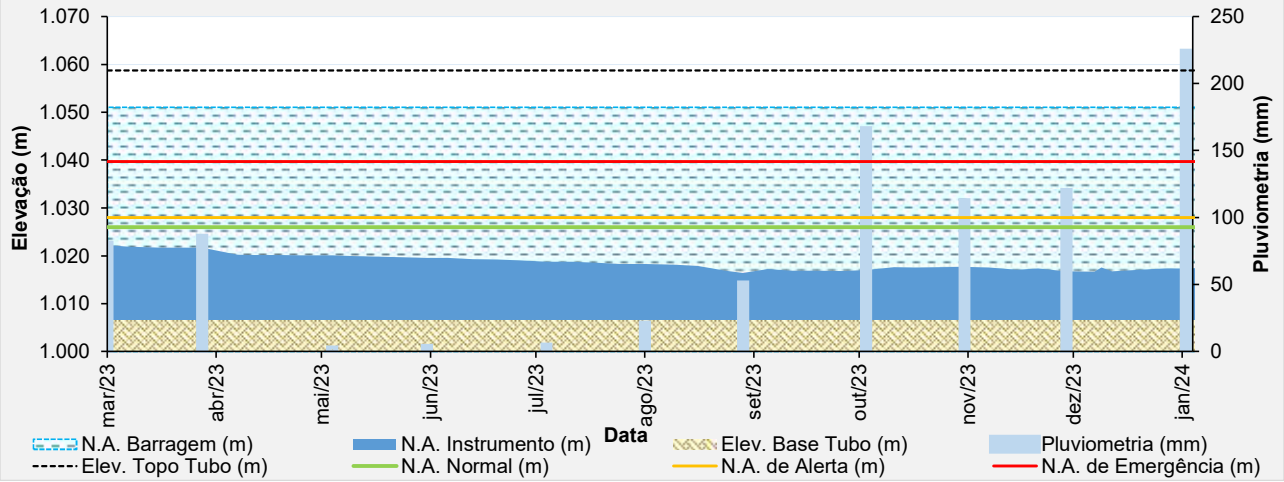


Figura 5.24 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-09.

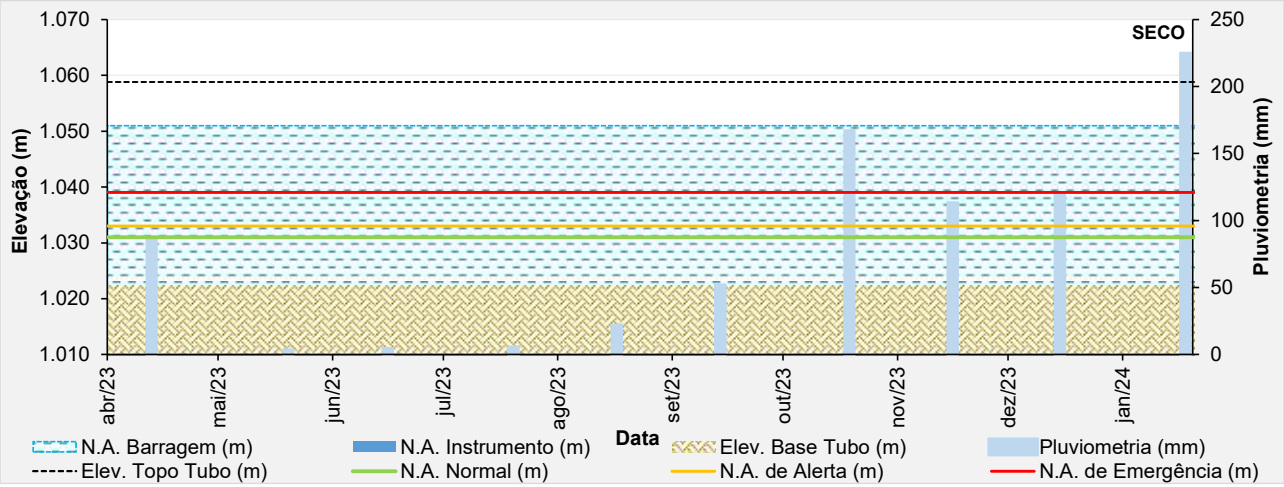


Figura 5.25 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10.

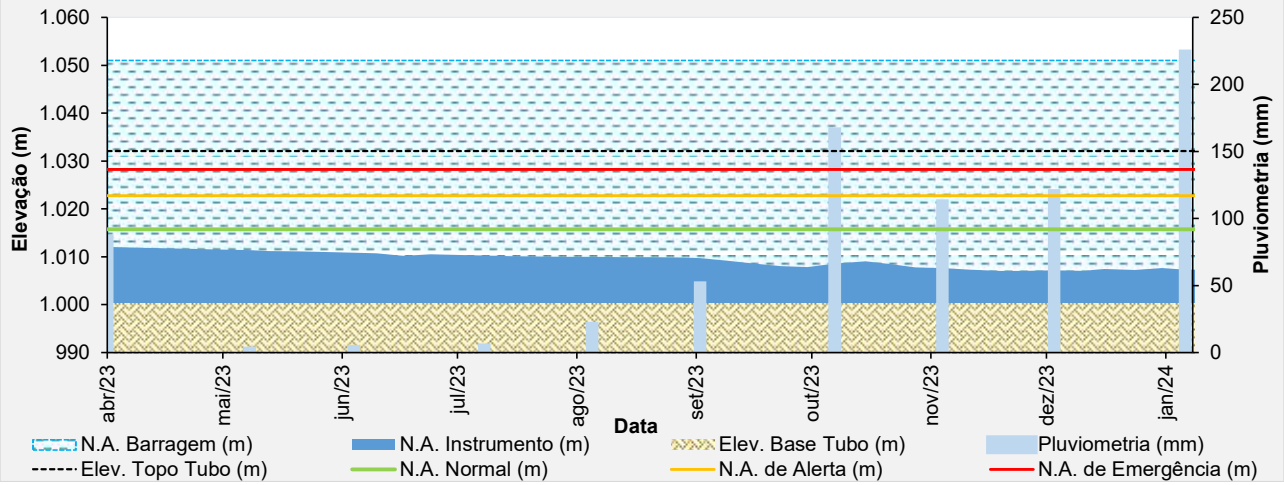


Figura 5.26 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-11.

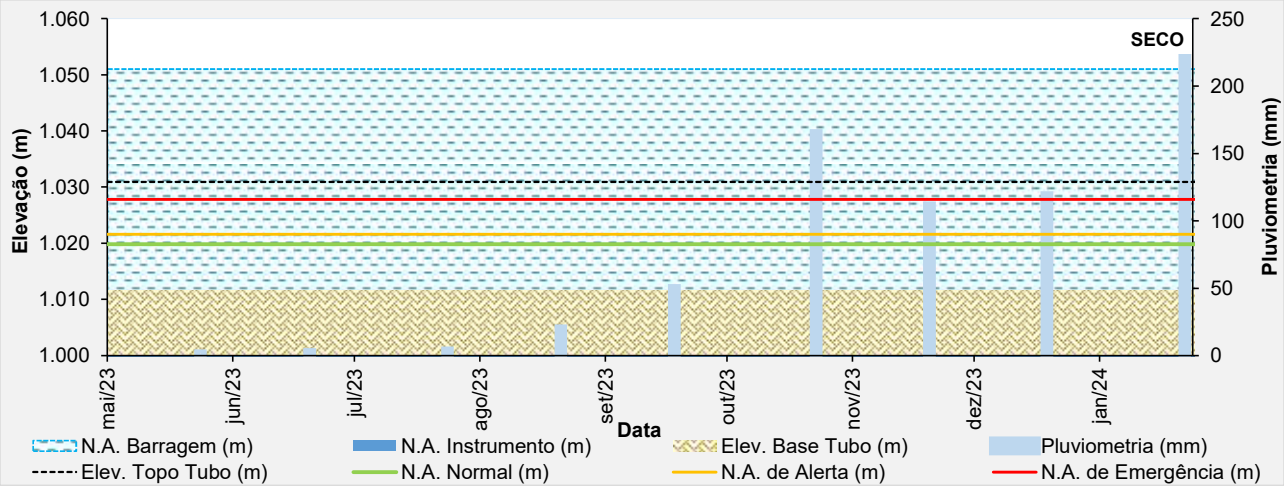


Figura 5.27 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-12.

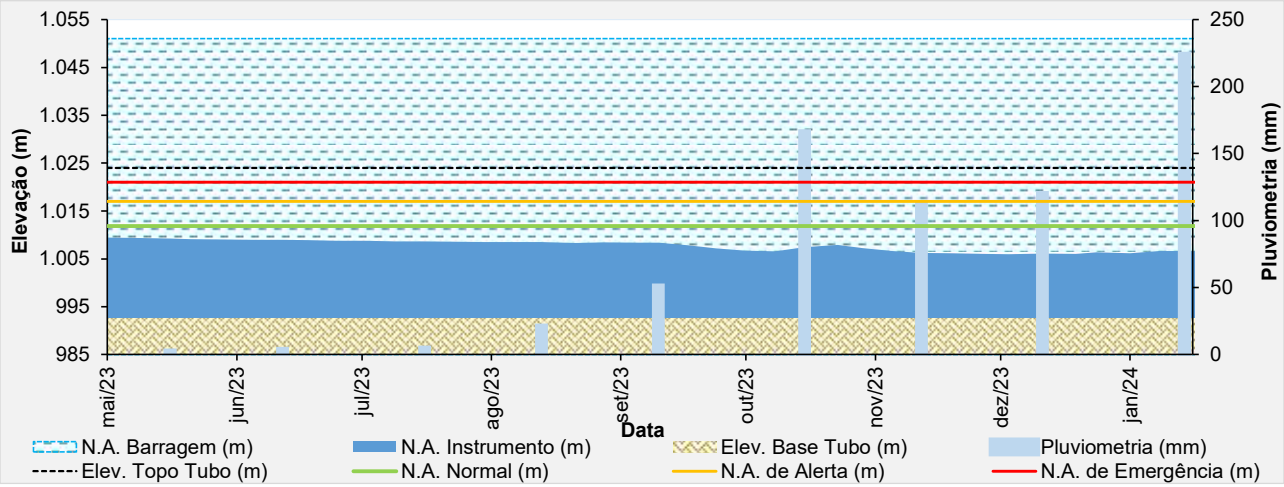


Figura 5.28 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-13.

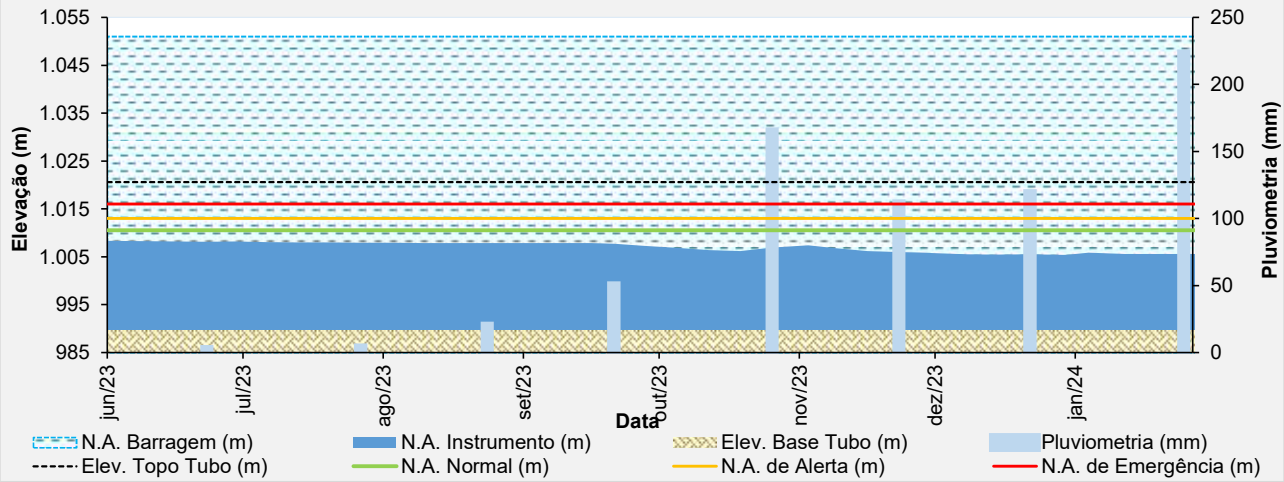


Figura 5.29 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-14.

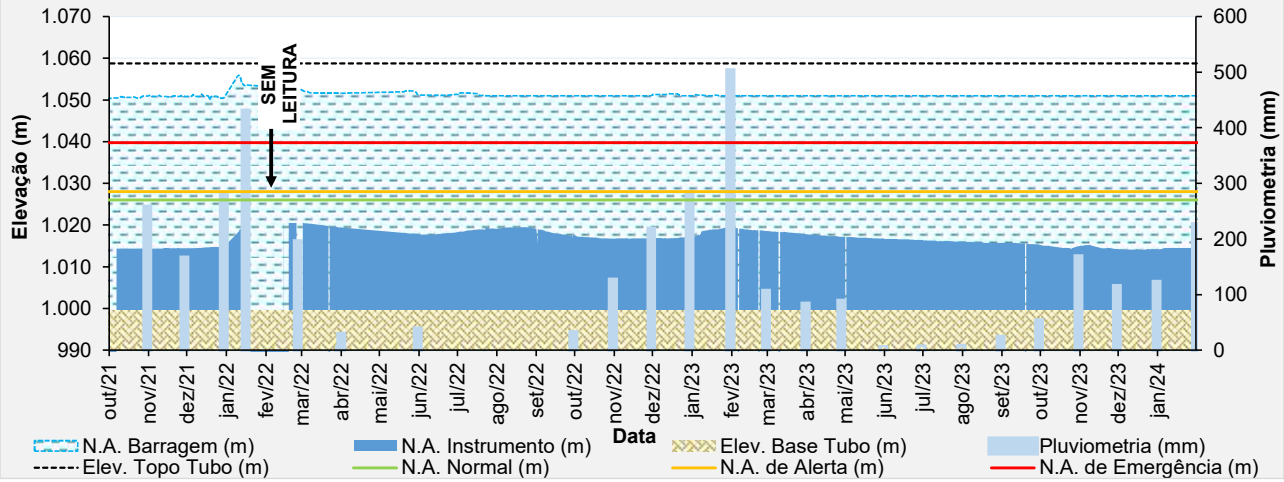


Figura 5.30 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-01.

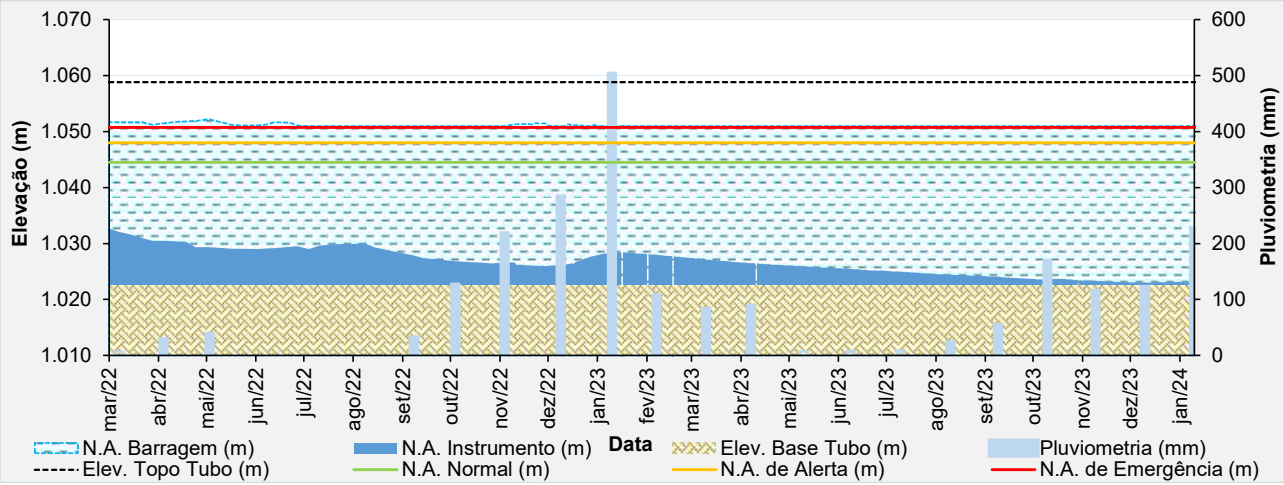


Figura 5.31 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-02.

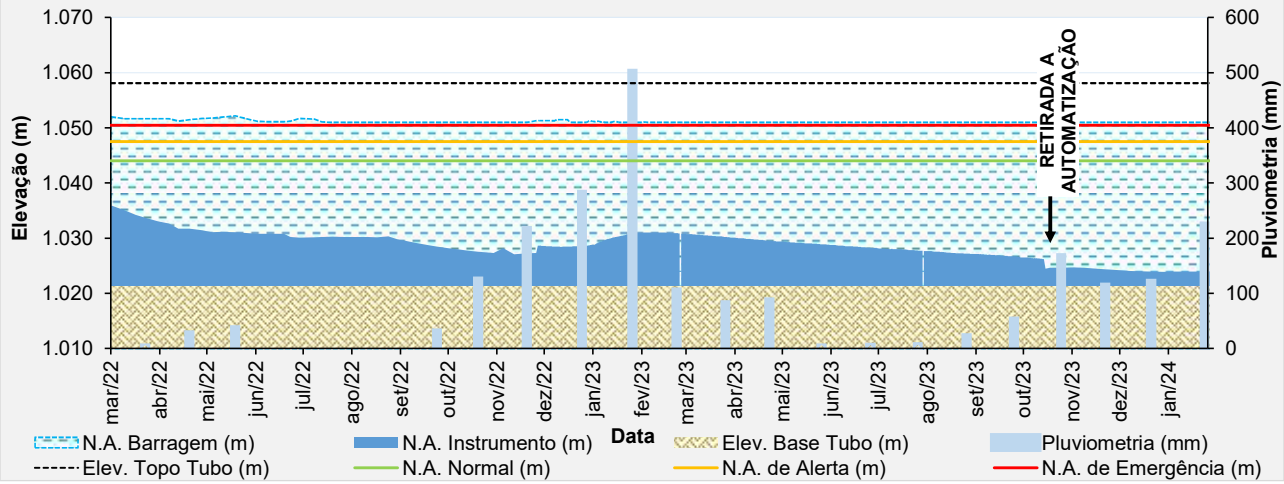


Figura 5.32 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-03.

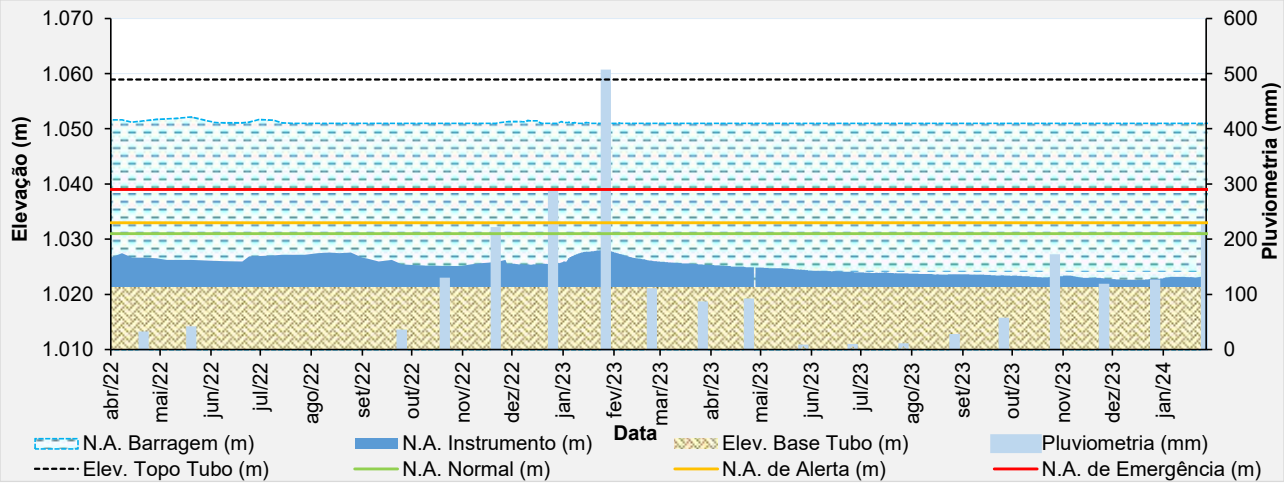


Figura 5.33 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-04.

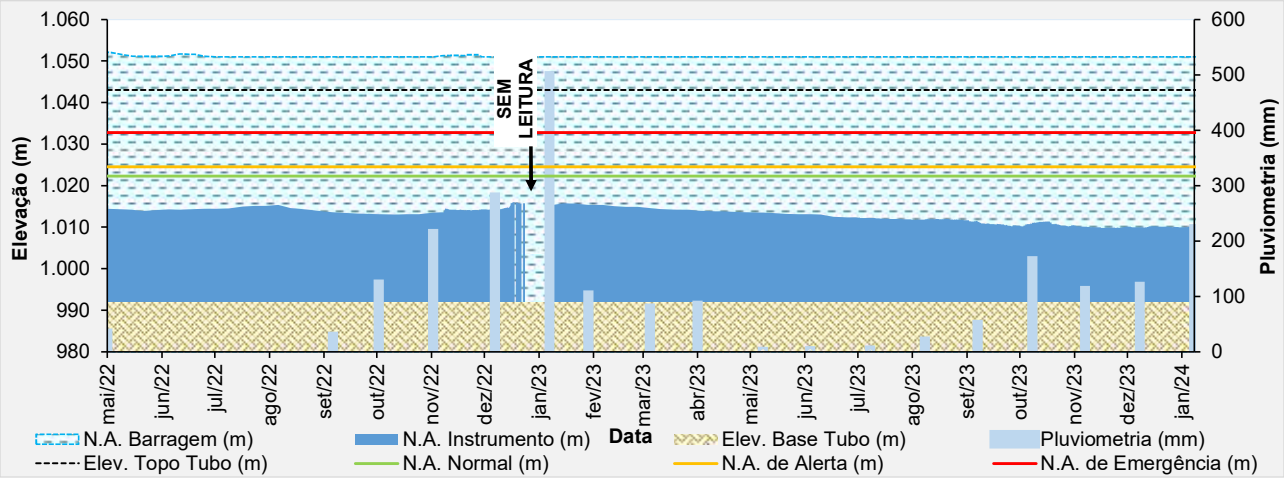


Figura 5.34 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-05.

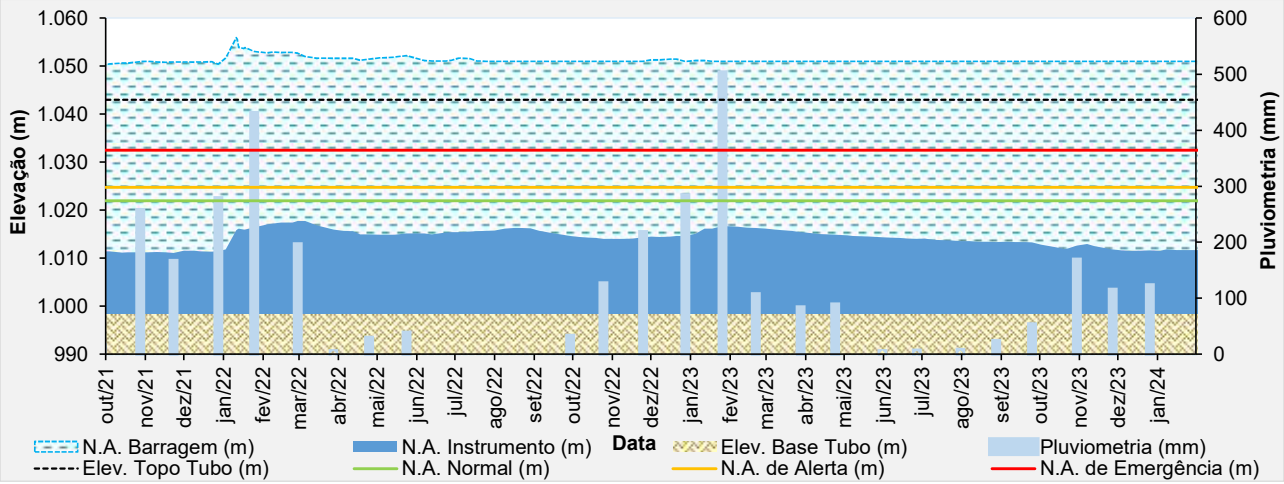


Figura 5.35 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-06.

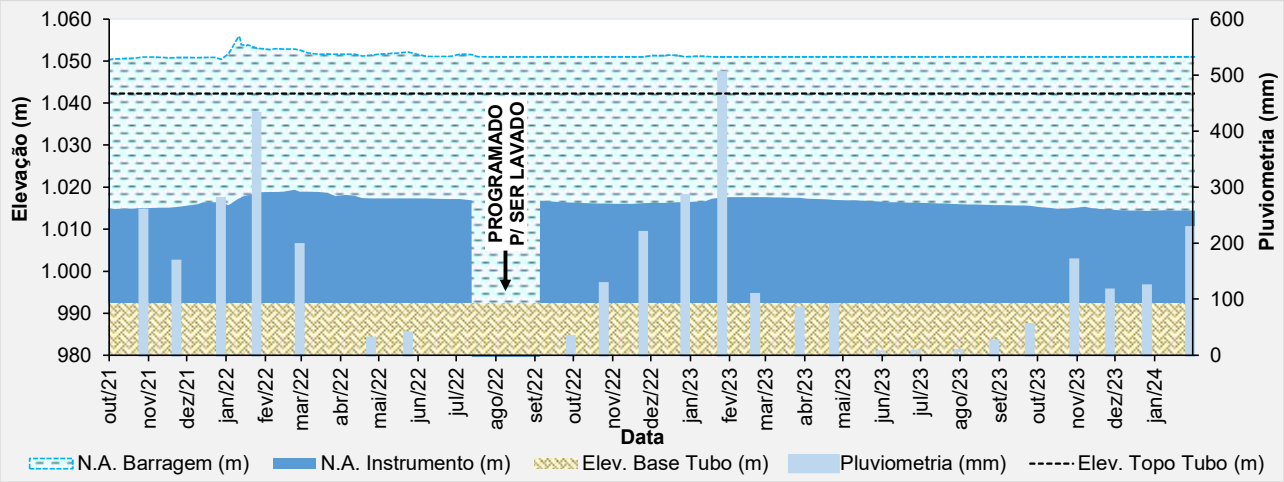


Figura 5.36 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-07.

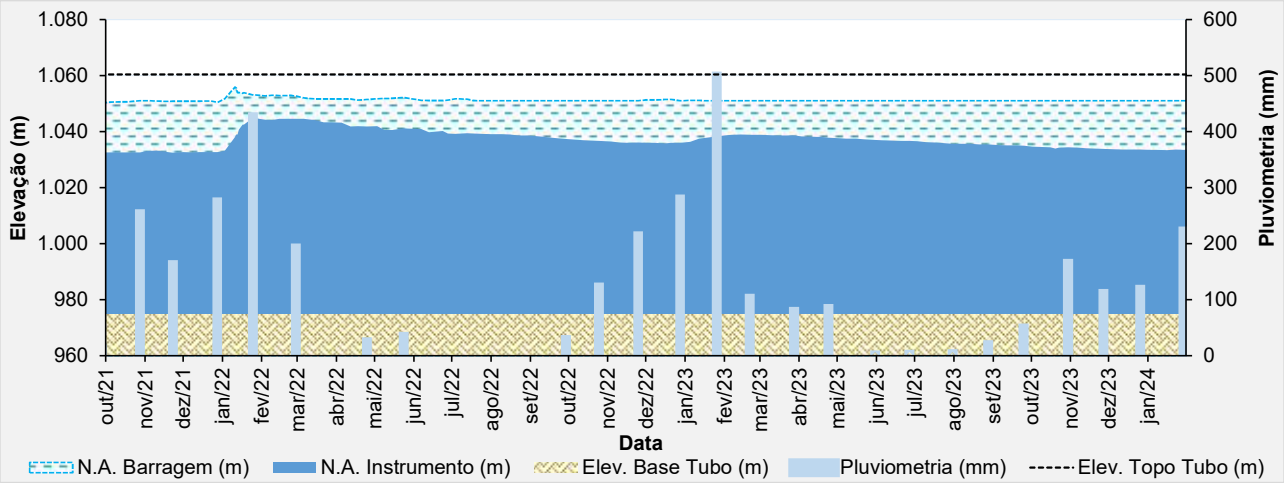


Figura 5.37 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-08.

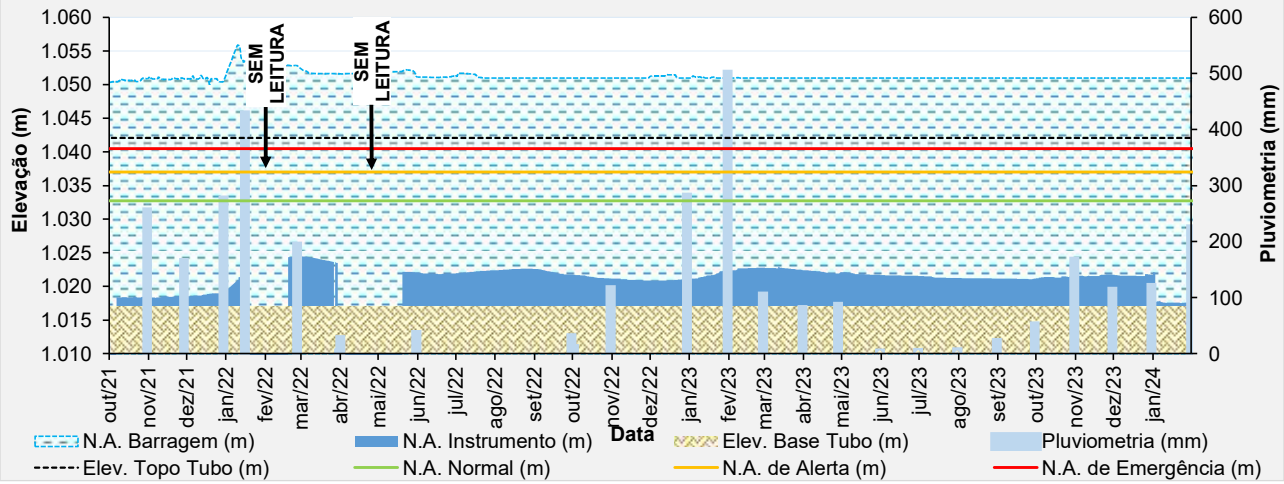


Figura 5.38 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-09.

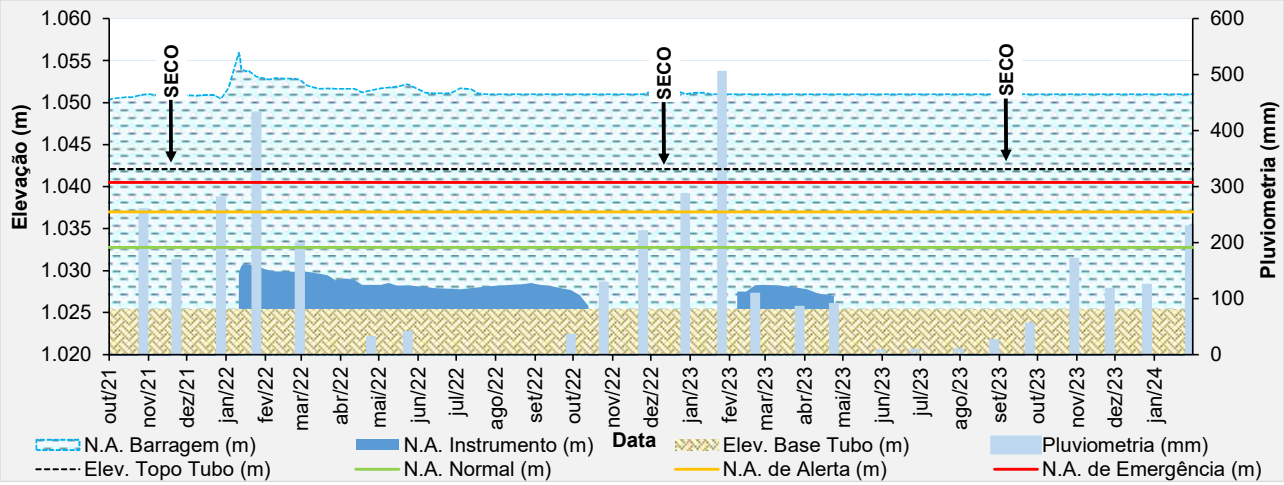


Figura 5.39 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-10.

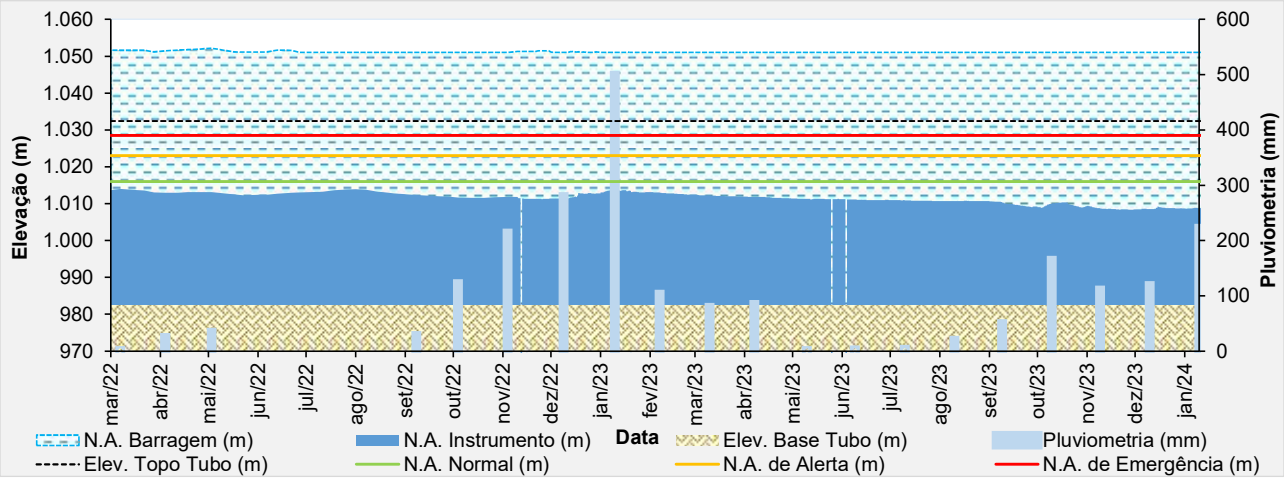


Figura 5.40 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-11.

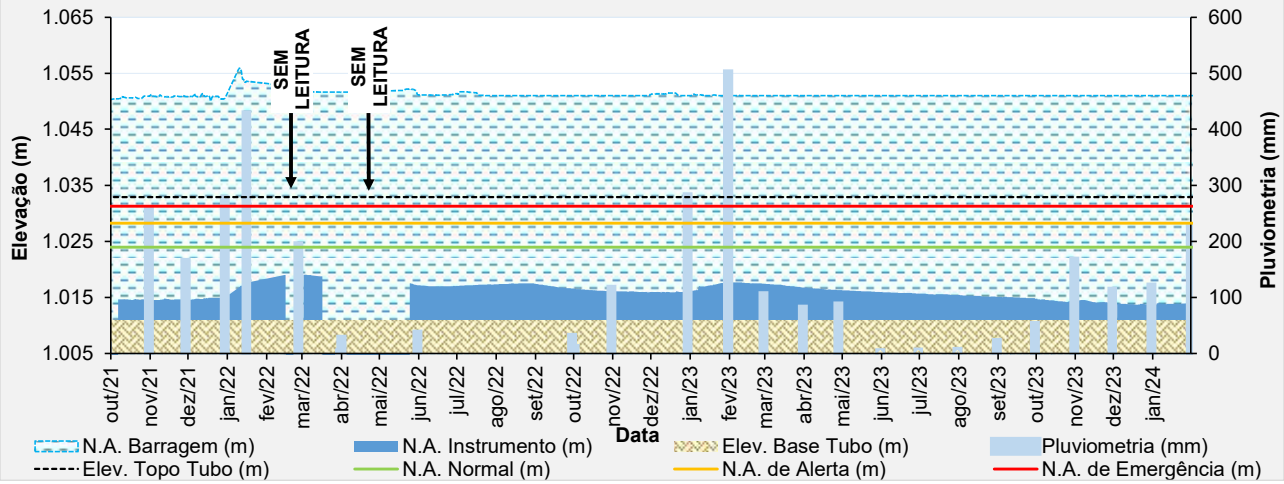


Figura 5.41 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-12.

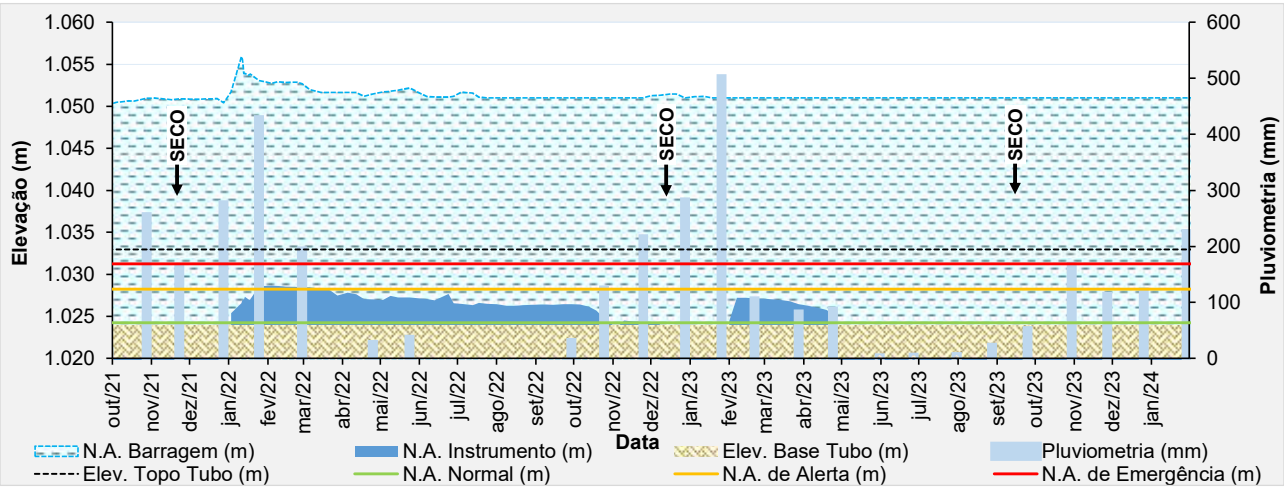


Figura 5.42 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-13.

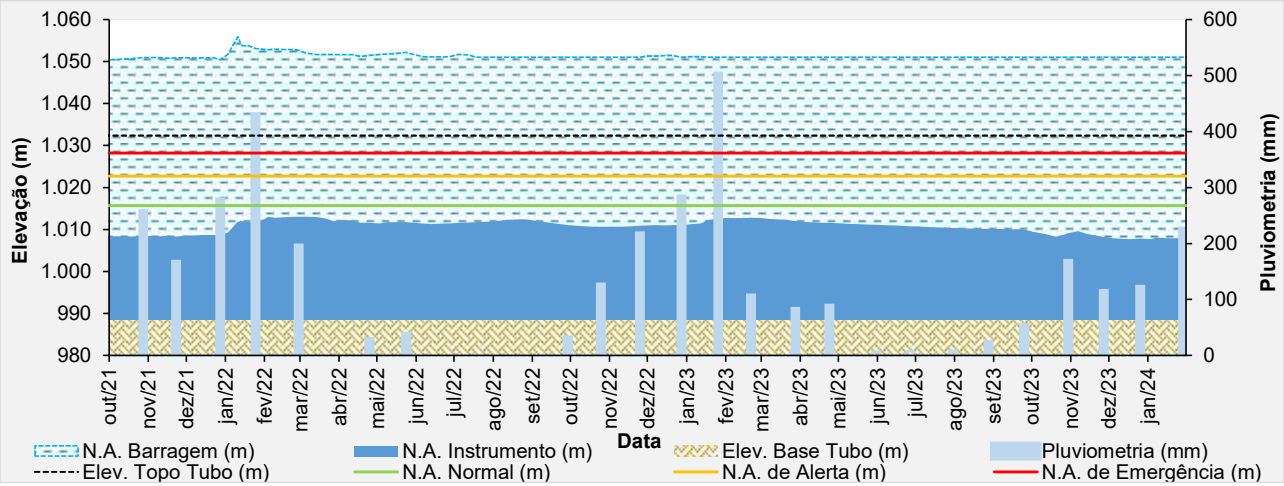


Figura 5.43 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-14.

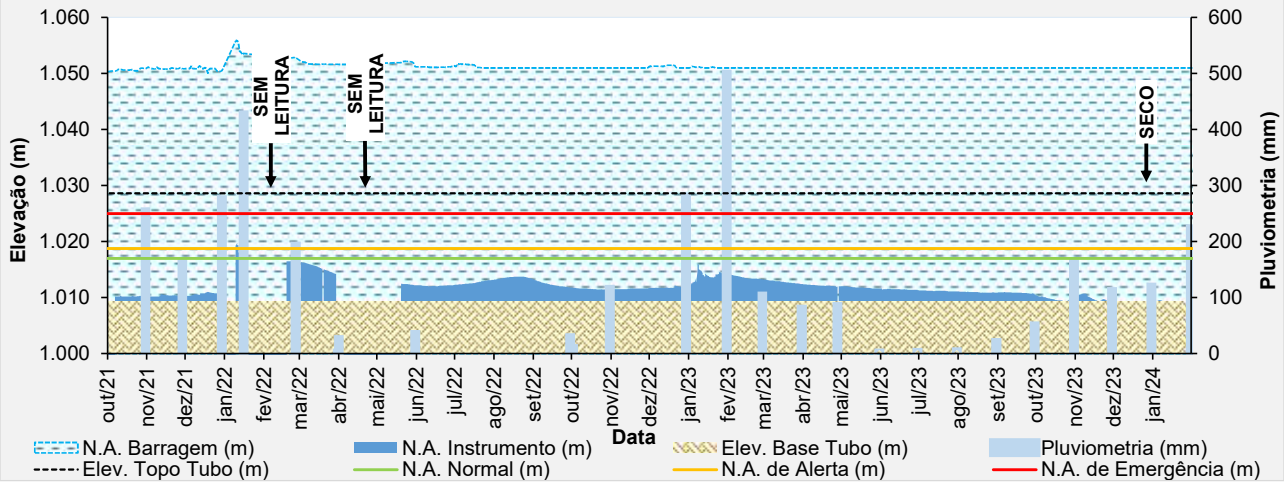


Figura 5.44 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-15.

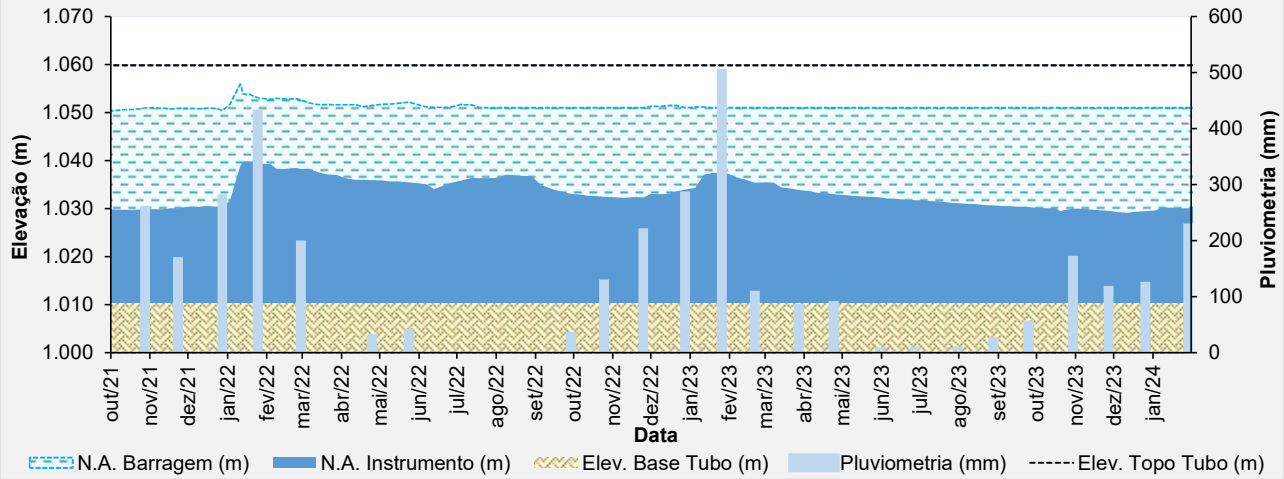


Figura 5.45 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-16.

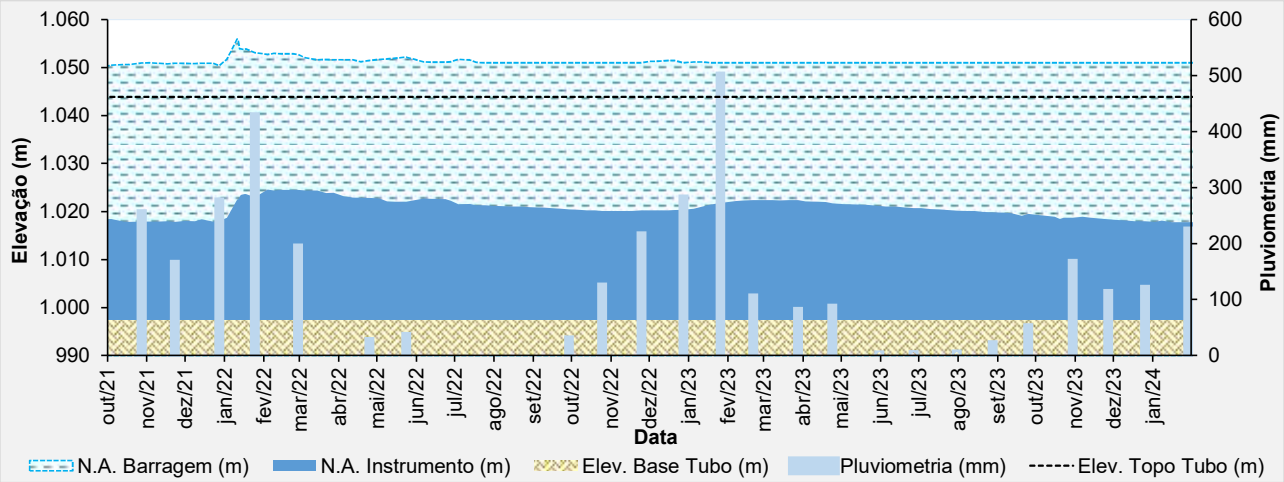


Figura 5.46 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-17.

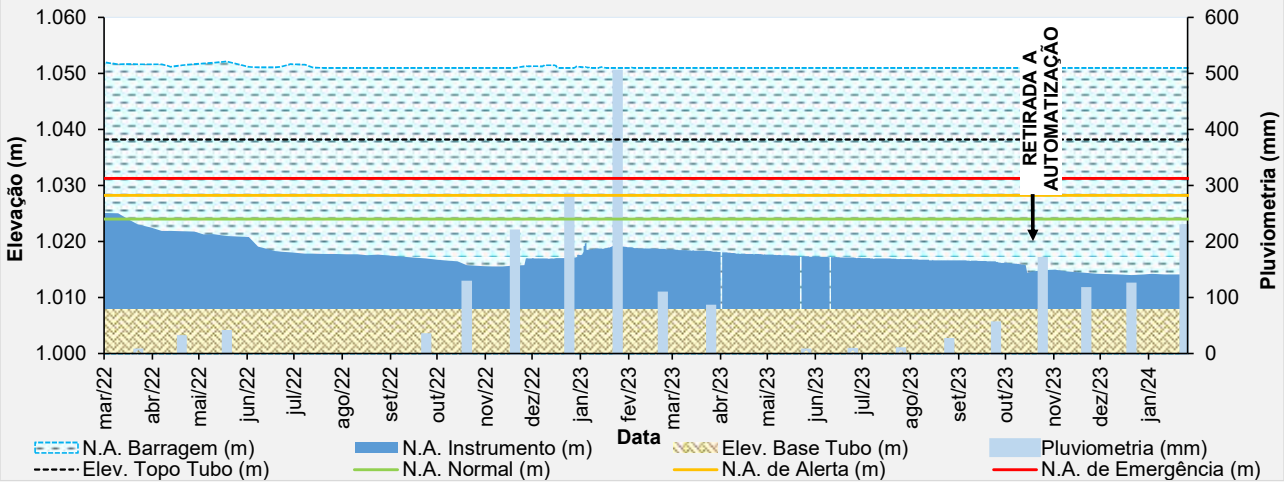


Figura 5.47 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-18.

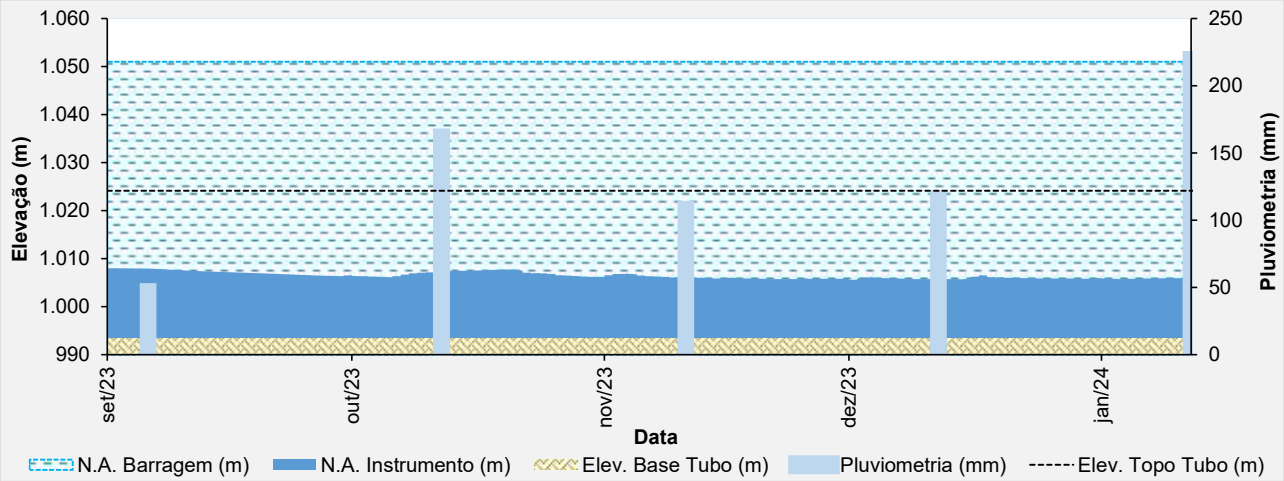


Figura 5.48 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-19.

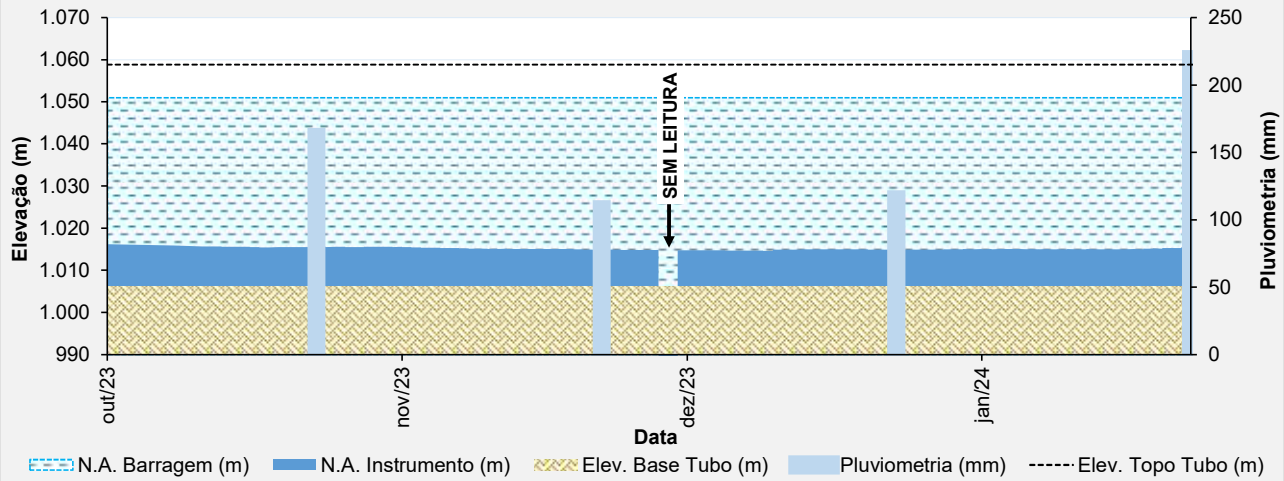


Figura 5.49 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-20.

- **Placas Indicadoras de Vazão**

O monitoramento de vazão percolada da barragem é realizado por 3 (três) indicadores de vazão da drenagem interna. O indicador de vazão IV-03 permanece seco desde sua construção.

A análise das leituras de vazões na placa IV-01, que mede os efluentes percolados pelo maciço da barragem à jusante do dreno invertido na elevação 1.018,0 m. Considerando o período avaliado (novembro/2023 a janeiro/2024), o dreno se encontra seco. Percebe-se que a partir do início da operação da bomba de rebaixamento, não foi verificada vazão na saída do dreno.

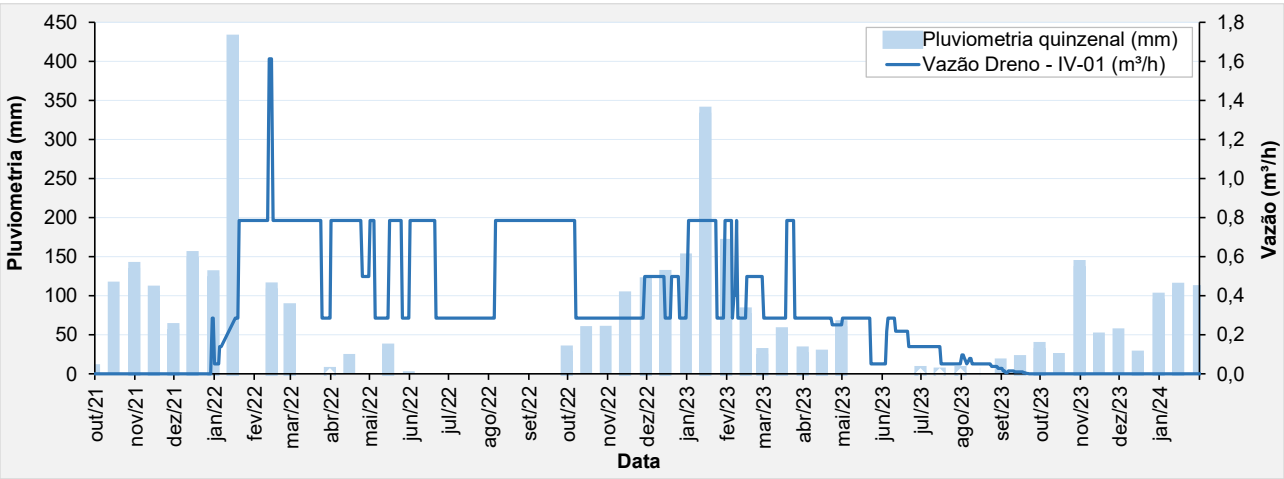


Figura 5.50 – Análise das vazões do IV-01 (Dreno).

Quanto a análise das leituras de vazões na placa IV-02, que mede também as vazões de nascentes na região do pé da barragem, são muito influenciadas pela pluviometria e a grande área de contribuição para esse ponto. No período avaliado (novembro/2023 a janeiro de 2024), as leituras indicam uma vazão média de 5,16 m³/h, tendo vazões variando de 2,05 m³/h até

12,25 m³/h. Percebe-se que a partir de novembro/2023 houve uma redução significativa nas vazões verificadas no IV-02, período este em que a bomba de rebaixamento estava em operação.

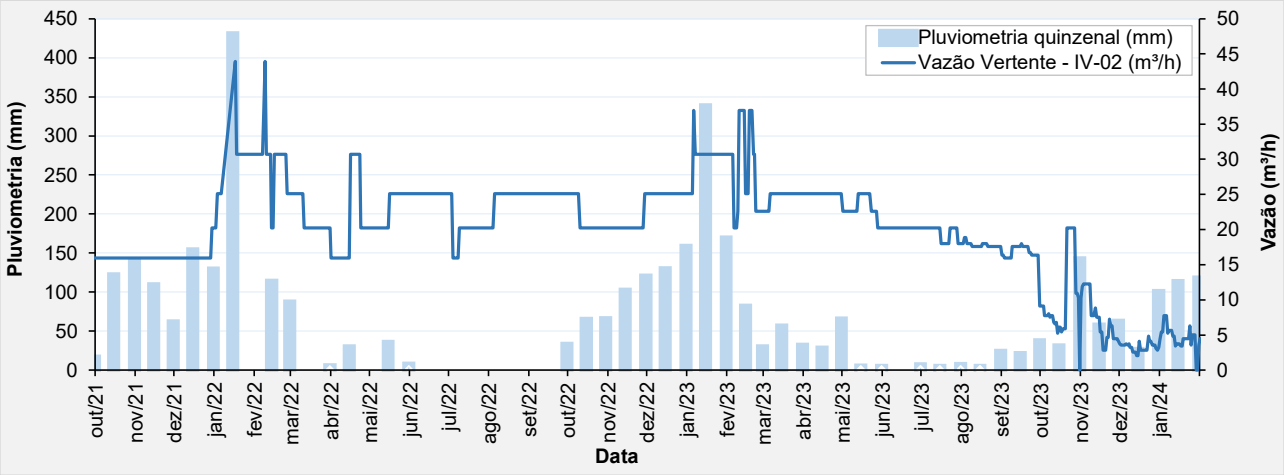


Figura 5.51 – Análise das vazões do IV-02 (Vertente).

- **Prismas de Monitoramento**

Para controle de deslocamento em superfície, atualmente, existem 30 prismas fixos instalados no maciço da barragem e monitorados por uma estação robótica fixa instalada no terreno natural à jusante da barragem conforme Figura 5.11.

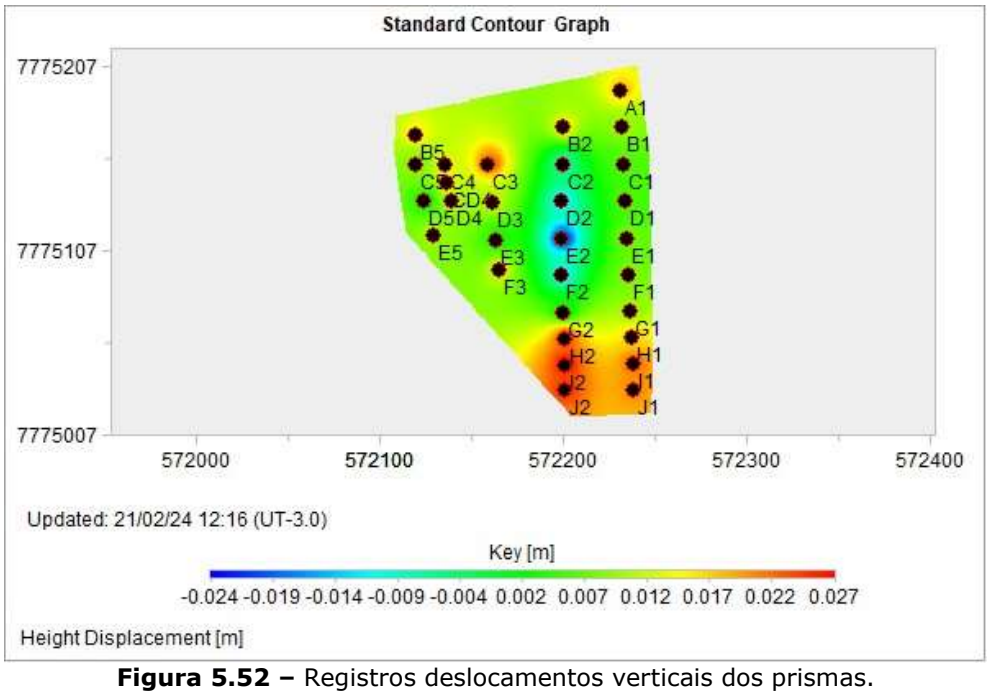


Figura 5.52 – Registros deslocamentos verticais dos prismas.

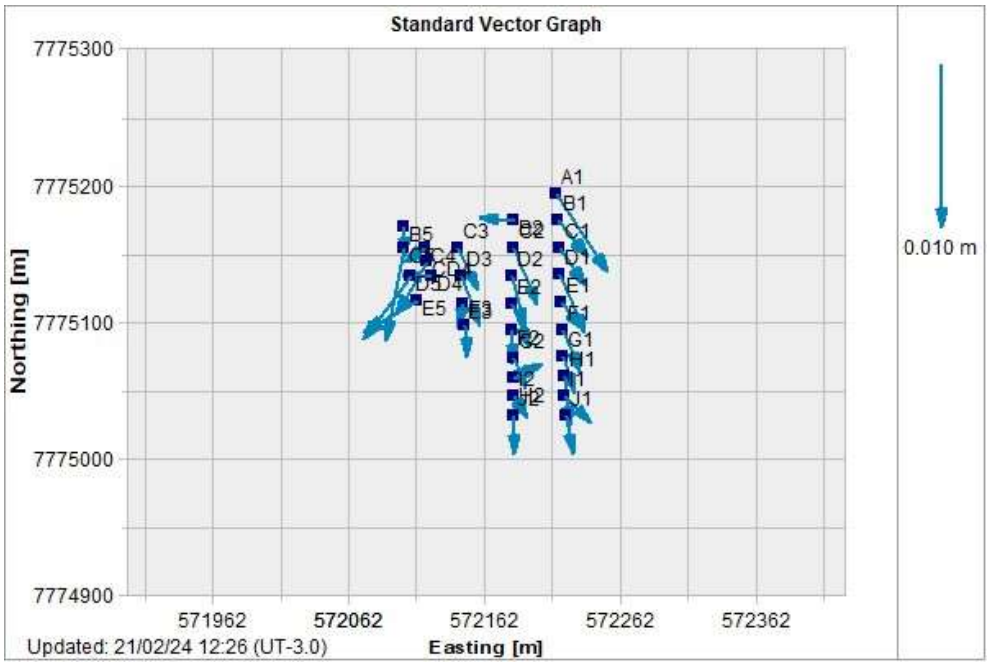


Figura 5.53 – Registros vetores deslocamento dos prismas.

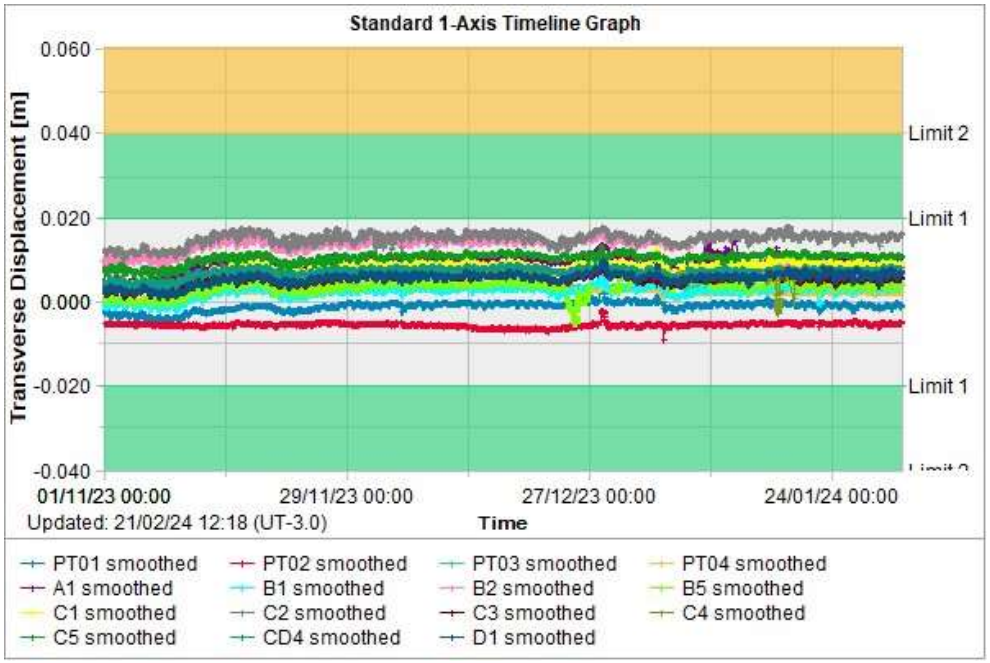


Figura 5.54 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

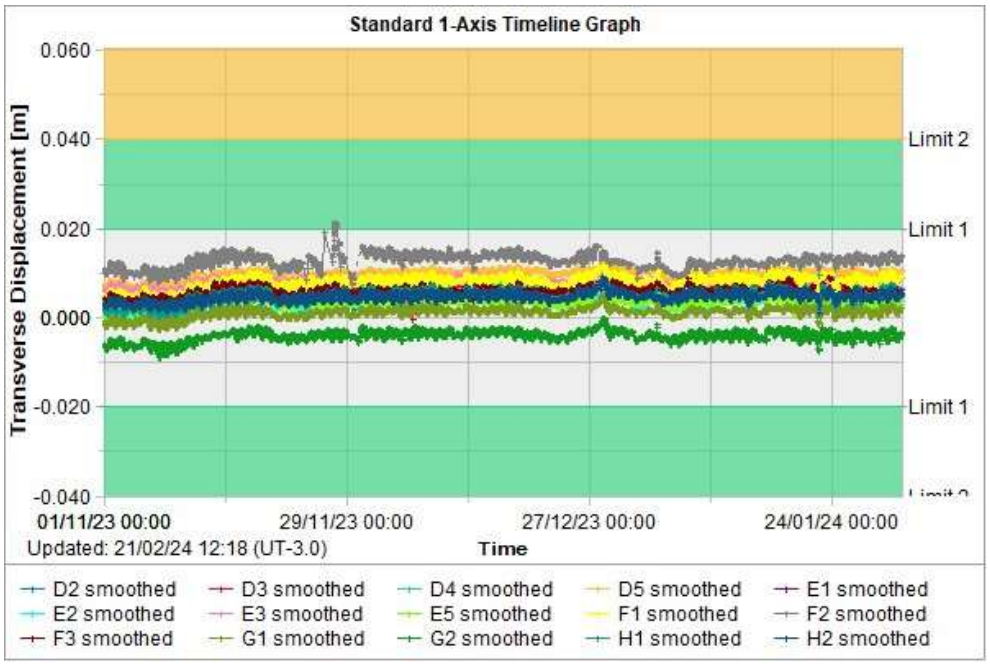


Figura 5.55 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

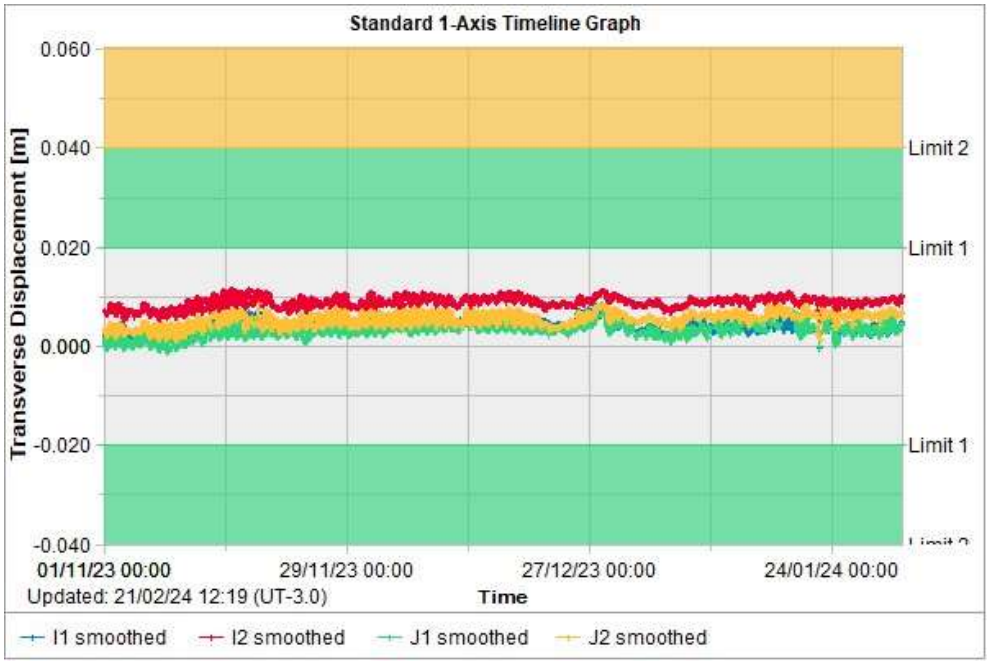


Figura 5.56 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

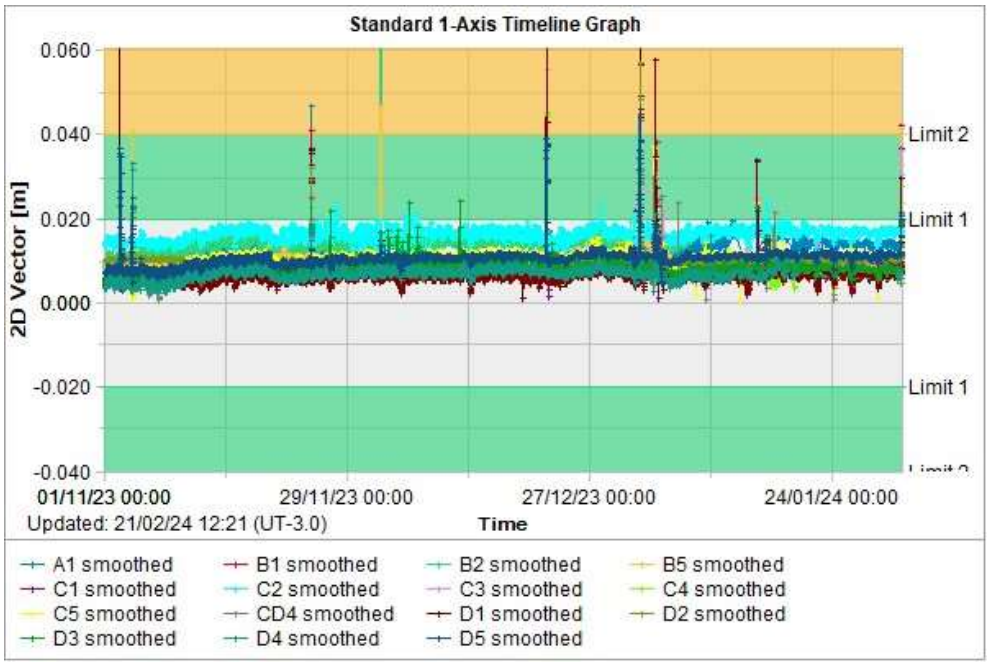


Figura 5.57 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

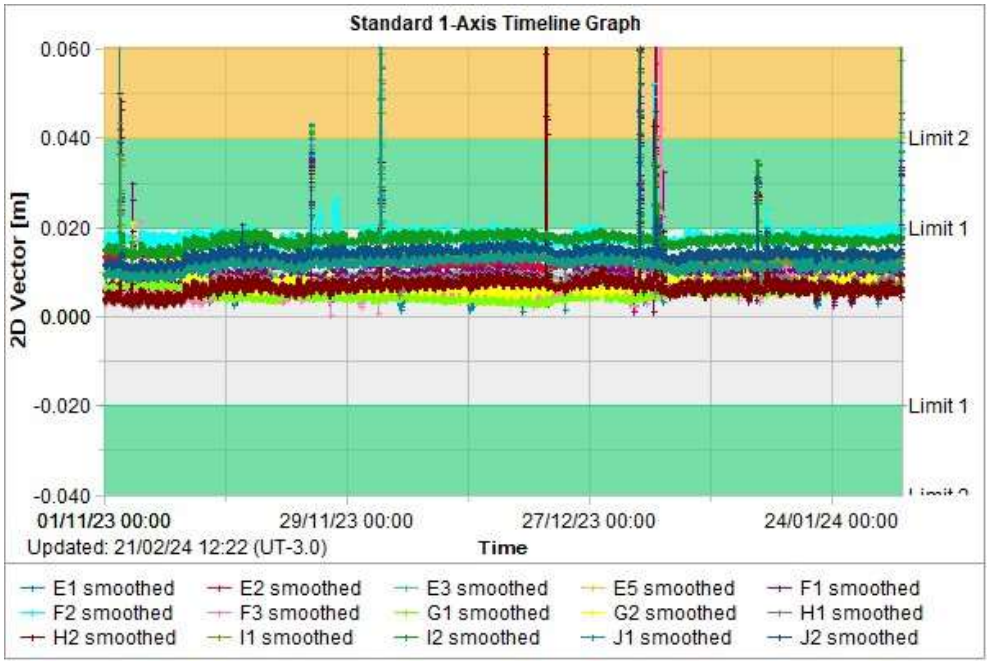


Figura 5.58 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

As leituras de deslocamento vertical (Figura 5.52) apontam que a barragem tem um deslocamento acumulado menor que 2,0 cm, que pode ser considerado como uma movimentação baixa. Conforme esperado, tem-se uma maior concentração de recalques na porção central do maciço.

Em relação às leituras dos deslocamentos horizontais, estas indicam em geral, no período avaliado (novembro/2023 a janeiro/2024), pequenos deslocamentos transversais, dentro dos parâmetros de normalidade dos instrumentos determinados pela equipe da MMI com a equipe da Leica Geosystems (fornecedora dos equipamentos de medição). Já no caso dos gráficos "2D Vector", foram verificadas algumas leituras com picos acima do limite 1 definido para os instrumentos, mas retornando em seguida a valores dentro dos limites normais. Sendo, desta forma, considerados como erros de leitura.

- **Marcos de Controle de Deslocamento**

Atualmente na barragem existem 4 marcos de controle de deslocamento instalados na estrutura, como pode ser visto na Tabela 5.2.

Na 1ª quinzena de outubro de 2023, a equipe de topografia da MMI informou que foi realizada a calibração das estações totais e dessa forma foi necessário o recadastramento das hastes com as leituras do dia 11/10/2023.

A partir da análise das leituras dos marcos de controle pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Os valores acumulados observados, horizontais menores que 5 mm e verticais menores que 3 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura ("serrilhado"), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão.

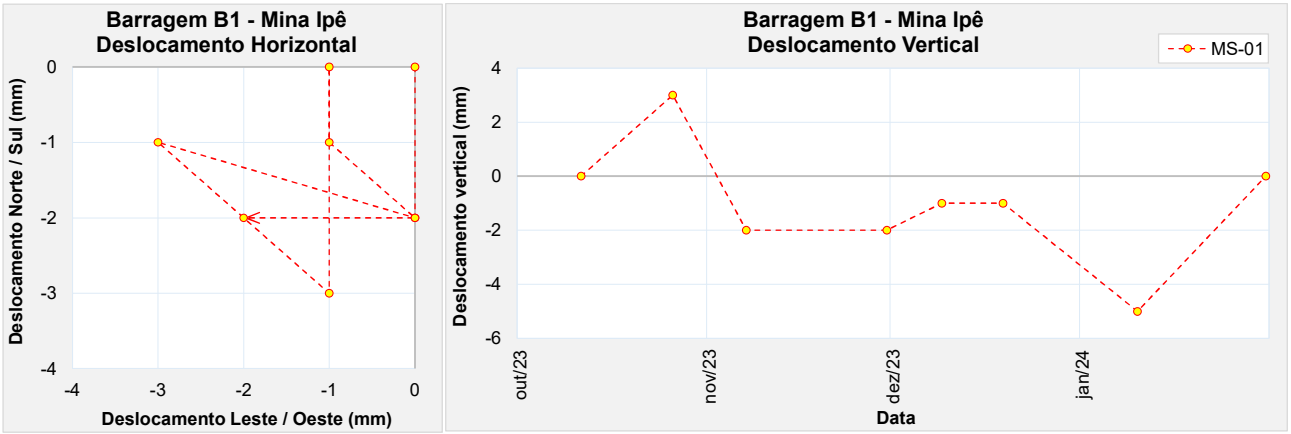


Figura 5.59 – Marco de controle de deformação – MS-01.

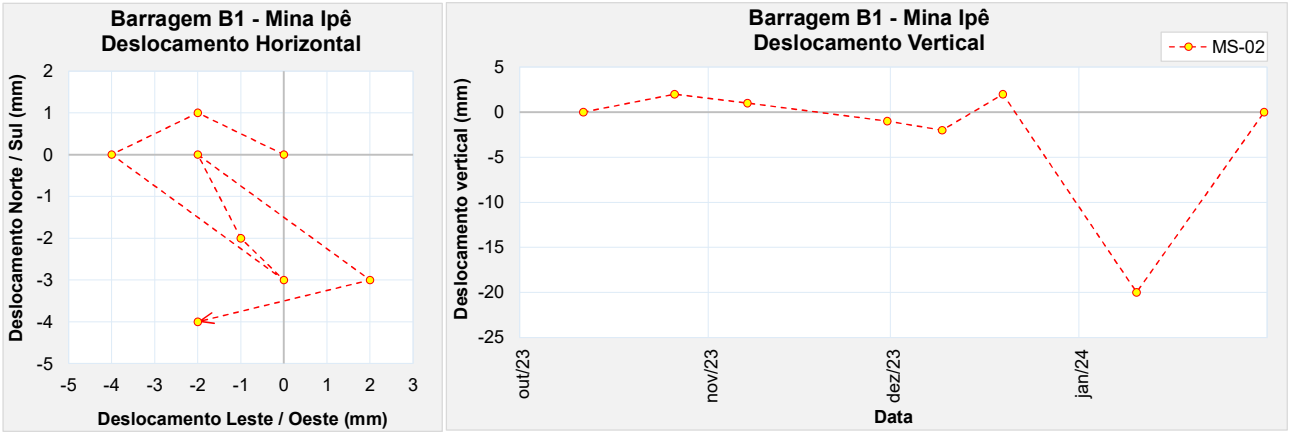


Figura 5.60 – Marco de controle de deformação – MS-02.

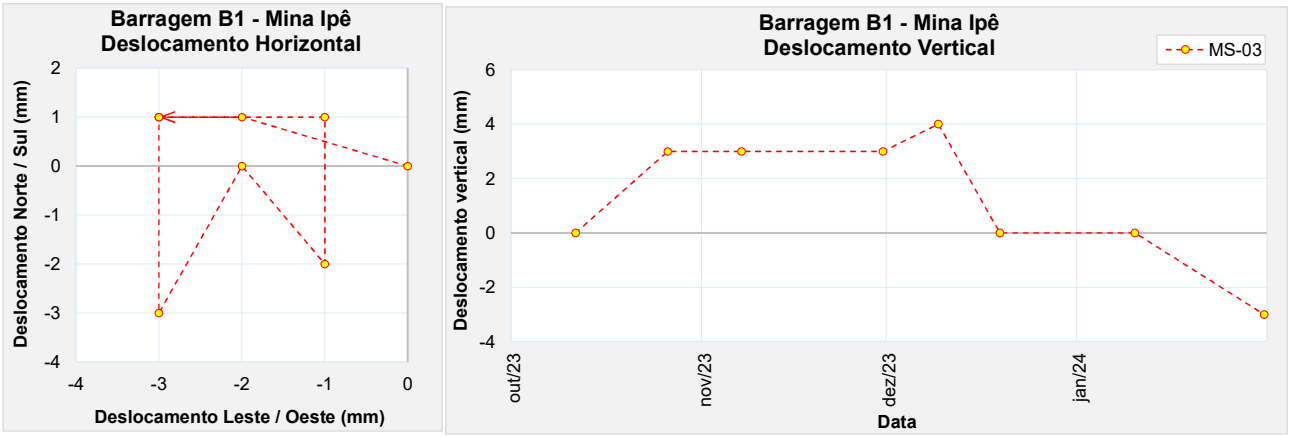


Figura 5.61 – Marco de controle de deformação – MS-03.

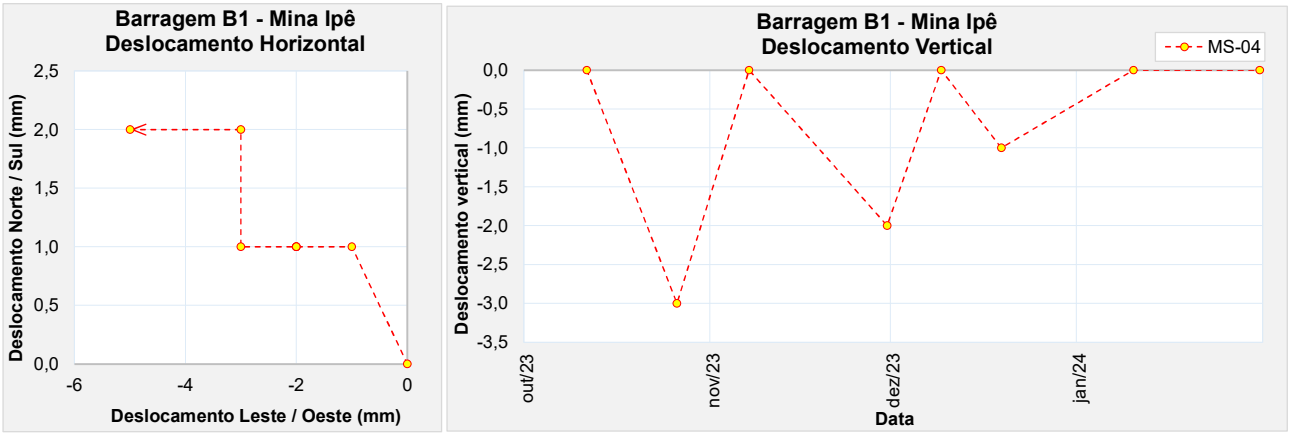


Figura 5.62 – Marco de controle de deformação – MS-04.

5.6.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (novembro/2023 a janeiro/2024).

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2017, a partir do software Slide da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

5.6.4.1 Premissas adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas considerando a geometria da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico mais atual, realizado em novembro/2021 (documento B1_IPE_16NOV21.dwg), acrescido do levantamento As Built da berma de reforço construída a jusante da estrutura (CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg). A estratigrafia das seções transversais de análise foi definida pela DF+ Consultoria Geotécnica e Recursos Hídricos no âmbito do projeto conceitual de descaracterização, a partir da interpretação de uma extensa campanha de sondagens SPT e ensaios CPTu executada na barragem.

Na Figura 5.63 é apresentada a locação em planta das seções e instrumentação de controle utilizadas nas análises de estabilidade.

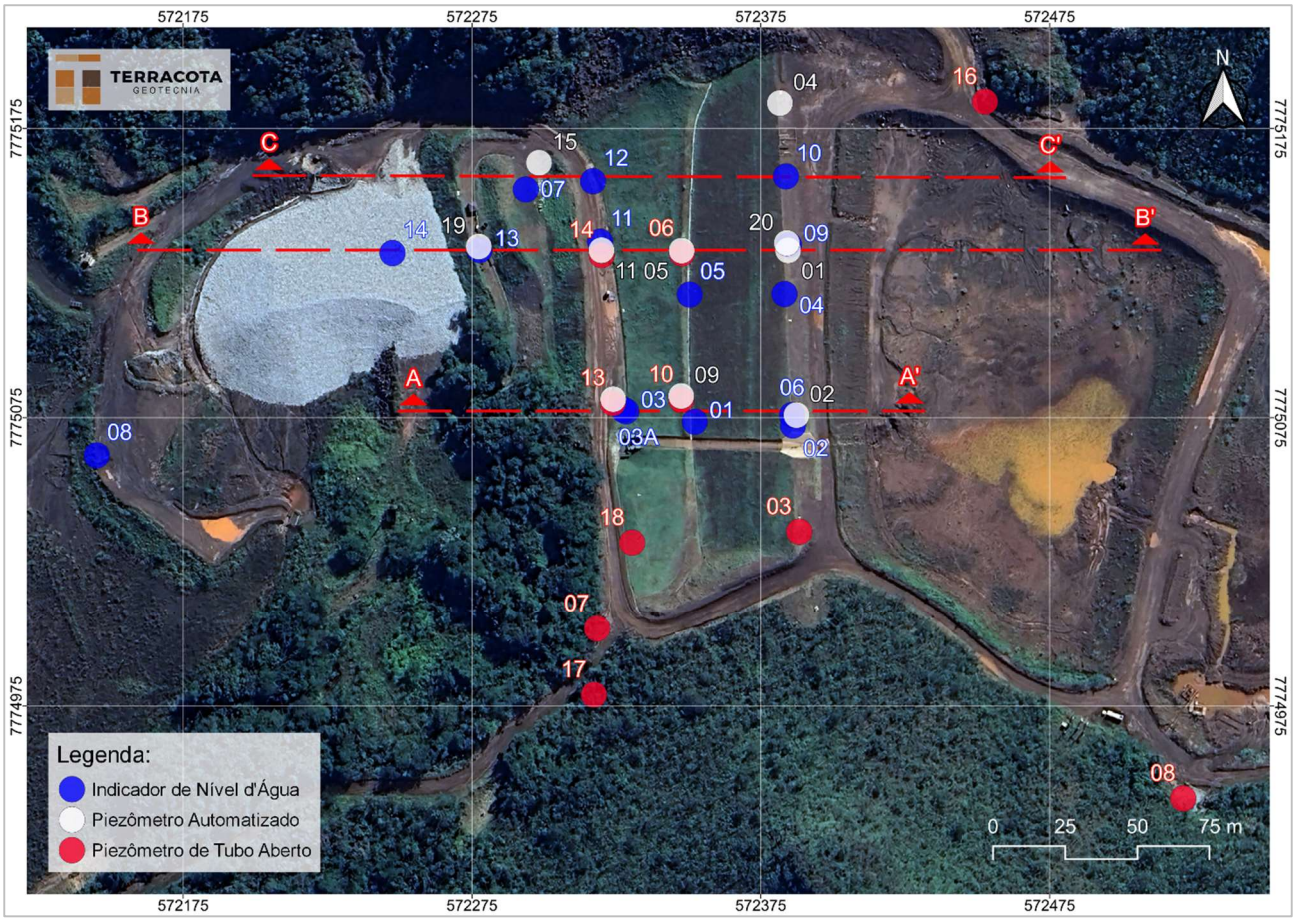


Figura 5.63 – Seções Instrumentadas Barragem B1 – Mina Ipê – Planta.

As condições consideradas nas análises de estabilidade foram os carregamentos drenado e não drenados de pico e liquefeito. Os estudos realizados para definir o comportamento dos rejeitos presentes nas seções de análise indicaram que o rejeito do reservatório e o rejeito antigo presente na fundação da barragem têm comportamento contrátil, ou seja, geram excesso de poropressão positiva na ruptura. Para este tipo de material, a análise não drenada representa a condição crítica de carregamento.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução ANM 95/2022 (**FS ≥ 1,3**);
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS ≥ 1,0**) e NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,1**);
- Análises não drenadas com parâmetro liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 5.3 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 5.3 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Sismo (Pseudo-estática)	1,0 a 1,1	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada e condições com sismo (pseudo-estática) atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2017 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do peak ground acceleration (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento pseudo-estático (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 5.64 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 5.64 – Rede sismológica brasileira (http://www.rsbr.gov.br).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 5.4 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Tabela 5.4 – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

Modelo	Valores máximos por período de retorno (anos)					Máximo absoluto
	500	1.000	2.500	5.000	10.000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	**9.7%**	**9.5%**	**13.4%**	**16.0%**	**18.3%**	**18.3%**
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo "*Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment*" publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 5.65).

A localização da barragem no mapa de Assumpção et al. fornece valor de PGA em torno de 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR.

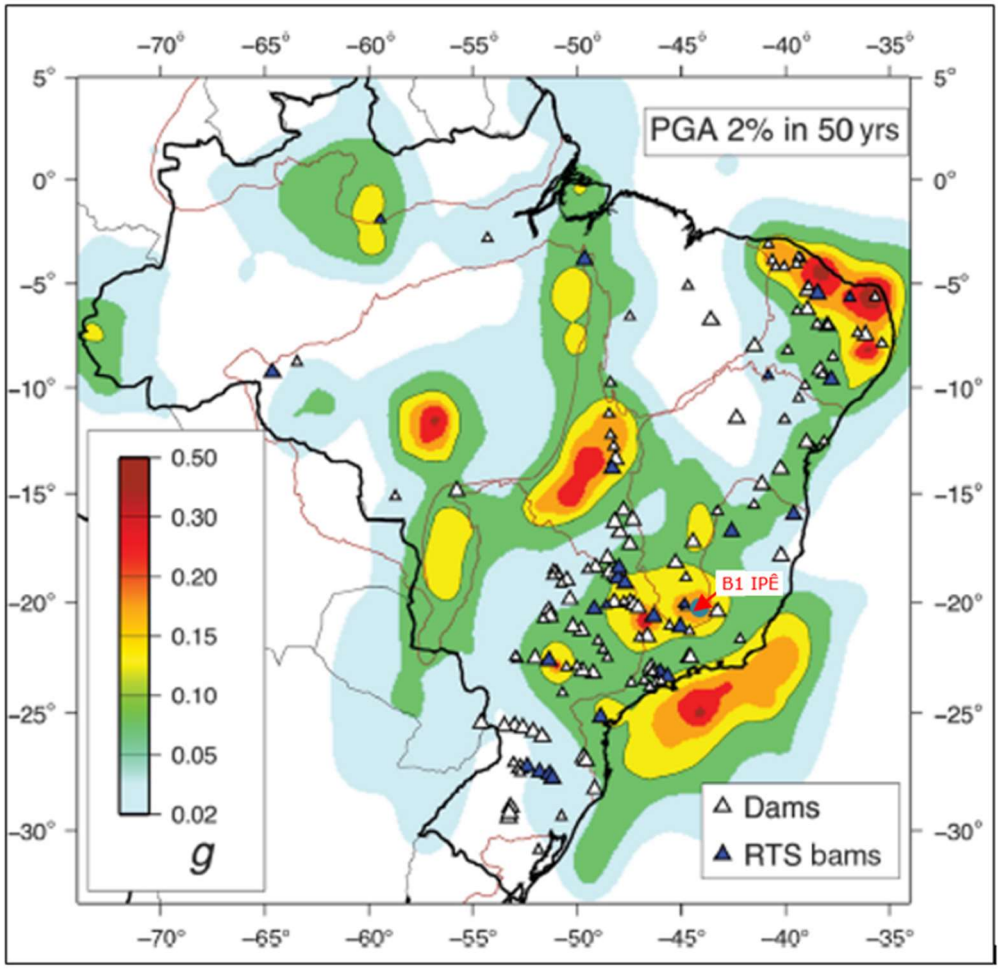


Figura 5.65 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Assumpção Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B1 – Mina Ipê, considerando a contribuição do efeito sísmico, utilizou-se como premissa a norma técnica elaborada pela Canadian Dam Association (CDA) – *"Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams"* (2014), em conformidade ao recomendado pela NBR 13.028/2017 no seu tópico 5.3.6, o qual faz referência aos estudos sísmicos.

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados à infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

Classificação da Barragem	População em Risco (Nota 1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (Nota 2)	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixo	Nenhum	0	Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativo	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
			Apenas perdas marginais do habitat.	
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Muito Alta	**Permanente**	**100 ou menos**	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	
Extrema	Permanente	Mais de 100	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição impossível.	

Nota 1. Definições para população em risco:

Nenhum – Não há população identificável em risco, portanto não há possibilidade de perda de vida a não ser devido ao acaso imprevisível.

Temporário – As pessoas estão apenas temporariamente na zona de inundação do rompimento da barragem (por exemplo, uso sazonal de casas de campo, passagem em rotas de transporte, participação em atividades recreativas).

Permanente – A população em risco normalmente está localizada na zona de inundação da ruptura da barragem (como residentes permanentes); são propostas três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) para permitir estimativas mais detalhadas da potencial perda de vidas (para auxiliar na tomada de decisões se for realizada a análise apropriada).

Nota 2. Definições para população em risco:

Não especificado – O nível apropriado de segurança exigido em uma barragem onde as pessoas estão temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, da natureza de sua atividade e de outras condições.

De acordo com os critérios da Tabela 5.5, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.8 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Muito Alta**. A partir desta classificação, seguindo as

premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 5.6, o PGA de 0,1585g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com períodos de retorno de 2.500 e 10.000 anos.

Tabela 5.6 – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

Classe da Barragem	Probabilidade Anual de Excedência (PAE) – Terremotos (Nota 1)
Baixa	1/1000
Significativo	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/2.475 (Nota 2)
Muito Alta	1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3)
Extrema	1/10.000 ou SMP (Nota 3)

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).
Nota 1. Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (Dam Safety Guidelines - CDA 2013).
Nota 2. Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no National Building Code of Canada (Código Nacional de Construção do Canadá).
Nota 3. SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação "*Rationalizing the Seismic Coefficient Method"* (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,079g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Para a componente vertical adota-se um valor correspondente a 60% da componente horizontal, seguindo proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003), resultando num valor igual a 0,047g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

Conforme projeto de descaracterização da estrutura, a Barragem B1 - Mina Ipê deverá ser completamente removida nos próximos dois anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida útil da estrutura igual a 2 anos, utilizando a Equação 5.1. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de 100 anos.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{t}\right)^n$$ Equação 5.1

Em que:

- P é a probabilidade de excedência do sismo;
- t é o período de retorno;
- n é o tempo de vida útil da estrutura.

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 1.000 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,2%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 5.4, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,048g e uma componente vertical igual a 0,029g.

5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada na análise de estabilidade foram considerados os instrumentos instalados no maciço e na fundação da Barragem B1 - Mina Ipê, ao longo das três seções de controle existentes na estrutura.

A Tabela 5.7 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 5.7 – Instrumentação – Valores lidos (29/01/2024) e valores adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	PZ-02(2)	1.022,43	1.023,15	1.023,50(4)
	INA-02	1.030,77	Seco	-
	INA-06	1.021,41	1.023,28	1.023,28
	INA-01	1.031,86	Seco	-
	PZ-09(1)	1.017,02	1.017,67	1.017,67
	PZ-10	1.025,33	Seco	-
	INA-03	1.029,53	Seco	-
	INA-03A	1.015,02	1.015,68	1.015,68
	PZ-12(1)	1.010,87	1.014,01	1.014,01
	PZ-13	1.023,95	Seco	-
B-B'	INA-09	1.006,45	1.017,33	1.017,33
	PZ-20(3)	1.006,15	1.015,37	1.017,33(4)
	PZ-01(1)	999,45	1.014,60	1.016,80(4)

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
	INA-04	1.032,92	Seco	-
	INA-05	1.022,04	Seco	-
	PZ-05(2)	993,47	1.010,11	1.012,00(4)
	PZ-06	998,22	1.011,73	1.011,73
	INA-11	1.000,26	1.007,31	1.009,20(4)
	PZ-11(2)	982,32	1.008,86	1.008,86
	PZ-14	988,35	1.007,92	1.007,92
	INA-13	992,45	1.006,64	1.006,64
	PZ-19(3)	993,23	1.005,99	1.005,99
	INA-14	989,66	1.005,61	1.005,61
C-C'	INA-10	1.022,31	Seco	1.022,31
	INA-12	1.011,61	Seco	1.011,61
	PZ-15(1)	1.009,29	1.009,22	1.009,22
	INA-07	982,17	1.008,66	1.008,66

1- Instrumento automatizado em 2021;
2- Instrumento automatizado em 02/12/2022;
3- Instrumento automatizado em 19/10/2023;
4- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento.

5.6.4.4 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade para definição dos níveis de controle foram aqueles consolidados e apresentados no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.537, relativo ao relatório de consolidação de dados da Barragem B1 – Mina Ipê, elaborado pela Terracota Geotecnia. No referido documento foram utilizados dados de ensaios de laboratório, ensaios CPTu e sondagens SPT para determinação da resistência drenada e não drenada dos materiais presentes nas seções de análise.

A exceção à regra é o parâmetro de resistência dos blocos de gnaisse utilizados na berma de reforço, que foram modelados a partir da envoltória inferior de LEPS (1973), que se trata de uma referência bibliográfica específica para modelagem do comportamento de blocos.

Os parâmetros de resistência não drenada de pico e liquefeita do rejeito do reservatório e do rejeito antigo da fundação foram definidos a partir dos ensaios CPTu executados nos materiais. Os rejeitos foram modelados com resistência não drenada quando abaixo da linha freática adotada nas análises de estabilidade.

Na Tabela 5.8 apresentam-se os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

Tabela 5.8 – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material		Cor	γ	Parâmetros de Resistência			Referência
				Parâmetros Efetivos		Su/σ'v	
			(kN/m³)	c' (kPa)	ϕ' (º)	(kPa)	
Rejeito Reservatório	Acima do N.A.		25,0	0,0	30,0	-	Correlação com N_{SPT}
	Abaixo do N.A. - Pico			-	-	0,23	Interpretação de ensaios de Piezocone
	Abaixo do N.A. - Liquefeito			-	-	0,10	
Rejeito Antigo	Acima do N.A.		26,5	0,0	35,0	-	Correlação com N_{SPT}
	Abaixo do N.A. - Pico			-	-	0,27	Interpretação de ensaios de Piezocone
	Abaixo do N.A. - Liquefeito			-	-	0,06	
Maciço	Rejeito Compactado		27,5	7,0	40,0	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
	Rejeito Semi Compactado		26,5	0,0	40,0	-	
Solo Residual de Filito (1)			19	18,0	36,0	-	
Saprolito de Filito			20	20,0	45,0	-	Correlação com N_{SPT}
Quartzito Nova Lima			20	400,0	35,0	-	Estimativa bibliografia/ projetistas
Filito São			20	Resistência Infinita			
Blocos Lançados			20	Envoltória Leps Inferior			
Enrocamento			22	Envoltória Leps Inferior			

(1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984), resultando em c=27,5 kPa e Ø=31,6º.

5.6.4.5 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 5.66 a Figura 5.82, destacando-se as superfícies de ruptura global e local que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 5.9 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 5.9 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A'	29/01/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,95
		Não drenado pseudo-estático (1) a_h = 0,079g a_v = 0,047g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,61 (sismo ↑)
					1,63 (sismo ↓)

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,048g a_v = 0,029g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,74 (sismo ↑)
					1,74 (sismo ↓)
B-B'	29/01/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,97
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,47
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	0,47
		Não drenado pseudo-estático (1) a_h = 0,079g a_v = 0,047g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,15 (sismo ↑)
					1,05 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,048g a_v = 0,029g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,22 (sismo ↑)
					1,18 (sismo ↓)
C-C'	29/01/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,01
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	2,01
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,22
		Não drenado pseudo-estático (1) a_h = 0,079g a_v = 0,047g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,63 (sismo ↑)
					1,62 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,048g a_v = 0,029g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,77 (sismo ↑)
					1,78 (sismo ↓)

(1) - Carregamento pseudo-estático considerando critérios do Canadian Dam Association (CDA, 2014);
(2) - Carregamento pseudo-estático considerando Probabilidade de Excedência de 0,2% relativo à vida útil remanescente da estrutura de 2 anos até sua completa remoção e Período de Retorno de 1.000 anos.

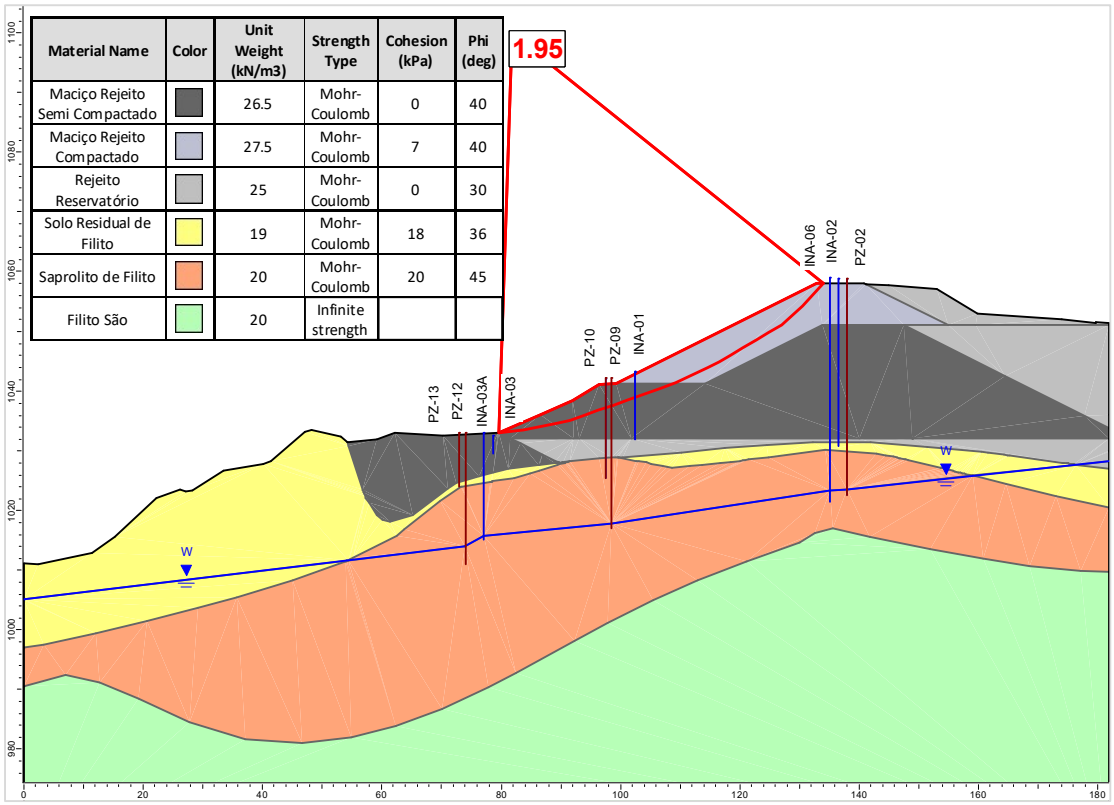


Figura 5.66 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024.

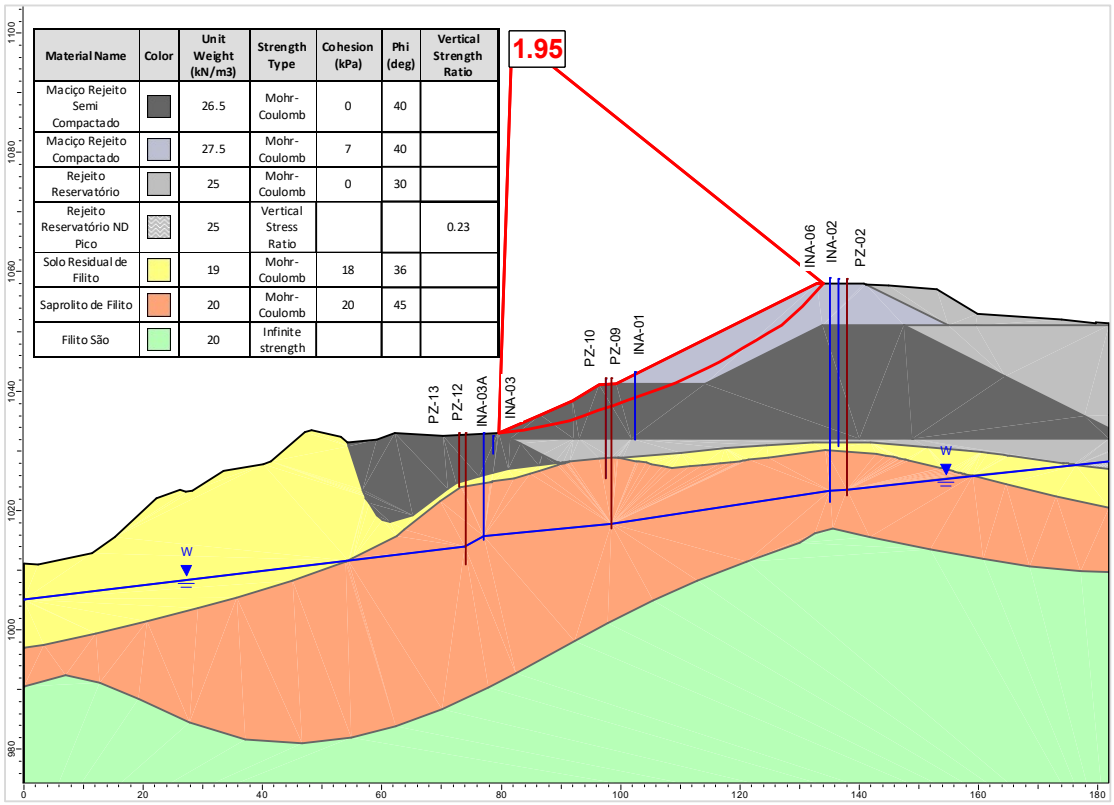


Figura 5.67 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

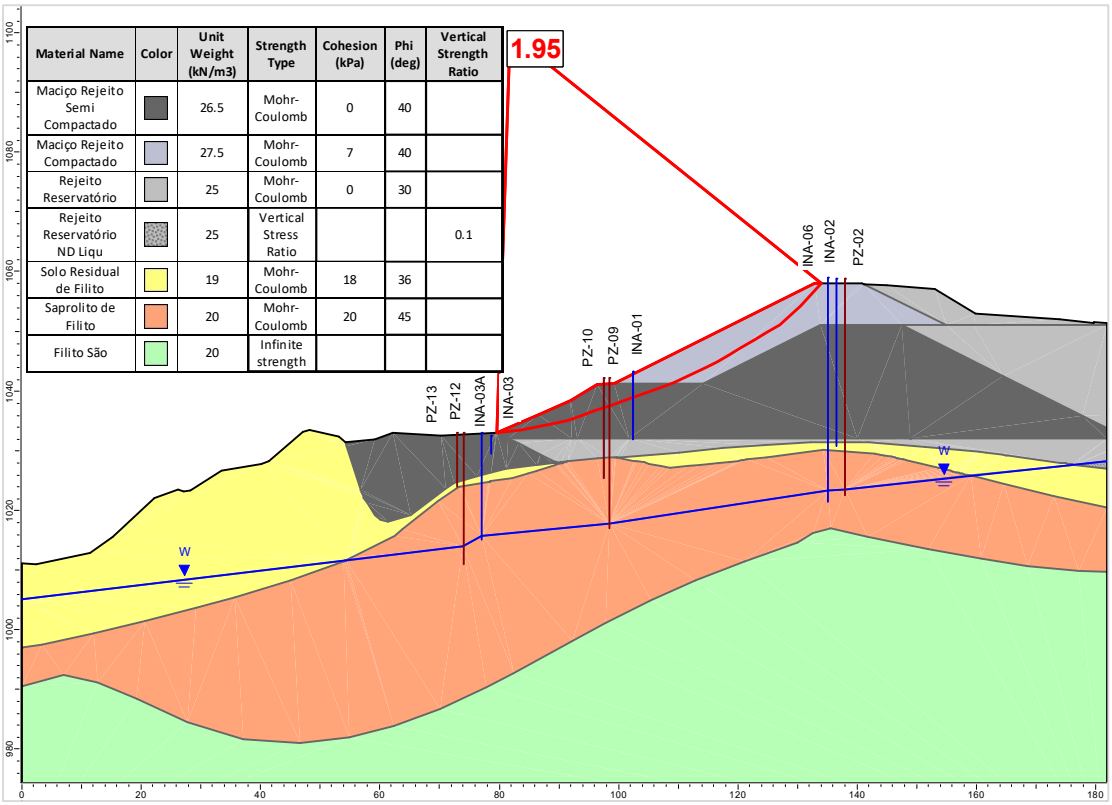


Figura 5.68 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeito.

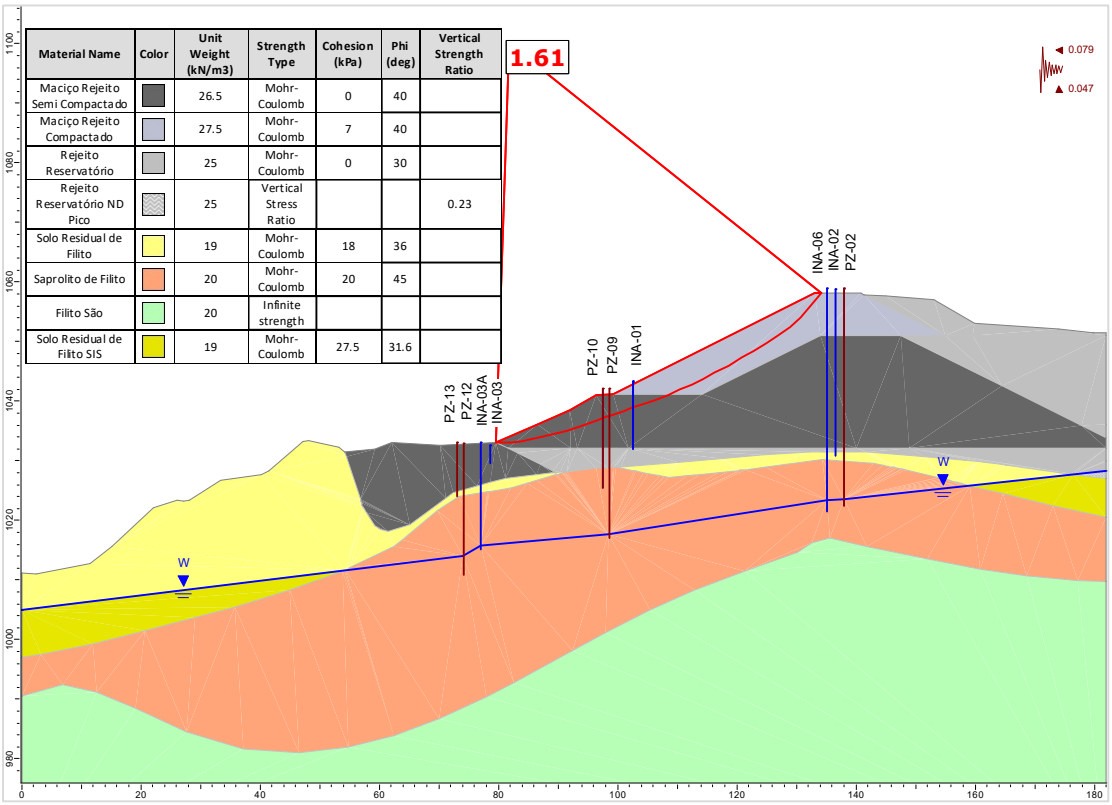


Figura 5.69 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

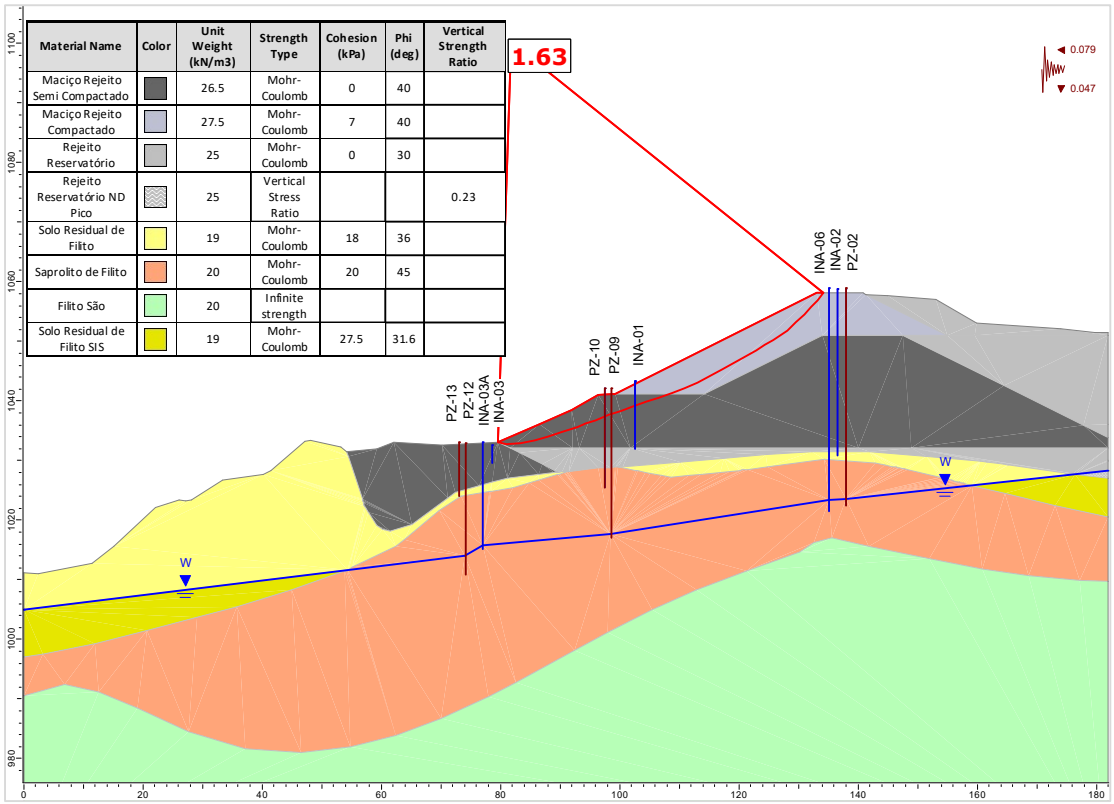


Figura 5.70 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

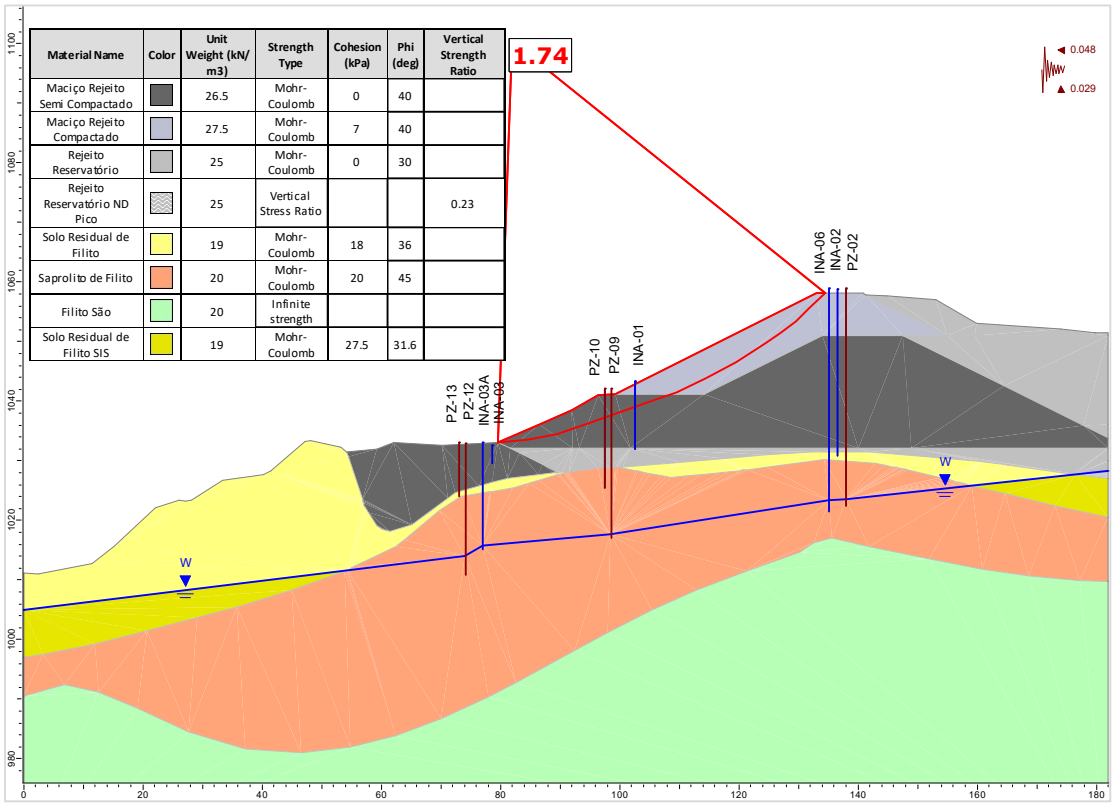


Figura 5.71 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

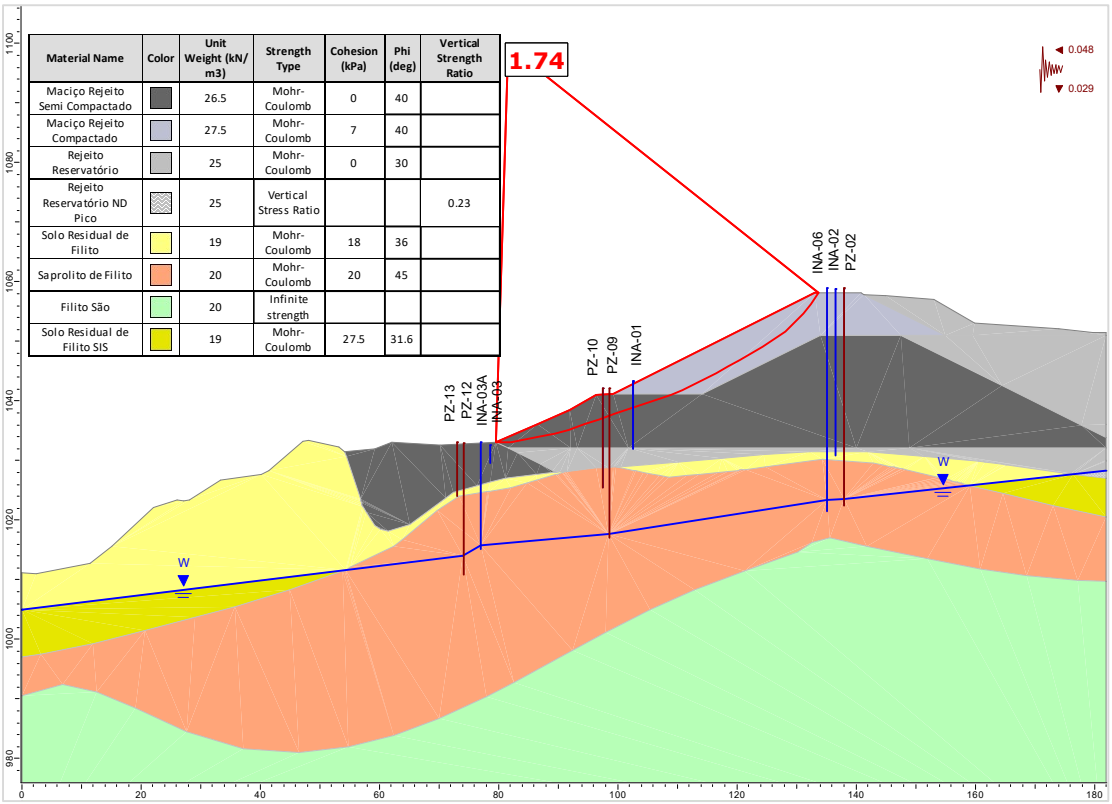


Figura 5.72 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

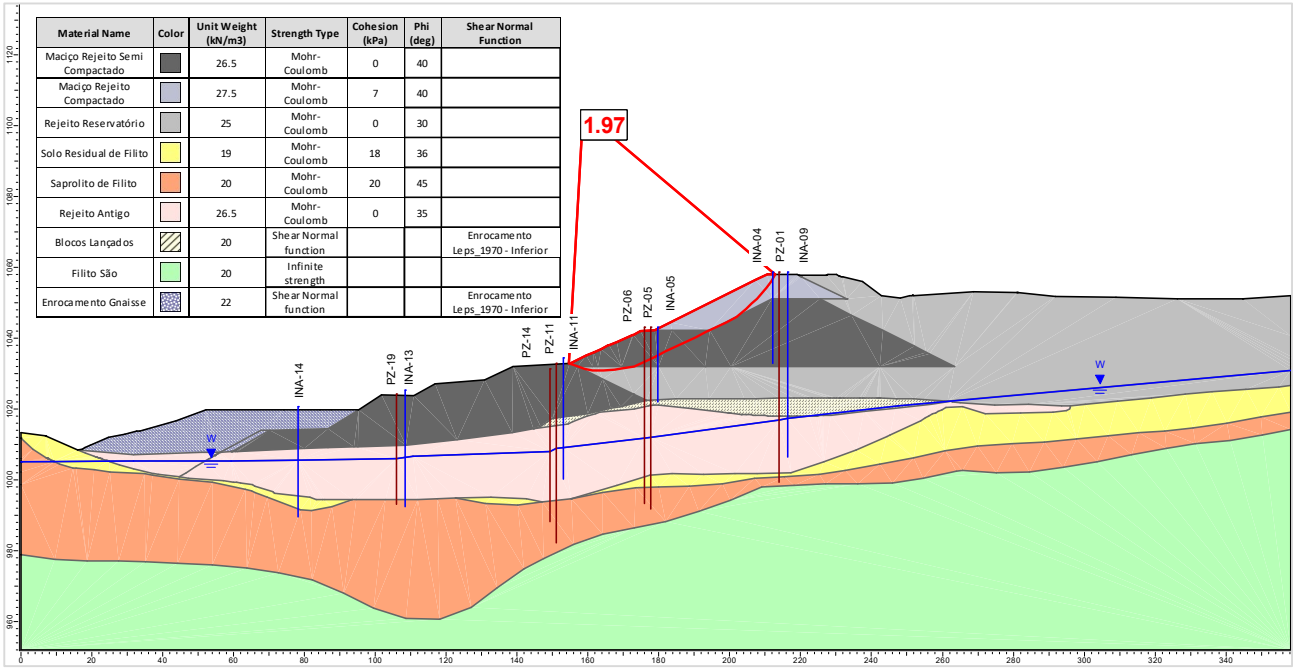
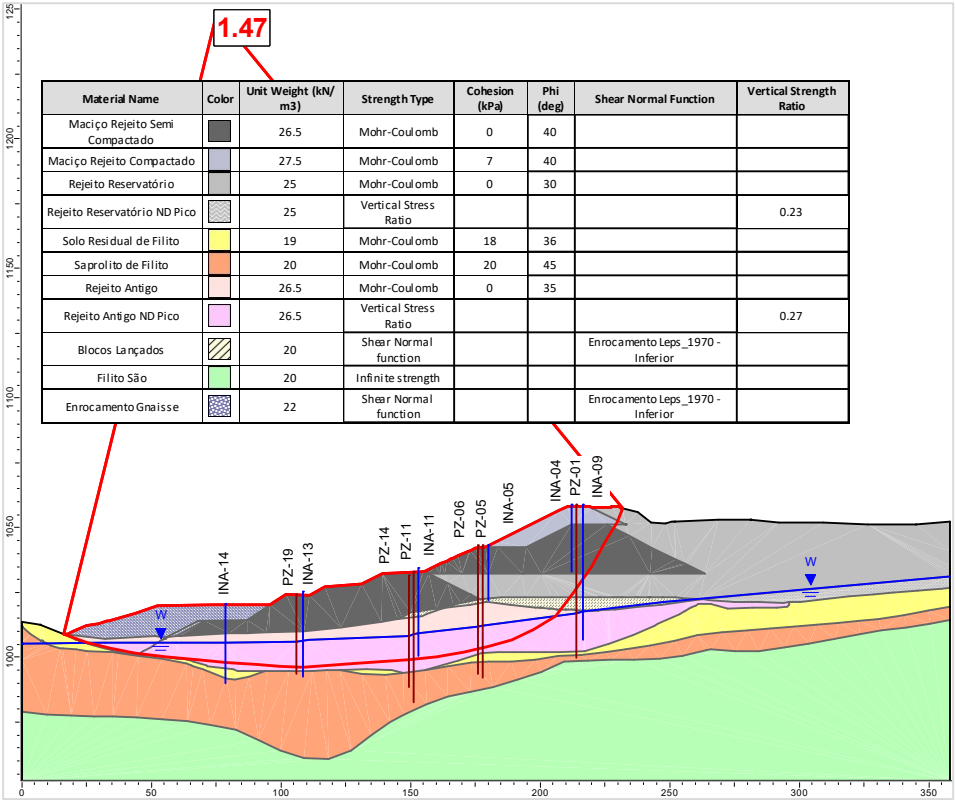
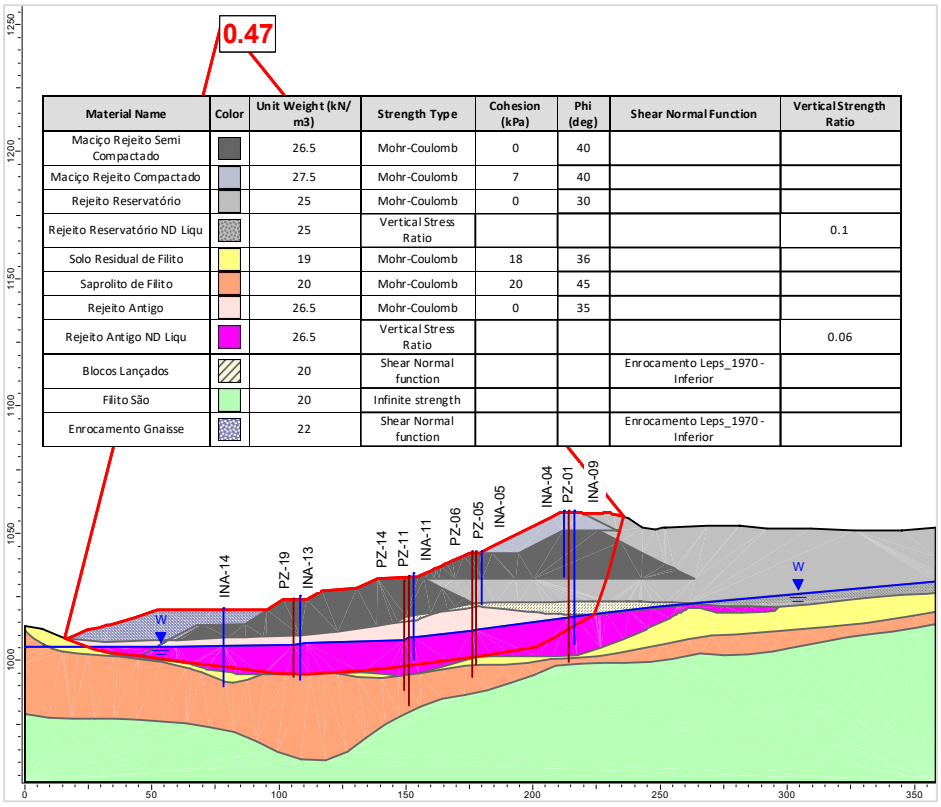


Figura 5.73 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio				0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	

Figura 5.74 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Rejeito Reservatório ND Liqu		25	Vertical Stress Ratio				0.1
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Liqu		26.5	Vertical Stress Ratio				0.06
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	

Figura 5.75 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeito.

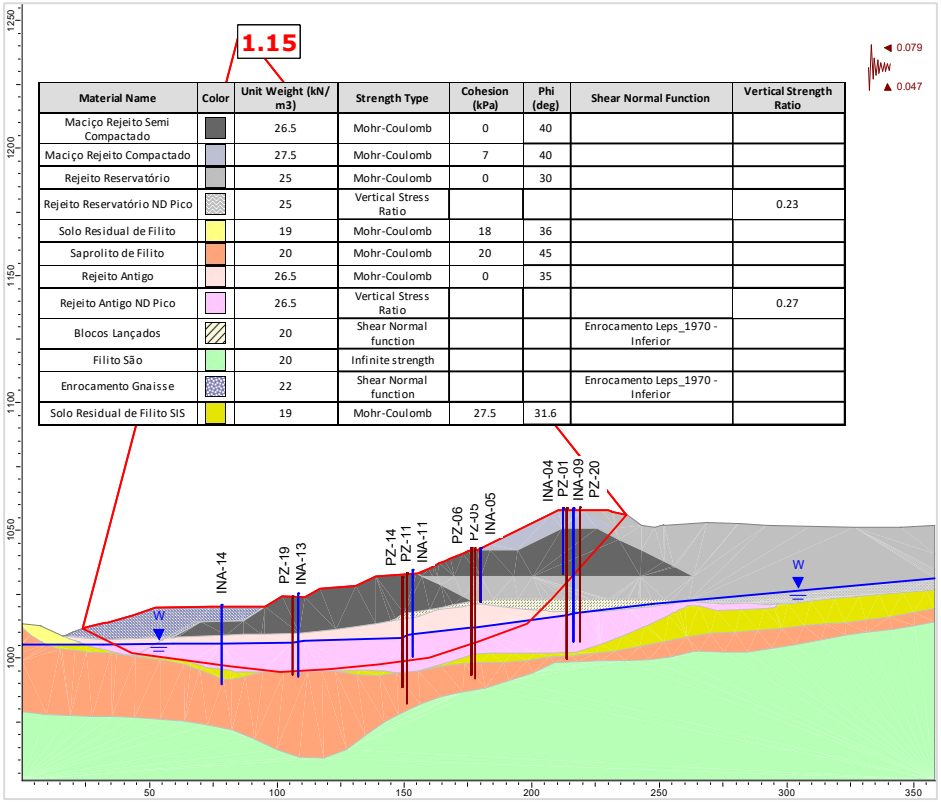


Figura 5.76 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

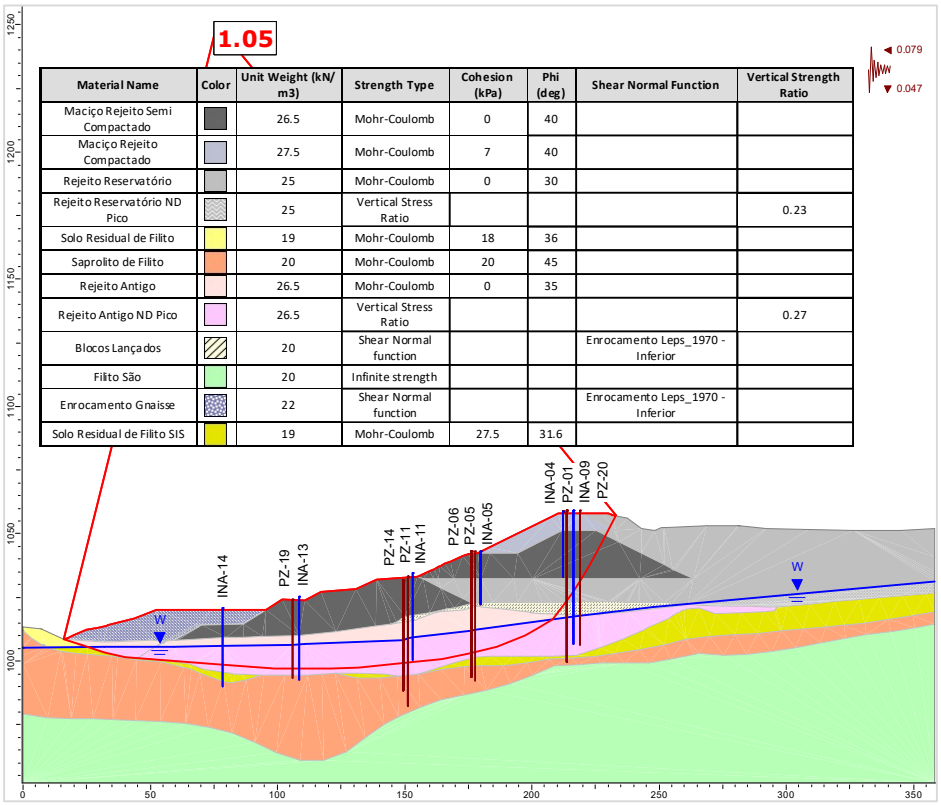


Figura 5.77 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

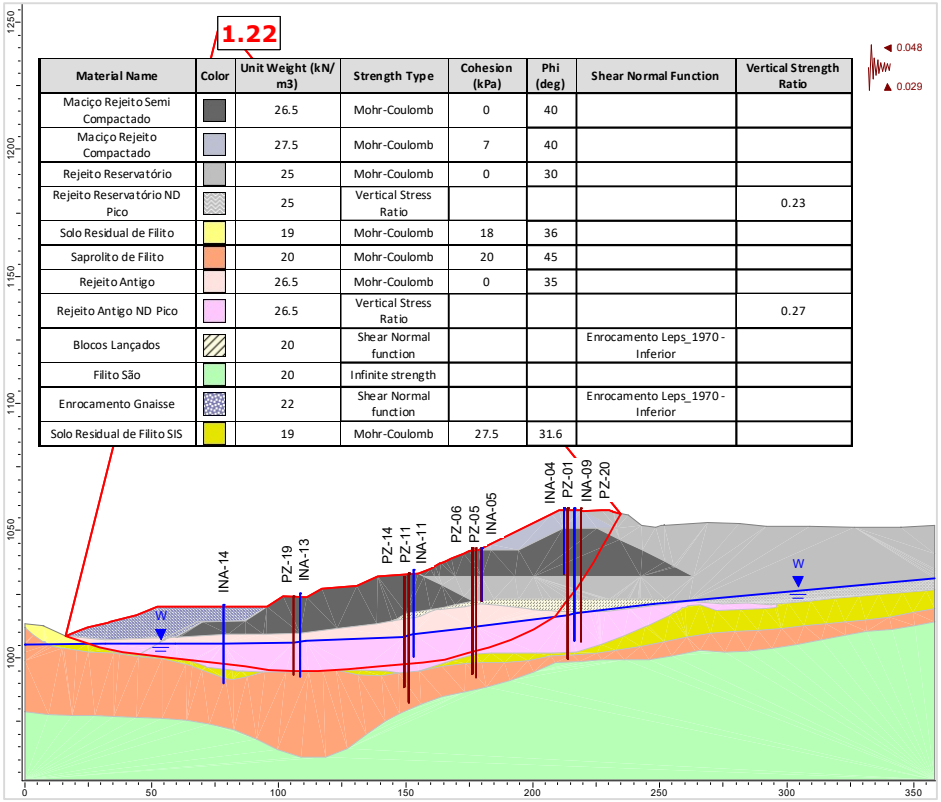


Figura 5.78 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

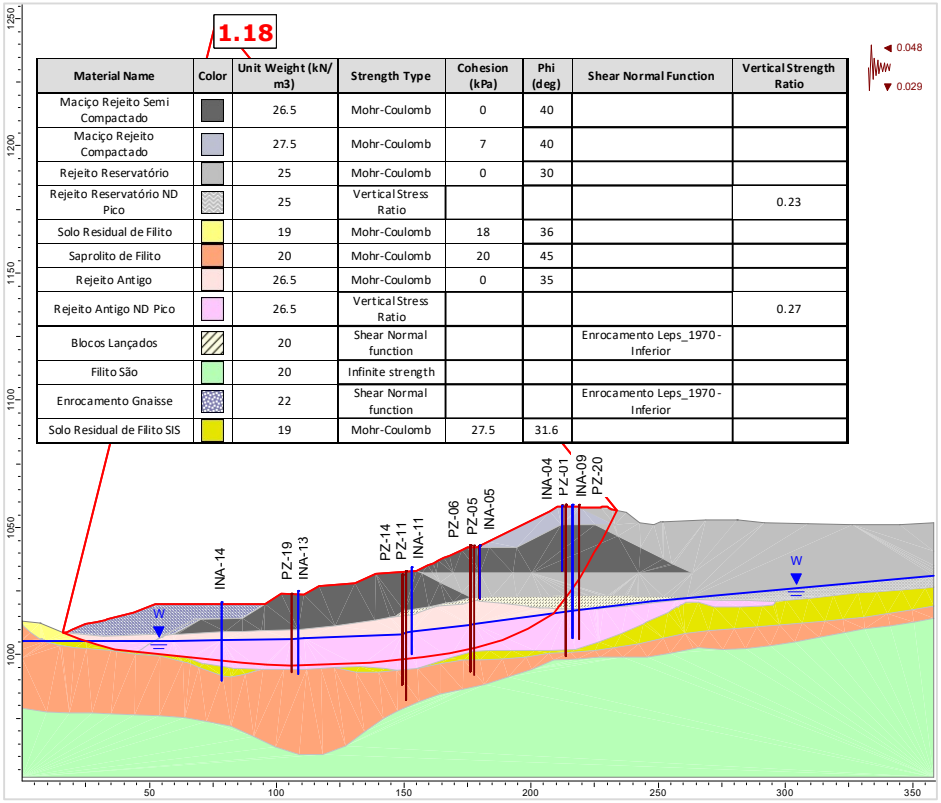


Figura 5.79 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

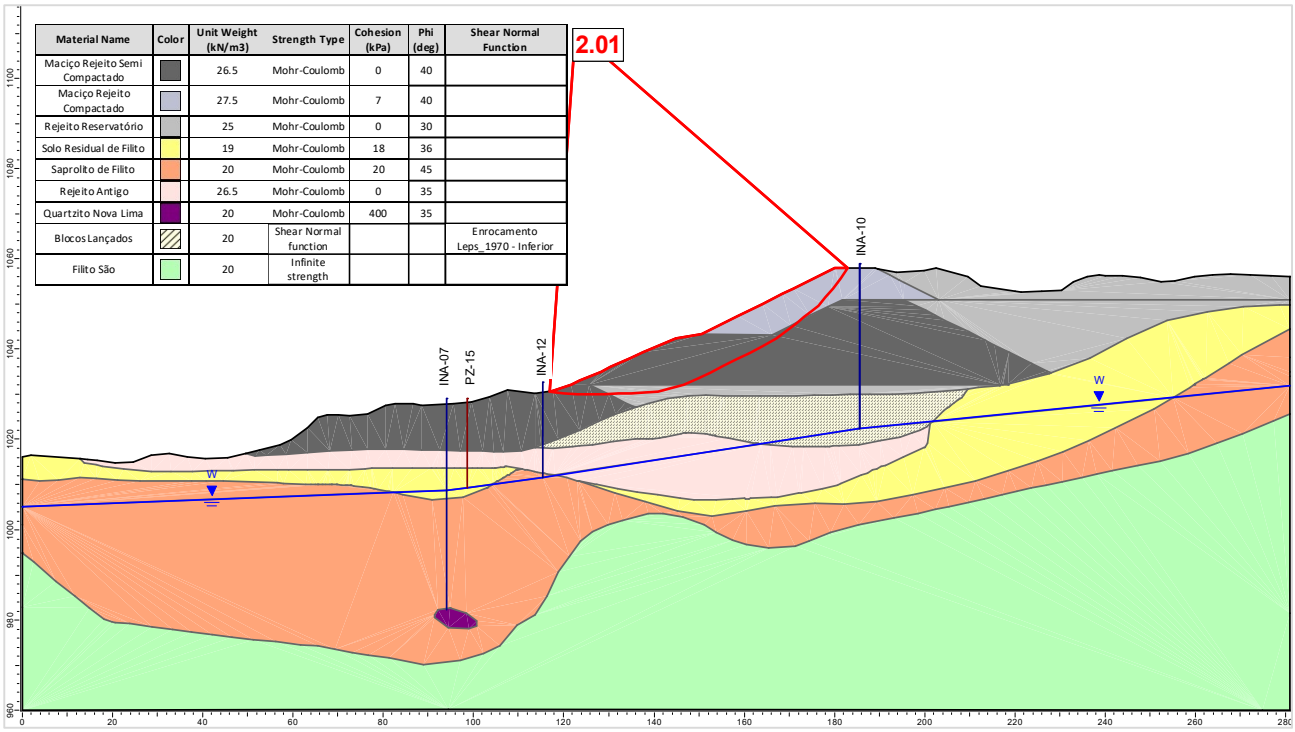


Figura 5.80 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024.

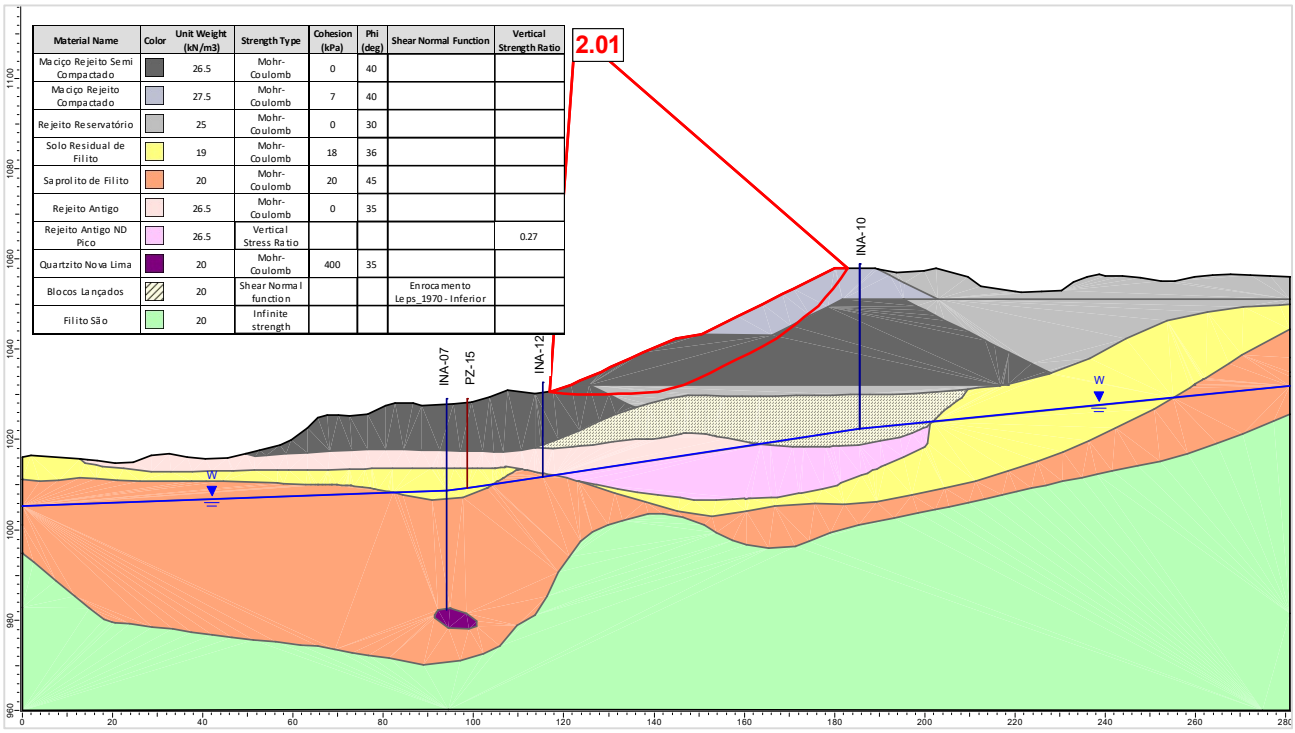
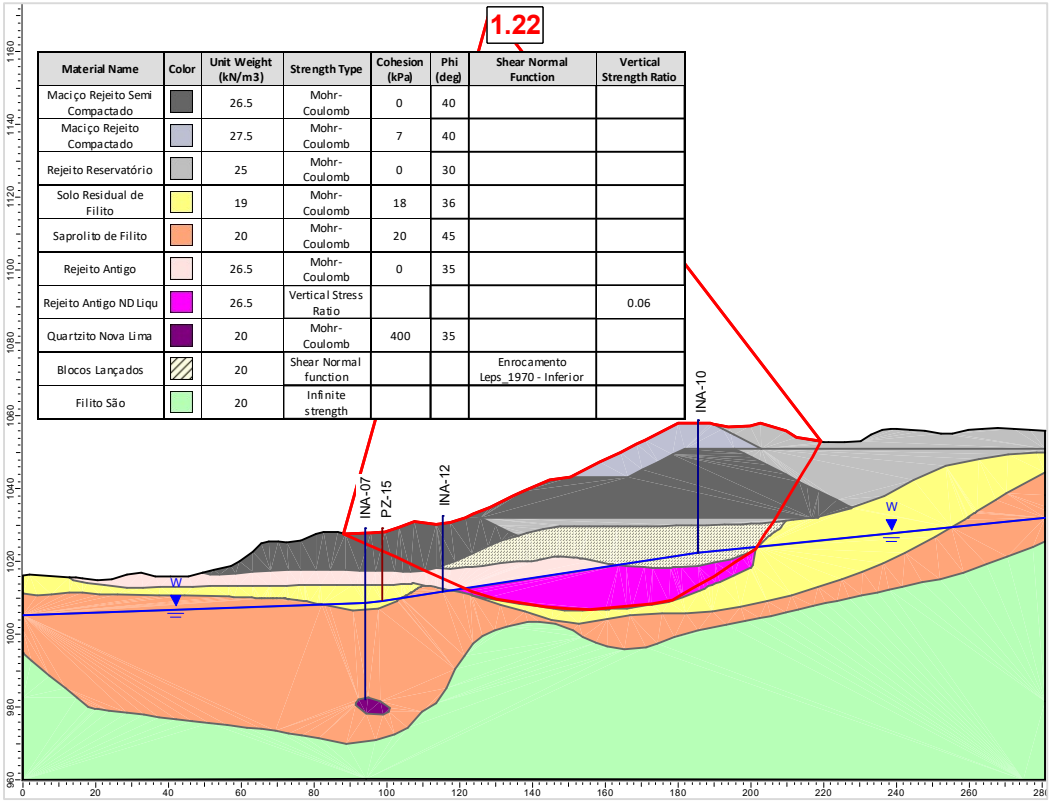
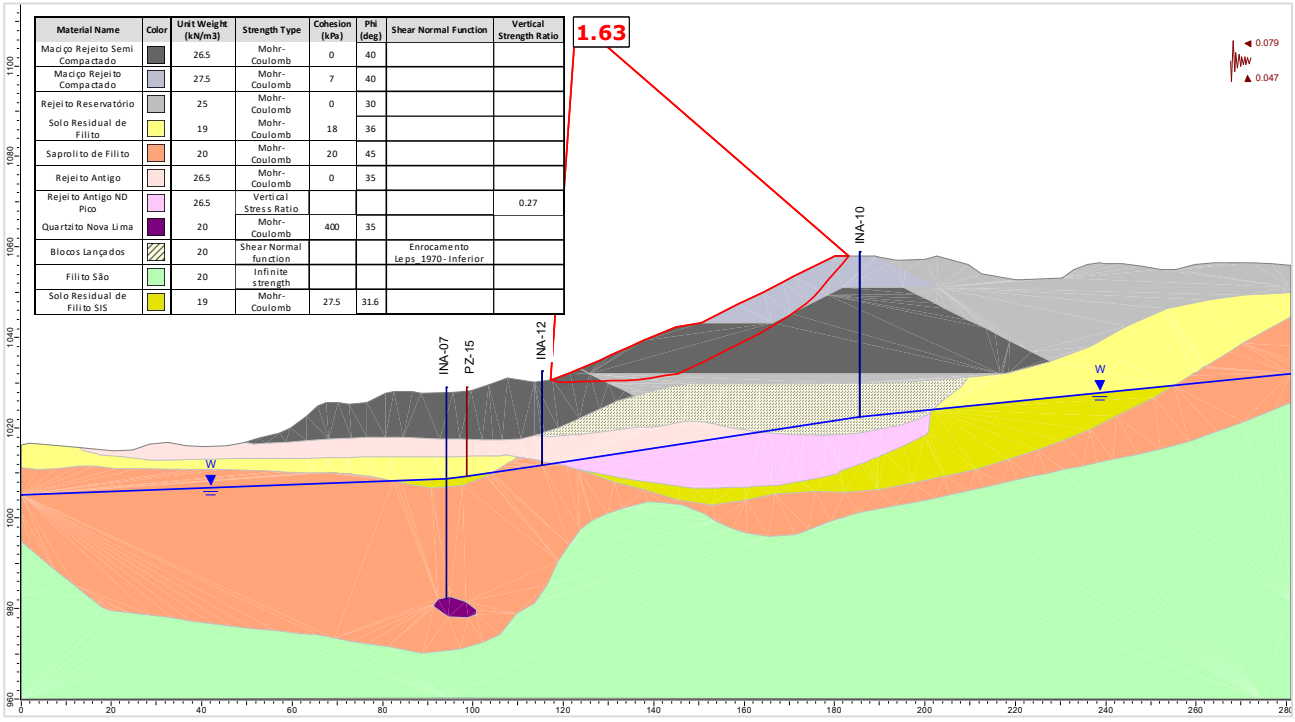


Figura 5.81 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



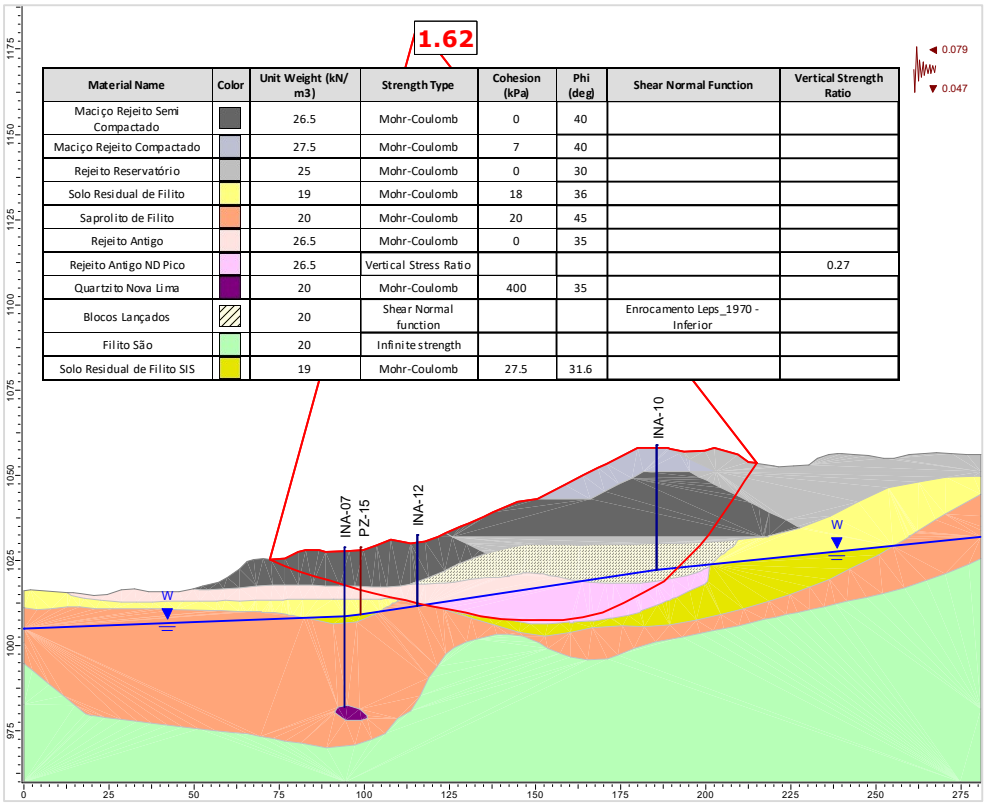
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Liqu		26.5	Vertical Stress Ratio				0.06
Quartzito Nova Lima		20	Mohr-Coulomb	400	35		
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				

Figura 5.82 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeito.



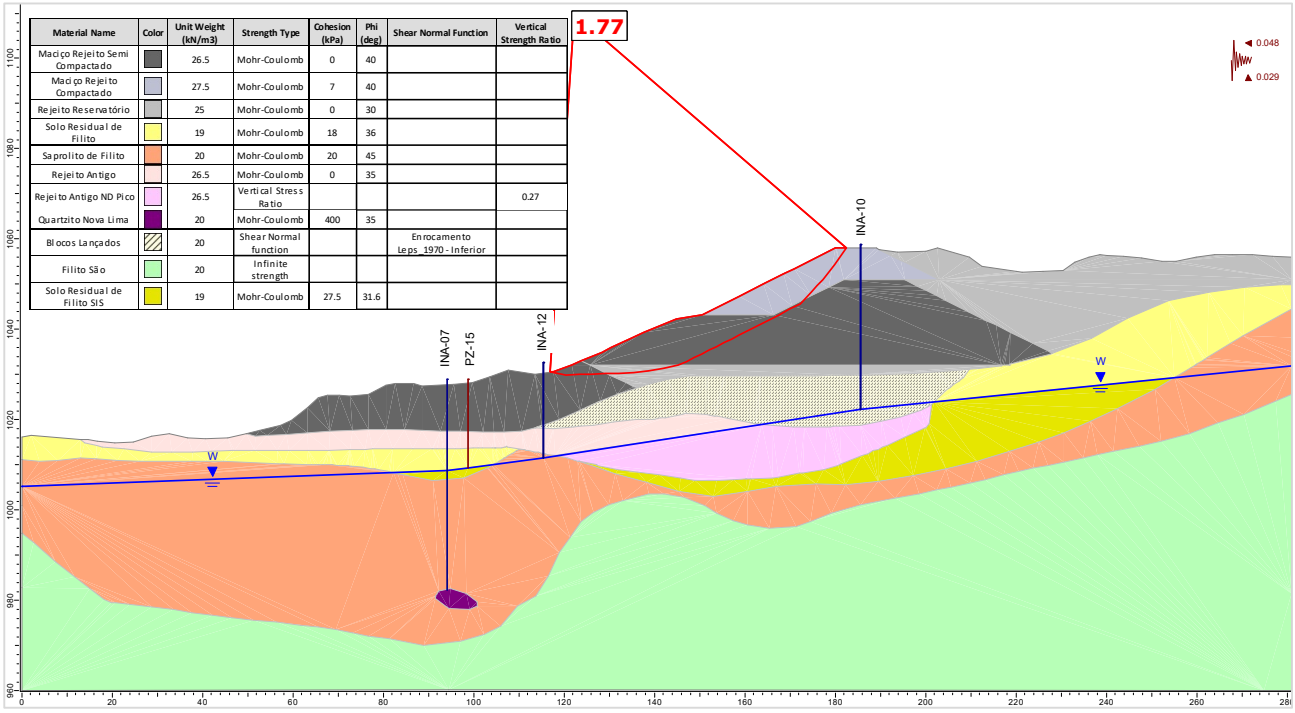
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Quartzito Nova Lima		20	Mohr-Coulomb	400	35		
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	27.5	31.6		

Figura 5.83 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Quartzito Nova Lima		20	Mohr-Coulomb	400	35		
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	27.5	31.6		

Figura 5.84 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Quartzito Nova Lima		20	Mohr-Coulomb	400	35		
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Solo Residual de Filito SIS		19	Mohr-Coulomb	27.5	31.6		

Figura 5.85 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

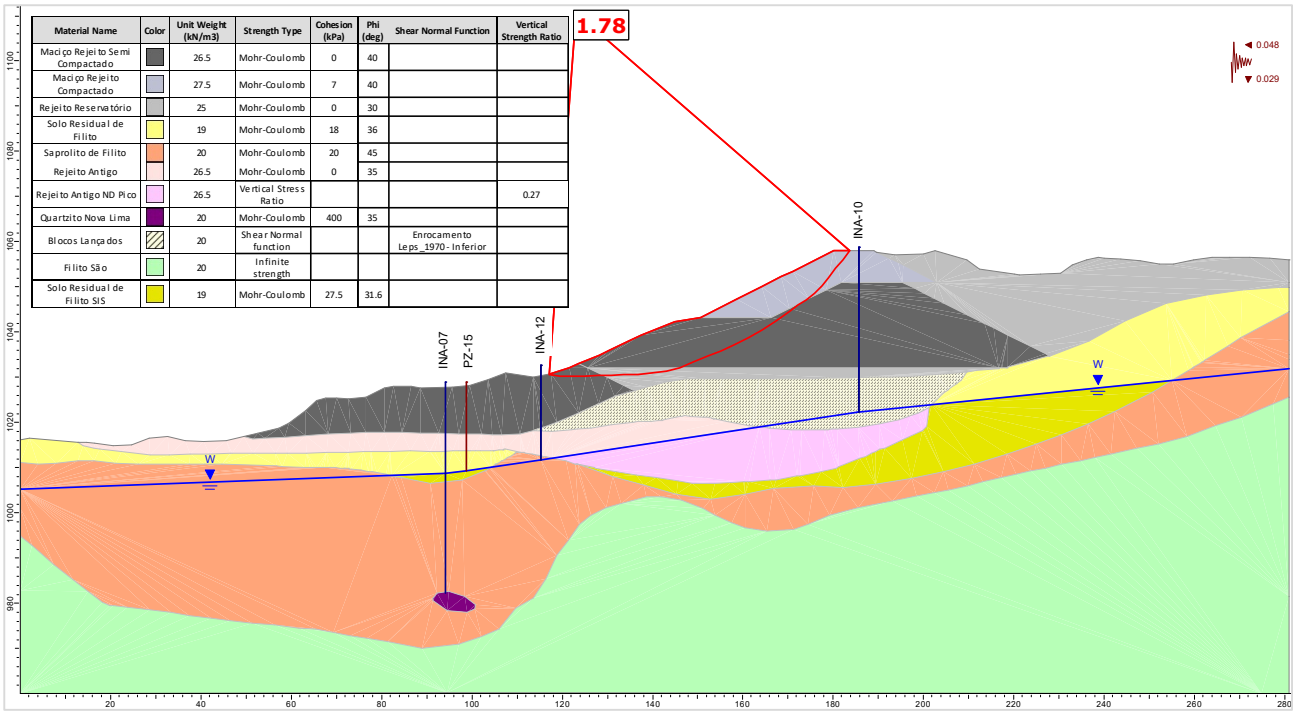


Figura 5.86 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B1 – Mina Ipê, no período avaliado (novembro/2023 a janeiro/2024).

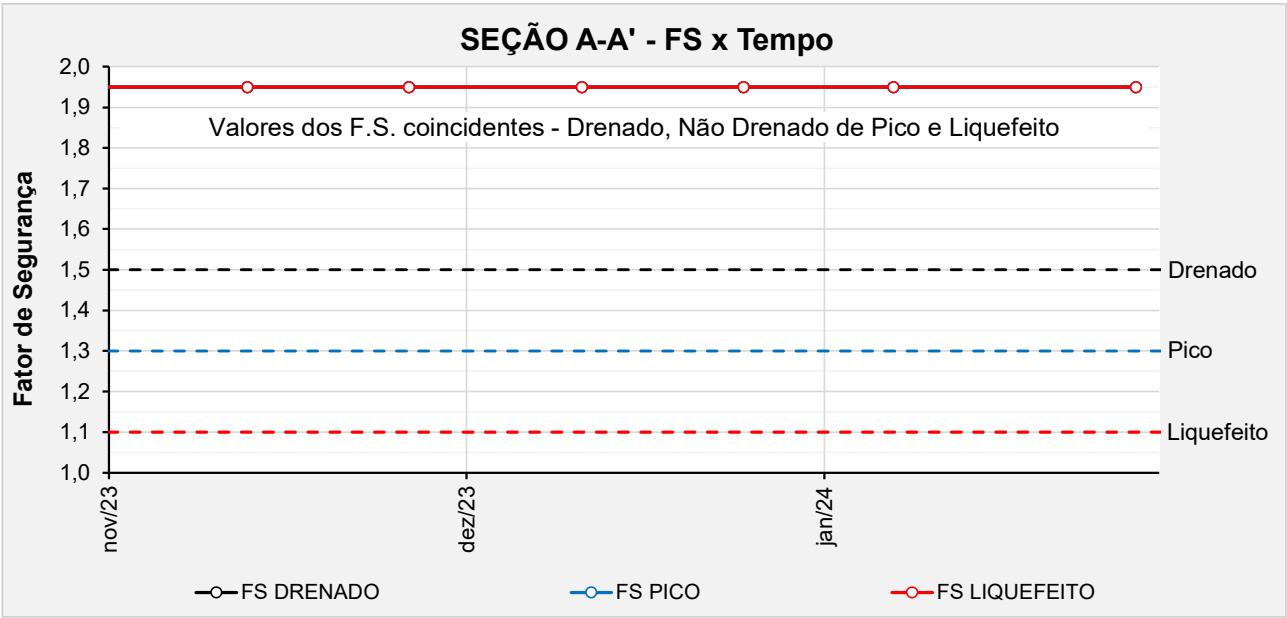


Figura 5.87 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

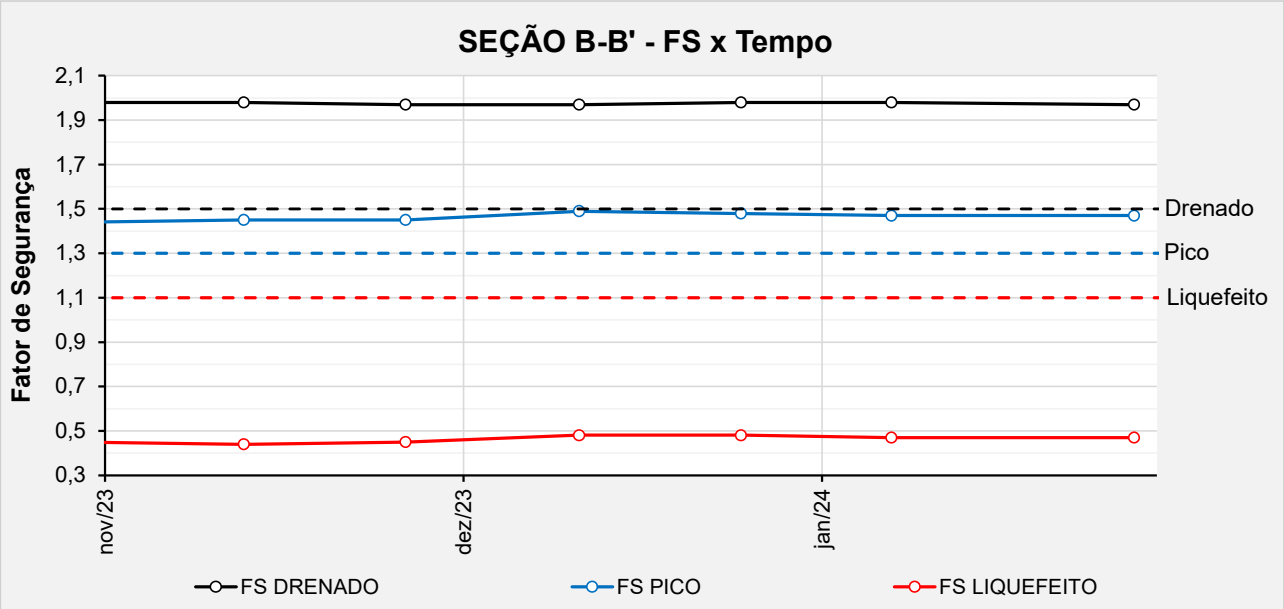


Figura 5.88 – Seção B-B’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

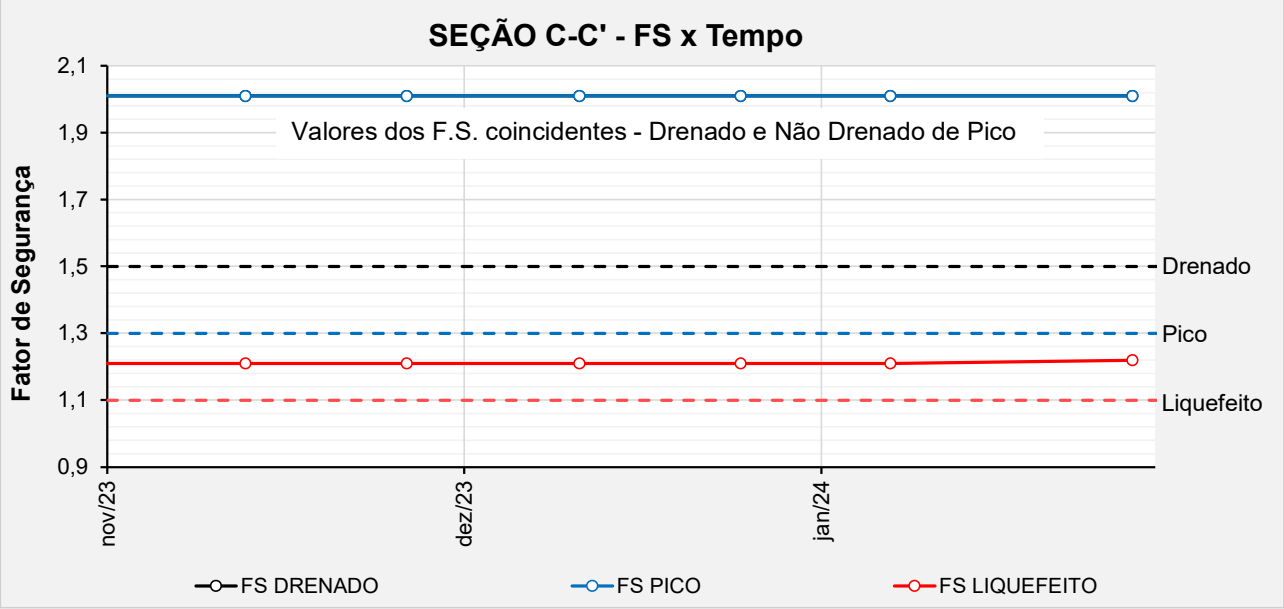


Figura 5.89 – Seção C-C’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B1 – Mina Ipê será fundamental para o início e para continuidade das obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação da profundidade e pressão da água no solo e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos dos taludes.

Parte da fundação da Barragem B1 – Mina Ipê é composta por rejeito antigo que foi caracterizado como material contrátil a partir da análise de ensaios CPTu realizados pela Pattrol na campanha 2020 – 2022. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Tendo em vista que, principalmente na seção de controle B-B', o rejeito na fundação da barragem apresenta espessura e extensão consideráveis, os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade para carregamento não drenado liquefeito são baixos e não atendem aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020. Por essa razão, o rebaixamento da superfície freática atuante na estrutura se constitui na principal premissa deste projeto para início das obras de descaracterização.

Também será realizado uma inspeção visual diária de rotina dos taludes escavados e naturais de forma a monitorar eventuais anomalias de deformação.

Caso o poço de rebaixamento implantado à jusante da barragem consiga influenciar na camada saturada do rejeito, é provável que o fator de segurança atinja o valor mínimo exigido pelo TR da FEAM antes do início das obras.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, considera-se que é possível dar início às obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê desde que sejam atendidas as seguintes condicionantes:

a) Análise de estabilidade atualizada que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles exigidos pela legislação vigente;
b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima diária;
c) Realização de análises de estabilidade semanal;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 02 (dois) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição anterior, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista que permita autorizar o retorno das atividades.

5.9 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura verificadas nas análises de estabilidade com carregamento não drenado e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e da empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório e fundações para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura deverá ser verificado diariamente durante o período de execução das obras. Já os instrumentos instalados especificamente para o monitoramento do lençol freático no rejeito antigo (INA-09 a INA-14, PZ-19 e PZ-20) deverão ser lidos em intervalos máximos de 04 (quatro) horas. Caso os instrumentos indiquem que a superfície freática se encontra abaixo do nível do rejeito antigo em todos os instrumentos, a obra poderá prosseguir normalmente. Caso contrário, a equipe da MMI ou outra equipe com profissionais qualificados deverá realizar uma análise de estabilidade para verificação do fator de segurança referente à freática medida.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B1 – Mina Ipê. O encarregado

deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O fator de segurança avaliado com os dados atualizados da instrumentação não atender aos critérios mínimos descritos nesse projeto;
- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 02 (dois) sismógrafos instalados na barragem;
- A bomba de rebaixamento do lençol freático parar de operar por qualquer motivo;
- O profissional de campo identificar sinais/evidências de deformação nos taludes das ombreiras e áreas adjacentes;
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista.

6. Obras de Descaracterização

Este item não é aplicável, já que o projeto executivo de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê ainda não foi aprovado pela FEAM e empresas parceiras.

7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 7.1 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.1 IDENTIFICAÇÃO	
VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: a) Memorial descritivo e desenhos das estruturas implantadas, removidas ou modificadas, ou informações equivalentes, bem como dispositivos de proteção ambiental;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: c) Descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: d) Descrição das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. No caso de remoção do maciço e do reservatório, apresentar as medidas adotadas para a execução deste procedimento e um quantitativo dos materiais retirados;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Apresentar as medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório, quando couber, bem como informar o seu nível no estágio atual das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar análises de estabilidade nas condições drenada e não drenada, e levando em consideração as solicitações sísmicas que possam atuar sobre a estrutura, avaliando as resistências de pico e residual para a geometria da barragem na atual etapa da obra;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
VI. Apresentar o andamento das medidas de estabilização e/ou reforço para atingir no mínimo os fatores de segurança estabelecidos no item V, bem como das medidas de contingência adotadas caso a estabilidade da estrutura durante as obras não possa ser garantida;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
VII. Apresentar o andamento das obras para: a) Remoção das infraestruturas associadas à barragem, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;	Não aplicável. As infraestruturas associadas à barragem já foram removidas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
VII. Apresentar o andamento das obras para: b) Reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
VIII. Apresentar a análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções; • Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para corrigir as anomalias registradas durante as inspeções visuais, inclusive daquelas iniciadas em períodos anteriores ao do relatório apresentado até sua finalização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IX. Apresentar as leituras da instrumentação instalada na barragem, informando a periodicidade adotada para as leituras e a relação dos níveis registrados pelos instrumentos com os Níveis de Controle de Segurança estabelecidos para a estrutura	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: a) Informar ações executadas do programa de manejo do patrimônio espeleológico na área afetada pelas obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização:	Não aplicável.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
b) Informar as ações executadas ações de resgate da fauna e da flora na área afetadas, se couber;	Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: c) Deverão ser apresentadas as ações para controle de supressão vegetal e de processos erosivos na área afetada pelas obras de descaracterização, bem como os comprovantes de regularização ambiental da atividade;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: d) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para acompanhamento e controle dos índices de qualidade do ar na área afetada pelas obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: e) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para gestão de efluentes líquidos e resíduos sólidos na área afetada pelas obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Para obras em estágio de finalização, apresentar as medidas adotadas para o manejo e a proteção do solo, dos recursos hídricos, para garantir a estabilidade geotécnica da área descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.5 ASSINATURAS	
Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.
1.6 ANEXO	
Apresentar as anotações de responsabilidade técnica – ART do projeto, do acompanhamento das obras e do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.

8. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:



Elias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

- Responsável técnico pela barragem:

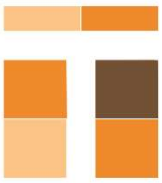


Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

9. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



TERRACOTA
GEOTECNIA

Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20242780500

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à MG20221553989

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA BR-381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **CCT000657**
Celebrado em: **17/07/2023**
Valor: **R$ 8.210,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**
Data de Início: **05/02/2024**
Previsão de término: **29/02/2024**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **OUTROS**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1 - MINA IPÊ (IPE.OP.RL.8000.GT.20.920), REFERENTE AO TRIMESTRE NOVEMBRO DE 2023 A JANEIRO DE 2024, EM ATENDIMENTO AO TERMO DE COMPROMISSO - TC (MPF, MPMG, SEMAD/FEAM, ANM)

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2024.02.27 12:23:30 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

BELO HORIZONTE, 27 de FEVEREIRO de 2024
Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: zc8W8
Impresso em: 27/02/2024 às 12:14:58 por: , ip: 189.80.70.236

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20242780500

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à
MG20221553989

* O comprovante de pagamento deverá ser apensado para comprovação de quitação

10. Valor

Valor da ART: **R$ 99,64** Registrada em: **27/02/2024** Valor pago: **R$ 99,64** Nosso Número: **8604040567**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: zc8W8
Impresso em: 27/02/2024 às 12:14:59 por: , ip: 189.80.70.236

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12822-R-BA-RL-05-GE_r0

NOVEMBRO 2023

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12822-R-BA-RL-05-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.785

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X					26	X					51	X					76					
2	X					27	X					52	X					77					
3	X					28	X					53	X					78					
4	X					29	X					54	X					79					
5	X					30	X					55	X					80					
6	X					31	X					56	X					81					
7	X					32	X					57	X					82					
8	X					33	X					58	X					83					
9	X					34	X					59						84					
10	X					35	X					60						85					
11	X					36	X					61						86					
12	X					37	X					62						87					
13	X					38	X					63						88					
14	X					39	X					64						89					
15	X					40	X					65						90					
16	X					41	X					66						91					
17	X					42	X					67						92					
18	X					43	X					68						93					
19	X					44	X					69						94					
20	X					45	X					70						95					
21	X					46	X					71						96					
22	X					47	X					72						97					
23	X					48	X					73						98					
24	X					49	X					74						99					
25	X					50	X					75						100					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	29/11/2023						
EXECUTADO	GFL / EJC						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

SUMÁRIO

1. Introdução 4
2. Documentos de referência 5
3. Códigos e Normas 6
4. Ficha Técnica do Empreendimento 7
4.1 Identificação do Empreendedor 7
4.2 Identificação do Empreendimento 7
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 7
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 7
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 7
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 8
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 8
4.8 Localização da Barragem 8
4.9 Função atual 9
4.10 Características Gerais 10
4.11 Classificação da Barragem 14
5. Projeto de Descaracterização 19
5.1 Descrição do Projeto 20
5.2 Alterações de Projeto 25
5.3 Atividades Preparatórias 25
5.3.1 Instrumentação de Controle 25
5.3.2 Poço de Rebaixamento 27
5.3.3 Sistema de Bombeamento no Reservatório 28
5.4 Cronograma 29
5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos 31
6. Obras de Descaracterização 31
6.1 Instrumentação Instalada na Barragem 31
6.1.1 Leituras Instrumentação 39
6.2 Análise de Estabilidade 40
6.2.1 Premissas adotadas nas Simulações 40
6.2.2 Definição da Condição da Superfície Freática 42
6.2.3 Parâmetros de Resistência 43
6.2.4 Resultados 45
6.3 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 51

6.4 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 52
6.5 Rotina de Monitoramento 53
6.6 Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 54
7. Assinaturas 57
8. Anexos 58

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê, referente ao trimestre (Agosto/2023 a Outubro/2023), elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê, o qual foi emitido em fevereiro de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

Apesar de o projeto executivo ter sido emitido em fevereiro de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê não foram iniciadas até o momento.

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.558_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.559_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.560_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.641_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Especificação Técnica. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.642_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.652_r2 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.679_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.755_r1 – Barragem B1 – Mina Ipê – Relatório técnico detalhado de equipamentos, tecnologias, pessoas e orçamento para a descaracterização da barragem. Geoprime Engenharia e Meio Ambiente Ltda. Agosto/2023.

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2017 – dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização e se responsabiliza tecnicamente por suas respectivas áreas			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

4.8 Localização da Barragem

A Barragem B1 – Mina Ipê localiza-se no vale do córrego Pica-Pau, no município de Brumadinho-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 572.390 E e 7.775.120 N, próximo do alto da Serra das Farofas. O acesso é realizado pelo trevo imediatamente após o km 520 da rodovia Fernão Dias (BR-381), à margem direita no sentido sul (BH-SP).

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

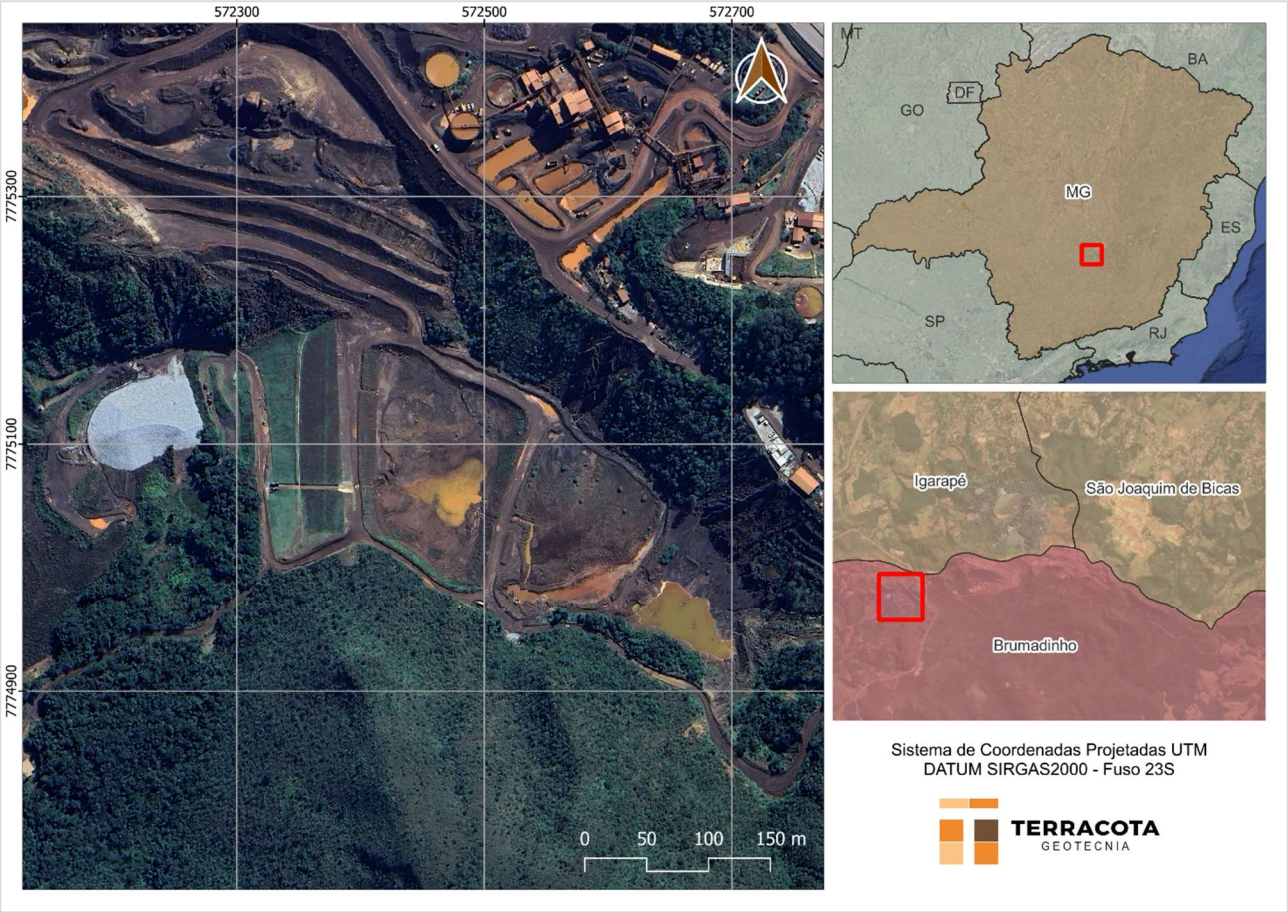


Figura 4.1 – Localização da Barragem B1 – Mina Ipê.

4.9 Função atual

As funções da barragem englobaram a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro da Mina Ipê, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como de Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte.

Em virtude da exaustão da capacidade de acumulação da bacia da barragem e da necessidade operacional de se criar espaços para a disposição de rejeitos, a partir do último trimestre de 2010 até dezembro de 2017, foram realizadas operações de retomada ("lavra") do rejeito disposto hidraulicamente e transportados e empilhados mecanicamente. Para tanto, o reservatório foi subdividido em baias de forma a não paralisar as operações sendo que enquanto o lançamento era realizado em uma porção, o rejeito era retomado na outra. O lançamento de rejeitos foi paralisado em dezembro de 2017, operando, desde então, basicamente na retenção de sedimentos exógenos e no amortecimento de cheias provenientes de sua bacia de contribuição. Atualmente a estrutura vem sendo preparada para entrar em processo de descaracterização.

4.10 Características Gerais

A Barragem B1 – Mina Ipê foi construída em 3 etapas, sendo o maciço inicial na El. 1.031,00 m, o primeiro alteamento a montante na El. 1.051,00 m, e o segundo alteamento na El. 1.057,00 m construído em direção a jusante, porém sobre o maciço do primeiro alteamento. Em todas as etapas, foi utilizado rejeito compactado para construção dos respectivos maciços.

Até meados de 2021 a estrutura era considerada como alteada pelo método de jusante, até serem apreciadas as informações contidas no relatório técnico do segundo alteamento, documento R_033_92 elaborado pelo Engenheiro Consultor José Jaime Rodrigues Branco. No referido documento, o autor descreve a execução de um maciço drenante lançado a jusante, a partir do qual a barragem apresentaria condição de estabilidade adequada para realização de sucessivos alteamentos para direção de montante, conforme trecho a seguir retirado do relatório mencionado:

> *"Inicialmente será restaurada a barragem existente com a construção de um maciço drenante lançado para jusante formando um pé para estabilização do maciço atual... [...]*
> *Esta estabilização permitirá a elevação sucessiva de crista da barragem para montante com condições de drenagens e taludes adequadamente dimensionados, de maneira a se manter um fator de segurança para a completa estabilidade do novo maciço... [...] Esta barragem está praticamente toda assoreada com rejeito. Sobre o assoreamento foi projetada a elevação da crista para montante até a cota 556,0 com uma banqueta de 10,0 m de altura na cota 536,0, com altura de 23,0 metros..."*

Entre 2020 e 2022 foi realizada uma extensa campanha de sondagens para subsidiar a elaboração do projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê, na qual foi validada a hipótese de o alteamento ter sido construído pelo método de montante.

Entre fevereiro e março de 2023 foi executado um aterro de reforço a jusante da estrutura de forma a atender o fator de segurança requerido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,30).

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.1, sendo as informações existentes atualizadas considerando um levantamento topográfico de setembro de 2020 (BARRAGEM B1 IPÊ_15_10_ATUAL), levantamento topográfico de novembro de 2021 (B1_IPE_16NOV21), o levantamento topográfico do projeto "*As Built*" do segundo alteamento (TOPOGERAL_11082014.dxf), o levantamento topográfico "*As Built*" do aterro de reforço (CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg) e o levantamento topográfico cadastral (CADASTRO_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B1_IPE_21JUN23.dwg).

Na Figura 4.2 é apresentada uma imagem de satélite da estrutura. A Figura 4.3 e Figura 4.4 apresentam o arranjo geral e a seção B-B' de maior altura da barragem.

Tabela 4.1 – Principais características da Barragem B1 – Mina Ipê.

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B1 – Mina Ipê
Código FEAM	132
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: - 20° 7'11.60" Longitude: - 44°18'26.89"
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	572.390m E / 7.775.120m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	~1991
Ano de Início de Operação	~1991
Ano de Término de Operação	2017
Ano de Término de Descaracterização	2025 (previsão)
Situação (status) de operação atual da barragem	Inativa
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total (m³)	1.236.370 (*)
Volume do reservatório (m³)	943.579 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	786.359
Área do reservatório (m²)	51.226
Elevação mínima do coroamento (m)	1.057,83
Elevação do terreno natural no pé do barramento (m)	1.002,10
Altura atual da barragem (m)	55,0
Extensão do coroamento (m)	176,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, no mínimo 3,0
Inclinação geral do talude jusante	2,55H:1V (21,4º)
Alteamentos realizados e seus métodos empregados	2 alteamentos a montante (**)
Nível d'água máximo maximorum (TR 1.000 anos) (m)	1.057,18 / 1.056,95 (***)
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.057,56 / 1.057,03 (***)
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.057,80 / 1.057,52 (***)
Borda livre mínima (TR 1.000 anos) (m)	0,65 / 0,88 (***)
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,27 / 0,80 (***)
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,03 / 0,31 (***)
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	8,09 (N.A. El. 1057,56 m)
Capacidade de Descarga do vertedouro (m³/s)	11,25 (N.A. El. 1057,83 m)
Área da bacia de contribuição (km²)	0,51

(*) Volumes atualizados a partir das superfícies resultantes da nova interpretação geológica elaborada pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos hídricos e levantamento topográfico de novembro de 2021 acrescido de 31.705 m³ referente ao aterro de reforço;
(**) O maciço do segundo alteamento foi construído no sentido para jusante, porém é uma ampliação do maciço do 1º alteamento, executado pelo método de montante.
(***) Valores obtidos considerando que todo o volume livre estaria disponível para a passagem do trânsito de cheias.



Figura 4.2 – Imagem da Barragem B1 – Mina Ipê. (Fonte: GoogleEarth® - Maio/2023).

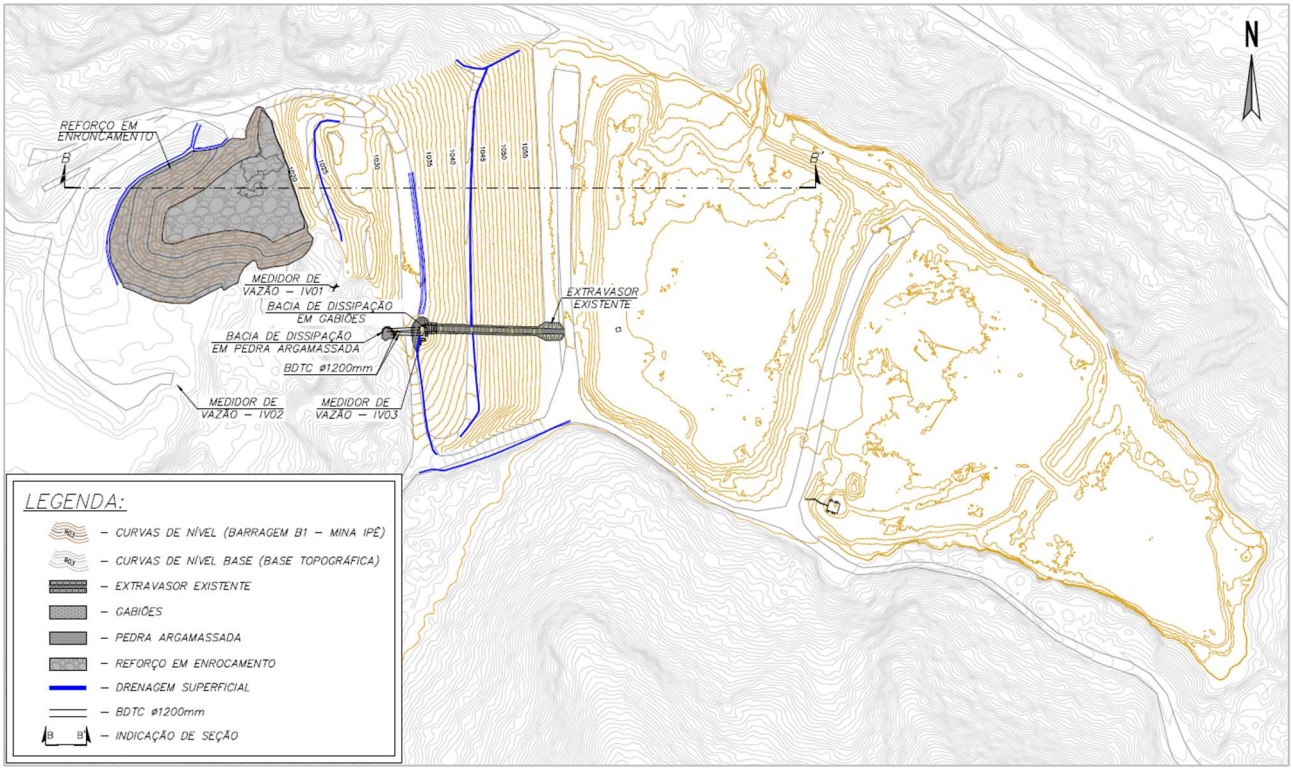


Figura 4.3 – Arranjo Geral atual da Barragem B1 – Mina Ipê.

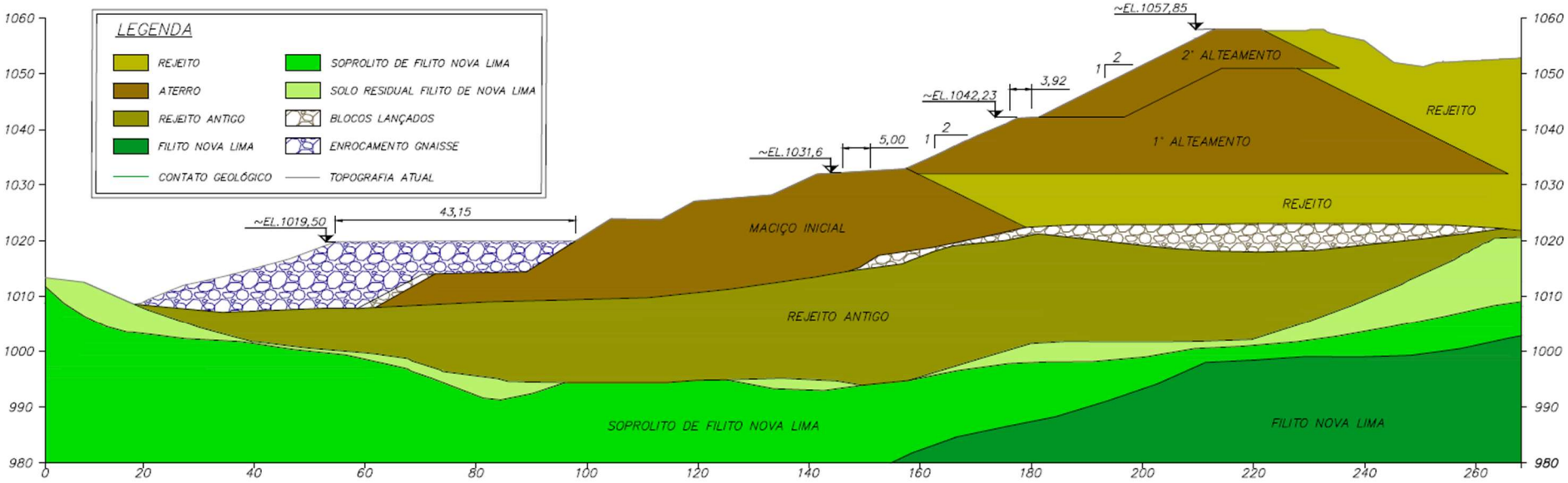


Figura 4.4 – Seção de maior altura B-B’ da Barragem B1 – Mina Ipê.

4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a Barragem B1 – Mina Ipê foi classificada, no âmbito da elaboração deste relatório, com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em Classe B, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.2 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	15
2	Estado de Conservação (EC)	2
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**17**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.3 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	1
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**19**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.4 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.5 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	**50m< Comprimento <200m (1)**	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	200m≤ Comprimento ≤600m (2)	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 15				

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	**Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)**
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 2			

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 0				

Tabela 4.8 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	**BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)**
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanen-temente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de insta-lações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO (Existe alta concentração de instalações residen-ciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
DPA = Σ (a até d) = 19			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de remoção completa dos rejeitos dispostos no reservatório, além dos maciços, tanto o maciço inicial quanto os alteamentos realizados e do aterro de reforço, de forma a retornar o vale à uma condição próxima a original;
- O projeto considera a utilização de poço de rebaixamento instalado a jusante da barragem para o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis na fundação antes do início das obras e que esta condição será mantida e monitorada durante os trabalhos de forma a atender os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado liquefeito (FS≥1,1) em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização;
- O atendimento à premissa anterior considera que a barragem trabalhará em condições drenadas, dessa forma não haverá necessidade de se adotar uma Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ);
- O projeto de descaracterização foi concebido para ser executado em duas etapas macro de remoção (dois anos/ciclos), sendo a primeira com remoção dos rejeitos do reservatório até a elevação 1.043,0 m e rebaixamento do maciço da barragem para a elevação 1.046,50 m e a segunda concluindo a remoção completa na elevação 1.001,0 m;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos. Mesmo assim, o projeto contempla a escavação no rejeito de *sumps* provisórios no interior do próprio reservatório, para direcionamento dos fluxos de água de chuvas eventuais a serem bombeados para a planta de processo. Essas estruturas serão realocadas a medida do avanço do rebaixamento do rejeito;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada em camadas de espessura média de 2,0 m, que poderá ser ajustada em campo, condicionada à capacidade de suporte do material. Caso necessário, serão executadas valas drenantes para deságue do rejeito saturado com o objetivo de garantir condições de segurança e operação para trafegabilidade dos equipamentos durante a atividade de lavra. Nos casos em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro com rejeito seco (aterro de conquista) de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;
- O volume total geométrico de remoção previsto, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.100.789 m³;

- Deverá ser realizada a recomposição vegetal da área do terreno natural exposta pelas escavações após remoção dos rejeitos e maciços, com utilização de materiais apropriados. Conforme item 3.6 da TR de Descaracterização da FEAM, a técnica será determinada com embasamento no diagnóstico da área pós-descaracterização à medida que avançam as obras e se tenha as reais condições da superfície exposta com objetivo final de reintrodução da área ao contexto da paisagem local;
- Será proposta uma proteção na calha do fundo do vale com blocos de enrocamento onde se espera que haja fluxo de água, de forma a proteger o local contra erosão.

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê é composto por 02 (duas) etapas macro, conforme descrito no relatório do projeto (IPE.OP.RL.8000.GT.20.560), contemplando as escavações dos rejeitos dispostos no reservatório até a elevação 1.043,0 m e o rebaixamento dos maciços dos alteamentos até a elevação 1.046,50 m, apresentada como Etapa 1, e a remoção do restante dos rejeitos dispostos no reservatório, dos maciços de alteamentos e maciço inicial, dos rejeitos existentes na fundação (rejeito antigo), além da remoção do reforço em enrocamento a jusante e utilização do material como revestimento do canal e *sump*, compreendidos na Etapa 2.

A execução da obra está prevista para ser realizada em duas etapas macro, sendo que a adequação do sistema extravasor faz a divisão entre essas etapas. Para cada etapa será realizada a remoção dos seguintes volumes de materiais:

<u>Etapa 1</u>

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 447.562.m^3;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 57.650.m^3.

<u>Etapa 2</u>

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 226.600.m^3;
- Volume de blocos a serem removidos da fundação: 14.210.m^3;
- Volume de blocos a serem removidos do aterro de reforço a jusante: 31.705 m^3;
- Volume de "rejeitos antigos" a serem removidos da fundação: 99.000.m^3;[1]
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 224.062.m^3.

[1] Neste volume estão considerados os volumes de escavação do *sump* e do canal de drenagem a ser implantado após as escavações de remoção do rejeito.

Com base na taxa de escavação média aproximada entre 2.800 e 3.100 m³ por dia, fornecida pela MMI, cada etapa está prevista para ser executada em um período seco (6 meses, de maio a outubro), podendo ser estendido em função do regime de chuvas.

Os taludes de escavação terão inclinação de 1V:3H, quando for executado em rejeito disposto no reservatório, e 1V:2H, quando resultantes das escavações em rejeito dos maciços compactados. A Figura 5.1 apresenta o resumo da sequência construtiva de remoção do rejeito em camadas.

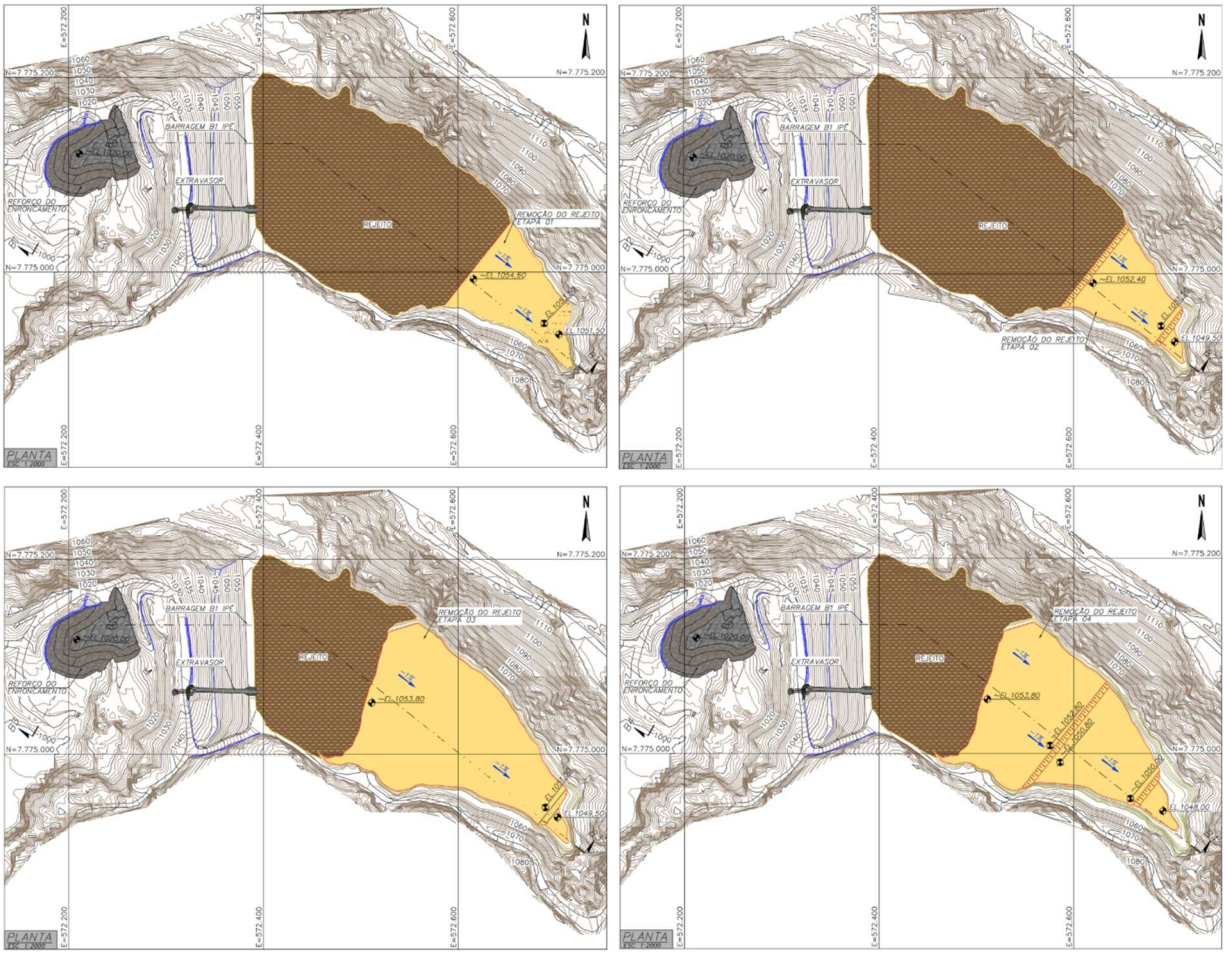


Figura 5.1 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente às quatro primeiras etapas.

Ao término das obras, com a remoção completa dos rejeitos, a área do espaldar da barragem e do reservatório se encontrará conformada em uma condição próxima à original e com o vale protegido com blocos de enrocamento como forma de controle de erosões.

Também faz parte das obras a adequação do sistema extravasor, na etapa de remoção intermediária da barragem, com coroamento do maciço na elevação 1.046,50 m e soleira do extravasor na elevação 1.043,50 m.

A execução das obras deverá cumprir com as diretrizes apresentadas na especificação técnica, nos desenhos de projeto e no relatório técnico do projeto executivo. Ressalta-se que as especificações detalhadas neste documento poderão ser ajustadas conforme experiência adquirida em campo durante a execução das obras, desde que aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

Durante a execução de todas as fases deverá ser realizada a remoção e limpeza dos rejeitos do reservatório e alteamentos / maciços até o terreno natural nos encontros com as ombreiras.
As áreas expostas do terreno natural deverão receber recomposição vegetal como forma de proteção contra erosões/ravinamento, sendo que o talvegue remanescente no meio do vale deverá receber proteção com enrocamentos.

O volume a ser escavado de rejeitos no reservatório será de aproximadamente 674.000 m³. O volume a ser escavado de aterros compactados dos alteamentos e do maciço inicial da barragem, também executados com rejeitos, será de aproximadamente 282.000 m³. As obras também envolvem a escavação de blocos lançados e os rejeitos antigos da fundação com volumes em torno de 14.000 m³ e 99.000 m³, respectivamente. Também serão removidos 31.705 m³ de blocos do aterro de reforço a jusante da estrutura que será utilizado no revestimento do *sump* e canal de drenagem a serem implantados após a remoção da estrutura. A soma de todos os materiais a serem removidos durante as obras de descaracterização totalizam aproximadamente 1.101.000 m³.

A seguir são apresentadas figuras representativas das etapas de execução do projeto de descaracterização.

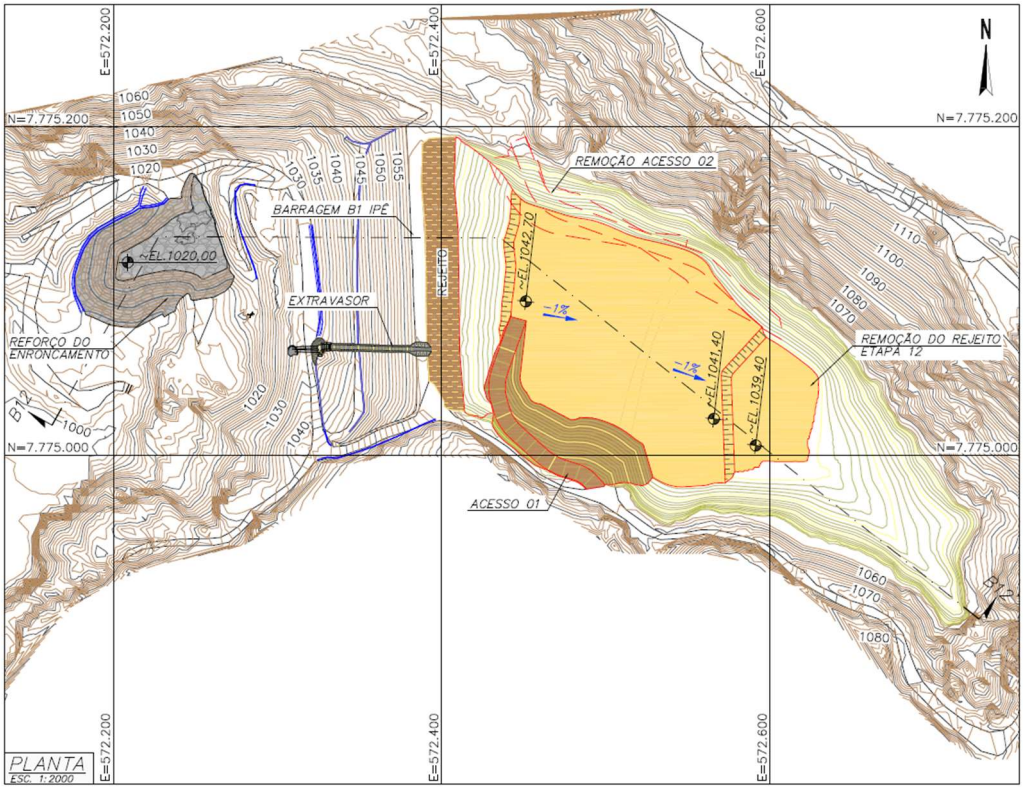


Figura 5.2 – Etapa 12 – Remoção do rejeito do reservatório sem escavação do maciço.

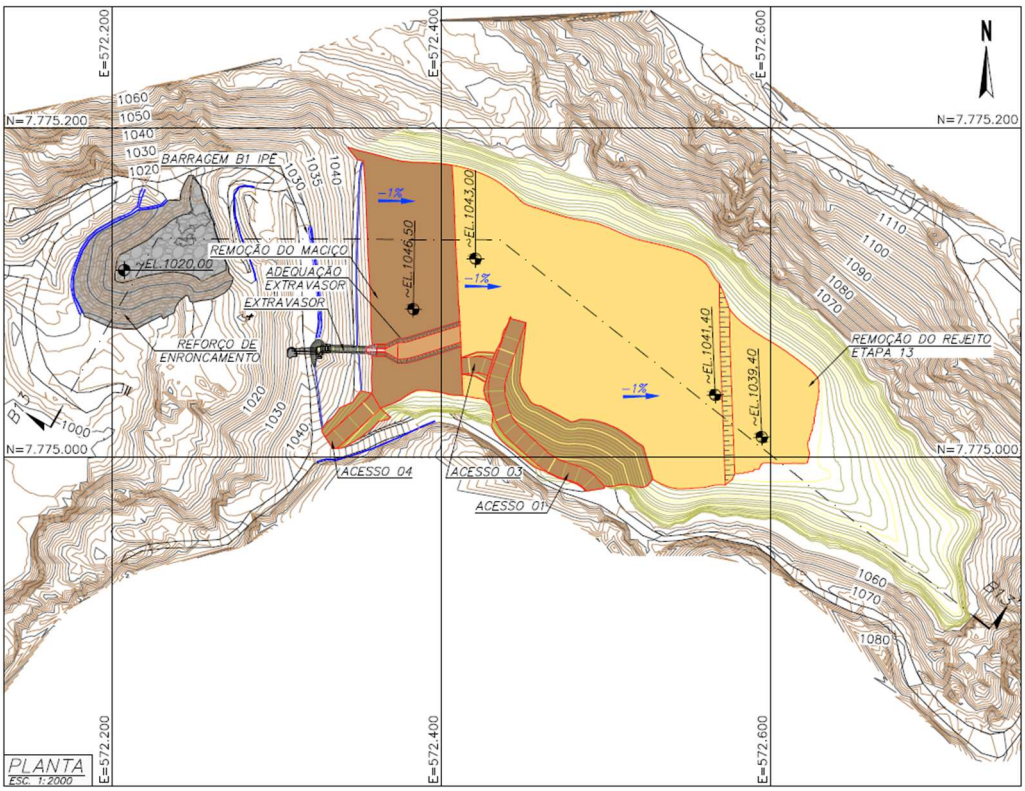


Figura 5.3 – Etapa 13 – Escavação do maciço e implantação de novo sistema extravasor.

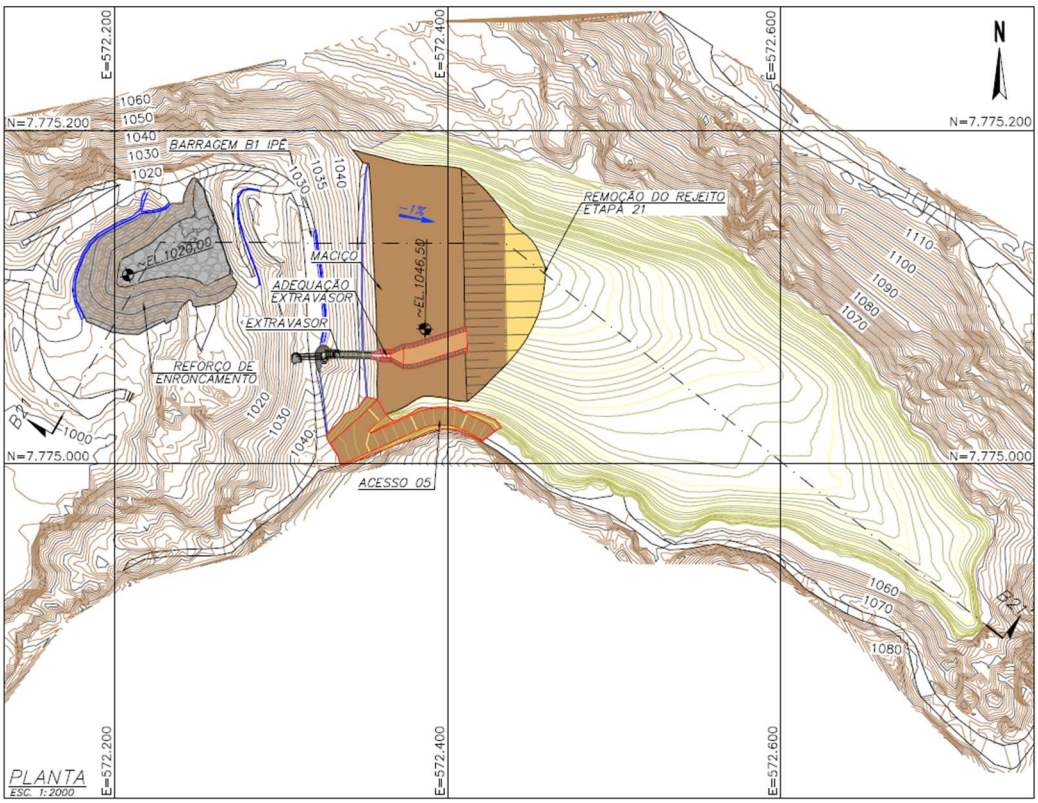


Figura 5.4 – Etapa 21 – Início da escavação do restante dos maciços e do rejeito antigo e a conformação do fundo do vale.

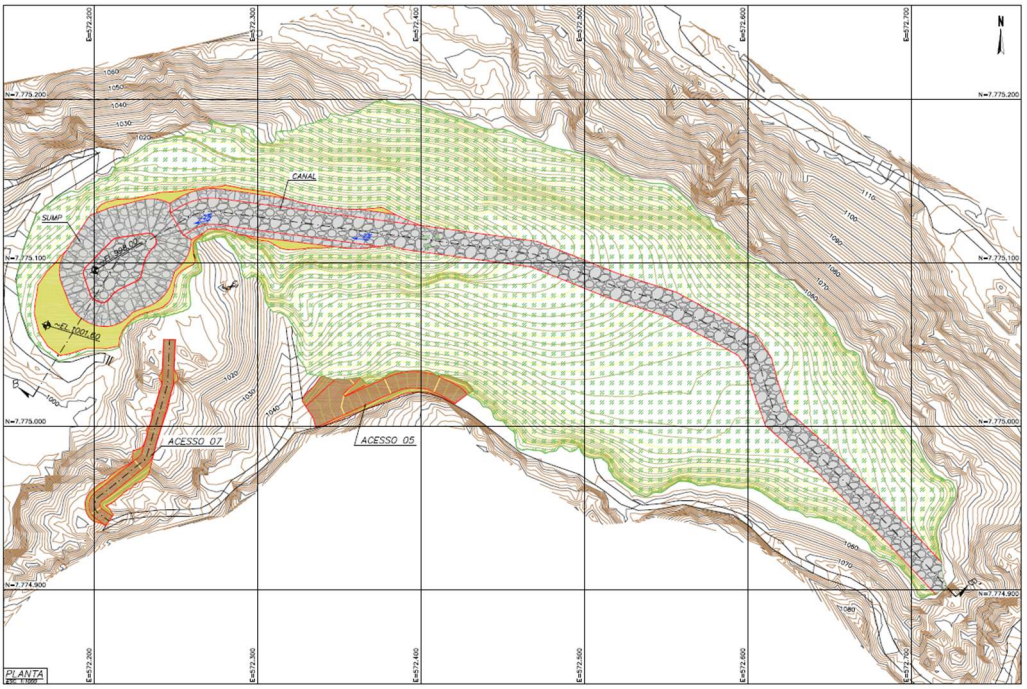


Figura 5.5 – Arranjo geral após a finalização das obras.

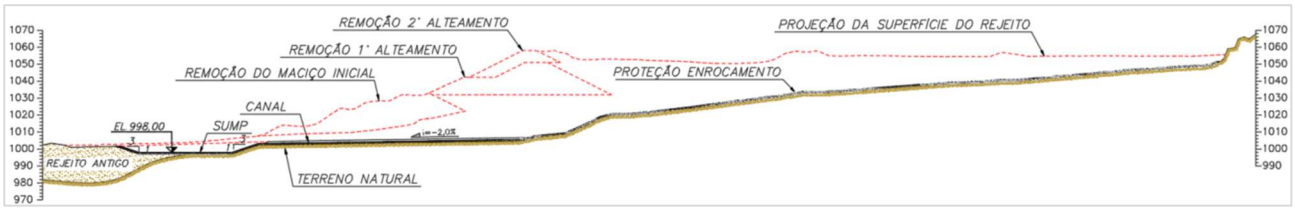


Figura 5.6 – Seção transversal passando pelo vale após a finalização das obras.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização, porém os documentos passaram por revisões de modo a contemplar o reforço de enrocamento executado a jusante.

5.3 Atividades Preparatórias

A seguir são apresentadas as atividades preparatórias para início da obra de descaracterização executadas durante o período avaliado.

5.3.1 Instrumentação de Controle

No projeto executivo do reforço (IPE.OP.RL.8000.GT.20.640), foi indicada a instalação de 05 (cinco) novos indicadores de nível d'água na seção B-B', de forma a controlar a superfície freática na camada de rejeito antigo. No projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê (IPE.OP.RL.8000.GT.20.560), foi prevista a instalação de outros 03 (três) INA's na seção C-C', totalizando assim 08 (oito) novos indicadores de nível d'água na estrutura. Destes 08 (oito) instrumentos, 06 (seis) já foram concluídos (INA's 09 a 14), os outros 2 (dois) remanescentes, locados na berma elev. 1.041 m, não foram instalados devido à dificuldade de mobilizar o equipamento até o ponto de instalação. Assim, ficou definido entre a Terracota e a MMI aguardar o início do funcionamento do poço de rebaixamento de forma a avaliar a real necessidade de implantação desses dois instrumentos.

Foi solicitado pela ANM a instalação de piezômetros na seção B-B', de modo a verificar a possível geração de poropressão na região do rejeito antigo durante a operação da bomba e o consequente rebaixamento da freática. A MMI optou pela instalação de dois novos instrumentos, os quais foram finalizados na 1ª quinzena de outubro de 2023.

A seguir, estão apresentados o posicionamento destes instrumentos em planta e em seções (B-B' e C-C').

Na Tabela 5.1 são apresentadas as informações referentes a locação, elevações e profundidades dos instrumentos instalados.

Tabela 5.1 – Locação da instrumentação de controle instalada.

Seção de Controle	Instr.	Coordenadas SIRGAS2000		Cota Superior	Cota Inferior	Prof.
		E	N	(m)	(m)	(m)
B-B'	INA-09	572.384,760	7.775.134,730	1.058,76	1.006,45	52,31
	PZ-20	572.384,013	7.775.135,403	1.058,84	1.006,15	52,69
	INA-11	572.319,341	7.775.135,878	1.032,11	1.000,26	31,85
	PZ-19	572.277,304	7.775.134,203	1.024,15	993,23	30,92
	INA-13	572.277,614	7.775.132,962	1.023,99	992,45	31,54
	INA-14	572.247,450	7.775.131,940	1.020,59	989,66	30,93
C-C'	INA-10	572.383,702	7.775.158,426	1.058,81	1.022,31	36,50
	INA-12	572.316,904	7.775.156,769	1.030,92	1.011,61	19,31

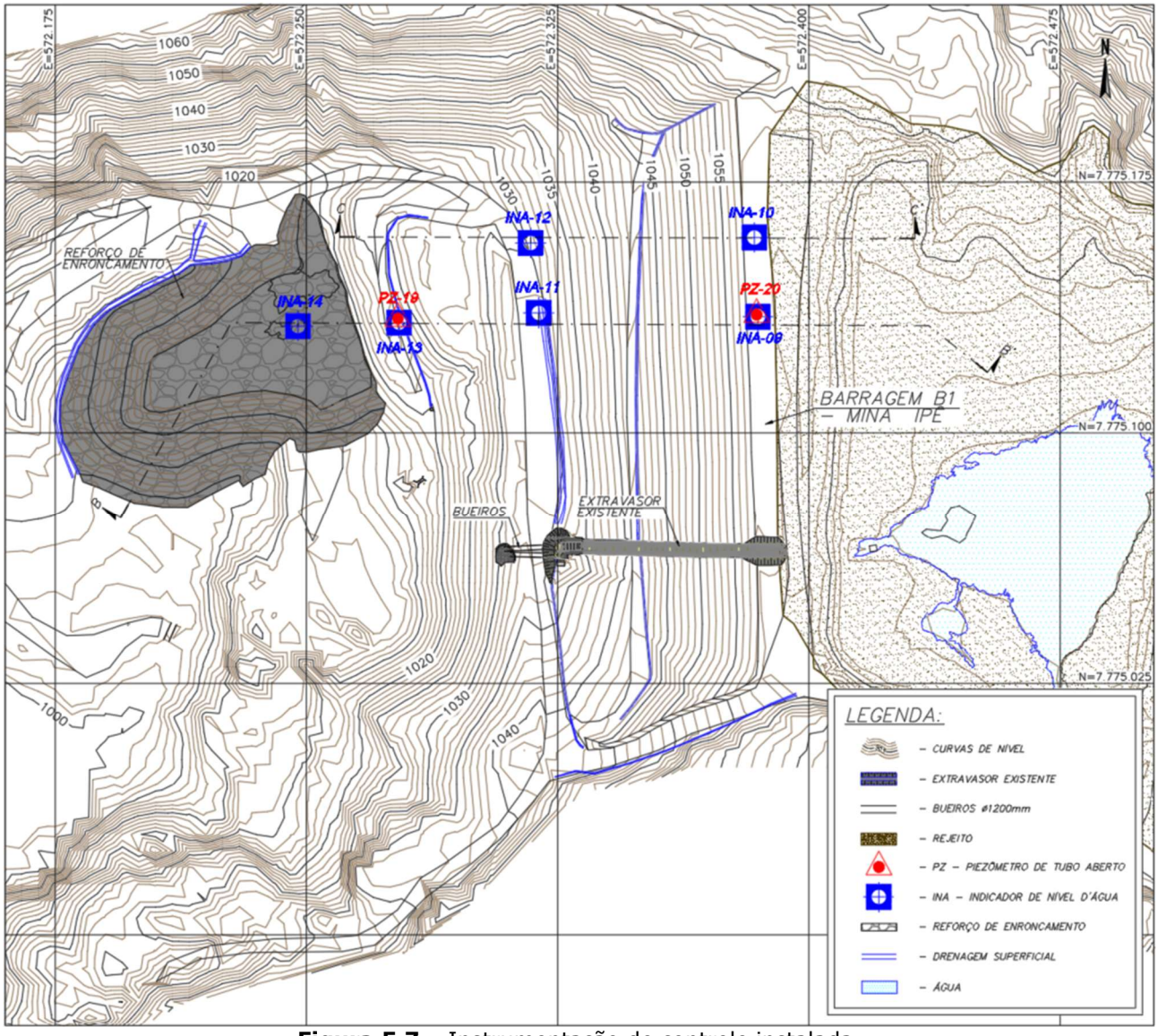


Figura 5.7 – Instrumentação de controle instalada.

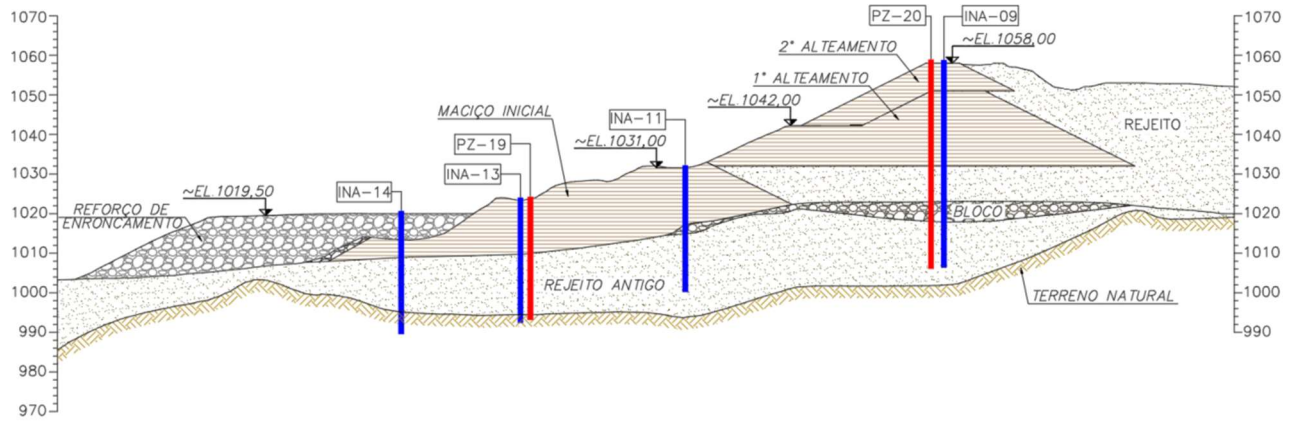


Figura 5.8 – Seção B-B' – Instrumentação de controle instalada.

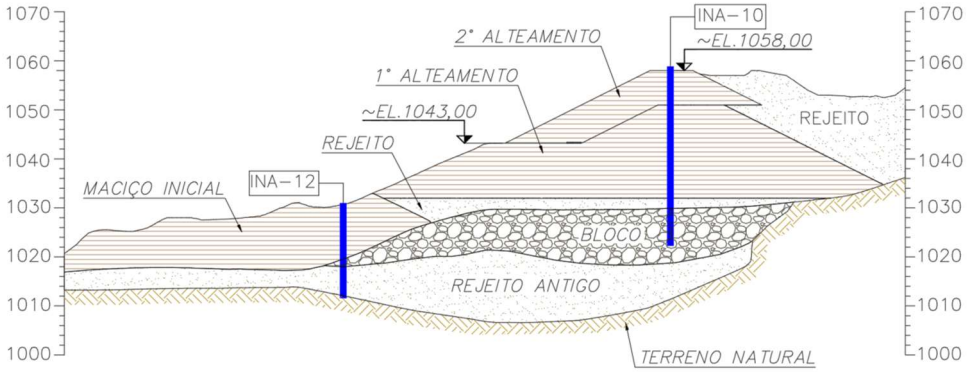


Figura 5.9 – Seção C-C' – Instrumentação de controle instalada.

5.3.2 Poço de Rebaixamento

Como premissa do projeto de descaracterização da Barragem B1- Mina Ipê, o nível freático deve estar abaixo da camada de rejeito contrátil presente na fundação da barragem. Para atingir este objetivo, foi executado pela empresa Master Poços, na 1ª quinzena de abril de 2023, um poço de bombeamento com aproximadamente 176 m de profundidade, para rebaixamento do lençol freático local. Foi realizada a instalação da bomba (Motobomba Leão S65-10 600 – 35 CV - 440 Trifásica) e o teste de bombeamento foi executado entre os dias 29/09/2023 e 24/10/2023 enviando a água para dois tanques metálicos. Esta água estava sendo direcionada para a usina através de uma bomba BA13 operando 24 h/dia com vazão de 60 m³/h.



Foto 5.1 – Vista do poço de bombeamento.



Foto 5.2 – Vista dos tanques e bomba BA13.

A localização do poço é apresentada na Figura 5.10.



Figura 5.10 – Localização do poço de rebaixamento.

5.3.3 Sistema de Bombeamento no Reservatório

Como parte da preparação para o período chuvoso, foi instalada uma bomba *flygt* no reservatório na bacia de montante com sensor automático de ativação (Foto 5.3), de modo a reduzir a infiltração e o tempo de formação de lago dentro do reservatório.



Foto 5.3 – Sistema de bombeamento atual.

Durante as obras de descaracterização, um sistema de bombeamento similar ao atual será implantado no *sump* operacional de cada fase de escavação.

5.4 Cronograma

Na Figura 5.11 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê considerando desde os serviços preliminares e as obras de descaracterização propriamente dito.

Ressalta-se que foi considerada a operação do poço de rebaixamento durante todas as etapas de descaracterização (remoção da barragem). O sistema somente poderá ser desligado se o fator de segurança para o carregamento não drenado liquefeito tenha atingido o valor de 1,1 exigido pela TR FEAM e se mantenha nesta condição mesmo sem a operação desse poço.

Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.

Id	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1	1	DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B1 - MINA IPÉ	1093 dias	Seg 02/10/23	Qua 08/12/27
2	1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	120 dias	Seg 02/10/23	Sex 15/03/24
3	1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 05/02/24	Sex 23/02/24
4	1.1.2	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	15 dias	Seg 26/02/24	Sex 15/03/24
5	1.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Seg 26/02/24	Sex 15/03/24
6	1.1.4	OPERAÇÃO DO POÇO DE REBAIXAMENTO PARA REBAIXAMENTO DA SUPERFÍCIE FREÁTI	120 dias	Seg 02/10/23	Sex 15/03/24
7	1.2	DESCARACTERIZAÇÃO	420 dias	Seg 18/03/24	Sex 24/10/25
8	1.2.1	FASE 1 - REMOÇÃO PARCIAL DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	70 dias	Seg 18/03/24	Sex 21/06/24
9	1.2.1.1	EXECUÇÃO DE SUMP COM BASE NA ELEVAÇÃO 1.051,50 M	10 dias	Seg 18/03/24	Sex 29/03/24
10	1.2.1.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO ATÉ A ELEVAÇÃO 1.041,40 M	60 dias	Seg 01/04/24	Sex 21/06/24
11	1.2.1.3	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE ATÉ ELEVAÇÃO 1.041,40 M	60 dias	Seg 01/04/24	Sex 21/06/24
12	1.2.2	FASE 2 - PRIMEIRO REBAIXAMENTO DO MACIÇO	70 dias	Seg 24/06/24	Sex 27/09/24
13	1.2.2.1	DEMOLIÇÃO DO EMBOQUE DO CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE	10 dias	Seg 24/06/24	Sex 05/07/24
14	1.2.2.2	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA DESCIDA D'ÁGUA DA OMBREIRA DIREITA	10 dias	Seg 24/06/24	Sex 05/07/24
15	1.2.2.3	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE INSTALADA NA CRISTA DA BARRAGEM	10 dias	Seg 24/06/24	Sex 05/07/24
16	1.2.2.4	ESCAVAÇÃO DO MACIÇO ATÉ ELEVAÇÃO 1.046,00 M	30 dias	Seg 08/07/24	Sex 16/08/24
17	1.2.2.5	CONSTRUÇÃO DE NOVO EMBOQUE PARA O SISTEMA EXRAVASOR LIGADO AO CANAL EXISTENTE	30 dias	Seg 19/08/24	Sex 27/09/24
18	1.2.2.6	REINSTALAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE CONTROLE DA SATURAÇÃO RETIRADOS NA ETAPA 1.2.2.3	30 dias	Seg 19/08/24	Sex 27/09/24
19	1.2.3	FASE 3 - REMOÇÃO DO RESTANTE DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	40 dias	Seg 03/03/25	Sex 25/04/25
20	1.2.3.1	EXECUÇÃO DE SUMP COM BASE NA ELEVAÇÃO 1.037,70 M	10 dias	Seg 03/03/25	Sex 14/03/25
21	1.2.3.2	REMOÇÃO COMPLETA DO REJEITO DO RESERVATÓRIO FORA DA PROJEÇÃO DO 1 º ALTEAMENTO	30 dias	Seg 17/03/25	Sex 25/04/25
22	1.2.3.3	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE ATÉ A COMPLETA REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO FPRA DA PROJEÇÃO DO 1º ALTEMANTO	30 dias	Seg 17/03/25	Sex 25/04/25
23	1.2.4	FASE 4 - REMOÇÃO DO MACIÇO DO 1º ALTEAMENTO	55 dias	Seg 28/04/25	Sex 11/07/25
24	1.2.4.1	DEMOLIÇÃO DO EMBOQUE DO CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE	10 dias	Seg 28/04/25	Sex 09/05/25
25	1.2.4.2	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA DESCIDA D'ÁGUA E CANALETAS EXISTENTES NA BERMA ELEV. 1.041,00 M	10 dias	Seg 28/04/25	Sex 09/05/25
26	1.2.4.3	DEMOLIÇÃO / RETIRADA DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE INSTALADA NA CRISTA DA BARRAGEM E NA BERMA ELEV. 1.041,00 M	10 dias	Seg 28/04/25	Sex 09/05/25
27	1.2.4.4	REMOÇÃO DO MACIÇO DO 1º ALTEAMENTO	30 dias	Seg 12/05/25	Sex 20/06/25
28	1.2.4.5	INSTALAÇÃO DE BUEIRO CONECTADO À BACIA DE DISSIPAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR ANTIGO	15 dias	Seg 23/06/25	Sex 11/07/25
29	1.2.5	FASE 5 - REMOÇÃO DO RESTANTE DOS REJEITOS	75 dias	Seg 14/07/25	Sex 24/10/25
30	1.2.5.1	REMOÇÃO DO ATERRO EM BLOCOS DO REFORÇO DE JUSANTE PARA BOTA-ESPERA	15 dias	Seg 14/07/25	Sex 01/08/25
31	1.2.5.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO E DO MACIÇO INICIAL ATÉ A ELEVAÇÃO 1.004,30 M	30 dias	Seg 04/08/25	Sex 12/09/25
32	1.2.5.3	CONSTRUÇÃO DE SUMP NA REGIÃO DE JUSANTE	15 dias	Seg 15/09/25	Sex 03/10/25
33	1.2.5.4	REVESTIMENTO DO TALVEGUE E SUMP COM ENROCAMENTO	15 dias	Seg 06/10/25	Sex 24/10/25
34	1.2.5.5	PROTEÇÃO DO RESTANTE DA ÁREA DO RESERVATÓRIO ESCAVADO A PARTIR DO PLANTIO DE VEGETAÇÃO	15 dias	Seg 06/10/25	Sex 24/10/25
35	1.3	PÓS-OBRA	553 dias	Seg 27/10/25	Qua 08/12/27
36	1.3.1	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	30 dias	Seg 27/10/25	Sex 05/12/25
37	1.3.2	DESMOBILIZAÇÃO	20 dias	Seg 08/12/25	Sex 02/01/26
38	1.3.3	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	523 dias	Seg 08/12/25	Qua 08/12/27

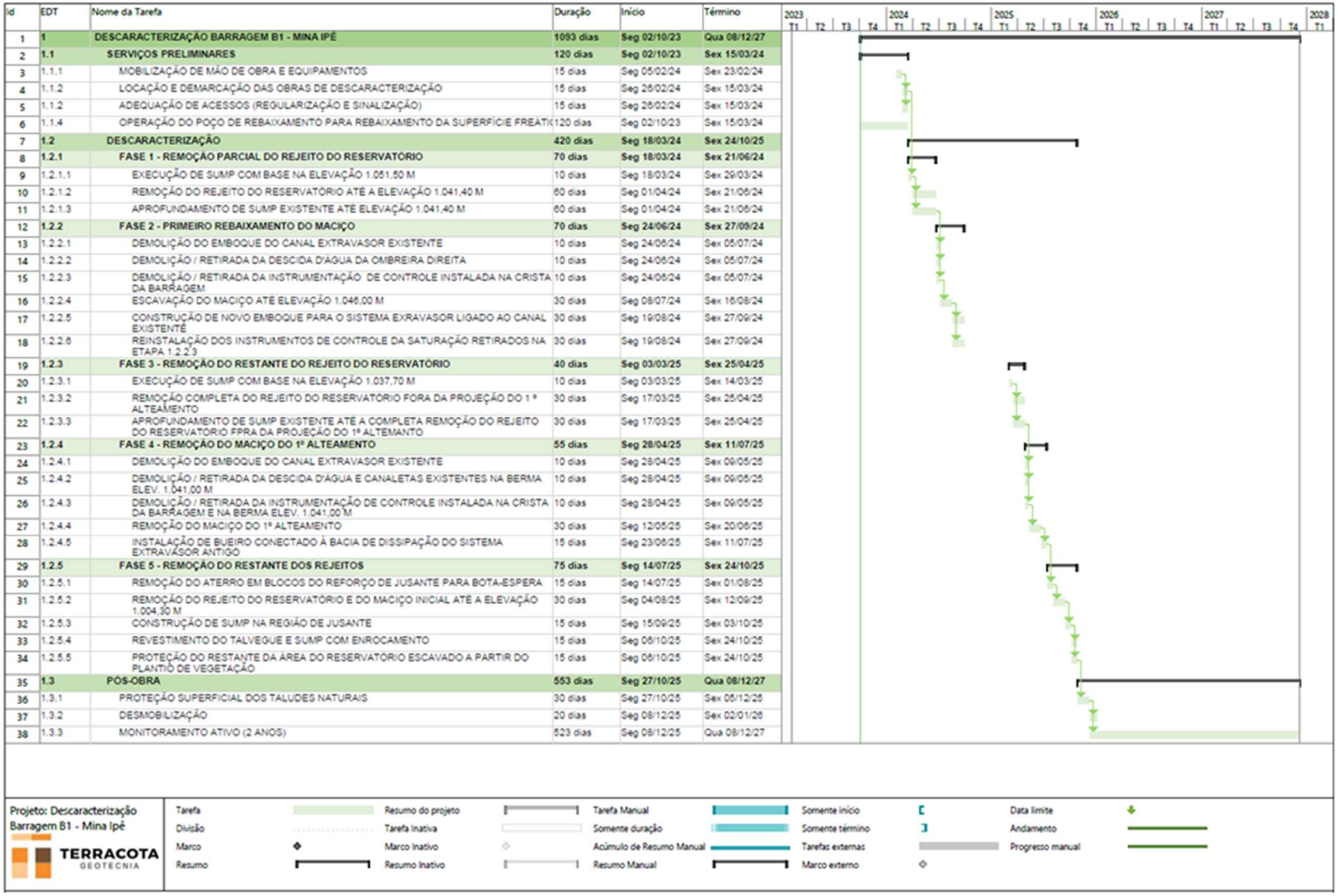


Figura 5.11 – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.

5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Conforme diagnóstico realizado para a estrutura, na condição da freática atual, para a seção B-B' não se atinge os fatores de segurança exigidos para a condição liquefeita. Desta forma, a fim de garantir os fatores de segurança requeridos no Termo de Referência, é premissa do projeto de descaracterização o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis, de modo que estes não trabalhem em condição saturada. Esta medida elimina a possiblidade de ocorrência de carregamentos não drenados, pois uma das condições para tal, é que os materiais classificados como contráteis estejam saturados.

Com relação à encosta natural exposta, poderá haver necessidade de obras estabilizantes pontuais, recuperação de focos erosivos, reaplicação de proteção vegetal etc. Já os taludes de empilhamentos antigos devem receber obras/serviços de estabilização à medida do necessário.

Para monitoramento de deslocamentos, tanto da barragem quanto da encosta existente na ombreira direita, será utilizada instrumentação de controle, existente e a ser instalada, como prismas, estação robótica, radar de superfície etc.

6. Obras de Descaracterização

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, devido ao fator de segurança não-drenado liquefeito na seção B-B' estar abaixo do valor mínimo recomendado (1,1) pela TR FEAM de descaracterização. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da situação atual da estrutura em relação aos níveis da instrumentação e estabilidade geotécnica.

6.1 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle da barragem é composta por 15 (quinze) indicadores de nível d'água, 20 (vinte) piezômetros, dos quais 10 (dez) tem leituras automatizadas, 04 (quatro) marcos superficiais, 03 (três) indicadores de vazão, 02 (dois) sismógrafos e 30 (trinta) prismas com leitura automatizada a partir de estação robótica para controle de deformação, distribuídos em 03 (três) seções transversais de monitoramento.

Os níveis de controle dos indicadores de nível d'água e piezômetros instalados na barragem foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico para o rejeito do reservatório e rejeito antigo da fundação localizados abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível normal**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível normal:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,30 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
2- **Nível de alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,20 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,00 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 3).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.652.

A Figura 6.1, Figura 6.2 e Figura 6.3 apresentam a locação em planta dos instrumentos e da Figura 6.4 a Figura 6.6 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 6.1 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

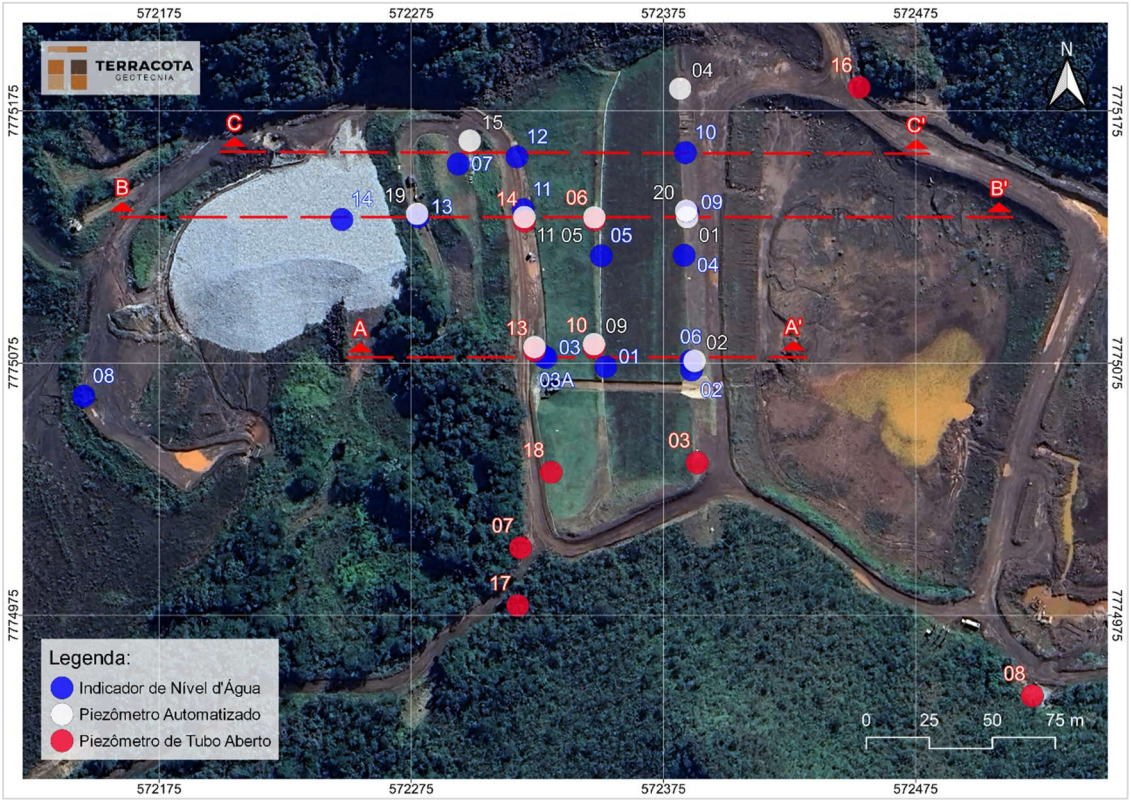


Figura 6.1 – Locação dos INA's e PZ's – Barragem B1 – Mina Ipê.

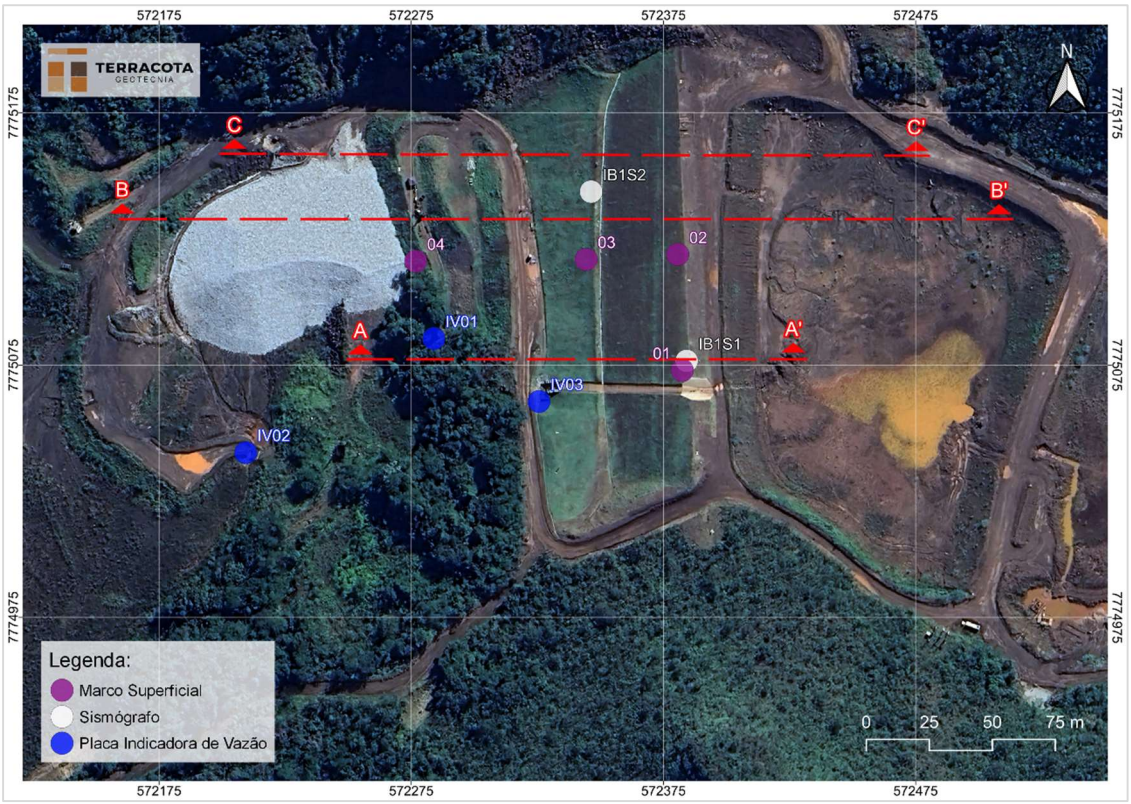


Figura 6.2 – Localização Marcos Superficiais, Sismógrafos e Placas Indicadoras de Vazão – Barragem B1 – Mina Ipê.

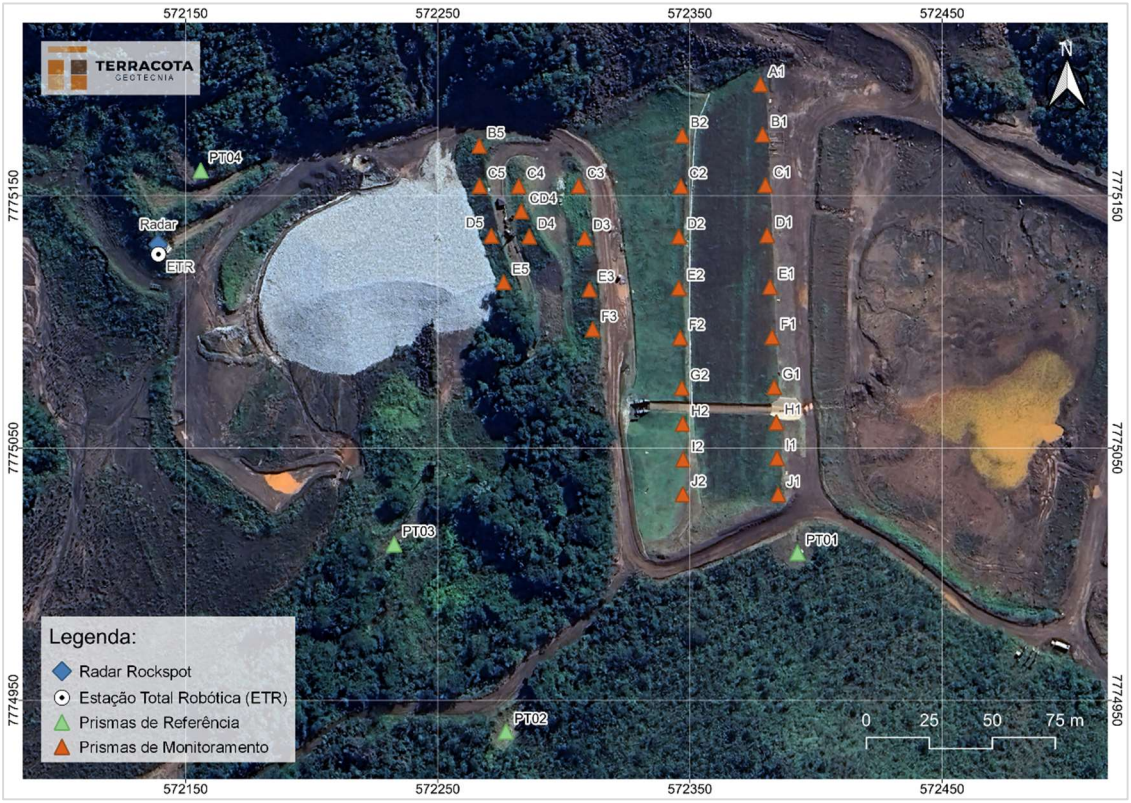


Figura 6.3 – Locação dos prismas instalados no maciço da Barragem B1 – Mina Ipê.

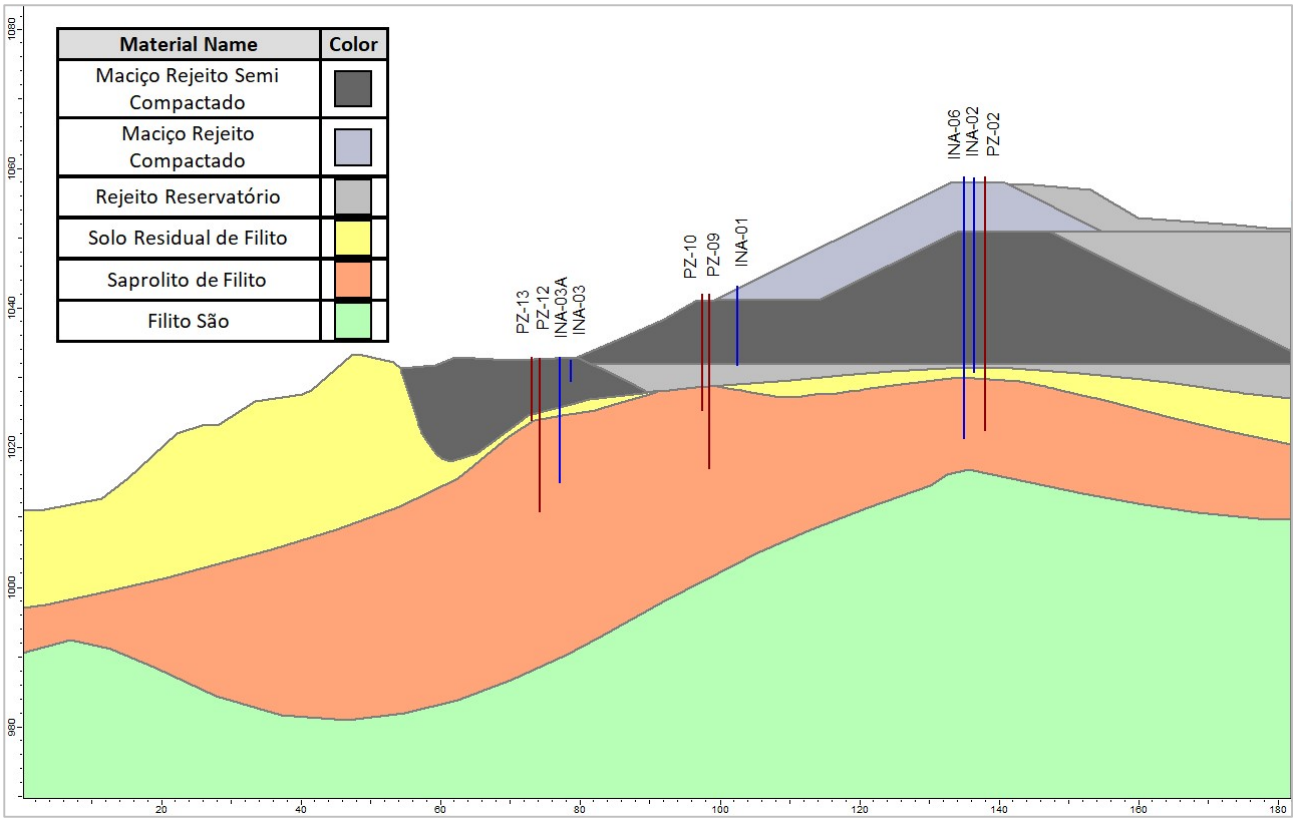


Figura 6.4 – Seção transversal de controle A-A'.

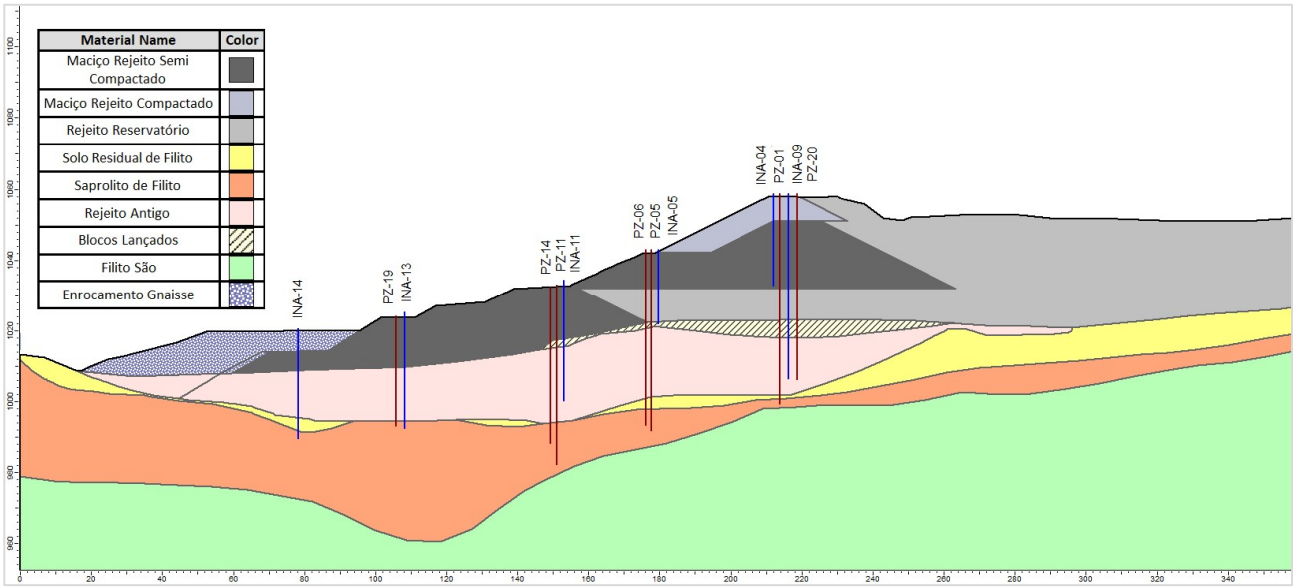


Figura 6.5 – Seção transversal de controle B-B'.

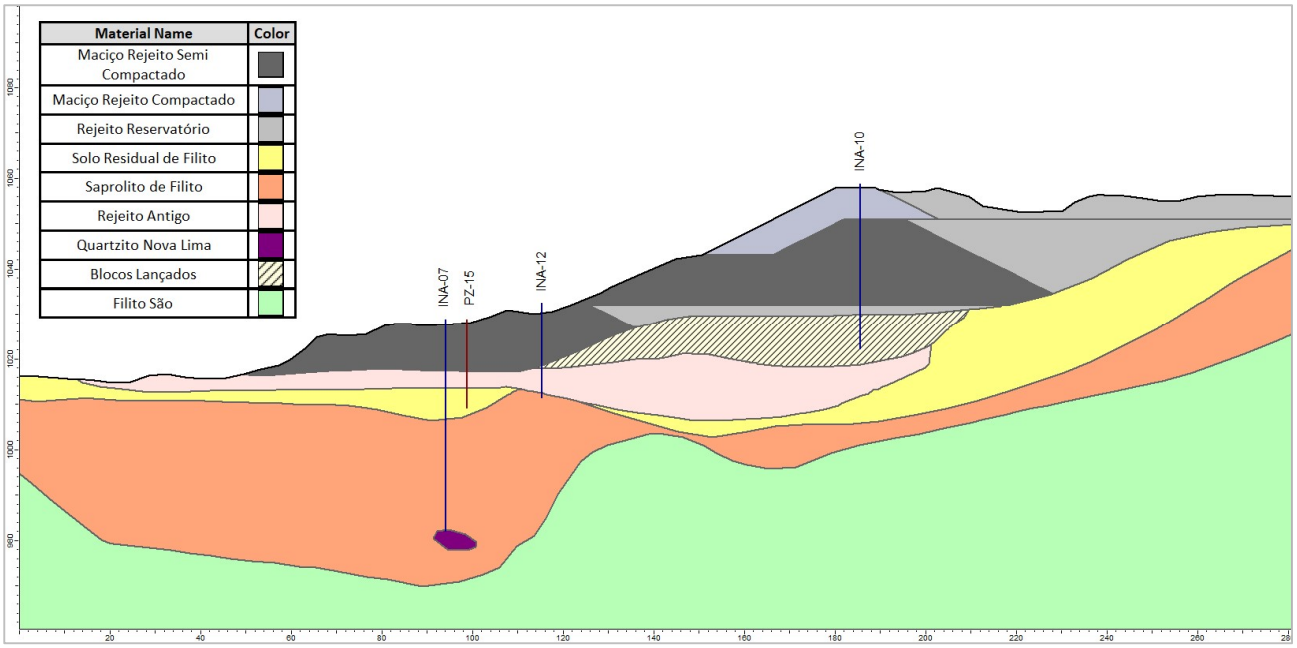


Figura 6.6 – Seção transversal de controle C-C

Tabela 6.1 – Locação, características, leitura (30/10/2023) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B1 – Mina Ipê.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/10/2023)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A'	PZ-02 (1)	572.387,357	7.775.075,880	1.058,79	1.022,43	36,36	1.023,64	1.044,50	1.048,00	1.050,75
	INA-02	572.386,124	7.775.072,282	1.058,73	1.030,77	27,96	Seco	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-06	572.385,825	7.775.075,896	1.058,91	1.021,41	37,50	1.023,81	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-01	572.352,124	7.775.073,548	1.043,18	1.031,86	11,32	Seco	1.034,25	1.038,50	1.041,50
	PZ-09 (1)	572.347,436	7.775.082,495	1.042,08	1.017,52	24,56	1.021,62	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	PZ-10	572.347,445	7.775.081,231	1.042,09	1.025,33	16,76	Seco	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	INA-03	572.328,377	7.775.077,173	1.032,53	1.029,53	3,00	Seco	1.029,63	1.030,00	1.032,00 (4)
	INA-03A	572.327,458	7.775.077,687	1.032,93	1.015,02	17,91	1.016,24	1.029,63	1.030,00	1.032,00 (4)
	PZ-12 (1)	572.323,871	7.775.081,376	1.032,90	1.011,37	21,53	1.014,41	1.024,00	1.028,25	1.031,25
	PZ-13	572.323,785	7.775.080,033	1.032,95	1.023,95	9,00	Seco	1.024,25	1.028,25	1.031,25
B-B'	INA-09	572.384,760	7.775.134,730	1.058,76	1.006,45	52,31	1.017,03	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	PZ-20 (1)	572.384,013	7.775.135,403	1.058,84	1.006,15	52,69	1.015,51	1.026,00 (5)	1.028,00 (5)	1.039,75 (5)
	PZ-01 (1)	572.384,428	7.775.132,832	1.058,76	999,45	58,31	1.014,90	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	INA-04	572.383,201	7.775.117,738	1.058,68	1.032,92	25,76	Seco	1.033,50	1.033,80	1.039,50
	INA-05	572.350,371	7.775.117,560	1.043,04	1.022,04	21,00	Seco	1.022,50	1.025,00	1.033,00
	PZ-05 (1)	572.347,582	7.775.132,777	1.043,02	991,89	51,13	1.010,84	1.022,25	1.024,50	1.032,75
	PZ-06	572.347,644	7.775.131,804	1.042,98	998,22	44,76	1.012,62	1.022,00	1.024,75	1.032,50
	PZ-11 (1)	572.319,815	7.775.132,876	1.032,42	982,32	50,10	1.009,96	1.016,00	1.023,00	1.028,50
	PZ-14	572.319,863	7.775.131,265	1.032,37	988,35	44,02	1.009,16	1.015,75	1.022,75	1.028,25

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/10/2023)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
	INA-11	572.319,341	7.775.135,878	1.032,11	1.000,26	31,85	1.008,56	1.015,75	1.022,75	1.028,25
	PZ-19 (1)	572.277,304	7.775.134,203	1.024,15	993,23	30,92	1.007,26	1.011,85 (5)	1.017,00 (5)	1.021,00 (5)
	INA-13	572.277,614	7.775.132,962	1.023,99	992,45	31,54	1.007,40	1.011,85	1.017,00	1.021,00
	INA-14	572.247,450	7.775.131,940	1.020,59	989,66	30,93	1.006,94	1.010,50	1.013,00	1.016,00
C-C'	INA-10	572.383,702	7.775.158,426	1.058,81	1.022,31	36,50	Seco	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	INA-12	572.316,904	7.775.156,769	1.030,92	1.011,61	19,31	Seco	1.019,80	1.021,60	1.027,80
	PZ-15 (1)	572.298,192	7.775.163,172	1.028,59	1.009,29	19,30	1.010,16	1.017,00	1.018,75	1.025,00
	INA-07	572.293,620	7.775.153,940	1.028,24	982,17	46,07	1.010,17	1.016,75	1.018,50	1.025,00
Instrumentos fora de seção de controle	PZ-03 (2)	572.388,311	7.775.035,497	1.058,11	1.021,13	36,98	1.024,67	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	PZ-04 (2)	572.381,613	7.775.183,815	1.058,95	1.021,34	37,61	1.023,27	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	PZ-18 (1) (2)	572.330,441	7.775.031,720	1.038,21	1.007,85	30,36	1.014,87	1.024,00	1.028,25	1.031,25
	INA-08 (3)	572.145,050	7.775.061,910	1.005,00	959,13	45,87	1.002,80	Instrumento localizado muito a jusante		
	PZ-07 (3)	572.318,282	7.775.001,790	1.042,31	992,28	50,03	1.015,03	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-08 (3)	572.521,244	7.774.943,098	1.060,37	974,82	85,55	1.034,44	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-16 (3)	572.452,571	7.775.184,306	1.059,85	1.010,23	49,62	1.030,01	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-17 (3)	572.317,208	7.774.978,906	1.043,88	997,28	46,60	1.018,73	Instrumento de hidrogeologia		
A-A'	MS-01	572.382,448	7.775.072,921	1.058,025	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-02	572.380,643	7.775.118,888	1.057,981	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-03	572.344,339	7.775.116,922	1.041,446	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-04	572.276,729	7.775.116,195	1.021,585	-	-	-	Não aplicável		

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/10/2023)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
Não aplicável	IB1S1	572.384,203	7.775.076,675	1.058,145	-	-	-		Não aplicável	
	IB1S2	572.346,300	7.775.143,778	1.043,736	-	-	-		Não aplicável	
	IV-1	572.283,918	7.775.085,539	1.017,097	-	-	-		Não aplicável	
	IV-2	572.209,323	7.775.040,352	1.001,070	-	-	-		Não aplicável	
	IV-3	572.325,630	7.775.060,595	1.030,071	-	-	-		Não aplicável	

1- Instrumentos automatizados;
2- Níveis de controle definidos tomando-se como referência os instrumentos INA-02, INA-10 e PZ-12;
3- Níveis de controle não aplicáveis, pois os instrumentos encontram-se fora do maciço da barragem;
4- Níveis de controle correspondentes à condição de afloramento do nível d'água;
5- Níveis de controle correspondentes aos instrumentos adjacentes.

6.1.1 Leituras Instrumentação

A seguir são apresentados gráficos das leituras dos instrumentos, por seção, no período de análise.

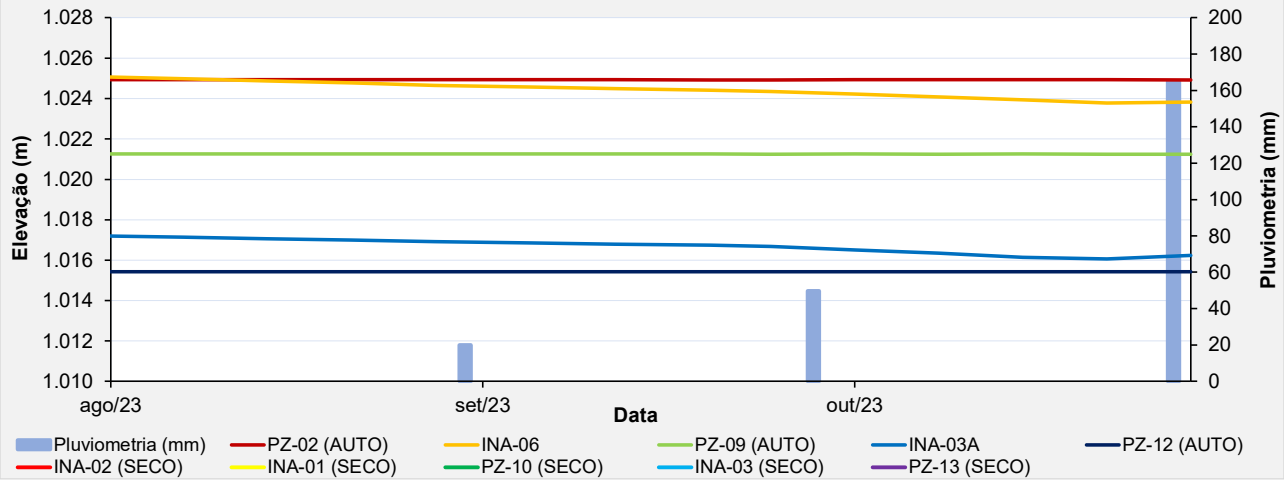


Figura 6.7 – Leituras dos instrumentos da seção de controle A-A'.

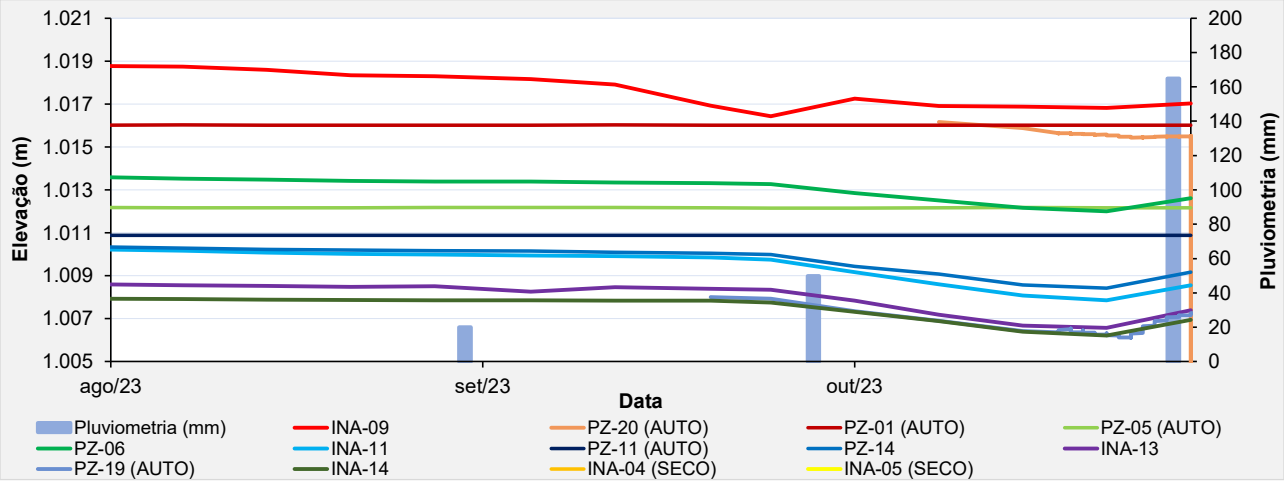


Figura 6.8 – Leituras dos instrumentos da seção de controle B-B'.

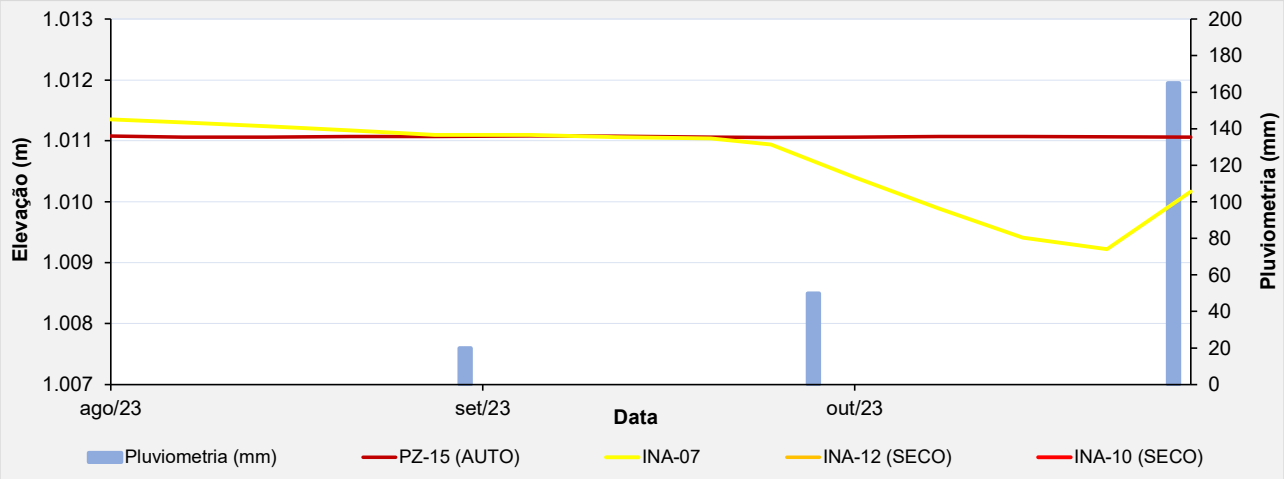


Figura 6.9 – Leituras dos instrumentos da seção de controle C-C'.

6.2 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem na condição atual.

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2017, a partir do software Slide da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

6.2.1 Premissas adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas considerando a geometria da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico mais atual, realizado em novembro/2021 (documento B1_IPE_16NOV21.dwg), acrescido do levantamento As Built da berma de reforço construída a jusante da estrutura (CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg). A estratigrafia das seções transversais de análise foi definida pela DF+ Consultoria Geotécnica e Recursos Hídricos no âmbito do projeto conceitual de descaracterização, a partir da interpretação de uma extensa campanha de sondagens SPT e ensaios CPTu executada na barragem.

Na Figura 6.10 é apresentada a locação em planta das seções e instrumentação de controle utilizadas nas análises de estabilidade.

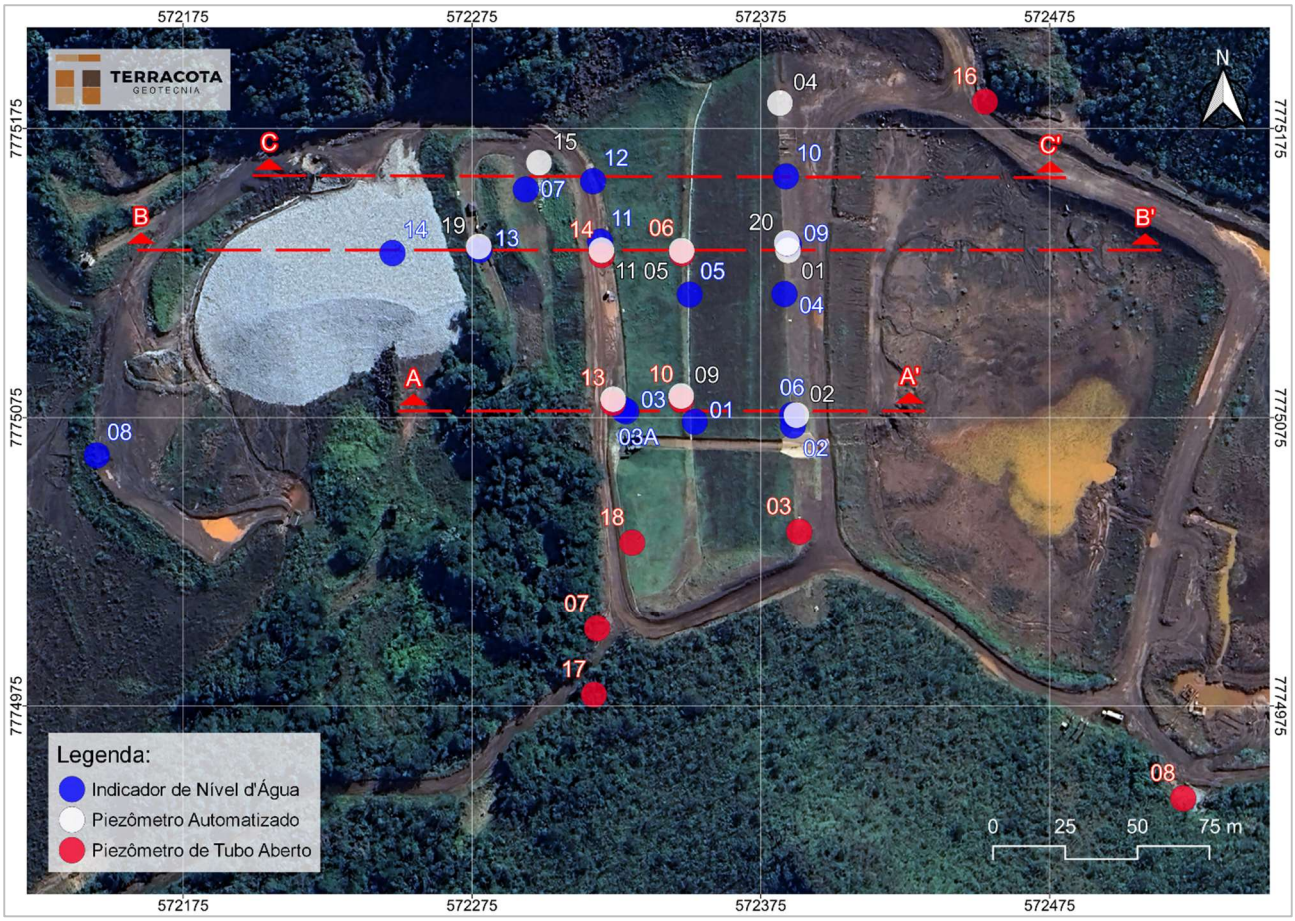


Figura 6.10 – Seções Instrumentadas Barragem B1 – Mina Ipê – Planta.

As condições consideradas nas análises de estabilidade foram os carregamentos drenado e não drenados de pico e liquefeito. Os estudos realizados para definir o comportamento dos rejeitos presentes nas seções de análise indicaram que o rejeito do reservatório e o rejeito antigo presente na fundação da barragem têm comportamento contrátil, ou seja, geram excesso de poropressão positiva na ruptura. Para este tipo de material, a análise não drenada representa a condição crítica de carregamento.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução ANM 95/2022 (**FS ≥ 1,3**);
- Análises não drenadas com parâmetro liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 6.2 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 6.2 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2017 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

6.2.2 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada na análise de estabilidade foram considerados os instrumentos instalados no maciço e na fundação da Barragem B1 - Mina Ipê, ao longo das três seções de controle existentes na estrutura.

A Tabela 6.3 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 6.3 – Instrumentação – Valores lidos (30/10/2023) e valores adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	PZ-02(2)	1.022,43	1.023,64	1.024,20(4)
	INA-02	1.030,77	Seco	-
	INA-06	1.021,41	1.023,81	1.023,81
	INA-01	1.031,86	Seco	-
	PZ-09(1)	1.017,02	1.021,62	1.021,62
	PZ-10	1.025,33	Seco	-
	INA-03	1.029,53	Seco	-
	INA-03A	1.015,02	1.016,24	1.016,24
	PZ-12(1)	1.010,87	1.014,41	1.014,41
	PZ-13	1.023,95	Seco	-
B-B'	INA-09	1.006,45	1.017,03	1.017,03
	PZ-20(3)	1.006,15	1.015,51	1.017,03(4)
	PZ-01(1)	999,45	1.014,90	1.016,70(4)
	INA-04	1.032,92	Seco	-
	INA-05	1.022,04	Seco	-
	PZ-05(2)	993,47	1.010,84	1.012,85(4)
	PZ-06	998,22	1.012,62	1.012,62
	INA-11	1.000,26	1.008,56	1.010,20(4)
	PZ-11(2)	982,32	1.009,96	1.009,96
	PZ-14	988,35	1.009,16	1.009,16
	INA-13	992,45	1.007,40	1.007,40
	PZ-19(3)	993,23	1.007,26	1.007,26
	INA-14	989,66	1.006,94	1.006,94
C-C'	INA-10	1.022,31	Seco	1.022,31
	INA-12	1.011,61	Seco	1.011,61
	PZ-15(1)	1.009,29	1.010,16	1.010,17(4)
	INA-07	982,17	1.010,17	1.010,17

1- Instrumento automatizado em 2021;
2- Instrumento automatizado em 02/12/2022;
3- Instrumento automatizado em 19/10/2023;
4- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento.

6.2.3 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade para definição dos níveis de controle foram aqueles consolidados e apresentados no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.537, relativo ao relatório de consolidação de dados da Barragem B1 – Mina Ipê, elaborado pela Terracota Geotecnia. No referido documento foram utilizados dados de ensaios de laboratório, ensaios CPTu e sondagens SPT para determinação da resistência drenada e não drenada dos materiais presentes nas seções de análise.

A exceção à regra é o parâmetro de resistência dos blocos de gnaisse utilizados na berma de reforço, que foram modelados a partir da envoltória inferior de LEPS (1973), que se trata de uma referência bibliográfica específica para modelagem do comportamento de blocos.

Os parâmetros de resistência não drenada de pico e liquefeita do rejeito do reservatório e do rejeito antigo da fundação foram definidos a partir dos ensaios CPTu executados nos materiais. Os rejeitos foram modelados com resistência não drenada quando abaixo da linha freática adotada nas análises de estabilidade.

Na Tabela 6.4 apresentam-se os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

Tabela 6.4 – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material		Cor	γ	Parâmetros de Resistência			Referência
				Parâmetros Efetivos		Su/σ'v	
			(kN/m³)	c' (kPa)	ϕ' (º)	(kPa)	
Rejeito Reservatório	Acima do N.A.		25,0	0,0	30,0	-	Correlação com N_{SPT}
	Abaixo do N.A. - Pico			-	-	0,23	Interpretação de ensaios de Piezocone
	Abaixo do N.A. - Liquefeito			-	-	0,10	
Rejeito Antigo	Acima do N.A.		26,5	0,0	35,0	-	Correlação com N_{SPT}
	Abaixo do N.A. - Pico			-	-	0,27	Interpretação de ensaios de Piezocone
	Abaixo do N.A. - Liquefeito			-	-	0,06	
Maciço	Rejeito Compactado		27,5	7,0	40,0	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
	Rejeito Semi Compactado		26,5	0,0	40,0	-	
Solo Residual de Filito			19	18,0	36,0	-	
Saprolito de Filito			20	20,0	45,0	-	Correlação com N_{SPT}
Quartzito Nova Lima			20	400,0	35,0	-	Estimativa bibliografia/ projetistas
Filito São			20	Resistência Infinita			
Blocos Lançados			20	Envoltória Leps Inferior			
Enrocamento			22	Envoltória Leps Inferior			

6.2.4 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 6.14 a Figura 6.22, destacando-se as superfícies de ruptura global e local que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 6.5 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 6.5 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A'	30/10/2023	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,95
B-B'	30/10/2023	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,98
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,44
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	0,45
C-C'	30/10/2023	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,01
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	2,01
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,21

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B1 – Mina Ipê, no período avaliado.

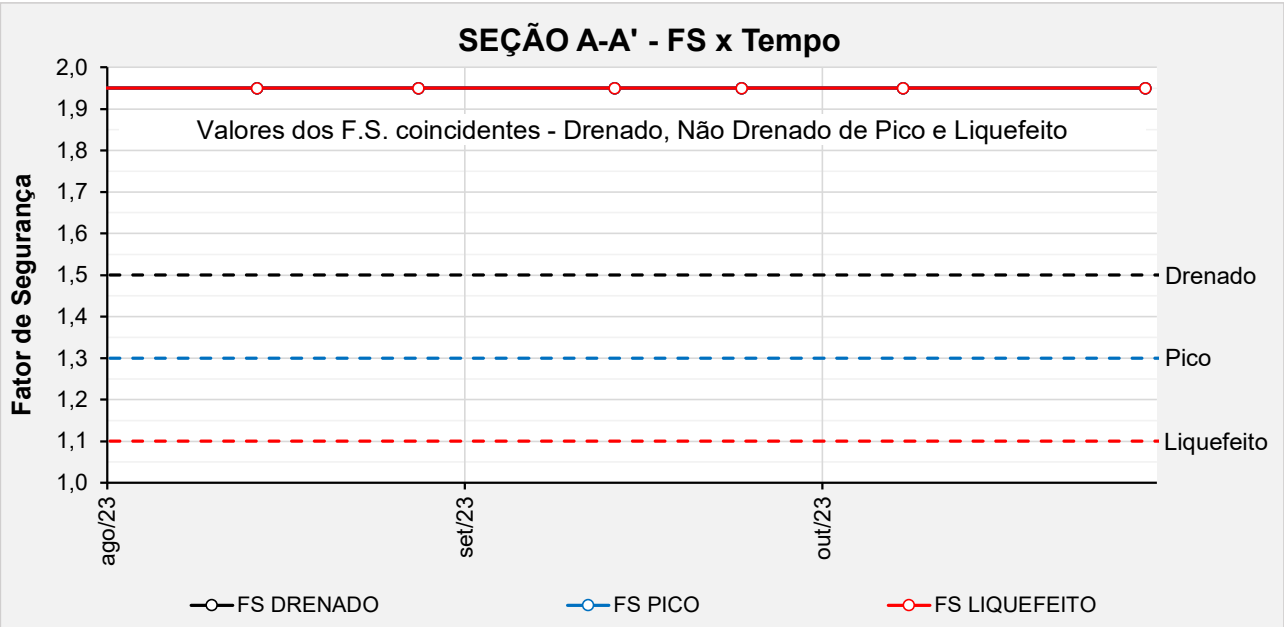


Figura 6.11 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

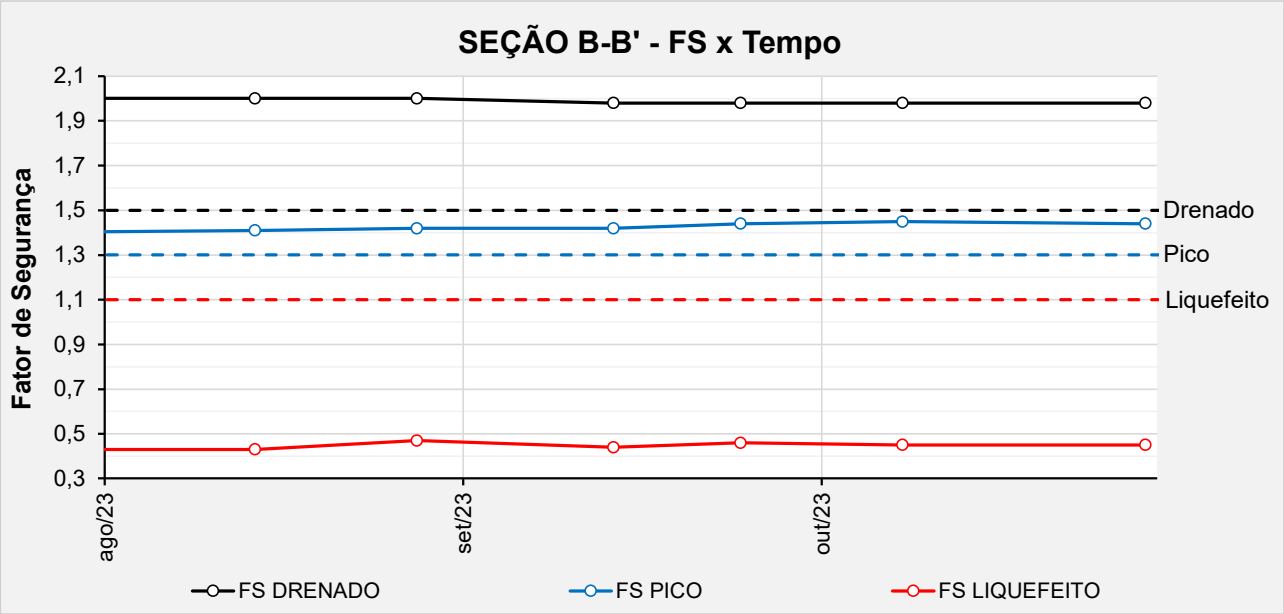


Figura 6.12 – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

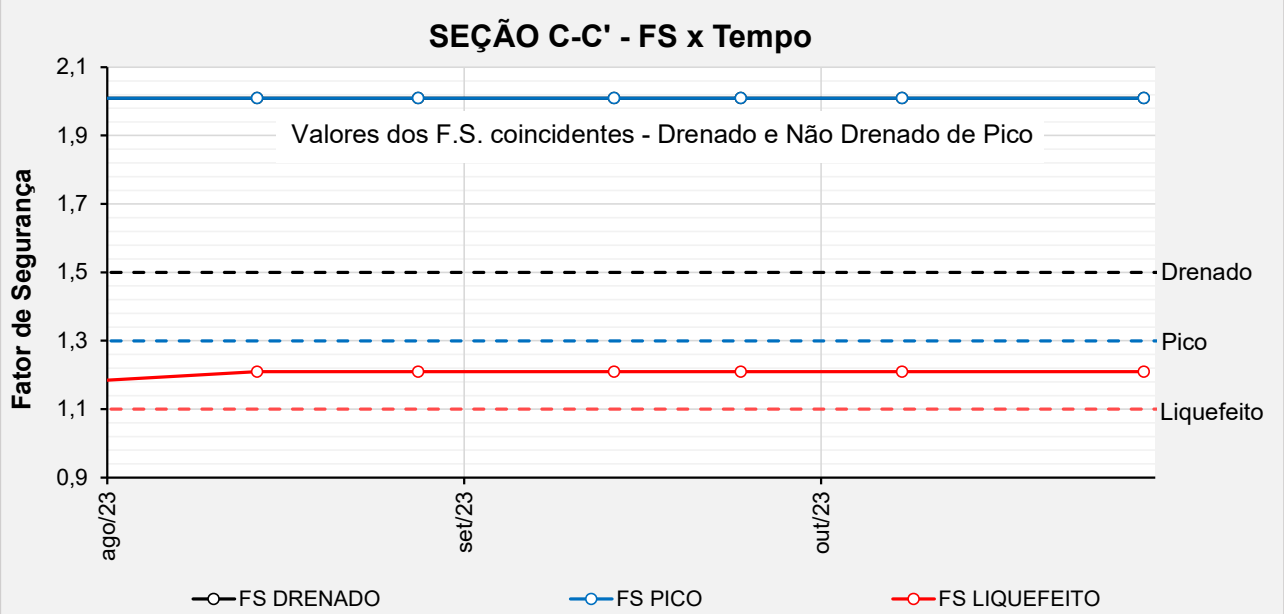


Figura 6.13 – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

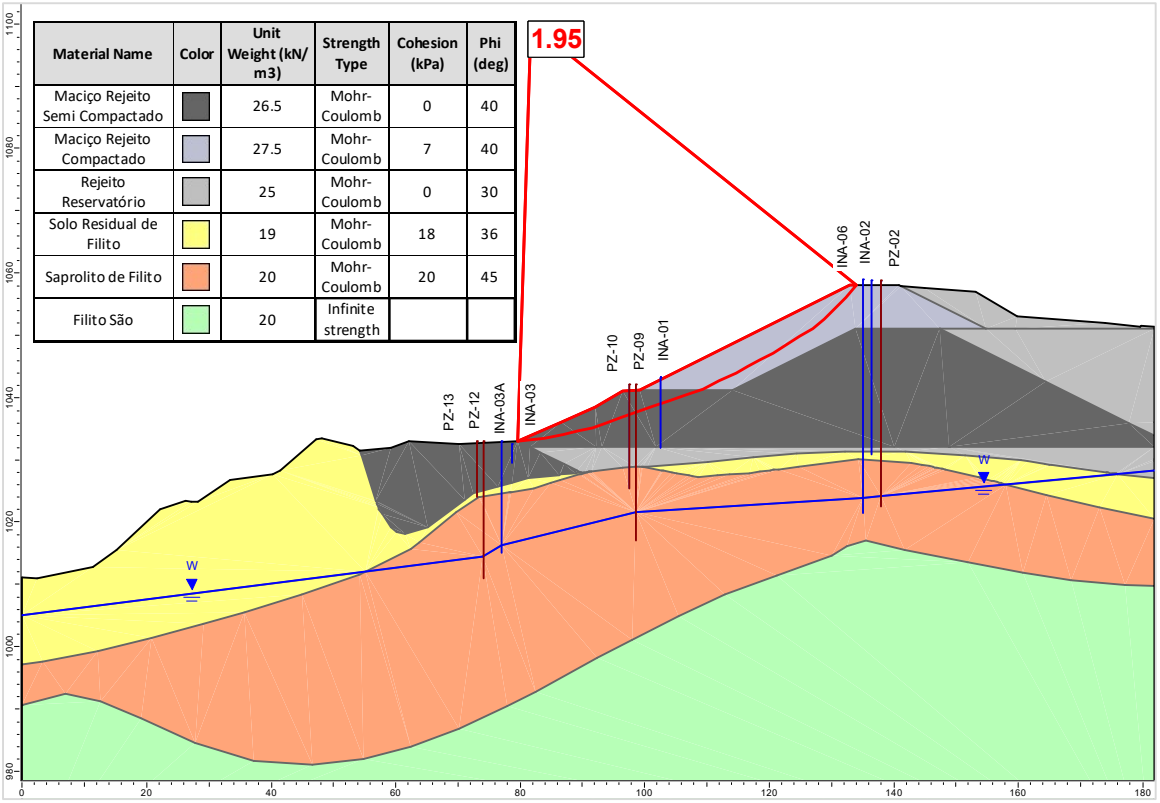


Figura 6.14 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023).

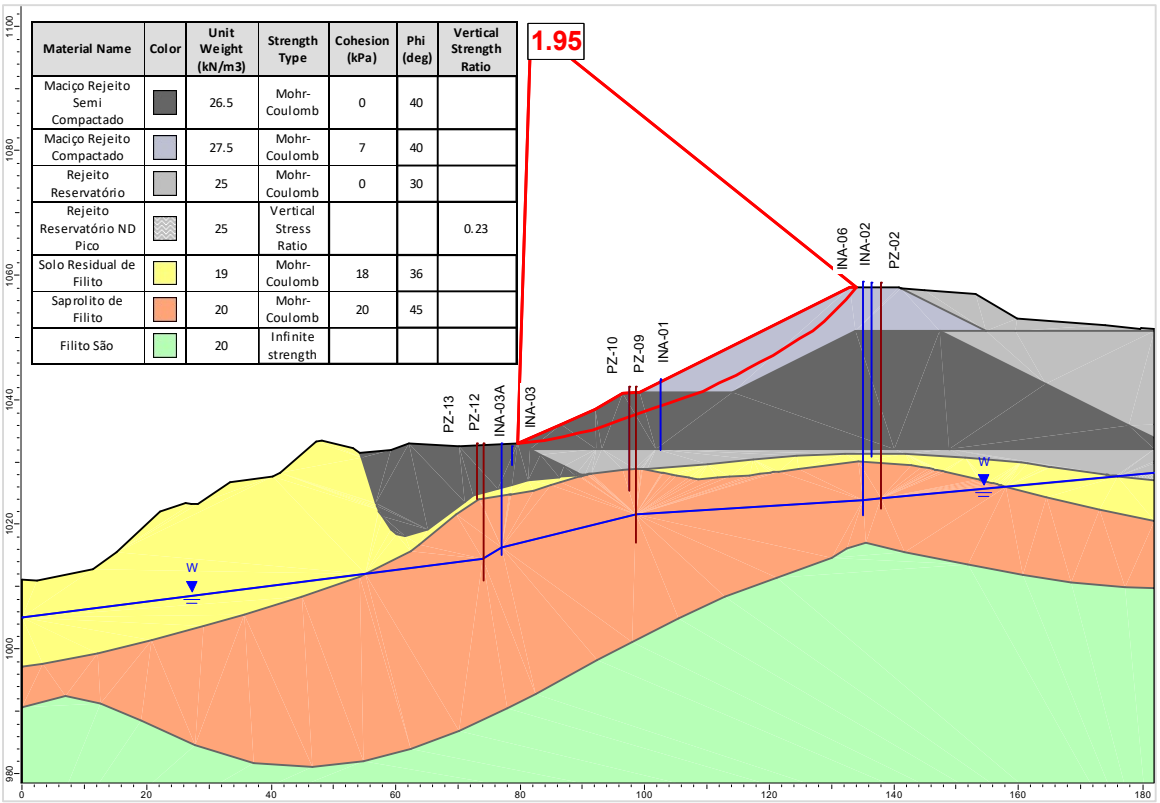


Figura 6.15 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023) – Razão de resistência não drenada de pico.

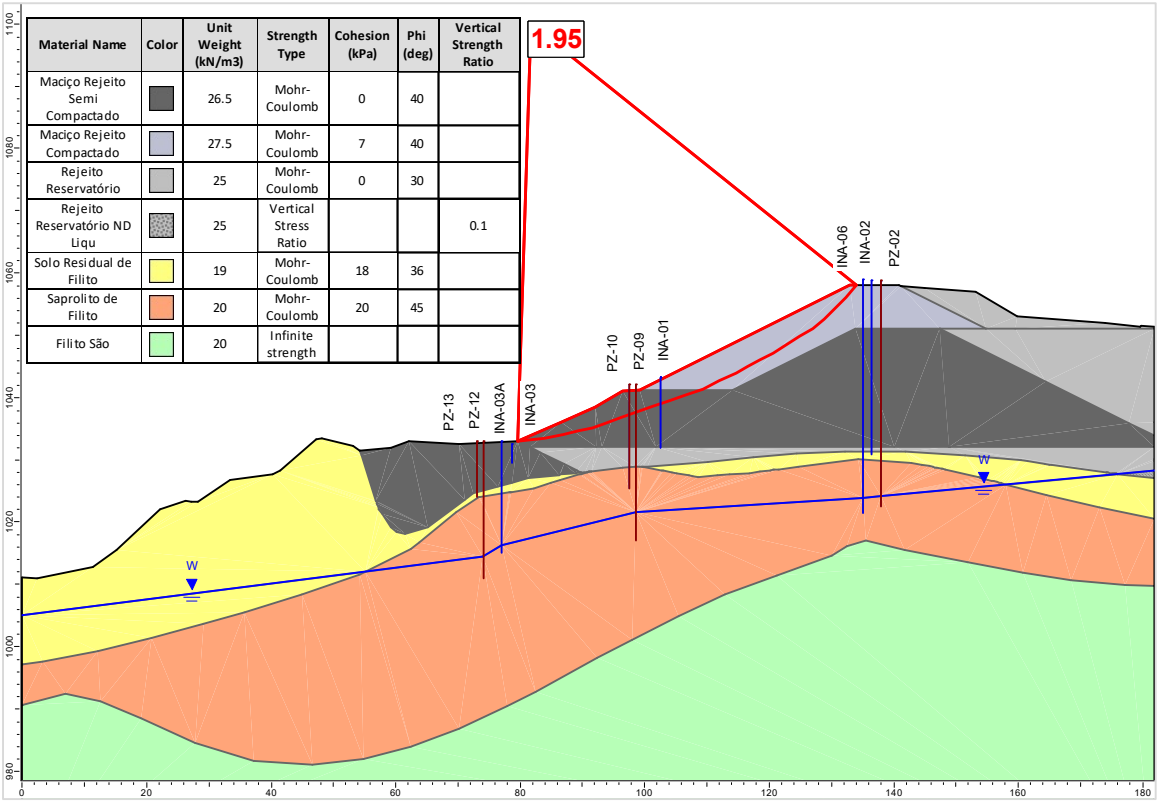


Figura 6.16 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023) – Razão de resistência não drenada liquefeito.

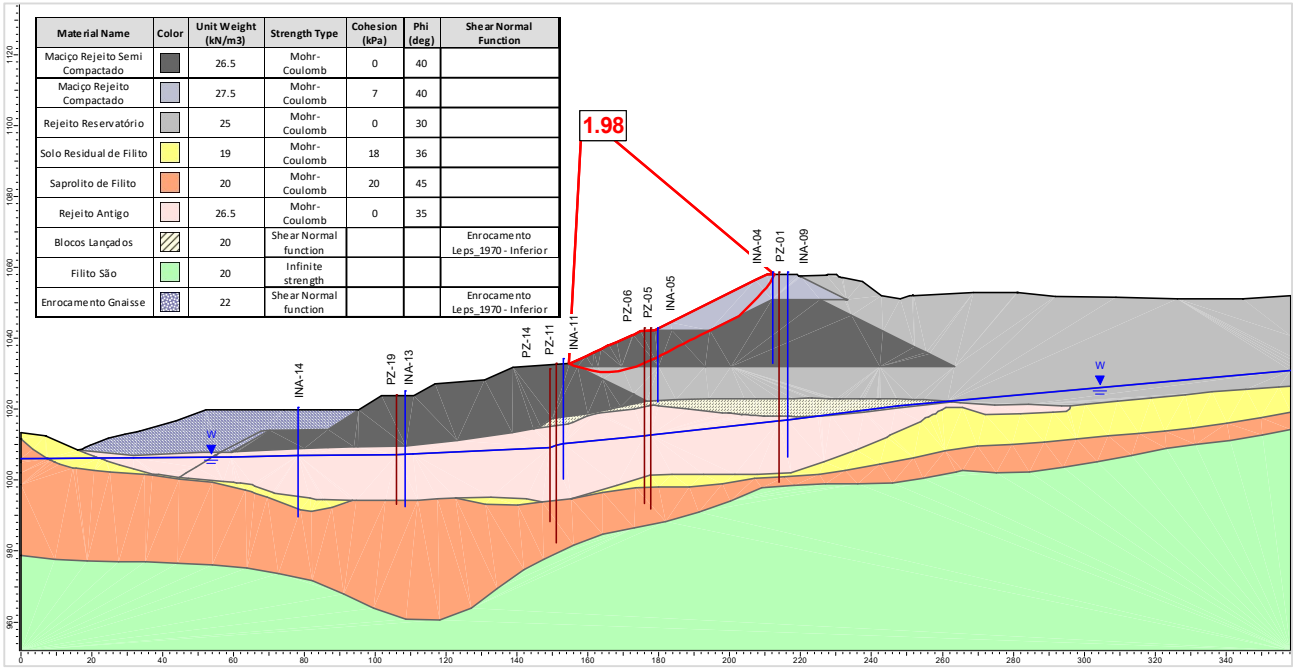
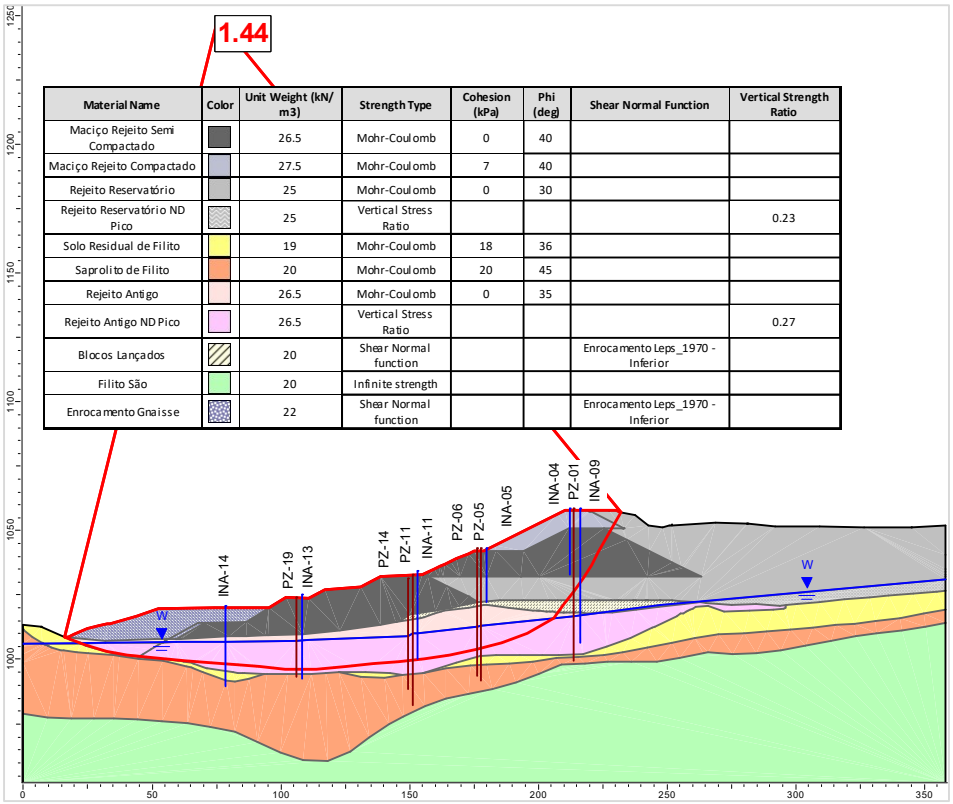
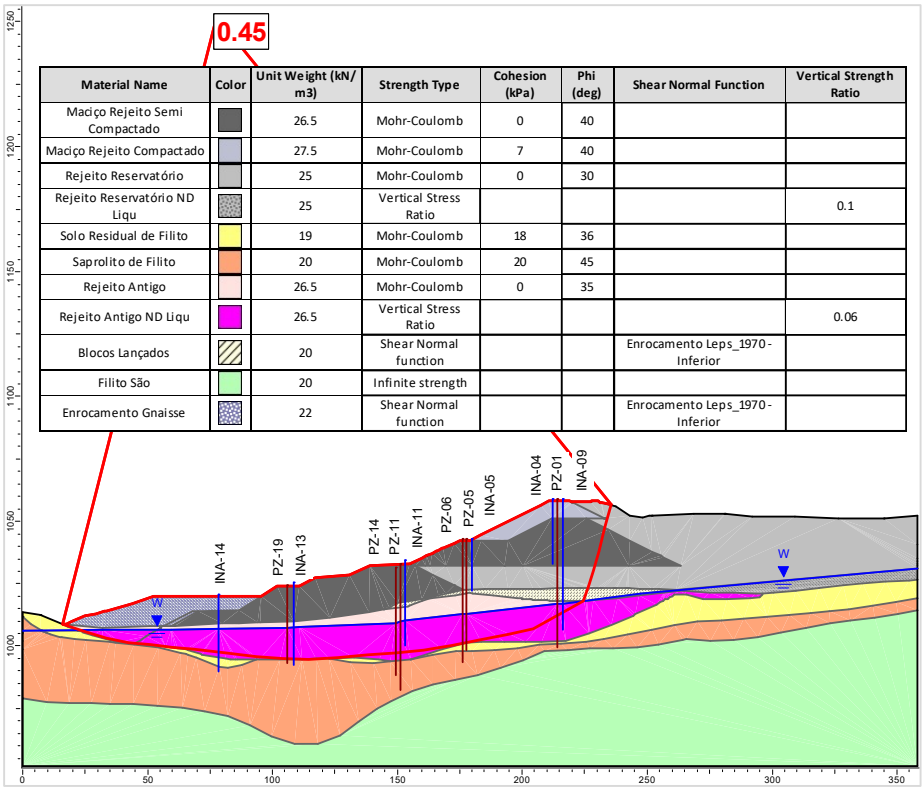


Figura 6.17 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Rejeito Reservatório ND Pico		25	Vertical Stress Ratio				0.23
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Pico		26.5	Vertical Stress Ratio				0.27
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	

Figura 6.18 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023) – Razão de resistência não drenada de pico.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
Maciço Rejeito Semi Compactado		26.5	Mohr-Coulomb	0	40		
Maciço Rejeito Compactado		27.5	Mohr-Coulomb	7	40		
Rejeito Reservatório		25	Mohr-Coulomb	0	30		
Rejeito Reservatório ND Liqu		25	Vertical Stress Ratio				0.1
Solo Residual de Filito		19	Mohr-Coulomb	18	36		
Saprolito de Filito		20	Mohr-Coulomb	20	45		
Rejeito Antigo		26.5	Mohr-Coulomb	0	35		
Rejeito Antigo ND Liqu		26.5	Vertical Stress Ratio				0.06
Blocos Lançados		20	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	
Filito São		20	Infinite strength				
Enrocamento Gnaisse		22	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Inferior	

Figura 6.19 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023) – Razão de resistência não drenada liquefeito.

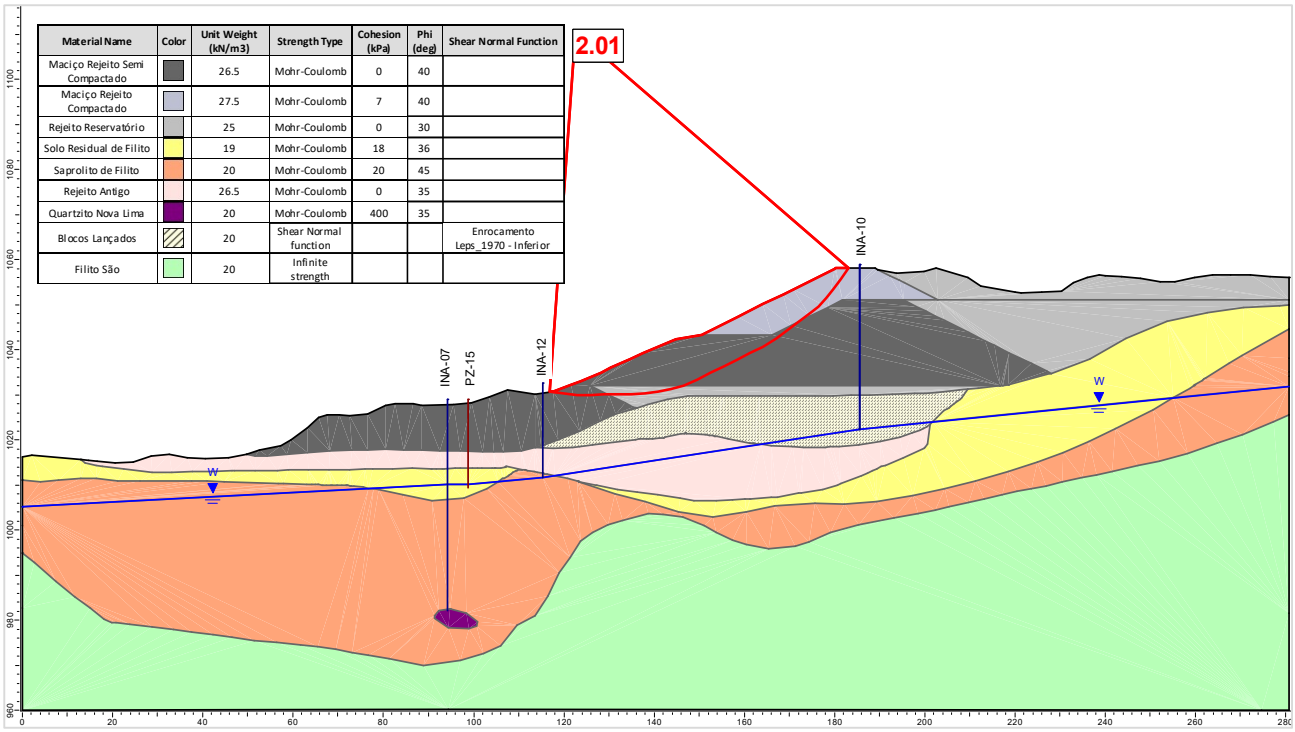


Figura 6.20 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023).

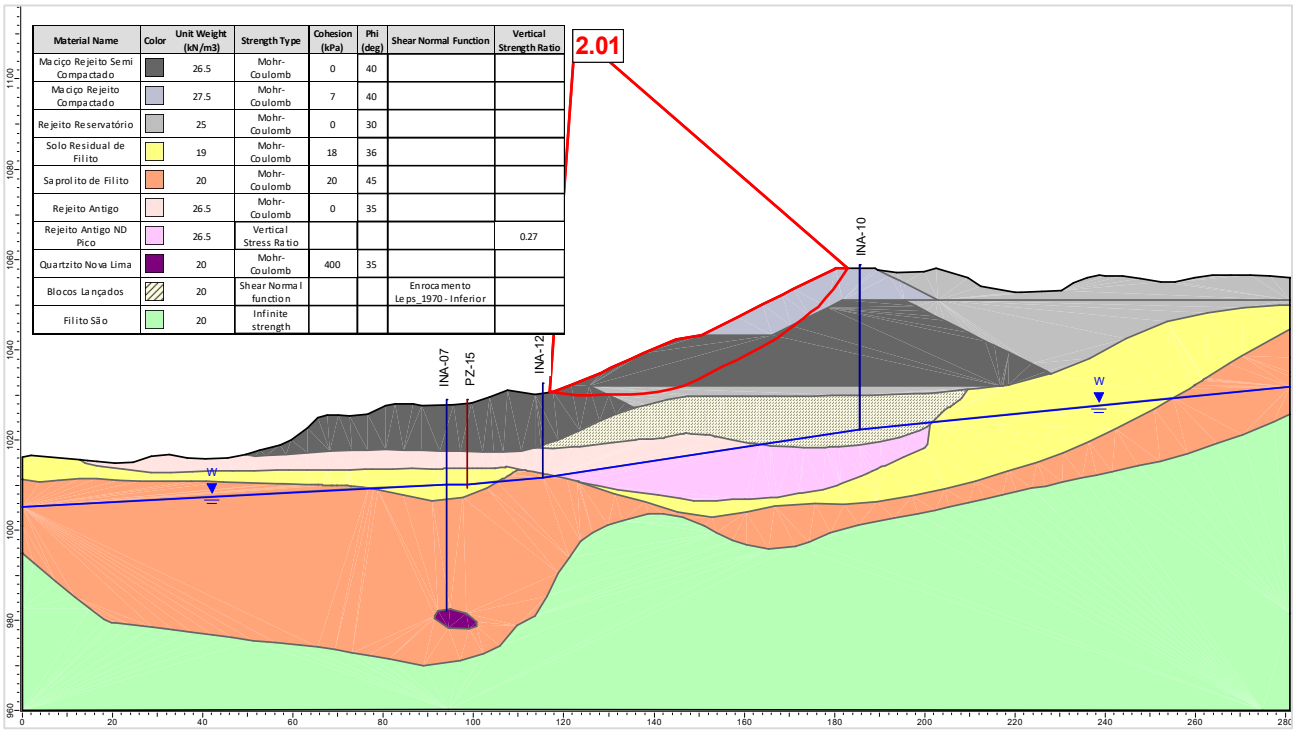


Figura 6.21 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023) – Razão de resistência não drenada de pico.

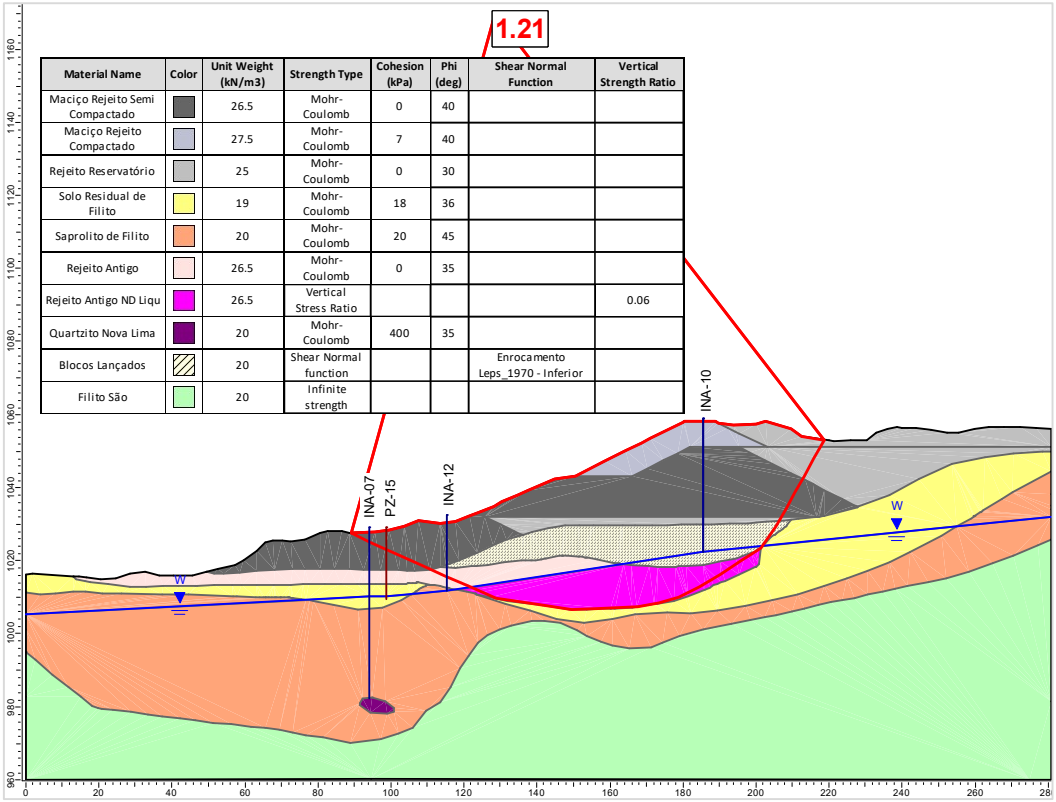


Figura 6.22 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023) – Razão de resistência não drenada liquefeito.

6.3 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

6.4 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B1 – Mina Ipê será fundamental para o início e para continuidade das obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação da profundidade e pressão da água no solo e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos dos taludes.

Parte da fundação da Barragem B1 – Mina Ipê é composta por rejeito antigo que foi caracterizado como material contrátil a partir da análise de ensaios CPTu realizados pela Pattrol na campanha 2020 – 2022. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Tendo em vista que, principalmente na seção de controle B-B', o rejeito na fundação da barragem apresenta espessura e extensão consideráveis, os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade para carregamento não drenado liquefeito são baixos e não atendem aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020. Por essa razão, o rebaixamento da superfície freática atuante na estrutura se constitui na principal premissa deste projeto para início das obras de descaracterização.

Também será realizado uma inspeção visual diária de rotina dos taludes escavados e naturais de forma a monitorar eventuais anomalias de deformação.

Caso o poço de rebaixamento implantado à jusante da barragem consiga influenciar na camada saturada do rejeito, é provável que o fator de segurança atinja o valor mínimo exigido pelo TR da FEAM antes do início das obras.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, considera-se que é possível dar início às obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê desde que sejam atendidas as seguintes condicionantes:

a) Análise de estabilidade atualizada que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles exigidos pela legislação vigente;
b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima diária;

c) Realização de análises de estabilidade semanal;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 02 (dois) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição anterior, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista que permita autorizar o retorno das atividades.

6.5 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura verificadas nas análises de estabilidade com carregamento não drenado e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e da empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório e fundações para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura deverá ser verificado diariamente durante o período de execução das obras. Já os instrumentos instalados especificamente para o monitoramento do lençol freático no rejeito antigo (INA-09 a INA-14, PZ-19 e PZ-20) deverão ser lidos em intervalos máximos de 04 (quatro) horas. Caso os instrumentos indiquem que a superfície freática se encontra abaixo do nível do rejeito antigo em todos os instrumentos, a obra poderá prosseguir normalmente. Caso contrário, a equipe da MMI ou outra equipe com profissionais qualificados deverá realizar uma análise de estabilidade para verificação do fator de segurança referente à freática medida.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B1 – Mina Ipê. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O fator de segurança avaliado com os dados atualizados da instrumentação não atender aos critérios mínimos descritos nesse projeto;
- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 02 (dois) sismógrafos instalados na barragem;
- A bomba de rebaixamento do lençol freático parar de operar por qualquer motivo;
- O profissional de campo identificar sinais/evidências de deformação nos taludes das ombreiras e áreas adjacentes;
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista.

6.6 Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 6.6 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.1 IDENTIFICAÇÃO	
VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: a) Memorial descritivo e desenhos das estruturas implantadas, removidas ou modificadas, ou informações equivalentes, bem como dispositivos de proteção ambiental;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: c) Descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: d) Descrição das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
III. No caso de remoção do maciço e do reservatório, apresentar as medidas adotadas para a execução deste procedimento e um quantitativo dos materiais retirados;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
IV. Apresentar as medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório, quando couber, bem como informar o seu nível no estágio atual das obras de descaracterização;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
VIII. Apresentar a análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções; • Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para corrigir as anomalias registradas durante as inspeções visuais, inclusive daquelas iniciadas em períodos anteriores ao do relatório apresentado até sua finalização.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	possível a disponibilização dessa informação.
1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: a) Informar ações executadas do programa de manejo do patrimônio espeleológico na área afetada pelas obras de descaracterização, quando couber;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: b) Informar as ações executadas ações de resgate da fauna e da flora na área afetadas, se couber;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: c) Deverão ser apresentadas as ações para controle de supressão vegetal e de processos erosivos na área afetada pelas obras de descaracterização, bem como os comprovantes de regularização ambiental da atividade;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: d) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para acompanhamento e controle dos índices de qualidade do ar na área afetada pelas obras de descaracterização;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: e) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para gestão de efluentes líquidos e resíduos sólidos na área afetada pelas obras de descaracterização.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
IV. Para obras em estágio de finalização, apresentar as medidas adotadas para o manejo e a proteção do solo, dos recursos hídricos, para garantir a estabilidade geotécnica da área descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.5 ASSINATURAS	
Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização da assinatura do responsável técnico pelo acompanhamento das obras.
1.6 ANEXO	
Apresentar as anotações de responsabilidade técnica – ART do projeto, do acompanhamento das obras e do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens no período avaliado.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização da ART do responsável técnico pelo acompanhamento das obras.

7. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:

Elias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

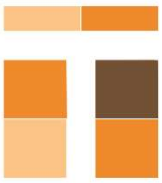
- Responsável técnico pela barragem:

Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

8. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



TERRACOTA
GEOTECNIA

Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232563883

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à MG20221553989

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1403750408**

Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **CCT000657**

Celebrado em: **17/07/2023**

Valor: **R$ 8.210,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Data de Início: **01/11/2023**

Previsão de término: **30/11/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1 - MINA IPÊ (IPE.OP.RL.8000.GT.20.785), REFERENTE AO TRIMESTRE AGOSTO A OUTUBRO DE 2023, EM ATENDIMENTO AO TERMO DE COMPROMISSO - TC (MPF, MPMG, SEMAD/FEAM, ANM)

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.11.28 20:20:27 -03'00'

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

BELO HORIZONTE, 28 de NOVEMBRO de 2023

Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232563883

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à
MG20221553989

10. Valor

Valor da ART: **R$ 96,62** Registrada em: **28/11/2023** Valor pago: **R$ 96,62** Nosso Número: **8602845762**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: bB0YC
Impresso em: 28/11/2023 às 20:14:39 por: , ip: 186.216.185.198

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231866125

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em:

Valor: **R$ 210.000,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381 , KM 520

Nº: **00**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Data de Início: **09/01/2023**

Previsão de término: **31/03/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **AMBIENTAL**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1 - MINA IPÊ.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- A Resolução n° 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.02.23 10:03:35 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Dados: 2023.02.24 08:31:37 -03'00'

BELO HORIZONTE 23 de FEVEREIRO de 2023

Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231866125

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

Valor da ART: **R$ 254,59** Registrada em: **23/02/2023** Valor pago: **R$ 254,59** Nosso Número: **8600951640**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: bABA5
Impresso em: 23/02/2023 às 09:58:57 por: , ip: 200.25.56.70

GEOPRIME ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA.

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
GEO-RE-MMI-120-01

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.752

RELATÓRIO TÉCNICO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DA DESCARACTERIZAÇÃO – BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00	01				Rev doc	00	01				Rev doc						Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X	X				26	X	X				51						76					
2	X	X				27	X	X				52						77					
3	X	X				28	X	X				53						78					
4	X	X				29	X	X				54						79					
5	X	X				30	X	X				55						80					
6	X	X				31	X	X				56						81					
7	X	X				32	X	X				57						82					
8	X	X				33	X	X				58						83					
9	X	X				34	X	X				59						84					
10	X	X				35	X	X				60						85					
11	X	X				36	X	X				61						86					
12	X	X				37	X	X				62						87					
13	X	X				38	X	X				63						88					
14	X	X				39	X	X				64						89					
15	X	X				40	X	X				65						90					
16	X	X				41	X	X				66						91					
17	X	X				42	X	X				67						92					
18	X	X				43						68						93					
19	X	X				44						69						94					
20	X	X				45						70						95					
21	X	X				46						71						96					
22	X	X				47						72						97					
23	X	X				48						73						98					
24	X	X				49						74						99					
25	X	X				50						75						100					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	PARA COMENTÁRIOS
01	I	APROVADO

TIPO DE EMISSÃO					
(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO			

	REV. 00	REV.01	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	28/07/2023	29/08/2023					
EXECUTADO	MMS	MMS					
VERIFICADO	JAP	JAP					
APROVADO	RPT/WPM	RPT/WPM					

SUMÁRIO

1. Introdução 3
2. Objetivos e escopo 4
3. Localização 4
4. Características de acordo com ANM-FEAM 5
5. Projeto de descaracterização 13
5.1 Concepção 13
5.2 Premissas geológico-geotécnicas 14
5.2.1 Sismicidade local 15
5.3 Alterações de projeto 17
5.4 Ações e obras preparatórias 20
5.4.1 Reforço estrutural 21
5.4.2 Instrumentação de monitoramento 26
5.4.3 Sistema de rebaixamento (poço de bombeamento) 28
5.5 Aspectos ambientais 33
5.5.1 Relatório de impactos ambientais, das obras de descaracterização da barragem B1 – Mina Ipê 33
5.5.2 Apresentação do estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização. 36
6. Considerações finais 37
7. Equipe Técnica 38
8. Anexos 39

1. Introdução

A Mineração Morro do Ipê (MMI) possui três barragens (ou estruturas de contenção de rejeitos de mineração) com alteamentos à montante que se encontram inativas e serão descaracterizadas nos próximos anos: i) B1 Ipê, na vertente Brumadinho; ii) B2 Tico-Tico, e iii) B1 Auxiliar, ambas na vertente Igarapé (Figura 1).

De acordo com o item 3.1 do Termo de Compromisso (TC) firmado com o Ministério Público (MP) do Estado de Minas Gerais, Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), "*...a Mineração Morro do Ipê tem o compromisso de apresentar relatórios técnicos trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização*". Embora dúbio, entende-se "andamento de obras", além do seu sentido literal, como o processo de preparação para a descaracterização *strictu sensu*, o que inclui quaisquer intervenções diretas e indiretas no barramento e estruturas relacionadas, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

Desta forma, o intuito deste relatório, elaborado em conjunto com a GEOPRIME ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, é de ser um descritivo das medidas executadas para a descaracterização da referida estrutura, no último trimestre (Maio 2023 – Julho 2023), e de acordo com o Termo de Referencia (TR), para acompanhamento do processo de descaracterização de barragens alteadas a montante, no estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

A empresa Terracota Geotecnia foi contratada, no segundo semestre de 2022, para a elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê, em substituição à anterior projetista contratada, DF+. O escopo do projeto foi definido de forma a atender aos requisitos mínimos estabelecidos no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM. Desta forma, o projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo e concluídos tempestivamente em fevereiro de 2023:

Marco 1: Relatório de consolidação de dados;
Marco 2: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
Marco 3: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos)

2. Objetivos e escopo

O presente relatório objetiva compilar e descrever as ações e etapas decorrentes dos projetos de descaracterização das barragens das vertentes Brumadinho (B1 Ipê – Mina Ipê), incluindo as atividades realizadas no trimestre maio-junho-julho de 2023, o percentual de avanço no processo de descaracterização e o cumprimento das ações previstas.

3. Localização

A Barragem B1 – Mina Ipê localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Brumadinho-MG, em torno das coordenadas UTM (SIRGAS2000) 572.390 E e 7.775.120 N, próximo do alto da Serra das Farofas. O acesso é realizado pelo trevo imediatamente após o km 520 da rodovia Fernão Dias (BR-381), margem direita no sentido sul (BH-SP). Na Figura 1 é apresentada a localização da barragem.



Figura 1. Localização das barragens i) B1 Ipê, na vertente Brumadinho; ii) B2 Tico-Tico, e iii) B1 Auxiliar, ambas na vertente Igarapé. Destaque na barragem B1 Ipê, na vertente Brumadinho, à oeste da BR-381 (canto direiro da imagem inferior). Coordenadas: E 572390m, N 7775118m. Datum Sirgas 2000.

4. Características de acordo com ANM-FEAM

As principais características registradas da Barragem B1 – Mina Ipê são apresentadas na Tabela 1 e seguintes subintens.

Tabela 1: Dados gerais da barragem B1 Ipê (Fontes: IPE.OP.RL.8000.GT.20.270 e IPE.OP.RL.8000.GT.20.083).

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B1 – Mina Ipê
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: - 20° 7'11.60" Longitude: - 44°18'26.89"
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	~1991
Ano de Início de Operação	~1991
Ano de Término de Operação	Sem previsão
Ano de Término de Descaracterização	2024 (previsão de projeto)
Situação (status) de operação atual da barragem	Inativa
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total (m³)	1.204.665 (*)
Volume do reservatório (m³)	943.579 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	786.359
Área do reservatório (m²)	51.226
Elevação mínima do coroamento (m)	1.057,83
Elevação do terreno natural no pé do barramento (m)	1.002,10
Altura atual da barragem (m)	55,0
Extensão do coroamento (m)	176,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, no mínimo 3,0
Inclinação geral do talude jusante	2,55H:1V (21,4º)
Alteamentos realizados e seus respectivos métodos empregados	1 alteamento a montante e 1 alteamento a jusante (**)
Nível d'água máximo maximorum (TR 1.000 anos) (m)	1.056,93
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.057,08
Borda livre mínima (TR 1.000 anos) (m)	0,90
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,75
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	4,77 (N.A. El. 1057,08 m)
Capacidade de Descarga do vertedouro (m³/s)	13,36 (N.A. El. 1057,83 m)
Área da bacia de contribuição (km²)	0,51
CURSO D'ÁGUA INTERCEPTADO	
(X) Sim ( ) Não	
( ) Total; (X) Parcialmente	
Nome: Córrego Pica-Pau	

(*) Volumes atualizados a partir das superfícies resultantes da nova interpretação geológica elaborada pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos hídricos e levantamento topográfico de novembro de 2021;

(**) O maciço do segundo alteamento foi construído no sentido para jusante, porém é uma ampliação do maciço do 1º alteamento que foi executado pelo método de montante.

RESUMO DA CLASSIFICAÇÃO	
i) Classificação de Categoria de Risco – CRI	Baixo
ii) Potencial de Dano Ambiental – PDA	Alto

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração, segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a Barragem B1 – Mina Ipê foi classificada, no âmbito da elaboração deste relatório, com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em Classe B, conforme demonstrado a seguir.

Quadro 1. Categoria de Risco da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.636 – RTESB, Março de 2023.

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	15
2	Estado de Conservação (EC)	2
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**17**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Quadro 2. Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.636 – RTESB, Março de 2023.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	1
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**19**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Quadro 3. Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.636 – RTESB, Março de 2023.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Quadro 4. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê. Características Técnicas (CT) - Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.636 – RTESB, Março de 2023.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	**50m< Comprimento <200m (1)**	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	200m≤ Comprimento ≤600m (2)	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 15				

Quadro 5. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê. Estado de Conservação (EC) - Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.636 – RTESB, Março de 2023.

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	**Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)**
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 2			

Quadro 6. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê. Plano de Segurança da Barragem – PS - Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.636 – RTESB, Março de 2023.

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 0				

Quadro 7. Matriz de Classificação Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.636 – RTESB, Março de 2023.

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	**BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)**
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO (Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
DPA = Σ (a até d) = 19			

I. Identificação do Empreendimento:

- Mina Ipê

  Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.
  CNPJ: 22.902.554/0001-17
  Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº

Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail: casaipe@ipemineração.com

- Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome: Cristiano Monteiro Parreiras
CPF: 030.102.416-23
Formação: Advogado
Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone: (31) 99194-8589
E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

II. Identificação do empreendedor e do representante legal para contato:

- Identificação do Empreendedor

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ: 22.902.554/0001-17
Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº
Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail: casaipe@ipemineração.com

- Identificação do Representante Legal do Empreendedor

Nome: Cristiano Monteiro Parreiras
CPF: 030.102.416-23
Formação: Advogado
Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone: (31) 99194-8589
E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

III. Identificação do responsável técnico pela barragem

- Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome: Welington Pereira Maximiano
Formação: Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional: 1411469151 (CREA-MG)
Cargo: Coordenador de Geotecnia
Telefone: (31) 3614-1840
E-mail: welington.maximiano@ipemineracao.com

IV. Identificação da equipe técnica responsável pelos projetos de descaracterização:

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil/Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Coordenador do Projeto
Registro Profissional: CREA-MG 1403750408
ART de Responsabilidade Técnica, emitida pelo coordenador do projeto: MG20231866125 (Apresentada no Anexo).

Nome: André Lins Machado Coelho
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos
Registro Nacional Profissional: CREA-MG 1404481770

Nome: Guilherme Pereira Pinto
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos
Registro Profissional: CREA-MG 2014352674

Nome: Mauro Verassani
Formação: Engenheiro Hidrólogo
Responsabilidade no Estudo: Estudos Hidráulicos
Registro Profissional: CREA-MG 1406671720

Nome: Guilherme de Freitas Roriz Lima
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Edição do Relatório
Registro Profissional: CREA-MG 1015708625

V. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.

Não Aplicável. A descaracterização encontra-se em fase de conclusão e aprovação de projeto.

Foi realizada a Obra de Reforço, contudo, como se tratava de uma condição que influenciava em instituir nível de emergência, a execução ficou a cargo da própria Mineração Morro do Ipê, para retomar as condições anteriores no menor prazo possível.

Está prevista, em breve, a emissão da ART do *as built* da Obra de Reforço, pela Terracota Geotecnia.

5. Projeto de descaracterização

5.1 Concepção

O projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê descreve **a remoção completa da estrutura** (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório), além da remoção do rejeito antigo identificado em sua fundação. A remoção dos materiais será feita a partir de métodos e equipamentos convencionais de escavação, com utilização de escavadeira e

caminhões para o transporte do rejeito escavado para as áreas de disposição disponíveis no empreendimento.

5.2 Premissas geológico-geotécnicas

As três seções de análise a serem utilizadas no projeto de descaracterização foram definidas no documento de consolidação de dados (IPE.OP.RL.8000.GT.20.557), bem como os parâmetros de resistência dos materiais constituintes dos modelos numéricos. Sendo assim:

- Entende-se que as investigações geológico geotécnicas de campo e laboratório são suficientes para desenvolvimento do projeto de descaracterização;
- Conforme Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela FEAM, independentemente da condição de estabilidade definida na etapa de diagnóstico, todos os projetos de descaracterização deverão considerar um fator de segurança maior ou igual a 1,3, para condições não drenadas de pico e 1,1 para a condição não drenada residual para o início das obras de descaracterização;
- Conforme diagnóstico realizado para a estrutura, na condição atual, após a execução do aterro de reforço, não se atinge os fatores de segurança maior ou igual para a condição não drenada residual. Desta forma, a fim de garantir os fatores de segurança requeridos no Termo de Referência, é premissa do projeto de descaracterização o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis, de modo que estes não trabalhem em condição saturada. Esta medida elimina a possiblidade de ocorrência de carregamentos não drenados, pois uma das condições para tal, é que os materiais classificados como contráteis estejam saturados;
- A fim de monitorar e controlar a eficácia do rebaixamento do nível d'água, abaixo de camada de materiais classificados como contráteis, foi realizada a instalação de novos instrumentos (indicadores de nível d'água) que deverão servir de referência para permitir o início e/ou acionar a paralisação das obras. Os novos instrumentos foram instalados nas seções de controle B-B' e C-C', nas quais há ocorrência do material denominado de "rejeito antigo" na fundação, tendo em vista que este material foi classificado como contrátil;
- Para monitoramento de deslocamentos, tanto da barragem quanto da encosta existente na ombreira direita, será utilizada instrumentação de controle, existente e a ser instalada, como prismas, estação robótica, radar de superfície etc.

5.2.1 Sismicidade local

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do peak ground acceleration (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento dinâmico (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 2 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada. Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 2 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo "Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment" publicado por (Barros et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 3).



Figura 2. Rede sismológica brasileira

Tabela 2. Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257)

Modelo	Valores máximos por período de retorno					Máximo absoluto
	500	1000	2500	5000	10000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	9.7%	9.5%	13.4%	16.0%	18.3%	18.3%
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

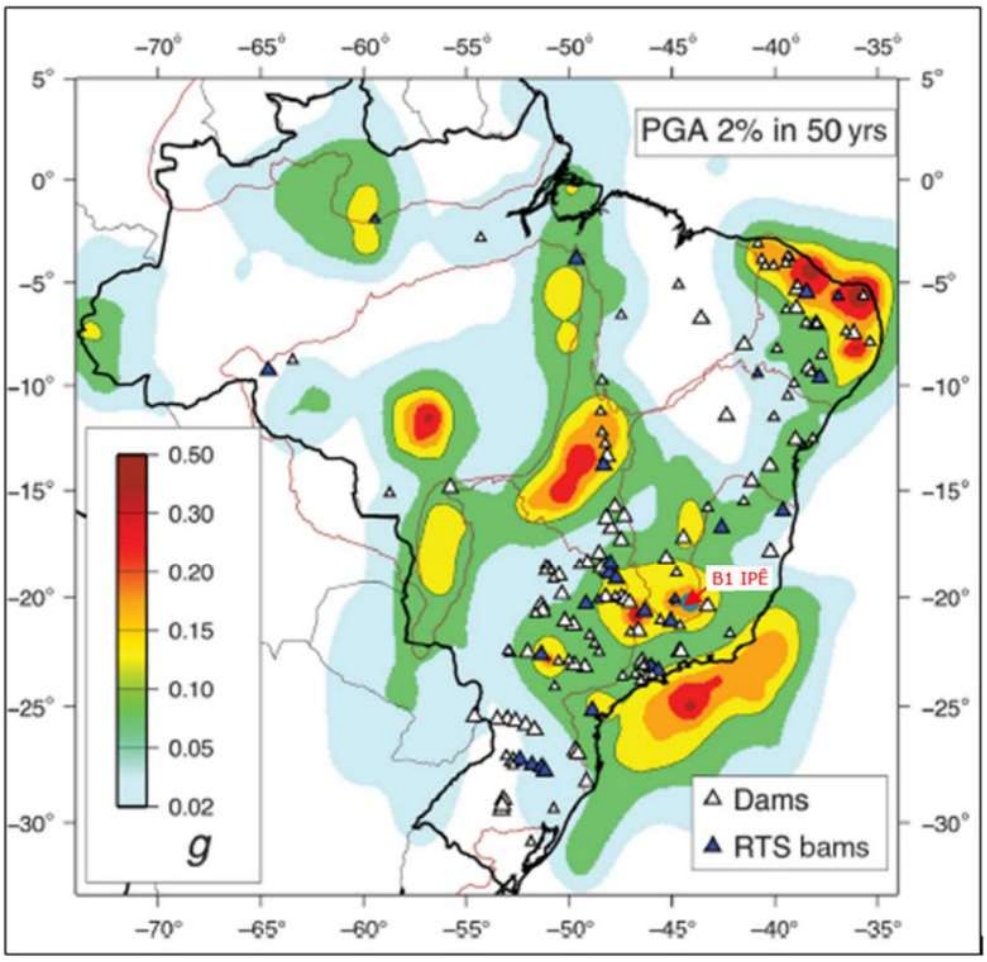


Figura 3. – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Barros Et al., 2018).

A localização da barragem no mapa de Barros et al. fornece valor de PGA igual a 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR. Para a componente vertical adotou-se um valor correspondente a 60% componente horizontal. Desta forma adotando-se um valor de ½ PGA, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,075g e uma componente vertical igual a 0,045g. A componente vertical deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

As considerações sobre carregamento sísmico na barragem serão apresentadas na revisão do projeto.

5.3 Alterações de projeto

O projeto executivo de descaracterização, estava sendo elaborado pela projetista DF+, passando, no segundo semestre de 2022 por mudança de projetista. Desta forma, os projetos foram reelaborados pela projetista Terracota Geotecnia, que detém significativo e diferenciado

conhecimento histórico das estruturas, sendo a responsável pelas auditorias e pelo contrato do Engenheiro de Registro (EdR) da Barragem B1 – Mina Ipê.

De acordo com o projeto anterior, as obras de descaracterização durariam entre 3 a 4 anos nas condições atuais. A Terracota, entretanto, propôe tanto a redução do tempo de obras para 2 a 3 anos, quanto sua antecipação atrelada ao rebaixamento do nível freático da estrutura. A proposta eleva os níveis de segurança e antecipa a redução dos riscos associados simplesmente ao menor tempo de existência da barragem da vertente Brumadinho.

Reitera que o projeto executivo foi concluído, tempestivamente, em 24/02/2023.

Embora o presente relatório pretenda descrever exclusivamente as atividades do trimestre maio a julho de 2023, deve-se enfatizar que a auditoria externa, realizada pela Tetratech, já solicitou alterações pertinentes relativas ao projeto, que devem ser contempladas em revisões subsequentes.

A atual revisão do projeto, pela Terracota Geotecnia, foi iniciada, neste último trimestre, devido à execução do aterro de reforço. Desta forma, são apresentados abaixo os seguintes itens pertinentes e que estão sendo também considerados nas revisões:

Riscos Sísmicos

As considerações de riscos sísmicos na barragem serão apresentadas na revisão do projeto em andamento no referido trimestre.

Protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras de descaracterização

Os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras de descaracterização, são exigidos para estruturas em nível de alerta de acordo com os critérios da FEAM/SEMAD, conforme Termo de Referência para Descaracterização. A Barragem B1 – Mina Ipê encontra-se com Declaração de Condição de Estabilidade garantida, devendo atender ao item 3.3.1 do referido TR.

Desta forma, na revisão do projeto, será apresentado um programa de monitoramente de rotina a ser obedecido durante as obras incluindo critérios de paralisação.

A obra deverá ser paralisada sempre que:

· O fator de segurança avaliado com os dados atualizados da instrumentação atualizados não atender aos critérios mínimos descritos nesse projeto;

· O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;

· Qualquer uma das bombas de rebaixamento do lençol freático parar de operar por quaisquer motivos;

· O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista.

Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para descaracterização da barragem.

Será apresentado o relatório as built do aterro de reforço, em elaboração neste trimestre pela projetista Terracota.

Cronograma da Descaracterização

O quadro 8, abaixo, apresenta o cenário cronológico protocolado, nos órgãos competentes, e previsto para a descaracterização da estrutura. Adicionalmente, a Mineração Morro do Ipê elabora e vem apresentando, nas reuniões planejadas com a TetraTech, a atualização, caso aplicável, de alterações no cronograma esperado. Os períodos de interrupção dos trabalhos, serão devidamente justificados, durante as obras de descaracterização.

Quadro 8 – Cenário cronológico da descaracterização após revisão pela MMI.

Cronograma de Descaracterização B1 - Mina Ipê						
Id	EDT	% concluída	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1	**1**	**100%**	**Entrega do Projeto Executivo**	**48 dias**	**Qua 21/12/22**	**Sex 24/02/23**
2	**2**	**0%**	**Aprovação do Projeto Executivo**	**60 dias**	**Seg 27/02/23**	**Qua 24/05/23**
3	**3**	**100%**	**Obra de Reforço**	**12 dias**	**Qui 16/02/23**	**Sex 03/03/23**
4	**4**	**0%**	**Obras de Descaracterização**	**829 dias**	**Qui 25/05/23**	**Qui 30/07/26**
5	**5**	**39%**	**Serviços Preliminares**	**178 dias**	**Qui 16/02/23**	**Seg 30/10/23**
6	5.1	0%	Locação e demarcação das obras de descaracterização	5 dias	Seg 29/05/23	Sex 02/06/23
7	5.2	100%	Instalação de poços de bombeamento para rebaixamento da superfície freática	10 dias	Seg 03/04/23	Seg 17/04/23
8	5.3	50%	Instalação dos novos instrumentos (8 instrumentos)	178 dias	Qui 16/02/23	Seg 30/10/23
9	5.4	0%	Rebaixamento da superfície freática até a elevação definida	60 dias	Qua 17/05/23	Qui 10/08/23
10	**6**	**0%**	**Fase 1 – Remoção parcial do rejeito do reservatório - Elevação 1053,00m**	**196 dias**	**Sex 11/08/23**	**Sex 10/05/24**
11	6.1	0%	Execução de sump, na porção de montante do reservatório (El. 1051,50m)	7 dias	Sex 11/08/23	Seg 21/08/23
12	6.2	0%	Remoção do rejeito direcionada no sentido de montante e platô final na El. 1053,00m	55 dias	Ter 22/08/23	Seg 06/11/23
13	6.3	0%	Aprofundamento do sump até a El. 1049,50m	7 dias	Ter 07/11/23	Qua 15/11/23
14	6.4	0%	Remoção do rejeito direcionada no sentido de montante e platô final na El. 1041,40m	25 dias	Seg 01/04/24	Sex 03/05/24
15	6.5	0%	Aprofundamento do sump até a El. 1041,40m	5 dias	Seg 06/05/24	Sex 10/05/24
16	**7**	**0%**	**Fase 2 – Primeiro rebaixamento do maciço - Elevação 1046,00m**	**98 dias**	**Seg 13/05/24**	**Qua 25/09/24**
17	7.1	0%	Demolição do emboque do canal extravasor existente	3 dias	Seg 13/05/24	Qua 15/05/24
18	7.2	0%	Demolição / retirada da descida d'água da ombreira direita	3 dias	Qui 16/05/24	Seg 20/05/24
19	7.3	0%	Demolição / retirada da instrumentação de controle instalada na crista	5 dias	Ter 21/05/24	Seg 27/05/24
20	7.4	0%	Escavação do maciço até El. 1.046,00 m	79 dias	Ter 28/05/24	Sex 13/09/24
21	7.5	0%	Construção de novo emboque para o sistema extravasor.	5 dias	Seg 16/09/24	Sex 20/09/24
22	7.6	0%	Reinstalação dos instrumentos de controle da saturação do rejeito retirados (INA-09 e INA-14)	3 dias	Seg 23/09/24	Qua 25/09/24
23	**8**	**0%**	**Fase 3 – Remoção do restante do rejeito do reservatório - Elevação 1040,00m**	**167 dias**	**Qui 26/09/24**	**Sex 16/05/25**
24	8.1	0%	Execução de sump, na porção de montante do reservatório (El. 1037,70m)	7 dias	Qui 26/09/24	Sex 04/10/24
25	8.2	0%	Remoção do rejeito em camada, com declividade direcionada a montante e platô (El. 1040,00m)	30 dias	Seg 07/10/24	Sex 15/11/24
26	8.3	0%	Aprofundamento do sump existente em 2,0 m, até a elevação 1035,70m	5 dias	Ter 01/04/25	Seg 07/04/25
27	8.4	0%	Remoção em camada até o esgotamento do rejeito fora da projeção do 1° alteamento	29 dias	Ter 08/04/25	Sex 16/05/25
28	**9**	**0%**	**Fase 4 – Remoção do maciço do 1º alteamento**	**96 dias**	**Seg 19/05/25**	**Seg 29/09/25**
29	9.1	0%	Demolição do emboque do canal extravasor existente	5 dias	Seg 19/05/25	Sex 23/05/25
30	9.2	0%	Demolição/ retirada da descida d'água e canaletas existentes na berma El. 1.041,0m	5 dias	Seg 26/05/25	Sex 30/05/25

Cronograma de Descaracterização B1 - Mina Ipê						
Id	EDT	% concluída	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
31	9.3	0%	Demolição/ retirada da instrumentação na crista da barragem e na berma El. 1.041,00m	5 dias	Seg 02/06/25	Sex 06/06/25
32	9.4	0%	Remoção do maciço do 1º alteamento	76 dias	Seg 09/06/25	Seg 22/09/25
33	9.5	0%	Instalação de bueiro conectado à bacia de dissipação do sistema extravasor antigo	5 dias	Ter 23/09/25	Seg 29/09/25
34	**10**	**0%**	**Fase 5 - Remoção do restante dos rejeitos - Elevação 1027,90m**	**218 dias**	**Ter 30/09/25**	**Qui 30/07/26**
35	10.1	0%	Remoção do rejeito em camada, com declividade direcionada a montante e platô (El. 1027,90m)	34 dias	Ter 30/09/25	Sex 14/11/25
36	10.2	0%	Remoção do rejeito em camada, com declividade direcionada a montante e platô (El. 1014,20m)	35 dias	Qua 01/04/26	Ter 19/05/26
37	10.3	0%	Prosseguir com a escavação dos rejeitos com declividade de 3,0% para jusante, até El. 1.004,30m	35 dias	Qua 20/05/26	Ter 07/07/26
38	10.4	0%	Construção de sump na região de jusante para clarificação da água de chuva	9 dias	Qua 08/07/26	Seg 20/07/26
39	10.5	0%	Revestimento do talvegue e do sump com enrocamento de diâmetro > 40 cm	4 dias	Ter 21/07/26	Sex 24/07/26
40	10.6	0%	Proteção do restante da área do reservatório escavado a partir do plantio de vegetação	4 dias	Seg 27/07/26	Qui 30/07/26

5.4 Ações e obras preparatórias

Dentre as ações preparatórias para a descaracterização destacam-se: o reforço estrutural em enrocamento; a implantação da instrumentação complementar (Item 5.3 do cronograma do Quadro 8) e; a perfuração do sistema de bombeamento externo (Item 5.2 do cronograma do Quadro 8). Tais ações serão descritas nos intens subsequentes.

5.4.1 Reforço estrutural

Não há como dissociar a descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê com a dinâmica das análises de estabilidade materializadas nas auditorias quinzenais e semestrais da estrutura. Sendo assim, a entrada (e saída) do Nível de Emergência 1 ocorrida entre a 2ª quinzena de fevereiro e a 1ª quinzena de março de 2023 (Figura 4) devem ser destacadas nos relatórios trimestrais de obras de descaracterização, bem como incluídas nas revisões posteriores dos projetos executivos.

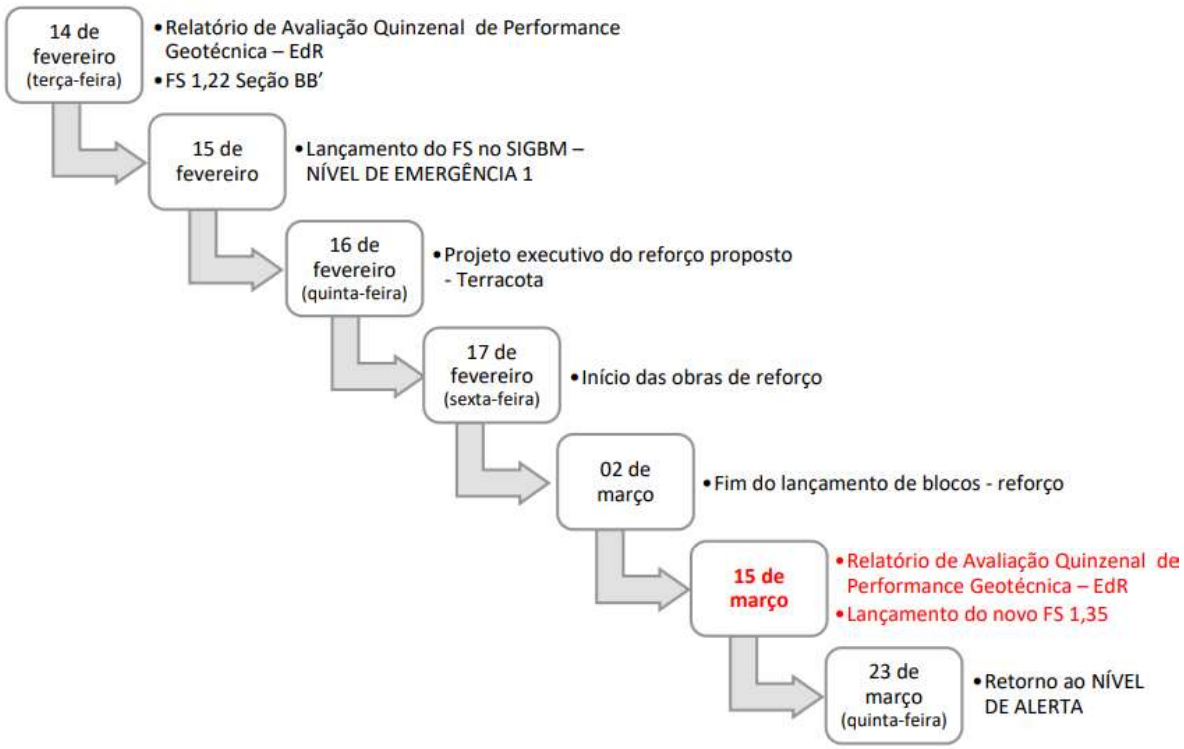


Figura 4. Fluxograma em linha do tempo do processo de detecção dos FS's abixo da norma e retorno para o nível de Alerta da barragem B1 Ipê após implantação de reforço.

Sendo assim, como ação imediata após o recebimento do Relatório de Avaliação Quinzenal de Performance Geotécnica da Estrutura – 1ª Quinzena de Fevereiro de 2023 e entrada em Nível 1 de Emergência, foi elaborado um projeto executivo de reforço para retomada dos Fatores de Segurança mínimos. Assim, em 15 de fevereiro, a Terracota propôs uma estrutura de material pétreo que garantisse a inércia da estrutura através do incremento de força peso ao pé da barragem.

A concepção do reforço da Barragem B1 – Mina Ipê foi desenvolvida para construção em etapa única, a partir do lançamento contínuo e gradual de enrocamento de gnaisse. O projeto abriu a possibilidade de execução da estrutura em itabirito compacto (IC) com diâmetro médio de 30cm,

entretanto, a necessidade na brevidade de sua execução inviabilizou a alternativa. O arranjo geral está apresentado na Figura 5 e suas seções alongada e transversal são materializadas nas Figura 6 e Figura 7, respectivamente. O volume de enrocamento de blocos foi de 36.978 m³.

O reforço foi planejado para ser construído em cerca de 30 dias. Entretanto, as obras foram concluídas antecipadamente, cerca de dez dias antes, em 04 de março (Figura 10). A antecipação foi possível tanto pela eficiência da equipe de operação de mina, quanto:

- Pelas condições climáticas favoráveis;
- Pela baixa DMT;
- Pela disponibilidade irrestrita de insumos (equipamentos e pedra-de-mão);
- Pela simplicidade e praticidade conceitual e executiva da obra.

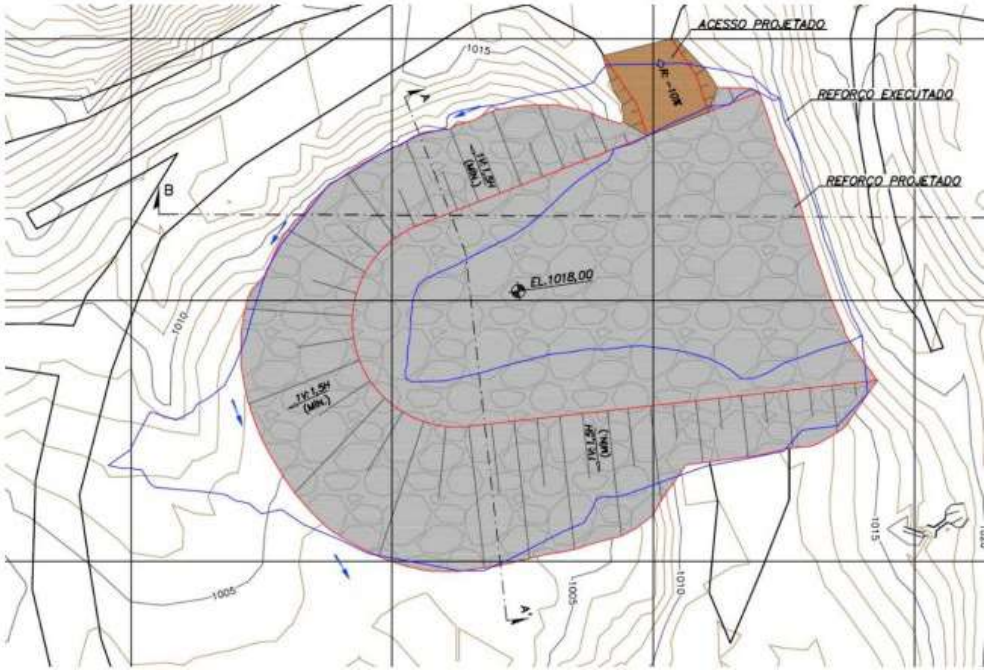


Figura 5. Levantamento topográfico final ilustrando o comparativo dos offsets executado (azul) e projetado (vermelho).

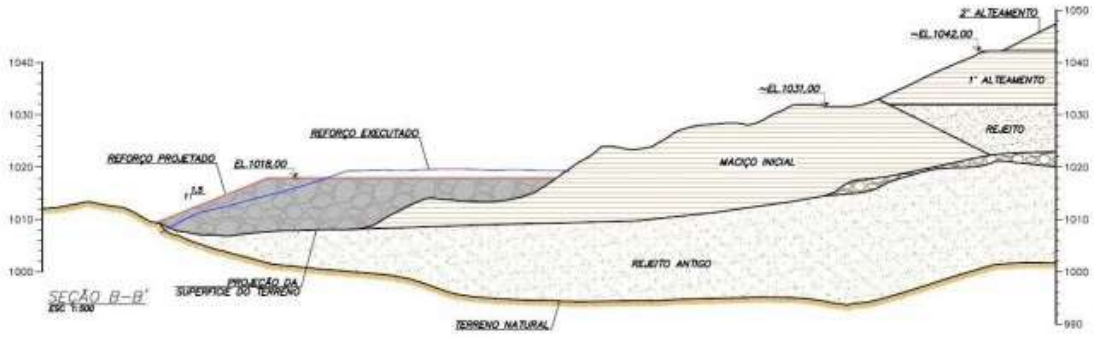


Figura 6. Seção topográfico final ilustrando o comparativo dos offsets executado (azul) e projetado (vermelho).

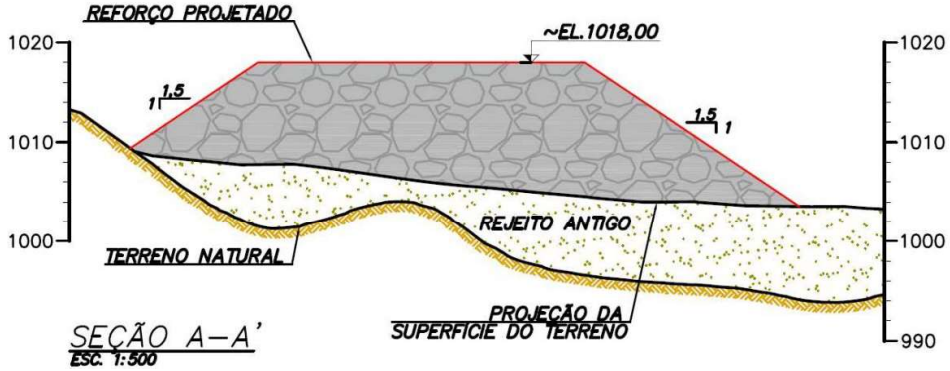


Figura 7. Ampliação do reforço – Seção A-A'

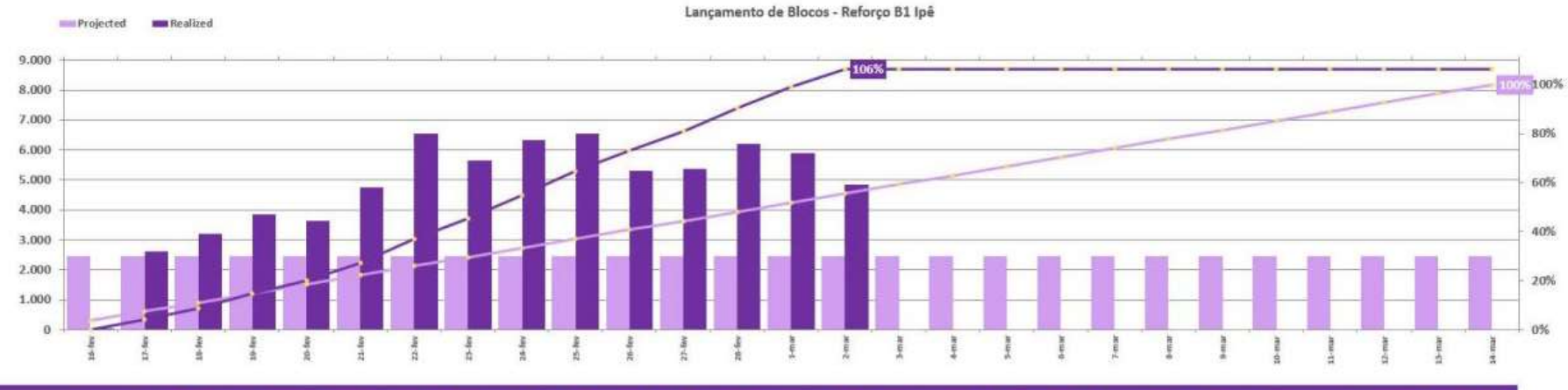
As imagens da Figura 8 e Figura 9 ilustram o reforço em campo após conclusão em 4 de março de 2023.



Figura 8. Reforço concluído.



Figura 9. Imagem de drone do reforço concluído.



			16-fev	17-fev	18-fev	19-fev	20-fev	21-fev	22-fev	23-fev	24-fev	25-fev	26-fev	27-fev	28-fev	1-mar	2-mar	3-mar	4-mar	5-mar	6-mar	7-mar	8-mar	9-mar	10-mar	11-mar	12-mar	13-mar	14-mar
66.560	Projected		2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465
			2.465	4.930	7.396	9.861	12.326	14.791	17.256	19.721	22.187	24.652	27.117	29.582	32.047	34.513	36.978	39.443	41.908	44.373	46.839	49.304	51.769	54.234	56.699	59.164	61.630	64.095	66.560
	Proj. Acc		4%	7%	11%	15%	19%	22%	26%	30%	33%	37%	41%	44%	48%	52%	56%	59%	63%	67%	70%	74%	78%	81%	85%	89%	93%	96%	100%
	Realized	F2M	34	2624	3212	3842	3652	4757	4719	4858	5896	6543	5304	4375	4251	5060	4841													
		ML							1816	780	448			1006	1941	850														
70.807			34	2.624	3.212	3.842	3.652	4.757	6.535	5.638	6.344	6.543	5.304	5.381	6.192	5.910	4.841													
			34	2.657	5.869	9.711	13.363	18.120	24.655	30.292	36.636	43.179	48.483	53.864	60.056	65.966	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807
	Real. Acc		0%	4%	9%	15%	20%	27%	37%	46%	55%	65%	73%	81%	90%	99%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%
	Real. Dia		1%	106%	130%	156%	148%	193%	265%	229%	257%	265%	215%	218%	251%	240%	196%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Figura 10. Curva S de execução do reforço da barragem B1 Ipê.

5.4.2 Instrumentação de monitoramento

Para avaliar a performance geotécnica da Barragem B1 – Mina Ipê, de propriedade da Mineração Morro do Ipê foi realizada inspeção de campo no dia 31/07/2023 pelos engenheiros Elias Cota e Guilherme Lima, da TERRACOTA, acompanhados por Christiano Araújo e Warley Silva, da MMI.

Adicionalmente à inspeção de campo, foram avaliados os dados de monitoramento geotécnico e realizadas análises de estabilidade da barragem com informações coletadas na 2ª quinzena de julho de 2023.

O maciço e fundações da Barragem B1 – Mina Ipê são monitorados atualmente através de 15 (quinze) indicadores de nível d'água, 8 (oito) piezômetros de tubo aberto e 10 (dez) piezômetros automatizados (Figura 11).

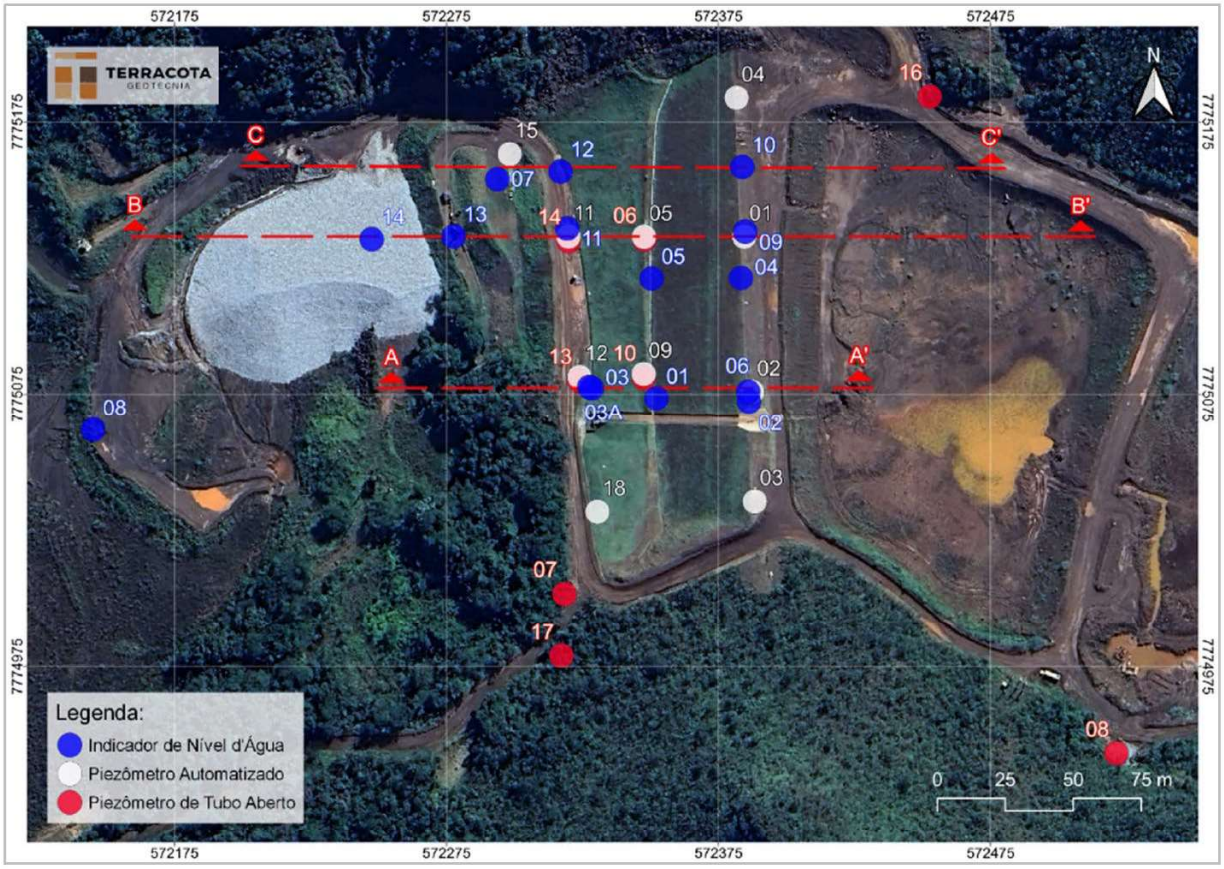


Figura 11. Instrumentação de controle para monitoramento. Fonte: Documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.727.

Os deslocamentos em superfície são monitorados através de 4 (quatro) marcos superficiais e 30 (trinta) prismas com leitura automatizada a partir de estação robótica para controle de deformação. A seguir é apresentada a localização dos marcos superficiais, sismógrafos e indicador de vazão (Figura 12).

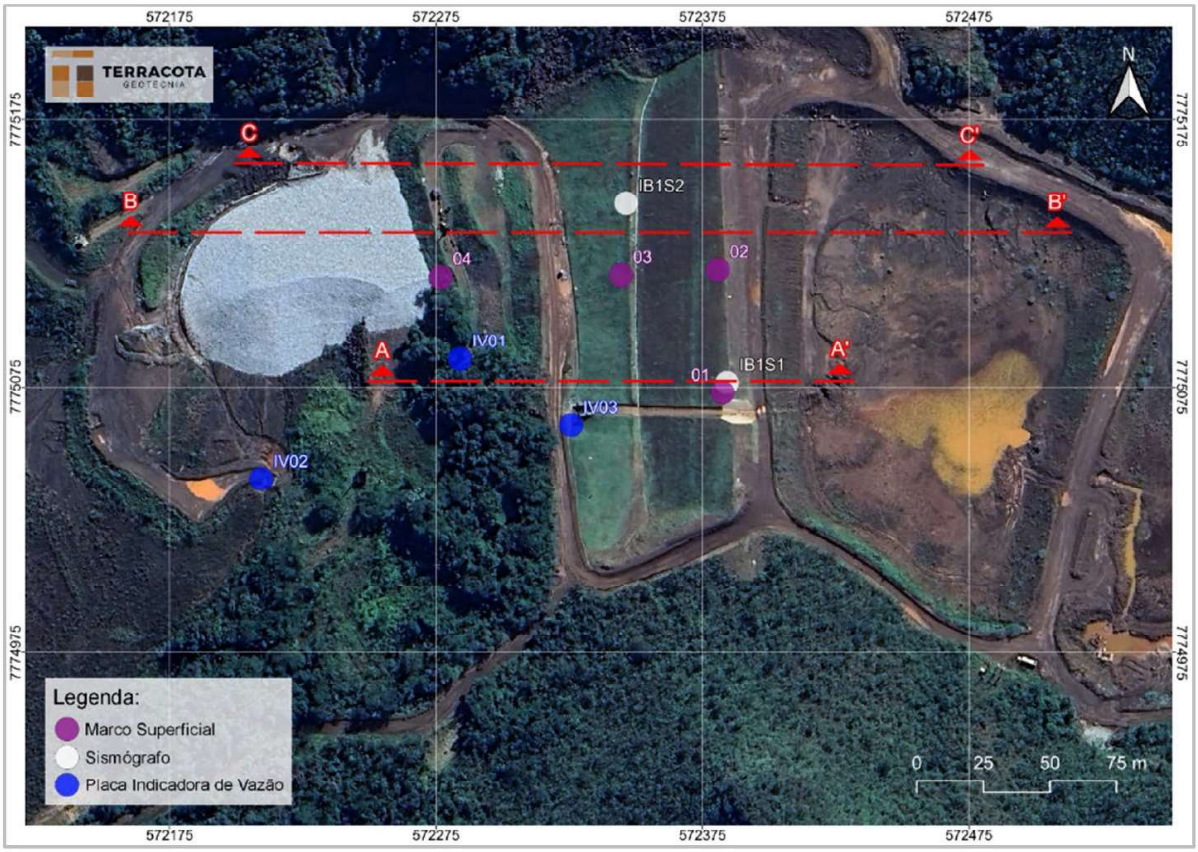


Figura 12. Instrumentação de controle para monitoramento. Fonte: Documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.727.

As análises de estabilidade, realizadas no período, apresentaram fatores de segurança superiores aos mínimos definidos por norma. Os instrumentos instalados na estrutura apresentaram, em geral, rebaixamento nas leituras na segunda quinzena de julho.

Para o projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê (IPE.OP.RL.8000.GT.20.560), foi prevista a instalação de 08 (oito) novos indicadores de nível d'água, dos quais 6 (seis) já foram concluídos (INA's 09 a 14). Os outros 2 (dois) instrumentos remanescentes, locados na berma elev. 1.041 m, não foram instalados devido à dificuldade de mobilizar o equipamento até o ponto de instalação. Assim, ficou definido entre a Terracota e a MMI aguardar o início do funcionamento do poço de rebaixamento de forma a avaliar a real necessidade de implantação desses dois instrumentos.

5.4.3 Sistema de rebaixamento (poço de bombeamento)

Tal como a instrumentação complementar, a perfuração do poço de rebaixamento programado na ombreira direita (jusante) foi iniciada, e sua conclusão se deu em 17 de abril de 2023 (Figura 13). A MASTER POÇOS ARTESIANOS concluiu a perfuração e ainda não finalizou os testes de desenvolvimento do poço, visto dificuldades na aquisição de bombas específicas.

Ou seja, o poço de rebaixamento previsto no projeto já foi concluído, em fase de teste, durante o trimestre maio/junho/julho, faltando ainda a implantação da infraestrutura do sistema de bombeamento.

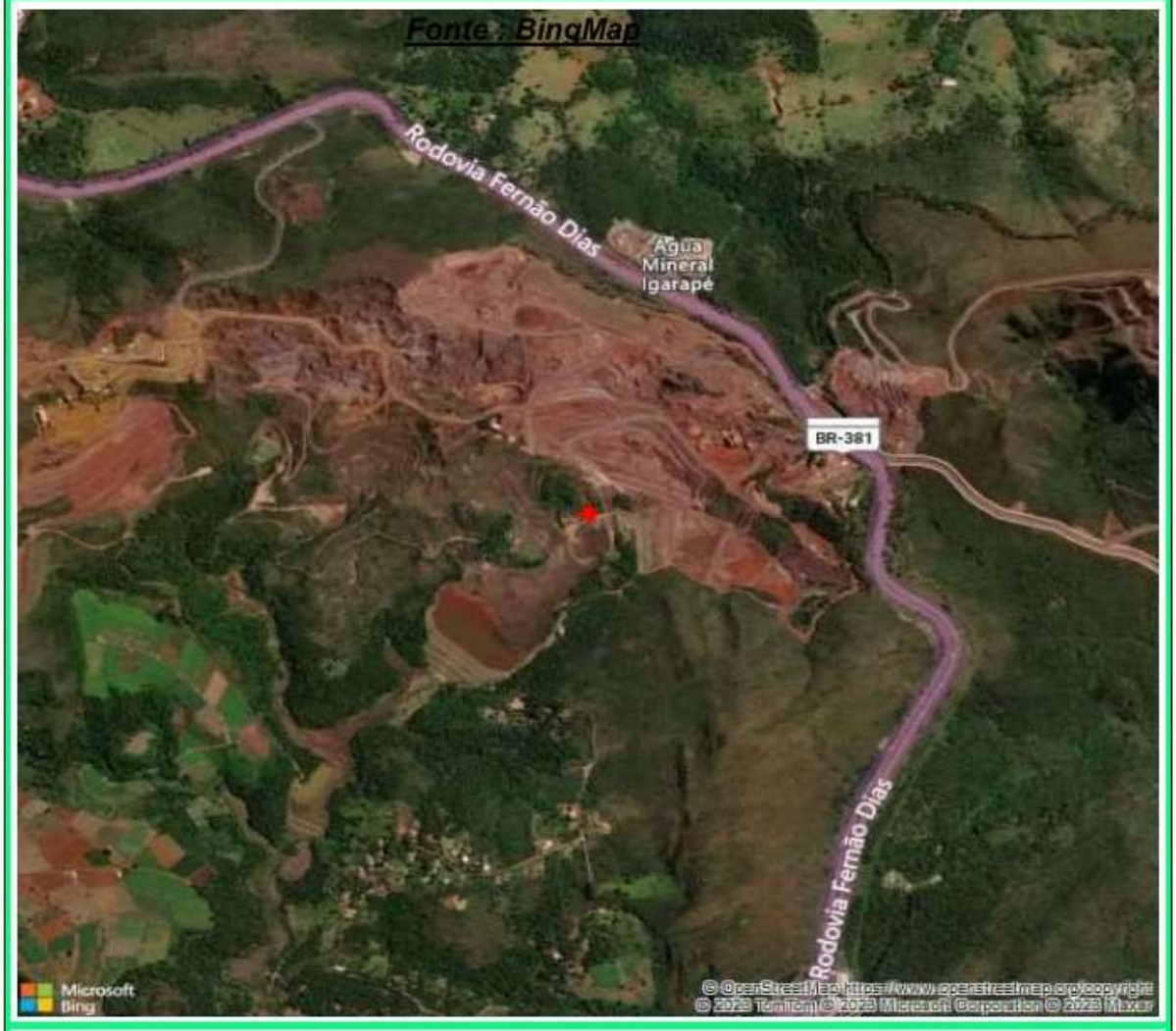
Foi mantido, neste documento, o relatório construtivo, a seguir, já apresentado no trimestre anterior e que descreve as particularidades de perfuração, geologia e perfil de poço.



Figura 13. Boca do poço com tubulão de aço carbono 10 pol. e revestimento interno de 6pol. Verificado artesianismo local, materializando superfície potenciométrica acima da topografia.

MASTER POÇOS ARTESIANOS

Município :	Igarapé - MG			***Latitude :***	20°07'09.49" S ***ID :*** 57982
Localidade :	Mineração Morro do Ipê			***Longitude :***	44°18'33.57" W ***Código :*** PT23-101
Data Início:	11/04/2023	***Data final:***	17/04/2023	***T. Bombeamento :***	
Prof. Final (m):	176	***N. E.(m) :***		***N. D.(m) :***	***Q(m³/h) :*** 0 ***T. B. (h) :***
Emp. Loc. :				***Técnico Locação :***	Geól. Ygor Grisante F. Ribeiro
Emp. Perf.:	Master Poços Artesianos			***Técnico Perfuração :***	Geól. Ygor Grisante F. Ribeiro
Perfuratriz :	Prominas R1			***Sondador :***	Rafael Antônio de Araújo
Método :	Roto Pneumático			***Aquífero:***	Fissural
Desenvolvimento :	Compressor 1200-330 / 24			**Cliente / Prop.:**	Mineração Morro do Ipê



DATUM :	SIRGAS 2000	***UTM - N :***	7775166,9
ZONA :	23 K	***UTM - E :***	572194,9

Poços Tubulares Express - Software Gratuito - www.ptubexpress.com.br

MASTER POÇOS ARTESIANOS

Município : Igarapé - MG ***Latitude :*** 20°07'09.49" S ***ID :*** 57982

Localidade : Mineração Morro do Ipê ***Longitude :*** 44°18'33.57" W ***Código :*** PT23-101



Mapa CPRM - Folha(s) - SF23_RiodeJaneiro ;SE23_BeloHorizonte

Quilômetros 0 10 20 30

- *A3d - Complexo Divinópolis*
- *A4rr - Nova Lima, associação resedimenta*
- *A3ru - Nova Lima, associação vulcânica m*
- *A3bh - Belo Horizonte*
- *PP2ms - Sabará*
- *PP1mp - Piracicaba*
- *PP1mig - Gandarela*
- *ENj - Juatuba*
- *Q2a - Depósitos aluvionares*
- *PP1mic - Cauê*
- *A4_gamma_3no - Souza Noschese*
- *NQca - Depósitos colúvio-aluviais*
- *PR_delta - Roche*

AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA:

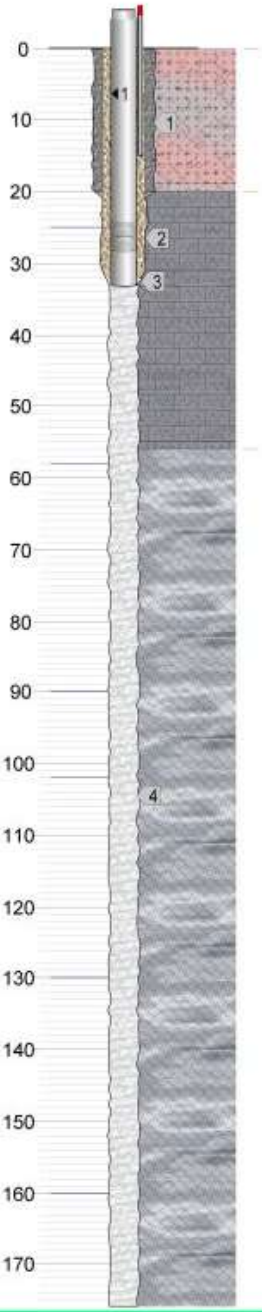
Ainda será executado ensaio de vazão e recuperação.

Poços Tubulares Express - Software Gratuito - www.ptubexpress.com.br

MASTER POÇOS ARTESIANOS

Município: Igarapé - MG ***Latitude:*** 20°07'09.49" S ***ID:*** 57982

Localidade: Mineração Morro do Ipê ***Longitude:*** 44°18'33.57" W ***Código:*** PT23-101



de 0,00 ate 20,00 - Rochas ferruginosas intemperizadas e decompostas com argilas de coloração cinza a avermelhado,

de 20,00 ate 56,00 - Itabirito são de colororação preto a marrom escuro, fragmentação angulosa de tamanho pequeno a médio

de 56,00 ate 176,00 - Rocha sã metapelítica (filito) de coloração cinza, fragmentação fina

1 14"
2 10"
3 8"
4 6 1/8"
1 - 6"

Pré-Filtro
Cimentação
Filtro
Entrada de Água
Rec de Pré-Filtros

Medidor de Nível

Poços Tubulares Express - Software Gratuito - www.ptubexpress.com.br

MASTER POÇOS ARTESIANOS

Município : Igarapé - MG **ID :** 57982

Localidade : Mineração Morro do Ipê **Código :** PT23-101

TAB. DE PERFURAÇÃO		
Ø (pol)	De	Até
14"	0,00	21,00
10"	21,00	32,00
8"	32,00	33,00
6 1/8"	33,00	176,00

ENTRADA DE ÁGUA								
N	Prof*	Q*	N	Prof*	Q*	N	Prof*	Q*
1	25,0		5	130,0				
2	58,0		6	160,0				
3	90,0							
4	102,0							

TUBULÃO			
Ø (pol)	De	Até	Material
10"	0,00	21,00	Aço Carbono

TABELA DE REVESTIMENTO			
Ø (pol)	De	Até	Material
6"	0,00	33,00	Aço carbono

TOTAL - DIAMETRO DE 6" : 33,00 - 4,00 (Filtros) = 29,00 m

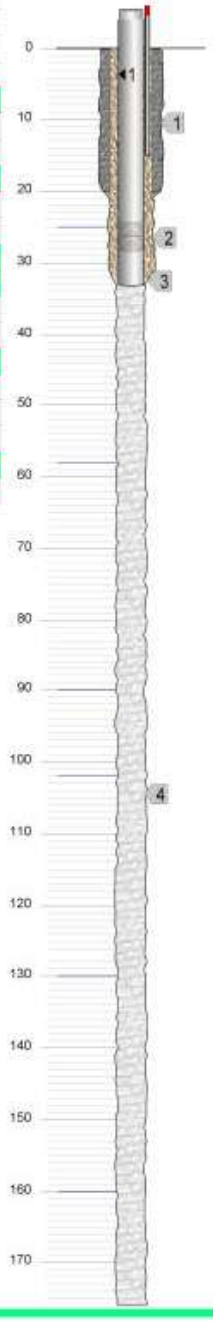
BOCA DO POÇO			
Ø (pol)	Comp.(m)	Cota(m)	Material
6"	0,50	1019	Dim 2440

TABELA DE FILTROS			
Ø (pol)	De	Até	Material
6"	24,00	26,00	Nold galvanizado - Slot 20
6"	26,00	28,00	Nold galvanizado - Slot 20

TOTAL - DIAMETRO DE 6" - 4,00 m

TOTAL FILTROS = 4,00 m





1 14" Pré-Filtro Medidor de Nível
2 10" Cimentação
3 8" Filtro
4 6 1/8" Entrada de Água
1 - 6" Rec de Pré-Filtros

Poços Tubulares Express - Software Gratuito - www.ptubexpress.com.br

Destaca, adicionalmente, que foram premissas de projeto:

1) poço de rebaixamento operante e nível d'água abaixo dos materiais contráteis da fundação como premissa para início das obras de descaracterização;

2) previsão da construção de sumps na área do próprio reservatório para onde serão direcionados todos os fluxos que incidam na área. As águas serão bombeadas para a planta ou meio ambiente conforme demanda. Os sumps tem caratér provisório pois são deslocados à medida que se avançam as escavações dos rejeitos.

5.5 Aspectos ambientais

5.5.1 Relatório de impactos ambientais, das obras de descaracterização da barragem B1 – Mina Ipê

O projeto de descaracterização foi finalizado em 24/02/2023 e o cenário cronológico da descaracterização é apresentado no item 5.3, acima.

Reitera que o relatório de impactos ambientais, das obras de descaracterização da barragem B1 – Mina Ipê, contemplando as ações e programas para controlar, mitigar e recuperar as áreas impactadas (Documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.572), elaborado pela Geoprime Engenharia e Meio Ambiente em 25/05/23, foi protocolado tempestivamente, junto ao processo 2090.01.0001293/2022-80 (Documento SEI 66662221), em atendimento ao Ofício FEAM/NUBAR nº. 119/2023 (que prorrogou o prazo para que a Morro do Ipê atendesse o item 5 do TC de Descaracterização de Barragens, sobre a apresentação dos estudos adicionais de avaliação de impactos socioambientais referentes ao projeto de descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê.

O relatório de impactos ambientais, das obras de descaracterização da barragem B1 – Mina Ipê, será também continuamente atualizado no decorrer da descaracterização desta estrutura. – Mina Ipê), a partir do início das obras.

Inicialmente foram levantados os aspectos ambientais, considerando as principais atividades com potencial poluidor:

Limpeza e Supressão vegetal; Obras de corte e aterro (retaludamentos); Adequação da drenagem superficial (alteração na dinâmica hídrica); Abertura e/ou adequação de acessos; Remoção de interferências (demolições); Escavação do reservatório e barramento;

Carregamento e transporte interno dos materiais escavados; Adequação do sistema extravasor concomitante a escavação.

Para subsidiar a identificação dos possíveis impactos foi elaborada uma Matriz de Impactos (Matriz), a partir das informações apresentadas anteriormente, as atividades potencialmente geradoras de aspectos ambientais, de forma a possibilitar a previsão dos impactos ambientais. Essa matriz serviu de base para a discussão dos impactos pelos especialistas envolvidos no estudo.

A partir da matriz e do conhecimento adquirido nos diagnósticos, os impactos foram identificados. Foram realizadas reuniões com os especialistas para discutir o encadeamento lógico entre os impactos diretos e indiretos de cada tema e subsidiar a avaliação, com as seguintes definições:

· Atividades potencialmente geradoras dos aspectos - descrição sintética e objetiva das atividades inerentes ao planejamento, implantação e operação do empreendimento que poderão gerar os aspectos e consequentemente os impactos ambientais;

· Aspecto Ambiental – "Elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente" (NBR ISO 14.001);

· Impacto Ambiental - "Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente, afetem: a) saúde, segurança e bem-estar da população; b) as atividades sociais e econômicas; c) a biota; d) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; d) a qualidade dos recursos ambientais. " (Resolução CONAMA no 001/86).

São apresentados, a seguir, os impactos ambientais negativos, oriundos dos aspectos ambientais relacionados às principais atividades previstas, e suas respectivas medidas de controle, como também os aspectos e impactos ambientais positivos e medidas de potencialização:

Quadro 9 – Impactos ambientais negativos, oriundos dos aspectos ambientais relacionados às principais atividades previstas, e suas respectivas medidas de controle.

Ações	Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais Negativos	Medidas de Controle
Limpeza e Supressão de Vegetação	1. Remoção de vegetação nativa para realização de obras.	1. Perda de biodiversidade; 2. Perda de microclima.	1. Programa de acompanhamento de supressão; 2. Eventual afugentamento/Resgate de Fauna e Flora; 3. Medidas compensatórias da supressão a serem definidas pela FEAM.
Supressão de Cavidade	1. Remoção de cavidade para realização de obras.	1. Perda de patrimônio espeleológico; 2. Perda de habitat para a fauna nativa.	1. Não há, pois a cavidade será suprimida em caráter irreversível. 2. Eventual afugentamento/Resgate de Fauna e Flora.

Ações	Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais Negativos	Medidas de Controle
Limpeza de Camada Superficial	1. Emissão de particulados para a atmosfera; 2. Emissão de ruídos; 3. Alteração da dinâmica de drenagem de águas pluviais no local; 4. Emissão de gases poluentes; 5. Geração de escoamento superficial com sedimentos.	1. Poluição atmosférica; 2. Poluição sonora; 3. Erosão e Assoreamento; 4. Alteração de habitat para a fauna; 5. Alteração da qualidade das águas superficiais.	1. Umectação das vias com a utilização de polímero; 2. Operação do reforço só será no período diurno; 3. Plano de Comunicação; 4. Revegetação; 5. Idade da frota e manutenções preventivas em dia.
Obras Civis	1. Emissão de particulados; 2. Emissão de ruídos; 3. Alteração da dinâmica de drenagem de águas pluviais no local; 4. Emissão de gases poluentes; 5. Geração de escoamento superficial com sedimentos; 6. Risco potencial de danos à barragem.	1. Poluição atmosférica; 2. Poluição sonora; 3. Prejuízos à Estrutura Urbana e Enchentes nas Comunidades Adjacentes; 4. Erosão e Assoreamento; 5. Alteração da qualidade das águas superficiais; 6. Acidentes Ambientais com diversos outros impactos ambientais decorrentes.	1. Umectação das vias com a utilização de polímero; 2. Operação do reforço só será no período diurno; 3. Plano de Comunicação; 4. Revegetação; 5. Idade da frota e manutenções preventivas em dia; 6. Elementos e estruturas de drenagem adequadas; 7. Contínuo monitoramento geotécnico.

Ações	Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais Negativos	Medidas de Controle
Geração, Carregamento e Transporte Internode Resíduos	1. Emissão de particulados; 2. Emissão de gases poluentes.	1. Poluição atmosférica.	1. Umectação das vias com a utilização de polímero; 2. Umectação das vias com a utilização de polímero.
Sistemas de Drenagem	1. Alteração da dinâmica de drenagem de águas pluviais no local; 2. Redução da qualidade da água superficial.	1. Erosão, Assoreamento; 2. Alteração de habitat para a fauna; 3. Alteração da qualidade das águas superficiais.	1. Elementos e estruturas de drenagem adequadas.
Sistema de bombeamento de água do lençol freático	1. Rebaixamento do lençol freático; 2. Acesso ao aquífero.	1. Redução da disponibilidade de água subterrânea para outras finalidades; 2. Potencial de redução da qualidade da água subterrânea.	1. Manter os poços em condições de manutenção e operação se forem mantidos; 2. Tamponar adequadamente os poços se não foram mantidos.

Quadro 10 – Aspectos e Impactos Ambientais Positivos e Medidas de Potencialização.

Ações	Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais Positivos	Medidas de Potencialização
Descaracterização da Barragem	1. Estabilidade física da área; 2. Eliminação do risco de rompimento; 3. Eliminação da paisagem do barramento; 4. Revegetação.	1. Maior sensação de segurança da população; 2. Menor suscetibilidade aos acidentes ambientais; 3. Valorização dos imóveis; 4. Atração de investimentos comerciais no entorno e bairros adjacentes.	1. Plano de comunicação

5.5.2 Apresentação do estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização.

O projeto não prevê canal de desvio da bacia de contribuição. Conforme já mencionado, as águas serão direcionadas para sumps dentro do próprio reservatório.

A condição final prevista, em projeto, será um canal revestido em enrocamento depois da remoção completa da estrutura, restabelecendo condições similares à natural para o fundo do vale.

6. Considerações finais

O relatório trimestral relativo ao andamento das obras de descaracterização da barragem B1 Ipê apresenta, de forma sucinta e objetiva, as atividades que ocorreram entre maio e julho de 2023. Pôde-se destacar:

1. Para o projeto de descaracterização, da Barragem B1 – Mina Ipê (IPE.OP.RL.8000.GT.20.560), foi prevista a instalação de 08 (oito) novos indicadores de nível d'água, dos quais 6 (seis) já foram concluídos (INA's 09 a 14). Os outros 2 (dois) instrumentos remanescentes, locados na berma elev. 1.041 m, não foram instalados devido à dificuldade de mobilizar o equipamento até o ponto de instalação. Assim, ficou definido entre a Terracota e a MMI aguardar o início do funcionamento do poço de rebaixamento de forma a avaliar a real necessidade de implantação desses dois instrumentos;
2. Como premissa do projeto de descaracterização da Barragem B1- Mina Ipê, foi executado pela empresa Master Poços um poço de bombeamento com aproximadamente 176 m de profundidade, para rebaixamento do lençol freático local. Para seu funcionamento, está em andamento a implantação do sistema de bombeamento.

7. Equipe Técnica

Empresa responsável por este relatório Os dados, para elaboração do relatório, foram integralmente fornecidos pela Mineração Morro do Ipê		
Razão social:	Geoprime Engenharia e Meio Ambiente Ltda.	Tel.: + (55) (21) 3417-6786
CNPJ:	05.968.895/0001-76	
Site: http://www.geoprime.com.br Estrada do Guanumbi, 685 - Freguesia – Jacarepaguá Rio de Janeiro - RJ - CEP 22745-200		

Equipe que participou da elaboração deste documento e reponsabiliza-se tecnicamente por suas respectivas áreas		
Técnico	**Área de Atuação**	**Responsabilidade no projeto**
Mariângela Sucena	Geóloga-Mineração	Elaboração
João Prado	Geólogo-Mineração	Coordenação / Revisão

8. Anexos

- Anotação de Responsabilidade técnica (ART) – Elaboração de Relatório

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232331994

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

MARIANGELA MAZZEI SUCENA
Título profissional: **GEÓLOGA**
RNP: **2000351409**
Registro: **RJ2006149056D MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Morro do Ipê Mineração S/A**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA FERNÃO DIAS
Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520**
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **MMI-GSU-002350**
Celebrado em: **05/05/2021**
Valor: **R$ 5.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA FERNÃO DIAS
Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520**
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**
Data de Início: **28/08/2023**
Previsão de término: **30/09/2024**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade:
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **Morro do Ipê Mineração S/A**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração 29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização da barragem de rejeitos de mineração denominada B1 ? Mina Ipê (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.752), atendendo aos itens 3.1, 3.3 e 3.4, Cláusula III do Termo de Compromisso - TC (MPMG,SEMAD/FEAM, ANM), que determina a apresentação pela compromissária, Mineração Morro do Ipê S/A, de relatórios trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SINGEO-MG - Sindicato dos Geólogos no Estado de Minas Gerais

MARIANGELA MAZZEI SUCENA:01127465783 Assinado de forma digital por MARIANGELA MAZZEI SUCENA:01127465783 Dados: 2023.08.28 23:25:46 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

MARIANGELA MAZZEI SUCENA - CPF: 011.274.657-83

_____, _____ de _____ de _____
Local data

Morro do Ipê Mineração S/A - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

* O comprovante de pagamento deverá ser apensado para comprovação de quitação

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: DcwZ3
Impresso em: 28/08/2023 às 23:23:14 por: , ip: 200.25.56.75

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 0800 031 2732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

Página 2/2

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232331994

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

10. Valor

Valor da ART: **R$ 96,62** Registrada em: **28/08/2023** Valor pago: **R$ 96,62** Nosso Número: **8602311880**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: DcwZ3
Impresso em: 28/08/2023 às 23:23:15 por: , ip: 200.25.56.75

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 0800 031 2732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

- Anotação de Responsabilidade técnica (ART) – Projeto Executivo Descaracterização Barragem B1 Ipê

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231866125

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1403750408**
Registro: **040000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA BR-381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**
Celebrado em:
Valor: **R$ 210.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381 , KM 520
Nº: **00**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**
Data de Início: **09/01/2023**
Previsão de término: **31/03/2023**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **AMBIENTAL**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

14 - Elaboração	Quantidade	Unidade
80 - Projeto > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1 - MINA IPÊ.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.02.23 10:03:35 -03'00'

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Dados: 2023.02.24 08:31:37 -03'00'

BELO HORIZONTE 23 de FEVEREIRO de 2023
Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: bABA5
Impresso em: 23/02/2023 às 09:58:56 por: , ip: 200.25.56.70

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 031 2732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

- Assinaturas

Responsável técnico pelo projeto:



Elias Josafá Cota
Engenheiro Civil - CREA-MG 1403750408

Responsável técnico pelo acompanhamento das obras:

Não aplicável. Obras não iniciadas.
Não foi formalizado um ATO do reforço com emissão de RDO, o acompanhamento foi eventual pelo técnico que estava na obra de reforço da B2TT. Existe ART emitida do projeto e ART prevista para o as built.

Responsável técnico da barragem



Welington Pereira Maximiano
Engenheiro Civil - CREA-MG 1411469151

Responsáveis pelo relatório técnico no período avaliado:



Mariângela Mazzei Sucena
Geóloga - CREA-MG 2000351409

GEOPRIME ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA.

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
GEO-RE-MMI-105-01

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.697

RELATÓRIO TÉCNICO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DA DESCARACTERIZAÇÃO – BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00	01				Rev doc	00	01				Rev doc						Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X	X				26	X	X				51						76					
2	X	X				27	X	X				52						77					
3	X	X				28	X	X				53						78					
4	X	X				29	X	X				54						79					
5	X	X				30	X	X				55						80					
6	X	X				31	X	X				56						81					
7	X	X				32	X	X				57						82					
8	X	X				33	X	X				58						83					
9	X	X				34	X	X				59						84					
10	X	X				35	X	X				60						85					
11	X	X				36	X	X				61						86					
12	X	X				37	X	X				62						87					
13	X	X				38						63						88					
14	X	X				39						64						89					
15	X	X				40						65						90					
16	X	X				41						66						91					
17	X	X				42						67						92					
18	X	X				43						68						93					
19	X	X				44						69						94					
20	X	X				45						70						95					
21	X	X				46						71						96					
22	X	X				47						72						97					
23	X	X				48						73						98					
24	X	X				49						74						99					
25	X	X				50						75						100					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	PARA COMENTÁRIOS
01	I	APROVADO

TIPO DE EMISSÃO					
(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO			

	REV. 00	REV.01	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	28/05/2023	29/05/2023					
EXECUTADO	MMS	MMS					
VERIFICADO	JAP	JAP					
APROVADO	RPT/WPM	RPT/WPM					

SUMÁRIO

1. Introdução 3
2. Objetivos e escopo 4
3. Localização 4
4. Características de acordo com ANM-FEAM 5
5. Projeto de descaracterização 14
5.1 Concepção 14
5.2 Premissas geológico-geotécnicas 14
5.2.1 Sismicidade local 15
5.3 Alterações de projeto 18
5.4 Ações e obras preparatórias 19
5.4.1 Reforço estrutural 20
5.4.2 Instrumentação complementar 25
5.4.3 Sistema de rebaixamento (poço de bombeamento) 26
5.5 Aspectos ambientais 31
6. Considerações finais 32
7. Equipe Técnica 33
8. Anexos 34

1. Introdução

A Mineração Morro do Ipê (MMI) possui três barragens (ou estruturas de contenção de rejeitos de mineração) com alteamentos à montante que se encontram inativas e serão descaracterizadas nos próximos anos: i) B1 Ipê, na vertente Brumadinho; ii) B2 Tico-Tico, e iii) B1 Auxiliar, ambas na vertente Igarapé (Figura 1).

De acordo com o item 3.1 do Termo de Compromisso (TC) firmado com o Ministério Público (MP) do Estado de Minas Gerais, Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), "*...a Mineração Morro do Ipê tem o compromisso de apresentar relatórios técnicos trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização*". Embora dúbio, entende-se "andamento de obras", além do seu sentido literal, como o processo de preparação para a descaracterização *strictu sensu*, o que inclui quaisquer intervenções diretas e indiretas no barramento e estruturas relacionadas, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

Desta forma, o intuito deste relatório, elaborado em conjunto com a GEOPRIME ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, é de ser um descritivo das medidas executadas para a descaracterização da referida estrutura, no último trimestre (Fevereiro 2023 – Abril 2023), e de acordo com o Termo de Referencia (TR), para acompanhamento do processo de descaracterização de barragens alteadas a montante, no estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

A empresa Terracota Geotecnia foi contratada, no segundo semestre de 2022, para a elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê, em substituição à anterior projetista contratada, DF+. O escopo do projeto foi definido de forma a atender aos requisitos mínimos estabelecidos no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM. Desta forma, o projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo e concluídos tempestivamente em fevereiro de 2023:

Marco 1: Relatório de consolidação de dados;
Marco 2: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
Marco 3: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos)

2. Objetivos e escopo

O presente relatório objetiva compilar e descrever as ações e etapas decorrentes dos projetos de descaracterização das barragens das vertentes Brumadinho (B1 – Mina Ipê), incluindo as atividades realizadas no trimestre fevereiro-março-abril de 2023, o percentual de avanço no processo de descaracterização e o cumprimento das ações previstas.

3. Localização

A Barragem B1 – Mina Ipê localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Brumadinho-MG, em torno das coordenadas UTM (SIRGAS2000) 572.390 E e 7.775.120 N, próximo do alto da Serra das Farofas. O acesso é realizado pelo trevo imediatamente após o km 520 da rodovia Fernão Dias (BR-381), margem direita no sentido sul (BH-SP). Na Figura 1 é apresentada a localização da barragem.

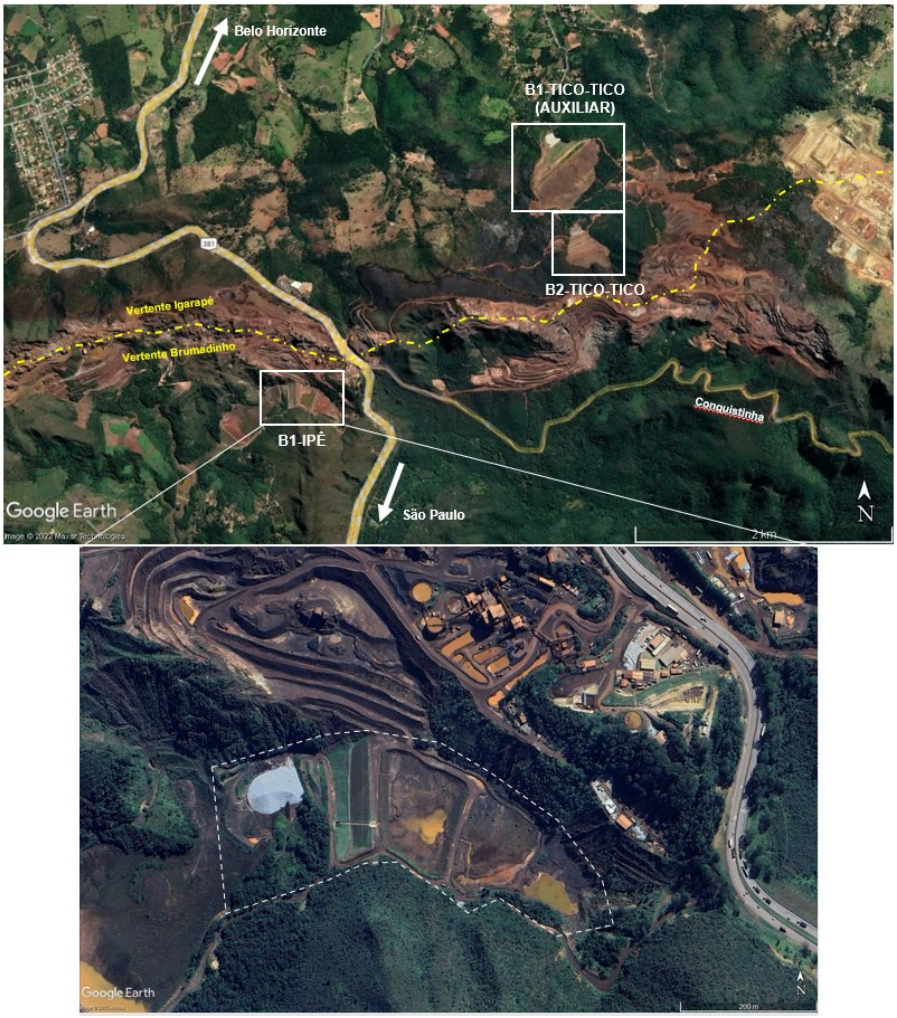


Figura 1. Localização das barragens i) B1 Ipê, na vertente Brumadinho; ii) B2 Tico-Tico, e iii) B1 Auxiliar, ambas na vertente Igarapé. Destaque na barragem B1 Ipê, na vertente Brumadinho, à oeste da BR-381 (canto direiro da imagem inferior). Coordenadas: E 572390m, N 7775118m. Datum Sirgas 2000.

4. Características de acordo com ANM-FEAM

As principais características registradas da Barragem B1 - Mina Ipê são apresentadas na Tabela 1 e seguintes subintens.

Tabela 1 Dados gerais da barragem B1 Ipê.

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B1 – Mina Ipê
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: - 20° 7'11.60" Longitude: - 44°18'26.89"
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	~1991
Ano de Início de Operação	~1991
Ano de Término de Operação	Sem previsão

Ano de Término de Descaracterização	2024 (previsão)
Situação (status) de operação atual da barragem	Inativa
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total (m³)	1.204.665 (*)
Volume do reservatório (m³)	943.579 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	786.359
Área do reservatório (m²)	51.226
Elevação mínima do coroamento (m)	1.057,83
Elevação do terreno natural no pé do barramento (m)	1.002,10
Altura atual da barragem (m)	55,0
Extensão do coroamento (m)	176,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, no mínimo 3,0
Inclinação geral do talude jusante	2,55H:1V (21,4º)
Alteamentos realizados e seus respectivos métodos empregados	2 alteamentos a montante (**)
Nível d'água máximo maximorum (TR 1.000 anos) (m)	1.057,18
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.057,56
Borda livre mínima (TR 1.000 anos) (m)	0,65
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,27
Descarga do vertedouro (TR 1.000 anos) (m³/s)	4,38 (N.A. El. 1057,18 m)
Capacidade de Descarga do vertedouro (m³/s)	11,25 (N.A. El. 1057,83 m)
Área da bacia de contribuição (km²)	0,51

(*) Volumes atualizados a partir das superfícies resultantes da nova interpretação geológica elaborada pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos hídricos e levantamento topográfico de novembro de 2021;

(**) O maciço do segundo alteamento foi construído no sentido para jusante, porém é uma ampliação do maciço do 1º alteamento que foi executado pelo método de montante.

I. Nome da barragem e da mina, conforme bancos de dados da Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam e da Agência Nacional de Mineração – ANM: *Barragem B1 – Mina Ipê;*

II. Coordenadas geográficas do ponto central da barragem antes do início das obras de descaracterização, referenciadas no Datum SIRGAS-2000: *Latitude -20°07'11.300"/Longitude -44°18'26.900";*

III. Matriz de classificação, com base nos critérios estabelecidos nos Anexos I a IV do Decreto 48.140, de 25 de fevereiro de 2021:

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração, segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a Barragem B1 – Mina Ipê foi classificada, no âmbito da elaboração deste relatório, com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em Classe B, conforme demonstrado a seguir.

Quadro 1. Categoria de Risco da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.477 – RTESB, Agosto de 2022.

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	15
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**15**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Quadro 2. Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.477 – RTESB, Agosto de 2022.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	1
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**19**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Quadro 3. Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.477 – RTESB, Agosto de 2022.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Quadro 4. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.477 – RTESB, Agosto de 2022.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	**50m< Comprimento <200m (1)**	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	200m≤ Comprimento ≤600m (2)	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 15				

Quadro 5. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.477 – RTESB, Agosto de 2022.

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Quadro 6. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.477 – RTESB, Agosto de 2022.

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 0				

Quadro 7. Matriz de Classificação Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.477 – RTESB, Agosto de 2022.

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	**BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)**
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO (Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
DPA = Σ (a até d) = 19			

IV. Identificação do Empreendimento:

- Mina Ipê

  Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.
  CNPJ: 22.902.554/0001-17
  Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº

Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail: casaipe@ipemineração.com

- Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome: Cristiano Monteiro Parreiras
CPF: 030.102.416-23
Formação: Advogado
Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone: (31) 99194-8589
E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

V. Identificação do empreendedor e do representante legal para contato:

- Identificação do Empreendedor

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ: 22.902.554/0001-17
Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº
Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail: casaipe@ipemineração.com

- Identificação do Representante Legal do Empreendedor

Nome: Cristiano Monteiro Parreiras
CPF: 030.102.416-23
Formação: Advogado
Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone: (31) 99194-8589
E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

VI. Identificação do responsável técnico pela barragem

- Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome: Welington Pereira Maximiano
Formação: Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional: 1411469151 (CREA-MG)
Cargo: Coordenador de Geotecnia
Telefone: (31) 3614-1840
E-mail: welington.maximiano@ipemineracao.com

VII. Identificação da equipe técnica responsável pelos projetos de descaracterização:

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil/Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Coordenador do Projeto
Registro Profissional: CREA-MG 1403750408

Nome: André Lins Machado Coelho
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos

Registro Nacional Profissional: CREA-MG 1404481770

Nome: Guilherme Pereira Pinto
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos
Registro Profissional: CREA-MG 2014352674

Nome: Mauro Verassani
Formação: Engenheiro Hidrólogo
Responsabilidade no Estudo: Estudos Hidráulicos
Registro Profissional: CREA-MG 1406671720

Nome: Guilherme de Freitas Roriz Lima
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Edição do Relatório
Registro Profissional: CREA-MG 1015708625

VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.

Não Aplicável. A descaracterização encontra-se em fase de conclusão e aprovação de projeto.

5. Projeto de descaracterização

5.1 Concepção

O projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê descreve a remoção completa da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório), além da remoção do rejeito antigo identificado em sua fundação. A remoção dos materiais será feita a partir de métodos e equipamentos convencionais de escavação, com utilização de escavadeira e caminhões para o transporte do rejeito escavado para as áreas de disposição disponíveis no empreendimento.

5.2 Premissas geológico-geotécnicas

As três seções de análise a serem utilizadas no projeto de descaracterização foram definidas no documento de consolidação de dados (IPE.OP.RL.8000.GT.20.557), bem como os parâmetros de resistência dos materiais constituintes dos modelos numéricos. Sendo assim:

- Entende-se que as investigações geológico geotécnicas de campo e laboratório são suficientes para desenvolvimento do projeto de descaracterização;

- Conforme Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela FEAM, independentemente da condição de estabilidade definida na etapa de diagnóstico, todos os projetos de descaracterização deverão considerar um fator de segurança maior ou igual a 1,3, para condições não drenadas de pico e 1,1 para a condição não drenada residual para o início das obras de descaracterização;
- Conforme diagnóstico realizado para a estrutura, na condição atual, não se atinge os fatores de segurança mencionados acima para ambas as condições. Desta forma, a fim de garantir os fatores de segurança requeridos no Termo de Referência, é premissa do projeto de descaracterização o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis, de modo que estes não trabalhem em condição saturada. Esta medida elimina a possiblidade de ocorrência de carregamentos não drenados, pois uma das condições para tal, é que os materiais classificados como contráteis estejam saturados;
- A fim de monitorar e controlar a eficácia do rebaixamento do nível d'água, abaixo de camada de materiais classificados como contráteis, foi prevista a instalação de novos instrumentos (indicadores de nível d'água) que deverão servir de referência para permitir o início e/ou acionar a paralisação das obras. Os novos instrumentos serão instalados nas seções de controle B-B' e C-C', nas quais há ocorrência do material denominado de "rejeito antigo" na fundação, tendo em vista que este material foi classificado como contrátil;
- Para monitoramento de deslocamentos, tanto da barragem quanto da encosta existente na ombreira direita, será utilizada instrumentação de controle, existente e a ser instalada, como prismas, estação robótica, radar de superfície etc.

5.2.1 Sismicidade local

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do peak ground acceleration (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento dinâmico (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da

Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 2 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada. Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 2 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo "Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment" publicado por (Barros et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 3).



Figura 2. Rede sismológica brasileira

Tabela 2. Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257)

Modelo	Valores máximos por período de retorno					Máximo absoluto
	500	1000	2500	5000	10000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	9.7%	9.5%	13.4%	16.0%	18.3%	18.3%
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

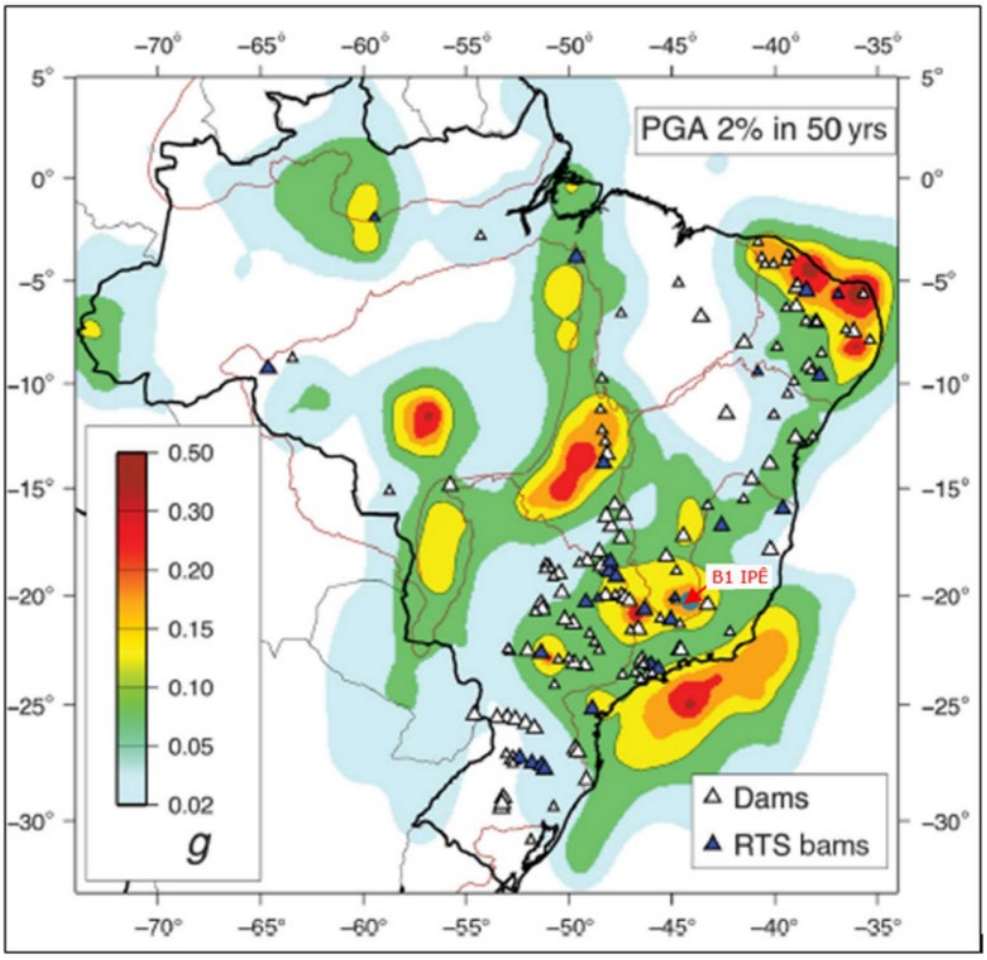


Figura 3. – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Barros Et al., 2018).

A localização da barragem no mapa de Barros et al. fornece valor de PGA igual a 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR. Para a componente vertical adotou-se um valor correspondente a 60% componente horizontal. Desta forma adotando-se um valor de ½ PGA, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,075g e uma componente vertical igual a 0,045g. A componente vertical deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

5.3 Alterações de projeto

O projeto executivo de descaracterização, estava sendo elaborado pela projetista DF+, passando, no segundo semestre de 2022 por mudança de projetista. Desta forma, os projetos foram reelaborados pela projetista Terracota Geotecnia, que detém significativo e diferenciado conhecimento histórico das estruturas, sendo a responsável pelas auditorias e pelo contrato do Engenheiro de Registro (EdR) da Barragem B1 – Mina Ipê.

De acordo com o projeto anterior, as obras de descaracterização durariam entre 3 a 4 anos nas condições atuais. A Terracota, entretanto, propôe tanto a redução do tempo de obras para 2 a 3 anos, quanto sua antecipação atrelada ao rebaixamento do nível freático da estrutura. A proposta eleva os níveis de segurança e antecipa a redução dos riscos associados simplesmente ao menor tempo de existência da barragem da vertente Brumadinho.

Destaca-se que, por conta dos prazos curtos de entregas, o projeto executivo foi concluído tempestivamente em 24/02/2023 e o quadro 8, abaixo, apresenta o cenário cronológico protocolado e previsto para a descaracterização da estrutura.

Embora o presente relatório descreva exclusivamente as atividades do trimestre fevereiro a abril de 2023, deve-se enfatizar que a auditoria externa realizada pela Tetratech já solicitou alterações pertinentes relativas ao projeto, que devem ser contempladas em revisões subsequentes.

Quadro 8 – Cenário cronológico da descaracterização após revisão pela MMI.

Cronograma de Descaracterização B1 - Mina Ipê

Id	EDT	% concluída	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1	**1**	**100%**	**Entrega do Projeto Executivo**	**48 dias**	**Qua 21/12/22**	**Sex 24/02/23**
2	**2**	**0%**	**Aprovação do Projeto Executivo**	**60 dias**	**Seg 27/02/23**	**Qua 24/05/23**
3	**3**	**100%**	**Obra de Reforço**	**12 dias**	**Qui 16/02/23**	**Sex 03/03/23**
4	**4**	**0%**	**Obras de Descaracterização**	**829 dias**	**Qui 25/05/23**	**Qui 30/07/26**
5	**5**	**39%**	**Serviços Preliminares**	**178 dias**	**Qui 16/02/23**	**Seg 30/10/23**
6	5.1	0%	Locação e demarcação das obras de descaracterização	5 dias	Seg 29/05/23	Sex 02/06/23
7	5.2	100%	Instalação de poços de bombeamento para rebaixamento da superfície freática	10 dias	Seg 03/04/23	Seg 17/04/23
8	5.3	50%	Instalação dos novos instrumentos (8 instrumentos)	178 dias	Qui 16/02/23	Seg 30/10/23
9	5.4	0%	Rebaixamento da superfície freática até a elevação definida	60 dias	Qua 17/05/23	Qui 10/08/23
10	**6**	**0%**	**Fase 1 – Remoção parcial do rejeito do reservatório - Elevação 1053,00m**	**196 dias**	**Sex 11/08/23**	**Sex 10/05/24**
11	6.1	0%	Execução de sump, na porção de montante do reservatório (El. 1051,50m)	7 dias	Sex 11/08/23	Seg 21/08/23
12	6.2	0%	Remoção do rejeito direcionada no sentido de montante e platô final na El. 1053,00m	55 dias	Ter 22/08/23	Seg 06/11/23
13	6.3	0%	Aprofundamento do sump até a El. 1049,50m	7 dias	Ter 07/11/23	Qua 15/11/23
14	6.4	0%	Remoção do rejeito direcionada no sentido de montante e platô final na El. 1041,40m	25 dias	Seg 01/04/24	Sex 03/05/24
15	6.5	0%	Aprofundamento do sump até a El. 1041,40m	5 dias	Seg 06/05/24	Sex 10/05/24
16	**7**	**0%**	**Fase 2 – Primeiro rebaixamento do maciço - Elevação 1046,00m**	**98 dias**	**Seg 13/05/24**	**Qua 25/09/24**
17	7.1	0%	Demolição do emboque do canal extravasor existente	3 dias	Seg 13/05/24	Qua 15/05/24
18	7.2	0%	Demolição / retirada da descida d'água da ombreira direita	3 dias	Qui 16/05/24	Seg 20/05/24
19	7.3	0%	Demolição / retirada da instrumentação de controle instalada na crista	5 dias	Ter 21/05/24	Seg 27/05/24
20	7.4	0%	Escavação do maciço até El. 1.046,00 m	79 dias	Ter 28/05/24	Sex 13/09/24
21	7.5	0%	Construção de novo emboque para o sistema extravasor.	5 dias	Seg 16/09/24	Sex 20/09/24
22	7.6	0%	Reinstalação dos instrumentos de controle da saturação do rejeito retirados (INA-09 e INA-14)	3 dias	Seg 23/09/24	Qua 25/09/24
23	**8**	**0%**	**Fase 3 – Remoção do restante do rejeito do reservatório - Elevação 1040,00m**	**167 dias**	**Qui 26/09/24**	**Sex 16/05/25**
24	8.1	0%	Execução de sump, na porção de montante do reservatório (El. 1037,70m)	7 dias	Qui 26/09/24	Sex 04/10/24
25	8.2	0%	Remoção do rejeito em camada, com declividade direcionada a montante e platô (El. 1040,00m)	30 dias	Seg 07/10/24	Sex 15/11/24
26	8.3	0%	Aprofundamento do sump existente em 2,0 m, até a elevação 1035,70m	5 dias	Ter 01/04/25	Seg 07/04/25
27	8.4	0%	Remoção em camada até o esgotamento do rejeito fora da projeção do 1° alteamento	29 dias	Ter 08/04/25	Sex 16/05/25
28	**9**	**0%**	**Fase 4 – Remoção do maciço do 1º alteamento**	**96 dias**	**Seg 19/05/25**	**Seg 29/09/25**
29	9.1	0%	Demolição do emboque do canal extravasor existente	5 dias	Seg 19/05/25	Sex 23/05/25
30	9.2	0%	Demolição/ retirada da descida d'água e canaletas existentes na berma El. 1.041,0m	5 dias	Seg 26/05/25	Sex 30/05/25

Cronograma de Descaracterização B1 - Mina Ipê

Id	EDT	% concluída	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
31	9.3	0%	Demolição/ retirada da instrumentação na crista da barragem e na berma El. 1.041,00m	5 dias	Seg 02/06/25	Sex 06/06/25
32	9.4	0%	Remoção do maciço do 1º alteamento	76 dias	Seg 09/06/25	Seg 22/09/25
33	9.5	0%	Instalação de bueiro conectado à bacia de dissipação do sistema extravasor antigo	5 dias	Ter 23/09/25	Seg 29/09/25
34	**10**	**0%**	**Fase 5 - Remoção do restante dos rejeitos - Elevação 1027,90m**	**218 dias**	**Ter 30/09/25**	**Qui 30/07/26**
35	10.1	0%	Remoção do rejeito em camada, com declividade direcionada a montante e platô (El. 1027,90m)	34 dias	Ter 30/09/25	Sex 14/11/25
36	10.2	0%	Remoção do rejeito em camada, com declividade direcionada a montante e platô (El. 1014,20m)	35 dias	Qua 01/04/26	Ter 19/05/26
37	10.3	0%	Prosseguir com a escavação dos rejeitos com declividade de 3,0% para jusante, até El. 1.004,30m	35 dias	Qua 20/05/26	Ter 07/07/26
38	10.4	0%	Construção de sump na região de jusante para clarificação da água de chuva	9 dias	Qua 08/07/26	Seg 20/07/26
39	10.5	0%	Revestimento do talvegue e do sump com enrocamento de diâmetro > 40 cm	4 dias	Ter 21/07/26	Sex 24/07/26
40	10.6	0%	Proteção do restante da área do reservatório escavado a partir do plantio de vegetação	4 dias	Seg 27/07/26	Qui 30/07/26

5.4 Ações e obras preparatórias

As ações preparatórias para a descaracterização já foram iniciadas, independente da aprovação do projeto visto o dinamismo das condições da barragem. Dentre as ações, destacam-se: o reforço estrutural em enrocamento; a implantação da instrumentação complementar (Item 5.3 do cronograma do Quadro 8) e; a perfuração do sistema de bombeamento externo (Item 5.2 do cronograma do Quadro 8). Tais ações serão descritas nos intens subsequentes.

5.4.1 Reforço estrutural

Não há como dissociar a descaracterização da Barragem B1 Ipê com a dinâmica das análises de estabilidade materializadas nas auditorias quinzenais e semestrais da estrutura. Sendo assim, a entrada (e saída) do Nível de Emergência 1 ocorrida entre a 2ª quinzena de fevereiro e a 1ª quinzena de março de 2023 (Figura 4) devem ser destacadas nos relatórios trimestrais de obras de descaracterização, bem como incluídas nas revisões posteriores dos projetos executivos.

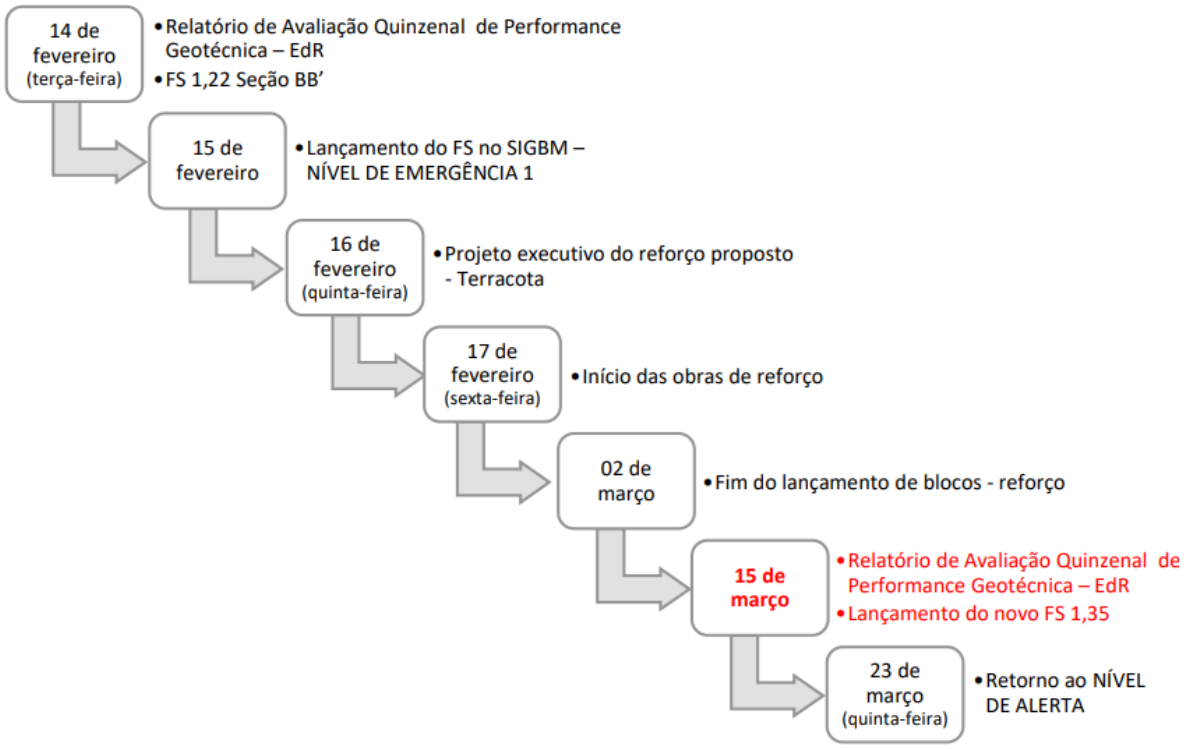


Figura 4. Fluxograma em linha do tempo do processo de detecção dos FS's abixo da norma e retorno para o nível de Alerta da barragem B1 Ipê após implantação de reforço.

Sendo assim, como ação imediata após o recebimento do Relatório de Avaliação Quinzenal de Performance Geotécnica da Estrutura – 1ª Quinzena de Fevereiro de 2023 e entrada em Nível 1 de Emergência, foi elaborado um projeto executivo de reforço para retomada dos Fatores de Segurança mínimos. Assim, em 15 de fevereiro, a Terracota propôs uma estrutura de material pétreo que garantisse a inércia da estrutura através do incremento de força peso ao pé da barragem.

A concepção do reforço da Barragem B1 – Mina Ipê foi desenvolvida para construção em etapa única, a partir do lançamento contínuo e gradual de enrocamento de gnaisse. O projeto abriu a possibilidade de execução da estrutura em itabirito compacto (IC) com diâmetro médio de 30cm, entretanto, a necessidade na brevidade de sua execução inviabilizou a alternativa. O arranjo

geral está apresentado na Figura 5 e suas seções alongada e transversal são materializadas nas Figura 6 e Figura 7, respectivamente. O volume de enrocamento de blocos foi de 36.978 m³.

O reforço foi planejado para ser construído em cerca de 30 dias. Entretanto, as obras foram concluídas antecipadamente, cerca de dez dias antes, em 04 de março (Figura 10). A antecipação foi possível tanto pela eficiência da equipe de operação de mina, quanto:

- Pelas condições climáticas favoráveis;
- Pela baixa DMT;
- Pela disponibilidade irrestrita de insumos (equipamentos e pedra-de-mão);
- Pela simplicidade e praticidade conceitual e executiva da obra.

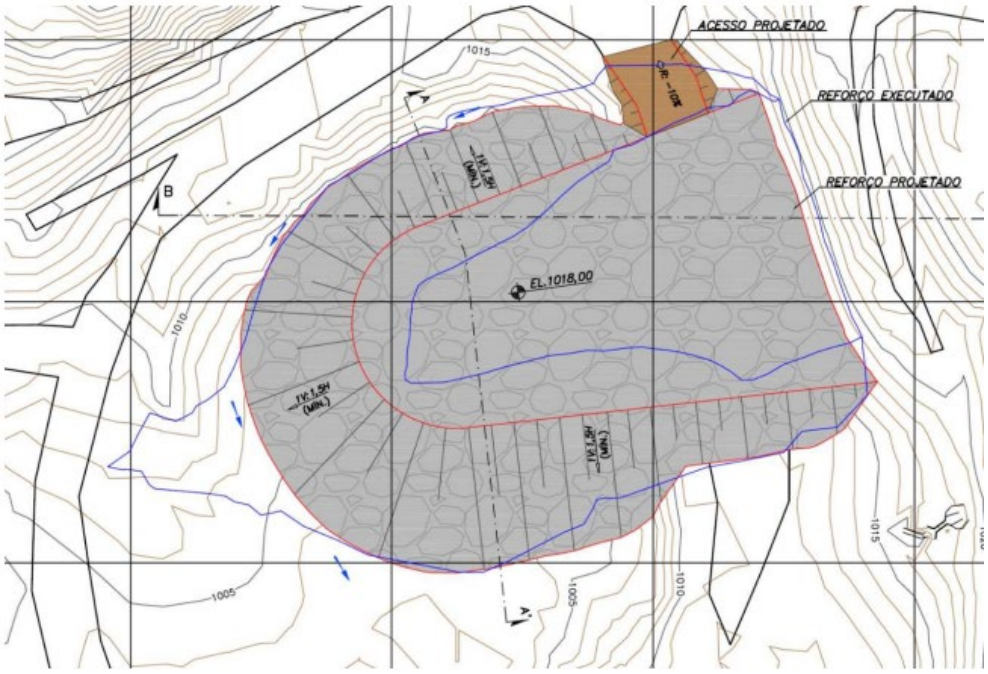


Figura 5. Levantamento topográfico final ilustrando o comparativo dos offsets executado (azul) e projetado (vermelho).

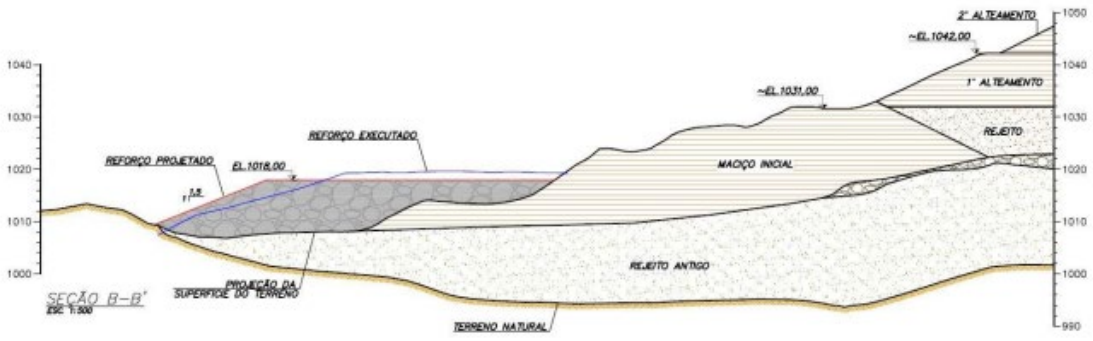


Figura 6. Seção topográfico final ilustrando o comparativo dos offsets executado (azul) e projetado (vermelho).

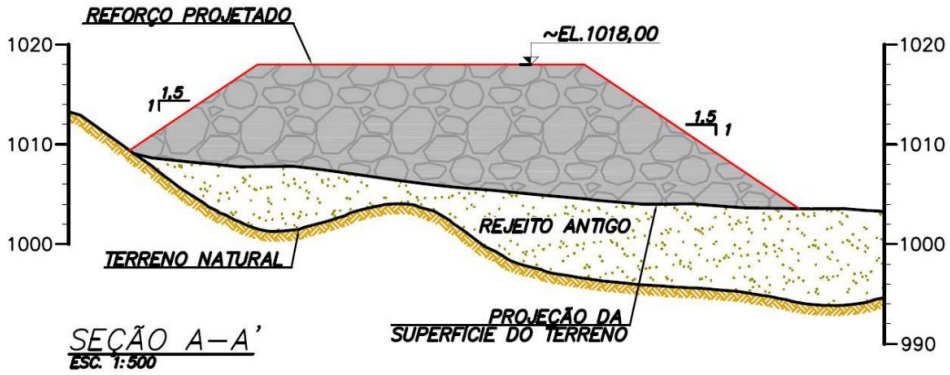


Figura 7. Ampliação do reforço – Seção A-A'

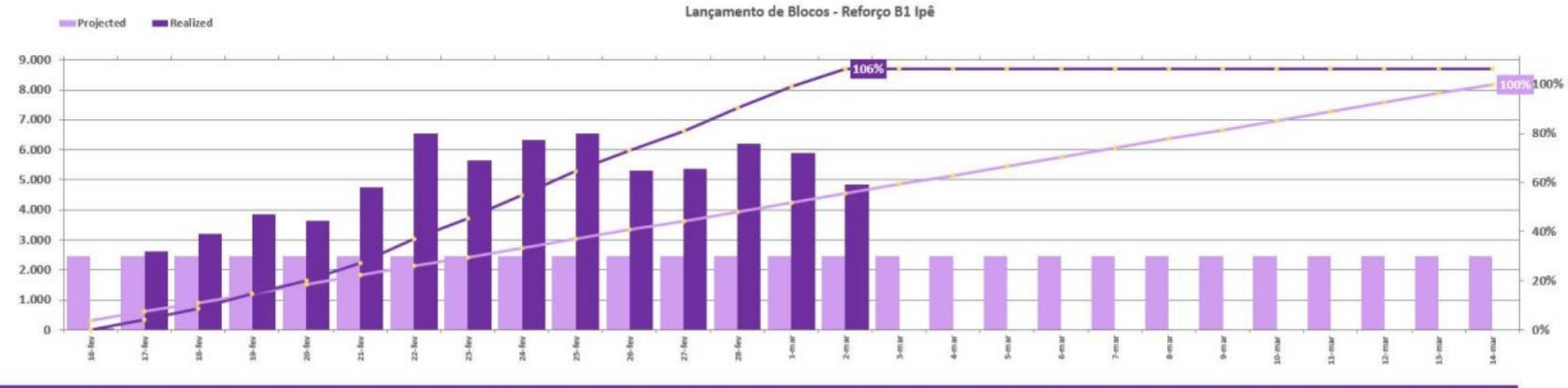
As imagens da Figura 8 e Figura 9 ilustram o reforço em campo após conclusão em 4 de março de 2023.



Figura 8. Reforço concluído.



Figura 9. Imagem de drone do reforço concluído.



			16-fev	17-fev	18-fev	19-fev	20-fev	21-fev	22-fev	23-fev	24-fev	25-fev	26-fev	27-fev	28-fev	1-mar	2-mar	3-mar	4-mar	5-mar	6-mar	7-mar	8-mar	9-mar	10-mar	11-mar	12-mar	13-mar	14-mar
66.560	Projected		2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465
			2.465	4.930	7.396	9.861	12.326	14.791	17.256	19.721	22.187	24.652	27.117	29.582	32.047	34.513	36.978	39.443	41.908	44.373	46.839	49.304	51.769	54.234	56.699	59.164	61.630	64.095	66.560
	Proj. Acc		4%	7%	11%	15%	19%	22%	26%	30%	33%	37%	41%	44%	48%	52%	56%	59%	63%	67%	70%	74%	78%	81%	85%	89%	93%	96%	100%
	Realized	F2M	34	2624	3212	3842	3652	4757	4719	4858	5896	6543	5304	4375	4251	5060	4841													
		ML							1816	780	448			1006	1941	850														
70.807			34	2.624	3.212	3.842	3.652	4.757	6.535	5.638	6.344	6.543	5.304	5.381	6.192	5.910	4.841													
			34	2.657	5.869	9.711	13.363	18.120	24.655	30.292	36.636	43.179	48.483	53.864	60.056	65.966	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807	70.807
	Real. Acc		0%	4%	9%	15%	20%	27%	37%	46%	55%	65%	73%	81%	90%	99%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%
	Real. Dia		1%	106%	130%	156%	148%	193%	265%	229%	257%	265%	215%	218%	251%	240%	196%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Figura 10. Curva S de execução do reforço da barragem B1 Ipê.

5.4.2 Instrumentação complementar

Como previsto em cronograma (Item 5.3 do Quadro 8), a instrumentação complementar está em andamento. Até a data final do trimestre considerado, foram concluídos os instrumentos INA-09, INA-11, INA-14 e INA-16. Está em andamento o INA-12, de acordo com a Figura 11. Destaca-se que os perfis dos instrumentos estão em elaboração pela REDE e devem ser entregues até o fim da campanha prevista.

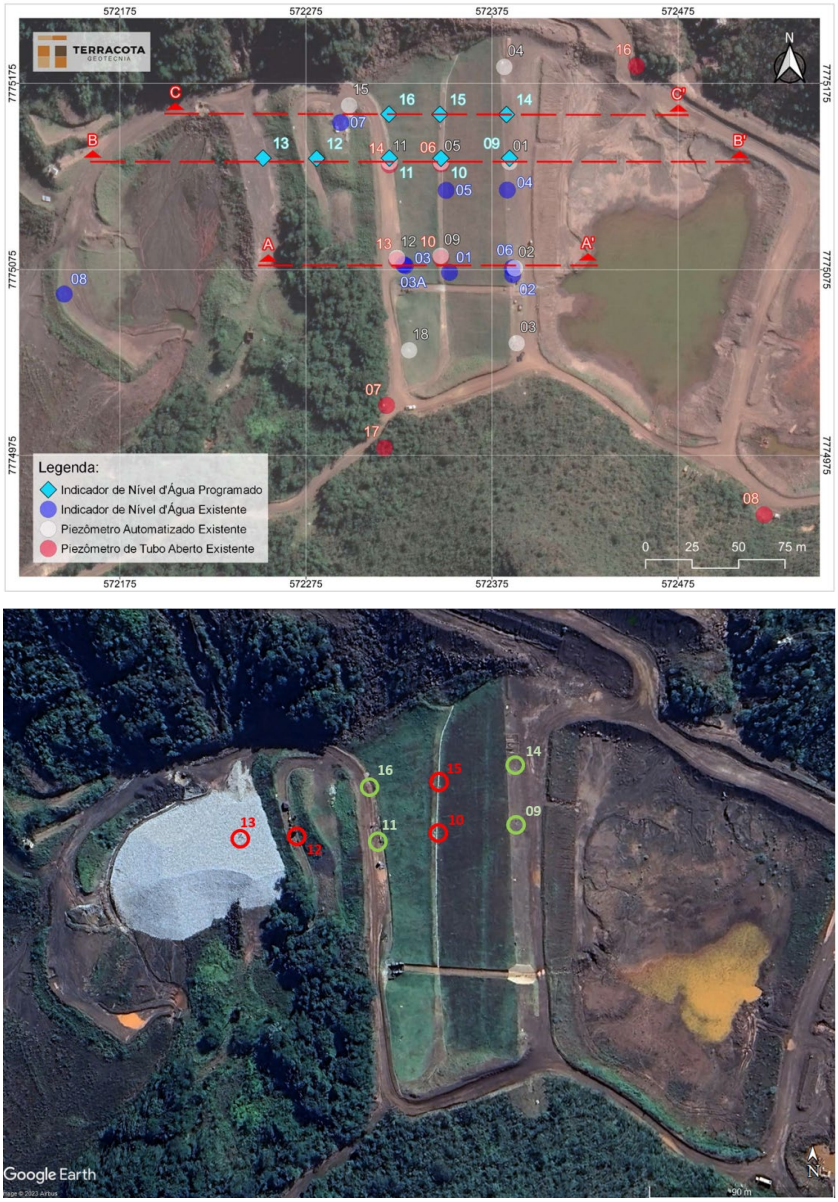


Figura 11. Instrumentação de controle proposta para monitoramento dos níveis de água durante a descaracterizsação. Imagem superior (IPE.OP.RL.8000.GT.20.560) e imagem inferior (Google Earh em 01/05/2023), ilustrando, em verde, os instrumentos executados e, em vermelho, os previstos.

Deve-se enfatizar que os instrumentos complementares executados para monitoramento do N.A. durante a descaracterização visam adicionalmente a confirmação da espessura do "rejeito antigo". Por isso, é determinado que a sondagem atinja, pelo menos 0.5m a 1.5m de material *insitu*, normalmente solo residual de filito, para garantir a estratigrafia local.

5.4.3 Sistema de rebaixamento (poço de bombeamento)

Tal como a instrumentação complementar, a perfuração do poço de rebaixamento programado na ombreira direita (jusante) foi iniciada, e sua conclusão se deu em 17 de abril de 2023 (Figura 12). A MASTER POÇOS ARTESIANOS concluiu a perfuração e ainda não executou os testes de desenvolvimento do poço, visto dificuldades na aquisição de bombas específicas. O relatório construtivo abaixo descreve as particularidades de perfuração, geologia e perfil de poço.



Figura 12. Boca do poço com tubulão de aço carbono 10 pol. e revestimento interno de 6pol. Verificado artesianismo local, materializando superfície potenciométrica acima da topografia.

MASTER POÇOS ARTESIANOS

Município :	Igarapé - MG			***Latitude :***	20°07'09.49" S ***ID :*** 57982
Localidade :	Mineração Morro do Ipê			***Longitude :***	44°18'33.57" W ***Código :*** PT23-101
Data Início:	11/04/2023	***Data final:***	17/04/2023	***T. Bombeamento :***	
Prof. Final (m):	176	***N. E.(m) :***		***N. D.(m) :***	***Q(m³/h) :*** 0 ***T. B. (h) :***
Emp. Loc. :				***Técnico Locação :***	Geól. Ygor Grisante F. Ribeiro
Emp. Perf.:	Master Poços Artesianos			***Técnico Perfuração :***	Geól. Ygor Grisante F. Ribeiro
Perfuratriz :	Prominas R1			***Sondador :***	Rafael Antônio de Araújo
Método :	Roto Pneumático			***Aquífero:***	Fissural
Desenvolvimento :	Compressor 1200-330 / 24			***Cliente / Prop.:***	Mineração Morro do Ipê



DATUM :	SIRGAS 2000	***UTM - N :***	7775166,9
ZONA :	23 K	***UTM - E :***	572194,9

Poços Tubulares Express - Software Gratuito - www.ptubexpress.com.br

MASTER POÇOS ARTESIANOS

Município : Igarapé - MG ***Latitude :*** 20°07'09.49" S ***ID :*** 57982

Localidade : Mineração Morro do Ipê ***Longitude :*** 44°18'33.57" W ***Código :*** PT23-101



Mapa CPRM - Folha(s) - SF23_RiodeJaneiro ;SE23_BeloHorizonte

Quilômetros
0 10 20 30

- *A3d - Complexo Divinópolis*
- *A4rr - Nova Lima, associação resedimenta*
- *A3ru - Nova Lima, associação vulcânica m*
- *A3bh - Belo Horizonte*
- *PP2ms - Sabará*
- *PP1mp - Piracicaba*
- *PP1mig - Gandarela*
- *ENj - Juatuba*
- *Q2a - Depósitos aluvionares*
- *PP1mic - Cauê*
- *A4_gamma_3no - Souza Noschese*
- *NQca - Depósitos colúvio-aluviais*
- *PR_delta - Roche*

AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA:

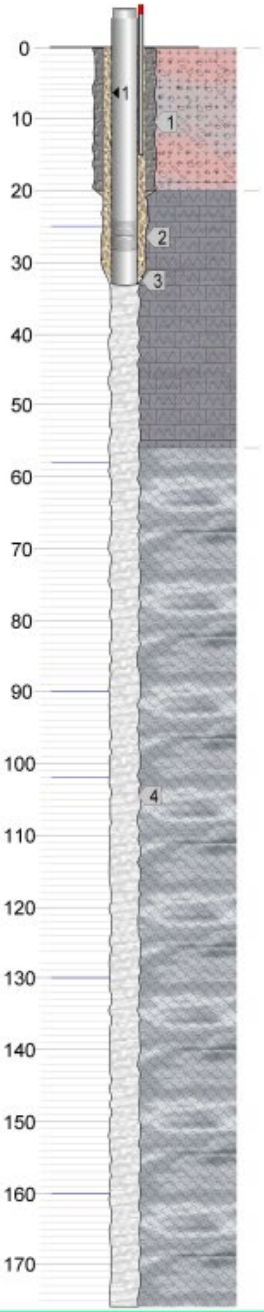
Ainda será executado ensaio de vazão e recuperação.

Poços Tubulares Express - Software Gratuito - www.ptubexpress.com.br

MASTER POÇOS ARTESIANOS

Município: Igarapé - MG ***Latitude:*** 20°07'09.49" S ***ID:*** 57982

Localidade: Mineração Morro do Ipê ***Longitude:*** 44°18'33.57" W ***Código:*** PT23-101



de 0,00 ate 20,00 - Rochas ferruginosas intemperizadas e decompostas com argilas de coloração cinza a avermelhado,

de 20,00 ate 56,00 - Itabirito são de colororação preto a marrom escuro, fragmentação angulosa de tamanho pequeno a médio

de 56,00 ate 176,00 - Rocha sã metapelítica (filito) de coloração cinza, fragmentação fina

1 14"
2 10"
3 8"
4 6 1/8"
1 - 6"

Pré-Filtro
Cimentação
Filtro
Entrada de Água
Rec de Pré-Filtros

Medidor de Nível

Poços Tubulares Express - Software Gratuito - www.ptubexpress.com.br

MASTER POÇOS ARTESIANOS

Município : Igarapé - MG **ID :** 57982

Localidade : Mineração Morro do Ipê **Código :** PT23-101

TAB. DE PERFURAÇÃO		
Ø (pol)	De	Até
14"	0,00	21,00
10"	21,00	32,00
8"	32,00	33,00
6 1/8"	33,00	176,00

ENTRADA DE ÁGUA								
N	Prof*	Q*	N	Prof*	Q*	N	Prof*	Q*
1	25,0		5	130,0				
2	58,0		6	160,0				
3	90,0							
4	102,0							

TUBULÃO			
Ø (pol)	De	Até	Material
10"	0,00	21,00	Aço Carbono

TABELA DE REVESTIMENTO			
Ø (pol)	De	Até	Material
6"	0,00	33,00	Aço carbono

TOTAL - DIAMETRO DE 6" : 33,00 - 4,00 (Filtros) = 29,00 m

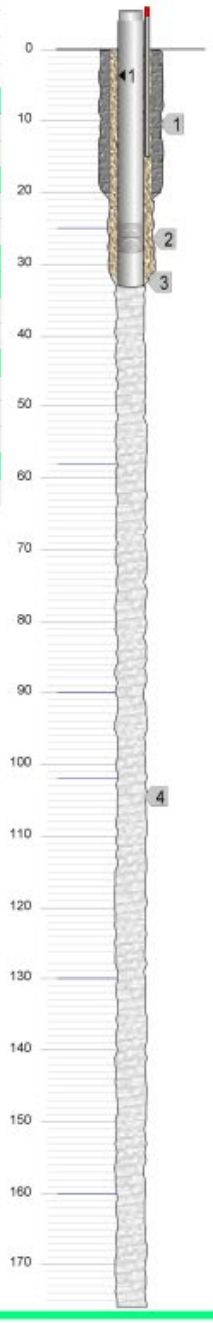
BOCA DO POÇO			
Ø (pol)	Comp.(m)	Cota(m)	Material
6"	0,50	1019	Dim 2440

TABELA DE FILTROS			
Ø (pol)	De	Até	Material
6"	24,00	26,00	Nold galvanizado - Slot 20
6"	26,00	28,00	Nold galvanizado - Slot 20

TOTAL - DIAMETRO DE 6" - 4,00 m

TOTAL FILTROS = 4,00 m





1 14"
2 10"
3 8"
4 6 1/8"
1 - 6"

Pré-Filtro
Cimentação
Filtro
Entrada de Água
Rec de Pré-Filtros

Medidor de Nível

Poços Tubulares Express - Software Gratuito - www.ptubexpress.com.br

5.5 Aspectos ambientais

O projeto de descaracterização foi finalizado em 24/02/2023 e o cenário cronológico da descaracterização é apresentado no item 5.3 acima.

Atualiza que o relatório de impactos ambientais, das obras de descaracterização da barragem B1 – Mina Ipê, contemplando as ações e programas para controlar, mitigar e recuperar as áreas impactadas (Documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.572), elaborado pela Geoprime Engenharia e Meio Ambiente em 25/05/23, foi protocolado tempestivamente, junto ao processo 2090.01.0001293/2022-80 (Documento SEI 66662221), em atendimento ao Ofício FEAM/NUBAR nº. 119/2023 (que prorrogou o prazo para que a Morro do Ipê atendesse o item 5 do TC de Descaracterização de Barragens, sobre a apresentação dos estudos adicionais de avaliação de impactos socioambientais referentes ao projeto de descaracterização da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê).

Inicialmente foram levantados os aspectos ambientais, considerando as principais atividades com potencial poluidor:

Limpeza e Supressão vegetal; Obras de corte e aterro (retaludamentos); Adequação da drenagem superficial (alteração na dinâmica hídrica); Abertura e/ou adequação de acessos; Remoção de interferências (demolições); Escavação do reservatório e barramento; Carregamento e transporte interno dos materiais escavados; Adequação do sistema extravasor concomitante a escavação.

Para subsidiar a identificação dos possíveis impactos foi elaborada uma Matriz de Impactos (Matriz), a partir das informações apresentadas anteriormente, as atividades potencialmente geradoras de aspectos ambientais, de forma a possibilitar a previsão dos impactos ambientais. Essa matriz serviu de base para a discussão dos impactos pelos especialistas envolvidos no estudo.

A partir da matriz e do conhecimento adquirido nos diagnósticos, os impactos foram identificados. Foram realizadas reuniões com os especialistas para discutir o encadeamento lógico entre os impactos diretos e indiretos de cada tema e subsidiar a avaliação, com as seguintes definições:

· Atividades potencialmente geradoras dos aspectos - descrição sintética e objetiva das atividades inerentes ao planejamento, implantação e operação do empreendimento que poderão gerar os aspectos e consequentemente os impactos ambientais;

· Aspecto Ambiental – "Elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente" (NBR ISO 14.001);

· Impacto Ambiental - "Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente, afetem: a) saúde, segurança e bem-estar da população; b) as atividades sociais e econômicas; c) a biota; d) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; d) a qualidade dos recursos ambientais. " (Resolução CONAMA no 001/86).

O relatório de impactos ambientais, das obras de descaracterização da barragem B1 – Mina Ipê, será também continuamente atualizado no decorrer da descaracterização desta estrutura.

6. Considerações finais

O relatório trimestral relativo ao andamento das obras de descaracterização da barragem B1 Ipê apresenta, de forma sucinta e objetiva, as atividades que ocorreram entre fevereiro e abril de 2023. Pôde-se destacar:

1. A entrada e saída da Barragem para Nível 1 de Emergência (NE1), o que levou à implantação do reforço estrutural em enrocamento, induzindo a necessidade de incorporação destas alterações ao projeto de descaracterização;
2. A instalação de 50% da instrumentação complementar de controle do nível d'água ao longo das obras de descaracterização;
3. A finalização da perfuração do poço de rebaixamento, com comportamento hidrogeológico artesiano e profundidades satisfatórias de influxo de água.

Destaca-se que, devem ser incorporados aos relatórios trimestrais e de acompanhamento, o percentual de avanço da obra com relação a Curva S, bem como o cumprimento das ações previstas.

7. Equipe Técnica

Empresa responsável por este relatório		
Razão social:	Geoprime Engenharia e Meio Ambiente Ltda.	Tel.: + (55) (21) 3417-6786
CNPJ:	05.968.895/0001-76	
Site: http://www.geoprime.com.br Estrada do Guanumbi, 685 - Freguesia – Jacarepaguá Rio de Janeiro - RJ - CEP 22745-200		

Equipe que participou da elaboração deste documento e reponsabiliza-se tecnicamente por suas respectivas áreas		
Técnico	**Área de Atuação**	**Responsabilidade no projeto**
Mariângela Sucena	Geóloga-Mineração	Elaboração
João Prado	Geólogo-Mineração	Coordenação / Revisão

8. Anexos

- Anotação de Responsabilidade técnica (ART) – Elaboração de Relatório

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232091077

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

MARIANGELA MAZZEI SUCENA
Título profissional: **GEÓLOGA**
RNP: **2000351409**
Registro: **RJ2006149056D MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Morro do Ipê Mineração S/A** CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA FERNÃO DIAS Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520** Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO** UF: **MG** CEP: **35460000**

Contrato: **MMI-GSU-002350** Celebrado em: **05/05/2021**
Valor: **R$ 5.000,00** Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA FERNÃO DIAS Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520** Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO** UF: **MG** CEP: **35460000**
Data de Início: **27/05/2023** Previsão de término: **27/05/2023** Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: Código: **Não Especificado**
Proprietário: **Morro do Ipê Mineração S/A** CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração 29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização da barragem de rejeitos de mineração denominada B1 ? Mina Ipê (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.697), atendendo aos itens 3.1, 3.3 e 3.4, Cláusula III do Termo de Compromisso - TC (MPMG,SEMAD/FEAM, ANM), que determina a apresentação pela compromissária, Mineração Morro do Ipê S/A, de relatórios trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SINGEO-MG - Sindicato dos Geólogos no Estado de Minas Gerais

MARIANGELA MAZZEI SUCENA:01127465783
Assinado de forma digital por MARIANGELA MAZZEI SUCENA:01127465783
Dados: 2023.05.28 18:38:59 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

MARIANGELA MAZZEI SUCENA - CPF: 011.274.657-83

_____, _____ de _____ de _____
Local data

MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Dados: 2023.05.28 20:12:35 -03'00'

Morro do Ipê Mineração S/A - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: ZZd9Z
Impresso em: 28/05/2023 às 18:33:54 por: , ip: 200.25.56.70

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 0800 031 2732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232091077

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

Valor da ART: **R$ 96,62** Registrada em: **26/05/2023** Valor pago: **R$ 96,62** Nosso Número: **8601669456**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: ZZd9Z
Impresso em: 28/05/2023 às 18:33:54 por: , ip: 200.25.56.70

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 0800 031 2732 Fax:

CREA-MG
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

- Anotação de Responsabilidade técnica (ART) – Projeto Executivo Descaracterização Barragem B1 Ipê

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231866125

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA BR-381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**
Celebrado em:
Valor: **R$ 210.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381 , KM 520
Nº: **00**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**
Data de Início: **09/01/2023**
Previsão de término: **31/03/2023**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **AMBIENTAL**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

14 - Elaboração	Quantidade	Unidade
80 - Projeto > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1 - MINA IPÊ.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- A Resolução n° 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.02.23 10:03:35 -03'00'

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Dados: 2023.02.24 08:31:37 -03'00'

BELO HORIZONTE 23 de FEVEREIRO de 2023
Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

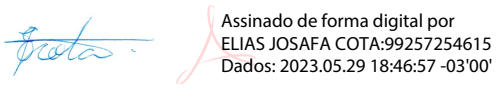
A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: bABA5
Impresso em: 23/02/2023 às 09:58:56 por: , ip: 200.25.56.70

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 031 2732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

- Assinaturas

Responsável técnico pelo projeto:

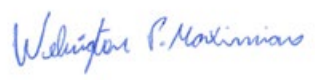


Elias Josafá Cota
Engenheiro Civil - CREA-MG 1403750408

Responsável técnico pelo acompanhamento das obras:

Não aplicável. Obras não iniciadas.

Responsável técnico da barragem



Welington Pereira Maximiano
Engenheiro Civil - CREA-MG 1411469151

Responsáveis pelo relatório técnico no período avaliado:



Mariângela Mazzei Sucena
Geóloga - CREA-MG 2000351409

GEOPRIME ENGENHARIA

E MEIO AMBIENTE LTDA.

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
GEO-RE-MMI-105-01

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.658

Relatório técnico trimestral de acompanhamento da descaracterização de Barragem de Rejeitos de Mineração – Barragem B1 – Mina Ipê

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	A	1	2	3	4	5	6	7	Rev doc	A	1	2	3	4	5	6	7	Rev doc	A	1	2	3	4	5	6	7	Rev doc	A	1	2	3	4	5	6	7
Revisão da folha									Revisão da folha									Revisão da folha									Revisão da folha								
1	x	x							29									57									85								
2	x	x							30									58									86								
3	x	x							31									59									87								
4	x	x							32									60									88								
5	x	x							33									61									89								
6	x	x							34									62									90								
7	x	x							35									63									91								
8	x	x							36									64									92								
9	x	x							37									65									93								
10	x	x							38									66									94								
11	x	x							39									67									95								
12	x	x							40									68									96								
13	x	x							41									69									97								
14	x	x							42									70									98								
15	x	x							43									71									99								
16	x	x							44									72									100								
17	x	x							45									73									101								
18	x	x							46									74									102								
19	x	x							47									75									103								
20	x	x							48									76									104								
21									49									77									105								
22									50									78									106								
23									51									79									107								
24									52									80									108								
25									53									81									109								
26									54									82									110								
27									55									83									111								
28									56									84									112								

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
EI	AB	PRELIMINAR PARA COMENTÁRIOS
01	I	APROVADO
02		

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

I	Emissão Inicial	Rev. 01						
DATA	23/02/23	28/02/23						
EXECUTADO	MMS	MMS						
VERIFICADO	JAP	JAP						
APROVADO								

SUMÁRIO:

1 – INTRODUÇÃO 3
1.1 – IDENTIFICAÇÃO 4
1.2 – PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO 13
1.3 – OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO E ASPECTOS AMBIENTAIS 15
1.4 – ASSINATURAS 15
1.5 – ANEXOS – ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA 16
2 – EQUIPE RESPONSÁVEL 20

1 – Introdução

Este documento foi elaborado pela empresa GEOPRIME ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA. e se trata do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização da barragem de rejeitos de mineração denominada B1 – Mina Ipê (Figura 1), bem como a metodologia que será utilizada nas obras de descaracterização da referida barragem, atendendo aos itens 3.1, 3.3 e 3.4, Cláusula III do Termo de Compromisso - TC, que determina a apresentação de relatórios trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

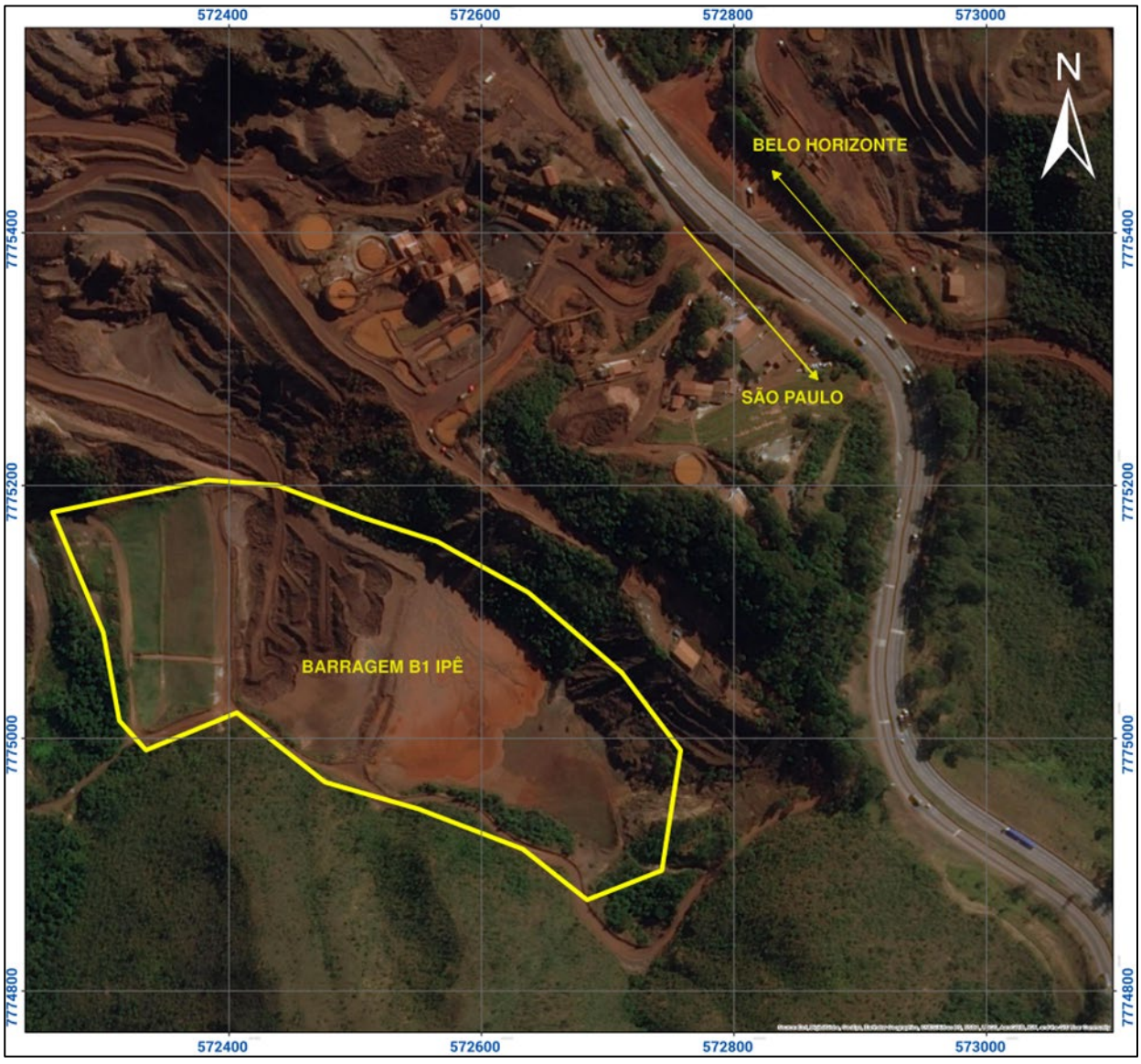


Figura 1 - Localização da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê.

Desta forma, o objetivo deste relatório é de ser um descritivo das medidas executadas para a descaracterização da referida estrutura, no último trimestre, e de acordo com o Termo de Referencia (TR), para acompanhamento do processo de descaracterização de barragens alteadas a montante, no estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Atualiza, que a empresa Terracota Geotecnia foi contratada, no segundo semestre de 2022, para a elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê, em substituição à anterior projetista contratada, DF+. O escopo do projeto foi definido de forma a atender aos requisitos mínimos estabelecidos no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM. Desta forma, o projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo e concluídos tempestivamente em fevereiro de 2023:

Marco 1: Relatório de consolidação de dados;

Marco 2: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;

Marco 3: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos)

1.1 – Identificação

I. Nome da barragem e da mina, conforme bancos de dados da Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam e da Agência Nacional de Mineração – ANM:

Barragem B1 – Mina Ipê.

II. Coordenadas geográficas do ponto central da barragem antes do início das obras de descaracterização, referenciadas no Datum SIRGAS-2000:

Latitude -20°07'11.300"/Longitude -44°18'26.900"

III. Matriz de classificação, com base nos critérios estabelecidos nos Anexos I a IV do Decreto 48.140, de 25 de fevereiro de 2021:

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração, segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a Barragem B1 – Mina Ipê foi classificada, no âmbito da elaboração deste relatório, com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em Classe B, conforme demonstrado a seguir.

Quadro 1 – Categoria de Risco da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.477 – RTESB, Agosto de 2022.

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	15
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**15**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Quadro 2 – Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.477 – RTESB, Agosto de 2022.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	1
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**19**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Quadro 3 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.477 – RTESB, Agosto de 2022.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Quadro 4 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.477 – RTESB, Agosto de 2022.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	**50m< Comprimento <200m (1)**	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	200m≤ Comprimento ≤600m (2)	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 15				

Quadro 5 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.477 – RTESB, Agosto de 2022.

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Quadro 6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.477 – RTESB, Agosto de 2022.

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 0				

Quadro 7 – Matriz de Classificação Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.477 – RTESB, Agosto de 2022.

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	**BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)**
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO (Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
DPA = Σ (a até d) = 19			

IV. Identificação do empreendimento:

Mina Ipê

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.

CNPJ: 22.902.554/0001-17

Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº

Brumadinho – MG – 35460-000

Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315

E-mail: casaipe@ipemineração.com

Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome: Cristiano Monteiro Parreiras

CPF: 030.102.416-23

Formação: Advogado

Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos

Telefone: (31) 99194-8589

E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

V. Identificação do empreendedor e do representante legal para contato:

Identificação do Empreendedor

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.

CNPJ: 22.902.554/0001-17

Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº

Brumadinho – MG – 35460-000

Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315

E-mail: casaipe@ipemineração.com

Identificação do Representante Legal do Empreendedor

Nome: Cristiano Monteiro Parreiras

CPF: 030.102.416-23

Formação: Advogado

Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos

Telefone: (31) 99194-8589

E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

VI. Identificação do responsável técnico pela barragem:

Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome: Welington Pereira Maximiano

Formação: Engenheiro Civil

Registro Nacional Profissional: 1411469151 (CREA-MG)

Cargo: Coordenador de Geotecnia

Telefone: (31) 3614-1840

E-mail: welington.maximiano@ipemineracao.com

VII. Identificação da equipe técnica responsável pelos projetos de descaracterização:

Nome: Elias Josafá Cota

Formação: Engenheiro Civil/Geotécnico

Responsabilidade no Estudo: Coordenador do Projeto

Registro Profissional: CREA-MG 1403750408

Nome: André Lins Machado Coelho

Formação: Engenheiro Geotécnico

Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos

Registro Nacional Profissional: CREA-MG 1404481770

Nome: Guilherme Pereira Pinto

Formação: Engenheiro Geotécnico

Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos

Registro Profissional: CREA-MG 2014352674

Nome: Mauro Verassani

Formação: Engenheiro Hidrólogo

Responsabilidade no Estudo: Estudos Hidráulicos

Registro Profissional: CREA-MG 1406671720

Nome: Guilherme de Freitas Roriz Lima

Formação: Engenheiro Geotécnico

Responsabilidade no Estudo: Edição do Relatório

Registro Profissional: CREA-MG 1015708625

VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.

Não Aplicável. A descaracterização encontra-se em fase de conclusão de projeto.

1.2 – Projeto de Descaracterização

I. Descrição suscinta da concepção do projeto adotada para descaracterização da barragem:

O projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê constitui a remoção completa da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório), além da remoção do rejeito antigo identificado em sua fundação. A remoção dos materiais será feita a partir de métodos e equipamentos convencionais de escavação, com utilização de escavadeira e caminhões para o transporte do rejeito escavado para as áreas de disposição disponíveis no empreendimento.

II. Alterações de projetos ocorridas no período de avaliação do relatório de acompanhamento, com respectivas justificativas:

O projeto executivo de descaracterização, estava sendo elaborado pela projetista DF+, passando, no segundo semestre de 2022 por mudança de projetista. Desta forma, os projetos foram reelaborados pela projetista Terracota Geotecnia, que detém significativo e diferenciado conhecimento histórico das estruturas, sendo a responsável pelas auditorias e pelo contrato do Engenheiro de Registro (EdR) da Barragem B1 – Mina Ipê.

De acordo com o projeto anterior, as obras de descaracterização durariam entre 3 a 4 anos nas condições atuais. A Terracota, entretanto, propôe tanto a redução do tempo de obras para 2 a 3 anos, quanto sua antecipação atrelada ao rebaixamento do nível freático da estrutura. A proposta eleva os níveis de segurança e antecipa a redução dos riscos associados simplesmente ao menor tempo de existência da barragem da vertente Brumadinho.

O projeto executivo, elaborado pela Terracota Geotecnia, foi concluído tempestivamente em 24/02/2023.

O quadro 8, abaixo, apresenta o cenário cronológico previsto para a descaracterização da estrutura.

Quadro 8 – Cenário cronológico da descaracterização.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.560.

Barragem B1 – Mina Ipê							
Cenário da descaracterização em um período estimado de 2 anos.							
	2023						Total Anual
Mês	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	
Volume (m³)	84.180	84.180	84.180	84.180	84.180	84.180	505.080
Total acumulado	84.180	168.360	252.540	336.720	420.900	505.080	
	2024						Total Anual
Mês	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	
Volume (m³)	93.960	93.960	93.960	93.960	93.960	93.960	563.760
Total acumulado	599.040	693.000	786.960	880.920	974.880	1.068.840	

III. Ações e obras preparatórias realizadas no período, tais como: realização de estudos, aquisição de equipamentos, construção de estruturas de contenção a jusante, por exemplo.

Não Aplicável. O projeto de descaracterização foi finalizado em 24/02/2023 e, desta forma, ainda não ocorreram ações preparatórias no período.

IV. Descrição dos riscos geológico geotécnicos associados, especificamente, na implantação do Projeto de descaracterização:

Premissas geológico geotécnicas

As três seções de análise a serem utilizadas no projeto de descaracterização foram definidas no documento de consolidação de dados (IPE.OP.RL.8000.GT.20.557), bem como os parâmetros de resistência dos materiais constituintes dos modelos numéricos.

- Entende-se que as investigações geológico geotécnicas de campo e laboratório são suficientes para desenvolvimento do projeto de descaracterização;

- Conforme Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela FEAM, independentemente da condição de estabilidade definida na etapa de diagnóstico, todos os projetos de descaracterização deverão considerar um fator de segurança maior ou igual a 1,3, para condições não drenadas de pico e 1,1 para a condição não drenada residual para o início das obras de descaracterização;

- Conforme diagnóstico realizado para a estrutura, na condição atual, não se atinge os fatores de segurança mencionados acima para ambas as condições. Desta forma, a fim de garantir os

fatores de segurança requeridos no Termo de Referência, é premissa do projeto de descaracterização o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis, de modo que estes não trabalhem em condição saturada. Esta medida elimina a possiblidade de ocorrência de carregamentos não drenados, pois uma das condições para tal, é que os materiais classificados como contráteis estejam saturados;

- A fim de monitorar e controlar a eficácia do rebaixamento do nível d'água, abaixo de camada de materiais classificados como contráteis, foi prevista a instalação de novos instrumentos (indicadores de nível d'água) que deverão servir de referência para permitir o início e/ou acionar a paralisação das obras. Os novos instrumentos serão instalados nas seções de controle B-B' e C-C', nas quais há ocorrência do material denominado de "rejeito antigo" na fundação, tendo em vista que este material foi classificado como contrátil;

- Para monitoramento de deslocamentos, tanto da barragem quanto da encosta existente na ombreira direita, será utilizada instrumentação de controle, existente e a ser instalada, como prismas, estação robótica, radar de superfície etc.

1.3 – Obras de Descaracterização e Aspectos Ambientais

Não Aplicável. O projeto de descaracterização foi finalizado em 24/02/2023 e, desta forma, as obras ainda não foram iniciadas.

1.4 – Assinaturas

Responsável técnico pelo projeto:

Assinado de forma digital por
ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.02.28 15:50:11 -03'00'

Elias Josafá Cota
Engenheiro Civil - CREA-MG 1403750408

Responsável técnico pelo acompanhamento das obras:

Não aplicável. Obras não iniciadas.

Responsável técnico pelas estruturas:



Welington Pereira Maximiano
Engenheiro Civil - CREA-MG 1411469151

Responsável pelo relatório técnico no período avaliado:



Mariângela Mazzei Sucena
Geóloga - CREA-MG 2000351409

1.5 – ANEXOS – ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

ART – Elaboração do Relatorio

MOVIMENTAÇÃO DO PROCESSO (ANEXO)

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231873910

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

MARIANGELA MAZZEI SUCENA
Título profissional: **GEÓLOGA**
RNP: **2000351409**
Registro: **RJ2006149056D MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Morro do Ipê Mineração S/A**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA FERNÃO DIAS
Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520**
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **MMI-GSU-002350**
Celebrado em:
Valor: **R$ 5.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA FERNÃO DIAS
Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520**
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**
Data de Início: **27/02/2023**
Previsão de término: **27/03/2023**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade:
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **Morro do Ipê Mineração S/A**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração 29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização da barragem de rejeitos de mineração denominada B1 ? Mina Ipê (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.658), atendendo aos itens 3.1, 3.3 e 3.4, Cláusula III do Termo de Compromisso - TC (MPMG,SEMAD/FEAM, ANM), que determina a apresentação pela compromissária, Mineração Morro do Ipê S/A, de relatórios trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

6. Declarações

- A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SINGEO-MG - Sindicato dos Geólogos no Estado de Minas Gerais

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: 5ZzZx
Impresso em: 27/02/2023 às 18:47:53 por: , ip: 200.25.56.70

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 031 2732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

MOVIMENTAÇÃO DO PROCESSO (ANEXO)

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231873910

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Brumadinho, 27 de Fevereiro de 2023
Local data

MARIANGELA MAZZEI SUCENA - CPF: 011.274.657-83
MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Dados: 2023.02.27 19:32:17 -03'00'

Morro do Ipê Mineração S/A - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 96,62** Registrada em: **27/02/2023** Valor pago: **R$ 96,62** Nosso Número: **8600969693**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: 5ZzZx
Impresso em: 27/02/2023 às 18:47:54 por: , ip: 200.25.56.70

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 031 2732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

ART – Projeto de Descaracterização

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231866125

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA BR-381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**
Celebrado em:
Valor: **R$ 210.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381 , KM 520
Nº: **00**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**
Data de Início: **09/01/2023**
Previsão de término: **31/03/2023**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **AMBIENTAL**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração 80 - Projeto > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1 - MINA IPÊ.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.02.23 10:03:35 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15
MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Dados: 2023.02.24 08:31:37 -03'00'

BELO HORIZONTE 23 de FEVEREIRO de 2023
Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: bABA5
Impresso em: 23/02/2023 às 09:58:56 por: , ip: 200.25.56.70

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 031 2732 Fax:

CREA-MG
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

2 – Equipe Responsável

Empresa responsável por este relatório		
Razão social:	Geoprime Engenharia e Meio Ambiente Ltda.	Tel.: + (55) (21) 3417-6786
CNPJ:	05.968.895/0001-76	
Site: http://www.geoprime.com.br Estrada do Guanumbi, 685 - Freguesia – Jacarepaguá Rio de Janeiro - RJ - CEP 22745-200		

Equipe que participou da elaboração deste documento e responsabiliza-se tecnicamente por suas respectivas áreas		
Técnico	**Área de Atuação**	**Responsabilidade no projeto**
Mariângela Sucena	Geóloga-Mineração	Elaboração
João Prado	Geólogo-Mineração	Coordenação/Revisão



- FEVEREIRO DE 2025
  18_IPE.OP.RL.8000.GT.20.1133_r0_B1 Auxiliar
  17_MG20253733461_ART_TRI_B2TTeB1AUX_assinado_MMI

- NOVEMBRO DE 2024
  16_IPE.OP.RL.8000.GT.20.1063_r0_B1 Auxiliar
  15_MG20243525023_ART_TRI_B2TTeB1AUX

- AGOSTO DE 2024
  14_IPE.OP.RL.8000.GT.20.1030_r0_B1 Auxiliar.pdf
  13_MG20232407570_ART Proj Descaract
  12_MG20243273936_ART Trim mai jul_B2 e B1aux

- MAIO DE 2024
  11_IPE.OP.RL.8000.GT.20.962_r0
  10_MG20232407570_ART Proj Descaract B1Aux
  09_MG20243023009_ART B2 e B1aux

- FEVEREIRO DE 2024
  08_IPE.OP.RL.8000.GT.20.921_r1
  07_MG20242780617_ART B1Aux e B2TT_Assindada

- NOVEMBRO DE 2023
  06_IPE.OP.RL.8000.GT.20.787_r0_B1 Auxiliar_NOV23
  05_MG20232407570_ART Descaract B1Aux_NOV23
  04_MG20232563588_ART B1Aux e B2TT_NOV23

- AGOSTO DE 2023
  03_IPE.OP.RL.8000.GT.20.750_Trimestral_B1_Aux_AGO23

- MAIO DE 2023
  02_IPE.OP.RL.8000.GT.20.698_Trimestral_B1_Aux_MAI23

- FEVEREIRO DE 2023
  01_IPE.OP_.RL_.8000.GT_.20.659_B1_Aux_TT_FEV23

Informação Pública

BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12825-R-BA-RL-36-GE_r0

FEVEREIRO 2025

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12824-R-BA-RL-36-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.1133

BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00				
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X					26	X					51	X					76	X				
2	X					27	X					52	X					77	X				
3	X					28	X					53	X					78	X				
4	X					29	X					54	X					79	X				
5	X					30	X					55	X					80	X				
6	X					31	X					56	X					81	X				
7	X					32	X					57	X					82	X				
8	X					33	X					58	X					83	X				
9	X					34	X					59	X					84	X				
10	X					35	X					60	X					85	X				
11	X					36	X					61	X					86	X				
12	X					37	X					62	X					87	X				
13	X					38	X					63	X					88	X				
14	X					39	X					64	X					89	X				
15	X					40	X					65	X					90	X				
16	X					41	X					66	X					91	X				
17	X					42	X					67	X					92	X				
18	X					43	X					68	X					93	X				
19	X					44	X					69	X					94	X				
20	X					45	X					70	X					95	X				
21	X					46	X					71	X					96	X				
22	X					47	X					72	X					97	X				
23	X					48	X					73	X					98	X				
24	X					49	X					74	X					99	X				
25	X					50	X					75	X					100	X				

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	24/02/2025						
EXECUTADO	GFL						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12824-R-BA-RL-36-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.1133

BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc						Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
101	X					126	X					151						176					
102	X					127	X					152						177					
103	X					128	X					153						178					
104	X					129	X					154						179					
105	X					130	X					155						180					
106	X					131	X					156						181					
107	X					132	X					157						182					
108	X					133	X					158						183					
109	X					134	X					159						184					
110	X					135	X					160						185					
111	X					136	X					161						186					
112	X					137	X					162						187					
113	X					138	X					163						188					
114	X					139	X					164						189					
115	X					140	X					165						190					
116	X					141	X					166						191					
117	X					142	X					167						192					
118	X					143	X					168						193					
119	X					144	X					169						194					
120	X					145						170						195					
121	X					146						171						196					
122	X					147						172						197					
123	X					148						173						198					
124	X					149						174						199					
125	X					150						175						200					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	24/02/2025						
EXECUTADO	GFL						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

SUMÁRIO

1. Introdução 5
2. Documentos de referência 6
3. Códigos e Normas 7
4. Ficha Técnica do Empreendimento 8
4.1 Identificação do Empreendedor 8
4.2 Identificação do Empreendimento 8
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 8
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 8
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 8
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.8 Localização da Barragem 9
4.9 Função atual 10
4.10 Características Gerais 10
4.11 Classificação da Barragem 14
5. Projeto de Descaracterização 19
5.1 Descrição do Projeto 20
5.2 Alterações de Projeto 26
5.3 Atividades Complementares 26
5.3.1 Instalação de Barreira *New Jersey* 26
5.4 Cronograma 27
5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos 30
5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado 30
5.6.1 Inspeções de Campo 30
5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções 30
5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem 32
5.6.3.1 Leituras Instrumentação 48
5.6.4 Análise de Estabilidade 86
5.6.4.1 Premissas adotadas nas Simulações 86
5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem 89
5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática 94
5.6.4.4 Parâmetros de Resistência 97
5.6.4.5 Resultados 100
5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 136
5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 136

5.9 Rotina de Monitoramento 138
6. Obras de Descaracterização 138
7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 139
8. Assinaturas 143
9. Anexos 144

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico**, referente ao trimestre compreendido entre Novembro/2024 e Janeiro/2025, elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico, o qual foi emitido em setembro de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

Apesar de o projeto executivo ter sido emitido em setembro de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico não foram iniciadas até o momento.

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.761_r1 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Dezembro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.762_r1 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Dezembro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.763_r1 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Dezembro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.764_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Especificação Técnica. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Dezembro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.765_r1 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Dezembro/2024;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.760_r1 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.784_r1 e IPE.OP.DE.8000.GT.20.1027_r0 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.1031_r0 – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Dezembro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.554_r3 – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.999_r1 - Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragens – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – FEAM – 2º Semestre de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Agosto/2024.

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784/2019 - Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2024 – Estabelece os requisitos para elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reserva de água.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório
Mateus Carlos de Almeida	Eng. Hídrico	1410501485	Revisão dos estudos Hidrológicos e hidráulicos

4.8 Localização da Barragem

A Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Igarapé-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 574.430m E e 7.776.830m N. A estrutura situa-se a jusante da Barragem B2 – Mina Tico-Tico (B2TT) e a montante da estrutura descaracterizada, denominada Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico (B1 Tico-Tico).

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

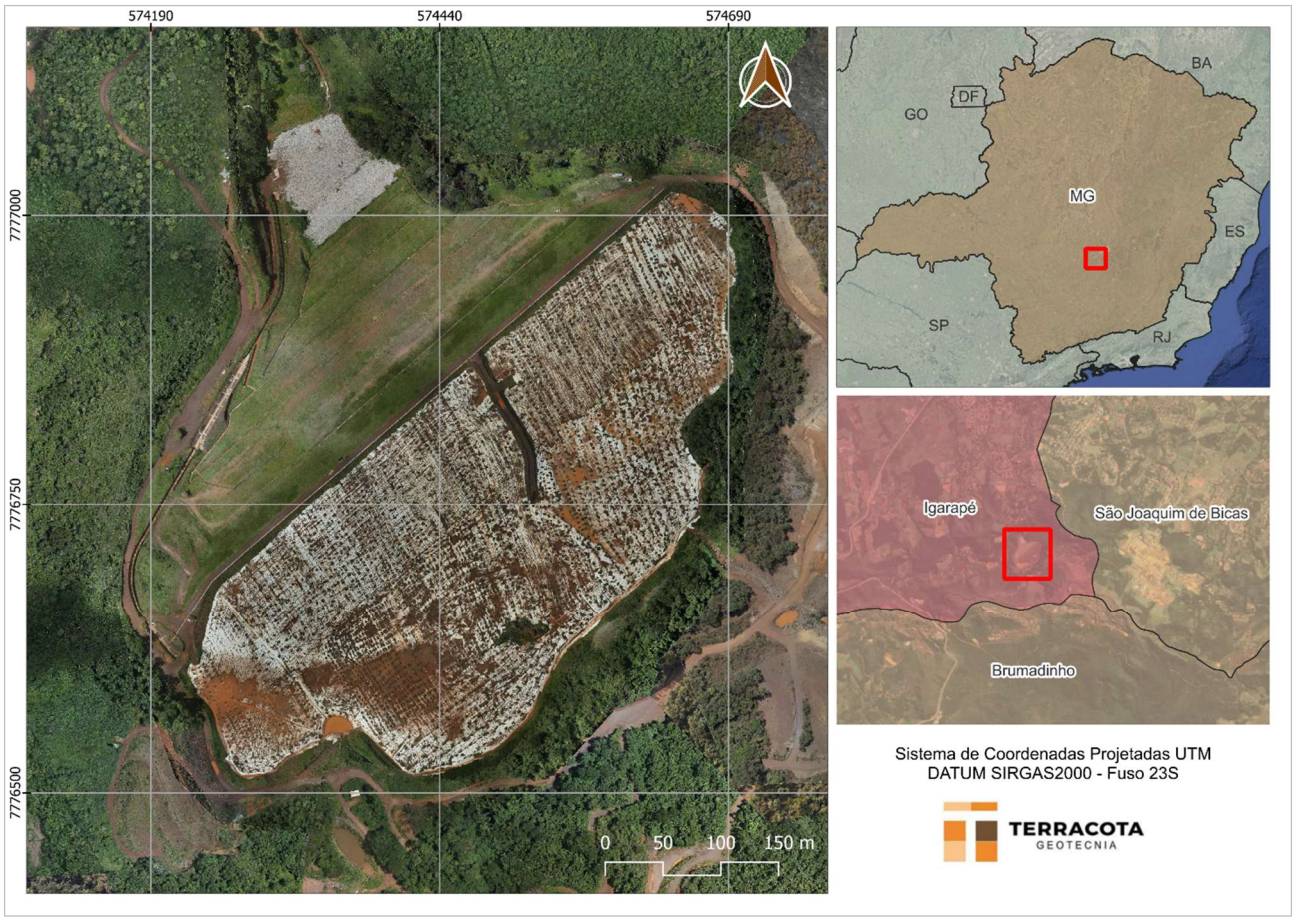


Figura 4.1 – Localização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

4.9 Função atual

As funções da barragem englobavam: a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte, conforme amostragem e ensaios de solubilização e de lixiviação realizados pela empresa Terra Consultoria e Análises Ambientais Ltda. e apresentados nos Relatórios de Ensaios nº 8011/2021, 8019/2021, 8027/2021 e 8035/2021.

O lançamento de rejeitos na barragem foi paralisado em janeiro de 2019. A tubulação de rejeito e os espigotes foram removidos e a estrutura encontra-se descomissionada e desativada conforme consta na Resolução ANM n°95/2022, Art. 2º VIII.a e IX e no Art. 3º do Decreto Estadual 48.140/2021, a operação de disposição de rejeitos não será retomada.

4.10 Características Gerais

A Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico foi construída em 7 (sete) etapas, sendo o maciço inicial na El. 963,0 m, um alteamento a jusante na El. 983,0 m e cinco alteamentos a montante até a elevação final 1.011,00 m.

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.1, atualizadas a partir dos levantamentos topográficos IPE.OP.DF.8000.GT.20.008.A_R1.dwg e IPE.OP.DF.8000.GT.20.024.B.dwg, sendo que a Figura 4.2 apresenta a imagem de satélite da estrutura e a Figura 4.3 apresenta a seção C-C' de maior altura da barragem.

Tabela 4.1 – Principais características da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico
Código FEAM	402
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'12.700" Longitude: -44°17'17.500"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	574.430m E / 7.776.830m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	2007
Ano de Início de Operação	2007
Ano de Término de Operação	2019
Ano de Término de Descaracterização	2028 (previsão)
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (projeto)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total = Reservatório + maciços (m³)	4.258.447 (*)
Capacidade total do reservatório (m³)	3.116.656 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	2.659.653 (*)
Área do reservatório (m²)	139.000
Elevação do coroamento (m)	1.011,0
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	930,0
Altura atual da barragem (m)	81,0
Extensão do coroamento (m)	570,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, mínimo de 3,0
Alteamentos realizados e métodos empregados;	Alteamentos a jusante e a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6º)
Inclinação talude de montante	2,0(H):1(V) (32º)
Elevação do NA normal do reservatório – Soleira do extravasor operacional (m)	1.007,00
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.010,00
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.010,30
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	1,00 (1,38)**
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,70 (1,08)**
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	5,10
Descarga do vertedouro (PMP) (m³/s)	9,72
Capacidade de descarga do vertedouro (m³/s)	22,00
Área da bacia de contribuição (km²)	1,023

(*) Volumes obtidos da análise e interpretação dos levantamentos topográficos de "As Built" das diversas etapas construtivas e do levantamento de ocupação atual do reservatório (IPE.OP.DF.8000.GT.20.008.A_R1.dwg).
(**) Valores considerando a instalação da barreira *New Jersey*, a partir de levantamento fornecido pela MMI (NEW JERSEY-B1-AUX_18FEV25.dwg).



Figura 4.2 – Imagem da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.
(Fonte: Ortofoto MMI – Janeiro/2025).

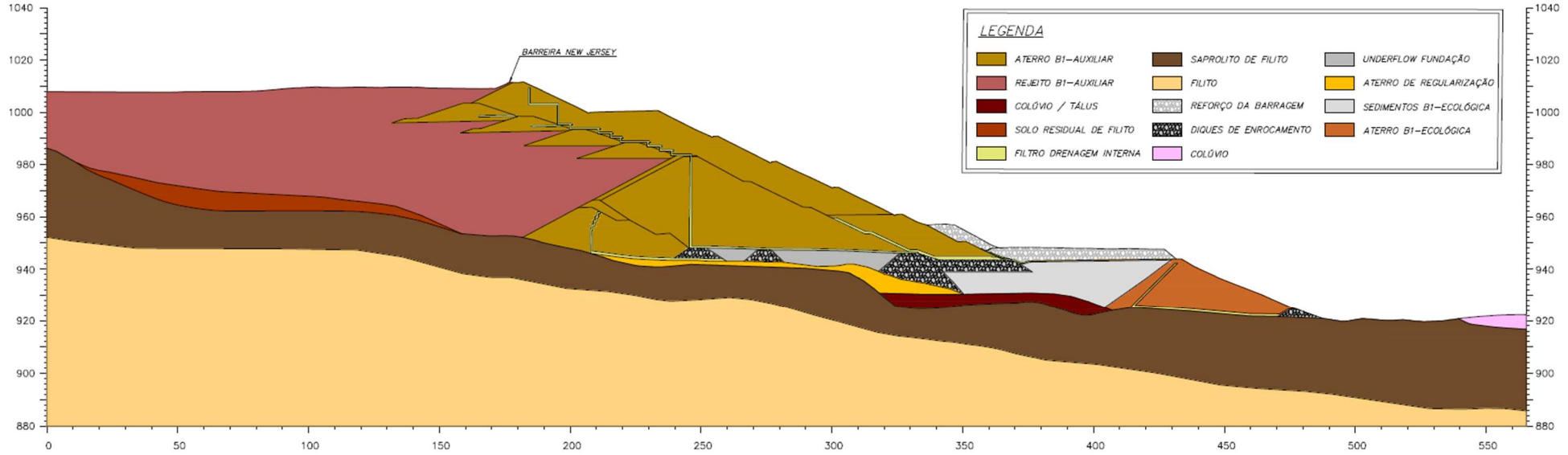


Figura 4.3 – Seção de maior altura C-C’ da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico** foi classificada, conforme RTESB referente ao 2º semestre/2024 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.999), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.2 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**19**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.3 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	5
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**23**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.4 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.5 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 0				

Tabela 4.8 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO **(Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
PDA = Σ (a até d) = 23			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de contrapilhamento da estrutura (aterro de reforço) até o nível do coroamento com estéril rochoso (enrocamento de itabirito compacto), o preenchimento e a regularização do reservatório com rejeito filtrado e a selagem da superfície final com solo argiloso;
- Os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,3) e não drenado liquefeito (FS≥1,1) já são atendidos em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização. Considerando a superfície freática atual, o fator de segurança exigido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,5), a ser obtido ao final das obras de descaracterização, também já são atendidos em todas as seções;
- O projeto de descaracterização foi concebido para ser executado em quatro etapas macro: sendo a primeira com a construção do canal extravasor/condutor pela ombreira esquerda; a segunda etapa compreende a regularização do reservatório com rejeito filtrado, a selagem da superfície final com solo argiloso e construção do canal de coleta sobre o reservatório; a terceira etapa consiste no tamponamento do sistema extravasor operacional; e a quarta etapa se resume na construção do aterro de reforço com enrocamento até o nível do coroamento;
- As etapas estão previstas para serem executadas principalmente durante os períodos secos, com duração mínima de 6 meses (abril a setembro), podendo se estender em função das condições climáticas e fase da obra desde que haja tempo hábil para atender as premissas de conclusão de cada etapa e não comprometa a condição de segurança da barragem;
- Caso seja necessário ampliar o prazo total de execução das obras ou realizar adequações criando outras fases intermediárias, tais condições deverão ser reavaliadas caso a caso e, se necessário, com elaboração de estudos e projetos específicos de forma a atender as exigências normativas vigentes à época;
- O projeto considera que as escavações para tratamento de fundações e a execução dos aterros será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas, tratores de esteira, motoniveladoras e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O volume total geométrico de aterro previsto para execução do reforço da estrutura, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.229.140 m³;
- O projeto de descaracterização abrange exclusivamente a área da barragem, ombreiras e o reservatório;
- Os acessos projetados consideraram rampa máxima de 12%. Os acessos existentes nas

áreas adjacentes à estrutura já se mostraram com capacidade operacional tendo em vista as diversas etapas construtivas da barragem e, mais recentemente, no uso desses acessos para a construção dos aterros de reforço com enrocamento;

- A superfície final do reservatório deverá receber camada impermeabilizante (selo) de solo argiloso, preferencialmente laterítico, compactado em camadas de no máximo 25 cm de material solto até obter espessura final mínima de 50 cm, grau de compactação de 98% do PN e ter as declividades indicadas no projeto de forma a direcionar os fluxos incidentes nesta superfície para o canal de condutor;

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico se constitui basicamente no contrapilhamento da estrutura (aterro de reforço) até o nível do coroamento com estéril rochoso (enrocamento de itabirito compacto), o preenchimento e a regularização do reservatório com rejeito filtrado e com selagem da superfície final com solo argiloso, além da construção do canal de desvio (canal de contorno) da drenagem superficial que não permitirá a formação de lago na estrutura e, por fim, o tamponamento do extravasor operacional.

A execução das obras que envolvem escavações e aterro poderá ser realizado a partir de métodos e equipamentos convencionais de terraplenagem, com utilização de escavadeiras hidráulicas, tratores de esteira e caminhões para o transporte dos materiais.

Durante as etapas de regularização do reservatório, os fluxos incidentes e de contribuições de nascentes continuarão a ser direcionados para o sistema extravasor operacional utilizando os canais de contorno existentes. Também deverá ser mantido em condições de uso o sistema de bombeamento existente junto à margem esquerda, com capacidade para direcionar as águas para o interior do sistema extravasor operacional.

As escavações para construção do canal sobre o reservatório serão realizadas em camadas com aproximadamente 2,0 m de espessura que se estendem por toda a largura da área a ser descaracterizada. A escavação será feita a partir das proximidades do emboque do sistema extravasor de emergência (ombreira esquerda) avançando em direção ao fundo do reservatório. Transversalmente ao reservatório, a superfície será regularizada com 0,5% de declividade a partir do coroamento e das margens em direção ao canal.

Não se espera problemas construtivos para a execução dessas escavações, tanto em função da posição da superfície freática indicada pela instrumentação de controle, quanto pela experiência

recente para a impermeabilização do reservatório com lona de PEBD, quando não se verificou qualquer dificuldade para o tráfego da motoniveladora durante a realização da regularização da superfície. Ressalta-se ainda que a maior parte da escavação prevista será executada no aterro de regularização do reservatório.

Caso se verifique, em qualquer camada, que o rejeito se encontra com elevada saturação comprometendo o andamento dos serviços (escavação e tráfego de caminhões), deverá ser executada inicialmente uma vala longitudinal principal de forma a desaguar o rejeito. Esta vala deverá ter declividade mínima (0,5%) que direcione o fluxo em direção a um *sump* operacional onde deverá ser instalado sistema de bombeamento.

Os taludes das escavações no rejeito para a construção do canal deverão ter inclinação correspondente a 3H:1V.

Em termos gerais, o projeto de descaracterização será realizado em quatro etapas macro compreendendo:

- **Etapa 1** – Construção da estrutura em concreto armado do canal extravasor ao longo da ombreira esquerda da barragem;
- **Etapa 2** – Conformação e drenagem da área do reservatório. Envolve a regularização da superfície com aterro de rejeito filtrado, a escavação para construção do canal principal e canais secundários e interligação com o trecho em concreto, execução de selo com solo argiloso, revestimento dos canais sobre o reservatório com gabiões colchão;
- **Etapa 3** – Tamponamento do sistema extravasor operacional;
- **Etapa 4** – Execução do aterro de reforço. Abrange também a realização de supressão vegetal, tratamento das fundações e construção de dispositivo de drenagem interna. A construção do aterro de reforço está prevista para ser executada em um período de 3 (três) anos – 2026 a 2028.

As etapas macro 1, 2 e 4 do projeto de descaracterização descritas acima são representadas respectivamente na Figura 5.1, Figura 5.2 e Figura 5.3.

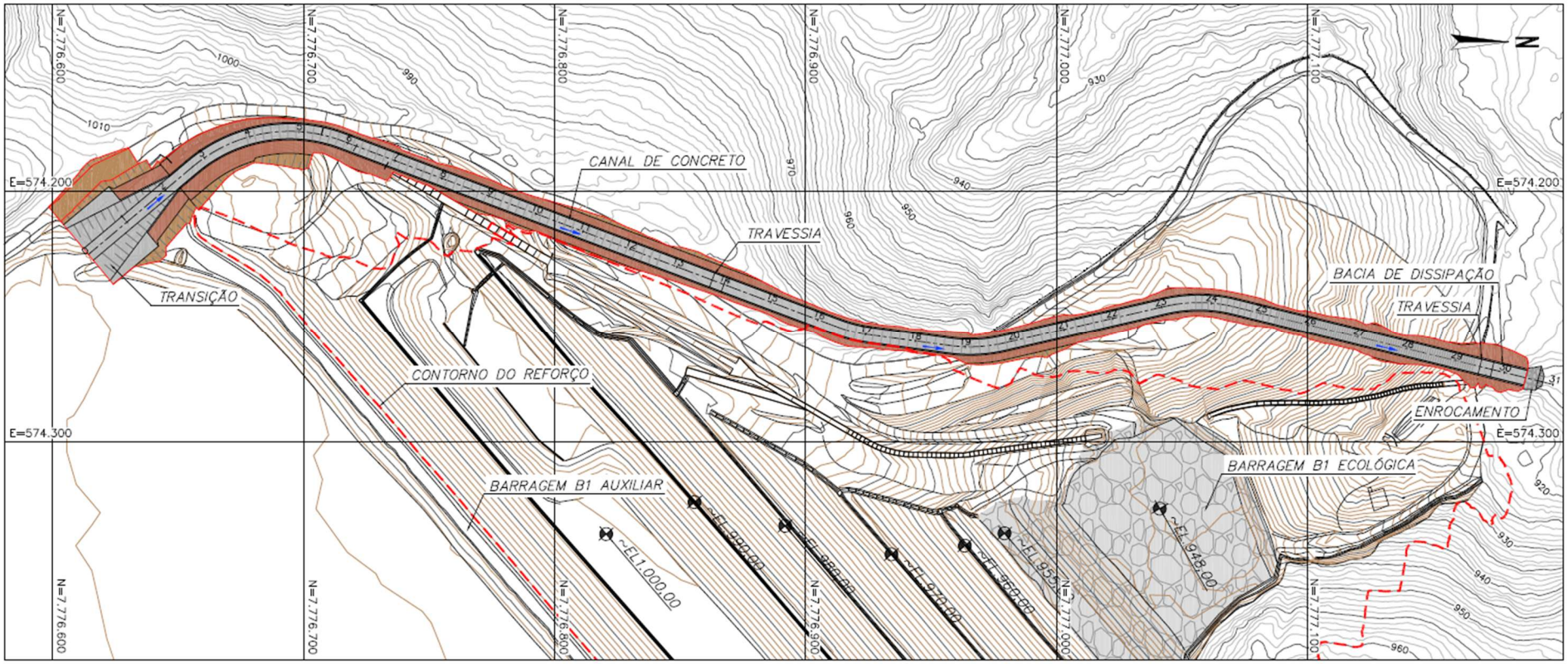


Figura 5.1 – Etapa 1 – Construção do canal na ombreira esquerda.

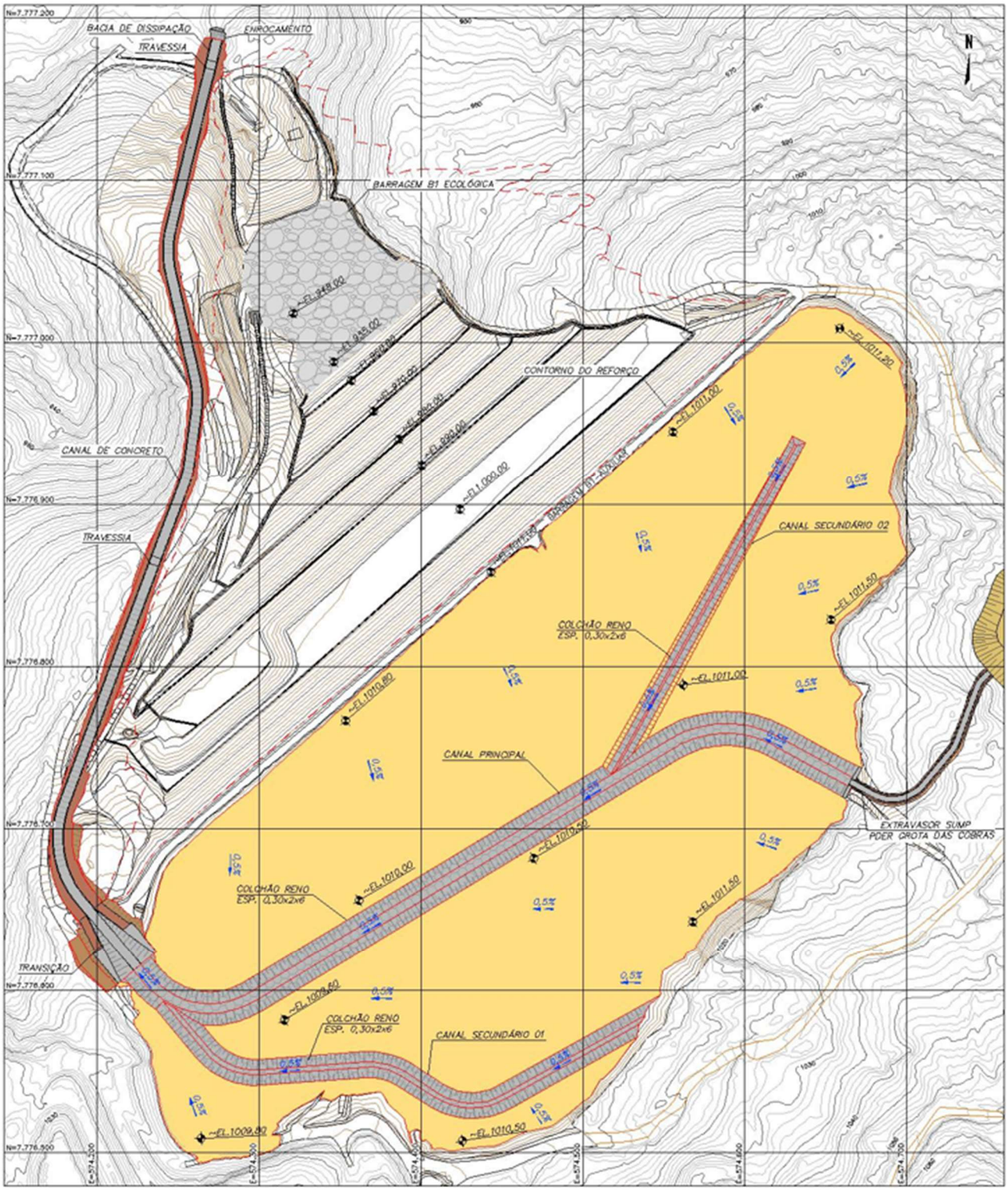


Figura 5.2 – Etapa 2 – Conformação e drenagem da área do reservatório.

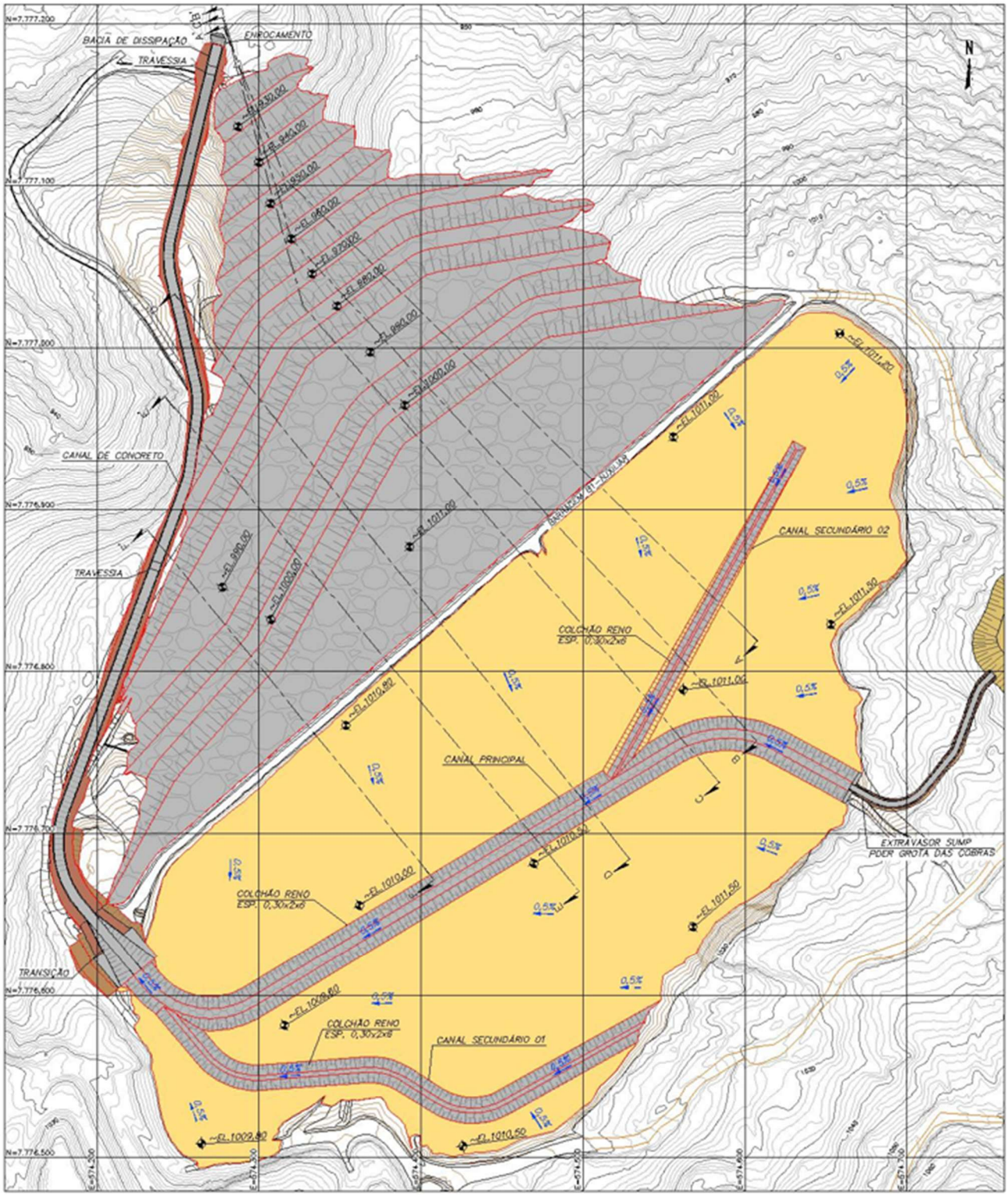


Figura 5.3 – Etapa 4 (Condição Final) – Execução do aterro de reforço.

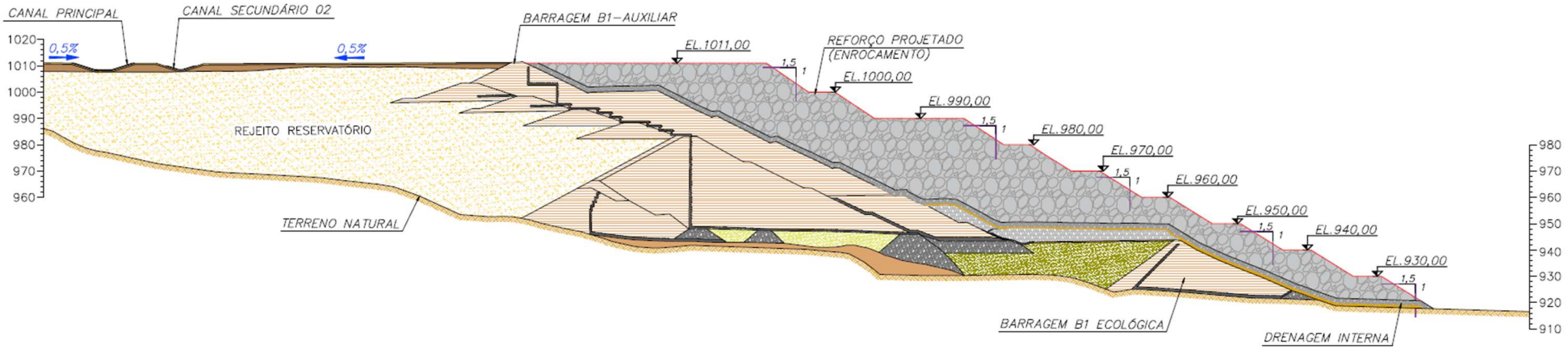


Figura 5.4 – Seção transversal C-C' após a conclusão das obras de descaracterização.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização, porém os documentos passaram por revisão de modo a atender comentários, os quais foram emitidos em dezembro de 2024.

5.3 Atividades Complementares

A seguir são apresentadas algumas atividades executadas no período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025), não relacionadas diretamente ao projeto de descaracterização, que foram realizadas de modo a melhorar a condição da estrutura e atender recomendações apresentadas em relatórios de auditoria.

5.3.1 Instalação de Barreira *New Jersey*

Na 2ª quinzena de novembro/2024, foi iniciada a implantação de barreira rígida do tipo *New Jersey* no coroamento da estrutura, de modo a atender recomendação presente na auditoria referente ao 2º semestre/2024 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.999). Tal recomendação foi indicada de modo a melhorar a segurança hidráulica e garantir uma borda livre mínima de 1,00 m, conforme preconiza as boas práticas de engenharia e a norma ABNT NBR 13.028/2024, para estruturas cujo mapa de inundação contemple a existência de comunidade na ZAS.

Foram adquiridas barreiras pré-moldadas em concreto (fck = 25 MPa) nas dimensões: 41 cm (altura) x 61 cm (largura) x 200 cm (comprimento) e estão sendo apoiadas sobre o coroamento próximo à crista de montante. As barreiras foram instaladas em sua posição final, porém ainda é necessária concluir a vedação entre as peças pré-moldadas.



Foto 5.1 – Vista da crista com a implantação das barreiras *New Jersey*.



Foto 5.2 – Detalhe da barreira *New Jersey.*

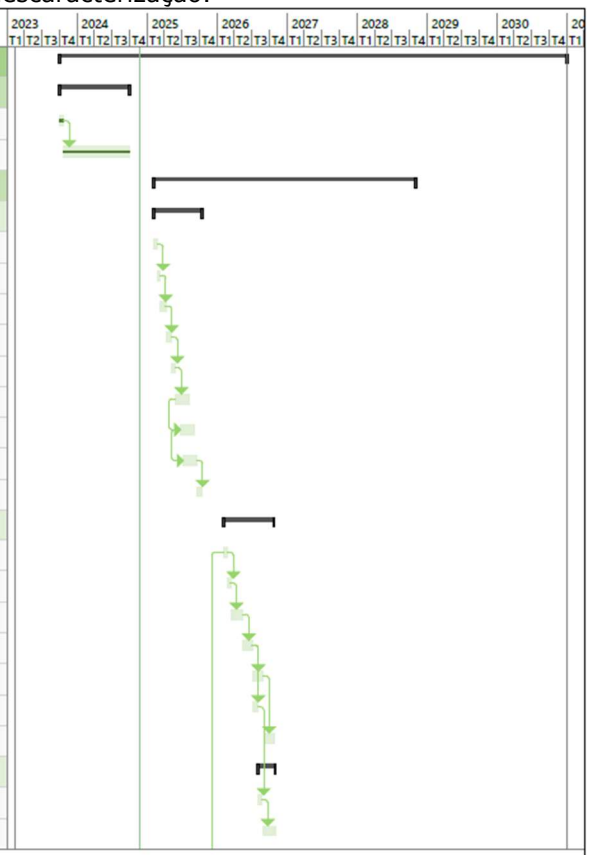
5.4 Cronograma

Na Figura 5.5 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico considerando desde os serviços preliminares, as obras de descaracterização propriamente dito e o período pós-obras de monitoramento ativo.

Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.

Figura 5.5 – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.

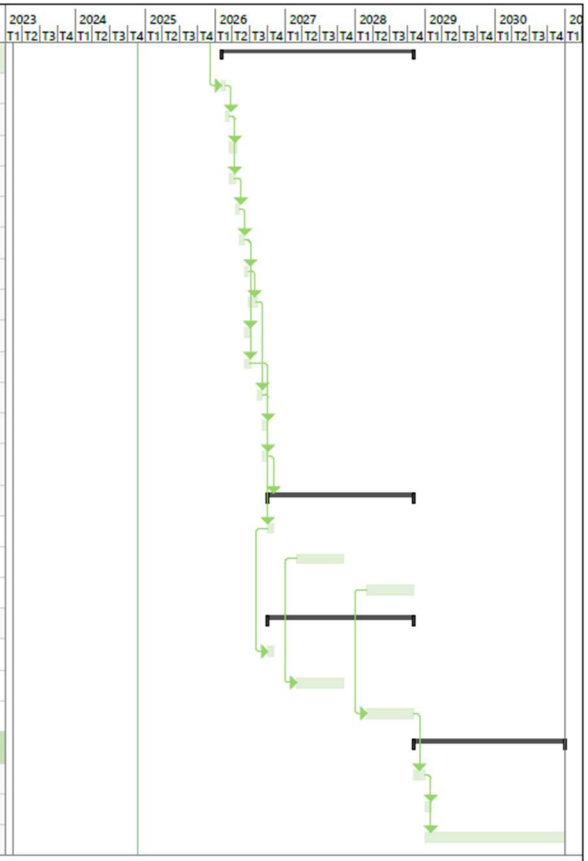
Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1	**DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B1 AUXILIAR - MINA TICO-TICO**	**1892 dias**	**Seg 02/10/23**	**Ter 31/12/30**
2	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**261 dias**	**Seg 02/10/23**	**Seg 30/09/24**
3	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 02/10/23	Sex 20/10/23
4	IMPERMABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓRIO	246 dias	Seg 23/10/23	Seg 30/09/24
5	**DESCARACTERIZAÇÃO**	**977 dias**	**Seg 03/02/25**	**Ter 31/10/28**
6	**ETAPA 1 - CONSTRUÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR**	**182 dias**	**Seg 03/02/25**	**Ter 14/10/25**
7	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 03/02/25	Sex 21/02/25
8	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	10 dias	Seg 24/02/25	Sex 07/03/25
9	SUPRESSÃO VEGETAL	21 dias	Seg 10/03/25	Seg 07/04/25
10	ESCAVAÇÕES	21 dias	Ter 08/04/25	Ter 06/05/25
11	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES	15 dias	Qua 07/05/25	Ter 27/05/25
12	POSICIONAMENTO DE FORMAS E ARMADURAS	50 dias	Qua 28/05/25	Ter 05/08/25
13	CONCRETAGEM	50 dias	Ter 24/06/25	Seg 01/09/25
14	REMOÇÃO DE FORMAS	50 dias	Ter 08/07/25	Seg 15/09/25
15	REATERRO COMPACTADO PARA RECOMPOSIÇÃO DAS ESCAVAÇÕES EXTRAS	21 dias	Ter 16/09/25	Ter 14/10/25
16	**ETAPA 2 - CONFORMAÇÃO E DRENAGEM DO RESERVATÓRIO**	**190 dias**	**Seg 02/02/26**	**Sex 23/10/26**
17	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	16 dias	Seg 02/02/26	Seg 23/02/26
18	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	11 dias	Ter 24/02/26	Ter 10/03/26
19	REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE COM ATERRO DE REJEITO FILTRADO	46 dias	Qua 11/03/26	Qua 13/05/26
20	ESCAVAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO DO CANAL PRINCIPAL E CANAIS SECUNDÁRIOS	36 dias	Qui 14/05/26	Qui 02/07/26
21	IMPLANTAÇÃO DE CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓ	41 dias	Sex 03/07/26	Sex 28/08/26
22	IMPLANTAÇÃO DE MANTA CIMENTÍCIA NA BASE DOS CANAIS	21 dias	Sex 03/07/26	Sex 31/07/26
23	REVESTIMENTO DOS CANAIS COM GABIÕES COLCHÃO	40 dias	Seg 31/08/26	Sex 23/10/26
24	**ETAPA 3 - TAMPONAMENTO DO SISTEMA EXTRAVASOR OPERACIONAL**	**65 dias**	**Seg 03/08/26**	**Sex 30/10/26**
25	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 03/08/26	Sex 21/08/26
26	TAMPONAMENTO DO CANAL EXTRAVASOR OPERACIONAL	50 dias	Seg 24/08/26	Sex 30/10/26



Projeto: Descaracterização
Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico

Tarefa	Resumo Inativo	Tarefas externas
Divisão	Tarefa Manual	Marco externo
Marco	Somente duração	Data limite
Resumo	Acúmulo de Resumo Manual	Andamento
Resumo do projeto	Resumo Manual	Progresso manual
Tarefa Inativa	Somente início	
Marco Inativo	Somente término	

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
27	**ETAPA 4 - EXECUÇÃO DO ATERRO DE REFORÇO**	**717 dias**	**Seg 02/02/26**	**Ter 31/10/28**
28	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 02/02/26	Sex 20/02/26
29	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	15 dias	Seg 23/02/26	Sex 13/03/26
30	REABERTURA DE ACESSOS OPERACIONAIS NA OMBREIRA DIREITA	30 dias	Seg 16/03/26	Sex 24/04/26
31	REALIZAÇÃO DE SUPRESSÃO VEGETAL	21 dias	Seg 16/03/26	Seg 13/04/26
32	REMOÇÃO DE CAMADA DE SOLO VEGETAL	15 dias	Ter 14/04/26	Seg 04/05/26
33	ESCAVAÇÕES PARA TRATAMENTO DAS FUNDAÇÕES	21 dias	Ter 05/05/26	Ter 02/06/26
34	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES	15 dias	Qua 03/06/26	Ter 23/06/26
35	CONSTRUÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM INTERNA	30 dias	Qua 24/06/26	Ter 04/08/26
36	PREENCHIMENTO DO SISTEMA EXTRAVASOR ATUAL COM ENROCAMENTO LIMPO	21 dias	Qua 03/06/26	Qua 01/07/26
37	DEMOLIÇÃO DO TRECHO DO SISTEMA EXTRAVSOR ATUAL COMPOSTO POR ADUELAS	21 dias	Qua 03/06/26	Qua 01/07/26
38	EXECUÇÃO DE CAMADA DE TRANSIÇÃO SOBRE O REFORÇO EXISTENTE	21 dias	Qua 05/08/26	Qua 02/09/26
39	EXECUÇÃO DE ACESSOS CONSTRUTIVOS SOBRE A ESTRUTURA DA BARRAGEM	21 dias	Qui 03/09/26	Qui 01/10/26
40	EXECUÇÃO DE PROTEÇÃO DAS SUPERFÍCIES EXPOSTAS COM ESTÉRIL ROCHOSO D50 = 150MM	21 dias	Qui 03/09/26	Qui 01/10/26
41	**EXECUÇÃO DO ATERRO DE REFORÇO COM BLOCOS DE ITABIRITO COMPACTO**	**543 dias**	**Sex 02/10/26**	**Ter 31/10/28**
42	ANO 1	21 dias	Sex 02/10/26	Sex 30/10/26
43	ANO 2	174 dias	Ter 02/03/27	Sex 29/10/27
44	ANO 3	174 dias	Qui 02/03/28	Ter 31/10/28
45	**PROLONGAMENTO DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE**	**543 dias**	**Sex 02/10/26**	**Ter 31/10/28**
46	ANO 1	21 dias	Sex 02/10/26	Sex 30/10/26
47	ANO 2	174 dias	Ter 02/03/27	Sex 29/10/27
48	ANO 3	174 dias	Qui 02/03/28	Ter 31/10/28
49	**PÓS-OBRA**	**565 dias**	**Qua 01/11/28**	**Ter 31/12/30**
50	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	43 dias	Qua 01/11/28	Sex 29/12/28
51	DESMOBILIZAÇÃO	23 dias	Seg 01/01/29	Qua 31/01/29
52	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	522 dias	Seg 01/01/29	Ter 31/12/30



Projeto: Descaracterização
Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico

Tarefa	Resumo Inativo	Tarefas externas
Divisão	Tarefa Manual	Marco externo
Marco	Somente duração	Data limite
Resumo	Acúmulo de Resumo Manual	Andamento
Resumo do projeto	Resumo Manual	Progresso manual
Tarefa Inativa	Somente início	
Marco Inativo	Somente término	

5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Conforme consolidação de dados (IPE.OP.RL.8000.GT.20.761), na estrutura da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico há materiais que possuem potencial de liquefação, os quais são: rejeitos do reservatório, underflow da fundação e sedimentos no reservatório da B1 Ecológica – Mina Tico-Tico. Porém, os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,3) e não drenado liquefeito (FS≥1,1) já são atendidos em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização. Considerando a superfície freática atual, o fator de segurança exigido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,5), a ser obtido ao final das obras de descaracterização, também já são atendidos em todas as seções.

5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, aguardando avaliação da documentação do projeto pela FEAM e empresas parceiras. Atualmente o fator de segurança não-drenado liquefeito é superior ao valor mínimo recomendado pela TR FEAM de descaracterização (1,1), em todas as seções avaliadas. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura em relação às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

5.6.1 Inspeções de Campo

Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de avaliação quinzenal de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, indicação das anomalias verificadas e análises de estabilidade da estrutura.

5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (novembro/2024 a janeiro/2025).

Tabela 5.1 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – 1ª quinzena de nov./2024 a 2ª quinzena de jan./2025.

ID	ANOMALIA	Novembro/2024		Dezembro/2024		Janeiro/2025	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS/CUPINZEIROS NO TALUDE DE JUSANTE						
03	PONTOS DE ACÚMULO DE ÁGUA NAS CANALETAS DAS BERMAS						
04	PONTOS COM VEGETAÇÃO ARBUSTIVA NOS TALUDES	-	-	-	-		
05	PRESENÇA DE GALHOS E ENTULHO NO EMBOQUE DO SISTEMA EXTRAVASOR OPERACIONAL	-	-	-			
07	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NAS CAIXAS DE PASSAGEM DA DESCIDA D'ÁGUA DA OMBREIRA DIREITA		-	-			
08	PONTOS DE ACÚMULO DE ÁGUA NAS BERMAS		-	-			
11	PROCESSO EROSIVO NA OMBREIRA ESQUERDA	-	-	-	-		
15	PRESENÇA DE ANIMAIS NA ÁREA DA BARRAGEM (MACIÇO OU RESERVATÓRIO)						
20	PONTOS DE ACÚMULO DE ÁGUA NO COROAMENTO		-	-	-		
30	VEGETAÇÃO ALTA NO TALUDE DE JUSANTE	-	-	-	-		
41	MATERIAL PROVENIENTE DA LIMPEZA DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL DEPOSITADO NO MACIÇO NA OMBREIRA DIREITA.						
48	PONTOS DE ACÚMULO DE ÁGUA NO ACESSO À CRISTA PELA OMBREIRA ESQUERDA.			-			
49	CANALETA DO ACESSO À PRIMEIRA BERMA OBSTRUÍDA			-	-		
50	PRESENÇA DE TOCAS DE ANIMAIS NO TALUDE DE JUSANTE			-	-	-	-
51	FALTA DE VEDAÇÃO ENTRE AS PEÇAS PRÉ-MOLDADAS DA BARREIRA *NEW JERSEY*.	-	-	-	-		

LEGENDA:

ANOMALIA VERIFICADA — ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO — ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA

ANOMALIA AGRAVADA — ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA

5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle é composta por 20 (vinte) indicadores de nível d'água, dos quais 4 (quatro) estão instalados na Barragem B1-Ecológica (descaracterizada), 24 (vinte e quatro) piezômetros de tubo aberto do tipo Casagrande, dos quais 3 (três) estão instalados na Barragem B1-Ecológica (descaracterizada), 21 (vinte e um) piezômetros elétricos equipados para automatização das leituras, 2 (dois) inclinômetros, 4 (quatro) sismógrafos, 8 (oito) marcos superficiais e 70 (setenta) prismas instalados em todas as bermas e coroamento para monitoramento automático de deformações a partir de uma estação robótica fixa, instalada em terreno natural da ombreira esquerda.

Além dos instrumentos convencionais, a barragem conta também com o monitoramento de um radar, utilizado para o acionamento automático das sirenes em eventual ruptura, para atender ao Art. 8º da Resolução 95/2022 da ANM.

Os níveis de controle dos indicadores de nível d'água e piezômetros instalados na barragem foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico do rejeito do reservatório localizado abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível de atenção**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível de Atenção:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,30 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
2- **Nível de Alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,20 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,00 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 3).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.554, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em novembro/2024.

Da Figura 5.6 a Figura 5.10 é apresentada a locação em planta da instrumentação de controle, enquanto da Figura 5.11 a Figura 5.16 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 5.2 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

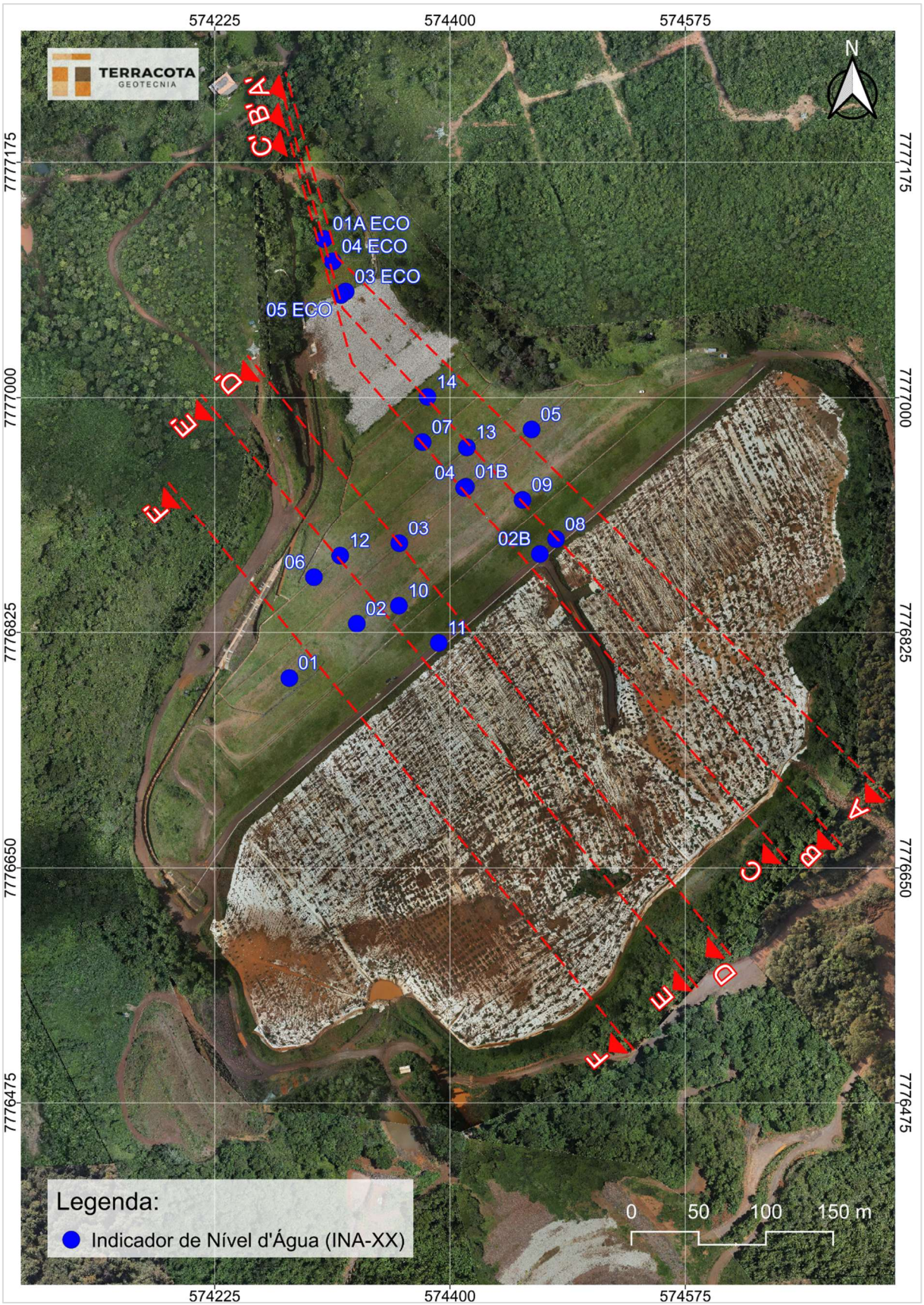


Figura 5.6 – Locação dos INAs – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

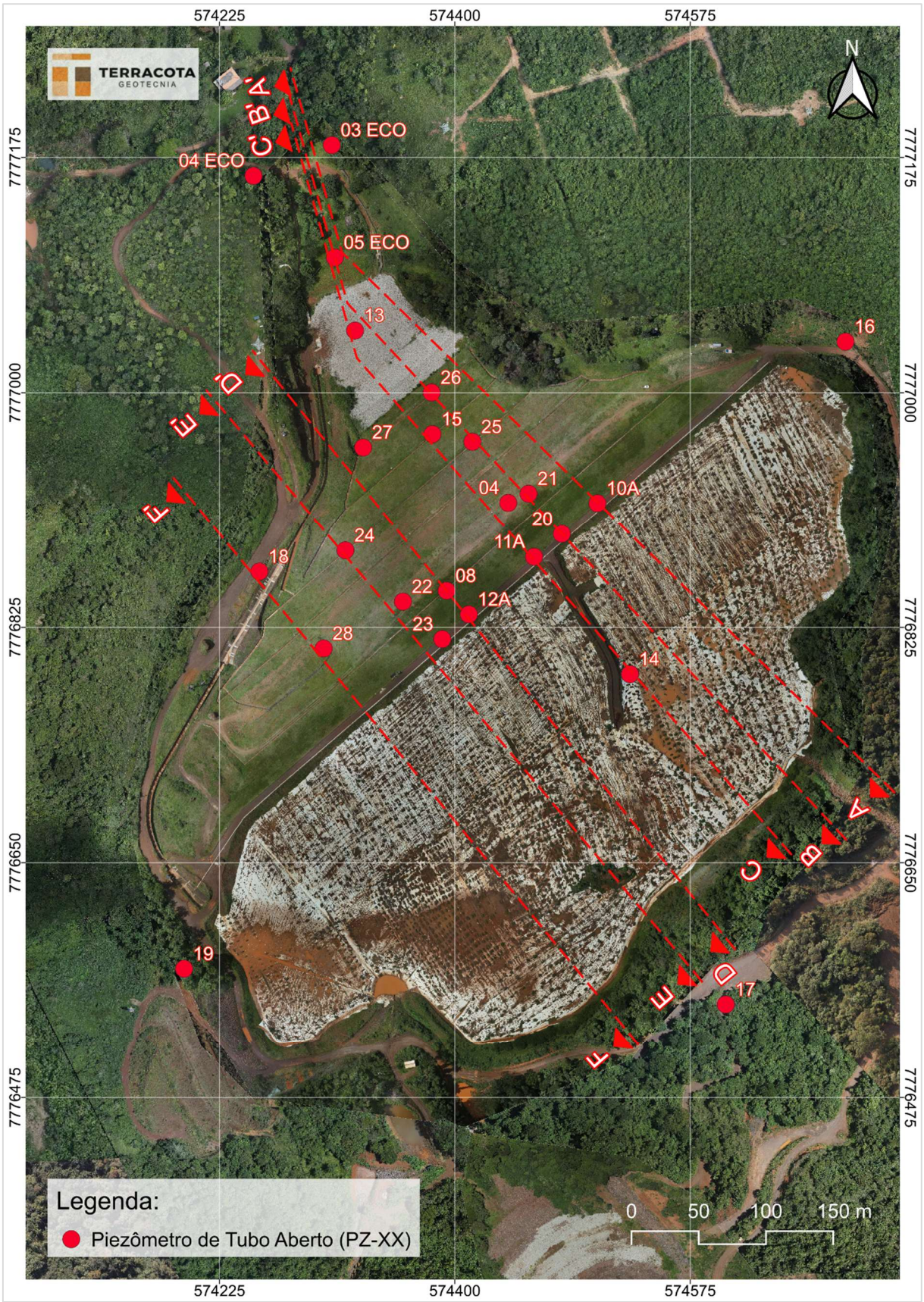


Figura 5.7 – Localização dos piezômetros de tubo aberto da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

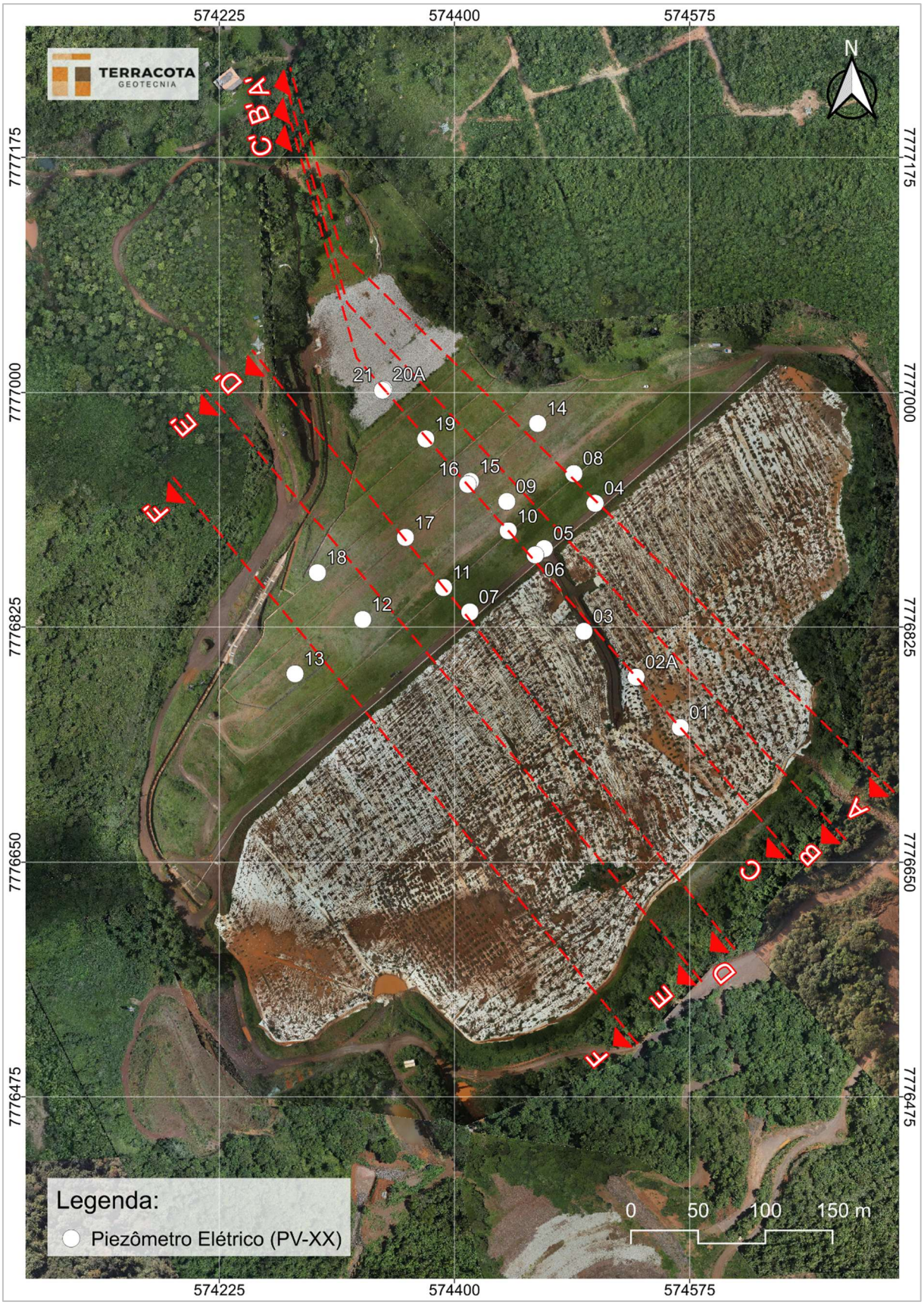


Figura 5.8 – Localização dos piezômetros elétricos (PVs) da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

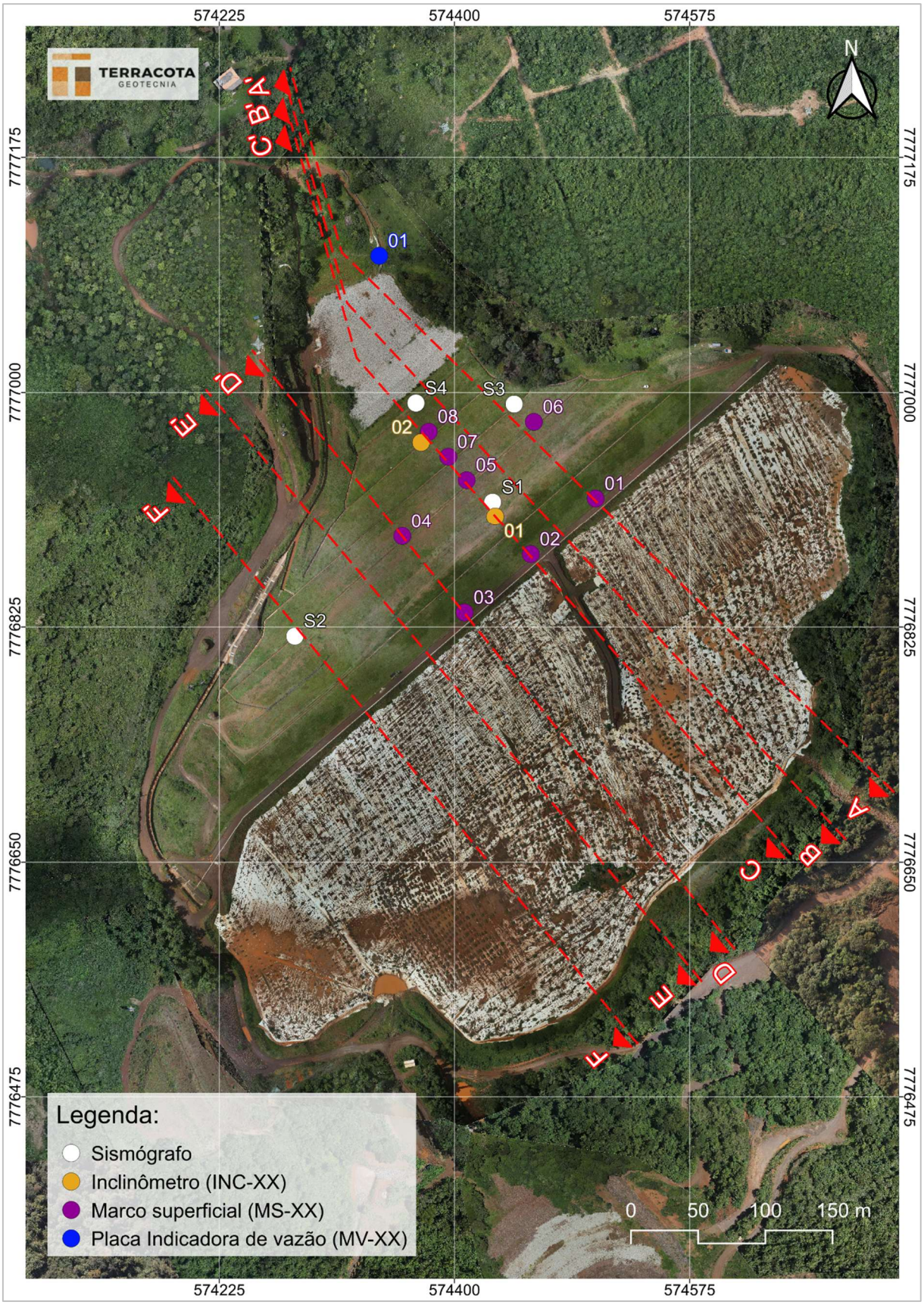


Figura 5.9 – Localização dos Marcos Superficiais, Sismógrafos, Inclinômetros e Placa Indicadora de Vazão da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

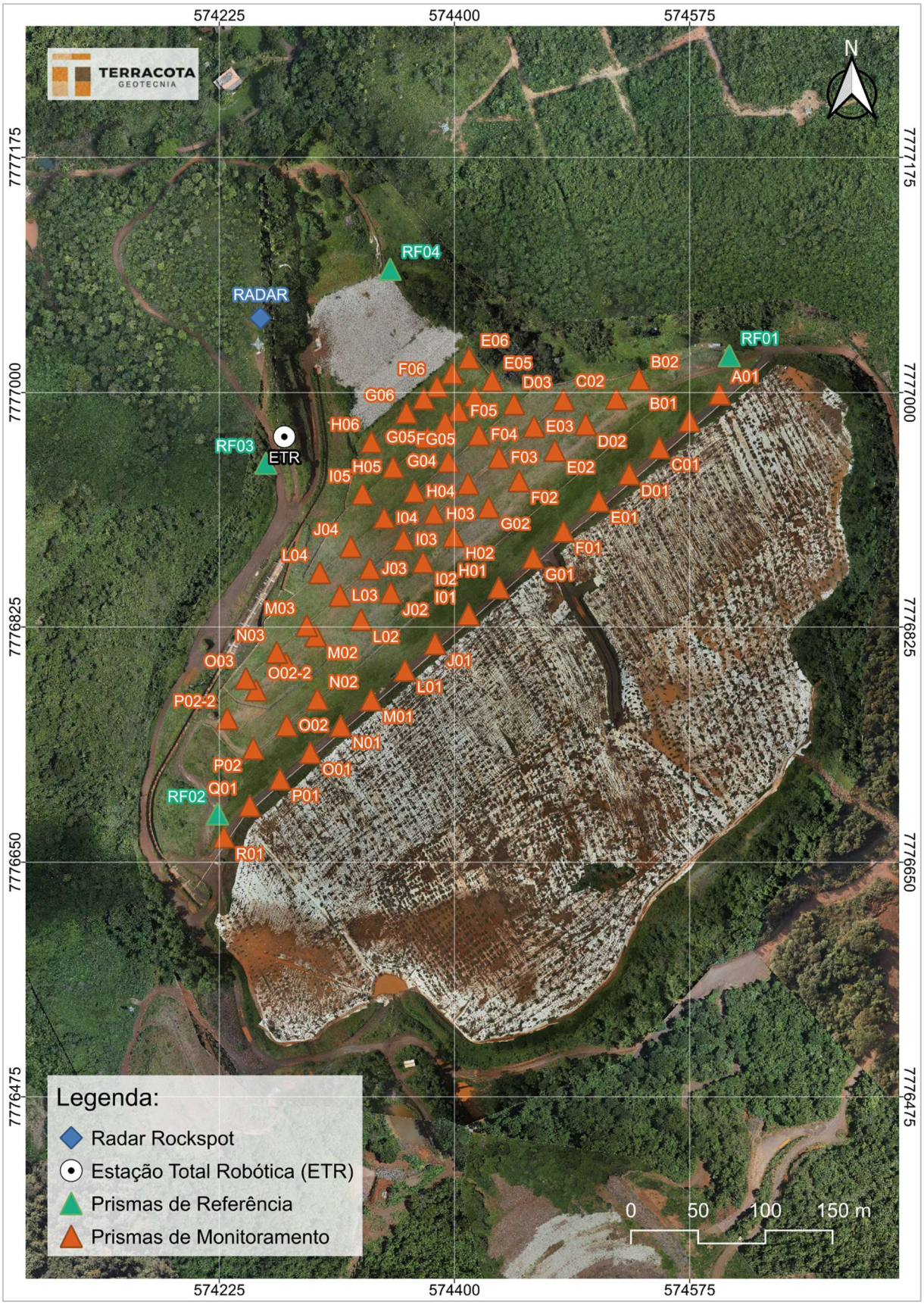


Figura 5.10 – Localização dos prismas da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

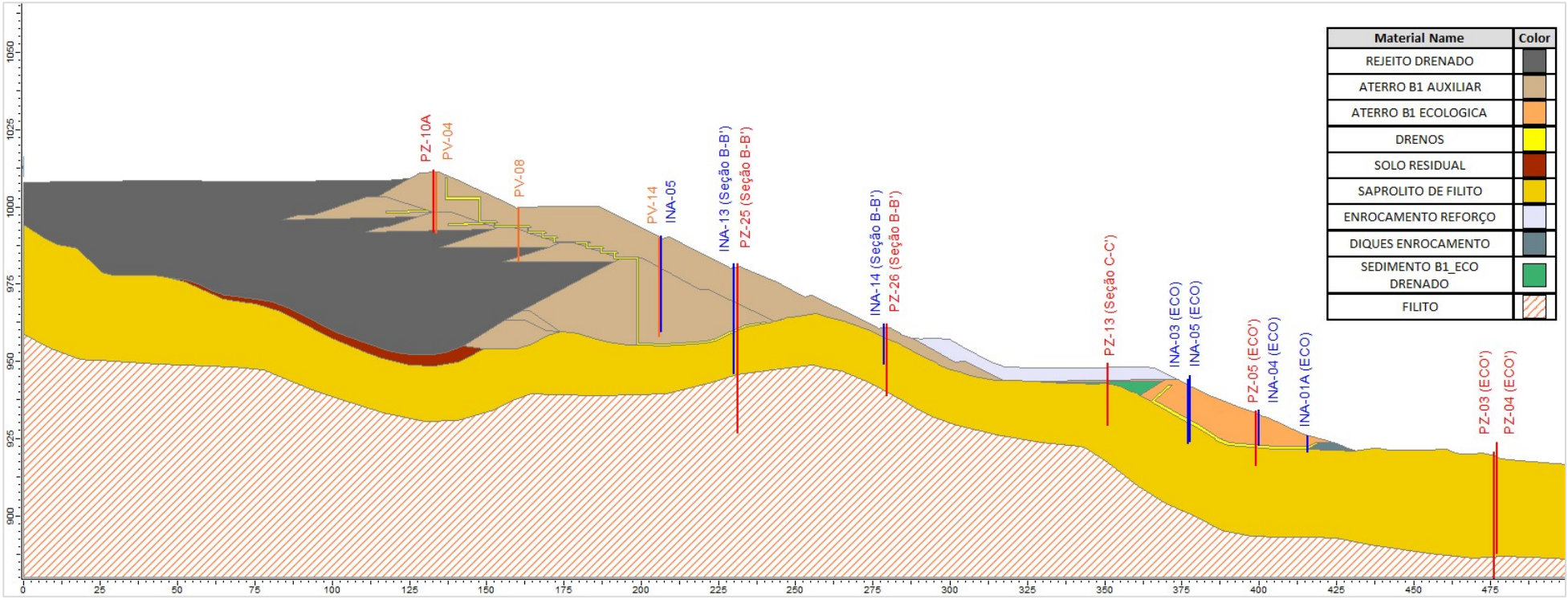


Figura 5.11 – Seção transversal de controle A-A'.

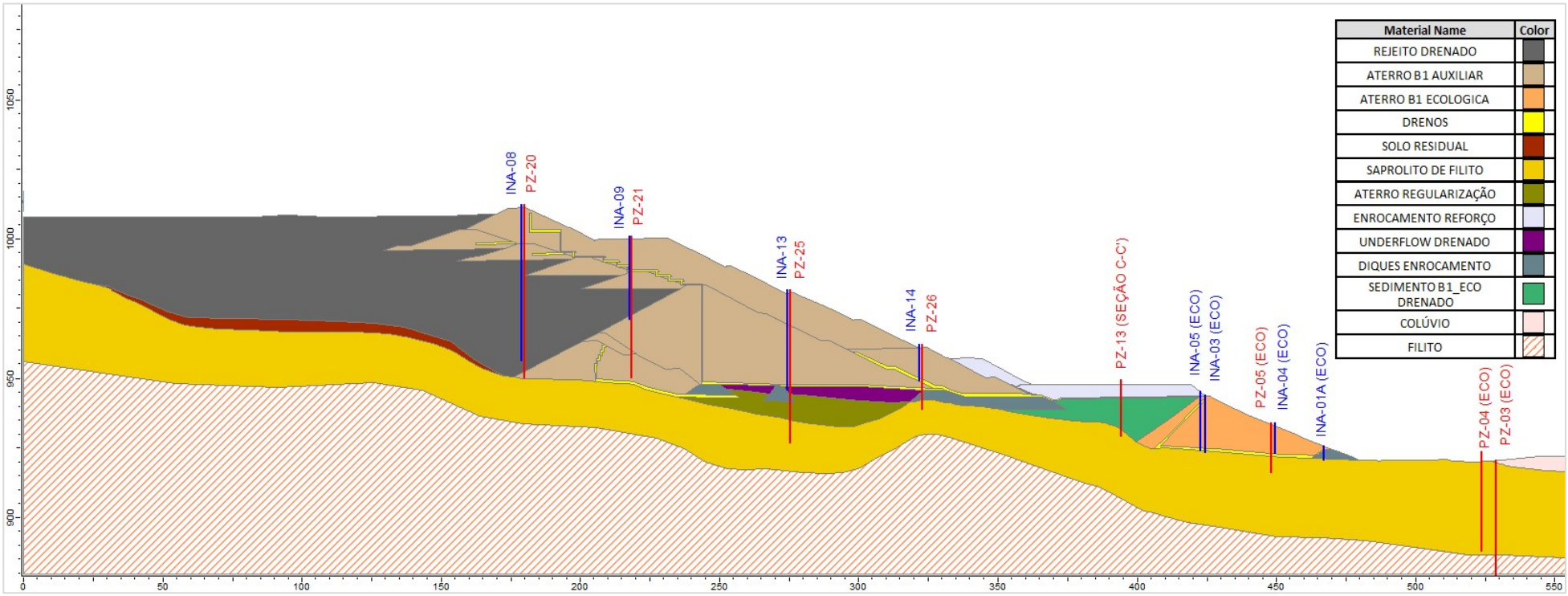


Figura 5.12 – Seção transversal de controle B-B'.

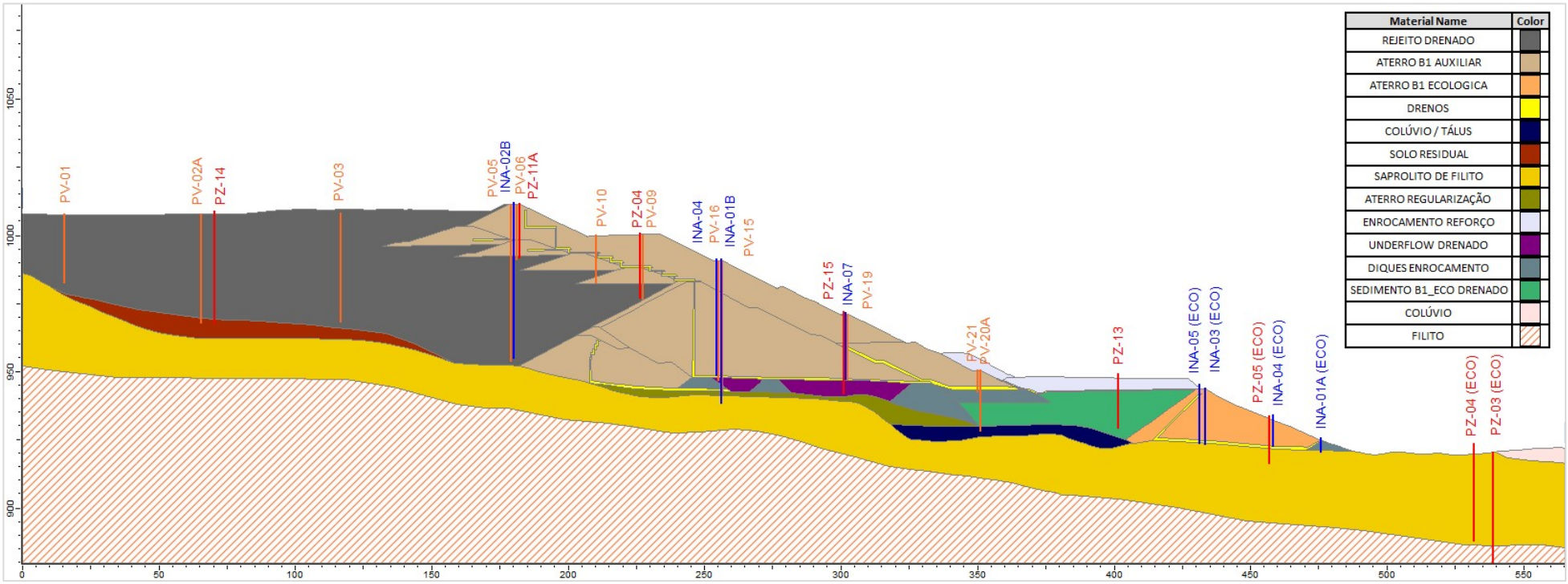


Figura 5.13 – Seção transversal de controle C-C'.

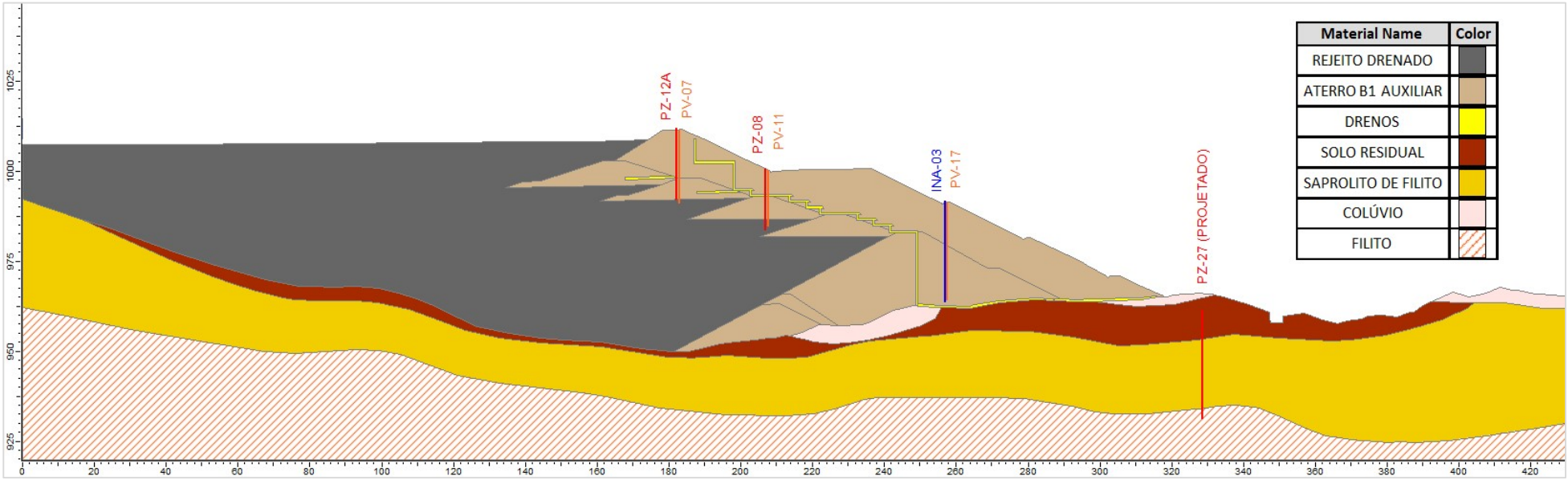


Figura 5.14 – Seção transversal de controle D-D'.

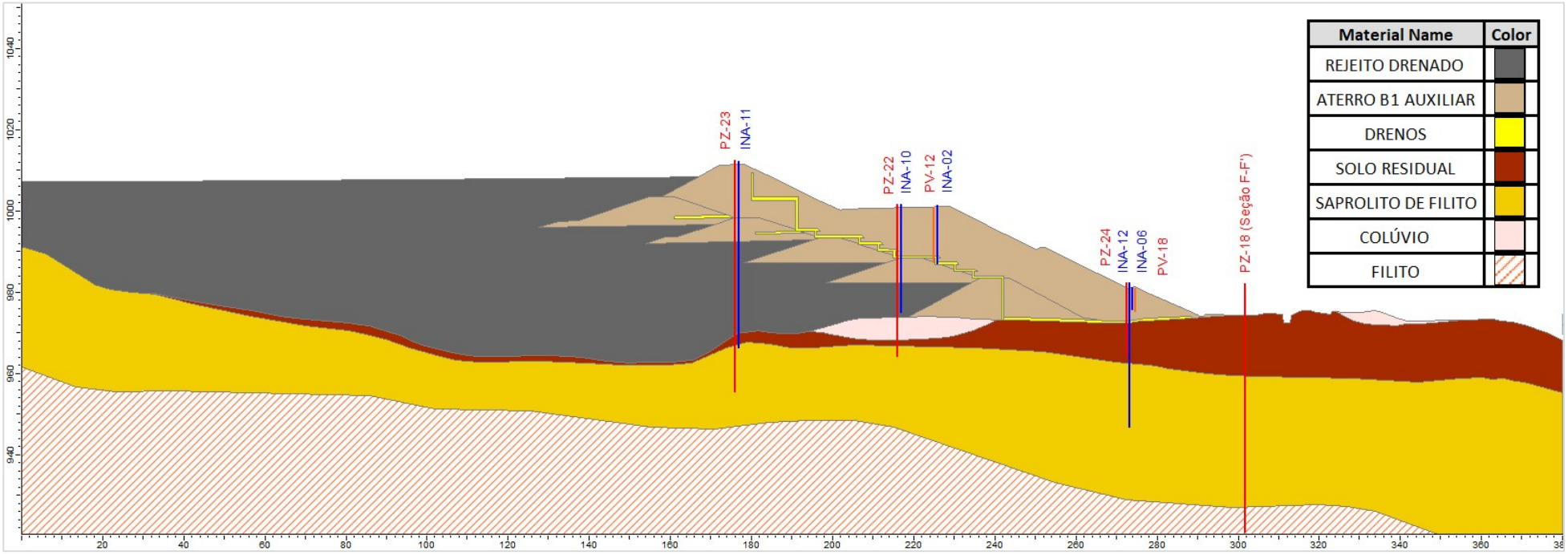


Figura 5.15 – Seção transversal de controle E-E'.

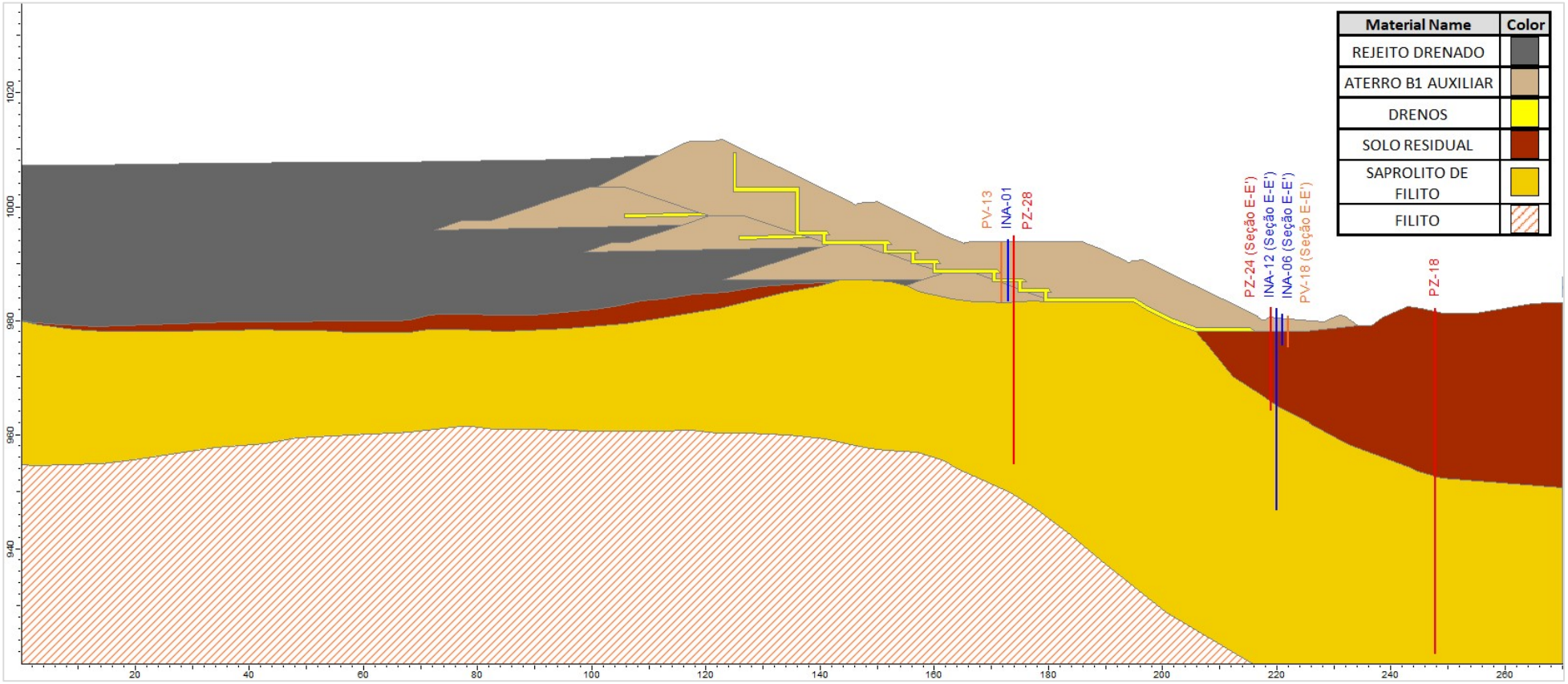


Figura 5.16 – Seção transversal de controle F-F'.

Tabela 5.2 – Locação, características, leitura (31/01/2025) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B1-Auxiliar.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação (m) Leitura (31/01/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A’	PZ-10A	574.506,047	7.776.917,816	1.011,87	991,89	19,98	SECO	995,25	997,75	1.000,25
	PV-04	574.504,691	7.776.917,619	1.011,40	991,40	20,00	SECO	995,25	997,75	1.000,25
	PV-08	574.488,881	7.776.939,736	999,92	982,32	17,60	SECO	989,25	991,75	994,25
	PV-14	574.461,917	7.776.976,989	990,03	958,03	32,00	SECO	964,75	967,25	969,75
	INA-05	574.460,707	7.776.976,460	990,59	959,71	30,88	SECO	964,75	967,25	969,75
B-B’	PZ-20	574.479,582	7.776.894,719	1.012,36	950,16	62,20	973,56	982,00	985,50	997,50
	INA-08	574.478,850	7.776.894,372	1.012,32	956,62	55,70	974,90	982,00	985,50	997,50
	INA-09	574.453,975	7.776.924,135	1.001,07	971,37	29,70	975,27	980,00	981,00	986,25
	PZ-21	574.454,788	7.776.924,958	1.001,12	950,43	50,69	951,98	980,00	981,00	986,25
	PZ-25	574.413,059	7.776.963,569	981,74	926,77	54,97	934,02	948,75	952,75	962,50
	INA-13	574.412,576	7.776.963,137	981,72	945,92	35,80	SECO	948,75	952,75	962,50
	INA-14	574.383,251	7.777.000,637	962,17	949,17	13,00	SECO	949,67	949,97	950,17
	PZ-26	574.382,712	7.777.000,207	962,16	939,05	23,11	SECO	947,25	949,50	954,75
C-C’	PV-01	574.568,102	7.776.750,278	1.007,64	982,64	25,00	982,76	994,50	997,25	1.005,00
	PV-02A	574.535,199	7.776.787,766	1.007,83	967,83	40,00	978,52	992,50	995,50	1.004,00
	PZ-14	574.528,000	7.776.789,000	1.008,90	967,60	41,30	980,54	992,25	995,25	1.003,75
	PV-03	574.496,328	7.776.821,764	1.008,22	968,22	40,00	978,33	989,50	994,00	1.003,00
	INA-2B	574.466,822	7.776.883,331	1.012,00	954,93	57,07	976,36	986,50	992,00	1.001,00
	PV-05	574.466,822	7.776.883,331	1.011,29	953,84	57,45	953,93	986,50	992,00	1.001,00
	PZ-11A	574.458,936	7.776.877,590	1.011,67	991,76	19,91	SECO	992,26	992,56	1.001,00

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação (m) Leitura (31/01/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
C-C’	PV-06	574.460,120	7.776.878,715	1.011,21	991,21	20,00	SECO	991,71	992,00	1.001,00
	PV-10	574.439,989	7.776.896,656	1.000,08	982,58	17,50	SECO	985,00	988,25	994,00
	PZ-04	574.439,716	7.776.918,139	1.000,80	977,25	23,55	SECO	981,50	984,50	987,00
	PV-09	574.438,995	7.776.918,972	1.000,27	976,77	23,50	SECO	981,50	984,50	987,00
	PV-16	574.409,902	7.776.931,748	990,82	946,82	44,00	SECO	949,25	952,50	965,00
	INA-01B	574.411,863	7.776.933,905	991,40	938,47	52,93	946,96	949,25	952,50	965,00
	INA-04	574.410,525	7.776.933,060	991,35	948,57	42,78	SECO	949,25	952,50	965,00
	PV-15	574.411,863	7.776.933,905	990,81	942,81	48,00	SECO	949,25	952,50	965,00
	PZ-15	574.383,335	7.776.969,256	972,12	942,13	29,99	944,06	948,50	950,00	958,00
	PV-19	574.378,663	7.776.965,521	971,22	947,22	24,00	SECO	948,50	950,00	958,00
	INA-07	574.379,675	7.776.967,085	971,70	947,31	24,39	SECO	948,50	950,00	958,00
	PV-20A	574.347,420	7.777.002,357	950,80	928,30	22,50	SECO	945,50	946,25	949,75
	PV-21	574.346,494	7.777.001,667	950,80	942,80	8,00	SECO	945,50	946,25	949,75
	PZ-13	574.323,000	7.777.050,000	949,50	929,30	20,20	936,74	940,75	942,00	943,75
	INA-05 ECO	574.318,903	7.777.076,448	945,46	924,01	21,45	925,61	934,50	937,50	939,50
	INA-03 ECO	574.322,400	7.777.078,960	944,24	923,59	20,65	924,83	934,50	937,50	939,50
	PZ-05 ECO	574.310,782	7.777.100,596	934,02	916,32	17,70	922,17	925,75	927,50	929,00
	INA-04 ECO	574.312,870	7.777.101,408	934,20	922,97	11,23	930,18	925,75	927,50	929,00
	INA-01A ECO	574.306,300	7.777.118,080	925,78	920,80	4,98	SECO	921,75	922,25	923,50
D-D’	PZ-12A	574.410,360	7.776.834,651	1.012,07	992,29	19,78	SECO	996,75	999,75	1.001,75

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação (m) Leitura (31/01/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
D-D′	PV-07	574.411,454	7.776.836,221	1.011,34	991,34	20,00	SECO	996,75	999,75	1.001,75
	PZ-08	574.393,890	7.776.852,290	1.000,84	983,69	17,15	SECO	989,50	992,50	994,50
	PV-11	574.391,898	7.776.854,414	1.000,35	984,85	15,50	SECO	989,50	992,50	994,50
	PV-17	574.363,509	7.776.891,683	991,37	964,37	27,00	SECO	966,75	970,25	972,25
	INA-03	574.362,312	7.776.891,356	991,68	963,85	27,83	965,66	966,75	970,25	972,25
	PZ-27	574.331,861	7.776.959,286	961,54	931,37	30,17	932,80	953,50	956,50	958,50
E-E′	INA-11	574.391,641	7.776.817,257	1.012,38	966,38	46,00	978,36	995,50	998,50	1.000,50
	PZ-23	574.390,672	7.776.816,296	1.012,44	955,44	57,00	980,36	995,50	998,50	1.000,50
	PZ-22	574.361,410	7.776.844,209	1.001,73	964,30	37,43	SECO	985,25	988,25	990,25
	INA-10	574.362,029	7.776.844,905	1.001,72	975,12	26,60	975,30	985,25	988,25	990,25
	PV-12	574.331,716	7.776.830,593	1.001,00	987,55	13,45	SECO	988,05	988,35	988,55
	INA-02	574.330,744	7.776.831,539	1.001,42	986,95	14,47	SECO	987,45	987,75	987,95
	INA-12	574.318,358	7.776.882,137	982,29	946,86	35,43	961,09	972,75	974,75	976,50
	PZ-24	574.318,690	7.776.882,376	982,30	964,30	18,00	968,08	972,75	974,75	976,50
	INA-06	574.298,857	7.776.866,088	981,14	975,71	5,43	SECO	976,21	976,51	976,71
	PV-18	574.298,007	7.776.865,469	980,85	975,35	5,50	975,37	975,85	976,15	976,50
F-F′	PV-13	574.281,356	7.776.790,206	993,80	983,35	10,45	SECO	984,50	985,75	986,25
	INA-01	574.280,549	7.776.791,132	994,27	983,51	10,76	986,11	984,50	985,75	986,25
	PZ-28	574.302,467	7.776.809,370	994,92	954,89	40,03	966,92	984,50	985,75	986,25
	PZ-18	574.254,671	7.776.866,617	982,21	920,76	61,45	940,11	966,75	969,75	971,75

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação (m) Leitura (31/01/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
Instrumentos fora de seção de controle	PZ-16	574.690,487	7.777.038,009	1.022,38	924,07	98,31	928,01	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-17	574.601,483	7.776.544,642	1.027,06	976,16	50,90	994,95	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-19	574.198,661	7.776.571,212	1.018,74	969,66	49,08	1.001,44	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-03 ECO	574.308,481	7.777.184,183	920,72	851,45	69,27	915,81	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-04 ECO	574.250,289	7.777.161,300	923,81	887,97	35,84	916,87	Monitoramento hidrogeológico		
A-A’	MS-01	574.505,060	7.776.921,180	1.011,151	-	-	-	Não aplicável		
C-C’	MS-02	574.456,856	7.776.879,309	1.011,069	-	-	-	Não aplicável		
D-D’	MS-03	574.407,516	7.776.835,904	1.011,284	-	-	-	Não aplicável		
D-D’	MS-04	574.361,207	7.776.892,883	991,394	-	-	-	Não aplicável		
C-C’	MS-05	574.409,115	7.776.934,824	990,891	-	-	-	Não aplicável		
A-A’	MS-06	574.459,116	7.776.978,215	990,135	-	-	-	Não aplicável		
C-C’	MS-07	574.395,447	7.776.952,238	981,076	-	-	-	Não aplicável		
C-C’	MS-08	574.380,893	7.776.970,877	971,300	-	-	-	Não aplicável		
Não Aplicável	INC-01	574.430,299	7.776.907,692	1.000,471	-	-	-	Não aplicável		
	INC-02	574.375,169	7.776.962,887	971,507	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S1	574.428,400	7.776.918,465	1.000,546	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S2	574.281,225	7.776.818,153	991,356	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S3	574.444,417	7.776.991,430	981,076	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S4	574.371,354	7.776.992,206	961,088	-	-	-	Não aplicável		
	MV	574.344,011	7.777.101,754	940,143	-	-	-	Não aplicável		

5.6.3.1 Leituras Instrumentação

A MMI realiza leituras semanais dos níveis nos INA's e PZ's, e dos deslocamentos nos Marcos Superficiais. Já os piezômetros elétricos realizam um monitoramento constante com registro a cada 2 horas. Na estrutura também estão instalados prismas para monitoramento de deslocamento nos quais são realizadas leituras contínuas através de estação total robótica. As leituras nas placas indicadoras de vazão são realizadas diariamente. As aferições dos inclinômetros são realizadas semanalmente.

- **Indicadores de Nível d'Água e Piezômetros**

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para cada instrumento abrangendo dois anos hidrológicos, no período entre 10/2022 e 01/2025, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Ressalta-se que não há formação de lago no reservatório desde junho de 2019, a partir da escavação de canais periféricos que direcionam os fluxos para o extravasor operacional. Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

a) Referências do topo e base de cada instrumento;
b) Leituras do nível de água do instrumento;
c) Pluviometria acumulada mensal da estação meteorológica local;
d) Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições de atenção, alerta e emergência.

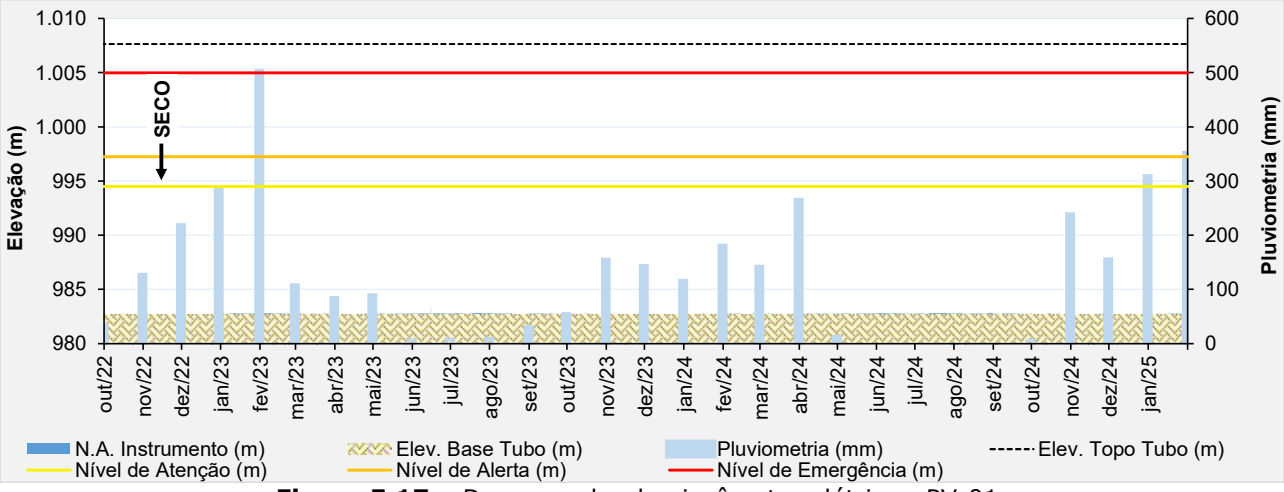


Figura 5.17 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-01.

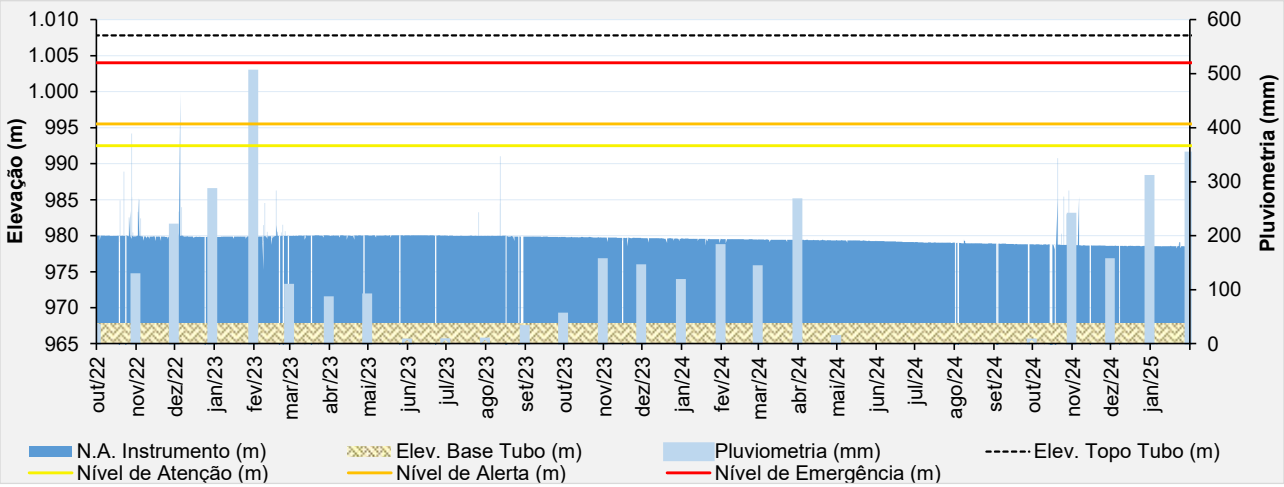


Figura 5.18 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-02A.

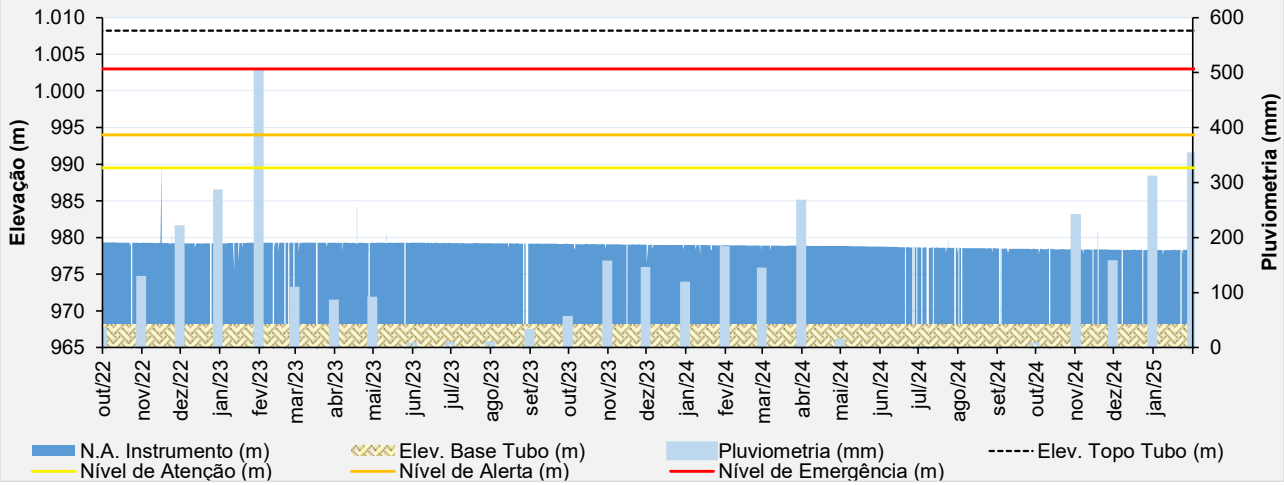


Figura 5.19 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-03.

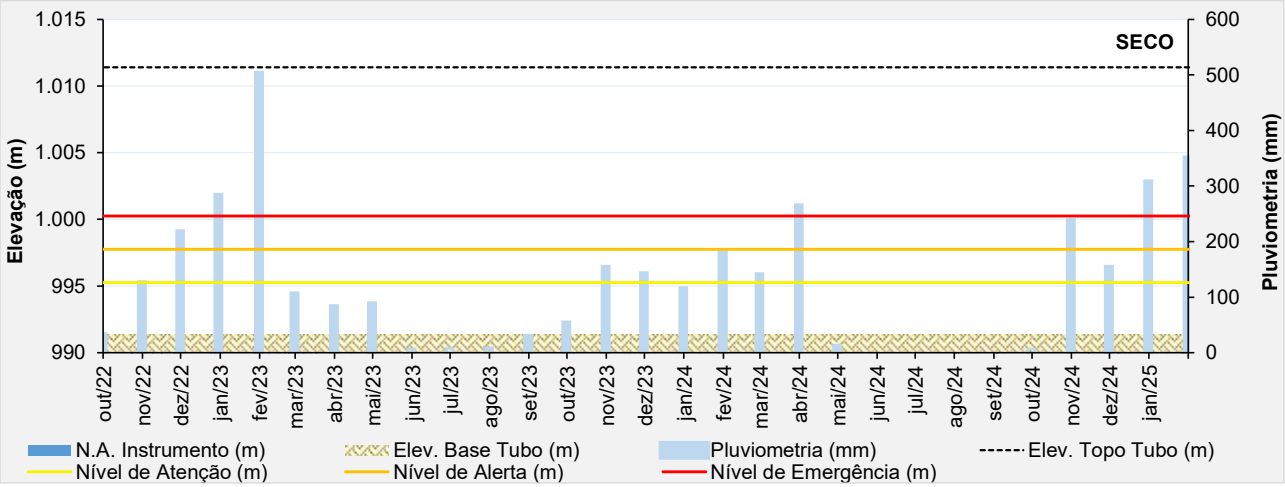


Figura 5.20 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-04.

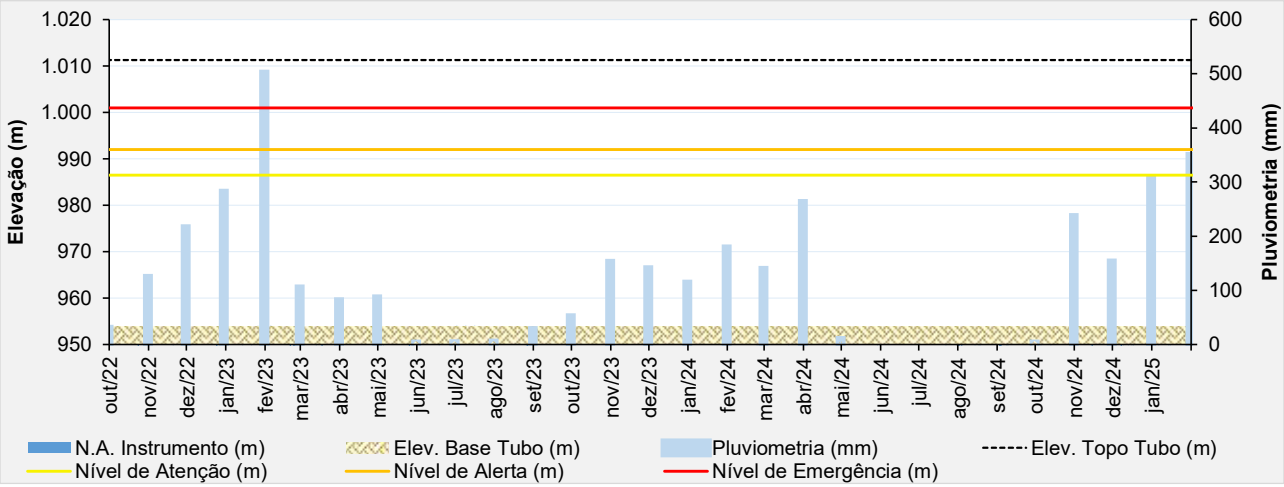


Figura 5.21 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-05.

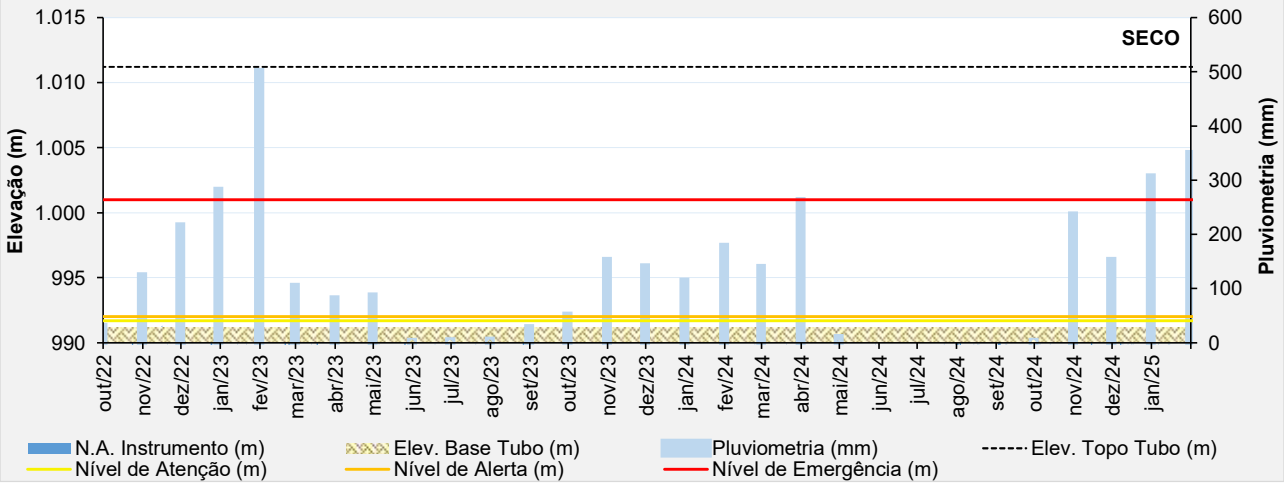


Figura 5.22 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-06.

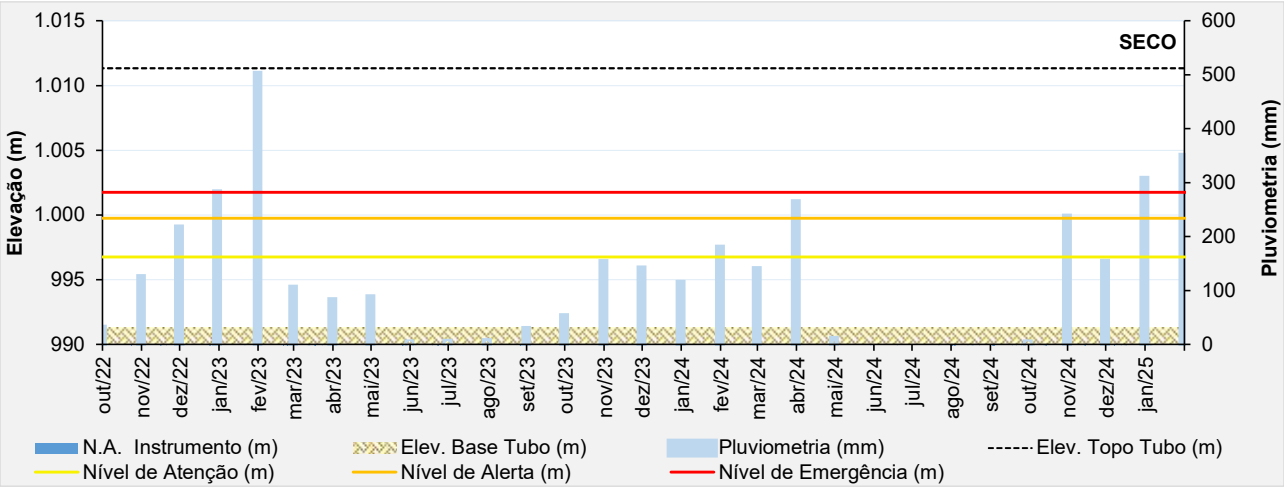


Figura 5.23 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-07.

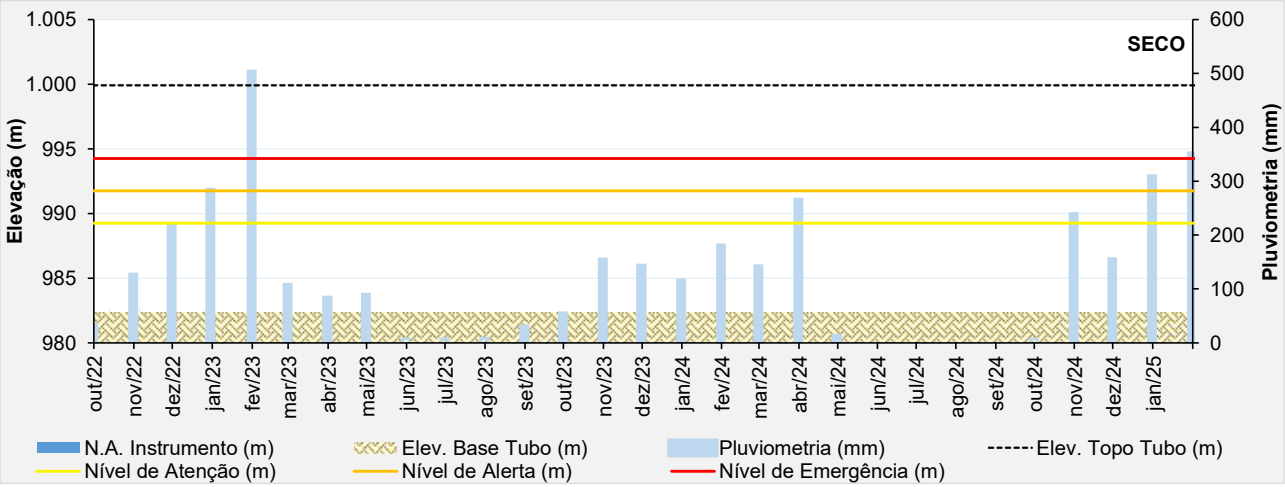


Figura 5.24 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-08.

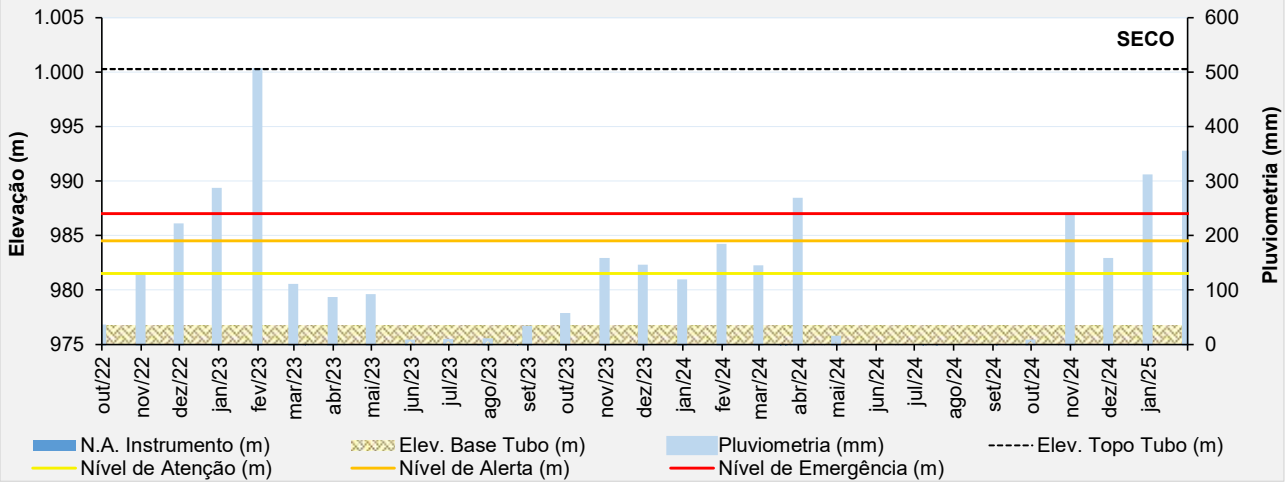


Figura 5.25 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-09.

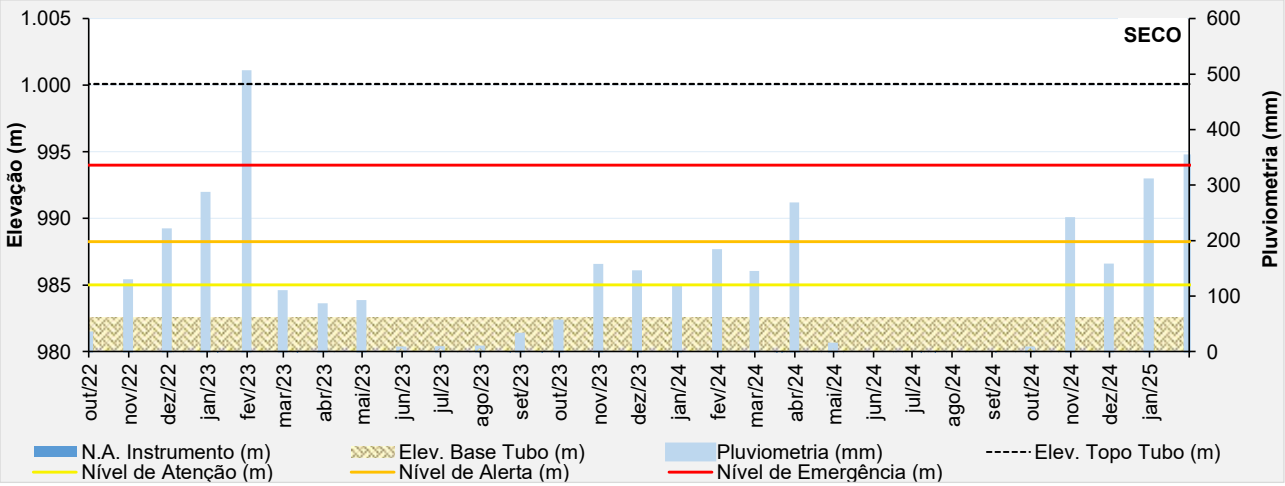


Figura 5.26 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-10.

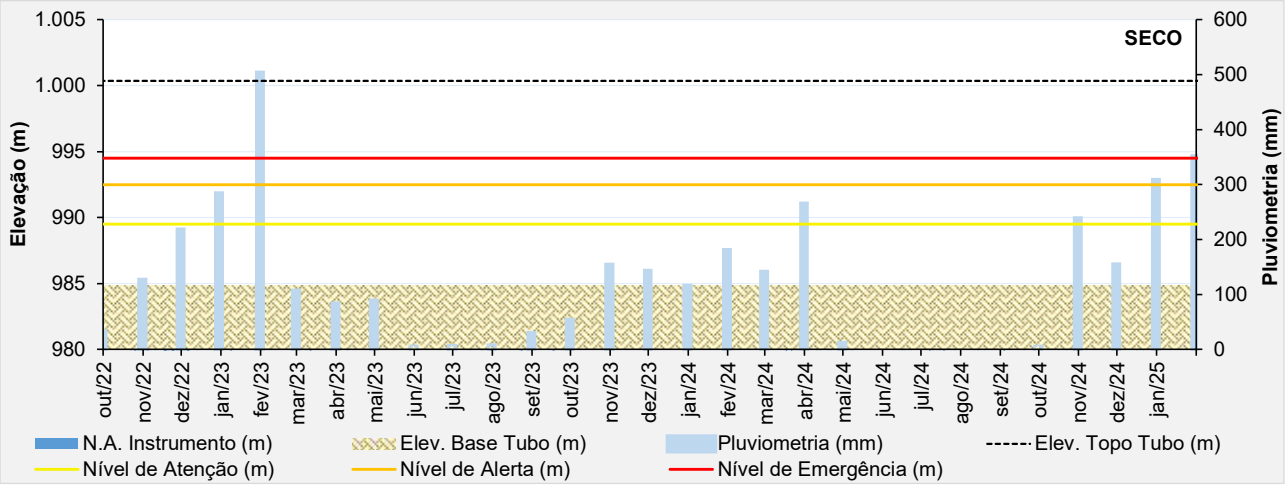


Figura 5.27 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-11.

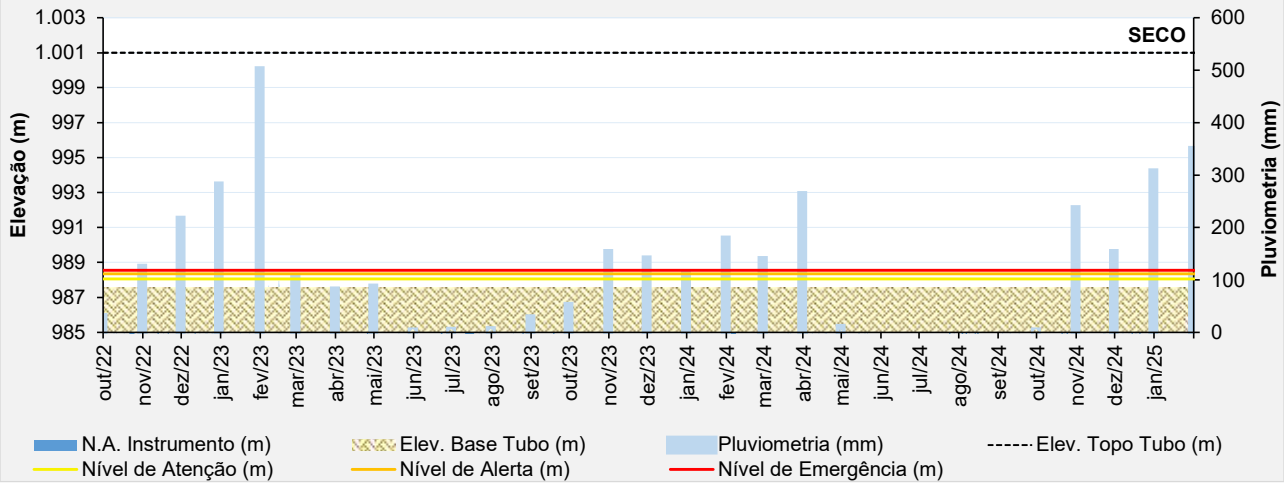


Figura 5.28 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-12.

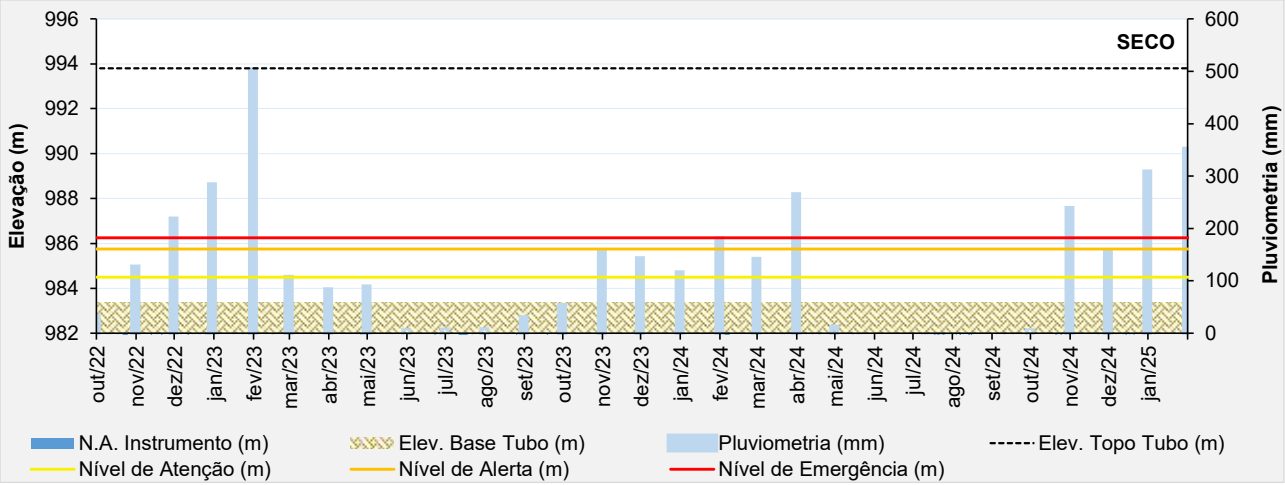


Figura 5.29 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-13.

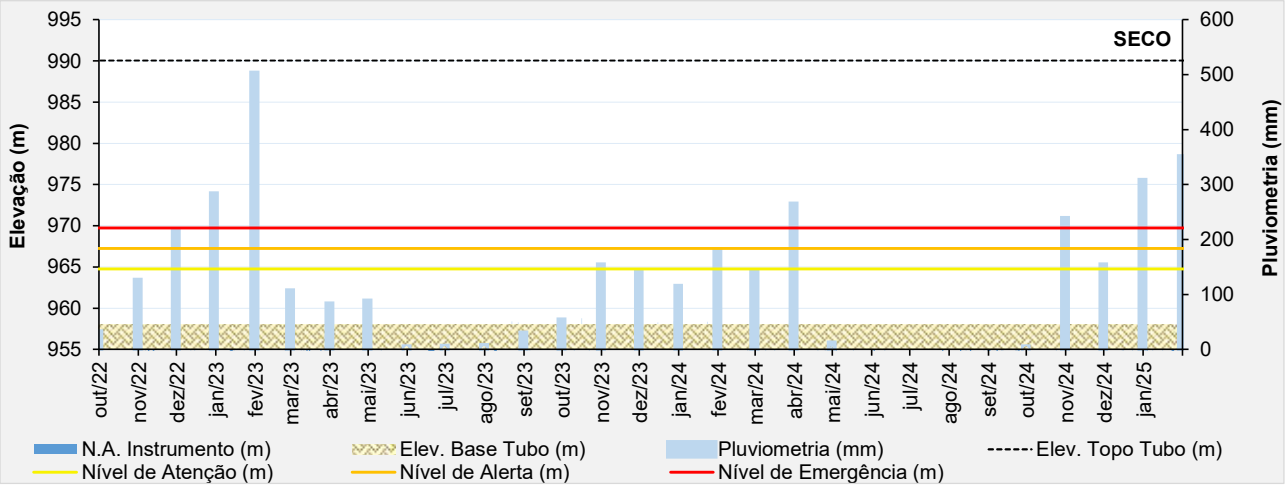


Figura 5.30 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-14.

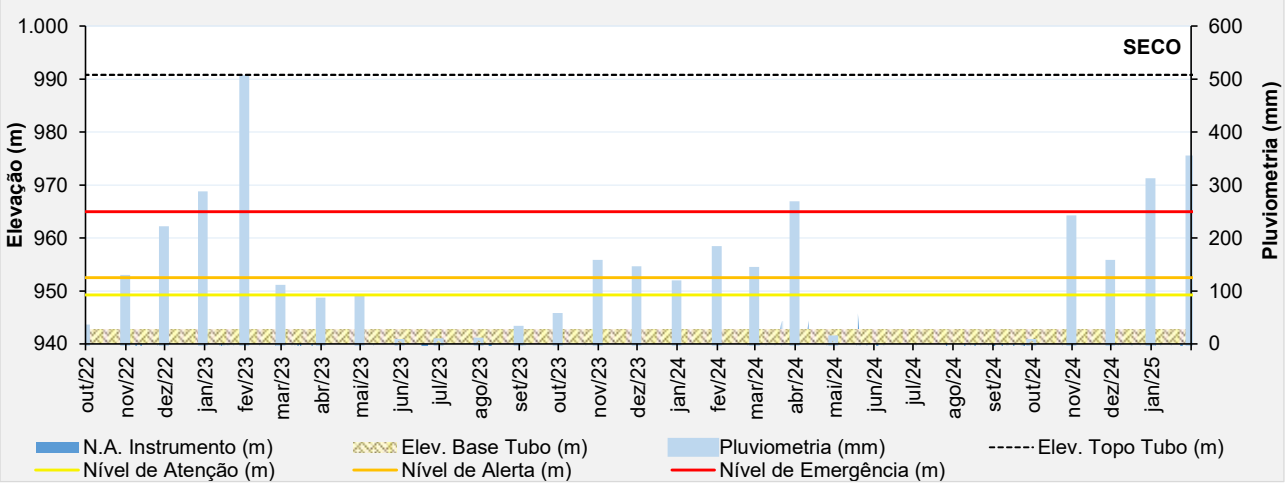


Figura 5.31 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-15.

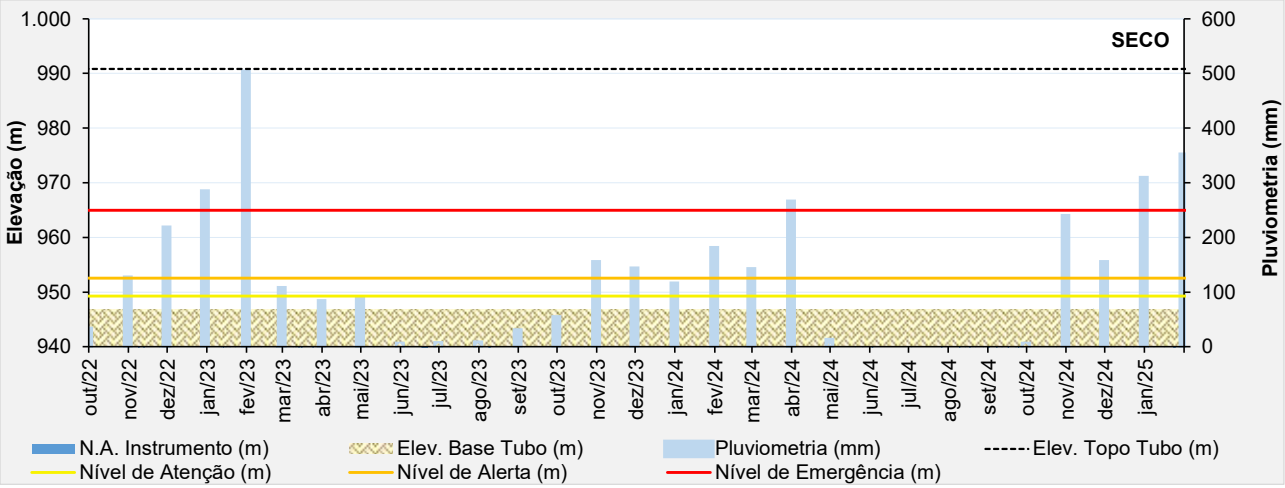


Figura 5.32 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-16.

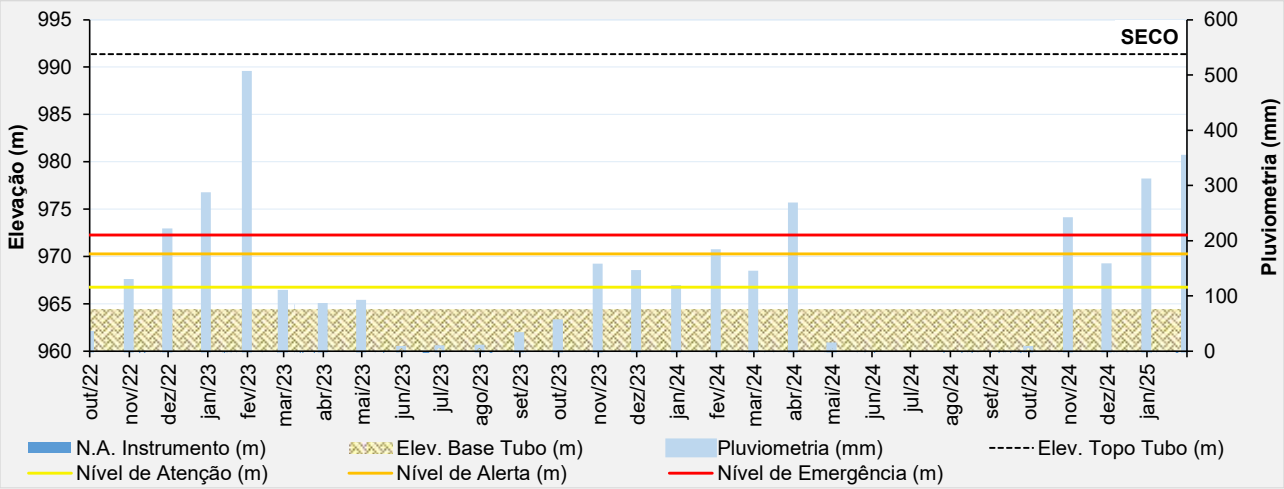


Figura 5.33 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-17.

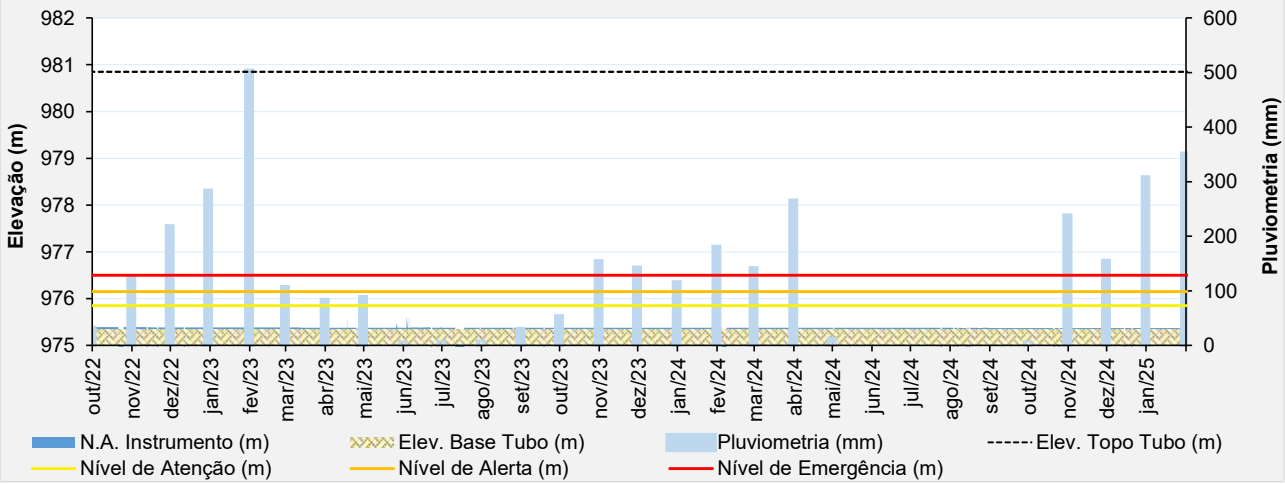


Figura 5.34 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-18.

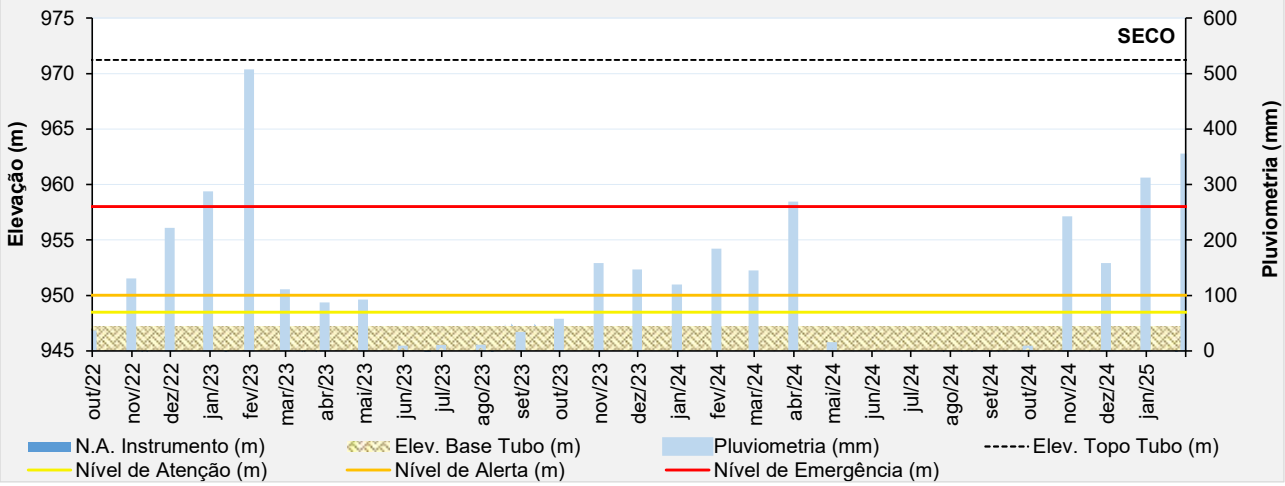


Figura 5.35 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-19.

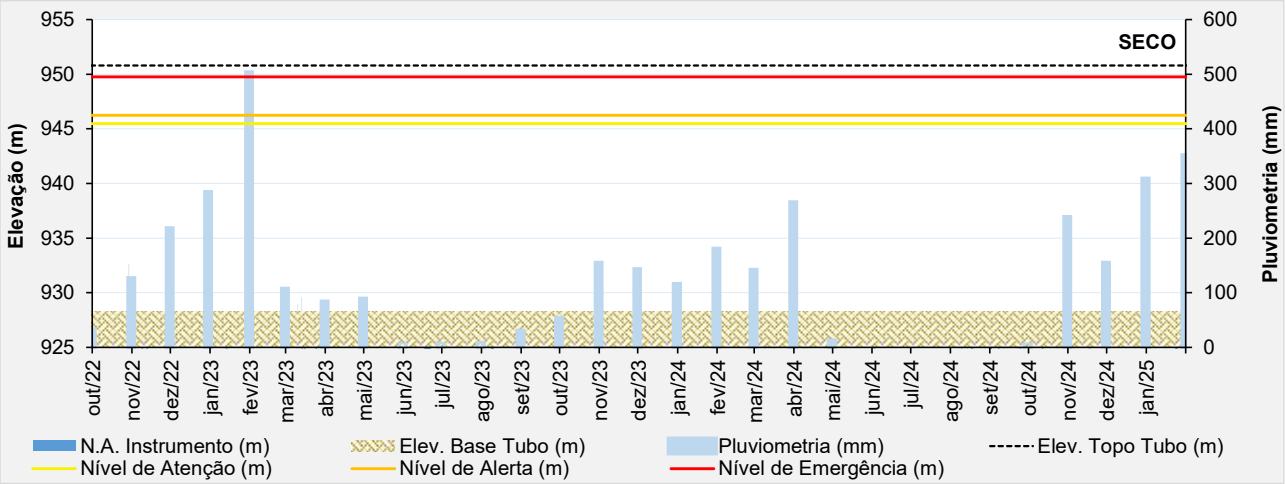


Figura 5.36 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-20A.

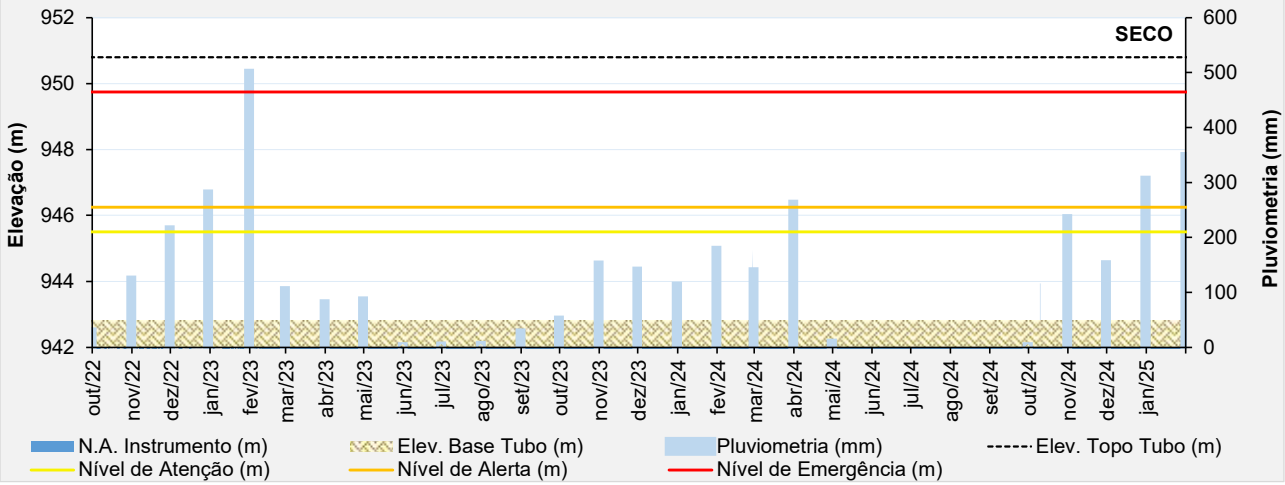


Figura 5.37 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-21.

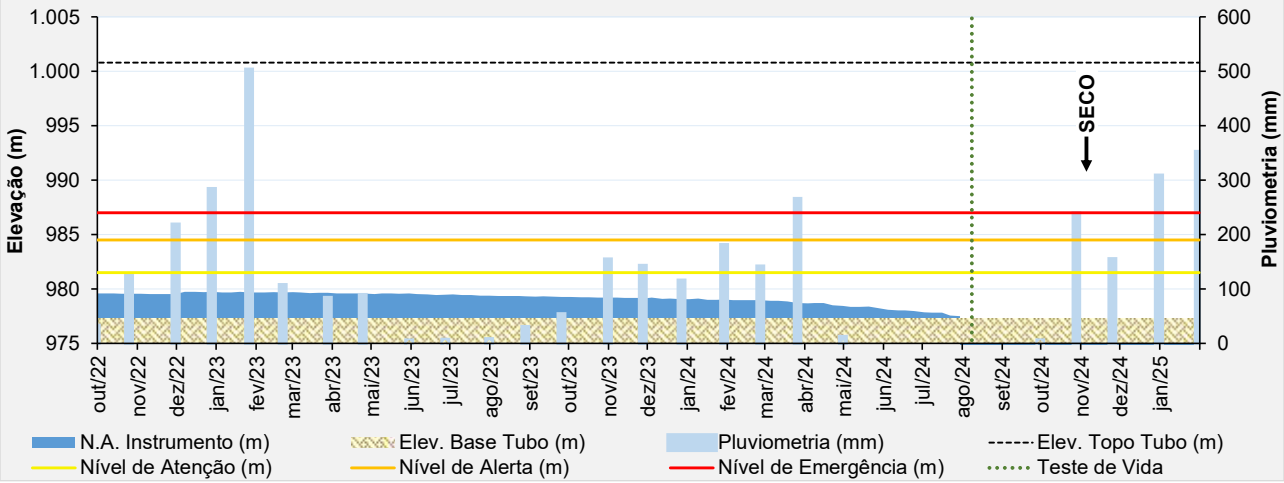


Figura 5.38 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-04.

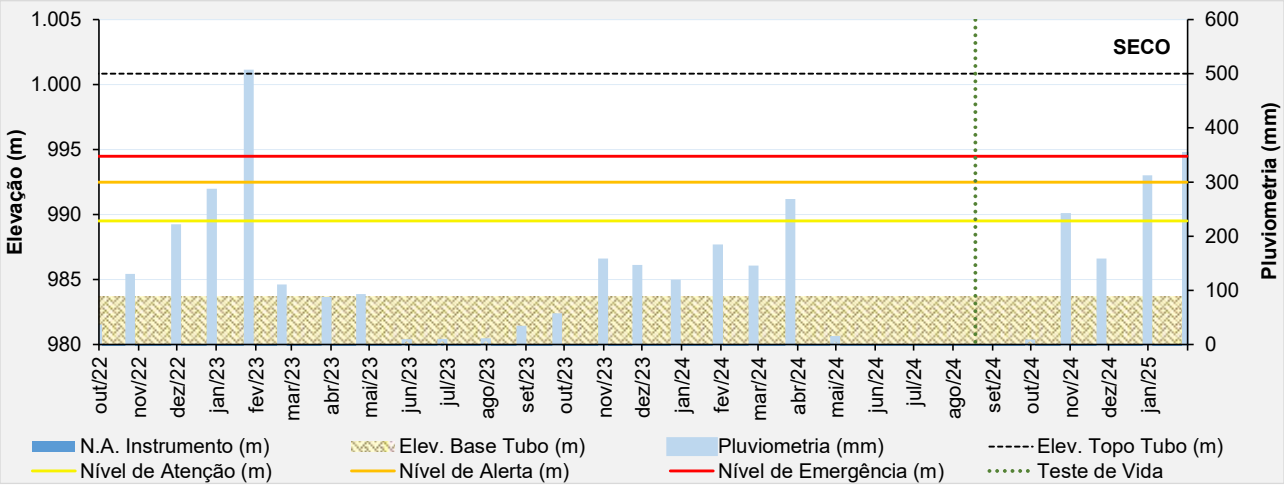


Figura 5.39 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-08.

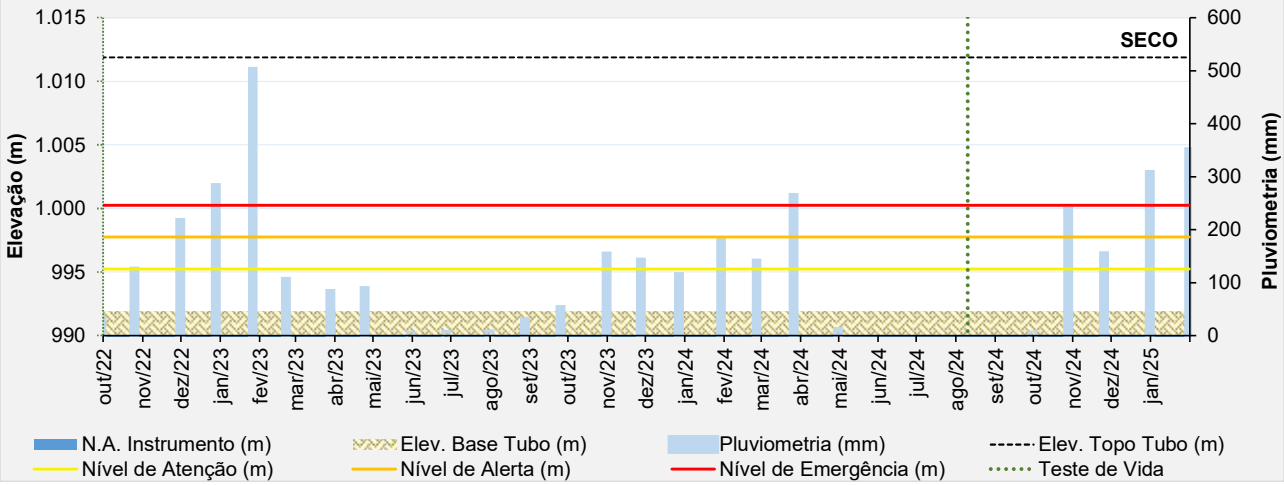


Figura 5.40 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-10A.

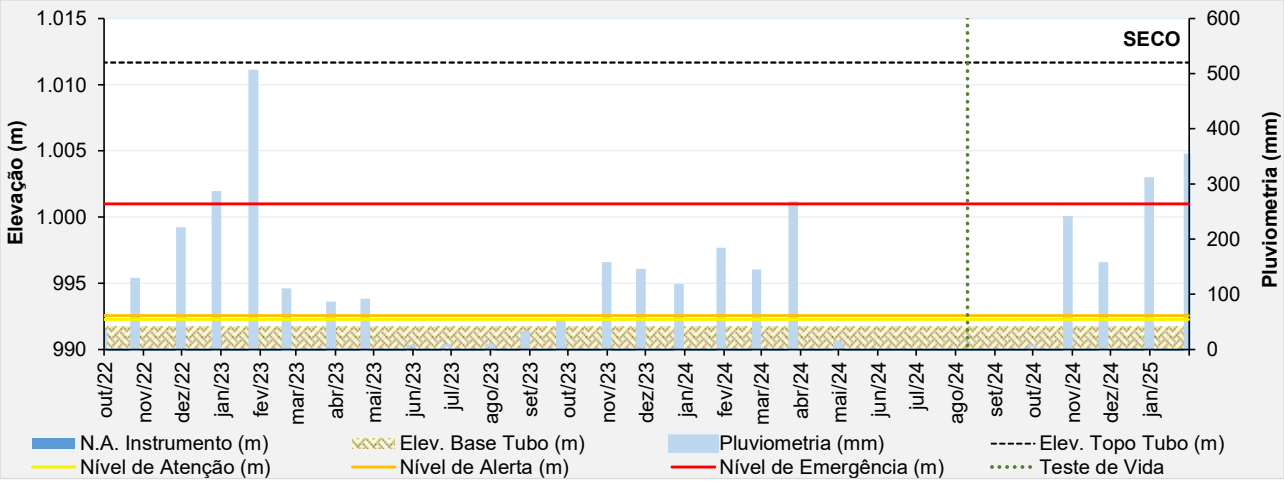


Figura 5.41 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-11A.

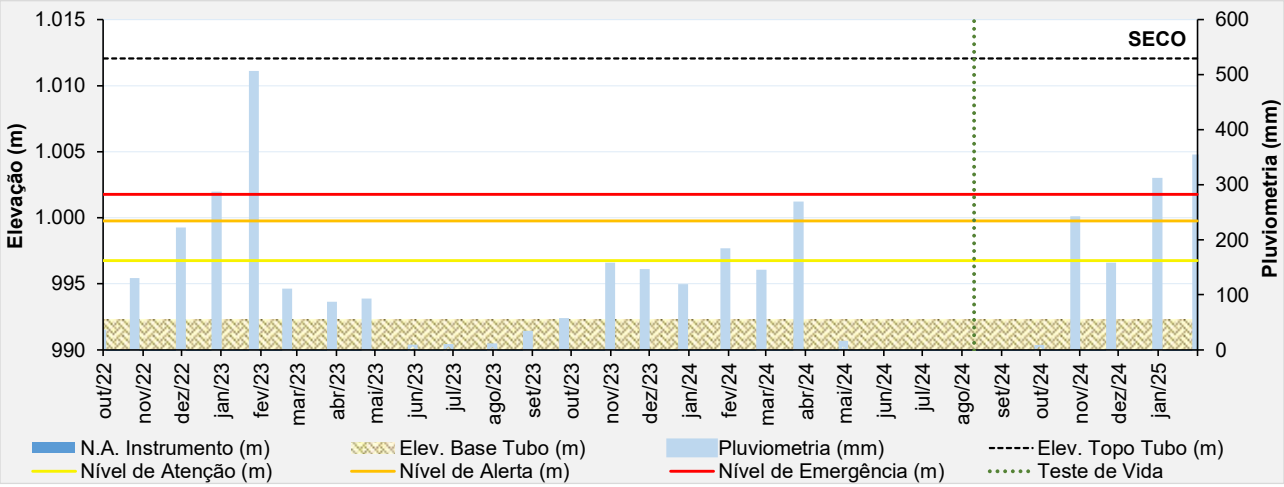


Figura 5.42 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-12A.

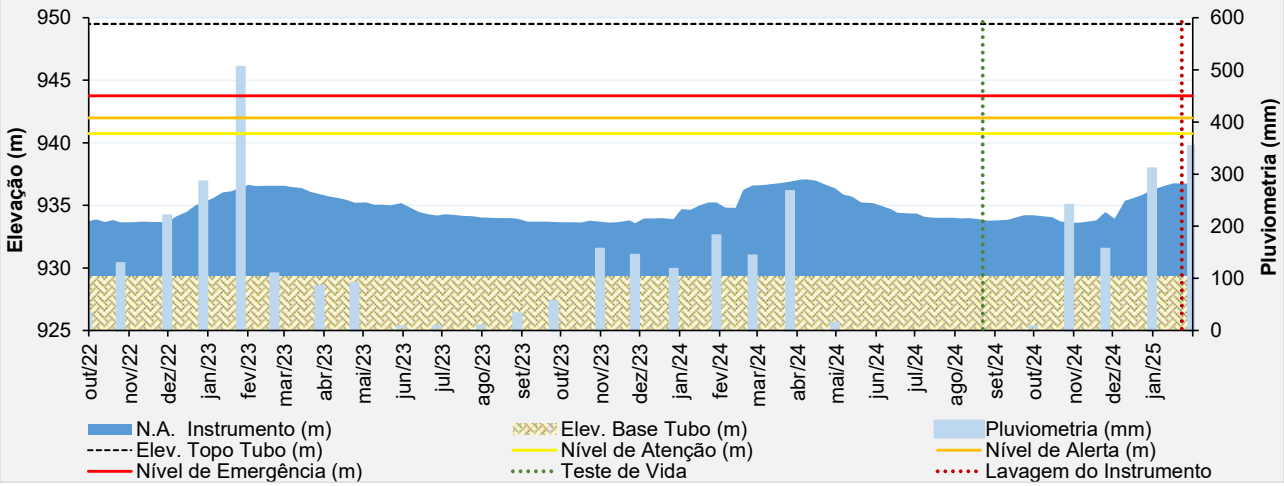


Figura 5.43 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-13.

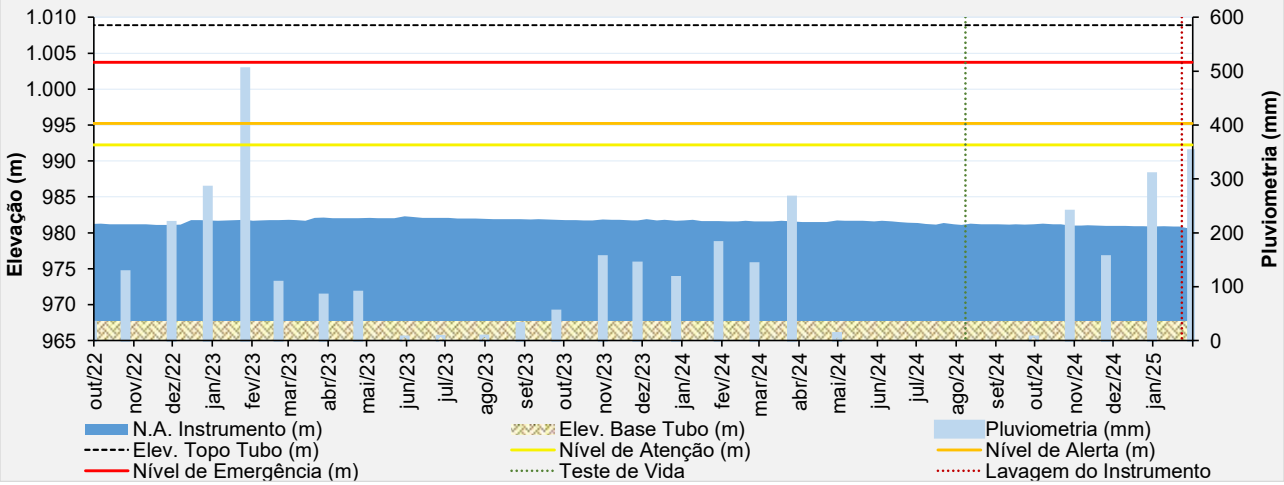


Figura 5.44 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-14.

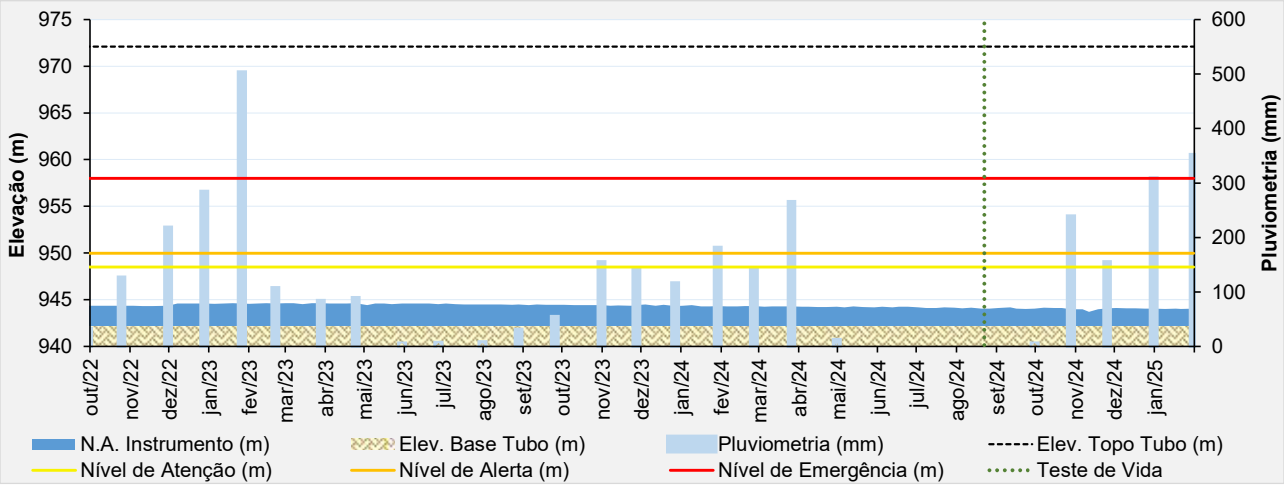


Figura 5.45 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-15.

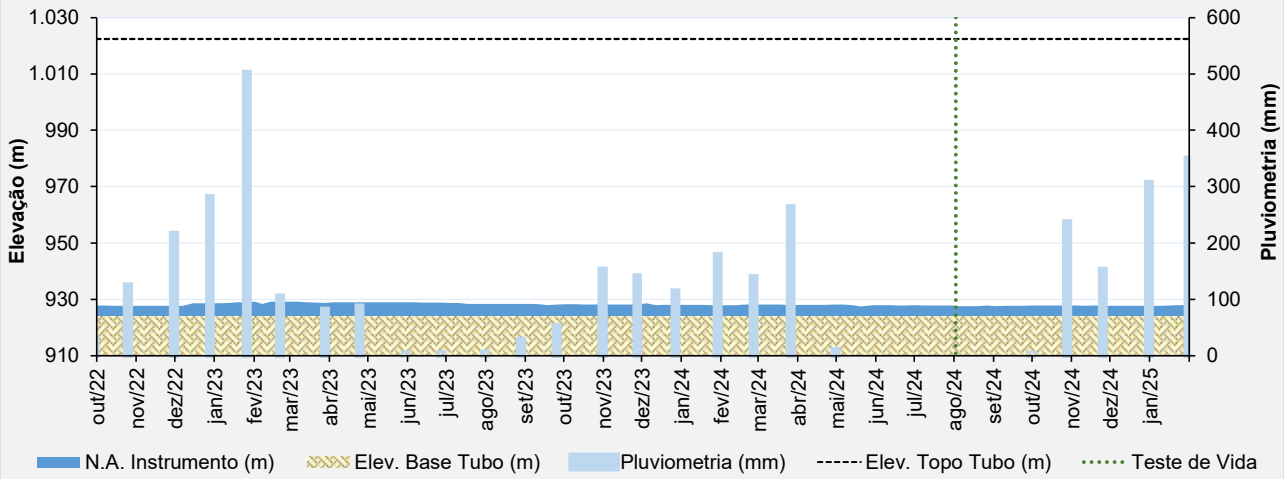


Figura 5.46 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-16.

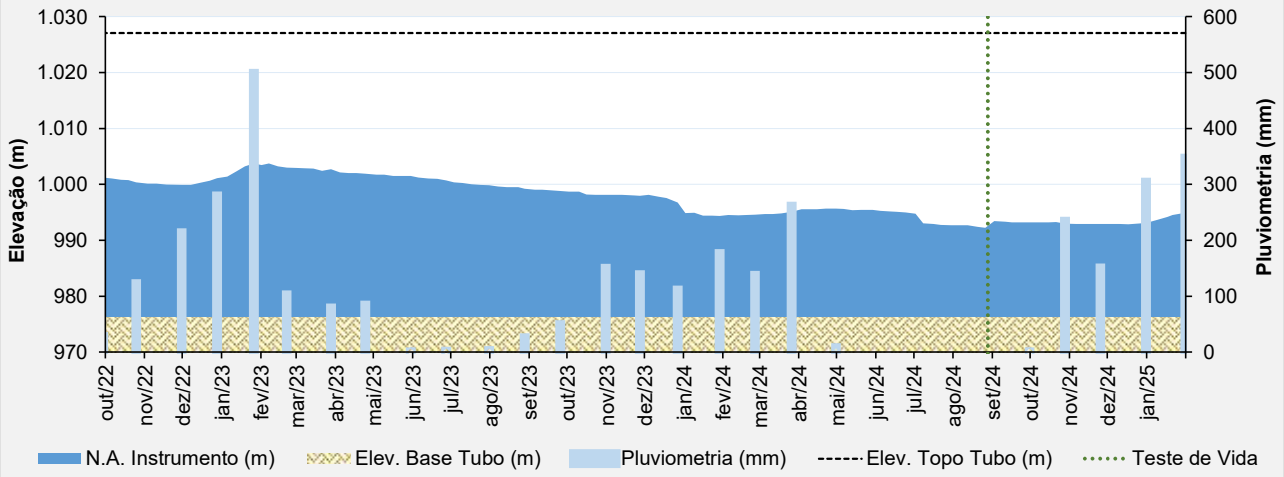


Figura 5.47 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-17.

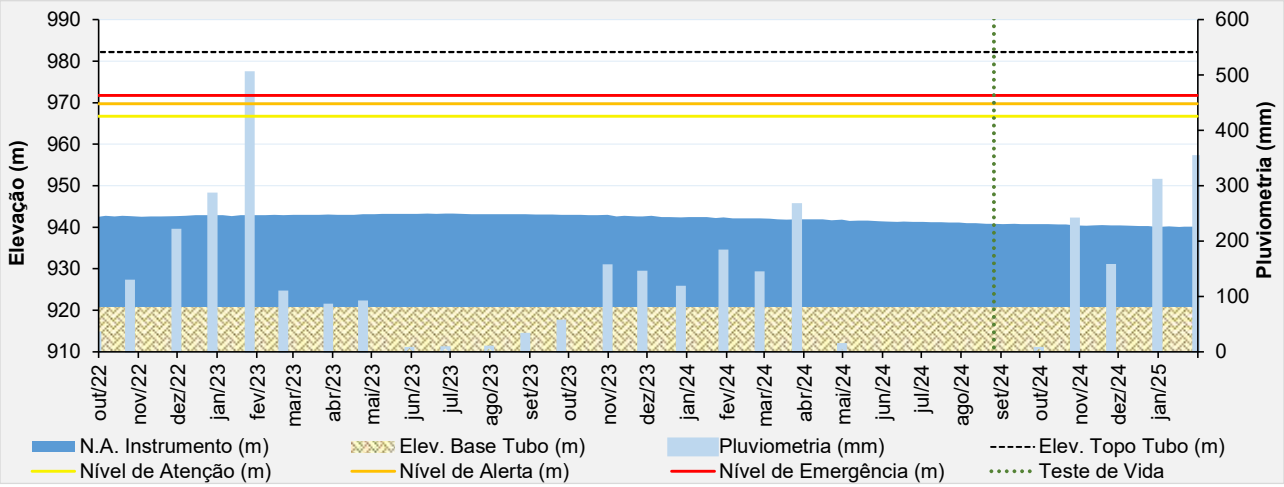


Figura 5.48 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-18.

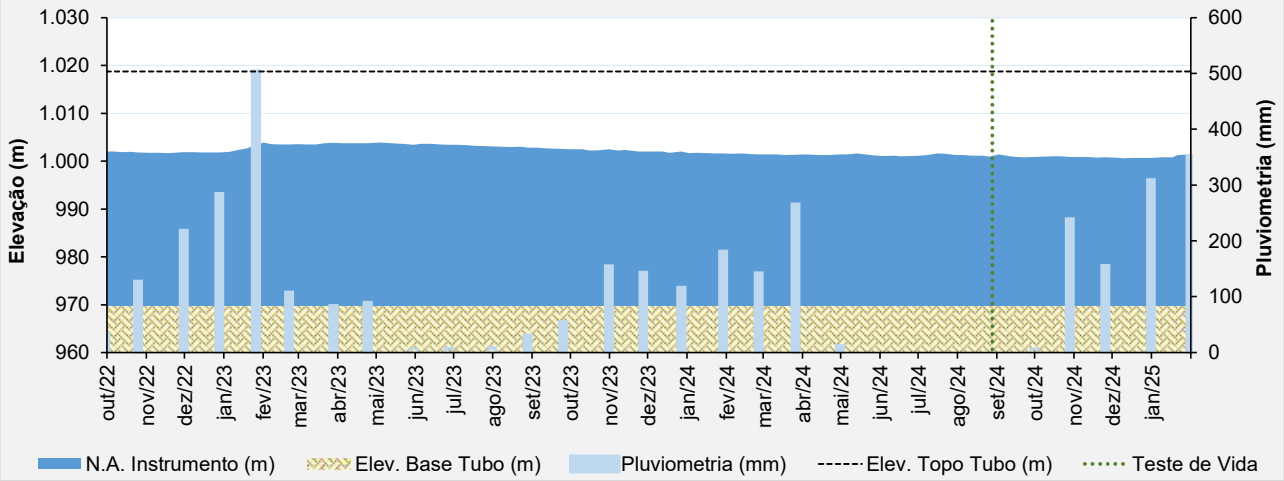


Figura 5.49 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-19.

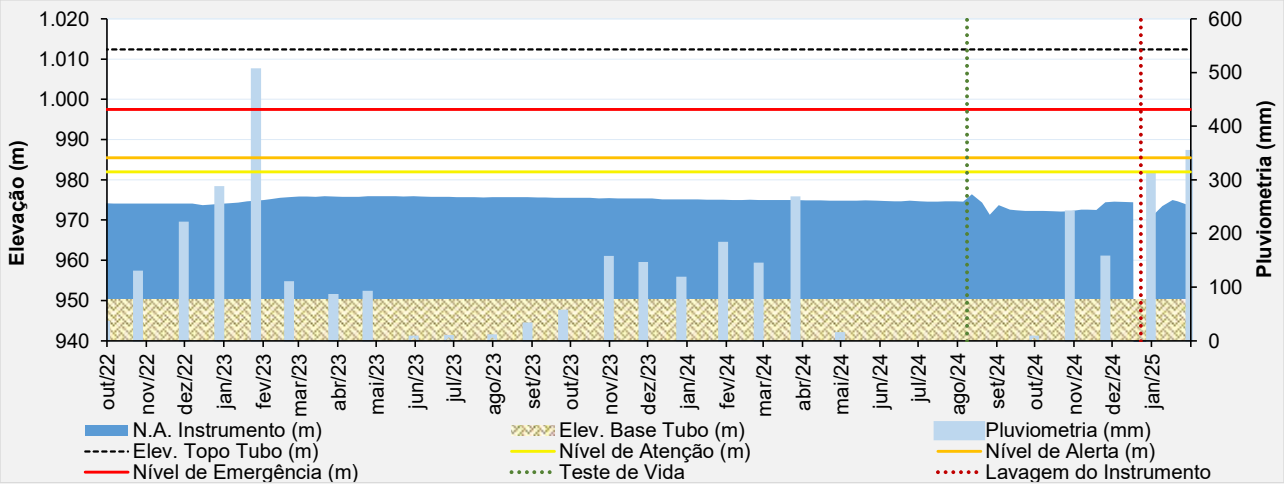


Figura 5.50 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-20.

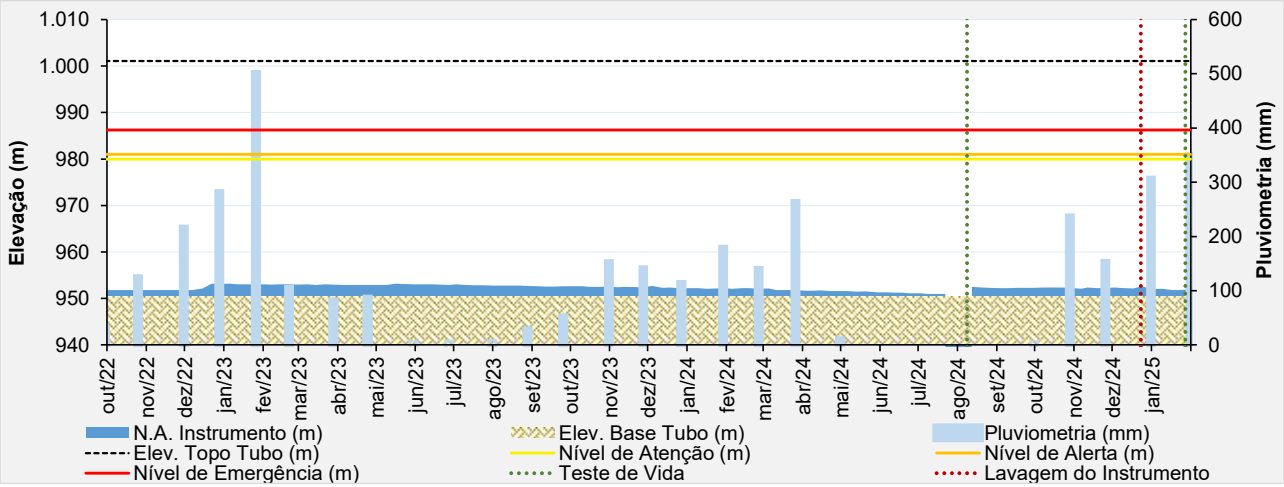


Figura 5.51 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-21.

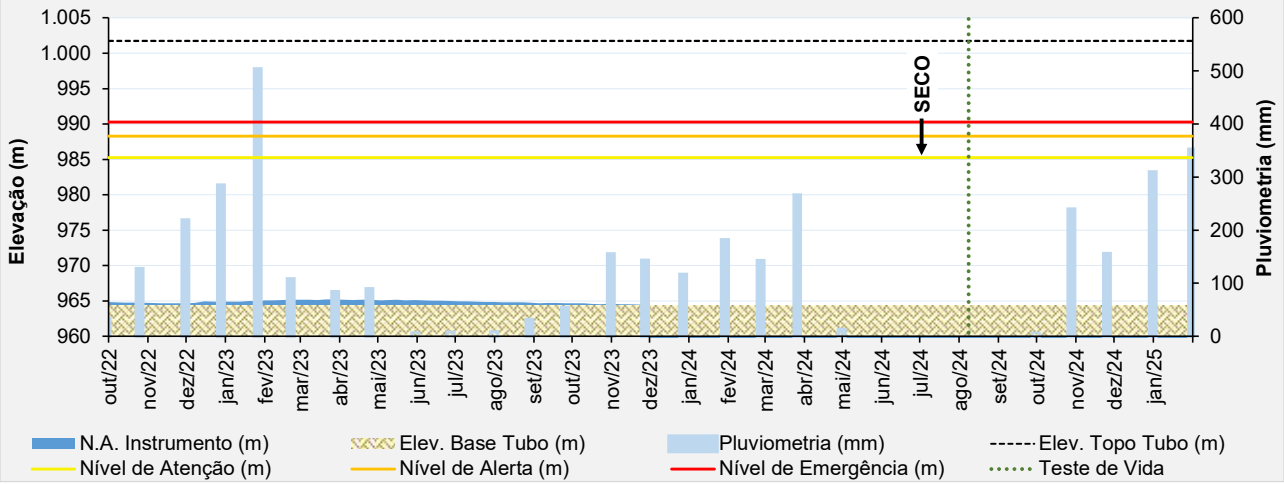


Figura 5.52 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-22.

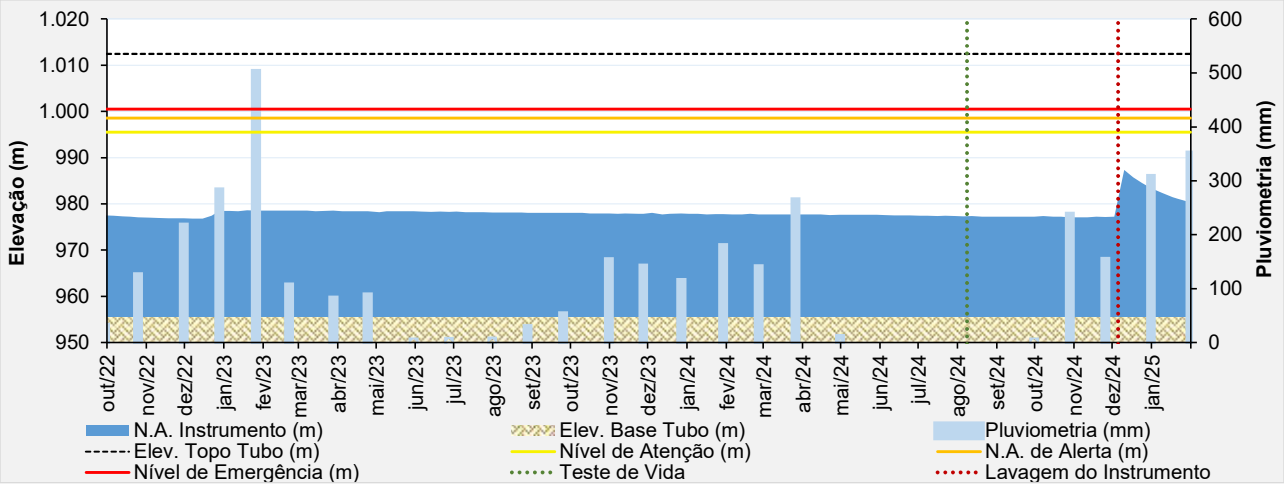


Figura 5.53 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-23.

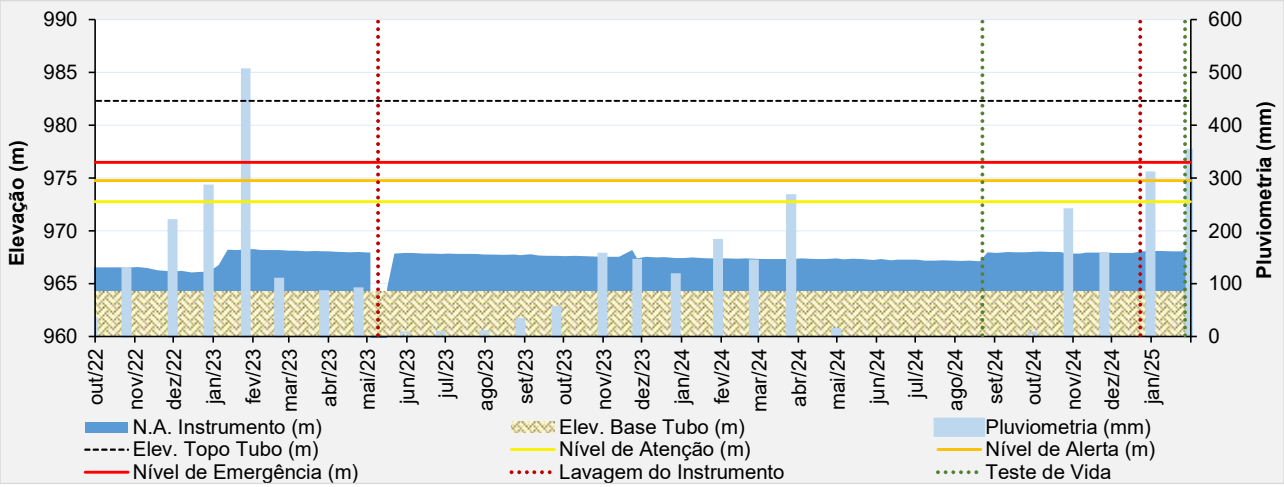


Figura 5.54 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-24.

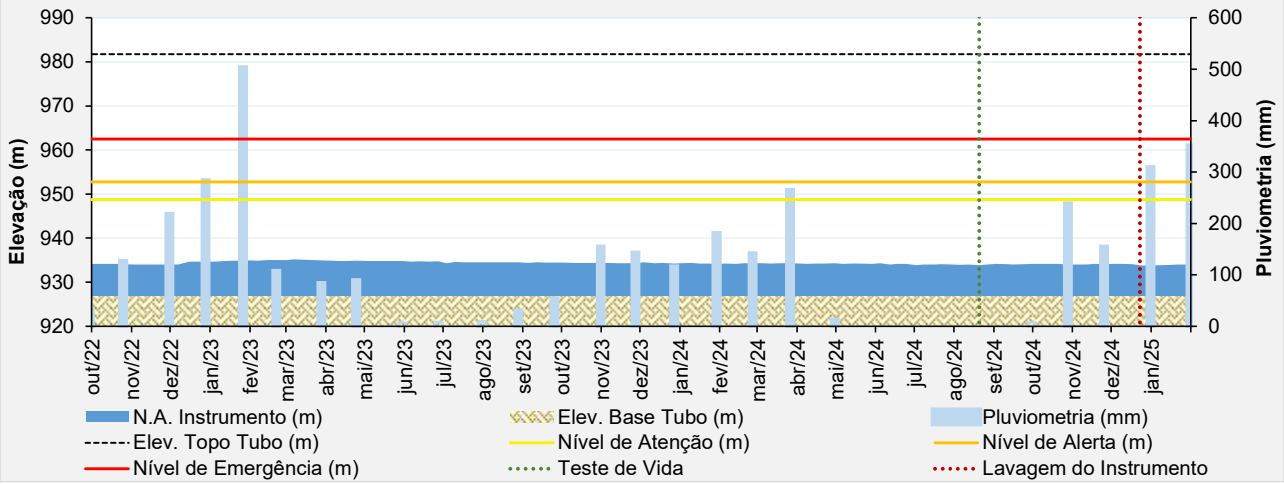


Figura 5.55 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-25.

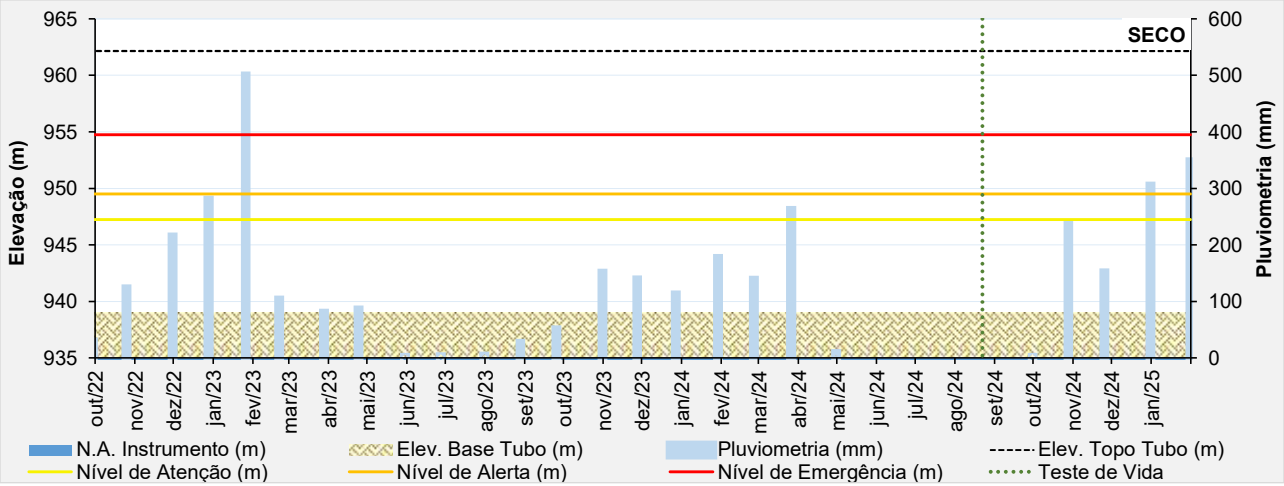


Figura 5.56 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-26.

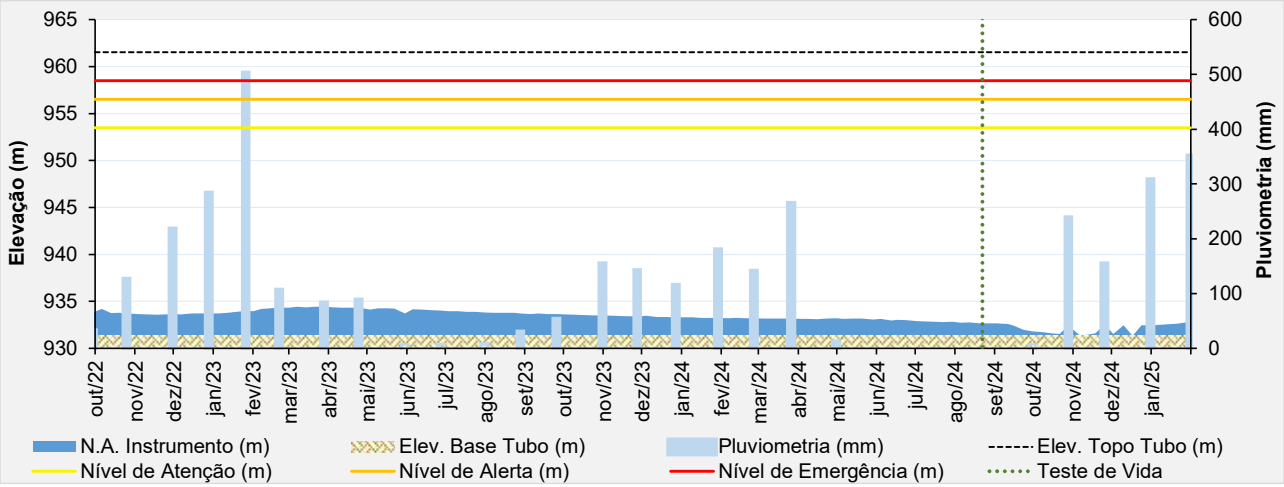


Figura 5.57 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-27.

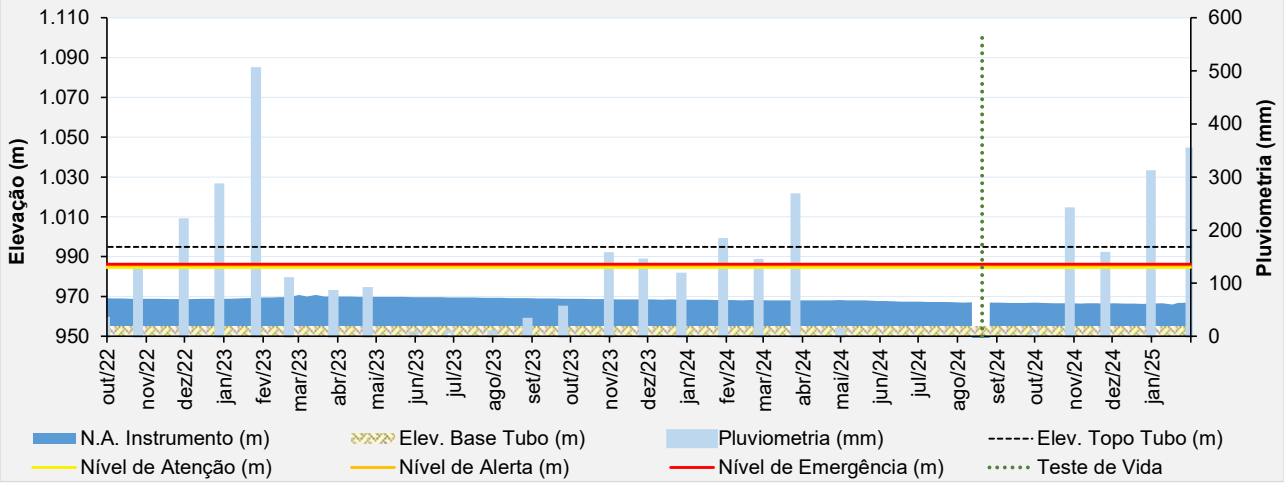


Figura 5.58 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-28.

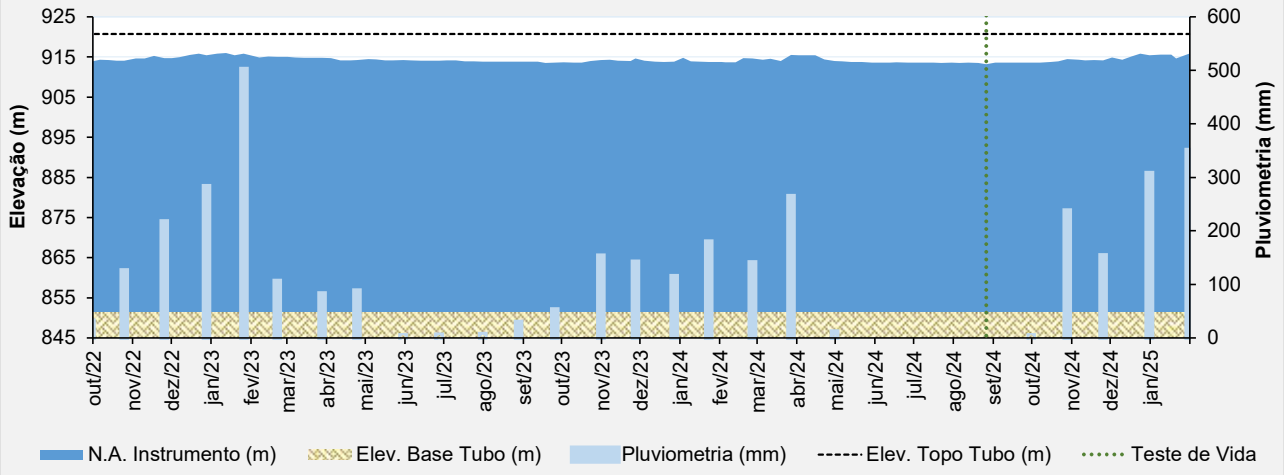


Figura 5.59 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-03 ECO.

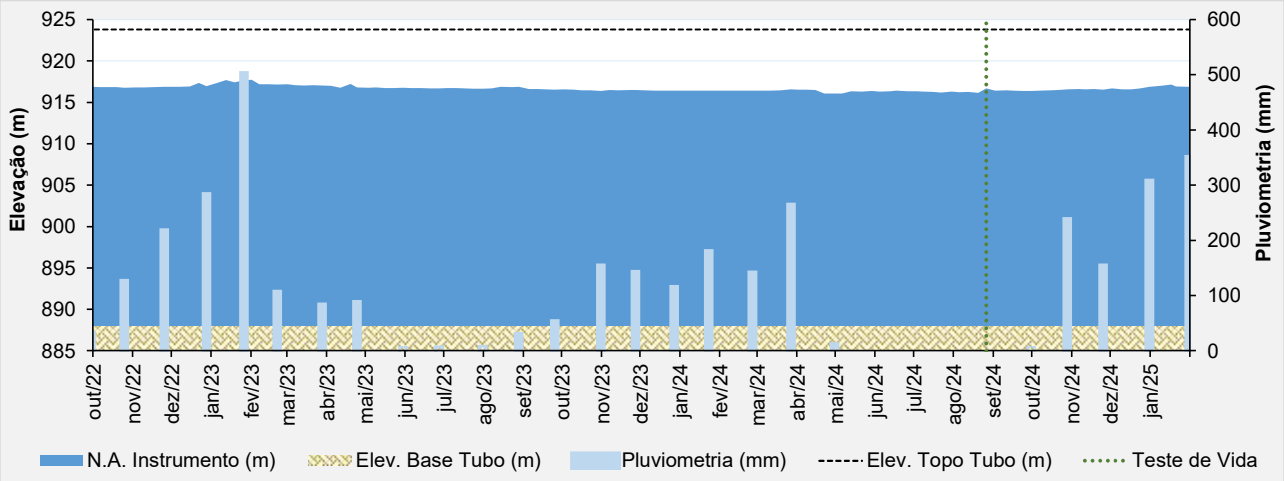


Figura 5.60 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-04 ECO.

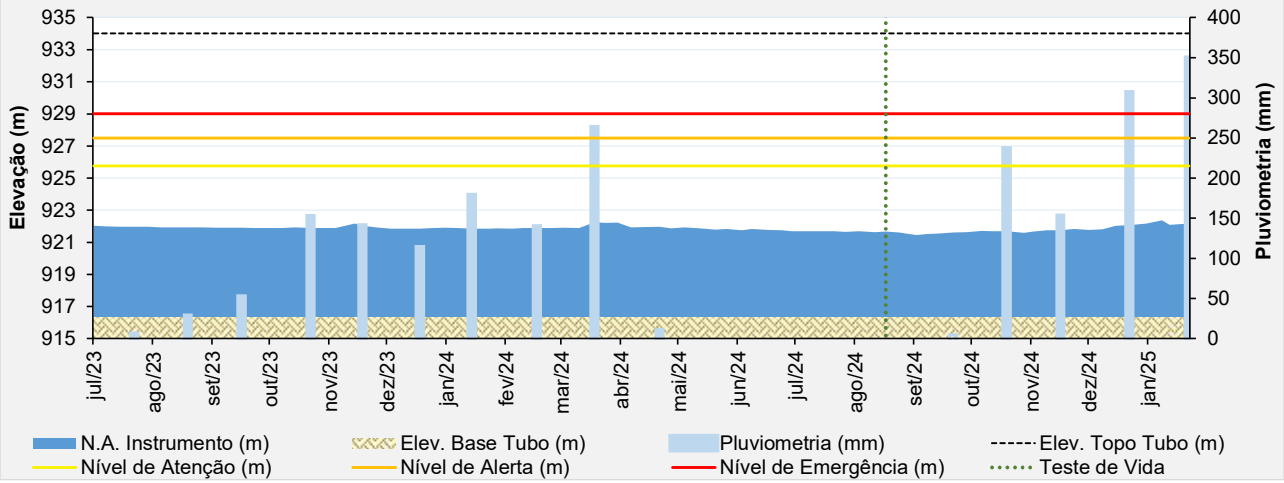


Figura 5.61 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-05 ECO.

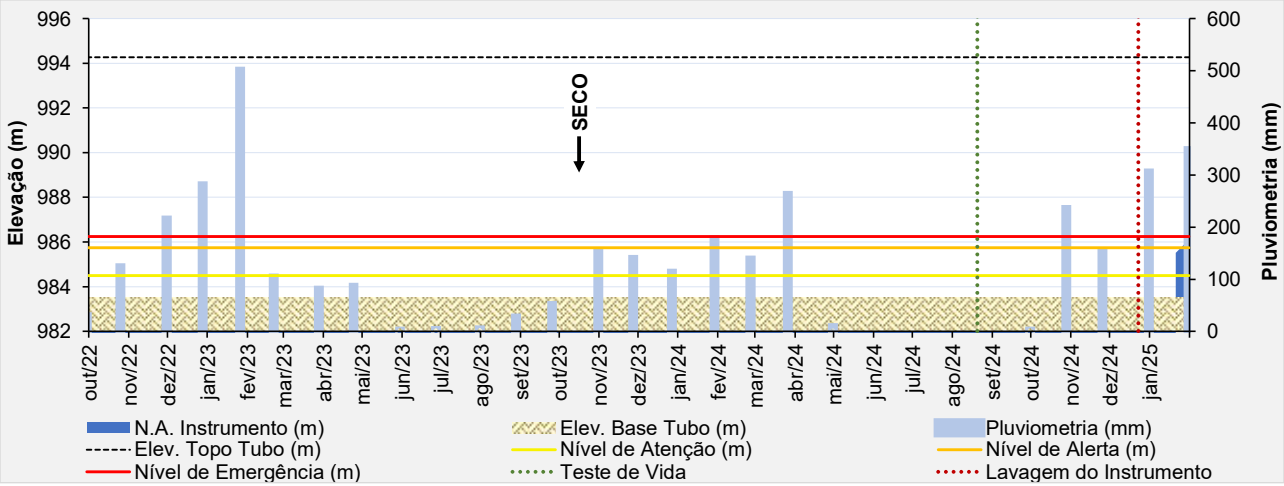


Figura 5.62 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01.

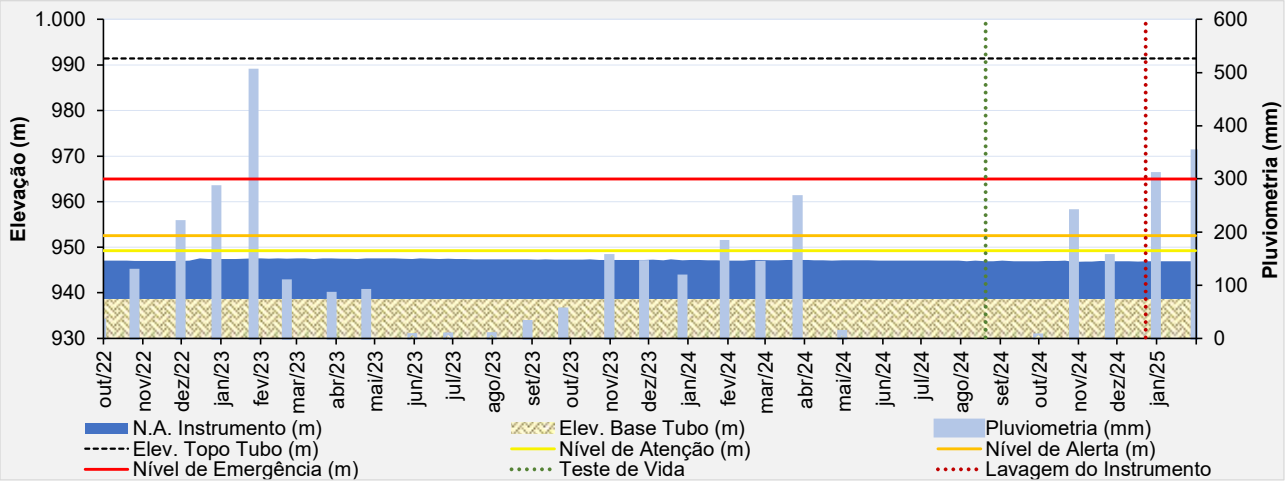


Figura 5.63 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01B.

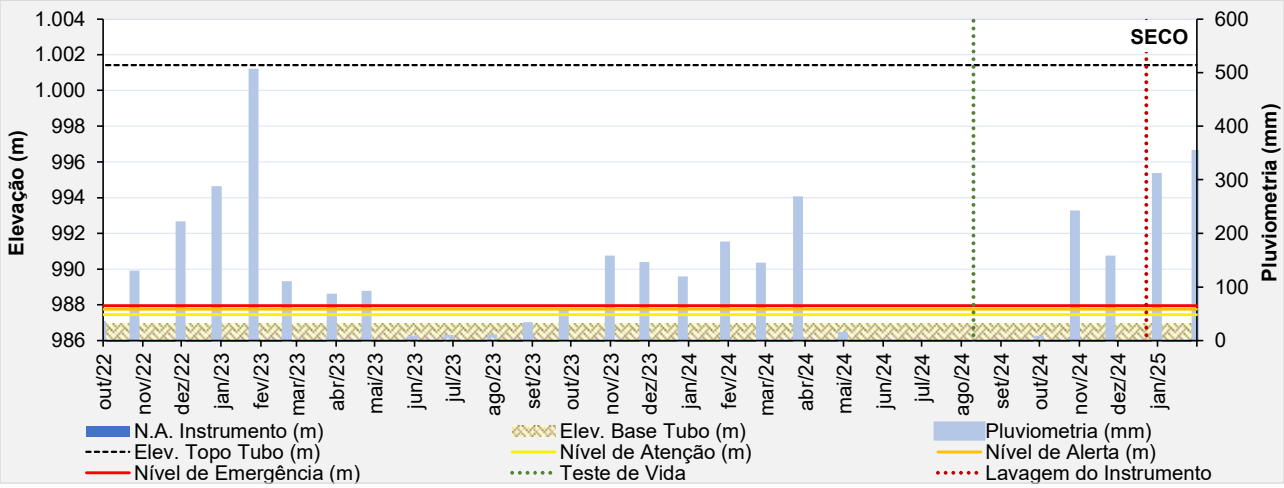


Figura 5.64 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-02.

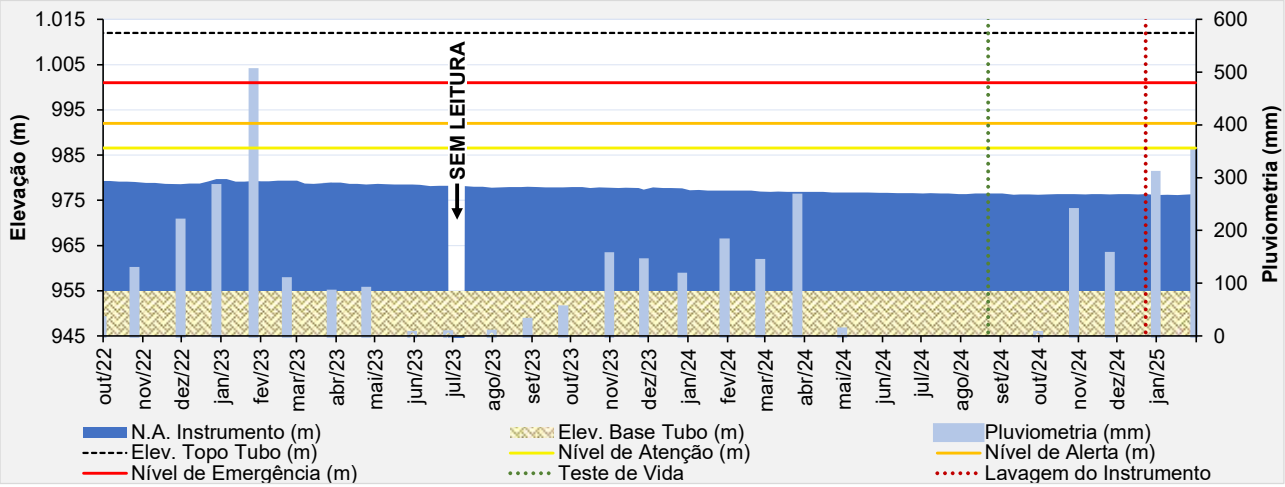


Figura 5.65 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-02B.

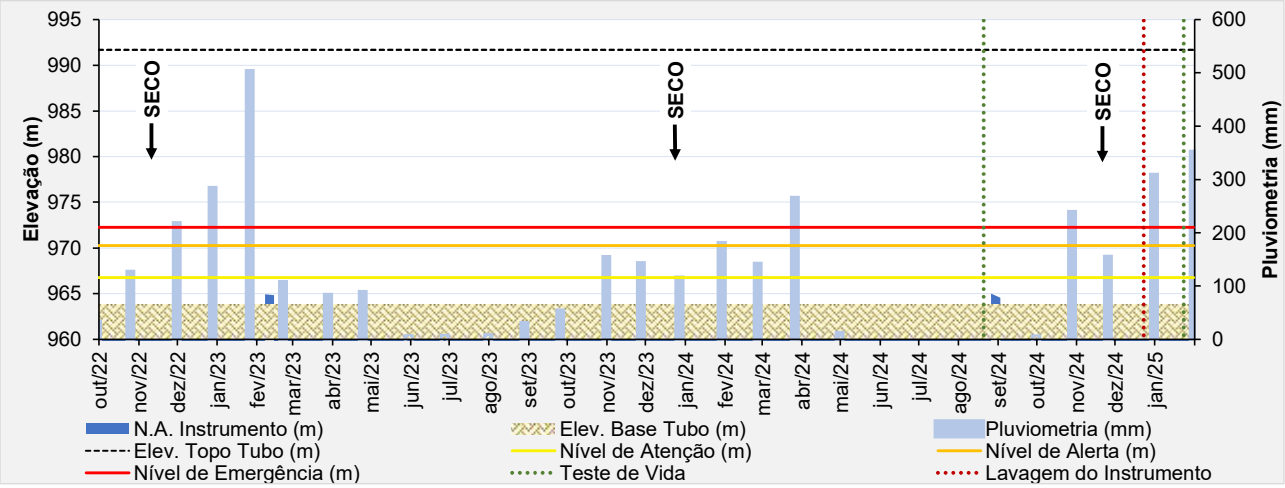


Figura 5.66 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-03.

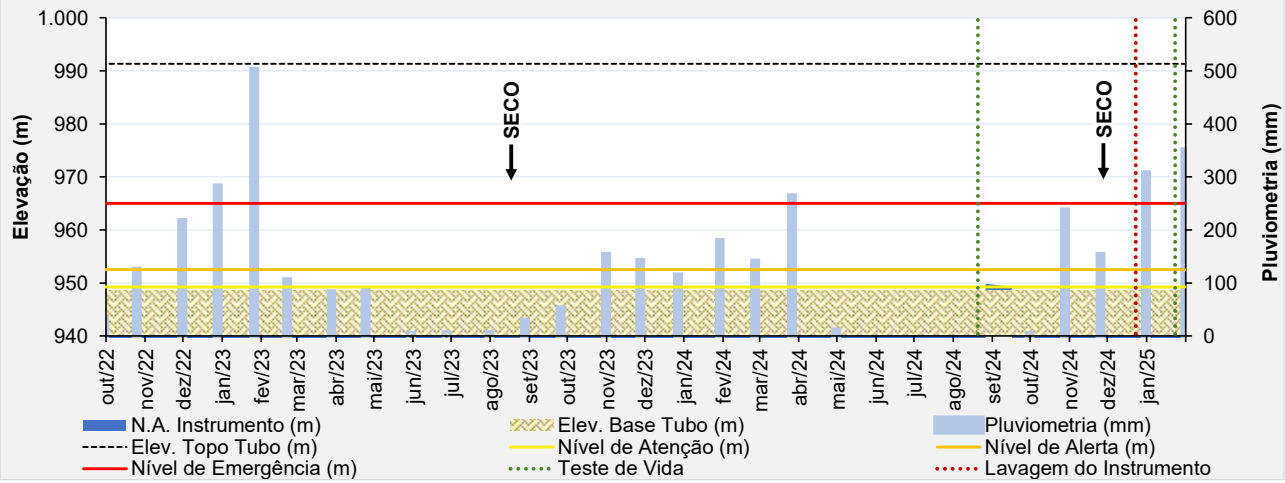


Figura 5.67 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-04.

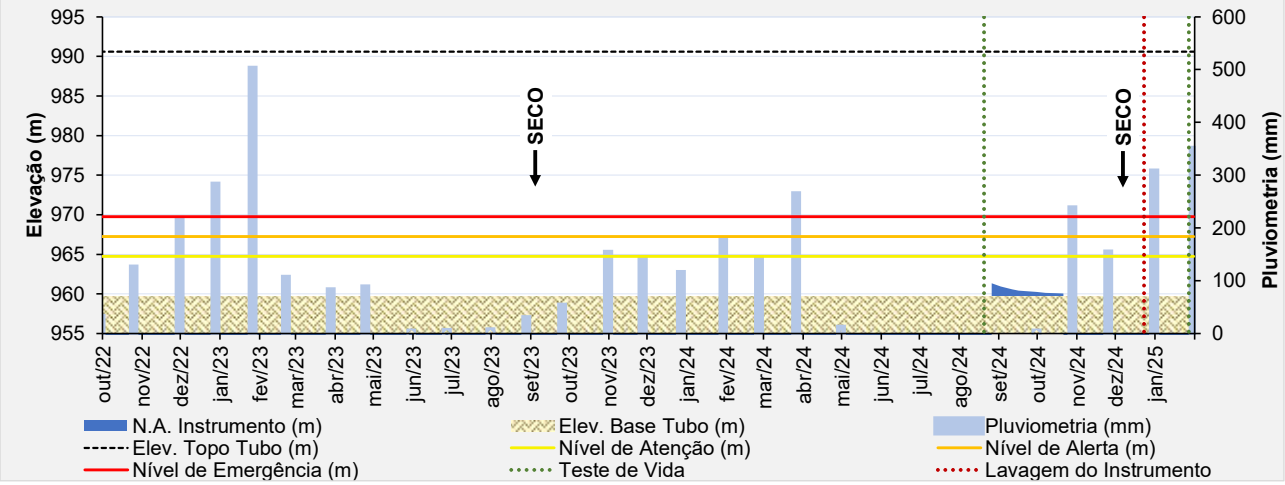


Figura 5.68 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-05.

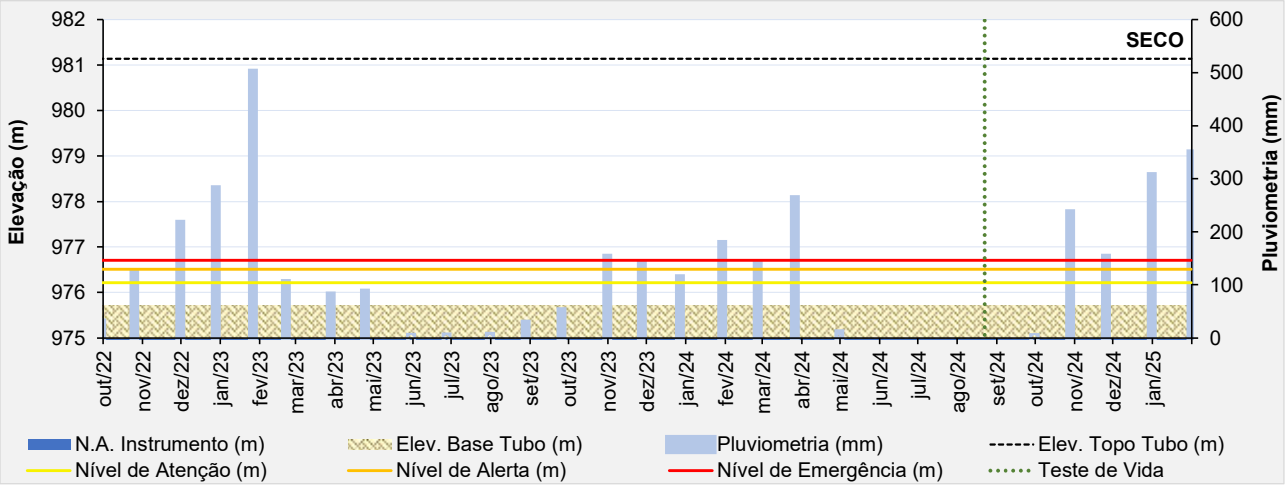


Figura 5.69 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-06.

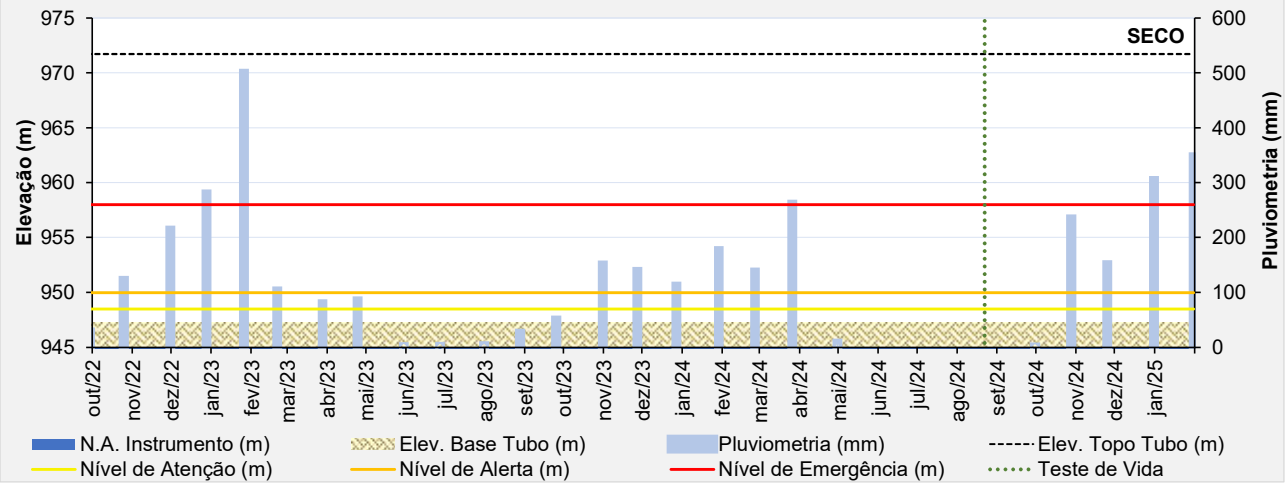


Figura 5.70 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-07.

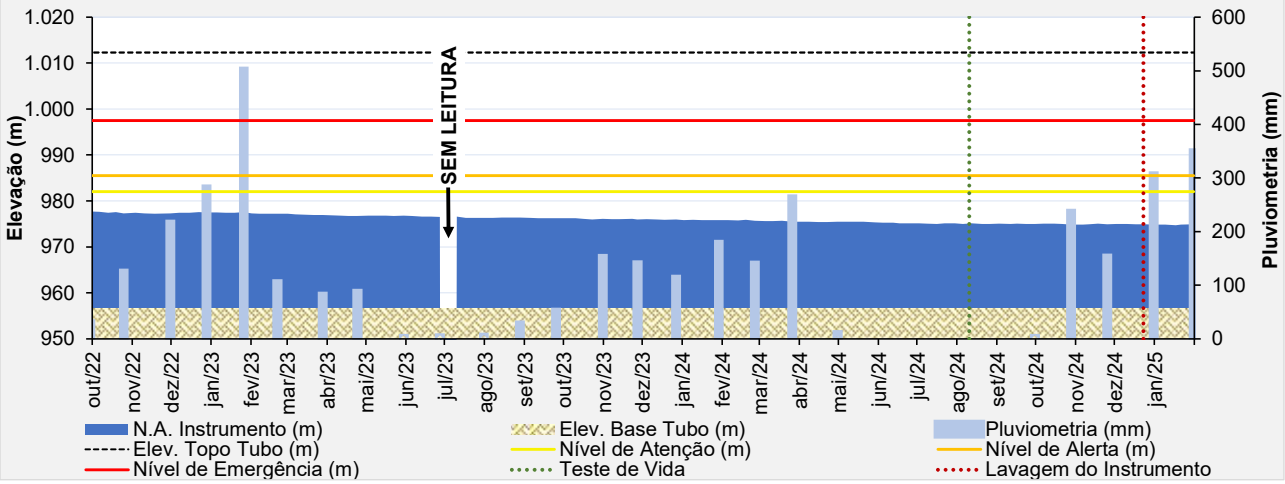


Figura 5.71 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-08.

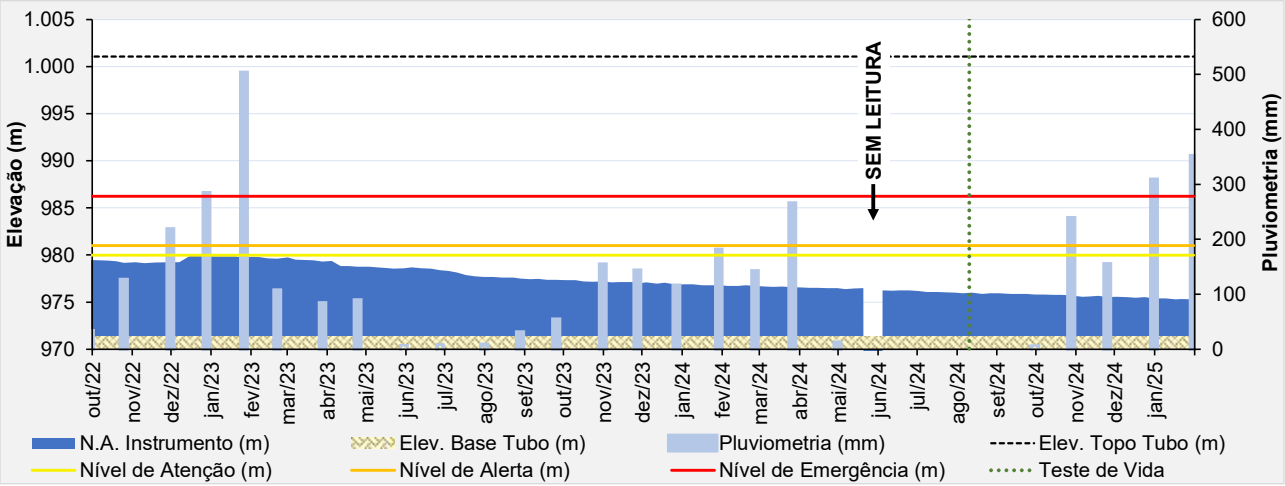


Figura 5.72 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-09.

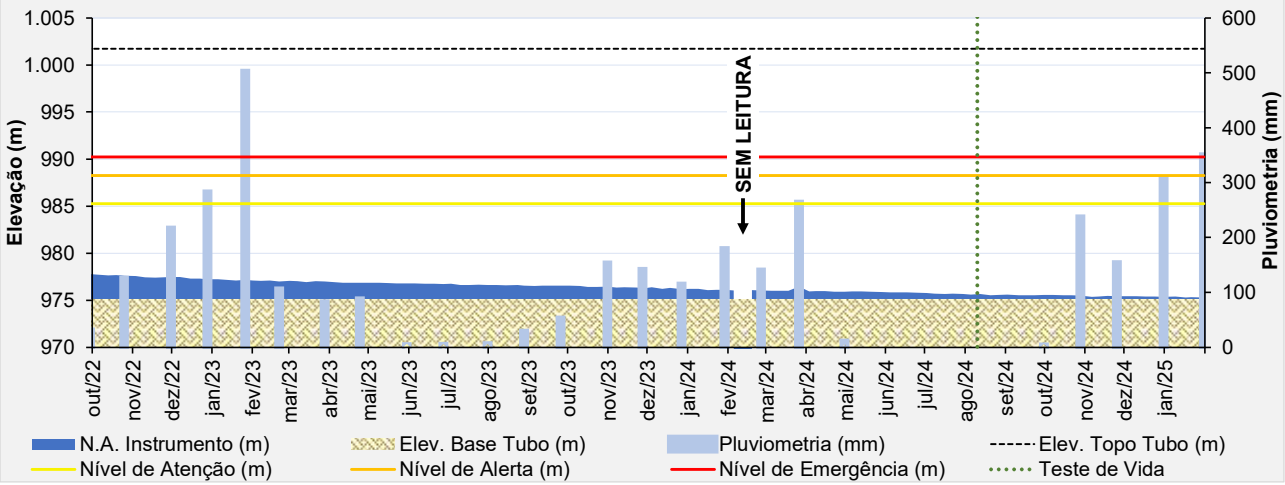


Figura 5.73 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-10.

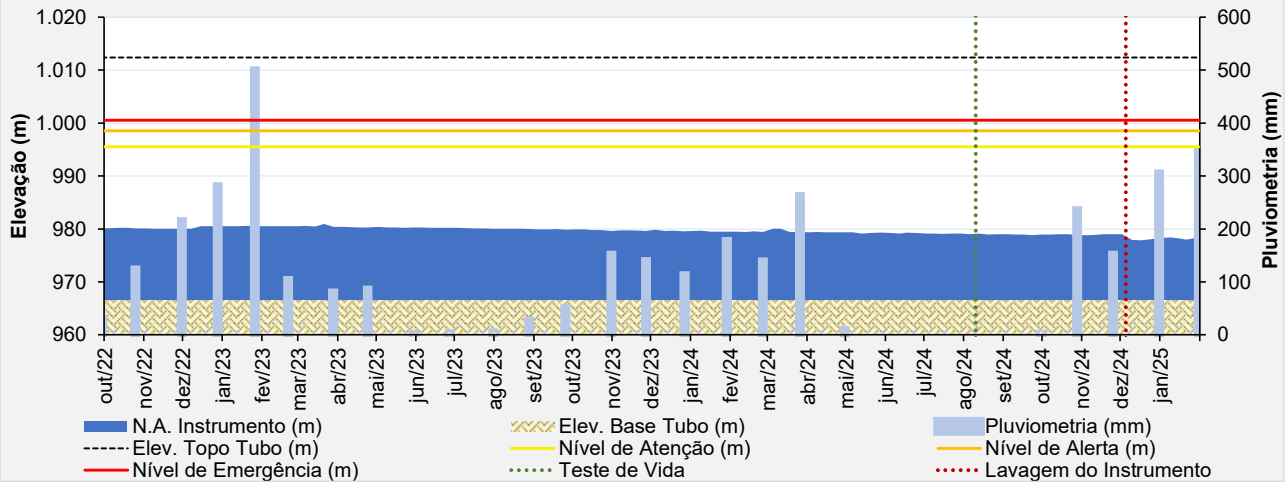


Figura 5.74 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-11.

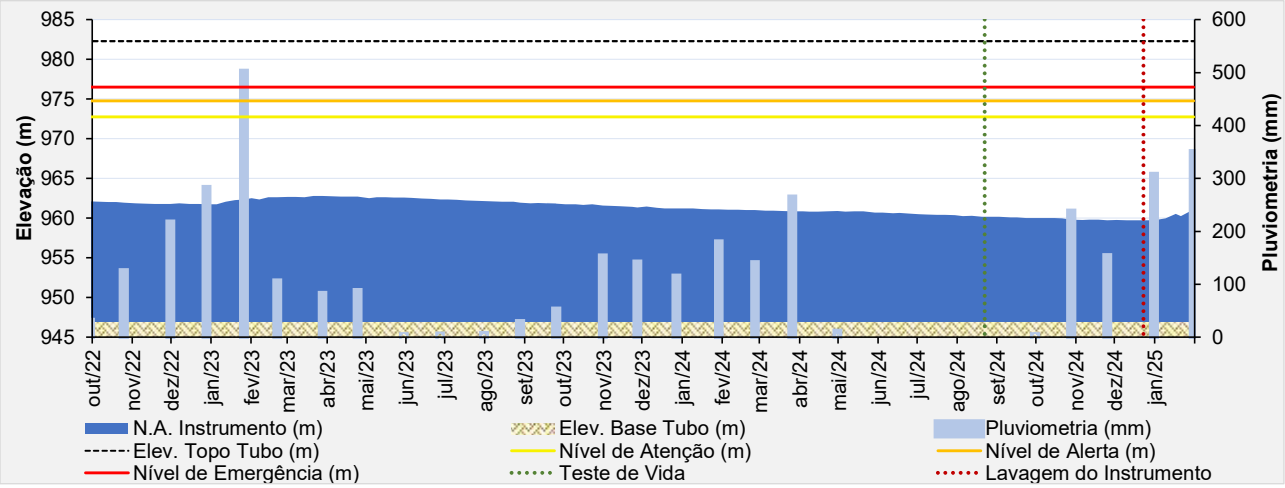


Figura 5.75 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-12.

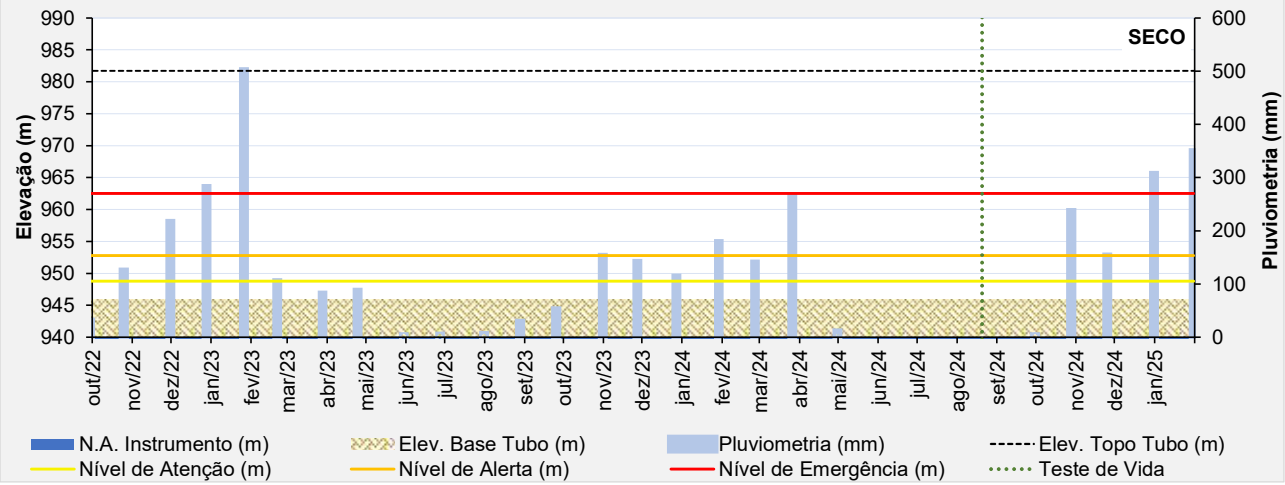


Figura 5.76 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-13.

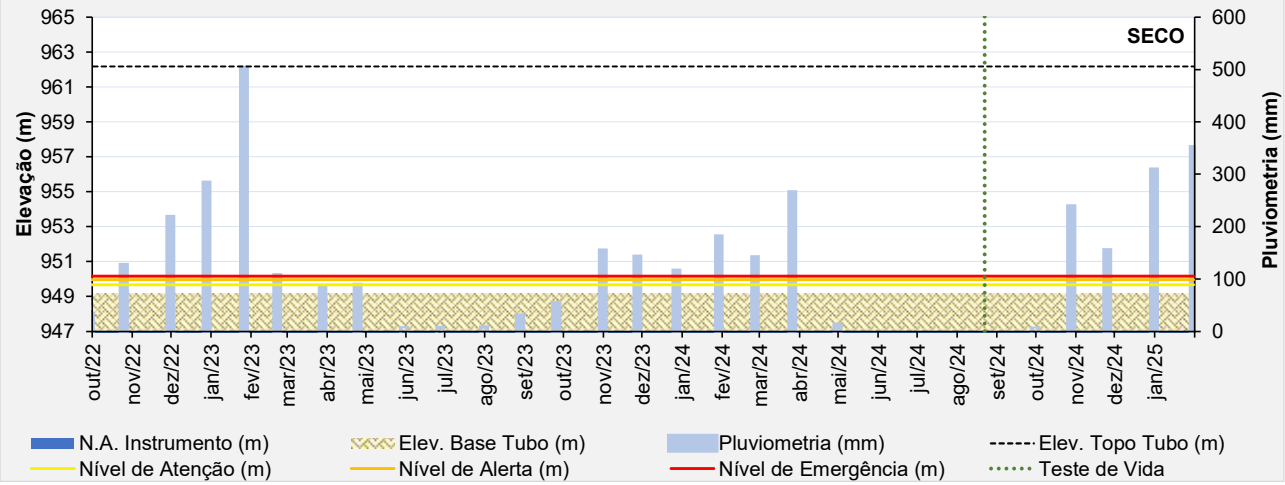


Figura 5.77 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-14.

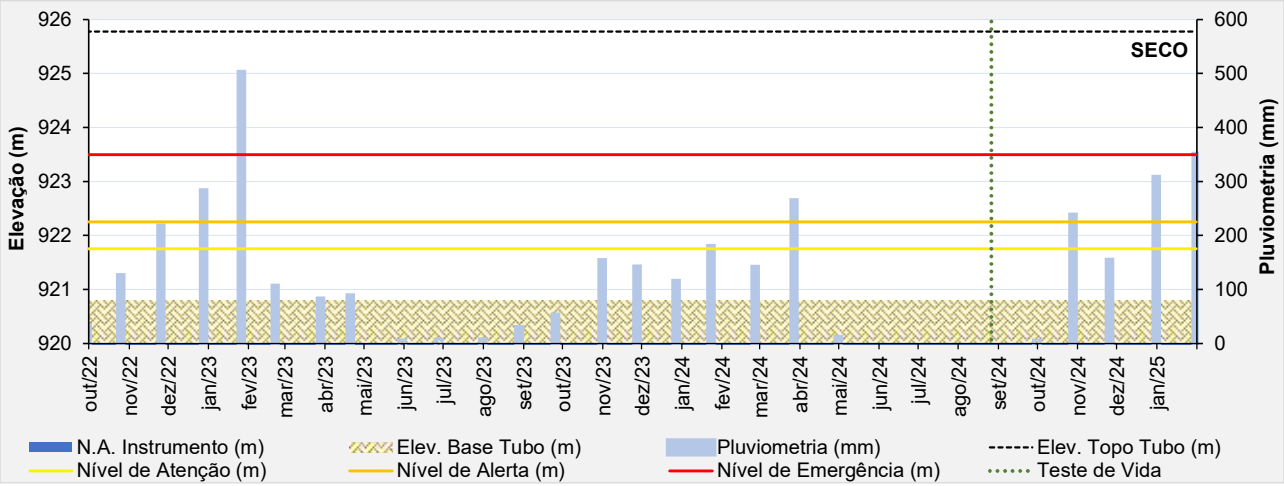


Figura 5.78 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01A ECO.

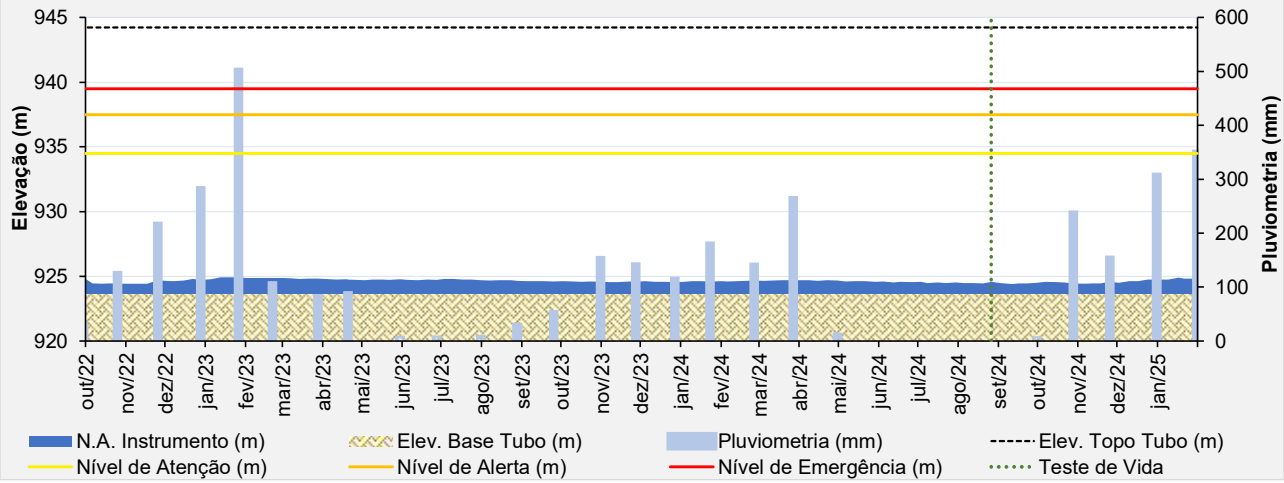


Figura 5.79 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-03 ECO.

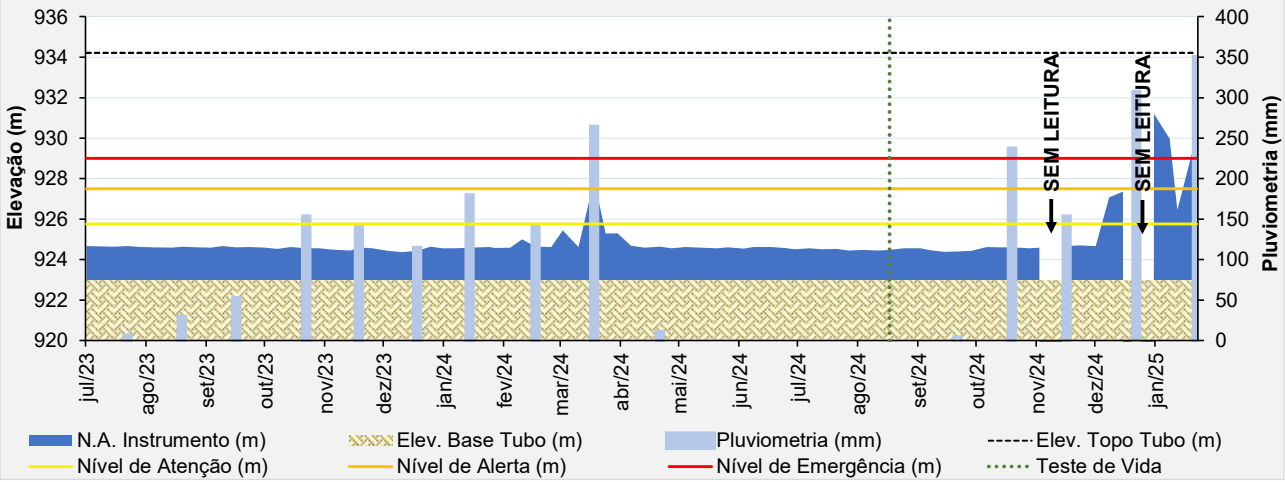


Figura 5.80 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-04 ECO.

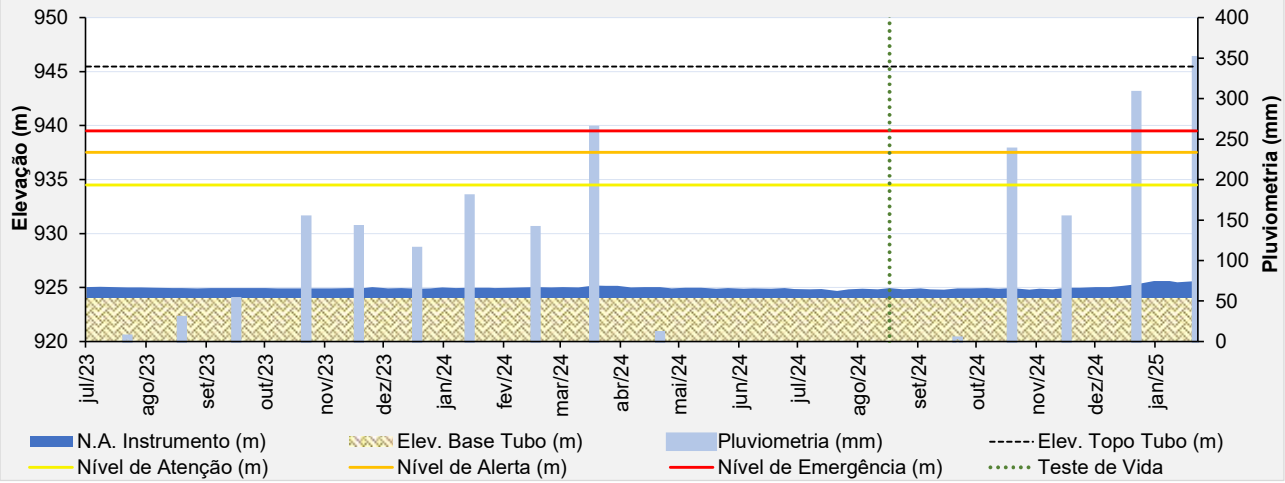


Figura 5.81 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-05 ECO.

Durante o mês de agosto/2024 foram realizados testes de vida na instrumentação instalada na estrutura, para os instrumentos que não indicaram uma boa resposta após a realização do teste, foi realizada lavagem do instrumento (dezembro/2024 e janeiro/2025) e em alguns até novo teste de vida (janeiro/2025).

No período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025), pode-se observar que parte dos instrumentos apresentaram uma oscilação em suas leituras, provavelmente devido a elevada incidência pluviométrica na região. Dentre estes, destacam-se alguns que apresentaram comportamentos discrepantes ao histórico registrado:

→ INA-01 – Em seu registro de leituras, indicava-se seco desde março/2023 e na 2ª quinzena de janeiro de 2025, apresentou leitura atingindo nível de alerta conforme definido em carta de risco. Por conta do histórico de comportamento seco do instrumento e da discrepância em relação aos níveis verificados nos instrumentos no entorno, tal leitura não foi considerada nas análises de estabilidade;

→ INA-03 – De acordo com seu histórico, apresentava-se seco desde setembro/2024 e na 2ª quinzena de janeiro/2025 voltou a apresentar leitura. Esta leitura foi desconsiderada na realização das análises de estabilidade, já que não é o comportamento usualmente verificado no registro de leituras do instrumento (seco) e por divergir dos níveis verificados nos instrumentos instalados em sua proximidade;

→ INA-04 ECO – Em dezembro/2024 as leituras do instrumento começaram a subir atingindo valores acima do nível de atenção. Já em janeiro/2025, manteve-se o comportamento de elevação das leituras, alcançando valores acima do nível de emergência definido em carta de risco. Entende-se que parte desse comportamento é decorrente da alta incidência pluviométrica

na região, porém essa elevada variação nos níveis aferidos não é verificada nos instrumentos adjacentes, além de ter instrumentos instalados à montante que apresentaram níveis menores do que o observado no instrumento Apesar de ter atingido nível de controle, as seções transversais em que é considerada sua leitura (Seção A-A', B-B' e C-C') se mantiveram com fator de segurança acima dos valores mínimos de referência;

→ PZ-20 e PZ-23 – Após realização de lavagem destes instrumentos em dezembro/2024, suas leituras ainda não se estabilizaram, considerando as leituras antes do procedimento.

- **Placa Indicadora de Vazão**

As leituras da placa indicadora de vazões tiveram grande oscilação em decorrência de precipitações mais elevadas. Quando se compara o período de novembro/24 a janeiro/25, obteve-se uma média das leituras das vazões igual a 1,49 m³/h, tendo vazões variando de 0,05 até 7,76 m³/h, desconsiderando os valores discrepantes (*outliers*). Após um período seco entre abril/2024 e outubro/2024, no período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025) foi possível verificar leituras na placa indicadora de vazão, como resultado da elevada incidência pluviométrica na região.

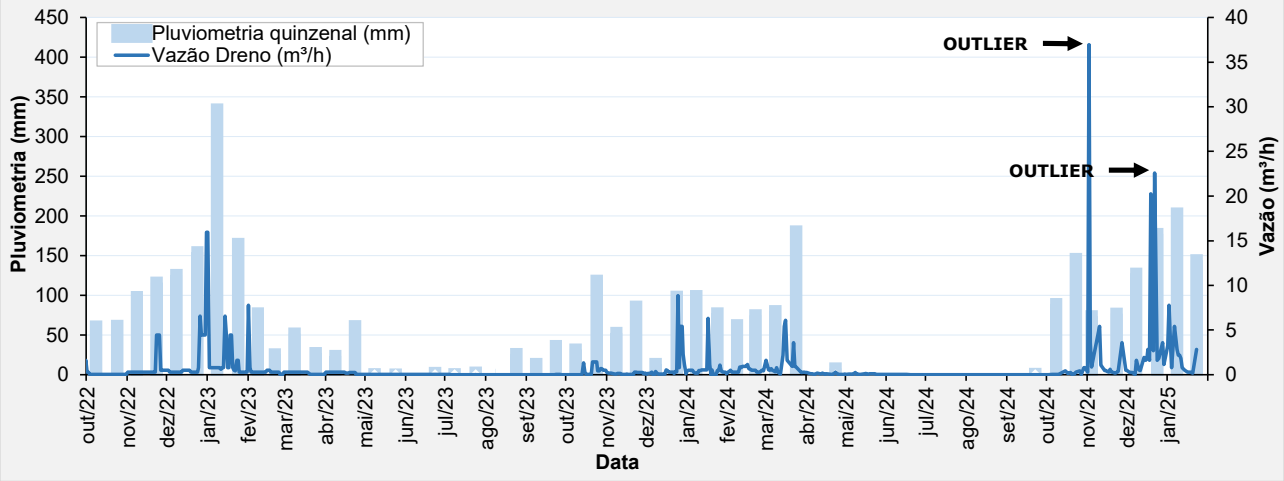


Figura 5.82 – Histórico de leituras da placa indicadora de vazões.

Pode-se notar na Figura 5.82, que no dia 09/11/2024, foi lida uma vazão de aproximadamente 37 m³/h. Esse valor está sendo tratado como *outlier* devido ao alto índice pluviométrico registrado no dia dessa leitura (31,5 mm), cujo escoamento superficial influenciou na vazão.

Também foram considerados outliers as vazões verificadas nos dias 26/12/2024 e 29/12/2024, em que foram obtidos valores de 20,2 m³/h e 22,6 m³/h, respectivamente. Tal consideração se deve ao fato de que entre os dias 25/12/2024 e 28/12/2024 foi observada uma pluviometria acumulada de 77,7 mm. Parte da água que chega no medidor de vazão é oriunda da drenagem

superficial da encosta, não sendo possível separá-la da parcela de drenagem interna durante a ocorrência de chuva.

Recomenda-se sempre nesses casos, que as vazões sejam reavaliadas 24 h após os eventos chuvosos, e, caso não seja possível, que a informação de "leitura sob chuva" deva estar incluída nas planilhas de registro de forma a permitir uma melhor análise das informações.

- **Prismas de Monitoramento**

Para controle de deslocamento em superfície, atualmente, existem 70 prismas fixos instalados no maciço da barragem e monitorados por uma estação robótica fixa instalada no terreno natural na ombreira esquerda da barragem como pode ser visto na Figura 5.10.

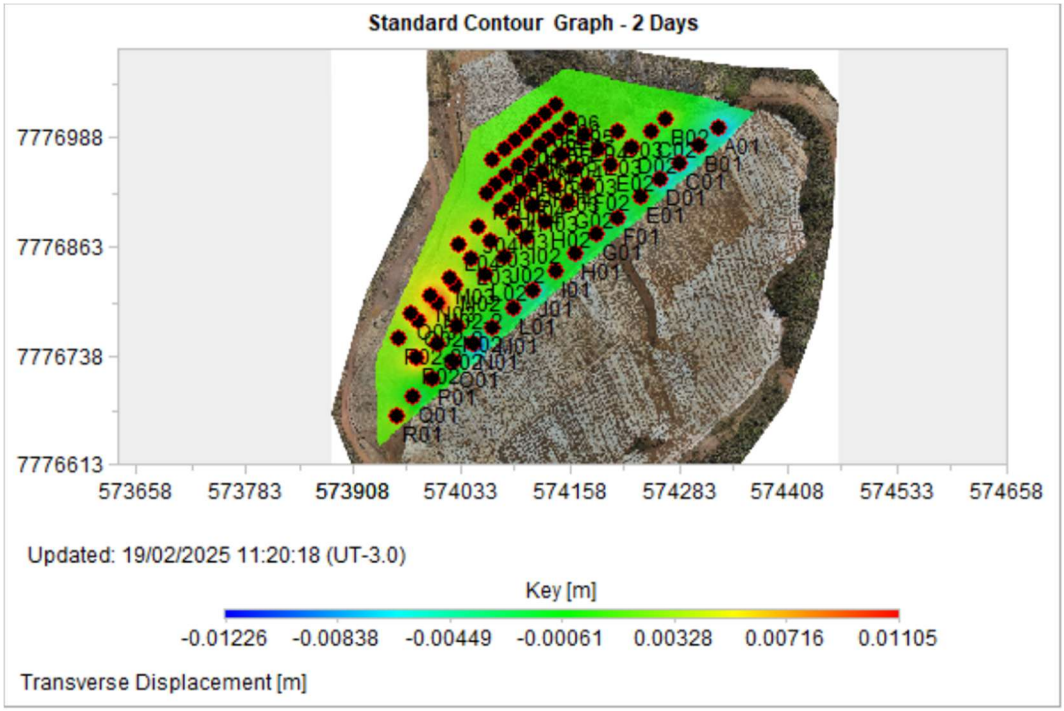


Figura 5.83 – Registros dos deslocamentos verticais dos prismas.

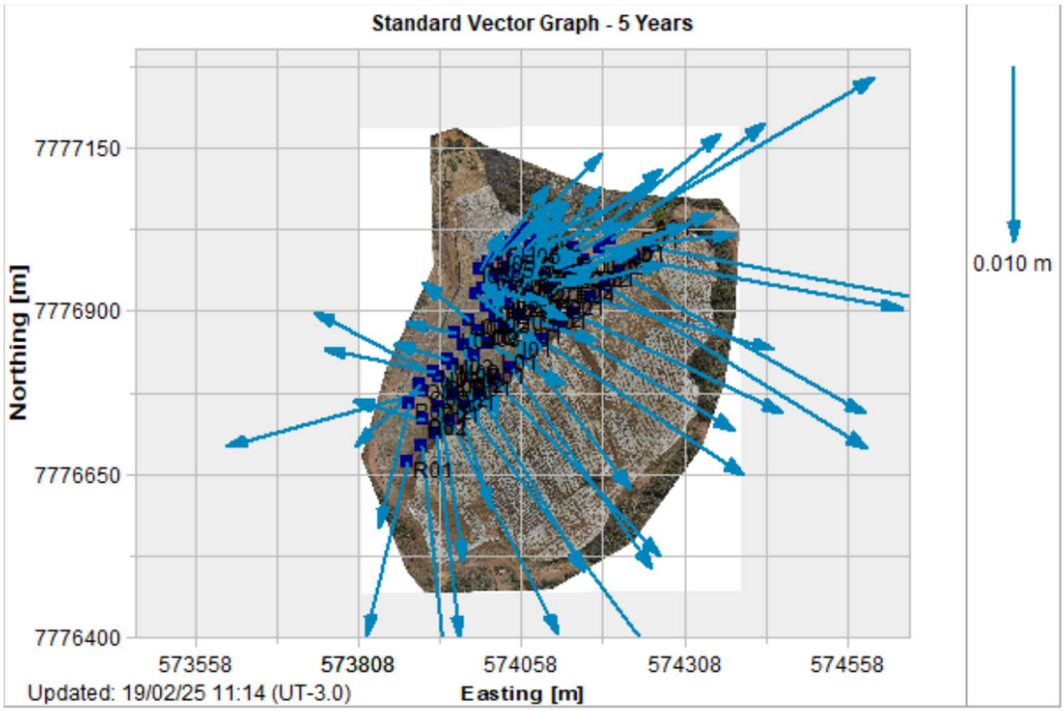


Figura 5.84 – Registros dos vetores deslocamento dos prismas.

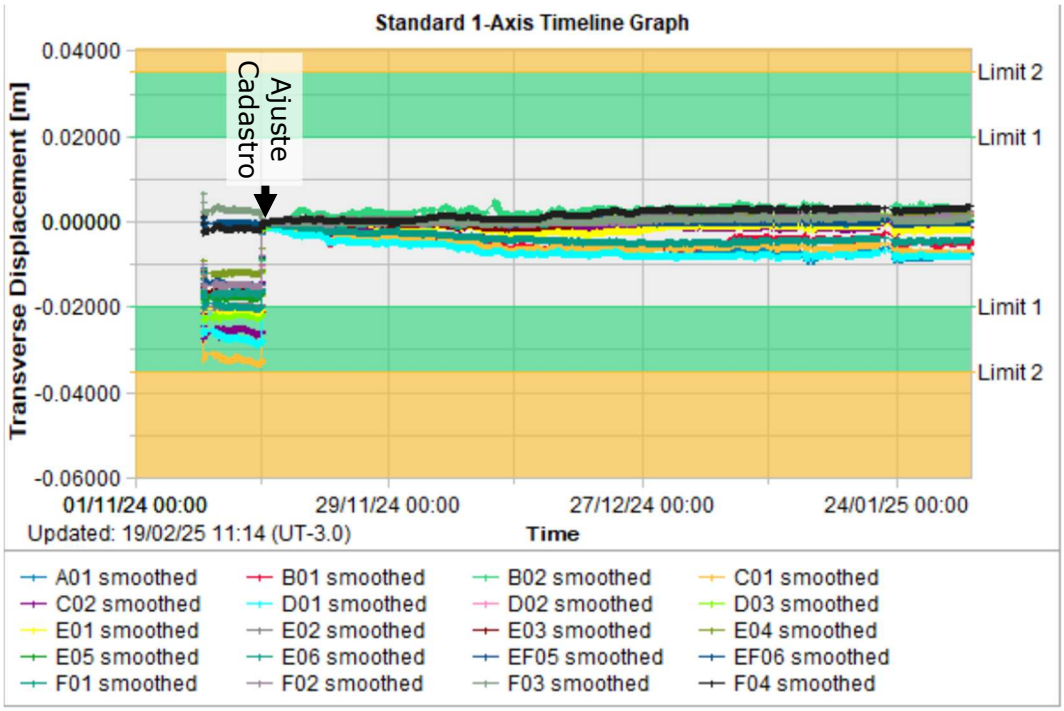


Figura 5.85 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

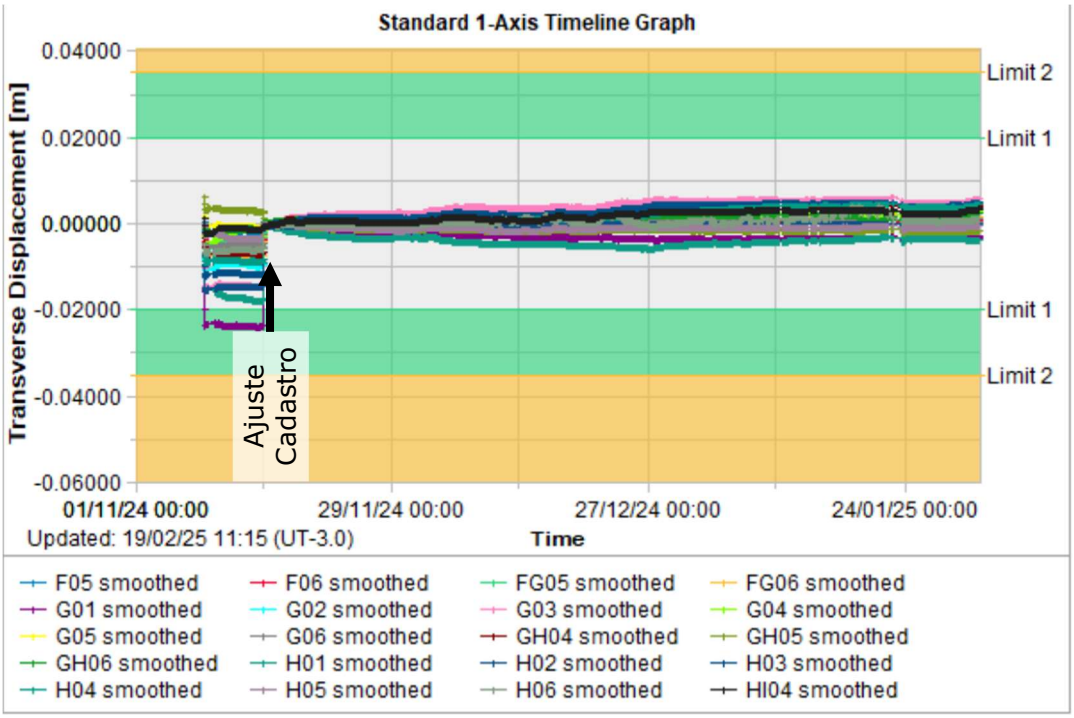


Figura 5.86 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

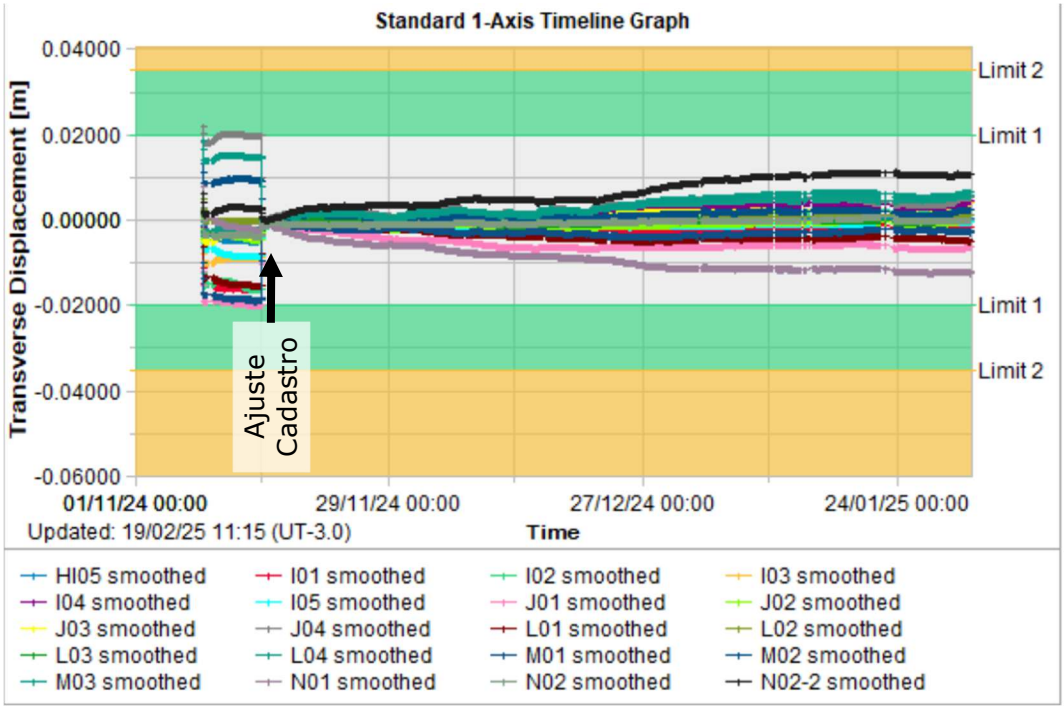


Figura 5.87 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

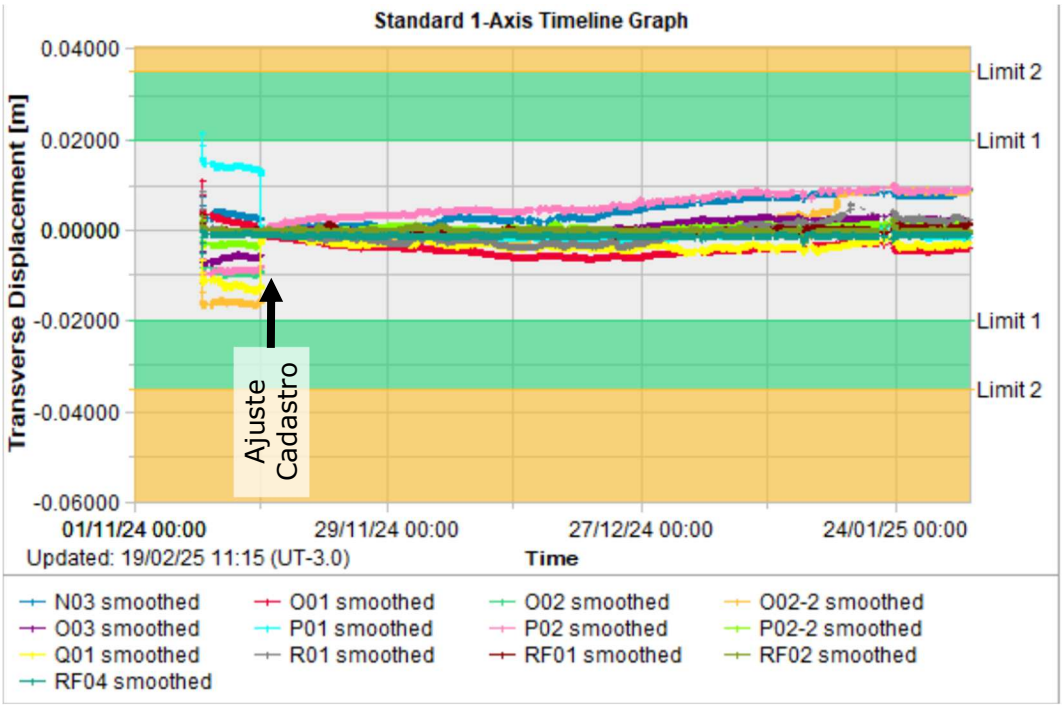


Figura 5.88 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

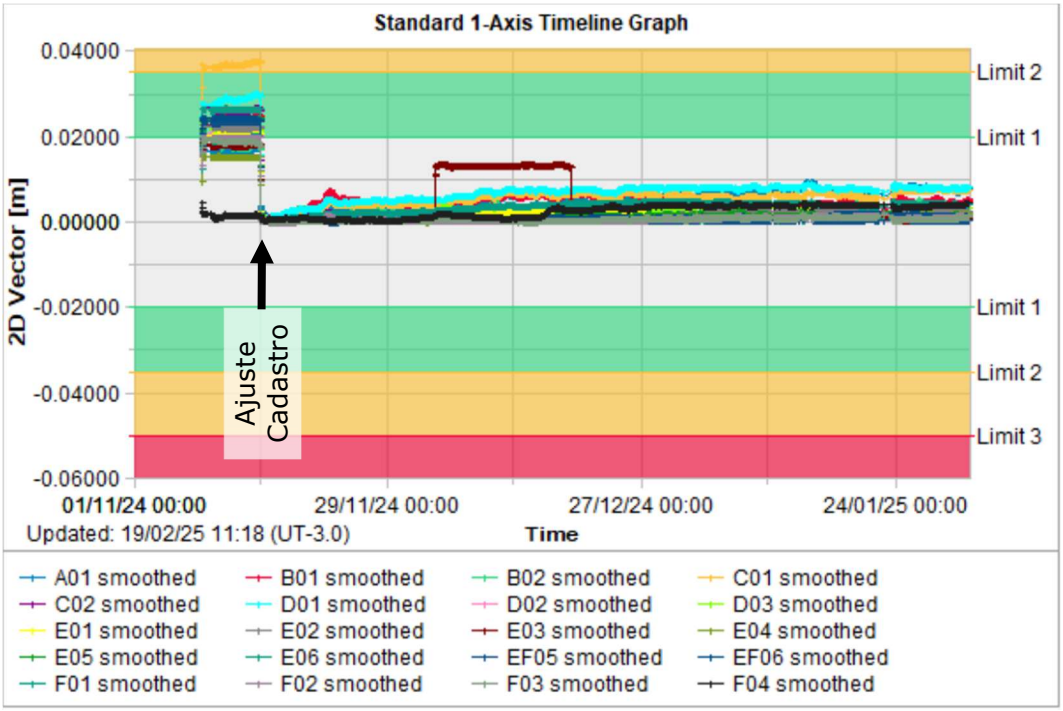


Figura 5.89 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

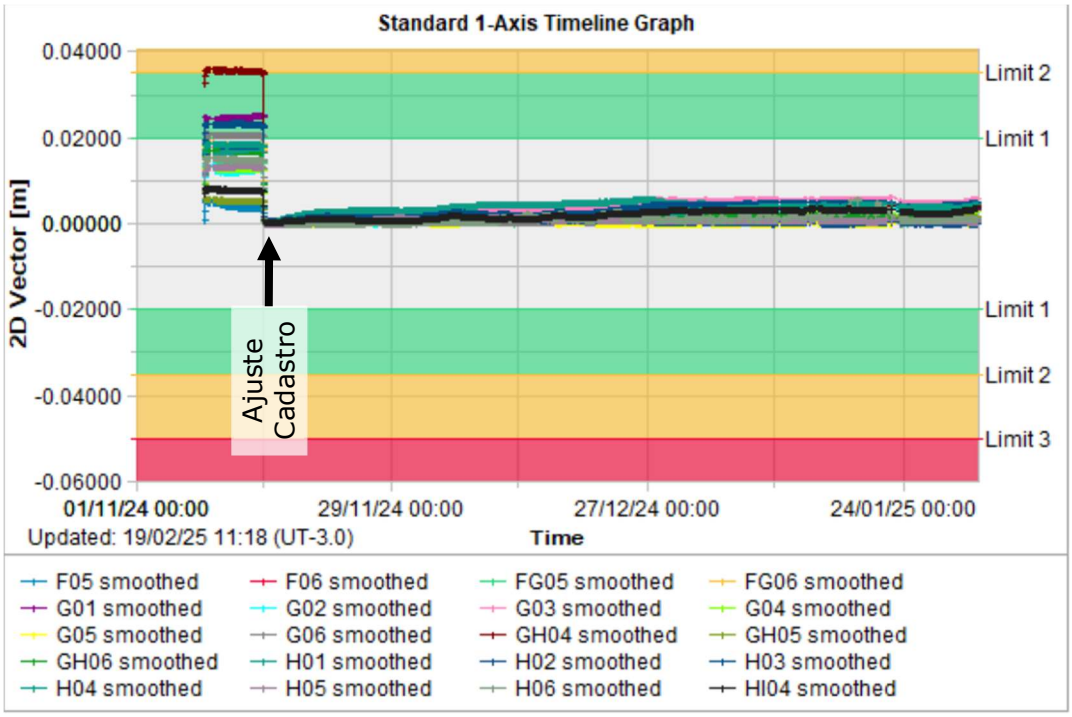


Figura 5.90 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

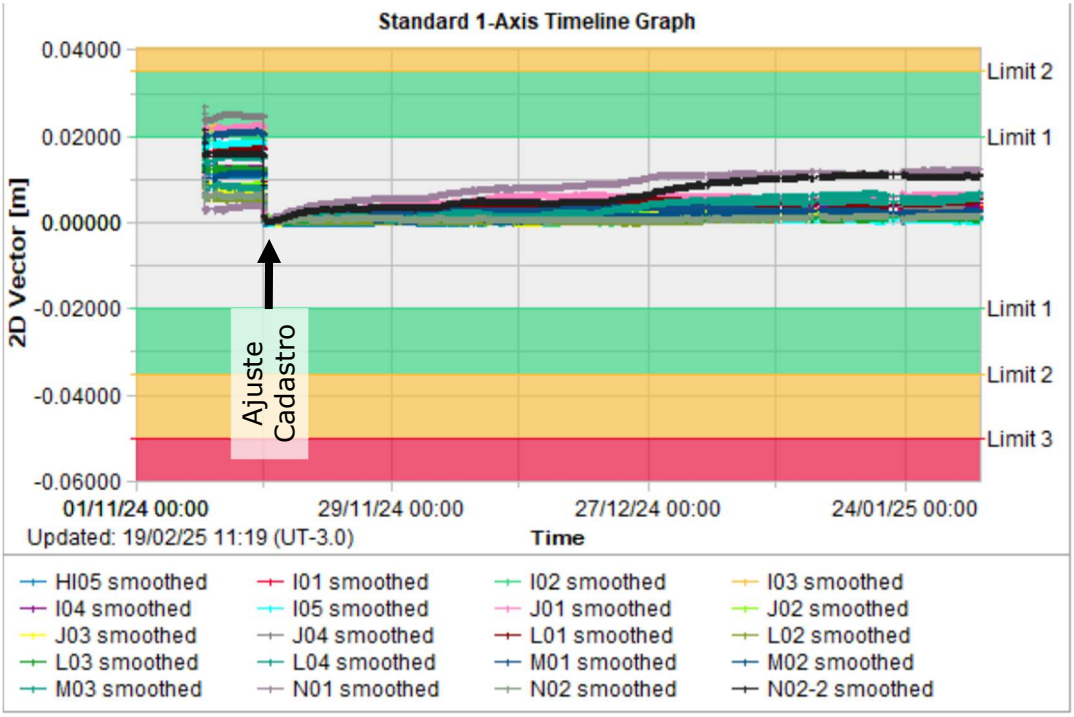


Figura 5.91 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

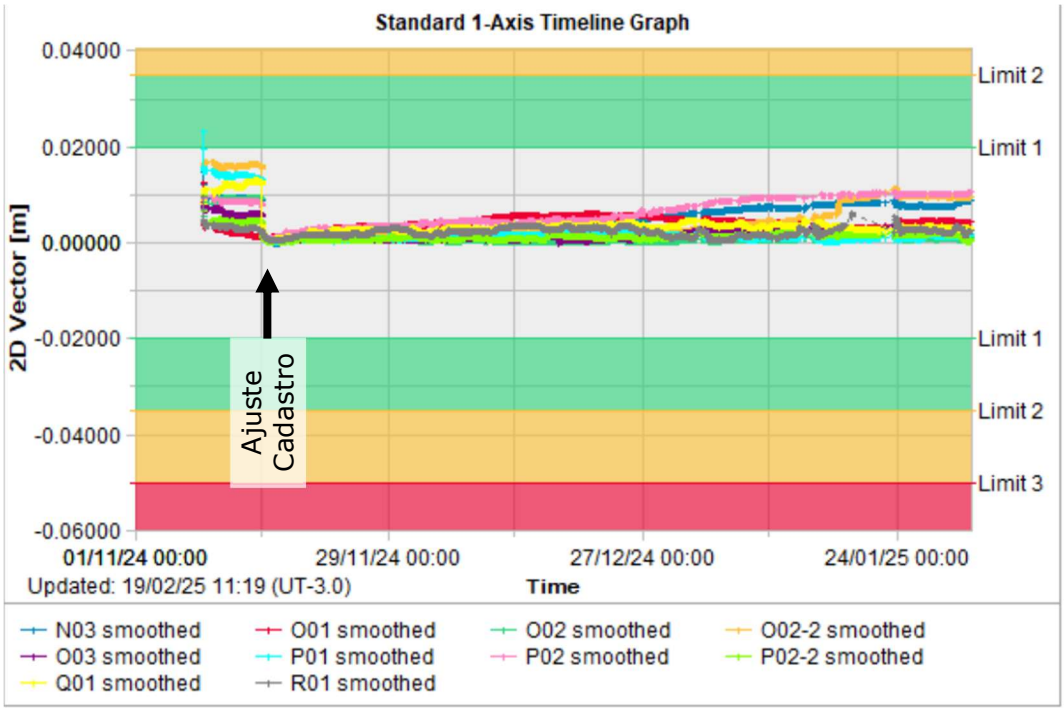


Figura 5.92 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

Em meados de novembro de 2024, pode-se observar um deslocamento dos registros dos dados de monitoramento, resultado de uma atualização do cadastro dos prismas, realizada para que seja possível a obtenção de informações mais diretas pelo software quanto a eventuais deslocamentos da estrutura.

Verificando o mapa de deslocamentos verticais acumulados, apresentado na Figura 5.83, tem-se uma maior concentração de recalques na porção central do maciço, da ordem de 1 cm, sendo um valor bem diminuto (0,01%) em relação à altura da estrutura 81,0 m.

Em relação às leituras dos prismas, estas indicam em geral, deslocamentos horizontais acumulados de até 1,5 cm.

- **Marcos de Controle de Deslocamento**

Atualmente na barragem existem 8 marcos de controle de deslocamento instalados na estrutura, como pode ser visto na Tabela 5.2.

Na primeira quinzena de agosto/2024, a equipe de topografia da MMI informou que foi realizada uma adequação na base de apoio da estação total, sendo necessário realizar um novo cadastro dos marcos superficiais. Dessa forma, foi adotada a leitura do dia 02/08/2024 como dados de cadastros atualizados dos marcos superficiais.

A partir da análise das leituras dos marcos de controle pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são pequenas. Os valores acumulados observados, horizontais menores que 11 mm e verticais menores que 8 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura (“serrilhado”), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão. A última leitura dos deslocamentos dos marcos superficiais no período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025) foi realizada no dia 30/01/2025.

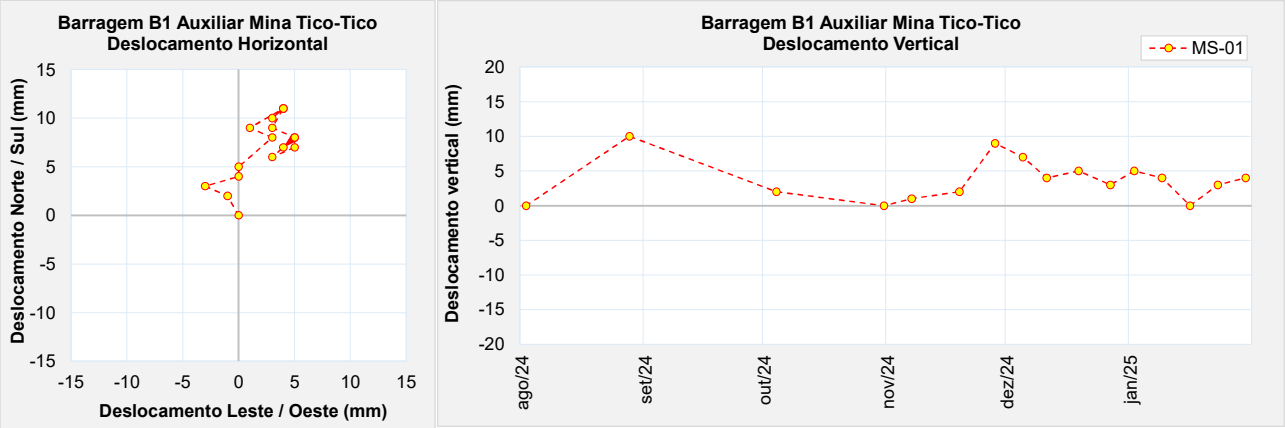


Figura 5.93 – Marco de controle de deformação – MS-01.

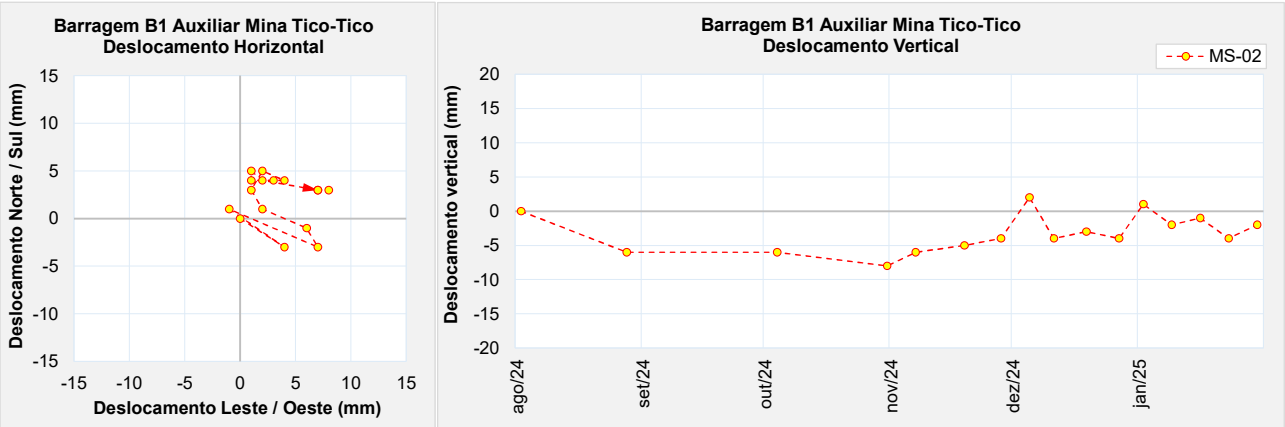


Figura 5.94 – Marco de controle de deformação – MS-02.

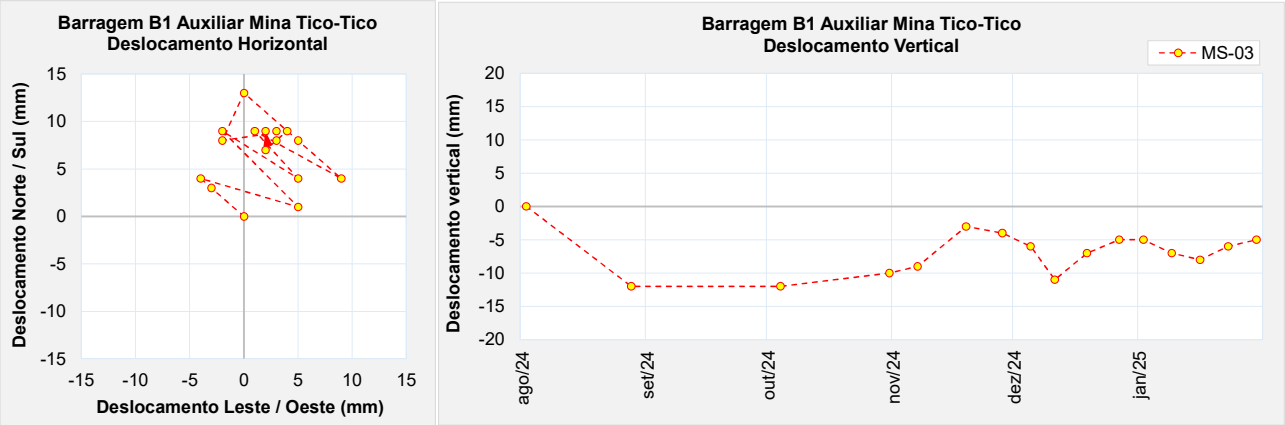


Figura 5.95 – Marco de controle de deformação – MS-03.

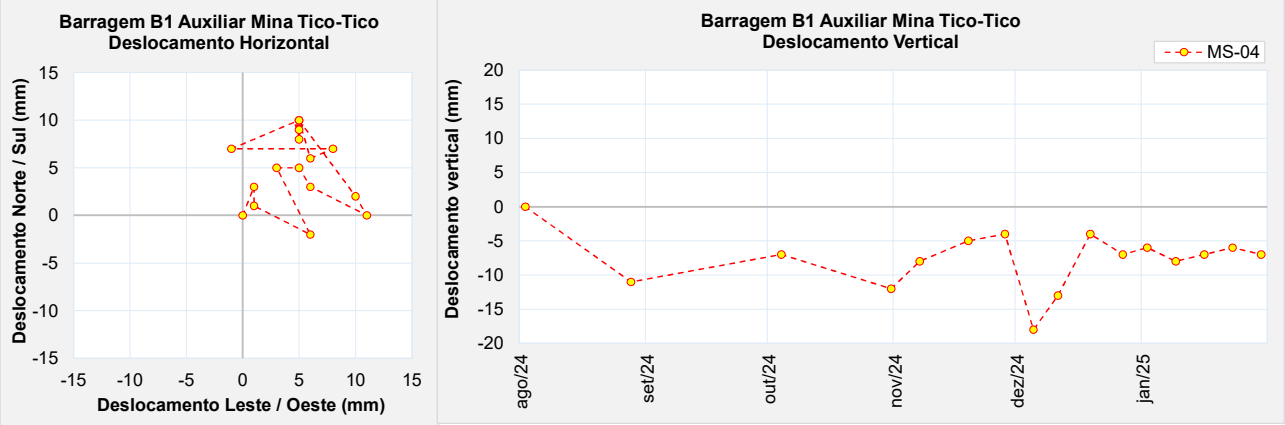


Figura 5.96 – Marco de controle de deformação – MS-04.

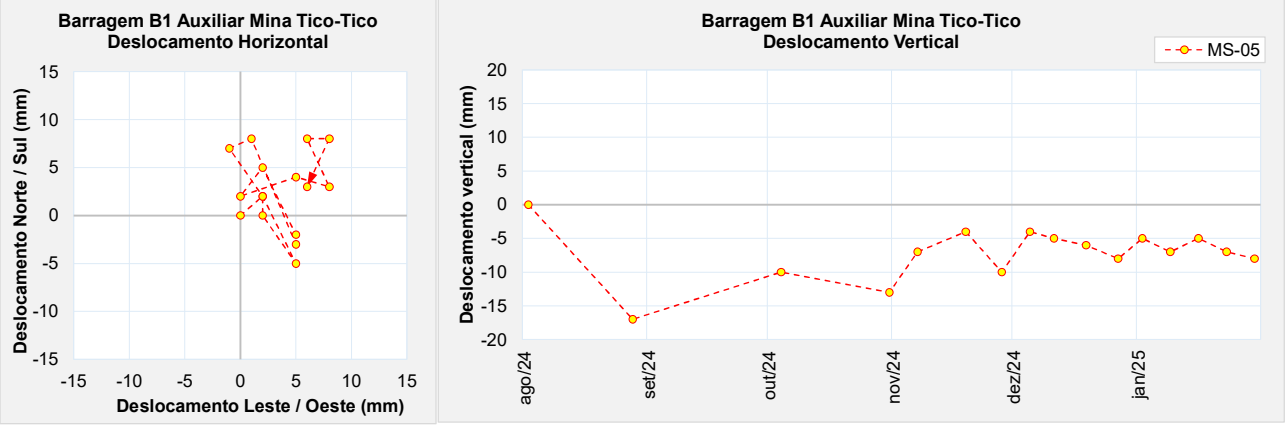


Figura 5.97 – Marco de controle de deformação – MS-05.

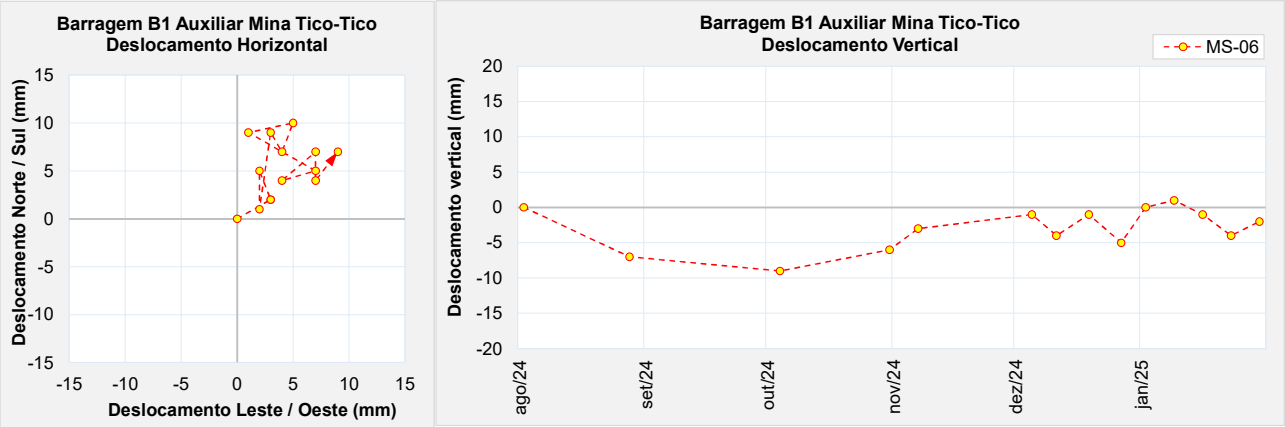


Figura 5.98 – Marco de controle de deformação – MS-06.

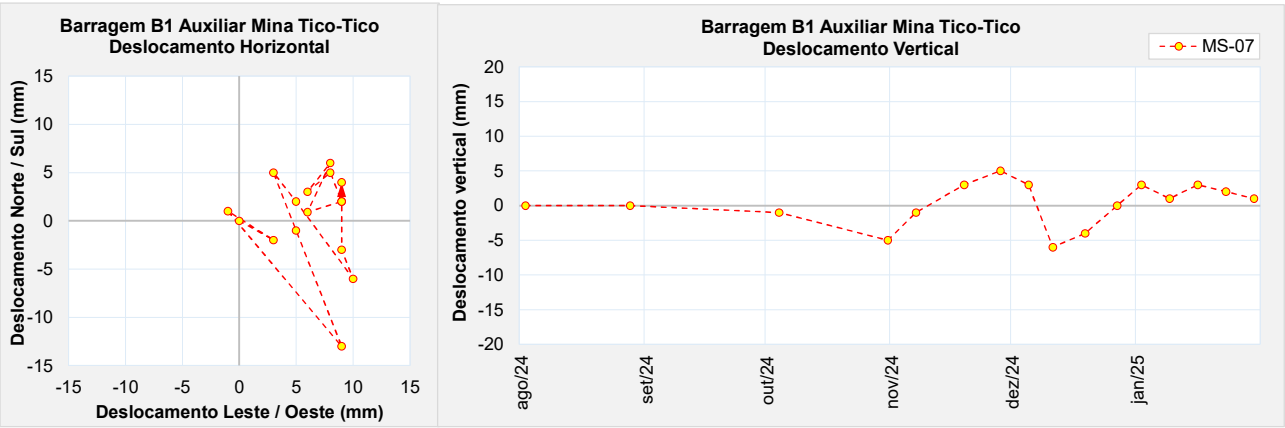


Figura 5.99 – Marco de controle de deformação – MS-07.

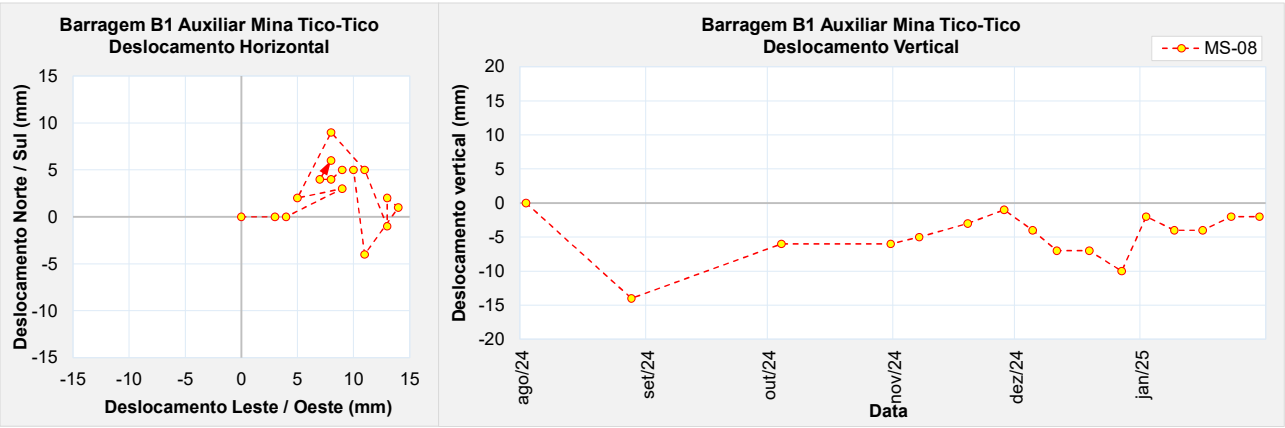


Figura 5.100 – Marco de controle de deformação – MS-08.

- **Inclinômetros**

Os dois inclinômetros instalados na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico estão sendo monitorados semanalmente pela equipe da MMI. As figuras a seguir mostram as leituras a com as deflexões acumuladas para os instrumentos até a data de 24/01/25, tanto para deslocamentos horizontais (N – Montante Jusante e E – ombreira a ombreira), quanto para deslocamentos em relação a coordenadas polares.

Os gráficos de deslocamentos acumulados aparentes, tanto para deslocamentos horizontais, quanto em relação a coordenadas polares, são praticamente coincidentes, tanto para o IC-01 quanto para o IC-02, demonstrando que não ocorreram movimentações horizontais em subsuperfície significativas.

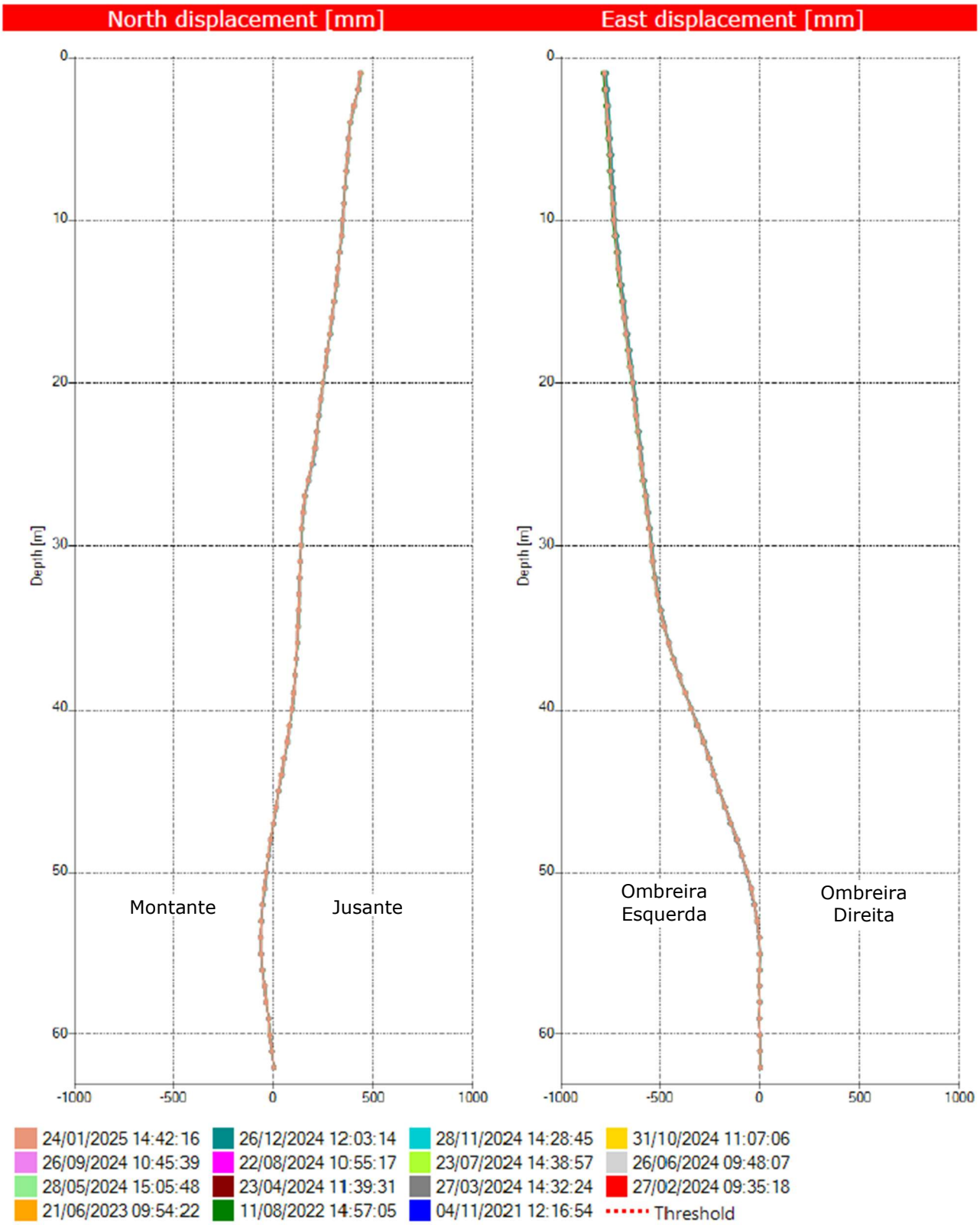


Figura 5.101 – Deslocamentos horizontais acumulados do INC-01 (ref. 24/01/2025).

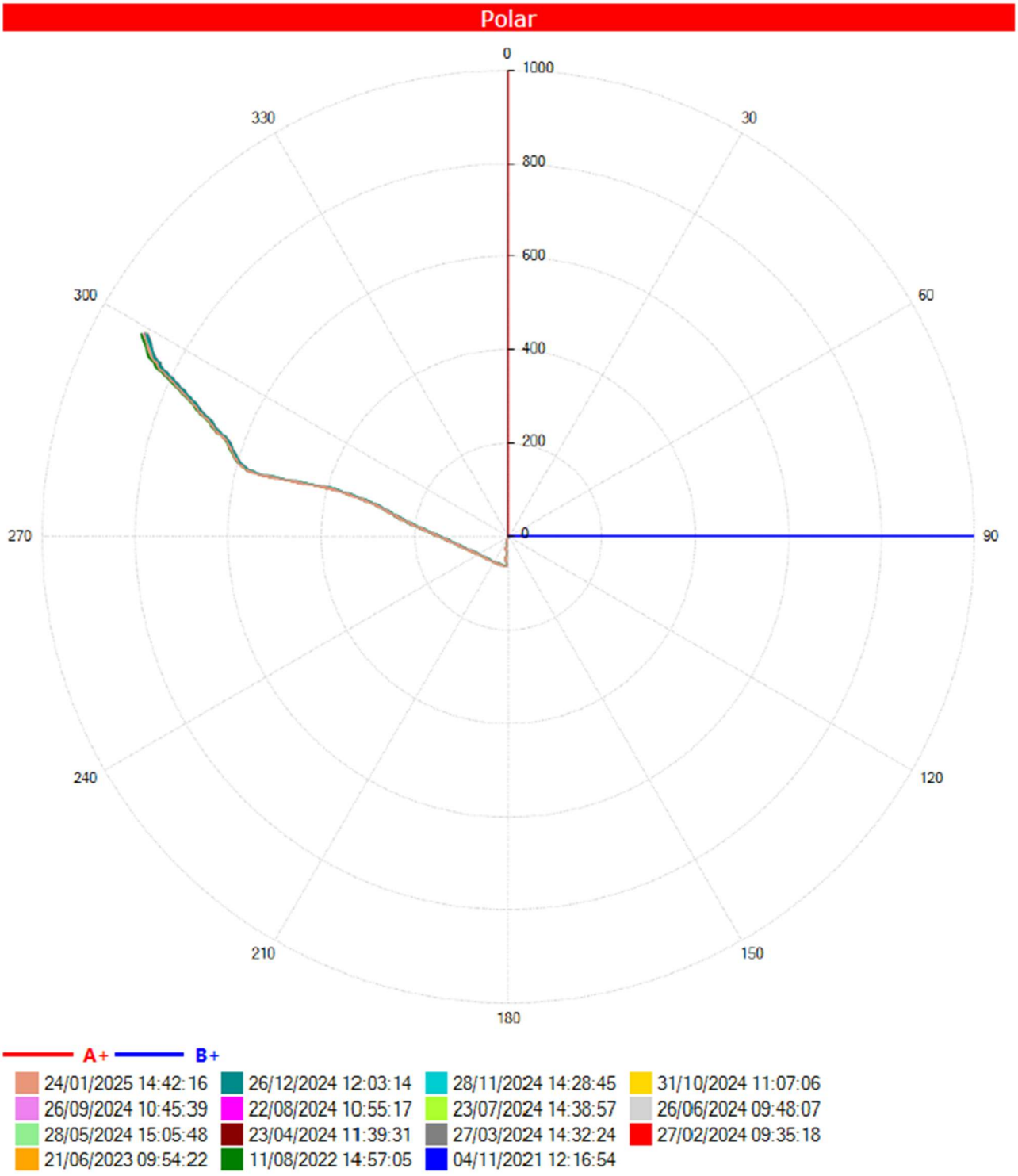


Figura 5.102 – Deslocamentos em relação a coordenadas polares acumulados do INC-01 (ref. 24/01/2025).

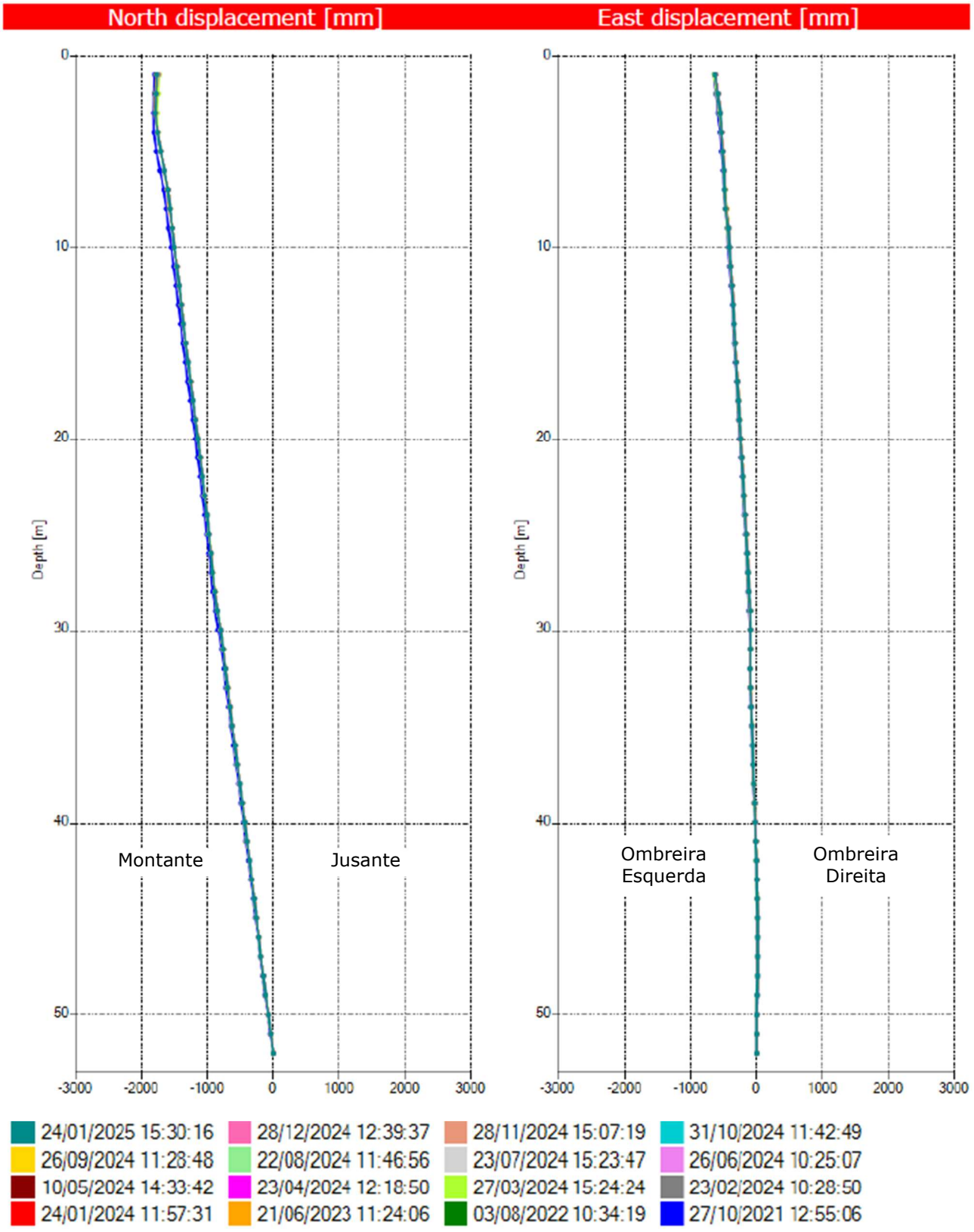


Figura 5.103 – Deslocamentos horizontais acumulados do INC-02 (ref. 24/01/2025).

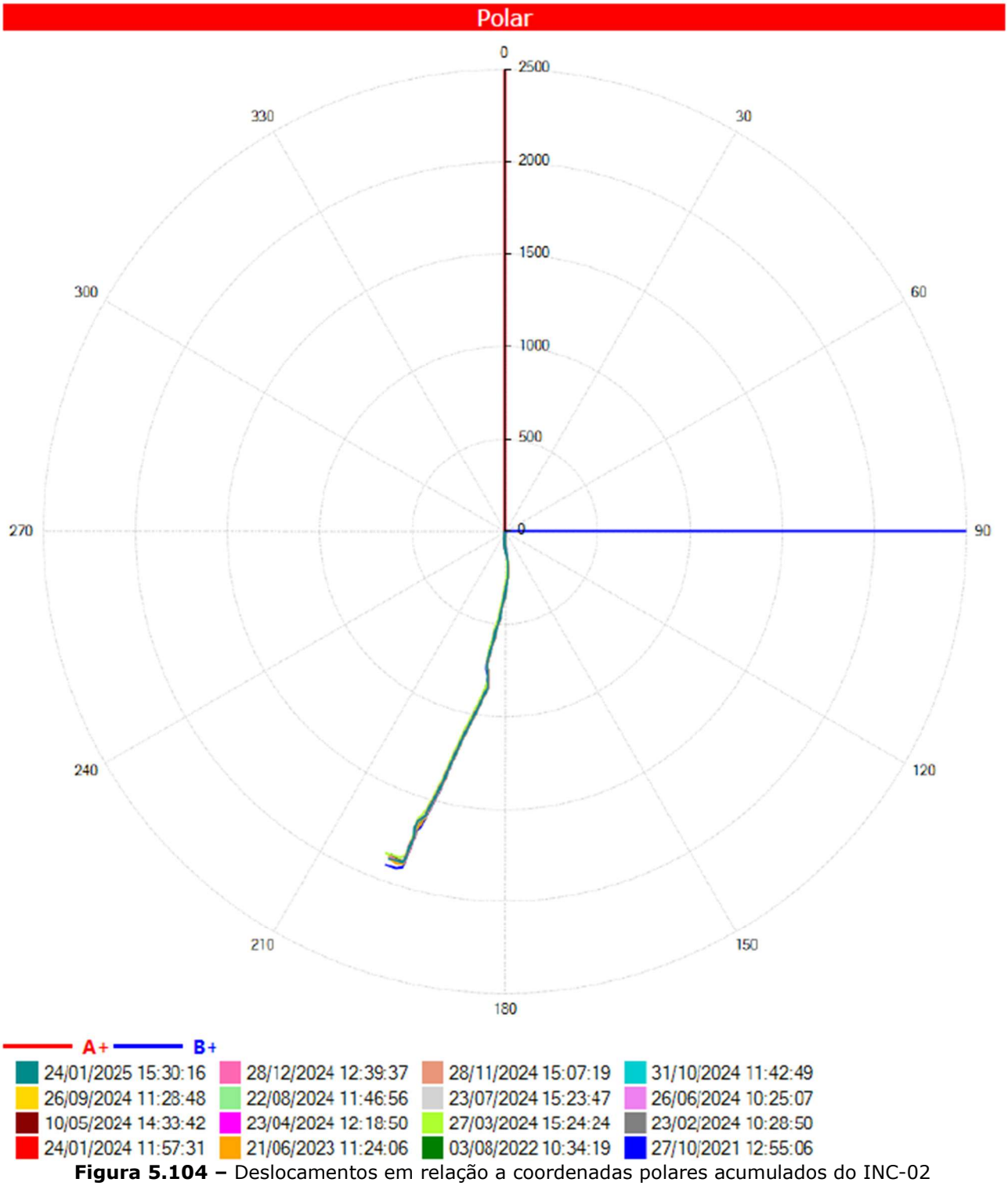


Figura 5.104 – Deslocamentos em relação a coordenadas polares acumulados do INC-02 (ref. 24/01/2025).

5.6.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025).

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2024, a partir do software Slide2 da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

5.6.4.1 Premissas adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas para 06 (seis) seções instrumentadas da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico, considerando a geometria atual da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico.

A linha freática no interior do reservatório e barramento foi definida a partir da leitura da instrumentação instalada na estrutura.

O fator de segurança ao escorregamento foi calculado considerando a condição de carregamento drenado e a condição de carregamento não drenado. O comportamento contrátil do rejeito e seus parâmetros geotécnicos para condições não drenadas foram estudados no âmbito da Consolidação de Dados da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.538).

Para condição de carregamento não drenado, o rejeito foi modelado a partir de seu parâmetro não drenado de pico e liquefeito, de forma a simular uma condição hipotética de liquefação do material do reservatório. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram atribuídos apenas para a parcela do material em condição 100% saturada, ou seja, localizada abaixo da linha freática de análise. A mesma hipótese foi adotada para outros materiais contráteis presentes na seção de análise, como o *underflow* e os sedimentos depositados na Barragem B1 Ecológica.

Na Figura 5.105 é apresentada, em planta, a locação da instrumentação instalada na estrutura e a indicação das seções de controle. Para as análises de estabilidade foram consideradas as 06 (seis) seções instrumentadas da barragem.

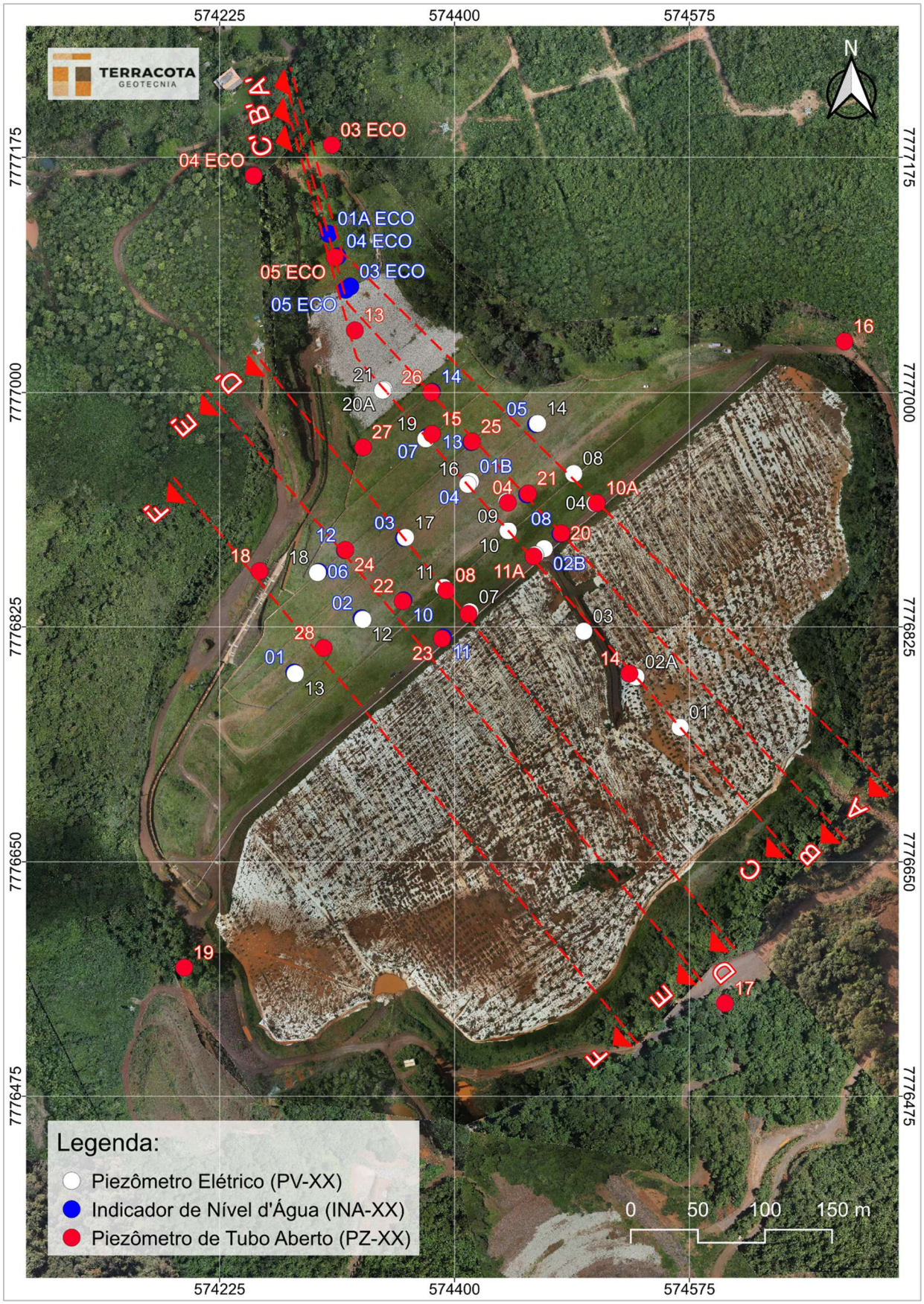


Figura 5.105 – Seções Instrumentadas Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – Planta.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2024 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução ANM 95/2022 (**FS ≥ 1,3**);
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS ≥ 1,0**) e NBR 13.028/2024 (**FS ≥ 1,1**);
- Análises não drenadas com parâmetro liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 5.3 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 5.3 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Sismo (Pseudo-estática)	1,0 a 1,1	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada e condições com sismo (pseudo-estática) atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2024 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reserva de água - Requisitos) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização

incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do *peak ground acceleration* (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento dinâmico (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 5.106 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 5.106 – Rede sismológica brasileira (http://www.rsbr.gov.br).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições

do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 5.4 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Tabela 5.4 – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

Modelo	Valores máximos por período de retorno (anos)					Máximo absoluto
	500	1.000	2.500	5.000	10.000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	**9.7%**	**9.5%**	**13.4%**	**16.0%**	**18.3%**	**18.3%**
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo "*Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment*" publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 5.107).

A localização da barragem no mapa de Assumpção et al. fornece valor de PGA em torno de 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR.

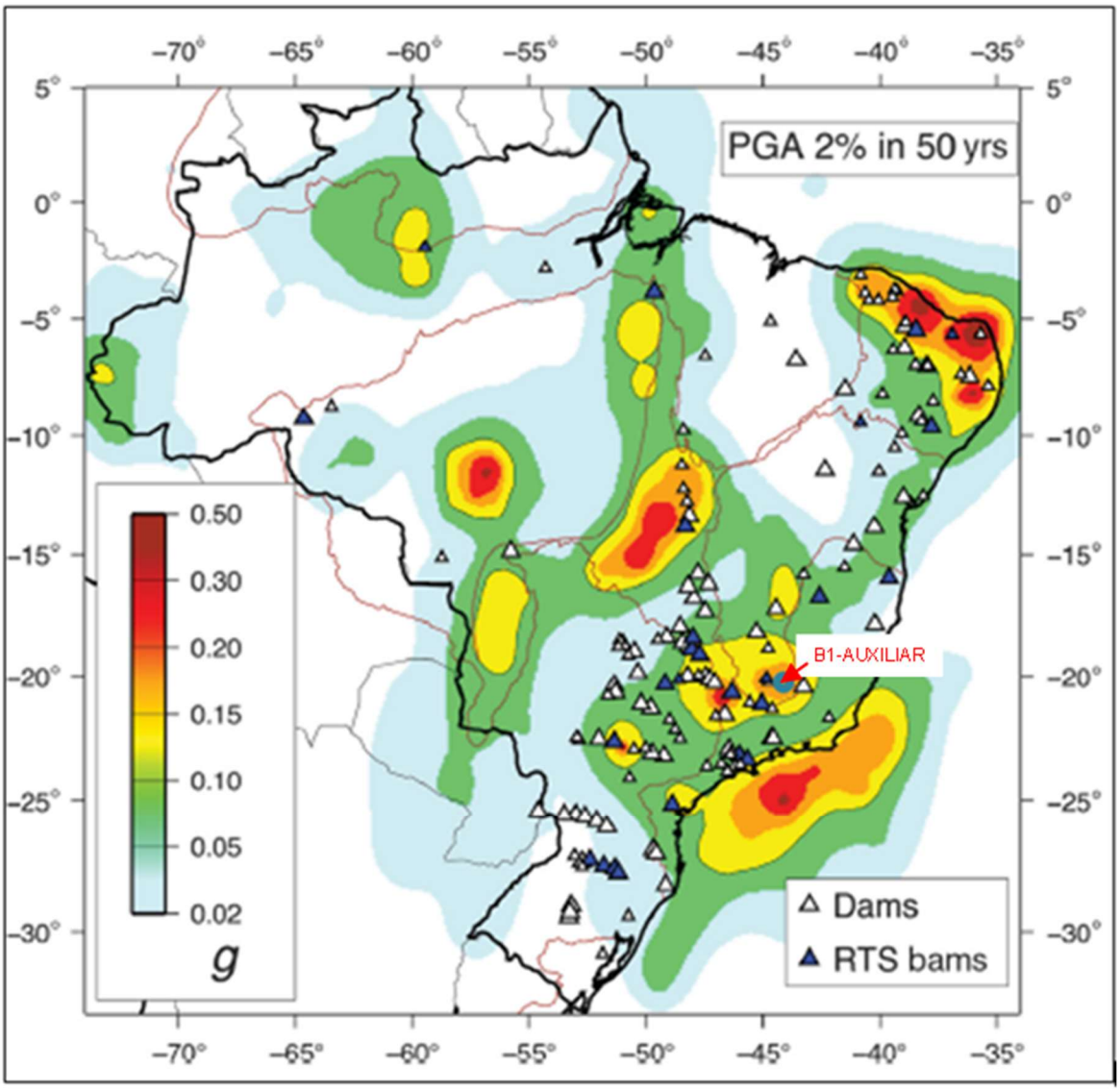


Figura 5.107 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Barros Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B1 – Mina Tico-Tico, considerando a contribuição do efeito sísmico, utilizou-se como premissa a norma técnica elaborada pela Canadian Dam Association (CDA) – *"Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams"* (2014), em conformidade ao recomendado pela NBR 13.028/2024 no tópico 4.3.5, o qual faz referência aos estudos sísmicos.

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados a infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

Classificação da Barragem	População em Risco (Nota 1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (Nota 2)	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixo	Nenhum	0	Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativo	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
			Apenas perdas marginais do habitat.	
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	
Extrema	**Permanente**	**Mais de 100**	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição impossível.	

Nota 1. Definições para população em risco:

Nenhum – Não há população identificável em risco, portanto não há possibilidade de perda de vida a não ser devido ao acaso imprevisível.

Temporário – As pessoas estão apenas temporariamente na zona de inundação do rompimento da barragem (por exemplo, uso sazonal de casas de campo, passagem em rotas de transporte, participação em atividades recreativas).

Permanente – A população em risco normalmente está localizada na zona de inundação da ruptura da barragem (como residentes permanentes); são propostas três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) para permitir estimativas mais detalhadas da potencial perda de vidas (para auxiliar na tomada de decisões se for realizada a análise apropriada).

Nota 2. Definições para população em risco:

Não especificado – O nível apropriado de segurança exigido em uma barragem onde as pessoas estão temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, da natureza de sua atividade e de outras condições.

De acordo com os critérios da Tabela 5.5, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.8 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Extrema**. A partir desta classificação, seguindo as

premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 5.6, o PGA de 0,183g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com período de retorno de 10.000 anos.

Tabela 5.6 – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

Classe da Barragem	Probabilidade Anual de Excedência (PAE) – Terremotos (Nota 1)
Baixa	1/1000
Significativo	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/2.475 (Nota 2)
Muito Alta	1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3)
Extrema	**1/10.000 ou SMP (Nota 3)**

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).
Nota 1. Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (Dam Safety Guidelines - CDA 2013).
Nota 2. Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no National Building Code of Canada (Código Nacional de Construção do Canadá).
Nota 3. SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação "*Rationalizing the Seismic Coefficient Method"* (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,092g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Para a componente vertical adota-se um valor correspondente a 60% da componente horizontal, seguindo proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003), resultando num valor igual a 0,055g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

No estudo de Hynes-Griffin & Franklin (1984), recomenda-se que nas análises pseudo-estáticas seja realizada a redução em 20% da resistência dos materiais da fundação que apresentarem comportamento não-drenado nos ensaios executados.

Conforme previsão para descaracterização completa da estrutura, a Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico deverá ter vida útil de no máximo dez anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida

útil da estrutura igual a 10 anos. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de aproximadamente 500 anos.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{t}\right)^{n}$$

Em que:

- P é a probabilidade de excedência do sismo;
- t é o período de retorno;
- n é o tempo de vida útil da estrutura.

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 2.500 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,04%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 5.4, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,067g e uma componente vertical igual a 0,040g.

5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada nas análises de estabilidade foram considerados os instrumentos existentes ao longo das seções de análise, instalados no maciço, fundação e reservatório da Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico e Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico.

A Tabela 5.7 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

O instrumento INA-04 ECO apresentou leitura discrepante em relação ao seu comportamento usual e aos demais instrumentos instalados em seu entorno. Dessa forma, até que seja avaliado o correto funcionamento do instrumento, serão considerados dois cenários para realização das análises de estabilidade nas seções A-A', B-B' e C-C', seções em que o INA-04 ECO está inserido. No cenário 1, será considerada a leitura do INA-04 ECO e no cenário 2, será considerada a leitura do PZ-05 ECO, ajustando as leituras dos demais instrumentos no entorno.

O INA-01 e o INA-03, apesar de terem apresentado leitura na 2ª quinzena de janeiro/2025, tais valores foram incompatíveis com os níveis verificados nos instrumentos adjacentes, além destes instrumentos terem um histórico de comportamento seco, sendo assim essas leituras

discrepantes ao previamente verificado. Dessa forma, para as análises de estabilidade, devido a essas divergências, tais instrumentos serão considerados secos.

Tabela 5.7 – Instrumentação – Valores lidos (31/01/2025) e valores adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)	
				Cenário 1	Cenário 2
A-A’	PZ-10A	991,89	Seco	974,90 (1)	974,90 (1)
	PV-04	991,40	Seco	974,90 (1)	974,90 (1)
	PV-08	982,32	Seco	972,37 (1)	972,37 (1)
	PV-14	958,03	Seco	943,90 (1)	943,90 (1)
	INA-05	959,71	Seco	943,90 (1)	943,90 (1)
	INA-13 (Seção B-B’)	945,92	Seco	936,74 (1)	936,74 (1)
	PZ-25 (Seção B-B’)	926,77	934,02	936,74 (1)	936,74 (1)
	INA-14 (Seção B-B’)	949,17	Seco	936,74 (1)	936,74 (1)
	PZ-26 (Seção B-B’)	939,05	Seco	936,74 (1)	936,74 (1)
	PZ-13 (Seção C-C’)	929,30	936,74	936,74	936,74
	INA-03 ECO	923,59	924,83	930,18 (1)	925,61 (1)
	INA-05 ECO	924,01	925,61	930,18 (1)	925,61
	PZ-05 ECO	916,32	922,17	930,18 (1)	922,17
	INA-04 ECO	922,97	930,18	930,18	922,17 (1)
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	915,81	918,64 (1)	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,87	918,64 (1)	918,64 (1)
B-B’	INA-08	956,62	974,90	974,90	974,90
	PZ-20	950,16	974,42	974,90 (1)	974,90 (1)
	INA-09	971,37	975,27	951,98 (1)	951,98 (1)
	PZ-21	950,43	951,98	951,98	951,98
	INA-13	945,92	Seco	936,74 (1)	936,74 (1)
	PZ-25	926,77	934,02	936,74 (1)	936,74 (1)
	INA-14	949,17	Seco	936,74 (1)	936,74 (1)
	PZ-26	939,05	Seco	936,74 (1)	936,74 (1)
	PZ-13 (Seção C-C’)	929,30	936,74	936,74	936,74
	INA-05 ECO	924,01	925,61	930,18 (1)	925,61
	INA-03 ECO	923,59	924,83	930,18 (1)	925,61 (1)
	PZ-05 ECO	916,32	922,17	930,18 (1)	922,17
	INA-04 ECO	922,97	930,18	930,18	922,17 (1)
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	915,81	918,64 (1)	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,87	918,64 (1)	918,64 (1)
C-C’	PV-01	982,64	982,76	982,76	982,76
	PV-02A	967,83	978,52	980,75 (1)	980,75 (1)
	PZ-14	967,60	980,54	980,54	980,54
	PV-03	968,22	978,33	978,33	978,33
	PZ-11A	991,76	Seco	976,36 (1)	976,36 (1)

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)	
				Cenário 1	Cenário 2
C-C’	PV-05	953,84	953,93	976,36 (1)	976,36 (1)
	PV-06	991,21	Seco	976,36 (1)	976,36 (1)
	INA-02B	954,93	976,36	976,36	976,36
	PV-10	982,58	Seco	976,12 (1)	976,12 (1)
	PZ-04	977,25	Seco	975,98 (1)	975,98 (1)
	PV-09	976,77	Seco	975,98 (1)	975,98 (1)
	PV-15	942,81	Seco	946,96 (1)	946,96 (1)
	PV-16	946,82	Seco	946,96 (1)	946,96 (1)
	INA-01B	938,47	946,96	946,96	946,96
	INA-04	948,57	Seco	946,96 (1)	946,96 (1)
	PV-19	947,22	Seco	944,06 (1)	944,06 (1)
	INA-07	947,31	Seco	944,06 (1)	944,06 (1)
	PZ-15	942,13	944,06	944,06	944,06
	PV-20A	928,30	Seco	940,42 (1)	940,42 (1)
	PV-21	942,80	Seco	940,42 (1)	940,42 (1)
	PZ-13	929,30	936,74	936,74	936,74
	INA-05 ECO	924,01	925,61	930,18 (1)	925,61
	INA-03 ECO	923,59	924,83	930,18 (1)	925,61 (1)
	PZ-05 ECO	916,32	922,17	930,18 (1)	922,17
	INA-04 ECO	922,97	930,18	930,18	922,17 (1)
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	915,81	918,64 (1)	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,87	918,64 (1)	918,64 (1)
D-D’	PZ-12A	992,29	Seco	976,36 (1)	
	PV-07	991,34	Seco	976,36 (1)	
	PZ-08	983,69	Seco	976,12 (1)	
	PV-11	984,85	Seco	976,12 (1)	
	INA-03	963,85	965,66 (2)	946,96 (1)	
	PV-17	964,37	Seco	946,96 (1)	
	PZ-27	931,37	932,80	932,80	
E-E’	PZ-23	955,44	977,18	978,36 (1)	
	INA-11	966,38	978,36	978,36	
	PZ-22	964,30	Seco	975,30 (1)	
	INA-10	975,12	975,30	975,30	
	PV-12	987,55	Seco	974,20 (1)	
	INA-02	986,95	Seco	974,20 (1)	
	PZ-24	964,30	968,08	968,08	
	INA-12	946,86	961,09	968,08 (1)	
	INA-06	975,71	Seco	968,08 (1)	
	PV-18	975,35	975,37	968,08 (1)	
	PZ-18 (Seção F-F’)	920,76	940,11	940,11	

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)	
				Cenário 1	Cenário 2
F-F'	PV-13	983,35	Seco	968,08 (1)	
	INA-01	983,51	986,11 (2)	968,08 (1)	
	PZ-28	954,89	966,92	968,08 (1)	
	PZ-24 (Seção E-E')	964,30	968,08	968,08	
	INA-12 (Seção E-E')	946,86	961,09	968,08 (1)	
	INA-06 (Seção E-E')	975,71	Seco	968,08 (1)	
	PV-18 (Seção E-E')	975,35	975,37	968,08 (1)	
	PZ-18	920,76	940,11	940,11	

1- Valores adotados através de interpolação das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
2- Leitura discrepante ao histórico verificado. Instrumento considerado "seco".

5.6.4.4 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados para as várias camadas foram consolidados no âmbito do relatório de consolidação de dados da estrutura (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.761).

Na Tabela 5.8 são apresentados os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

Tabela 5.8 – Parâmetros geotécnicos dos materiais constituintes dos modelos numéricos.

Material		Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros de Resistência							Referência
				Parâmetros Efetivos		Parâmetros Totais					
						Razão de resistência não drenada Su/σ'v (kPa)	Obtidos		Adotados(1)		
				c' (kPa)	ϕ' (º)		c (kPa)	ϕ (º)	c (kPa)	ϕ (º)	
Aterro B1-Auxiliar			20,5	9,8	30,2	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório.
Colúvio			21,0	20,0	27,0	-	32,9	18,8	26,3	15,0	
Solo Residual			21,5	26,0	25,0	-	49,9	18,6	39,9	14,9	
Aterro de Regularização			23,5	5,0	35,0	-	22,1	39,3	17,7	31,4	
Rejeito B1-Auxiliar	Drenado		26,0	10,0	34,5	-	-	-	-	-	
	Não Drenado - Pico			-	-	0,22	-	-	-	-	Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,09	-	-	-	-	
Underflow	Drenado		19,0	0,0	30,0	-	-	-	-	-	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
	Não Drenado - Pico			-	-	0,22	-	-	-	-	Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,10	-	-	-	-	
Saprólito de Filito			22,0	15,0	35,0	-	-	-	-	-	Majorado a partir dos resultados para o solo residual local.
Diques de enrocamento			20,0	0,0	38,0	-	-	-	-	-	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Drenos			18,0	0,0	32,0	-	-	-	-	-	
Sedimentos B1-Ecológica	Drenado		19,0	0,0	30,0	-	-	-	-	-	
	Não Drenado - Pico			-	-	0,22	-	-	-	-	Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,06	-	-	-	-	

Material	Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros de Resistência							Referência
			Parâmetros Efetivos		Parâmetros Totais					
			c' (kPa)	ϕ' (º)	Razão de resistência não drenada Su/σ'v (kPa)	Obtidos		Adotados(1)		
						c (kPa)	ϕ (º)	c (kPa)	ϕ (º)	
Filito		30,0	40,0	30,0	-	-	-	-	-	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Aterro B1-Ecológica		21,0	22,0	33,0	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório (documento BSC-E-TT-RE-002)
Tálus / colúvio		21,0	26,5	35,0	-	32,9	18,8	26,3	15,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório executados no colúvio*
Enrocamento Reforço		23,0	Envoltória intermediária de Leps (1970)		-	-	-	-	-	Estimativa bibliografia / projetistas

(1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático foram adotados parâmetros totais reduzidos em 20% conforme referência de Hynes-Griffin & Franklin (1984)

5.6.4.5 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 5.108 a Figura 5.170, destacando-se as superfícies de ruptura que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 5.9 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 5.9 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência do Rejeito	F.S. Recomend.	F.S. Obtido	
					Canário 1	Cenário 2
A-A'	31/01/2025	Drenado	Parâmetro efetivo	1,5	1,67	1,67
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,3	1,67	1,67
			Resistência não drenada liquefeita	1,1	1,67	1,67
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,32 (sismo ↑)	1,33 (sismo ↑)
					1,33 (sismo ↓)	1,34 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,33 (sismo ↑) (1)	1,41 (sismo ↑)
					1,41 (sismo ↓)	1,41 (sismo ↓)
B-B'	31/01/2025	Drenado	Parâmetro efetivo	1,5	1,62	1,62
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,3	1,62	1,62
			Resistência não drenada liquefeita	1,1	1,62	1,62
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,30 (sismo ↑)	1,30 (sismo ↑)
					1,30 (sismo ↓)	1,30 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,37 (sismo ↑)	1,37 (sismo ↑)
					1,37 (sismo ↓)	1,37 (sismo ↓)
C-C'	31/01/2025	Drenado	Parâmetro efetivo	1,5	1,61	1,61
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,3	1,57	1,57
			Resistência não drenada liquefeita	1,1	1,37	1,37
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,18 (sismo ↑)	1,20 (sismo ↑)
					1,20 (sismo ↓)	1,20 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,35 (sismo ↑)	1,33 (sismo ↑)
					1,33 (sismo ↓)	1,33 (sismo ↓)

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência do Rejeito	F.S. Recomend.	F.S. Obtido	
					Canário 1	Cenário 2
D-D′	31/01/2025	Drenado	Parâmetro efetivo	1,5	1,62	
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,3	1,62	
			Resistência não drenada liquefeita	1,1	1,62	
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,29 (sismo ↑)	
					1,30 (sismo ↓)	
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,37 (sismo ↑)	
					1,38 (sismo ↓)	
E-E′	31/01/2025	Drenado	Parâmetro efetivo	1,5	1,69	
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,3	1,69	
			Resistência não drenada liquefeita	1,1	1,69	
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,23 (sismo ↑)	
					1,26 (sismo ↓)	
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,32 (sismo ↑)	
					1,34 (sismo ↓)	
F-F′	31/01/2025	Drenado	Parâmetro efetivo	1,5	1,82	
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,3	1,82	
			Resistência não drenada liquefeita	1,1	1,82	
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,47 (sismo ↑)	
					1,48 (sismo ↓)	
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,56 (sismo ↑)	
					1,55 (sismo ↓)	

[1] – Cunha de ruptura se deslocou para o maciço da Barragem B1-Ecológica (descaracterizada).

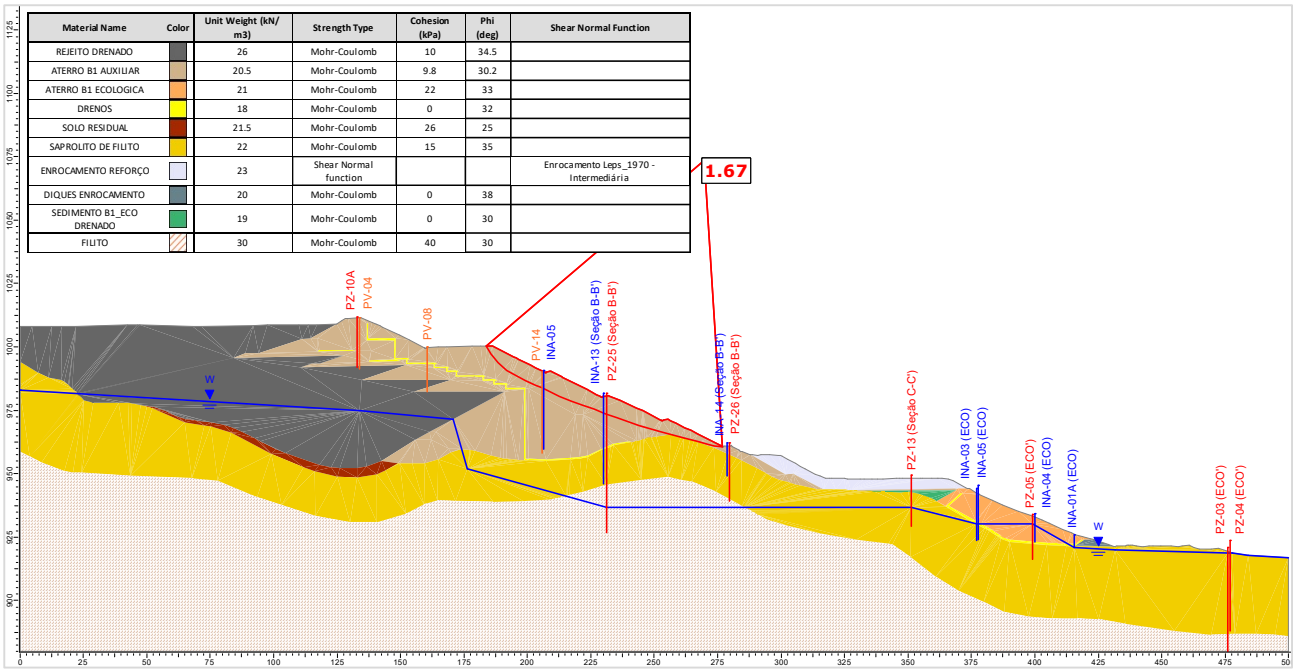


Figura 5.108 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25.

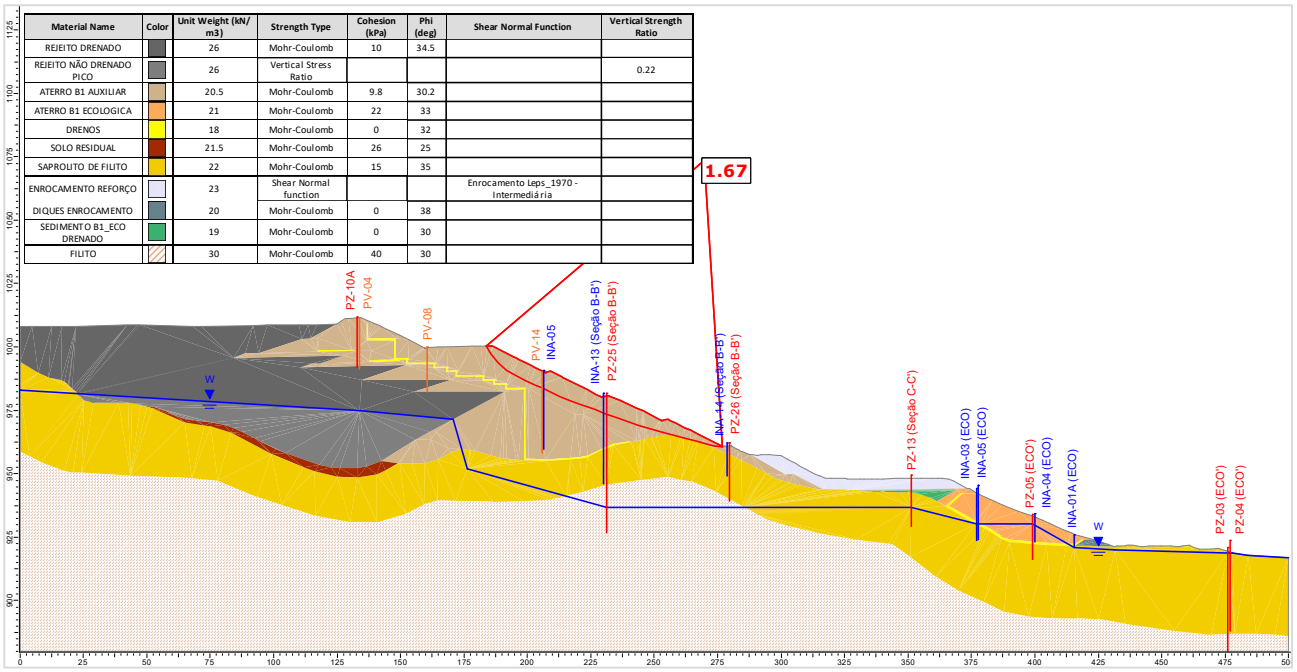
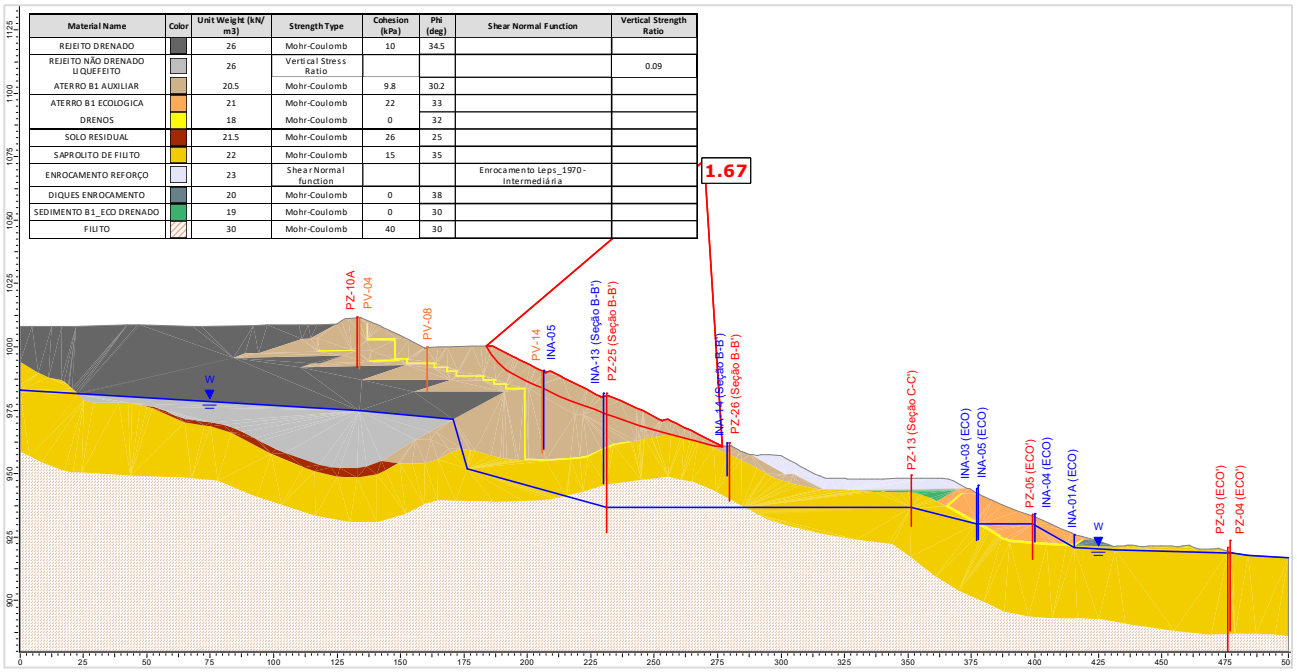
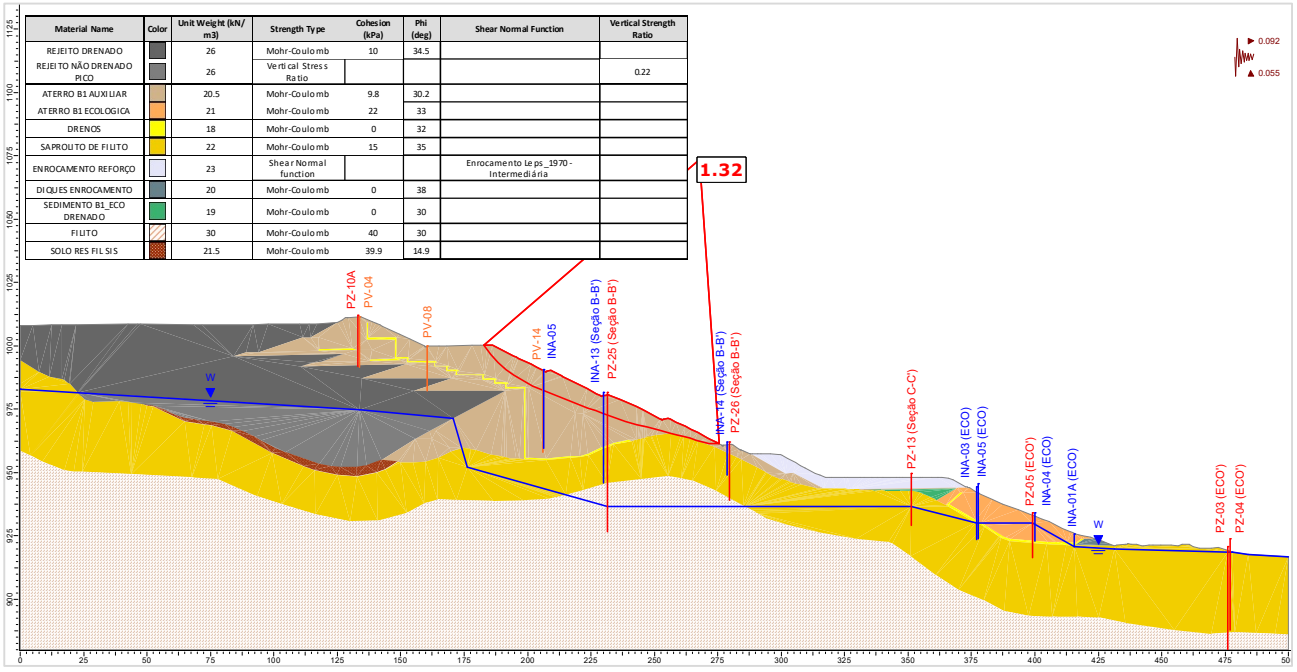


Figura 5.109 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico.



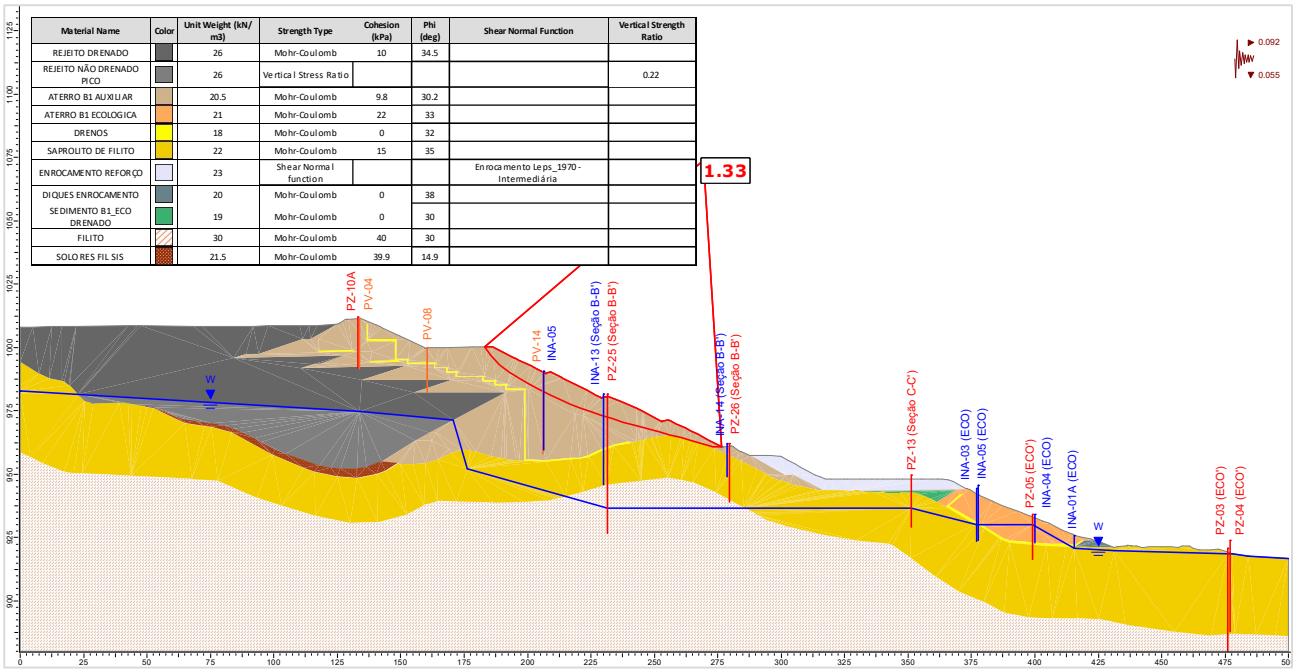
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio				0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 5.110 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



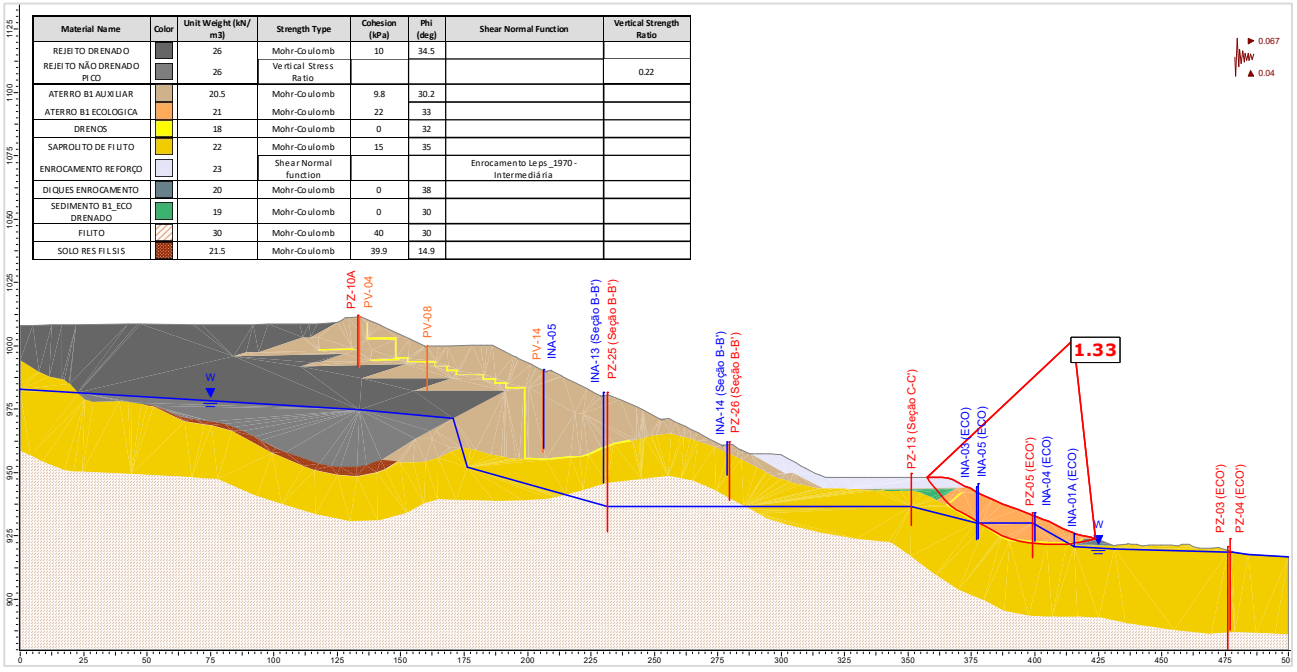
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RES FILSIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		

Figura 5.111 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		

Figura 5.112 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		

Figura 5.113 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

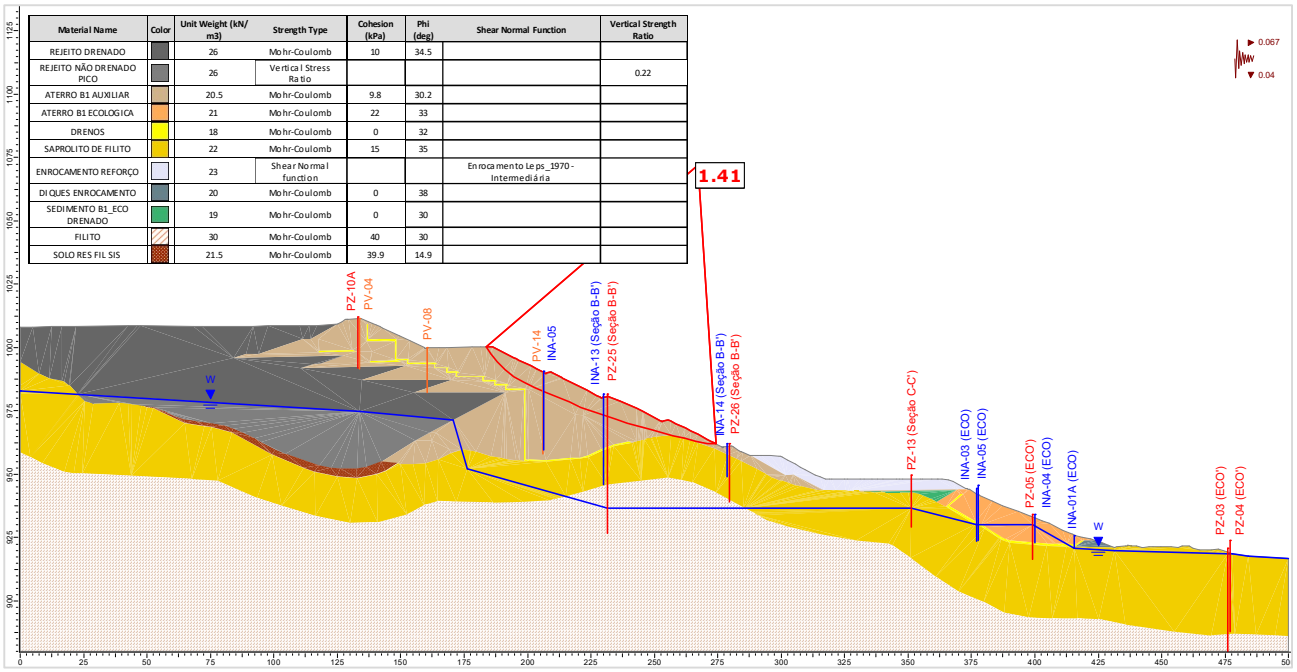


Figura 5.114 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

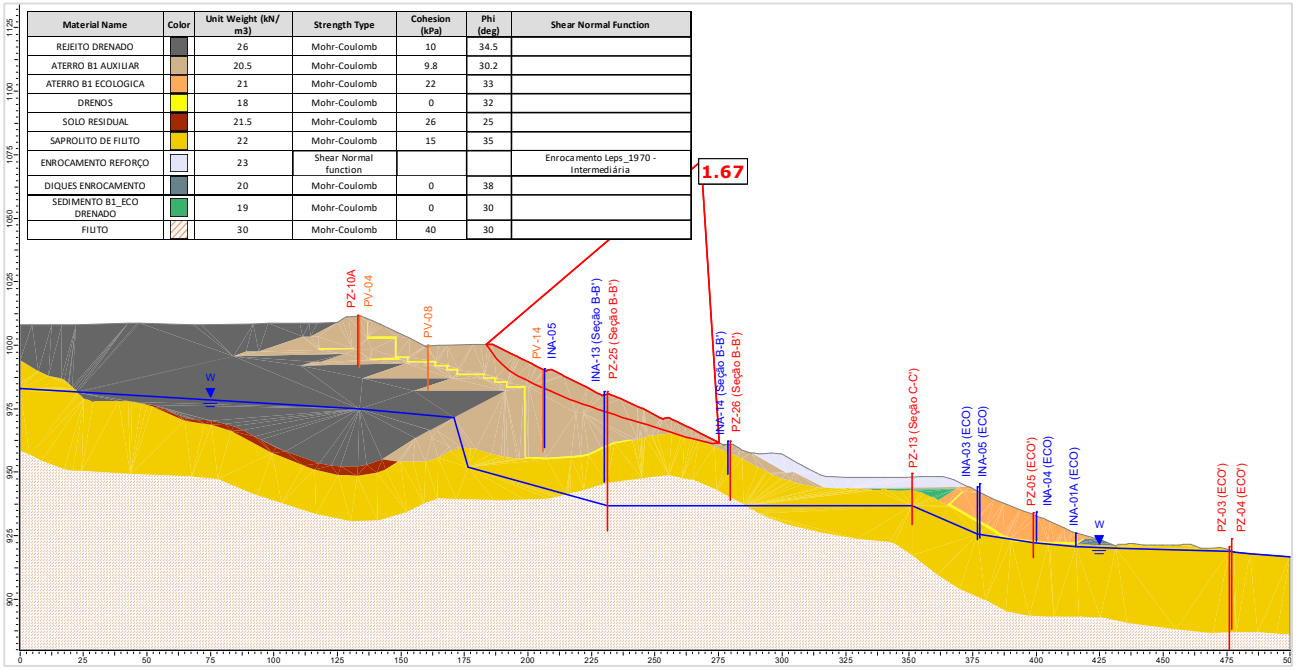


Figura 5.115 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25.

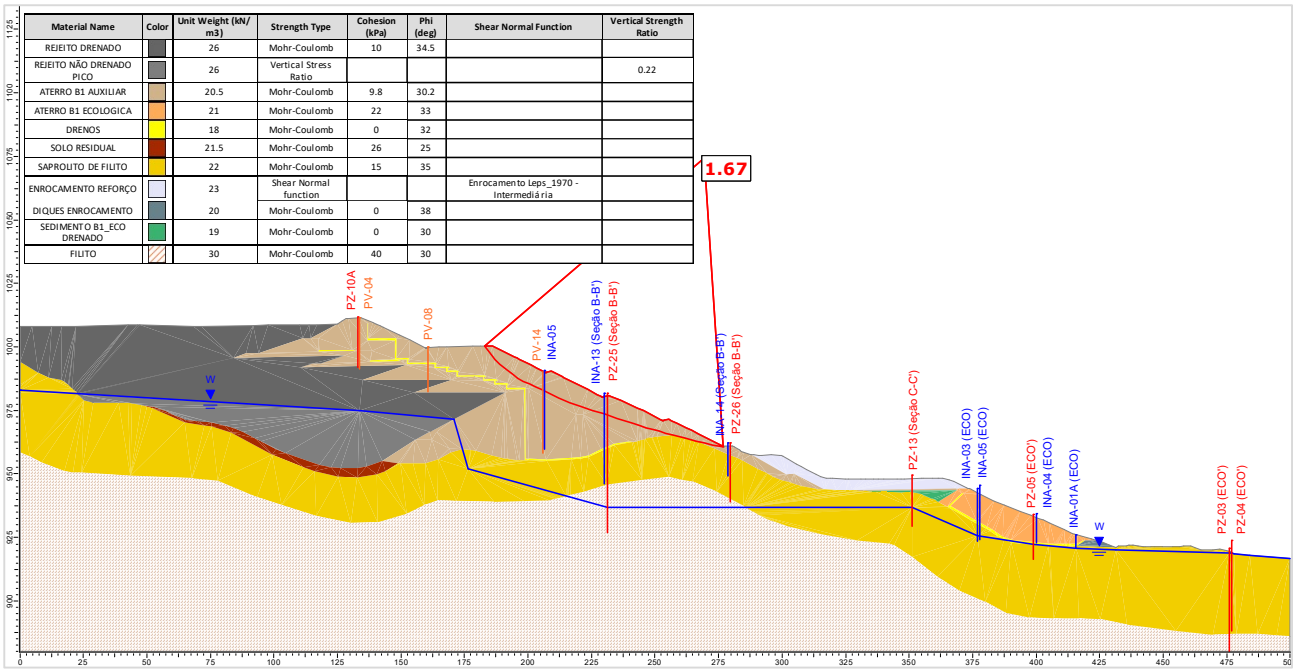


Figura 5.116 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico.

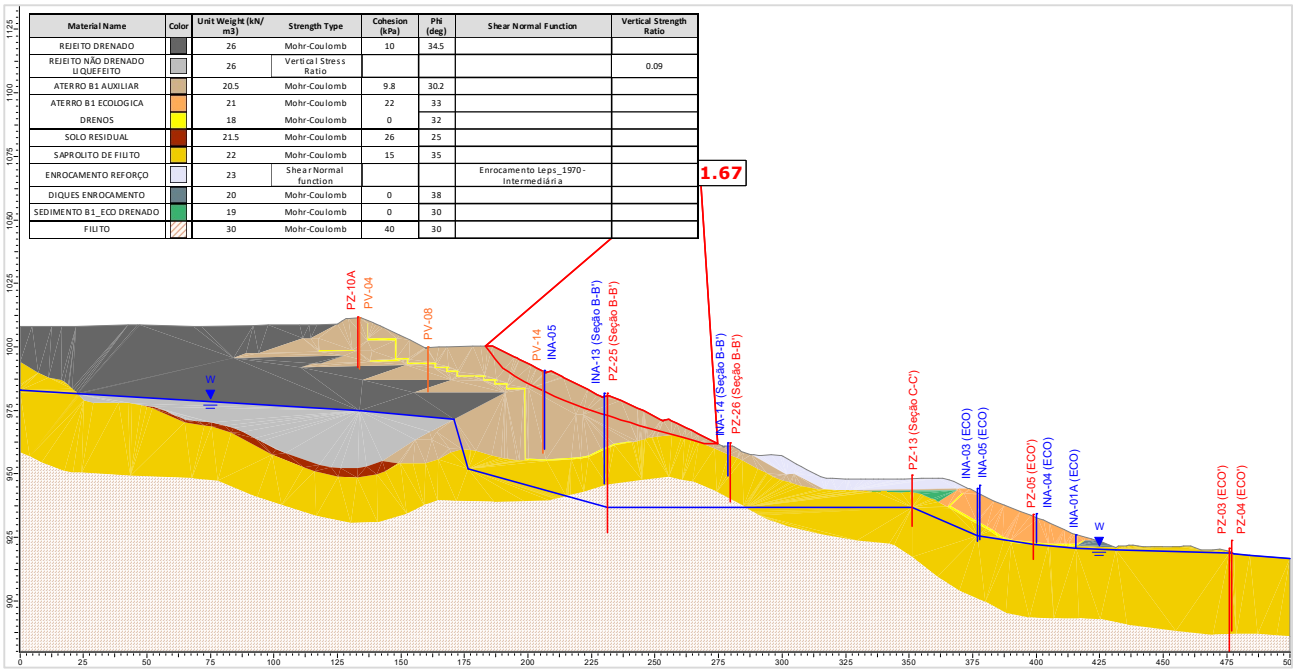


Figura 5.117 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

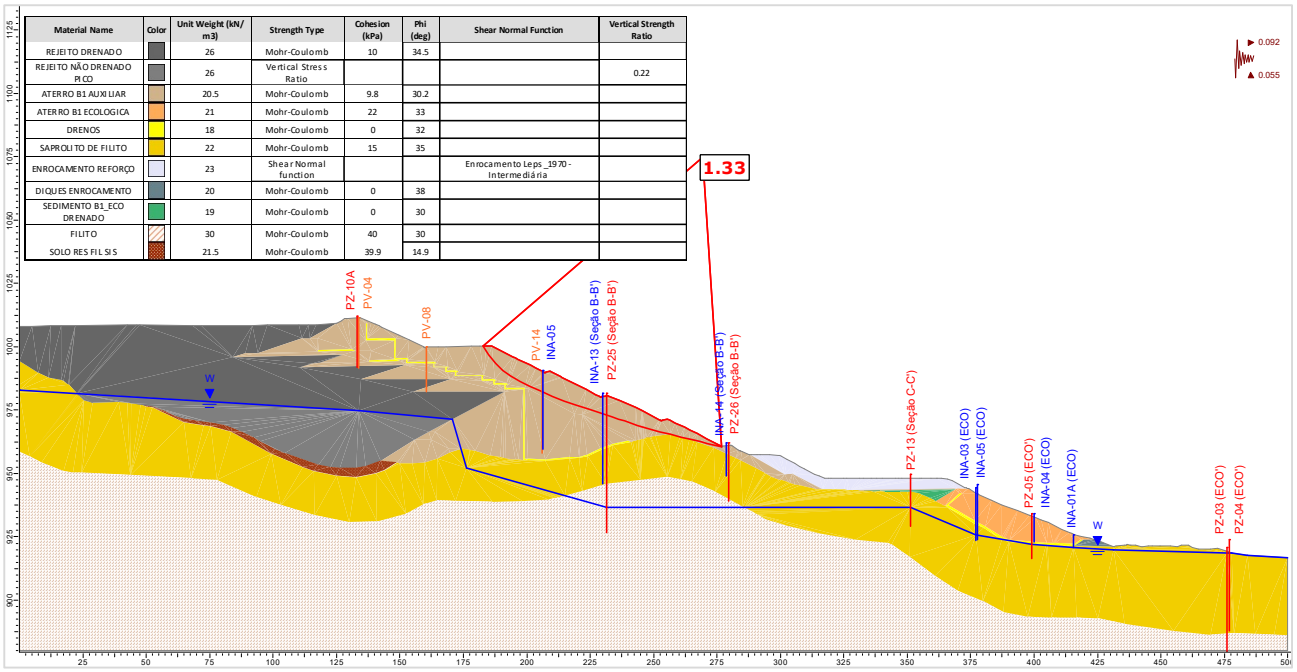


Figura 5.118 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

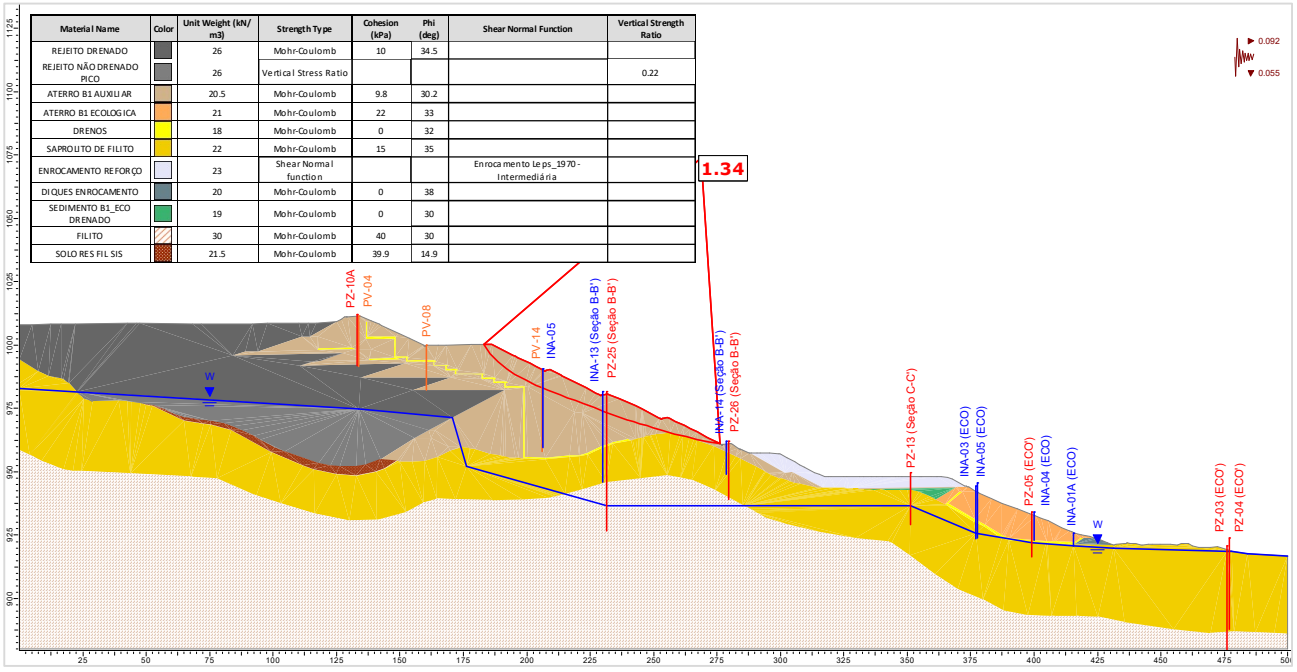


Figura 5.119 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

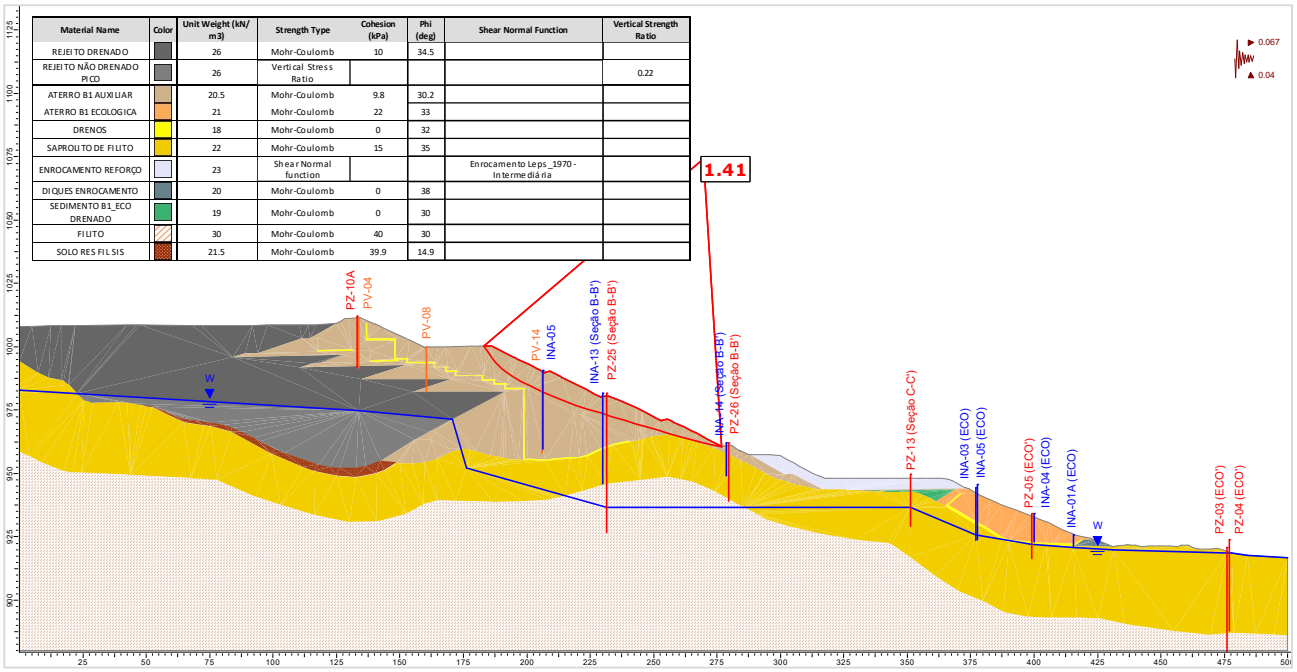


Figura 5.120 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

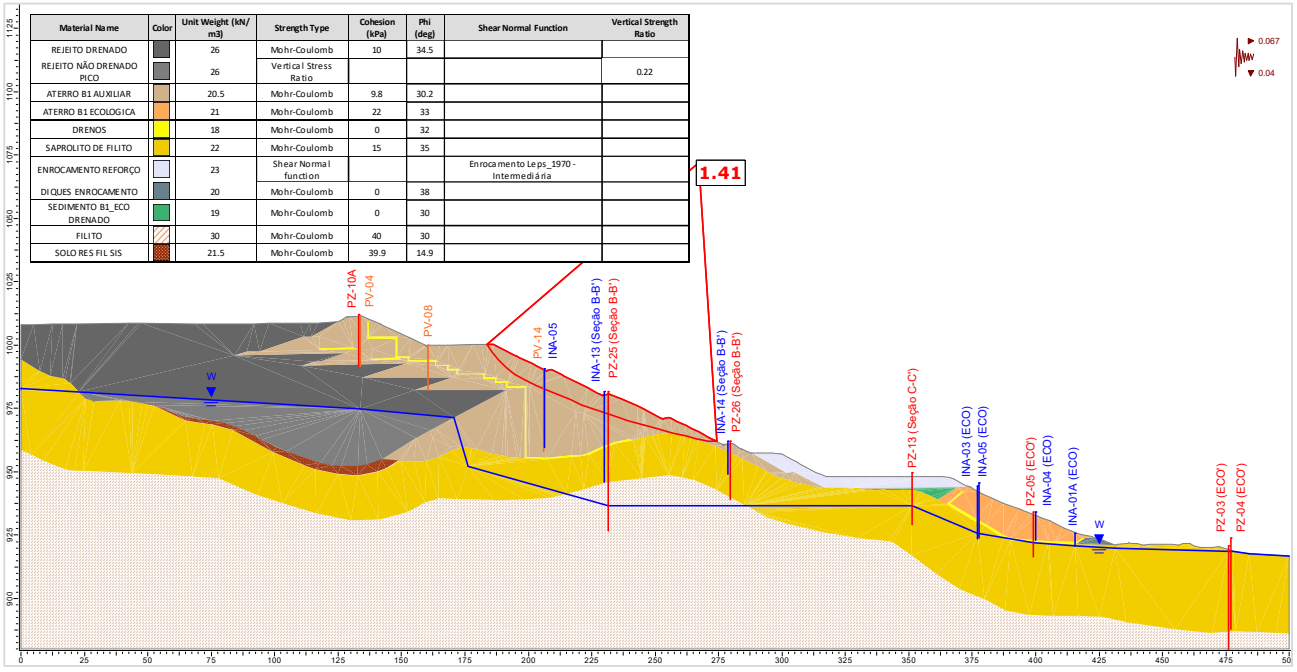


Figura 5.121 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

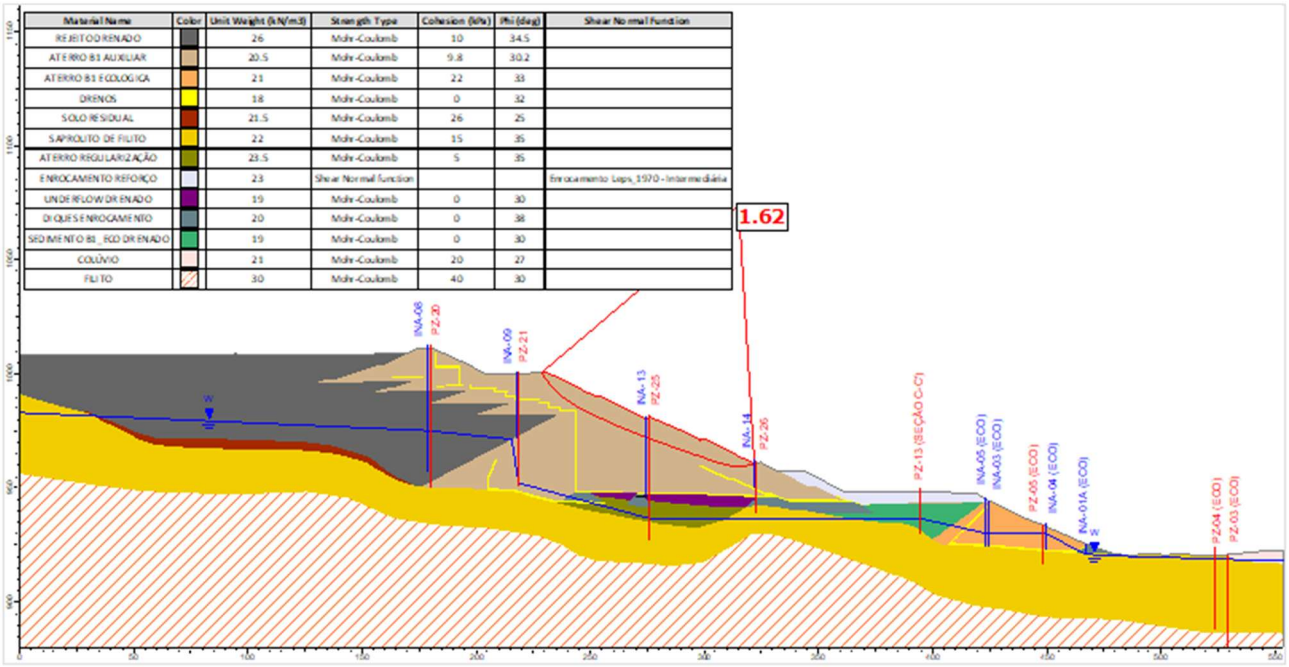


Figura 5.122 – Seção B-B' – Cenário 1 - Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25.

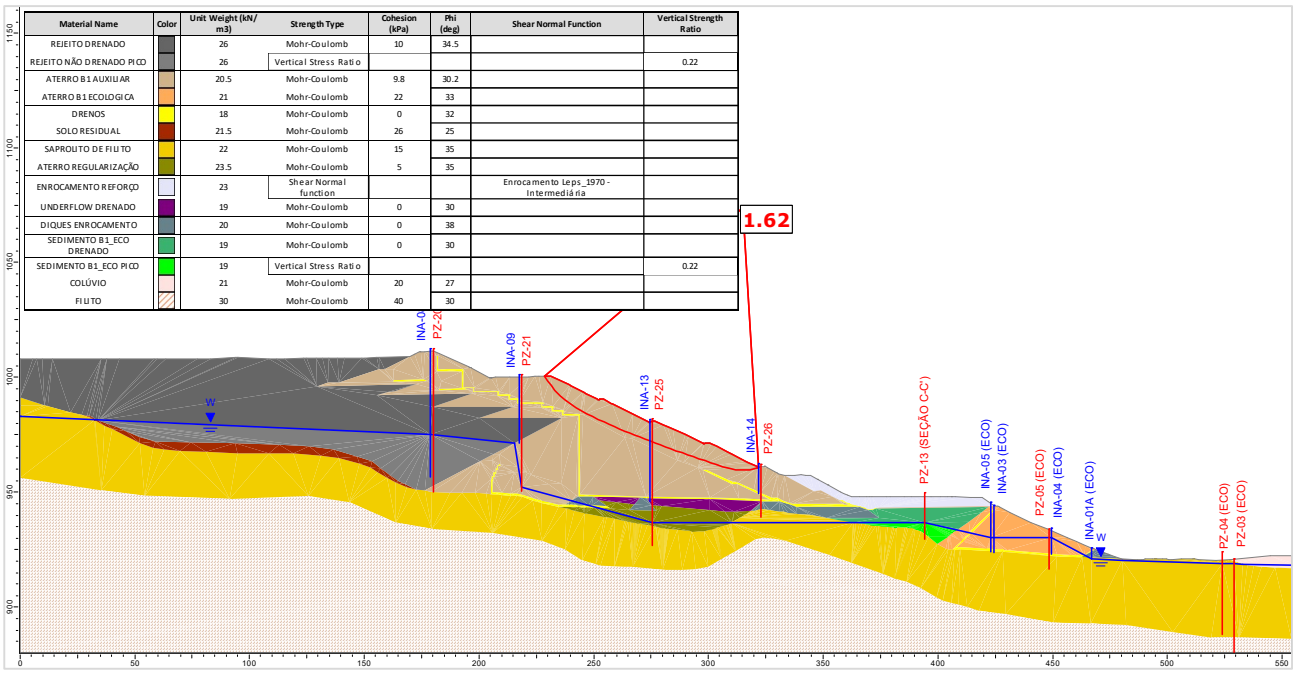
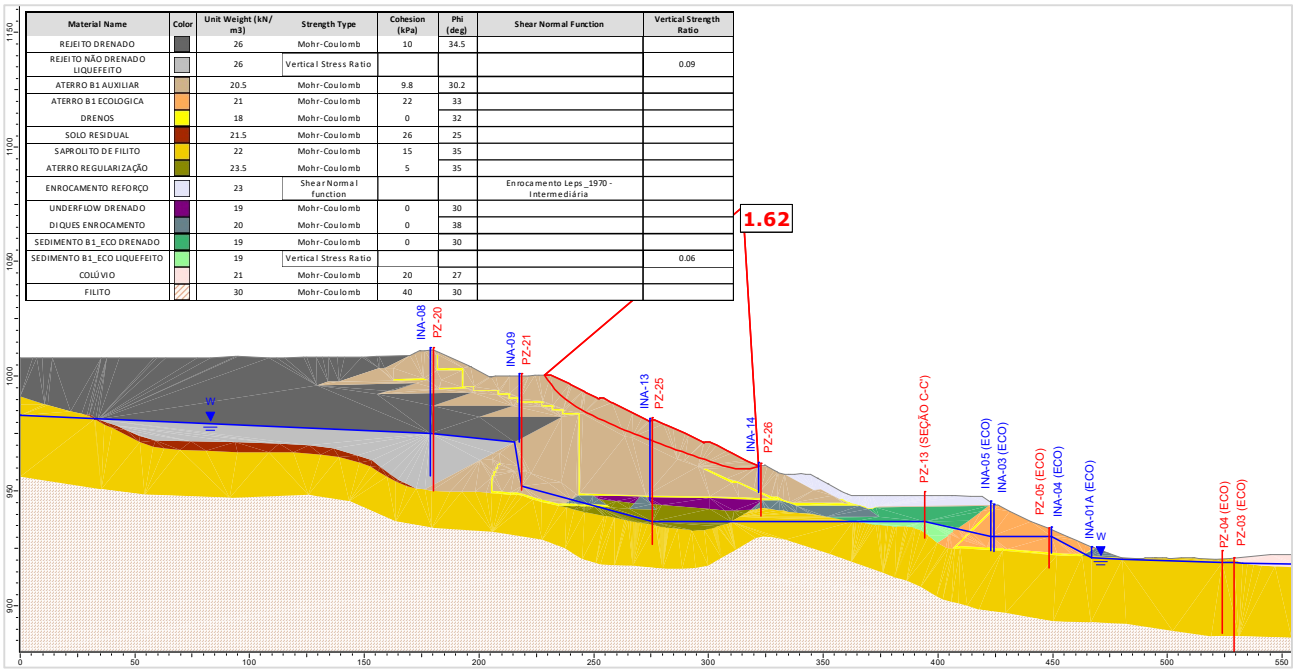
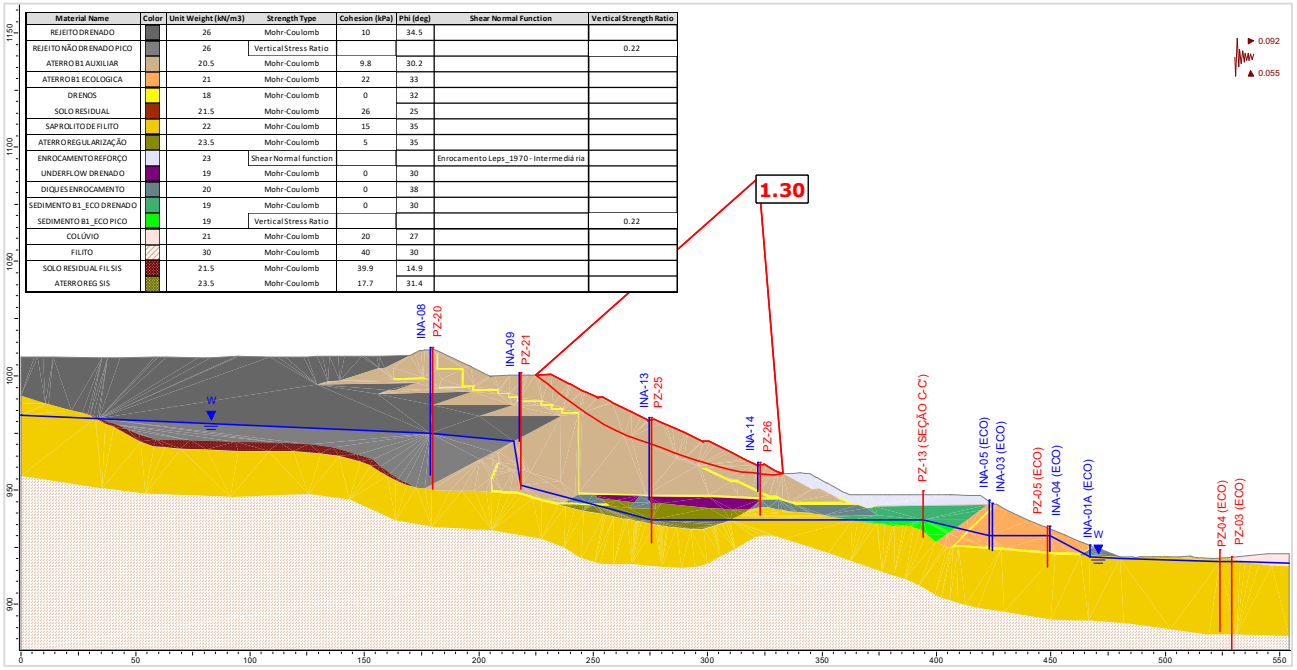


Figura 5.123 – Seção B-B' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico.



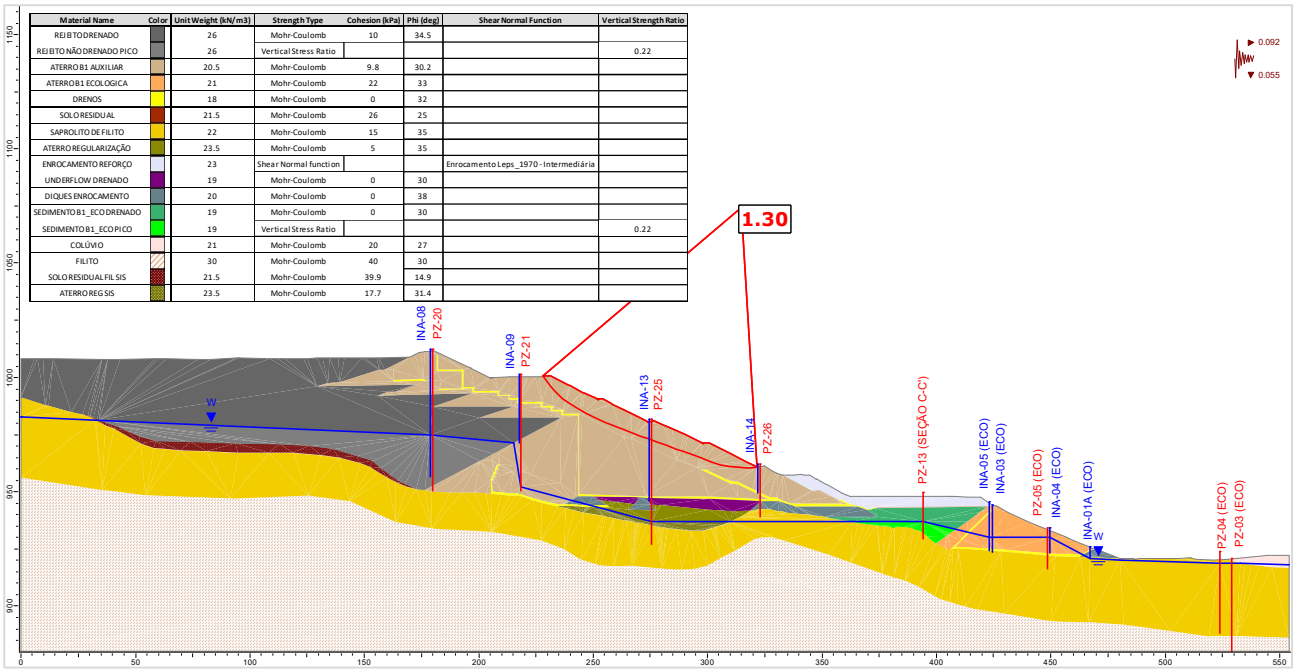
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio				0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO LIQUEFEITO		19	Vertical Stress Ratio				0.06
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 5.124 – Seção B-B' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



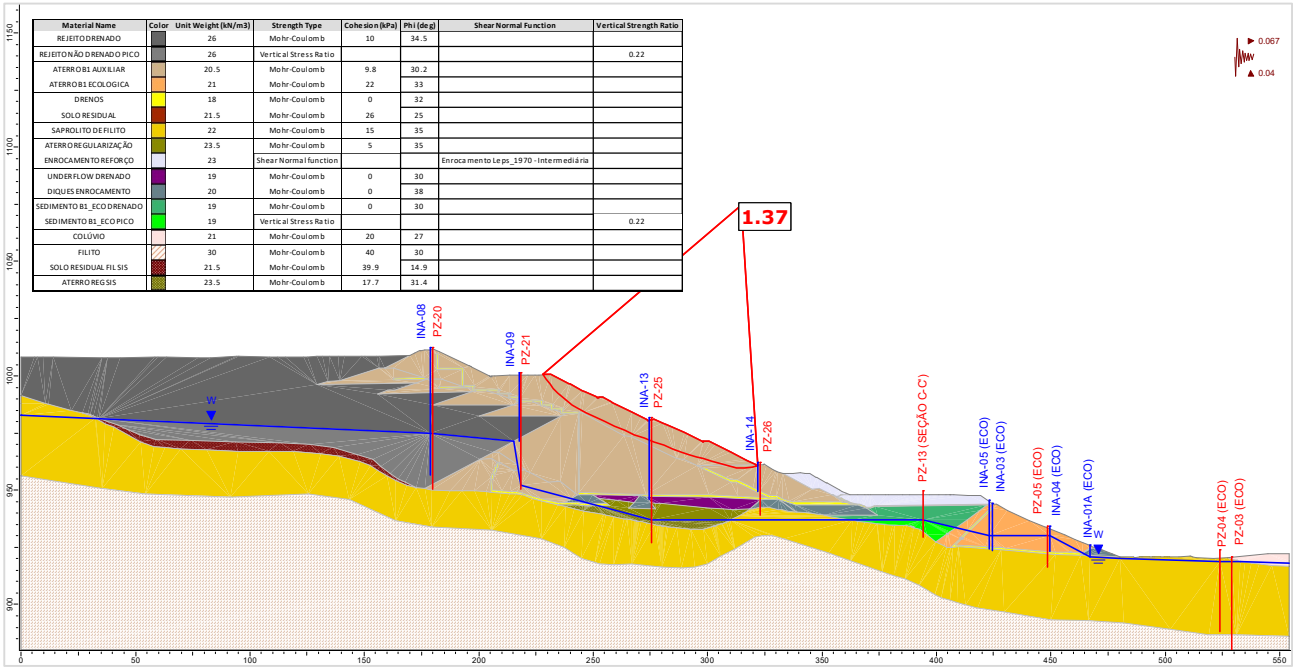
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		

Figura 5.125 – Seção B-B' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



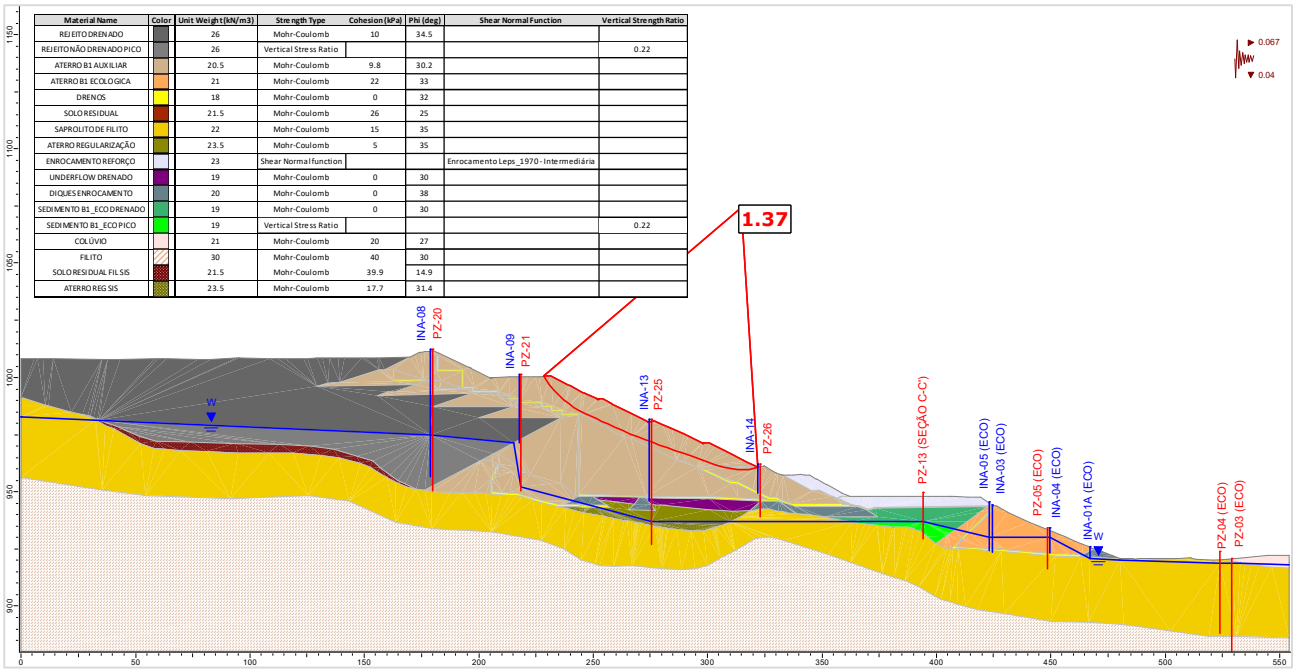
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RESIDUAL FILSIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
ATERRO REGSIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		

Figura 5.126 – Seção B-B' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



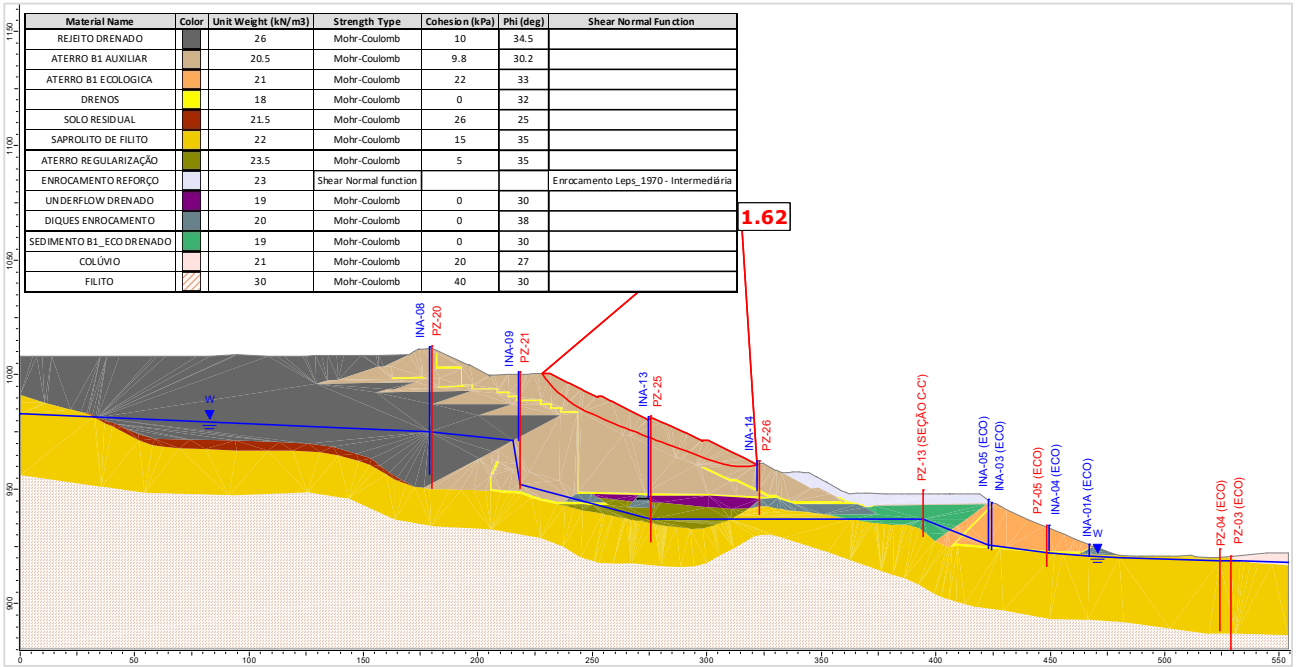
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RESIDUAL FILSIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
ATERRO REGSIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		

Figura 5.127 – Seção B-B' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLÓGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RESIDUAL FILSIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		

Figura 5.128 – Seção B-B' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35	
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38	
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.129 – Seção B-B' – Cenário 2 - Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25.

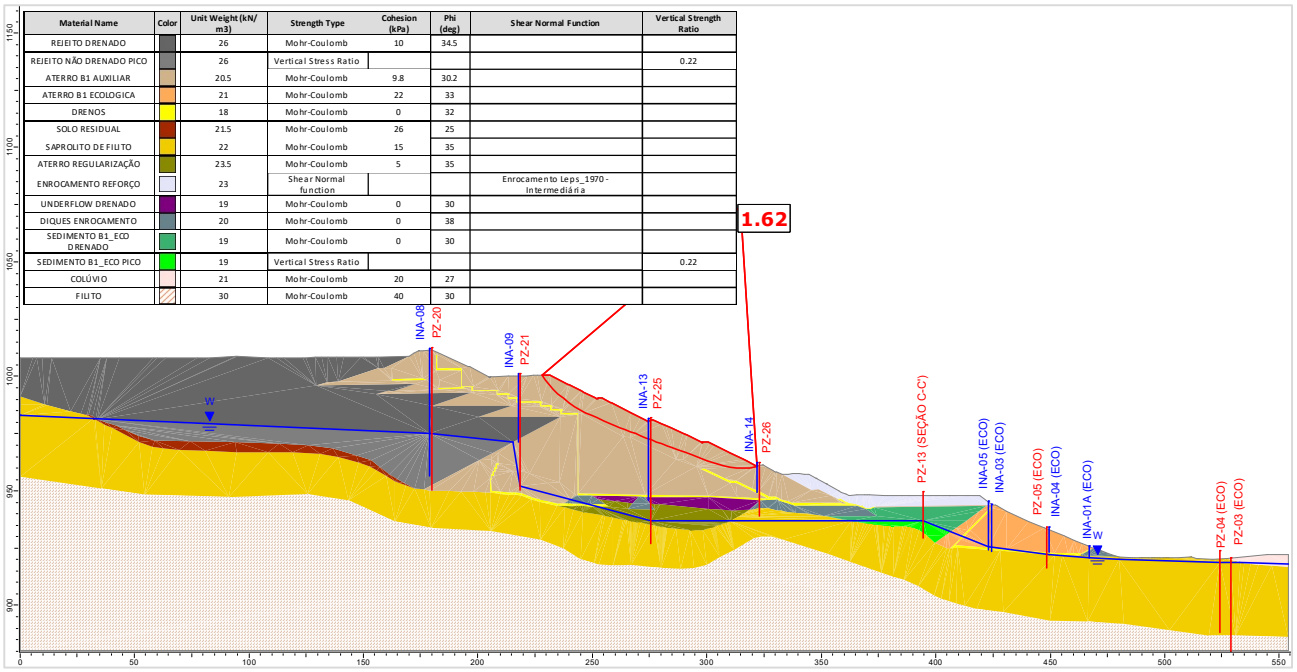


Figura 5.130 – Seção B-B' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico.

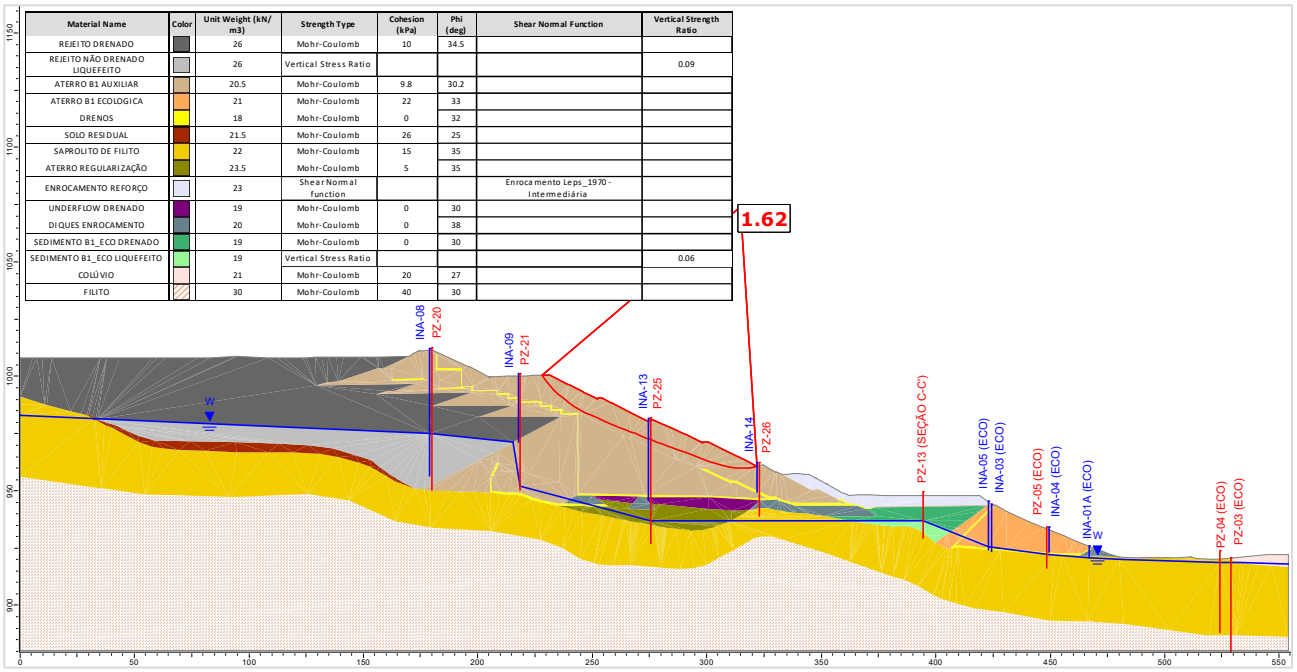


Figura 5.131 – Seção B-B' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

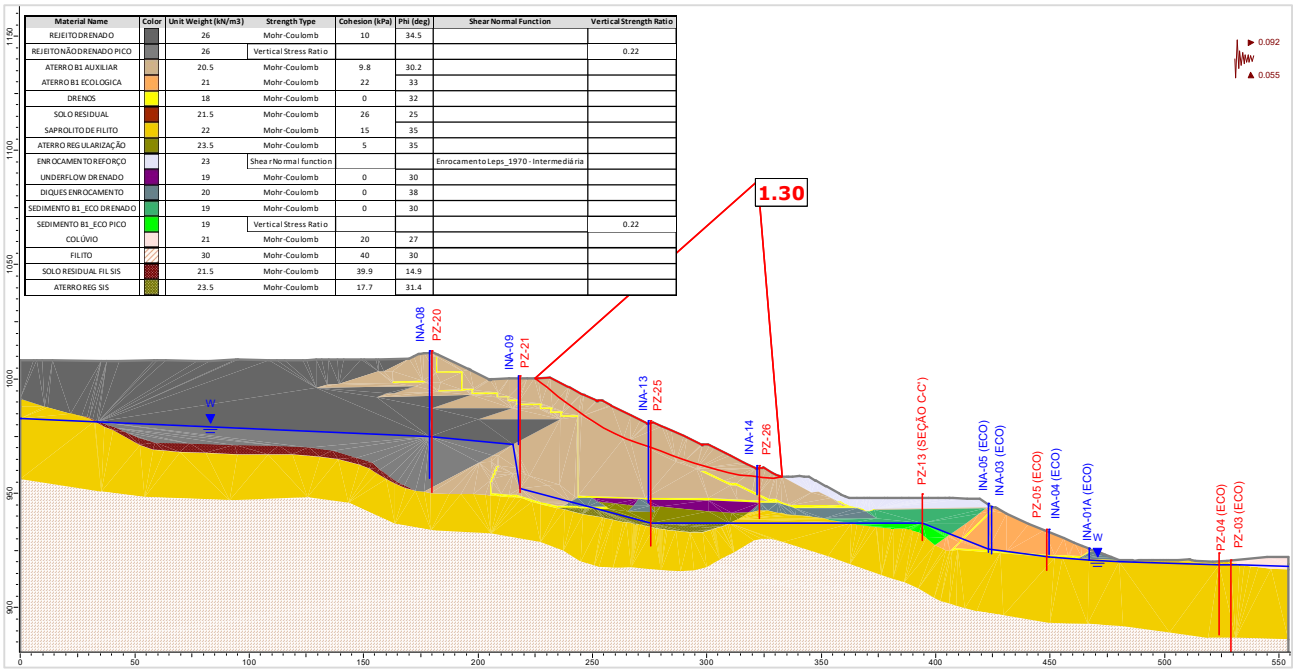


Figura 5.132 – Seção B-B' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

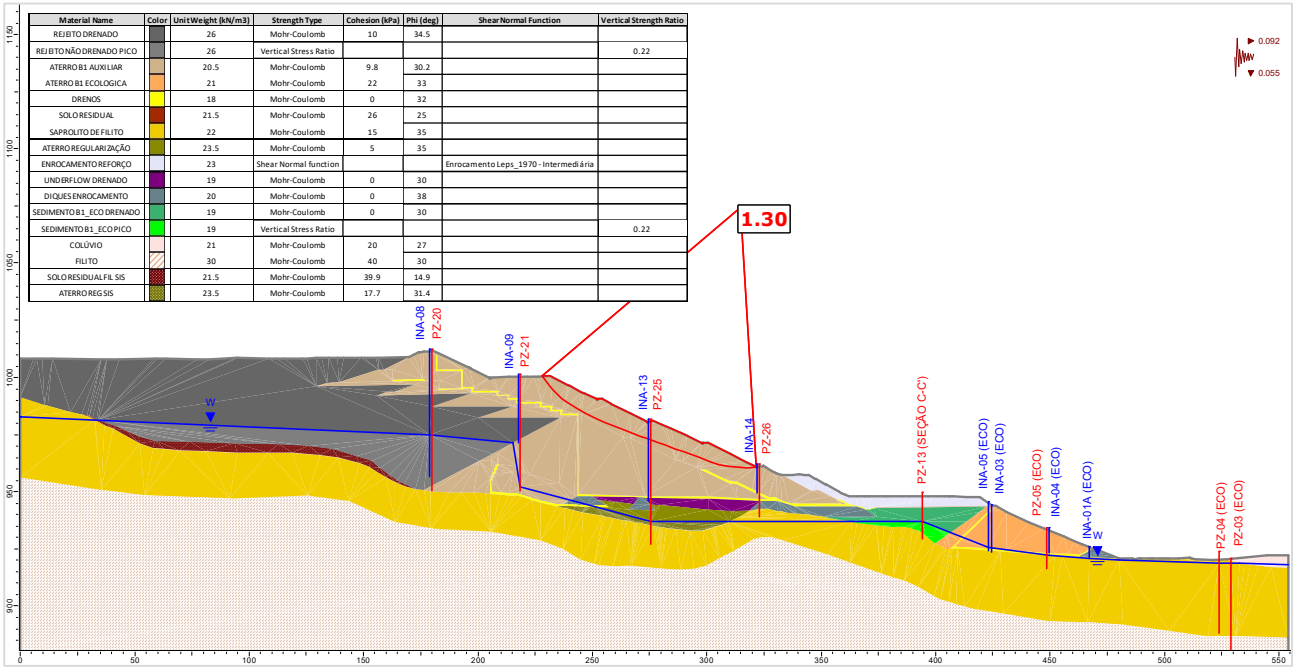


Figura 5.133 – Seção B-B' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

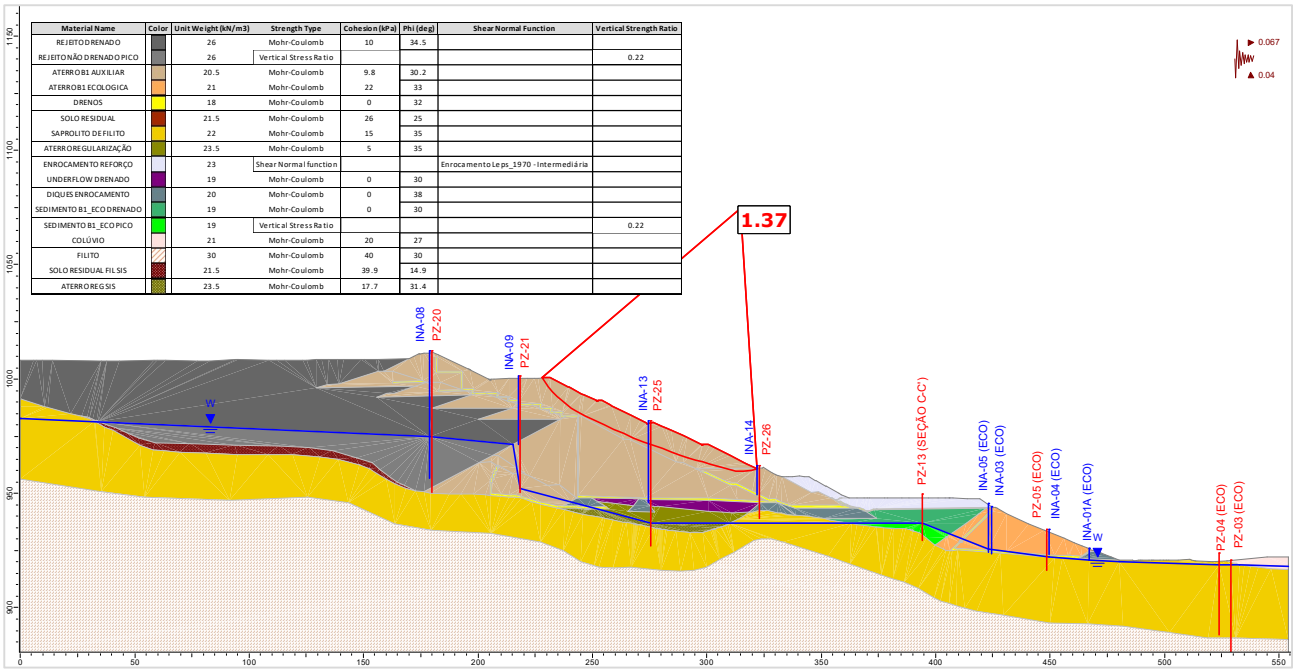


Figura 5.134 – Seção B-B' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

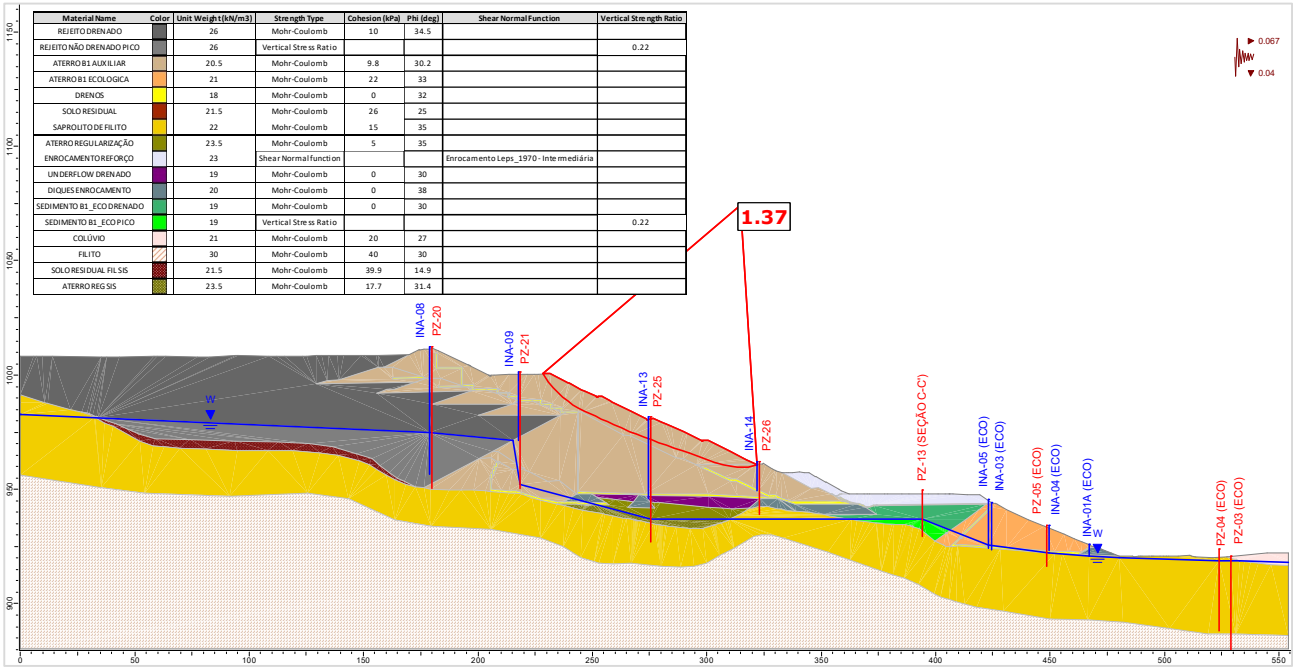
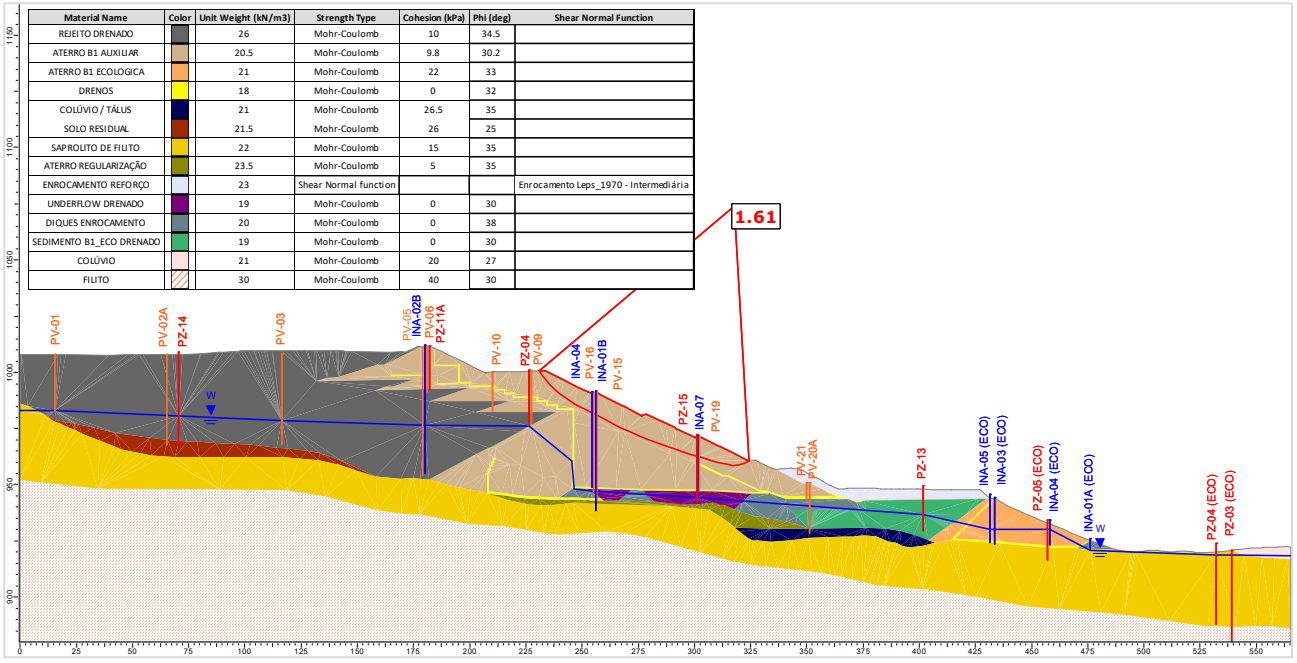
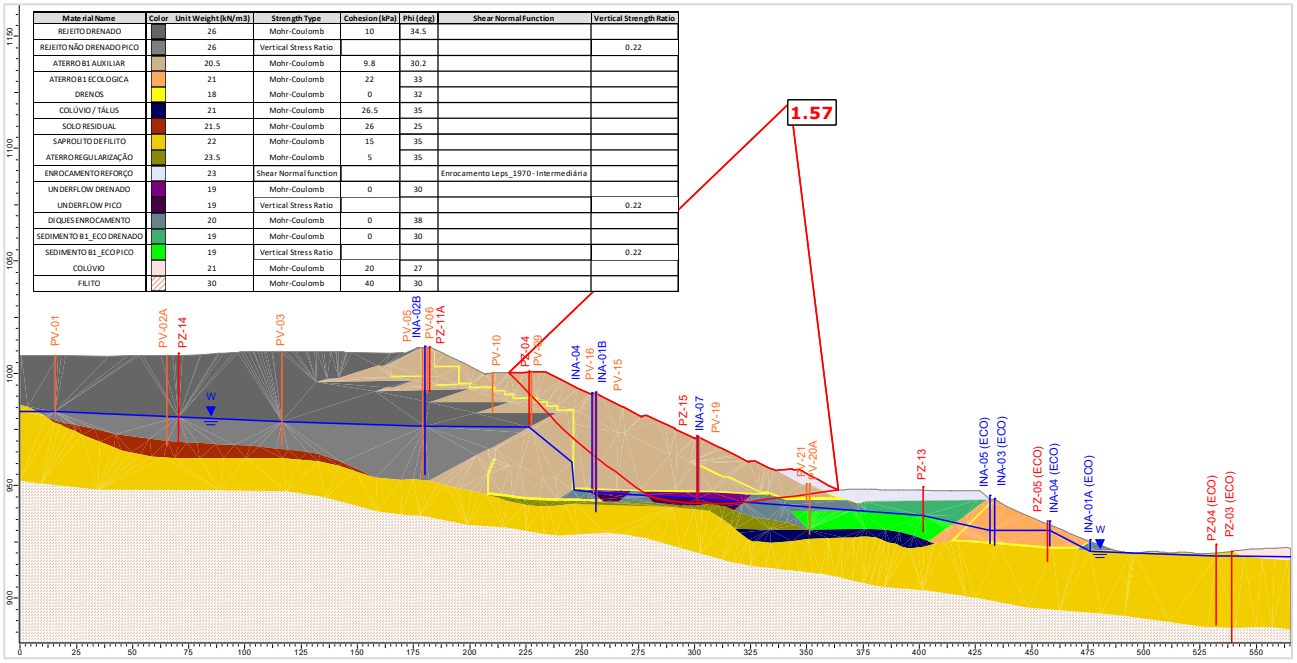


Figura 5.135 – Seção B-B' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



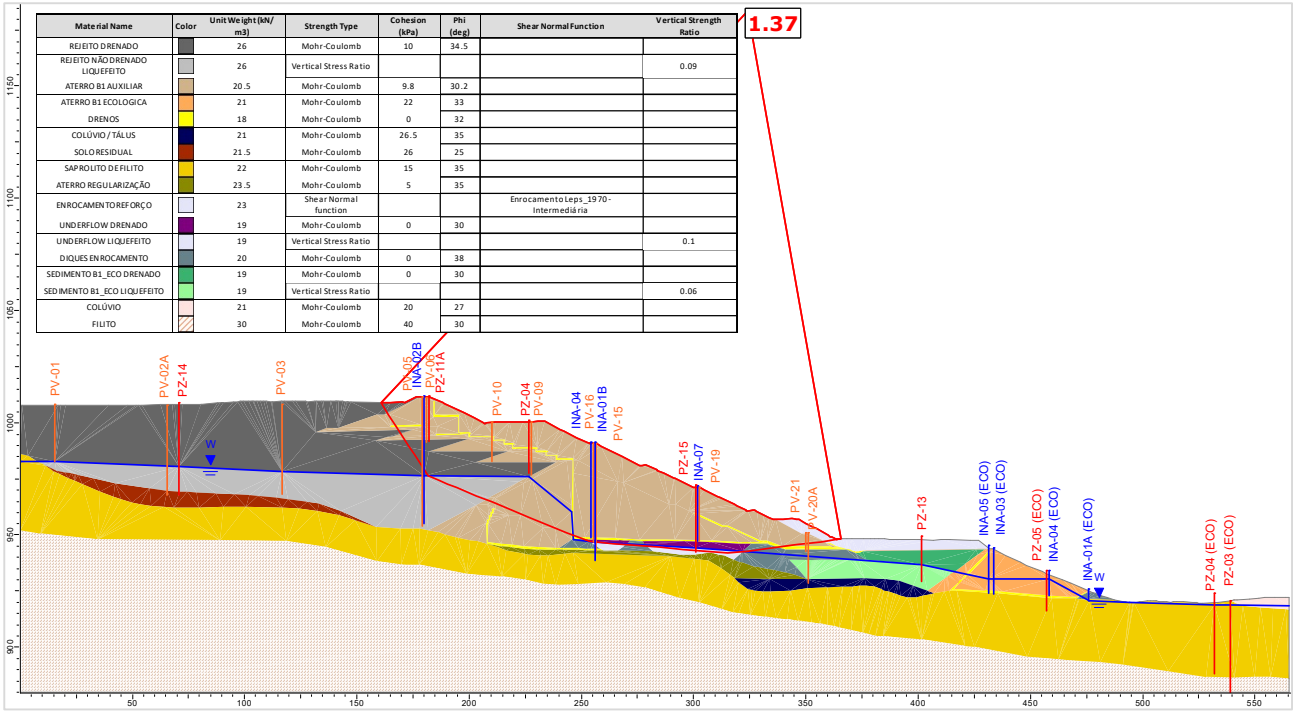
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35	
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38	
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.136 – Seção C-C’ – Cenário 1 - Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25.



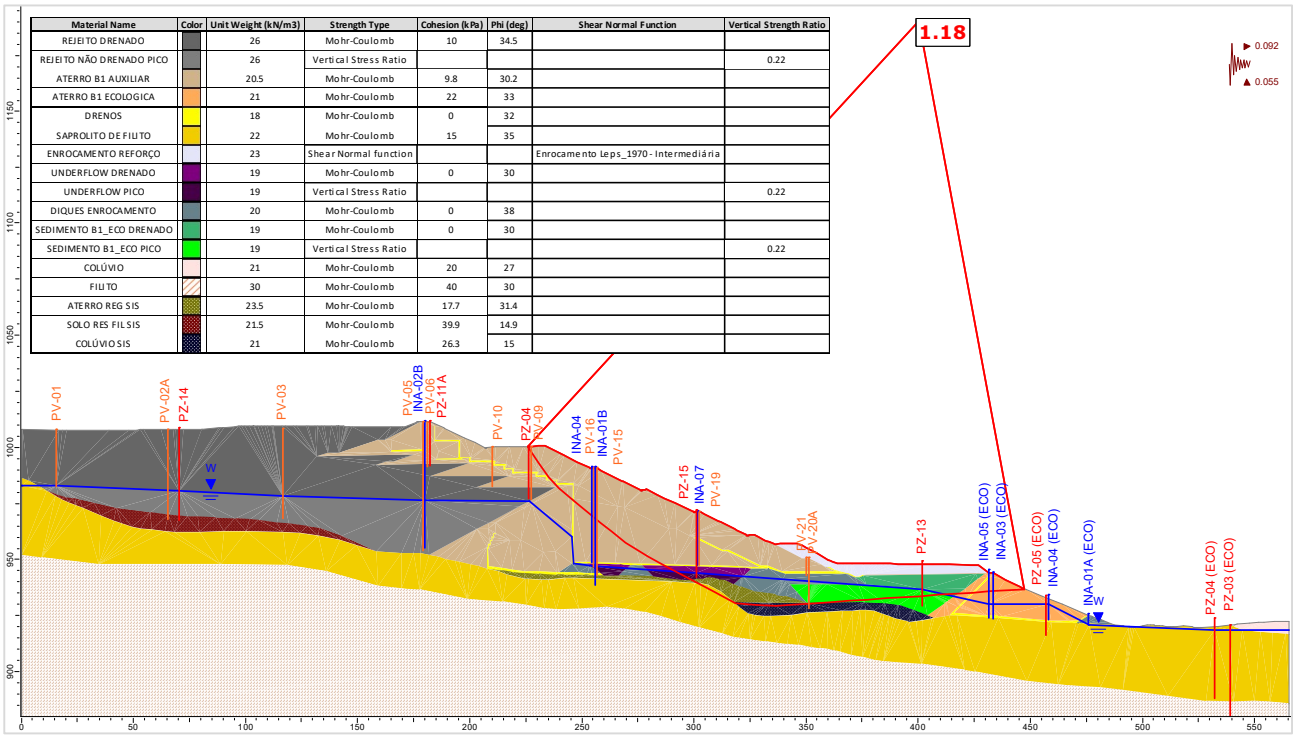
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 5.137 – Seção C-C’ – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico.



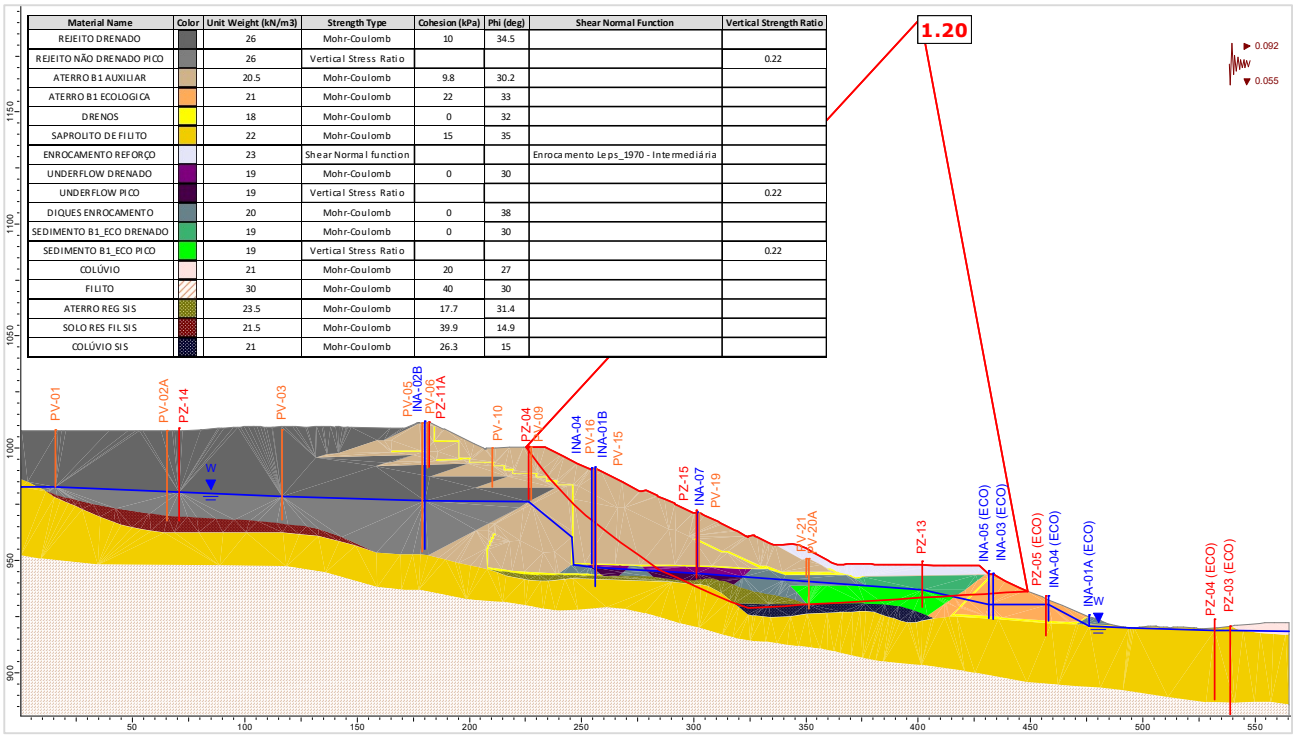
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio				0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW LIQUEFEITO		19	Vertical Stress Ratio				0.1
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO LIQUEFEITO		19	Vertical Stress Ratio				0.06
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 5.138 – Seção C-C’ – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



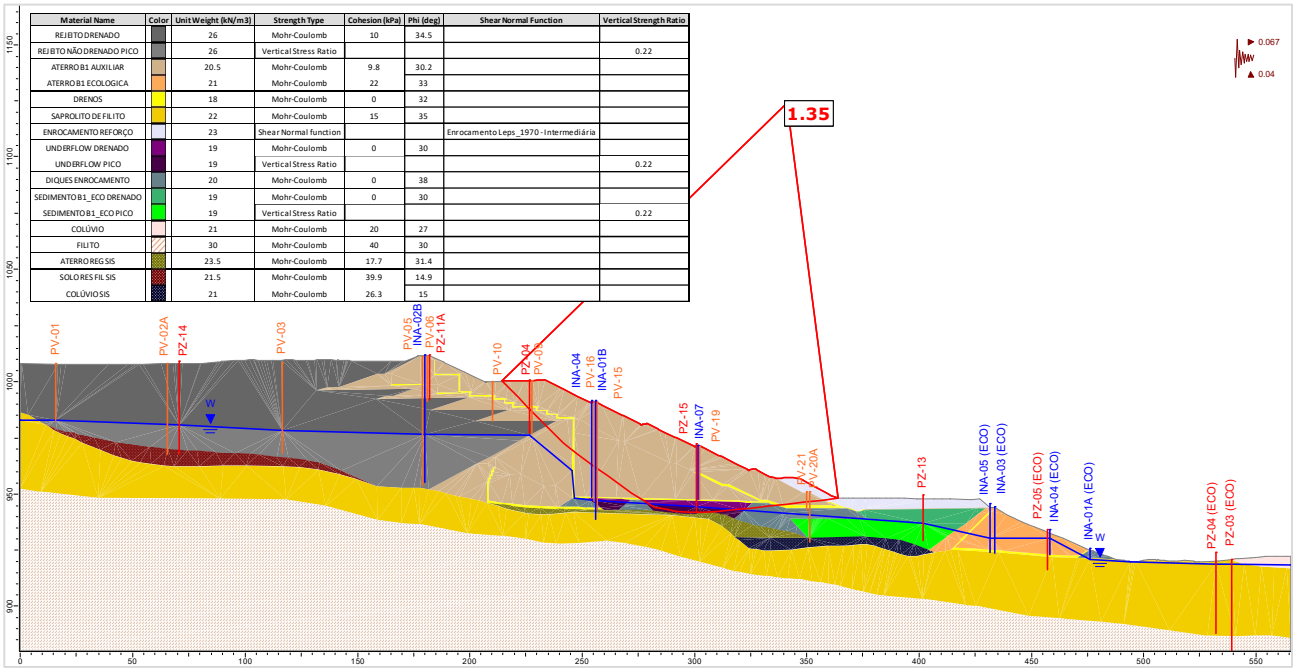
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.139 – Seção C-C’ – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



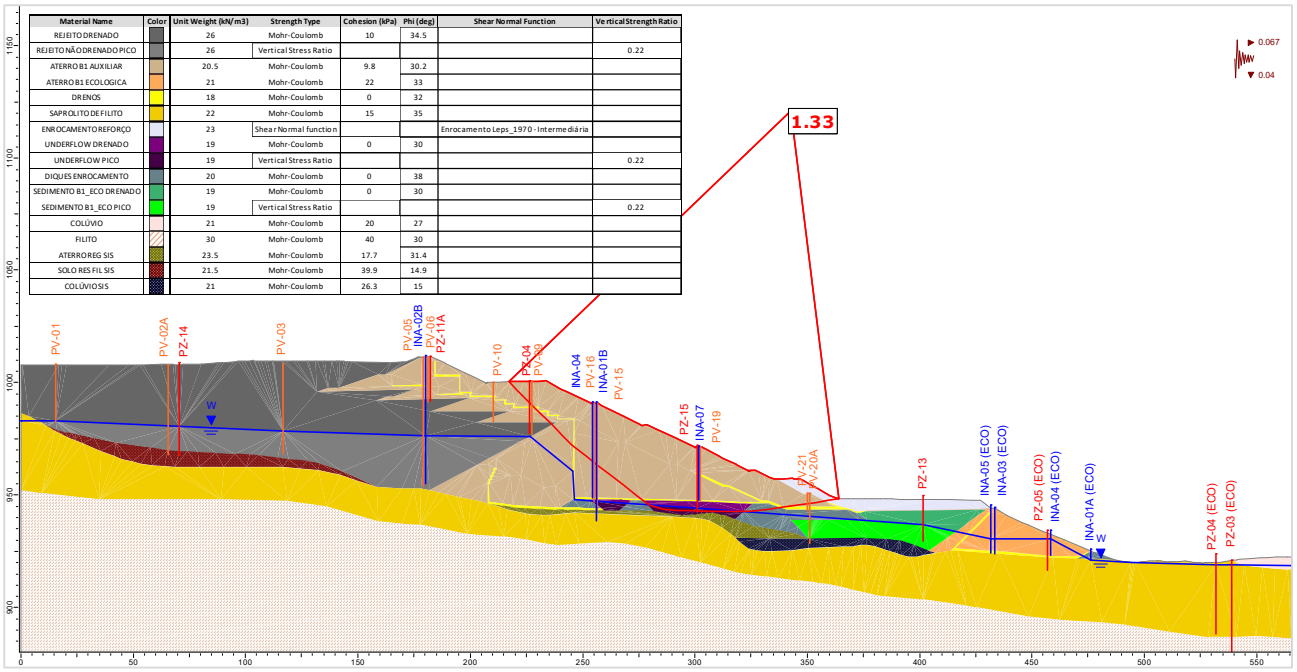
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.140 – Seção C-C’ – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



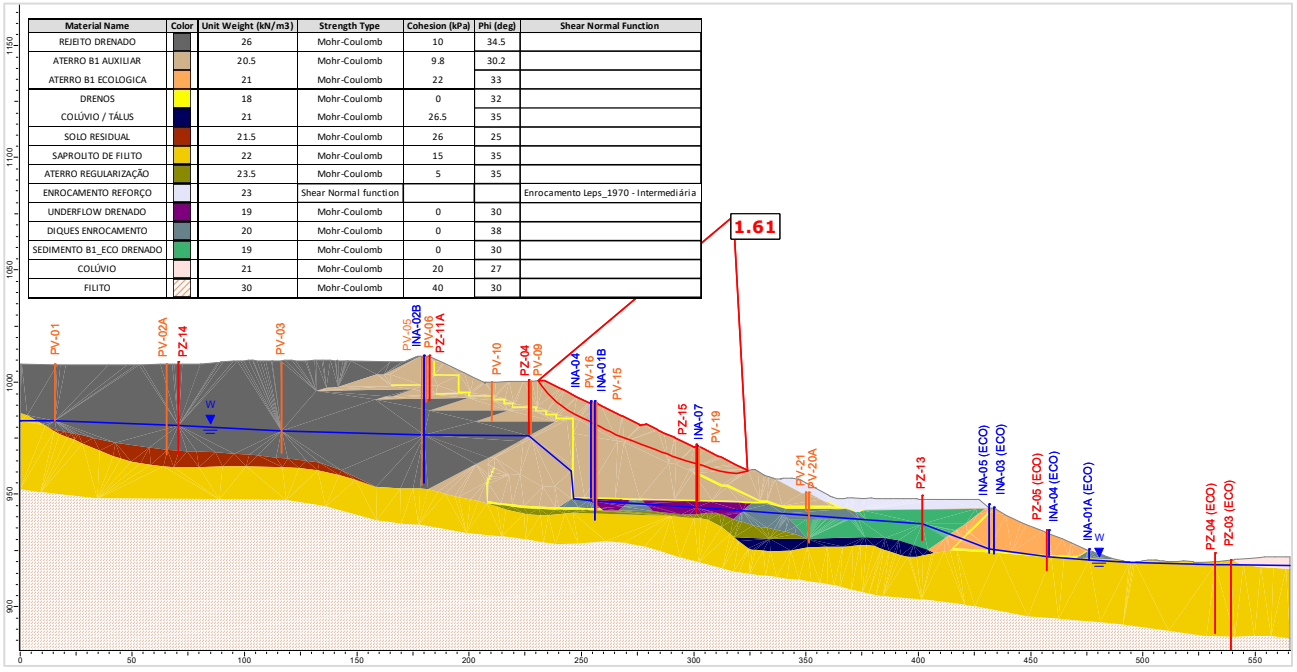
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.141 – Seção C-C’ – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



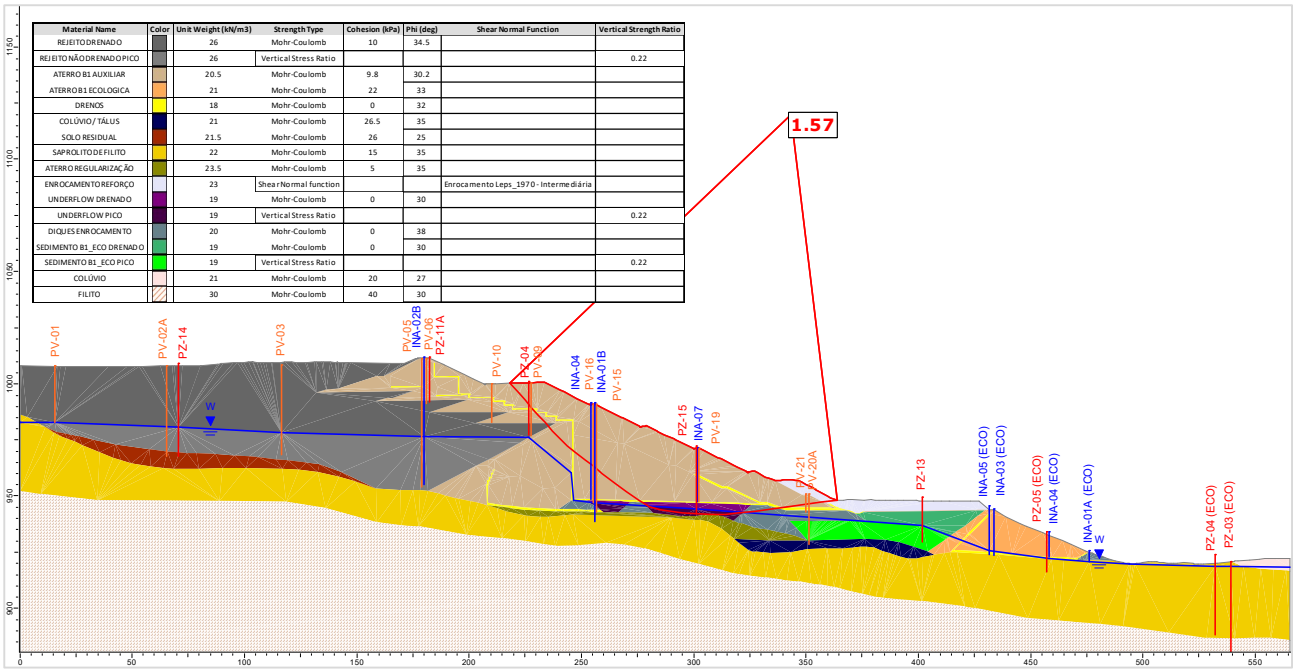
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLÓGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.142 – Seção C-C’ – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



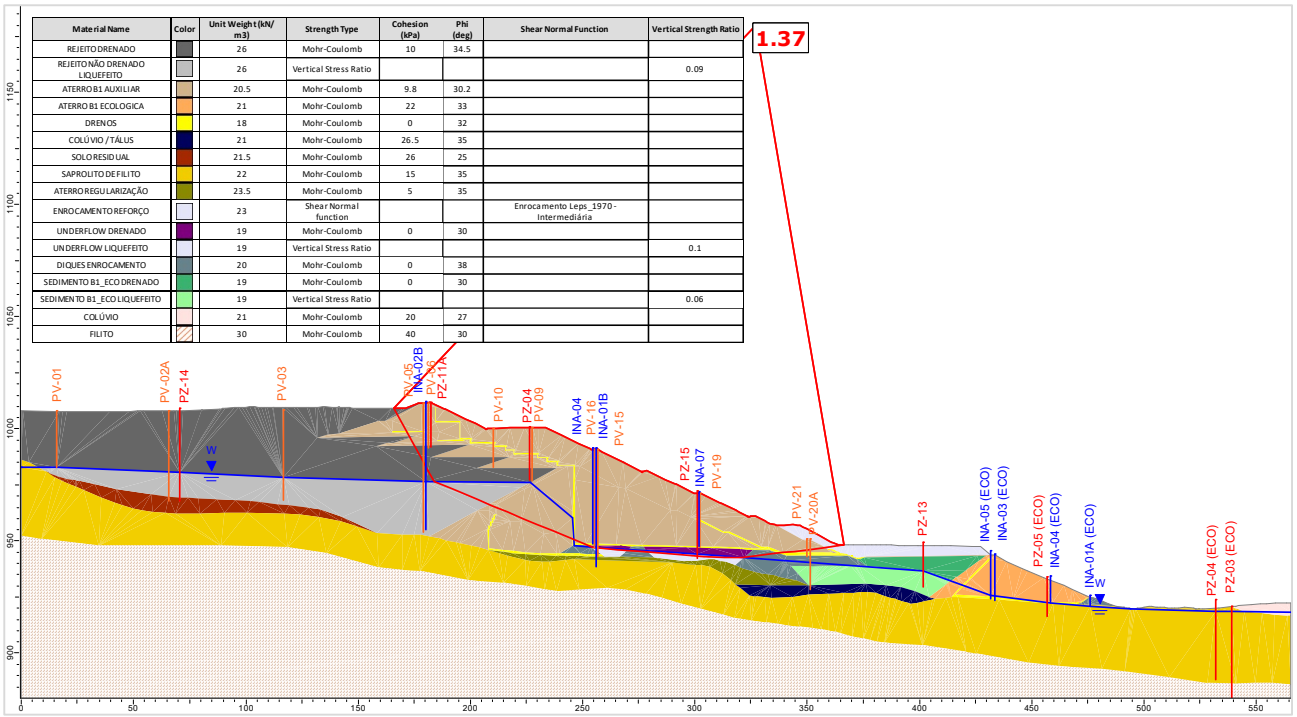
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
ATERRO B1 ECOLÓGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35	
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38	
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.143 – Seção C-C’ – Cenário 2 - Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25.



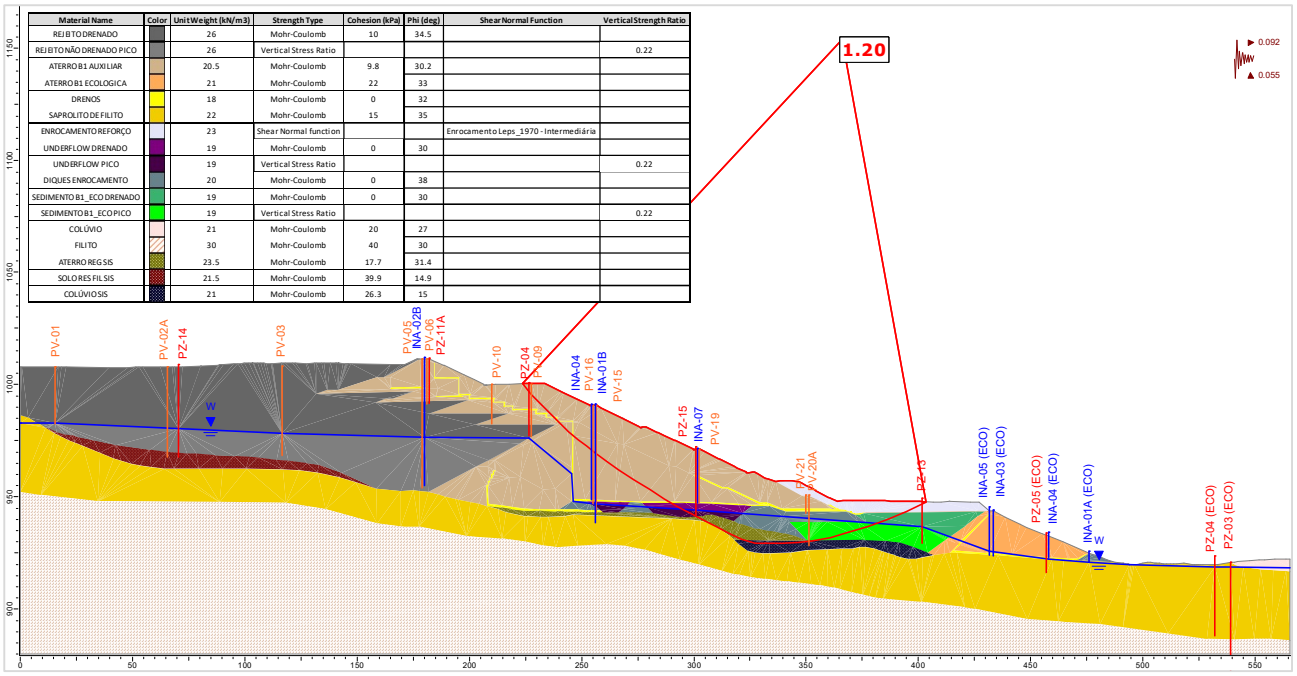
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
COLÚVIO/TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 5.144 – Seção C-C' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico.



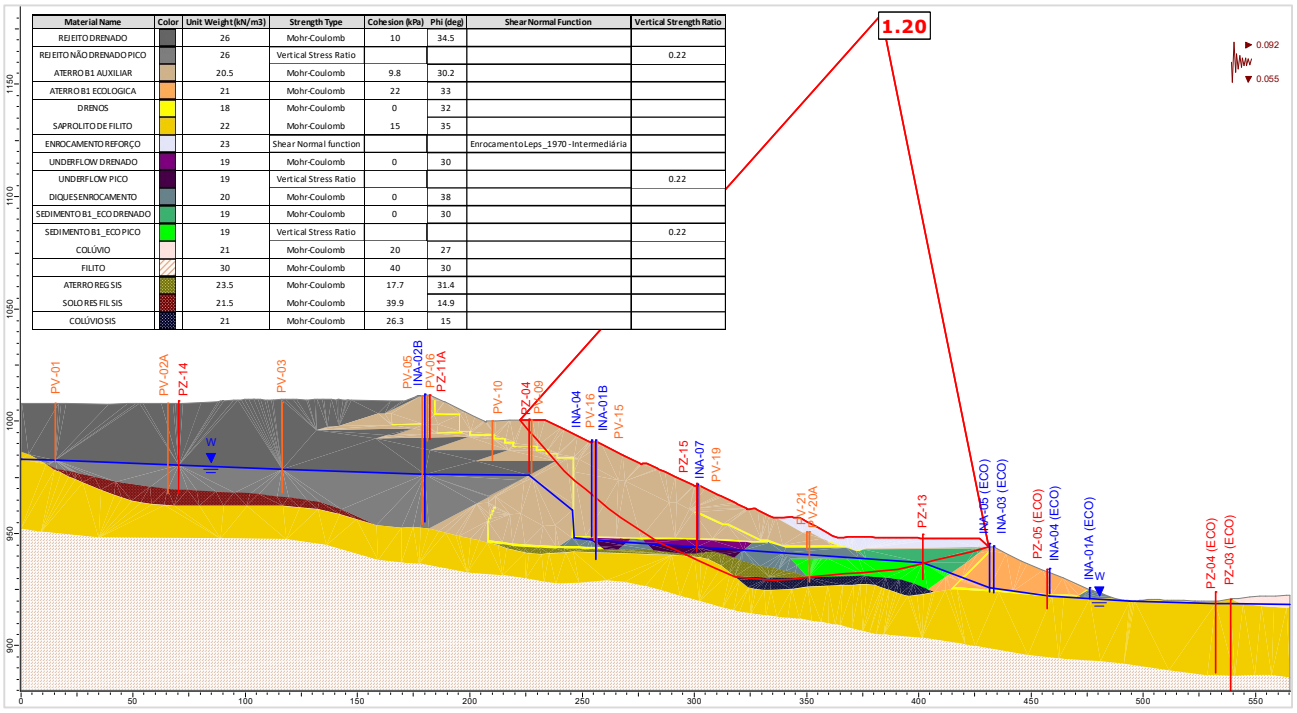
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio				0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW LIQUEFEITO		19	Vertical Stress Ratio				0.1
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO LIQUEFEITO		19	Vertical Stress Ratio				0.06
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 5.145 – Seção C-C' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.146 – Seção C-C’ – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.147 – Seção C-C’ – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

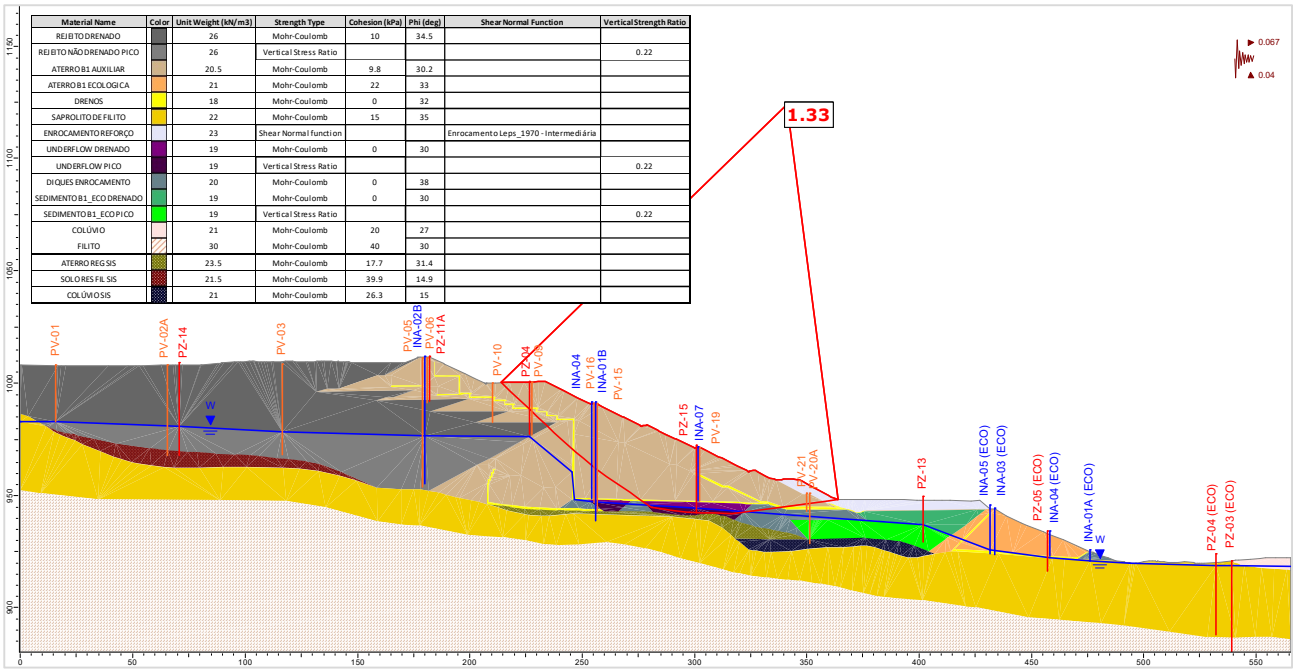


Figura 5.148 – Seção C-C’ – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

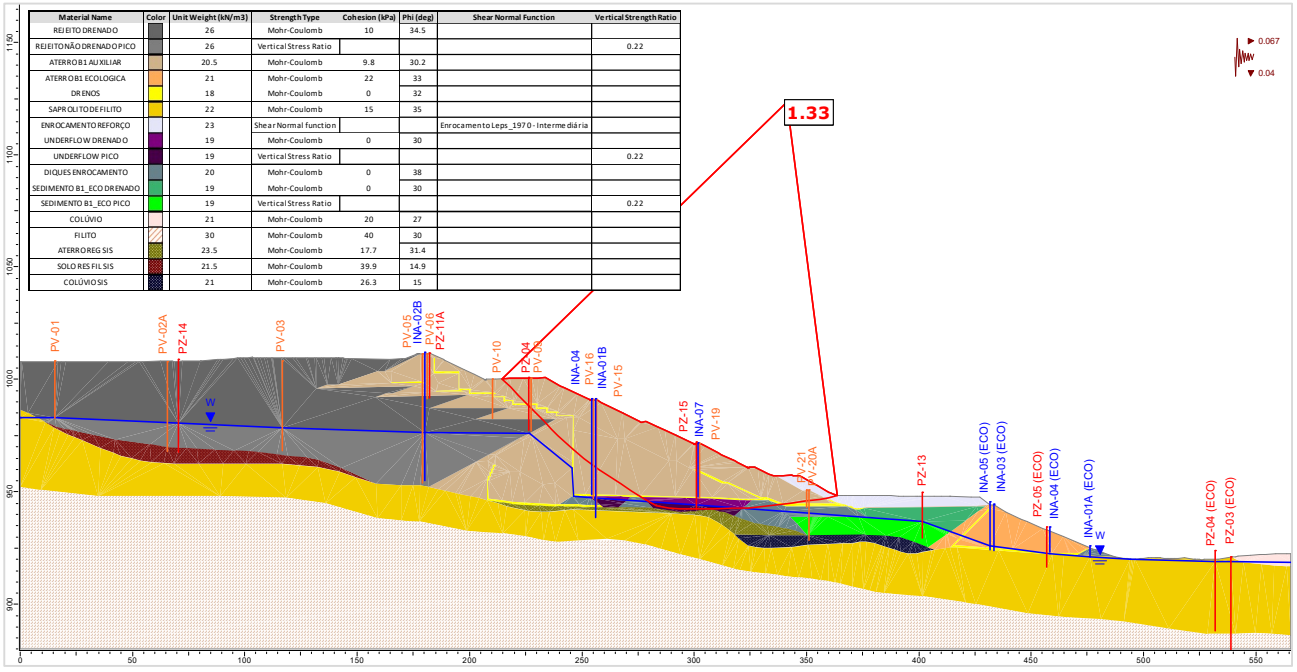


Figura 5.149 – Seção C-C’ – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30

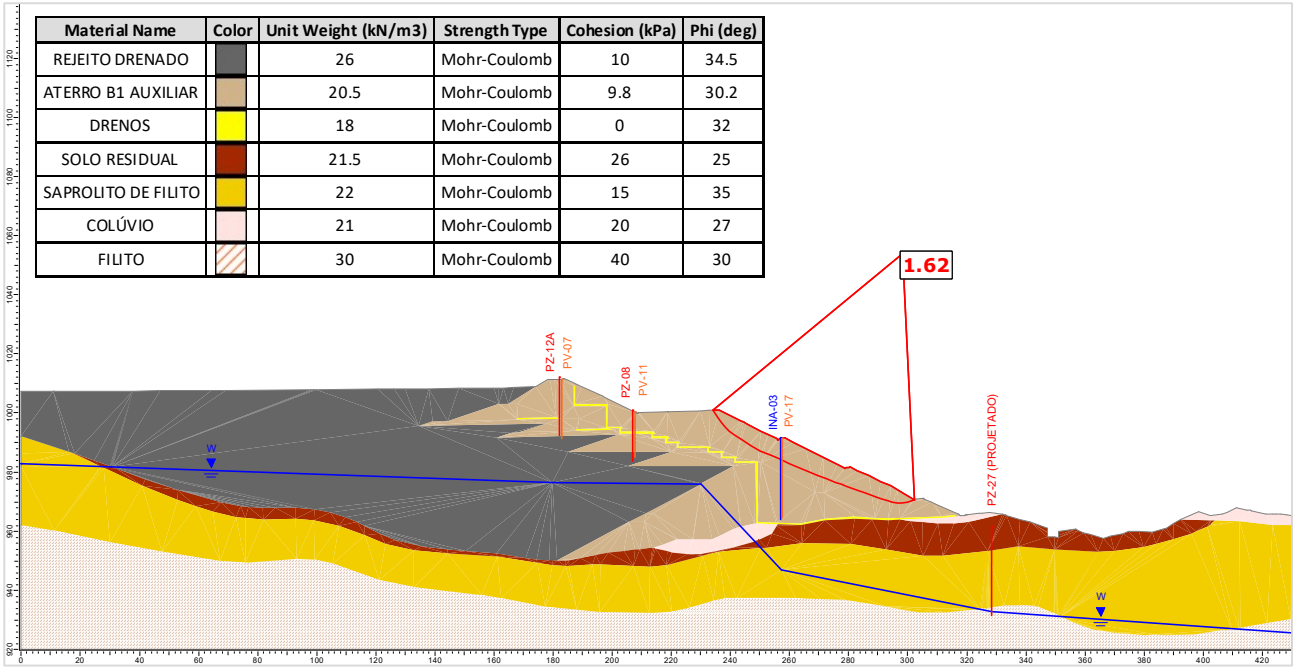


Figura 5.150 – Seção D-D' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

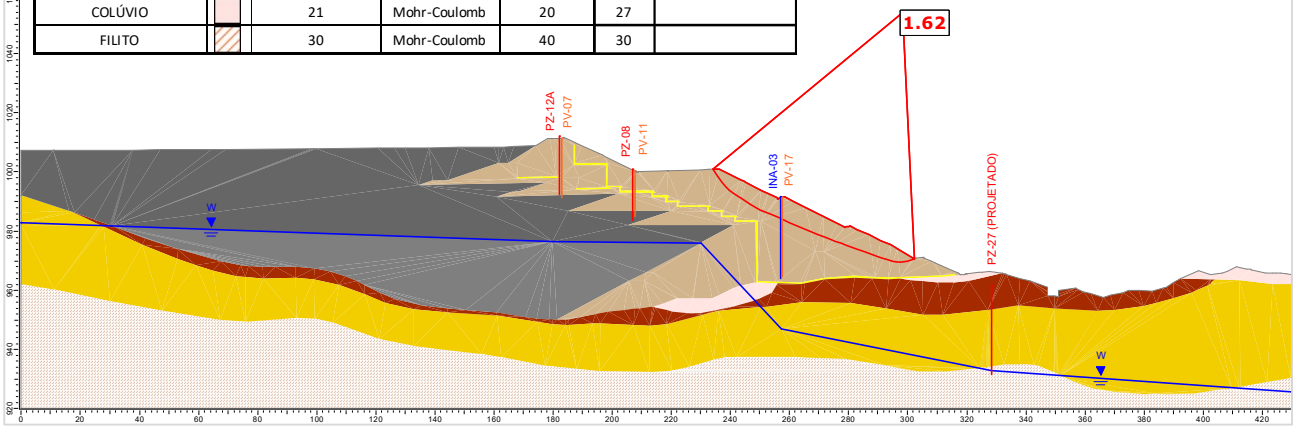
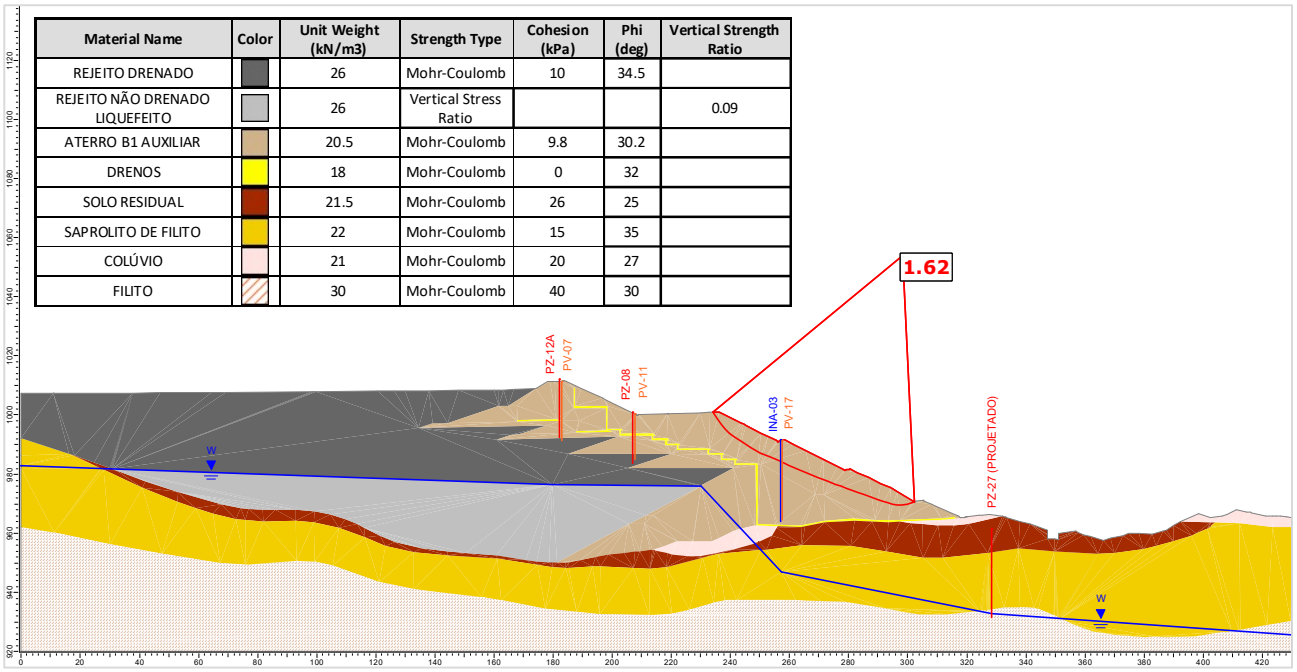
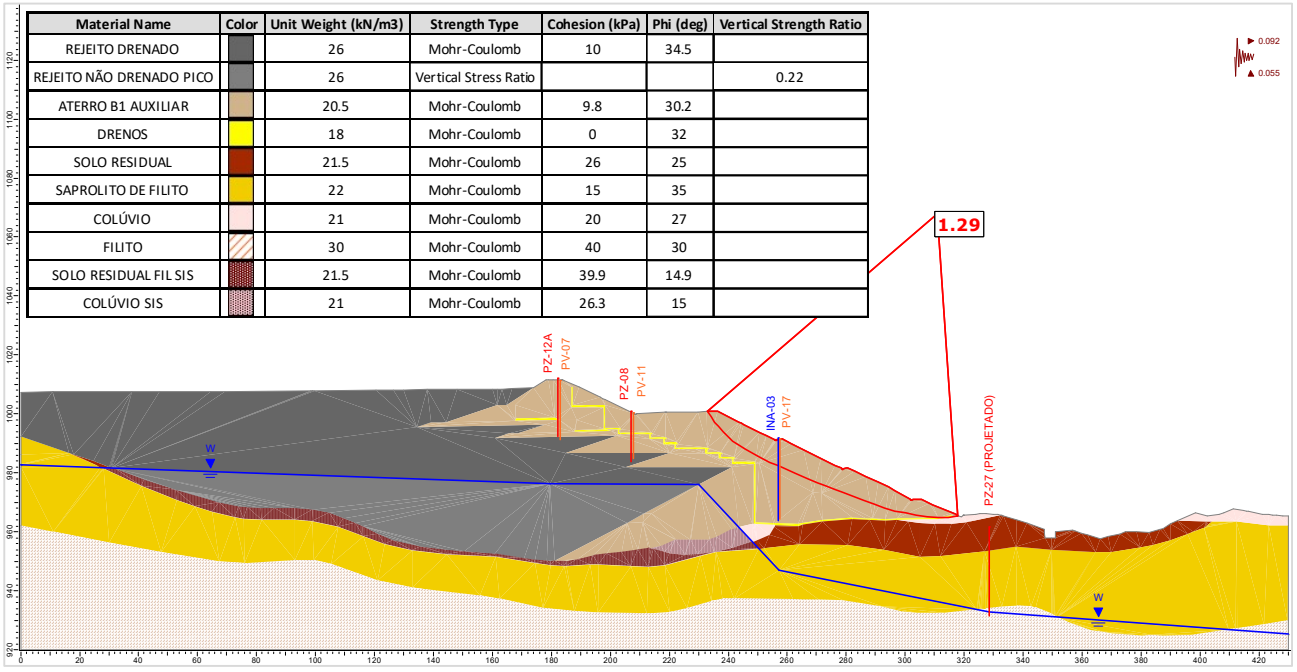


Figura 5.151 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico.



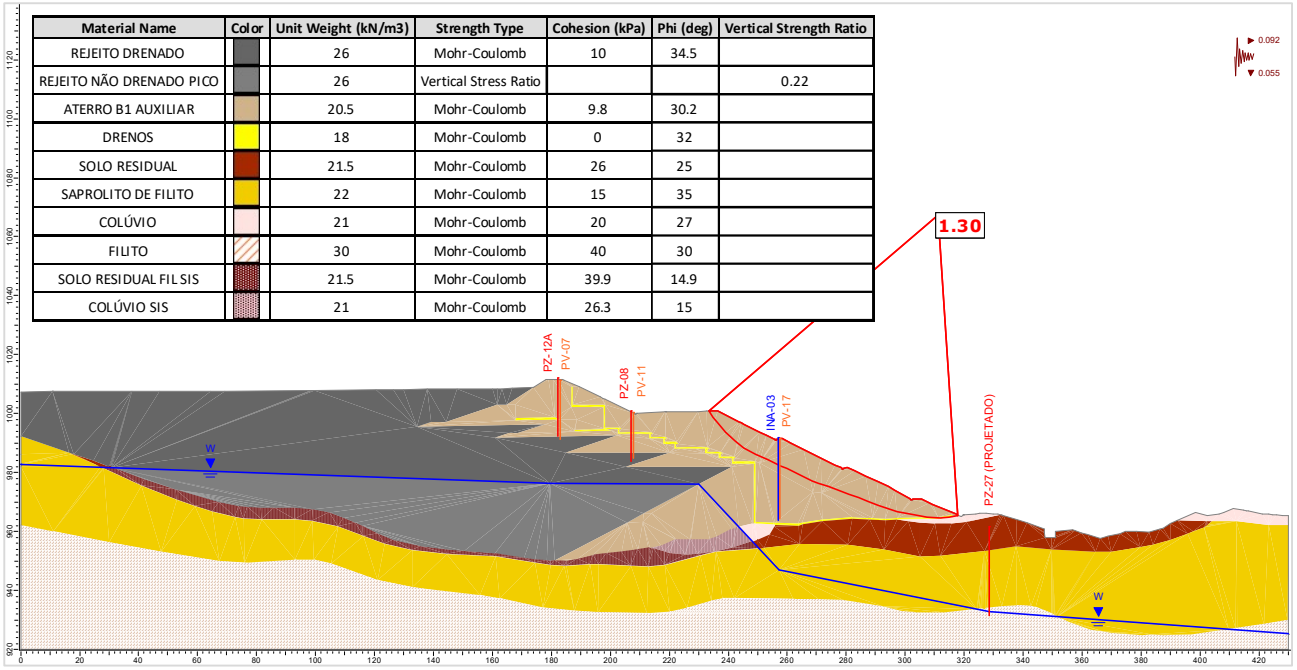
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio			0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.152 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



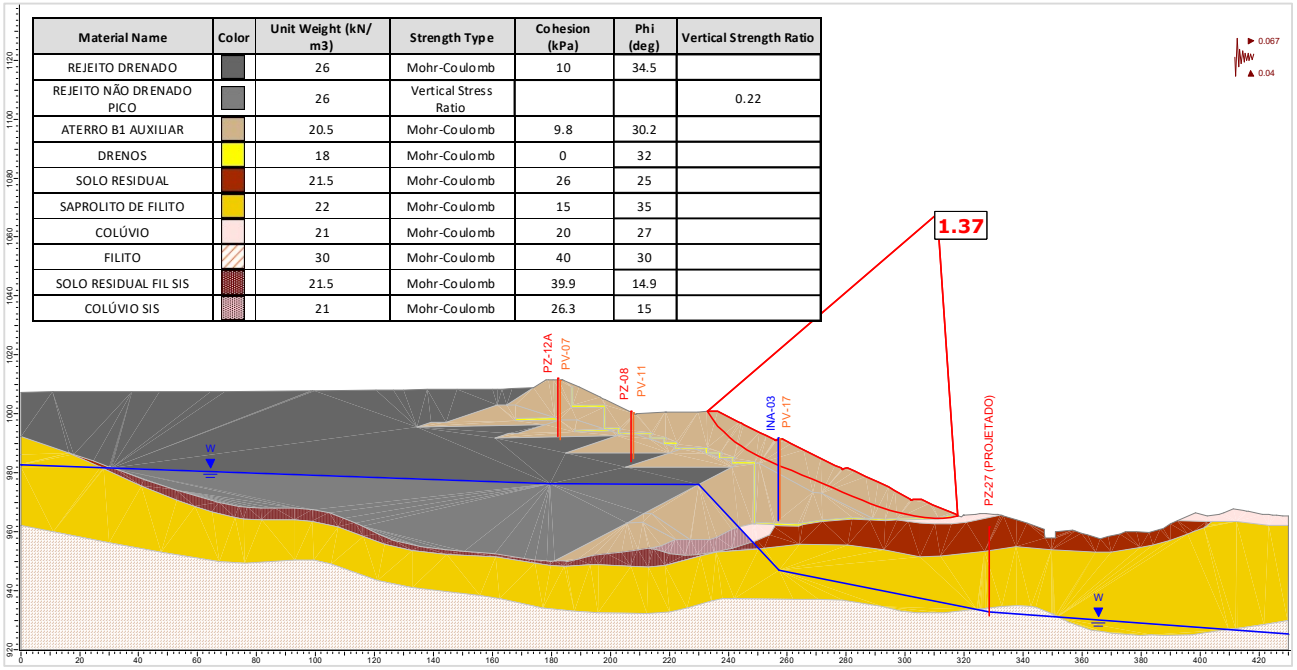
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.153 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



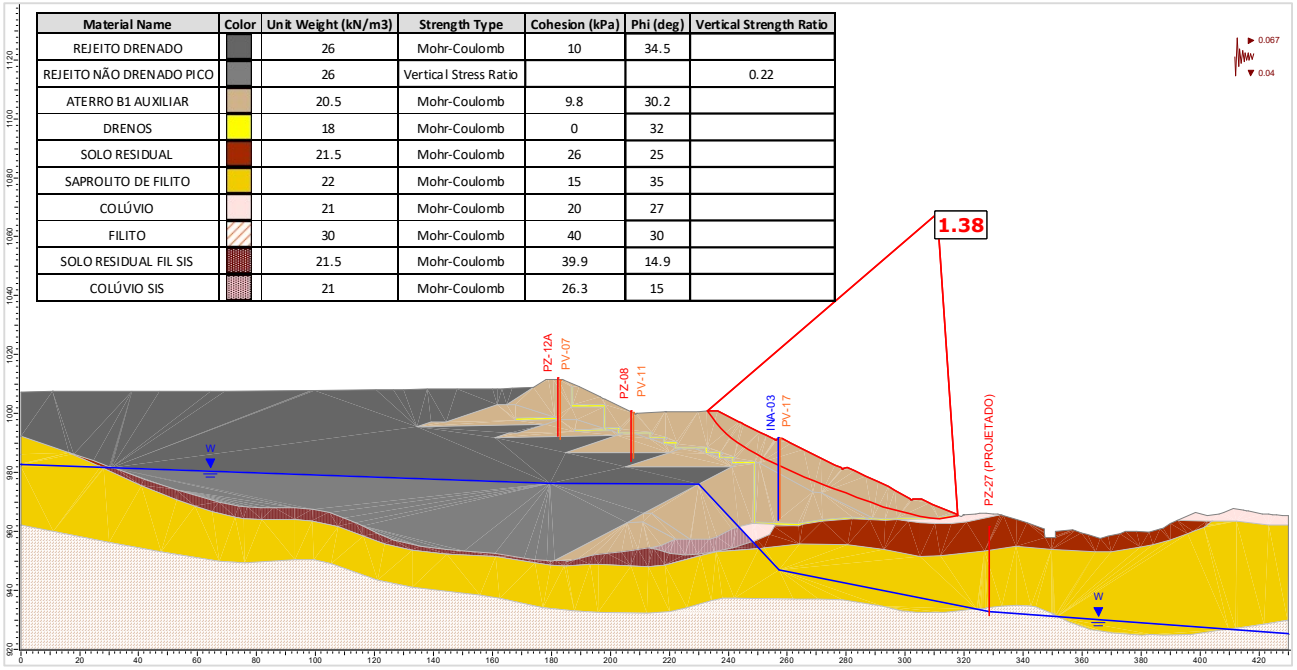
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.154 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



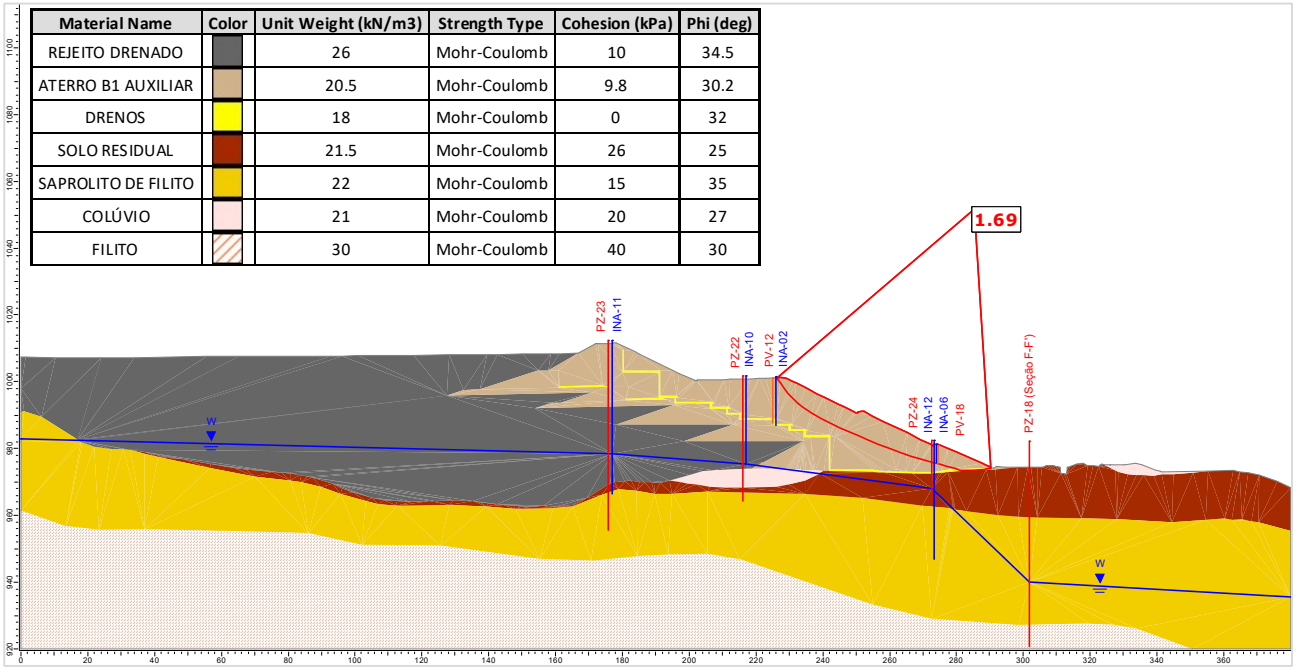
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.155 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



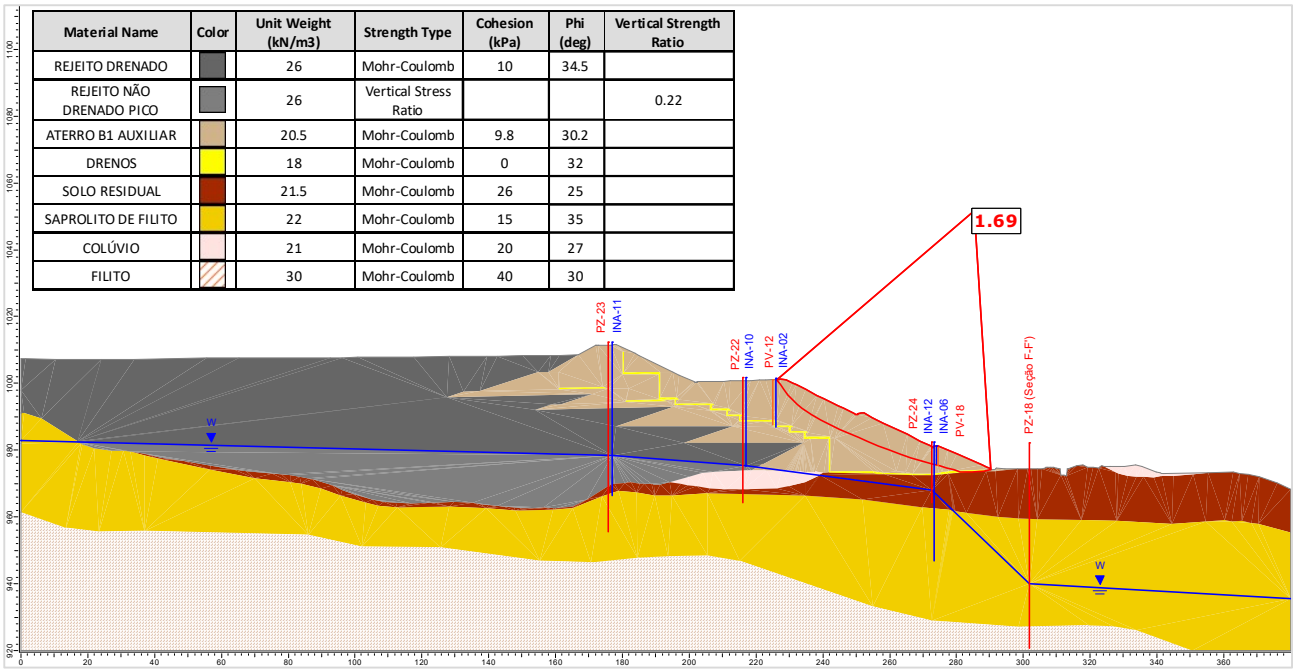
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.156 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



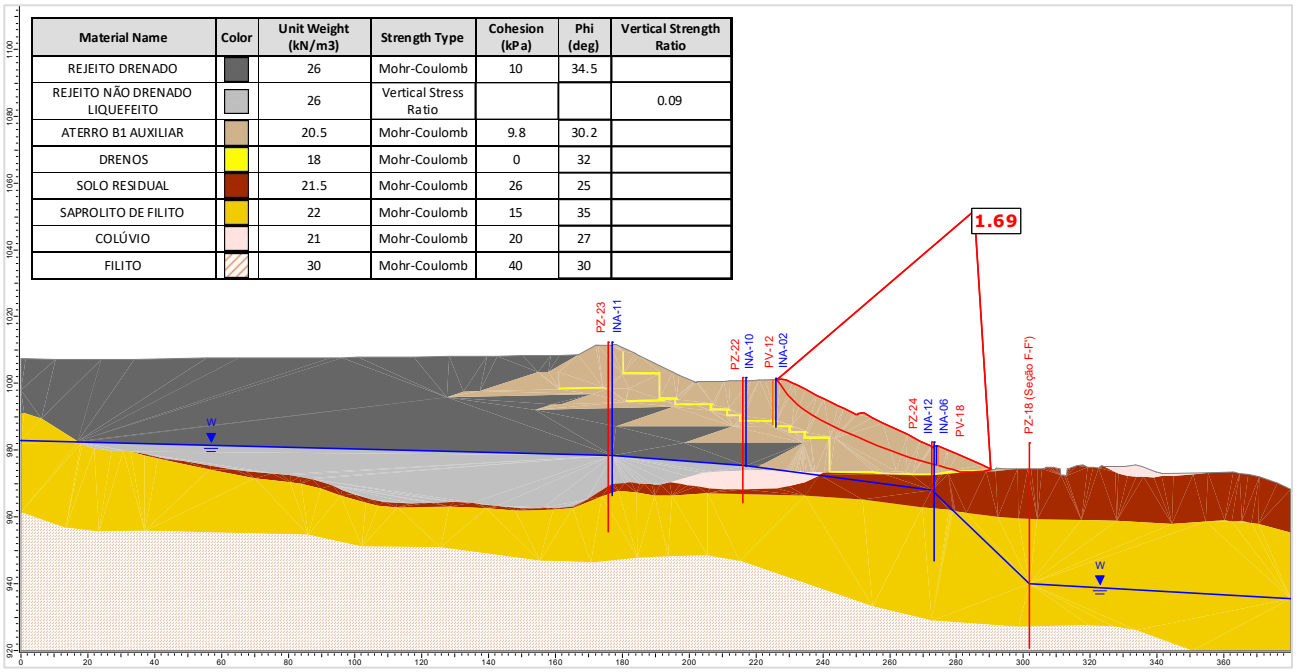
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30

Figura 5.157 – Seção E-E' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25.



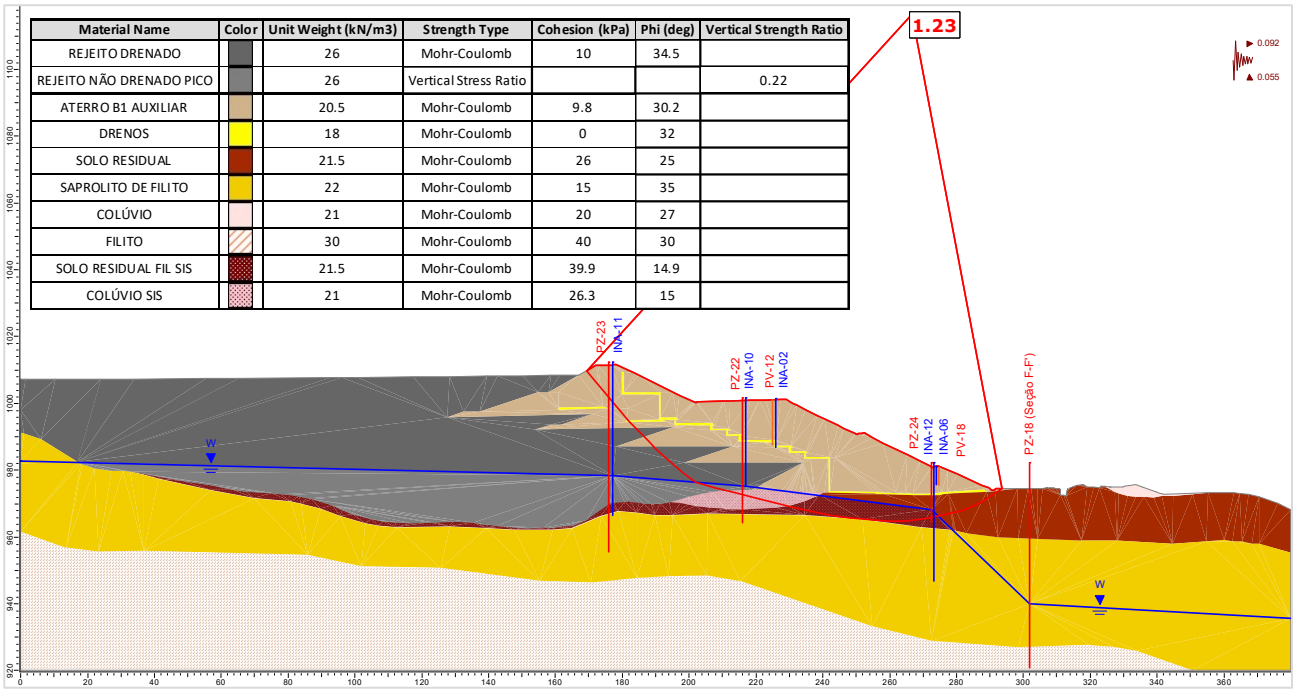
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.158 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico.



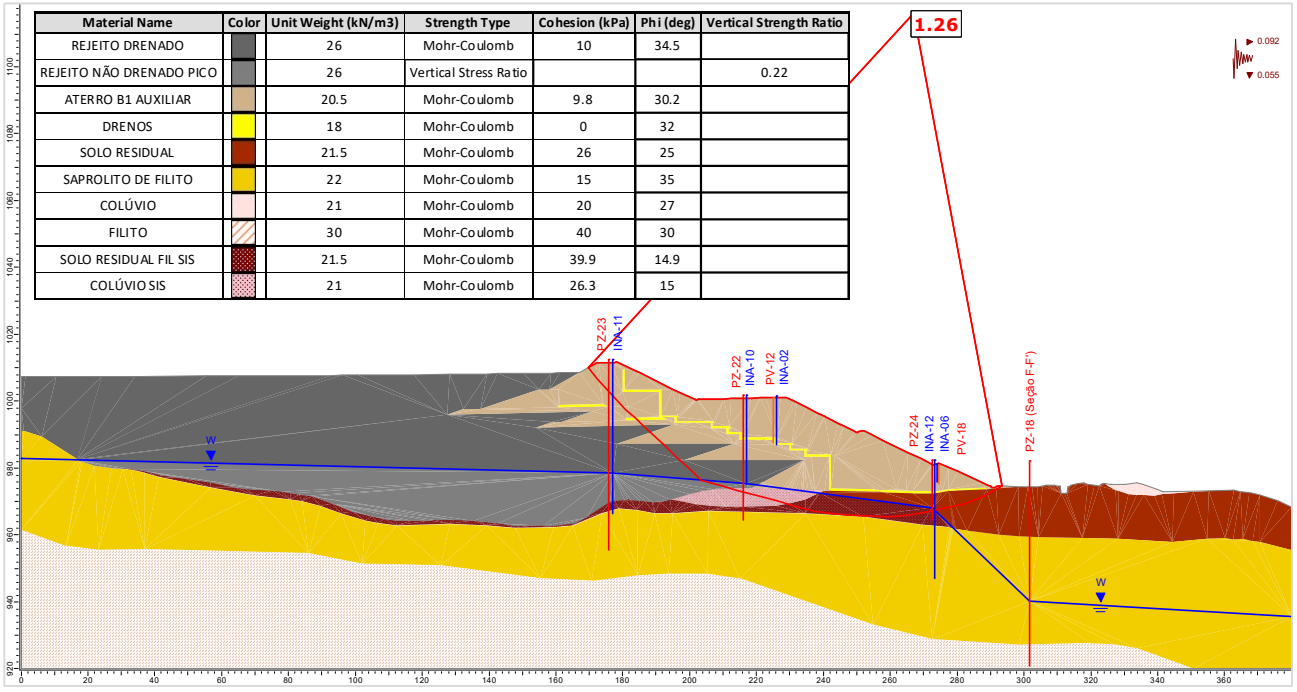
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio			0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.159 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



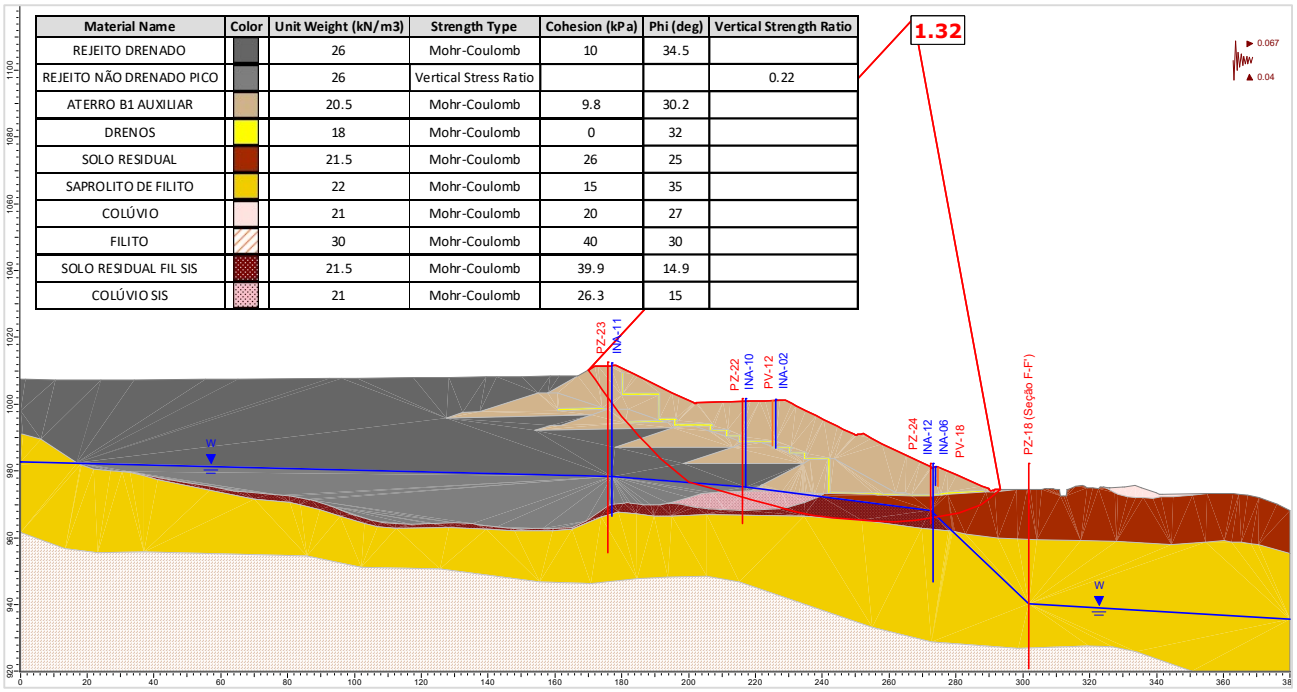
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.160 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



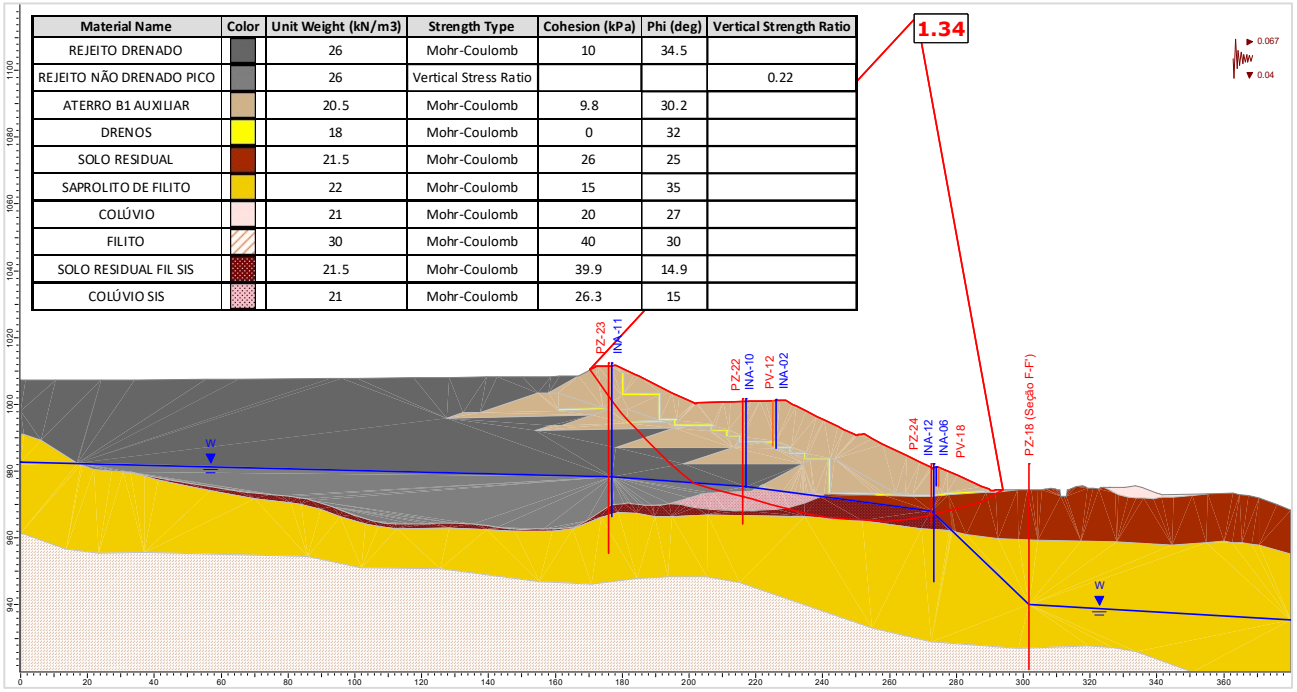
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.161 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.162 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.163 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

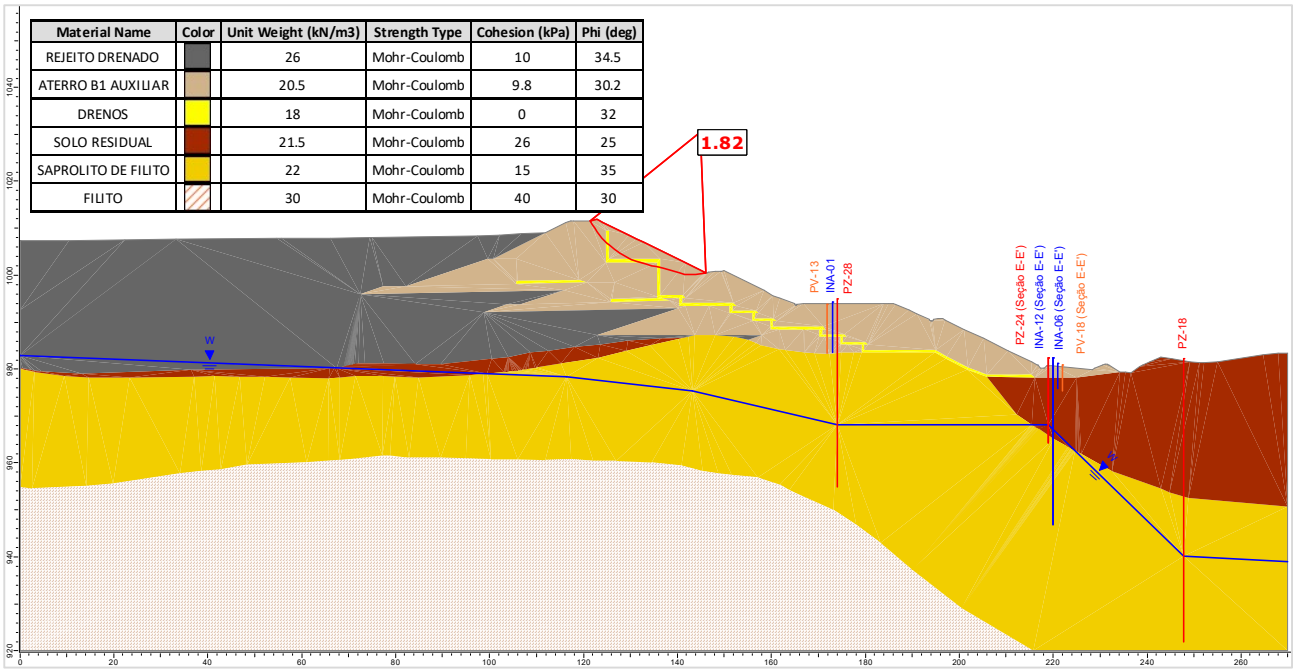


Figura 5.164 – Seção F-F' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25.

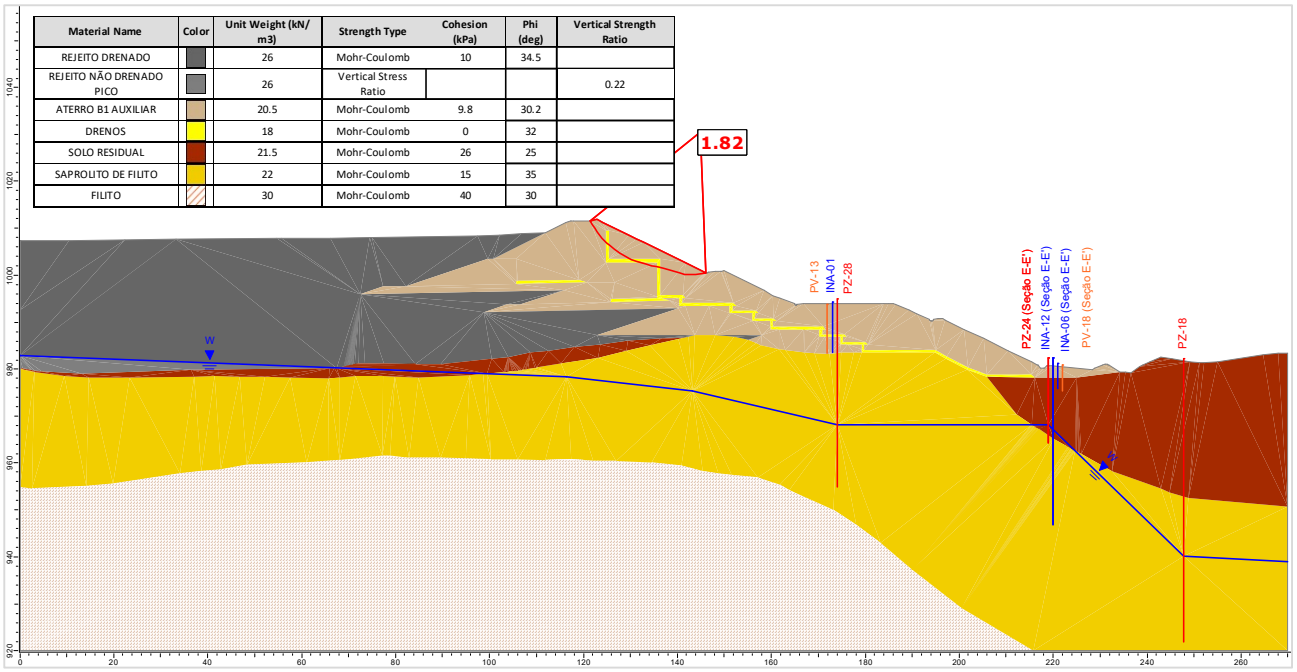
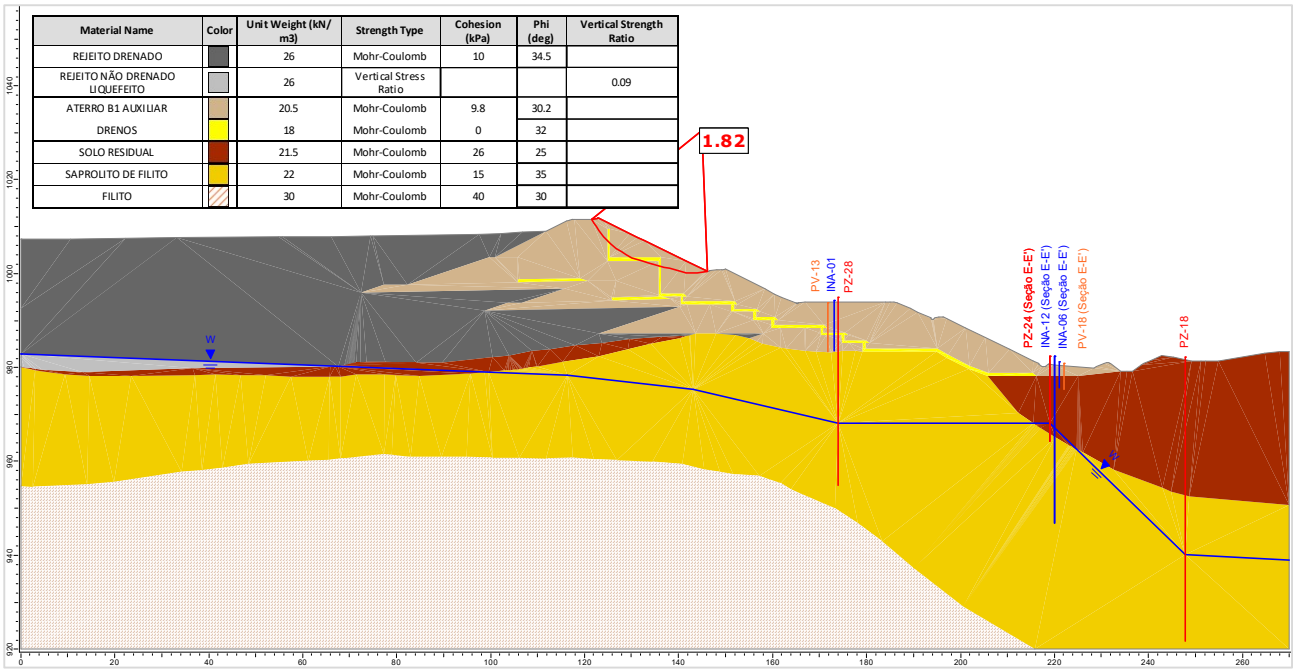
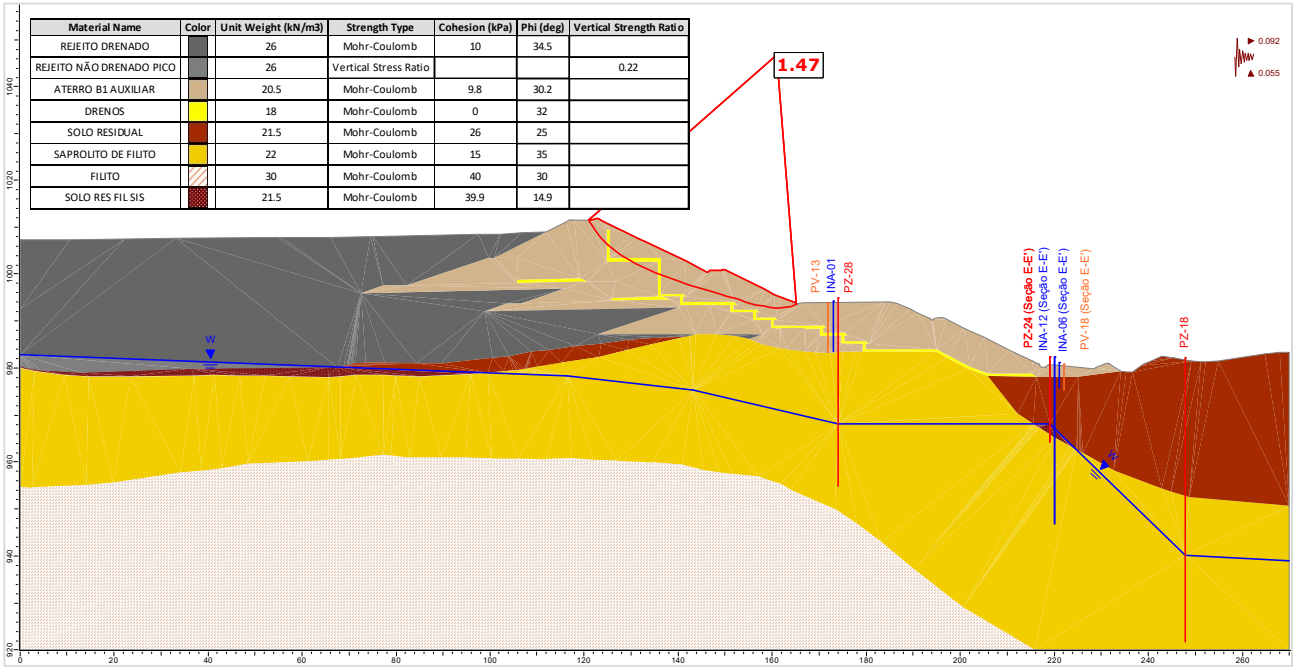


Figura 5.165 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio			0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.166 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	

Figura 5.167 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

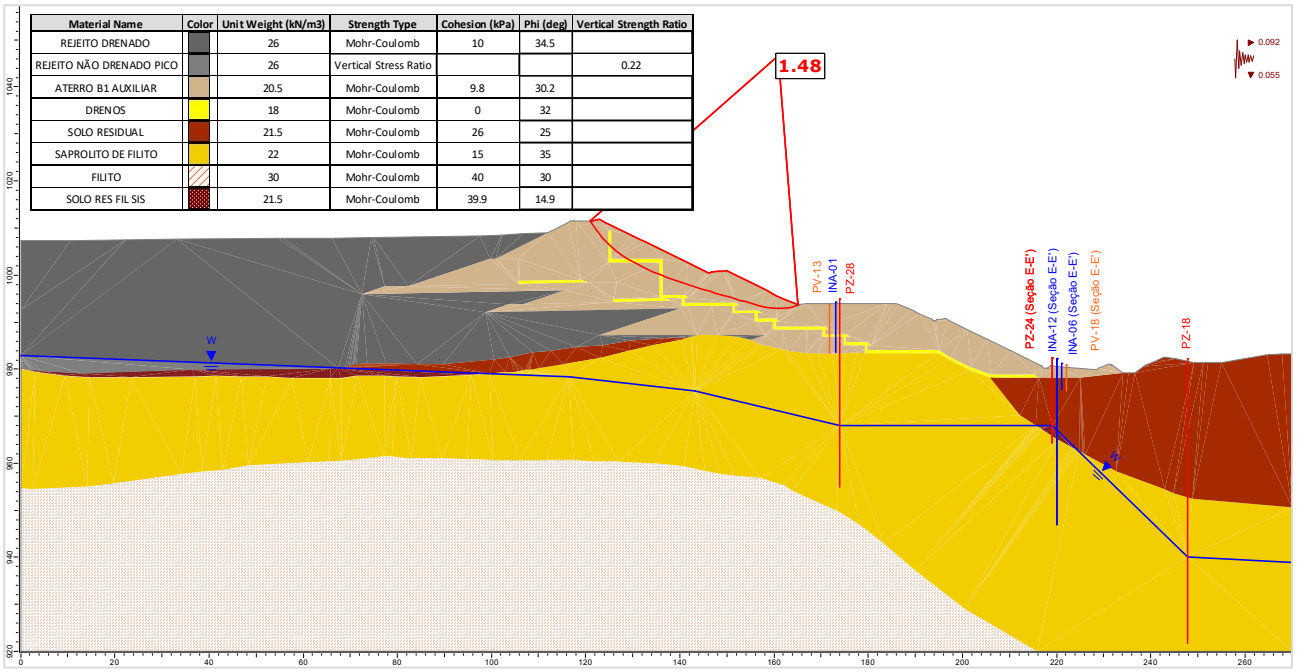


Figura 5.168 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

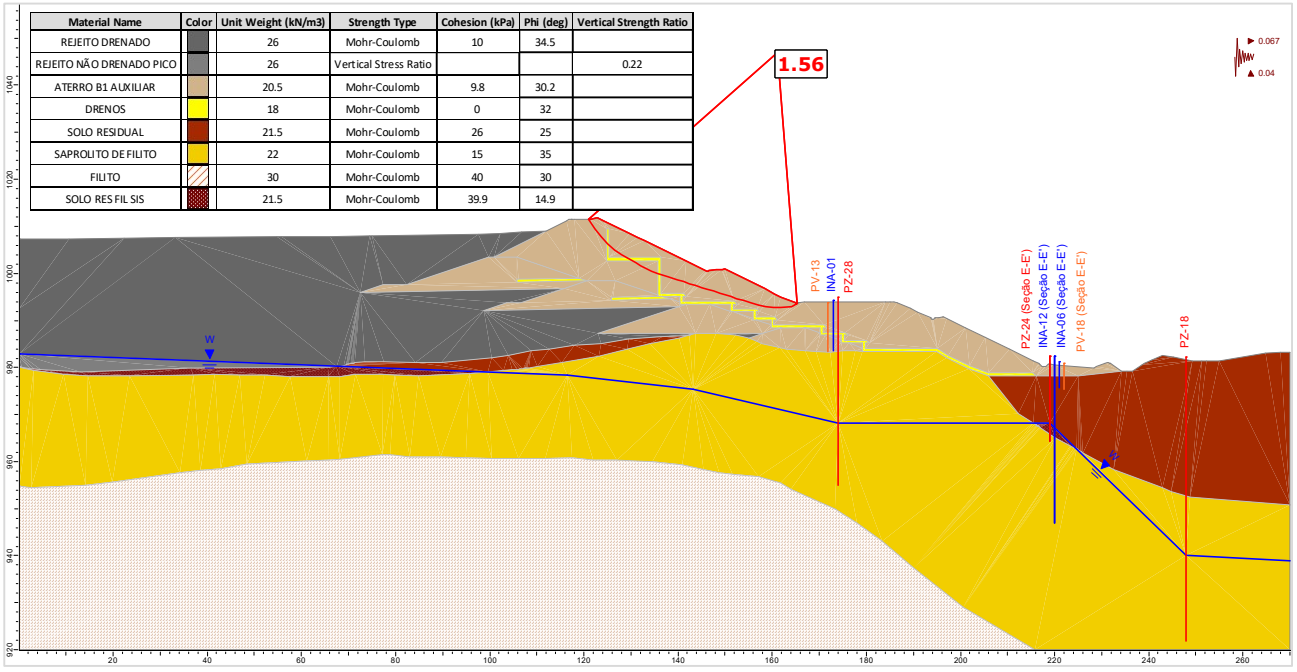


Figura 5.169 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

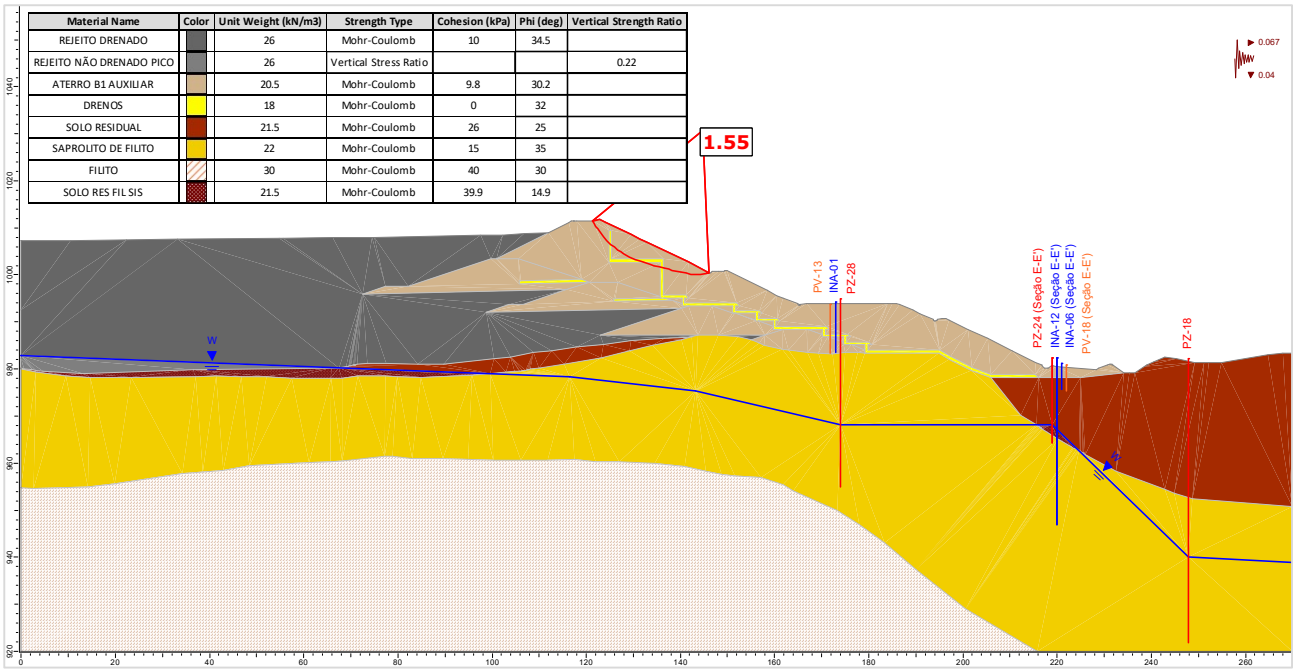


Figura 5.170 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 31/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico, no período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025).

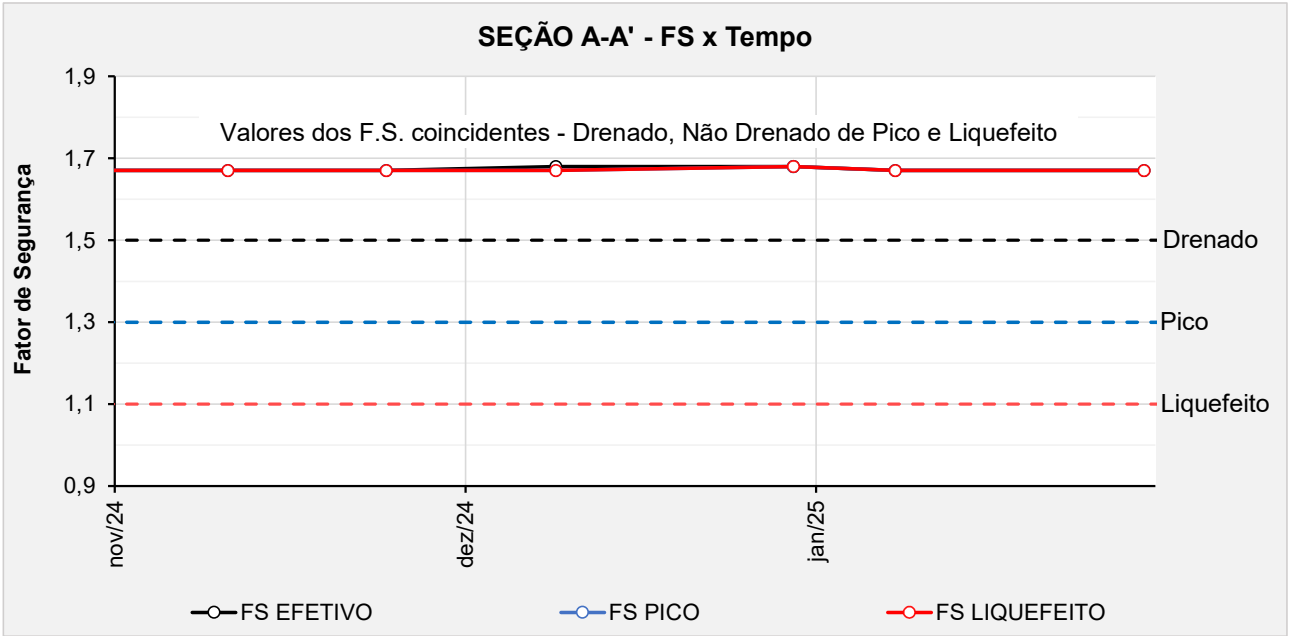


Figura 5.171 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

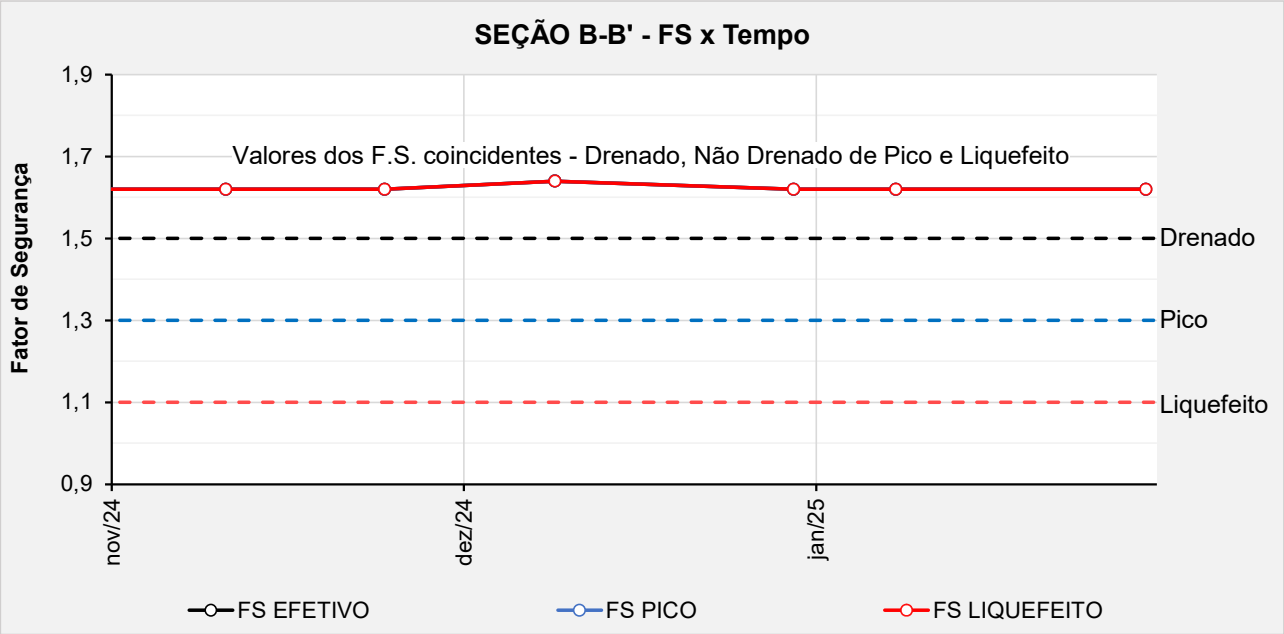


Figura 5.172 – Seção B-B’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

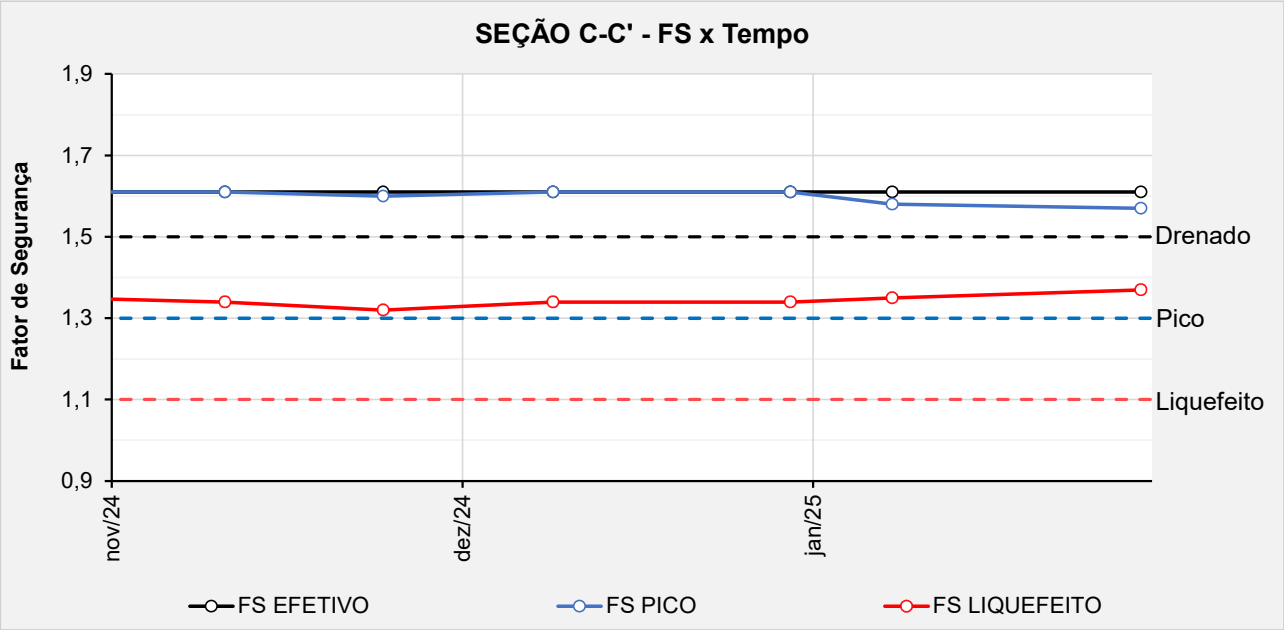


Figura 5.173 – Seção C-C’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

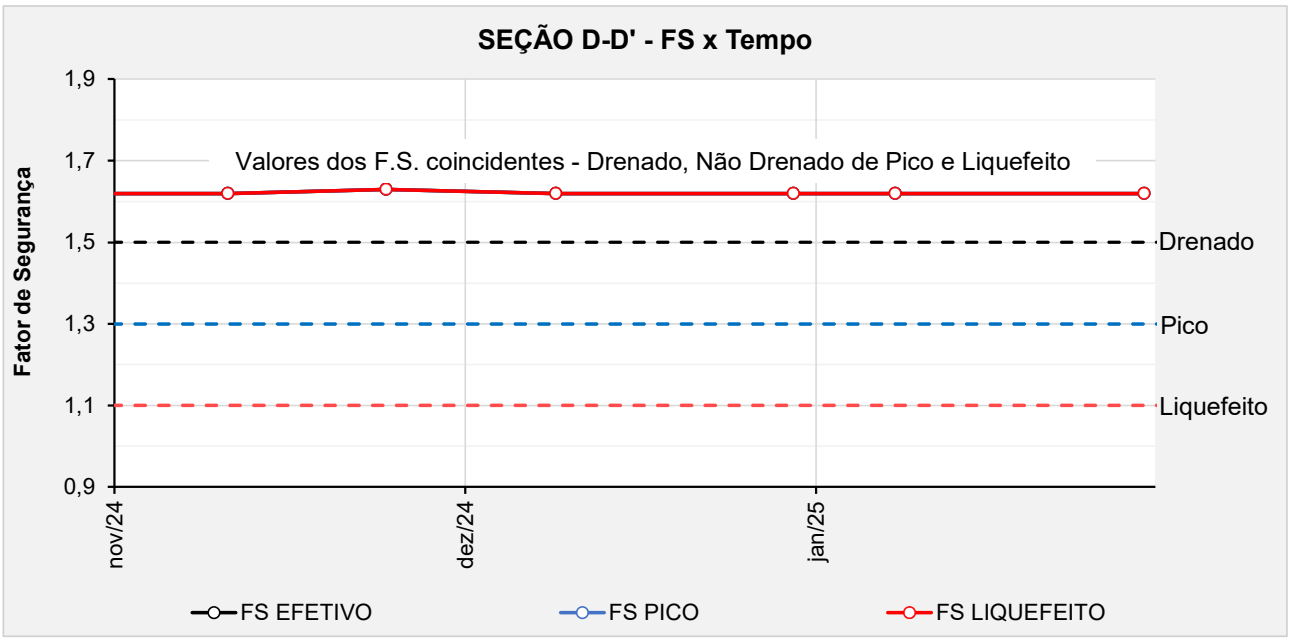


Figura 5.174 – Seção D-D’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

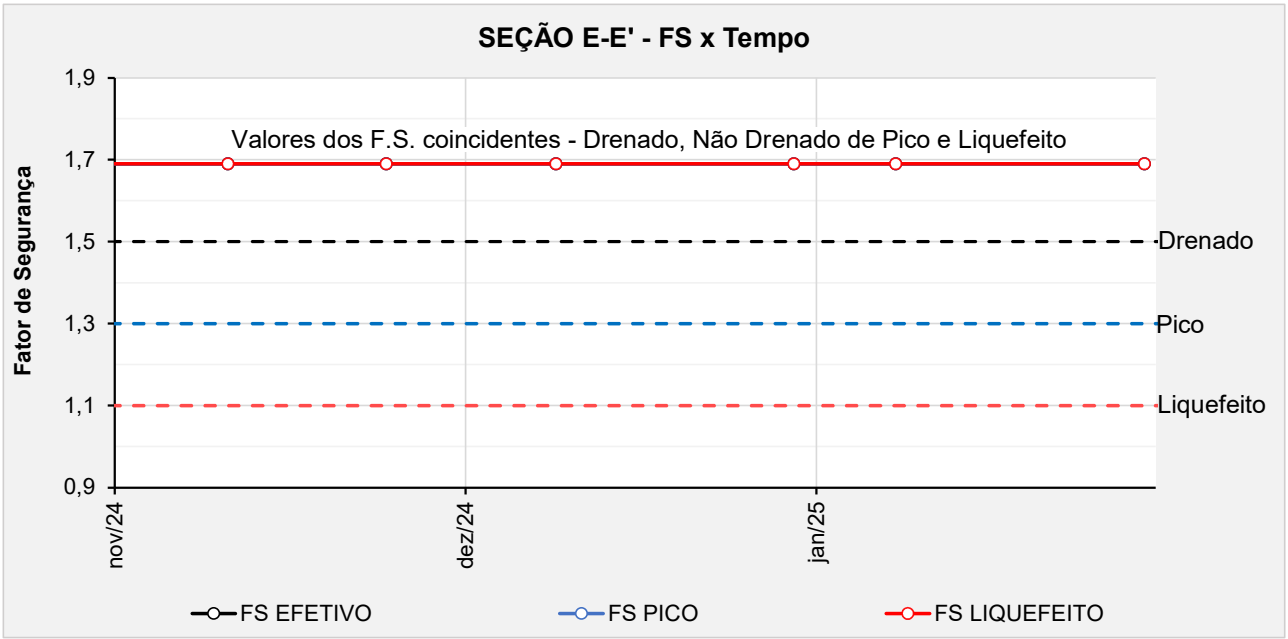


Figura 5.175 – Seção E-E’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

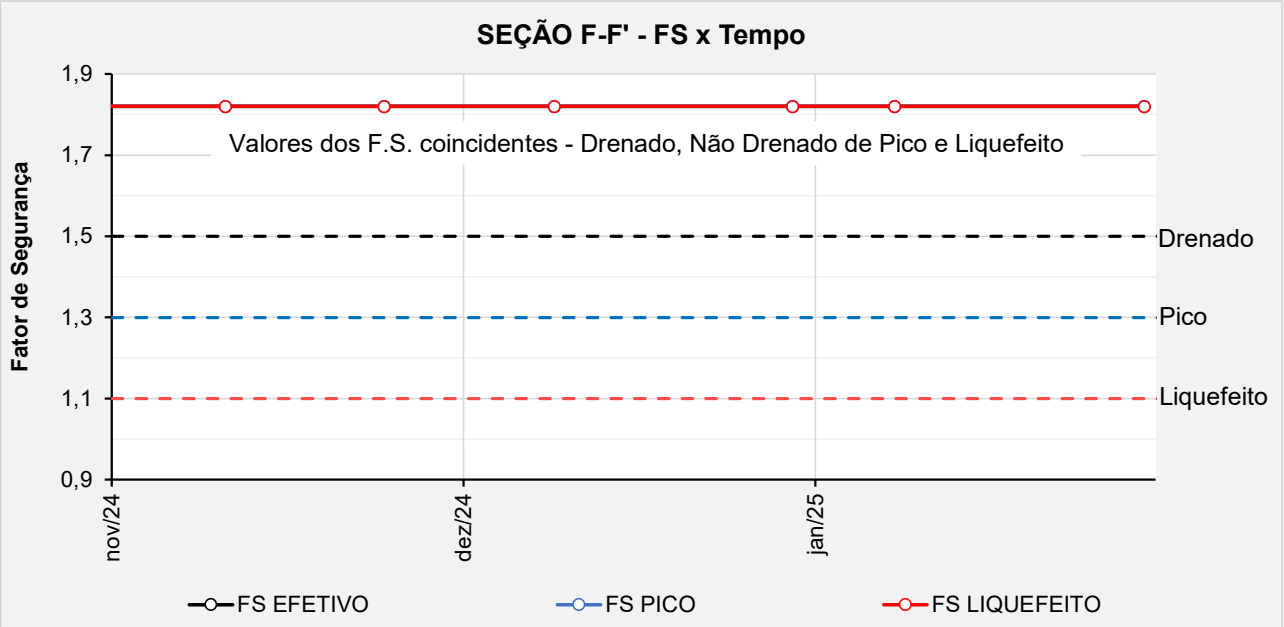


Figura 5.176 – Seção F-F' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico será fundamental durante as obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação da profundidade e pressão da água no solo e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos dos taludes.

Conforme discutido nos documentos de consolidação e diagnóstico, o material contido no reservatório da barragem, o underflow utilizado na fundação e os sedimentos no interior do reservatório da Barragem B1 Ecológica são compostos por rejeitos ou sedimentos que foram caracterizados como materiais contráteis a partir da análise de ensaios CPTu. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade para todas as seções de controle da barragem na fase de diagnóstico, tanto para a condição não drenada de pico e condição não drenada liquefeita são superiores aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020, ou seja, se encontram acima de 1,3 e 1,1, respectivamente. Mesmo apresentando uma condição confortável atualmente, o monitoramento da superfície freática atuante na estrutura se constitui da principal premissa de controle da execução do projeto de descaracterização.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, considera-se que a estrutura da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico já atende a todos os requisitos legais em termos de segurança estrutural para que se inicie as obras de descaracterização.

Ressalta-se a importância da realização e manutenção das seguintes atividades:

a) Análise de estabilidade que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles admitidos pela legislação vigente, a ser realizada antes do início das obras;
b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação, prismas e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima semanal;
c) Realização de análises de estabilidade quinzenal;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem ou do aterro de reforço emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição estabelecida na legislação, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da

projetista/consultoria que permita autorizar o retorno das atividades.

5.9 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura nas análises de estabilidade com carregamento não drenado de pico e liquefeito e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e a empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório, fundações e maciço da barragem para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura e que são lidos manualmente deverá ser verificado no mínimo uma vez por semana durante o período a execução do aterro de reforço.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados bem como o técnico responsável pela leitura manual deverá reportar imediatamente qualquer anomalia nas leituras realizadas.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista/consultoria.

6. Obras de Descaracterização

Este item não é aplicável, já que o projeto executivo de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico ainda não foi aprovado pela FEAM e empresas parceiras.

7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 7.1 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.1 IDENTIFICAÇÃO	
VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: a) Memorial descritivo e desenhos das estruturas implantadas, removidas ou modificadas, ou informações equivalentes, bem como dispositivos de proteção ambiental;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: c) Descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: d) Descrição das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. No caso de remoção do maciço e do reservatório, apresentar as medidas adotadas para a execução deste procedimento e um quantitativo dos materiais retirados;	Não se aplica. O projeto de descaracterização prevê o contrapilhamento da estrutura atual.
IV. Apresentar as medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório, quando couber, bem como informar o seu nível no estágio atual das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
V. Apresentar análises de estabilidade nas condições drenada e não drenada, e levando em consideração as solicitações sísmicas que possam atuar sobre a estrutura, avaliando as resistências de pico e residual para a geometria da barragem na atual etapa da obra;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas análises de estabilidade da condição atual
VI. Apresentar o andamento das medidas de estabilização e/ou reforço para atingir no mínimo os fatores de segurança estabelecidos no item V, bem como das medidas de contingência adotadas caso a estabilidade da estrutura durante as obras não possa ser garantida;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Atualmente, os fatores de segurança já atendem aos exigidos pelo item V.
VII. Apresentar o andamento das obras para: a) Remoção das infraestruturas associadas à barragem, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;	Não aplicável. As infraestruturas associadas à barragem já foram removidas.
VII. Apresentar o andamento das obras para: b) Reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. O nível d'água é mantido o mínimo possível na área do reservatório com o fluxo sendo direcionado pelo canal de cintura para o extravasor de serviço operacional.
VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Atualmente os fatores de segurança já atendem aos exigidos pelo item V.
VIII. Apresentar a análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções; • Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para corrigir as anomalias registradas durante as inspeções visuais, inclusive daquelas iniciadas em períodos anteriores ao do relatório apresentado até sua finalização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IX. Apresentar as leituras da instrumentação instalada na barragem, informando a periodicidade adotada para as leituras e a relação dos níveis registrados pelos instrumentos com os Níveis de Controle de Segurança estabelecidos para a estrutura	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	Foram apresentadas leituras da instrumentação atualizada com histórico de dois anos hidrológicos.
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	O TR de descaracterização de barragens alteadas pelo método de montante não exige protocolo para garantir a segurança dos trabalhadores da obra para barragens com declaração de condição de estabilidade garantida, caso da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. O projeto atende ao exposto no item 3.3.1 do TR. Tal protocolo é exigido apenas para estruturas que se encontram em nível de alerta. De qualquer forma o projeto trata de critérios de inspeção e monitoramento para paralisação das obras conforme apresentado no Capítulo 12, mais específico no item 12.3 do Relatório de Descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.763).
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Registros fotográficos da condição atual da estrutura são apresentados quinzenalmente nos relatórios de performance geotécnica.
1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: a) Informar ações executadas do programa de manejo do patrimônio espeleológico na área afetada pelas obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos	Não aplicável.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
ambientais causados pelas obras de descaracterização: b) Informar as ações executadas ações de resgate da fauna e da flora na área afetadas, se couber;	Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: c) Deverão ser apresentadas as ações para controle de supressão vegetal e de processos erosivos na área afetada pelas obras de descaracterização, bem como os comprovantes de regularização ambiental da atividade;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: d) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para acompanhamento e controle dos índices de qualidade do ar na área afetada pelas obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: e) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para gestão de efluentes líquidos e resíduos sólidos na área afetada pelas obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Para obras em estágio de finalização, apresentar as medidas adotadas para o manejo e a proteção do solo, dos recursos hídricos, para garantir a estabilidade geotécnica da área descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.5 ASSINATURAS	
Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.
1.6 ANEXO	
Apresentar as anotações de responsabilidade técnica – ART do projeto, do acompanhamento das obras e do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.

8. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:



Élias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

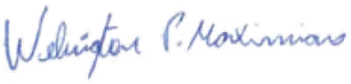
- Responsável técnico pela elaboração do relatório de acompanhamento do processo de descaracterização:



Guilherme de Freitas Roriz Lima

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1015708625 (CREA-GO)

- Responsável técnico pela barragem:



Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

9. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei n° 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20253733461

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

GUILHERME DE FREITAS RORIZ LIMA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1015708625**
Registro: **318094MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA BR-381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **CMS000526**
Celebrado em: **01/08/2022**
Valor: **R$ 16.420,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **IGARAPÉ**
UF: **MG**
CEP: **32900000**
Data de Início: **03/02/2025**
Previsão de término: **07/03/2025**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **OUTROS**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS TÉCNICOS DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1132) E DA BARRAGEM B1-AUXILIAR - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1133), REFERENTE AO TRIMESTRE NOVEMBRO DE 2024 A JANEIRO DE 2025, EM ATENDIMENTO AO TERMO DE COMPROMISSO - TC (MPF, MPMG, SEMAD/FEAM, ANM).

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

gov.br
Documento assinado digitalmente
GUILHERME DE FREITAS RORIZ LIMA
Data: 25/02/2025 11:08:43-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Brumadinho, 25 de fevereiro de 2025
Local data

GUILHERME DE FREITAS RORIZ LIMA - CPF: 032.735.701-05

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20253733461

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

10. Valor

Valor da ART: **R$ 271,47** Registrada em: **24/02/2025** Valor pago: **R$ 271,47** Nosso Número: **8607322946**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: CzDcA
Impresso em: 25/02/2025 às 10:56:47 por: , ip: 179.60.169.40

BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12824-R-BA-RL-29-GE_r0

NOVEMBRO 2024

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12824-R-BA-RL-29-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.1063

BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00				
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X					26	X					51	X					76	X				
2	X					27	X					52	X					77	X				
3	X					28	X					53	X					78	X				
4	X					29	X					54	X					79	X				
5	X					30	X					55	X					80	X				
6	X					31	X					56	X					81	X				
7	X					32	X					57	X					82	X				
8	X					33	X					58	X					83	X				
9	X					34	X					59	X					84	X				
10	X					35	X					60	X					85	X				
11	X					36	X					61	X					86	X				
12	X					37	X					62	X					87	X				
13	X					38	X					63	X					88	X				
14	X					39	X					64	X					89	X				
15	X					40	X					65	X					90	X				
16	X					41	X					66	X					91	X				
17	X					42	X					67	X					92	X				
18	X					43	X					68	X					93	X				
19	X					44	X					69	X					94	X				
20	X					45	X					70	X					95	X				
21	X					46	X					71	X					96	X				
22	X					47	X					72	X					97	X				
23	X					48	X					73	X					98	X				
24	X					49	X					74	X					99	X				
25	X					50	X					75	X					100	X				

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	27/11/2024						
EXECUTADO	GFL						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12824-R-BA-RL-29-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.1063

BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc						Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
101	X					126	X					151						176					
102	X					127	X					152						177					
103	X					128	X					153						178					
104	X					129	X					154						179					
105	X					130	X					155						180					
106	X					131	X					156						181					
107	X					132						157						182					
108	X					133						158						183					
109	X					134						159						184					
110	X					135						160						185					
111	X					136						161						186					
112	X					137						162						187					
113	X					138						163						188					
114	X					139						164						189					
115	X					140						165						190					
116	X					141						166						191					
117	X					142						167						192					
118	X					143						168						193					
119	X					144						169						194					
120	X					145						170						195					
121	X					146						171						196					
122	X					147						172						197					
123	X					148						173						198					
124	X					149						174						199					
125	X					150						175						200					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	27/11/2024						
EXECUTADO	GFL						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

SUMÁRIO

1. Introdução 5
2. Documentos de referência 6
3. Códigos e Normas 7
4. Ficha Técnica do Empreendimento 8
4.1 Identificação do Empreendedor 8
4.2 Identificação do Empreendimento 8
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 8
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 8
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 8
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.8 Localização da Barragem 9
4.9 Função atual 10
4.10 Características Gerais 10
4.11 Classificação da Barragem 14
5. Projeto de Descaracterização 19
5.1 Descrição do Projeto 20
5.2 Alterações de Projeto 26
5.3 Atividades Preparatórias 26
5.3.1 Impermeabilização do Reservatório 26
5.4 Cronograma 27
5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos 30
5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado 30
5.6.1 Inspeções de Campo 30
5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções 30
5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem 32
5.6.3.1 Leituras Instrumentação 48
5.6.4 Análise de Estabilidade 84
5.6.4.1 Premissas adotadas nas Simulações 84
5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem 87
5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática 92
5.6.4.4 Parâmetros de Resistência 94
5.6.4.5 Resultados 97
5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 122
5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 123

5.9 Rotina de Monitoramento 124
6. Obras de Descaracterização 125
7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 125
8. Assinaturas 130
9. Anexos 131

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico**, referente ao trimestre compreendido entre Agosto/2024 e Outubro/2024, elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico, o qual foi emitido em setembro de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

Apesar de o projeto executivo ter sido emitido em setembro de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico não foram iniciadas até o momento.

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.554_r3 – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.999_r1 - Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragens – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – FEAM – 2º Semestre de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Agosto/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.765_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Janeiro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.761_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.762_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.763_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.760 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.784 – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023.

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784/2019 - Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2017 – dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração, visando atender às condições de segurança, operacionalidade, economicidade e desativação, minimizando os impactos ao meio ambiente.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

4.8 Localização da Barragem

A Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Igarapé-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 574.430m E e 7.776.830m N. A estrutura situa-se a jusante da Barragem B2 – Mina Tico-Tico (B2TT) e a montante da estrutura descaracterizada, denominada Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico (B1 Tico-Tico).

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

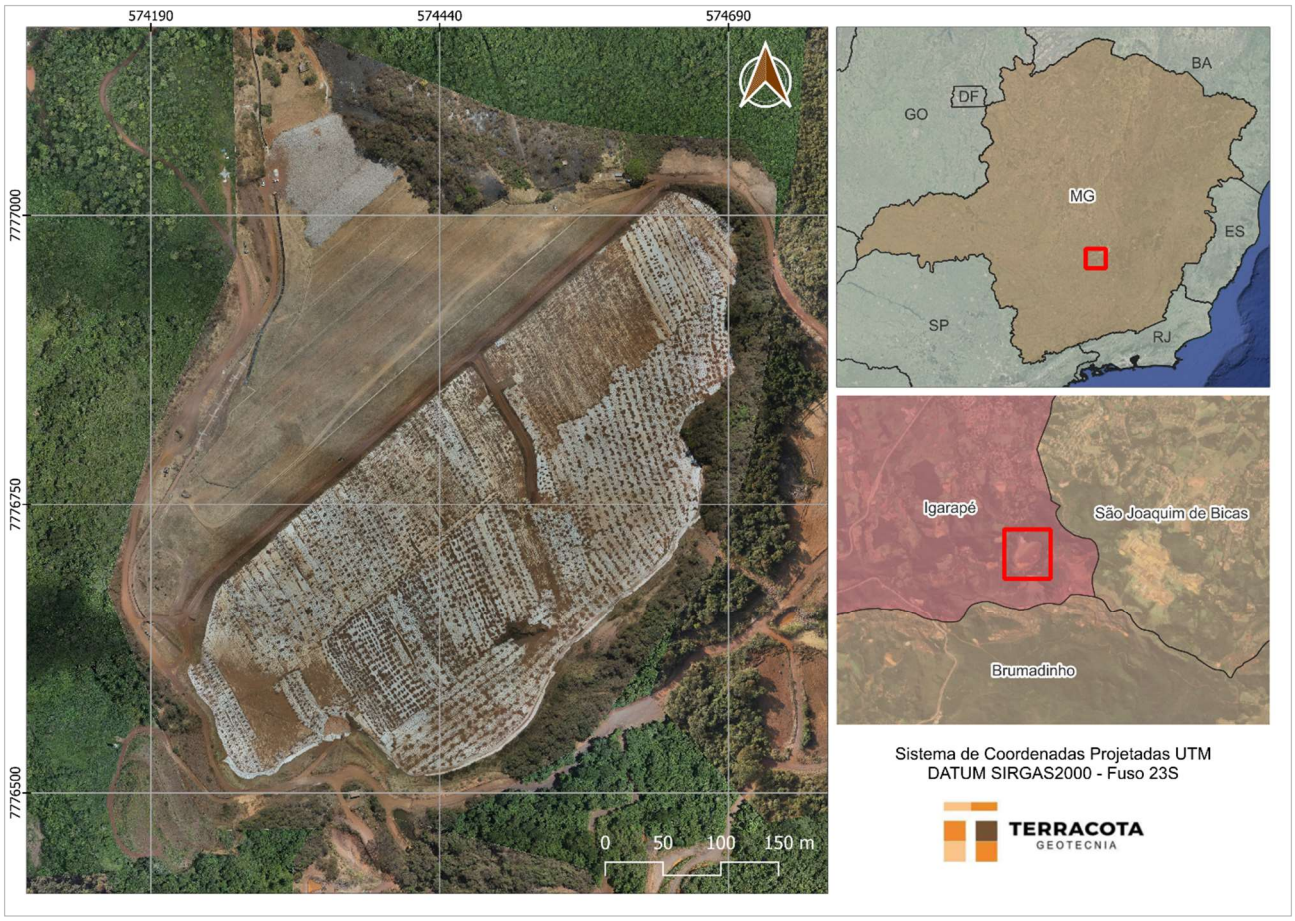


Figura 4.1 – Localização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

4.9 Função atual

As funções da barragem englobavam: a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte, conforme amostragem e ensaios de solubilização e de lixiviação realizados pela empresa Terra Consultoria e Análises Ambientais Ltda. e apresentados nos Relatórios de Ensaios nº 8011/2021, 8019/2021, 8027/2021 e 8035/2021.

O lançamento de rejeitos na barragem foi paralisado em janeiro de 2019. A tubulação de rejeito e os espigotes foram removidos e a estrutura encontra-se descomissionada e desativada conforme consta na Resolução ANM n°95/2022, Art. 2º VIII.a e IX e no Art. 3º do Decreto Estadual 48.140/2021, a operação de disposição de rejeitos não será retomada.

4.10 Características Gerais

A Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico foi construída em 7 (sete) etapas, sendo o maciço inicial na El. 963,0 m, um alteamento a jusante na El. 983,0 m e cinco alteamentos a montante até a elevação final 1.011,00 m.

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.1, atualizadas a partir dos levantamentos topográficos IPE.OP.DF.8000.GT.20.008.A_R1.dwg e IPE.OP.DF.8000.GT.20.024.B.dwg, sendo que a Figura 4.2 apresenta a imagem de satélite da estrutura e a Figura 4.3 apresenta a seção C-C' de maior altura da barragem.

Tabela 4.1 – Principais características da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.
(Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.999_r1)

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico
Código FEAM	402
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'12.700" Longitude: -44°17'17.500"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	574.430m E / 7.776.830m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	2007
Ano de Início de Operação	2007
Ano de Término de Operação	2019
Ano de Término de Descaracterização	2028 (previsão)
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (projeto)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total = Reservatório + maciços (m³)	4.258.447 (*)
Capacidade total do reservatório (m³)	3.116.656 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	2.659.653 (*)
Área do reservatório (m²)	139.000
Elevação do coroamento (m)	1.011,0
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	930,0
Altura atual da barragem (m)	81,0
Extensão do coroamento (m)	570,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, mínimo de 3,0
Alteamentos realizados e métodos empregados;	Alteamentos a jusante e a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6º)
Inclinação talude de montante	2,0(H):1(V) (32º)
Elevação do NA normal do reservatório – Soleira do extravasor operacional (m)	1.007,00
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.010,00
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.010,30
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	1,00
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,70
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	5,10
Descarga do vertedouro (PMP) (m³/s)	9,72
Capacidade de descarga do vertedouro (m³/s)	22,00
Área da bacia de contribuição (km²)	1,023

(*) Volumes obtidos da análise e interpretação dos levantamentos topográficos de "As Built" das diversas etapas construtivas e do levantamento de ocupação atual do reservatório (IPE.OP.DF.8000.GT.20.008.A_R1.dwg).



Figura 4.2 – Imagem da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.
(Fonte: Ortofoto MMI – Setembro/2024).

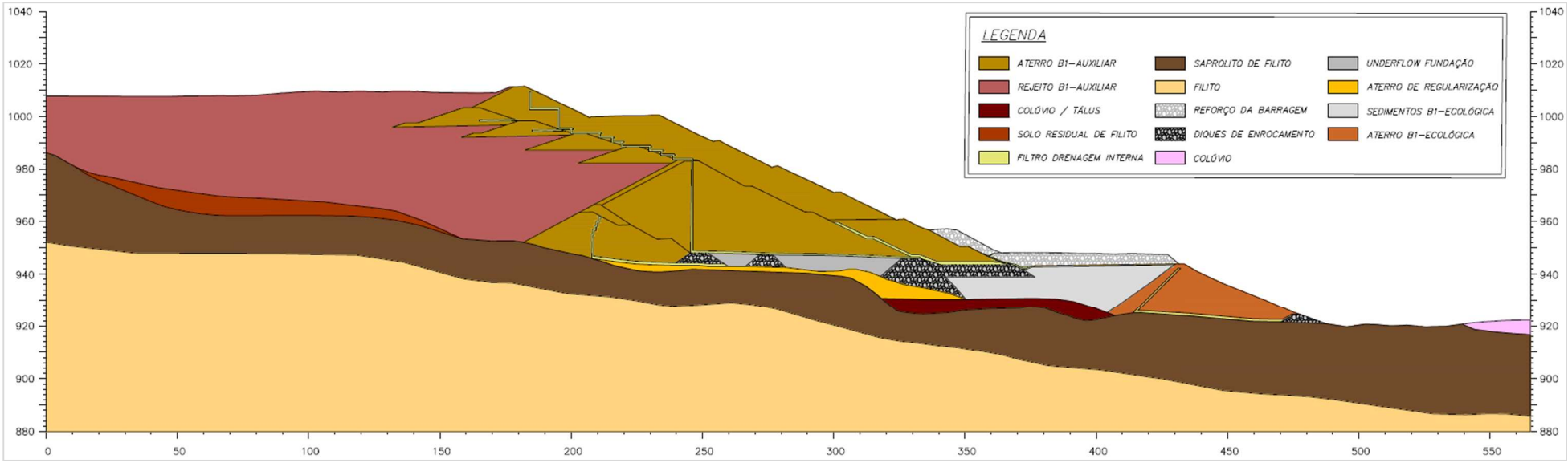


Figura 4.3 – Seção de maior altura C-C’ da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico** foi classificada, conforme RTESB referente ao 2º semestre/2024 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.999), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.2 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**19**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.3 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	5
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**23**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.4 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.5 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 0				

Tabela 4.8 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO **(Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
PDA = Σ (a até d) = 23			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de contrapilhamento da estrutura (aterro de reforço) até o nível do coroamento com estéril rochoso (enrocamento de itabirito compacto), o preenchimento e a regularização do reservatório com rejeito filtrado e a selagem da superfície final com solo argiloso;
- Os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,3) e não drenado liquefeito (FS≥1,1) já são atendidos em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização. Considerando a superfície freática atual, o fator de segurança exigido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,5), a ser obtido ao final das obras de descaracterização, também já são atendidos em todas as seções;
- O projeto de descaracterização será concebido para ser executado em três etapas macro: sendo a primeira com a construção do canal extravasor/condutor pela ombreira esquerda; a segunda etapa compreende a regularização do reservatório com rejeito filtrado, a selagem da superfície final com solo argiloso, construção do canal de coleta sobre o reservatório e o tamponamento do sistema extravasor operacional; e a terceira etapa se resume na construção do aterro de reforço com enrocamento até o nível do coroamento;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos, com duração mínima de 6 meses (abril a setembro), podendo se estender em função das condições climáticas desde que haja tempo hábil para atender as premissas de conclusão de cada etapa;
- O projeto considera que as escavações para tratamento de fundações e a execução dos aterros será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas, tratores de esteira, motoniveladoras e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O volume total geométrico de aterro previsto para execução do reforço da estrutura, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.229.140 m³;
- O projeto de descaracterização abrange exclusivamente a área da barragem, ombreiras e o reservatório;
- A superfície final do reservatório deverá receber camada impermeabilizante (selo) de solo argiloso, preferencialmente laterítico, compactado em camadas de no máximo 25 cm de material solto até obter espessura final mínima de 50 cm, grau de compactação de 98% do PN e ter as declividades indicadas no projeto de forma a direcionar os fluxos incidentes nesta superfície para o canal de condutor;

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico se constitui basicamente no contrapilhamento da estrutura (aterro de reforço) até o nível do coroamento com estéril rochoso (enrocamento de itabirito compacto), o preenchimento e a regularização do reservatório com rejeito filtrado e com selagem da superfície final com solo argiloso, além da construção do canal de desvio (canal de contorno) da drenagem superficial que não permitirá a formação de lago na estrutura e, por fim, o tamponamento do extravasor operacional.

Durante as etapas de regularização do reservatório, os fluxos incidentes e de contribuições de nascentes continuarão a ser direcionados para o sistema extravasor operacional utilizando os canais de contorno existentes. Também deverá ser mantido em condições de uso o sistema de bombeamento existente junto à margem esquerda, com capacidade para direcionar as águas para o interior do sistema extravasor operacional.

As escavações para construção do canal sobre o reservatório serão realizadas em camadas com aproximadamente 2,0 m de espessura que se estendem por toda a largura da área a ser descaracterizada. A escavação será feita a partir das proximidades do emboque do sistema extravasor de emergência (ombreira esquerda) avançando em direção ao fundo do reservatório. Transversalmente ao reservatório, a superfície será regularizada com 0,5% de declividade a partir do coroamento e das margens em direção ao canal.

Caso se verifique, em qualquer camada, que o rejeito se encontra com elevada saturação comprometendo o andamento dos serviços (escavação e tráfego de caminhões), deverá ser executada inicialmente uma vala longitudinal principal de forma a desaguar o rejeito. Esta vala deverá ter declividade mínima (0,5%) que direcione o fluxo em direção a um *sump* operacional onde deverá ser instalado sistema de bombeamento.

Os taludes das escavações no rejeito para a construção do canal deverão ter inclinação correspondente a 3H:1V.

Em termos gerais, o projeto de descaracterização será realizado em quatro etapas macro compreendendo:

- **Etapa 1** – Construção da estrutura em concreto armado do canal extravasor ao longo da ombreira esquerda da barragem;

- **Etapa 2** – Conformação e drenagem da área do reservatório. Envolve a regularização da superfície com aterro de rejeito filtrado, a escavação para construção do canal principal e canais secundários e interligação com o trecho em concreto, execução de selo com solo argiloso, revestimento dos canais sobre o reservatório com gabiões colchão;
- **Etapa 3** – Tamponamento do sistema extravasor operacional;
- **Etapa 4** – Execução do aterro de reforço. Abrange também a realização de supressão vegetal, tratamento das fundações e construção de dispositivo de drenagem interna. A construção do aterro de reforço está prevista para ser executada em um período de 3 (três) anos – 2026 a 2028.

As etapas macro 1, 2 e 4 do projeto de descaracterização descritas acima são representadas respectivamente na Figura 5.1, Figura 5.2 e Figura 5.3.

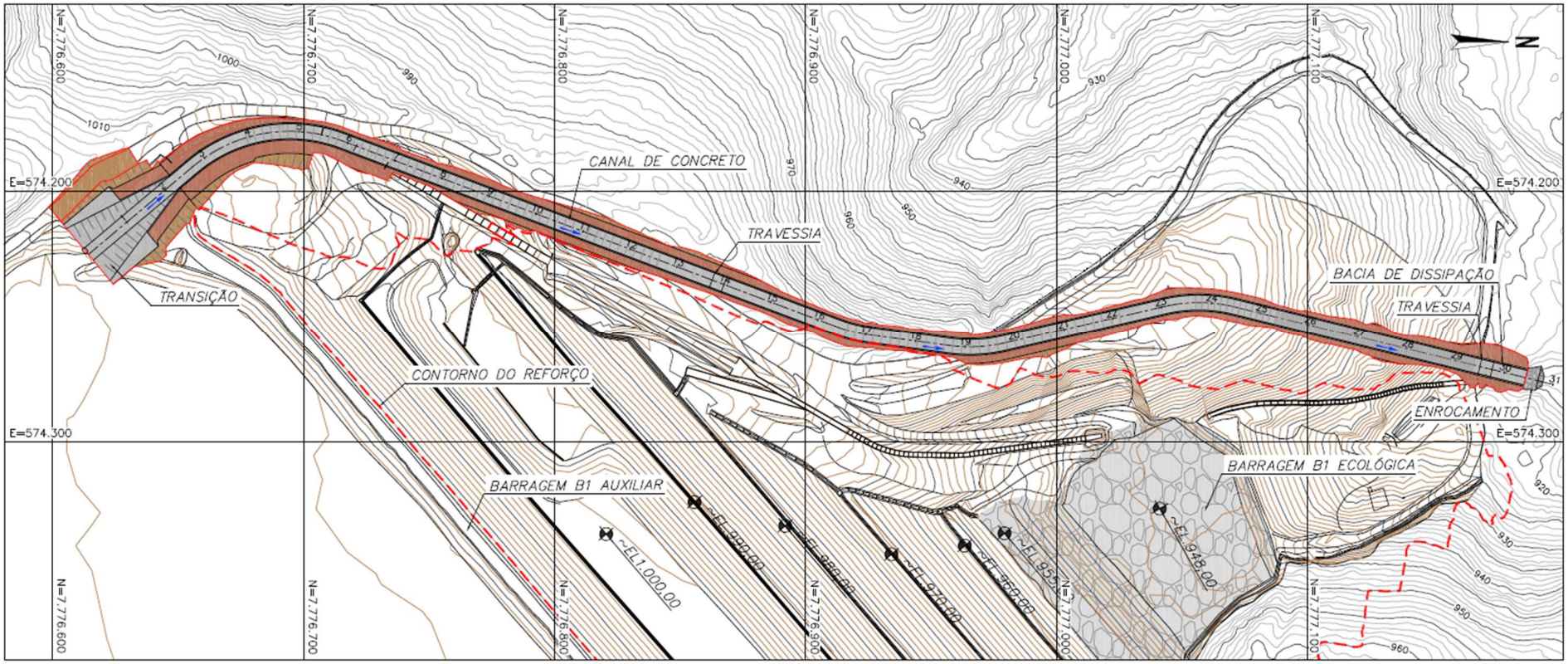


Figura 5.1 – Etapa 1 – Construção do canal na ombreira esquerda.

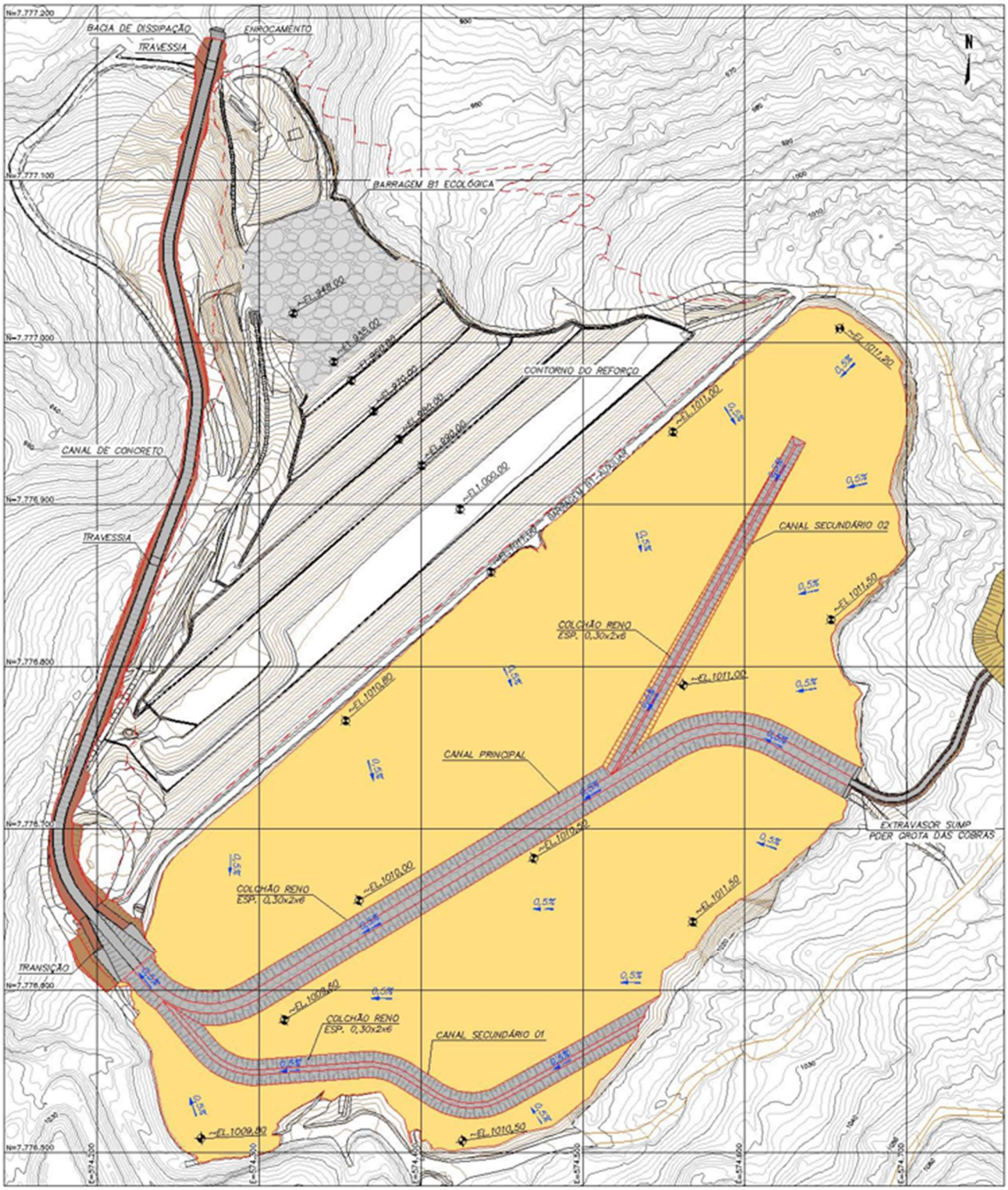


Figura 5.2 – Etapa 2 – Conformação e drenagem da área do reservatório.

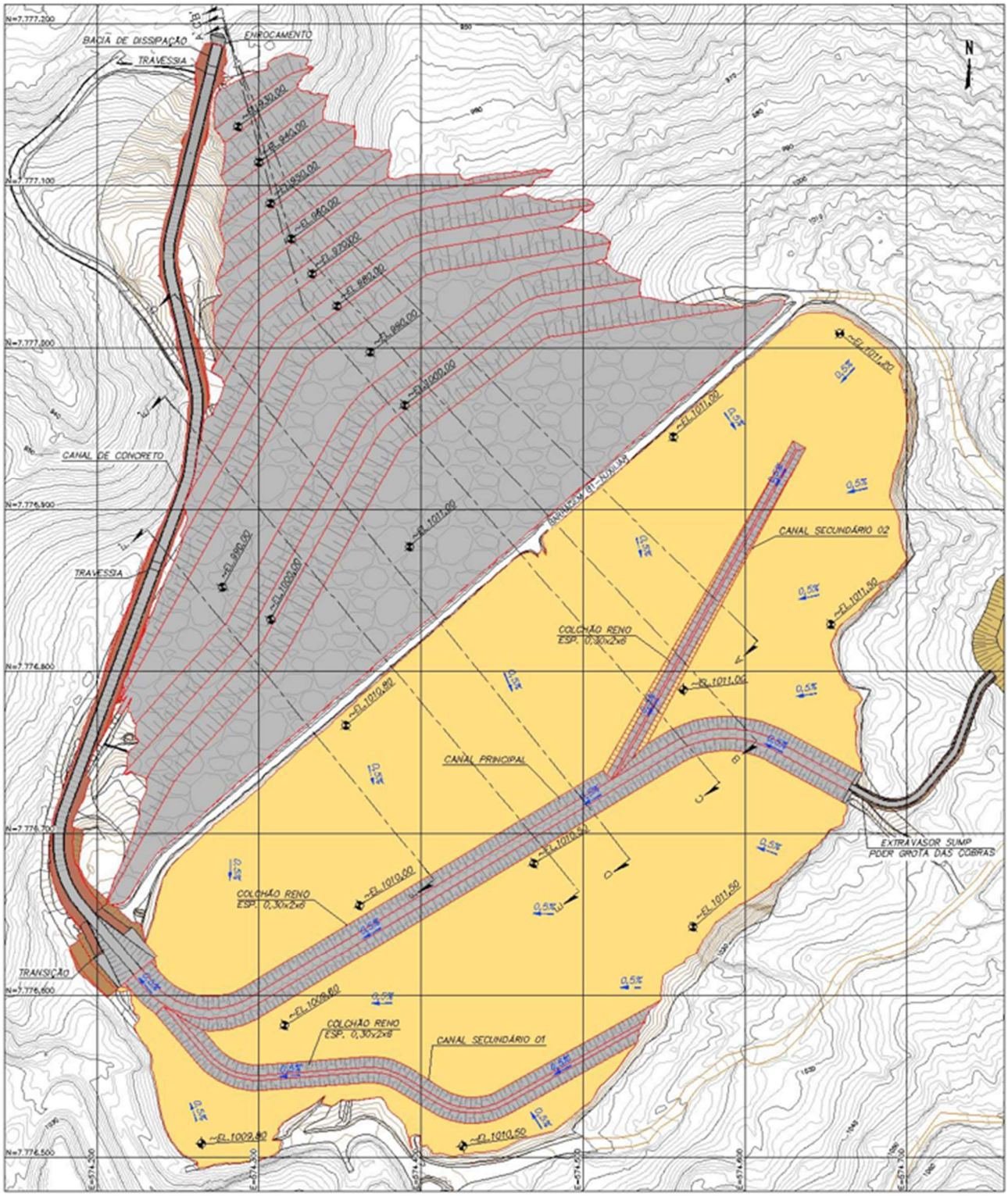


Figura 5.3 – Etapa 4 (Condição Final) – Execução do aterro de reforço.

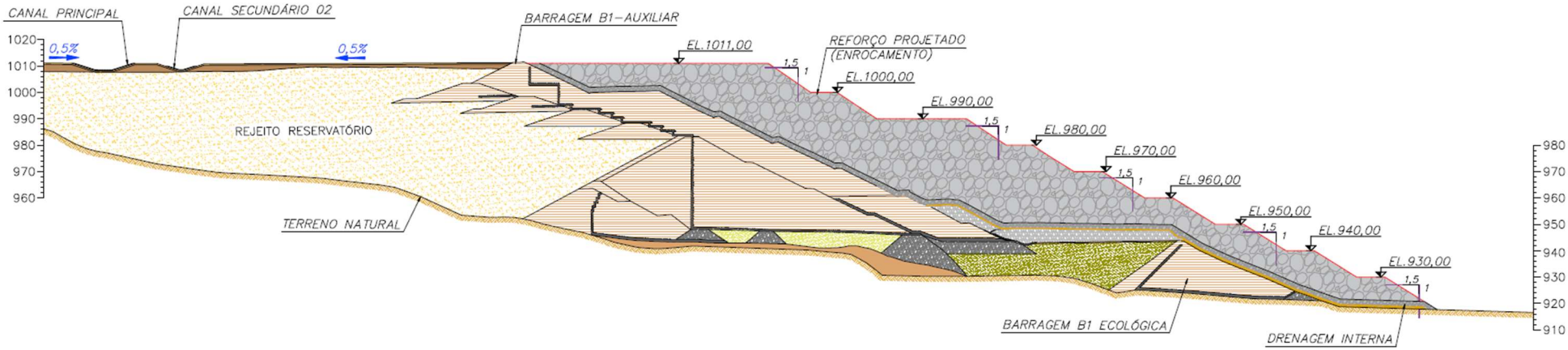


Figura 5.4 – Seção transversal C-C' após a conclusão das obras de descaracterização.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização, porém os documentos se encontram em processo de revisão.

5.3 Atividades Preparatórias

A seguir são apresentadas as atividades preparatórias para início da obra de descaracterização executadas durante o período avaliado.

5.3.1 Impermeabilização do Reservatório

Em agosto de 2024, a MMI concluiu a impermeabilização do reservatório da estrutura. Tal medida foi adotada para reduzir a taxa de infiltração da água pluvial e saturação do rejeito, minimizando a recarga da superfície freática ao longo do período chuvoso.

Para a impermeabilização foi utilizada lona dupla termoplástica HALS R-105 FORTE PB da fabricante NORTENE, fornecida em bobinas com as seguintes características:

- Cor: Branco/preto
- Gramatura: 140 g/m²
- Comprimento: 100 m
- Largura: 8 m

Além da implantação da lona no reservatório (Foto 5.1 e Foto 5.2), foi realizada a impermeabilização do canal de cintura (Foto 5.3) e do *sump* de concentração dos fluxos (Foto **5.4**).



Foto 5.1 – Reservatório impermeabilizado.



Foto 5.2 – Reservatório impermeabilizado.



Foto 5.3 – Canal de cintura impermeabilizado.



Foto 5.4 – *Sump* Impermeabilizado.

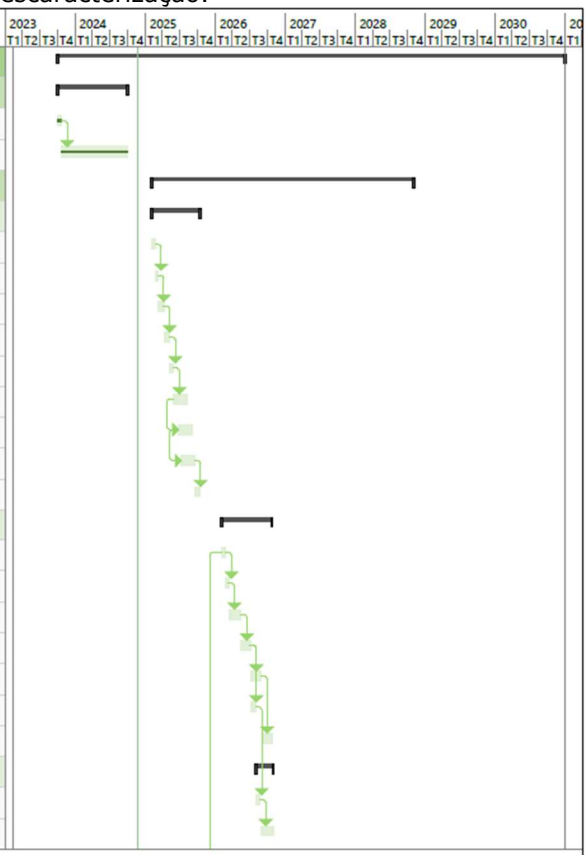
5.4 Cronograma

Na Figura 5.5 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico considerando desde os serviços preliminares, as obras de descaracterização propriamente dito e o período pós-obras de monitoramento ativo.

Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.

Figura 5.5 – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.

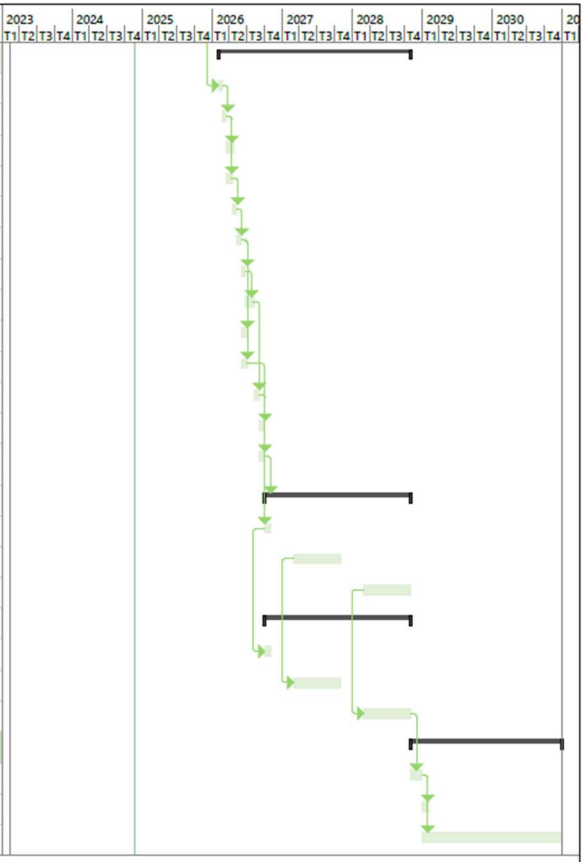
Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1	**DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B1 AUXILIAR - MINA TICO-TICO**	**1892 dias**	**Seg 02/10/23**	**Ter 31/12/30**
2	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**261 dias**	**Seg 02/10/23**	**Seg 30/09/24**
3	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 02/10/23	Sex 20/10/23
4	IMPERMABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓRIO	246 dias	Seg 23/10/23	Seg 30/09/24
5	**DESCARACTERIZAÇÃO**	**977 dias**	**Seg 03/02/25**	**Ter 31/10/28**
6	**ETAPA 1 - CONSTRUÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR**	**182 dias**	**Seg 03/02/25**	**Ter 14/10/25**
7	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 03/02/25	Sex 21/02/25
8	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	10 dias	Seg 24/02/25	Sex 07/03/25
9	SUPRESSÃO VEGETAL	21 dias	Seg 10/03/25	Seg 07/04/25
10	ESCAVAÇÕES	21 dias	Ter 08/04/25	Ter 06/05/25
11	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES	15 dias	Qua 07/05/25	Ter 27/05/25
12	POSICIONAMENTO DE FORMAS E ARMADURAS	50 dias	Qua 28/05/25	Ter 05/08/25
13	CONCRETAGEM	50 dias	Ter 24/06/25	Seg 01/09/25
14	REMOÇÃO DE FORMAS	50 dias	Ter 08/07/25	Seg 15/09/25
15	REATERRO COMPACTADO PARA RECOMPOSIÇÃO DAS ESCAVAÇÕES EXTRAS	21 dias	Ter 16/09/25	Ter 14/10/25
16	**ETAPA 2 - CONFORMAÇÃO E DRENAGEM DO RESERVATÓRIO**	**190 dias**	**Seg 02/02/26**	**Sex 23/10/26**
17	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	16 dias	Seg 02/02/26	Seg 23/02/26
18	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	11 dias	Ter 24/02/26	Ter 10/03/26
19	REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE COM ATERRO DE REJEITO FILTRADO	46 dias	Qua 11/03/26	Qua 13/05/26
20	ESCAVAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO DO CANAL PRINCIPAL E CANAIS SECUNDÁRIOS	36 dias	Qui 14/05/26	Qui 02/07/26
21	IMPLANTAÇÃO DE CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓ	41 dias	Sex 03/07/26	Sex 28/08/26
22	IMPLANTAÇÃO DE MANTA CIMENTÍCIA NA BASE DOS CANAIS	21 dias	Sex 03/07/26	Sex 31/07/26
23	REVESTIMENTO DOS CANAIS COM GABIÕES COLCHÃO	40 dias	Seg 31/08/26	Sex 23/10/26
24	**ETAPA 3 - TAMPONAMENTO DO SISTEMA EXTRAVASOR OPERACIONAL**	**65 dias**	**Seg 03/08/26**	**Sex 30/10/26**
25	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 03/08/26	Sex 21/08/26
26	TAMPONAMENTO DO CANAL EXTRAVASOR OPERACIONAL	50 dias	Seg 24/08/26	Sex 30/10/26



Projeto: Descaracterização
Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico

Tarefa	Resumo Inativo	Tarefas externas
Divisão	Tarefa Manual	Marco externo
Marco	Somente duração	Data limite
Resumo	Acúmulo de Resumo Manual	Andamento
Resumo do projeto	Resumo Manual	Progresso manual
Tarefa Inativa	Somente início	
Marco Inativo	Somente término	

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
27	**ETAPA 4 - EXECUÇÃO DO ATERRO DE REFORÇO**	**717 dias**	**Seg 02/02/26**	**Ter 31/10/28**
28	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 02/02/26	Sex 20/02/26
29	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	15 dias	Seg 23/02/26	Sex 13/03/26
30	REABERTURA DE ACESSOS OPERACIONAIS NA OMBREIRA DIREITA	30 dias	Seg 16/03/26	Sex 24/04/26
31	REALIZAÇÃO DE SUPRESSÃO VEGETAL	21 dias	Seg 16/03/26	Seg 13/04/26
32	REMOÇÃO DE CAMADA DE SOLO VEGETAL	15 dias	Ter 14/04/26	Seg 04/05/26
33	ESCAVAÇÕES PARA TRATAMENTO DAS FUNDAÇÕES	21 dias	Ter 05/05/26	Ter 02/06/26
34	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES	15 dias	Qua 03/06/26	Ter 23/06/26
35	CONSTRUÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM INTERNA	30 dias	Qua 24/06/26	Ter 04/08/26
36	PREENCHIMENTO DO SISTEMA EXTRAVASOR ATUAL COM ENROCAMENTO LIMPO	21 dias	Qua 03/06/26	Qua 01/07/26
37	DEMOLIÇÃO DO TRECHO DO SISTEMA EXTRAVSOR ATUAL COMPOSTO POR ADUELAS	21 dias	Qua 03/06/26	Qua 01/07/26
38	EXECUÇÃO DE CAMADA DE TRANSIÇÃO SOBRE O REFORÇO EXISTENTE	21 dias	Qua 05/08/26	Qua 02/09/26
39	EXECUÇÃO DE ACESSOS CONSTRUTIVOS SOBRE A ESTRUTURA DA BARRAGEM	21 dias	Qui 03/09/26	Qui 01/10/26
40	EXECUÇÃO DE PROTEÇÃO DAS SUPERFÍCIES EXPOSTAS COM ESTÉRIL ROCHOSO D50 = 150MM	21 dias	Qui 03/09/26	Qui 01/10/26
41	**EXECUÇÃO DO ATERRO DE REFORÇO COM BLOCOS DE ITABIRITO COMPACTO**	**543 dias**	**Sex 02/10/26**	**Ter 31/10/28**
42	ANO 1	21 dias	Sex 02/10/26	Sex 30/10/26
43	ANO 2	174 dias	Ter 02/03/27	Sex 29/10/27
44	ANO 3	174 dias	Qui 02/03/28	Ter 31/10/28
45	**PROLONGAMENTO DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE**	**543 dias**	**Sex 02/10/26**	**Ter 31/10/28**
46	ANO 1	21 dias	Sex 02/10/26	Sex 30/10/26
47	ANO 2	174 dias	Ter 02/03/27	Sex 29/10/27
48	ANO 3	174 dias	Qui 02/03/28	Ter 31/10/28
49	**PÓS-OBRA**	**565 dias**	**Qua 01/11/28**	**Ter 31/12/30**
50	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	43 dias	Qua 01/11/28	Sex 29/12/28
51	DESMOBILIZAÇÃO	23 dias	Seg 01/01/29	Qua 31/01/29
52	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	522 dias	Seg 01/01/29	Ter 31/12/30



Projeto: Descaracterização
Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico

Tarefa	Resumo Inativo	Tarefas externas
Divisão	Tarefa Manual	Marco externo
Marco	Somente duração	Data limite
Resumo	Acúmulo de Resumo Manual	Andamento
Resumo do projeto	Resumo Manual	Progresso manual
Tarefa Inativa	Somente início	
Marco Inativo	Somente término	

5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Conforme consolidação de dados (IPE.OP.RL.8000.GT.20.761), na estrutura da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico há materiais que possuem potencial de liquefação, os quais são: rejeitos do reservatório, underflow da fundação e sedimentos no reservatório da B1 Ecológica – Mina Tico-Tico. Porém, os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,3) e não drenado liquefeito (FS≥1,1) já são atendidos em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização. Considerando a superfície freática atual, o fator de segurança exigido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,5), a ser obtido ao final das obras de descaracterização, também já são atendidos em todas as seções.

5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, aguardando avaliação da documentação do projeto pela FEAM e empresas parceiras. Atualmente o fator de segurança não-drenado liquefeito é superior ao valor mínimo recomendado pela TR FEAM de descaracterização (1,1), em todas as seções avaliadas. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura em relação às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

5.6.1 Inspeções de Campo

Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de avaliação quinzenal de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, indicação das anomalias verificadas e análises de estabilidade da estrutura.

5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (agosto/2024 a outubro/2024).

Tabela 5.1 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – 1ª quinzena de ago./2024 a 2ª quinzena de out./2024.

ID	ANOMALIA	Agosto/2024		Setembro/2024		Outubro/2024	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS/CUPINZEIROS NO TALUDE DE JUSANTE			-	-		
03	PONTOS DE ACÚMULO DE ÁGUA NAS CANALETAS DAS BERMAS	-	-	-	-		
07	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NAS CAIXAS DE PASSAGEM DA DESCIDA D'ÁGUA DA OMBREIRA DIREITA	-	-	-	-		
08	PONTOS DE ACÚMULO DE ÁGUA NAS BERMAS	-	-	-	-	-	
15	PRESENÇA DE ANIMAIS NA ÁREA DA BARRAGEM (MACIÇO OU RESERVATÓRIO)						
20	PONTOS DE ACÚMULO DE ÁGUA NO COROAMENTO	-	-	-	-	-	
34	BLOCOS SOLTOS NO CANAL EXTRAVASOR						
41	MATERIAL PROVENIENTE DA LIMPEZA DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL DEPOSITADO NO MACIÇO NA OMBREIRA DIREITA.	-	-	-	-	-	
45	CAIXAS DE PASSAGEM COM DEPOSIÇÃO DE MATERIAIS PROVENIENTES DE PODA						
46	TRINCA DE "RETRAÇÃO" LOCALIZADA NO REBAIXO DA BERMA ELEV. 1.000,0				-	-	-
47	PRESENÇA DE GALHOS E ENTULHOS NAS CANALETAS DAS BERMAS						-
48	PONTOS DE ACÚMULO DE ÁGUA NO ACESSO À CRISTA PELA OMBREIRA ESQUERDA.						

LEGENDA:

ANOMALIA VERIFICADA | ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO | ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA

ANOMALIA AGRAVADA | ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA

5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle é composta por 16 (dezesseis) indicadores de nível d'água, 21 (vinte e um) piezômetros de tubo aberto do tipo Casagrande, 21 (vinte e um) piezômetros elétricos equipados para automatização das leituras, 2 (dois) inclinômetros, 4 (quatro) sismógrafos, 8 (oito) marcos superficiais e 70 (setenta) prismas instalados em todas as bermas e coroamento para monitoramento automático de deformações a partir de uma estação robótica fixa, instalada em terreno natural da ombreira esquerda.

Além dos instrumentos convencionais, a barragem conta também com o monitoramento de um radar, utilizado para o acionamento automático das sirenes em eventual ruptura, para atender ao Art. 8º da Resolução 95/2022 da ANM.

Os níveis de controle dos indicadores de nível d'água e piezômetros instalados na barragem foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico do rejeito do reservatório localizado abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível de atenção**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível de atenção:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,30 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
2- **Nível de alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,20 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,00 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 3).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.554, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em novembro/2024.

Da Figura 5.6 a Figura 5.10 é apresentada a locação em planta da instrumentação de controle, enquanto da Figura 5.11 a Figura 5.16 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 5.2 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

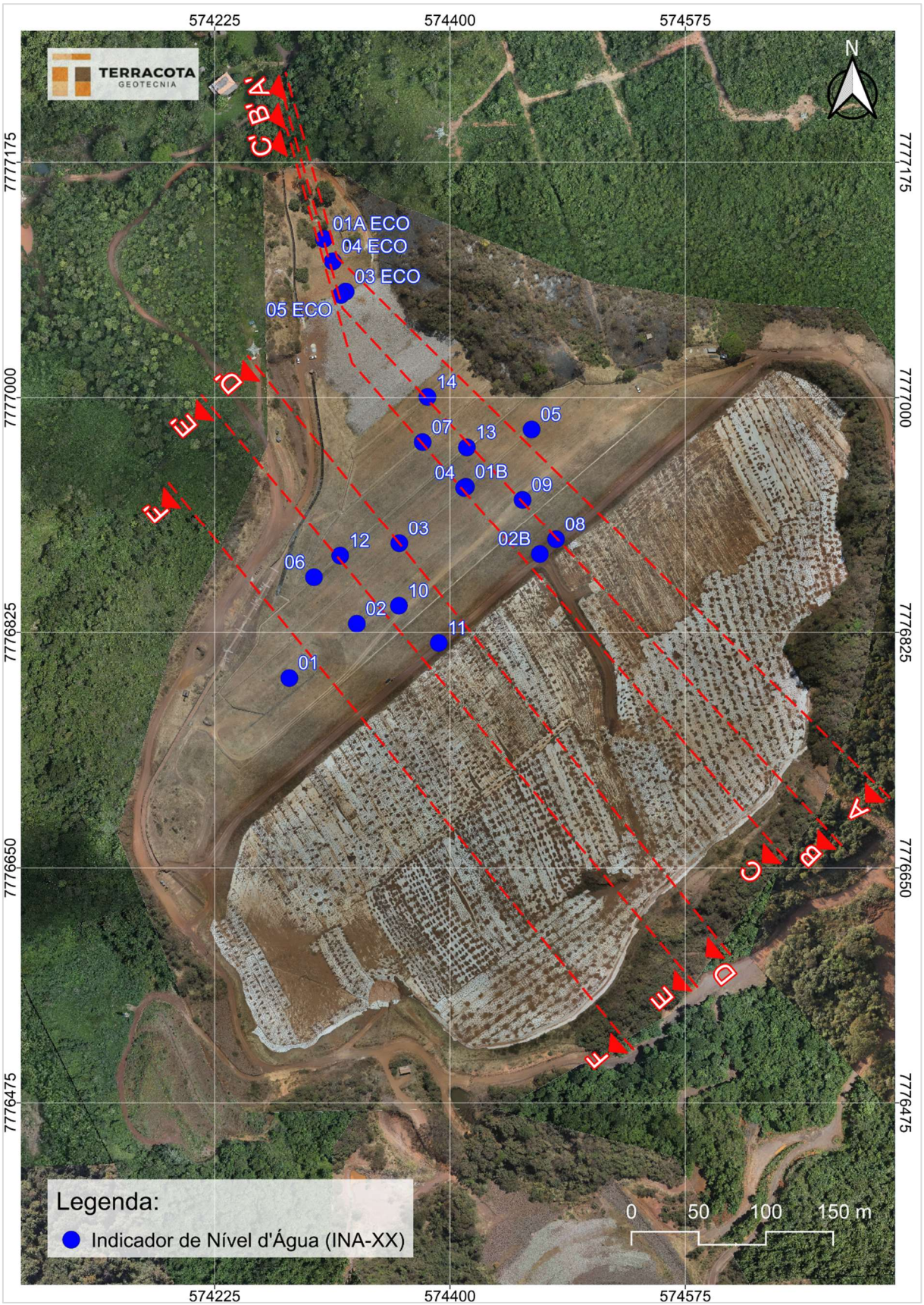


Figura 5.6 – Locação dos INAs – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

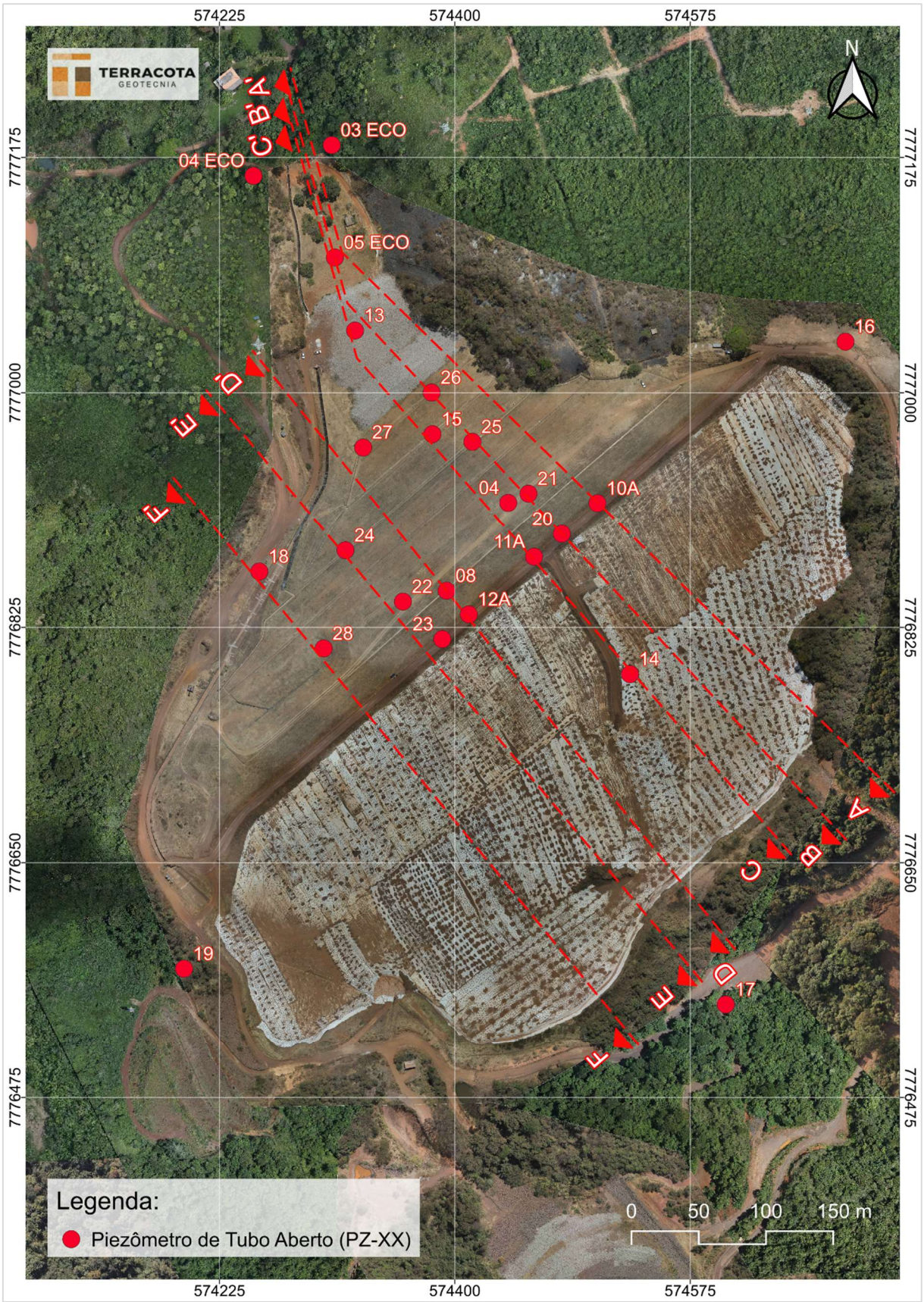


Figura 5.7 – Localização dos piezômetros de tubo aberto da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

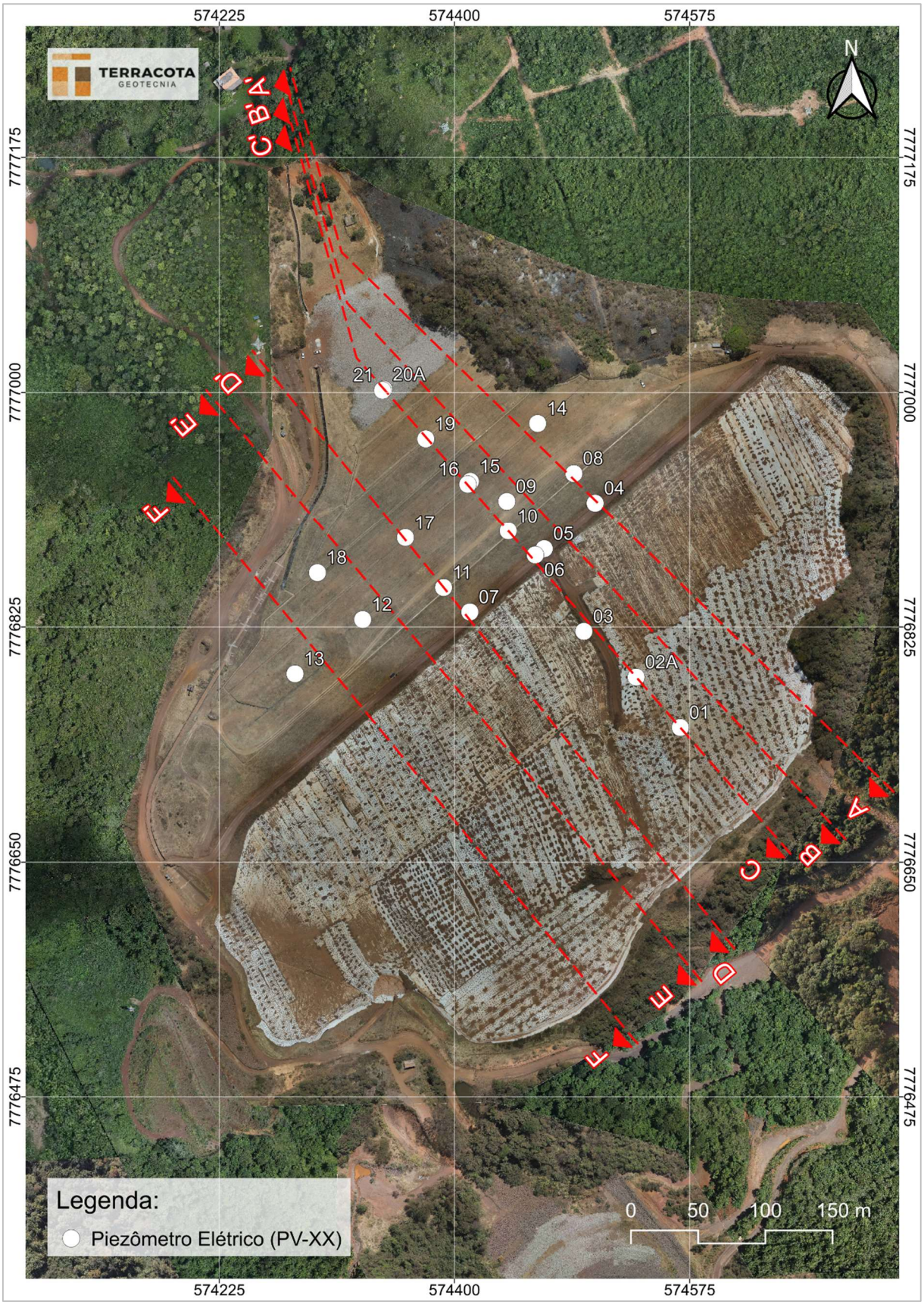


Figura 5.8 – Localização dos piezômetros elétricos (PVs) da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

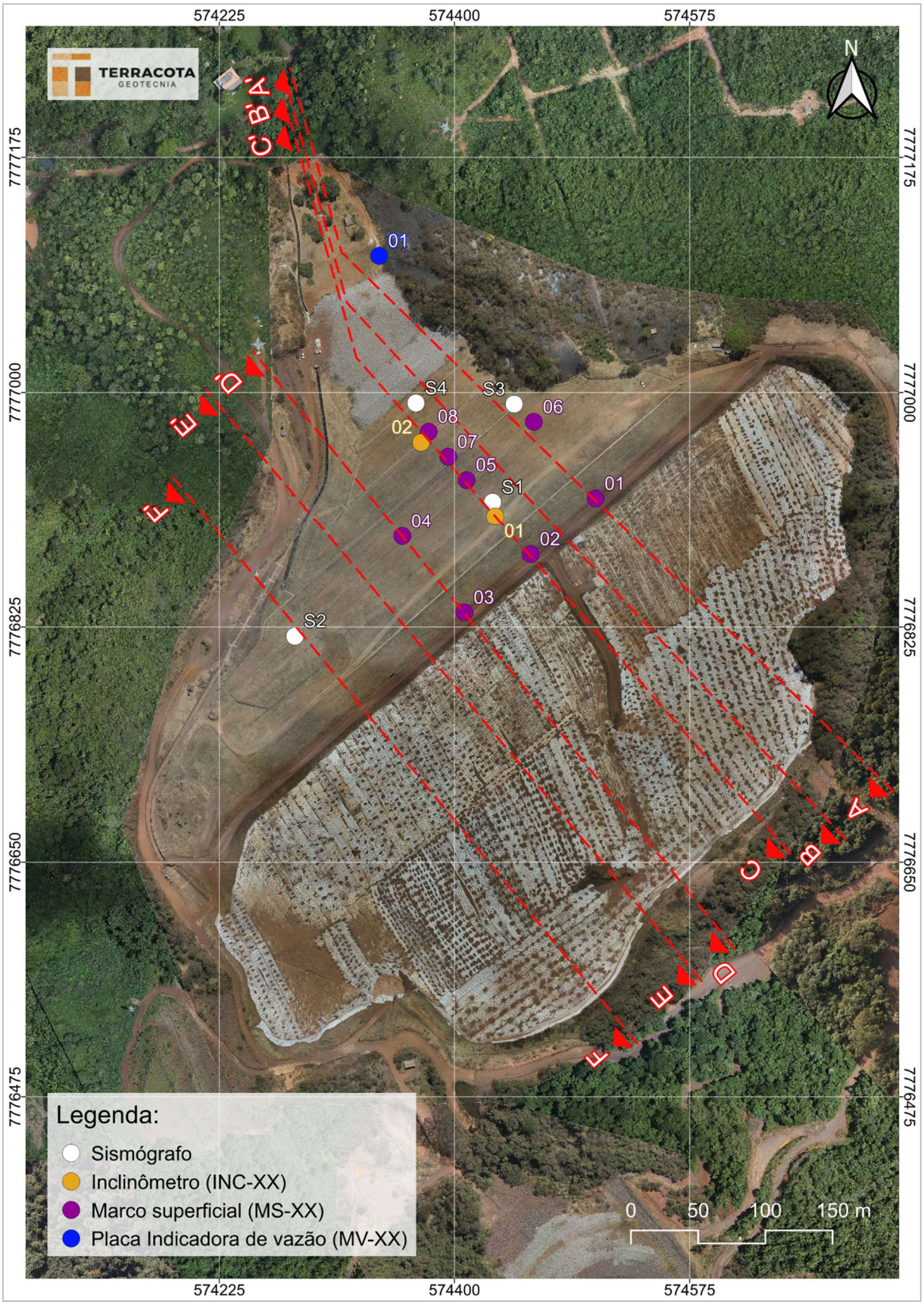


Figura 5.9 – Localização dos Marcos Superficiais, Sismógrafos, Inclinômetros e Placa Indicadora de Vazão da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

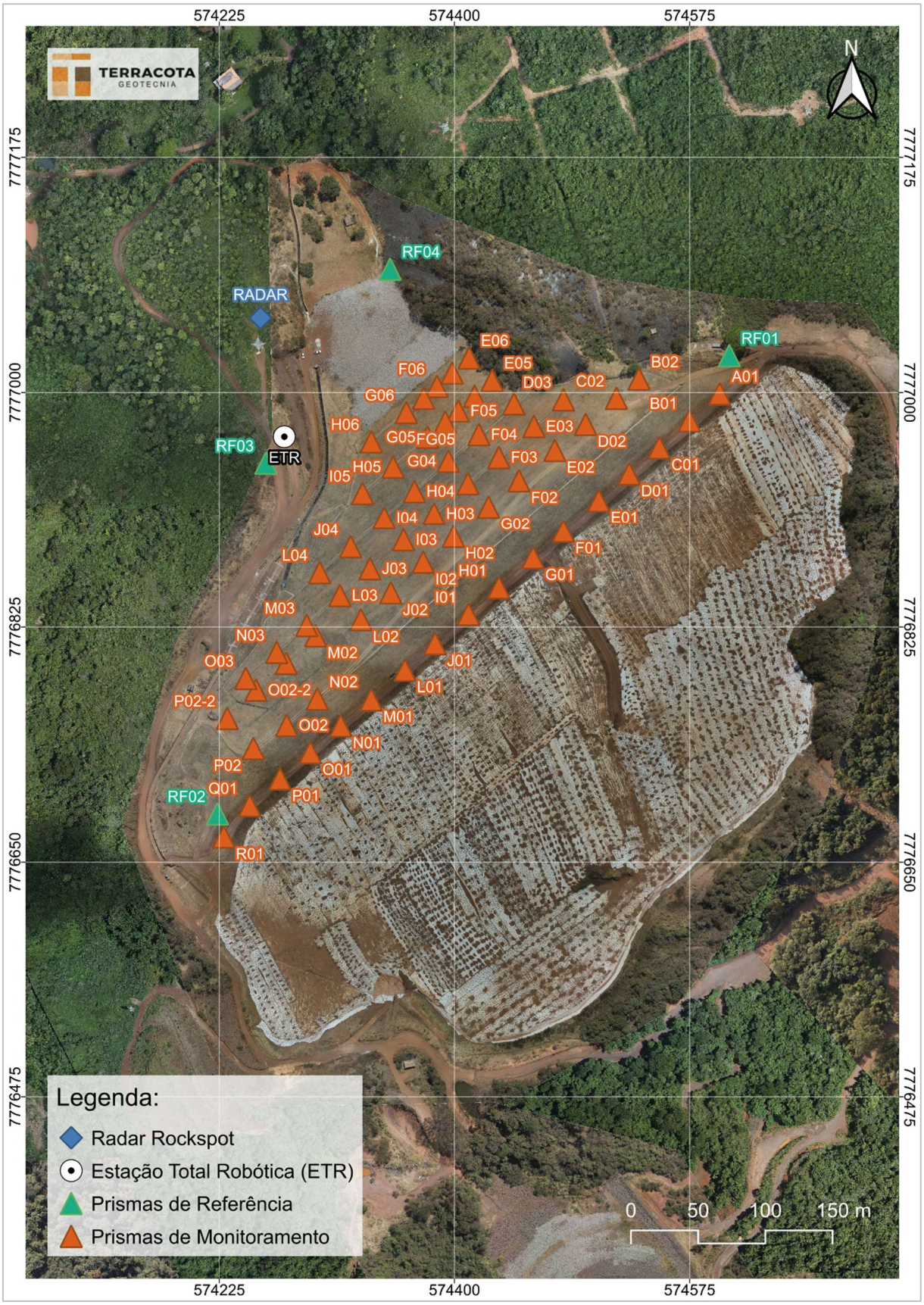


Figura 5.10 – Localização dos prismas da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

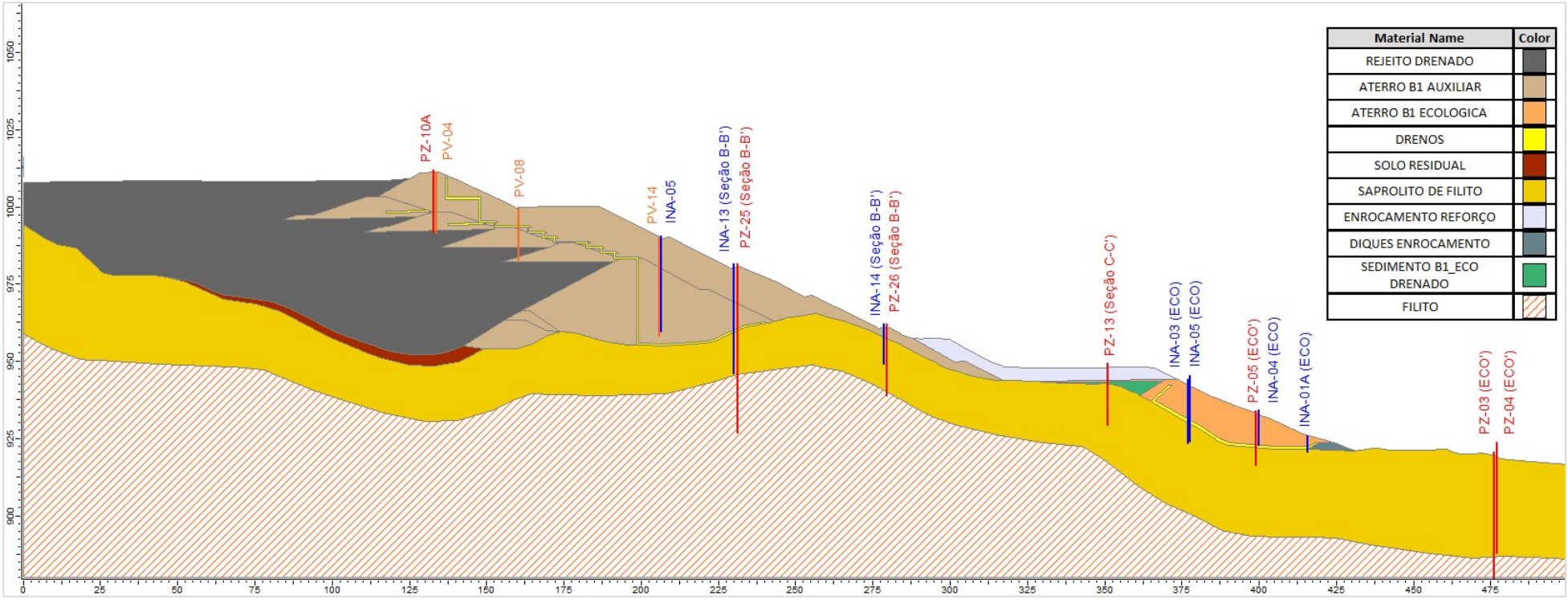


Figura 5.11 – Seção transversal de controle A-A'.

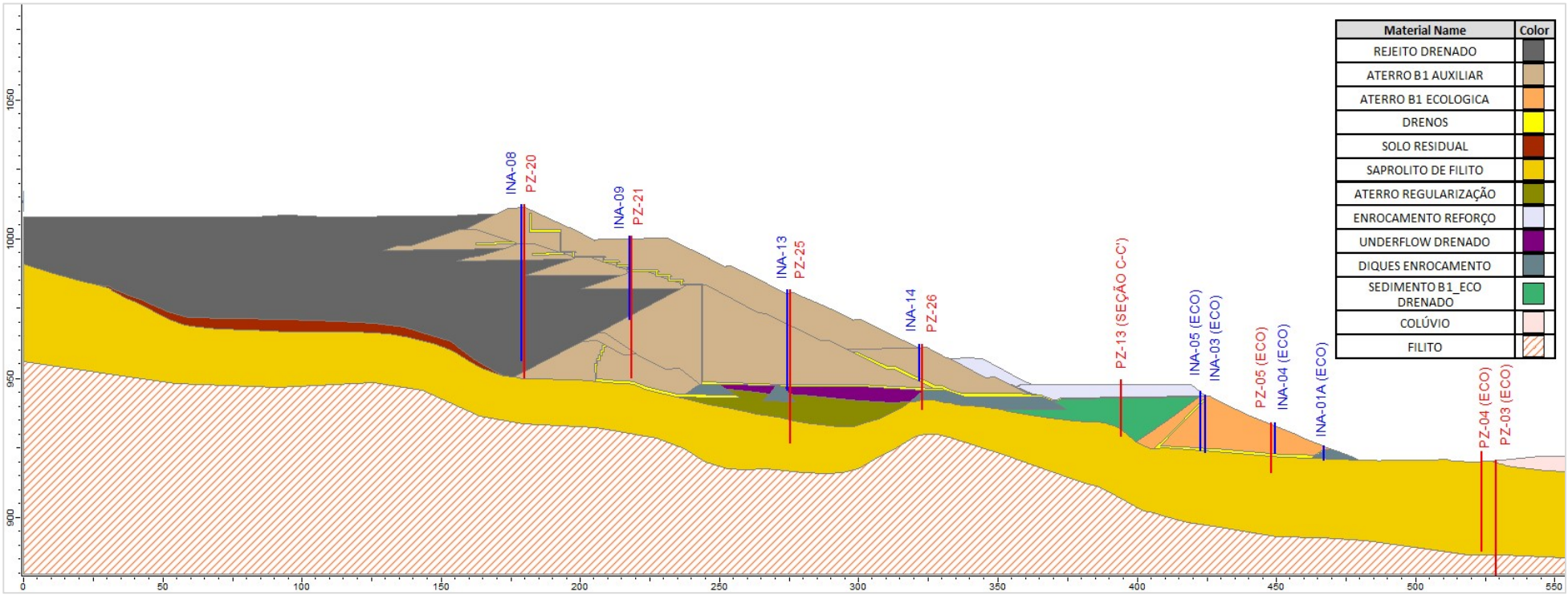


Figura 5.12 – Seção transversal de controle B-B'.

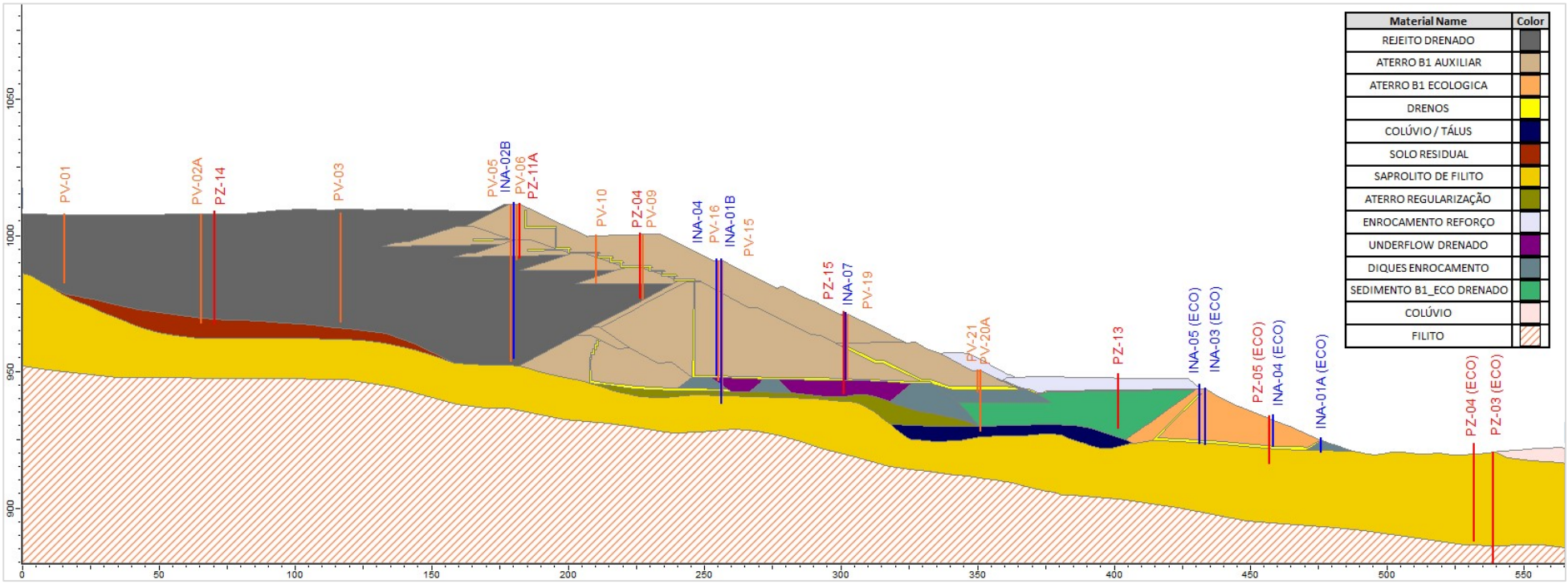


Figura 5.13 – Seção transversal de controle C-C'.

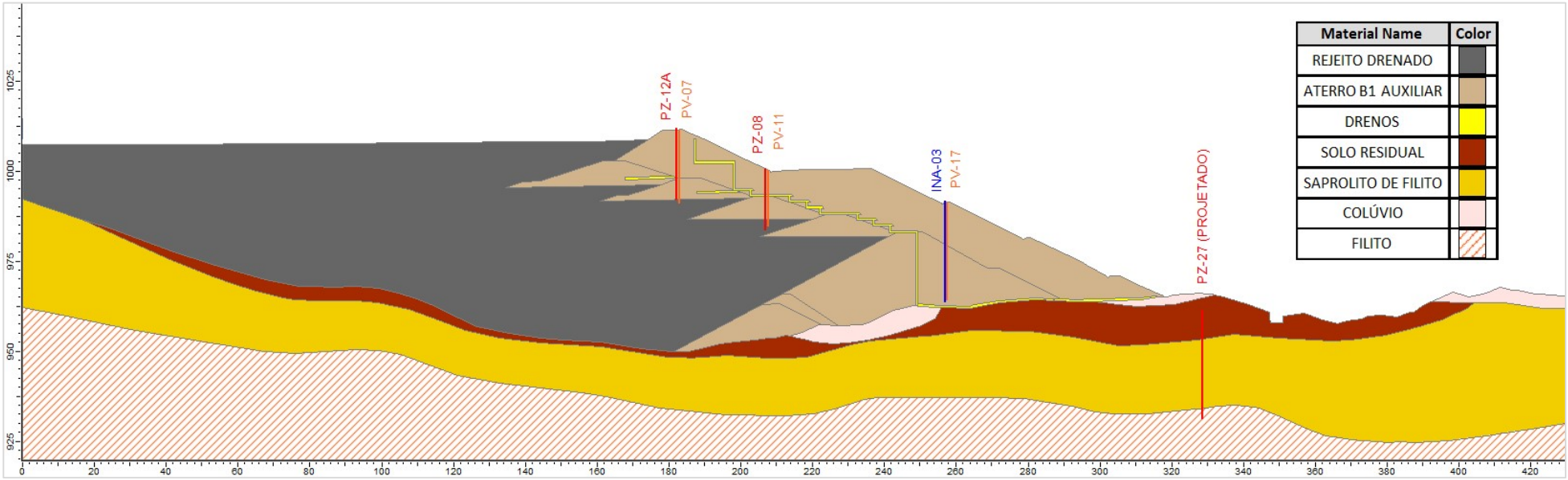


Figura 5.14 – Seção transversal de controle D-D'.

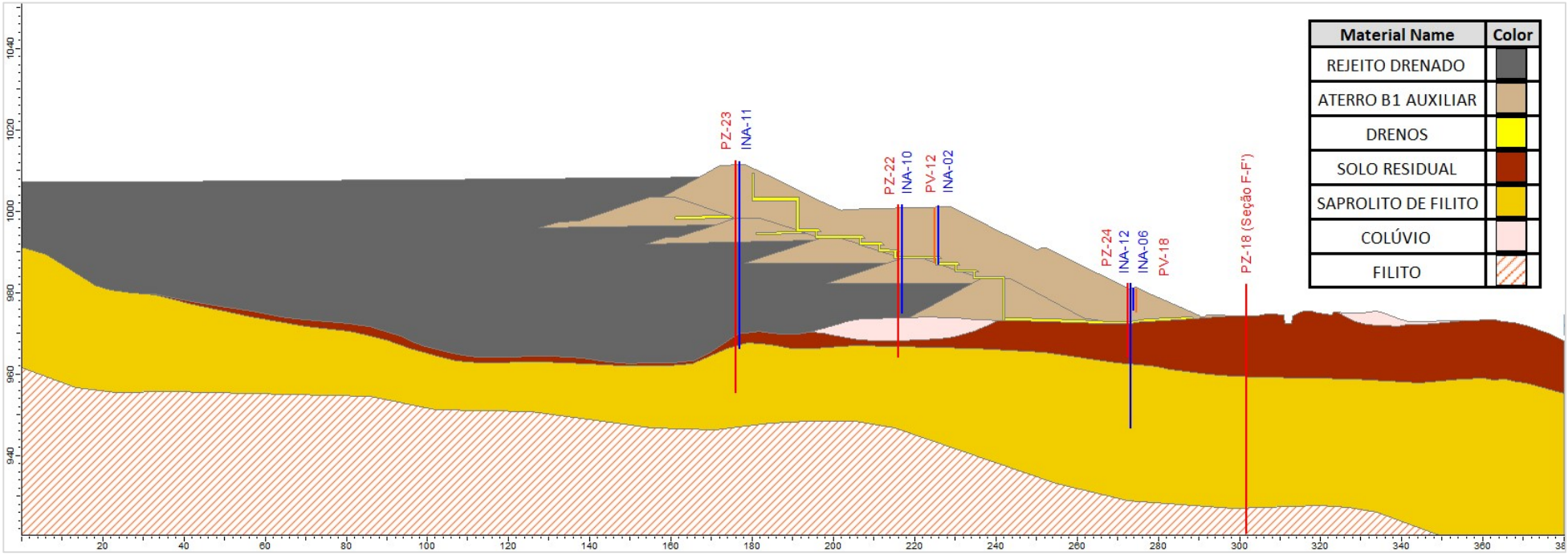


Figura 5.15 – Seção transversal de controle E-E'.

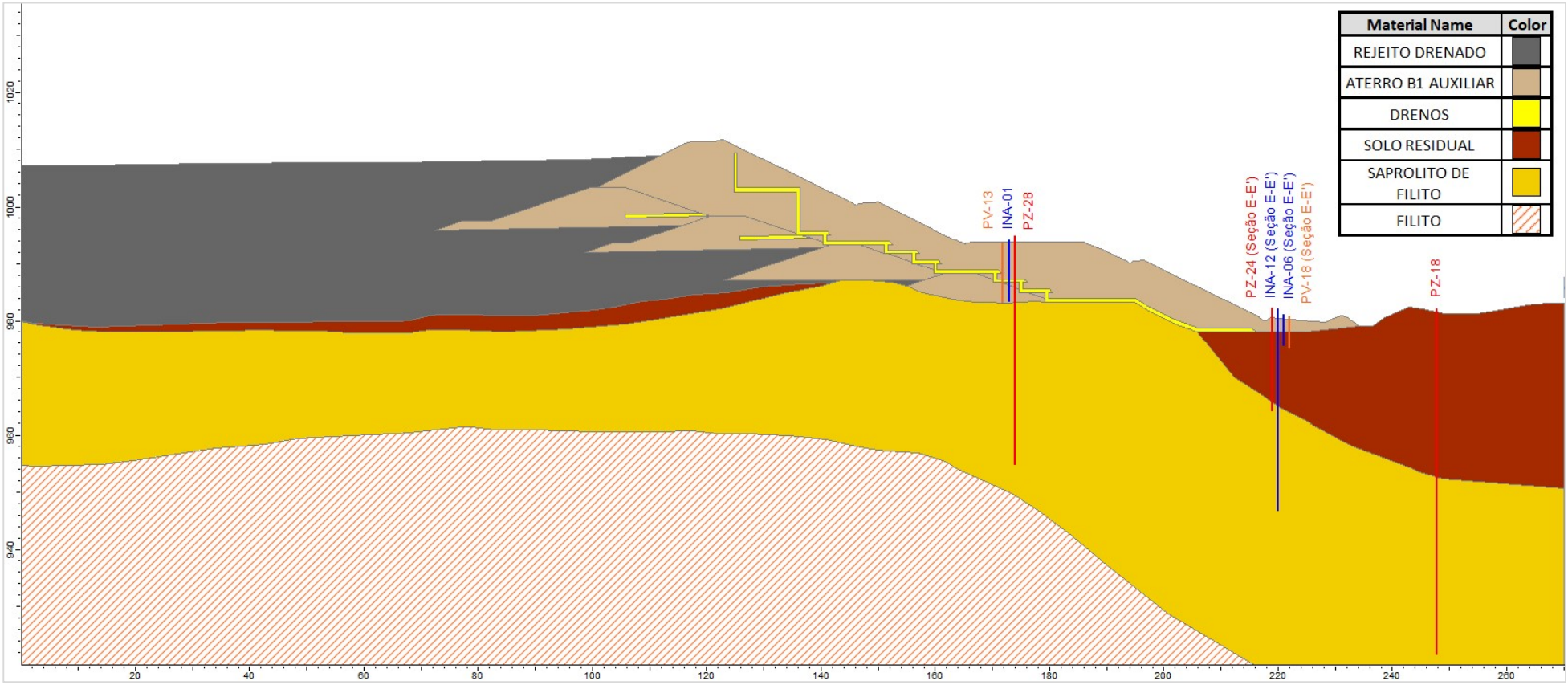


Figura 5.16 – Seção transversal de controle F-F'.

Tabela 5.2 – Locação, características, leitura (28/10/2024) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B1-Auxiliar.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação (m) Leitura (28/10/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A’	PZ-10A	574.506,047	7.776.917,816	1.011,87	991,89	19,98	SECO	995,25	997,75	1.000,25
	PV-04	574.504,691	7.776.917,619	1.011,40	991,40	20,00	SECO	995,25	997,75	1.000,25
	PV-08	574.488,881	7.776.939,736	999,92	982,32	17,60	SECO	989,25	991,75	994,25
	PV-14	574.461,917	7.776.976,989	990,03	958,03	32,00	SECO	964,75	967,25	969,75
	INA-05	574.460,707	7.776.976,460	990,59	959,71	30,88	SECO	964,75	967,25	969,75
B-B’	PZ-20	574.479,582	7.776.894,719	1.012,36	950,16	62,20	972,20	982,00	985,50	997,50
	INA-08	574.478,850	7.776.894,372	1.012,32	956,62	55,70	974,88	982,00	985,50	997,50
	INA-09	574.453,975	7.776.924,135	1.001,07	971,37	29,70	975,72	980,00	981,00	986,25
	PZ-21	574.454,788	7.776.924,958	1.001,12	950,43	50,69	952,27	980,00	981,00	986,25
	PZ-25	574.413,059	7.776.963,569	981,74	926,77	54,97	933,96	948,75	952,75	962,50
	INA-13	574.412,576	7.776.963,137	981,72	945,92	35,80	SECO	948,75	952,75	962,50
	INA-14	574.383,251	7.777.000,637	962,17	949,17	13,00	SECO	949,67	949,97	950,17
	PZ-26	574.382,712	7.777.000,207	962,16	939,05	23,11	SECO	947,25	949,50	954,75
C-C’	PV-01	574.568,102	7.776.750,278	1.007,64	982,64	25,00	982,74	994,50	997,25	1.005,00
	PV-02A	574.535,199	7.776.787,766	1.007,83	967,83	40,00	978,74	992,50	995,50	1.004,00
	PZ-14	574.528,000	7.776.789,000	1.008,90	967,60	41,30	981,00	992,25	995,25	1.003,75
	PV-03	574.496,328	7.776.821,764	1.008,22	968,22	40,00	978,42	989,50	994,00	1.003,00
	INA-2B	574.466,822	7.776.883,331	1.012,00	954,93	57,07	976,36	986,50	992,00	1.001,00
	PV-05	574.466,822	7.776.883,331	1.011,29	953,84	57,45	953,93	986,50	992,00	1.001,00
	PZ-11A	574.458,936	7.776.877,590	1.011,67	991,76	19,91	SECO	992,26	992,56	1.001,00

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação (m) Leitura (28/10/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
	PV-06	574.460,120	7.776.878,715	1.011,21	991,21	20,00	SECO	991,71	992,00	1.001,00
	PV-10	574.439,989	7.776.896,656	1.000,08	982,58	17,50	SECO	985,00	988,25	994,00
	PZ-04	574.439,716	7.776.918,139	1.000,80	977,25	23,55	SECO	981,50	984,50	987,00
	PV-09	574.438,995	7.776.918,972	1.000,27	976,77	23,50	SECO	981,50	984,50	987,00
	PV-16	574.409,902	7.776.931,748	990,82	946,82	44,00	SECO	949,25	952,50	965,00
	INA-01B	574.411,863	7.776.933,905	991,40	938,47	52,93	946,77	949,25	952,50	965,00
	INA-04	574.410,525	7.776.933,060	991,35	948,57	42,78	SECO	949,25	952,50	965,00
	PV-15	574.411,863	7.776.933,905	990,81	942,81	48,00	SECO	949,25	952,50	965,00
	PZ-15	574.383,335	7.776.969,256	972,12	942,13	29,99	943,97	948,50	950,00	958,00
C-C’	PV-19	574.378,663	7.776.965,521	971,22	947,22	24,00	SECO	948,50	950,00	958,00
	INA-07	574.379,675	7.776.967,085	971,70	947,31	24,39	SECO	948,50	950,00	958,00
	PV-20A	574.347,420	7.777.002,357	950,80	928,30	22,50	SECO	945,50	946,25	949,75
	PV-21	574.346,494	7.777.001,667	950,80	942,80	8,00	SECO	945,50	946,25	949,75
	PZ-13	574.323,000	7.777.050,000	949,50	929,30	20,20	933,59	940,75	942,00	943,75
	INA-05 ECO	574.318,903	7.777.076,448	945,46	924,01	21,45	924,94	934,50	937,50	939,50
	INA-03 ECO	574.322,400	7.777.078,960	944,24	923,59	20,65	924,45	934,50	937,50	939,50
	PZ-05 ECO	574.310,782	7.777.100,596	934,02	916,32	17,70	921,70	925,75	927,50	929,00
	INA-04 ECO	574.312,870	7.777.101,408	934,20	922,97	11,23	924,60	925,75	927,50	929,00
	INA-01A ECO	574.306,300	7.777.118,080	925,78	920,80	4,98	SECO	921,75	922,25	923,50
D-D’	PZ-12A	574.410,360	7.776.834,651	1.012,07	992,29	19,78	SECO	996,75	999,75	1.001,75

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação (m) Leitura (28/10/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
D-D′	PV-07	574.411,454	7.776.836,221	1.011,34	991,34	20,00	SECO	996,75	999,75	1.001,75
	PZ-08	574.393,890	7.776.852,290	1.000,84	983,69	17,15	SECO	989,50	992,50	994,50
	PV-11	574.391,898	7.776.854,414	1.000,35	984,85	15,50	SECO	989,50	992,50	994,50
	PV-17	574.363,509	7.776.891,683	991,37	964,37	27,00	SECO	966,75	970,25	972,25
	INA-03	574.362,312	7.776.891,356	991,68	963,85	27,83	SECO	966,75	970,25	972,25
	PZ-27	574.331,861	7.776.959,286	961,54	931,37	30,17	932,41	953,50	956,50	958,50
E-E′	INA-11	574.391,641	7.776.817,257	1.012,38	966,38	46,00	978,83	995,50	998,50	1.000,50
	PZ-23	574.390,672	7.776.816,296	1.012,44	955,44	57,00	977,07	995,50	998,50	1.000,50
	PZ-22	574.361,410	7.776.844,209	1.001,73	964,30	37,43	SECO	985,25	988,25	990,25
	INA-10	574.362,029	7.776.844,905	1.001,72	975,12	26,60	975,49	985,25	988,25	990,25
	PV-12	574.331,716	7.776.830,593	1.001,00	987,55	13,45	SECO	988,05	988,35	988,55
	INA-02	574.330,744	7.776.831,539	1.001,42	986,95	14,47	SECO	987,45	987,75	987,95
	INA-12	574.318,358	7.776.882,137	982,29	946,86	35,43	959,80	972,75	974,75	976,50
	PZ-24	574.318,690	7.776.882,376	982,30	964,30	18,00	967,86	972,75	974,75	976,50
	INA-06	574.298,857	7.776.866,088	981,14	975,71	5,43	SECO	976,21	976,51	976,71
	PV-18	574.298,007	7.776.865,469	980,85	975,35	5,50	975,37	975,85	976,15	976,50
F-F′	PV-13	574.281,356	7.776.790,206	993,80	983,35	10,45	SECO	984,50	985,75	986,25
	INA-01	574.280,549	7.776.791,132	994,27	983,51	10,76	SECO	984,50	985,75	986,25
	PZ-28	574.302,467	7.776.809,370	994,92	954,89	40,03	966,62	984,50	985,75	986,25
	PZ-18	574.254,671	7.776.866,617	982,21	920,76	61,45	940,41	966,75	969,75	971,75

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação (m) Leitura (28/10/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
Instrumentos fora de seção de controle	PZ-16	574.690,487	7.777.038,009	1.022,38	924,07	98,31	927,76	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-17	574.601,483	7.776.544,642	1.027,06	976,16	50,90	992,97	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-19	574.198,661	7.776.571,212	1.018,74	969,66	49,08	1.000,89	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-03 ECO	574.308,481	7.777.184,183	920,72	851,45	69,27	914,48	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-04 ECO	574.250,289	7.777.161,300	923,81	887,97	35,84	916,57	Monitoramento hidrogeológico		
A-A’	MS-01	574.505,060	7.776.921,180	1.011,151	-	-	-	Não aplicável		
C-C’	MS-02	574.456,856	7.776.879,309	1.011,069	-	-	-	Não aplicável		
D-D’	MS-03	574.407,516	7.776.835,904	1.011,284	-	-	-	Não aplicável		
D-D’	MS-04	574.361,207	7.776.892,883	991,394	-	-	-	Não aplicável		
C-C’	MS-05	574.409,115	7.776.934,824	990,891	-	-	-	Não aplicável		
A-A’	MS-06	574.459,116	7.776.978,215	990,135	-	-	-	Não aplicável		
C-C’	MS-07	574.395,447	7.776.952,238	981,076	-	-	-	Não aplicável		
C-C’	MS-08	574.380,893	7.776.970,877	971,300	-	-	-	Não aplicável		
Não Aplicável	INC-01	574.430,299	7.776.907,692	1.000,471	-	-	-	Não aplicável		
	INC-02	574.375,169	7.776.962,887	971,507	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S1	574.428,400	7.776.918,465	1.000,546	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S2	574.281,225	7.776.818,153	991,356	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S3	574.444,417	7.776.991,430	981,076	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S4	574.371,354	7.776.992,206	961,088	-	-	-	Não aplicável		
	MV	574.344,011	7.777.101,754	940,143	-	-	-	Não aplicável		

5.6.3.1 Leituras Instrumentação

A MMI realiza leituras semanais dos níveis nos INA's e PZ's e quinzenais dos deslocamentos nos Marcos Superficiais. Já os piezômetros elétricos realizam um monitoramento constante com registro a cada 2 horas. Na estrutura também estão instalados prismas para monitoramento de deslocamento nos quais são realizadas leituras contínuas através de estação total robótica. As leituras nas placas indicadoras de vazão são realizadas diariamente. As aferições dos inclinômetros são realizadas semanalmente.

- **Indicadores de Nível d'Água e Piezômetros**

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para cada instrumento abrangendo dois anos hidrológicos, no período entre 10/2022 e 10/2024, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Ressalta-se que não há formação de lago no reservatório desde junho de 2019, a partir da escavação de canais periféricos que direcionam os fluxos para o extravasor operacional. Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

a) Referências do topo e base de cada instrumento;
b) Leituras do nível de água do instrumento;
c) Pluviometria acumulada mensal da estação meteorológica local;
d) Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições de atenção, alerta e emergência.

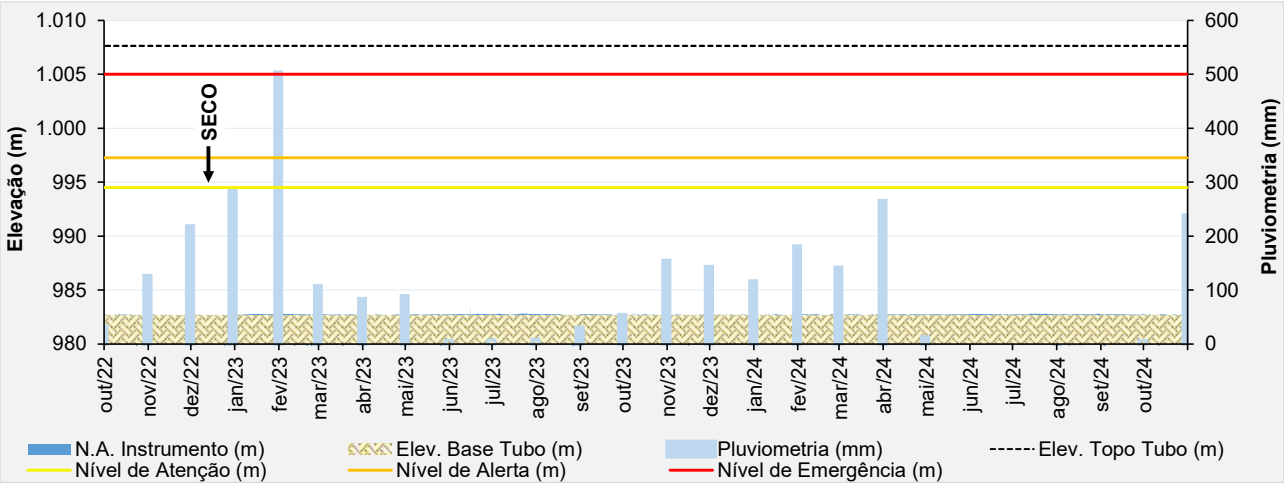


Figura 5.17 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-01.

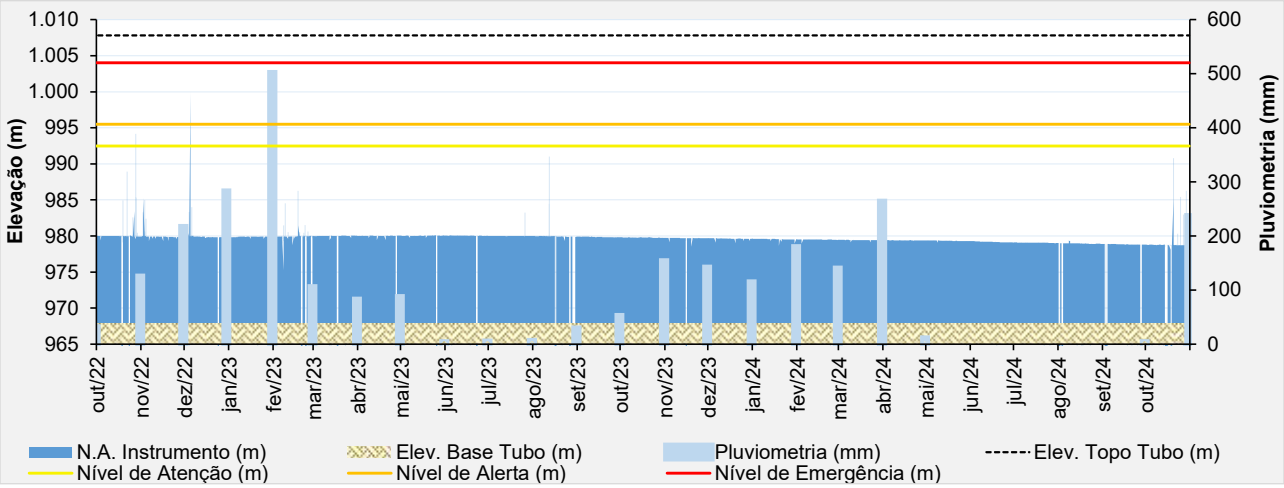


Figura 5.18 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-02A.

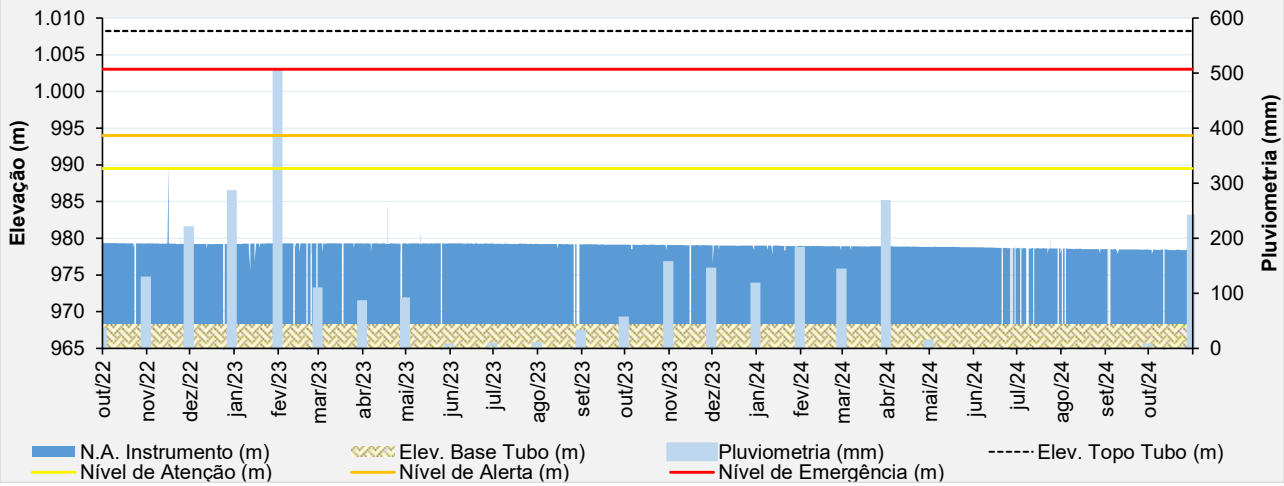


Figura 5.19 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-03.

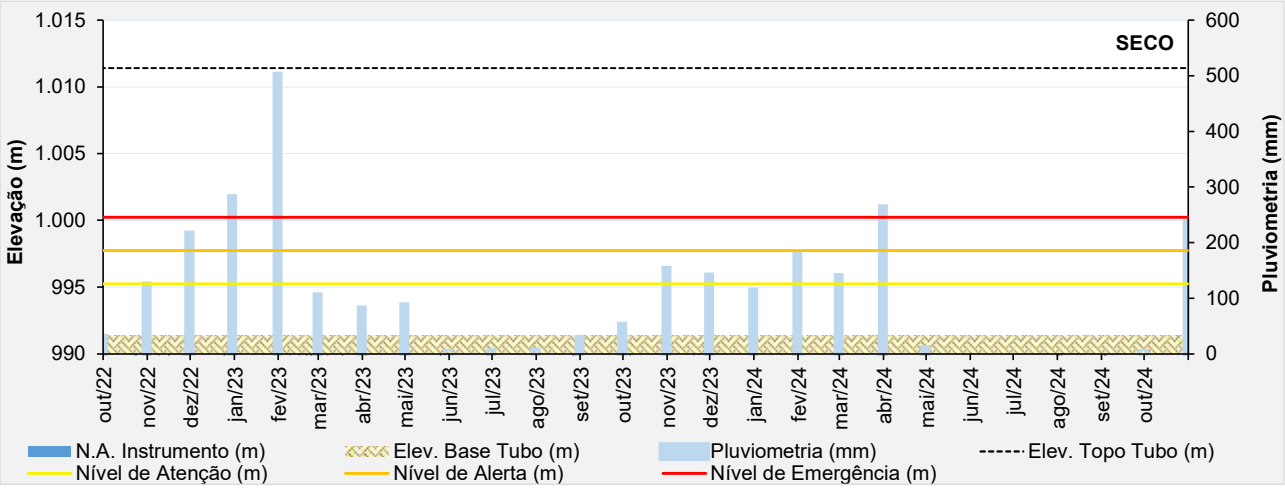


Figura 5.20 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-04.

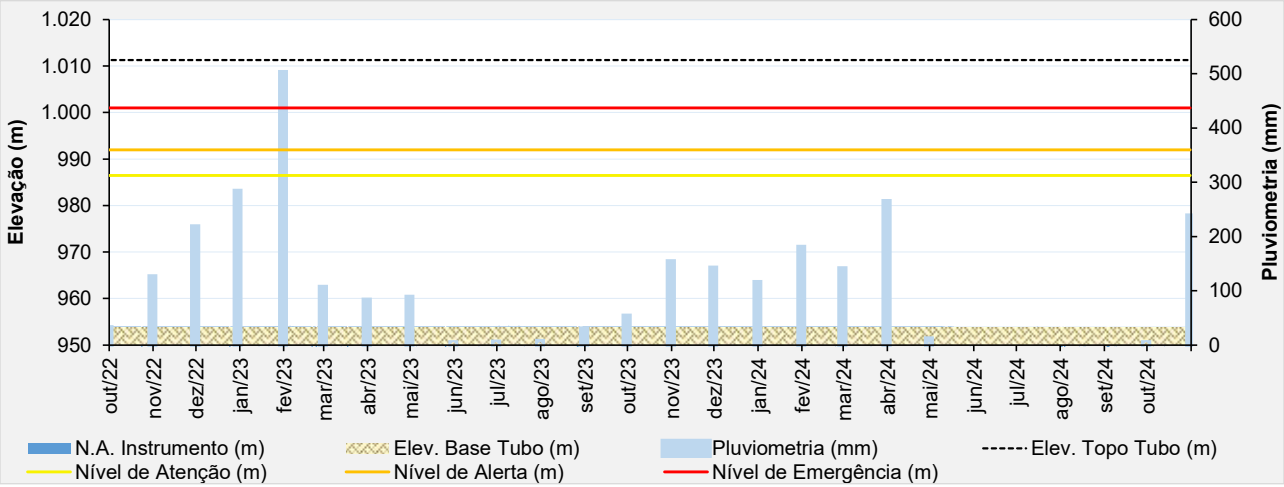


Figura 5.21 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-05.

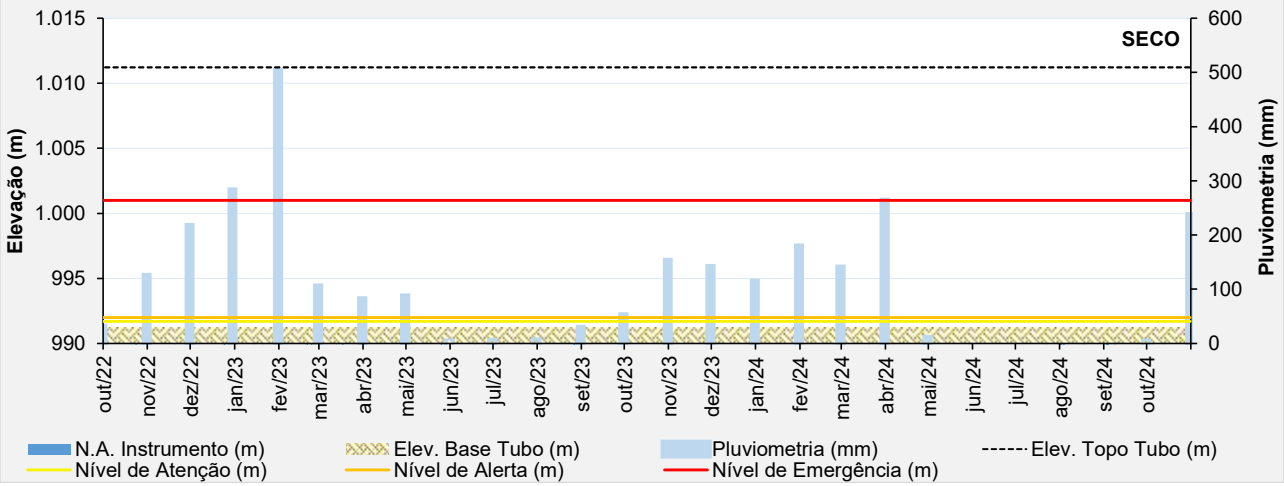


Figura 5.22 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-06.

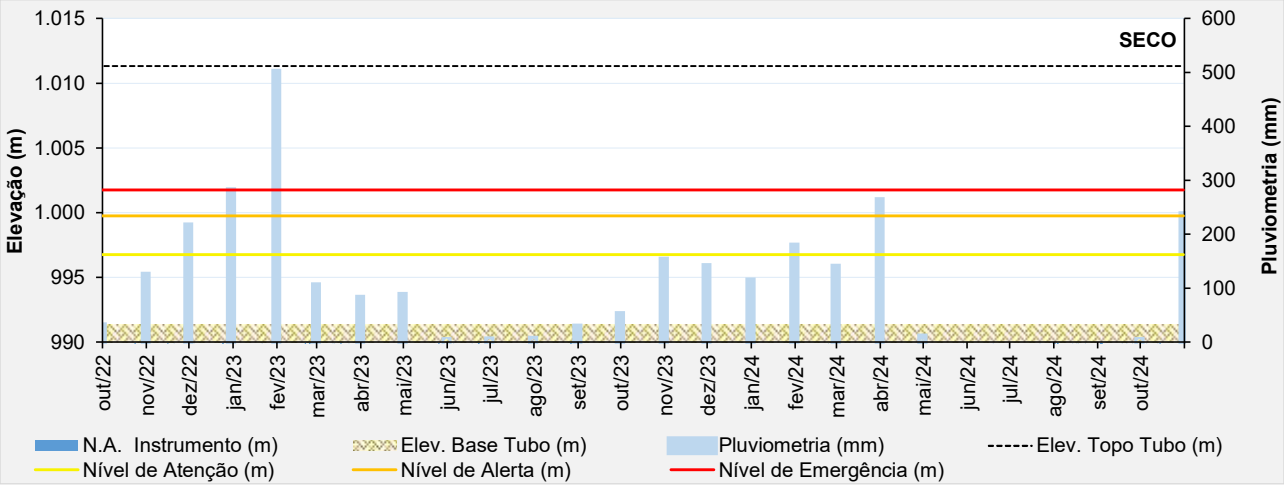


Figura 5.23 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-07.

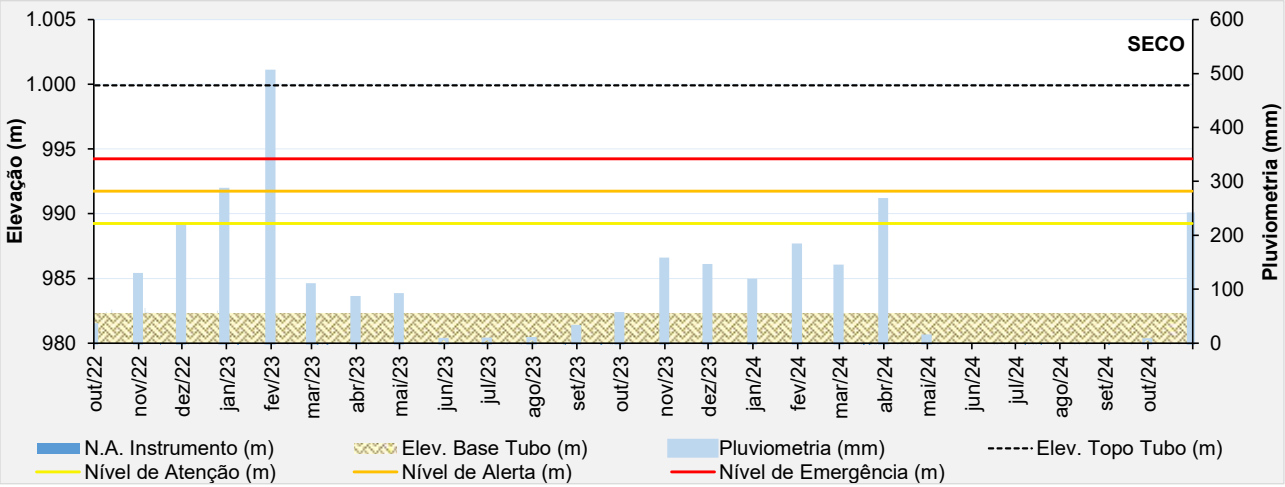


Figura 5.24 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-08.

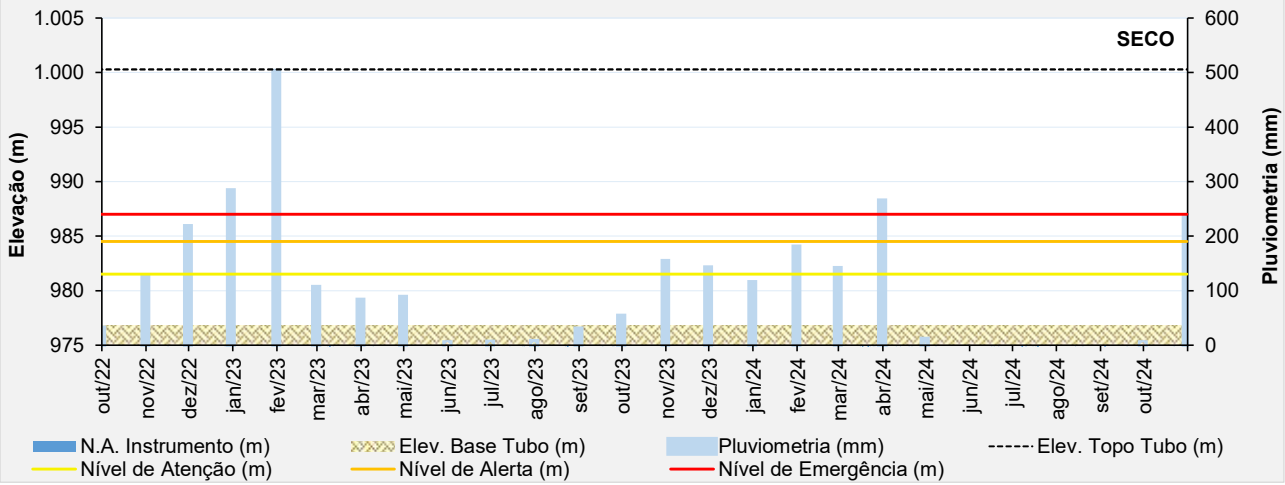


Figura 5.25 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-09.

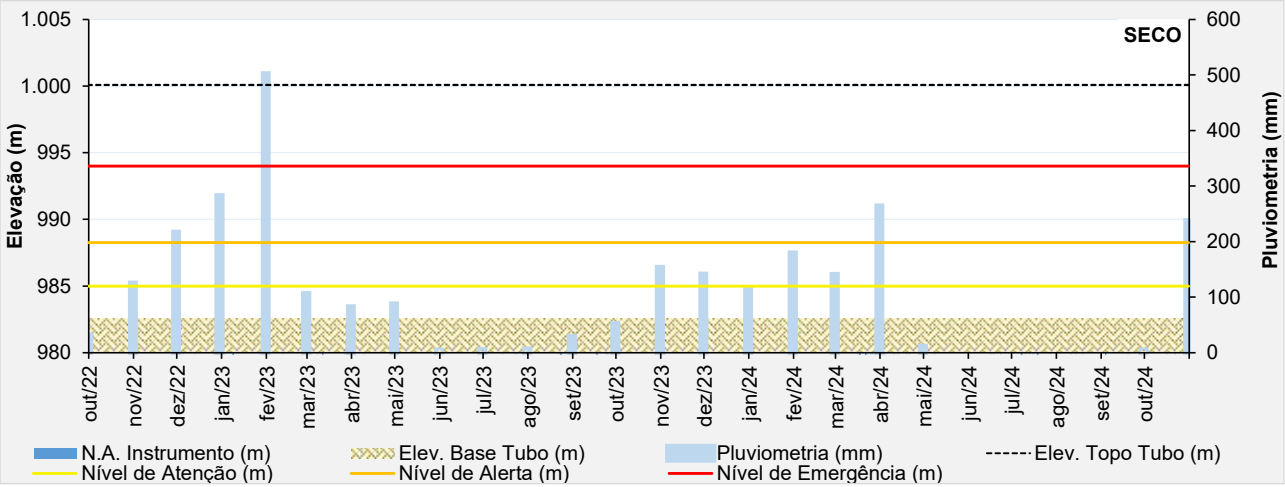


Figura 5.26 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-10.

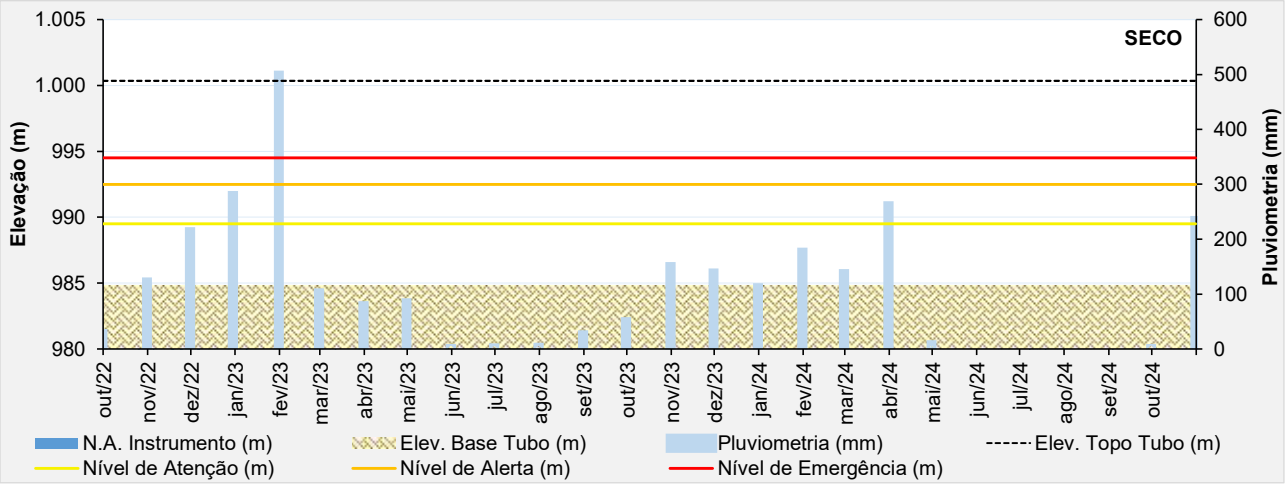


Figura 5.27 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-11.

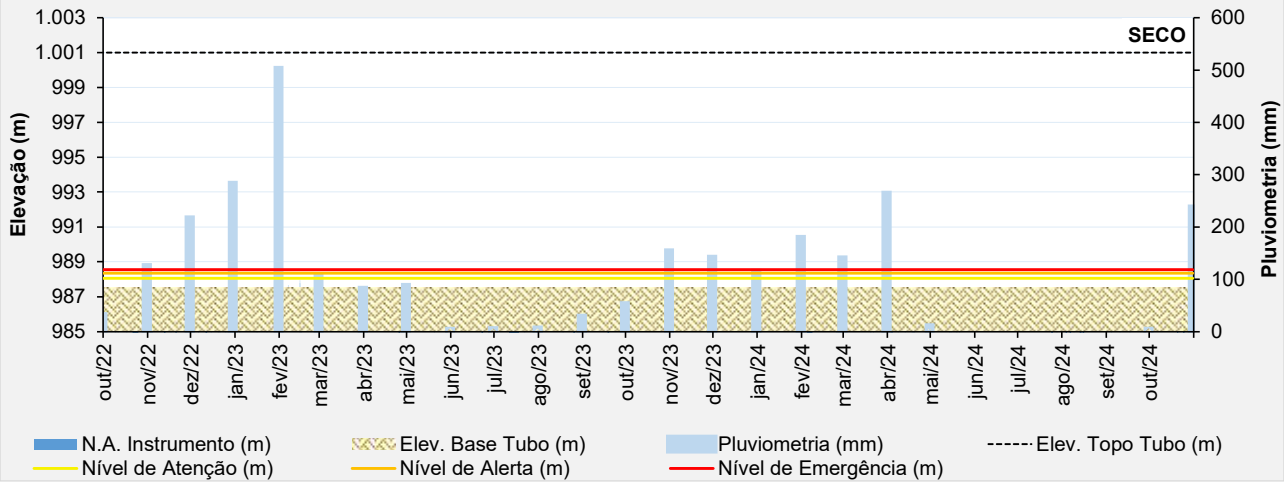


Figura 5.28 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-12.

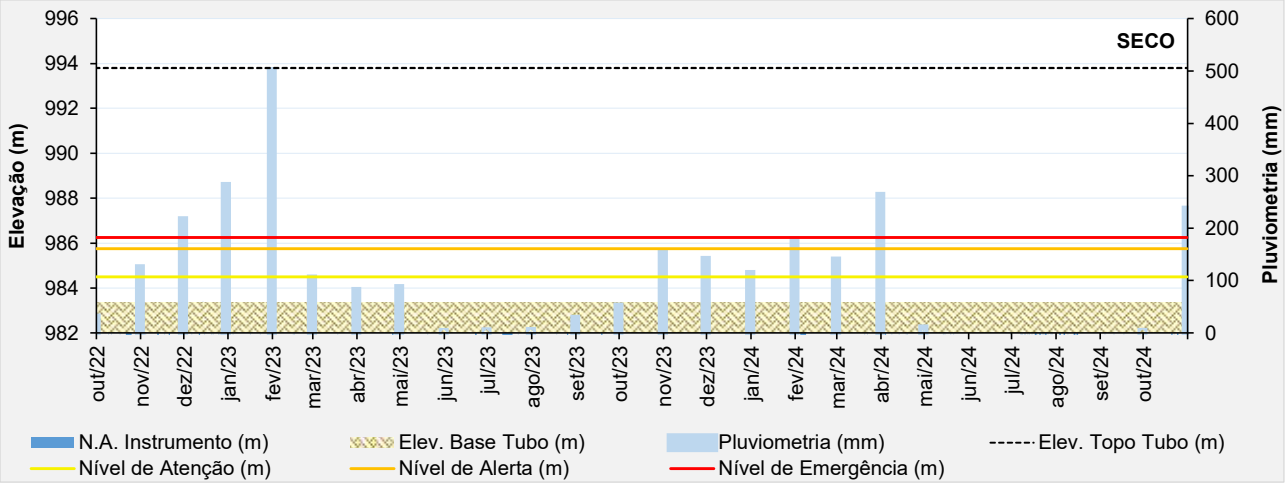


Figura 5.29 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-13.

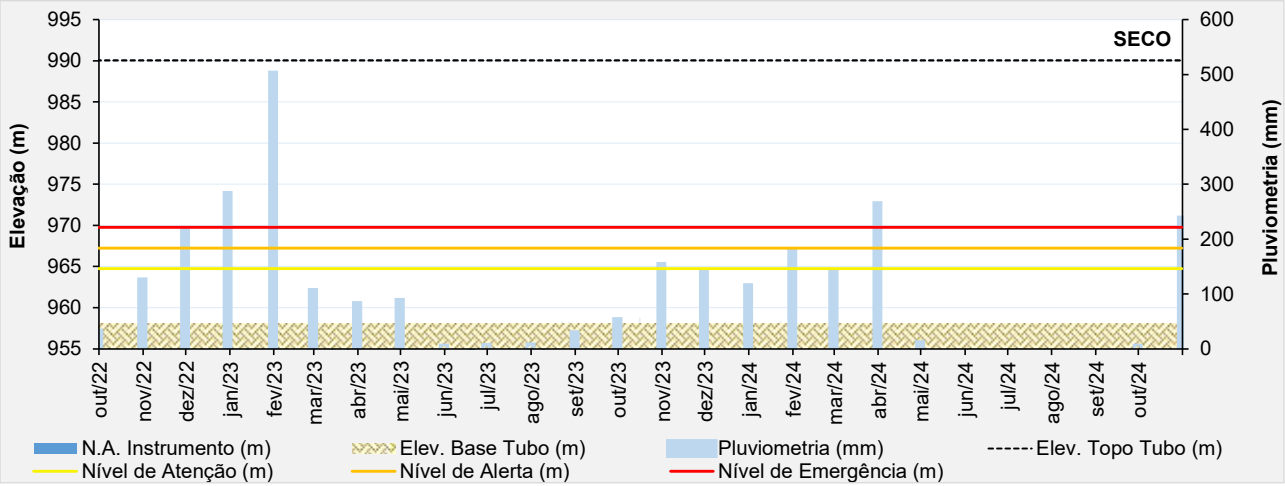


Figura 5.30 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-14.

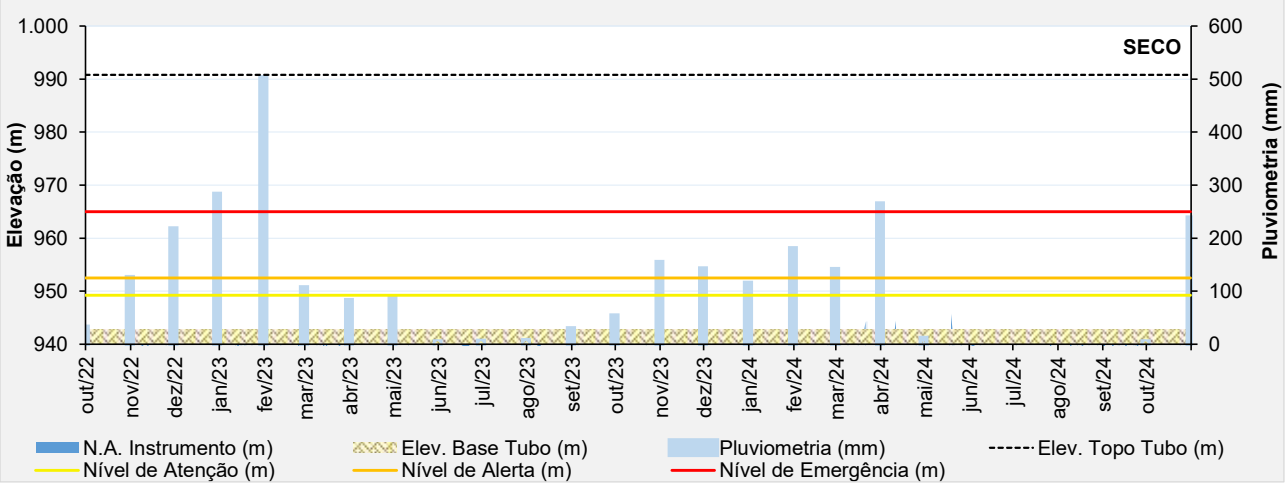


Figura 5.31 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-15.

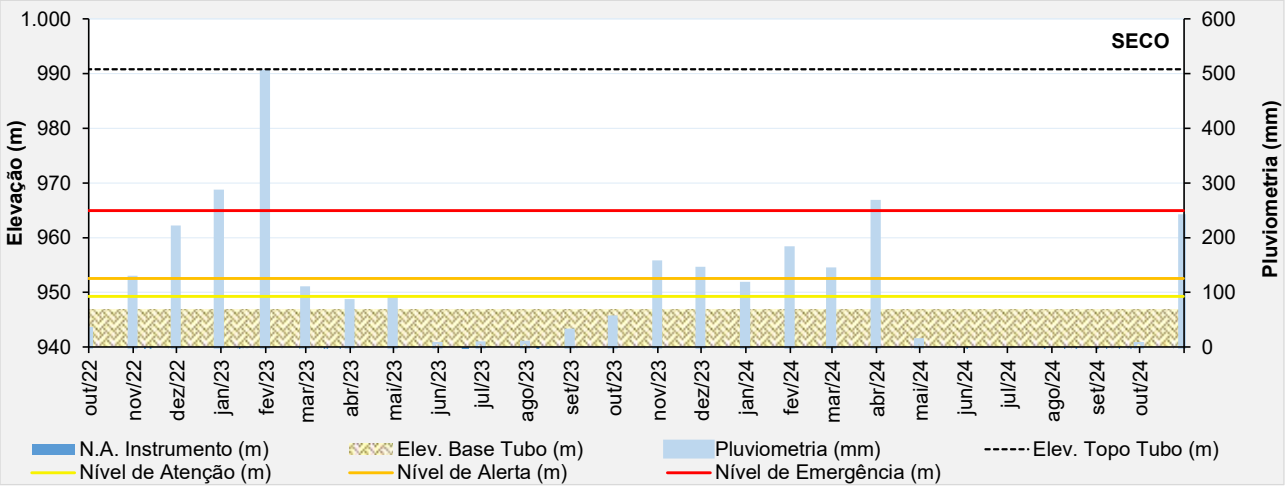


Figura 5.32 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-16.

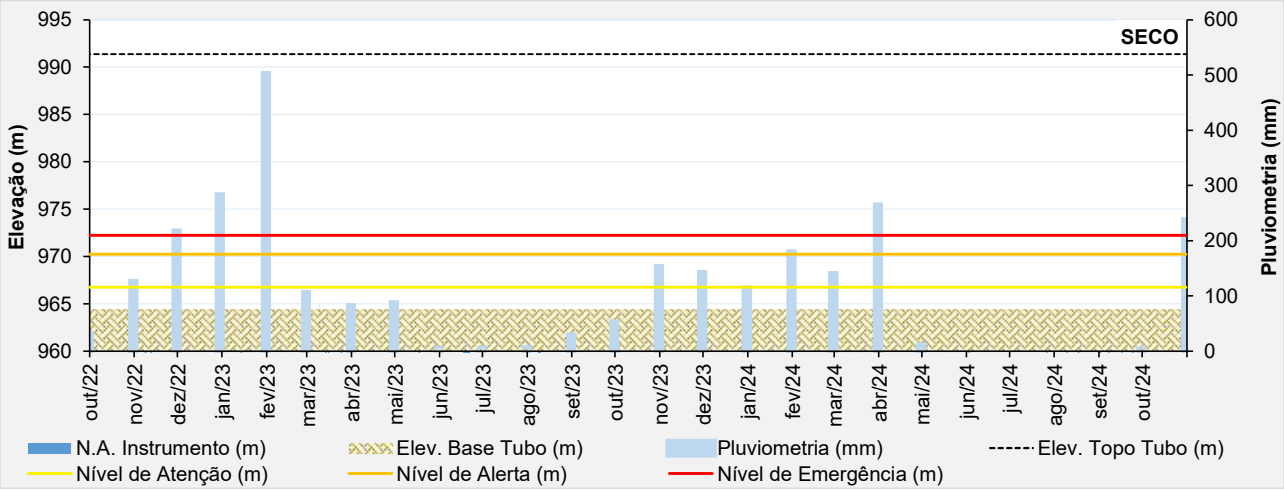


Figura 5.33 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-17.

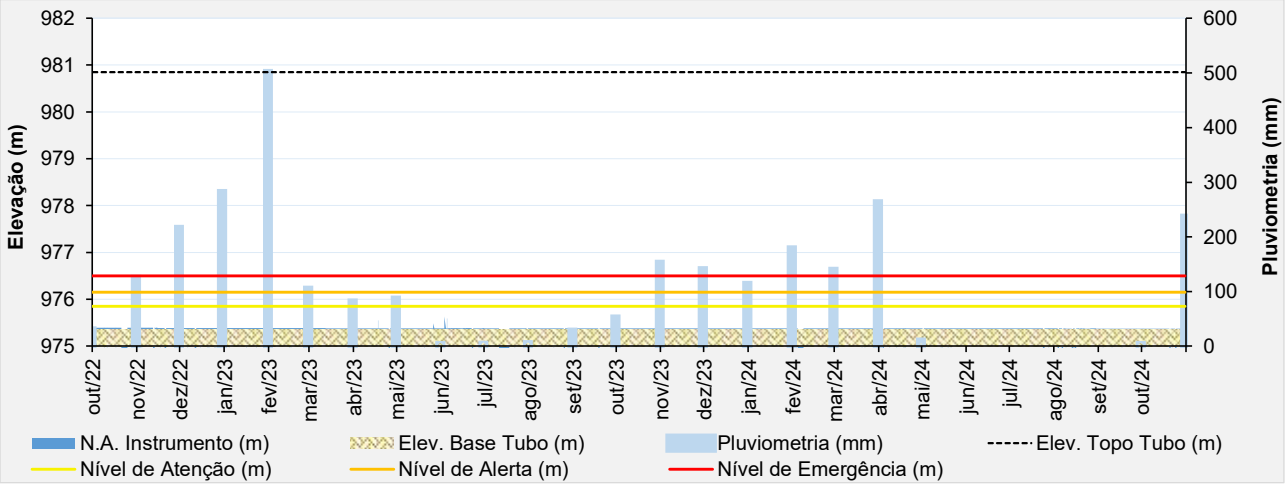


Figura 5.34 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-18.

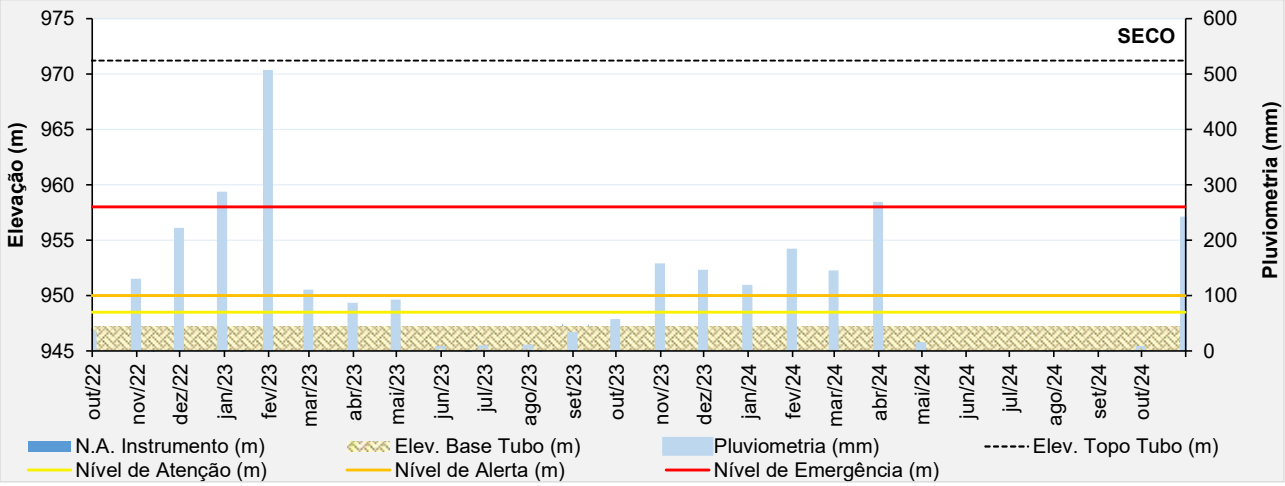


Figura 5.35 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-19.

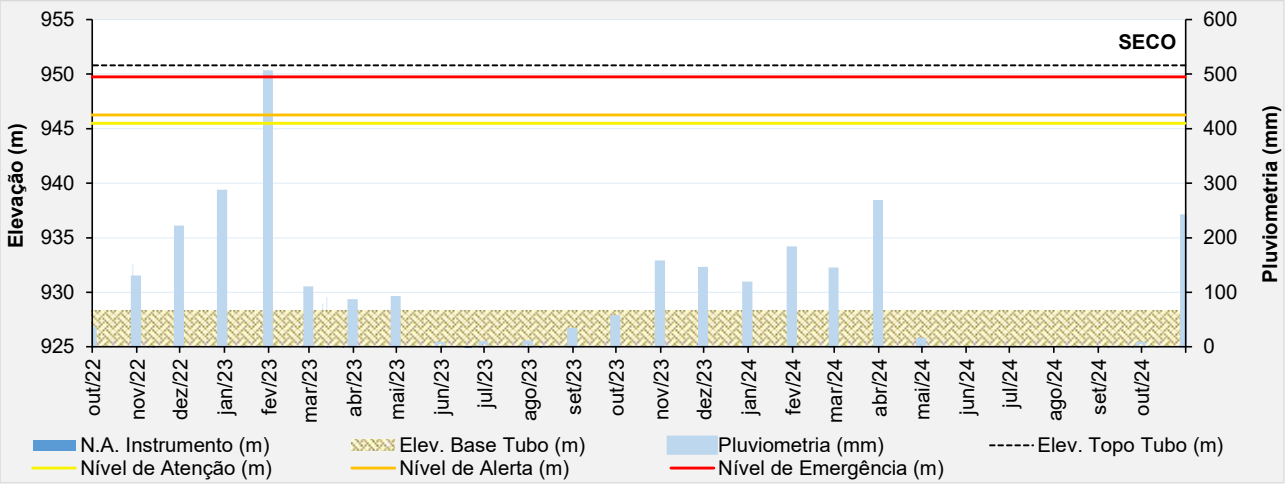


Figura 5.36 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-20A.

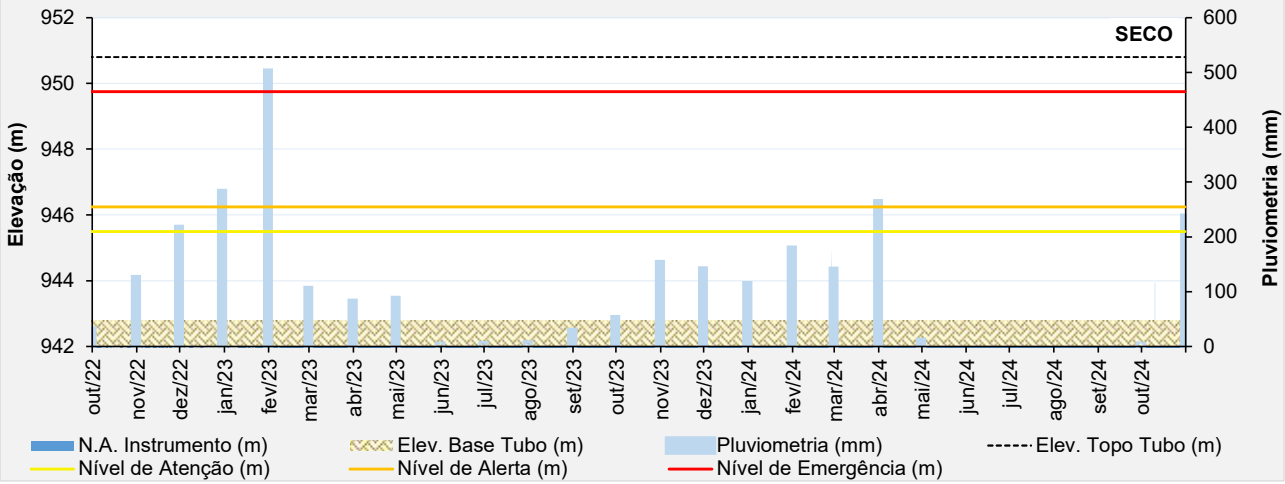


Figura 5.37 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-21.

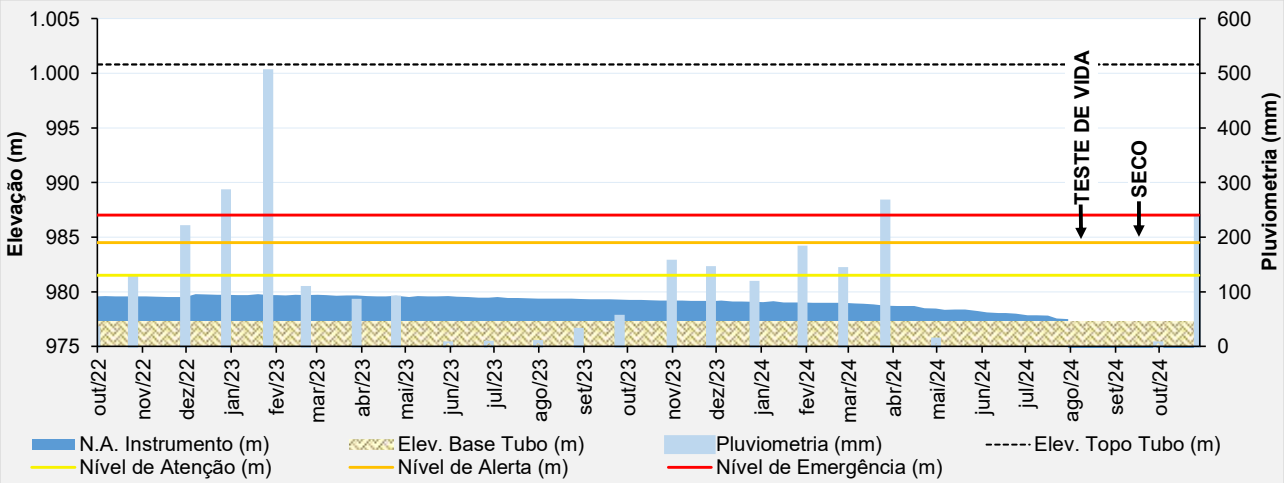


Figura 5.38 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-04.

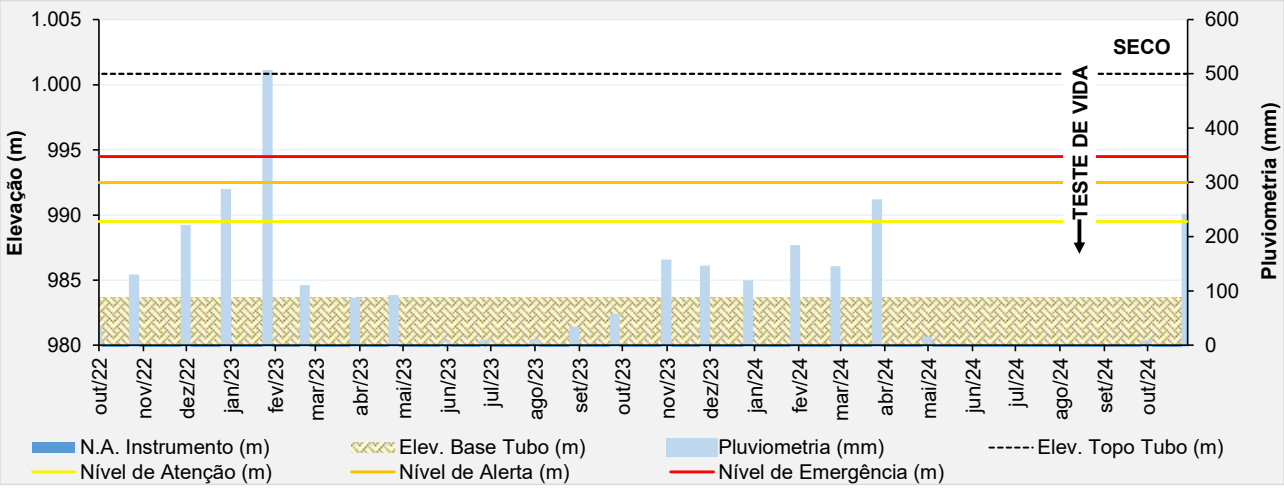


Figura 5.39 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-08.

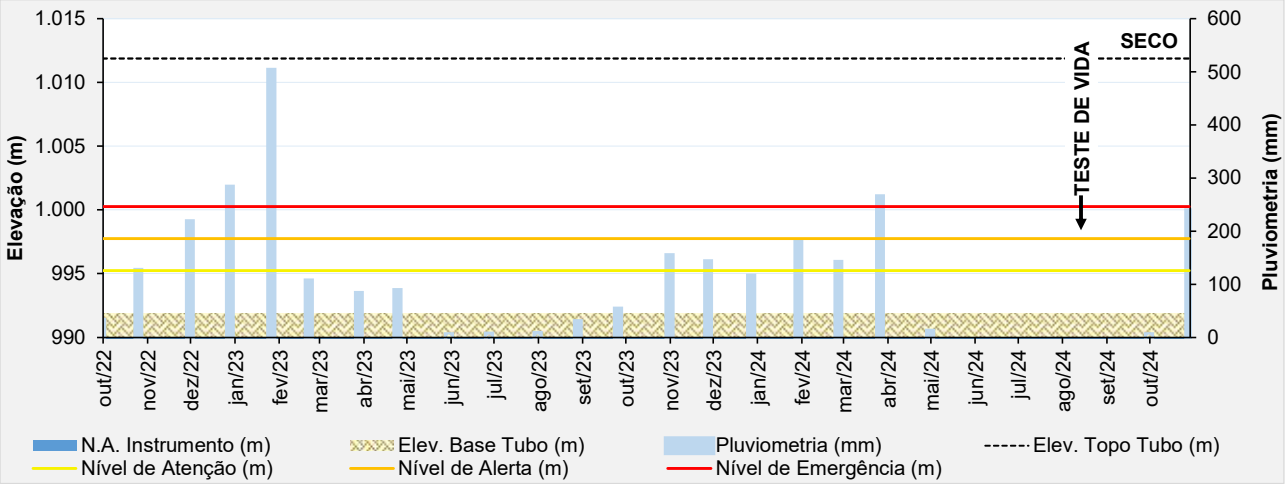


Figura 5.40 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-10A.

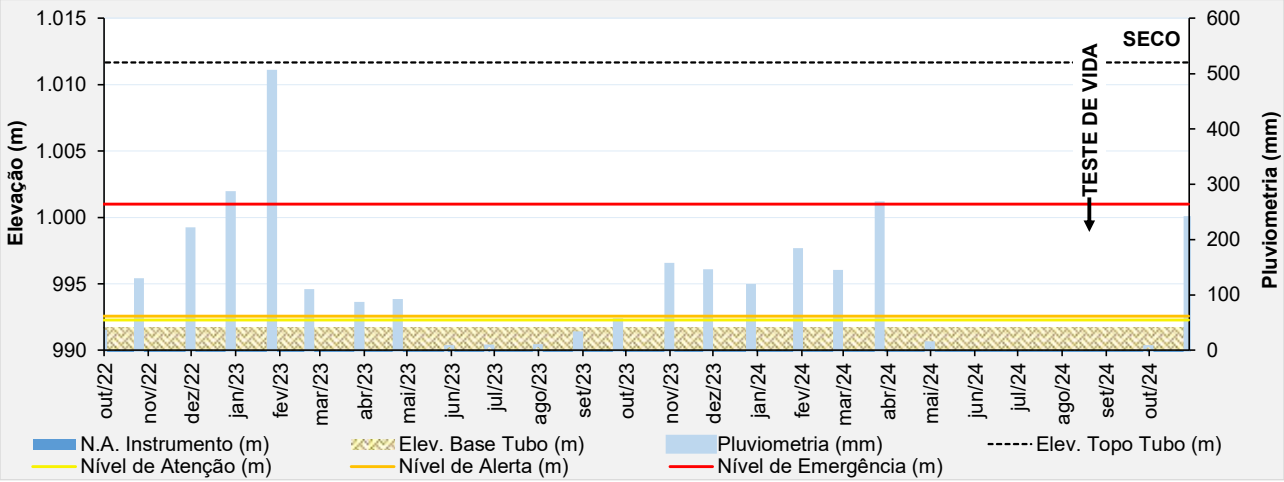


Figura 5.41 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-11A.

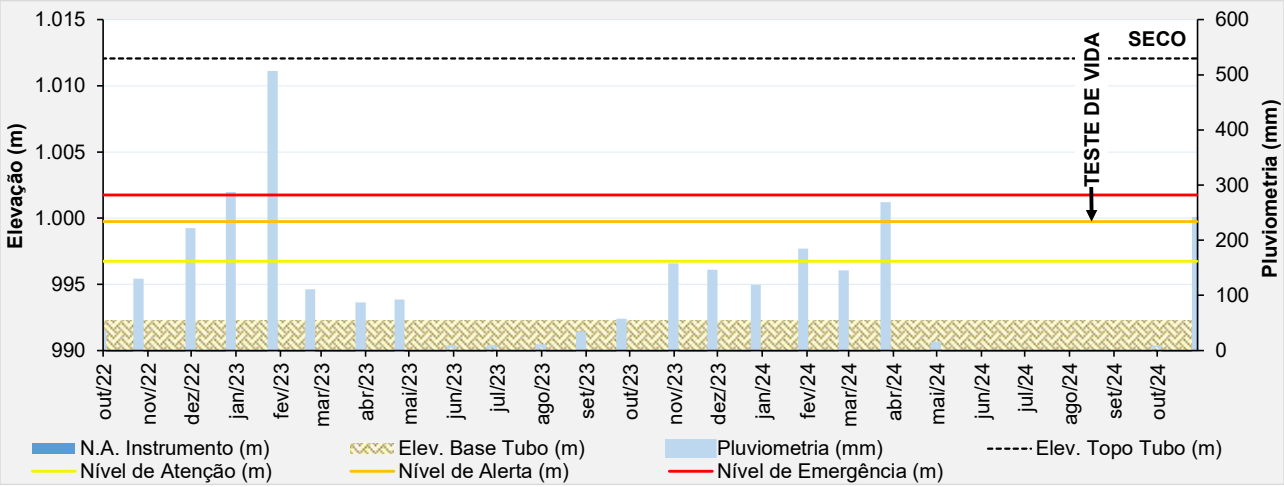


Figura 5.42 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-12A.

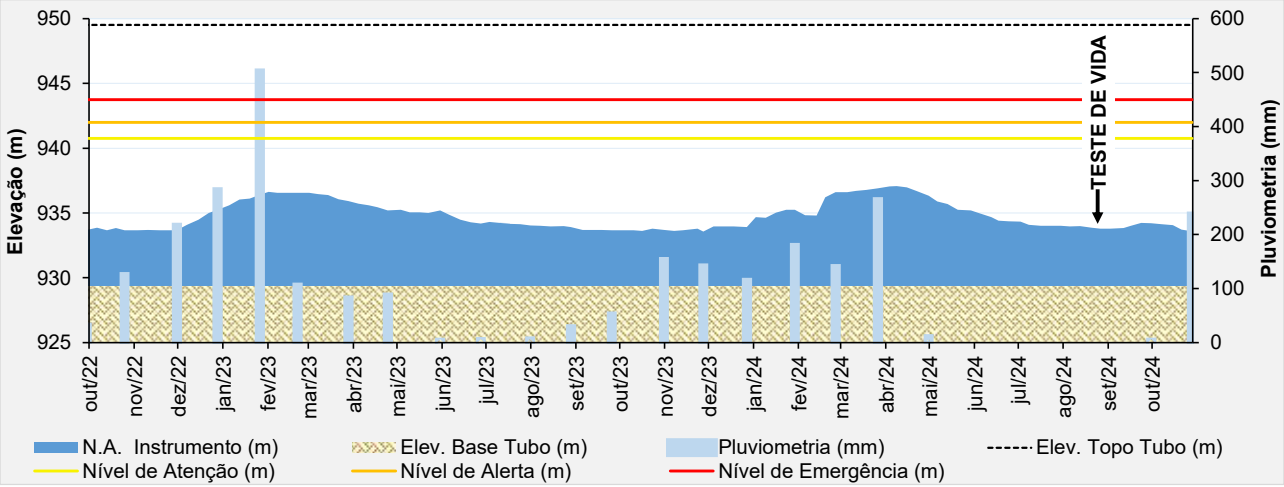


Figura 5.43 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-13.

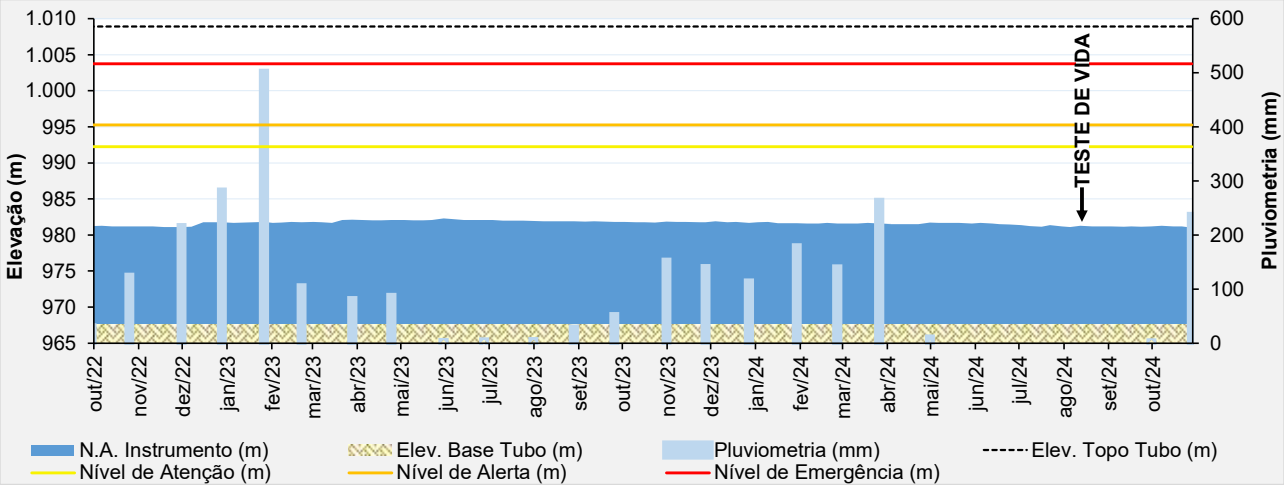


Figura 5.44 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-14.

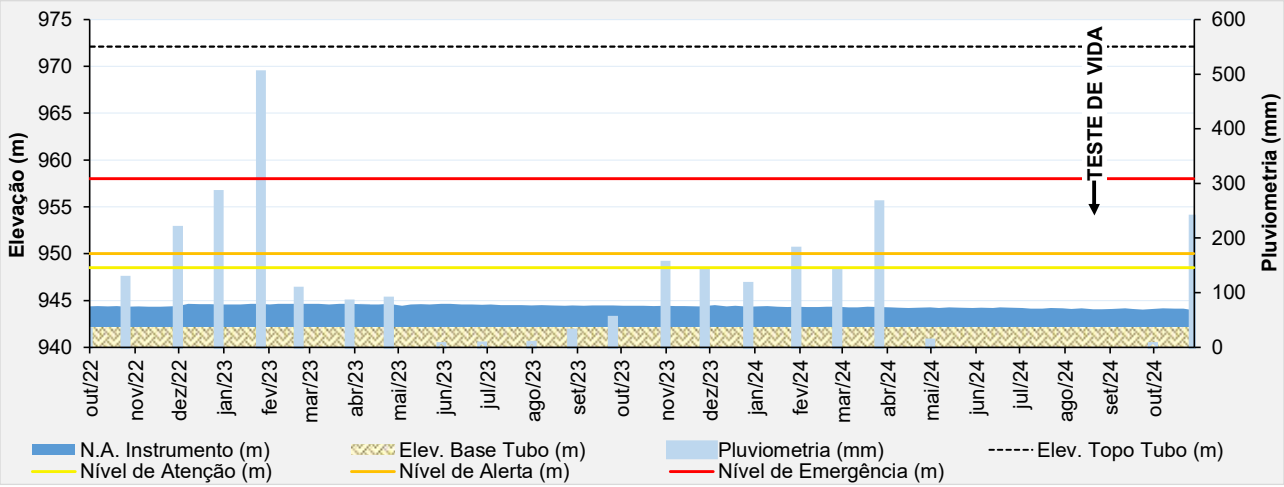


Figura 5.45 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-15.

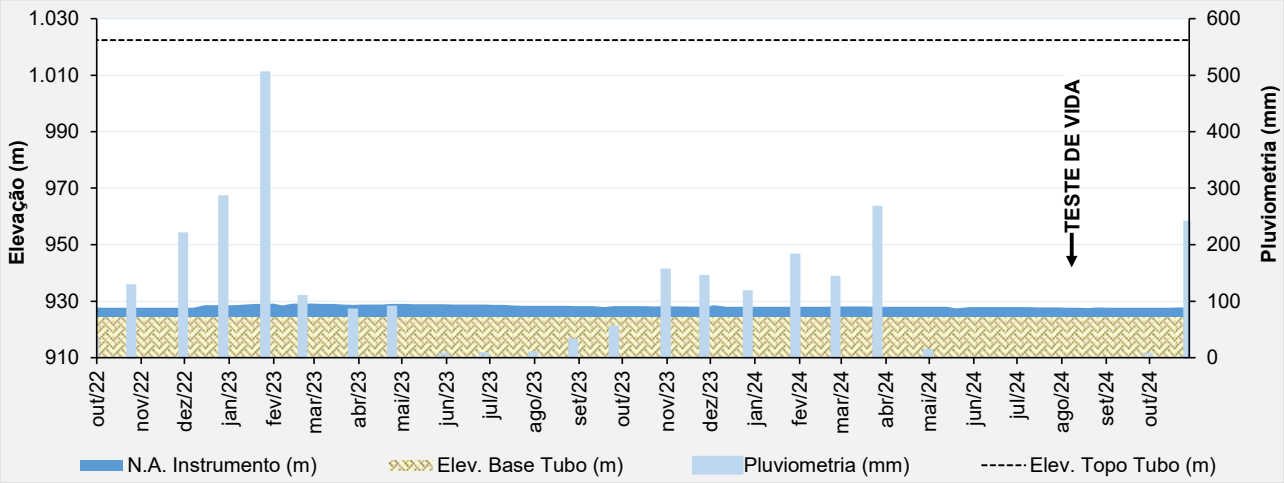


Figura 5.46 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-16.

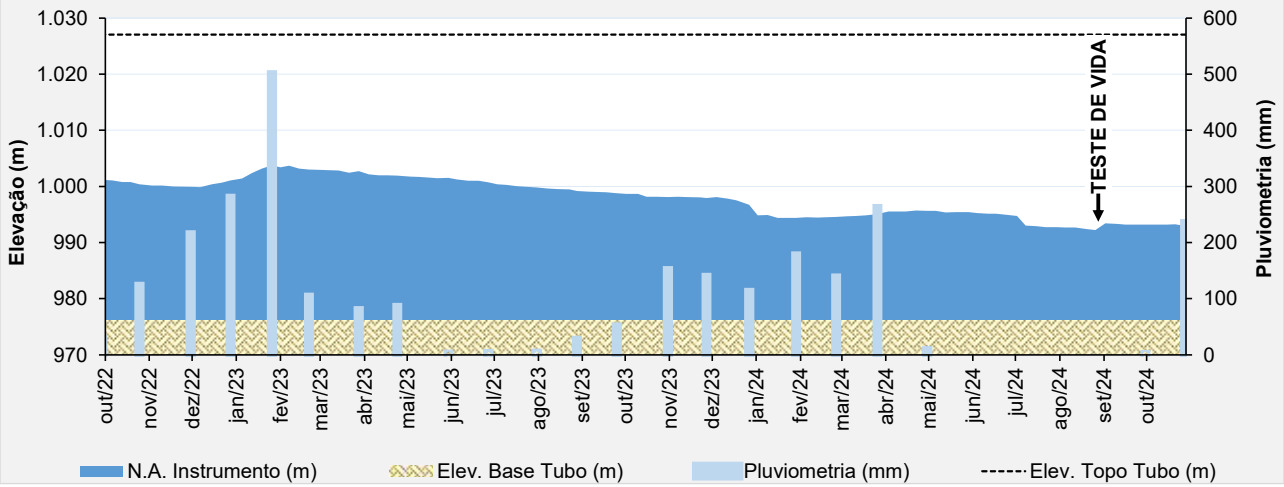


Figura 5.47 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-17.

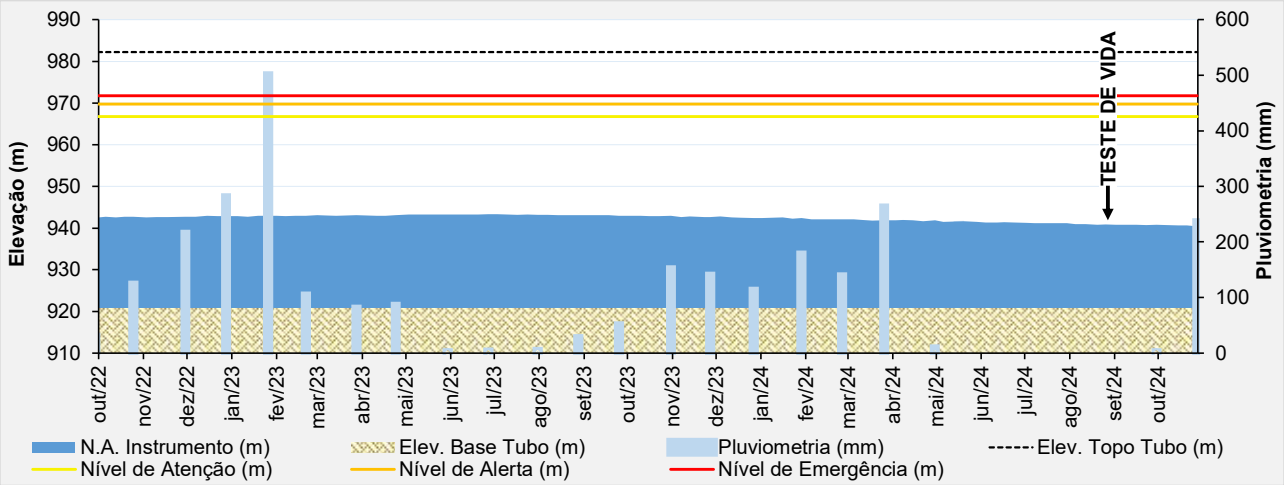


Figura 5.48 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-18.

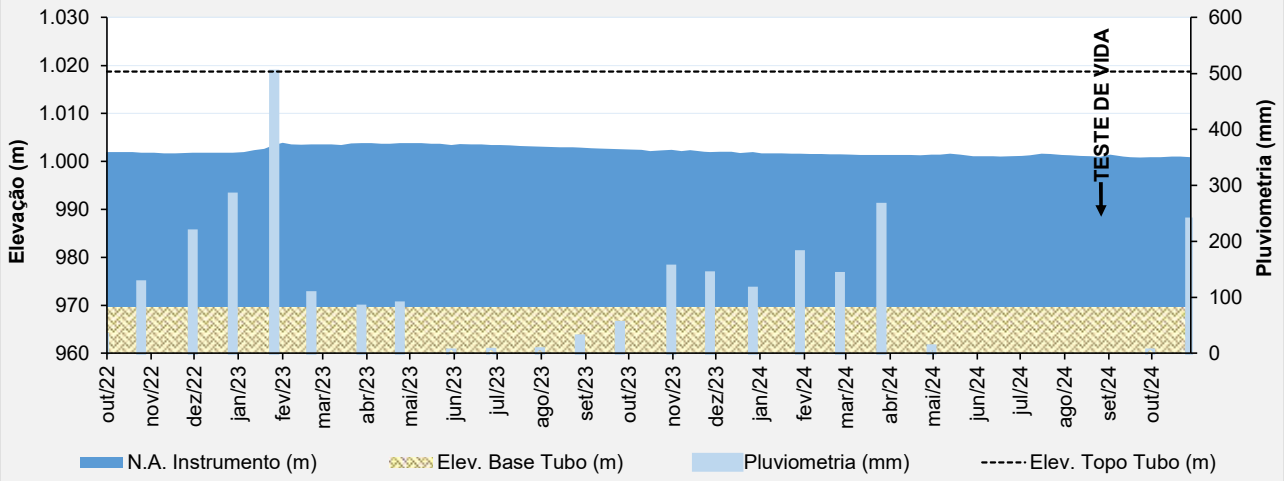


Figura 5.49 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-19.

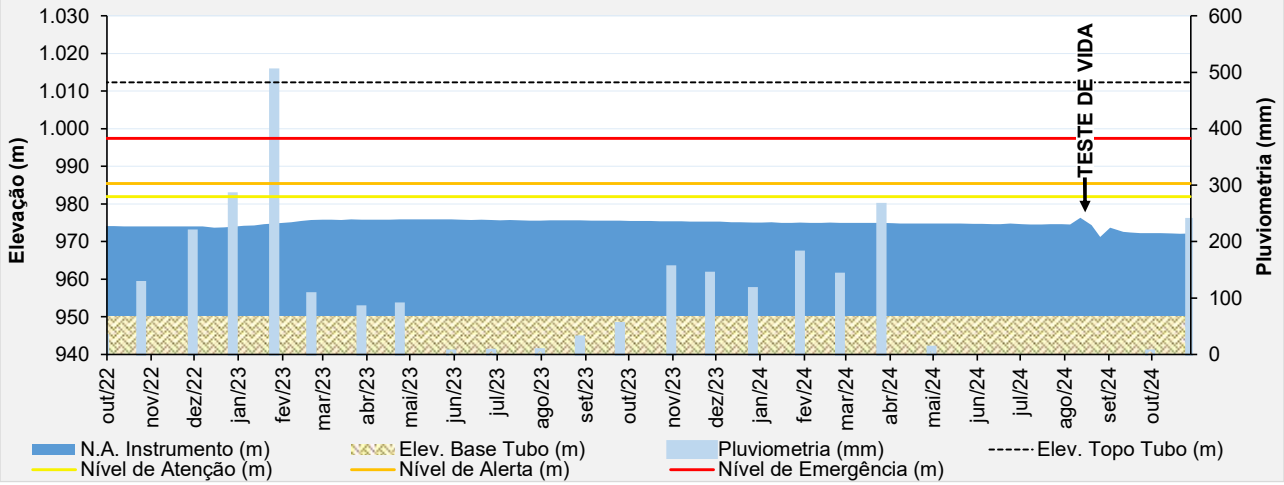


Figura 5.50 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-20.

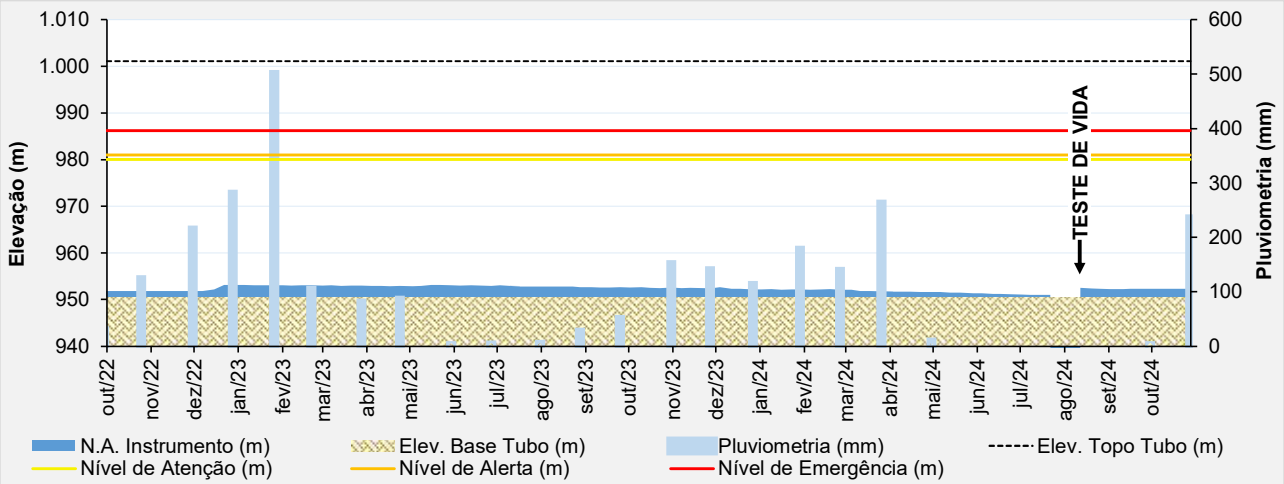


Figura 5.51 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-21.

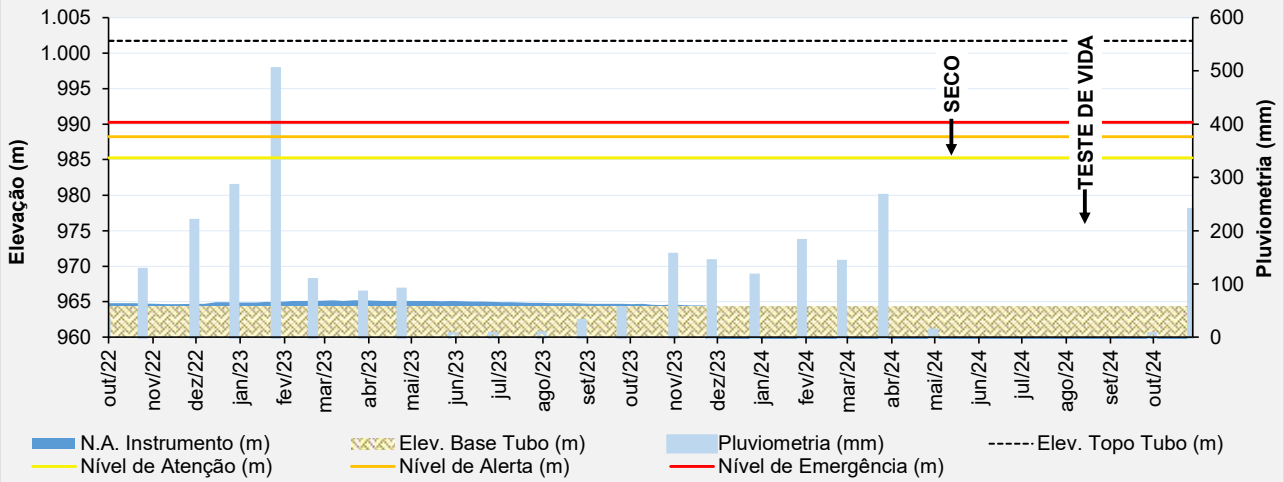


Figura 5.52 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-22.

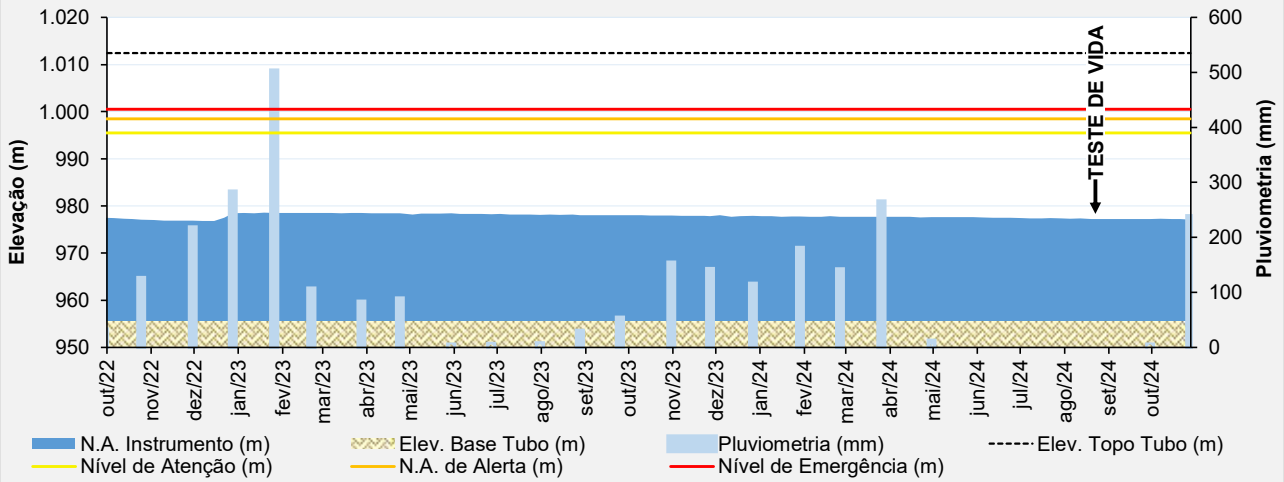


Figura 5.53 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-23.

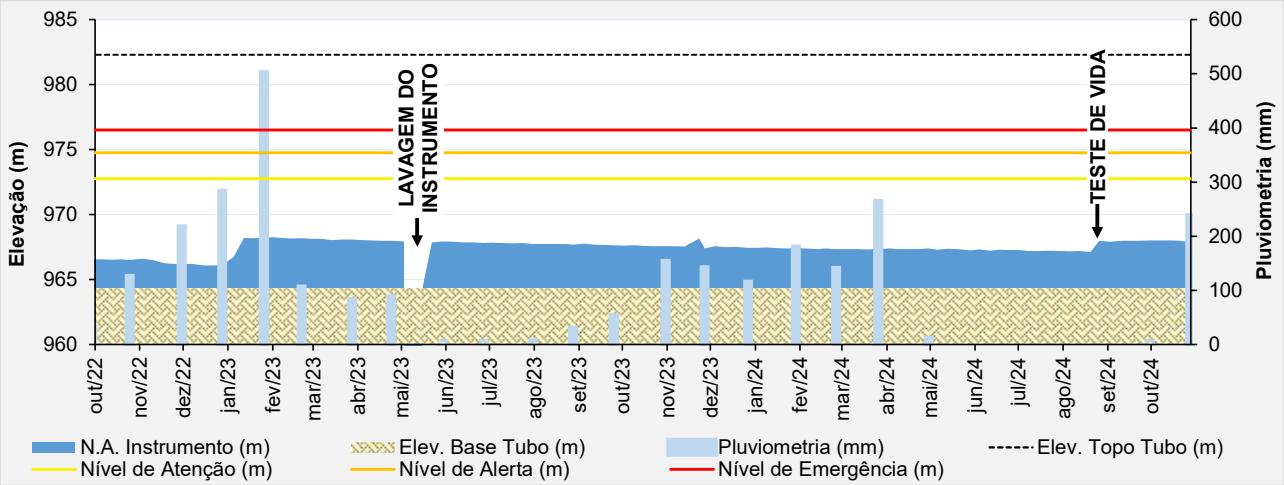


Figura 5.54 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-24.

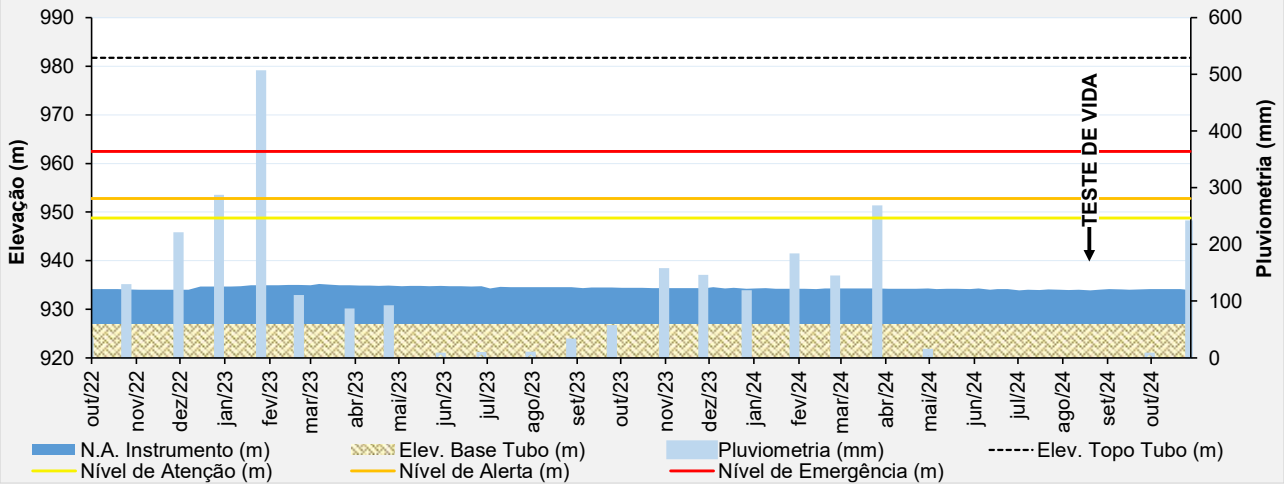


Figura 5.55 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-25.

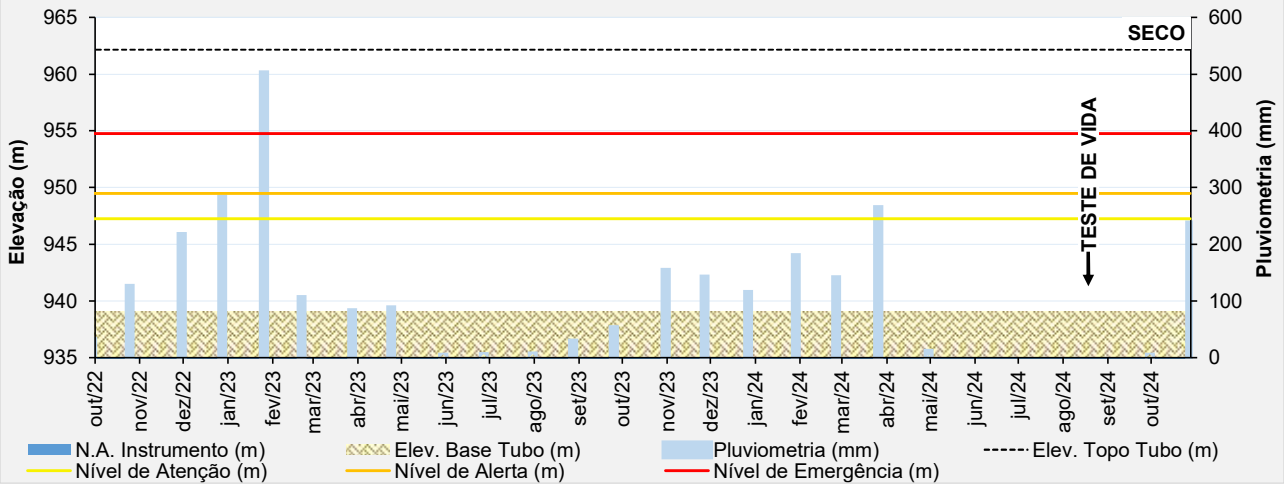


Figura 5.56 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-26.

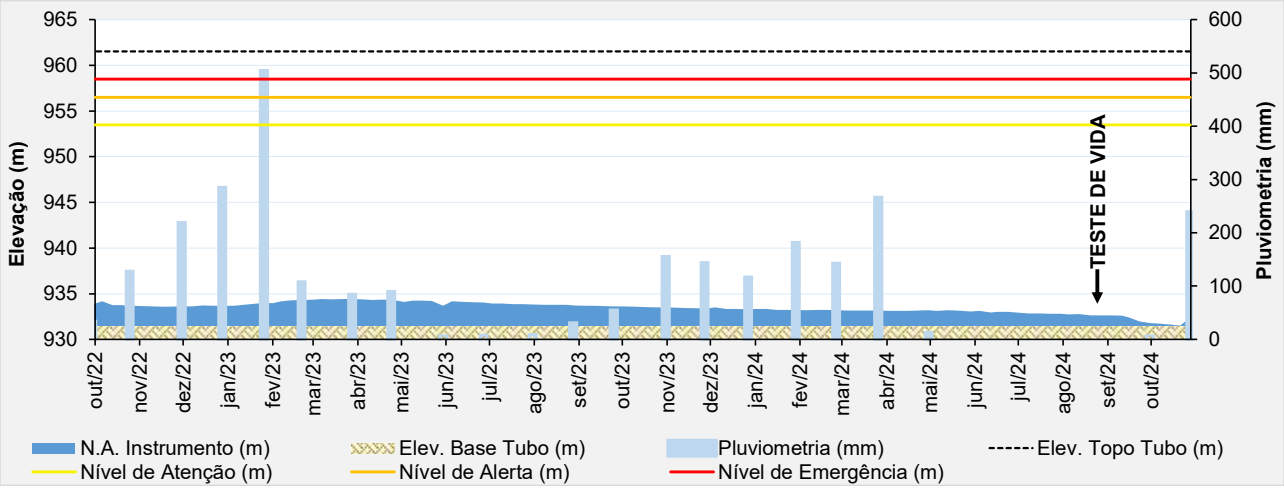


Figura 5.57 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-27.

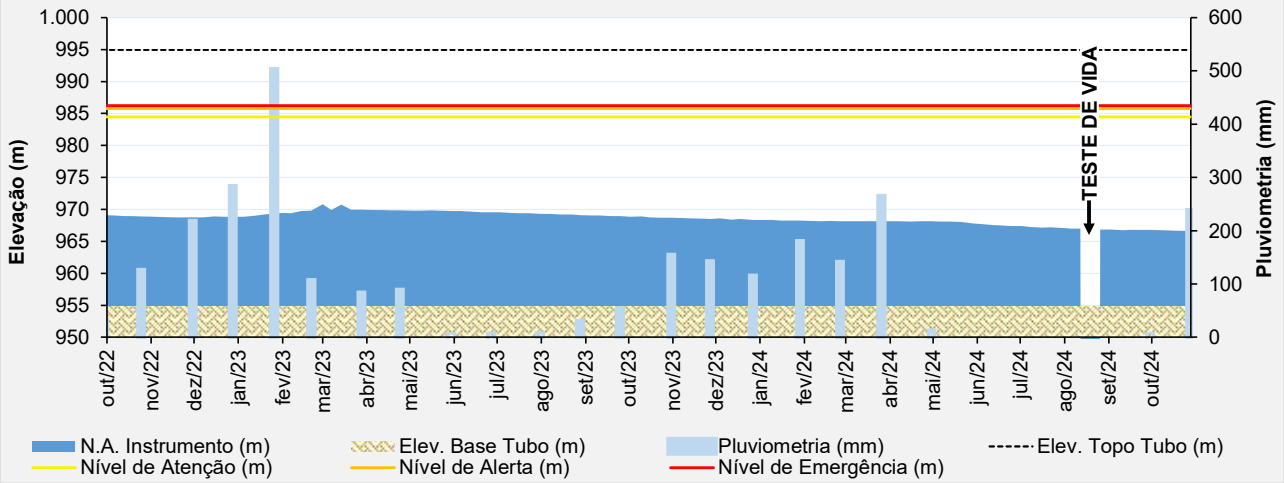


Figura 5.58 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-28.

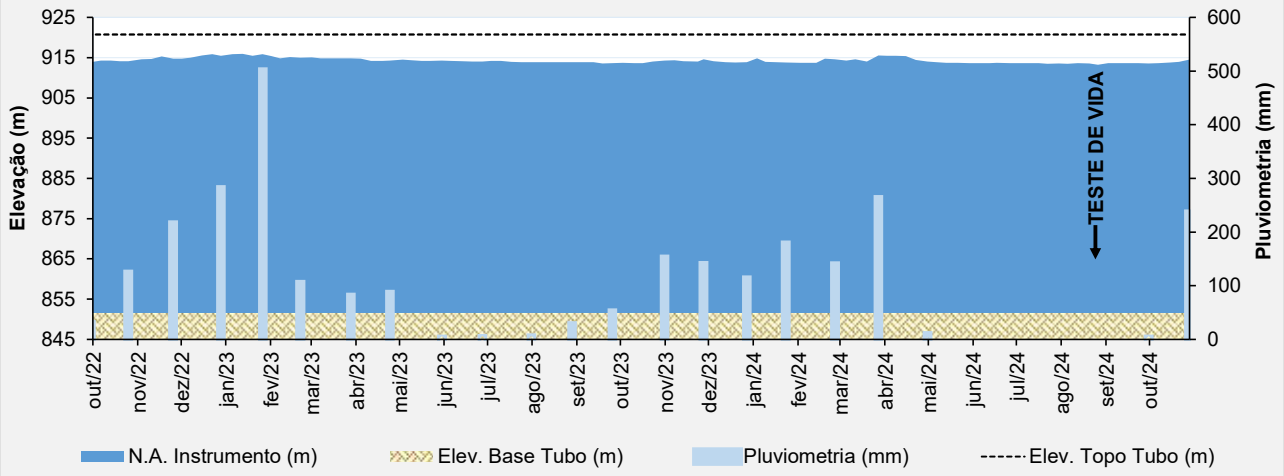


Figura 5.59 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-03 ECO.

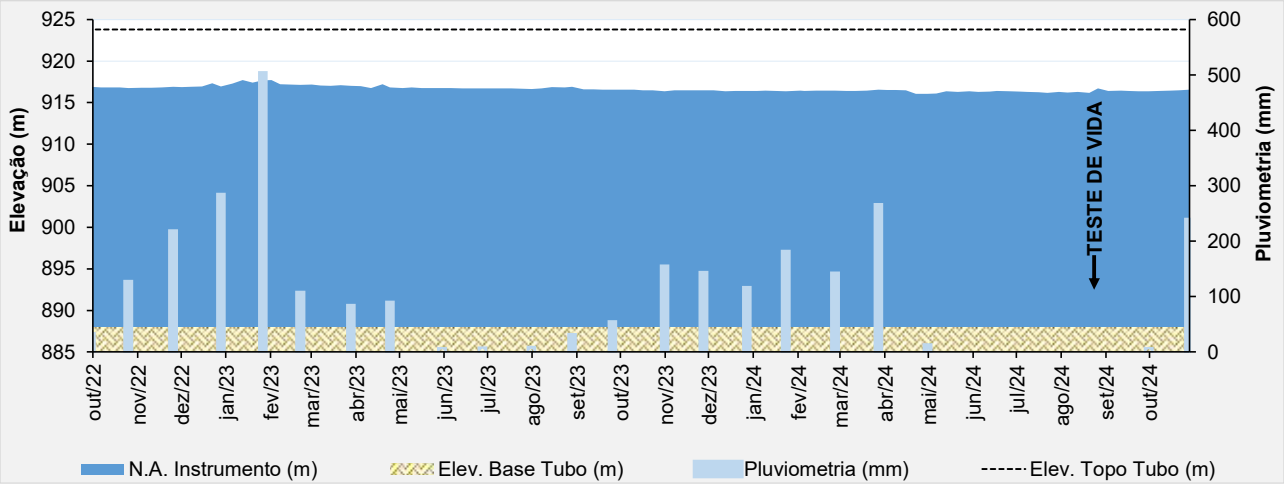


Figura 5.60 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-04 ECO.

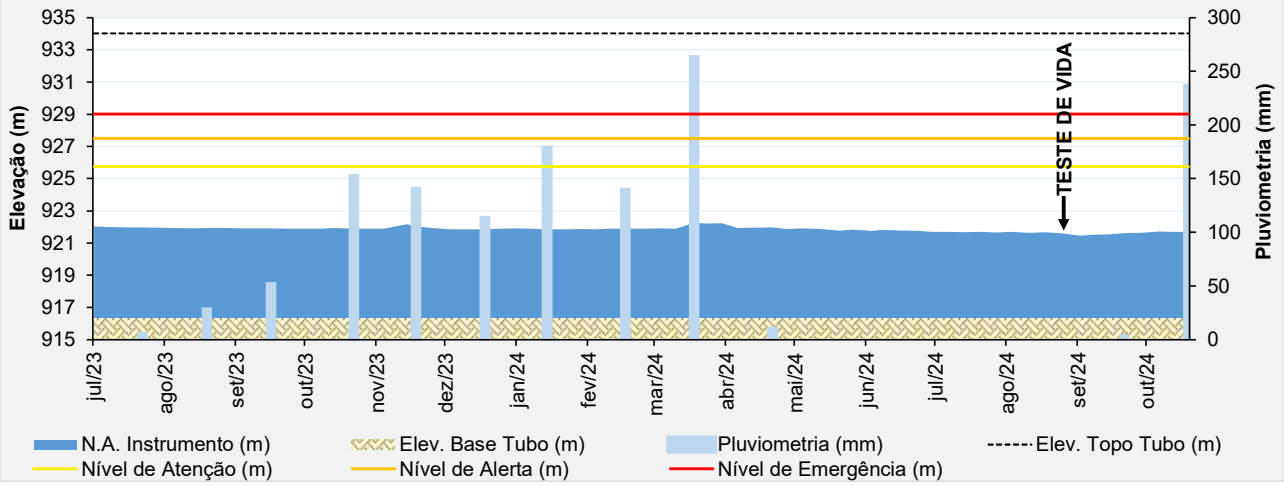


Figura 5.61 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-05 ECO.

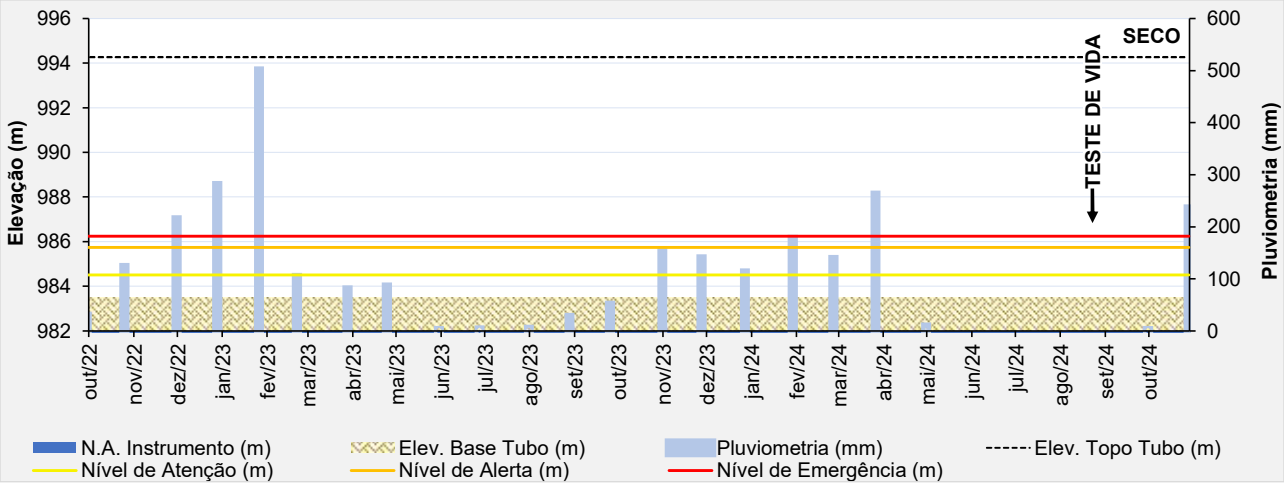


Figura 5.62 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01.

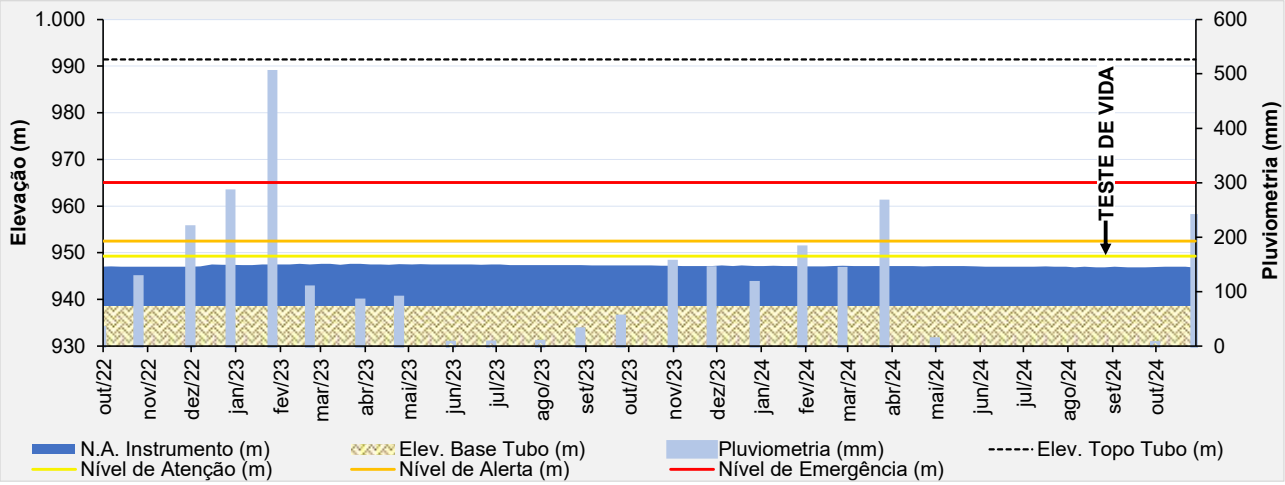


Figura 5.63 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01B.

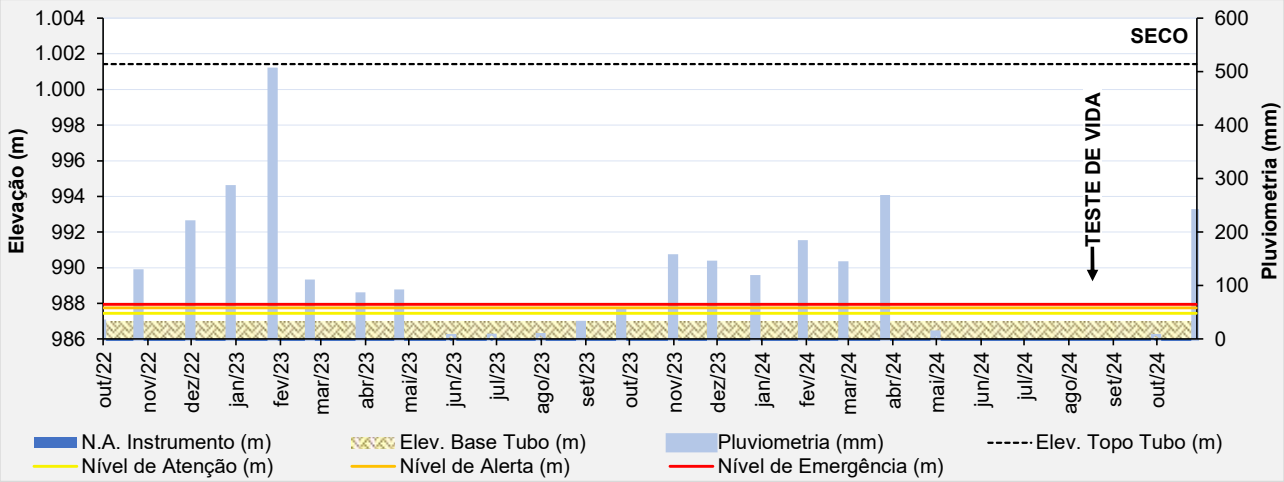


Figura 5.64 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-02.

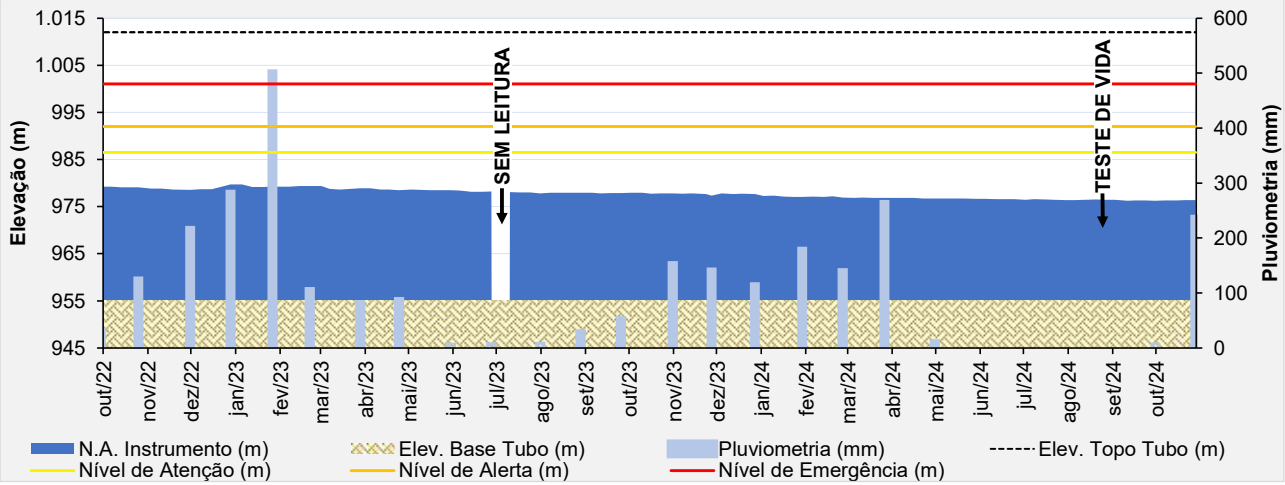


Figura 5.65 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-02B.

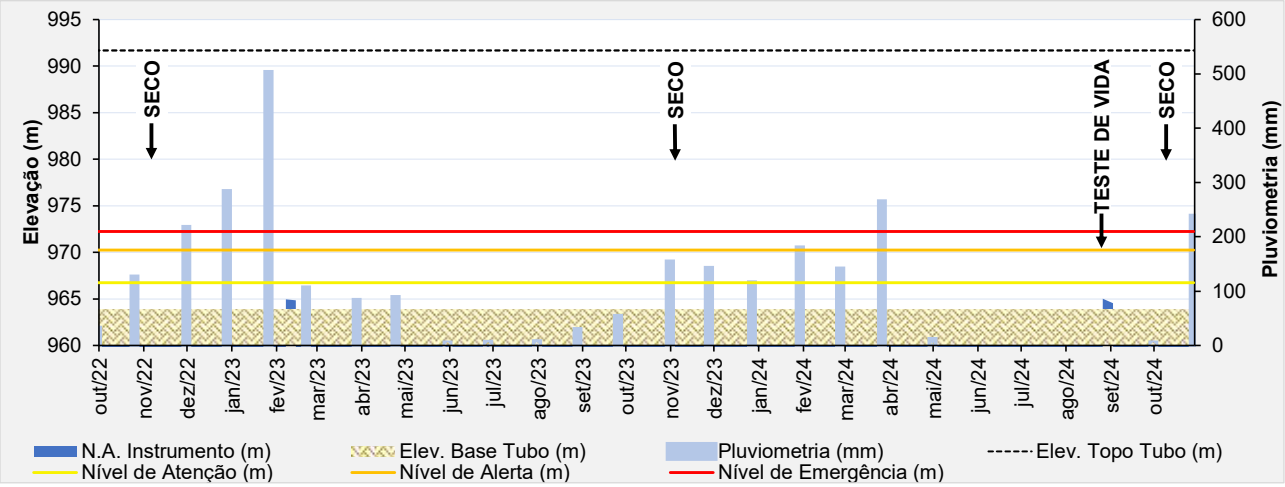


Figura 5.66 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-03.

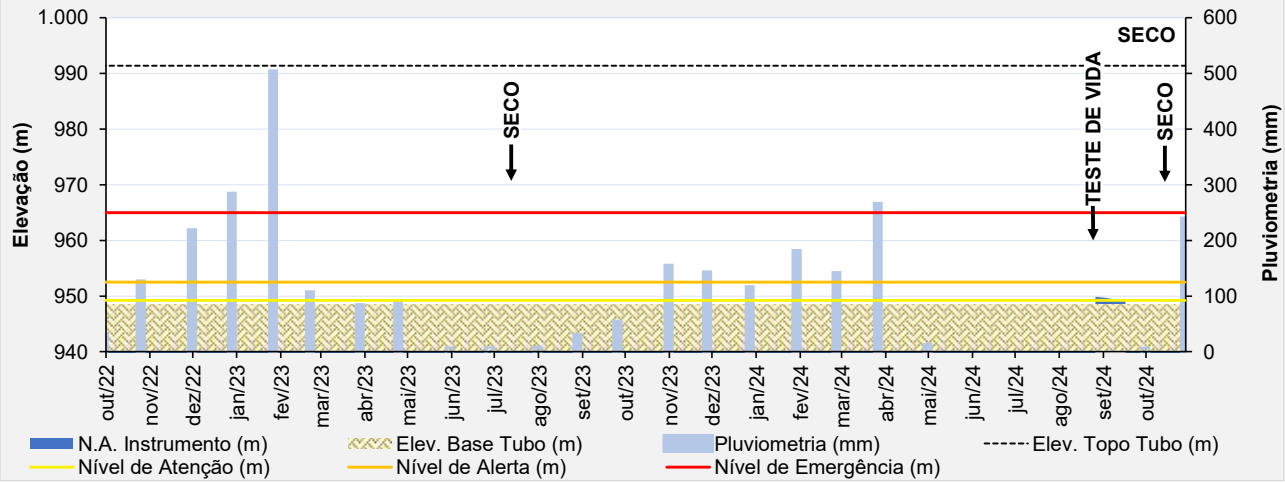


Figura 5.67 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-04.

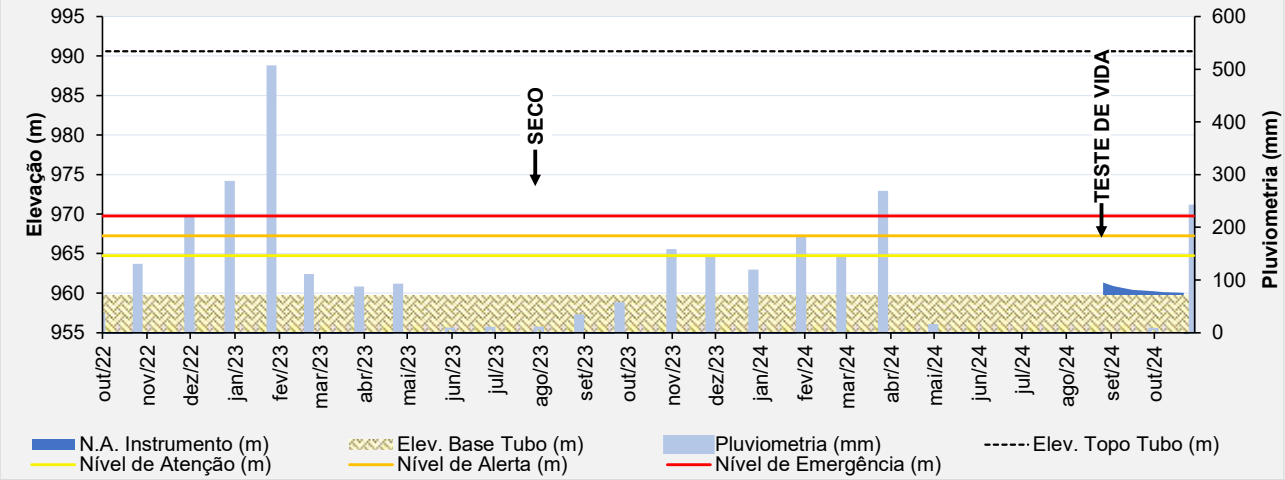


Figura 5.68 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-05.

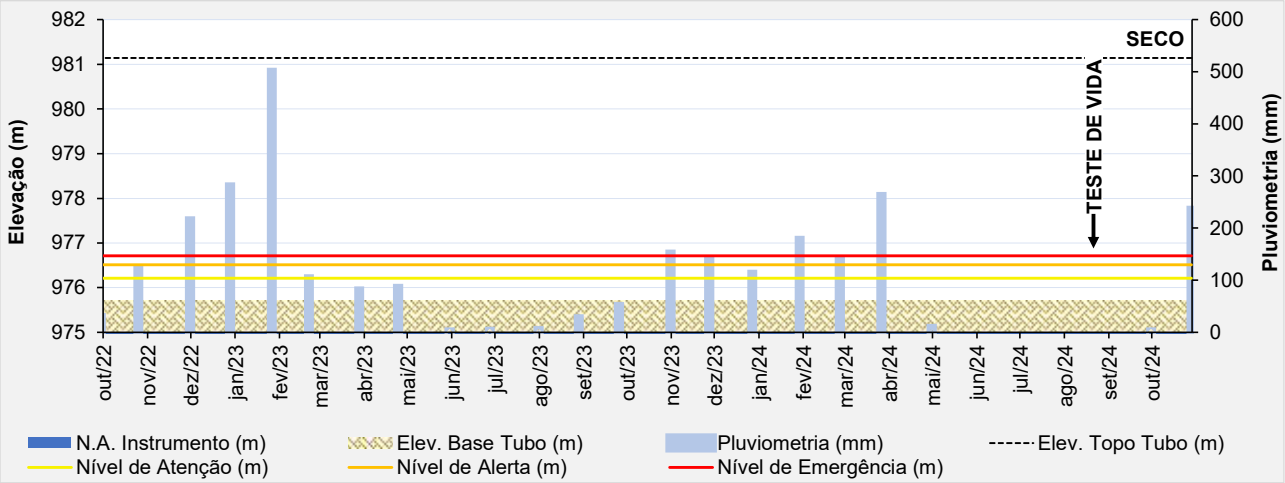


Figura 5.69 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-06.

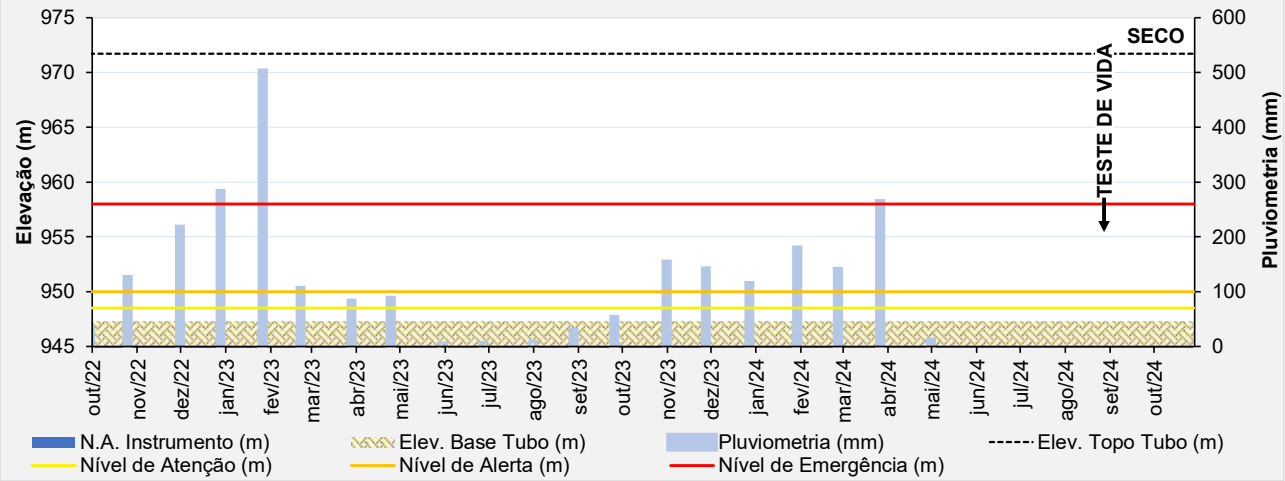


Figura 5.70 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-07.

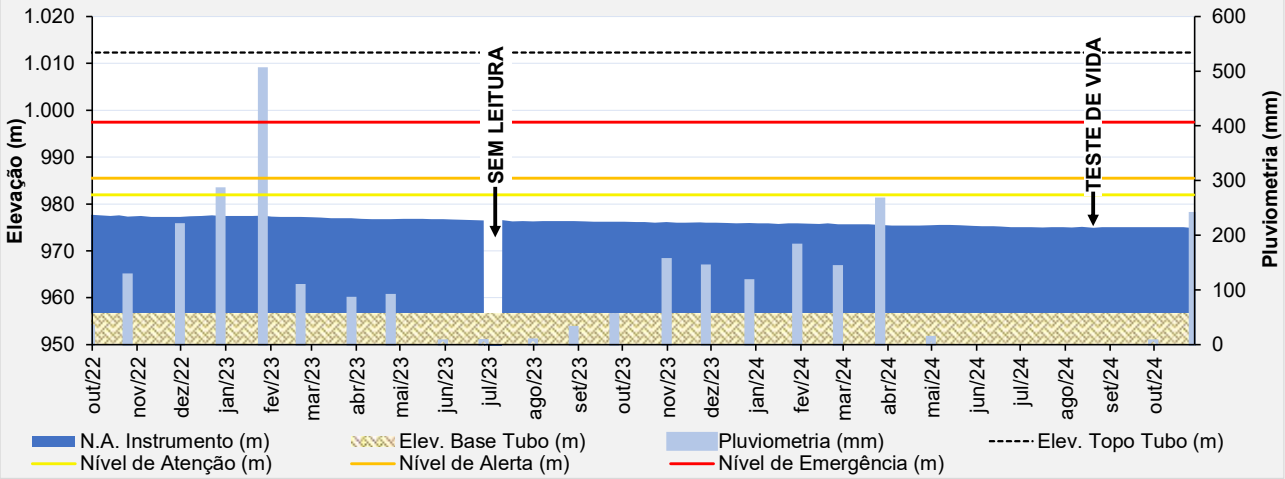


Figura 5.71 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-08.

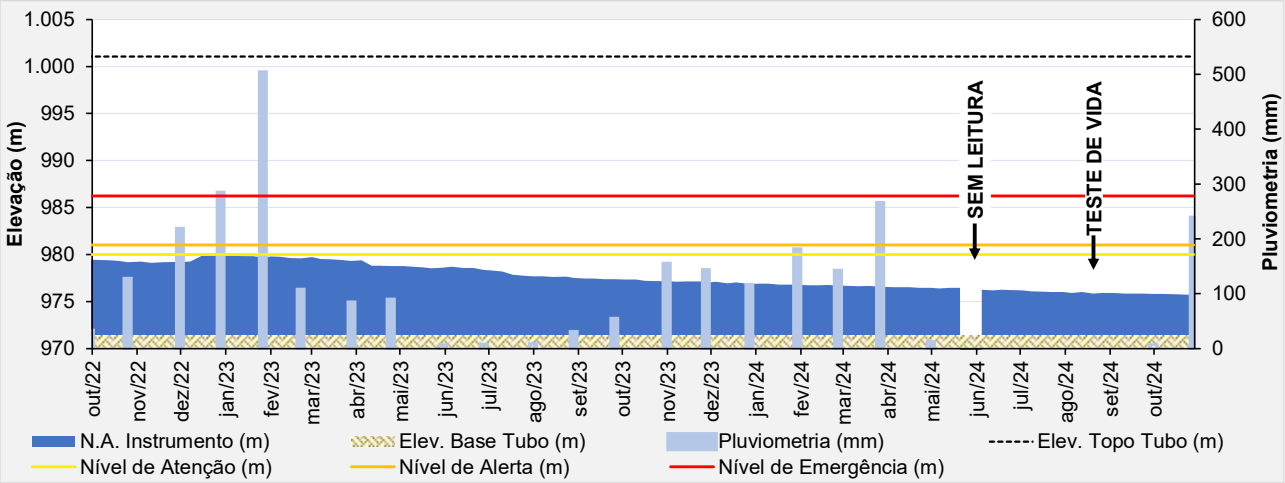


Figura 5.72 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-09.

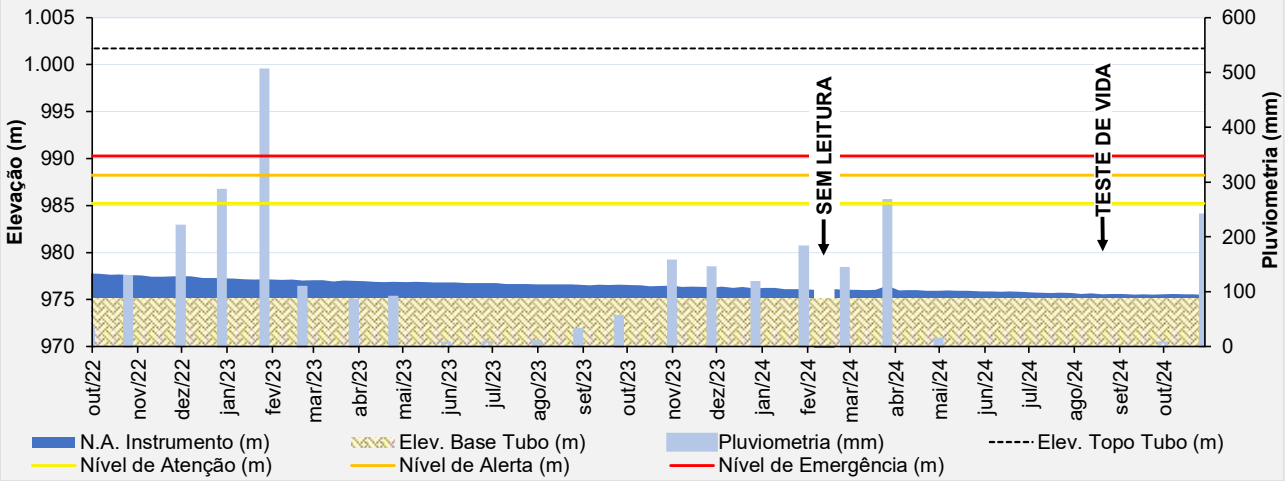


Figura 5.73 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-10.

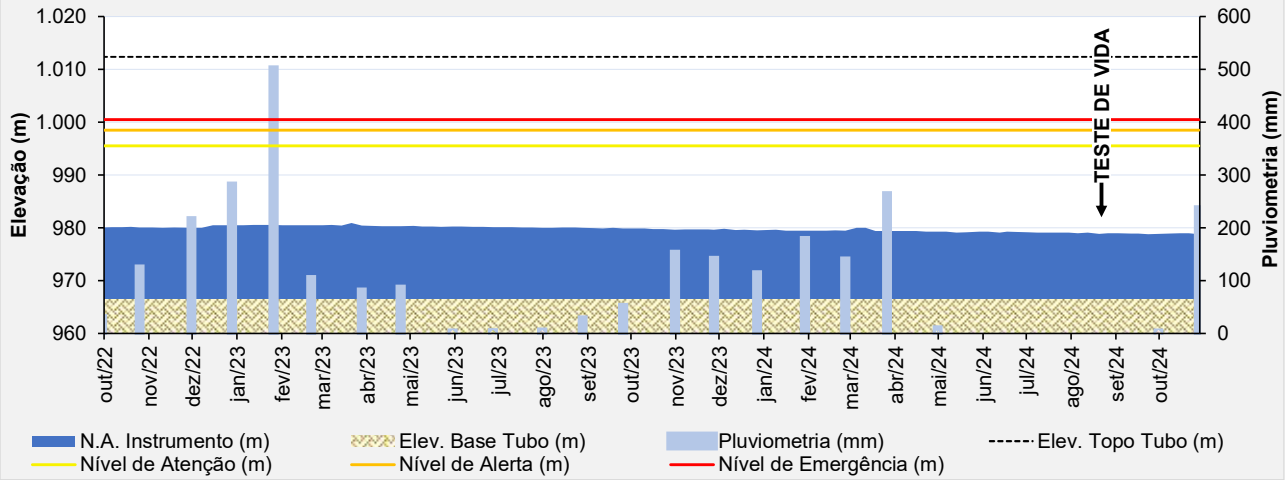


Figura 5.74 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-11.

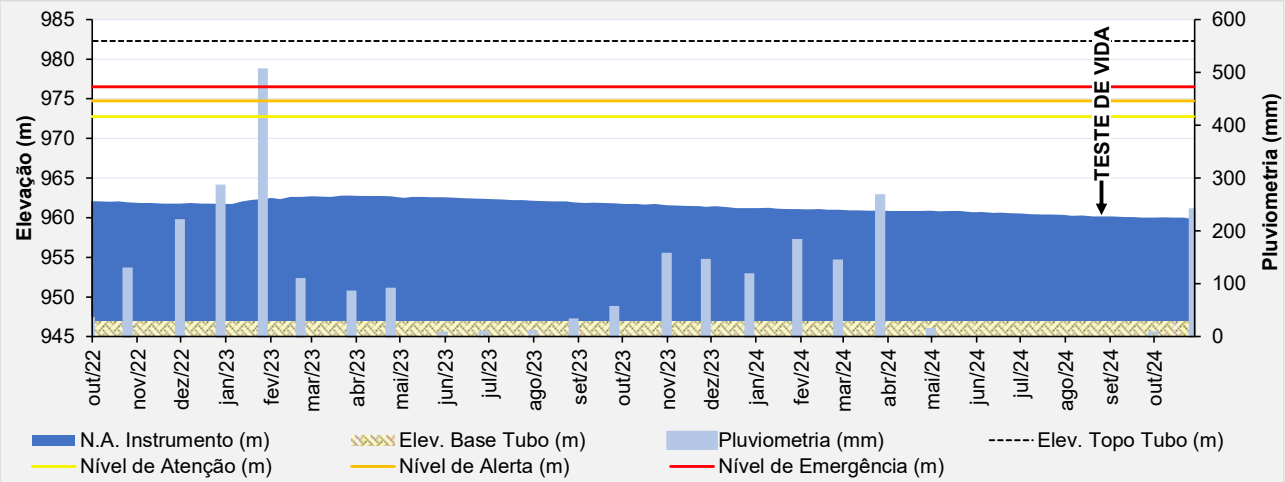


Figura 5.75 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-12.

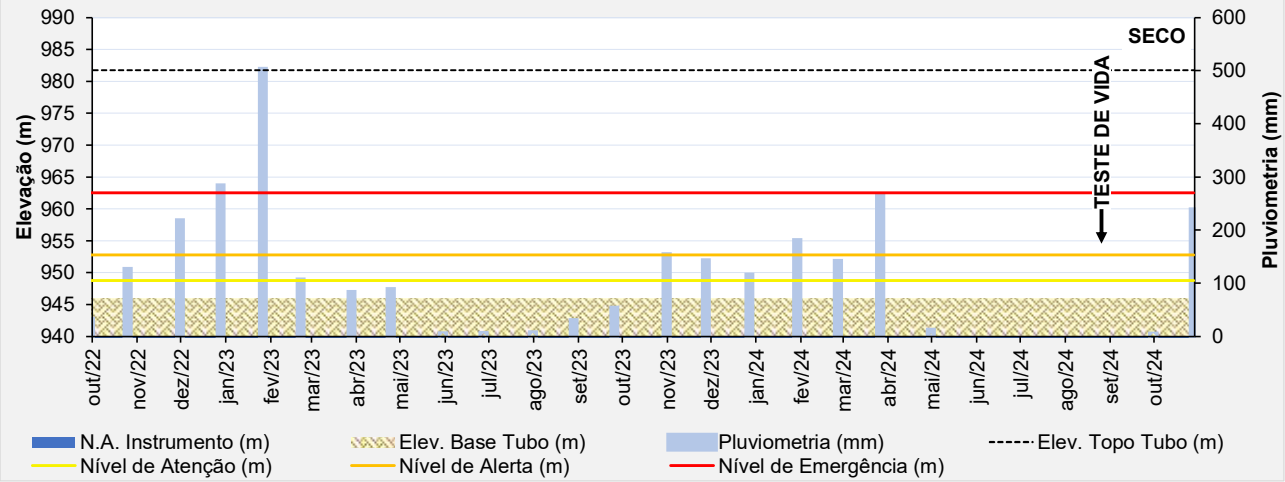


Figura 5.76 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-13.

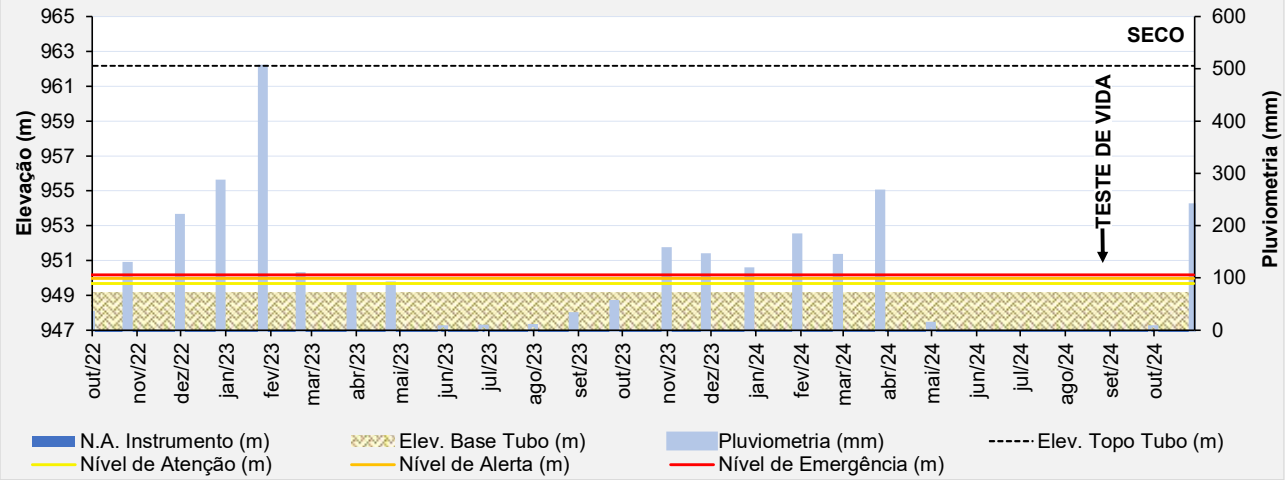


Figura 5.77 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-14.

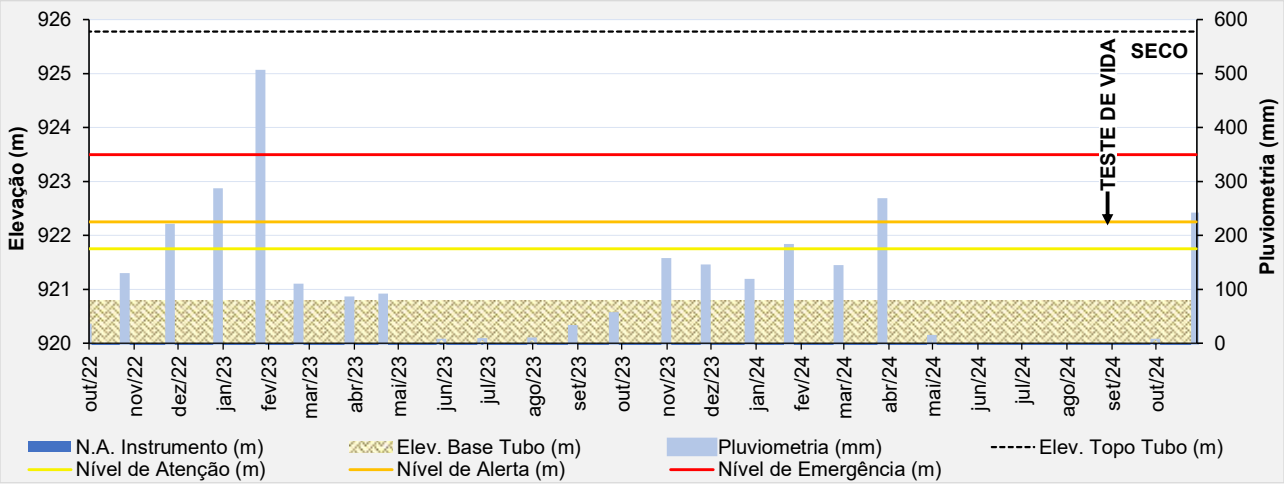


Figura 5.78 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01A ECO.

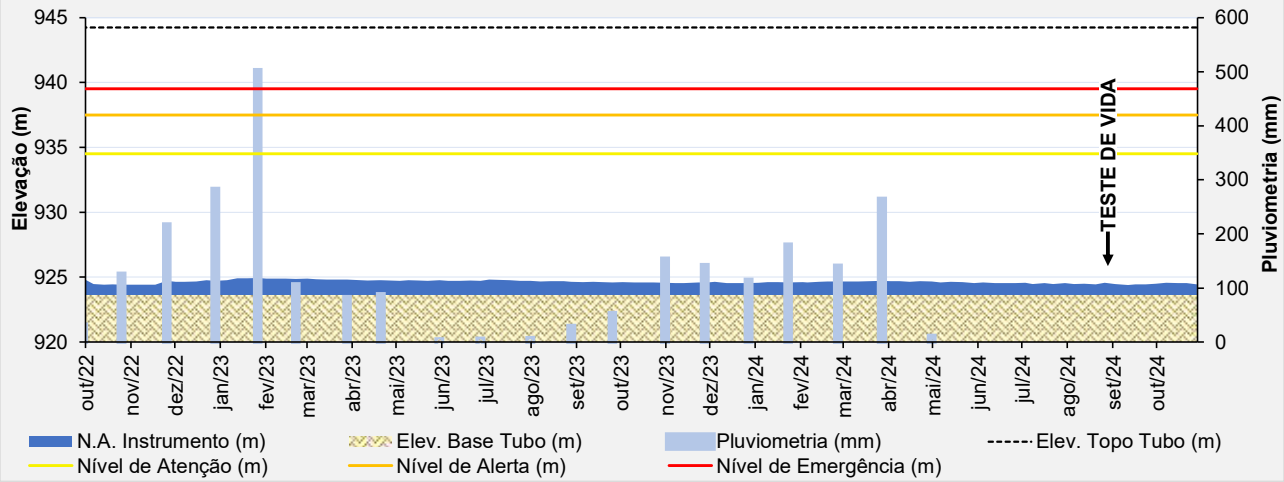


Figura 5.79 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-03 ECO.

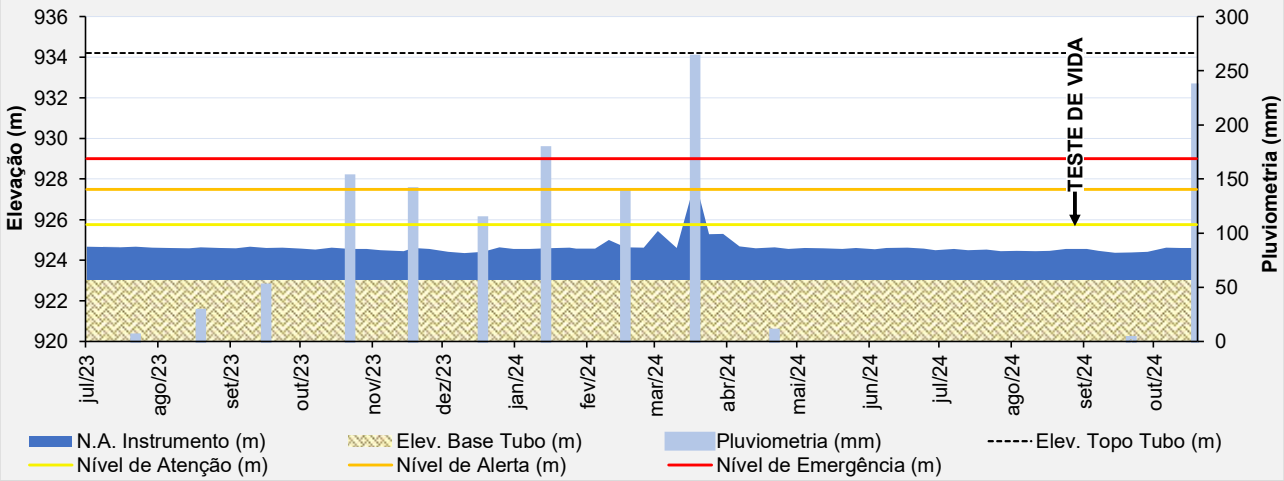


Figura 5.80 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-04 ECO.

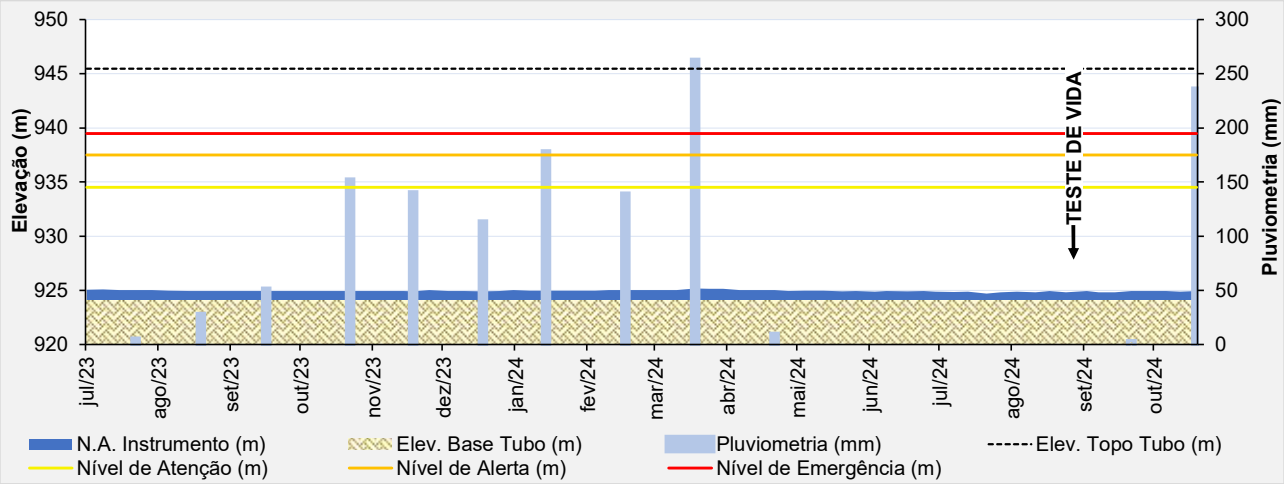


Figura 5.81 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-05 ECO.

- **Placa Indicadora de Vazão**

As leituras da placa indicadora de vazões tiveram grande oscilação em decorrência de precipitações mais elevadas. Quando se compara o período de agosto/24 a outubro/24, obteve-se uma média das leituras das vazões igual a 0,03 m³/h, tendo vazões variando de 0 até 0,40 m³/h. O fluxo na placa indicadora de vazão foi baixo no último trimestre, ficando seco até meados de outubro/2024.

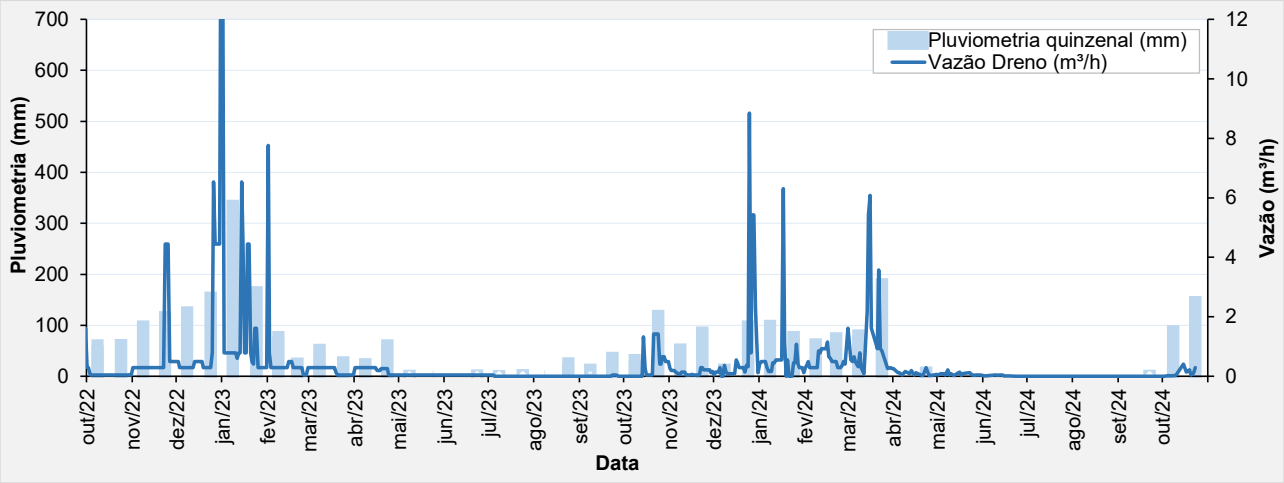


Figura 5.82 – Histórico de leituras da placa indicadora de vazões.

- **Prismas de Monitoramento**

Para controle de deslocamento em superfície, atualmente, existem 70 prismas fixos instalados no maciço da barragem e monitorados por uma estação robótica fixa instalada no terreno natural na ombreira esquerda da barragem como pode ser visto na Figura 5.10.

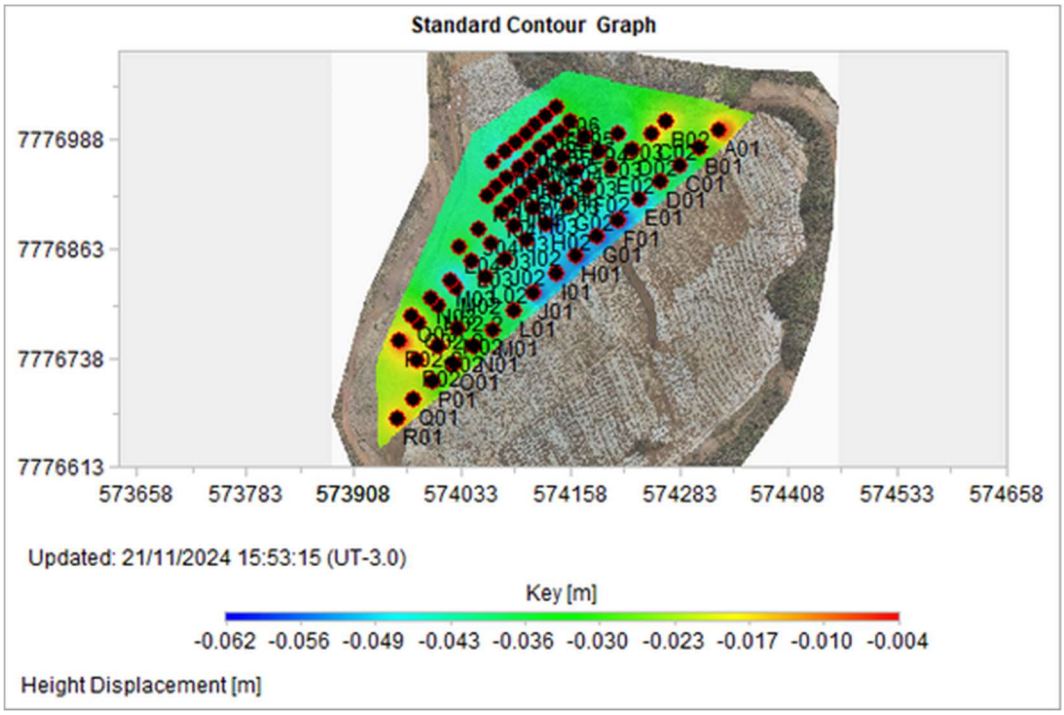


Figura 5.83 – Registros dos deslocamentos verticais dos prismas.

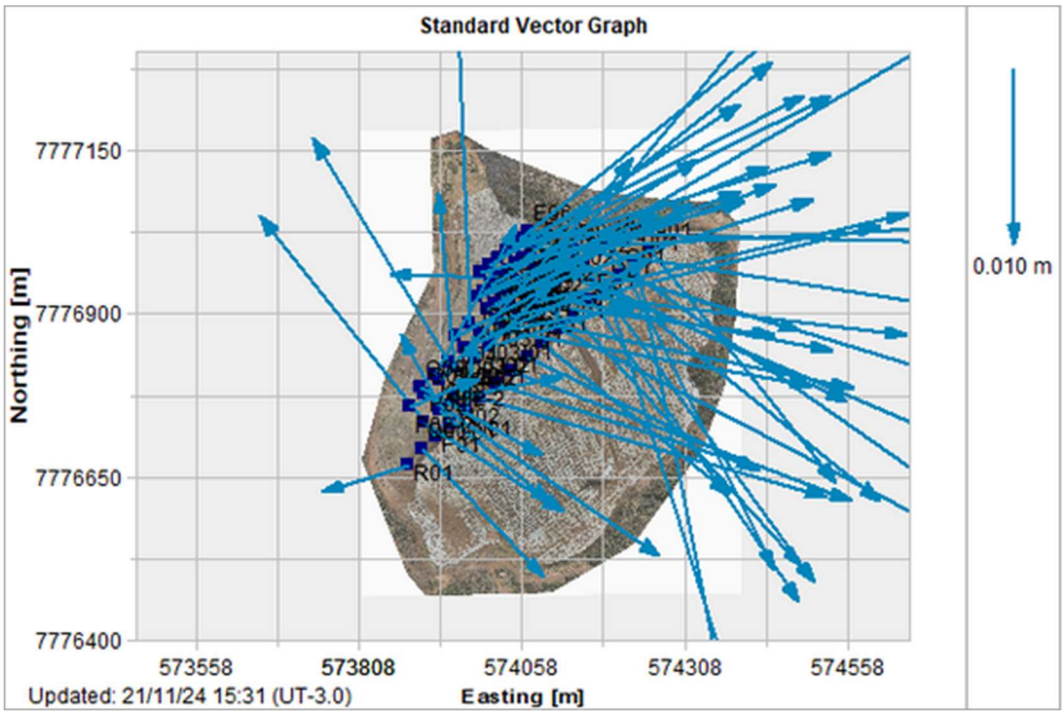


Figura 5.84 – Registros dos vetores deslocamento dos prismas.

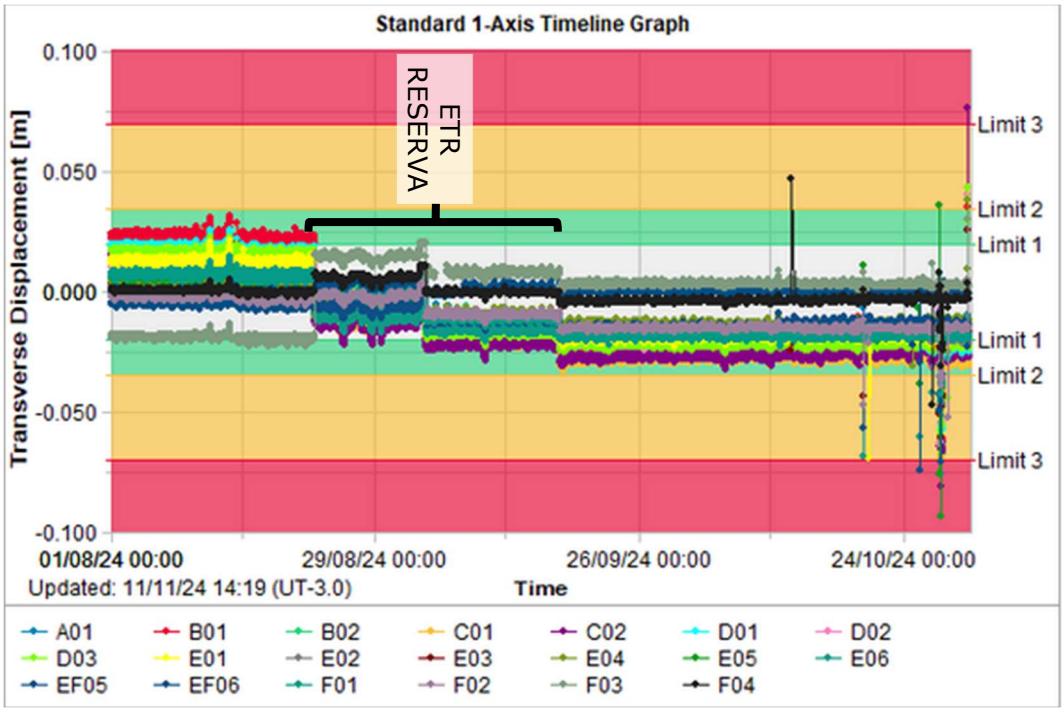


Figura 5.85 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

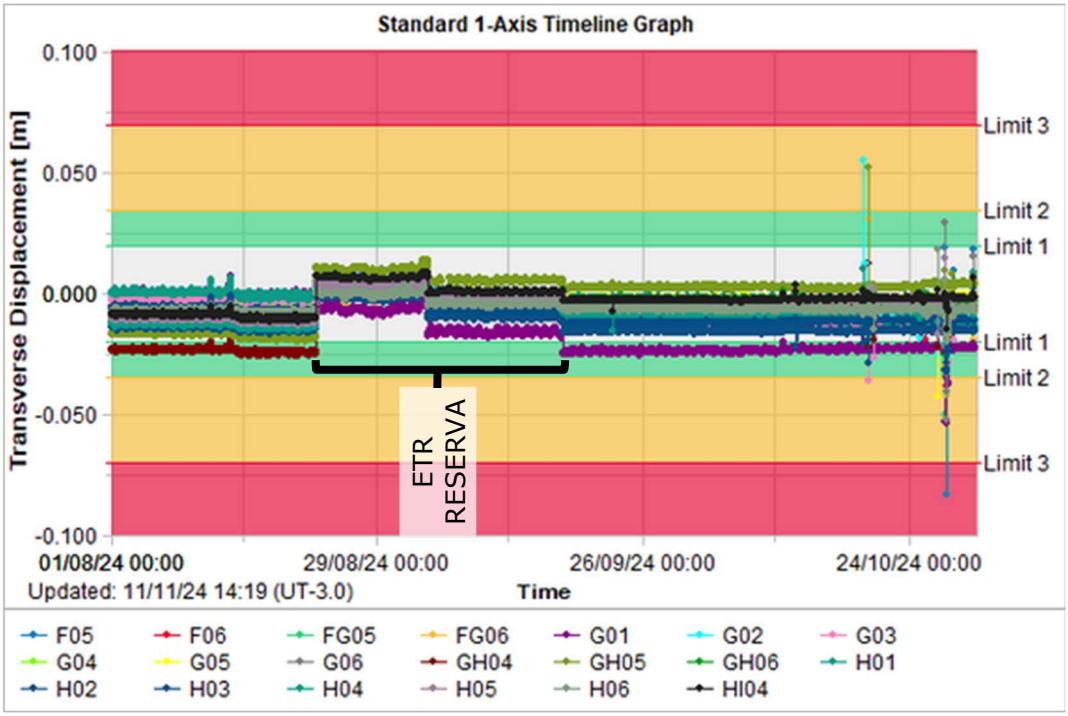


Figura 5.86 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

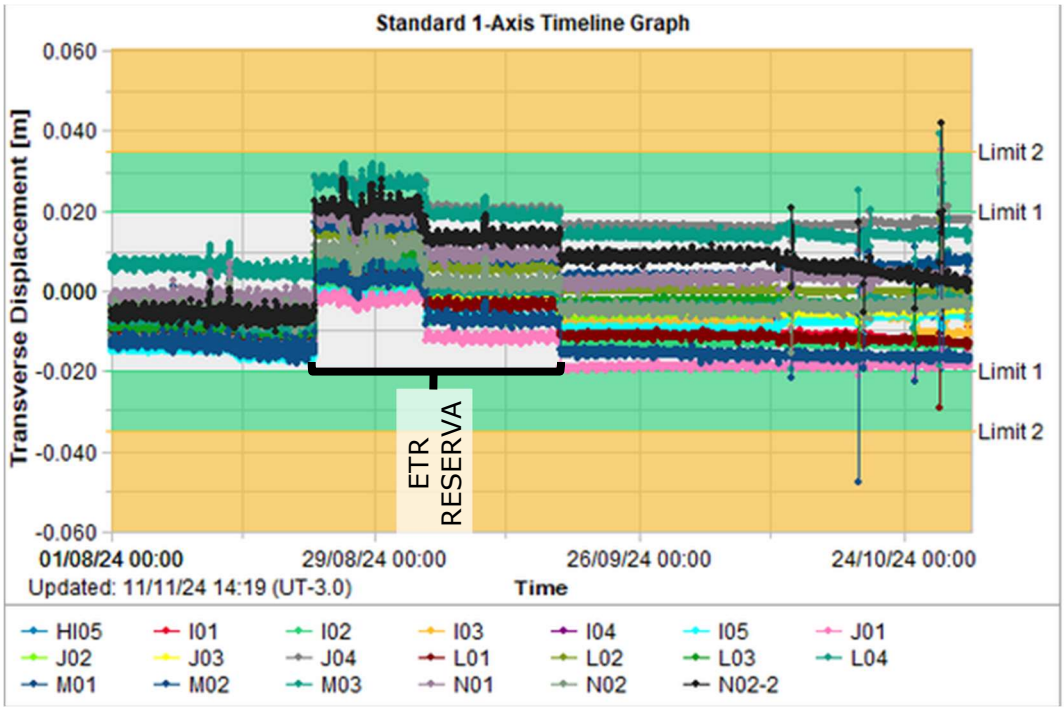


Figura 5.87 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

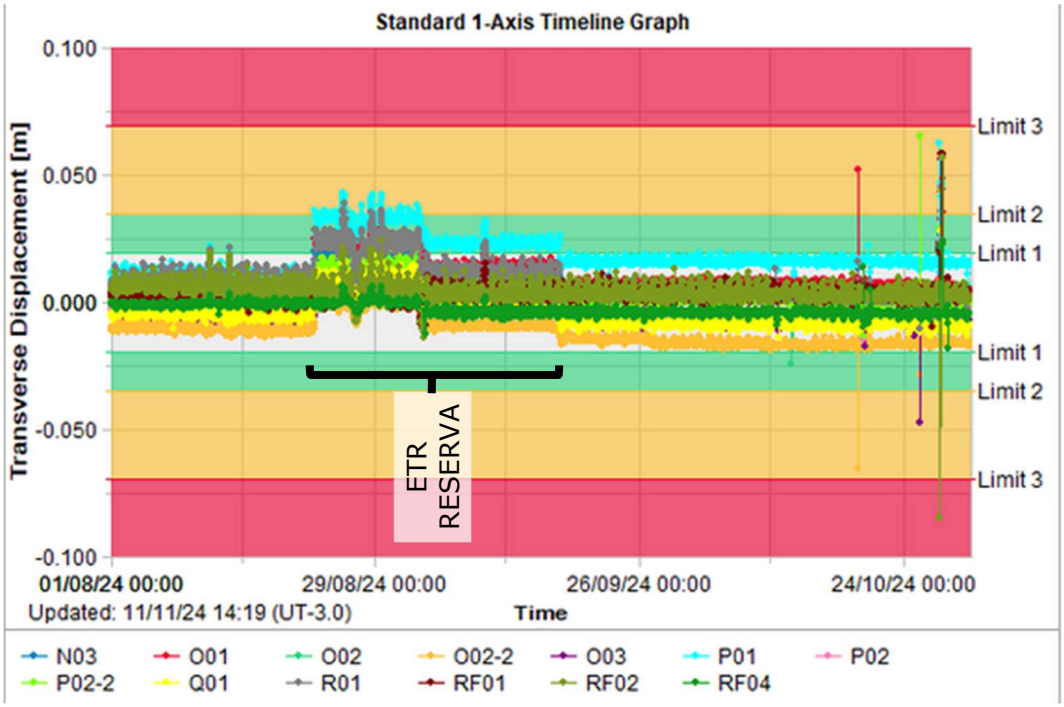


Figura 5.88 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

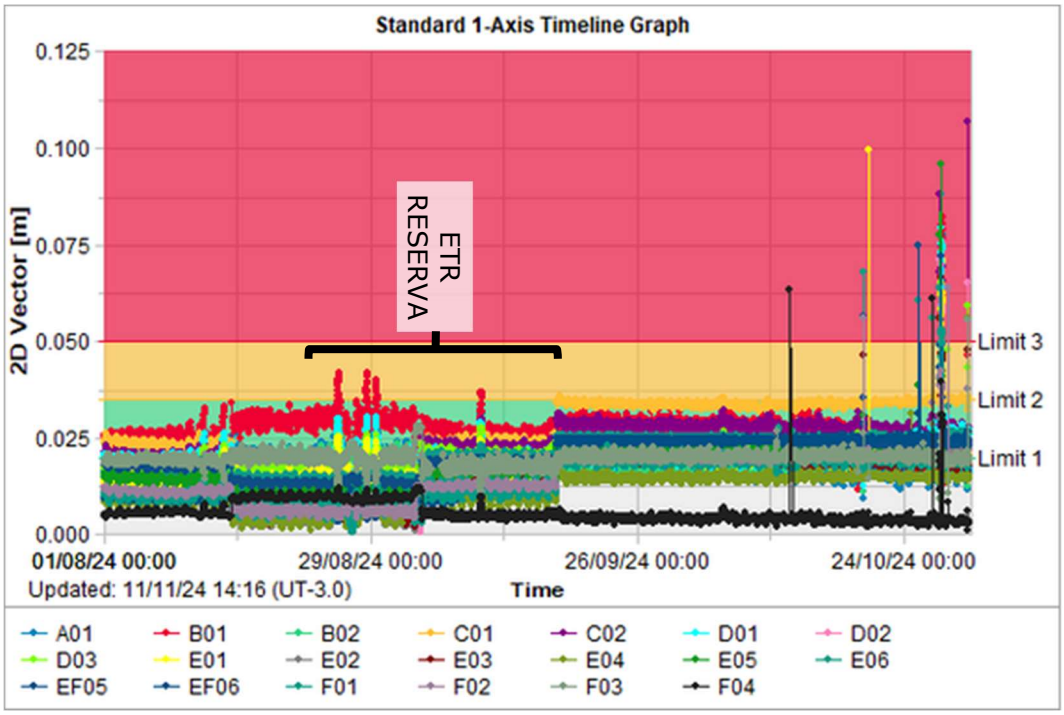


Figura 5.89 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

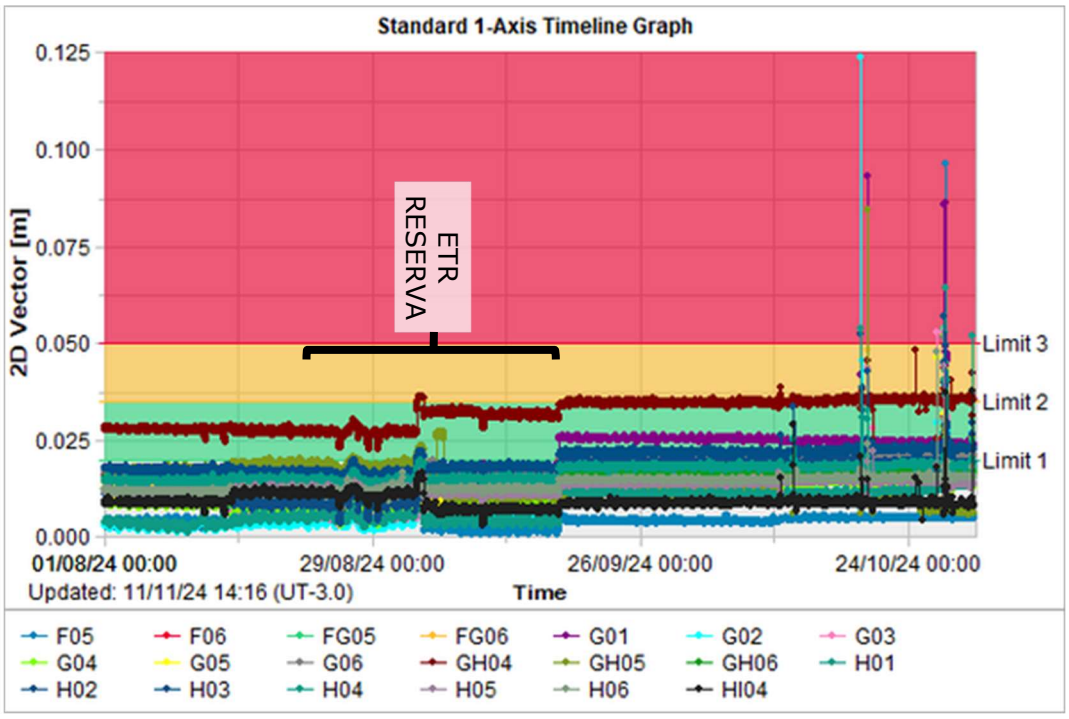


Figura 5.90 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

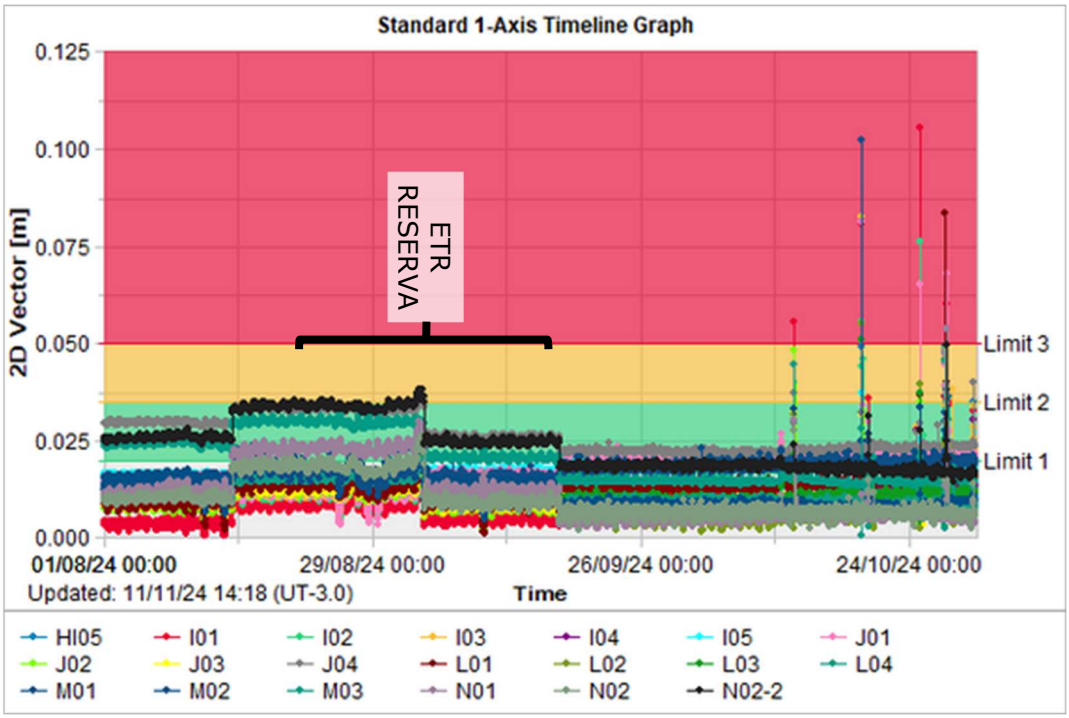


Figura 5.91 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

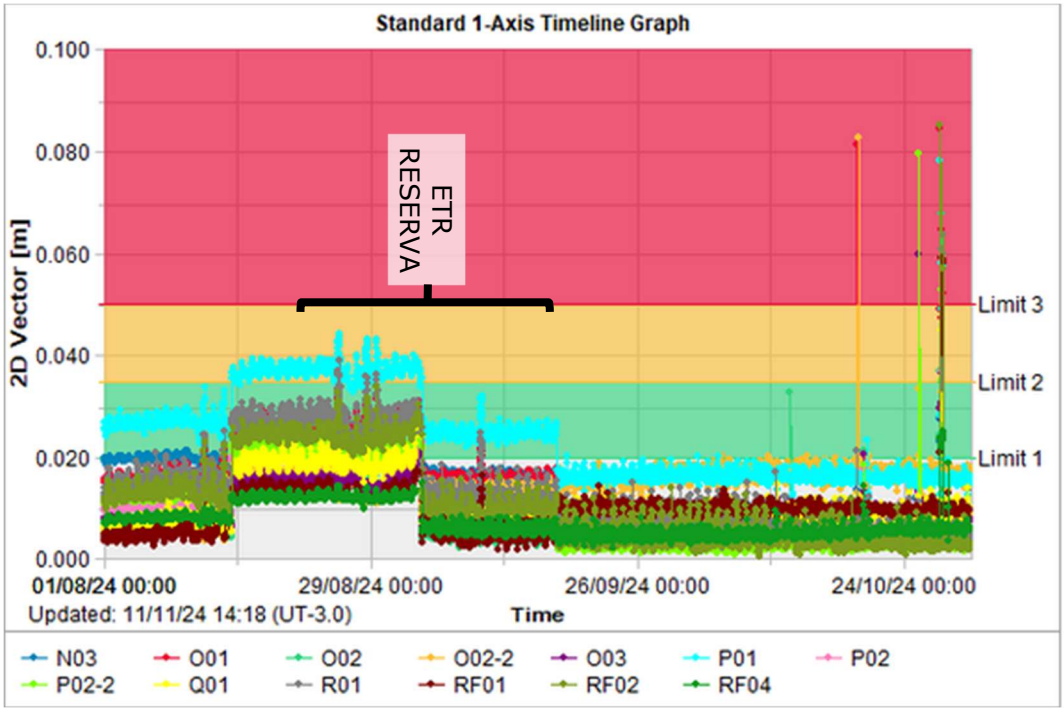


Figura 5.92 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

Verificando o mapa de deslocamentos verticais acumulados, apresentado na Figura 5.83, tem-se uma maior concentração de recalques na porção central do maciço, da ordem de 6 cm, sendo um valor bem diminuto (0,07%) em relação à altura da estrutura 81,0 m.

Em relação às leituras dos prismas, estas indicam em geral, deslocamentos horizontais acumulados de até 4 cm.

Em meados de setembro de 2024, pode-se observar um deslocamento uniforme dos registros dos dados de monitoramento, sendo resultado do retorno da estação total após calibração. Durante o período de 22/08/2024 a 17/09/2024, o monitoramento dos prismas foi realizado por uma estação total reserva, conforme informado pela MMI. Durante a utilização da estação reserva, houve descontinuidade (degrau) das leituras, com pequenas variações no intervalo considerado, não indicando tendência de deslocamento, porém comprometendo o histórico, análise e interpretação dos dados.

- **Marcos de Controle de Deslocamento**

Atualmente na barragem existem 4 marcos de controle de deslocamento instalados na estrutura, como pode ser visto na Tabela 5.2.

Na primeira quinzena de agosto, a equipe de topografia da MMI informou que foi realizada uma adequação na base de apoio da estação total, sendo necessário realizar um novo cadastro dos marcos superficiais. Dessa forma, foi adotada a leitura do dia 02/08/2024 como dados de cadastros atualizados dos marcos superficiais.

A partir da análise das leituras dos marcos de controle pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são pequenas. Os valores acumulados observados, horizontais menores que 13 mm e verticais menores que 16 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura (“serrilhado”), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão. A última leitura dos deslocamentos dos marcos superficiais no período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024) foi realizada no dia 31/10/2024.

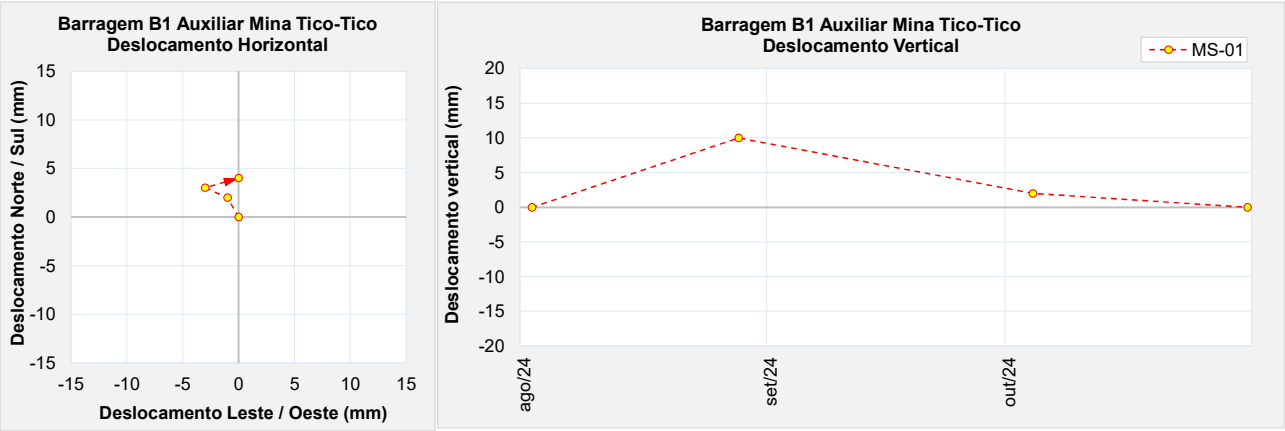


Figura 5.93 – Marco de controle de deformação – MS-01.

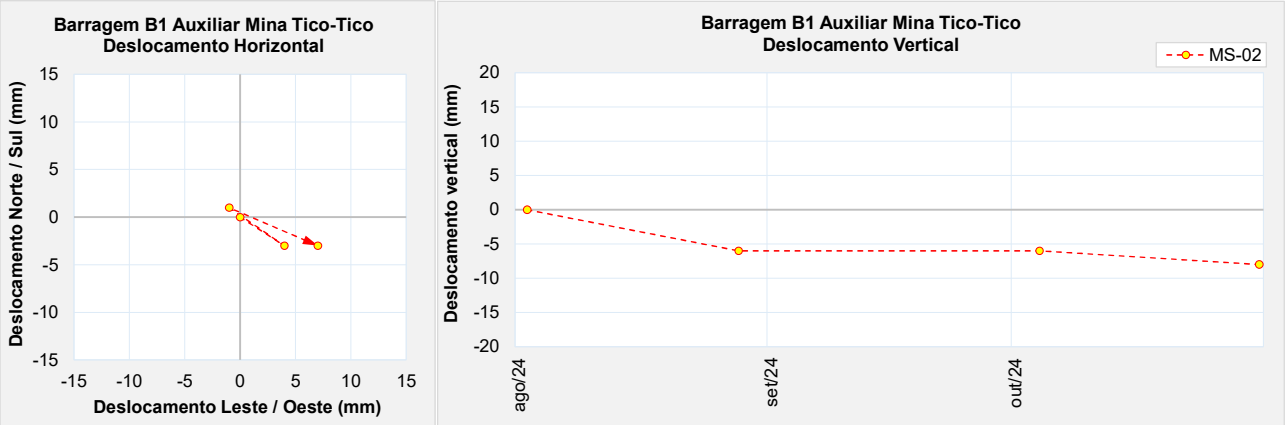


Figura 5.94 – Marco de controle de deformação – MS-02.

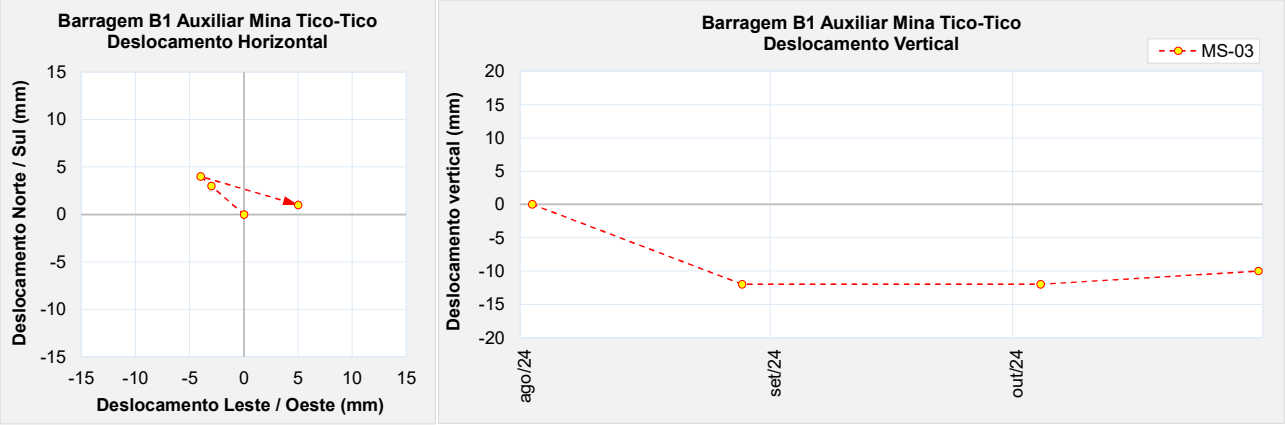


Figura 5.95 – Marco de controle de deformação – MS-03.

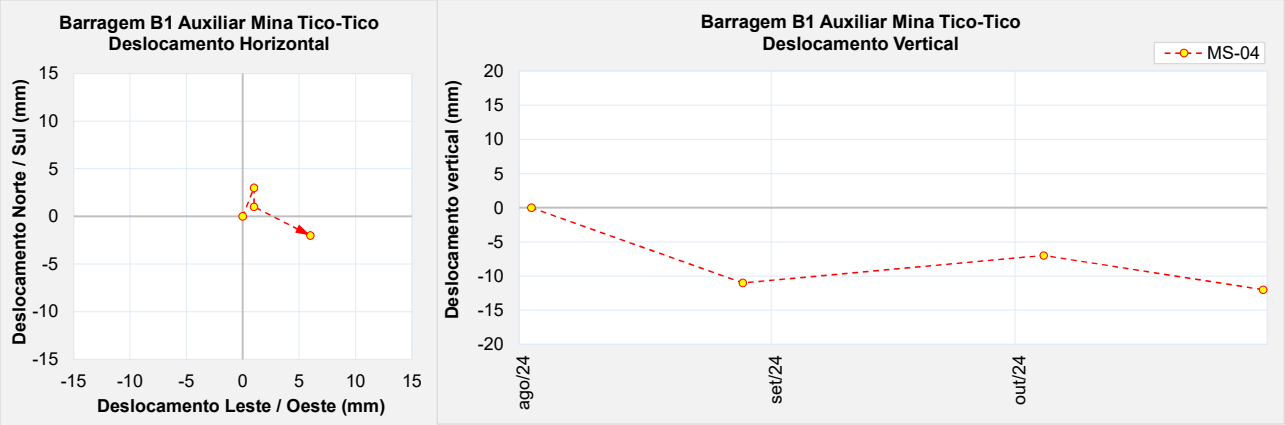


Figura 5.96 – Marco de controle de deformação – MS-04.

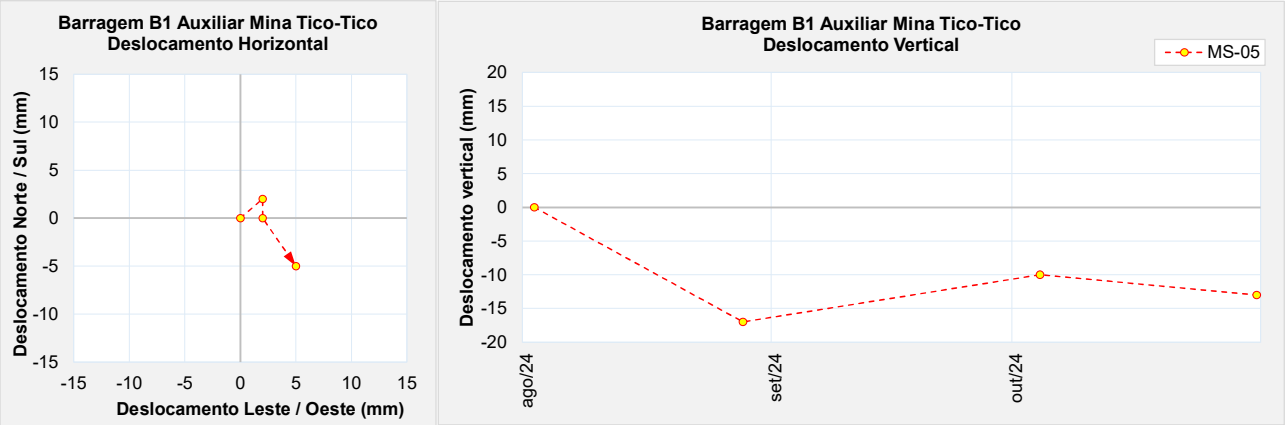


Figura 5.97 – Marco de controle de deformação – MS-05.

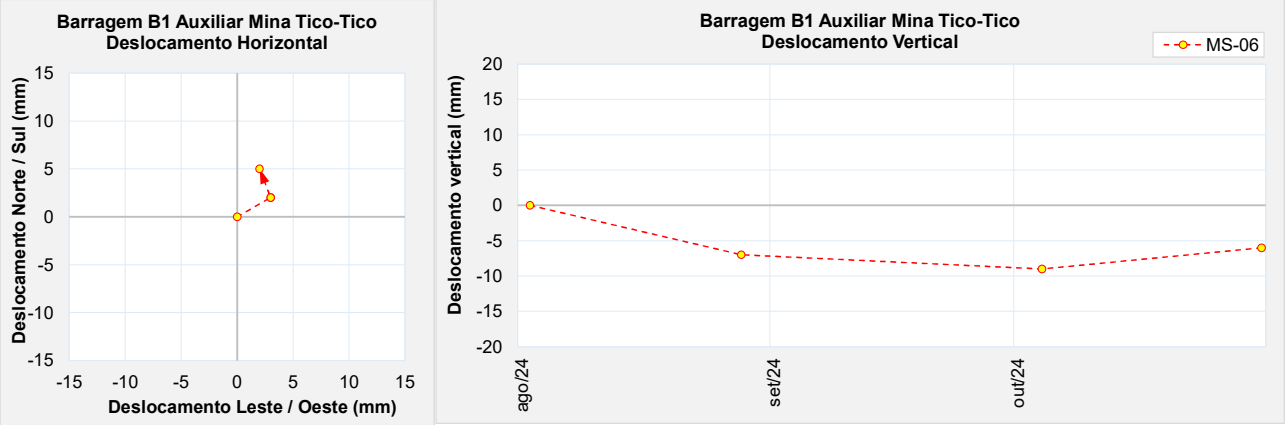


Figura 5.98 – Marco de controle de deformação – MS-06.

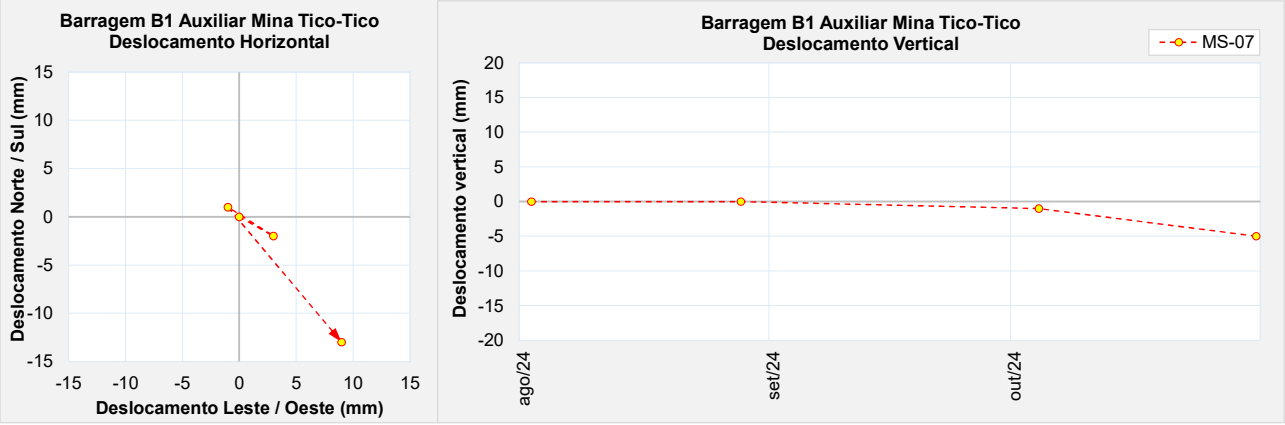


Figura 5.99 – Marco de controle de deformação – MS-07.

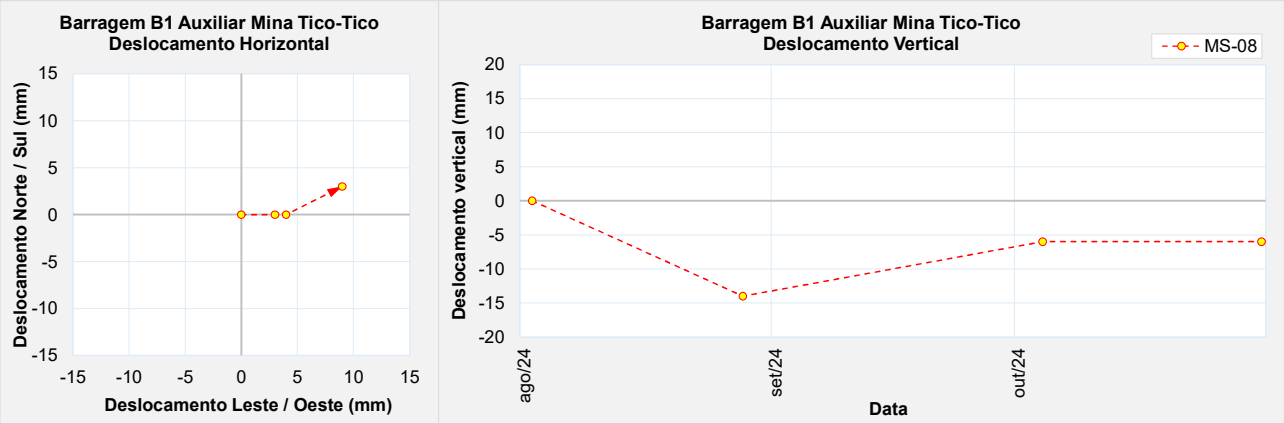


Figura 5.100 – Marco de controle de deformação – MS-08.

- **Inclinômetros**

Os dois inclinômetros instalados na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico estão sendo monitorados semanalmente pela equipe da MMI. As figuras a seguir mostram as leituras a com as deflexões acumuladas para os instrumentos até a data de 31/10/24, tanto para deslocamentos horizontais (N – Montante Jusante e E – ombreira a ombreira), quanto para deslocamentos em relação a coordenadas polares.

Os gráficos de deslocamentos acumulados aparentes, tanto para deslocamentos horizontais, quanto em relação a coordenadas polares, são praticamente coincidentes, tanto para o IC-01 quanto para o IC-02, demonstrando que não ocorreram movimentações horizontais em subsuperfície significativas.

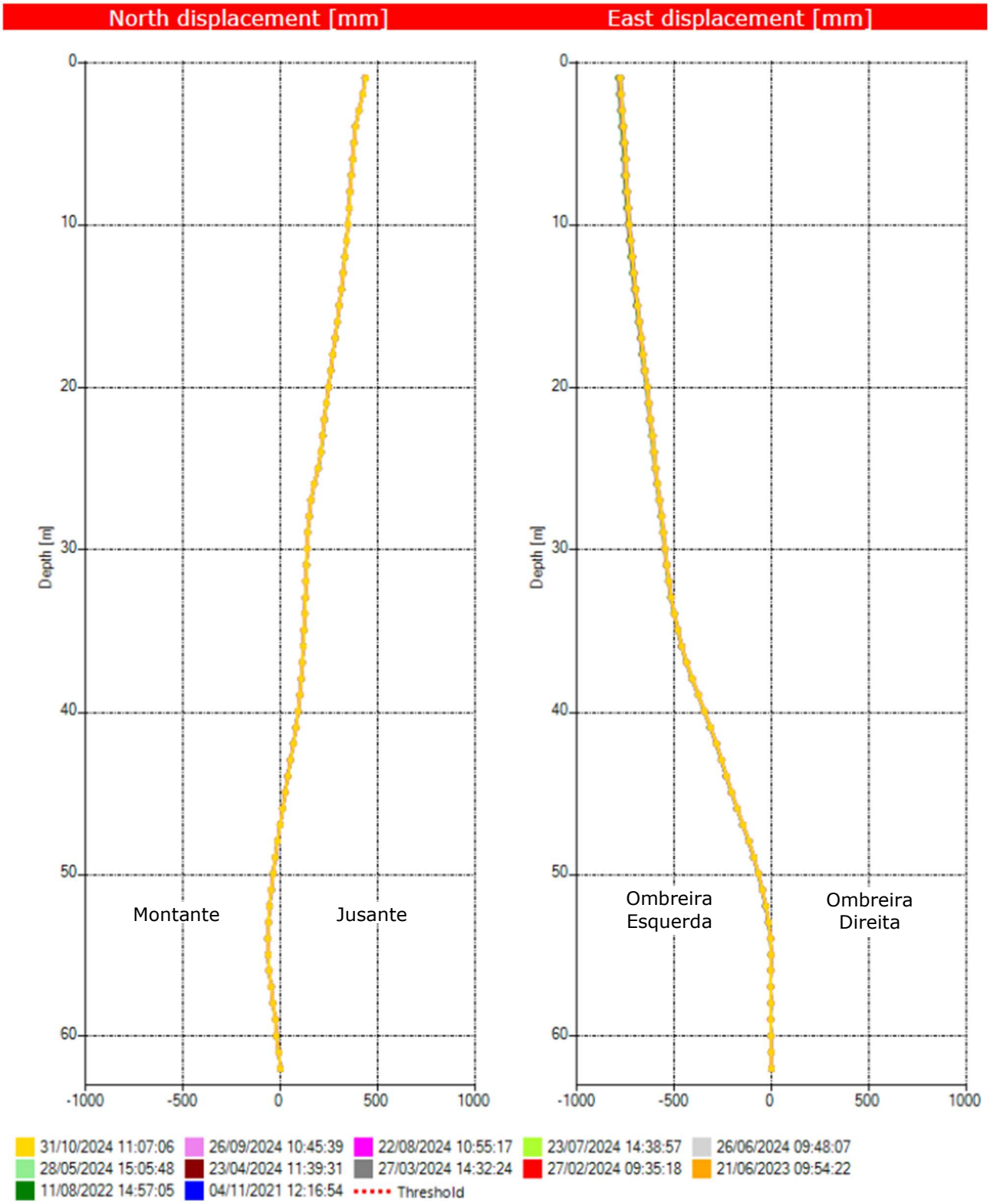


Figura 5.101 – Deslocamentos horizontais acumulados do INC-01 (ref. 31/10/2024).

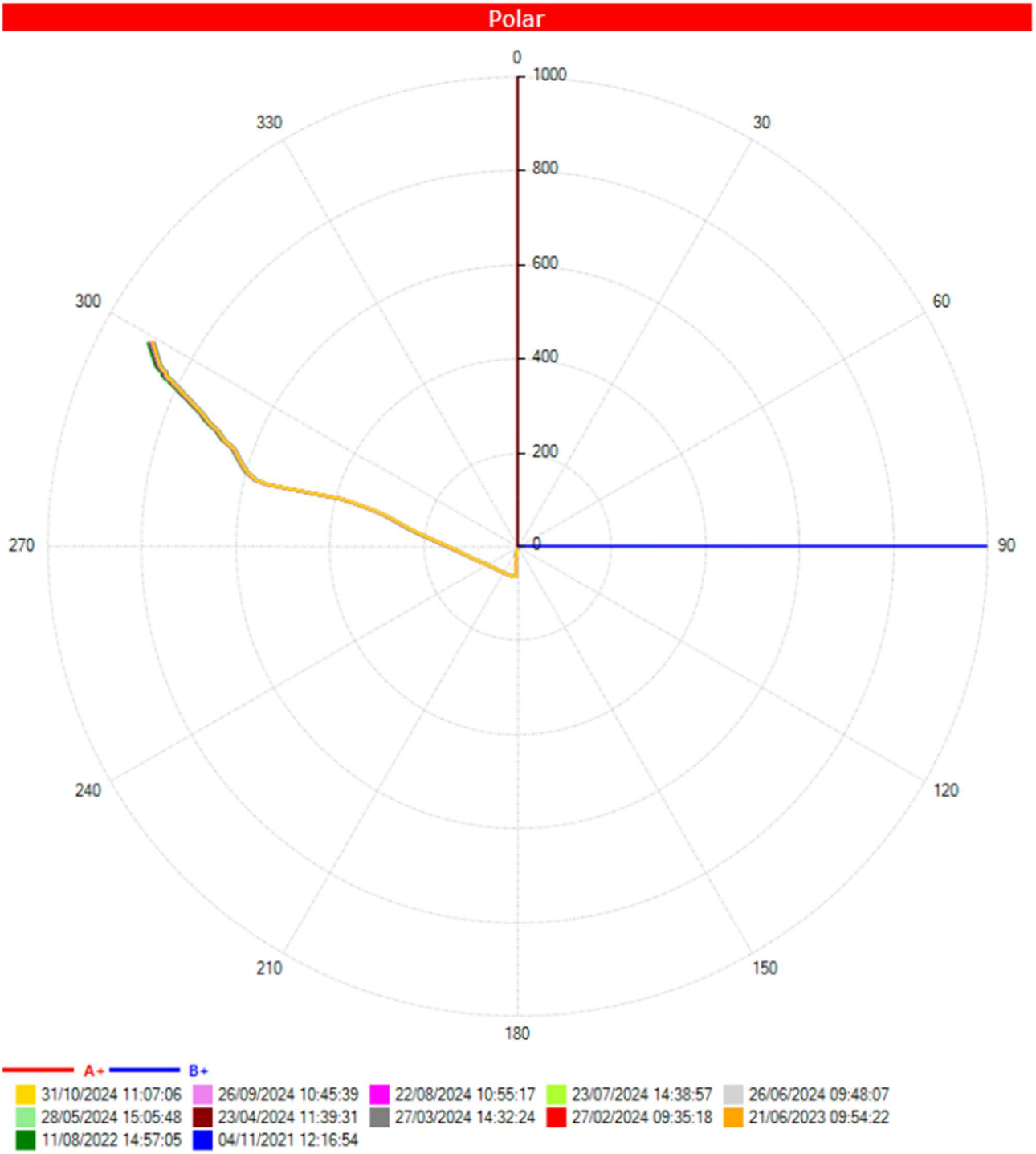


Figura 5.102 – Deslocamentos em relação a coordenadas polares acumulados do INC-01 (ref. 31/10/2024).

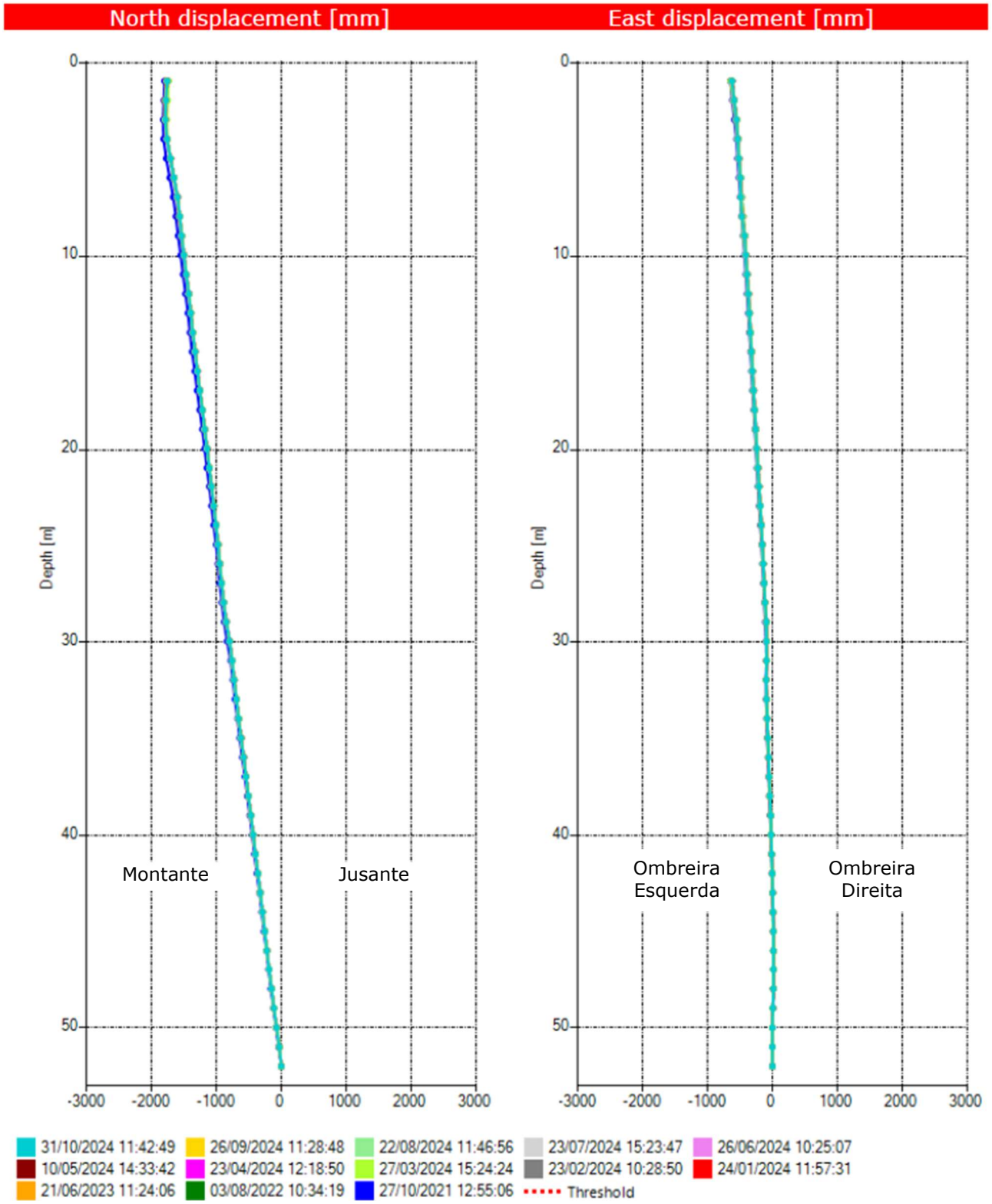


Figura 5.103 – Deslocamentos horizontais acumulados do INC-02 (ref. 31/10/2024).

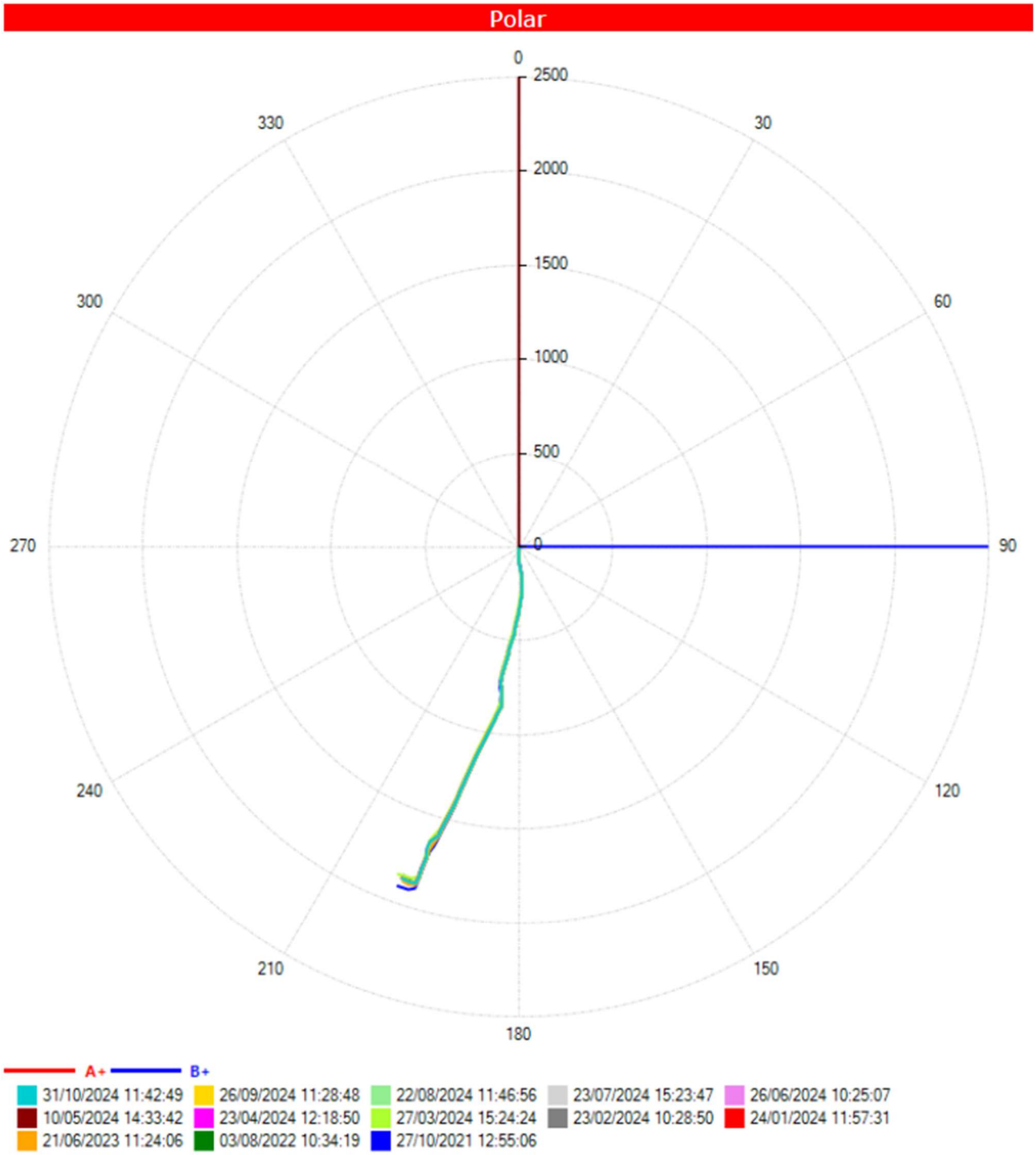


Figura 5.104 – Deslocamentos em relação a coordenadas polares acumulados do INC-02 (ref. 31/10/2024).

5.6.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024).

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2017, a partir do software Slide da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

5.6.4.1 Premissas adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas para 06 (seis) seções instrumentadas da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico, considerando a geometria atual da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico.

A linha freática no interior do reservatório e barramento foi definida a partir da leitura da instrumentação instalada na estrutura.

O fator de segurança ao escorregamento foi calculado considerando a condição de carregamento drenado e a condição de carregamento não drenado. O comportamento contrátil do rejeito e seus parâmetros geotécnicos para condições não drenadas foram estudados no âmbito da Consolidação de Dados da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.538).

Para condição de carregamento não drenado, o rejeito foi modelado a partir de seu parâmetro não drenado de pico e liquefeito, de forma a simular uma condição hipotética de liquefação do material do reservatório. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram atribuídos apenas para a parcela do material em condição 100% saturada, ou seja, localizada abaixo da linha freática de análise. A mesma hipótese foi adotada para outros materiais contráteis presentes na seção de análise, como o *underflow* e os sedimentos depositados na Barragem B1 Ecológica.

Na Figura 5.105 é apresentada, em planta, a locação da instrumentação instalada na estrutura e a indicação das seções de controle. Para as análises de estabilidade foram consideradas as 06 (seis) seções instrumentadas da barragem.

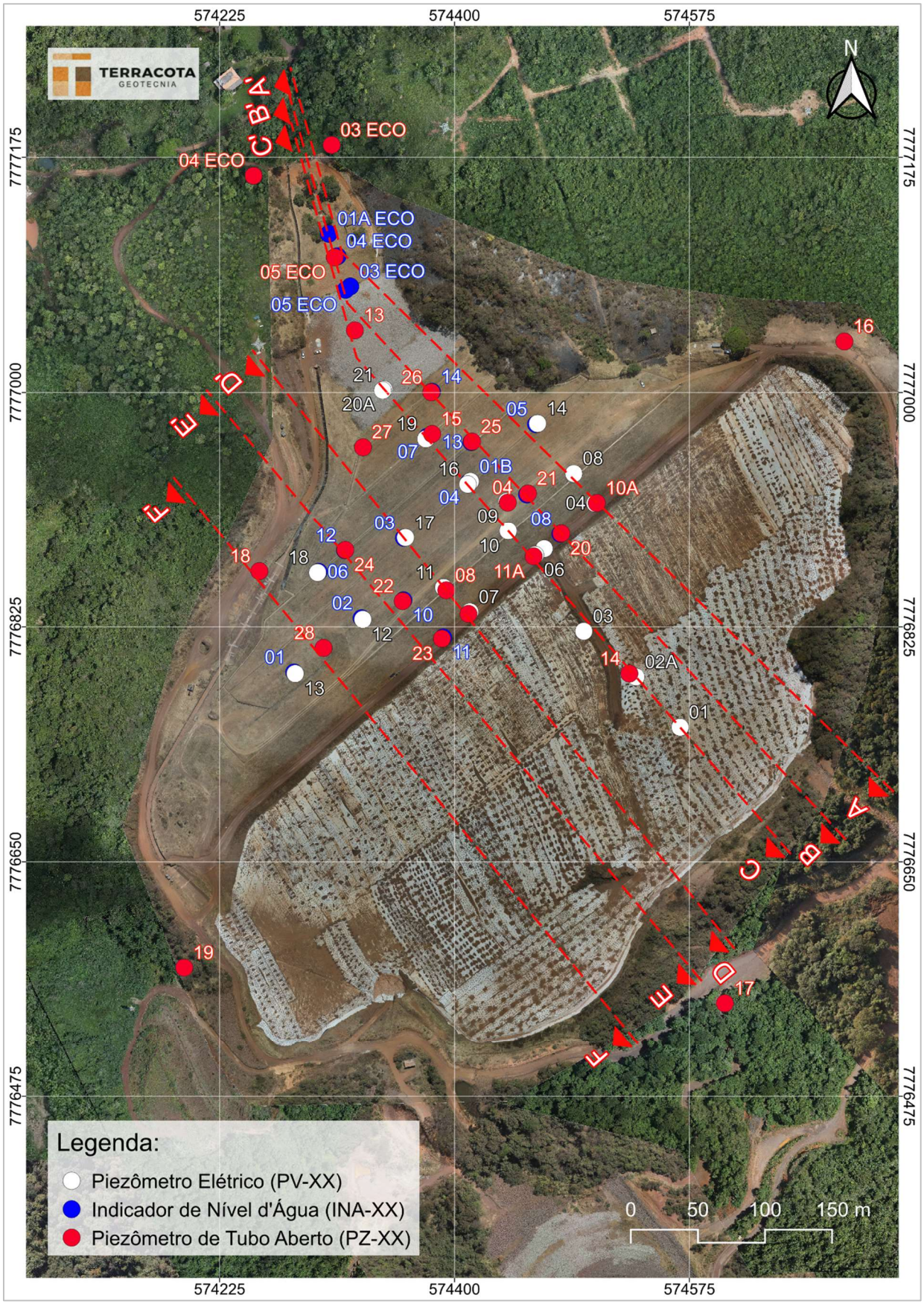


Figura 5.105 – Seções Instrumentadas Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – Planta.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução ANM 95/2022 (**FS ≥ 1,3**);
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS ≥ 1,0**) e NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,1**);
- Análises não drenadas com parâmetro liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 5.3 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 5.3 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Sismo (Pseudo-estática)	1,0 a 1,1	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada e condições com sismo (pseudo-estática) atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2017 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização

incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do *peak ground acceleration* (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento dinâmico (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 5.106 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 5.106 – Rede sismológica brasileira (http://www.rsbr.gov.br).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições

do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 5.4 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Tabela 5.4 – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

Modelo	Valores máximos por período de retorno (anos)					Máximo absoluto
	500	1.000	2.500	5.000	10.000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	**9.7%**	**9.5%**	**13.4%**	**16.0%**	**18.3%**	**18.3%**
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo "*Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment*" publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 5.107).

A localização da barragem no mapa de Assumpção et al. fornece valor de PGA em torno de 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR.

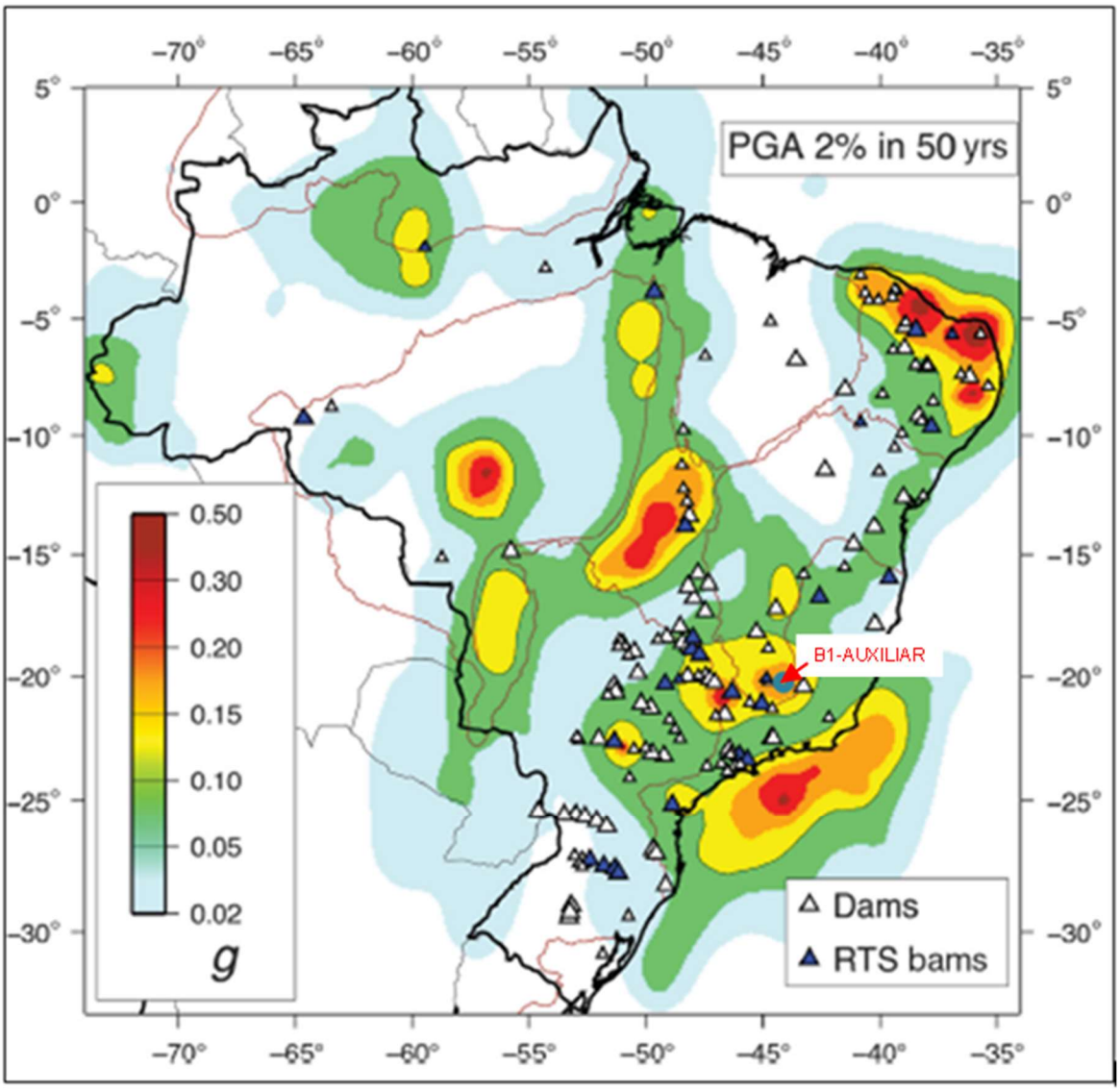


Figura 5.107 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Barros Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B1 – Mina Tico-Tico, considerando a contribuição do efeito sísmico, utilizou-se como premissa a norma técnica elaborada pela Canadian Dam Association (CDA) – *"Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams"* (2014), em conformidade ao recomendado pela NBR 13.028/2017 no tópico 5.3.6, o qual faz referência aos estudos sísmicos.

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados a infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

Classificação da Barragem	População em Risco (Nota 1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (Nota 2)	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixo	Nenhum	0	Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativo	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
			Apenas perdas marginais do habitat.	
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	
Extrema	**Permanente**	**Mais de 100**	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição impossível.	

Nota 1. Definições para população em risco:

Nenhum – Não há população identificável em risco, portanto não há possibilidade de perda de vida a não ser devido ao acaso imprevisível.

Temporário – As pessoas estão apenas temporariamente na zona de inundação do rompimento da barragem (por exemplo, uso sazonal de casas de campo, passagem em rotas de transporte, participação em atividades recreativas).

Permanente – A população em risco normalmente está localizada na zona de inundação da ruptura da barragem (como residentes permanentes); são propostas três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) para permitir estimativas mais detalhadas da potencial perda de vidas (para auxiliar na tomada de decisões se for realizada a análise apropriada).

Nota 2. Definições para população em risco:

Não especificado – O nível apropriado de segurança exigido em uma barragem onde as pessoas estão temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, da natureza de sua atividade e de outras condições.

De acordo com os critérios da Tabela 5.5, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.8 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Extrema**. A partir desta classificação, seguindo as

premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 5.6, o PGA de 0,183g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com período de retorno de 10.000 anos.

Tabela 5.6 – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

Classe da Barragem	Probabilidade Anual de Excedência (PAE) – Terremotos (Nota 1)
Baixa	1/1000
Significativo	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/2.475 (Nota 2)
Muito Alta	1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3)
Extrema	**1/10.000 ou SMP (Nota 3)**

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).
Nota 1. Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (Dam Safety Guidelines - CDA 2013).
Nota 2. Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no National Building Code of Canada (Código Nacional de Construção do Canadá).
Nota 3. SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação "*Rationalizing the Seismic Coefficient Method"* (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,092g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Para a componente vertical adota-se um valor correspondente a 60% da componente horizontal, seguindo proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003), resultando num valor igual a 0,055g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

No estudo de Hynes-Griffin & Franklin (1984), recomenda-se que nas análises pseudo-estáticas seja realizada a redução em 20% da resistência dos materiais da fundação que apresentarem comportamento não-drenado nos ensaios executados.

Conforme previsão para descaracterização completa da estrutura, a Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico deverá ter vida útil de no máximo dez anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida

útil da estrutura igual a 10 anos. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de aproximadamente 500 anos.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{t}\right)^{n}$$

Em que:

- P é a probabilidade de excedência do sismo;
- t é o período de retorno;
- n é o tempo de vida útil da estrutura.

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 2.500 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,04%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 5.4, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,067g e uma componente vertical igual a 0,040g.

5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada nas análises de estabilidade foram considerados os instrumentos existentes ao longo das seções de análise, instalados no maciço, fundação e reservatório da Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico e Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico.

A Tabela 5.7 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 5.7 – Instrumentação – Valores lidos (28/10/2024) e valores adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A’	PZ-10A	991,89	Seco	974,88 (1)
	PV-04	991,40	Seco	974,88 (1)
	PV-08	982,32	Seco	972,35 (1)
	PV-14	958,03	Seco	942,48 (1)
	INA-05	959,71	Seco	942,48 (1)
	INA-13 (Seção B-B’)	945,92	Seco	933,96 (1)
	PZ-25 (Seção B-B’)	926,77	933,96	933,96
	INA-14 (Seção B-B’)	949,17	Seco	933,78 (1)
	PZ-26 (Seção B-B’)	939,05	Seco	933,78 (1)

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	PZ-13 (Seção C-C')	929,30	933,59	933,59
	INA-03 ECO	923,59	924,45	924,94 (1)
	INA-05 ECO	924,01	924,94	924,94
	PZ-05 ECO	916,32	921,70	924,60 (1)
	INA-04 ECO	922,97	924,60	924,60
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	914,48	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,57	918,64 (1)
B-B'	INA-08	956,62	974,88	974,88
	PZ-20	950,16	972,20	974,88 (1)
	INA-09	971,37	975,72	952,27 (1)
	PZ-21	950,43	952,27	952,27
	INA-13	945,92	Seco	933,96 (1)
	PZ-25	926,77	933,96	933,96
	INA-14	949,17	Seco	933,78 (1)
	PZ-26	939,05	Seco	933,78 (1)
	PZ-13 (Seção C-C')	929,30	933,59	933,59
	INA-05 ECO	924,01	924,94	924,94
	INA-03 ECO	923,59	924,45	924,94 (1)
	PZ-05 ECO	916,32	921,70	924,60 (1)
	INA-04 ECO	922,97	924,60	924,60
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	914,48	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,57	918,64 (1)
C-C'	PV-01	982,64	982,74	982,74
	PV-02A	967,83	978,74	981,16 (1)
	PZ-14	967,60	981,00	981,00
	PV-03	968,22	978,42	978,42
	PZ-11A	991,76	Seco	976,36 (1)
	PV-05	953,84	953,93	976,36 (1)
	PV-06	991,21	Seco	976,36 (1)
	INA-02B	954,93	976,36	976,36
	PV-10	982,58	Seco	976,12 (1)
	PZ-04	977,25	Seco	975,98 (1)
	PV-09	976,77	Seco	975,98 (1)
	PV-15	942,81	Seco	946,77 (1)
	PV-16	946,82	Seco	946,77 (1)
	INA-01B	938,47	946,77	946,77
	INA-04	948,57	Seco	946,77 (1)
	PV-19	947,22	Seco	943,97 (1)
	INA-07	947,31	Seco	943,97 (1)
	PZ-15	942,13	943,97	943,97
	PV-20A	928,30	Seco	938,80 (1)
	PV-21	942,80	Seco	938,80 (1)

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
C-C'	PZ-13	929,30	933,59	933,59
	INA-05 ECO	924,01	924,94	924,94
	INA-03 ECO	923,59	924,45	924,94 (1)
	PZ-05 ECO	916,32	921,70	924,60 (1)
	INA-04 ECO	922,97	924,60	924,60
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	914,48	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,57	918,64 (1)
D-D'	PZ-12A	992,29	Seco	976,36 (1)
	PV-07	991,34	Seco	976,36 (1)
	PZ-08	983,69	Seco	976,12 (1)
	PV-11	984,85	Seco	976,12 (1)
	INA-03	963,85	Seco	946,77 (1)
	PV-17	964,37	Seco	946,77 (1)
	PZ-27	931,37	932,41	932,41
E-E'	PZ-23	955,44	977,07	978,83 (1)
	INA-11	966,38	978,83	978,83
	PZ-22	964,30	Seco	975,49 (1)
	INA-10	975,12	975,49	975,49
	PV-12	987,55	Seco	974,34 (1)
	INA-02	986,95	Seco	974,34 (1)
	PZ-24	964,30	967,86	967,86
	INA-12	946,86	959,80	967,86 (1)
	INA-06	975,71	Seco	967,86 (1)
	PV-18	975,35	975,37	967,86 (1)
	PZ-18 (Seção F-F')	920,76	940,41	940,41
F-F'	PV-13	983,35	Seco	967,86 (1)
	INA-01	983,51	Seco	967,86 (1)
	PZ-28	954,89	966,62	967,86 (1)
	PZ-24	964,30	967,86	967,86
	INA-12	946,86	959,80	967,86 (1)
	INA-06 (Seção E-E')	975,71	Seco	967,86 (1)
	PV-18 (Seção E-E')	975,35	975,37	967,86 (1)
	PZ-18	920,76	940,41	940,41

1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;

5.6.4.4 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados para as várias camadas foram consolidados no âmbito do relatório de consolidação de dados da estrutura (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.761).

Na Tabela 5.8 são apresentados os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

Tabela 5.8 – Parâmetros geotécnicos dos materiais constituintes dos modelos numéricos.

Material		Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros de Resistência							Referência
				Parâmetros Efetivos		Parâmetros Totais					
				c' (kPa)	ϕ' (º)	Razão de resistência não drenada Su/σ'v (kPa)	Obtidos		Adotados(1)		
							c (kPa)	ϕ (º)	c (kPa)	ϕ (º)	
Aterro B1-Auxiliar			20,5	9,8	30,2	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório.
Colúvio			21,0	20,0	27,0	-	32,9	18,8	26,3	15,0	
Solo Residual			21,5	26,0	25,0	-	49,9	18,6	39,9	14,9	
Aterro de Regularização			23,5	5,0	35,0	-	22,1	39,3	17,7	31,4	
Rejeito B1-Auxiliar	Drenado		26,0	10,0	34,5	-	-	-	-	-	
	Não Drenado - Pico			-	-	0,22	-	-	-	-	Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,09	-	-	-	-	
Underflow	Drenado		19,0	0,0	30,0	-	-	-	-	-	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
	Não Drenado - Pico			-	-	0,22	-	-	-	-	Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,10	-	-	-	-	
Saprólito de Filito			22,0	15,0	35,0	-	-	-	-	-	Majorado a partir dos resultados para o solo residual local.
Diques de enrocamento			20,0	0,0	38,0	-	-	-	-	-	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Drenos			18,0	0,0	32,0	-	-	-	-	-	
Sedimentos B1-Ecológica	Drenado		19,0	0,0	30,0	-	-	-	-	-	
	Não Drenado - Pico			-	-	0,22	-	-	-	-	Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,06	-	-	-	-	

Material	Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros de Resistência							Referência
			Parâmetros Efetivos		Parâmetros Totais					
			c' (kPa)	ϕ' (º)	Razão de resistência não drenada Su/σ'v (kPa)	Obtidos		Adotados(1)		
						c (kPa)	ϕ (º)	c (kPa)	ϕ (º)	
Filito		30,0	40,0	30,0	-	-	-	-	-	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Aterro B1-Ecológica		21,0	22,0	33,0	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório (documento BSC-E-TT-RE-002)
Tálus / colúvio		21,0	26,5	35,0	-	32,9	18,8	26,3	15,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório executados no colúvio*
Enrocamento Reforço		23,0	Envoltória intermediária de Leps (1970)		-	-	-	-	-	Estimativa bibliografia / projetistas

(1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático foram adotados parâmetros totais reduzidos em 20% conforme referência de Hynes-Griffin & Franklin (1984)

5.6.4.5 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 5.108 a Figura 5.149, destacando-se as superfícies de ruptura que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 5.9 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 5.9 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência do Rejeito	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A’	28/10/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,67
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,67
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,67
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,32 (sismo ↑)
					1,33 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,42 (sismo ↑)
					1,41 (sismo ↓)
B-B’	28/10/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,62
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,62
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,62
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,28 (sismo ↑)
					1,30 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,37 (sismo ↑)
					1,38 (sismo ↓)
C-C’	28/10/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,61
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,61
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,35
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,28 (sismo ↑)
					1,28 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,37 (sismo ↑)
					1,36 (sismo ↓)

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência do Rejeito	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
D-D′	28/10/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,62
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,62
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,62
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,29 (sismo ↑)
					1,30 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,37 (sismo ↑)
					1,38 (sismo ↓)
E-E′	28/10/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,69
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,69
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,69
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,21 (sismo ↑)
					1,24 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,32 (sismo ↑)
					1,32 (sismo ↓)
F-F′	28/10/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,82
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,82
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,82
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,48 (sismo ↑)
					1,48 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,57 (sismo ↑)
					1,56 (sismo ↓)

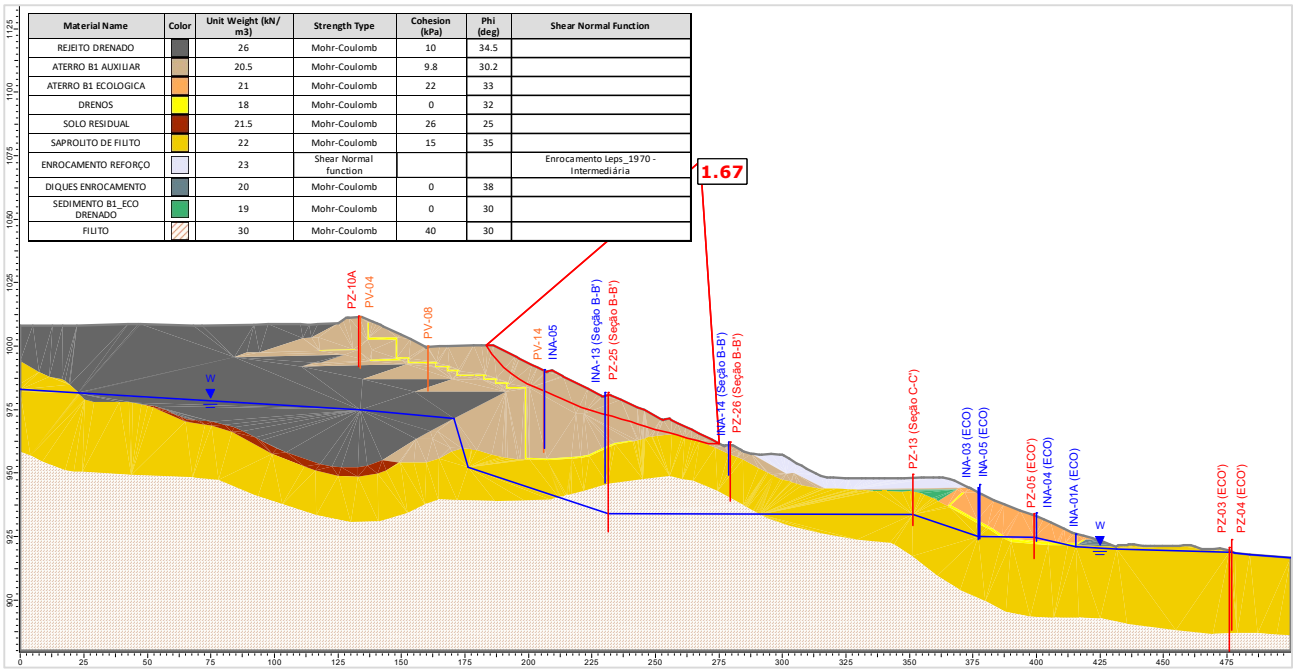


Figura 5.108 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024.

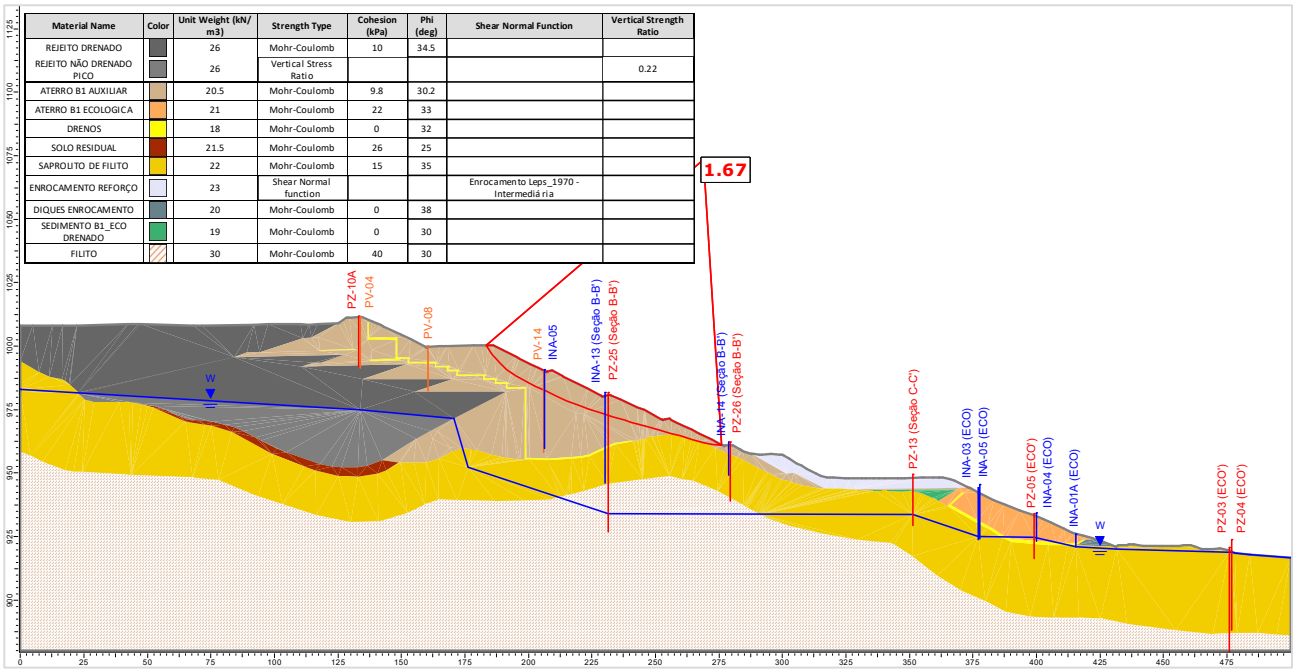


Figura 5.109 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

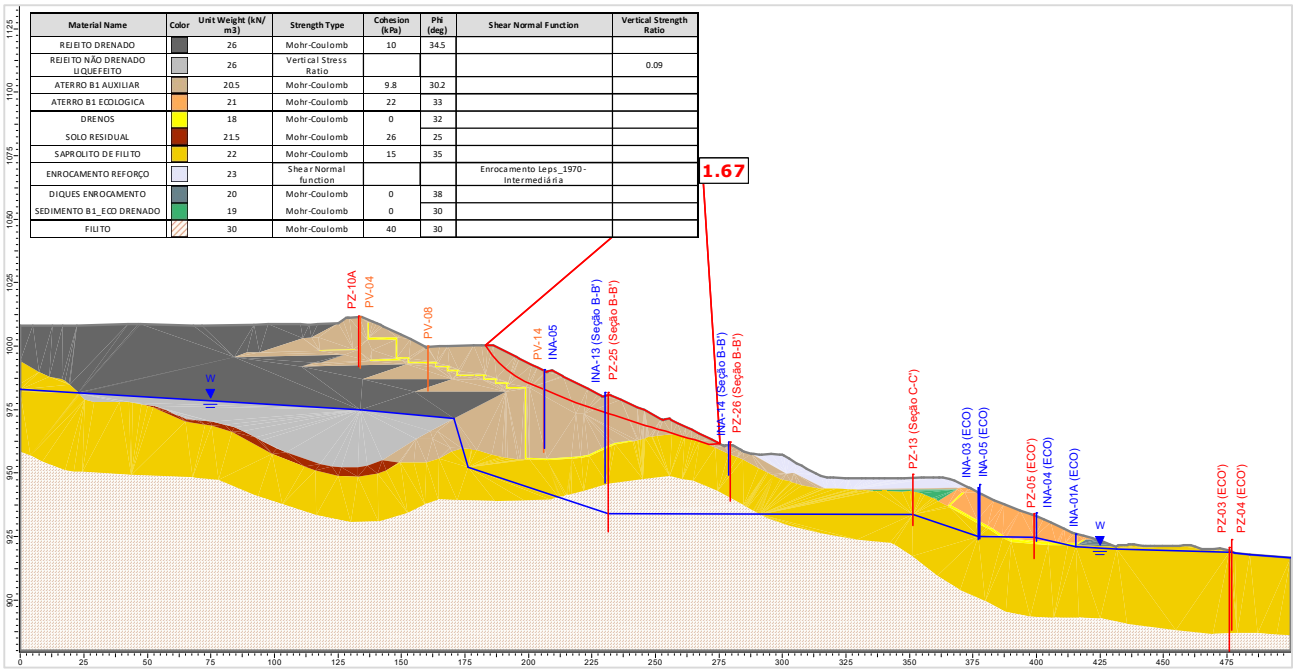


Figura 5.110 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

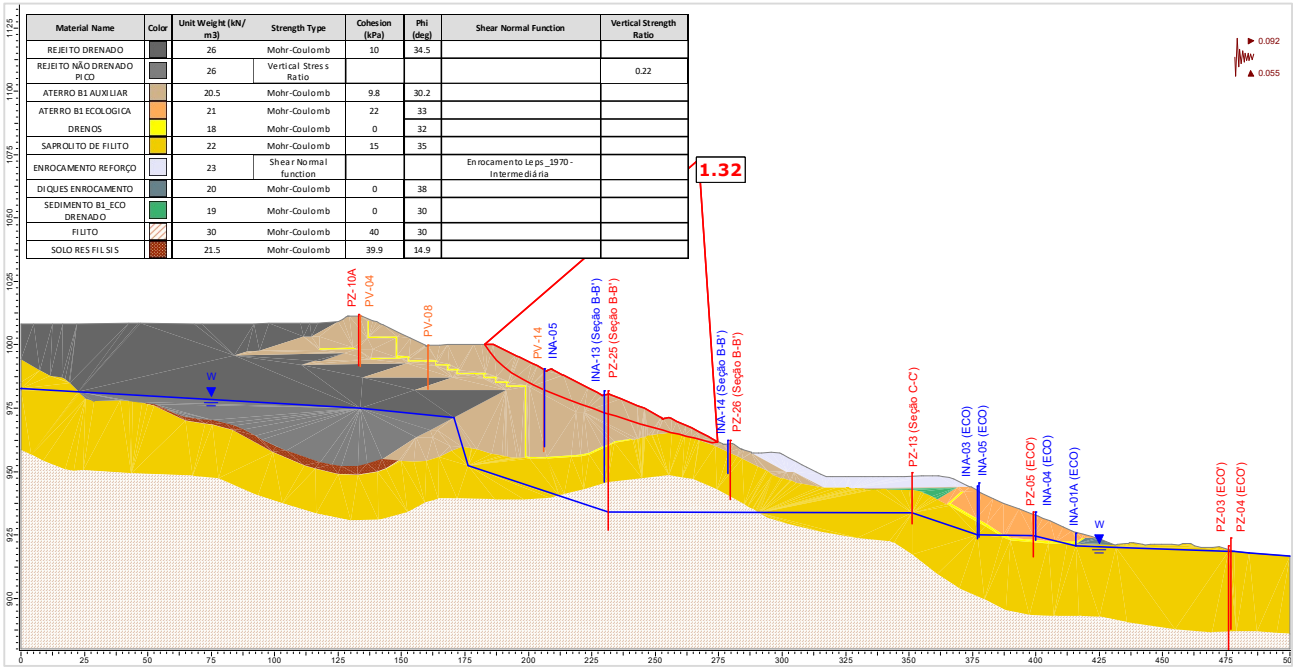
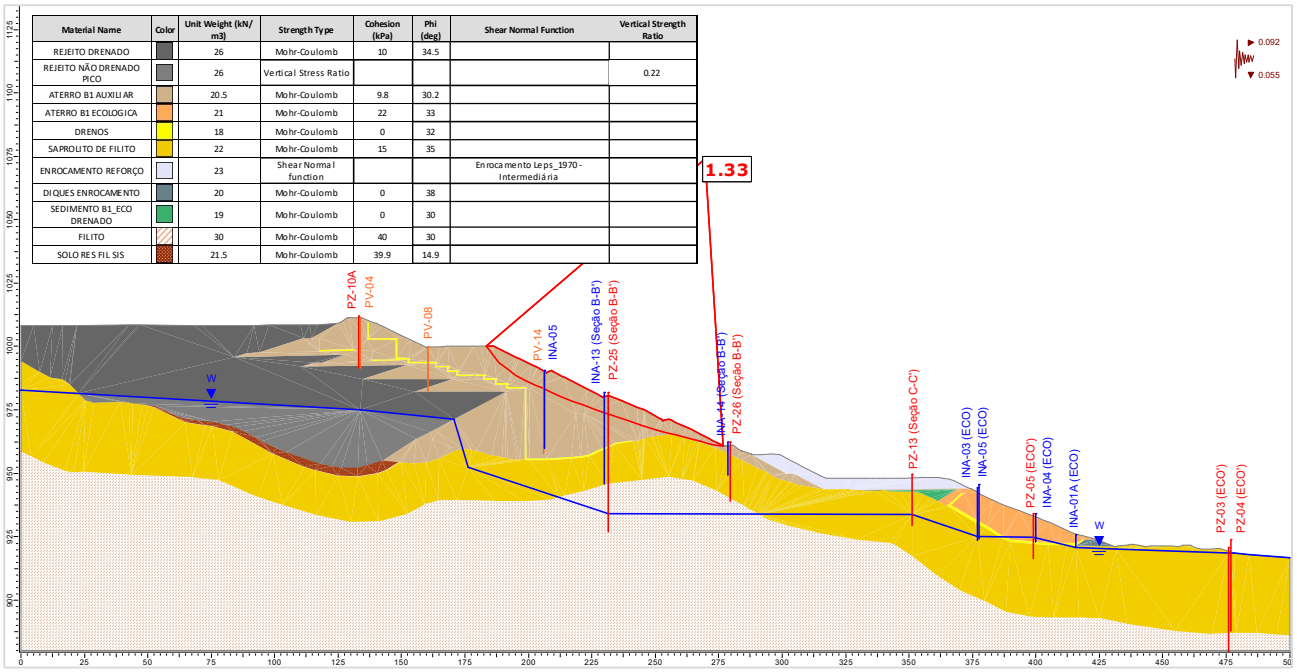
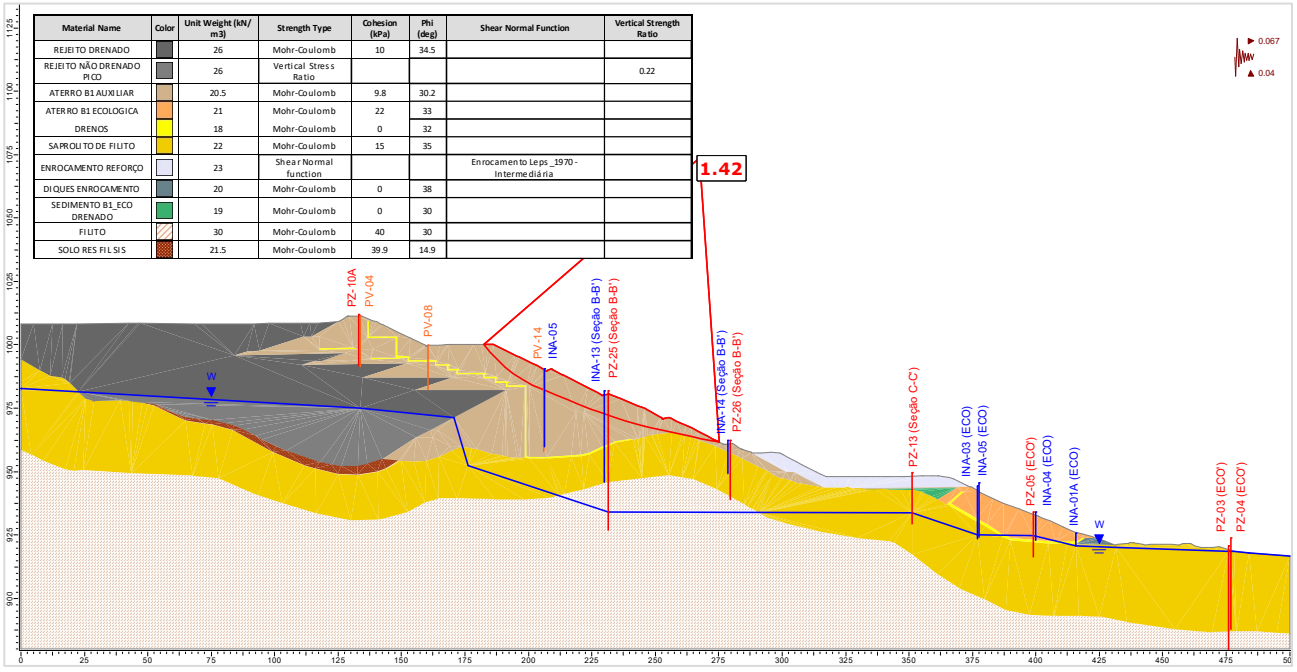


Figura 5.111 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



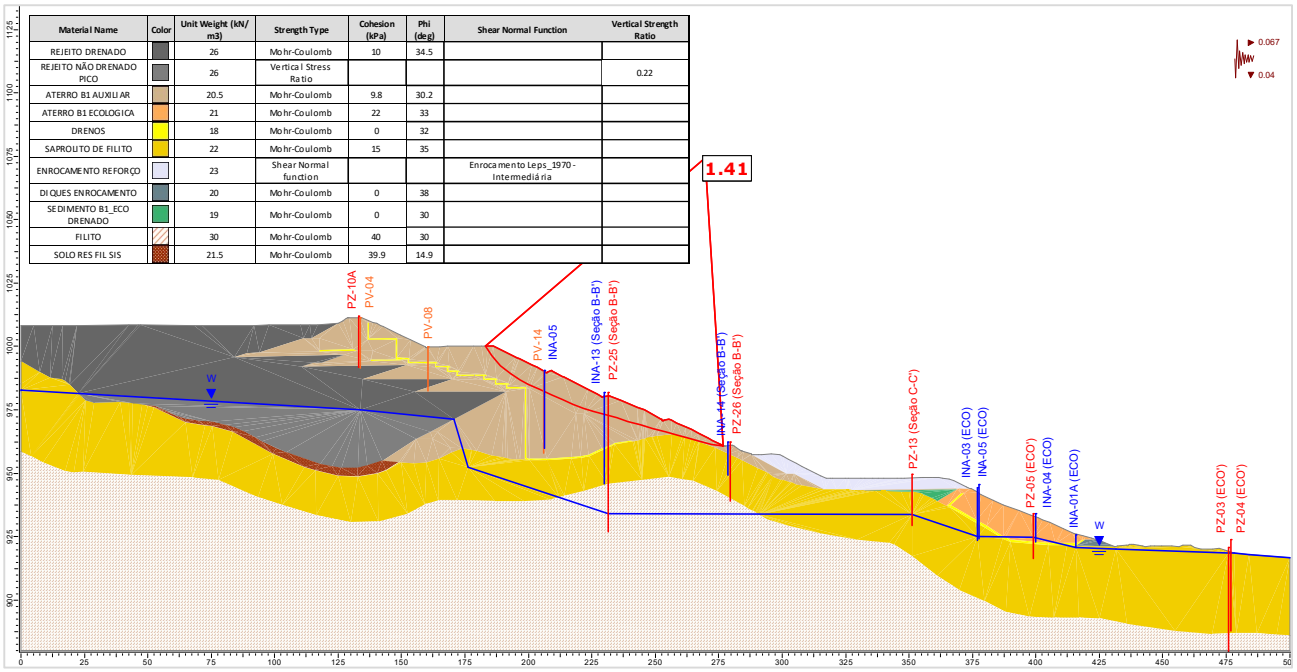
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		

Figura 5.112 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



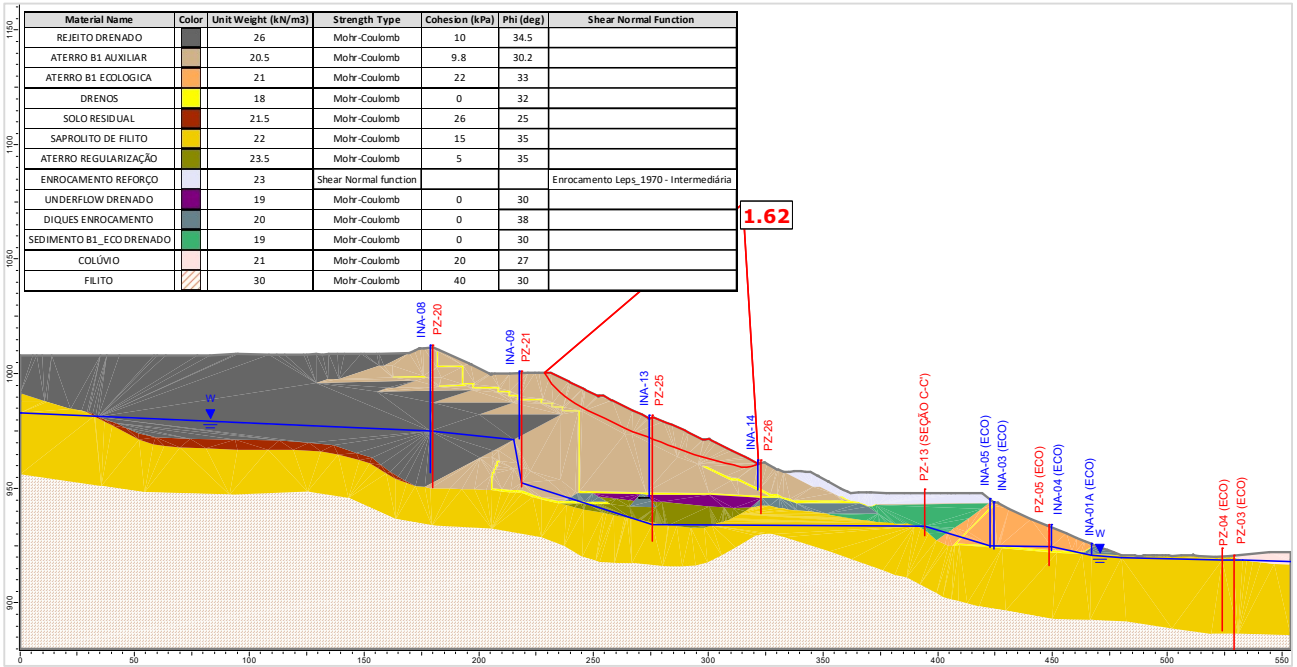
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		

Figura 5.113 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		

Figura 5.114 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35	
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38	
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.115 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024.

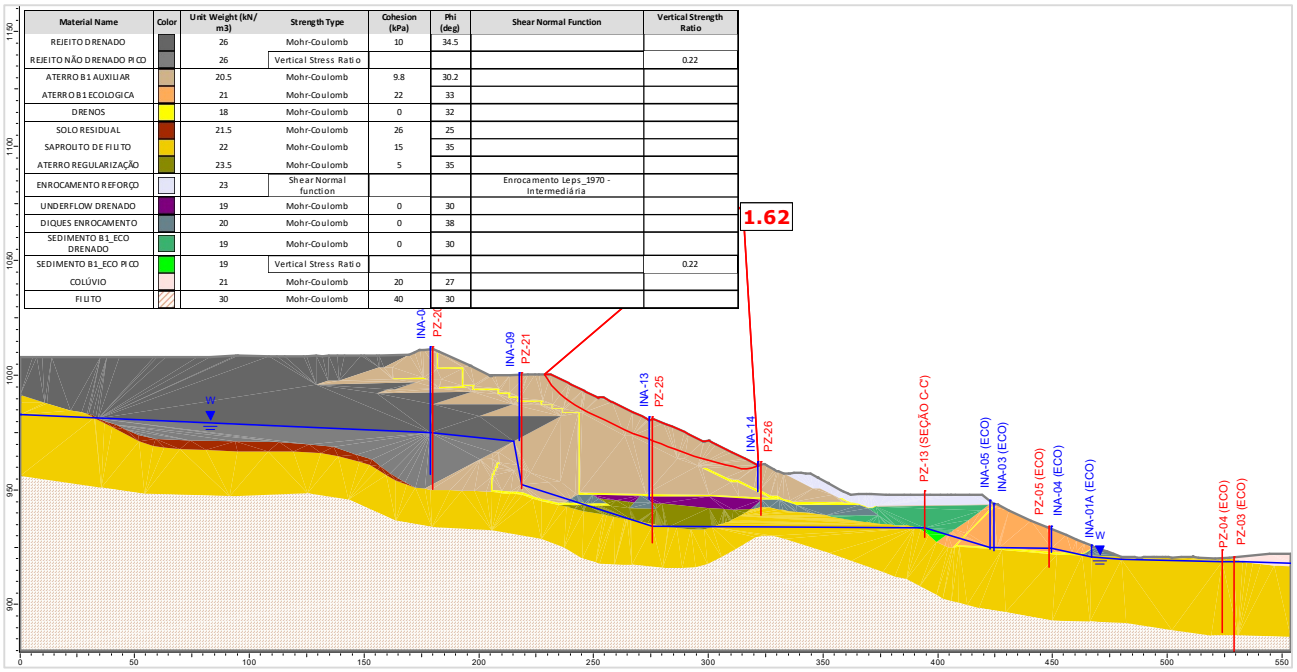


Figura 5.116 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

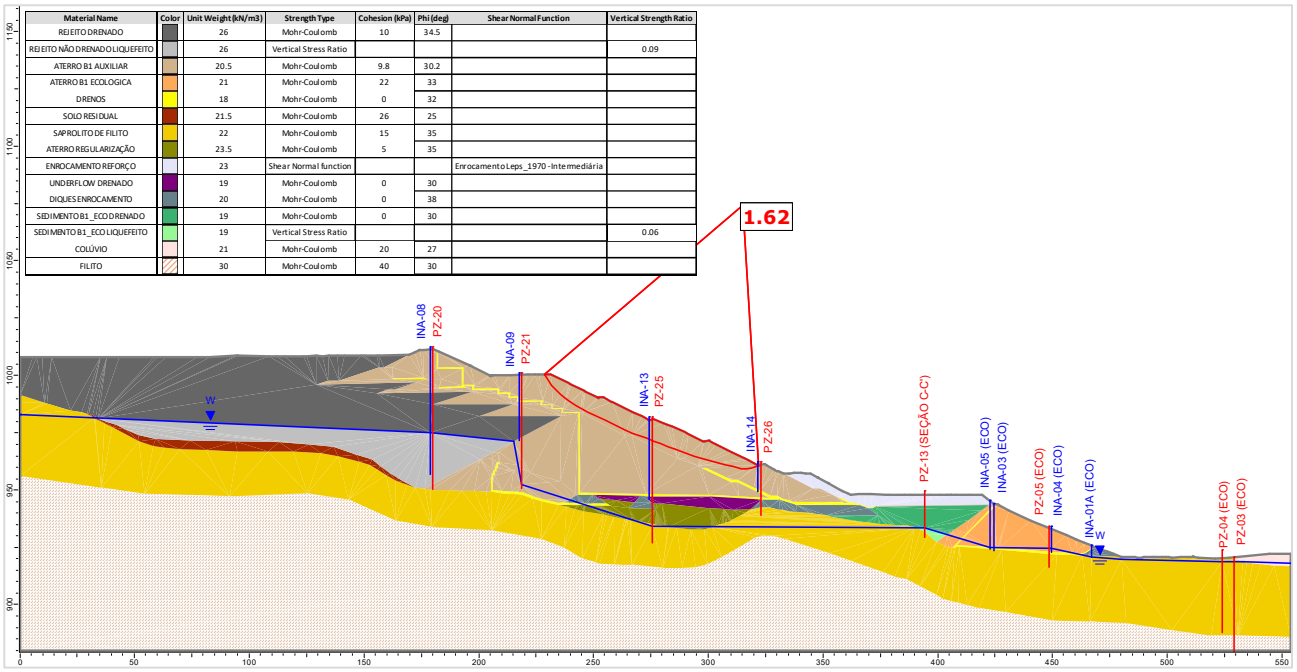
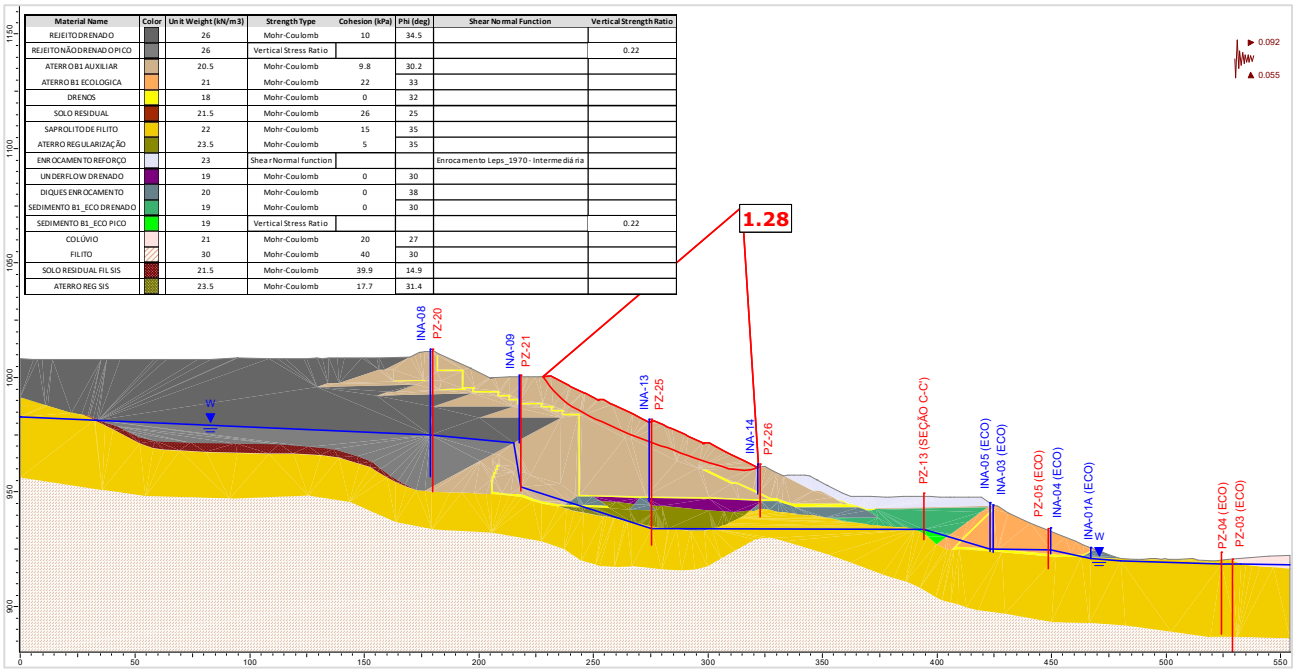
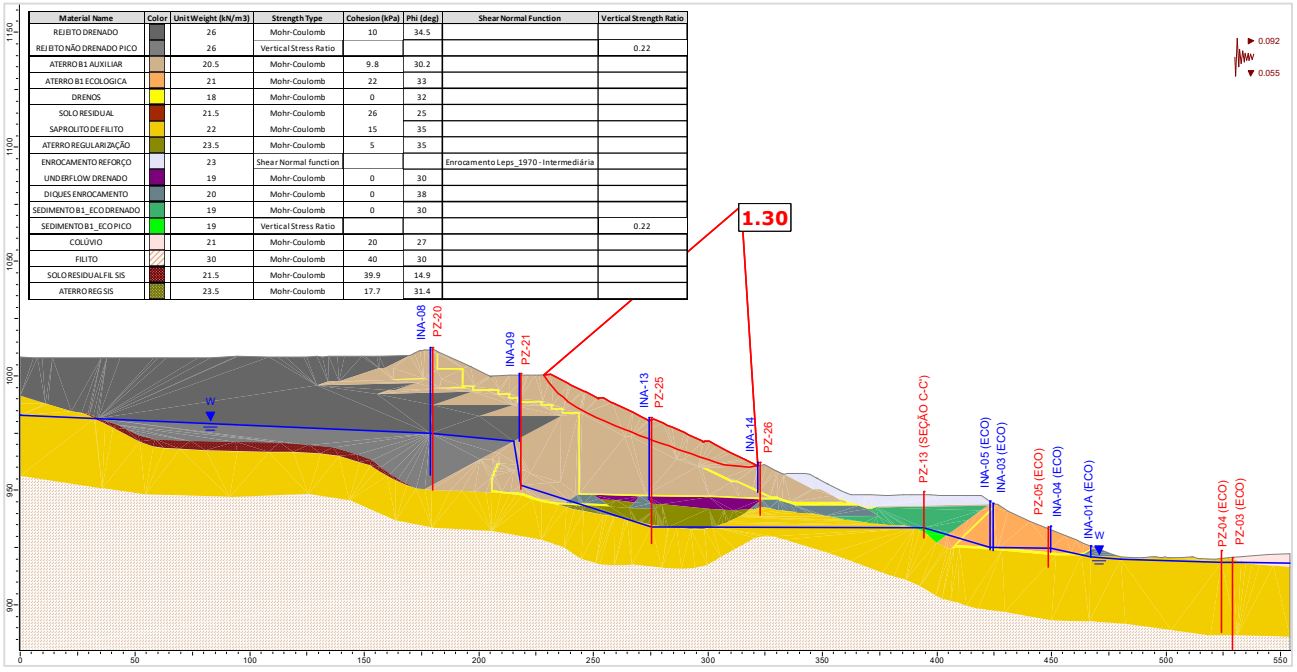


Figura 5.117 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		

Figura 5.118 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		

Figura 5.119 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

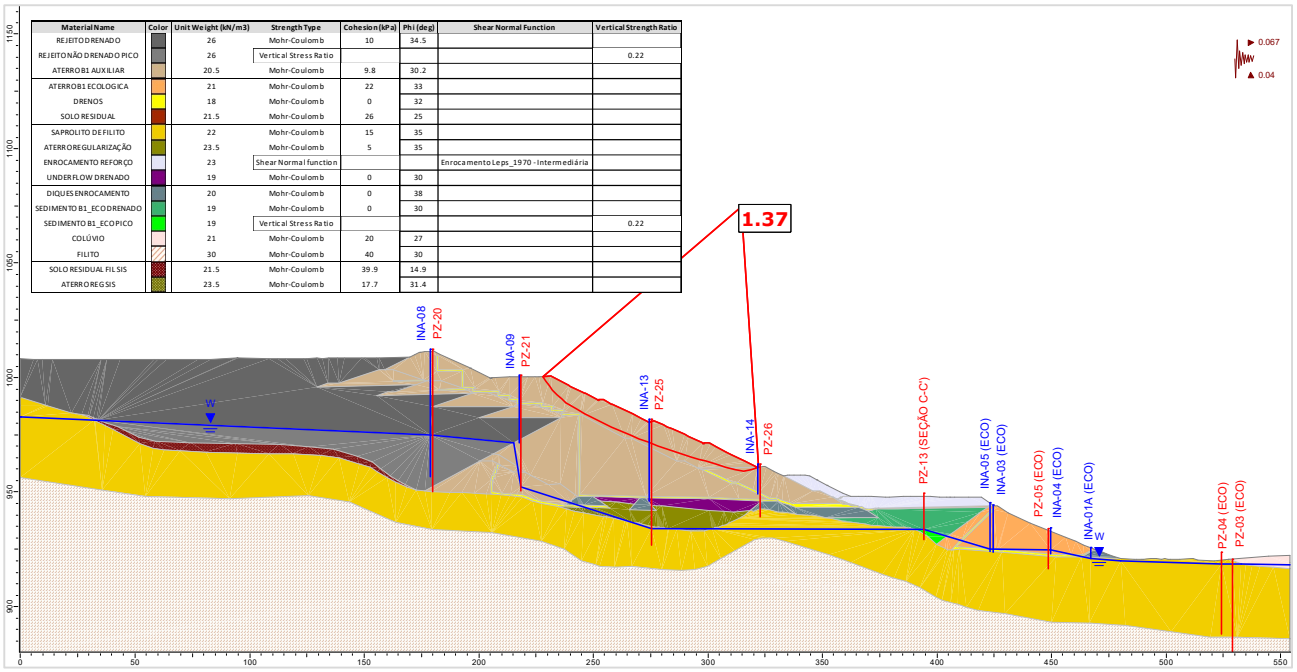


Figura 5.120 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

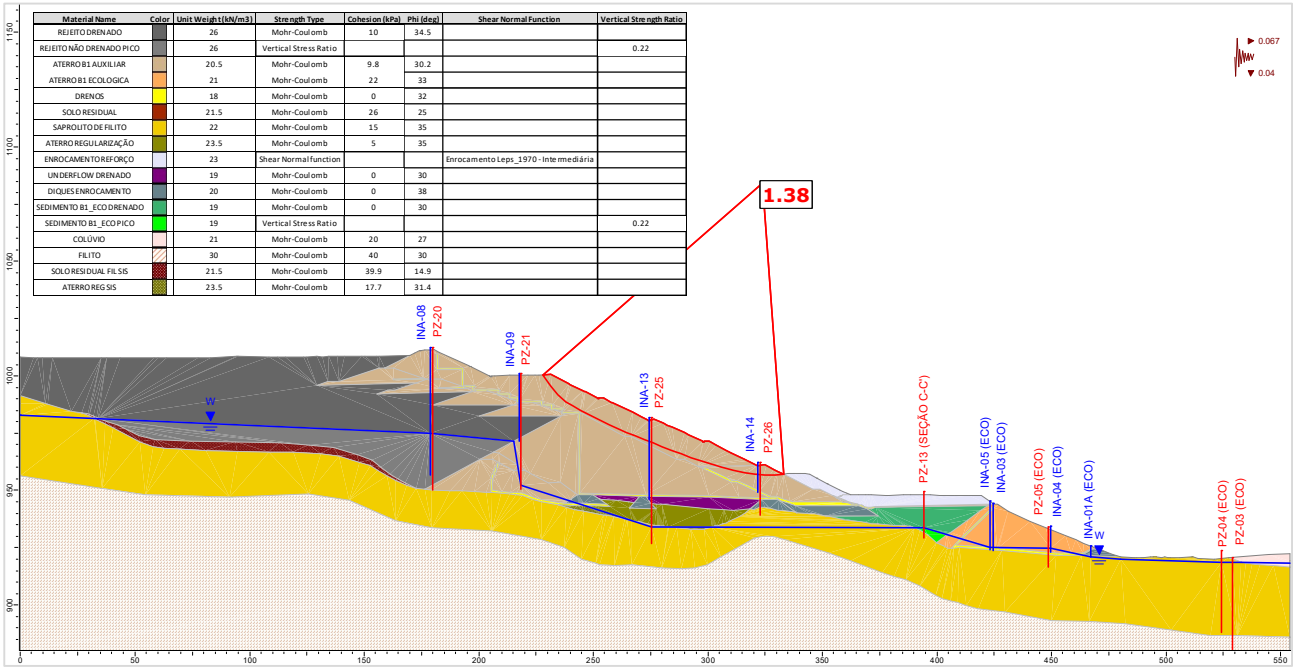
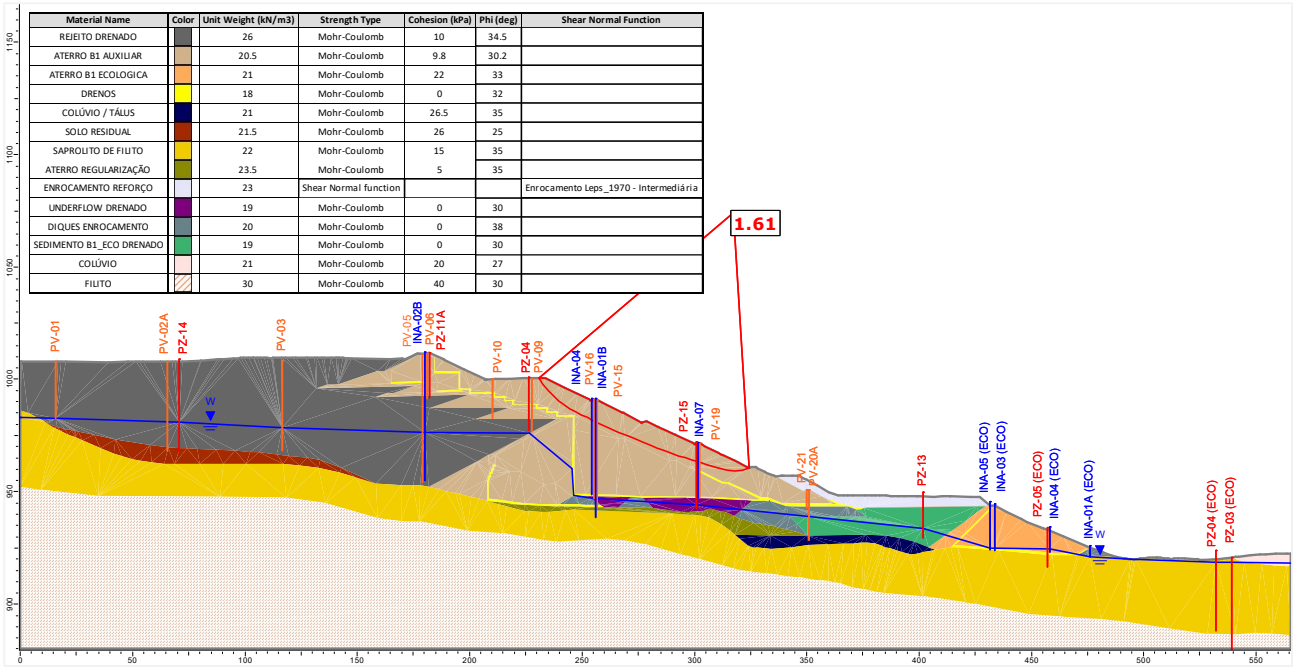
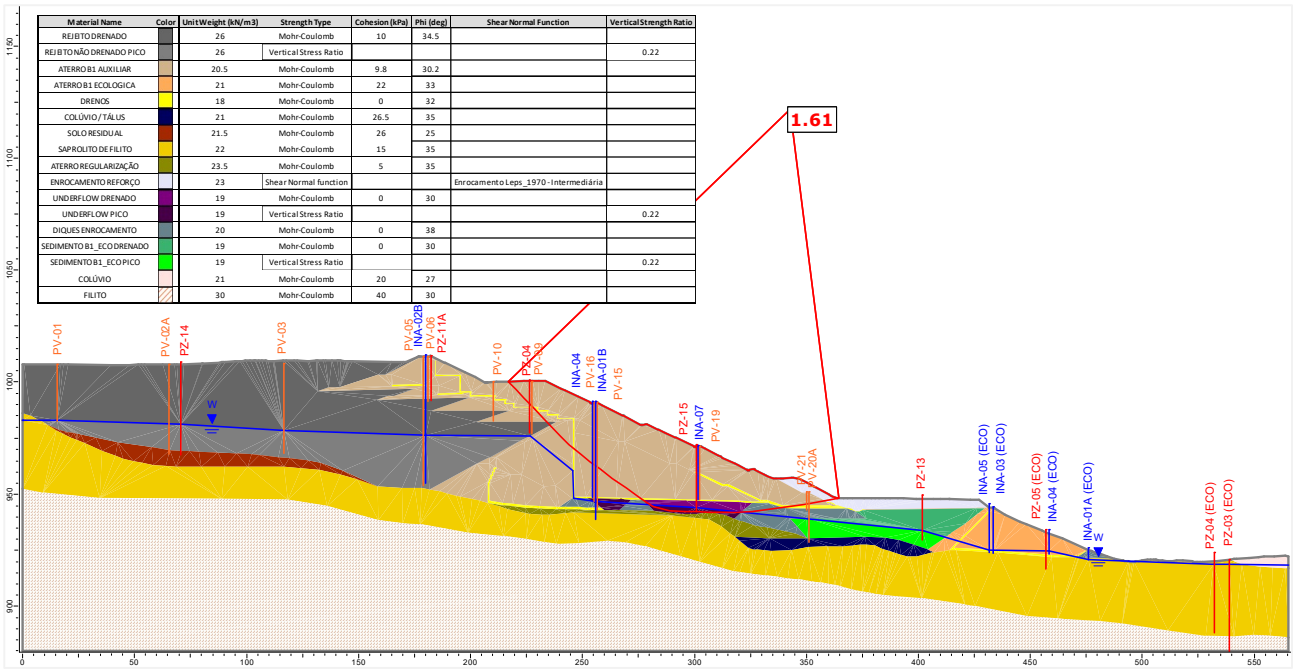


Figura 5.121 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



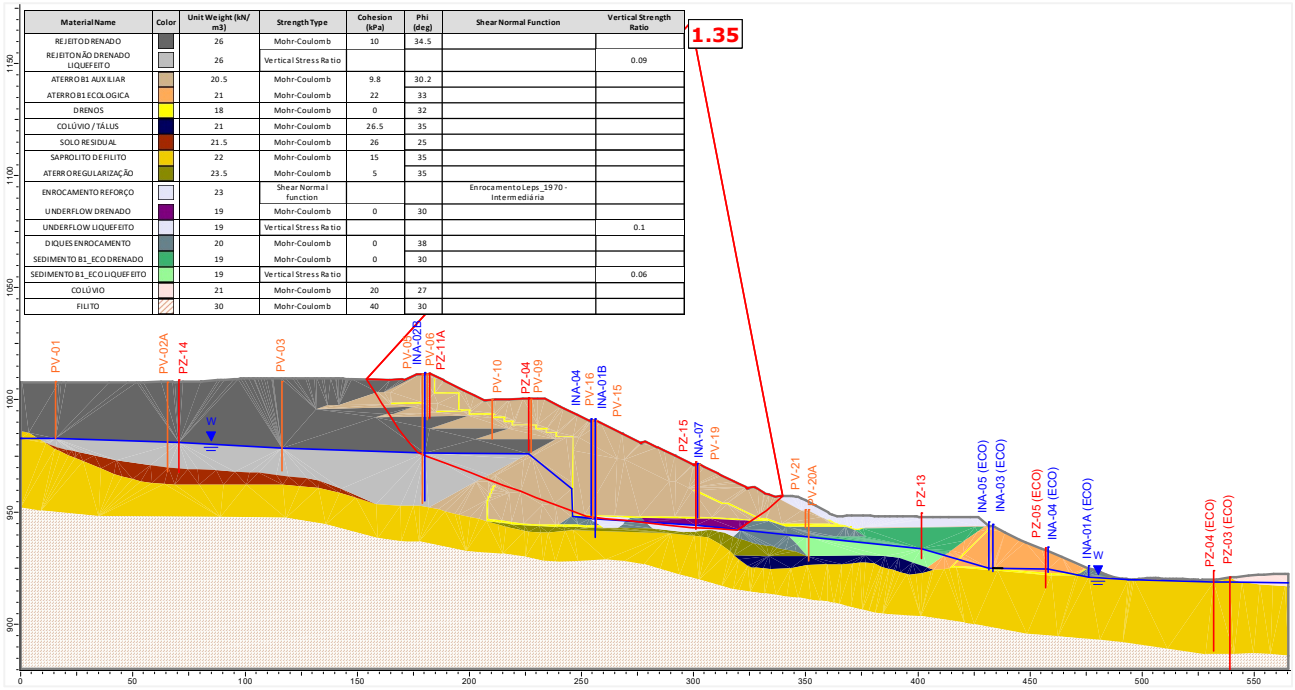
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35	
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38	
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.122 – Seção C-C’ – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024.



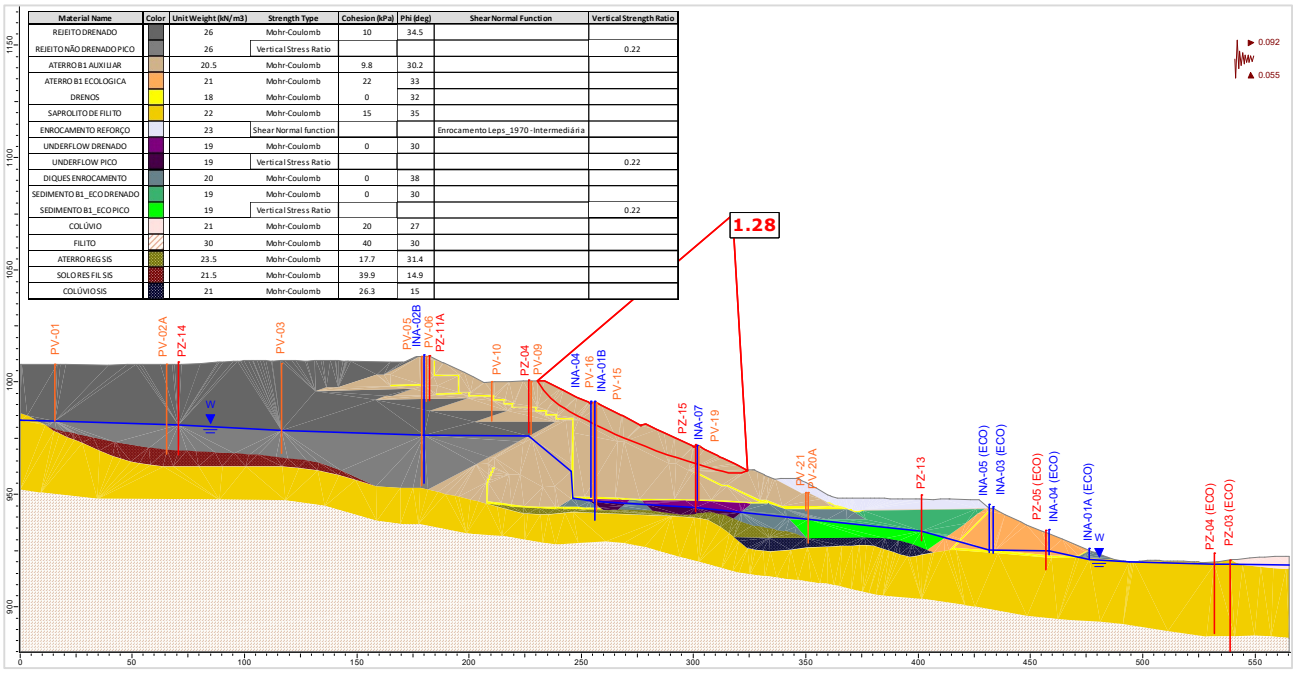
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 5.123 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



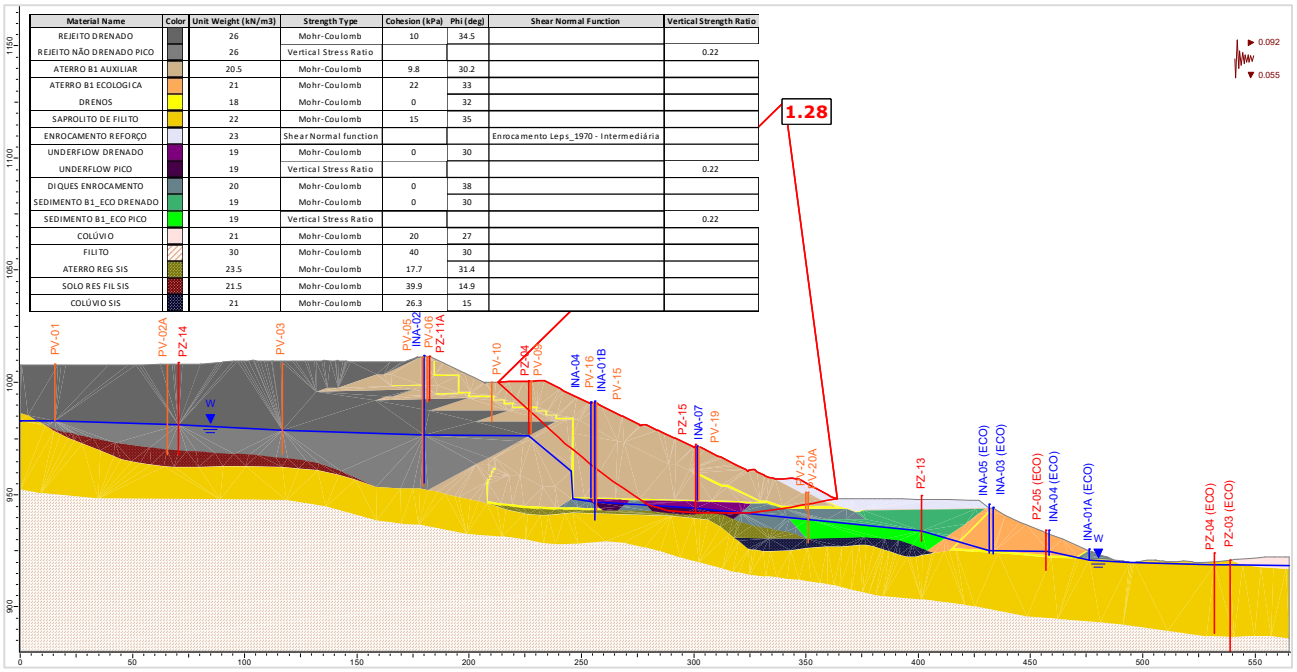
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio				0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW LIQUEFEITO		19	Vertical Stress Ratio				0.1
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO LIQUEFEITO		19	Vertical Stress Ratio				0.06
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 5.124 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



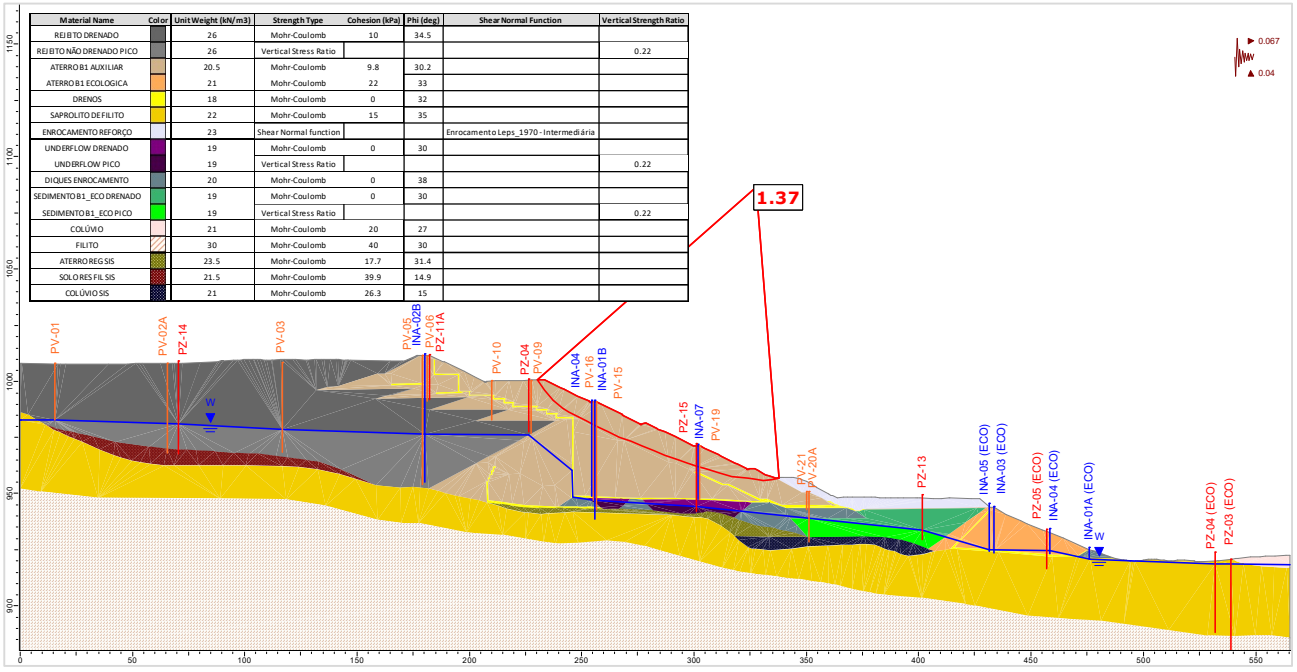
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.125 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.126 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.127 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

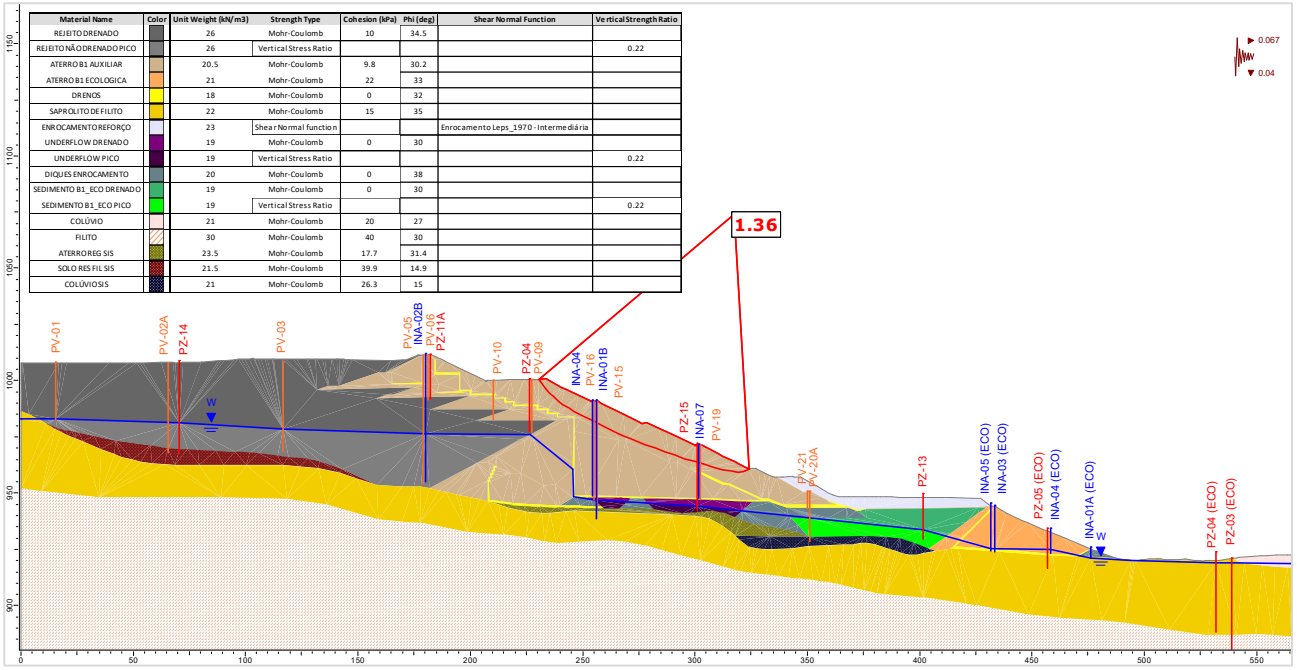


Figura 5.128 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

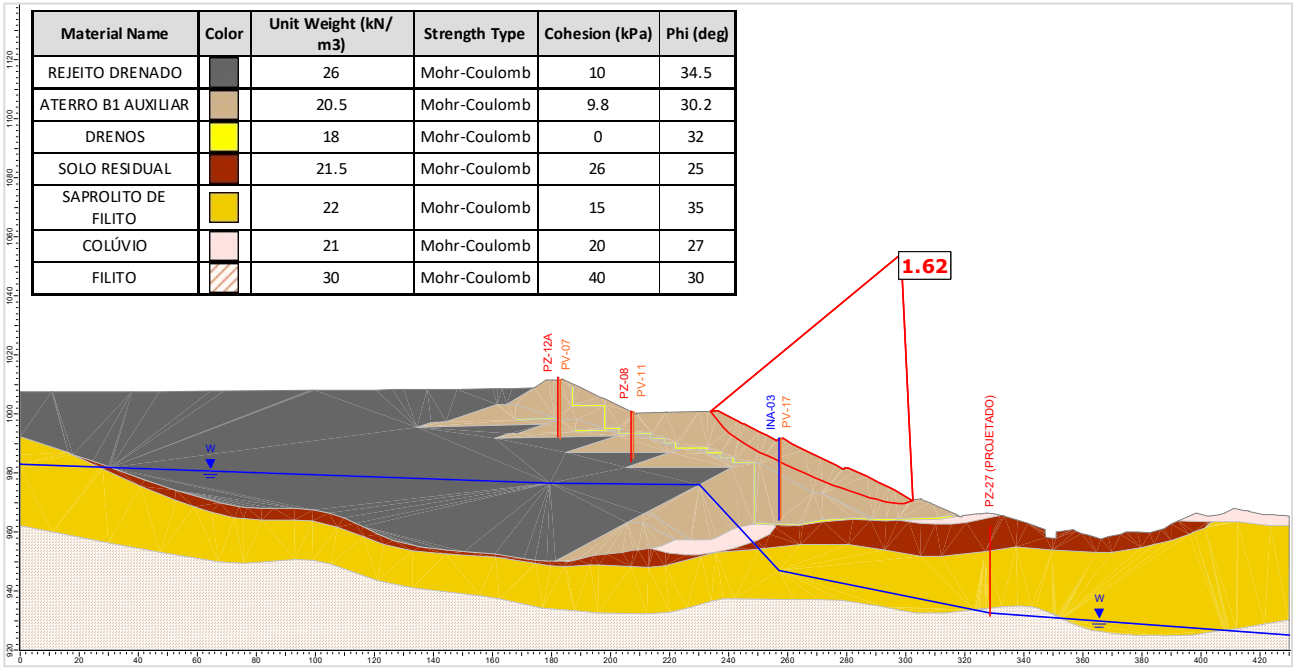


Figura 5.129 – Seção D-D’ – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024.

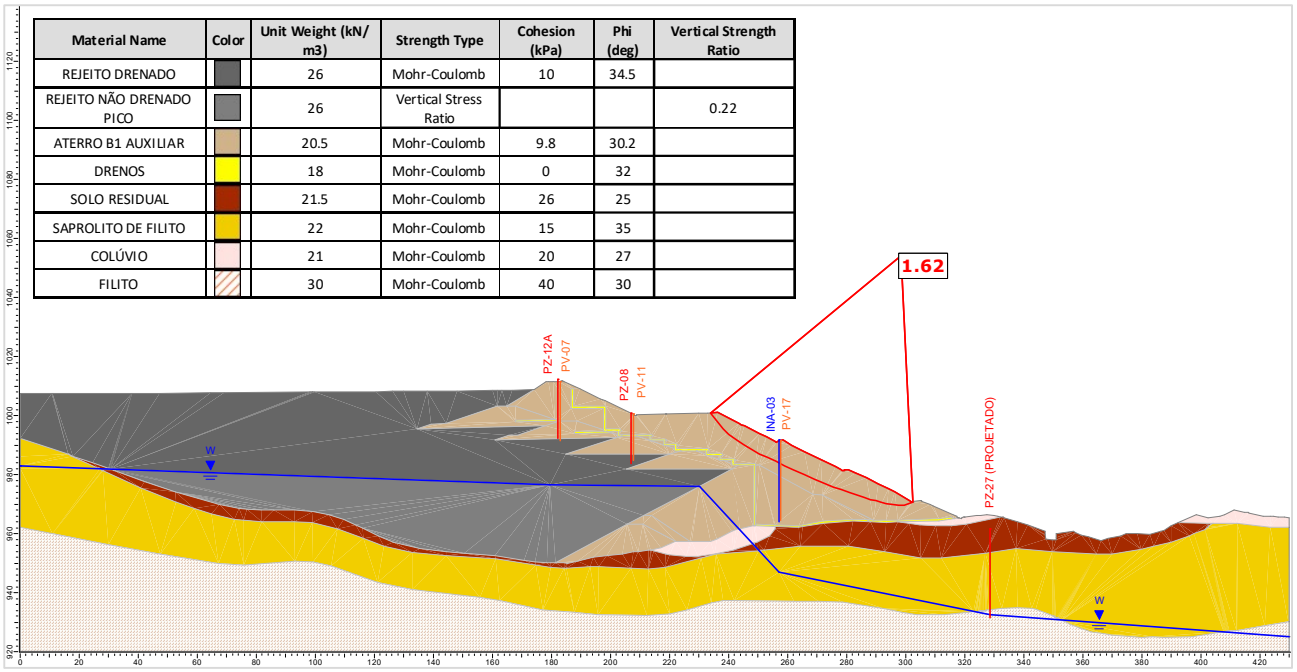


Figura 5.130 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

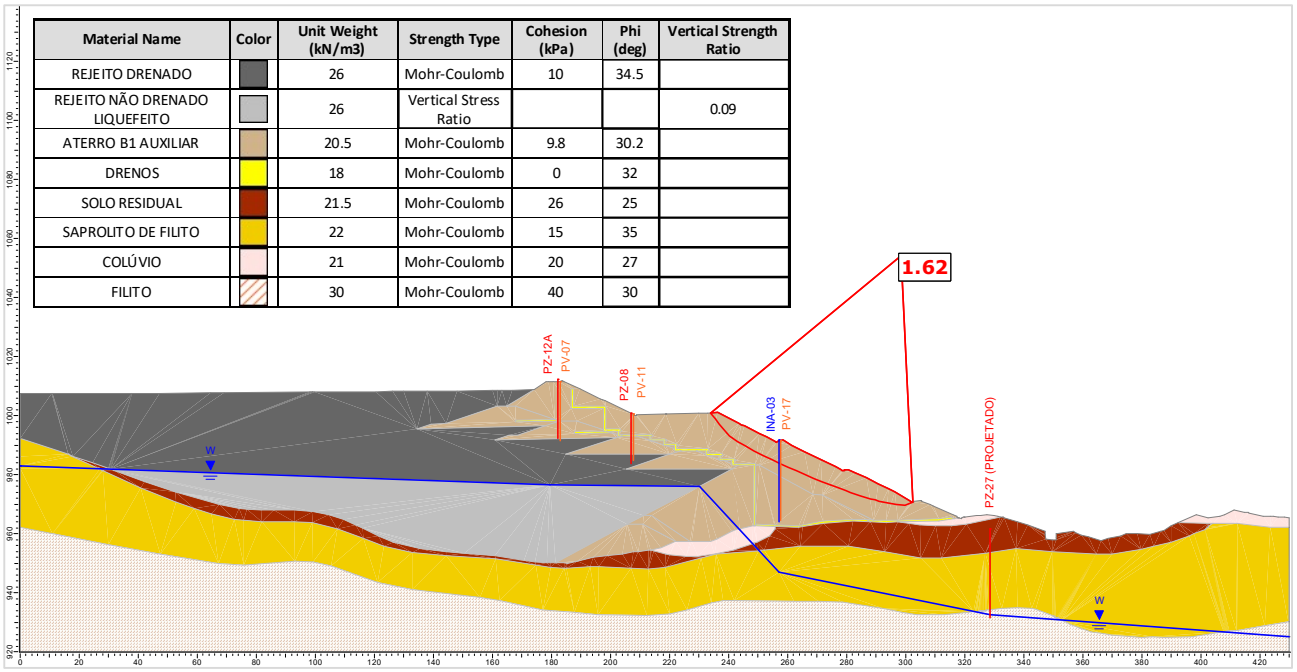
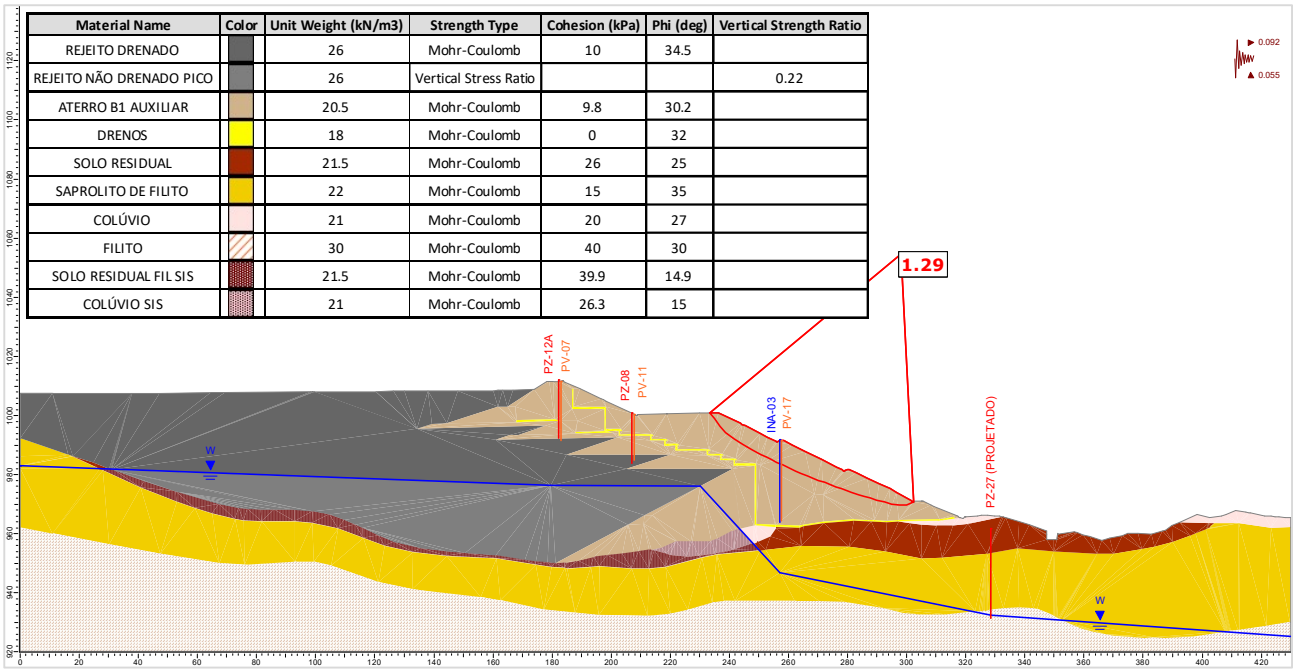
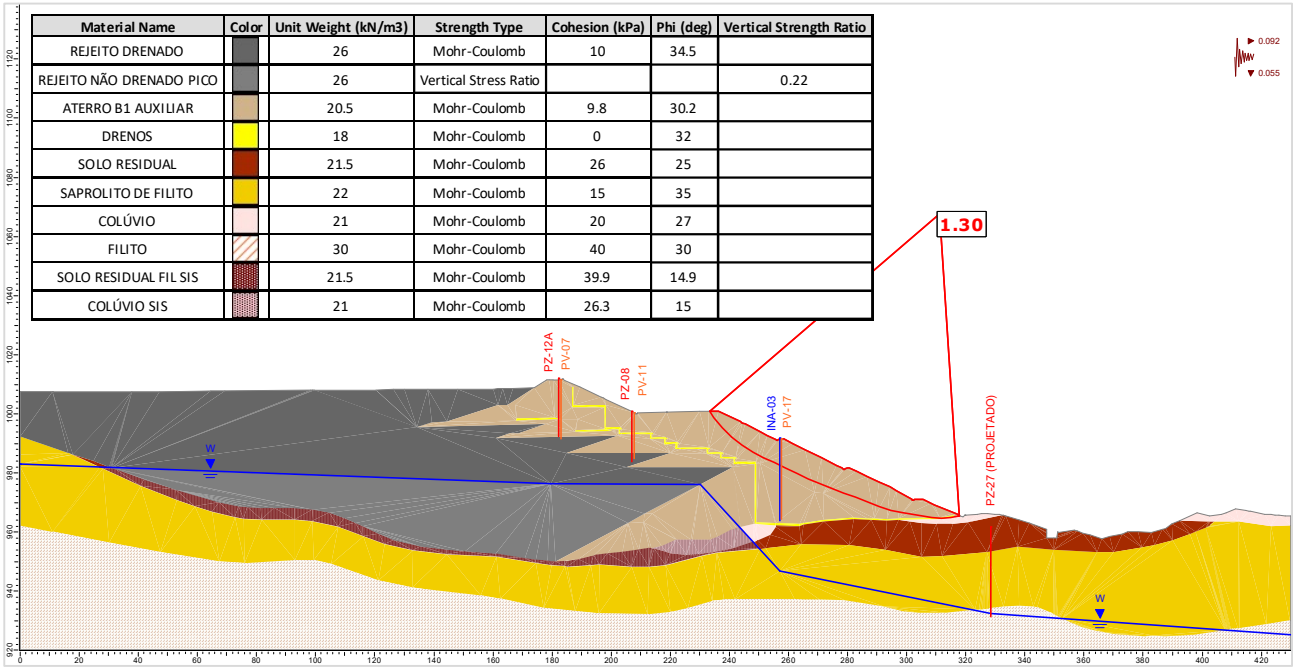


Figura 5.131 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.132 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.133 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

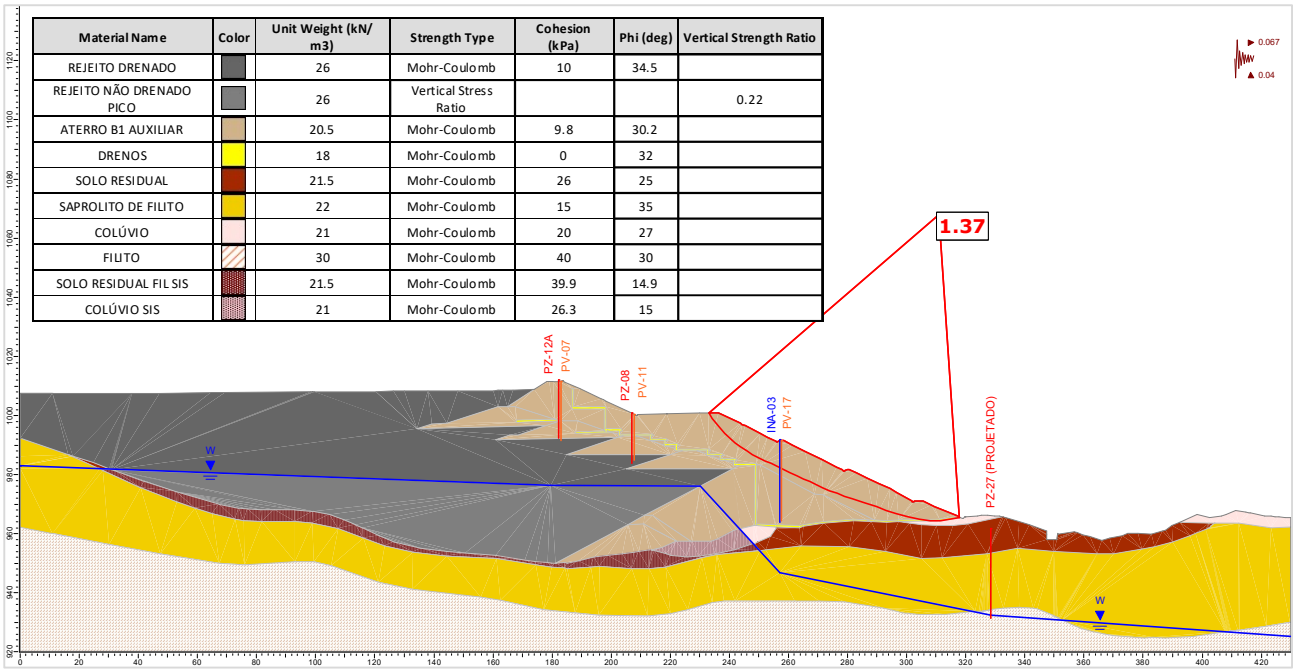


Figura 5.134 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

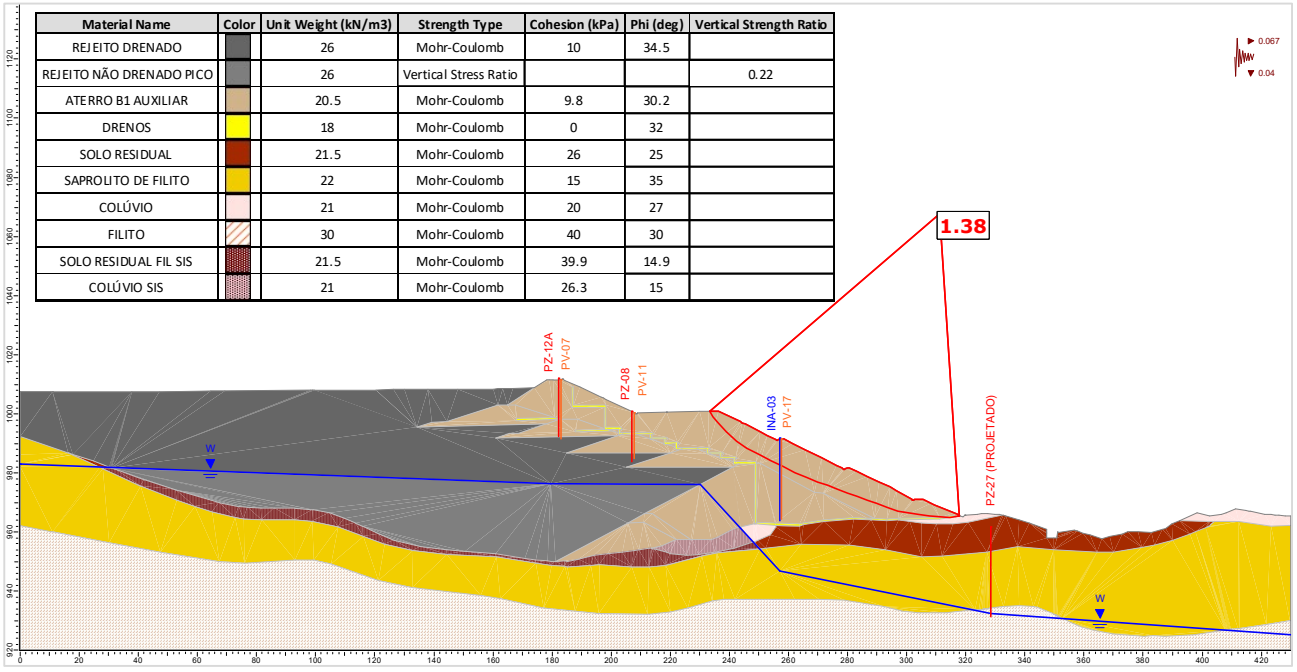


Figura 5.135 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30

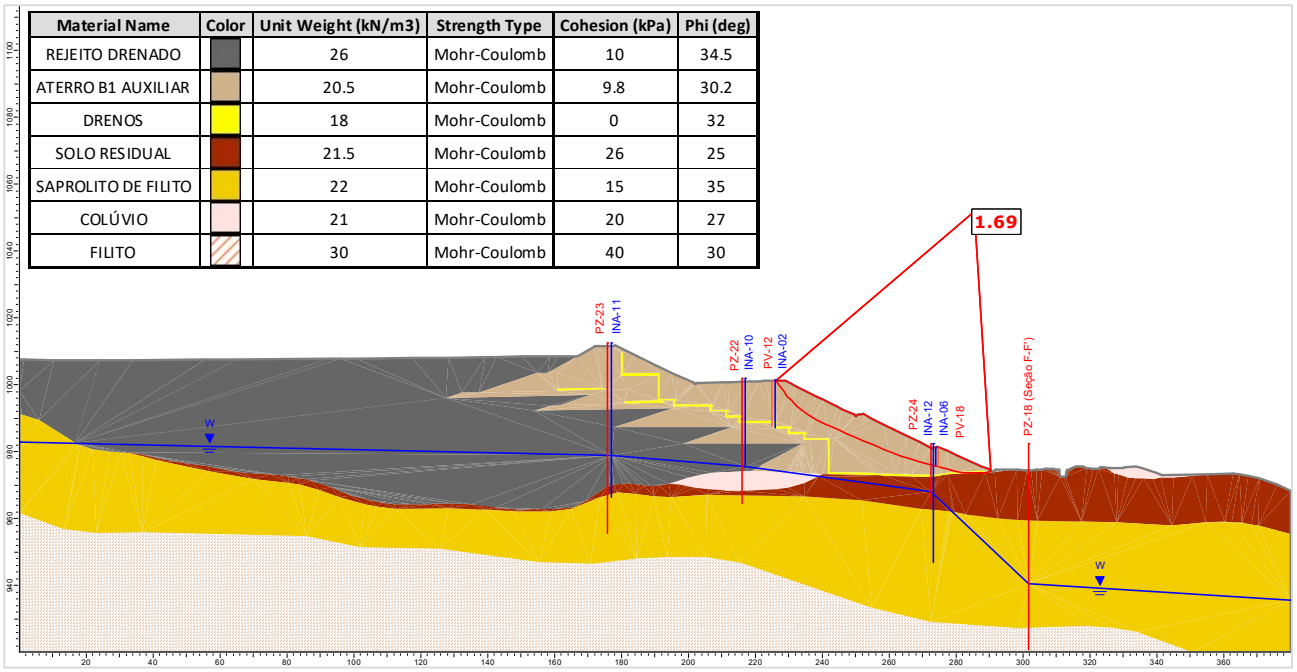


Figura 5.136 – Seção E-E' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

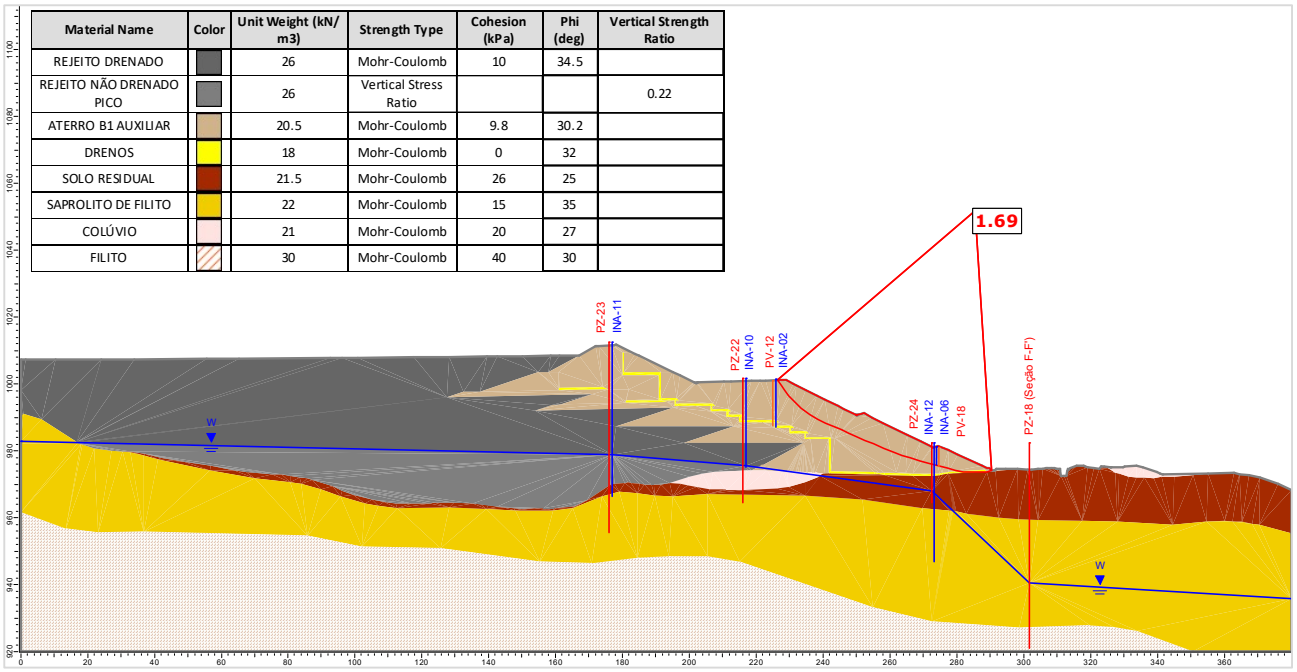
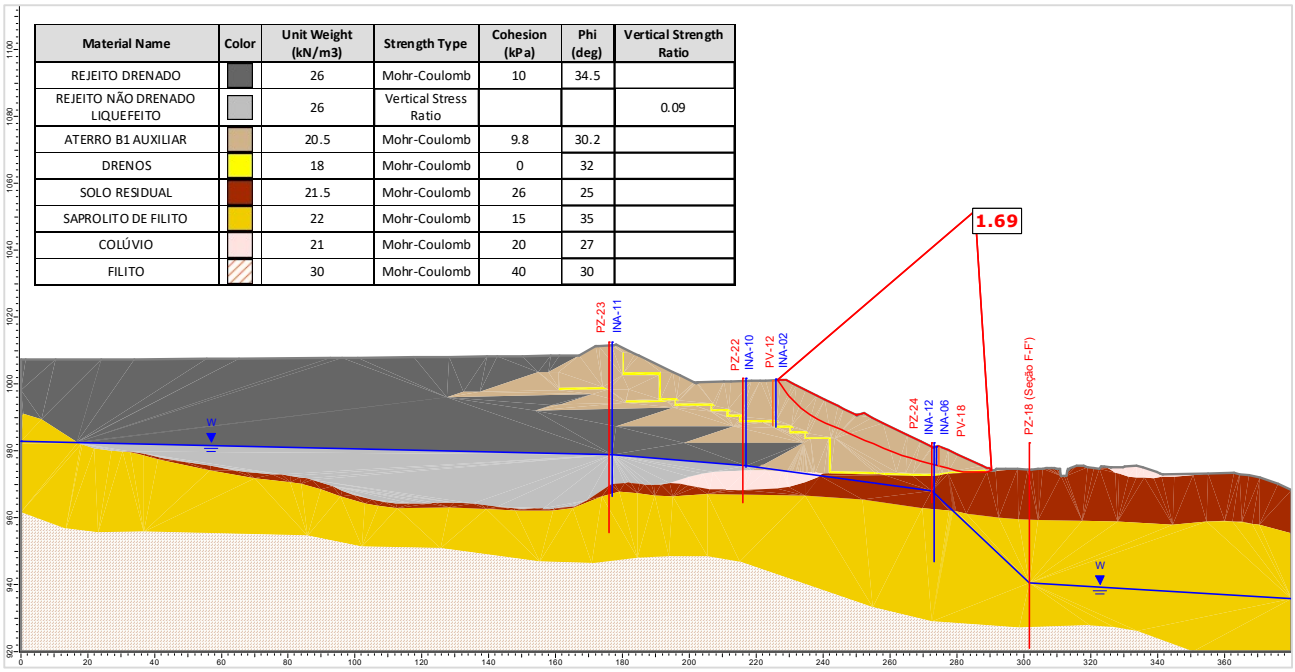
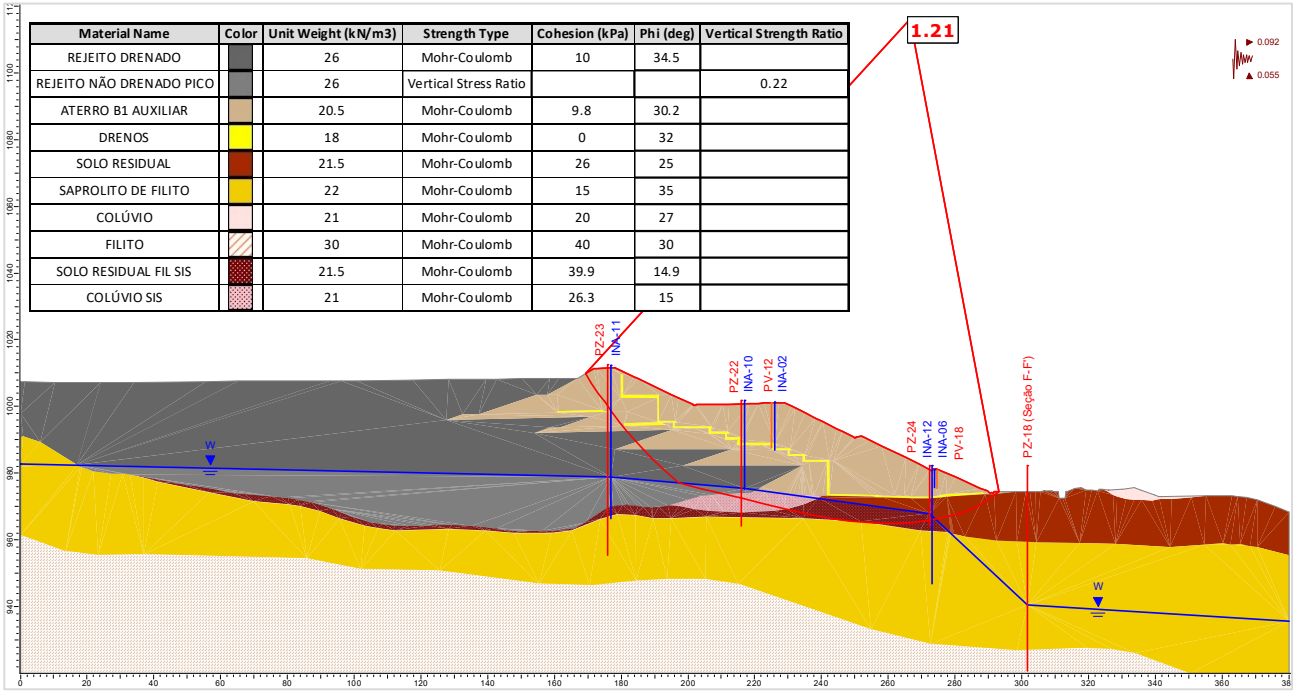


Figura 5.137 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



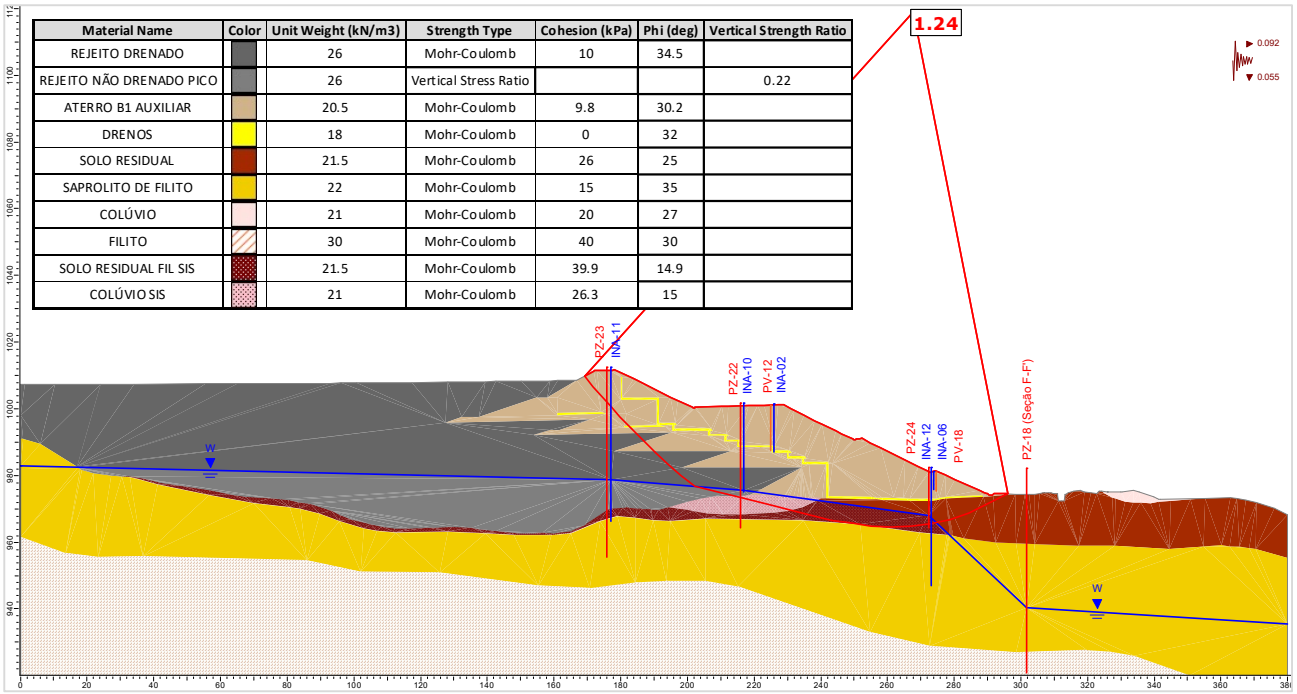
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio			0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.138 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



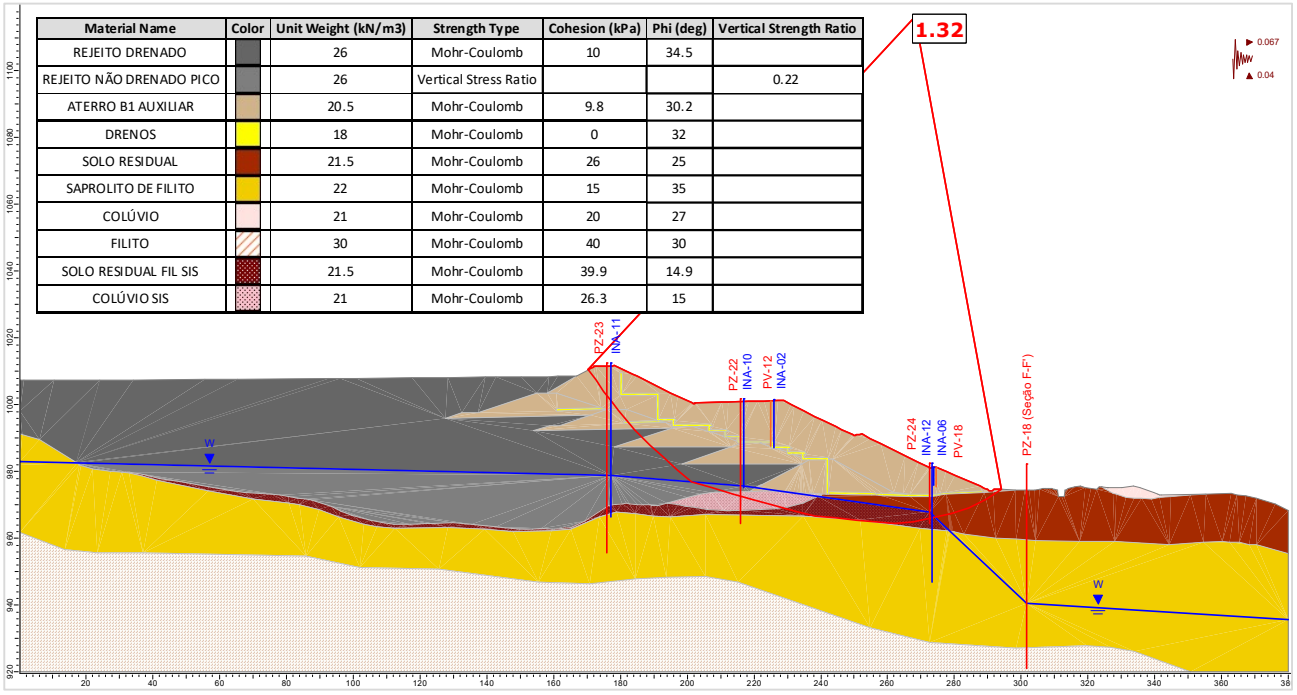
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.139 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



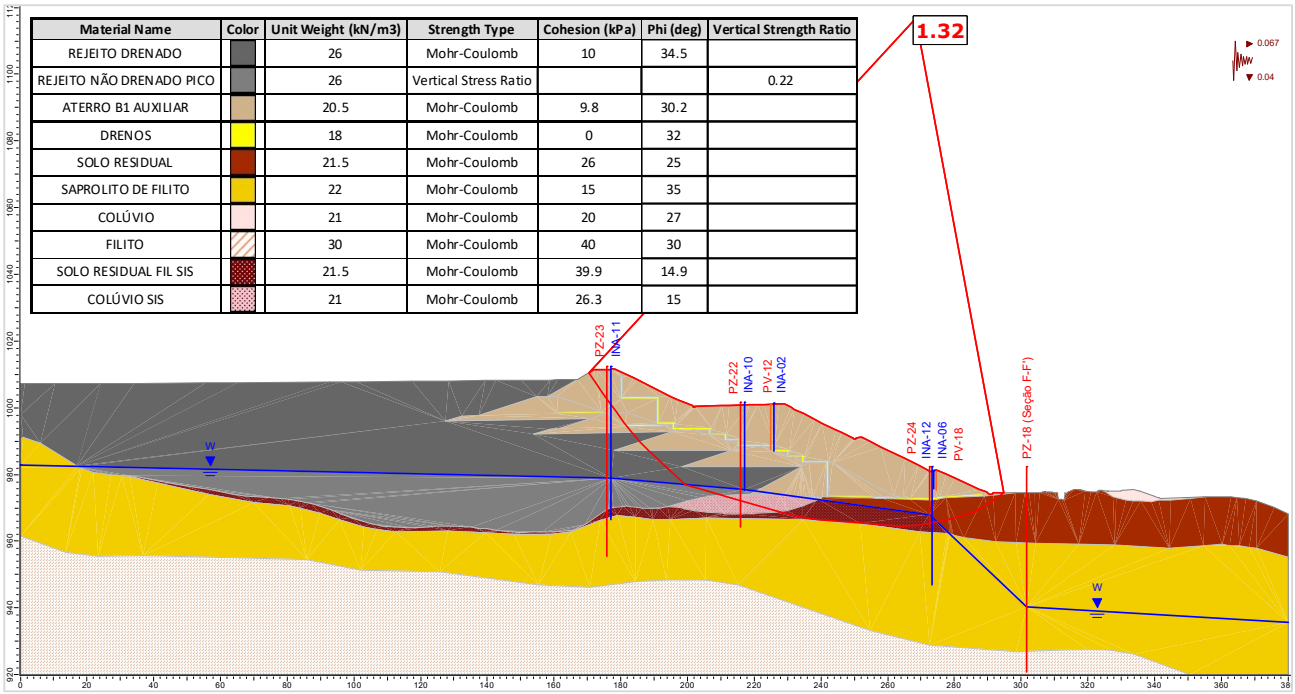
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.140 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



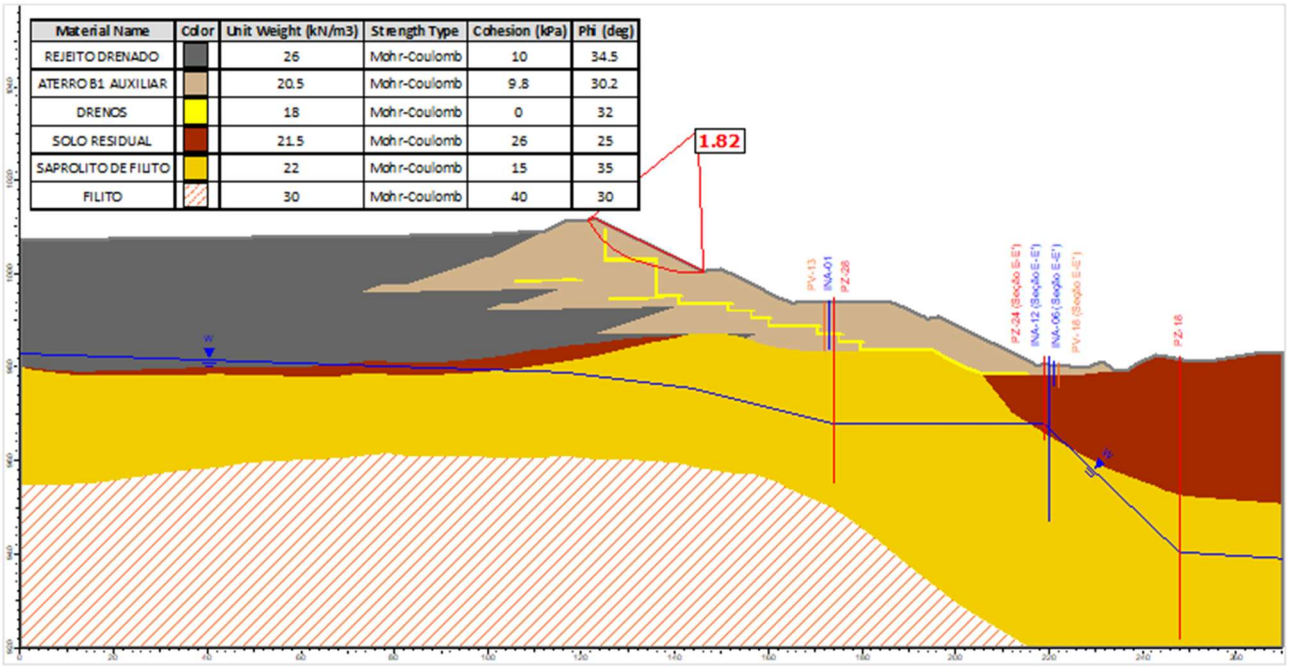
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.141 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.142 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30

Figura 5.143 – Seção F-F' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024.

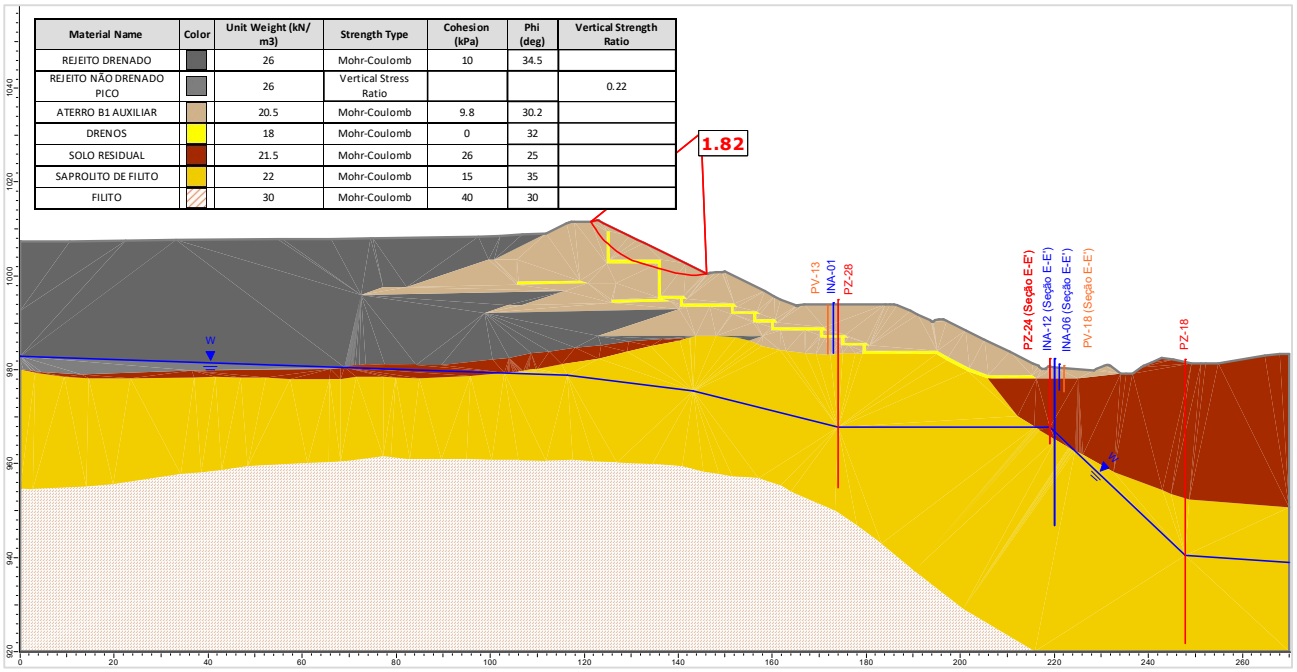


Figura 5.144 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

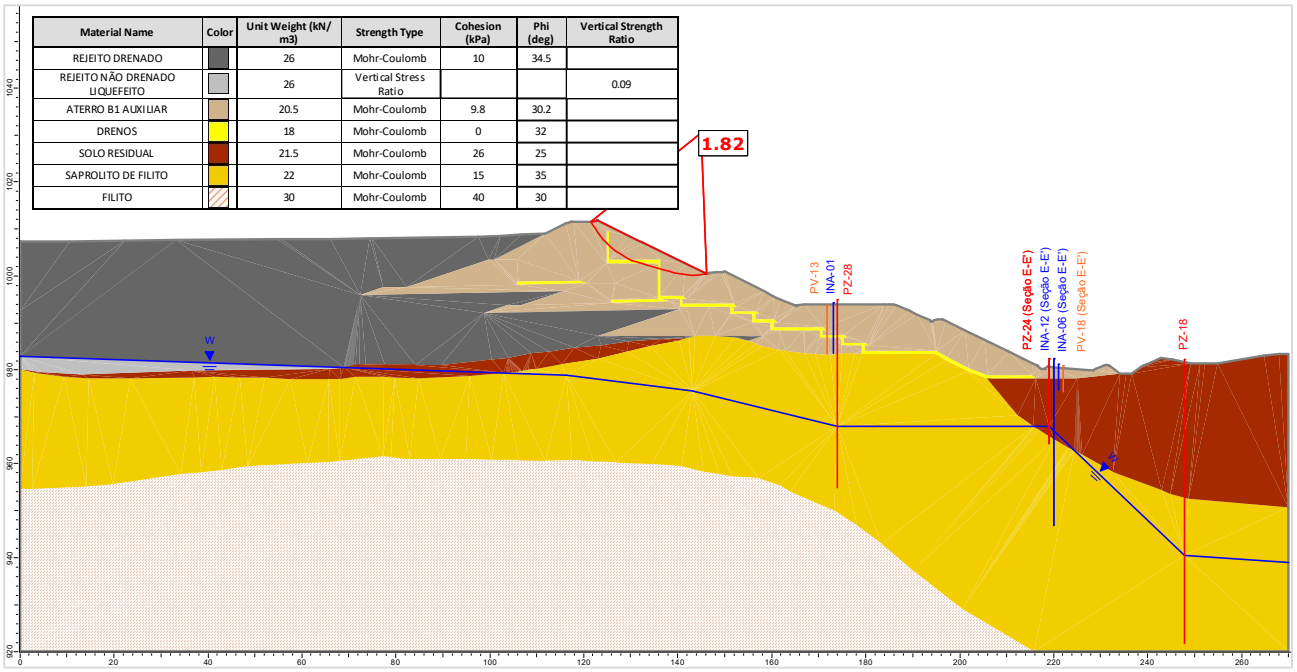


Figura 5.145 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

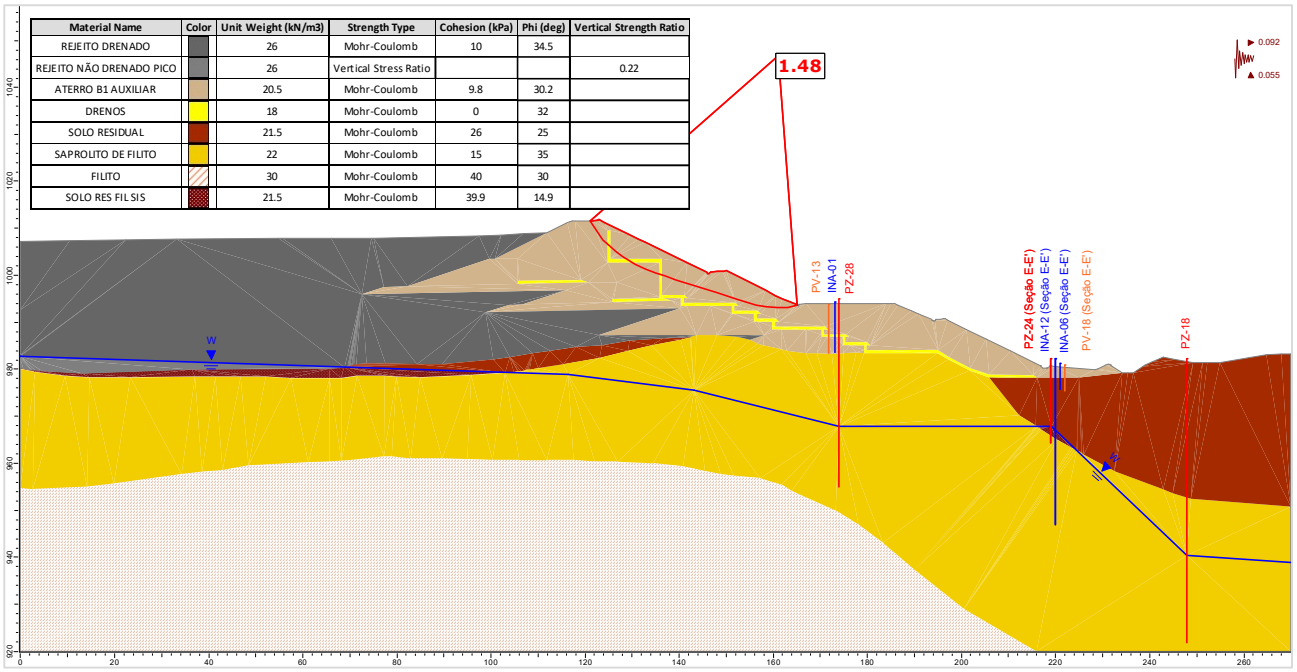


Figura 5.146 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

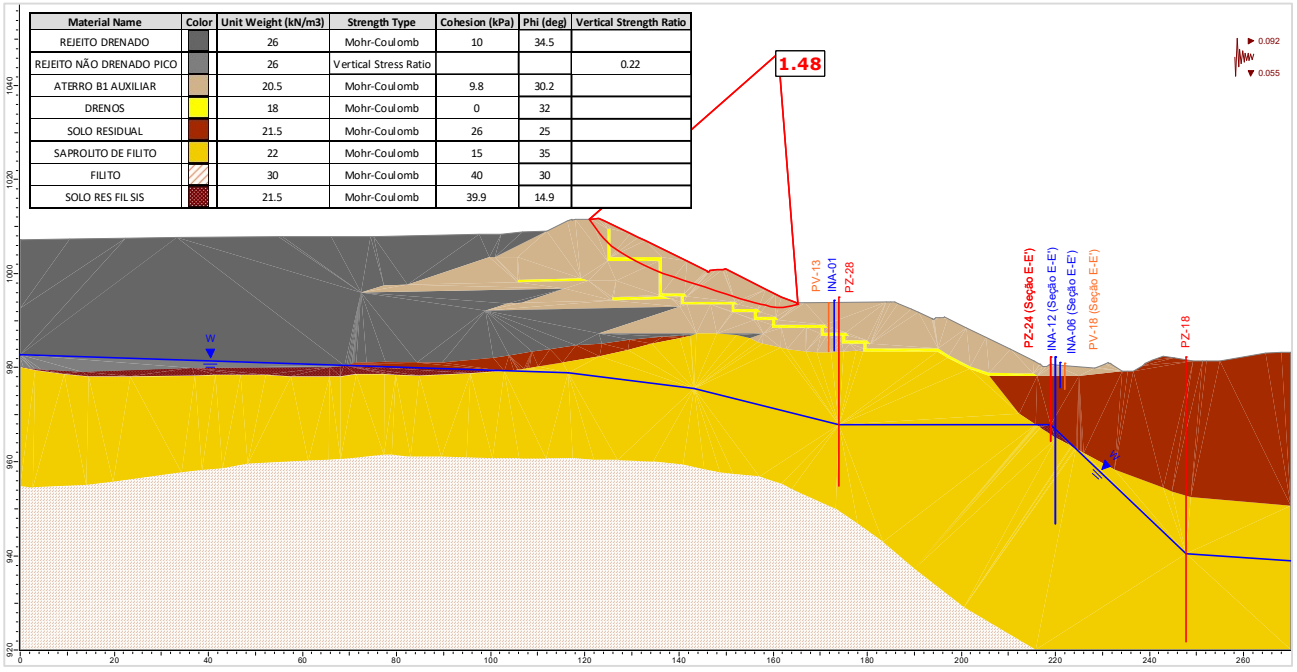


Figura 5.147 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

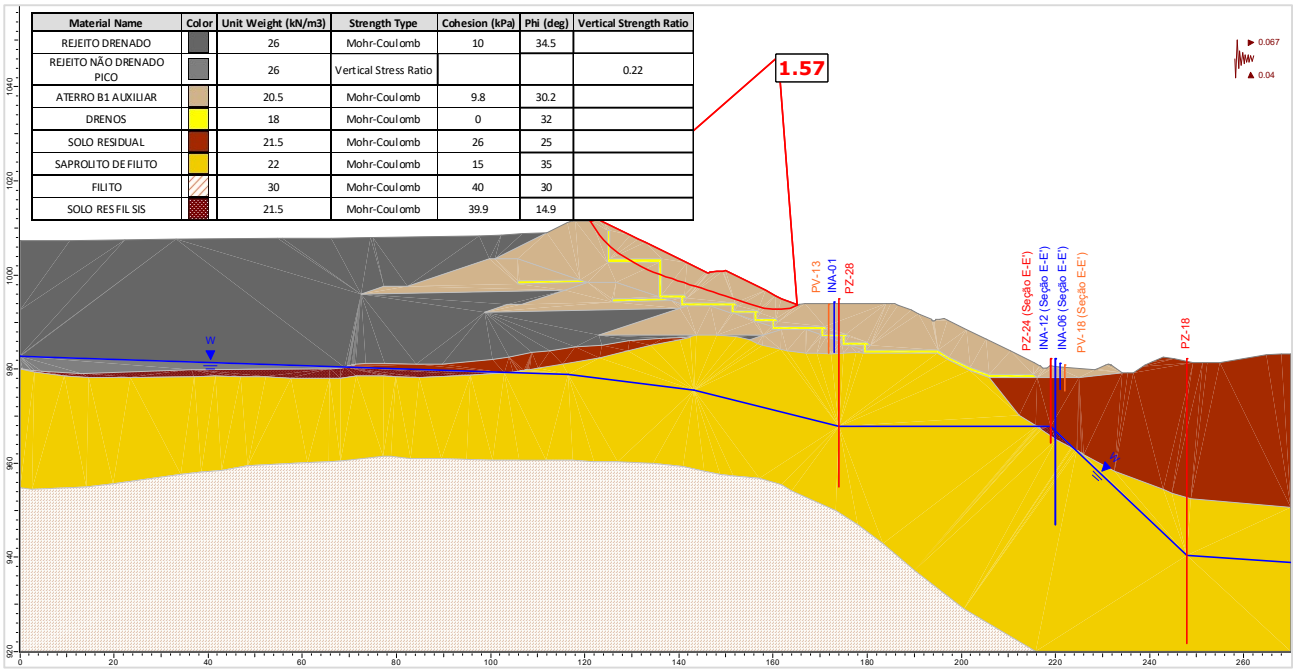


Figura 5.148 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

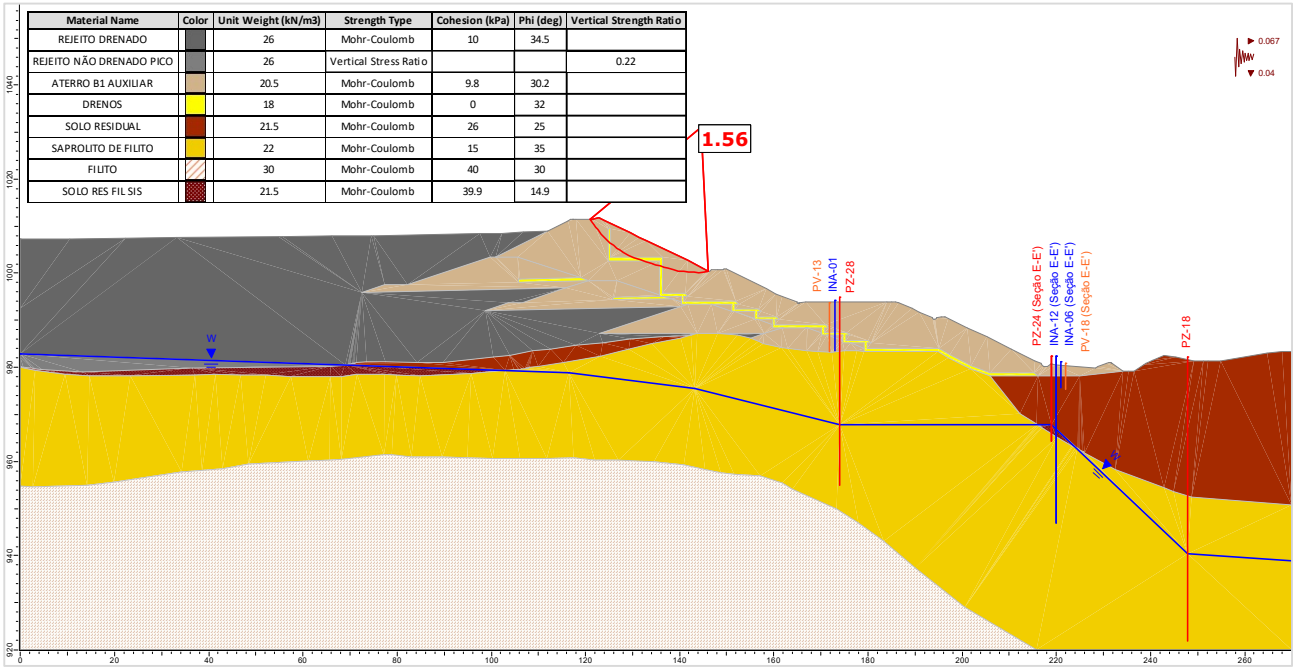


Figura 5.149 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 28/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico, no período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024).

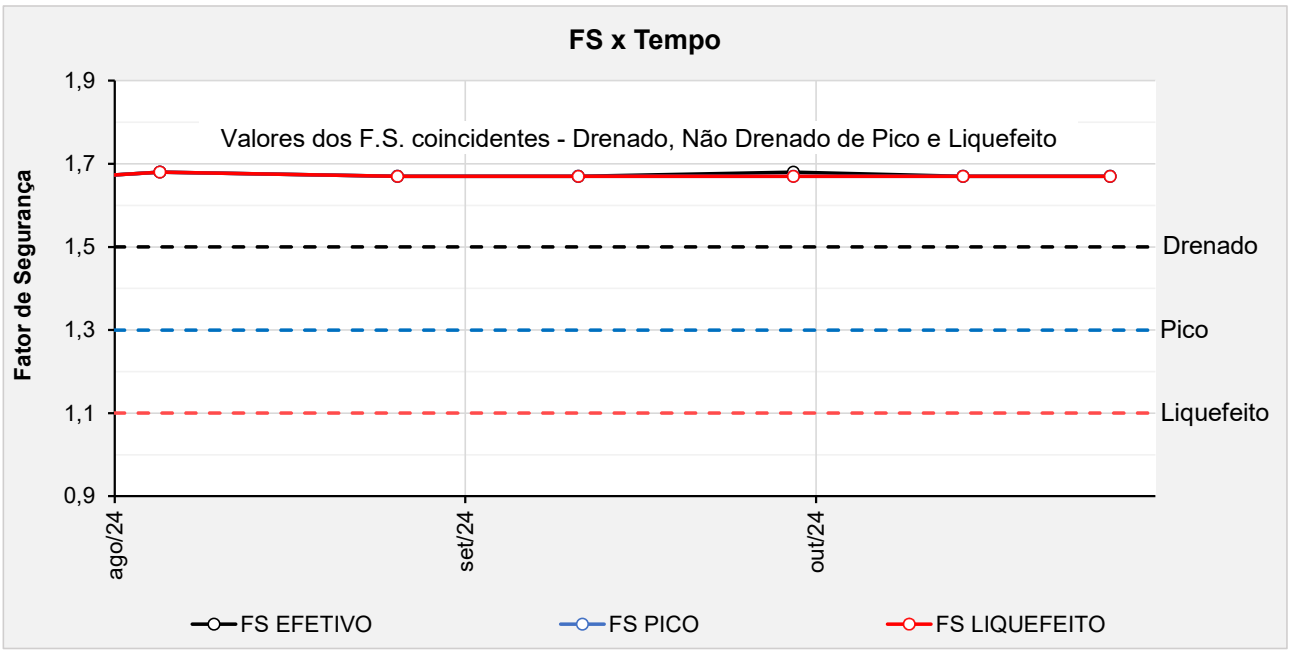


Figura 5.150 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

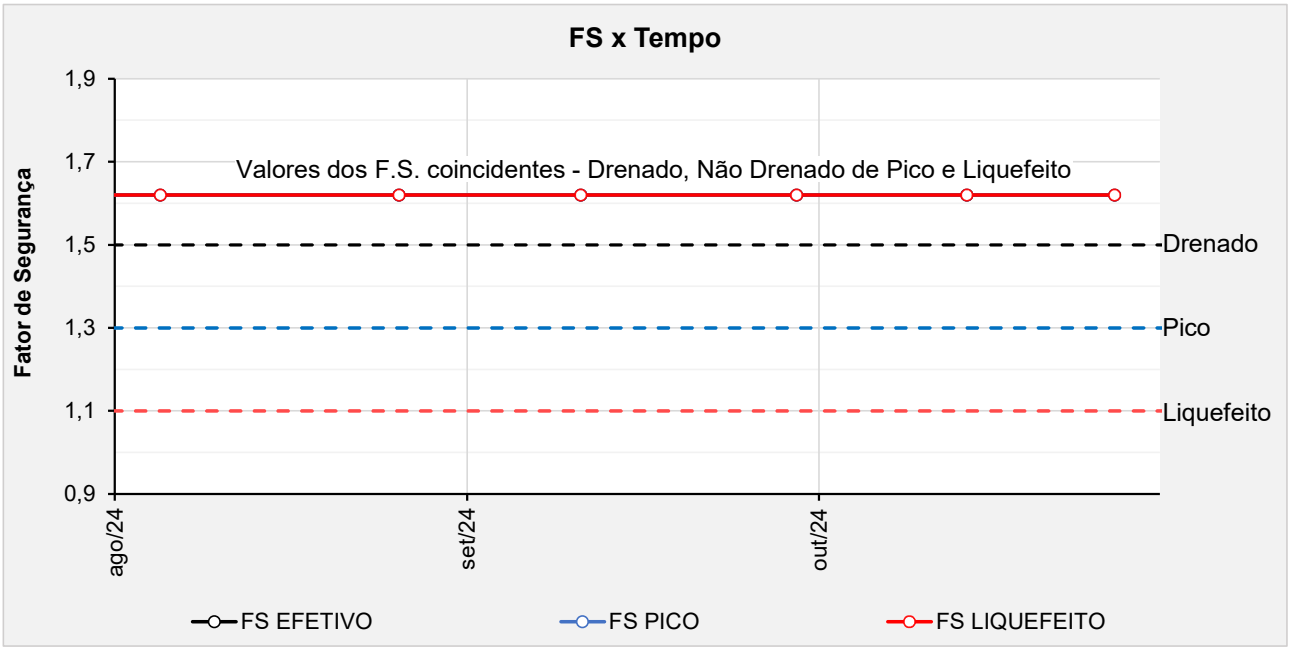


Figura 5.151 – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

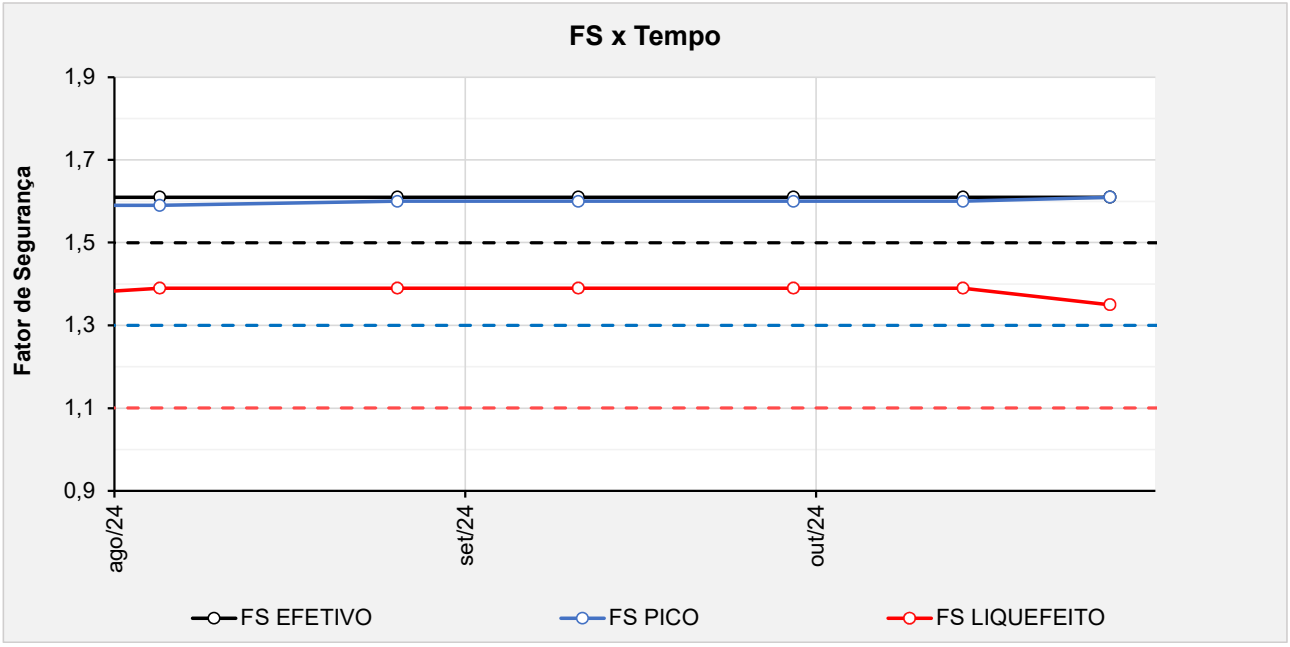


Figura 5.152 – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

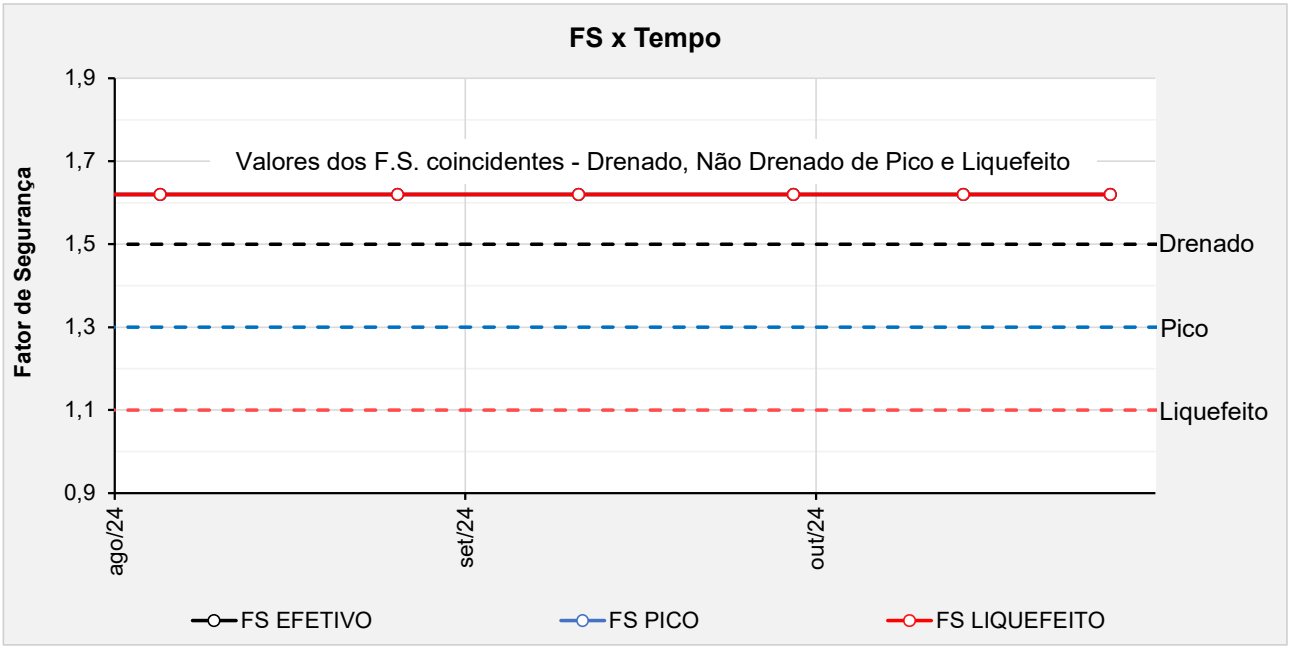


Figura 5.153 – Seção D-D' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

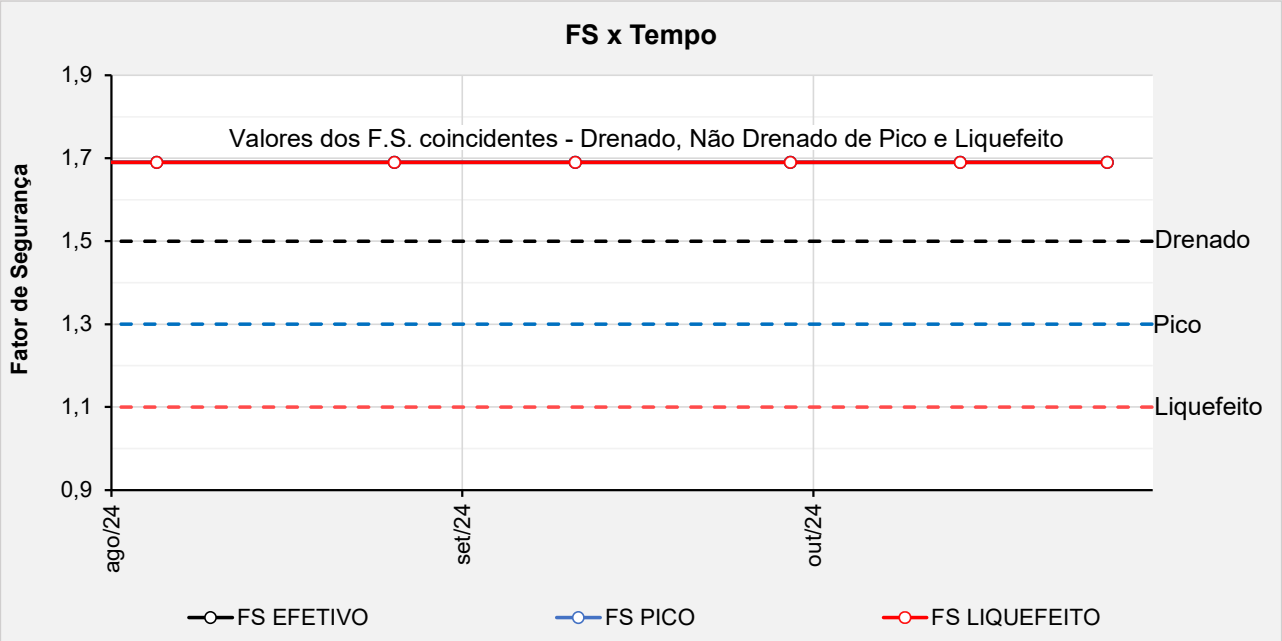


Figura 5.154 – Seção E-E' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

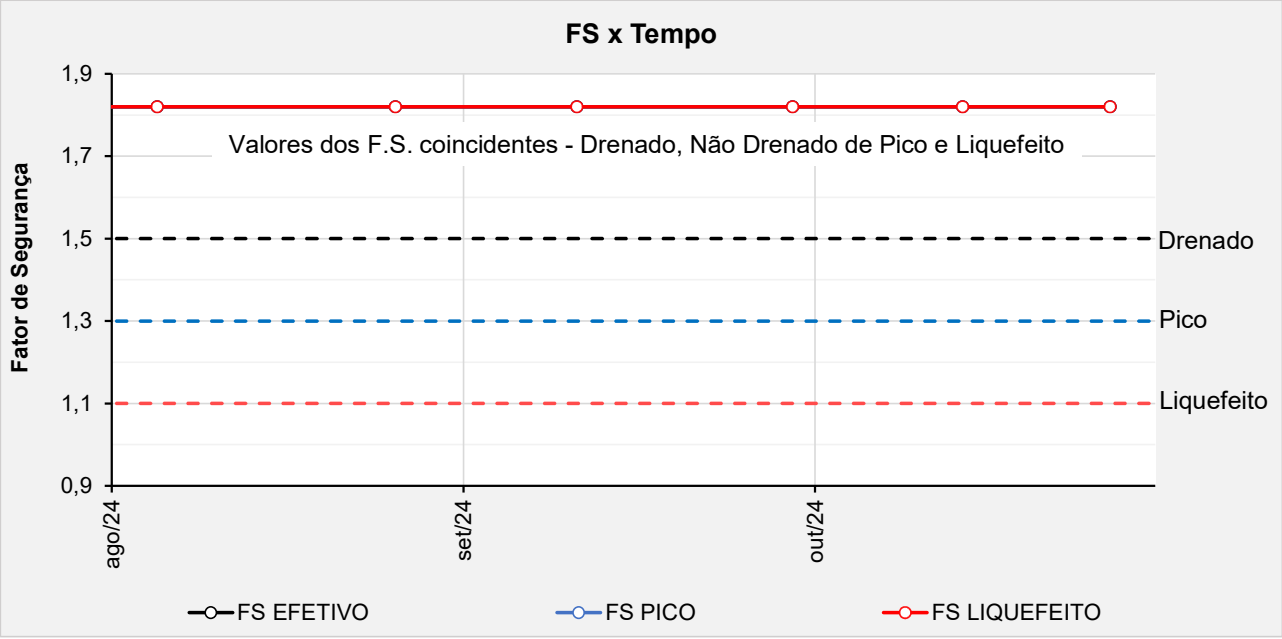


Figura 5.155 – Seção F-F' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante

as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico será fundamental durante as obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação da profundidade e pressão da água no solo e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos dos taludes.

Conforme discutido nos documentos de consolidação e diagnóstico, o material contido no reservatório da barragem, o underflow utilizado na fundação e os sedimentos no interior do reservatório da Barragem B1 Ecológica são compostos por rejeitos ou sedimentos que foram caracterizados como materiais contráteis a partir da análise de ensaios CPTu. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade para todas as seções de controle da barragem na fase de diagnóstico, tanto para a condição não drenada de pico e condição não drenada liquefeita são superiores aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020, ou seja, se encontram acima de 1,3 e 1,1, respectivamente. Mesmo apresentando uma condição confortável atualmente, o monitoramento da superfície freática atuante na estrutura se constitui da principal premissa de controle da execução do projeto de descaracterização.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, considera-se que a estrutura da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico já atende a todos os requisitos legais em termos de segurança estrutural para que se inicie as obras de descaracterização.

Ressalta-se a importância da realização e manutenção das seguintes atividades:

a) Análise de estabilidade que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles

admitidos pela legislação vigente, a ser realizada antes do início das obras;

b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação, prismas e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima semanal;
c) Realização de análises de estabilidade quinzenal;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem ou do aterro de reforço emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição estabelecida na legislação, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista/consultoria que permita autorizar o retorno das atividades.

5.9 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura nas análises de estabilidade com carregamento não drenado de pico e liquefeito e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e a empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório, fundações e maciço da barragem para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura e que são lidos manualmente deverá ser verificado no mínimo uma vez por semana durante o período a execução do aterro de reforço.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados bem como o técnico responsável pela leitura manual deverá reportar imediatamente qualquer anomalia nas leituras realizadas.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na

resposta dos instrumentos automatizados existentes;

- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista/consultoria.

6. Obras de Descaracterização

Este item não é aplicável, já que o projeto executivo de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico ainda não foi aprovado pela FEAM e empresas parceiras.

7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 7.1 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.1 IDENTIFICAÇÃO	
VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: a) Memorial descritivo e desenhos das estruturas implantadas, removidas ou modificadas, ou informações equivalentes, bem como dispositivos de proteção ambiental;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: c) Descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle	Não aplicável.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio;	Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: d) Descrição das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. No caso de remoção do maciço e do reservatório, apresentar as medidas adotadas para a execução deste procedimento e um quantitativo dos materiais retirados;	Não se aplica. O projeto de descaracterização prevê o contrapilhamento da estrutura atual.
IV. Apresentar as medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório, quando couber, bem como informar o seu nível no estágio atual das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar análises de estabilidade nas condições drenada e não drenada, e levando em consideração as solicitações sísmicas que possam atuar sobre a estrutura, avaliando as resistências de pico e residual para a geometria da barragem na atual etapa da obra;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas análises de estabilidade da condição atual
VI. Apresentar o andamento das medidas de estabilização e/ou reforço para atingir no mínimo os fatores de segurança estabelecidos no item V, bem como das medidas de contingência adotadas caso a estabilidade da estrutura durante as obras não possa ser garantida;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Atualmente, os fatores de segurança já atendem aos exigidos pelo item V.
VII. Apresentar o andamento das obras para: a) Remoção das infraestruturas associadas à barragem, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;	Não aplicável. As infraestruturas associadas à barragem já foram removidas.
VII. Apresentar o andamento das obras para: b) Reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. O nível d'água é mantido o mínimo possível na área do reservatório com o fluxo sendo direcionado pelo canal de cintura para o extravasor de serviço operacional.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Atualmente os fatores de segurança já atendem aos exigidos pelo item V.
VIII. Apresentar a análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções; • Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para corrigir as anomalias registradas durante as inspeções visuais, inclusive daquelas iniciadas em períodos anteriores ao do relatório apresentado até sua finalização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IX. Apresentar as leituras da instrumentação instalada na barragem, informando a periodicidade adotada para as leituras e a relação dos níveis registrados pelos instrumentos com os Níveis de Controle de Segurança estabelecidos para a estrutura	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas leituras da instrumentação atualizada com histórico de dois anos hidrológicos.
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	O TR de descaracterização de barragens alteadas pelo método de montante não exige protocolo para garantir a segurança dos trabalhadores da obra para barragens com declaração de condição de estabilidade garantida, caso da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. O projeto atende ao exposto no item 3.3.1 do TR. Tal protocolo é exigido apenas para estruturas que se encontram em nível de alerta. De qualquer forma o projeto trata de critérios de inspeção e monitoramento para paralisação das obras conforme apresentado no Capítulo 12, mais específico no item 12.3 do Relatório de Descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.763).

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Registros fotográficos da condição atual da estrutura são apresentados quinzenalmente nos relatórios de performance geotécnica.
1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: a) Informar ações executadas do programa de manejo do patrimônio espeleológico na área afetada pelas obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: b) Informar as ações executadas ações de resgate da fauna e da flora na área afetadas, se couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: c) Deverão ser apresentadas as ações para controle de supressão vegetal e de processos erosivos na área afetada pelas obras de descaracterização, bem como os comprovantes de regularização ambiental da atividade;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: d) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para acompanhamento e controle dos índices de qualidade do ar na área afetada pelas obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: e) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para gestão de efluentes líquidos e resíduos sólidos na área afetada pelas obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Para obras em estágio de finalização, apresentar as medidas adotadas para o manejo e a proteção do solo, dos recursos hídricos, para garantir a estabilidade geotécnica da área	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.5 ASSINATURAS	
Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.
1.6 ANEXO	
Apresentar as anotações de responsabilidade técnica – ART do projeto, do acompanhamento das obras e do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.

8. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:



Élias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

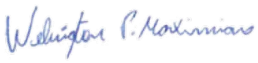
- Responsável técnico pela elaboração do relatório de acompanhamento do processo de descaracterização:



Guilherme de Freitas Roriz Lima

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1015708625 (CREA-GO)

- Responsável técnico pela barragem:

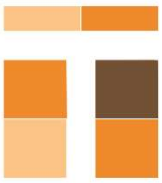


Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

9. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



TERRACOTA
GEOTECNIA

Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243525023

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

GUILHERME DE FREITAS RORIZ LIMA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1015708625**
Registro: **318094MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **CMS000526**

Celebrado em: **01/08/2022**

Valor: **R$ 16.420,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **IGARAPÉ**

UF: **MG**

CEP: **32900000**

Data de Início: **01/11/2024**

Previsão de término: **06/12/2024**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS TÉCNICOS DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1062) E DA BARRAGEM B1-AUXILIAR - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1063), REFERENTE AO TRIMESTRE AGOSTO DE 2024 A OUTUBRO DE 2024, EM ATENDIMENTO AO TERMO DE COMPROMISSO - TC (MPF, MPMG, SEMAD/FEAM, ANM).

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

gov.br
Documento assinado digitalmente
GUILHERME DE FREITAS RORIZ LIMA
Data: 27/11/2024 15:22:13-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Brumadinho, 27 de Novembro de 2024

Local data

GUILHERME DE FREITAS RORIZ LIMA - CPF: 032.735.701-05

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243525023

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

10. Valor

Valor da ART: **R$ 262,55** Registrada em: **27/11/2024** Valor pago: **R$ 262,55** Nosso Número: **8606145045**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: D1W8B
Impresso em: 27/11/2024 às 15:17:15 por: , ip: 200.97.244.84

BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12824-R-BA-RL-24-GE_r0

AGOSTO 2024

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12824-R-BA-RL-24-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.1030

BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00				
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X					26	X					51	X					76	X				
2	X					27	X					52	X					77	X				
3	X					28	X					53	X					78	X				
4	X					29	X					54	X					79	X				
5	X					30	X					55	X					80	X				
6	X					31	X					56	X					81	X				
7	X					32	X					57	X					82	X				
8	X					33	X					58	X					83	X				
9	X					34	X					59	X					84	X				
10	X					35	X					60	X					85	X				
11	X					36	X					61	X					86	X				
12	X					37	X					62	X					87	X				
13	X					38	X					63	X					88	X				
14	X					39	X					64	X					89	X				
15	X					40	X					65	X					90	X				
16	X					41	X					66	X					91	X				
17	X					42	X					67	X					92	X				
18	X					43	X					68	X					93	X				
19	X					44	X					69	X					94	X				
20	X					45	X					70	X					95	X				
21	X					46	X					71	X					96	X				
22	X					47	X					72	X					97	X				
23	X					48	X					73	X					98	X				
24	X					49	X					74	X					99	X				
25	X					50	X					75	X					100	X				

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	29/08/2024						
EXECUTADO	GFL / EJC						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12824-R-BA-RL-24-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.1030

BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc						Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
101	X					126	X					151						176					
102	X					127	X					152						177					
103	X					128	X					153						178					
104	X					129	X					154						179					
105	X					130						155						180					
106	X					131						156						181					
107	X					132						157						182					
108	X					133						158						183					
109	X					134						159						184					
110	X					135						160						185					
111	X					136						161						186					
112	X					137						162						187					
113	X					138						163						188					
114	X					139						164						189					
115	X					140						165						190					
116	X					141						166						191					
117	X					142						167						192					
118	X					143						168						193					
119	X					144						169						194					
120	X					145						170						195					
121	X					146						171						196					
122	X					147						172						197					
123	X					148						173						198					
124	X					149						174						199					
125	X					150						175						200					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	29/08/2024						
EXECUTADO	GFL / EJC						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

SUMÁRIO

1. Introdução 5
2. Documentos de referência 6
3. Códigos e Normas 7
4. Ficha Técnica do Empreendimento 8
4.1 Identificação do Empreendedor 8
4.2 Identificação do Empreendimento 8
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 8
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 8
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 8
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.8 Localização da Barragem 9
4.9 Função atual 10
4.10 Características Gerais 10
4.11 Classificação da Barragem 14
5. Projeto de Descaracterização 19
5.1 Descrição do Projeto 20
5.2 Alterações de Projeto 24
5.3 Atividades Preparatórias 24
5.3.1 Impermeabilização do Reservatório 24
5.4 Cronograma 25
5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos 28
5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado 28
5.6.1 Inspeções de Campo 28
5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções 28
5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem 30
5.6.3.1 Leituras Instrumentação 46
5.6.4 Análise de Estabilidade 82
5.6.4.1 Premissas adotadas nas Simulações 82
5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem 85
5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática 90
5.6.4.4 Parâmetros de Resistência 92
5.6.4.5 Resultados 95
5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 120
5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 121

5.9 Rotina de Monitoramento 122
6. Obras de Descaracterização 123
7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 123
8. Assinaturas 128
9. Anexos 129

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico**, referente ao trimestre de Maio/2024 a Julho/2024, elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico, o qual foi emitido em setembro de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

Apesar de o projeto executivo ter sido emitido em setembro de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico não foram iniciadas até o momento.

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.819_r1 - Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragens – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – FEAM – 1º Semestre de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Março/2024.
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.765_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Janeiro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.554_r2 – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023.
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.761_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.762_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.763_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.760 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.784 – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023.

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784/2019 - Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2017 – dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração, visando atender às condições de segurança, operacionalidade, economicidade e desativação, minimizando os impactos ao meio ambiente.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

4.8 Localização da Barragem

A Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Igarapé-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 574.430m E e 7.776.830m N. A estrutura situa-se a jusante da Barragem B2 – Mina Tico-Tico (B2TT) e a montante da estrutura descaracterizada, denominada Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico (B1 Tico-Tico).

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

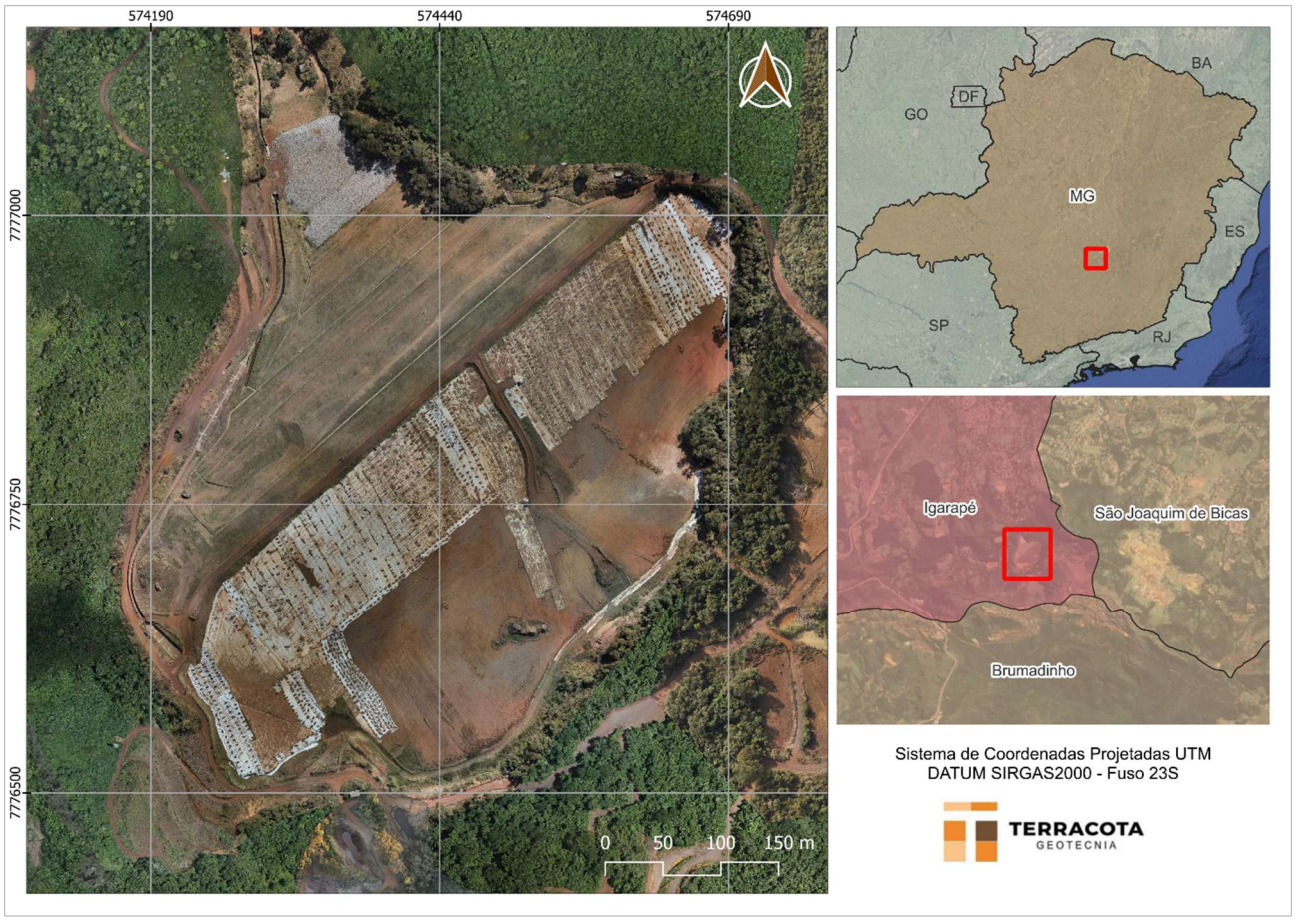


Figura 4.1 – Localização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

4.9 Função atual

As funções da barragem englobavam: a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte, conforme amostragem e ensaios de solubilização e de lixiviação realizados pela empresa Terra Consultoria e Análises Ambientais Ltda. e apresentados nos Relatórios de Ensaios nº 8011/2021, 8019/2021, 8027/2021 e 8035/2021.

O lançamento de rejeitos na barragem foi paralisado em janeiro de 2019. A tubulação de rejeito e os espigotes foram removidos e a estrutura encontra-se descomissionada e desativada conforme consta na Resolução ANM n°95/2022, Art. 2º VIII.a e IX e no Art. 3º do Decreto Estadual 48.140/2021, a operação de disposição de rejeitos não será retomada.

4.10 Características Gerais

A Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico foi construída em 7 (sete) etapas, sendo o maciço inicial na El. 963,0 m, um alteamento a jusante na El. 983,0 m e cinco alteamentos a montante até a elevação final 1.011,00 m.

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.1, atualizadas a partir dos levantamentos topográficos IPE.OP.DF.8000.GT.20.008.A_R1.dwg e IPE.OP.DF.8000.GT.20.024.B.dwg, sendo que a Figura 4.2 apresenta a imagem de satélite da estrutura e a Figura 4.3 apresenta a seção C-C' de maior altura da barragem.

Tabela 4.1 – Principais características da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.819_r1)

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico
Código FEAM	402
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'12.700" Longitude: -44°17'17.500"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	574.430m E / 7.776.830m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	2007
Ano de Início de Operação	2007
Ano de Término de Operação	2019
Ano de Término de Descaracterização	Sem previsão
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (projeto)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total = Reservatório + maciços (m³)	4.258.447 (*)
Capacidade total do reservatório (m³)	3.116.656 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	2.659.653 (*)
Área do reservatório (m²)	139.000
Elevação do coroamento (m)	1.011,0
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	930,0
Altura atual da barragem (m)	81,0
Extensão do coroamento (m)	570,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, mínimo de 3,0
Alteamentos realizados e métodos empregados;	Alteamentos a jusante e a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6º)
Inclinação talude de montante	2,0(H):1(V) (32º)
Elevação do NA normal do reservatório (m)	1.007,00
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.010,00
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.010,30
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	1,00
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,70
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	5,10
Descarga do vertedouro (PMP) (m³/s)	9,72
Capacidade de descarga do vertedouro (m³/s)	22,00
Área da bacia de contribuição (km²)	1,023

(*) Volumes obtidos da análise e interpretação dos levantamentos topográficos de "As Built" das diversas etapas construtivas e do levantamento de ocupação atual do reservatório (IPE.OP.DF.8000.GT.20.008.A_R1.dwg).



Figura 4.2 – Imagem da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. (Fonte: Ortofoto MMI – Julho/2024).

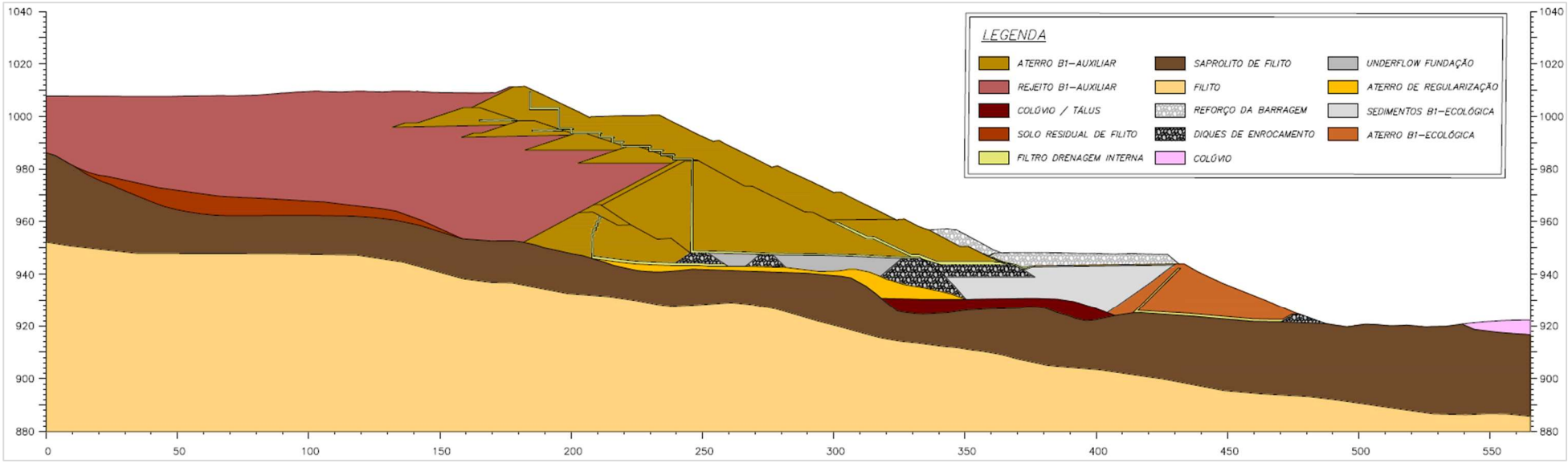


Figura 4.3 – Seção de maior altura C-C’ da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico** foi classificada, conforme RTESB referente ao 1º semestre/2024 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.819), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.2 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**19**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.3 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	5
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**23**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.4 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.5 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 0				

Tabela 4.8 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanen-temente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de insta-lações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO **(Existe alta concentração de instalações residen-ciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
PDA = Σ (a até d) = 23			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de contrapilhamento da estrutura (aterro de reforço) até o nível do coroamento com estéril rochoso (enrocamento de itabirito compacto), o preenchimento e a regularização do reservatório com rejeito filtrado e a selagem da superfície final com solo argiloso;
- Os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,3) e não drenado liquefeito (FS≥1,1) já são atendidos em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização. Considerando a superfície freática atual, o fator de segurança exigido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,5), a ser obtido ao final das obras de descaracterização, também já são atendidos em todas as seções;
- O projeto de descaracterização será concebido para ser executado em três etapas macro: sendo a primeira com a construção do canal extravasor/condutor pela ombreira esquerda; a segunda etapa compreende a regularização do reservatório com rejeito filtrado, a selagem da superfície final com solo argiloso, construção do canal de coleta sobre o reservatório e o tamponamento do sistema extravasor operacional; e a terceira etapa se resume na construção do aterro de reforço com enrocamento até o nível do coroamento;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos, com duração mínima de 6 meses (abril a setembro), podendo se estender em função das condições climáticas desde que haja tempo hábil para atender as premissas de conclusão de cada etapa;
- O projeto considera que as escavações para tratamento de fundações e a execução dos aterros será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas, tratores de esteira, motoniveladoras e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O volume total geométrico de aterro previsto para execução do reforço da estrutura, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.229.140 m³;
- O projeto de descaracterização abrange exclusivamente a área da barragem, ombreiras e o reservatório;
- A superfície final do reservatório deverá receber camada impermeabilizante (selo) de solo argiloso, preferencialmente laterítico, compactado em camadas de no máximo 25 cm de material solto até obter espessura final mínima de 50 cm, grau de compactação de 98% do PN e ter as declividades indicadas no projeto de forma a direcionar os fluxos incidentes nesta superfície para o canal de condutor;

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico se constitui basicamente no contrapilhamento da estrutura (aterro de reforço) até o nível do coroamento com estéril rochoso (enrocamento de itabirito compacto), o preenchimento e a regularização do reservatório com rejeito filtrado e com selagem da superfície final com solo argiloso, além da construção do canal de desvio (canal de contorno) da drenagem superficial que não permitirá a formação de lago na estrutura e, por fim, o tamponamento do extravasor operacional.

Durante as etapas de regularização do reservatório, os fluxos incidentes e de contribuições de nascentes continuarão a ser direcionados para o sistema extravasor operacional utilizando os canais de contorno existentes. Também deverá ser mantido em condições de uso o sistema de bombeamento existente junto à margem esquerda, com capacidade para direcionar as águas para o interior do sistema extravasor operacional.

As escavações para construção do canal sobre o reservatório serão realizadas em camadas com aproximadamente 2,0 m de espessura que se estendem por toda a largura da área a ser descaracterizada. A escavação será feita a partir das proximidades do emboque do sistema extravasor de emergência (ombreira esquerda) avançando em direção ao fundo do reservatório. Transversalmente ao reservatório, a superfície será regularizada com 0,5% de declividade a partir do coroamento e das margens em direção ao canal.

Caso se verifique, em qualquer camada, que o rejeito se encontra com elevada saturação comprometendo o andamento dos serviços (escavação e tráfego de caminhões), deverá ser executada inicialmente uma vala longitudinal principal de forma a desaguar o rejeito. Esta vala deverá ter declividade mínima (0,5%) que direcione o fluxo em direção a um *sump* operacional onde deverá ser instalado sistema de bombeamento.

Os taludes das escavações no rejeito para a construção do canal deverão ter inclinação correspondente a 3H:1V.

Em termos gerais, o projeto de descaracterização será realizado em quatro etapas macro compreendendo:

- **Etapa 1** – Construção da estrutura em concreto armado do canal extravasor ao longo da ombreira esquerda da barragem;

- **Etapa 2** – Conformação e drenagem da área do reservatório. Envolve a regularização da superfície com aterro de rejeito filtrado, a escavação para construção do canal principal e canais secundários e interligação com o trecho em concreto, execução de selo com solo argiloso, revestimento dos canais sobre o reservatório com gabiões colchão;
- **Etapa 3** – Tamponamento do sistema extravasor operacional;
- **Etapa 4** – Execução do aterro de reforço. Abrange também a realização de supressão vegetal, tratamento das fundações e construção de dispositivo de drenagem interna. A construção do aterro de reforço está prevista para ser executada em um período de 3 (três) anos – 2025 a 2027.

As etapas macro 1, 2 e 4 do projeto de descaracterização descritas acima são representadas respectivamente na Figura 5.1, Figura 5.2 e Figura 5.3.

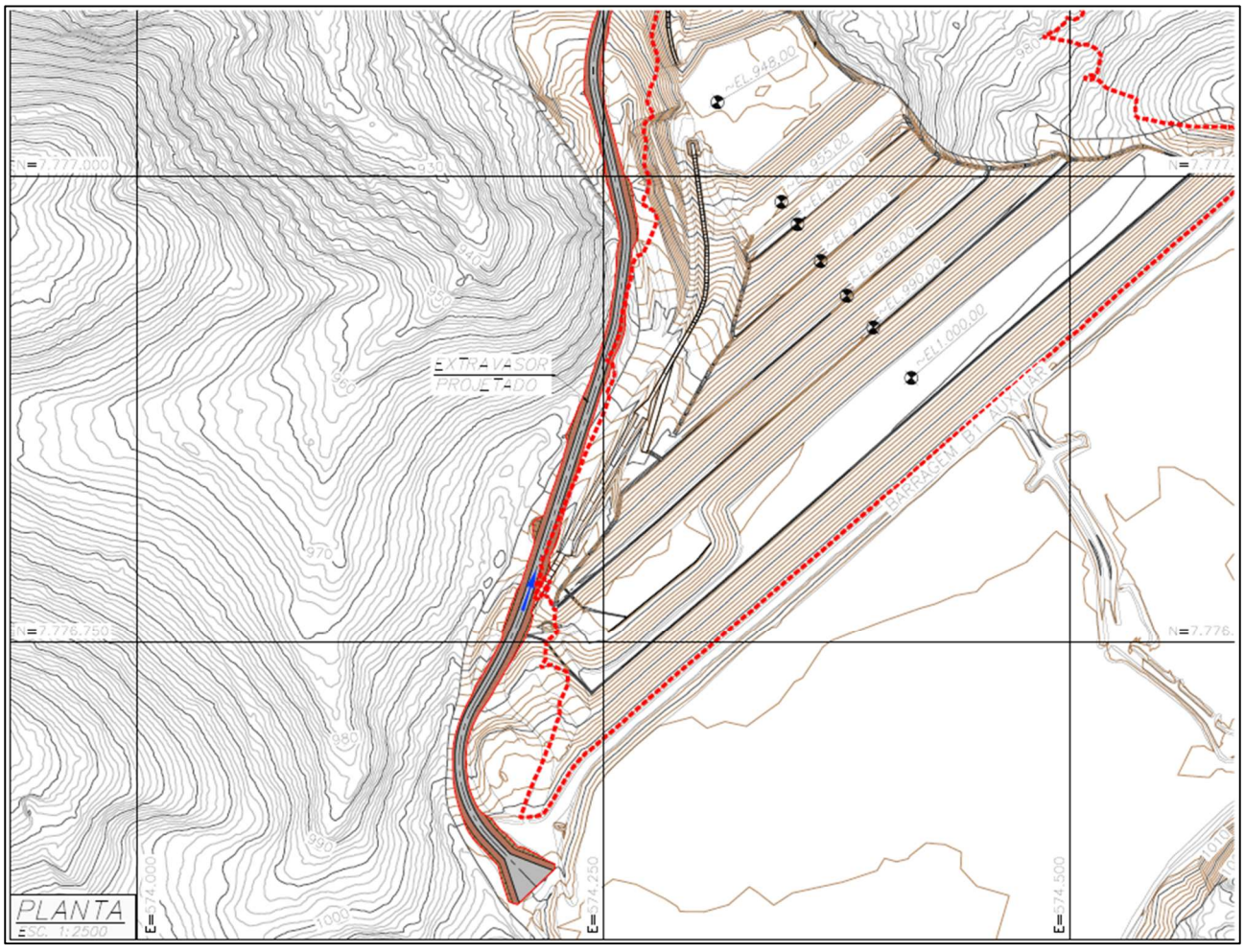


Figura 5.1 – Etapa 1 – Construção do canal na ombreira esquerda.

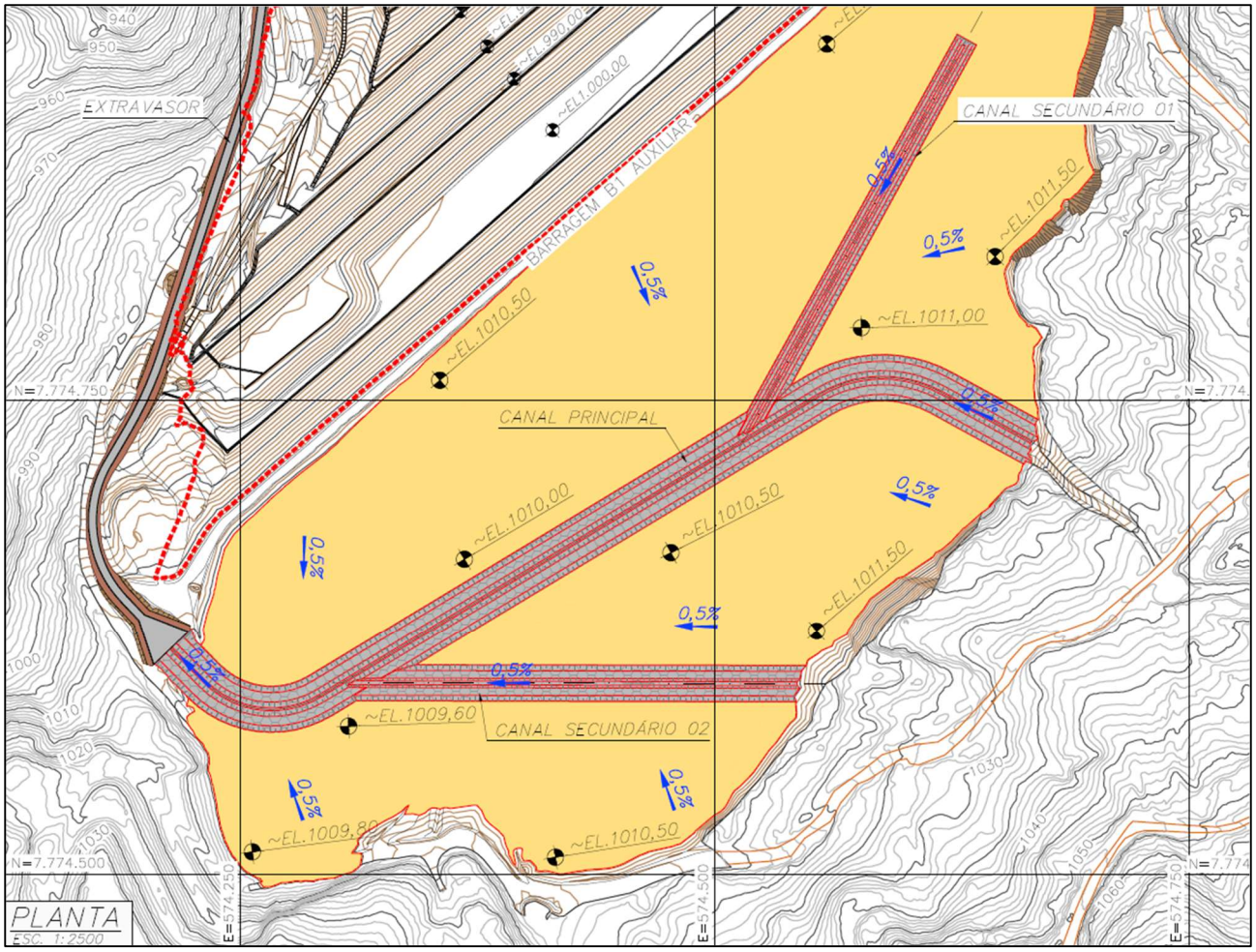


Figura 5.2 – Etapa 2 – Conformação e drenagem da área do reservatório.

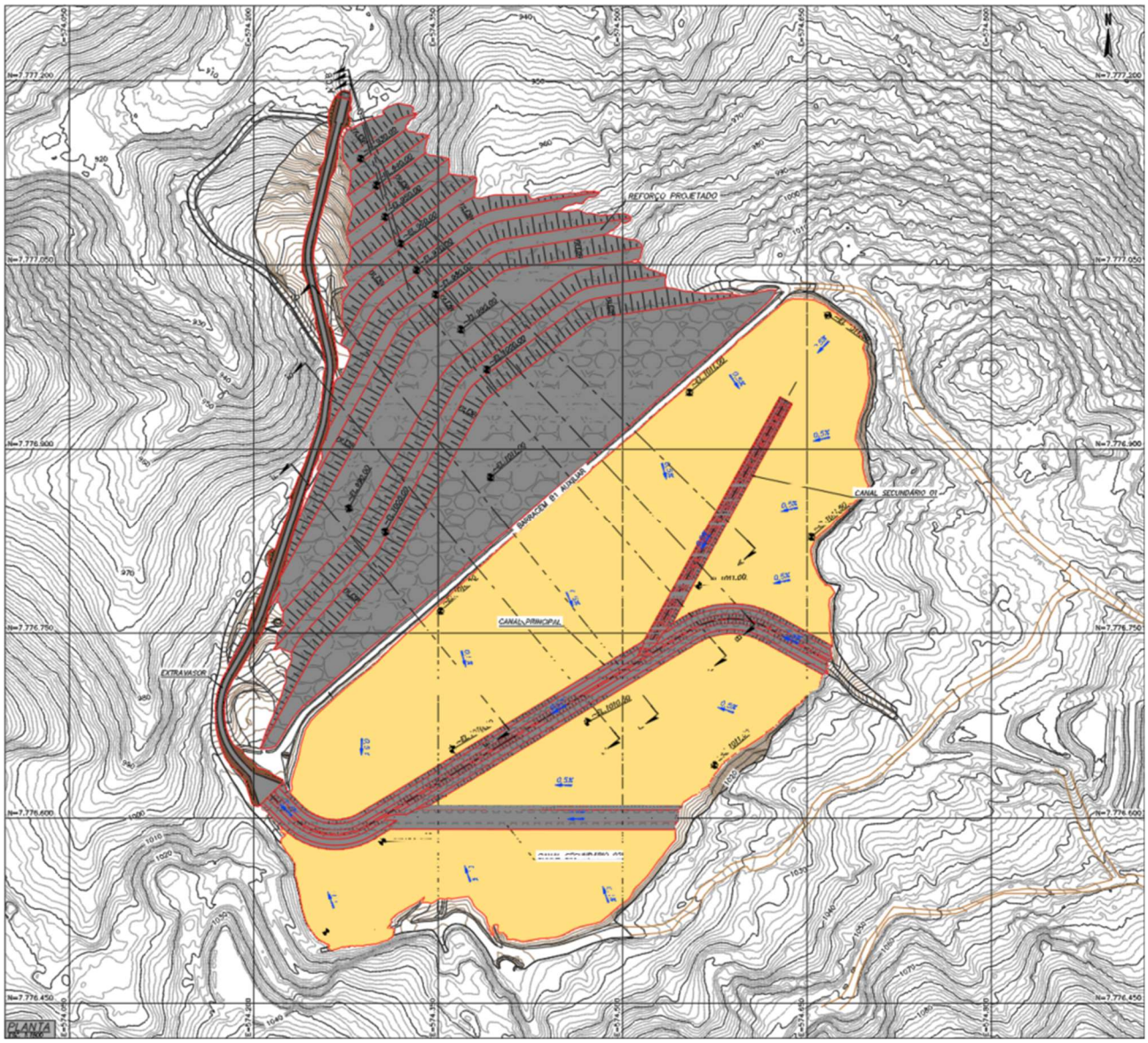


Figura 5.3 – Etapa 4 (Condição Final) – Execução do aterro de reforço.

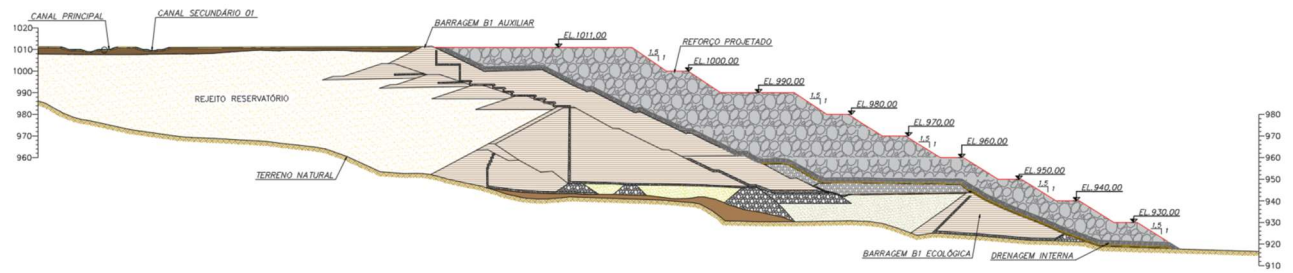


Figura 5.4 – Seção transversal C-C' após a conclusão das obras de descaracterização.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização, porém os documentos se encontram em processo de revisão.

5.3 Atividades Preparatórias

A seguir são apresentadas as atividades preparatórias para início da obra de descaracterização executadas durante o período avaliado.

5.3.1 Impermeabilização do Reservatório

A MMI está realizando a impermeabilização do reservatório da estrutura. Tal medida foi adotada para reduzir a taxa de infiltração da água pluvial e saturação do rejeito, minimizando a recarga da superfície freática ao longo do período chuvoso.

Para a impermeabilização está sendo utilizada lona dupla termoplástica HALS R-105 FORTE PB da fabricante NORTENE, fornecida em bobinas com as seguintes características:

- Cor: Branco/preto
- Gramatura: 140 g/m²
- Comprimento: 100 m
- Largura: 8 m

No período avaliado (maio/2024 a julho/2024), deu-se prosseguimento na implantação da lona no reservatório (Foto 5.1 e Foto 5.2) e foi realizada a impermeabilização de parte do canal de cintura (Foto 5.3) e do *sump* de concentração dos fluxos (Foto 5.4).



Foto 5.1 – Reservatório parcialmente impermeabilizado.



Foto 5.2 – Reservatório parcialmente impermeabilizado.



Foto 5.3 – Impermeabilização do canal de cintura.



Foto 5.4 – Impermeabilização do *sump*.

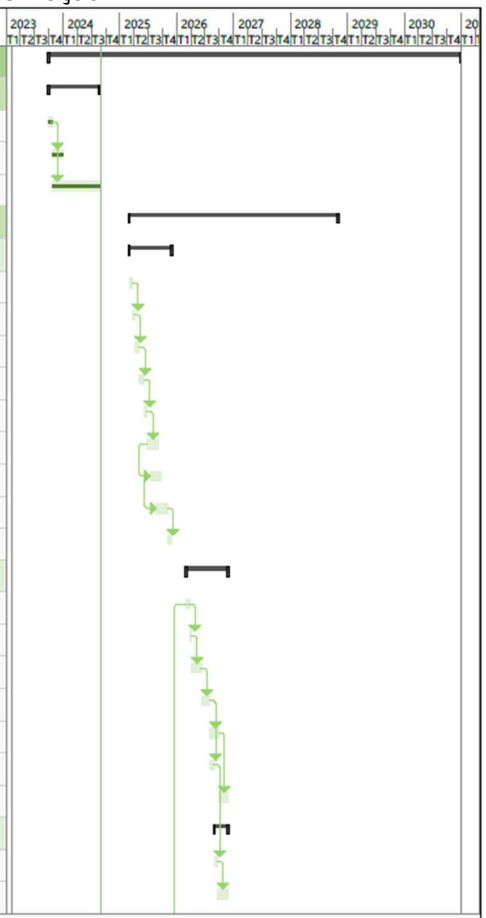
5.4 Cronograma

Na Figura 5.5 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico considerando desde os serviços preliminares, as obras de descaracterização propriamente dito e o período pós-obras de monitoramento ativo.

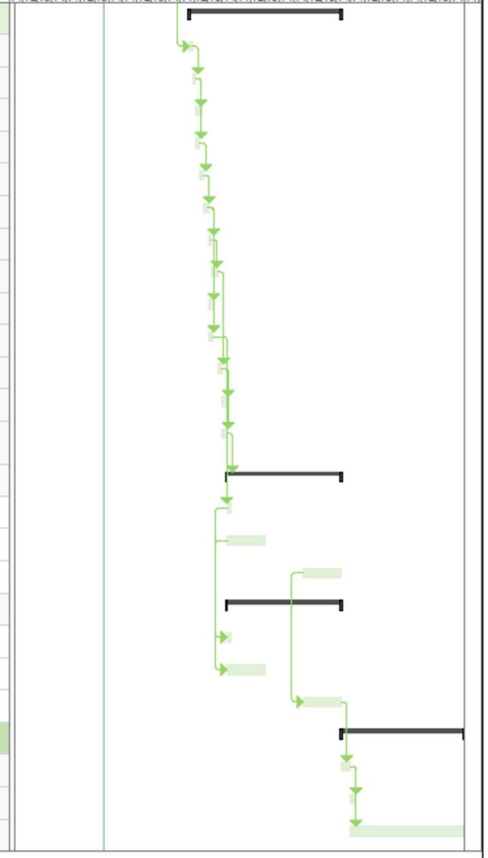
Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.

Figura 5.5 – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.

Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1		1	DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B1 AUXILIAR - MINA TICO-TICO	1892 dias	Seg 02/10/23	Ter 31/12/30
2		1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	232 dias	Seg 02/10/23	Ter 20/08/24
3		1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 02/10/23	Sex 20/10/23
4		1.1.2	ADEQUAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR DE EMERGÊNCIA (PMP)	50 dias	Seg 23/10/23	Sex 29/12/23
5		1.1.3	IMPERMABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓRIO	217 dias	Seg 23/10/23	Ter 20/08/24
6		1.2	DESCARACTERIZAÇÃO	957 dias	Seg 03/03/25	Ter 31/10/28
7		1.2.1	ETAPA 1 - CONSTRUÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR	195 dias	Seg 03/03/25	Sex 28/11/25
8		1.2.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 03/03/25	Sex 21/03/25
9		1.2.1.2	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	10 dias	Seg 24/03/25	Sex 04/04/25
10		1.2.1.3	SUPRESSÃO VEGETAL	21 dias	Seg 07/04/25	Seg 05/05/25
11		1.2.1.4	ESCAVAÇÕES	21 dias	Ter 06/05/25	Ter 03/06/25
12		1.2.1.5	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES	15 dias	Qua 04/06/25	Ter 24/06/25
13		1.2.1.6	POSICIONAMENTO DE FORMAS E ARMADURAS	50 dias	Qua 25/06/25	Ter 02/09/25
14		1.2.1.7	CONCRETAGEM	50 dias	Ter 15/07/25	Seg 22/09/25
15		1.2.1.8	REMOÇÃO DE FORMAS	50 dias	Sex 22/08/25	Qui 30/10/25
16		1.2.1.9	REATERRO COMPACTADO PARA RECOMPOSIÇÃO DAS ESCAVAÇÕES EXTRAS	21 dias	Sex 31/10/25	Sex 28/11/25
17		1.2.2	ETAPA 2 - CONFORMAÇÃO E DRENAGEM DO RESERVATÓRIO	195 dias	Seg 02/03/26	Sex 27/11/26
18		1.2.2.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 02/03/26	Sex 20/03/26
19		1.2.2.2	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	10 dias	Seg 23/03/26	Sex 03/04/26
20		1.2.2.3	REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE COM ATERRO DE REJEITO FILTRADO	45 dias	Seg 06/04/26	Sex 05/06/26
21		1.2.2.4	ESCAVAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO DO CANAL PRINCIPAL E CANAIS SECUNDÁRIOS	40 dias	Seg 08/06/26	Sex 31/07/26
22		1.2.2.5	IMPLANTAÇÃO DE CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓ	40 dias	Seg 03/08/26	Sex 25/09/26
23		1.2.2.6	IMPLANTAÇÃO DE MANTA CIMENTÍCIA NA BASE DOS CANAIS	20 dias	Seg 03/08/26	Sex 28/08/26
24		1.2.2.7	REVESTIMENTO DOS CANAIS COM GABIÕES COLCHÃO	45 dias	Seg 28/09/26	Sex 27/11/26
25		1.2.3	ETAPA 3 - TAMPONAMENTO DO SISTEMA EXTRAVASOR OPERACIONAL	65 dias	Seg 31/08/26	Sex 27/11/26
26		1.2.3.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 31/08/26	Sex 18/09/26
27		1.2.3.2	TAMPONAMENTO DO CANAL EXTRAVASOR OPERACIONAL	50 dias	Seg 21/09/26	Sex 27/11/26



Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
28		1.2.4	ETAPA 4 - EXECUÇÃO DO ATERRO DE REFORÇO	697 dias	Seg 02/03/26	Ter 31/10/28
29		1.2.4.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 02/03/26	Sex 20/03/26
30		1.2.4.2	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	15 dias	Seg 23/03/26	Sex 10/04/26
31		1.2.4.3	REABERTURA DE ACESSOS OPERACIONAIS NA OMBREIRA DIREITA	30 dias	Seg 13/04/26	Sex 22/05/26
32		1.2.4.4	REALIZAÇÃO DE SUPRESSÃO VEGETAL	21 dias	Seg 13/04/26	Seg 11/05/26
33		1.2.4.5	REMOÇÃO DE CAMADA DE SOLO VEGETAL	15 dias	Ter 12/05/26	Seg 01/06/26
34		1.2.4.6	ESCAVAÇÕES PARA TRATAMENTO DAS FUNDAÇÕES	21 dias	Ter 02/06/26	Ter 30/06/26
35		1.2.4.7	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES	15 dias	Qua 01/07/26	Ter 21/07/26
36		1.2.4.8	CONSTRUÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM INTERNA	30 dias	Qua 22/07/26	Ter 01/09/26
37		1.2.4.9	PREENCHIMENTO DO SISTEMA EXTRAVASOR ATUAL COM ENROCAMENTO LIMPO	21 dias	Qua 01/07/26	Qua 29/07/26
38		1.2.4.10	DEMOLIÇÃO DO TRECHO DO SISTEMA EXTRAVSOR ATUAL COMPOSTO POR ADUELAS	21 dias	Qua 01/07/26	Qua 29/07/26
39		1.2.4.11	EXECUÇÃO DE CAMADA DE TRANSIÇÃO SOBRE O REFORÇO EXISTENTE	21 dias	Qua 02/09/26	Qua 30/09/26
40		1.2.4.12	EXECUÇÃO DE ACESSOS CONSTRUTIVOS SOBRE A ESTRUTURA DA BARRAGEM	21 dias	Qui 01/10/26	Qui 29/10/26
41		1.2.4.13	EXECUÇÃO DE PROTEÇÃO DAS SUPERFÍCIES EXPOSTAS COM ESTÉRIL ROCHOSO D50 = 150MM	21 dias	Qui 01/10/26	Qui 29/10/26
42		1.2.4.14	EXECUÇÃO DO ATERRO DE REFORÇO COM BLOCOS DE ITABIRITO COMPACTO	523 dias	Sex 30/10/26	Ter 31/10/28
43		1.2.4.14.1	ANO 1	21 dias	Sex 30/10/26	Sex 27/11/26
44		1.2.4.14.2	ANO 2	175 dias	Sex 30/10/26	Qui 01/07/27
45		1.2.4.14.3	ANO 3	175 dias	Qua 01/03/28	Ter 31/10/28
46		1.2.4.15	PROLONGAMENTO DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE	523 dias	Sex 30/10/26	Ter 31/10/28
47		1.2.4.15.1	ANO 1	21 dias	Sex 30/10/26	Sex 27/11/26
48		1.2.4.15.2	ANO 2	175 dias	Sex 30/10/26	Qui 01/07/27
49		1.2.4.15.3	ANO 3	175 dias	Qua 01/03/28	Ter 31/10/28
50		1.3	PÓS-OBRA	565 dias	Qua 01/11/28	Ter 31/12/30
51		1.3.1	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	43 dias	Qua 01/11/28	Sex 29/12/28
52		1.3.2	DESMOBILIZAÇÃO	23 dias	Seg 01/01/29	Qua 31/01/29
53		1.3.3	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	522 dias	Seg 01/01/29	Ter 31/12/30



Projeto: Descaracterização
Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico

Tarefa		Tarefa Inativa		Acúmulo de Resumo Manual		Marco externo	
Divisão		Marco Inativo		Resumo Manual		Data limite	
Marco		Resumo Inativo		Somente início		Andamento	
Resumo		Tarefa Manual		Somente término		Progresso manual	
Resumo do projeto		Somente duração		Tarefas externas			

5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Conforme consolidação de dados (IPE.OP.RL.8000.GT.20.761), na estrutura da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico há materiais que possuem potencial de liquefação, os quais são: rejeitos do reservatório, underflow da fundação e sedimentos no reservatório da B1 Ecológica – Mina Tico-Tico. Porém, os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,3) e não drenado liquefeito (FS≥1,1) já são atendidos em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização. Considerando a superfície freática atual, o fator de segurança exigido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,5), a ser obtido ao final das obras de descaracterização, também já são atendidos em todas as seções.

5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, aguardando avaliação da documentação do projeto pela FEAM e empresas parceiras. Atualmente o fator de segurança não-drenado liquefeito é superior ao valor mínimo recomendado pela TR FEAM de descaracterização (1,1), em todas as seções avaliadas. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura em relação às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

5.6.1 Inspeções de Campo

Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de avaliação quinzenal de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, indicação das anomalias verificadas e análises de estabilidade da estrutura.

5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (maio/2024 a julho/2024).

Tabela 5.1 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – 1ª quinzena de mai./2024 a 2ª quinzena de jul./2024.

ID	ANOMALIA	Maio/2024		Junho/2024		Julho/2024	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS/CUPINZEIROS NO TALUDE DE JUSANTE						
15	PRESENÇA DE ANIMAIS NA ÁREA DA BARRAGEM (MACIÇO OU RESERVATÓRIO)						
30	VEGETAÇÃO ALTA NO TALUDE DE JUSANTE		-	-	-	-	-
34	BLOCOS SOLTOS NO CANAL EXTRAVASOR	-	-	-			
42	PARTE DA CORREIA INSTALADA NO CANAL EXTRAVASOR SEM A FIXAÇÃO APROPRIADA.						-
43	CANALETAS COM DEPOSIÇÃO DE MATERIAIS PROVENIENTES DE PODA			-	-	-	-
44	DESCIDA D'ÁGUA DA OMBREIRA ESQUERDA COM MATERIALA PROVENIENTE DE PODA				-	-	-
45	CAIXAS DE PASSAGEM COM DEPOSIÇÃO DE MATERIAIS PROVENIENTES DE PODA						

LEGENDA:

ANOMALIA VERIFICADA
ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO
ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA
ANOMALIA AGRAVADA
ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA

5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle é composta por 16 (dezesseis) indicadores de nível d'água, 21 (vinte e um) piezômetros de tubo aberto do tipo Casagrande, 21 (vinte e um) piezômetros elétricos equipados para automatização das leituras, 2 (dois) inclinômetros, 4 (quatro) sismógrafos, 8 (oito) marcos superficiais e 70 (setenta) prismas instalados em todas as bermas e coroamento para monitoramento automático de deformações a partir de uma estação robótica fixa, instalada em terreno natural da ombreira esquerda.

Além dos instrumentos convencionais, a barragem conta também com o monitoramento de um radar, utilizado para o acionamento automático das sirenes em eventual ruptura, para atender ao Art. 8º da Resolução 95/2022 da ANM.

Os níveis de controle dos indicadores de nível d'água e piezômetros instalados na barragem foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico do rejeito do reservatório localizado abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível normal**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível normal:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,3 (FS mínimo para análise não drenada de pico);
2- **Nível de alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,2 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,0 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.554, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em setembro/2023.

Da Figura 5.6 a Figura 5.10 é apresentada a locação em planta da instrumentação de controle, enquanto da Figura 5.11 a Figura 5.16 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 5.2 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

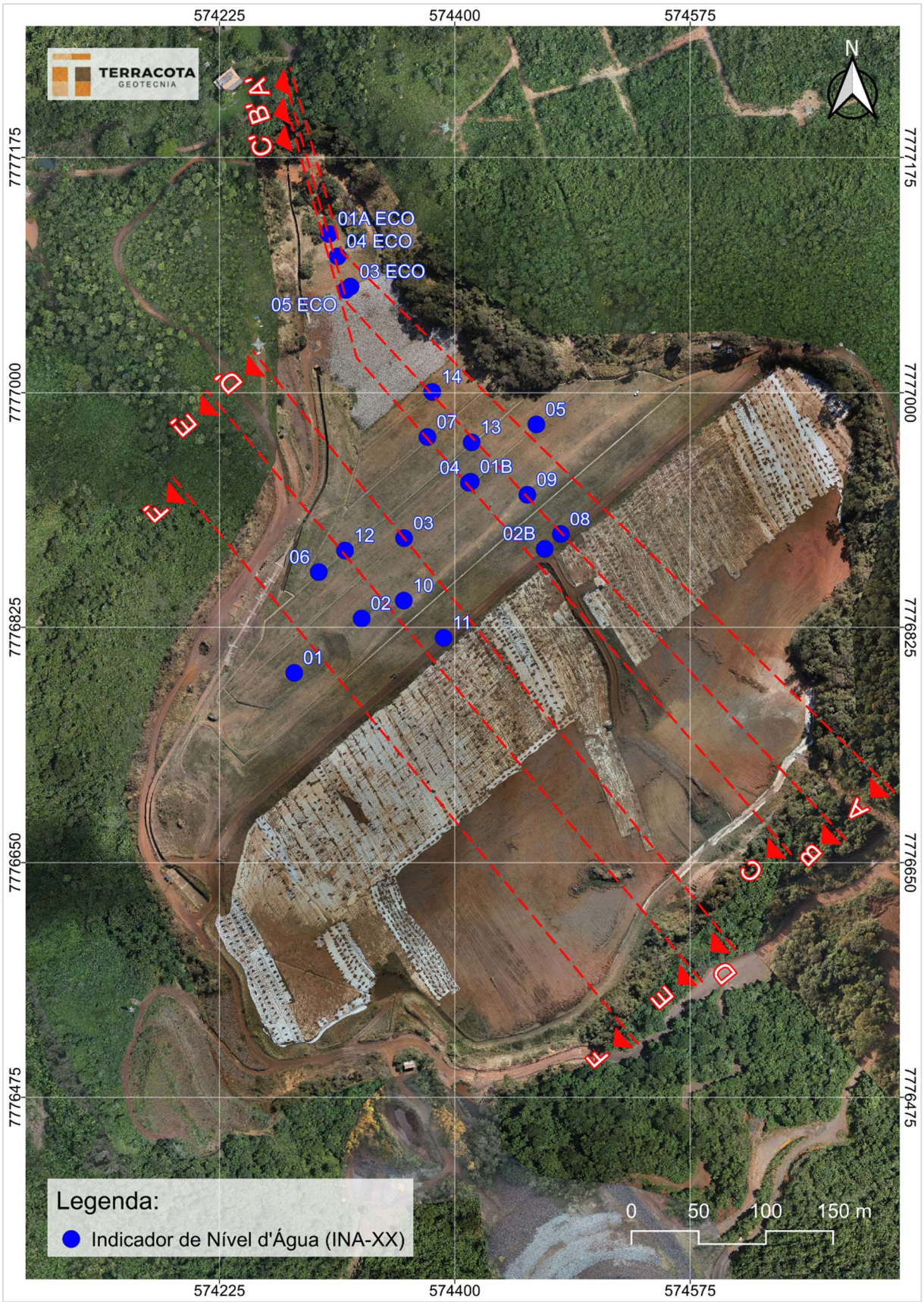


Figura 5.6 – Locação dos INAs – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

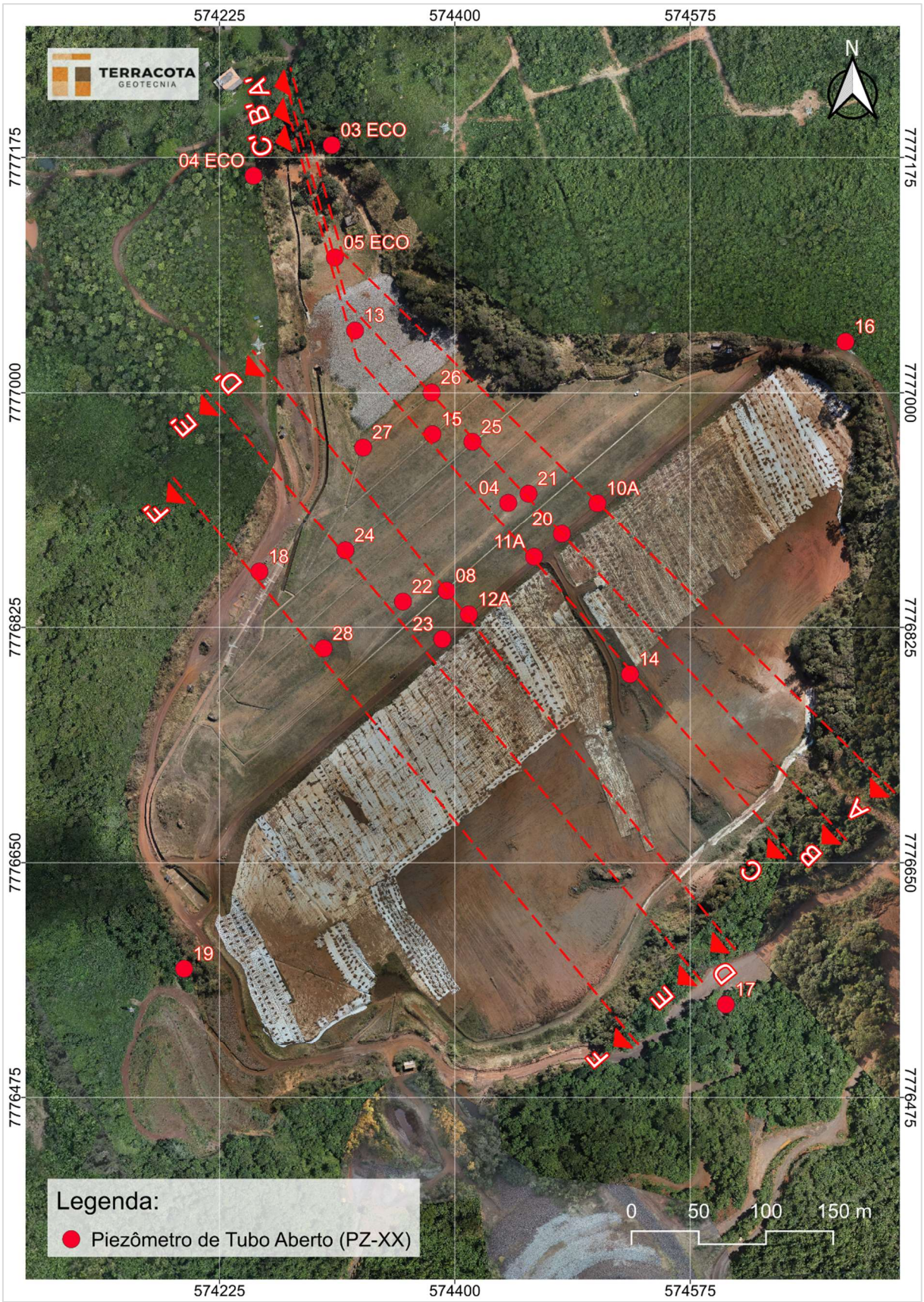


Figura 5.7 – Localização dos piezômetros de tubo aberto da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

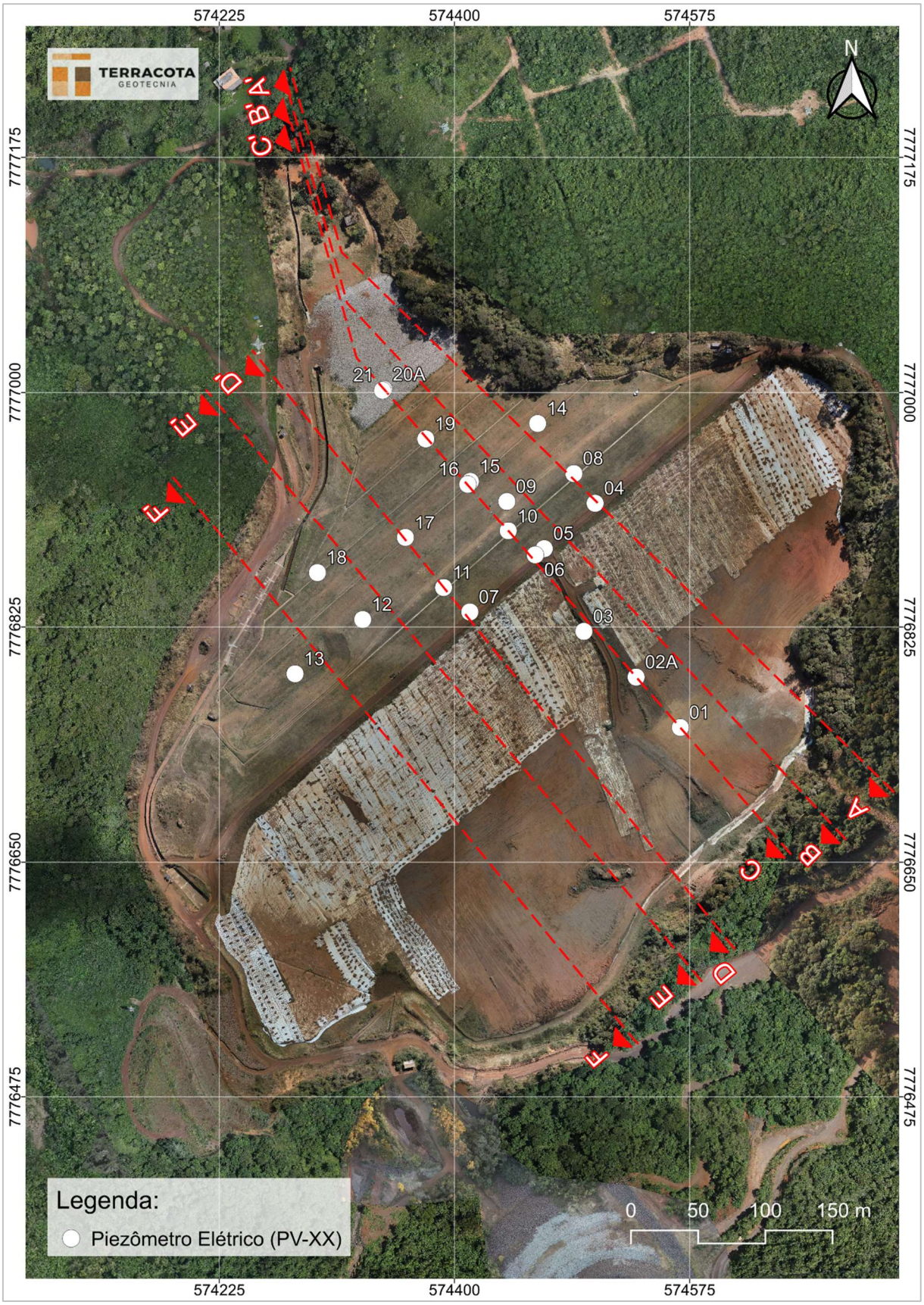


Figura 5.8 – Localização dos piezômetros elétricos (PVs) da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

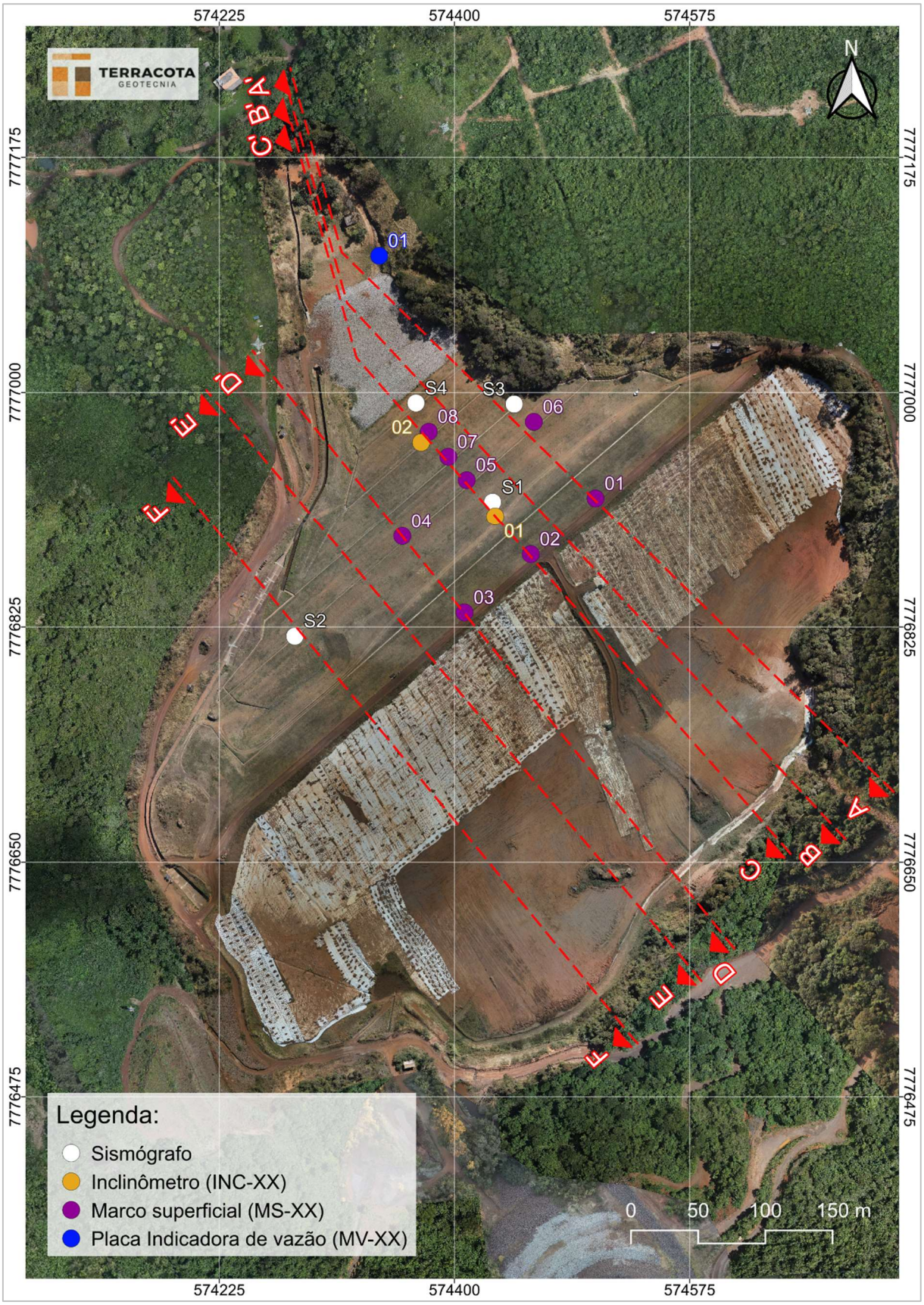


Figura 5.9 – Localização dos Marcos Superficiais, Sismógrafos, Inclinômetros e Placa Indicadora de Vazão da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

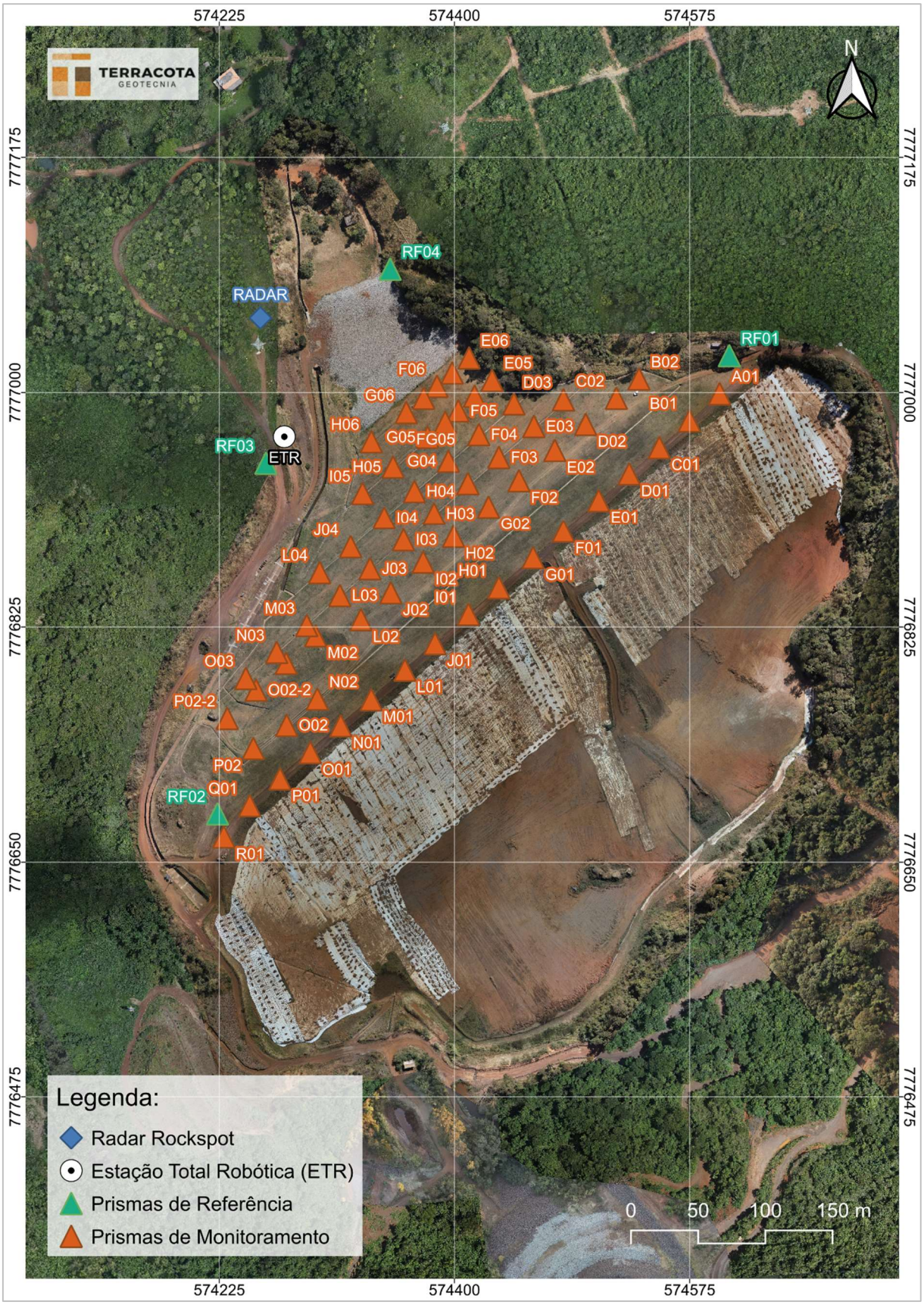


Figura 5.10 – Localização dos prismas da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

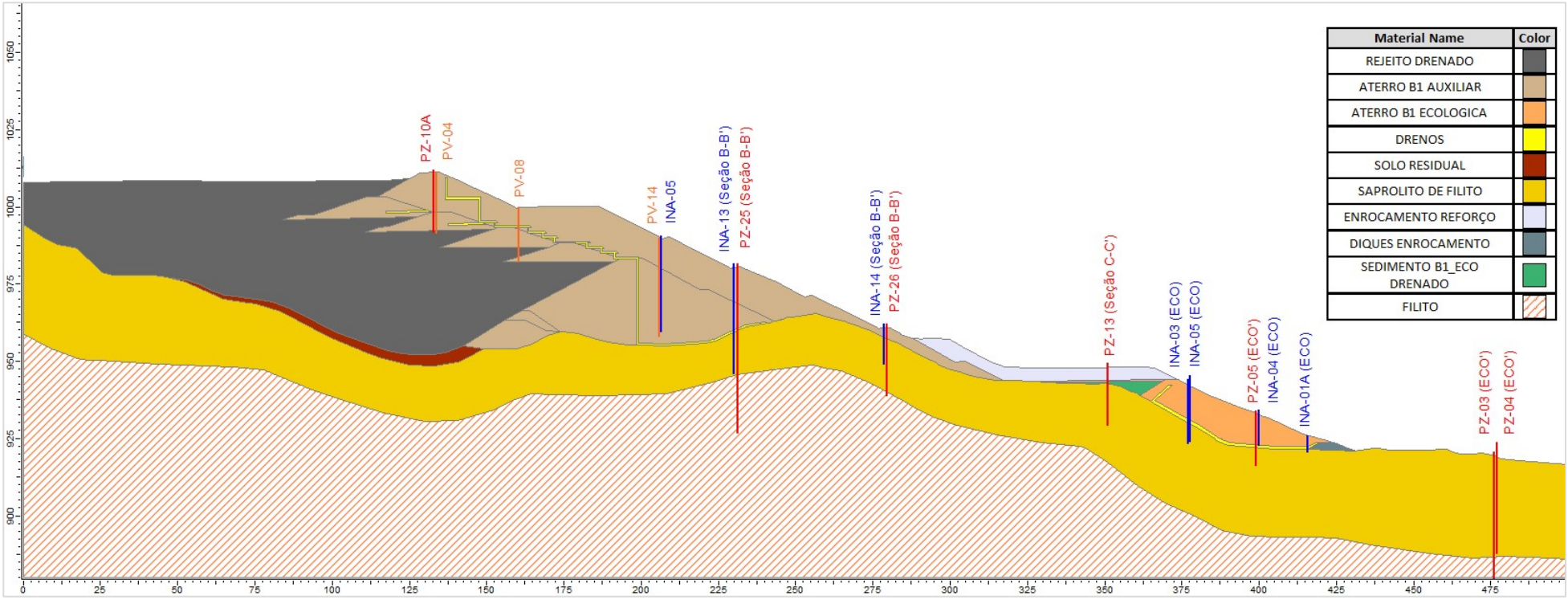


Figura 5.11 – Seção transversal de controle A-A'.

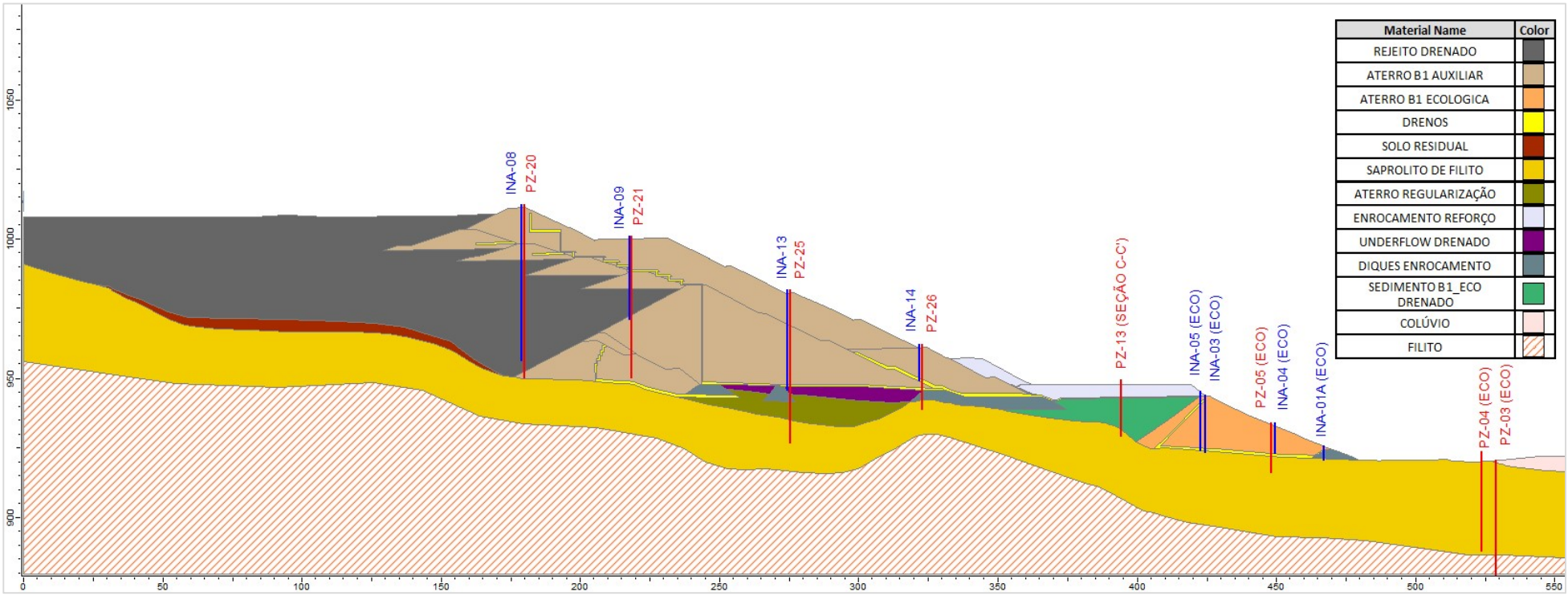


Figura 5.12 – Seção transversal de controle B-B'.

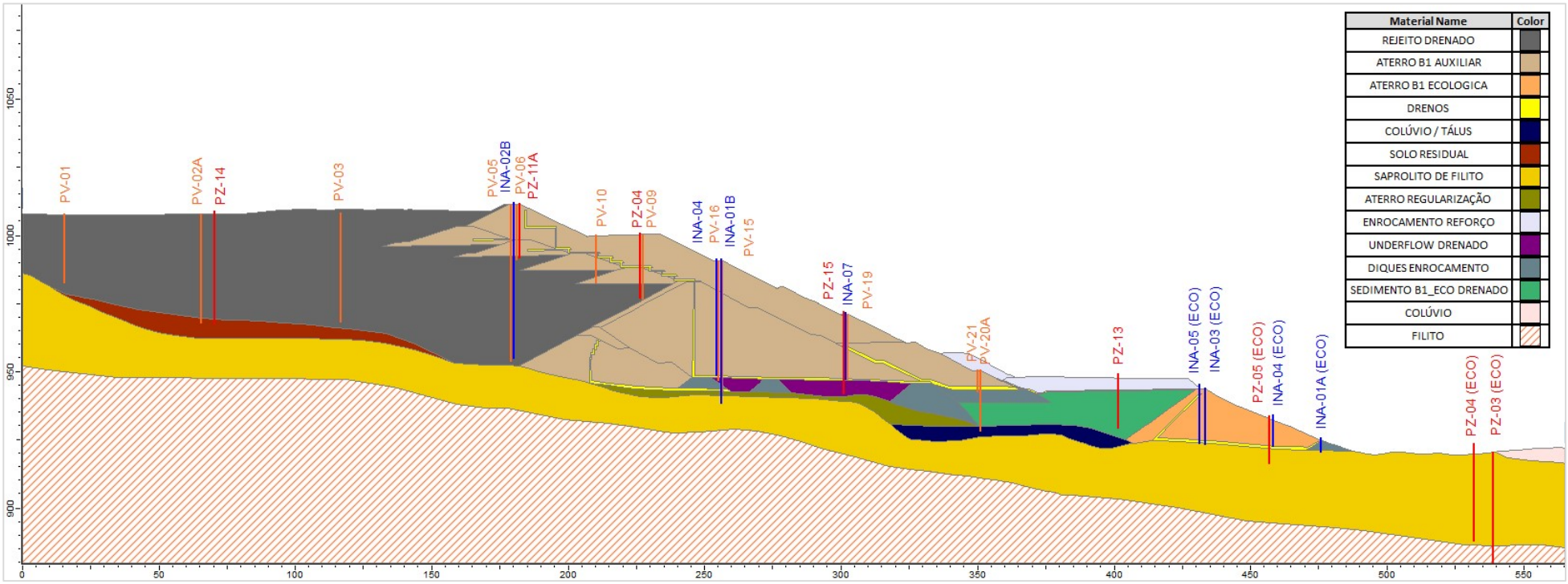


Figura 5.13 – Seção transversal de controle C-C'.

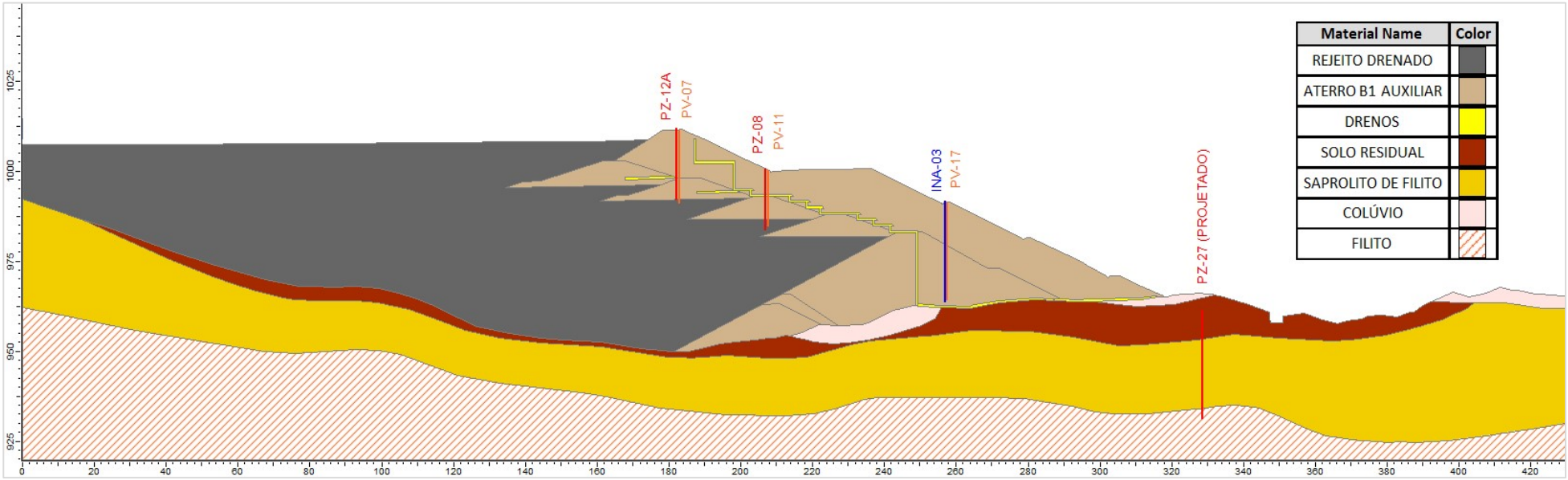


Figura 5.14 – Seção transversal de controle D-D'.

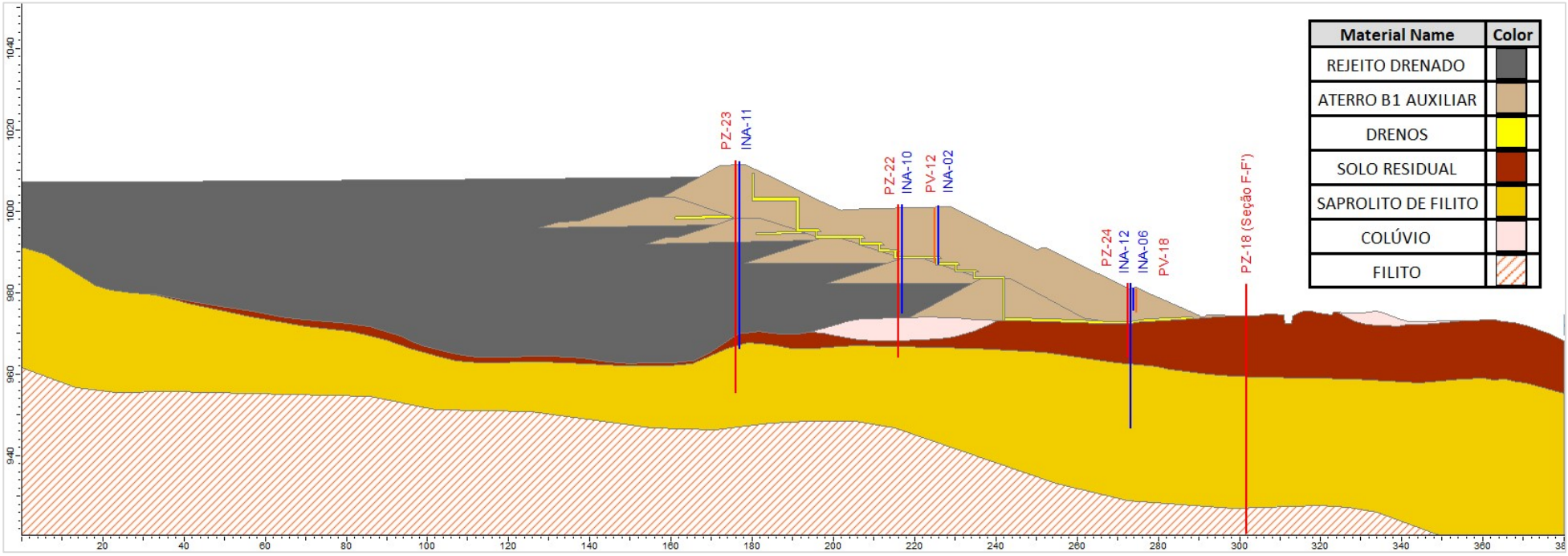


Figura 5.15 – Seção transversal de controle E-E'.

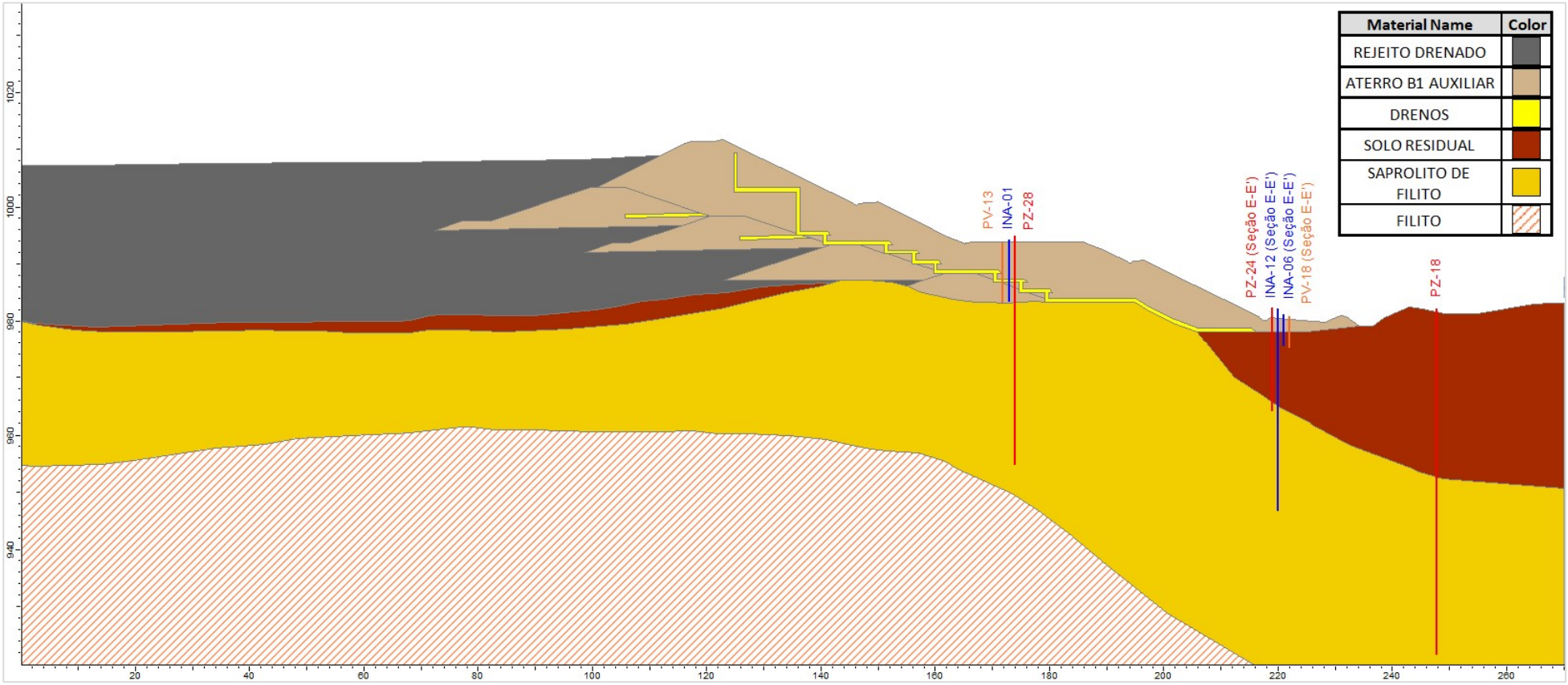


Figura 5.16 – Seção transversal de controle F-F'.

Tabela 5.2 – Locação, características, leitura (30/07/2024) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B1-Auxiliar.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação (m) Leitura (30 /07/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A’	PZ-10A	574.506,047	7.776.917,816	1.011,87	991,89	19,98	SECO	995,25	997,75	1.000,25
	PV-04	574.504,691	7.776.917,619	1.011,40	991,40	20,00	SECO	995,25	997,75	1.000,25
	PV-08	574.488,881	7.776.939,736	999,92	982,32	17,60	SECO	989,25	991,75	994,25
	PV-14	574.461,917	7.776.976,989	990,03	958,03	32,00	SECO	964,75	967,25	969,75
	INA-05	574.460,707	7.776.976,460	990,59	959,71	30,88	SECO	964,75	967,25	969,75
B-B’	PZ-20	574.479,582	7.776.894,719	1.012,36	950,16	62,20	974,61	982,00	985,50	997,50
	INA-08	574.478,850	7.776.894,372	1.012,32	956,62	55,70	975,09	982,00	985,50	997,50
	INA-09	574.453,975	7.776.924,135	1.001,07	971,37	29,70	976,02	980,00	981,00	986,25
	PZ-21	574.454,788	7.776.924,958	1.001,12	950,43	50,69	SECO	980,00	981,00	986,25
	PZ-25	574.413,059	7.776.963,569	981,74	926,77	54,97	934,04	948,75	952,75	962,50
	INA-13	574.412,576	7.776.963,137	981,72	945,92	35,80	SECO	948,75	952,75	962,50
	INA-14	574.383,251	7.777.000,637	962,17	949,17	13,00	SECO	949,67	949,97	950,17
	PZ-26	574.382,712	7.777.000,207	962,16	939,05	23,11	SECO	947,25	949,50	954,75
C-C’	PV-01	574.568,102	7.776.750,278	1.007,64	982,64	25,00	982,77	994,50	997,25	1.005,00
	PV-02A	574.535,199	7.776.787,766	1.007,83	967,83	40,00	979,01	992,50	995,50	1.004,00
	PZ-14	574.528,000	7.776.789,000	1.008,90	967,60	41,30	981,20	992,25	995,25	1.003,75
	PV-03	574.496,328	7.776.821,764	1.008,22	968,22	40,00	978,60	989,50	994,00	1.003,00
	INA-2B	574.466,822	7.776.883,331	1.012,00	954,93	57,07	976,40	986,50	992,00	1.001,00
	PV-05	574.466,822	7.776.883,331	1.011,29	953,84	57,45	953,93	986,50	992,00	1.001,00
	PZ-11A	574.458,936	7.776.877,590	1.011,67	991,76	19,91	SECO	992,26	992,56	1.001,00

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação (m) Leitura (30 /07/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
	PV-06	574.460,120	7.776.878,715	1.011,21	991,21	20,00	SECO	991,71	992,00	1.001,00
	PV-10	574.439,989	7.776.896,656	1.000,08	982,58	17,50	SECO	985,00	988,25	994,00
	PZ-04	574.439,716	7.776.918,139	1.000,80	977,25	23,55	977,50	981,50	984,50	987,00
	PV-09	574.438,995	7.776.918,972	1.000,27	976,77	23,50	SECO	981,50	984,50	987,00
	PV-16	574.409,902	7.776.931,748	990,82	946,82	44,00	SECO	949,25	952,50	965,00
	INA-01B	574.411,863	7.776.933,905	991,40	938,47	52,93	947,02	949,25	952,50	965,00
	INA-04	574.410,525	7.776.933,060	991,35	948,57	42,78	SECO	949,25	952,50	965,00
	PV-15	574.411,863	7.776.933,905	990,81	942,81	48,00	SECO	949,25	952,50	965,00
	PZ-15	574.383,335	7.776.969,256	972,12	942,13	29,99	944,16	948,50	950,00	958,00
C-C’	PV-19	574.378,663	7.776.965,521	971,22	947,22	24,00	SECO	948,50	950,00	958,00
	INA-07	574.379,675	7.776.967,085	971,70	947,31	24,39	SECO	948,50	950,00	958,00
	PV-20A	574.347,420	7.777.002,357	950,80	928,30	22,50	SECO	945,50	946,25	949,75
	PV-21	574.346,494	7.777.001,667	950,80	942,80	8,00	SECO	945,50	946,25	949,75
	PZ-13	574.323,000	7.777.050,000	949,50	929,30	20,20	934,01	940,75	942,00	943,75
	INA-05 ECO	574.318,903	7.777.076,448	945,46	924,01	21,45	924,68	934,50	937,50	939,50
	INA-03 ECO	574.322,400	7.777.078,960	944,24	923,59	20,65	924,54	934,50	937,50	939,50
	PZ-05 ECO	574.310,782	7.777.100,596	934,02	916,32	17,70	921,70	925,75	927,50	929,00
	INA-04 ECO	574.312,870	7.777.101,408	934,20	922,97	11,23	924,52	925,75	927,50	929,00
	INA-01A ECO	574.306,300	7.777.118,080	925,78	920,80	4,98	SECO	921,75	922,25	923,50
D-D’	PZ-12A	574.410,360	7.776.834,651	1.012,07	992,29	19,78	SECO	996,75	999,75	1.001,75

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação (m) Leitura (30 /07/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
D-D’	PV-07	574.411,454	7.776.836,221	1.011,34	991,34	20,00	SECO	996,75	999,75	1.001,75
	PZ-08	574.393,890	7.776.852,290	1.000,84	983,69	17,15	SECO	989,50	992,50	994,50
	PV-11	574.391,898	7.776.854,414	1.000,35	984,85	15,50	SECO	989,50	992,50	994,50
	PV-17	574.363,509	7.776.891,683	991,37	964,37	27,00	SECO	966,75	970,25	972,25
	INA-03	574.362,312	7.776.891,356	991,68	963,85	27,83	SECO	966,75	970,25	972,25
	PZ-27	574.331,861	7.776.959,286	961,54	931,37	30,17	932,82	953,50	956,50	958,50
E-E’	INA-11	574.391,641	7.776.817,257	1.012,38	966,38	46,00	979,08	995,50	998,50	1.000,50
	PZ-23	574.390,672	7.776.816,296	1.012,44	955,44	57,00	977,39	995,50	998,50	1.000,50
	PZ-22	574.361,410	7.776.844,209	1.001,73	964,30	37,43	SECO	985,25	988,25	990,25
	INA-10	574.362,029	7.776.844,905	1.001,72	975,12	26,60	975,69	985,25	988,25	990,25
	PV-12	574.331,716	7.776.830,593	1.001,00	987,55	13,45	SECO	988,05	988,35	988,55
	INA-02	574.330,744	7.776.831,539	1.001,42	986,95	14,47	SECO	987,45	987,75	987,95
	INA-12	574.318,358	7.776.882,137	982,29	946,86	35,43	960,37	972,75	974,75	976,50
	PZ-24	574.318,690	7.776.882,376	982,30	964,30	18,00	967,20	972,75	974,75	976,50
	INA-06	574.298,857	7.776.866,088	981,14	975,71	5,43	SECO	976,21	976,51	976,71
	PV-18	574.298,007	7.776.865,469	980,85	975,35	5,50	975,37	975,85	976,15	976,50
F-F’	PV-13	574.281,356	7.776.790,206	993,80	983,35	10,45	SECO	984,50	985,75	986,25
	INA-01	574.280,549	7.776.791,132	994,27	983,51	10,76	SECO	984,50	985,75	986,25
	PZ-28	574.302,467	7.776.809,370	994,92	954,89	40,03	967,09	984,50	985,75	986,25
	PZ-18	574.254,671	7.776.866,617	982,21	920,76	61,45	941,13	966,75	969,75	971,75

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação (m) Leitura (30 /07/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
Instrumentos fora de seção de controle	PZ-16	574.690,487	7.777.038,009	1.022,38	924,07	98,31	927,79	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-17	574.601,483	7.776.544,642	1.027,06	976,16	50,90	992,71	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-19	574.198,661	7.776.571,212	1.018,74	969,66	49,08	1.001,31	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-03 ECO	574.308,481	7.777.184,183	920,72	851,45	69,27	913,56	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-04 ECO	574.250,289	7.777.161,300	923,81	887,97	35,84	916,29	Monitoramento hidrogeológico		
A-A’	MS-01	574.505,060	7.776.921,180	1.011,151	-	-	-	Não aplicável		
C-C’	MS-02	574.456,856	7.776.879,309	1.011,069	-	-	-	Não aplicável		
D-D’	MS-03	574.407,516	7.776.835,904	1.011,284	-	-	-	Não aplicável		
D-D’	MS-04	574.361,207	7.776.892,883	991,394	-	-	-	Não aplicável		
C-C’	MS-05	574.409,115	7.776.934,824	990,891	-	-	-	Não aplicável		
A-A’	MS-06	574.459,116	7.776.978,215	990,135	-	-	-	Não aplicável		
C-C’	MS-07	574.395,447	7.776.952,238	981,076	-	-	-	Não aplicável		
C-C’	MS-08	574.380,893	7.776.970,877	971,300	-	-	-	Não aplicável		
Não Aplicável	INC-01	574.430,299	7.776.907,692	1.000,471	-	-	-	Não aplicável		
	INC-02	574.375,169	7.776.962,887	971,507	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S1	574.428,400	7.776.918,465	1.000,546	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S2	574.281,225	7.776.818,153	991,356	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S3	574.444,417	7.776.991,430	981,076	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S4	574.371,354	7.776.992,206	961,088	-	-	-	Não aplicável		
	MV	574.344,011	7.777.101,754	940,143	-	-	-	Não aplicável		

5.6.3.1 Leituras Instrumentação

A MMI realiza leituras semanais dos níveis nos INA's e PZ's e quinzenais dos deslocamentos nos Marcos Superficiais. Já os piezômetros elétricos realizam um monitoramento constante com registro a cada 2 horas. Na estrutura também estão instalados prismas para monitoramento de deslocamento nos quais são realizadas leituras contínuas através de estação total robótica. As leituras nas placas indicadoras de vazão são realizadas diariamente. As aferições dos inclinômetros são realizadas semanalmente.

- **Indicadores de Nível d'Água e Piezômetros**

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para cada instrumento abrangendo dois anos hidrológicos, no período entre 10/2021 e 07/2024, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

a) Nível de água do reservatório – passou a condição seco (sem lago) em junho de 2019 a partir da instalação de sistema de bombeamento e escavação de canais que direcionam os fluxos para o extravasor operacional, sendo mantido com o mínimo acúmulo de água possível;
b) Referências do topo e base de cada instrumento;
c) Leituras do nível de água do instrumento;
d) Pluviometria acumulada mensal da estação meteorológica local;
e) Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições normal, alerta e emergência.

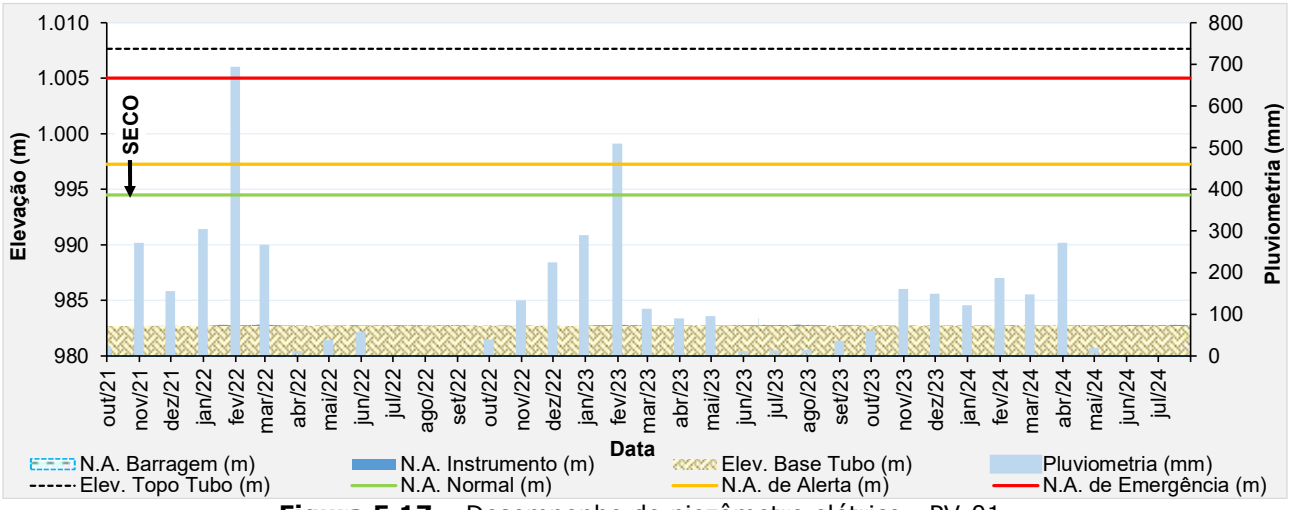


Figura 5.17 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-01.

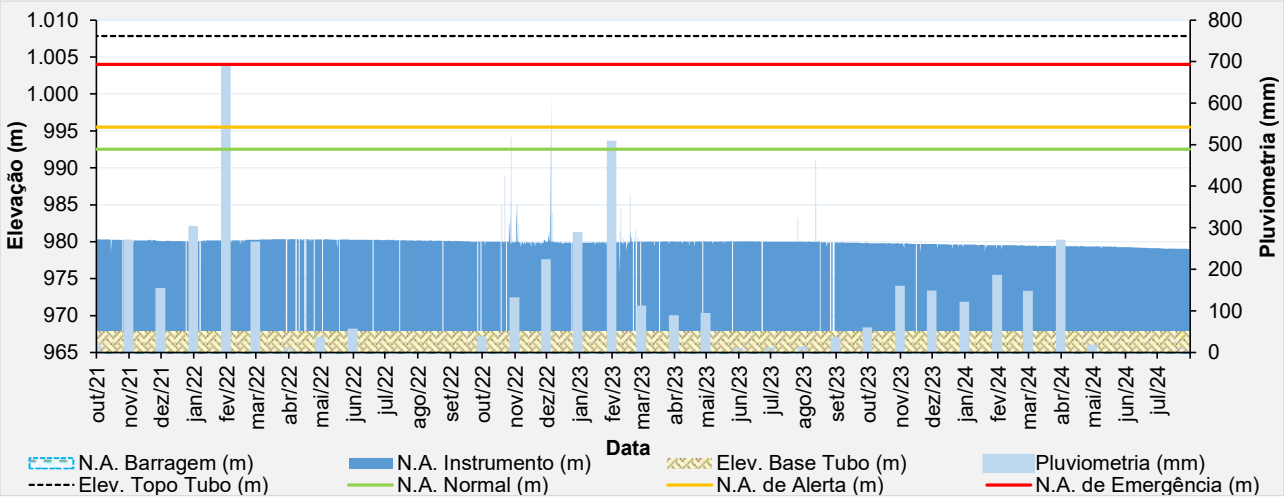


Figura 5.18 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-02A.

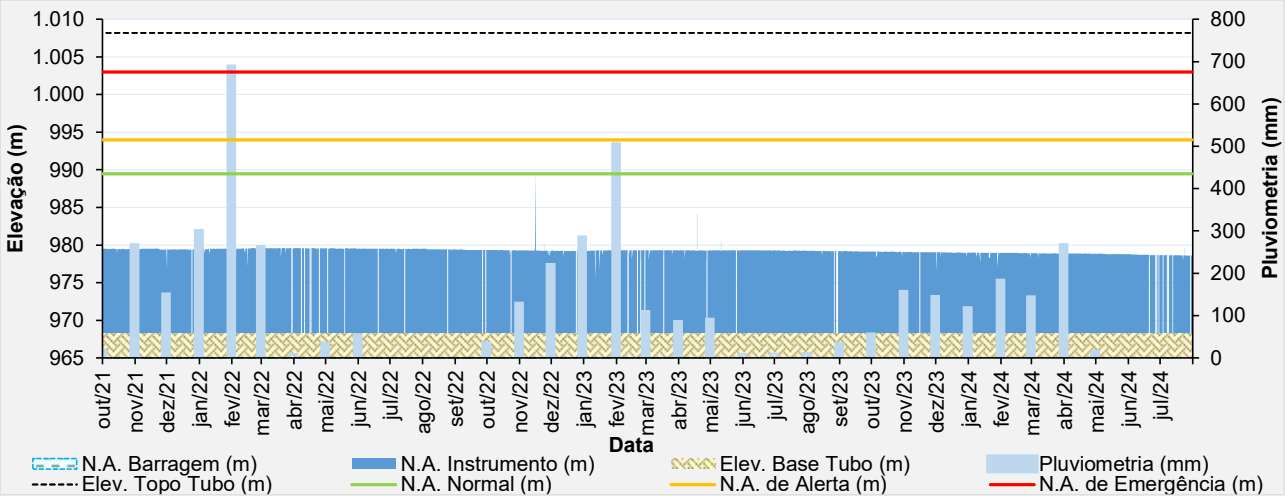


Figura 5.19 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-03.

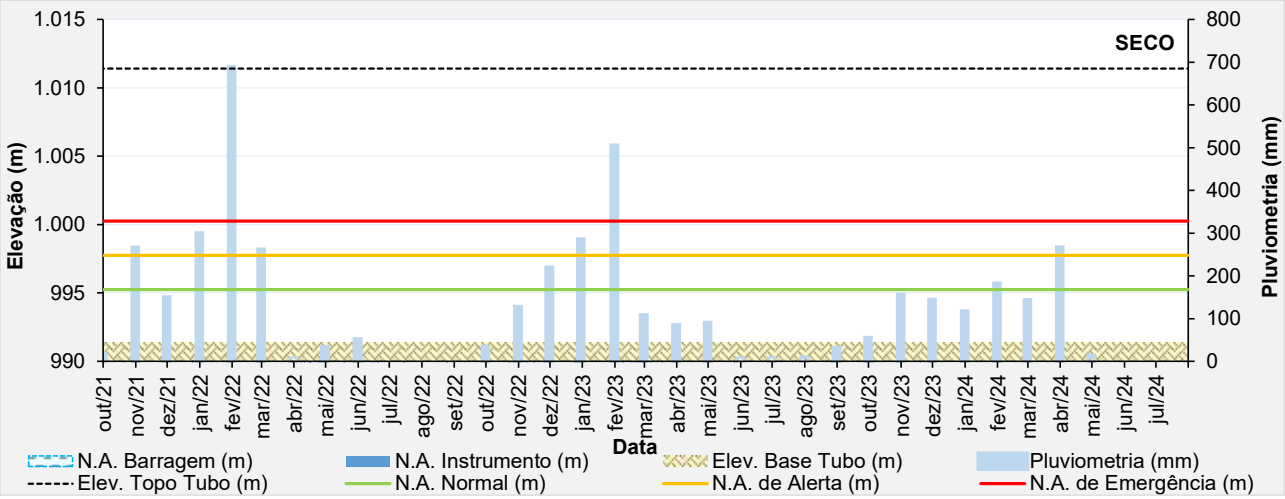


Figura 5.20 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-04.

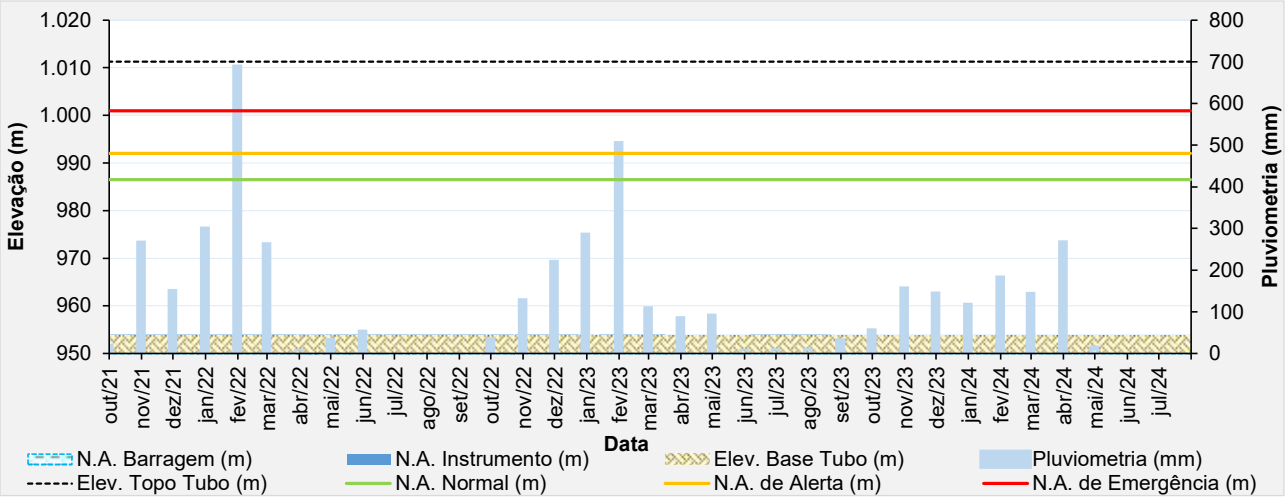


Figura 5.21 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-05.

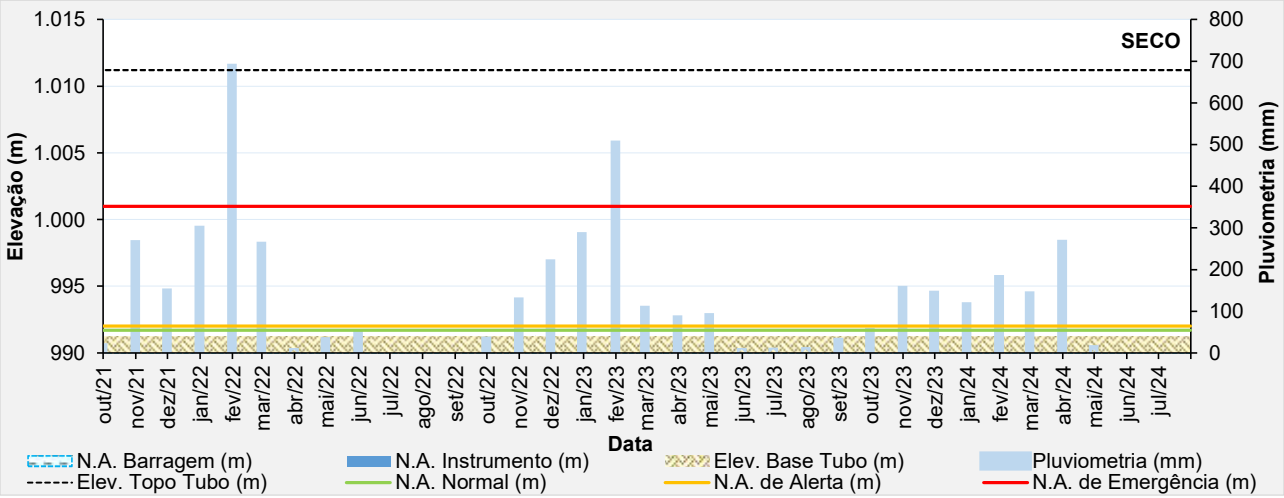


Figura 5.22 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-06.

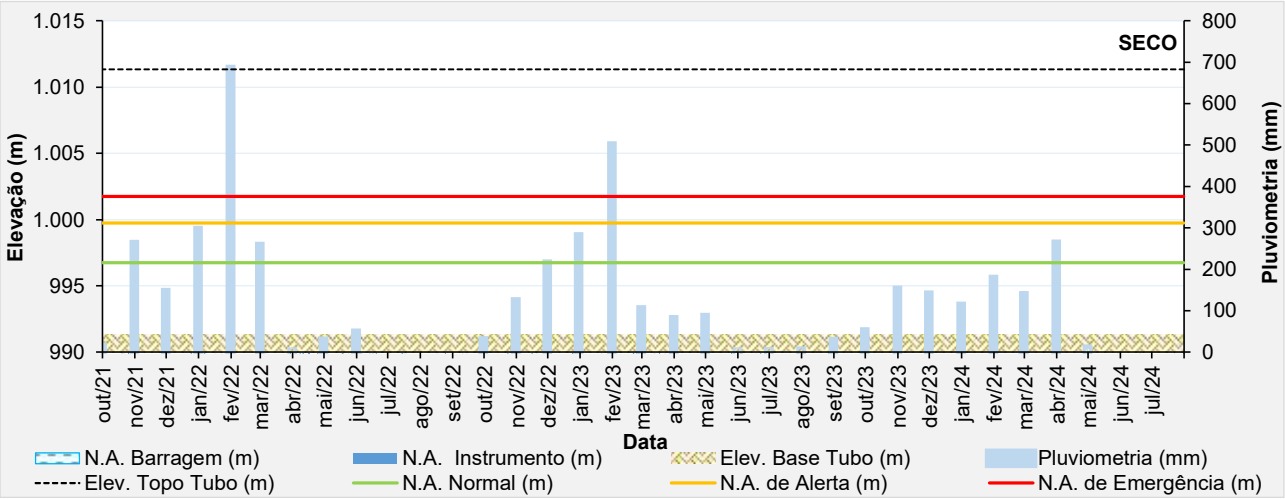


Figura 5.23 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-07.

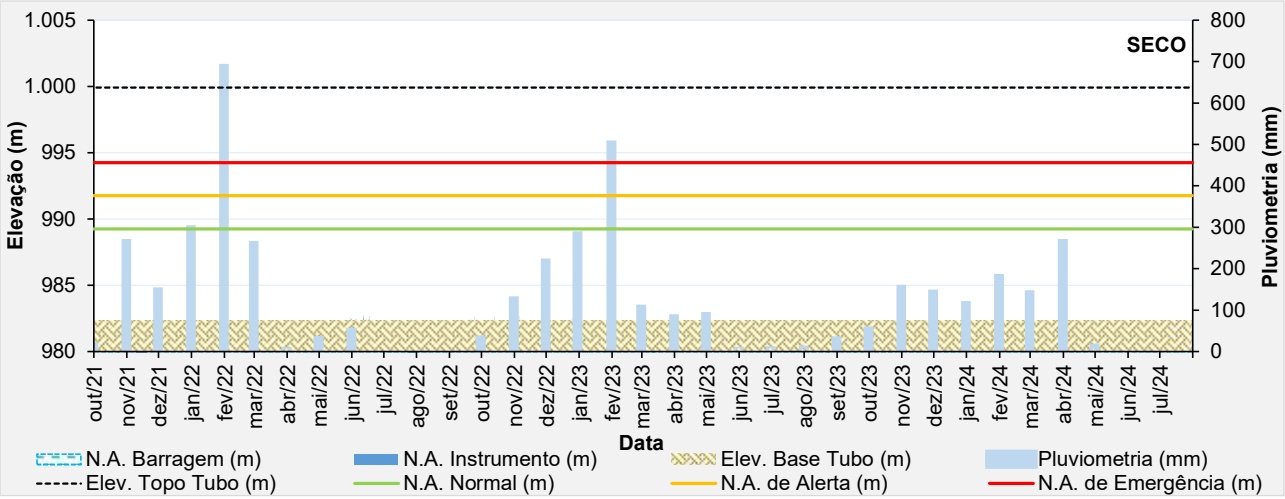


Figura 5.24 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-08.

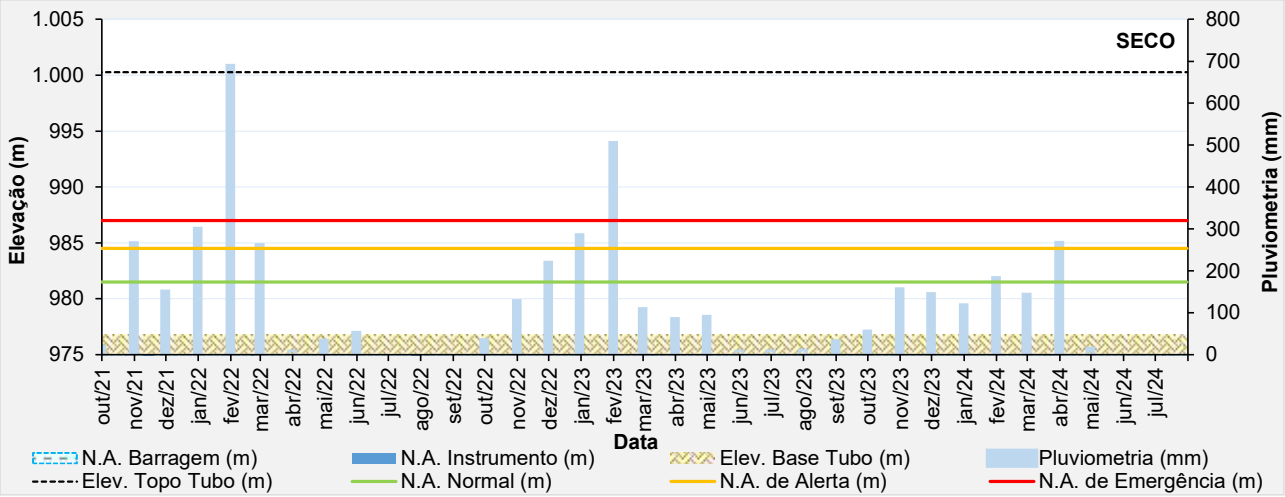


Figura 5.25 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-09.

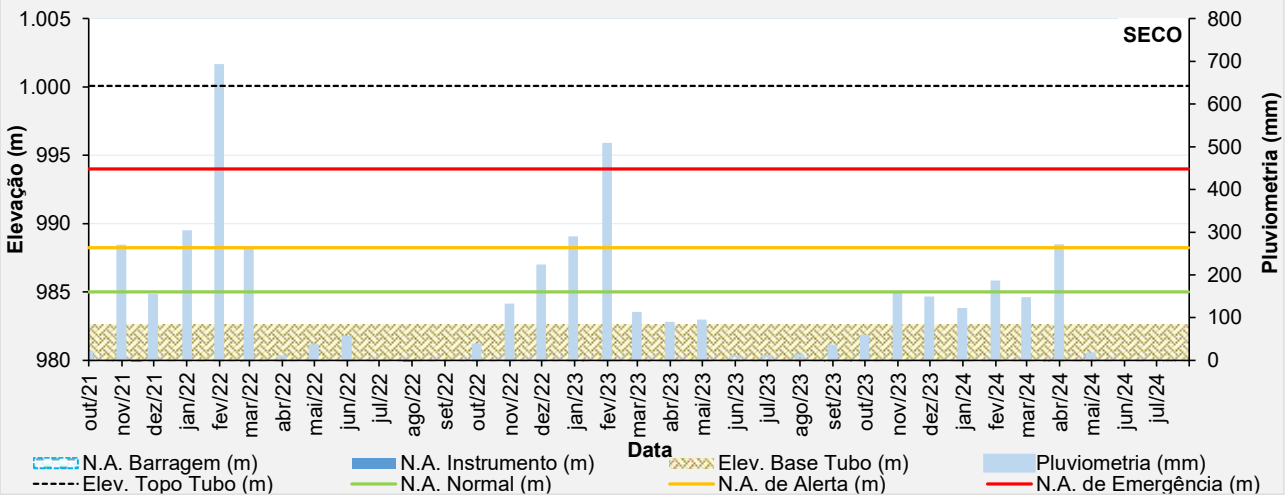


Figura 5.26 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-10.

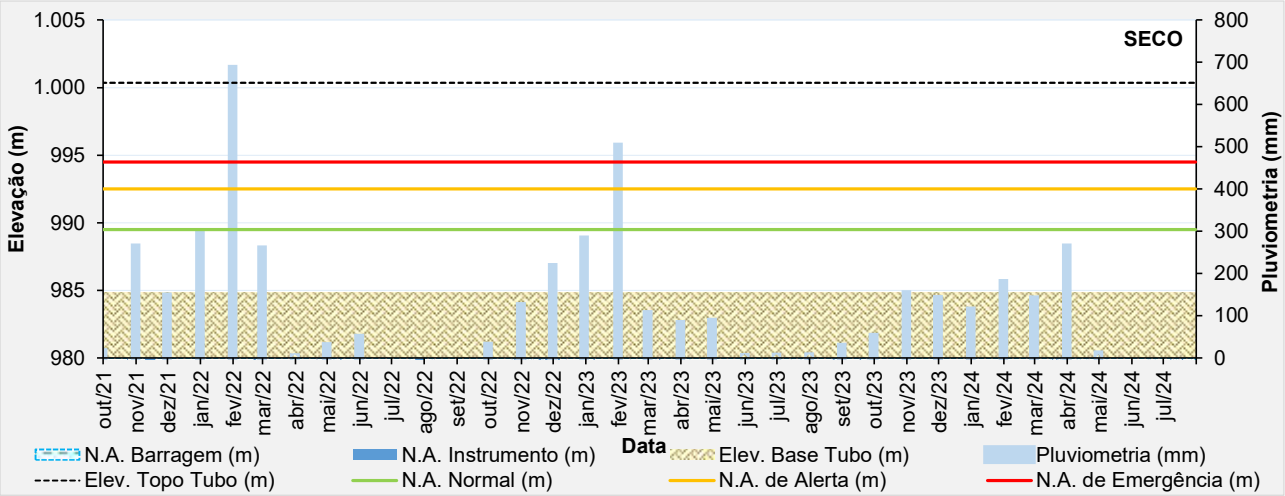


Figura 5.27 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-11.

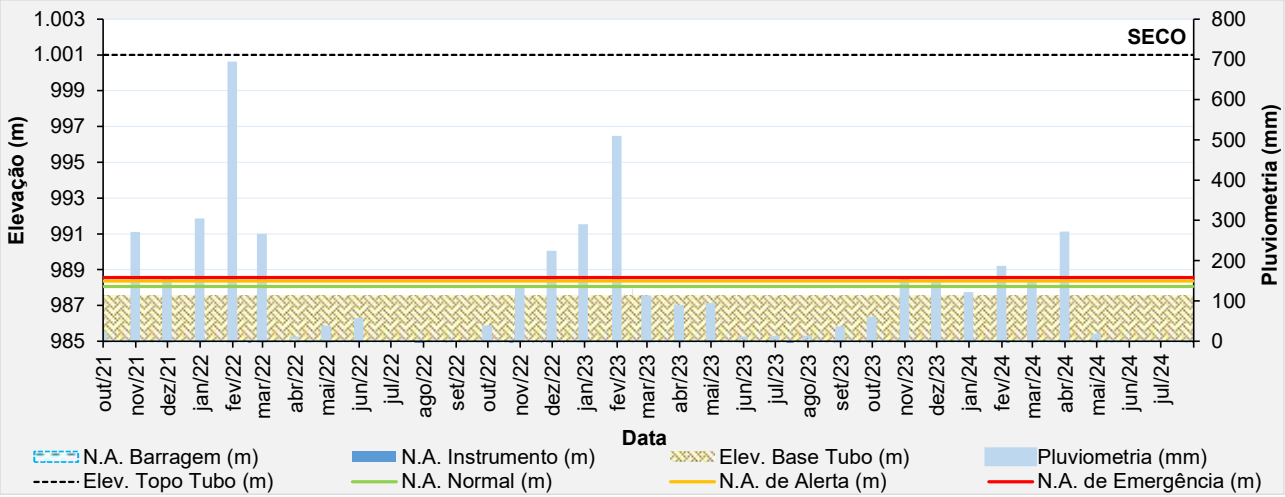


Figura 5.28 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-12.

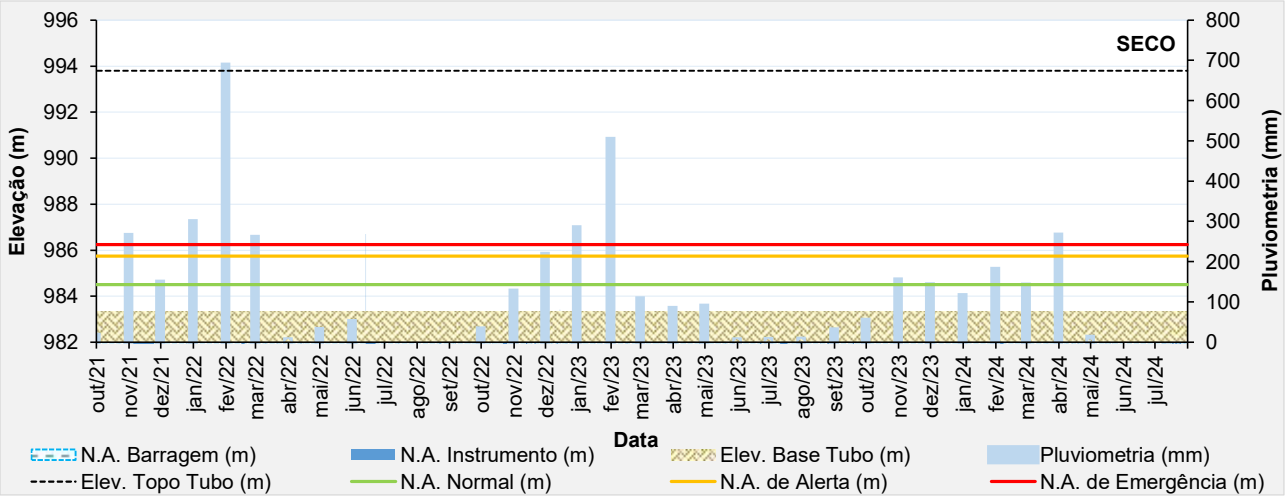


Figura 5.29 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-13.

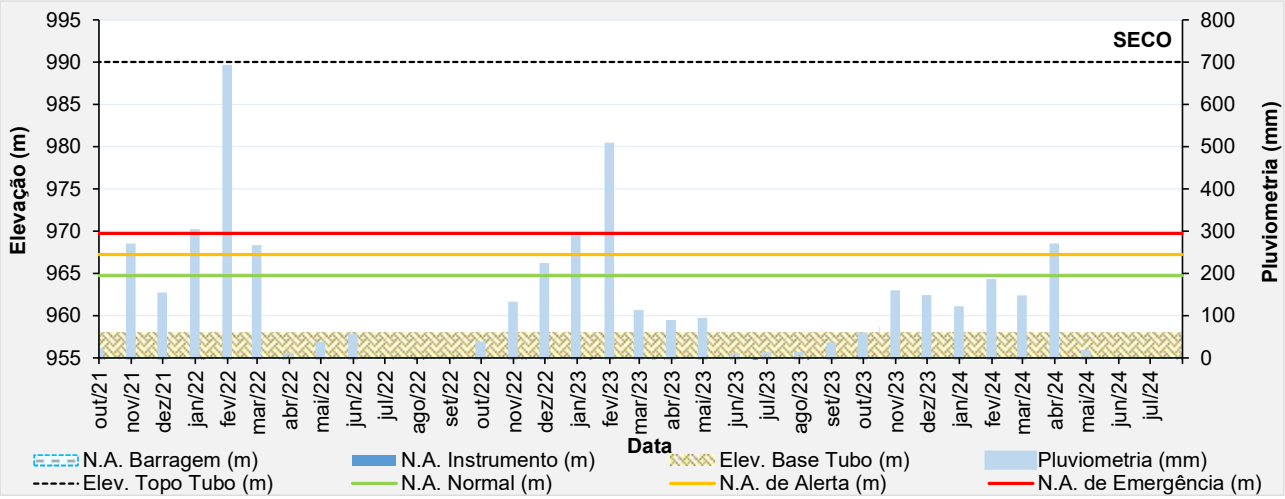


Figura 5.30 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-14.

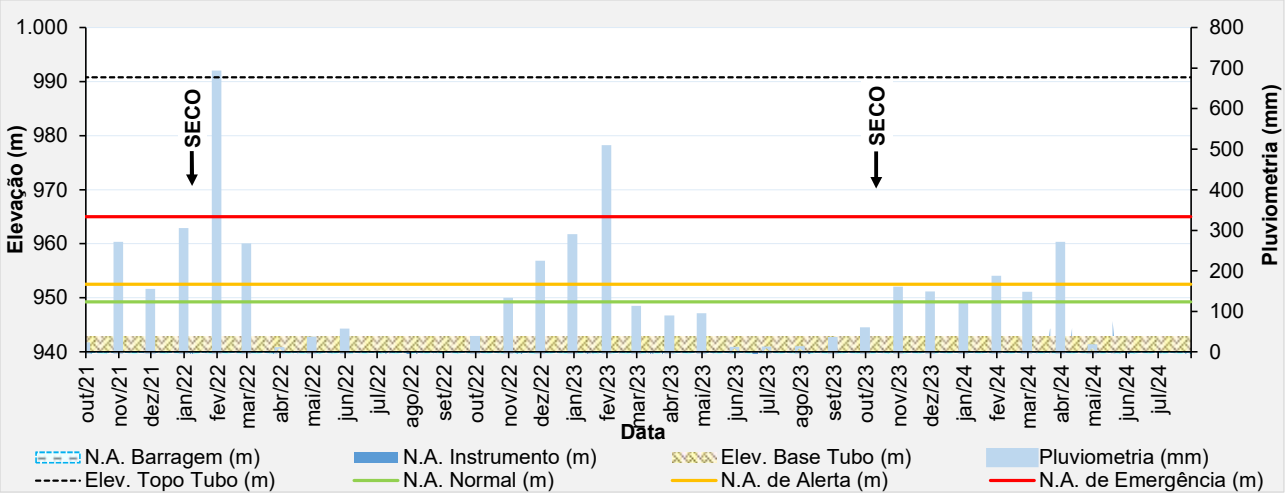


Figura 5.31 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-15.

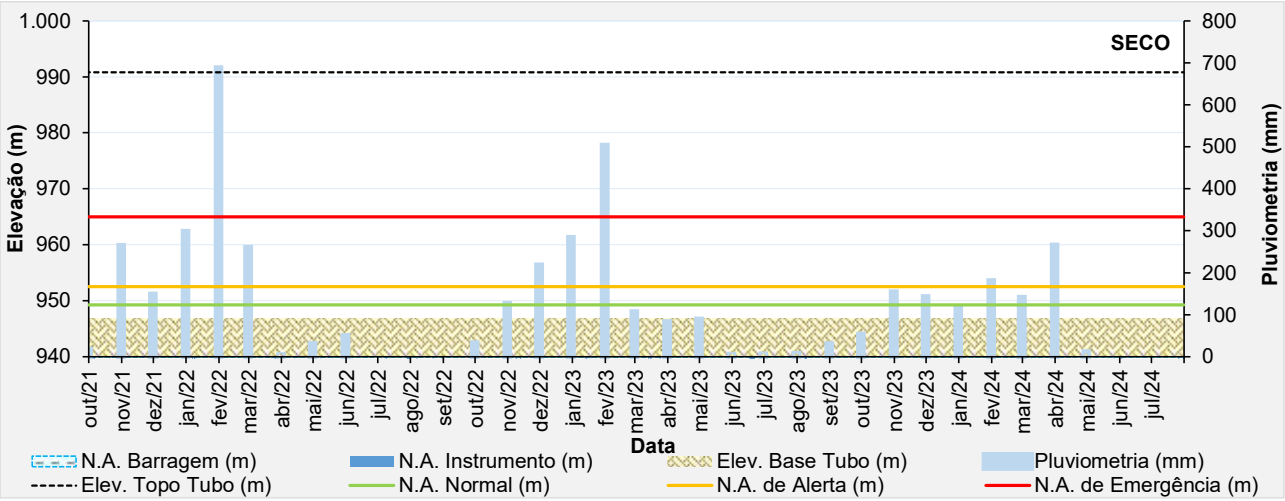


Figura 5.32 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-16.

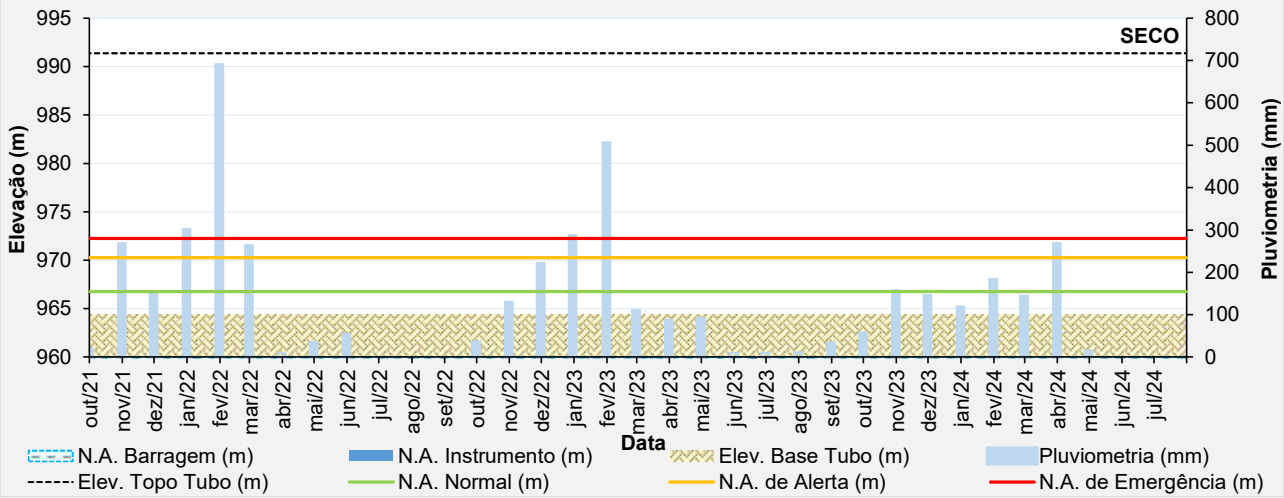


Figura 5.33 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-17.

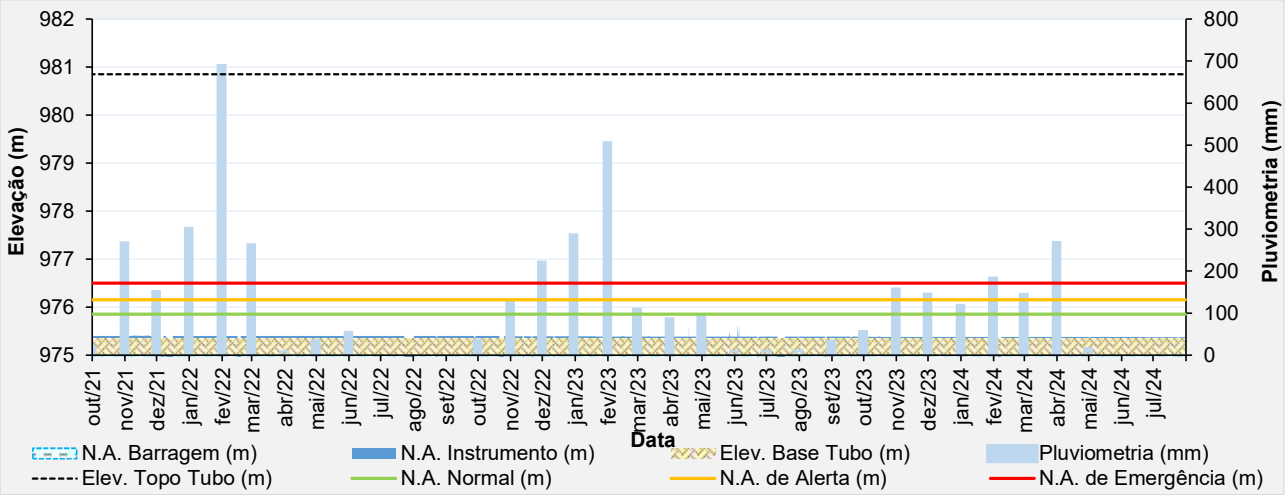


Figura 5.34 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-18.

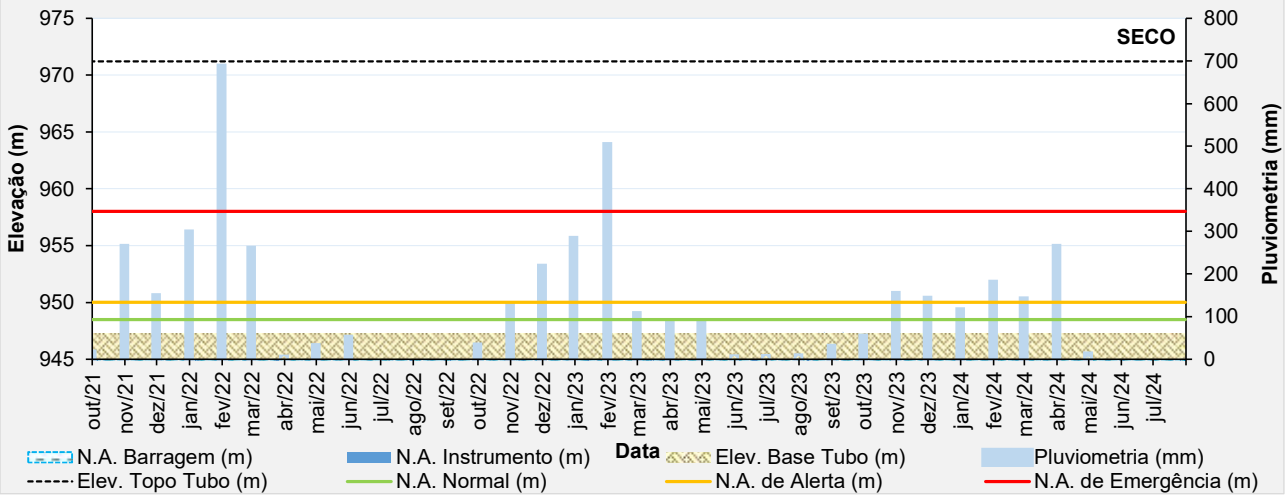


Figura 5.35 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-19.

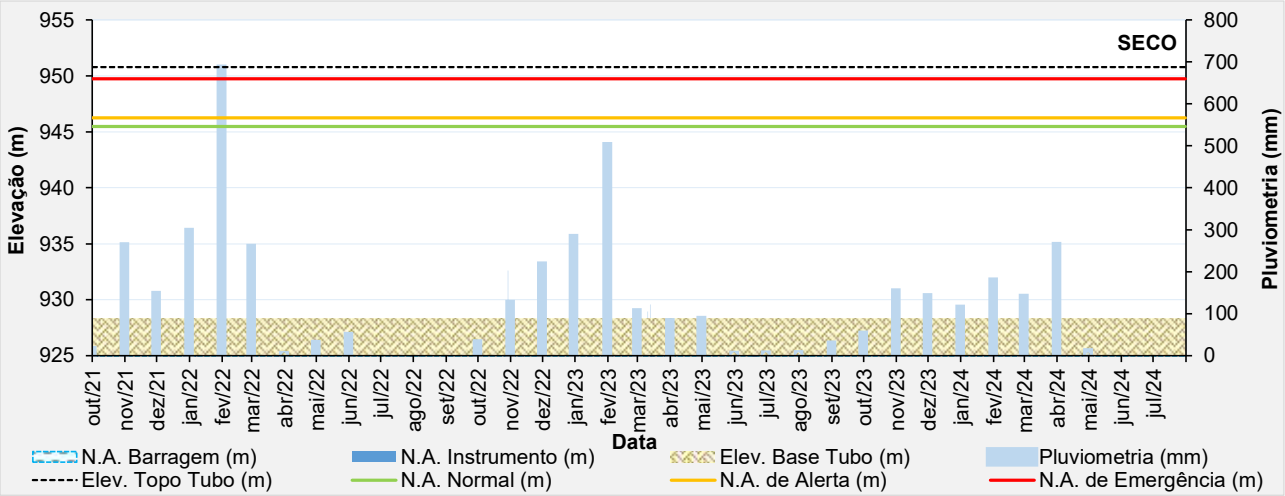


Figura 5.36 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-20A.

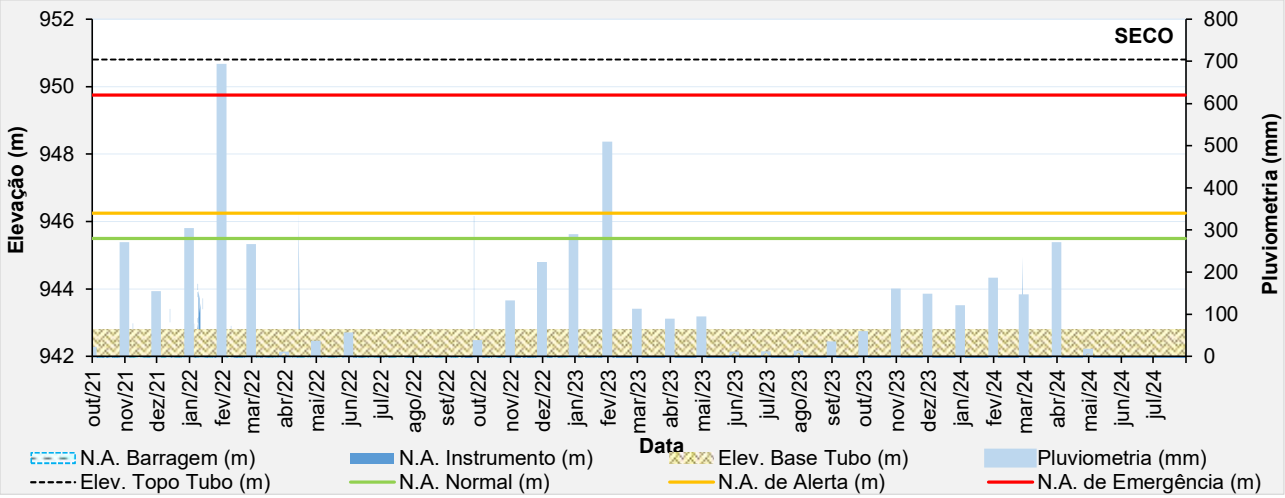


Figura 5.37 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-21.

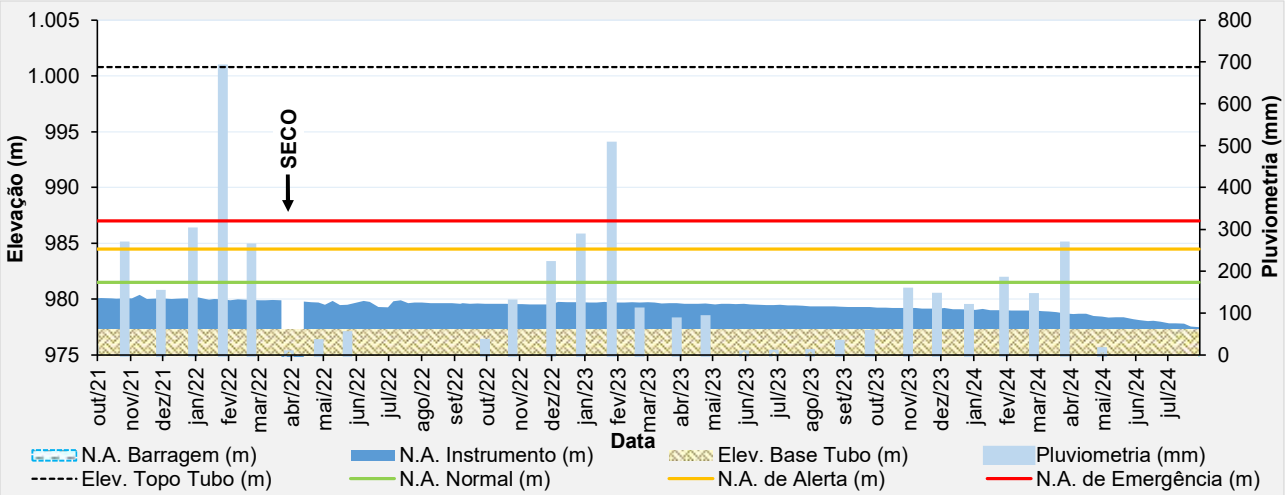


Figura 5.38 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-04.

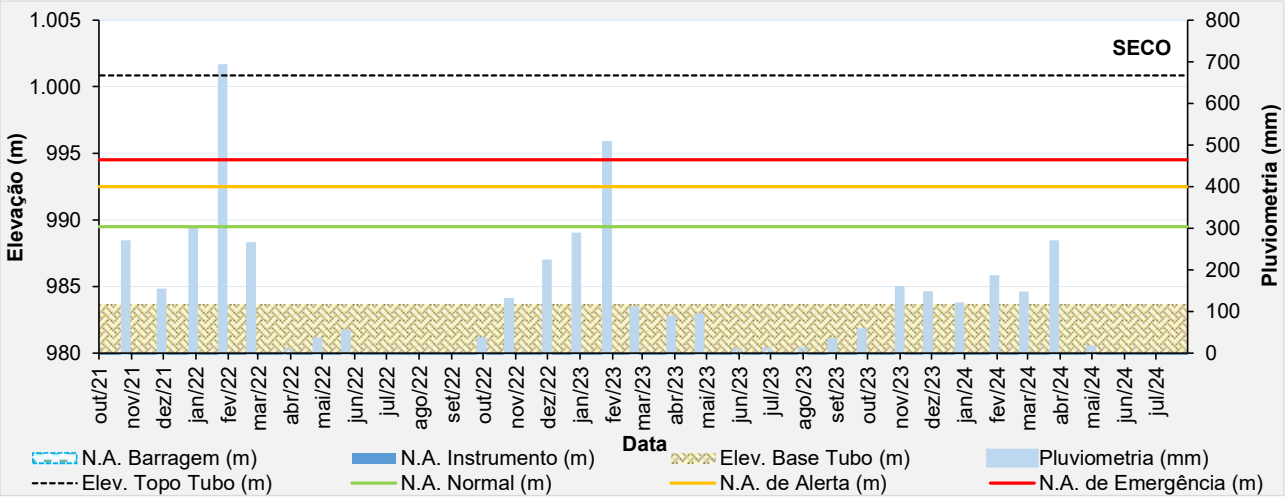


Figura 5.39 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-08.

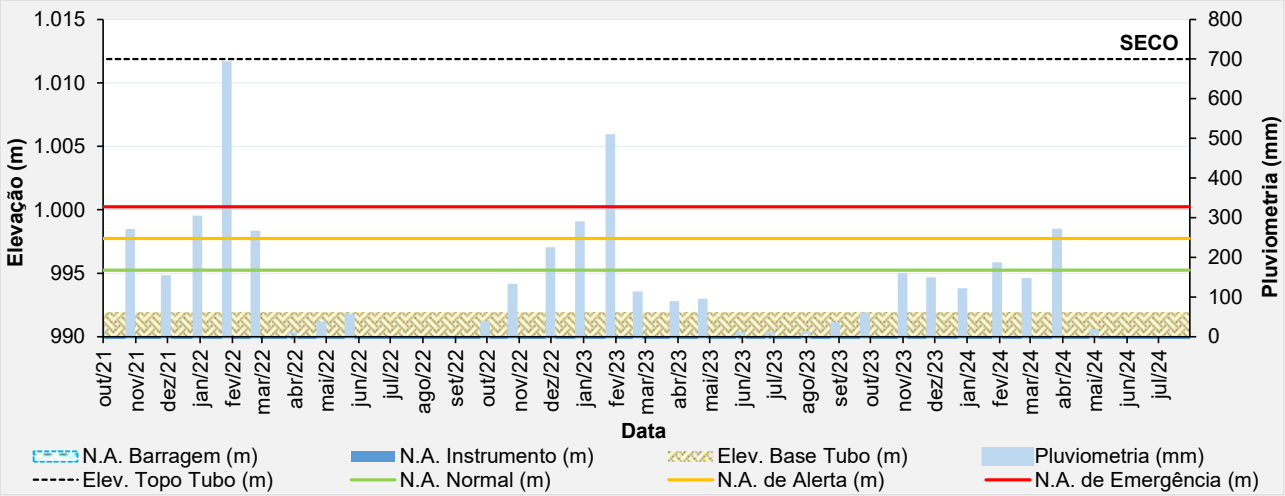


Figura 5.40 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-10A.

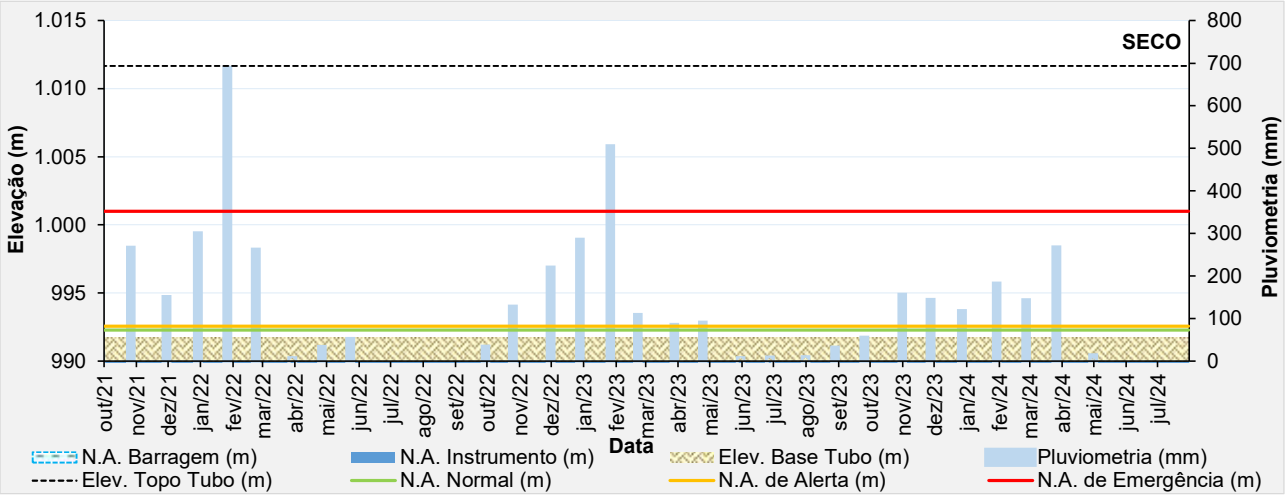


Figura 5.41 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-11A.

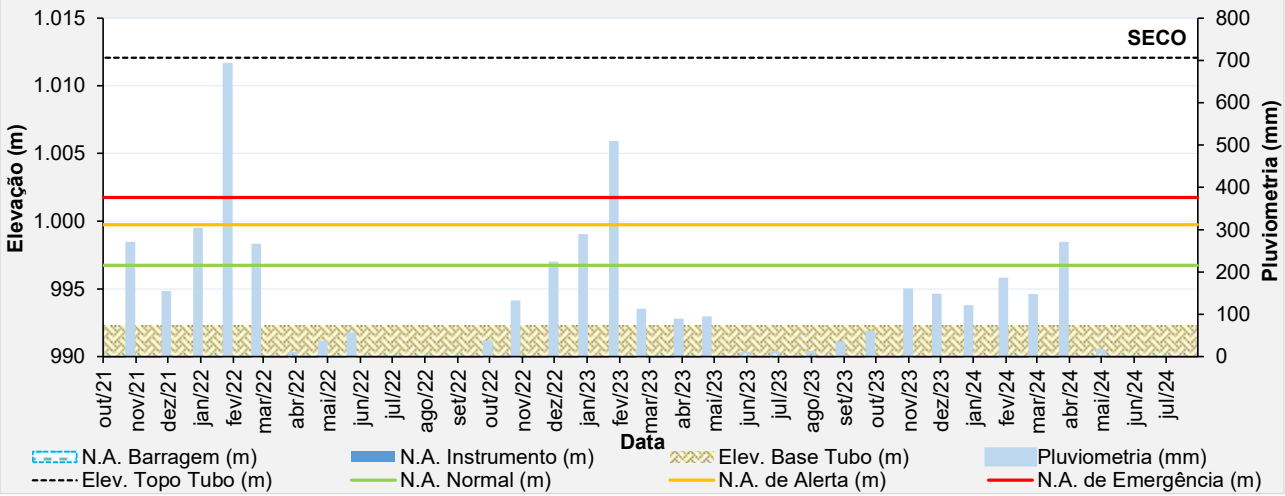


Figura 5.42 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-12A.

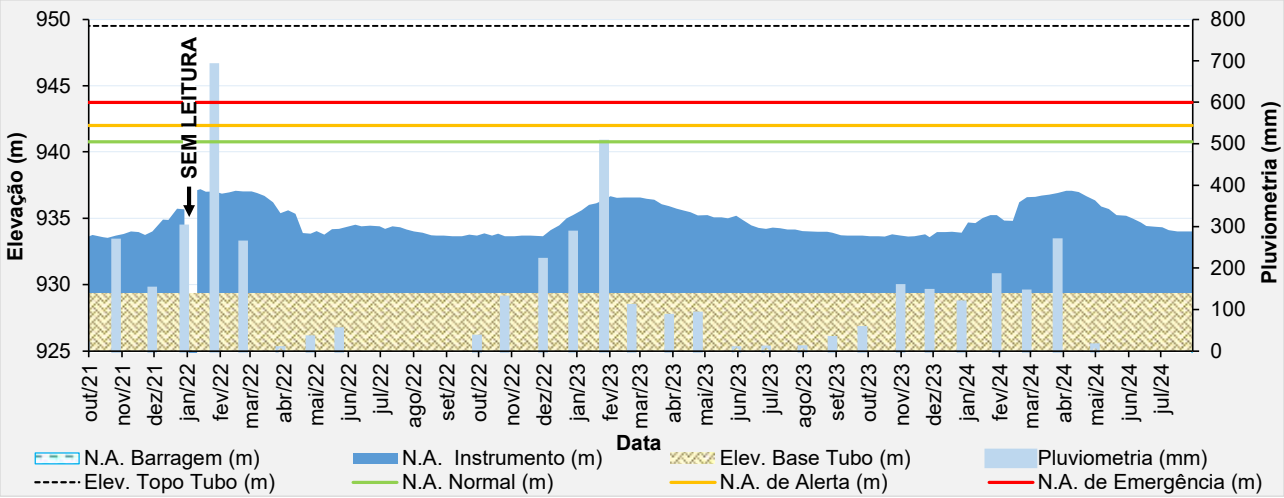


Figura 5.43 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-13.

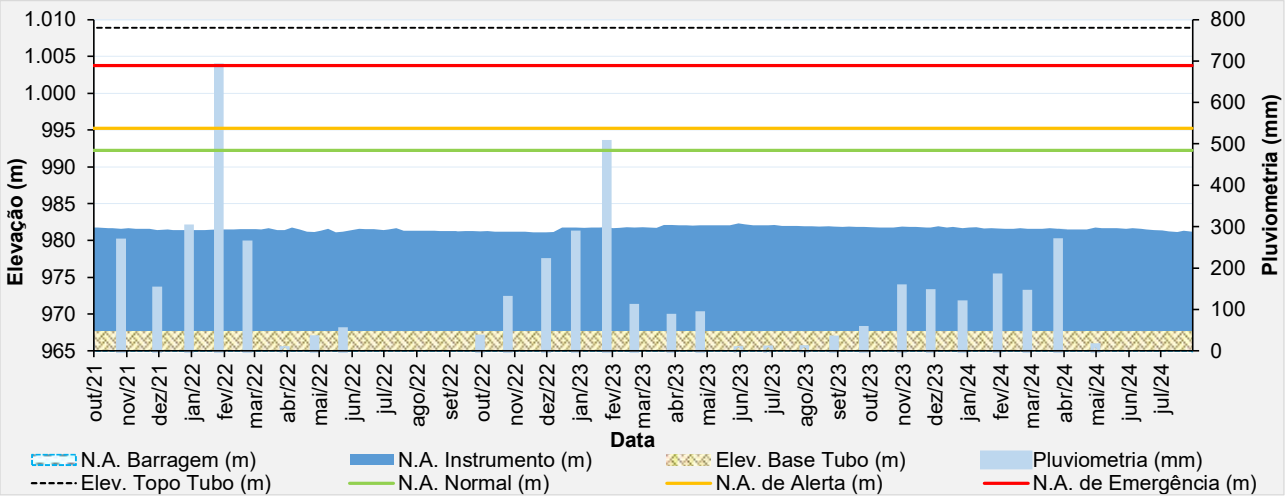


Figura 5.44 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-14.

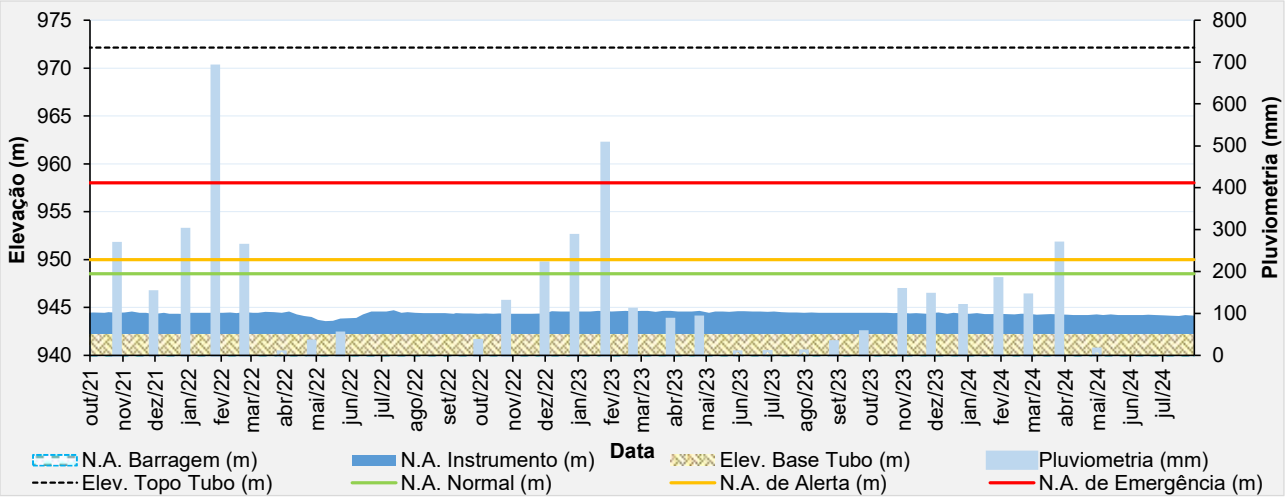


Figura 5.45 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-15.

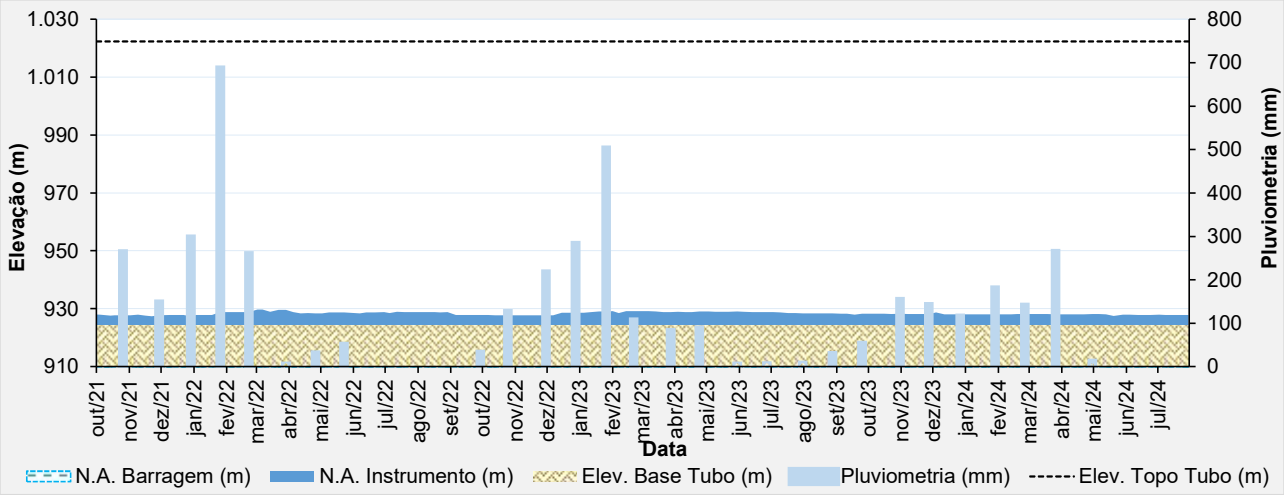


Figura 5.46 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-16.

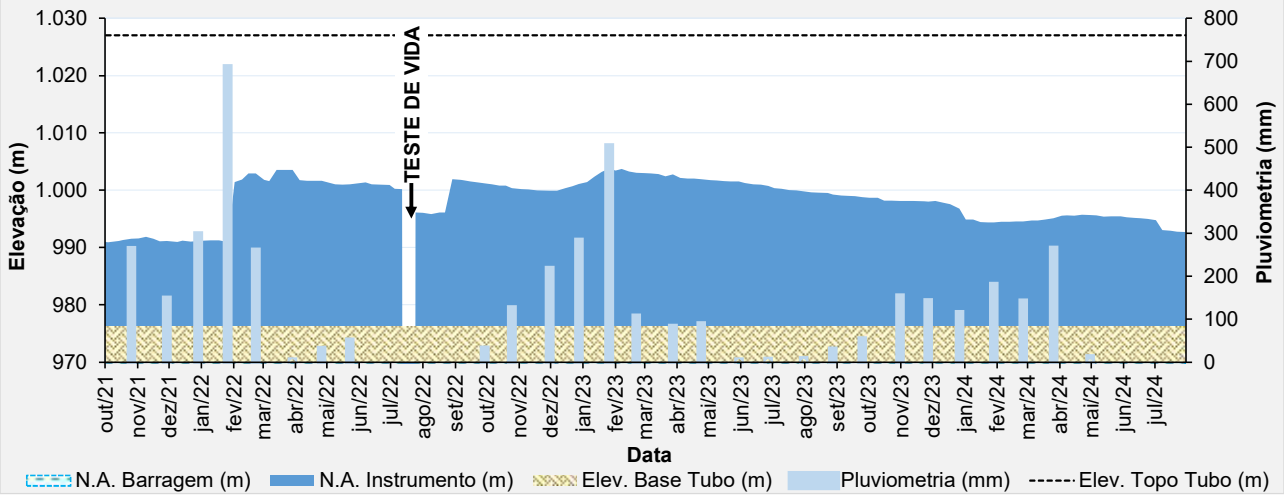


Figura 5.47 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-17.

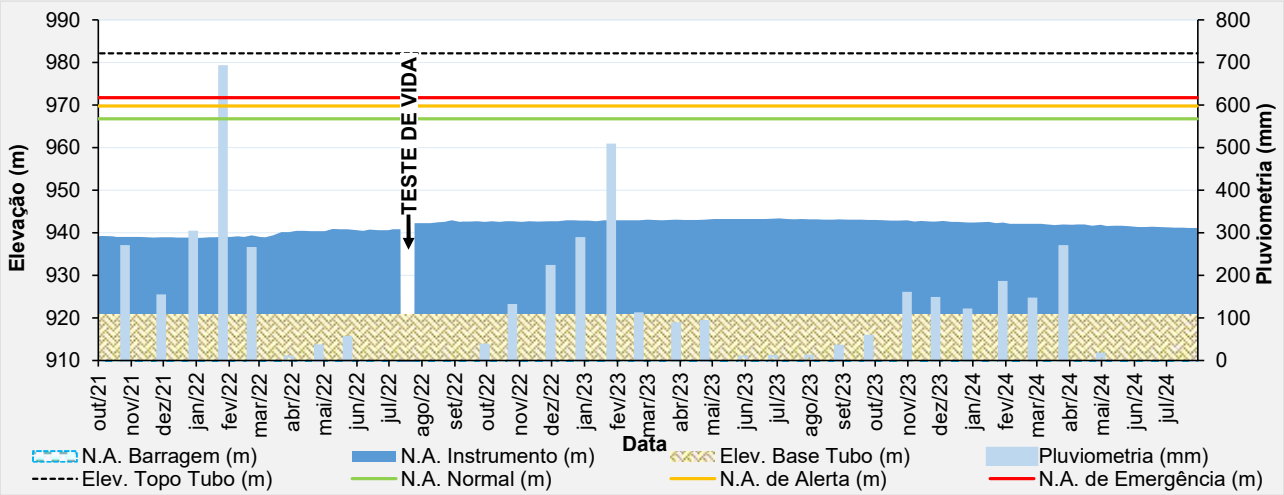


Figura 5.48 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-18.

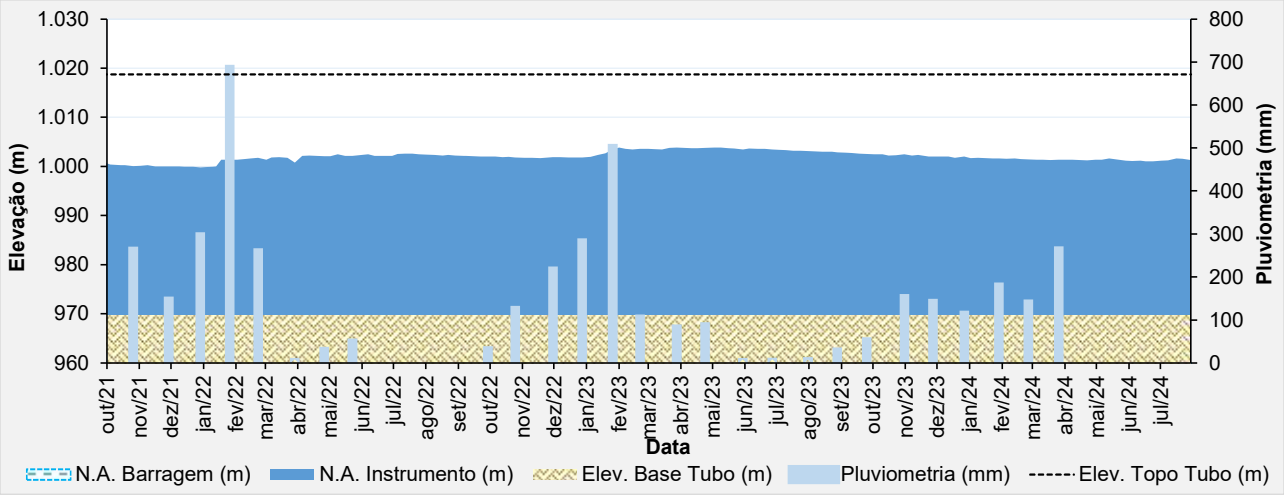


Figura 5.49 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-19.

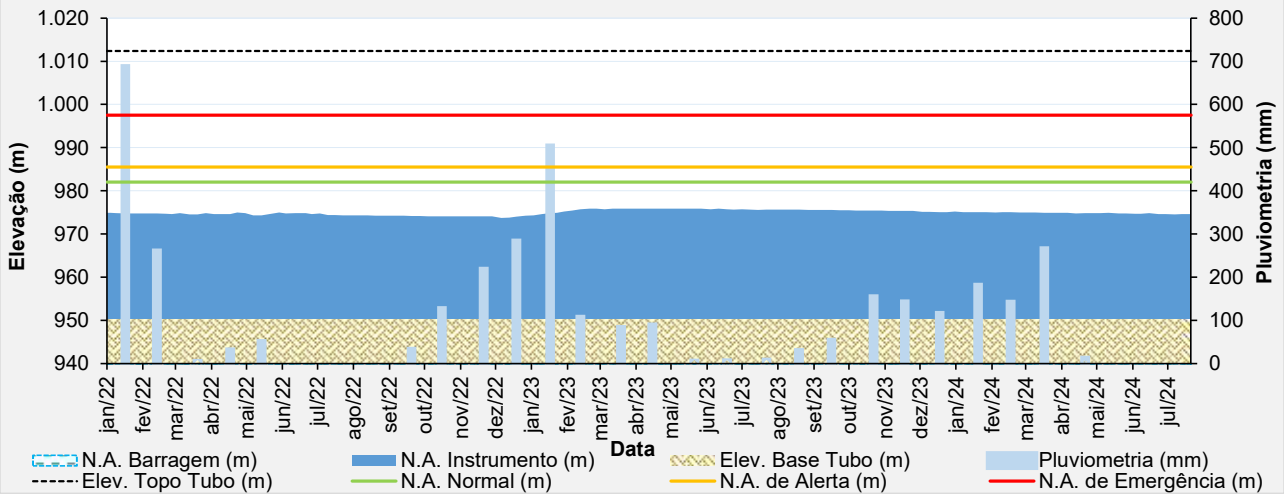


Figura 5.50 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-20.

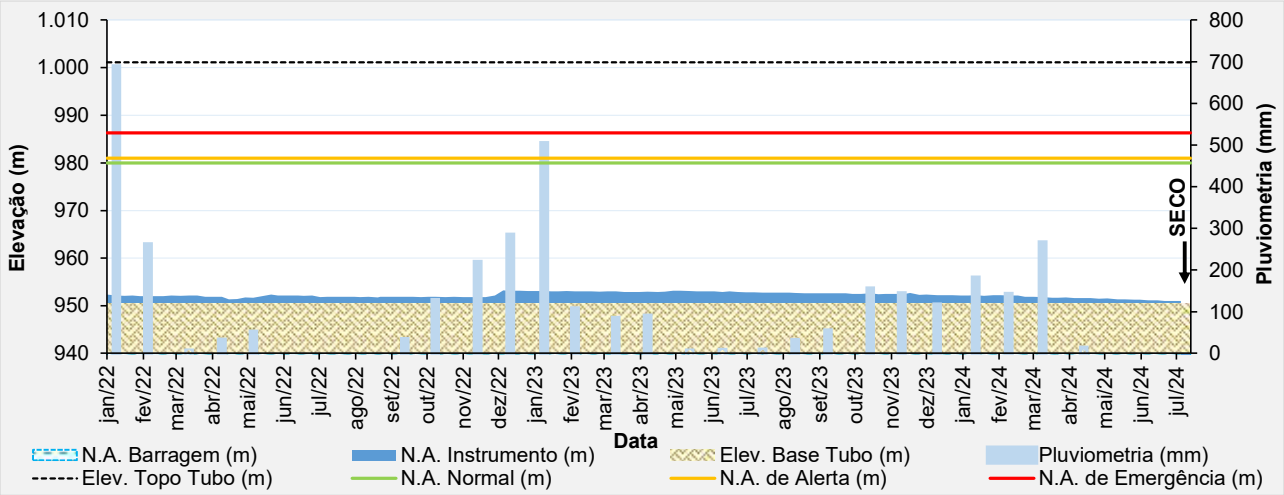


Figura 5.51 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-21.

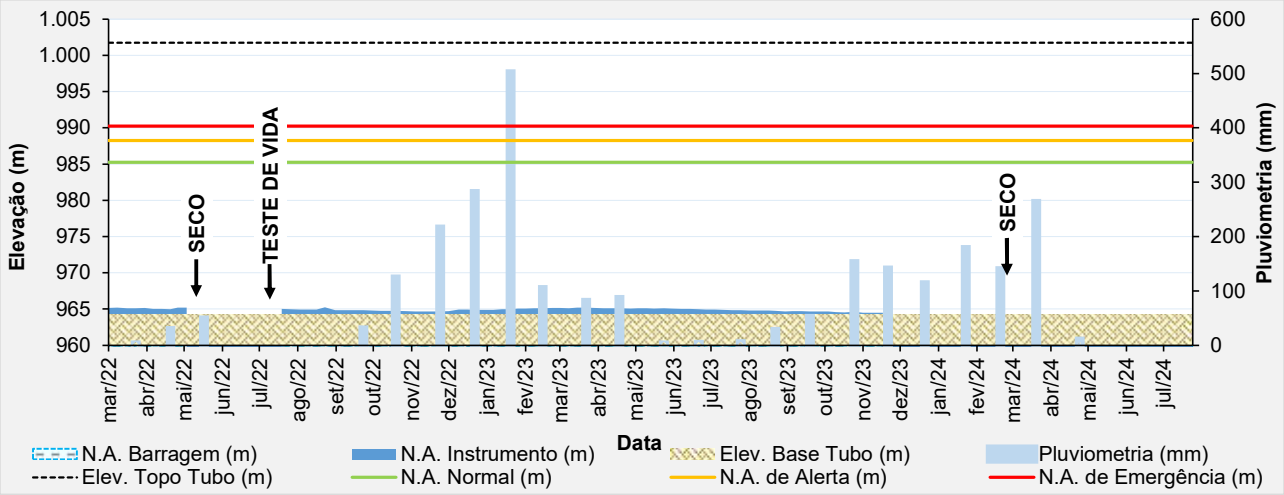


Figura 5.52 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-22.

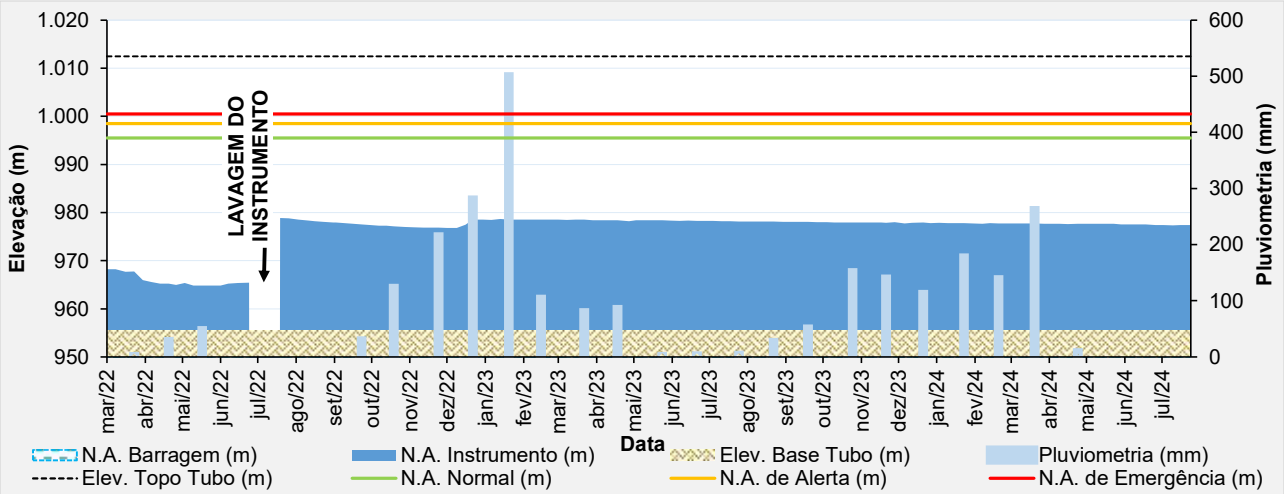


Figura 5.53 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-23.

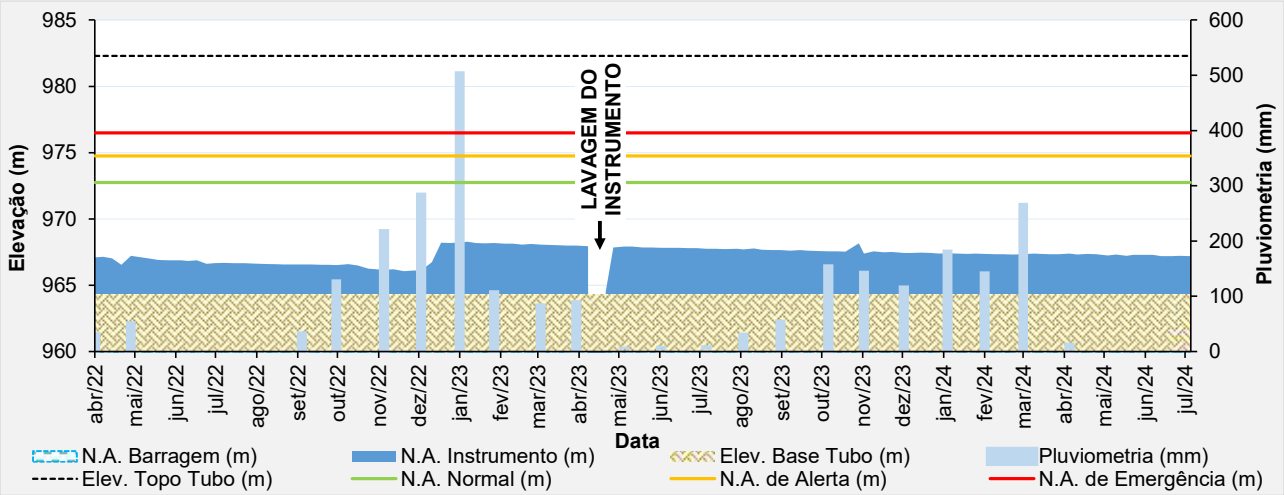


Figura 5.54 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-24.

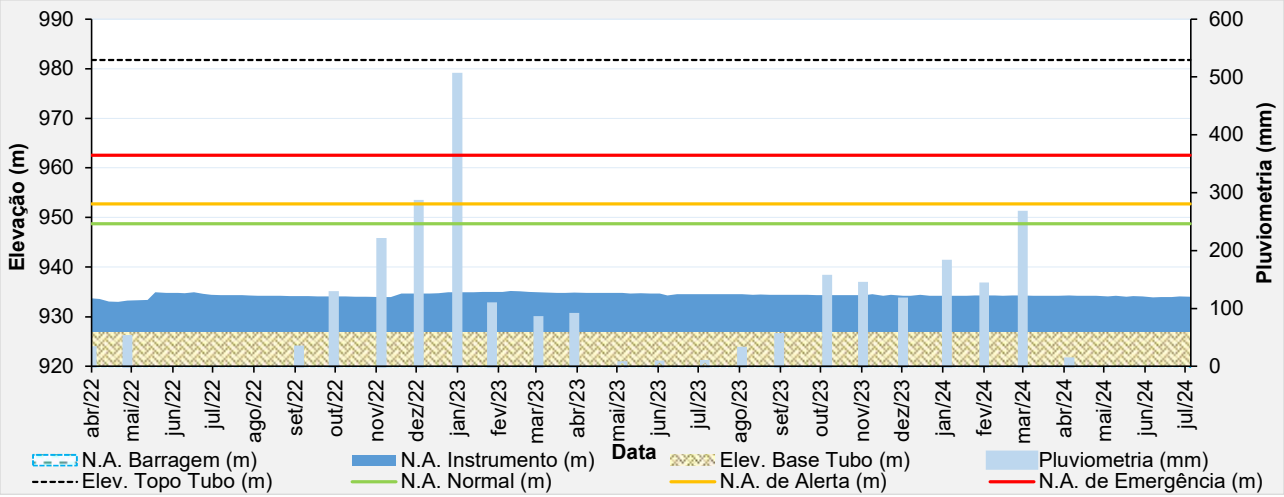


Figura 5.55 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-25.

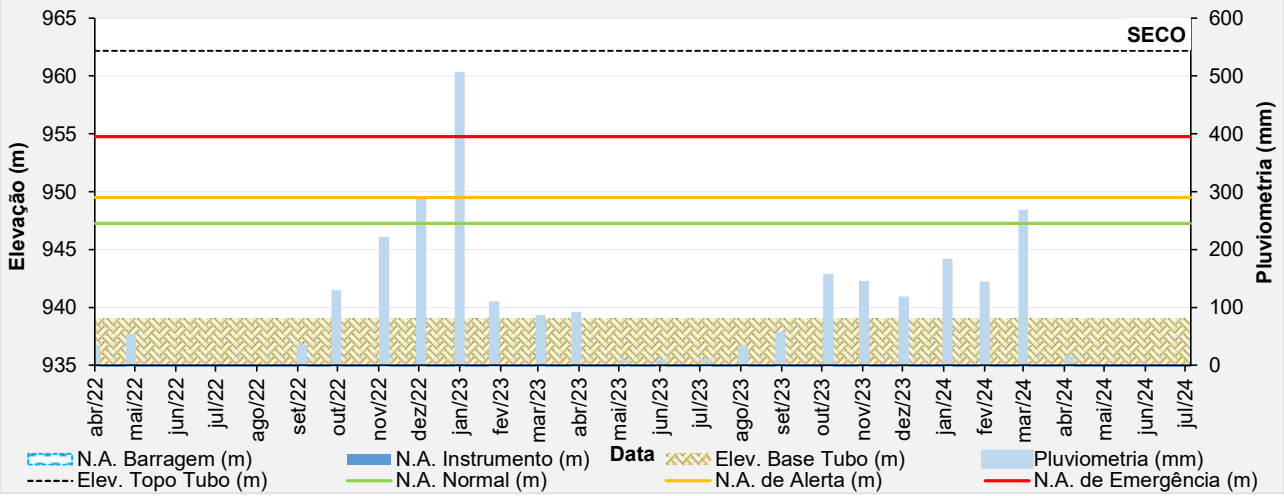


Figura 5.56 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-26.

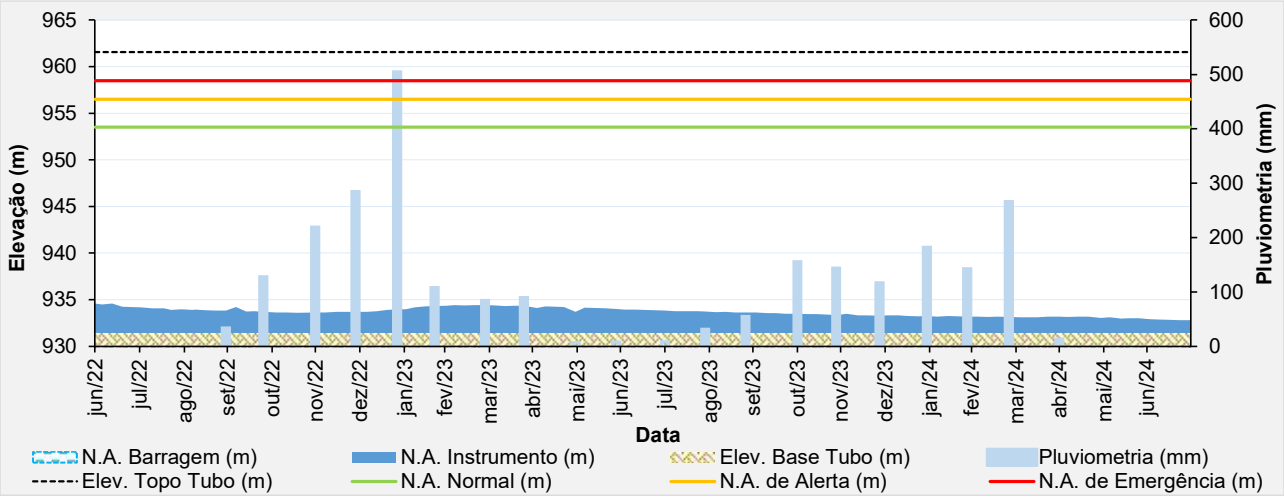


Figura 5.57 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-27.

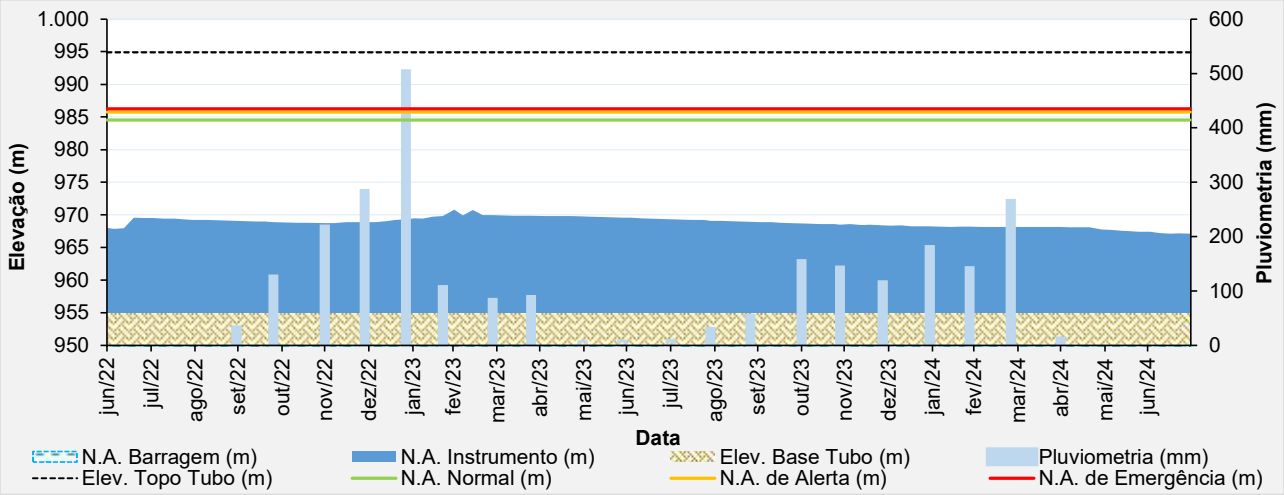


Figura 5.58 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-28.

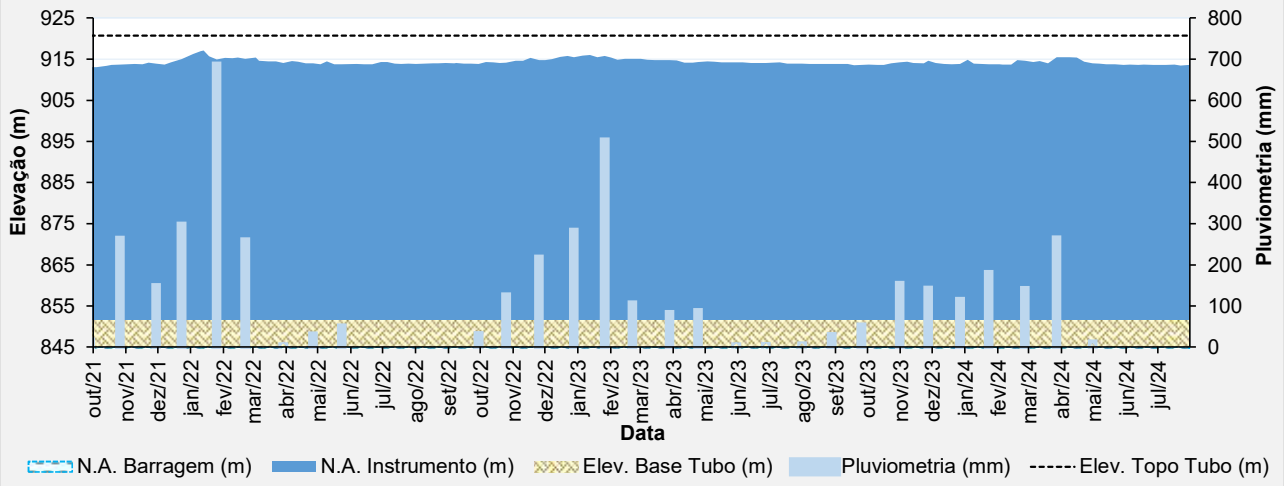


Figura 5.59 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-03 ECO.

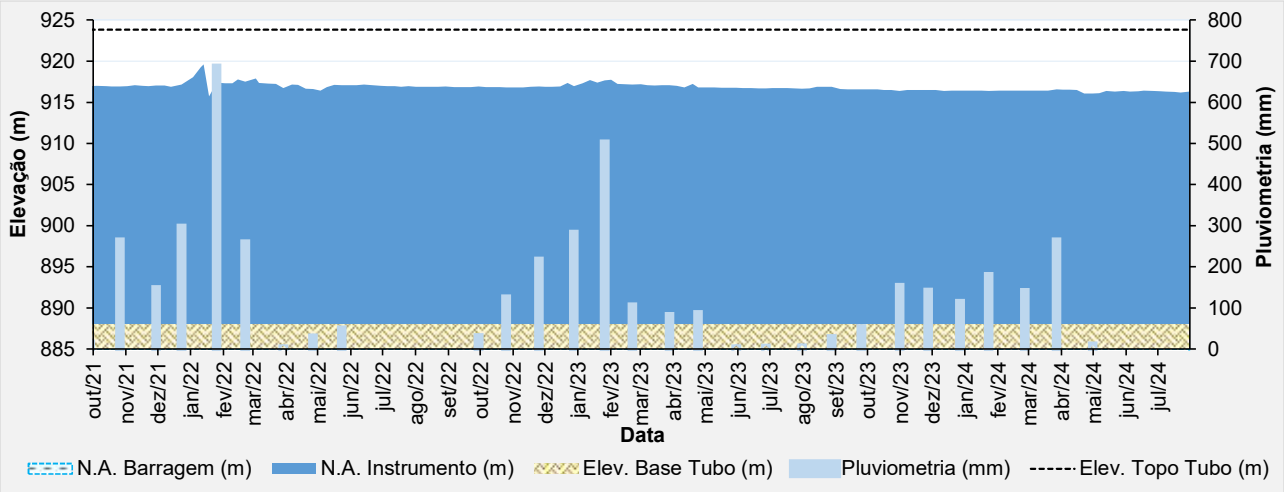


Figura 5.60 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-04 ECO.

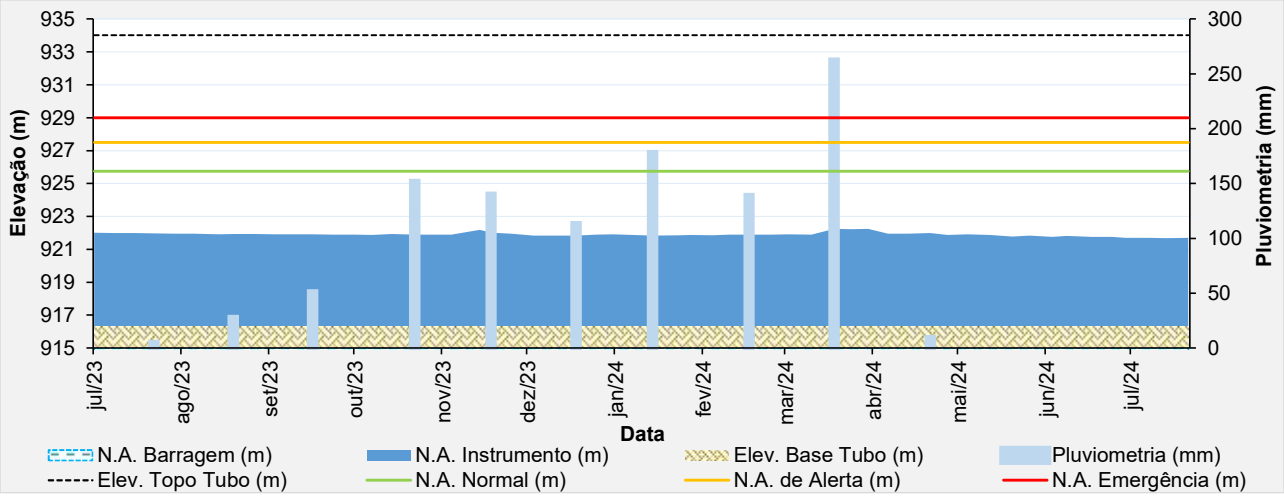


Figura 5.61 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-05 ECO.

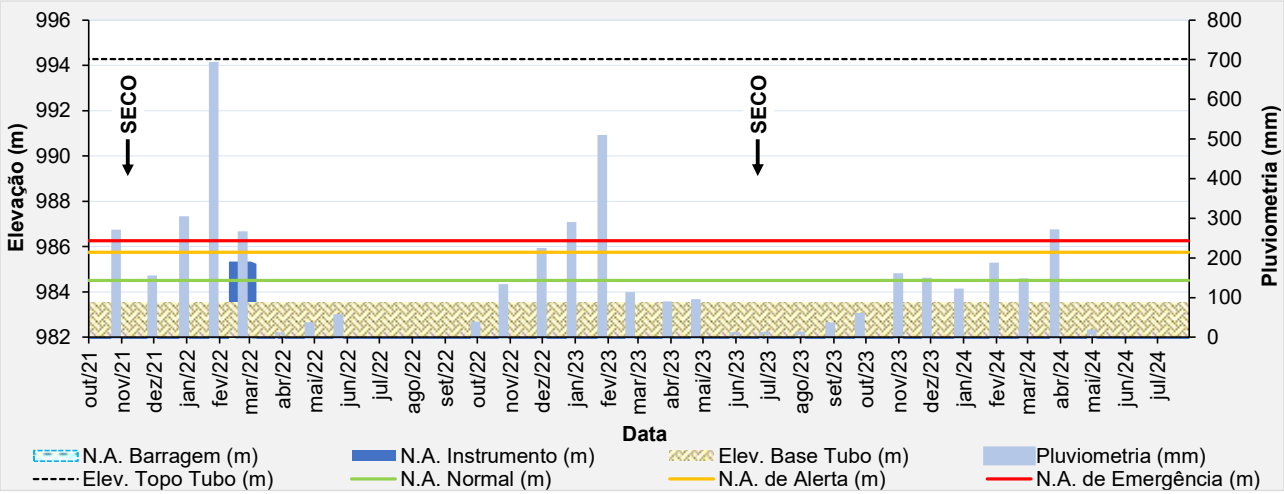


Figura 5.62 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01.

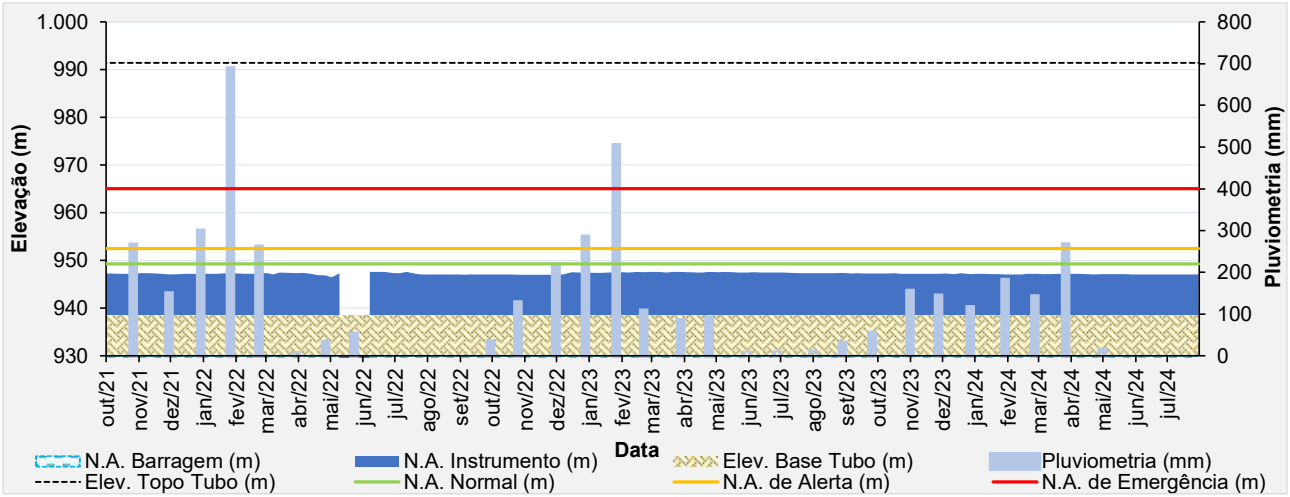


Figura 5.63 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01B.

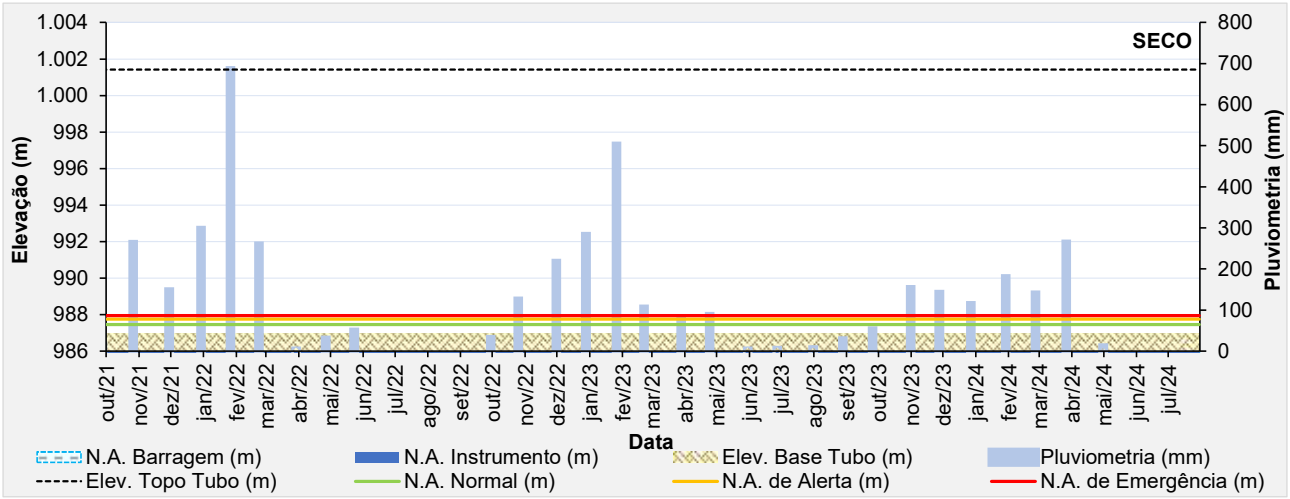


Figura 5.64 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-02.

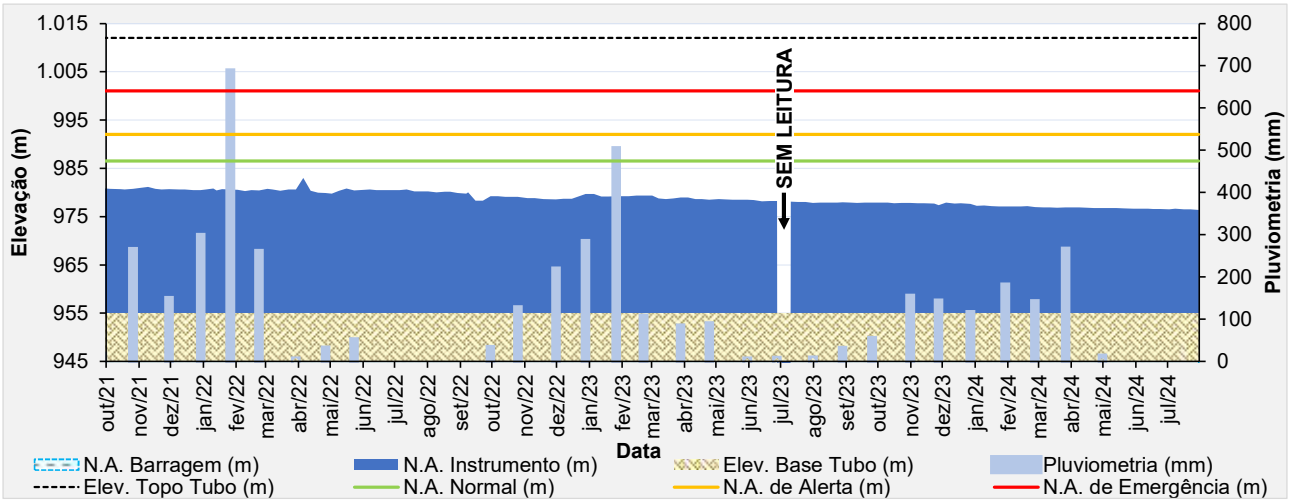


Figura 5.65 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-02B.

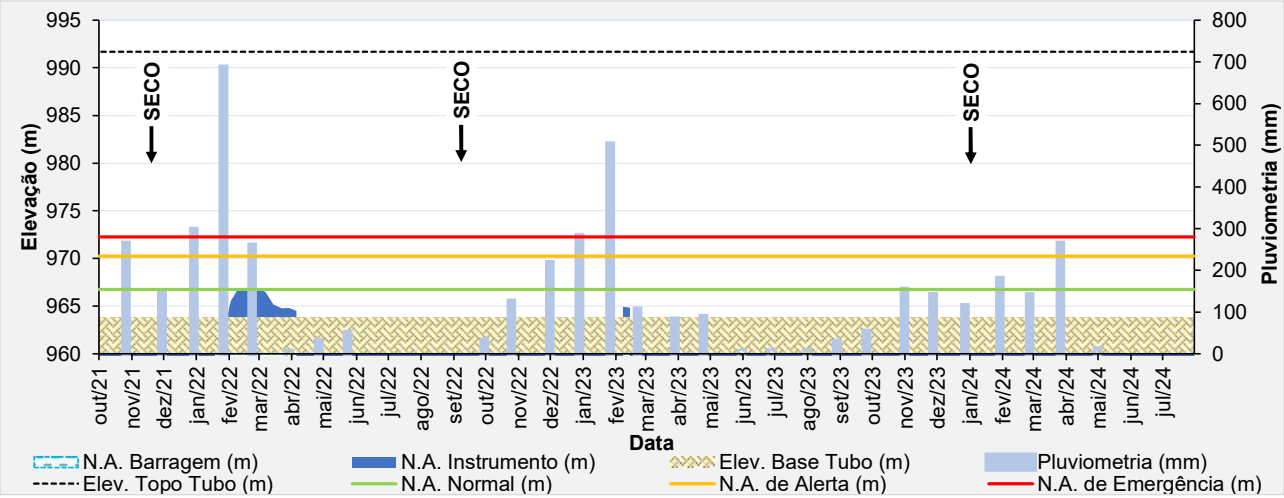


Figura 5.66 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-03.

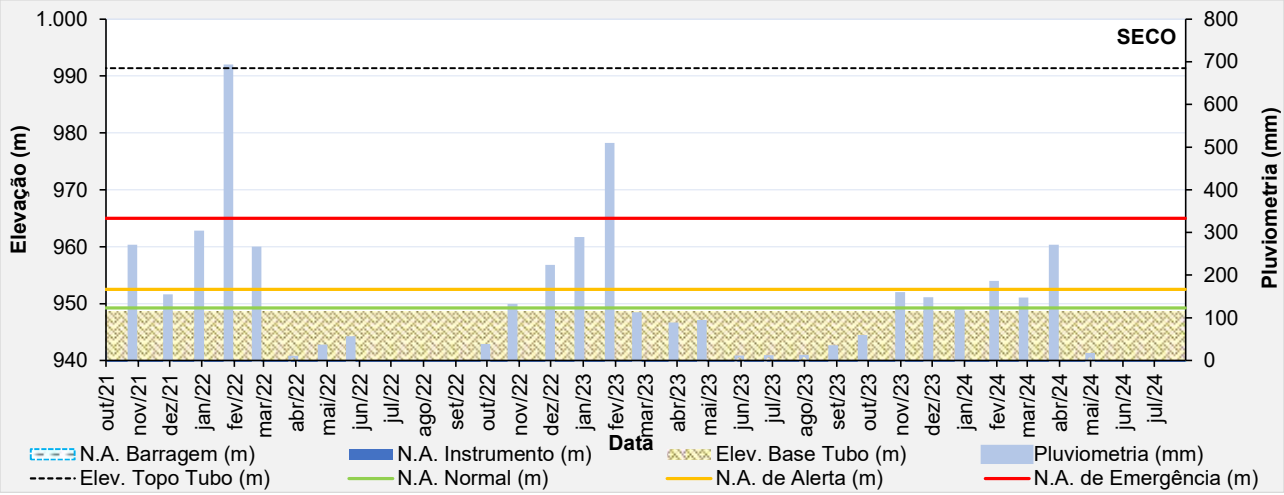


Figura 5.67 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-04.

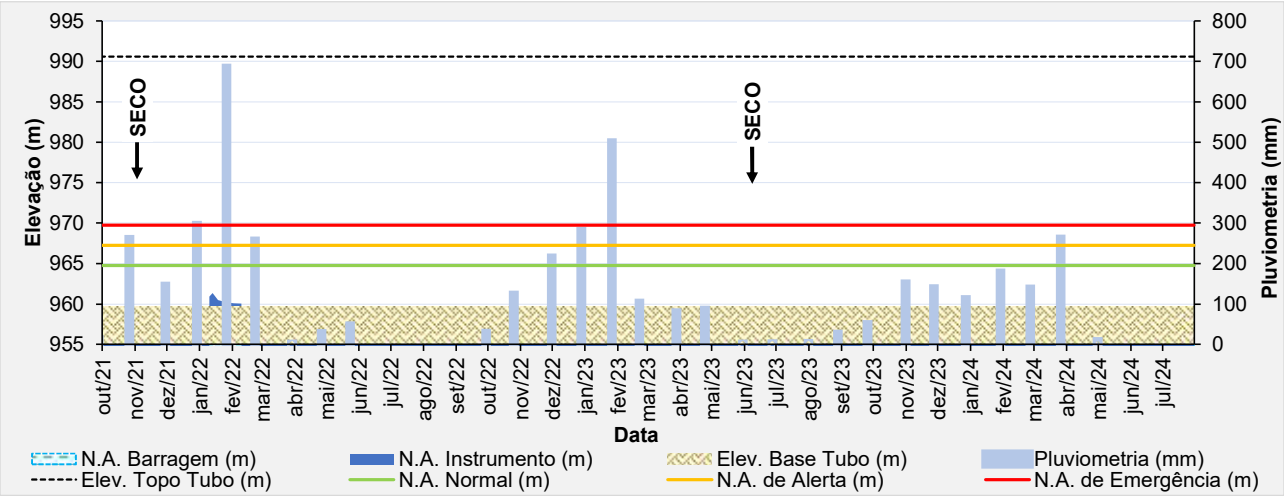


Figura 5.68 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-05.

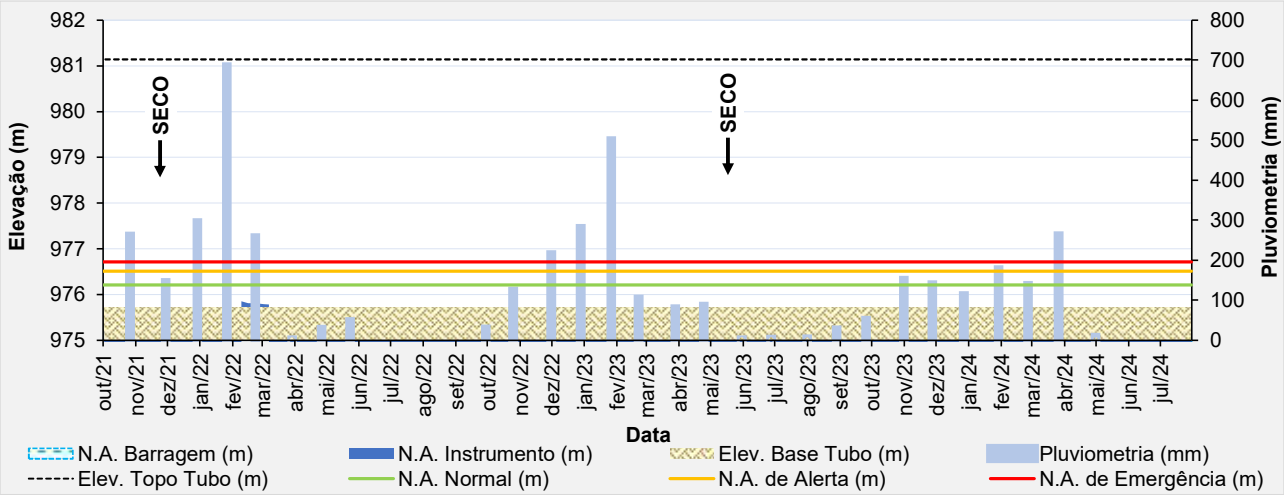


Figura 5.69 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-06.

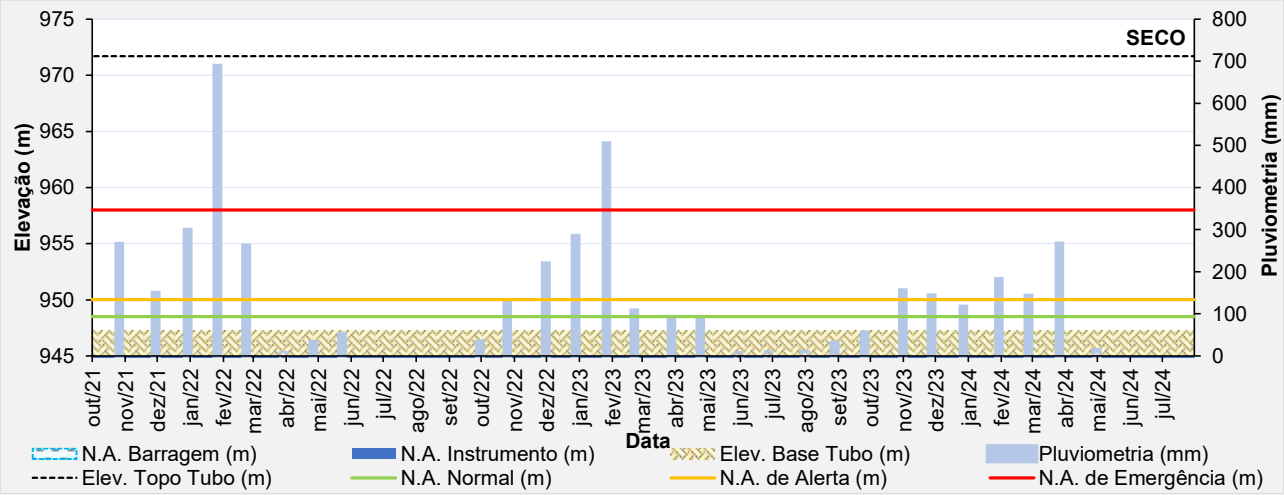


Figura 5.70 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-07.

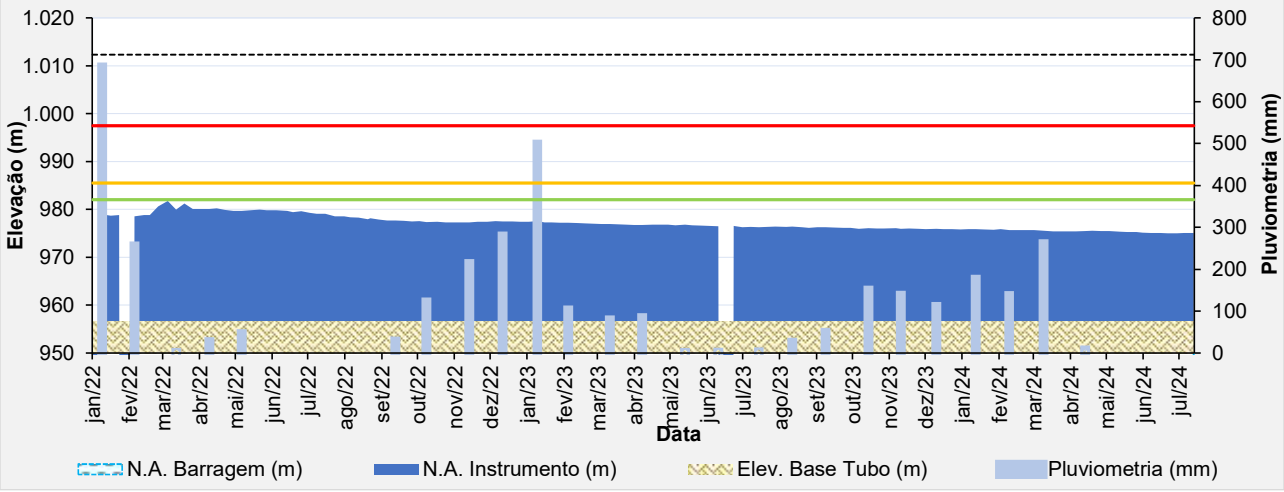


Figura 5.71 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-08.

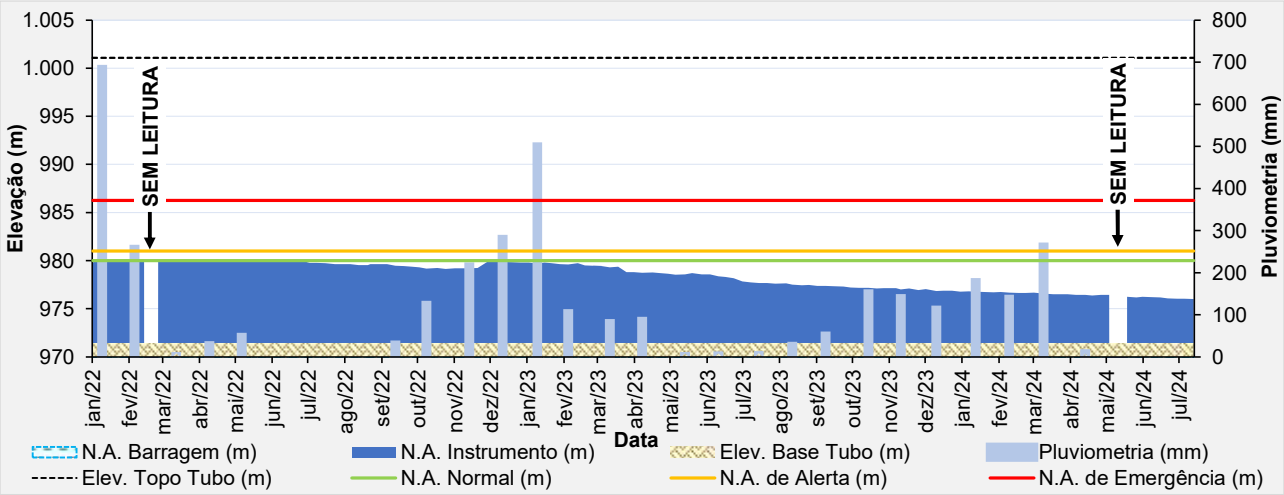


Figura 5.72 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-09.

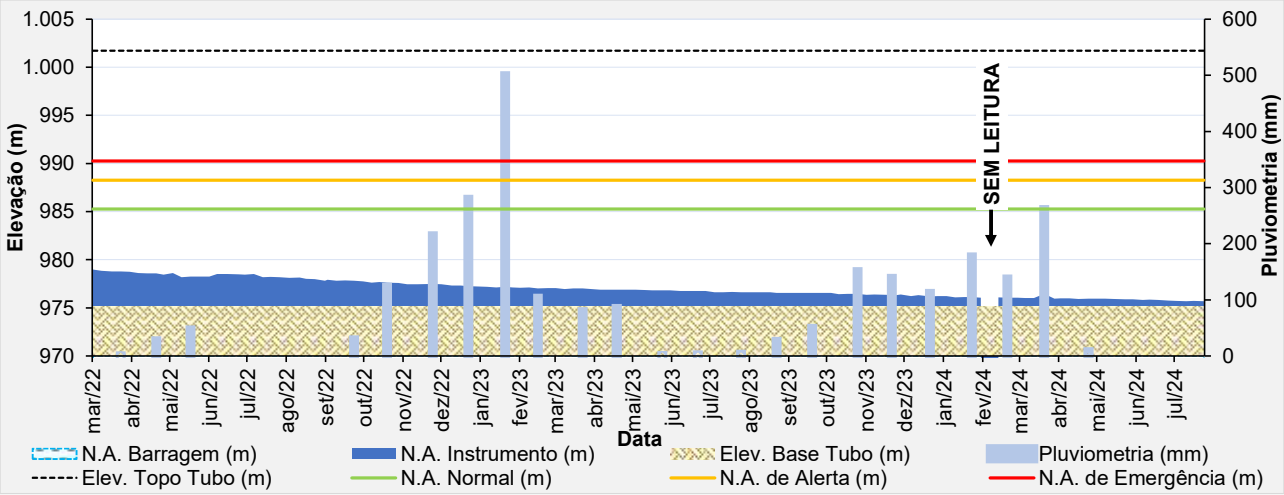


Figura 5.73 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-10.

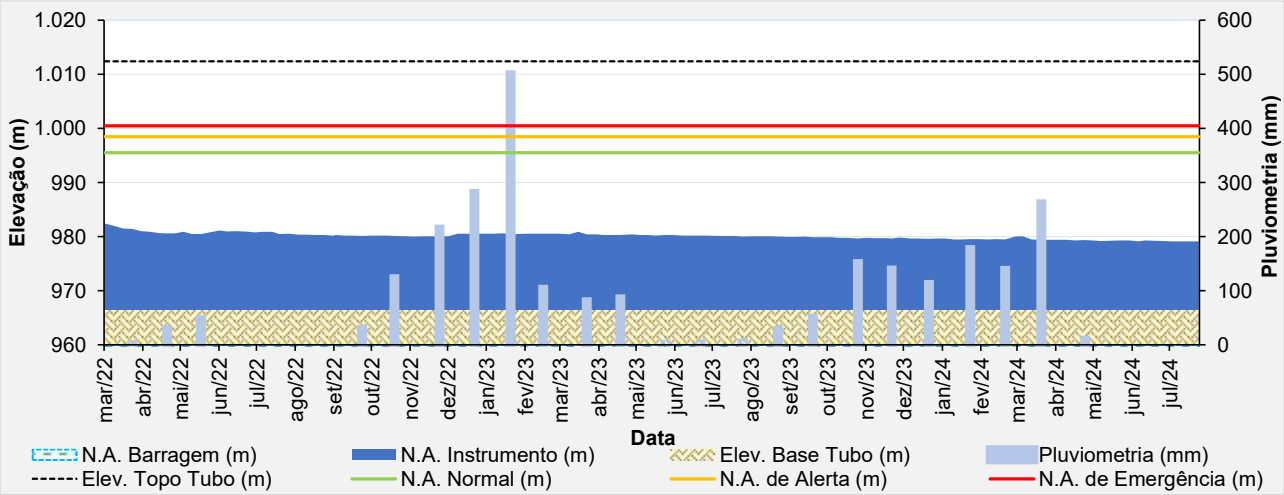


Figura 5.74 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-11.

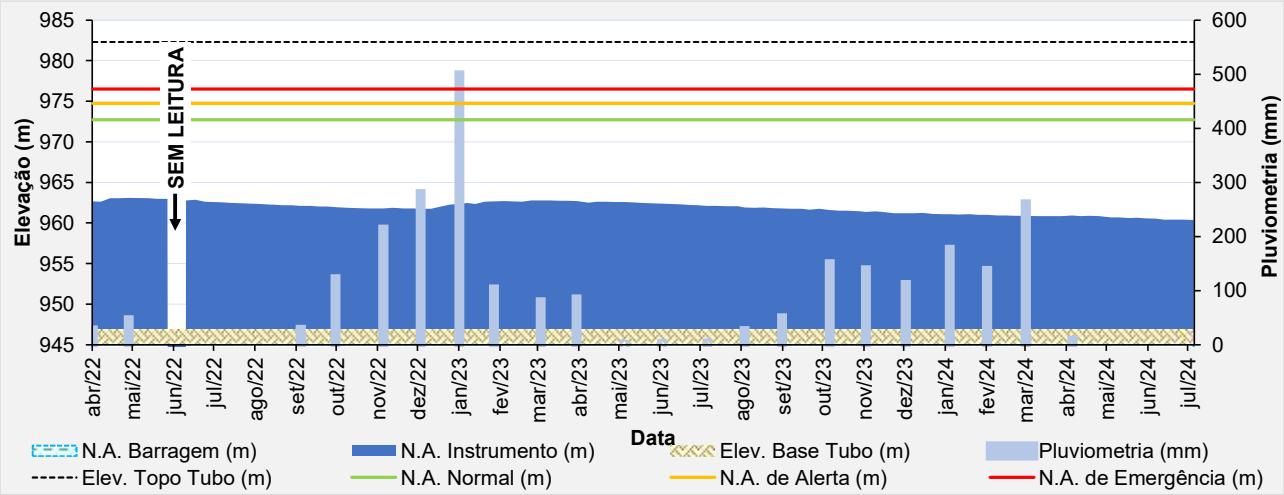


Figura 5.75 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-12.

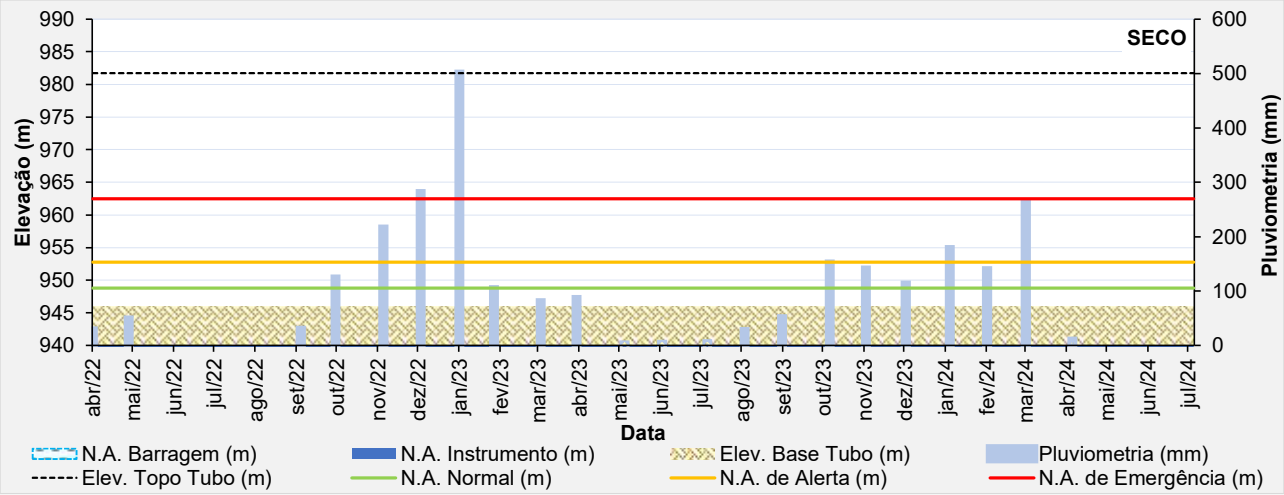


Figura 5.76 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-13.

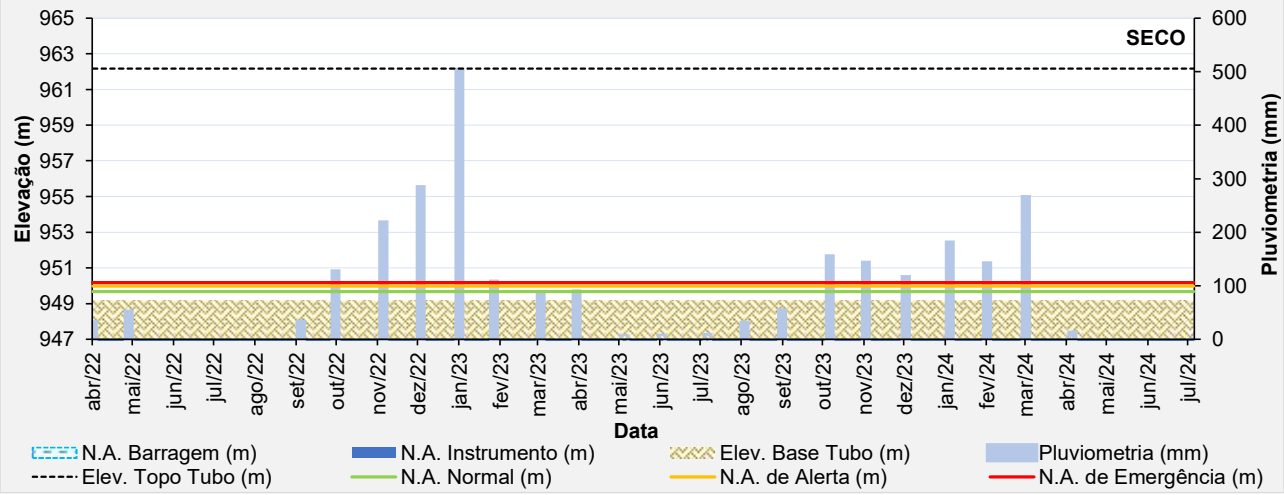


Figura 5.77 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-14.

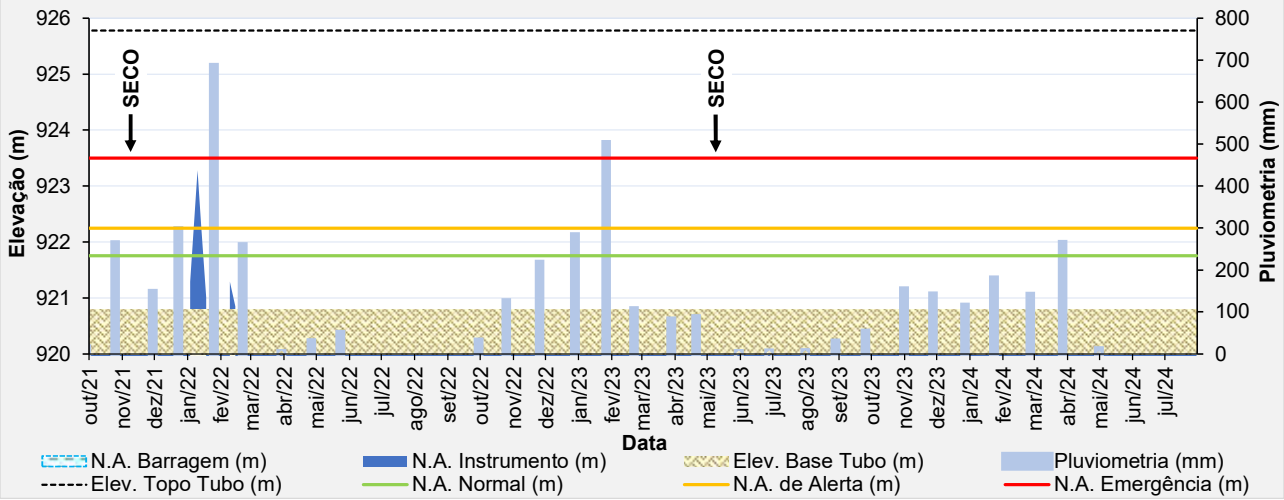


Figura 5.78 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01A ECO.

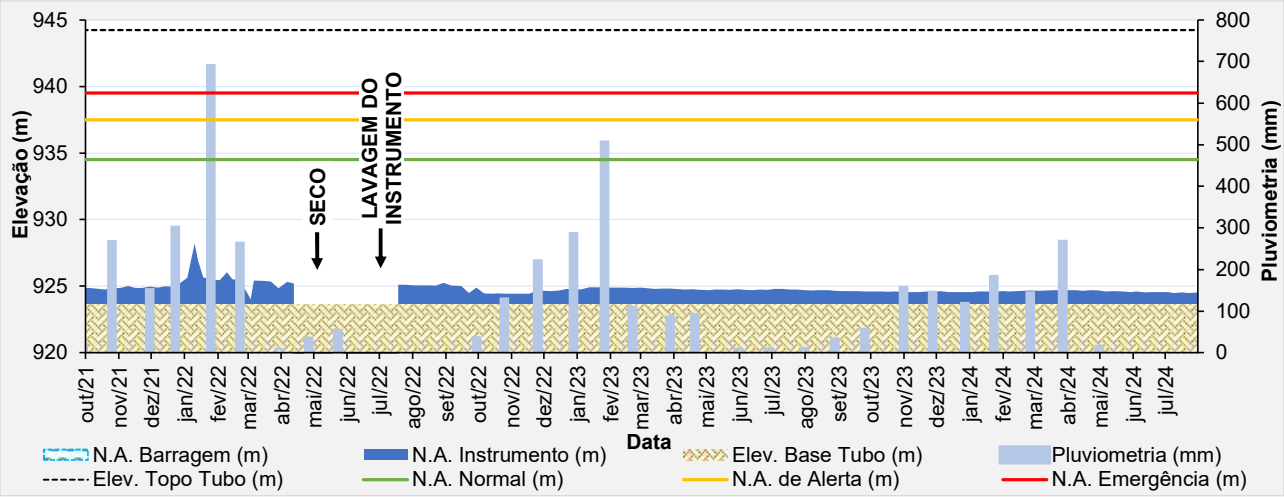


Figura 5.79 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-03 ECO.

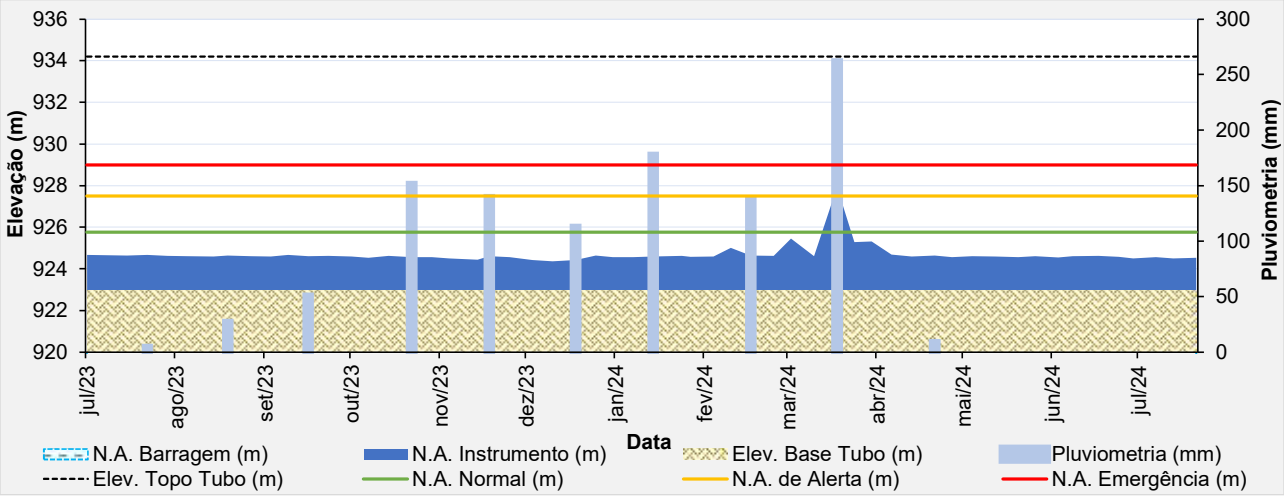


Figura 5.80 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-04 ECO.

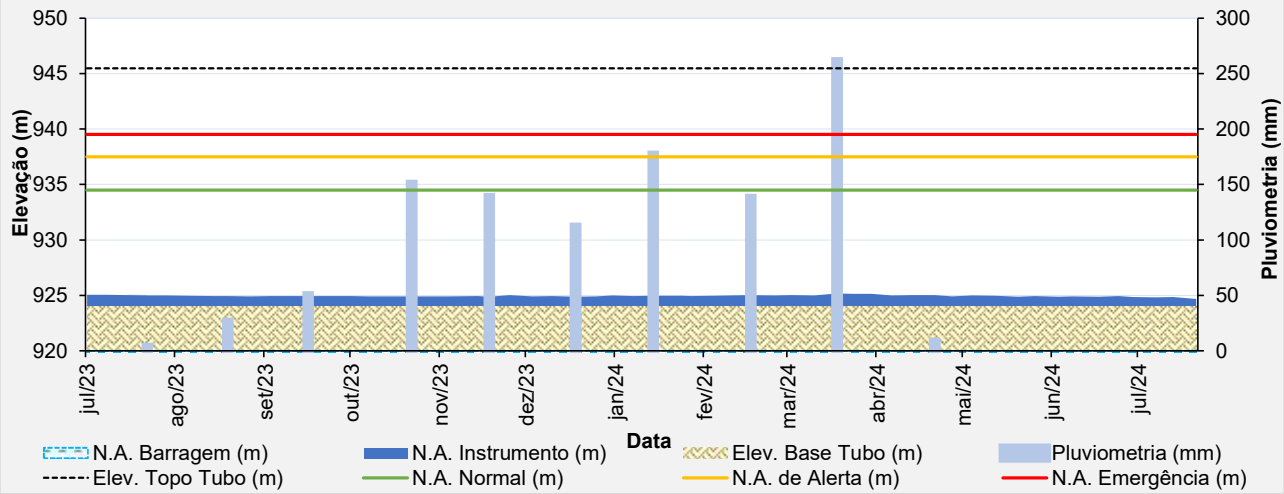


Figura 5.81 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-05 ECO.

- **Placa Indicadora de Vazão**

As leituras da placa indicadora de vazões tiveram grande oscilação em decorrência de precipitações mais elevadas, tendo um pico de leitura em janeiro de 2023 (07/01/23) de 15,94 m³/h. Quando se compara o período de maio/24 a julho/24, obteve-se uma média das leituras das vazões igual a 0,04 m³/h, tendo vazões variando de 0 até 0,22 m³/h. O fluxo na placa indicadora de vazão reduziu no último trimestre, chegando a secar e manteve-se nessa condição durante o mês de julho/2024.

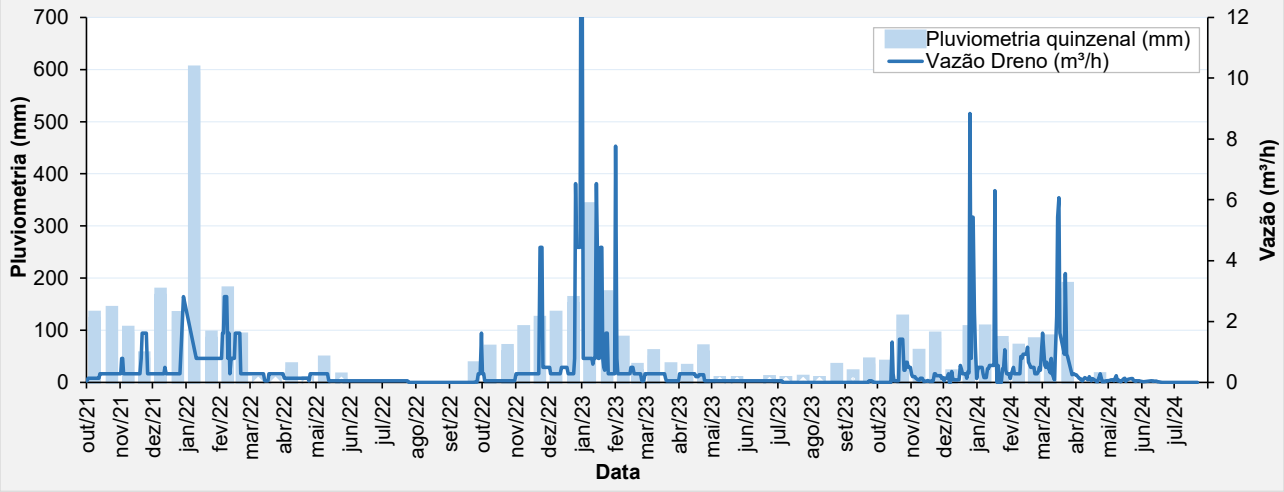


Figura 5.82 – Histórico de leituras da placa indicadora de vazões.

- **Prismas de Monitoramento**

Para controle de deslocamento em superfície, atualmente, existem 70 prismas fixos instalados no maciço da barragem e monitorados por uma estação robótica fixa instalada no terreno natural na ombreira esquerda da barragem como pode ser visto na Figura 5.10.

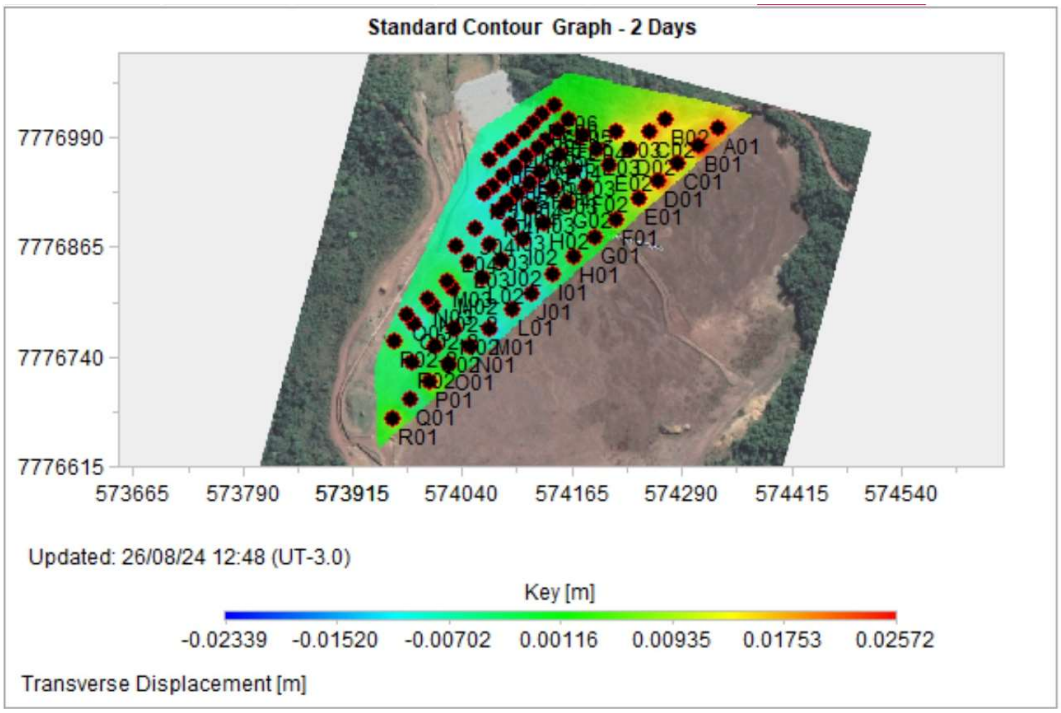


Figura 5.83 – Registros dos deslocamentos verticais dos prismas.

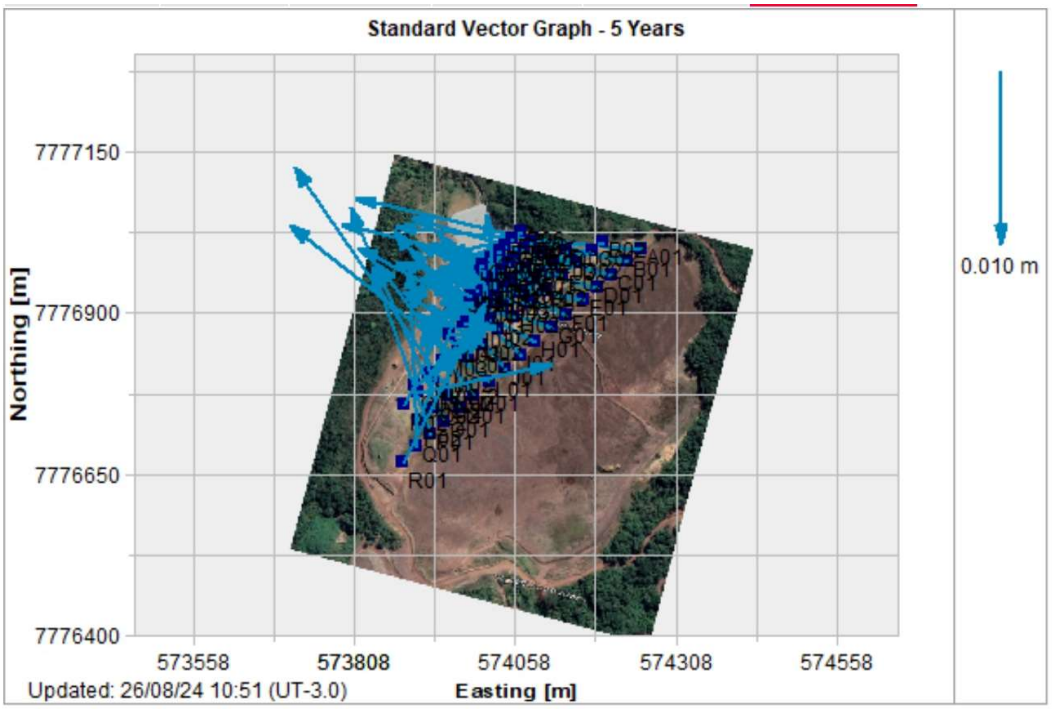


Figura 5.84 – Registros dos vetores deslocamento dos prismas.

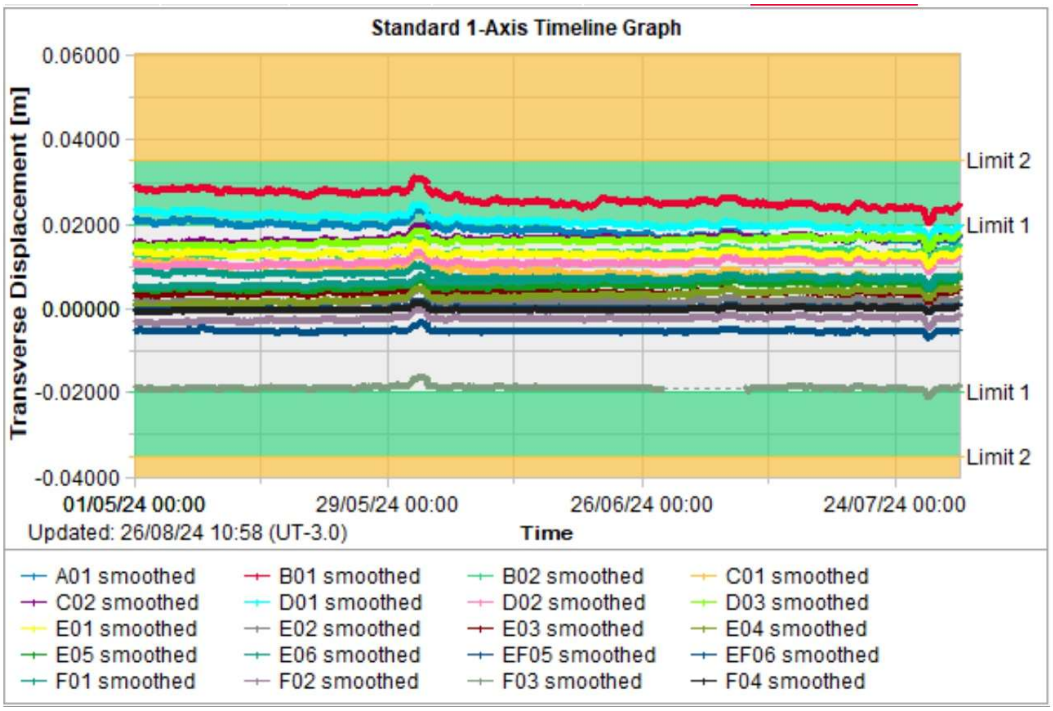


Figura 5.85 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

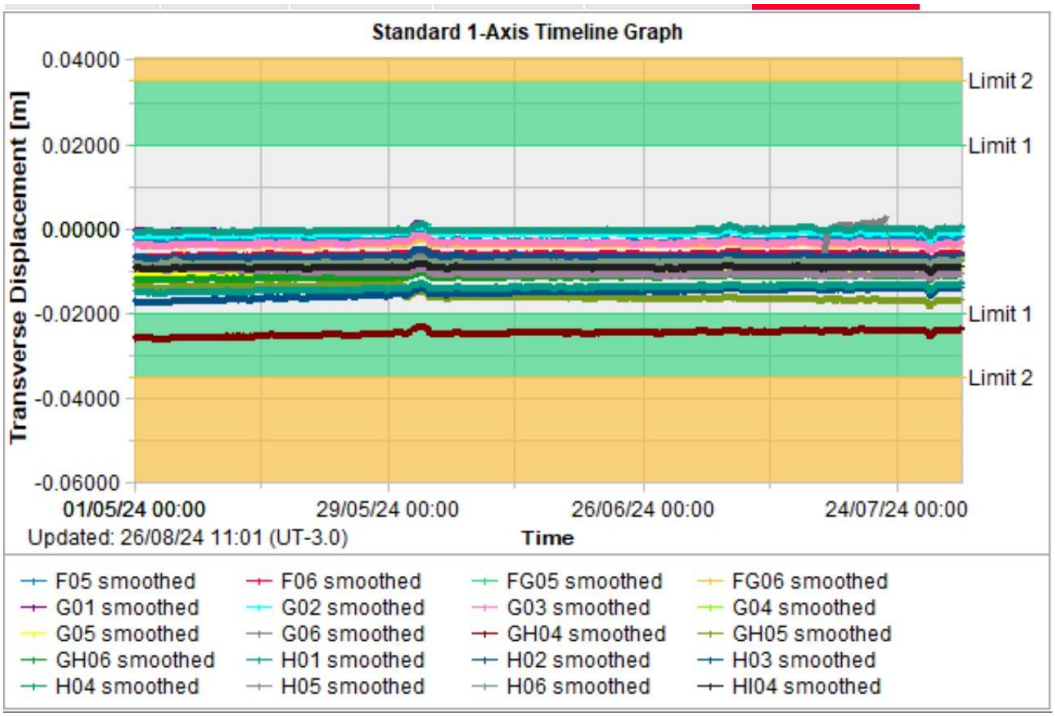


Figura 5.86 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

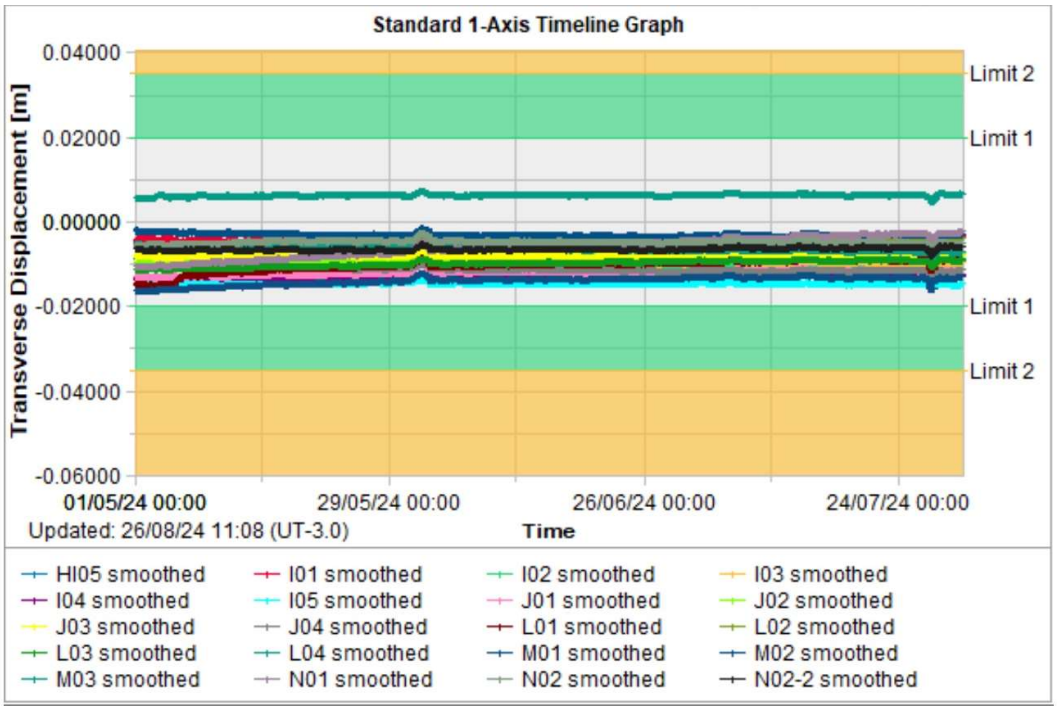


Figura 5.87 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

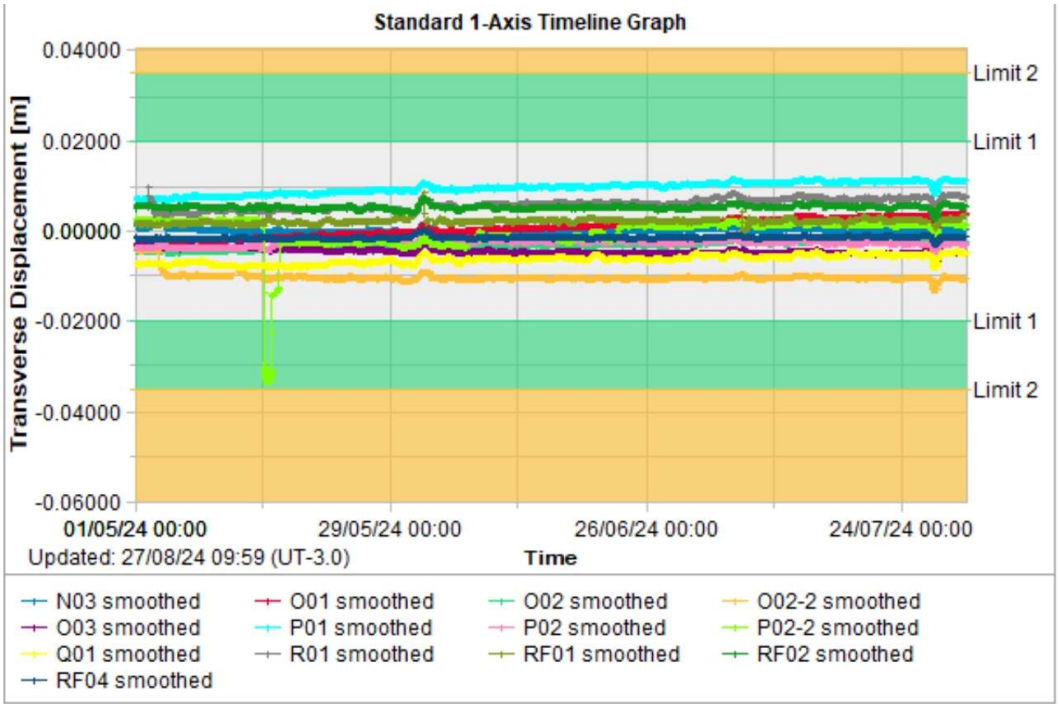


Figura 5.88 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

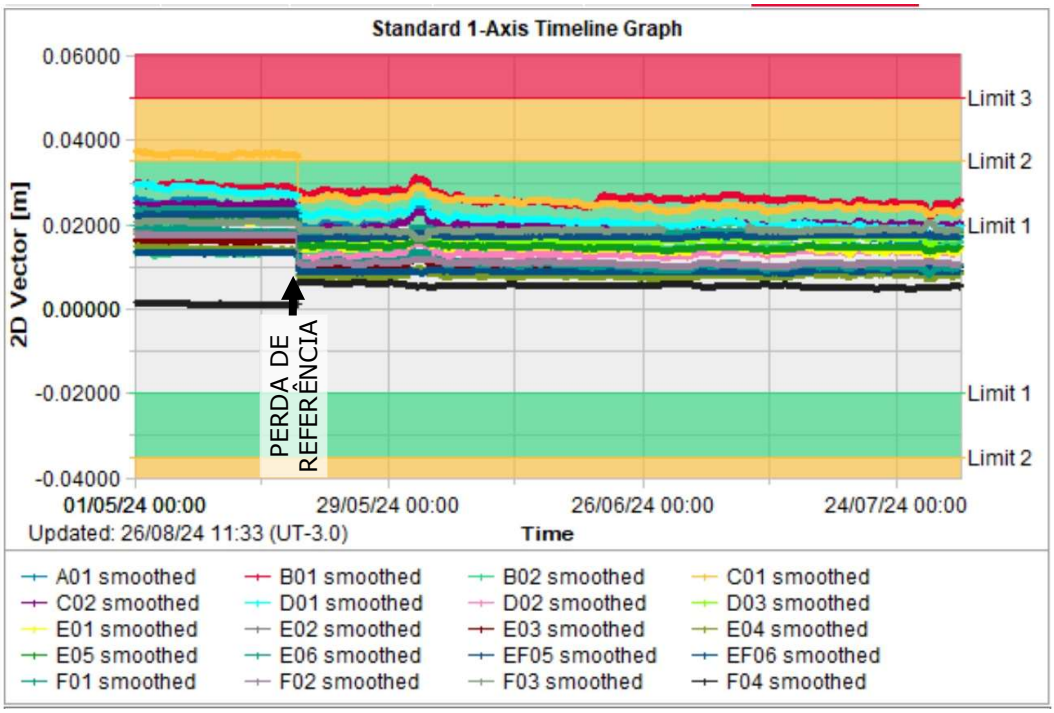


Figura 5.89 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

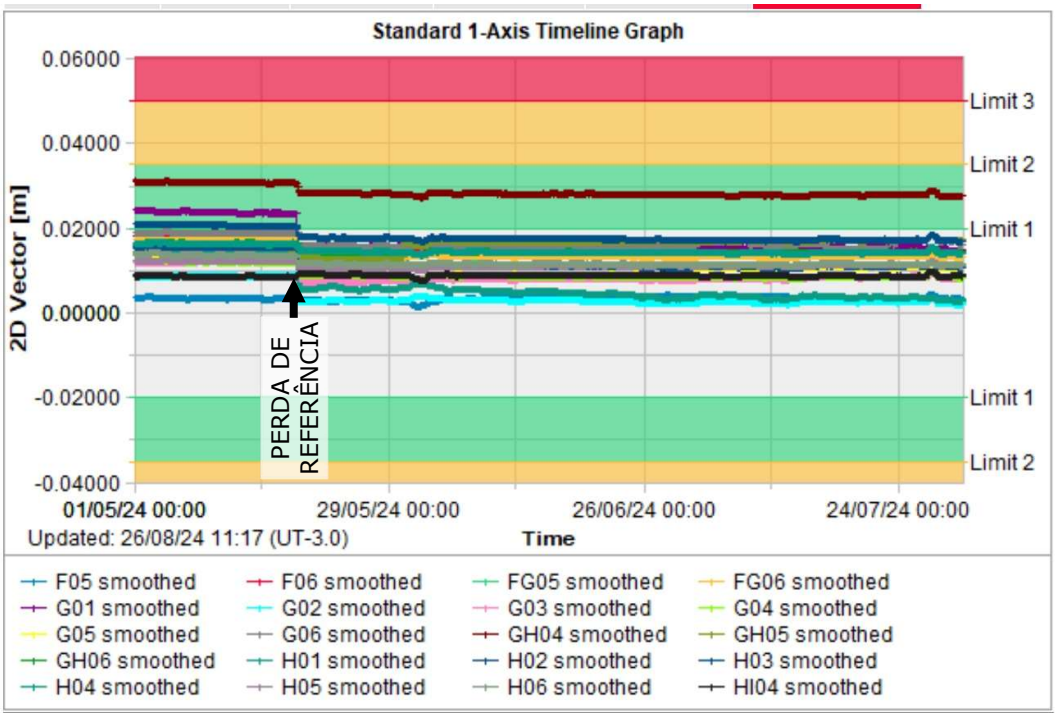


Figura 5.90 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

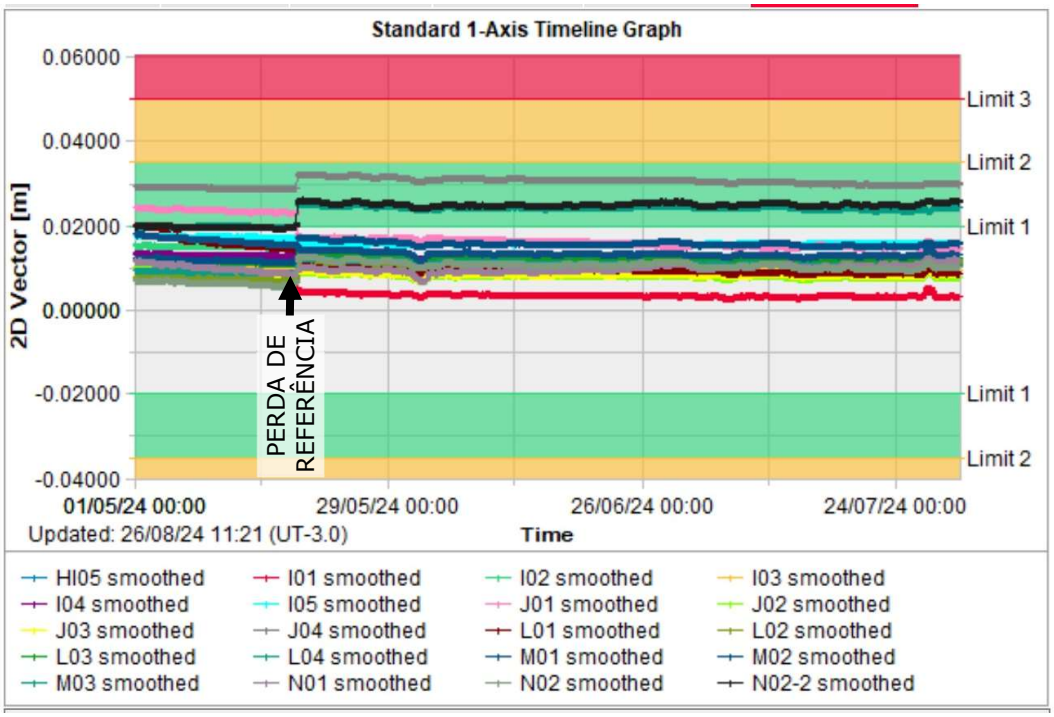


Figura 5.91 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

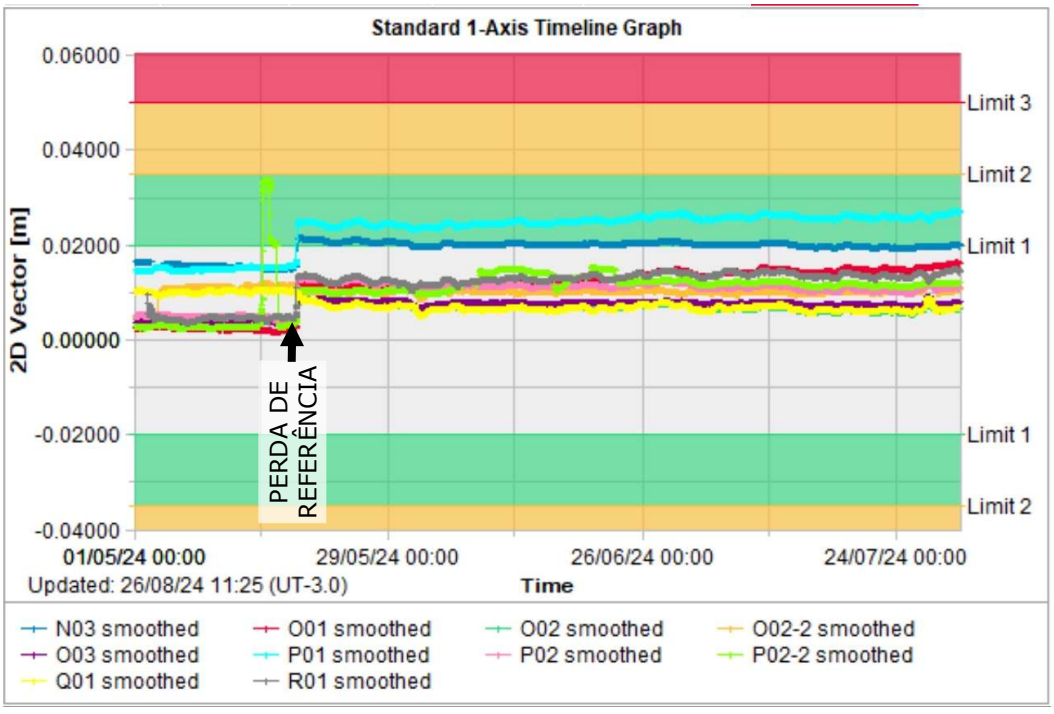


Figura 5.92 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

Verificando o mapa de deslocamentos verticais acumulados, apresentado na Figura 5.83, tem-se uma maior concentração de recalques na porção central do maciço, como esperado, da ordem de 1,5 a 2,5 cm, sendo um valor bem diminuto (0,03%) em relação à altura da estrutura 81,0 m.

Em relação às leituras dos prismas, estas indicam em geral, deslocamentos horizontais acumulados de até 4 cm. Esses valores encontram-se dentro dos parâmetros de normalidade dos instrumentos determinados pela equipe da MMI com a equipe da Leica Geosystems (fornecedora dos equipamentos), porém mantendo-se oscilando em algumas seções, dentro dos limites 1 e 2 (verde e laranja).

No mês de maio de 2024, pode-se observar uma movimentação uniforme dos dados de monitoramento nos gráficos *2D Vector*, mantendo os níveis, com pequenas variações, até o final do período avaliado, não indicando tendência de deslocamento, porém comprometendo o histórico, análise e interpretação dos dados. Tal descontinuidade nas leituras dos gráficos *2D Vector*, deve-se provavelmente a uma perda de referência em uma das direções, já que os gráficos de *transverse displacement* não apresentaram tal comportamento. A MMI informou que há uma programação para calibração da estação total robótica para o mês de agosto/2024.

- **Marcos de Controle de Deslocamento**

Atualmente na barragem existem 4 marcos de controle de deslocamento instalados na estrutura, como pode ser visto na Tabela 5.2.

Na 1ª quinzena de outubro de 2023, a equipe de topografia da MMI informou que foi realizada a calibração das estações totais e dessa forma foi necessário o recadastramento das hastes com as leituras do dia 11/10/2023.

A partir da análise das leituras dos marcos de controle pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Os valores acumulados observados, horizontais menores que 7 mm e verticais menores que 4 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura (“serrilhado”), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão. A última leitura dos deslocamentos dos marcos superficiais no período avaliado (maio/2024 a julho/2024) foi realizada no dia 11/07/2024.

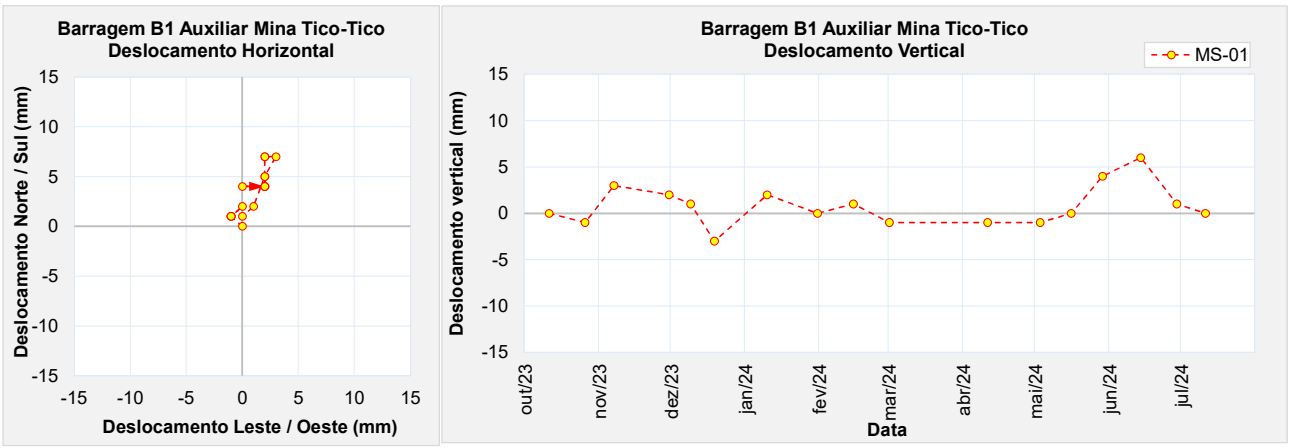


Figura 5.93 – Marco de controle de deformação – MS-01.

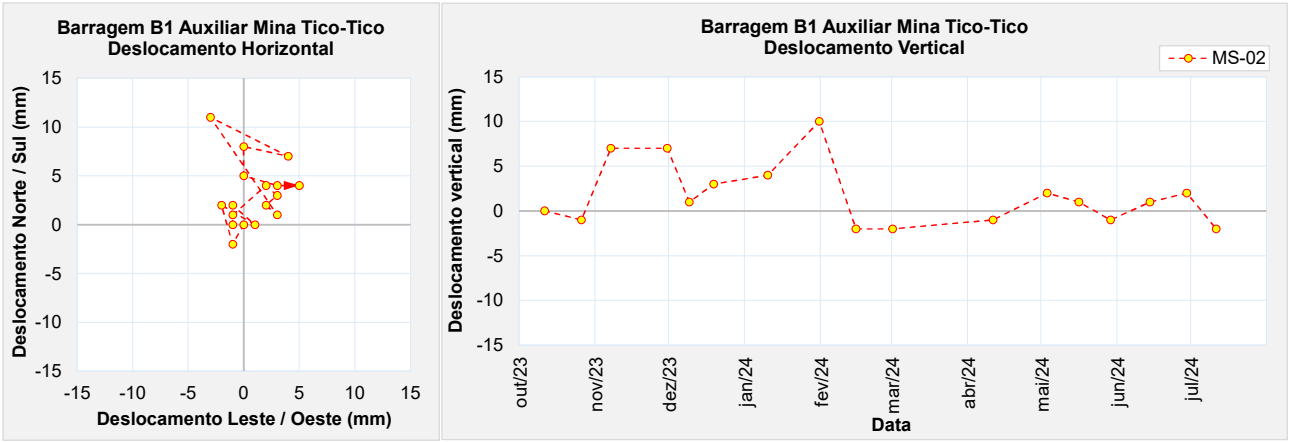


Figura 5.94 – Marco de controle de deformação – MS-02.

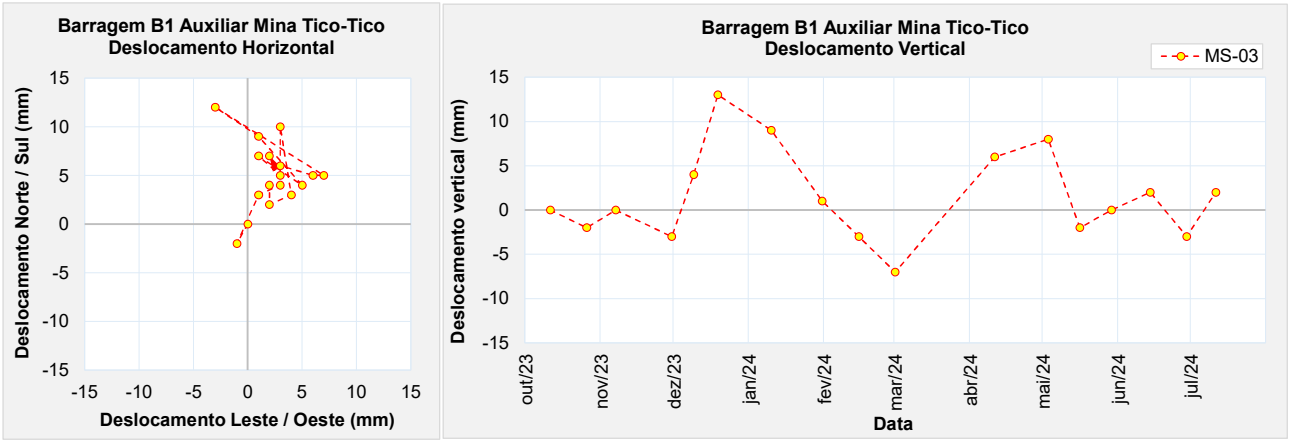


Figura 5.95 – Marco de controle de deformação – MS-03.

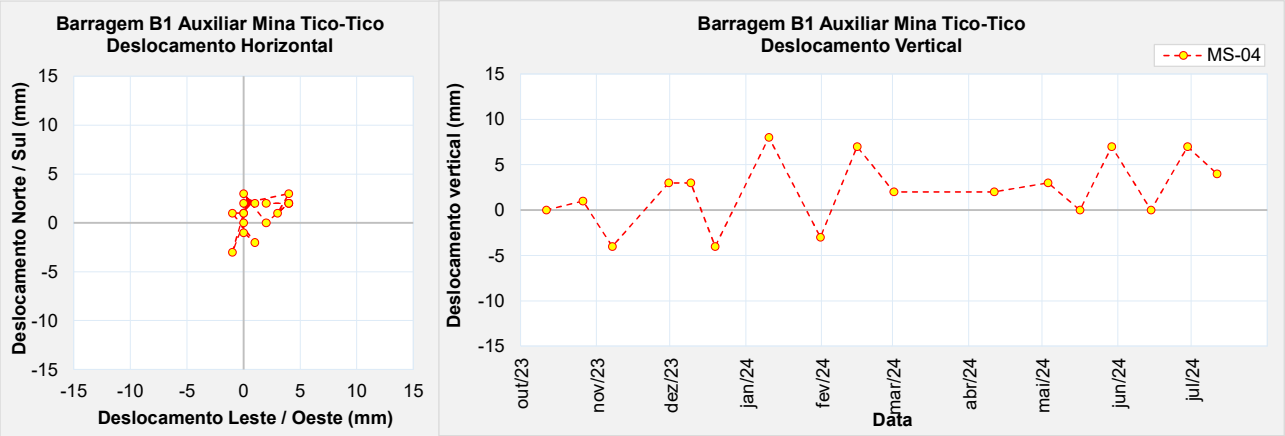


Figura 5.96 – Marco de controle de deformação – MS-04.

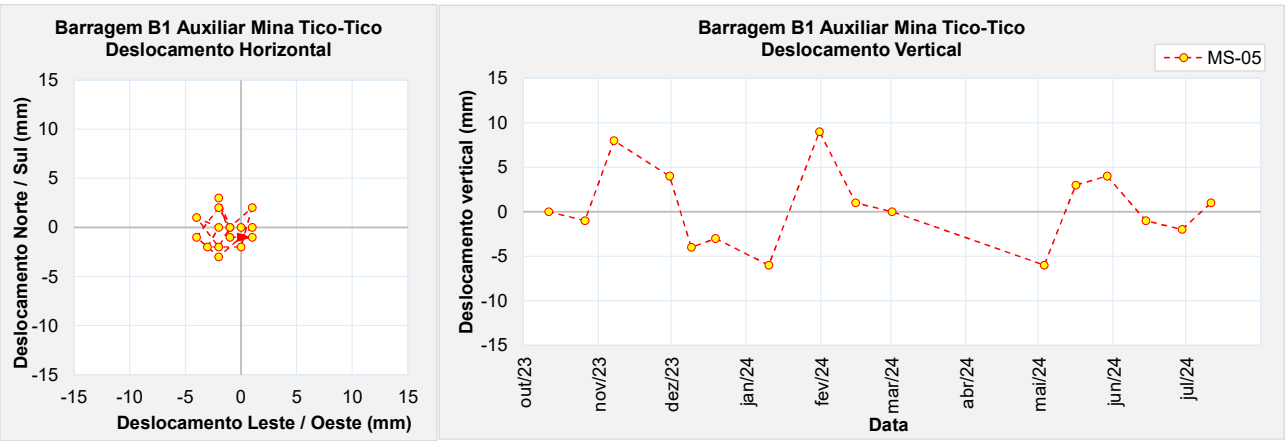


Figura 5.97 – Marco de controle de deformação – MS-05.

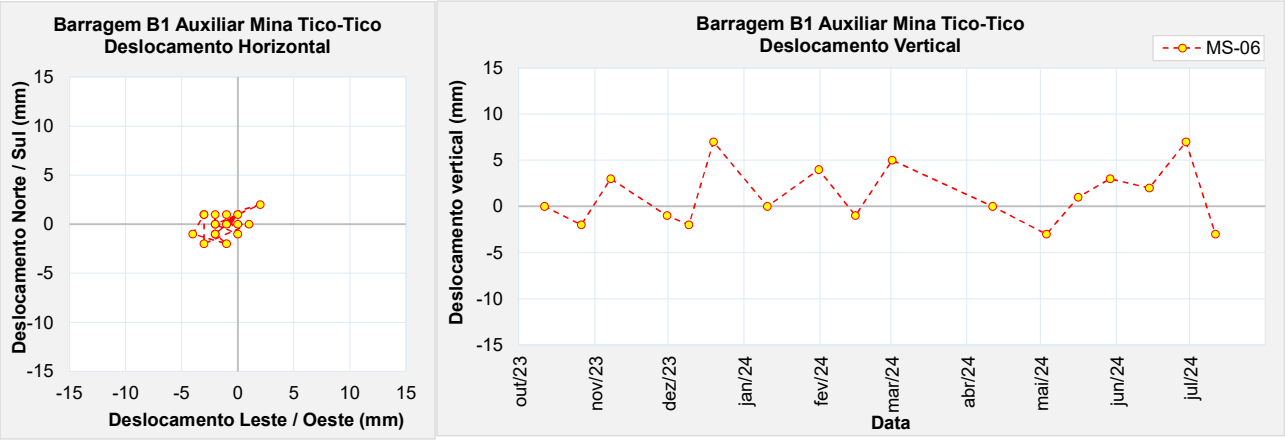


Figura 5.98 – Marco de controle de deformação – MS-06.

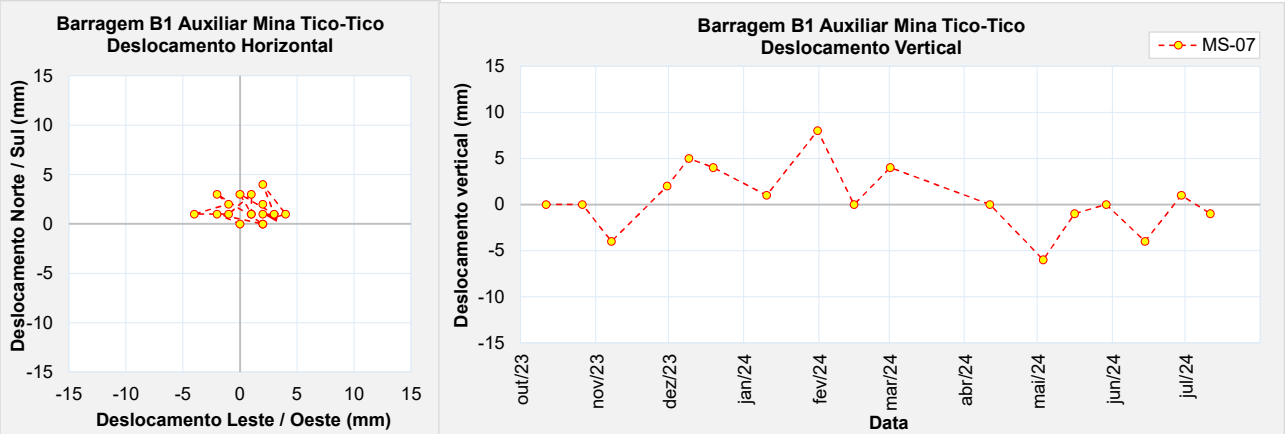


Figura 5.99 – Marco de controle de deformação – MS-07.

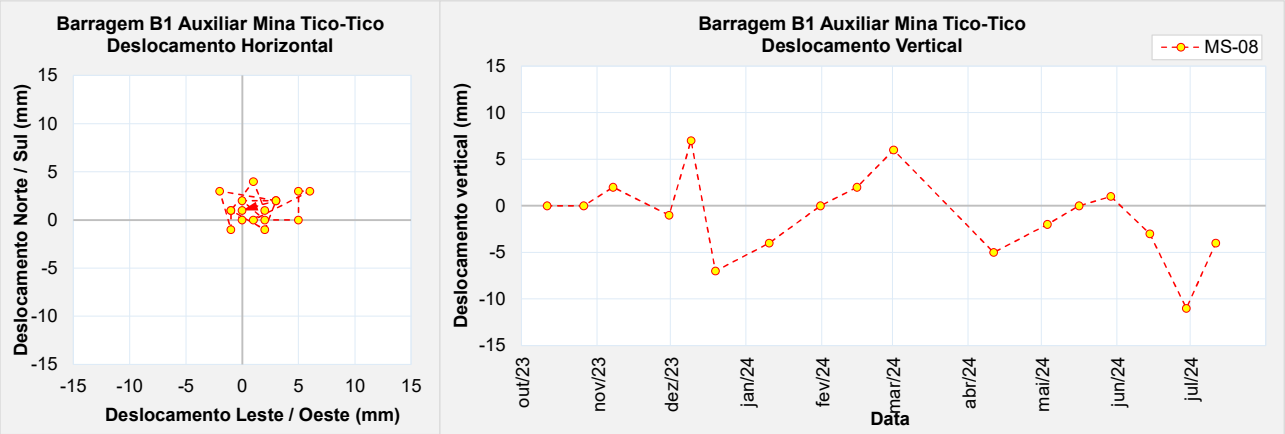


Figura 5.100 – Marco de controle de deformação – MS-08.

- **Inclinômetros**

Os dois inclinômetros instalados na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico estão sendo monitorados semanalmente pela equipe da MMI. As figuras a seguir mostram as leituras a com as deflexões acumuladas para os instrumentos até a data de 23/07/24, tanto para deslocamentos horizontais (N – Montante Jusante e E – ombreira a ombreira), quanto para deslocamentos em relação a coordenadas polares.

Os gráficos de deslocamentos acumulados aparentes, tanto para deslocamentos horizontais, quanto em relação a coordenadas polares, são praticamente coincidentes, tanto para o IC-01 quanto para o IC-02, demonstrando que não ocorreram movimentações horizontais em subsuperfície significativas.

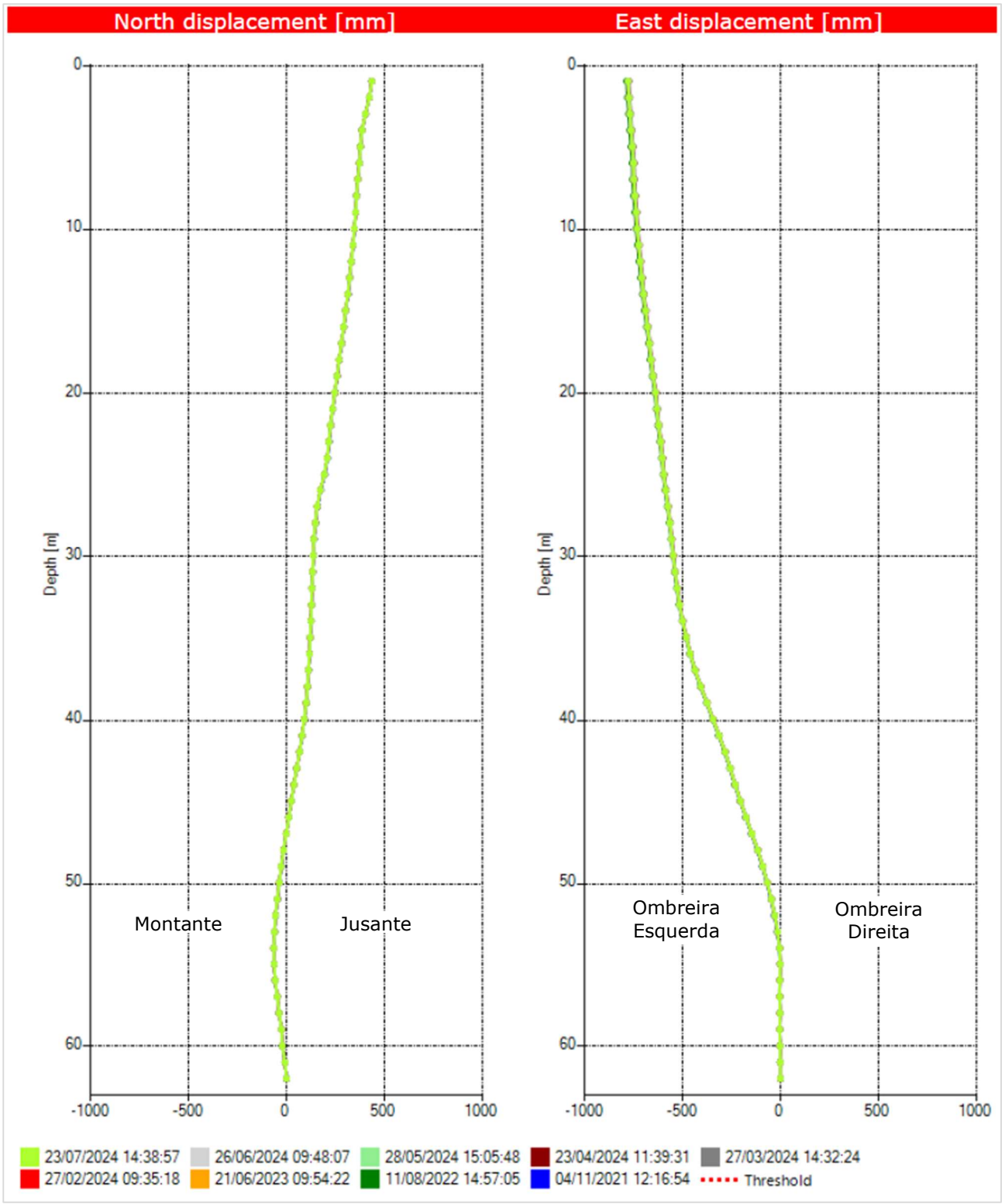


Figura 5.101 – Deslocamentos horizontais acumulados do INC-01 (ref. 23/07/2024).

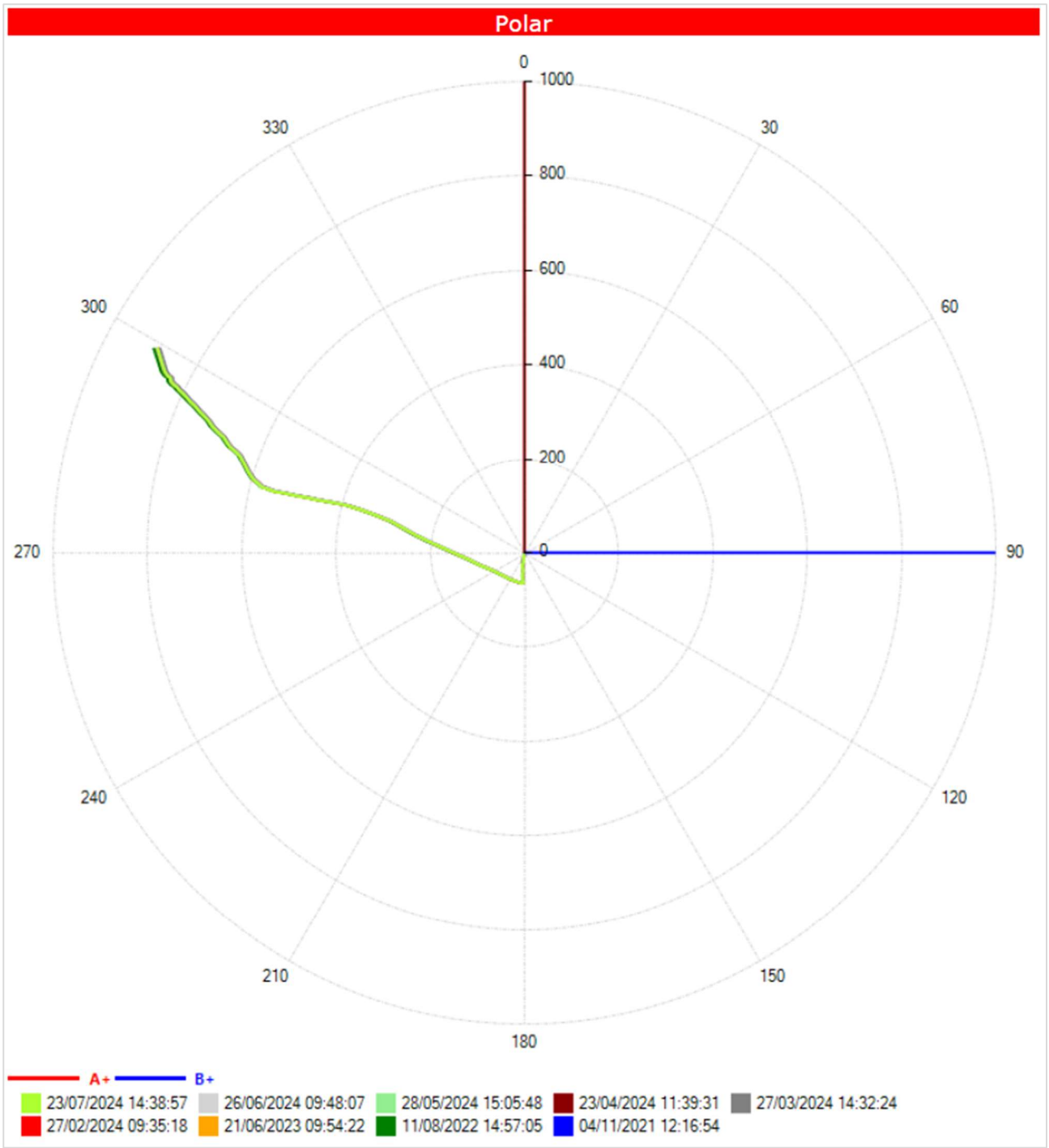


Figura 5.102 – Deslocamentos em relação a coordenadas polares acumulados do INC-01 (ref. 23/07/2024).

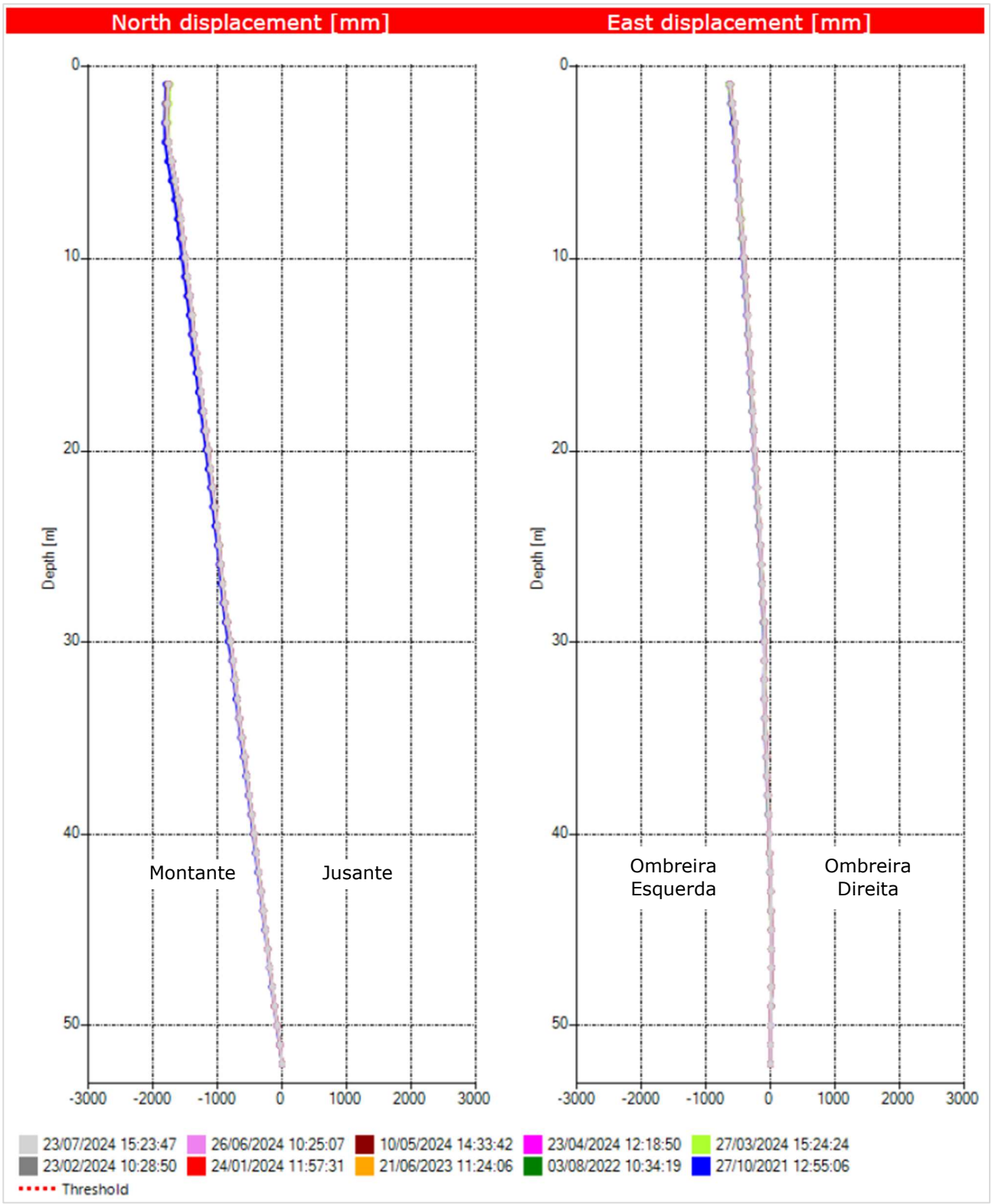


Figura 5.103 – Deslocamentos horizontais acumulados do INC-02 (ref. 23/07/2024).

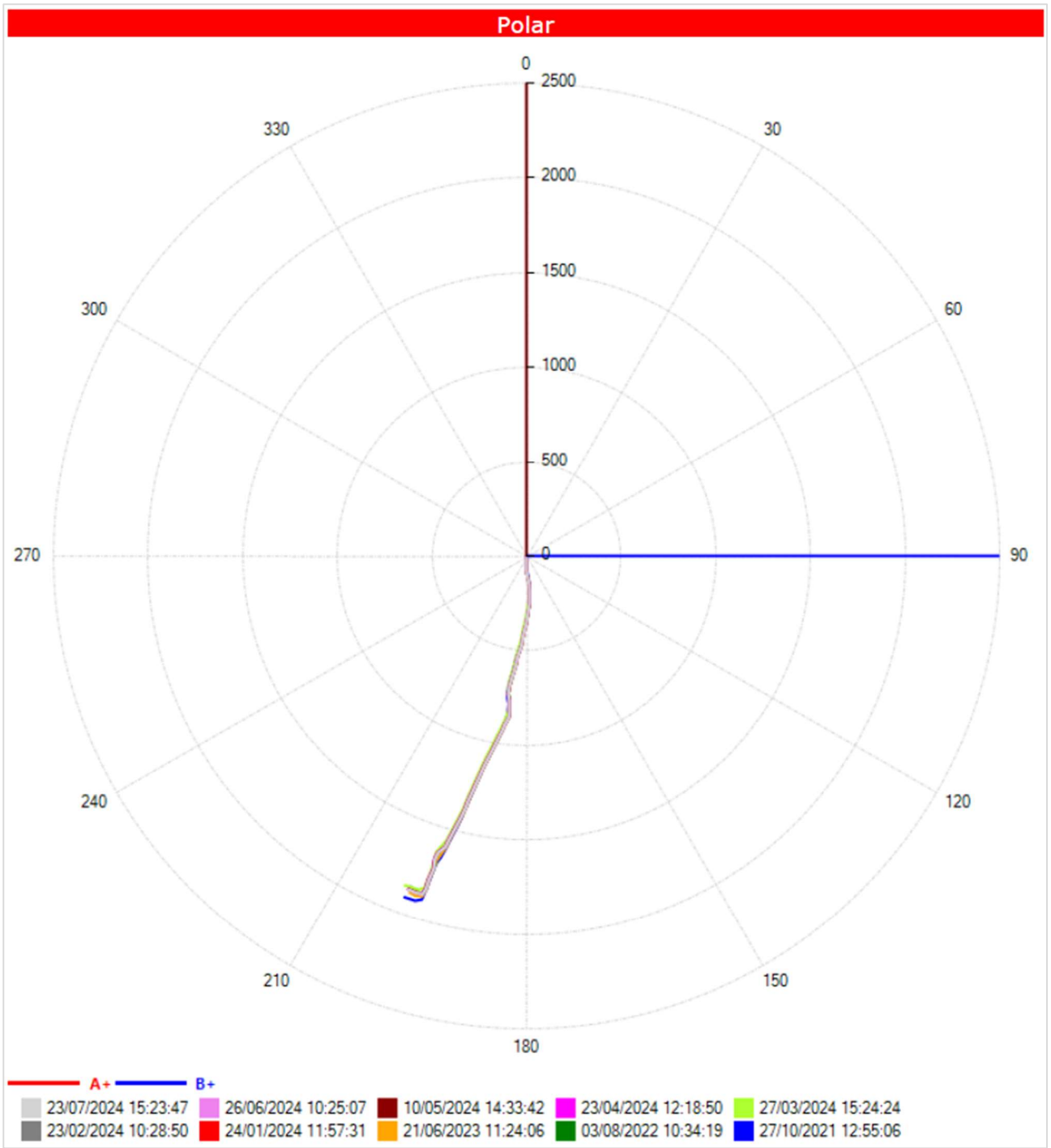


Figura 5.104 – Deslocamentos em relação a coordenadas polares acumulados do INC-02 (ref. 23/07/2024).

5.6.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024).

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2017, a partir do software Slide da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

5.6.4.1 Premissas adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas para 06 (seis) seções instrumentadas da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico, considerando a geometria atual da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico.

A linha freática no interior do reservatório e barramento foi definida a partir da leitura da instrumentação instalada na estrutura.

O fator de segurança ao escorregamento foi calculado considerando a condição de carregamento drenado e a condição de carregamento não drenado. O comportamento contrátil do rejeito e seus parâmetros geotécnicos para condições não drenadas foram estudados no âmbito da Consolidação de Dados da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.538).

Para condição de carregamento não drenado, o rejeito foi modelado a partir de seu parâmetro não drenado de pico e liquefeito, de forma a simular uma condição hipotética de liquefação do material do reservatório. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram atribuídos apenas para a parcela do material em condição 100% saturada, ou seja, localizada abaixo da linha freática de análise. A mesma hipótese foi adotada para outros materiais contráteis presentes na seção de análise, como o *underflow* e os sedimentos depositados na Barragem B1 Ecológica.

Na Figura 5.105 é apresentada, em planta, a locação da instrumentação instalada na estrutura e a indicação das seções de controle. Para as análises de estabilidade foram consideradas as 06 (seis) seções instrumentadas da barragem.

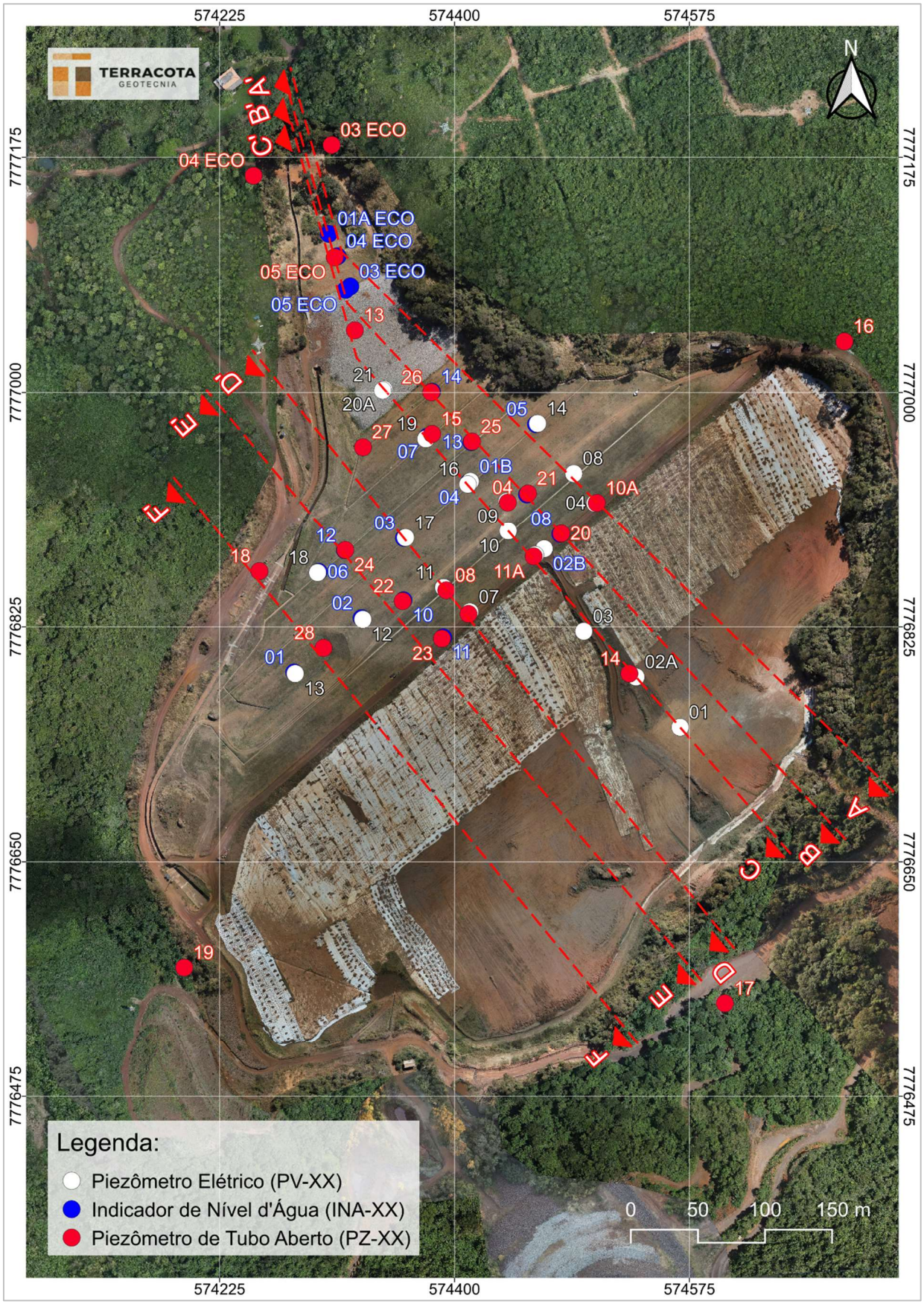


Figura 5.105 – Seções Instrumentadas Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – Planta.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução ANM 95/2022 (**FS ≥ 1,3**);
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS ≥ 1,0**) e NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,1**);
- Análises não drenadas com parâmetro liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 5.3 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 5.3 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Sismo (Pseudo-estática)	1,0 a 1,1	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada e condições com sismo (pseudo-estática) atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2017 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização

incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do *peak ground acceleration* (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento dinâmico (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 5.106 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 5.106 – Rede sismológica brasileira (http://www.rsbr.gov.br).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições

do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 5.4 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Tabela 5.4 – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

Modelo	Valores máximos por período de retorno (anos)					Máximo absoluto
	500	1.000	2.500	5.000	10.000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	**9.7%**	**9.5%**	**13.4%**	**16.0%**	**18.3%**	**18.3%**
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo "*Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment*" publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 5.107).

A localização da barragem no mapa de Assumpção et al. fornece valor de PGA em torno de 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR.

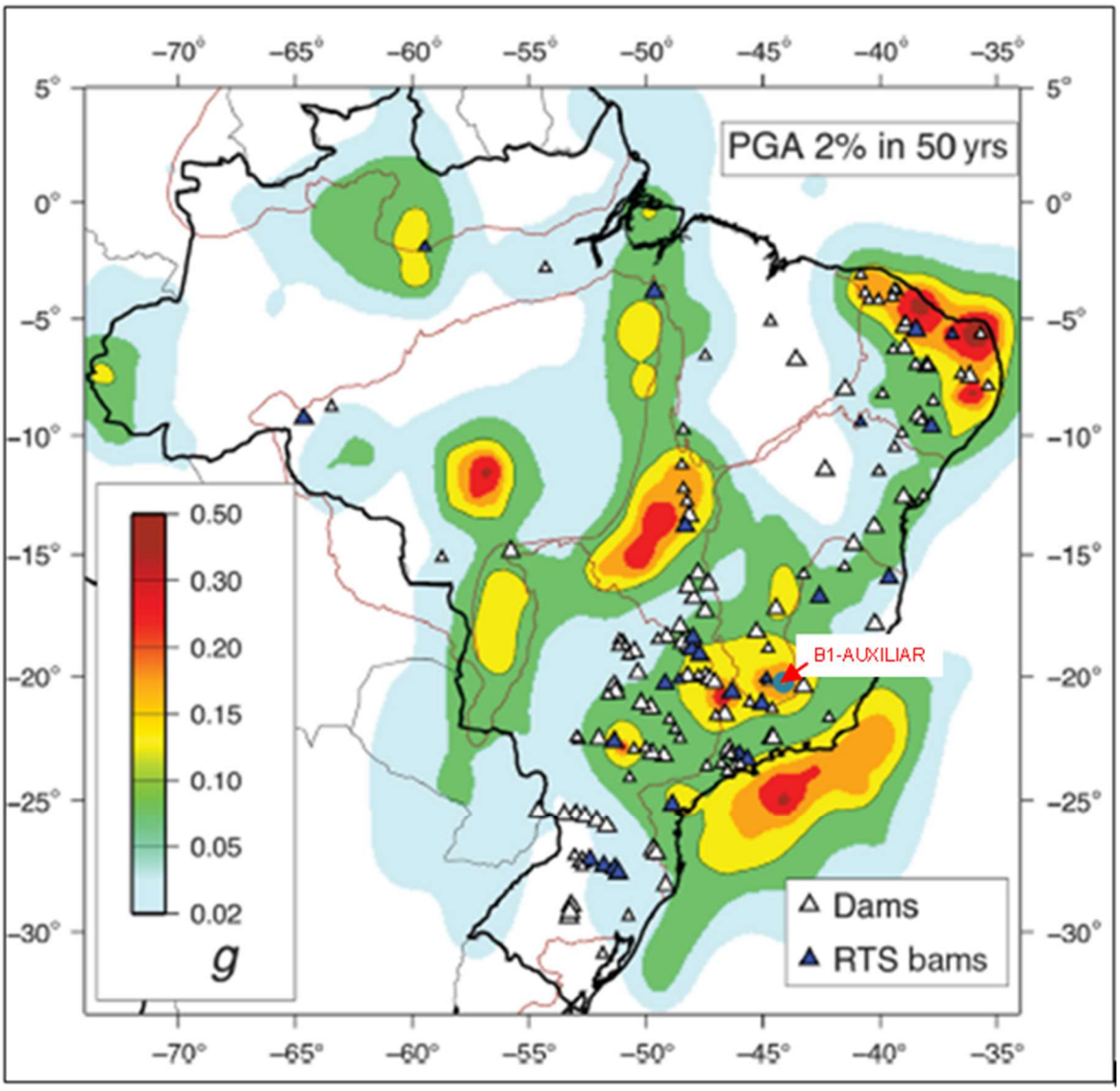


Figura 5.107 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Barros Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B1 – Mina Tico-Tico, considerando a contribuição do efeito sísmico, utilizou-se como premissa a norma técnica elaborada pela Canadian Dam Association (CDA) – *"Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams"* (2014), em conformidade ao recomendado pela NBR 13.028/2017 no tópico 5.3.6, o qual faz referência aos estudos sísmicos.

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados a infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

Classificação da Barragem	População em Risco (Nota 1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (Nota 2)	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixo	Nenhum	0	Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativo	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
			Apenas perdas marginais do habitat.	
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	
Extrema	**Permanente**	**Mais de 100**	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição impossível.	

Nota 1. Definições para população em risco:

Nenhum – Não há população identificável em risco, portanto não há possibilidade de perda de vida a não ser devido ao acaso imprevisível.

Temporário – As pessoas estão apenas temporariamente na zona de inundação do rompimento da barragem (por exemplo, uso sazonal de casas de campo, passagem em rotas de transporte, participação em atividades recreativas).

Permanente – A população em risco normalmente está localizada na zona de inundação da ruptura da barragem (como residentes permanentes); são propostas três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) para permitir estimativas mais detalhadas da potencial perda de vidas (para auxiliar na tomada de decisões se for realizada a análise apropriada).

Nota 2. Definições para população em risco:

Não especificado – O nível apropriado de segurança exigido em uma barragem onde as pessoas estão temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, da natureza de sua atividade e de outras condições.

De acordo com os critérios da Tabela 5.5, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.8 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Extrema**. A partir desta classificação, seguindo as

premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 5.6, o PGA de 0,183g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com período de retorno de 10.000 anos.

Tabela 5.6 – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

Classe da Barragem	Probabilidade Anual de Excedência (PAE) – Terremotos (Nota 1)
Baixa	1/1000
Significativo	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/2.475 (Nota 2)
Muito Alta	1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3)
Extrema	**1/10.000 ou SMP (Nota 3)**

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).
Nota 1. Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (Dam Safety Guidelines - CDA 2013).
Nota 2. Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no National Building Code of Canada (Código Nacional de Construção do Canadá).
Nota 3. SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação "*Rationalizing the Seismic Coefficient Method"* (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,092g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Para a componente vertical adota-se um valor correspondente a 60% da componente horizontal, seguindo proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003), resultando num valor igual a 0,055g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

No estudo de Hynes-Griffin & Franklin (1984), recomenda-se que nas análises pseudo-estáticas seja realizada a redução em 20% da resistência dos materiais da fundação que apresentarem comportamento não-drenado nos ensaios executados.

Conforme previsão para descaracterização completa da estrutura, a Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico deverá ter vida útil de no máximo dez anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida

útil da estrutura igual a 10 anos. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de aproximadamente 500 anos.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{t}\right)^{n}$$

Em que:

- P é a probabilidade de excedência do sismo;
- t é o período de retorno;
- n é o tempo de vida útil da estrutura.

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 2.500 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,04%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 5.4, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,067g e uma componente vertical igual a 0,040g.

5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada nas análises de estabilidade foram considerados os instrumentos existentes ao longo das seções de análise, instalados no maciço, fundação e reservatório da Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico e Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico.

A Tabela 5.7 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 5.7 – Instrumentação – Valores lidos (30/07/2024) e valores adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A’	PZ-10A	991,89	Seco	-
	PV-04	991,40	Seco	-
	PV-08	982,32	Seco	-
	PV-14	958,03	Seco	-
	INA-05	959,71	Seco	-
	INA-13 (Seção B-B’)	945,92	Seco	-
	PZ-25 (Seção B-B’)	926,77	934,04	934,04
	INA-14 (Seção B-B’)	949,17	Seco	-
	PZ-26 (Seção B-B’)	939,05	Seco	-

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	PZ-13 (Seção C-C')	929,30	934,01	934,01
	INA-03 ECO	923,59	924,54	924,68 (1)
	INA-05 ECO	924,01	924,68	924,68
	PZ-05 ECO	916,32	921,70	924,52 (1)
	INA-04 ECO	922,97	924,52	924,52
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	913,56	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,29	918,64 (1)
B-B'	INA-08	956,62	975,09	975,09
	PZ-20	950,16	974,61	975,09 (1)
	INA-09	971,37	976,02	-
	PZ-21	950,43	Seco	950,43
	INA-13	945,92	Seco	-
	PZ-25	926,77	934,04	934,04
	INA-14	949,17	Seco	-
	PZ-26	939,05	Seco	-
	PZ-13 (Seção C-C')	929,30	934,01	934,01
	INA-05 ECO	924,01	924,68	924,68
	INA-03 ECO	923,59	924,54	924,68 (1)
	PZ-05 ECO	916,32	921,70	924,52 (1)
	INA-04 ECO	922,97	924,52	924,52
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	913,56	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,29	918,64 (1)
C-C'	PV-01	982,64	982,77	982,77
	PV-02A	967,83	979,01	981,35 (1)
	PZ-14	967,60	981,20	981,20
	PV-03	968,22	978,60	978,60
	PZ-11A	991,76	Seco	-
	PV-05	953,84	953,93	976,40 (1)
	PV-06	991,21	Seco	-
	INA-02B	954,93	976,40	976,40
	PV-10	982,58	Seco	-
	PZ-04	977,25	977,50	-
	PV-09	976,77	Seco	-
	PV-15	942,81	Seco	947,02 (1)
	PV-16	946,82	Seco	947,02 (1)
	INA-01B	938,47	947,02	947,02
	INA-04	948,57	Seco	-
	PV-19	947,22	Seco	-
	INA-07	947,31	Seco	-
	PZ-15	942,13	944,16	944,16
	PV-20A	928,30	Seco	939,13 (1)
	PV-21	942,80	Seco	-

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
C-C'	PZ-13	929,30	934,01	934,01
	INA-05 ECO	924,01	924,68	924,68
	INA-03 ECO	923,59	924,54	924,68 (1)
	PZ-05 ECO	916,32	921,70	924,52 (1)
	INA-04 ECO	922,97	924,52	924,52
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	913,56	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,29	918,64 (1)
D-D'	PZ-12A	992,29	Seco	-
	PV-07	991,34	Seco	-
	PZ-08	983,69	Seco	-
	PV-11	984,85	Seco	-
	INA-03	963,85	Seco	-
	PV-17	964,37	Seco	-
	PZ-27	931,37	932,82	932,82
E-E'	PZ-23	955,44	977,39	979,08 (1)
	INA-11	966,38	979,08	979,08
	PZ-22	964,30	Seco	975,69 (1)
	INA-10	975,12	975,69	975,69
	PV-12	987,55	Seco	-
	INA-02	986,95	Seco	-
	PZ-24	964,30	967,20	967,20
	INA-12	946,86	960,37	967,20 (1)
	INA-06	975,71	Seco	-
	PV-18	975,35	975,37	-
	PZ-18 (Seção F-F')	920,76	941,13	941,13
F-F'	PV-13	983,35	Seco	-
	INA-01	983,51	Seco	-
	PZ-28	954,89	967,09	967,20 (1)
	PZ-24	964,30	967,20	967,20
	INA-12	946,86	960,37	967,20 (1)
	INA-06 (Seção E-E')	975,71	Seco	-
	PV-18 (Seção E-E')	975,35	975,37	-
	PZ-18	920,76	941,13	941,13

1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;

5.6.4.4 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados para as várias camadas foram consolidados no âmbito do relatório de consolidação de dados da estrutura (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.761).

Na Tabela 5.8 são apresentados os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

Tabela 5.8 – Parâmetros geotécnicos dos materiais constituintes dos modelos numéricos.

Material		Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros de Resistência							Referência
				Parâmetros Efetivos		Parâmetros Totais					
				c' (kPa)	ϕ' (º)	Razão de resistência não drenada Su/σ'v (kPa)	Obtidos		Adotados(1)		
							c (kPa)	ϕ (º)	c (kPa)	ϕ (º)	
Aterro B1-Auxiliar			20,5	9,8	30,2	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório.
Colúvio			21,0	20,0	27,0	-	32,9	18,8	26,3	15,0	
Solo Residual			21,5	26,0	25,0	-	49,9	18,6	39,9	14,9	
Aterro de Regularização			23,5	5,0	35,0	-	22,1	39,3	17,7	31,4	
Rejeito B1-Auxiliar	Drenado		26,0	10,0	34,5	-	-	-	-	-	
	Não Drenado - Pico			-	-	0,22	-	-	-	-	Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,09	-	-	-	-	
Underflow	Drenado		19,0	0,0	30,0	-	-	-	-	-	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
	Não Drenado - Pico			-	-	0,22	-	-	-	-	Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,10	-	-	-	-	
Saprólito de Filito			22,0	15,0	35,0	-	-	-	-	-	Majorado a partir dos resultados para o solo residual local.
Diques de enrocamento			20,0	0,0	38,0	-	-	-	-	-	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Drenos			18,0	0,0	32,0	-	-	-	-	-	
Sedimentos B1-Ecológica	Drenado		19,0	0,0	30,0	-	-	-	-	-	
	Não Drenado - Pico			-	-	0,22	-	-	-	-	Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,06	-	-	-	-	

Material	Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros de Resistência							Referência
			Parâmetros Efetivos		Parâmetros Totais					
			c' (kPa)	ϕ' (º)	Razão de resistência não drenada Su/σ'v (kPa)	Obtidos		Adotados(1)		
						c (kPa)	ϕ (º)	c (kPa)	ϕ (º)	
Filito		30,0	40,0	30,0	-	-	-	-	-	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Aterro B1-Ecológica		21,0	22,0	33,0	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório (documento BSC-E-TT-RE-002)
Tálus / colúvio		21,0	26,5	35,0	-	32,9	18,8	26,3	15,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório executados no colúvio*
Enrocamento Reforço		23,0	Envoltória intermediária de Leps (1970)		-	-	-	-	-	Estimativa bibliografia / projetistas

(1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático foram adotados parâmetros totais reduzidos em 20% conforme referência de Hynes-Griffin & Franklin (1984)

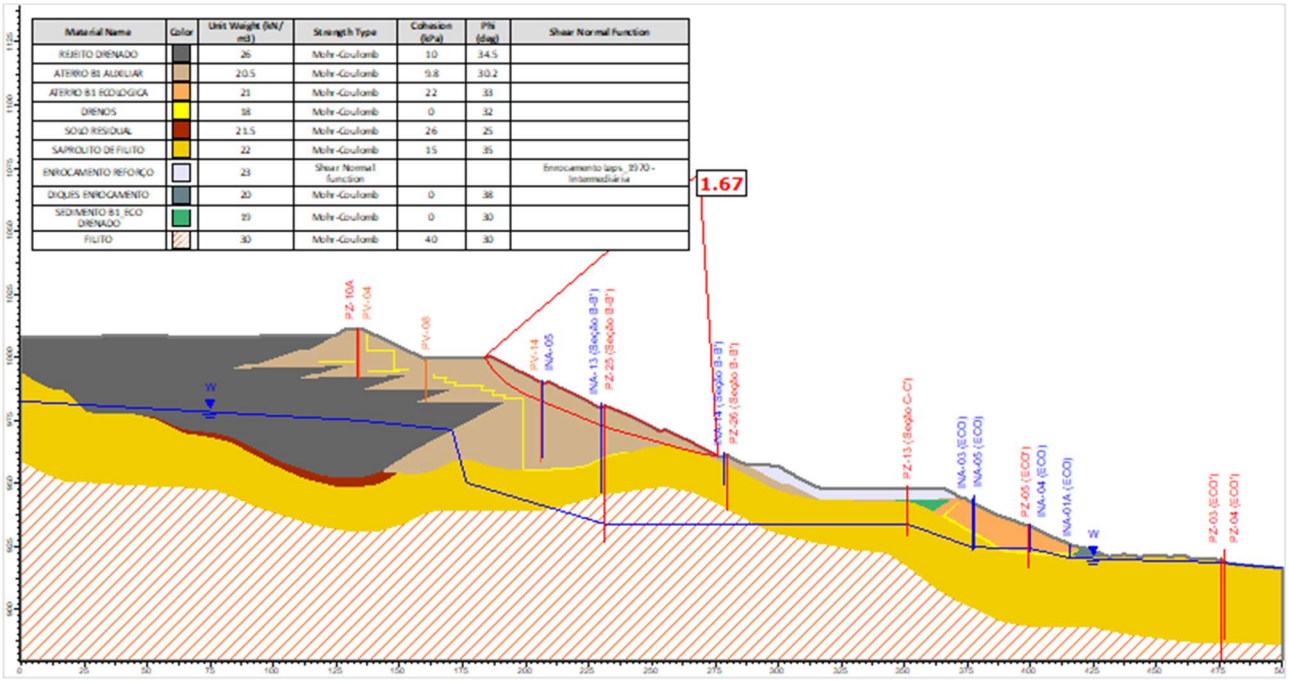
5.6.4.5 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 5.108 a Figura 5.149, destacando-se as superfícies de ruptura que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 5.9 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 5.9 – Resultado das análises de estabilidade.

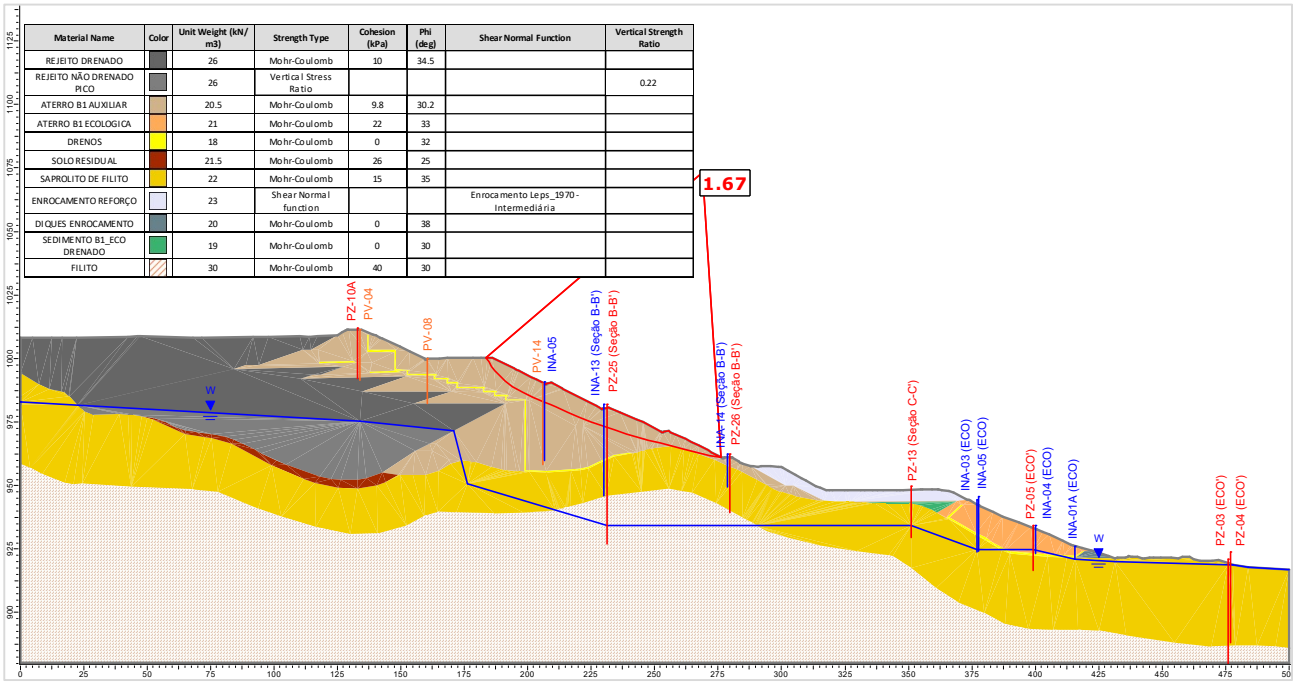
Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência do Rejeito	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A’	30/07/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,67
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,67
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,67
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,33 (sismo ↑)
					1,34 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,41 (sismo ↑)
					1,41 (sismo ↓)
B-B’	30/07/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,62
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,62
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,62
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,30 (sismo ↑)
					1,30 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,37 (sismo ↑)
					1,37 (sismo ↓)
C-C’	30/07/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,61
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,59
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,38
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,22 (sismo ↑)
					1,23 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,35 (sismo ↑)
					1,34 (sismo ↓)

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência do Rejeito	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
D-D′	30/07/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,62
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,62
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,62
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,29 (sismo ↑)
					1,31 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,37 (sismo ↑)
					1,37 (sismo ↓)
E-E′	30/07/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,69
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,69
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,69
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,20 (sismo ↑)
					1,24 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,31 (sismo ↑)
					1,30 (sismo ↓)
F-F′	30/07/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,82
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,82
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,82
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,47 (sismo ↑)
					1,48 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,57 (sismo ↑)
					1,55 (sismo ↓)



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38	
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.108 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 5.109 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

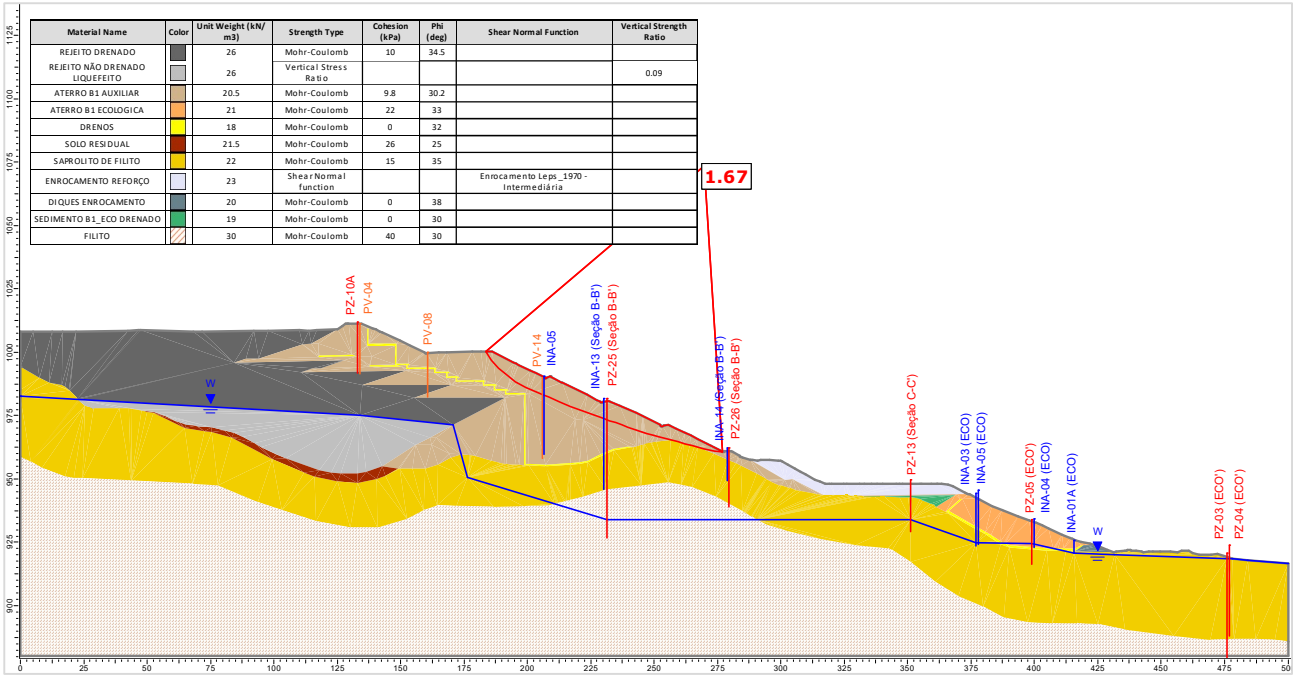


Figura 5.110 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

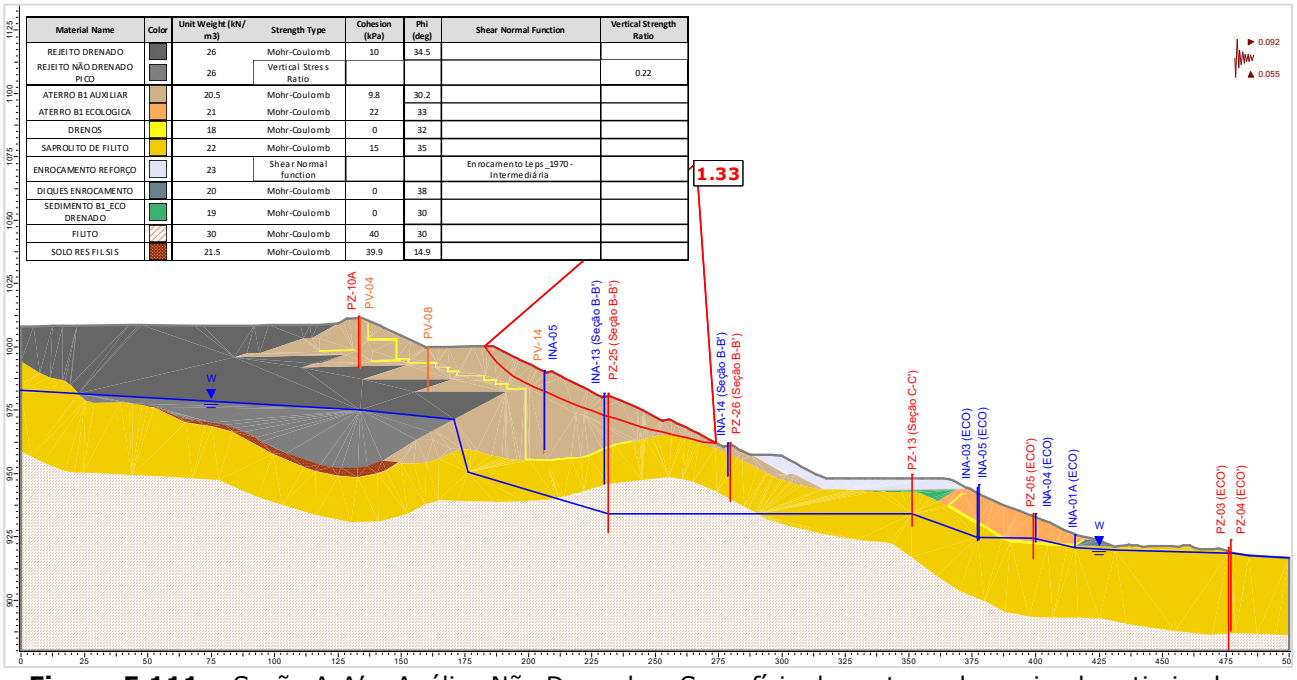
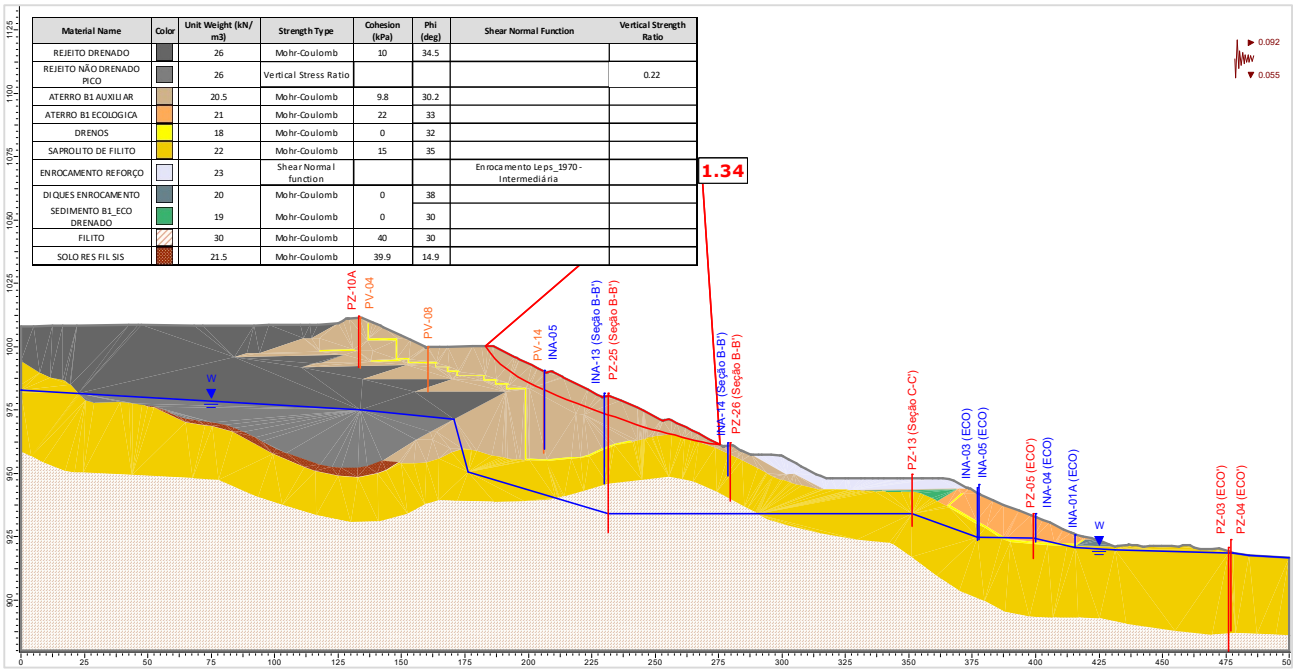
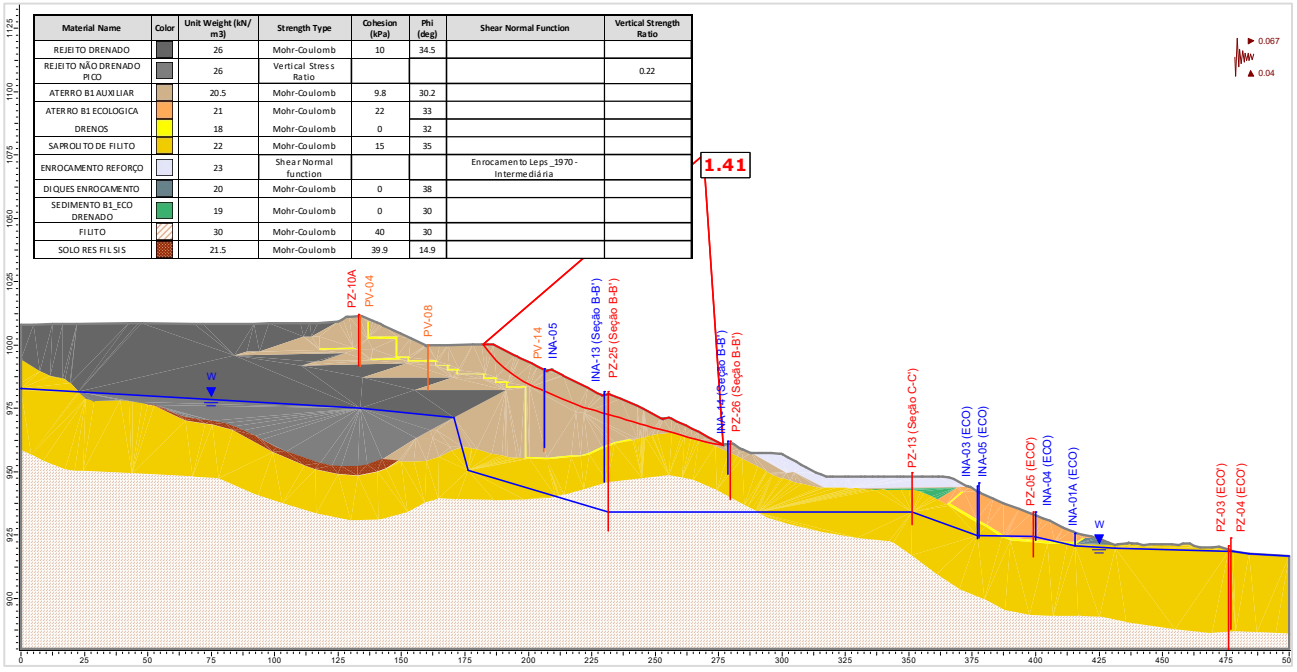


Figura 5.111 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



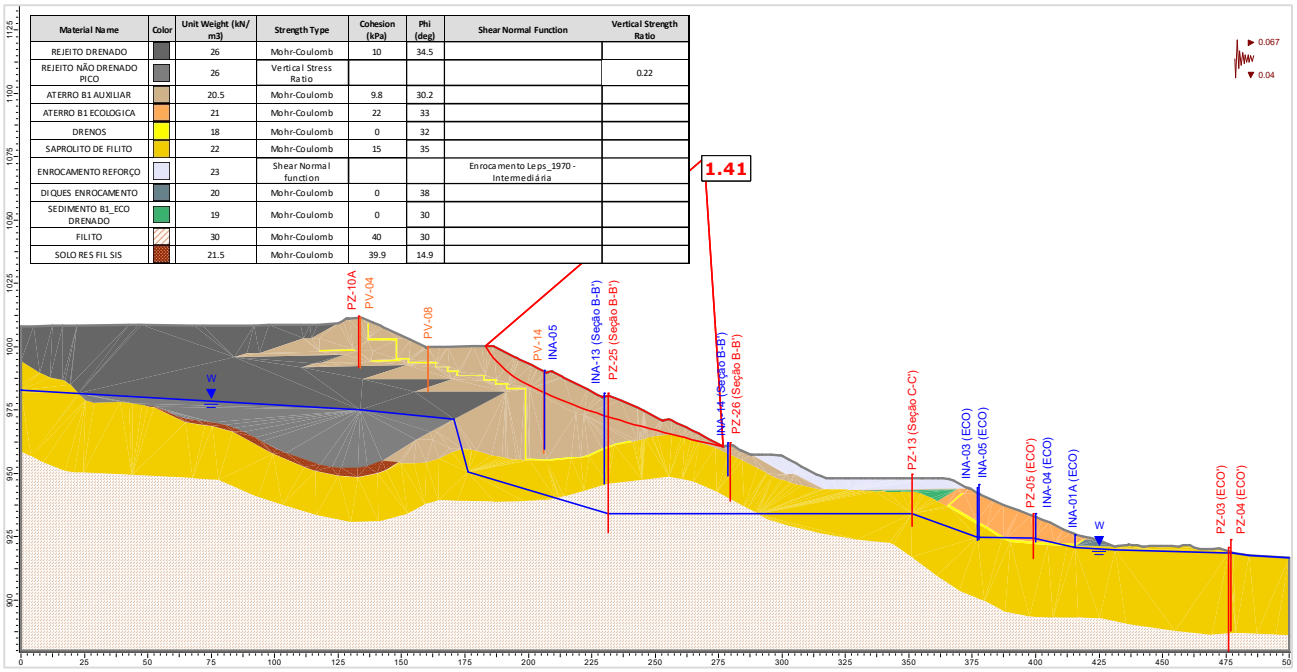
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		

Figura 5.112 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



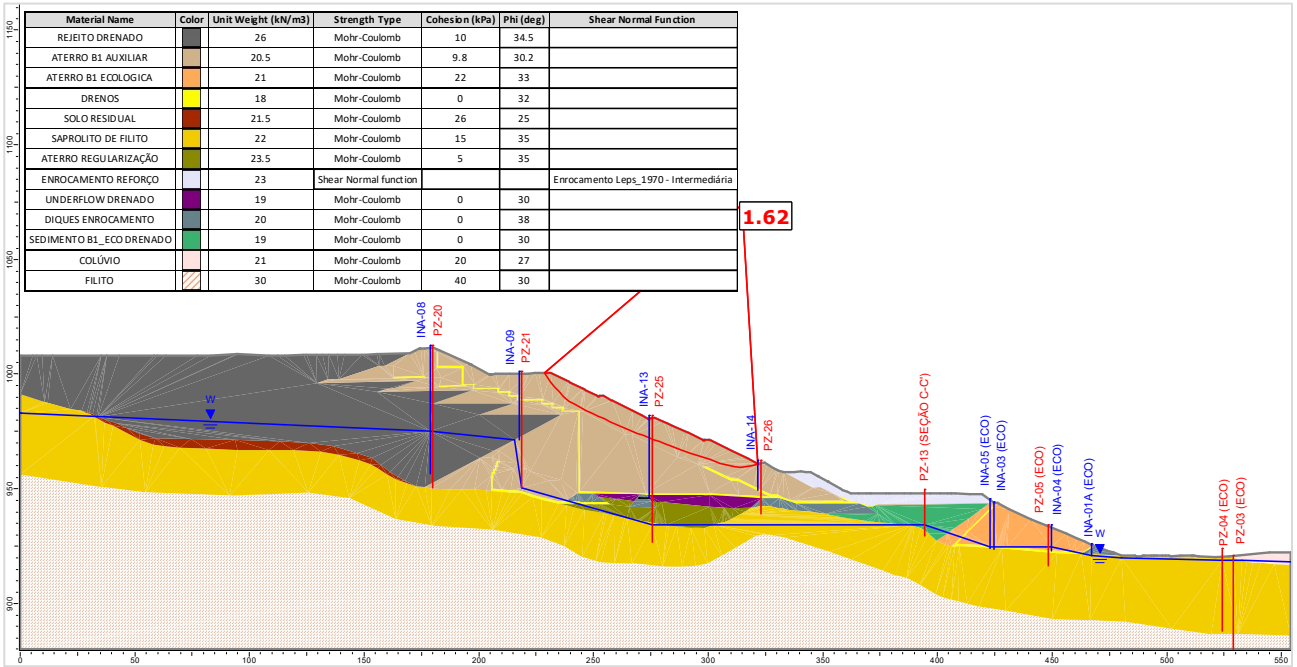
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		

Figura 5.113 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		

Figura 5.114 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35	
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38	
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.115 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024.

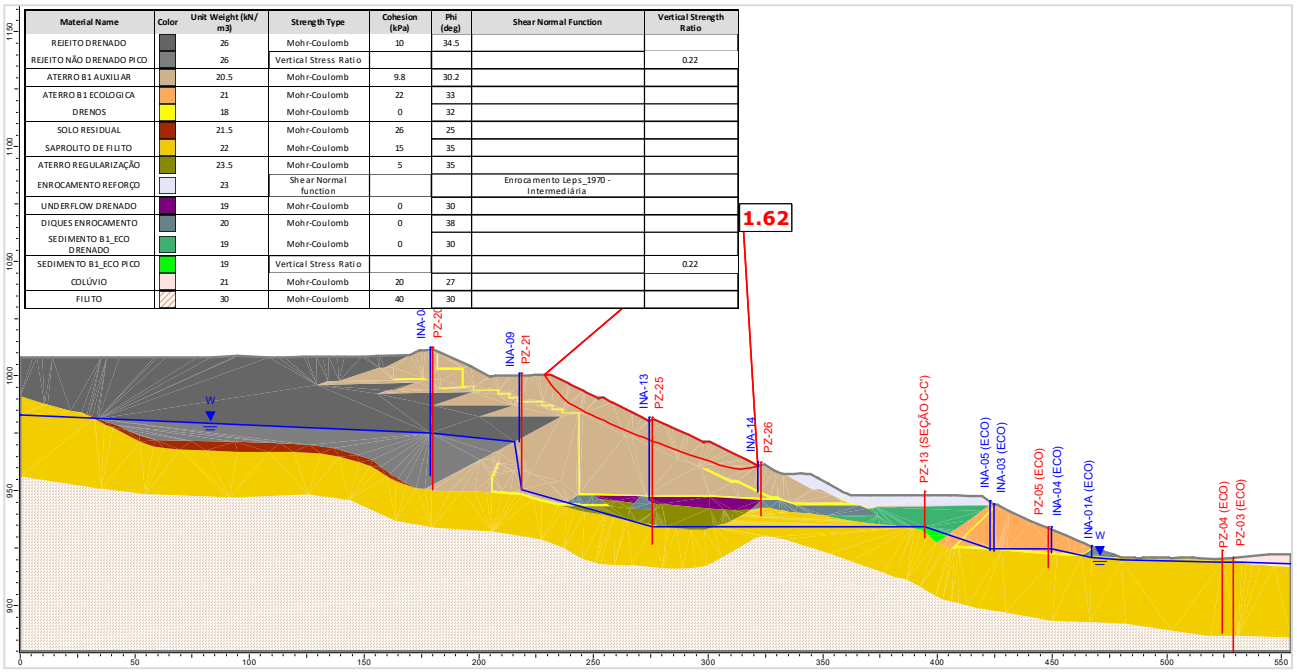


Figura 5.116 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

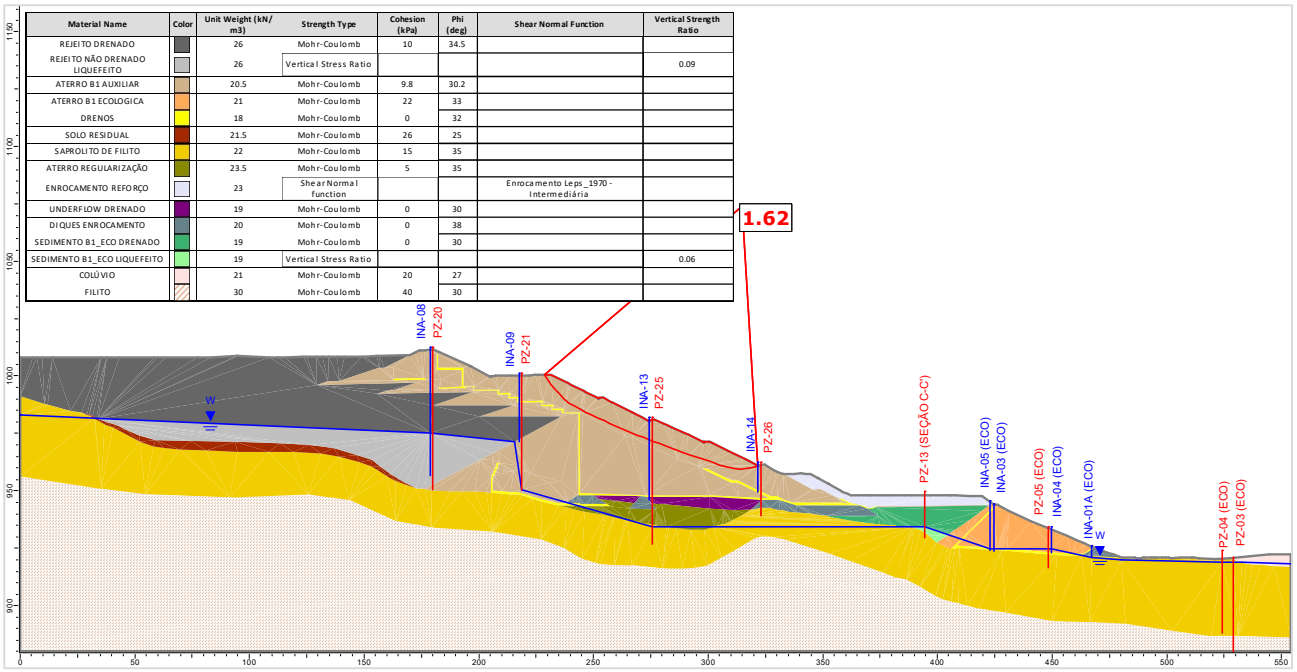


Figura 5.117 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

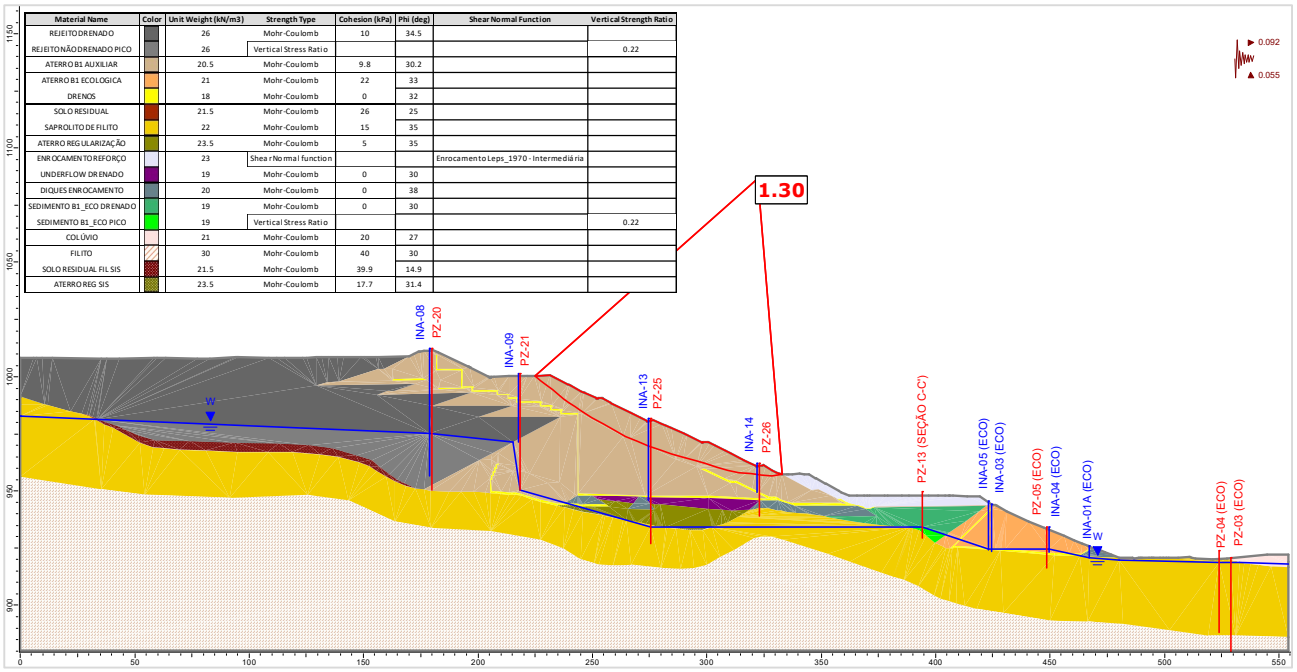


Figura 5.118 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

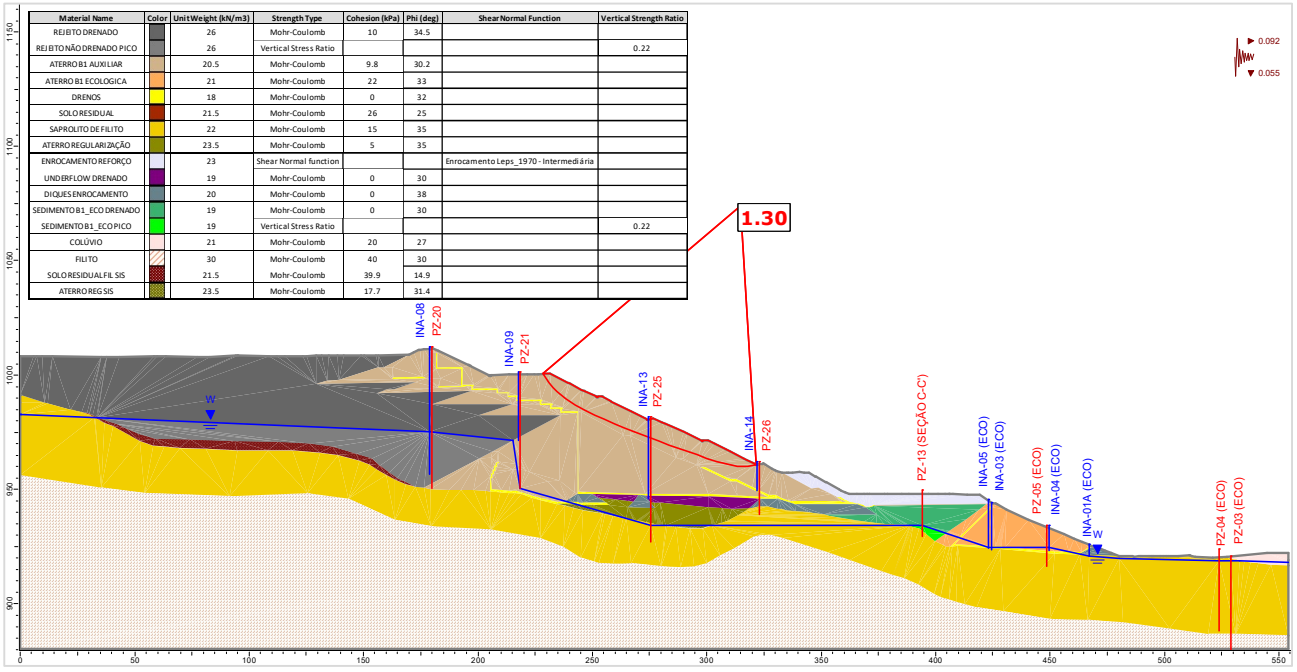


Figura 5.119 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

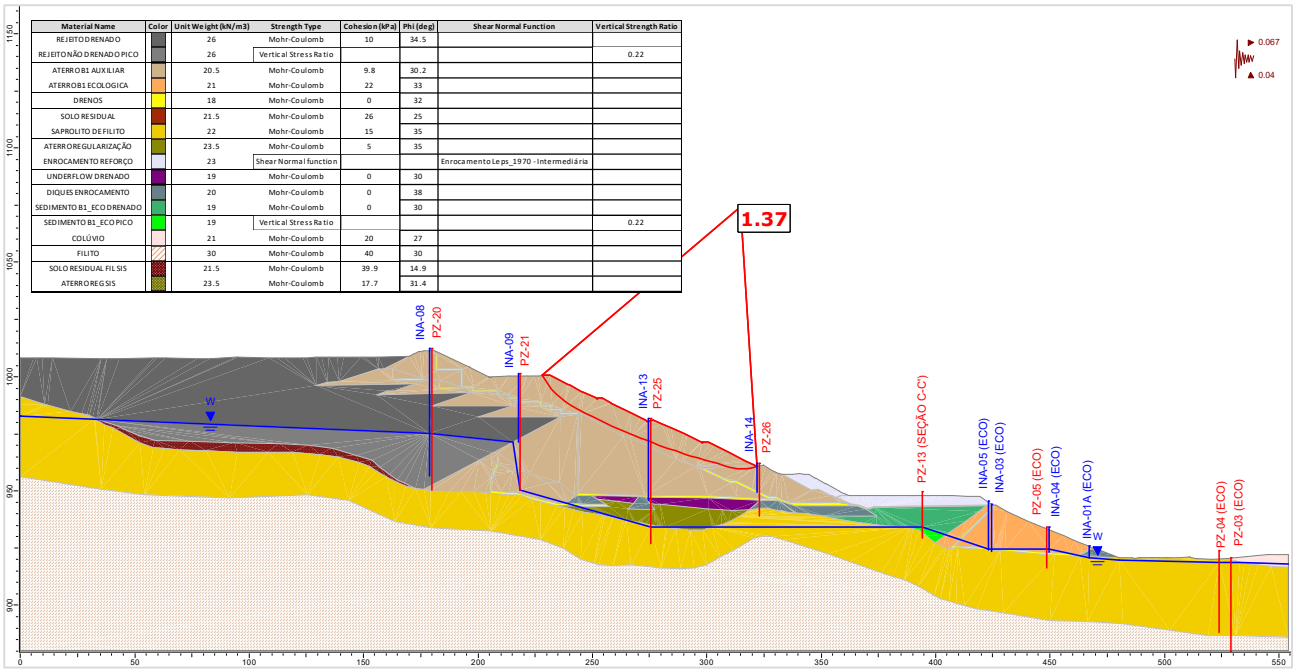


Figura 5.120 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

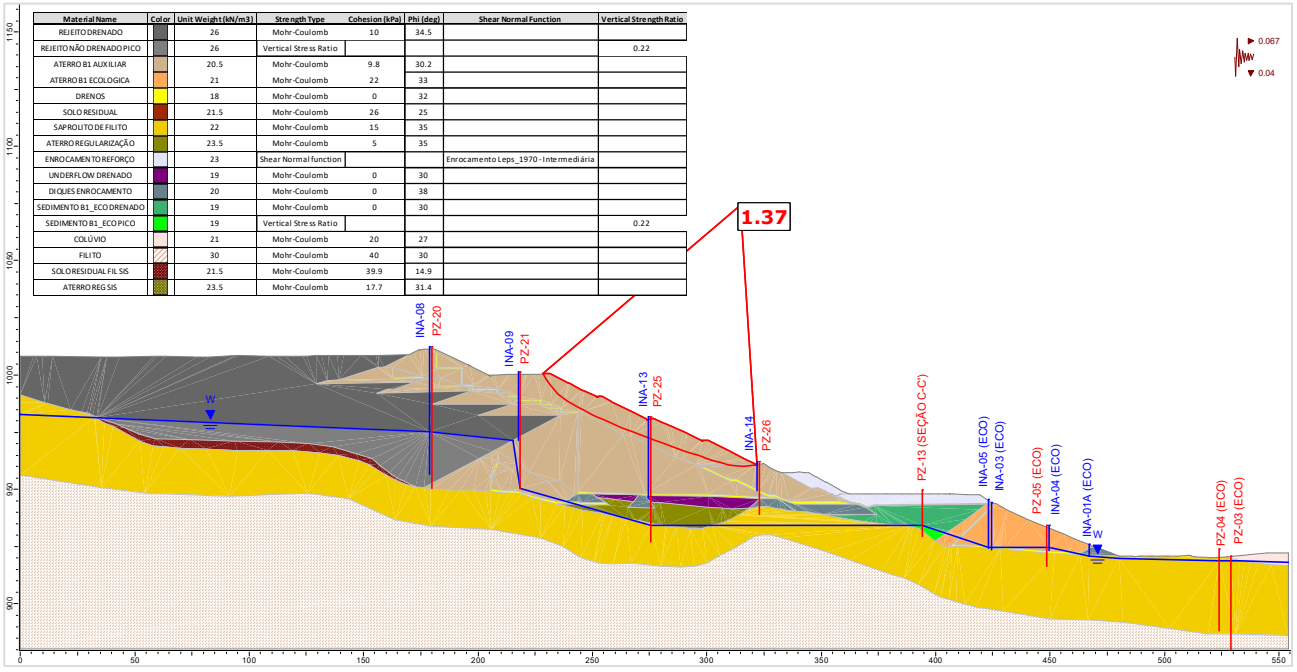
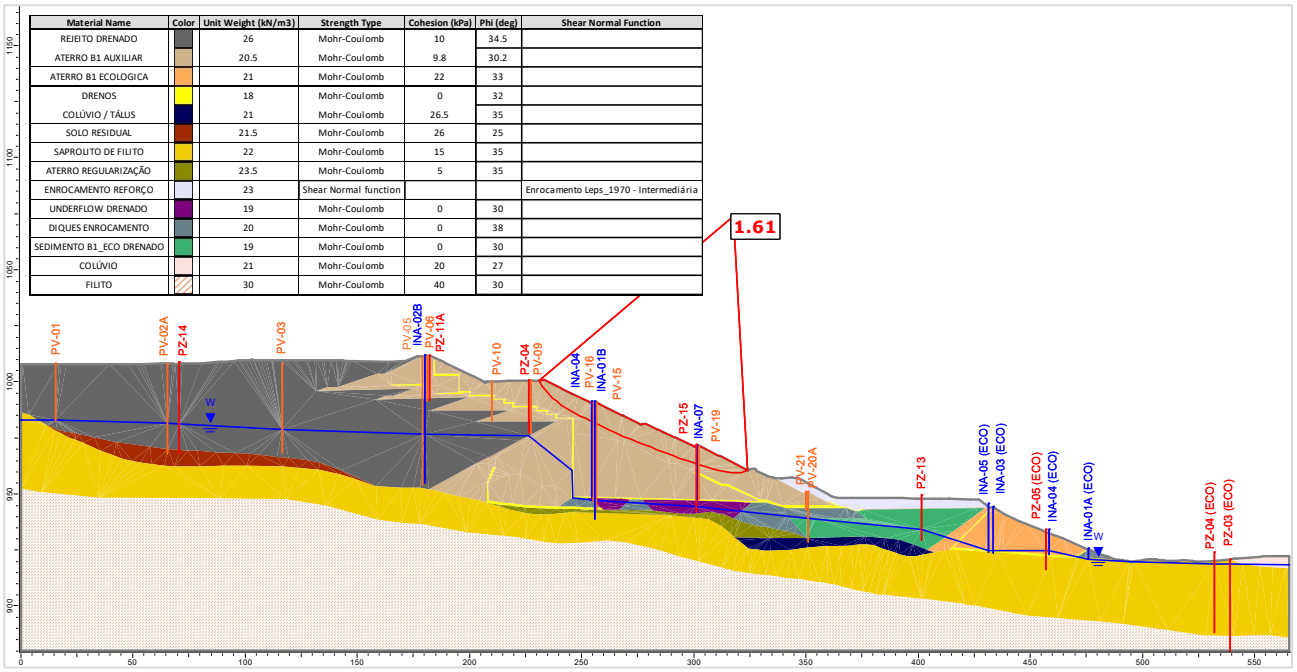
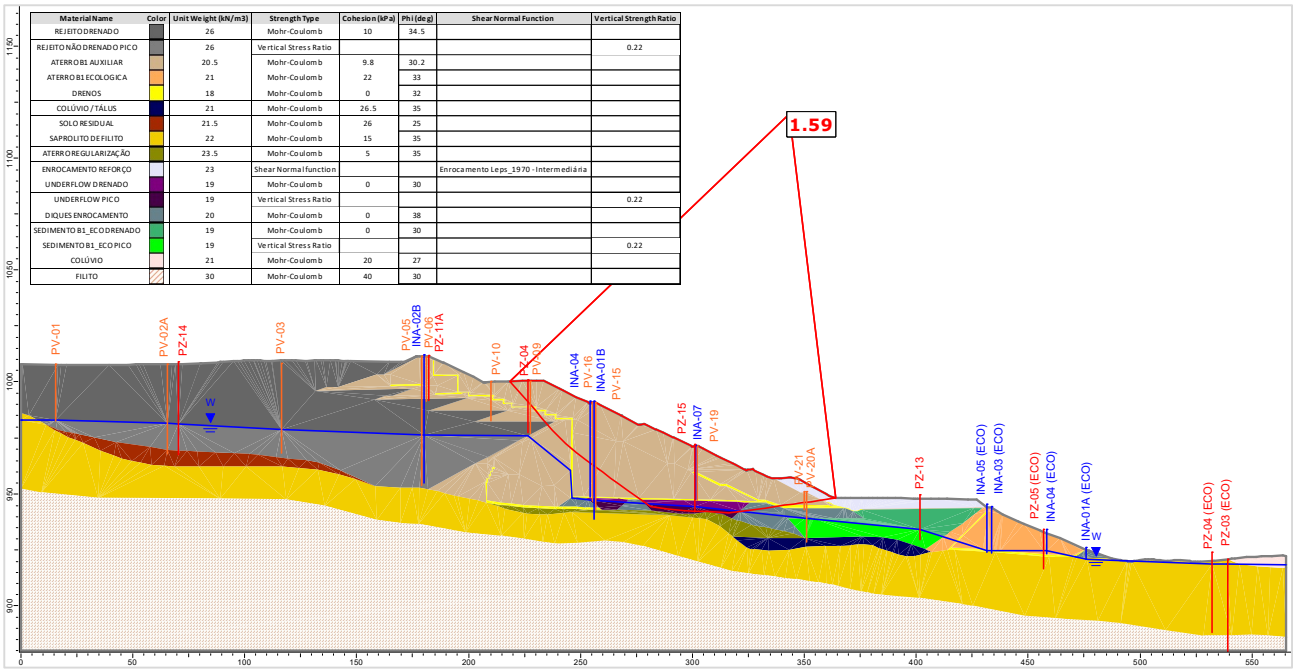


Figura 5.121 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



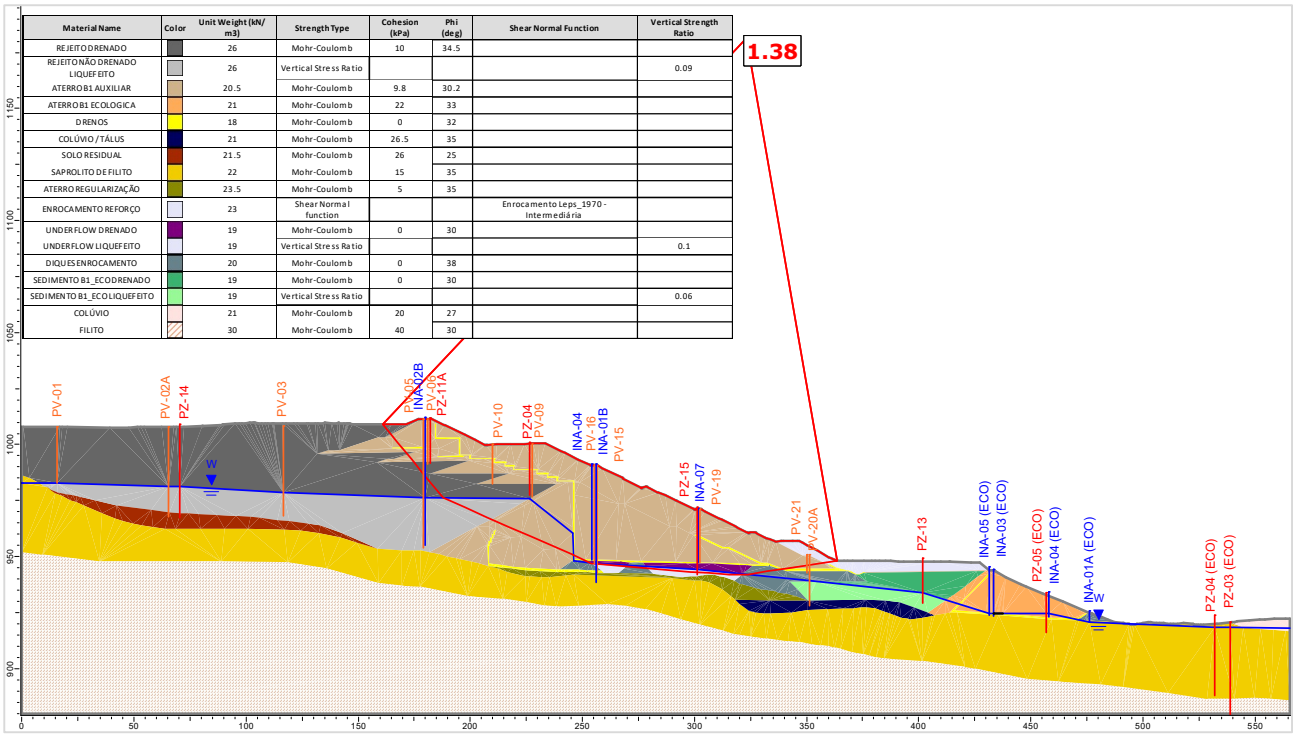
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35	
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38	
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.122 – Seção C-C’ – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024.



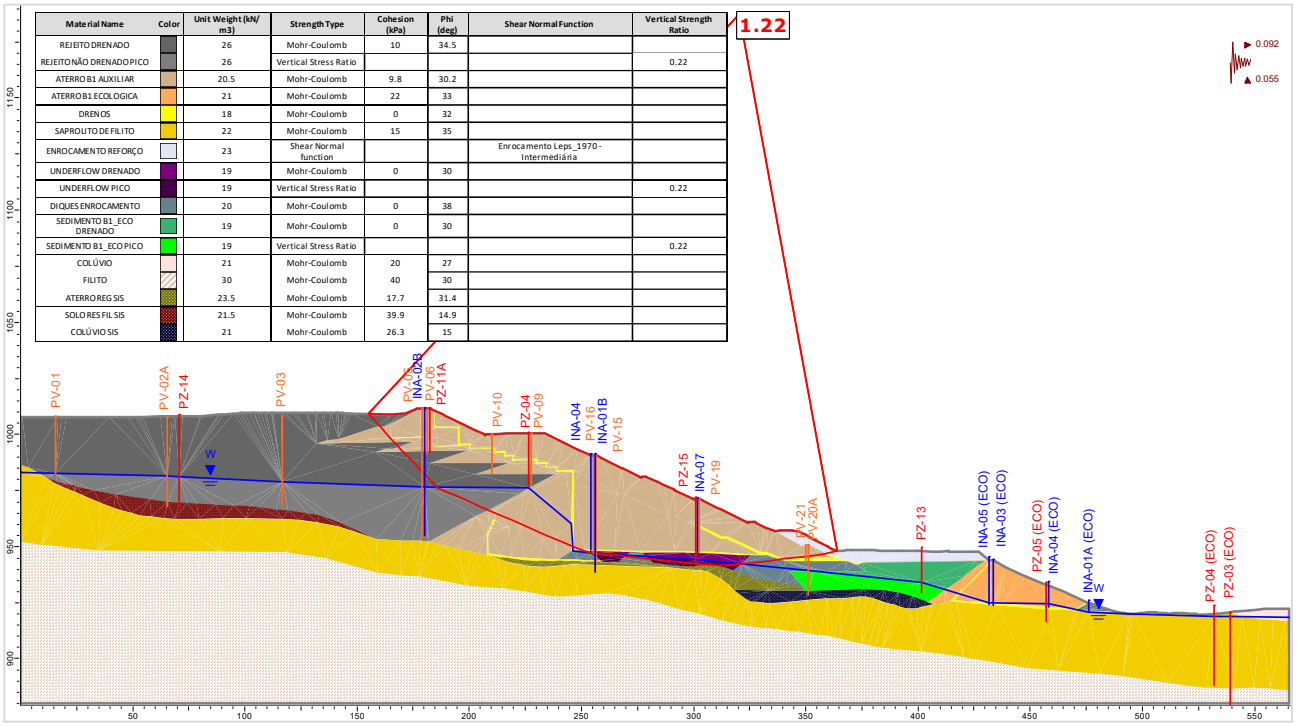
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 5.123 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



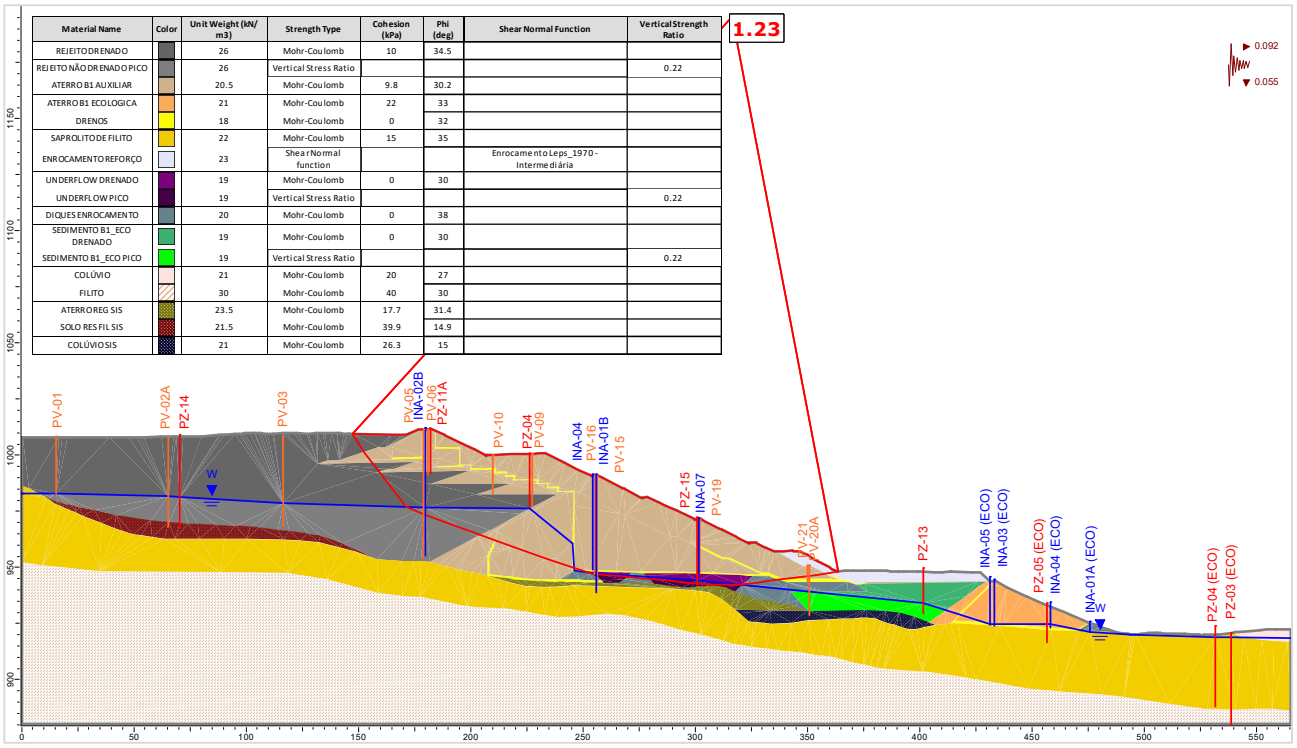
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio				0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW LIQUEFEITO		19	Vertical Stress Ratio				0.1
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO LIQUEFEITO		19	Vertical Stress Ratio				0.06
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 5.124 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



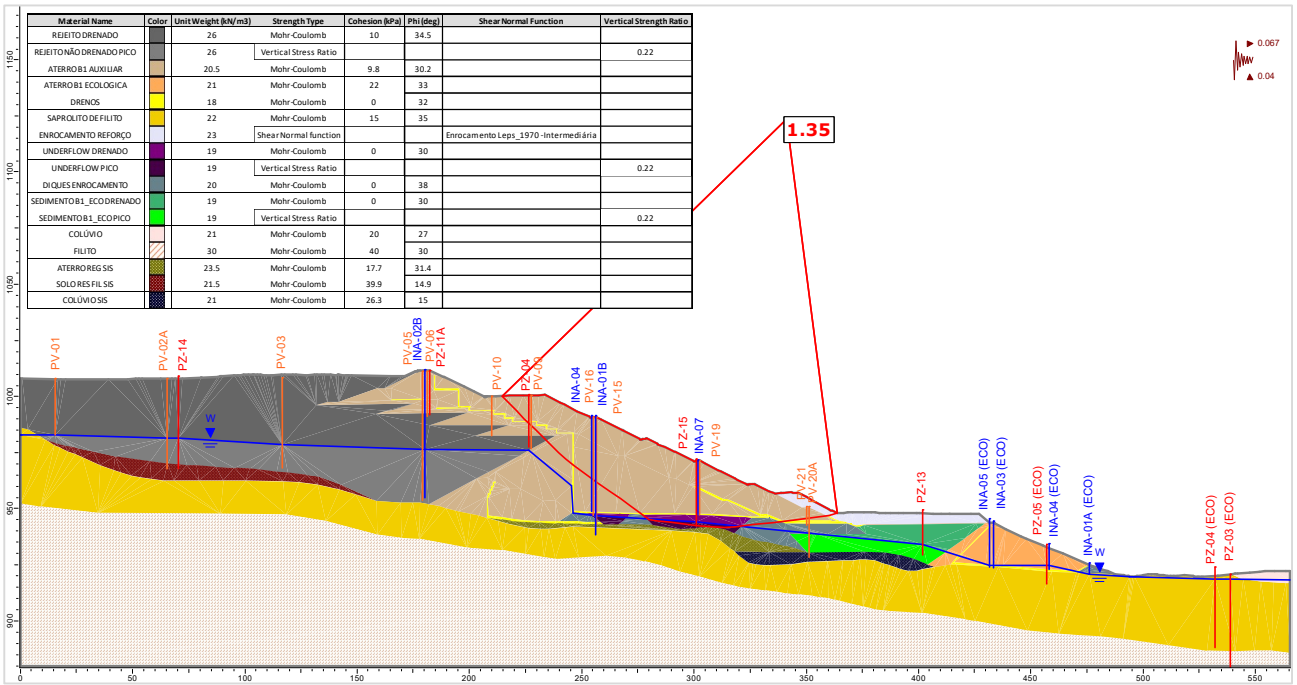
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.125 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



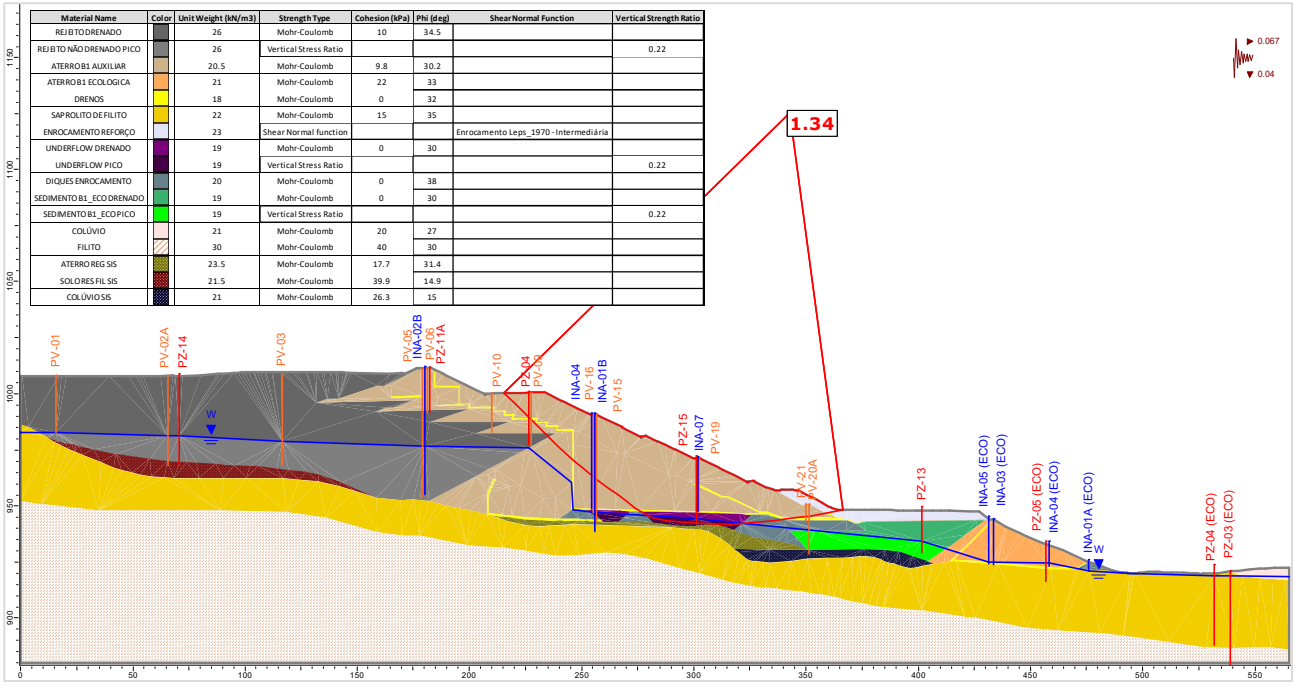
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.126 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



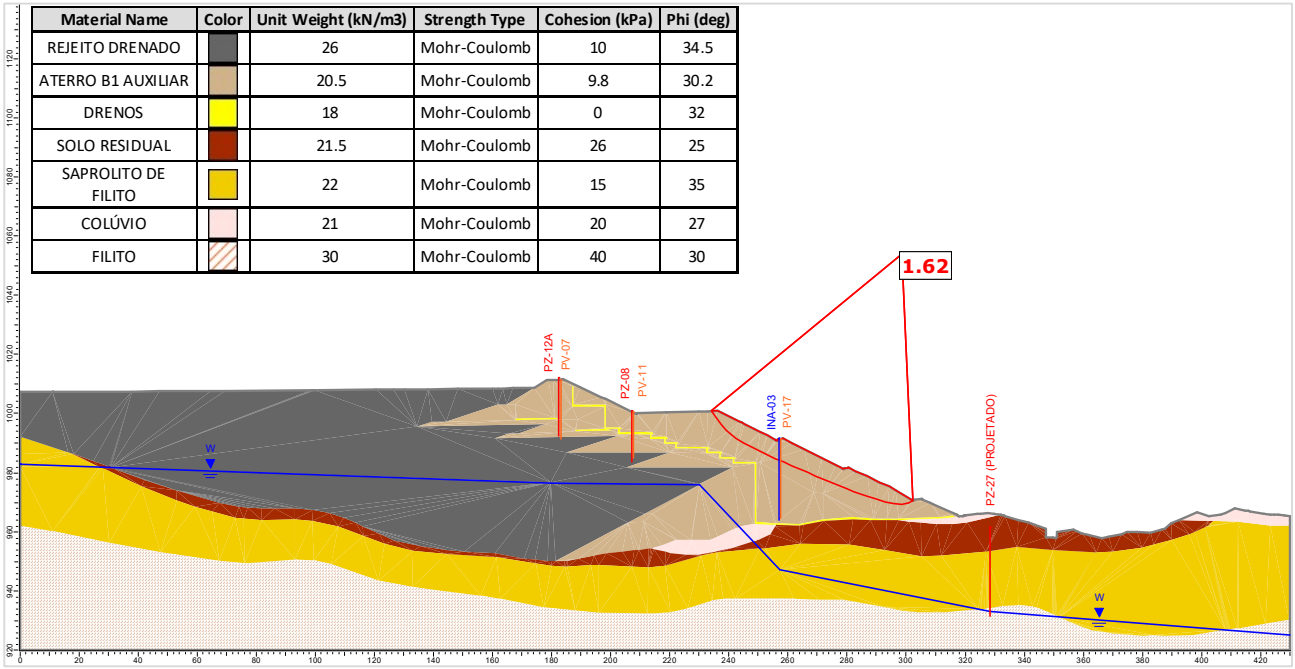
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.127 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



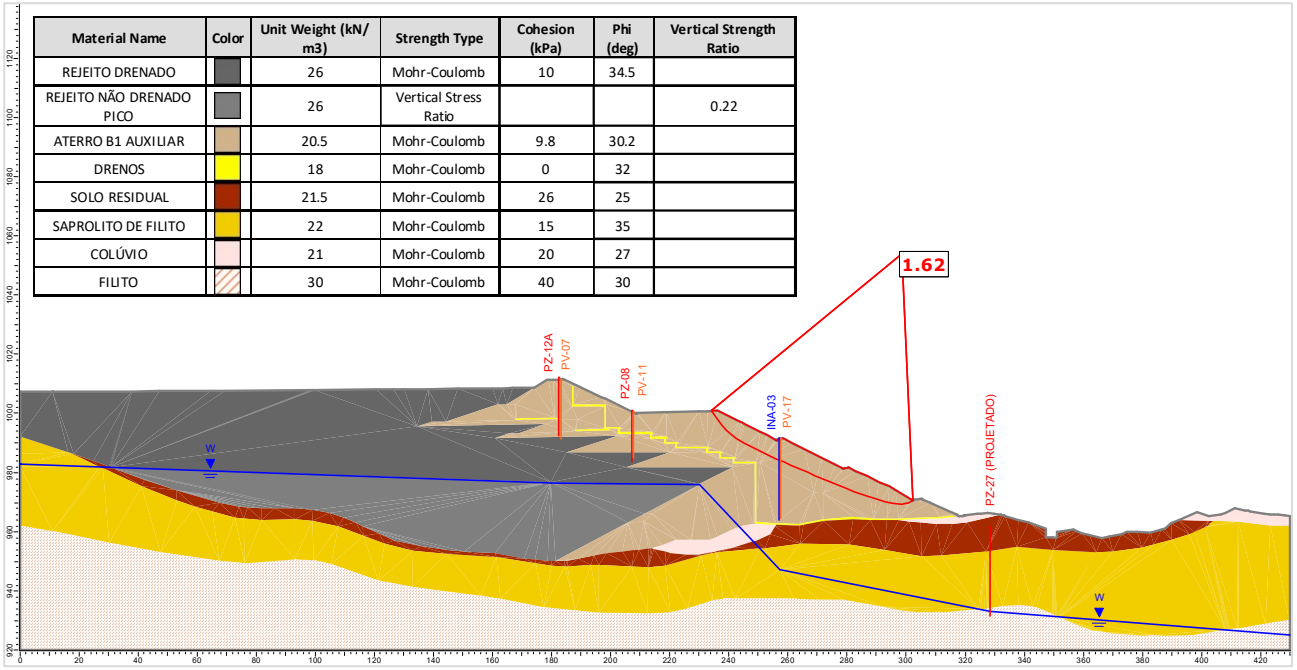
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.128 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



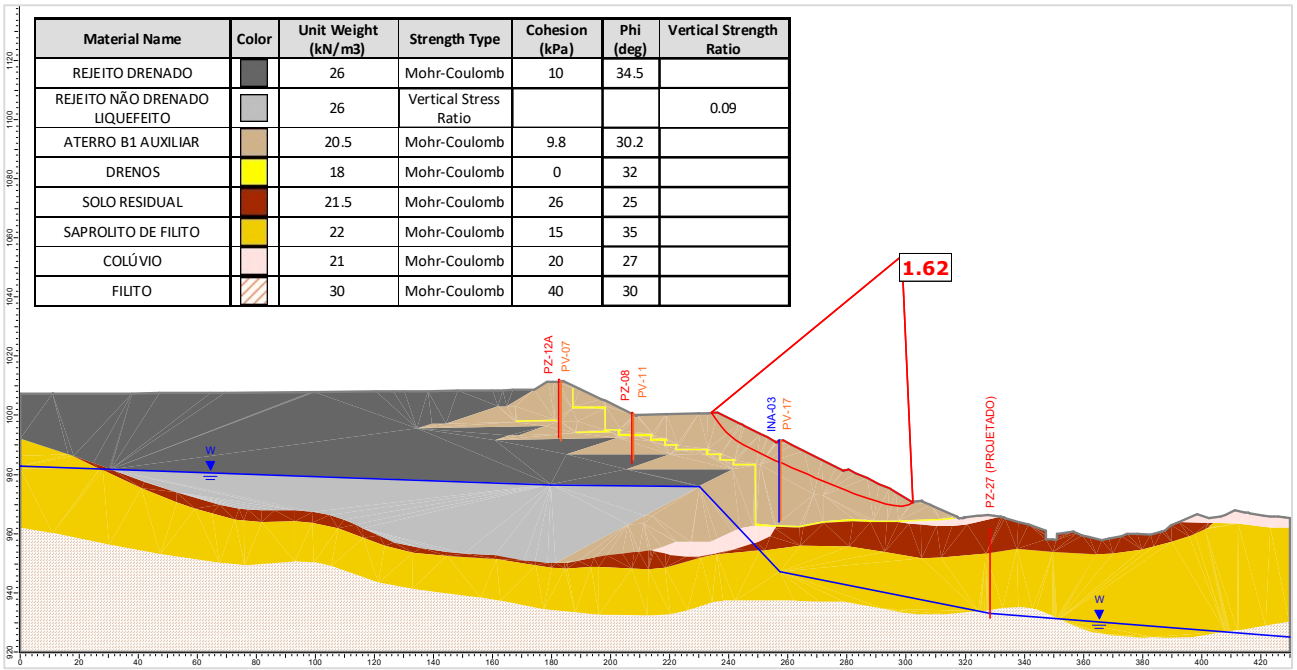
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30

Figura 5.129 – Seção D-D’ – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.130 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio			0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.131 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

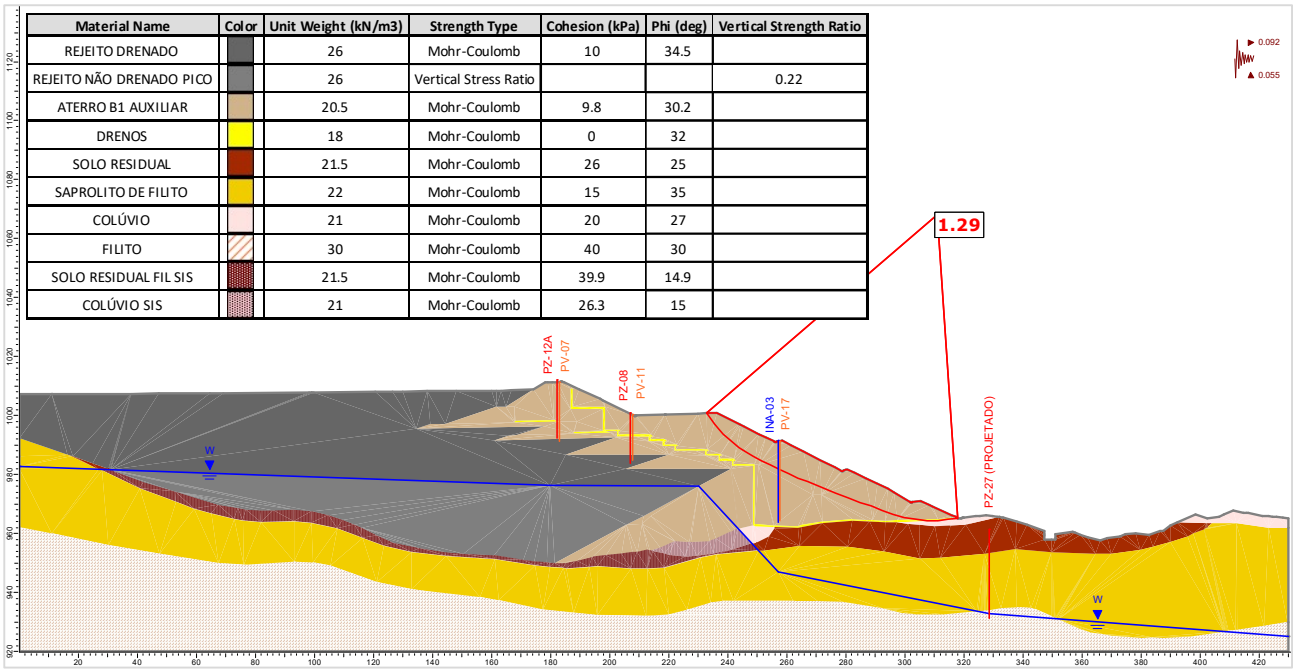


Figura 5.132 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

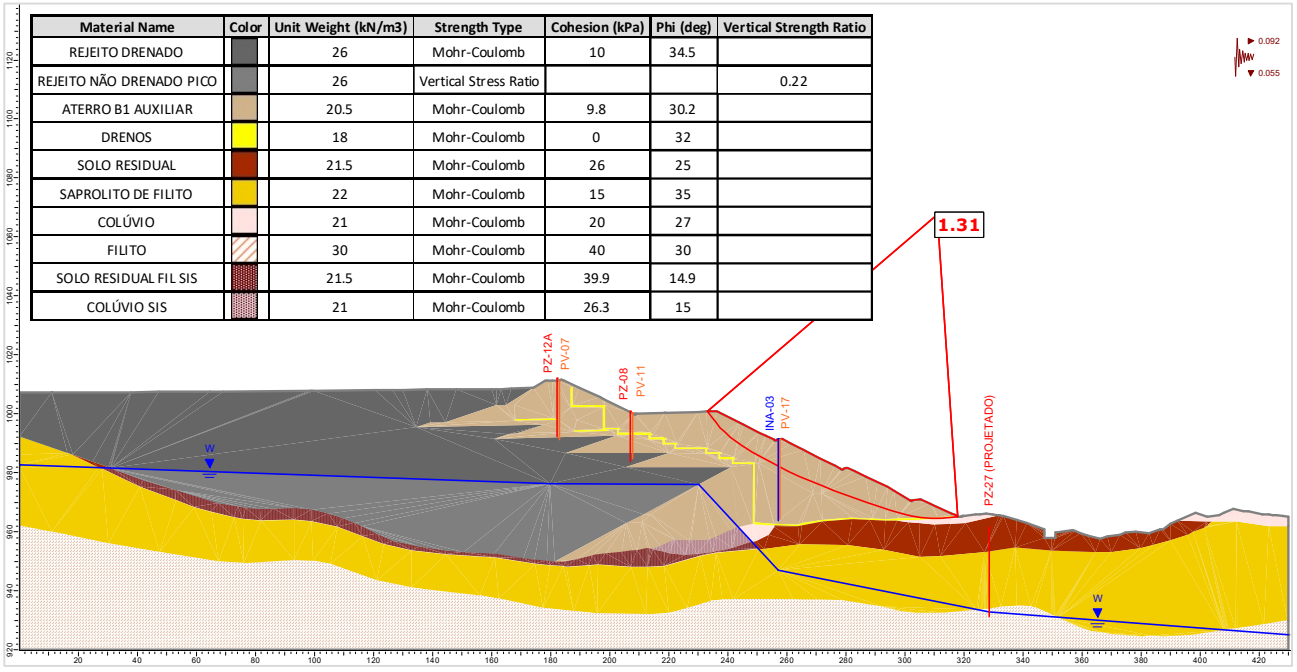


Figura 5.133 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

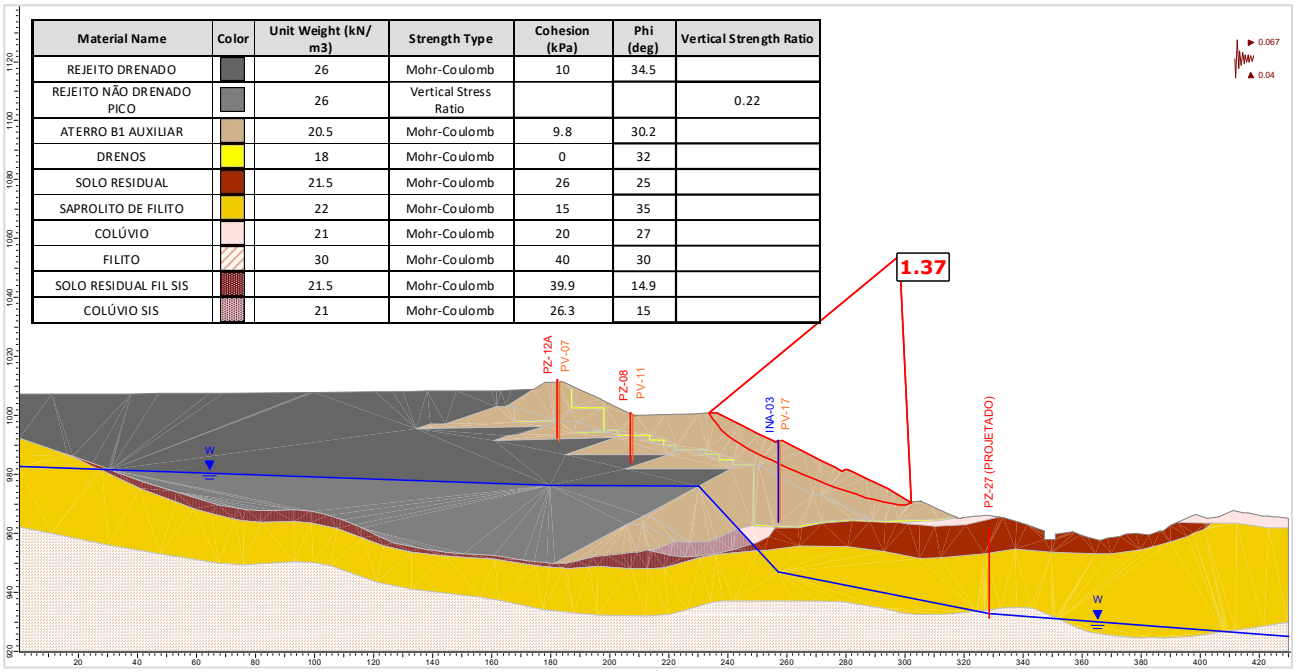


Figura 5.134 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

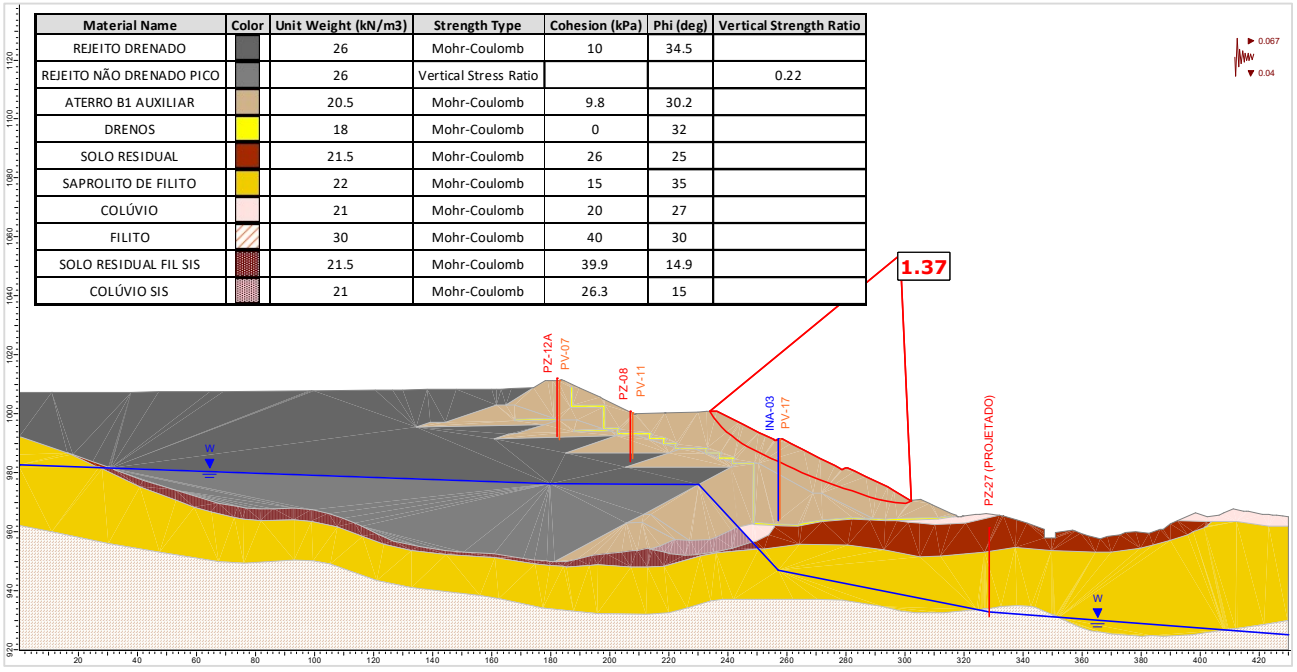


Figura 5.135 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30

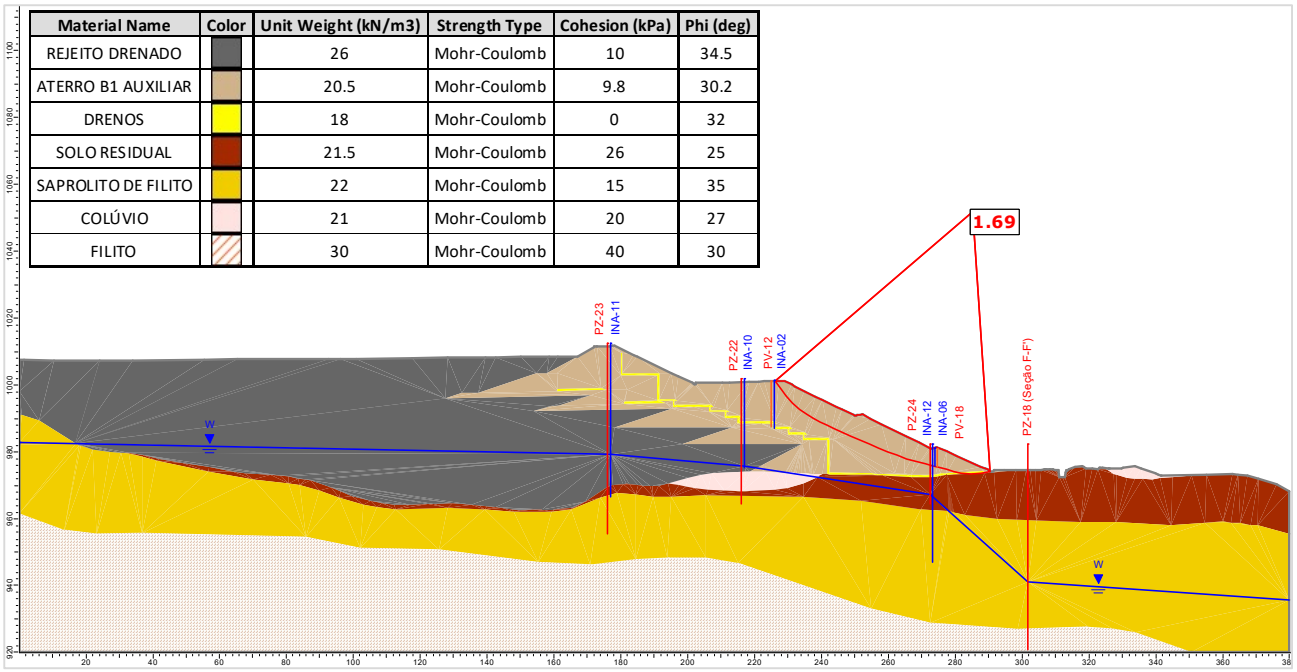


Figura 5.136 – Seção E-E' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

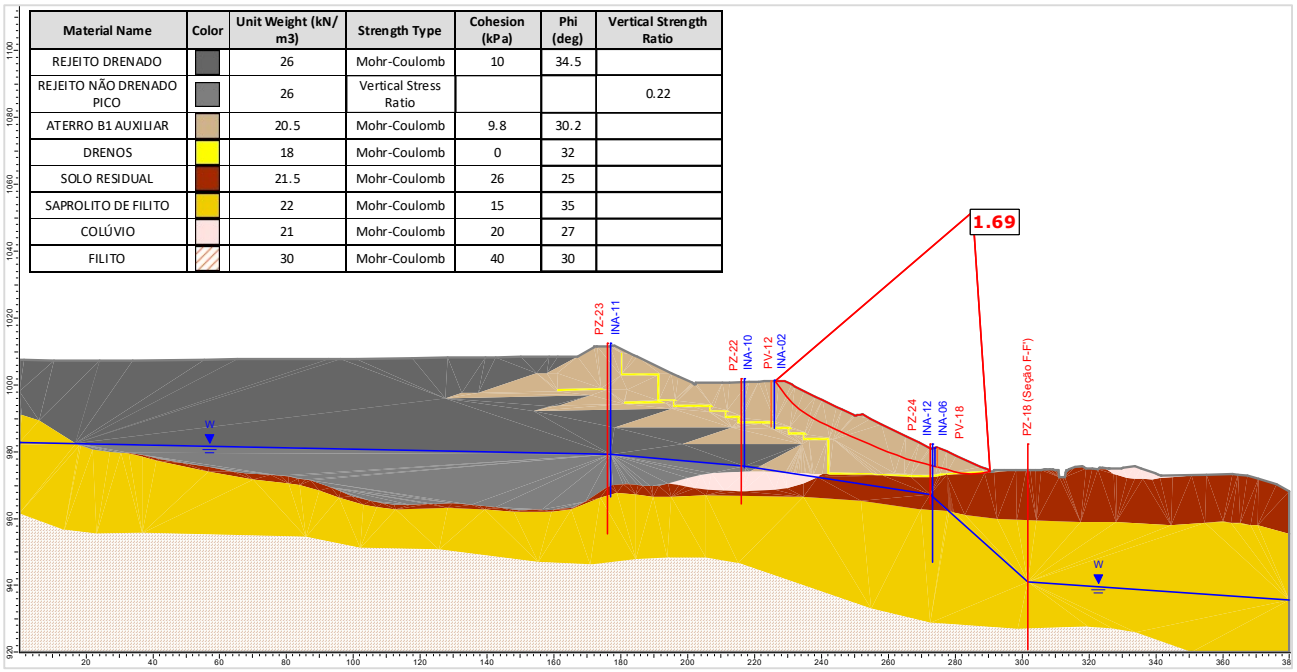
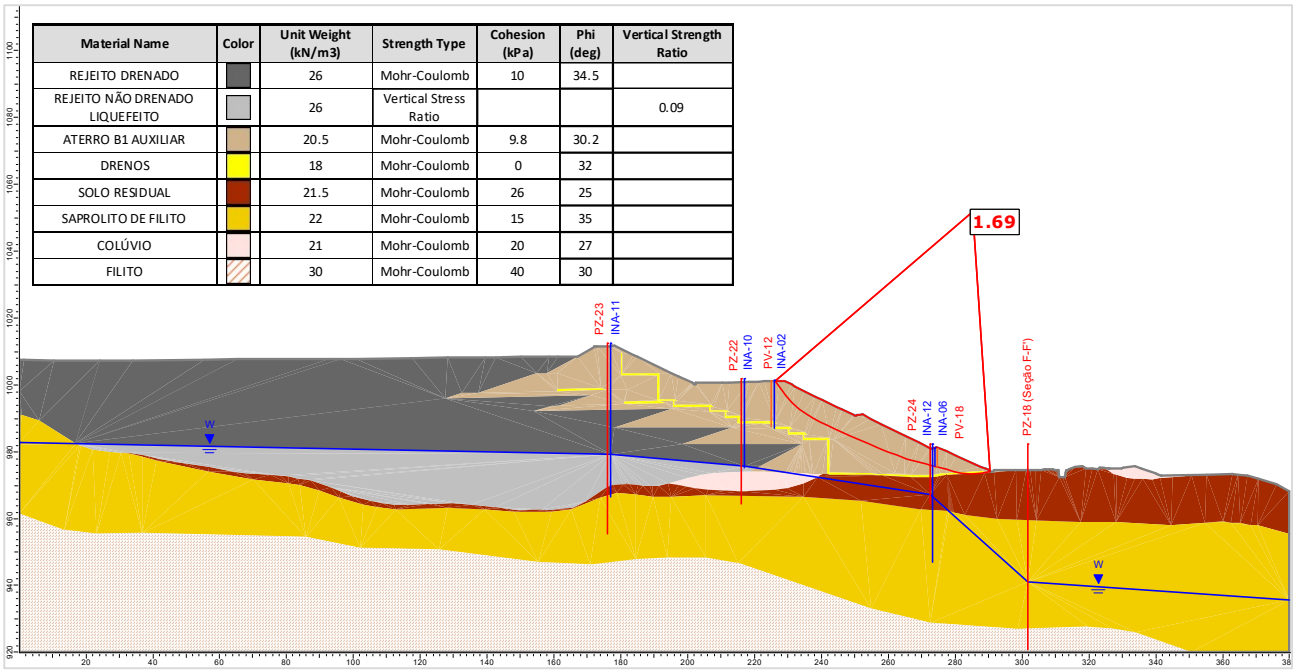
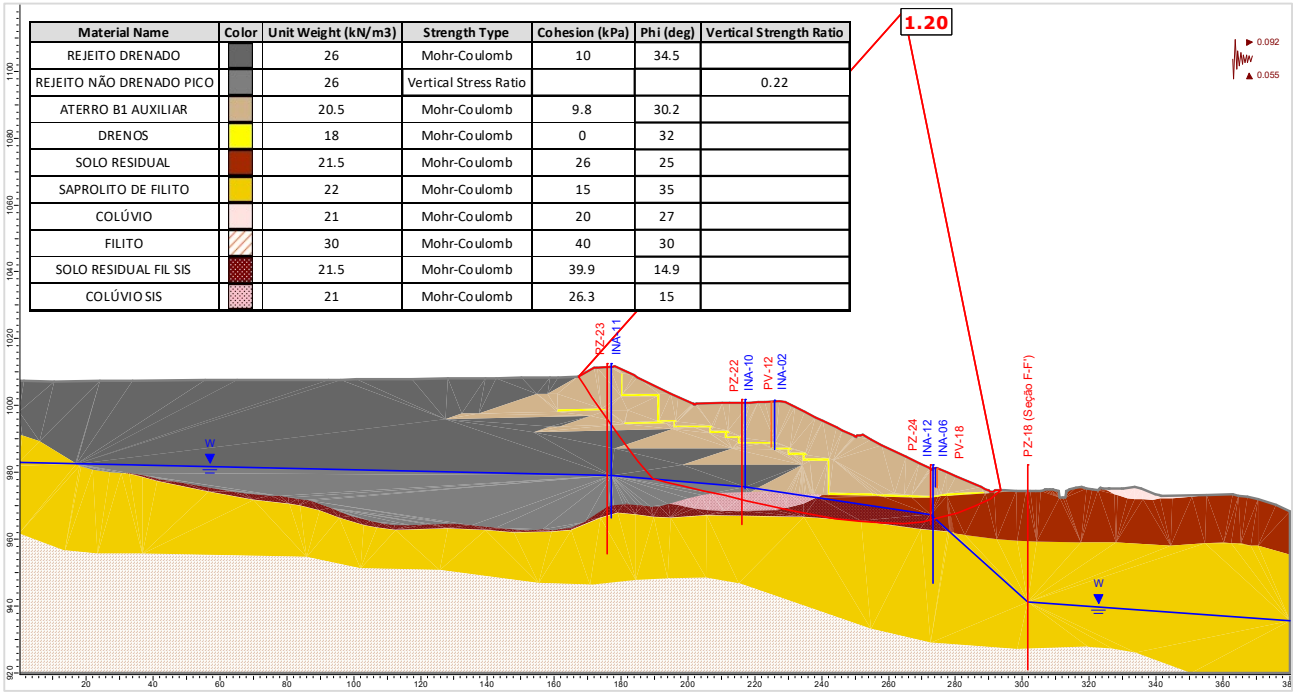


Figura 5.137 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



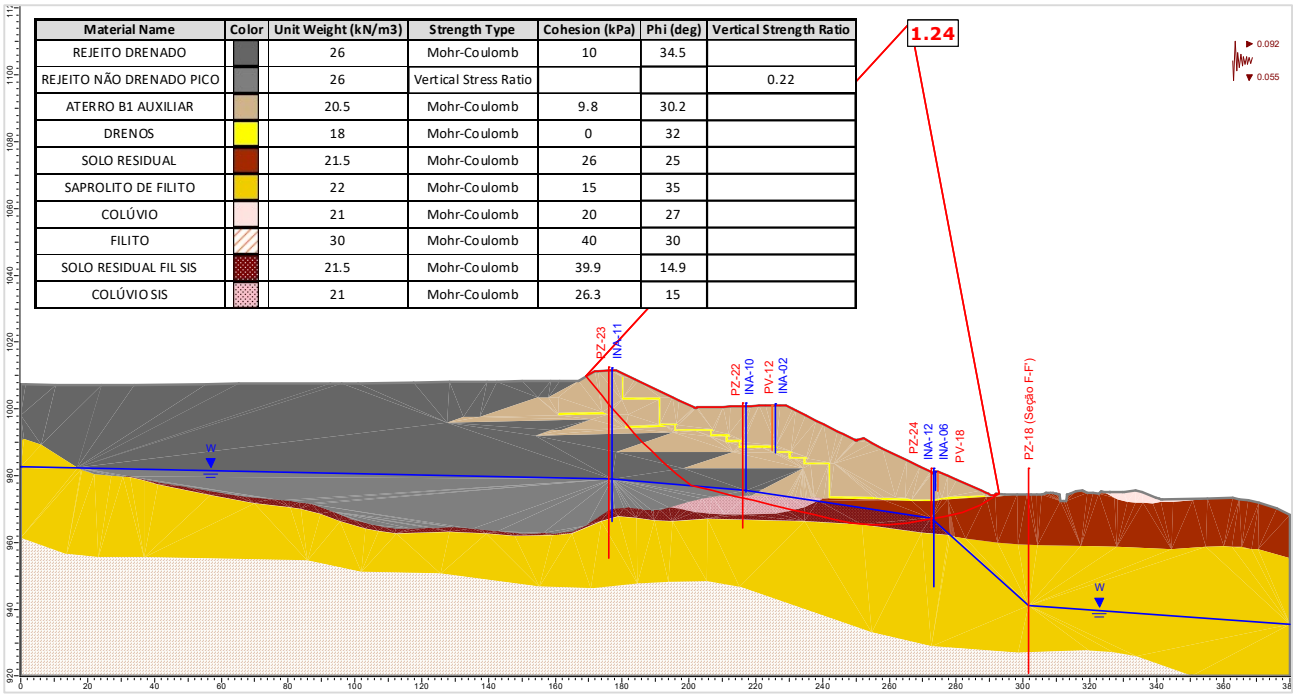
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio			0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.138 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



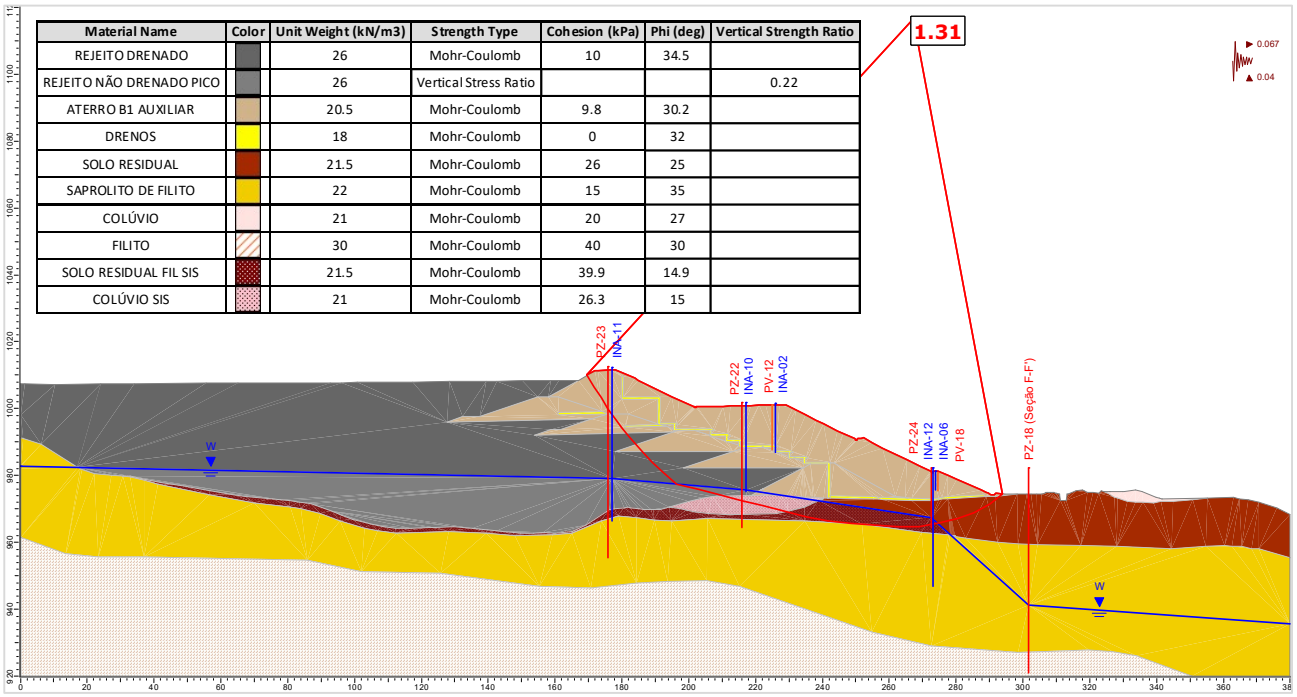
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.139 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



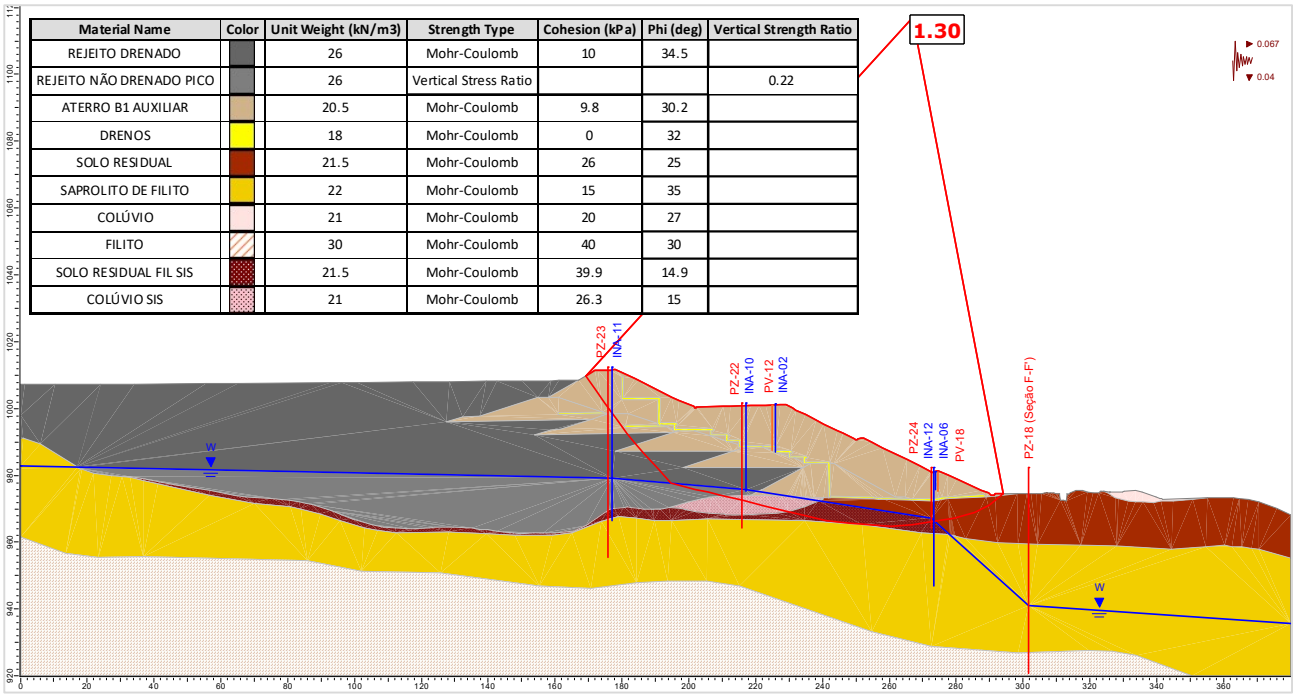
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.140 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



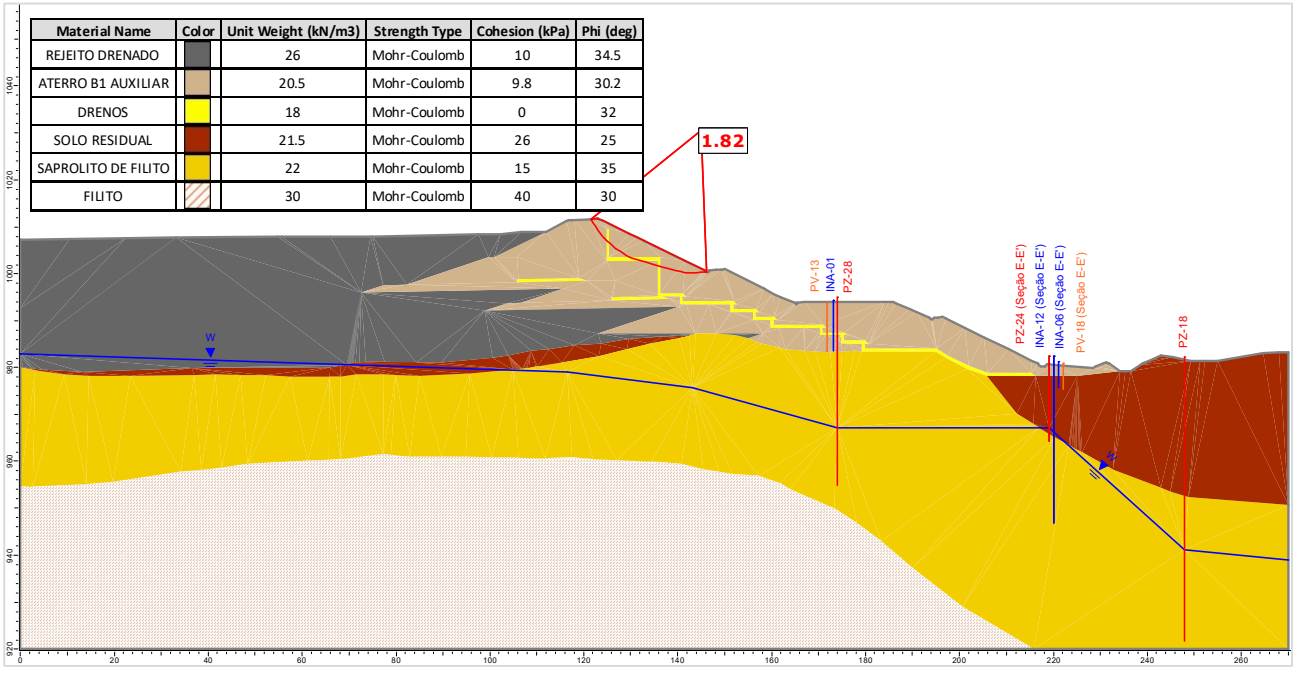
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.141 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.142 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30

Figura 5.143 – Seção F-F' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024.

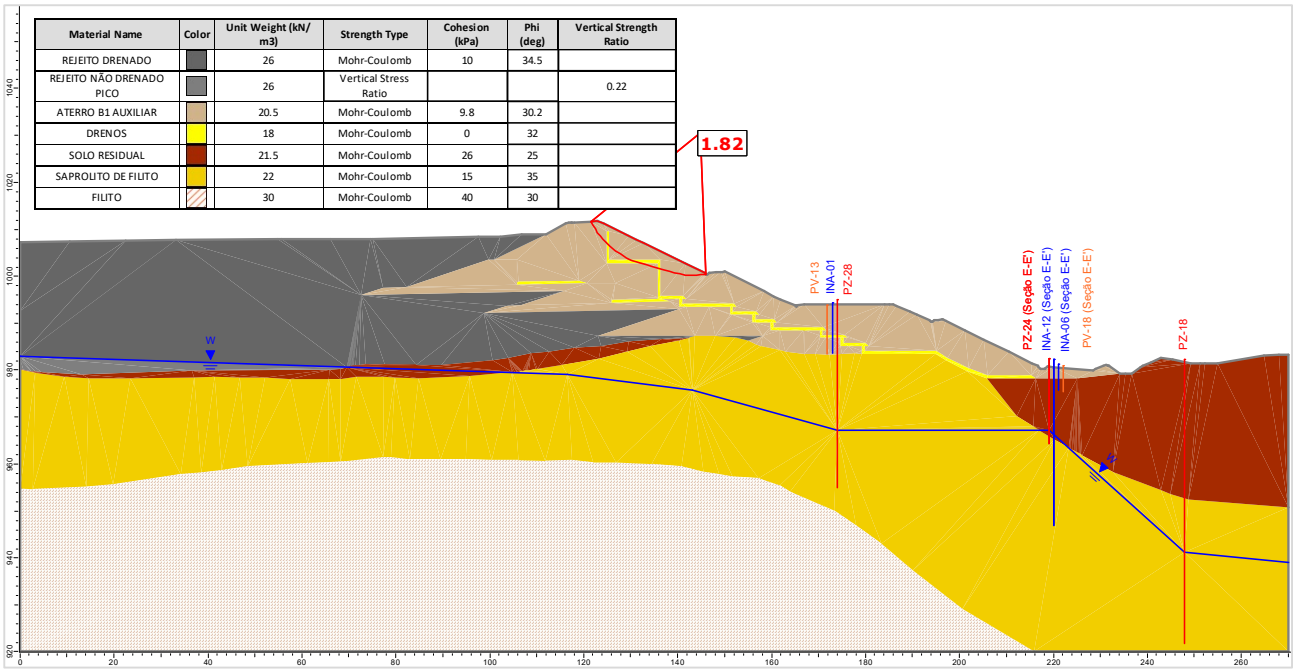


Figura 5.144 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

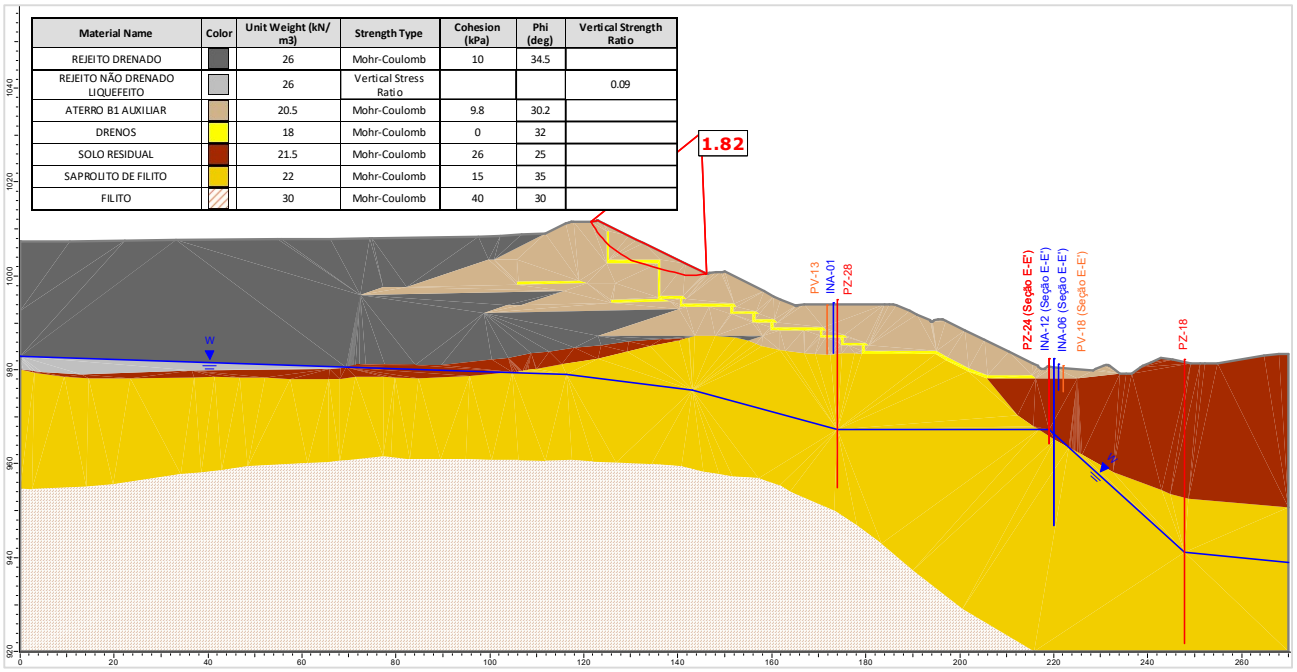


Figura 5.145 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

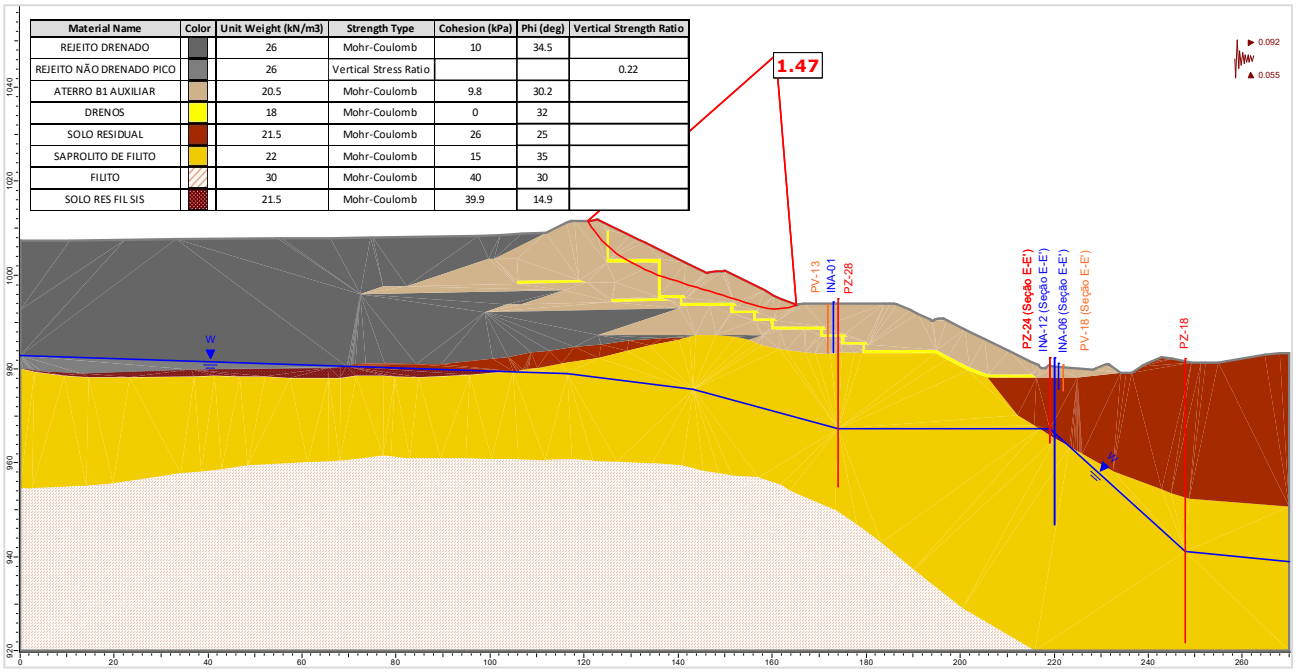


Figura 5.146 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

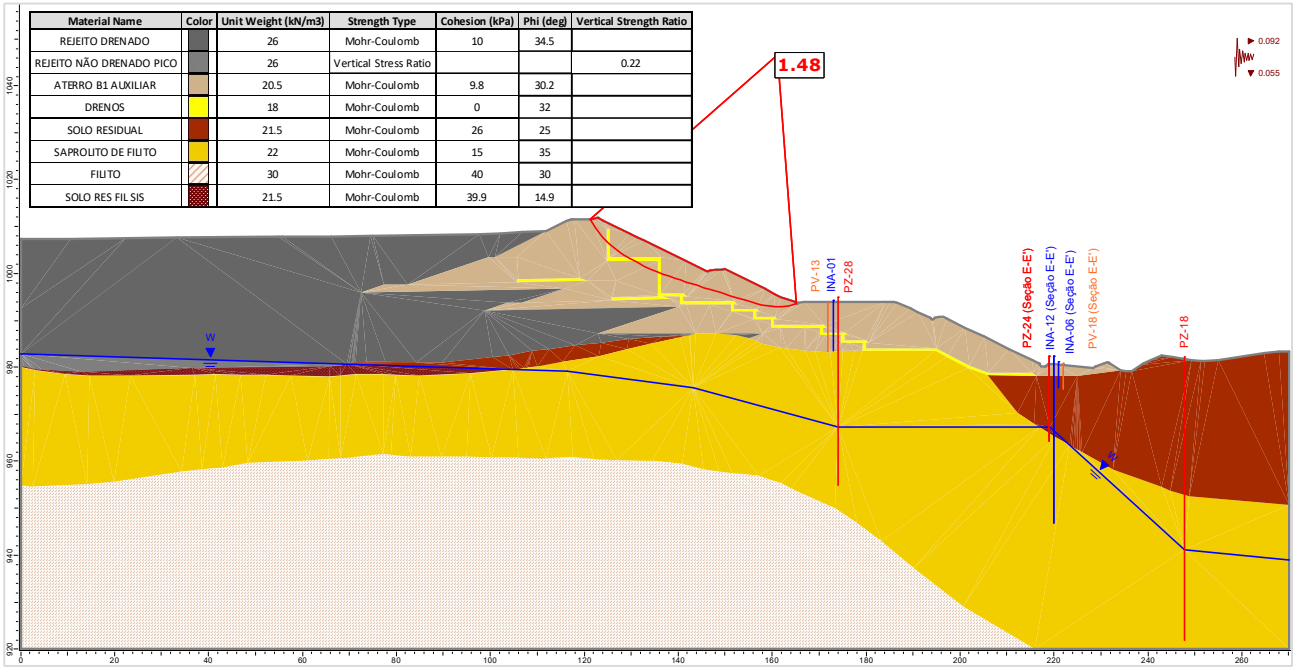


Figura 5.147 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

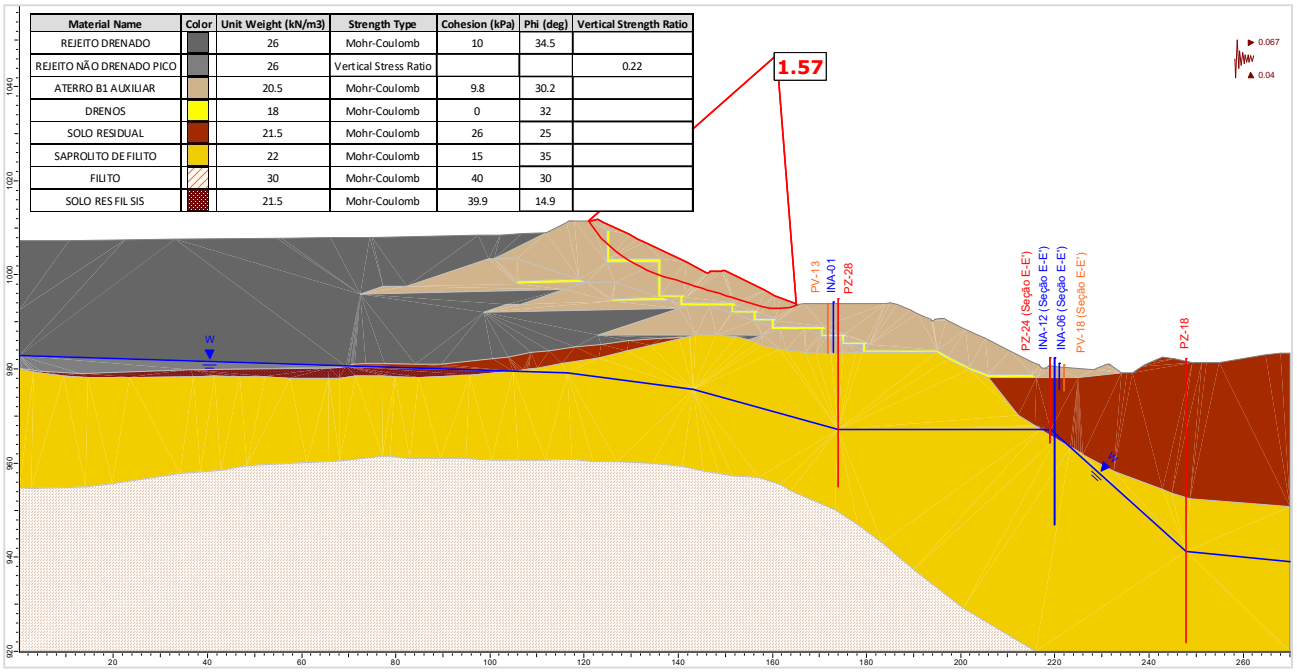


Figura 5.148 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

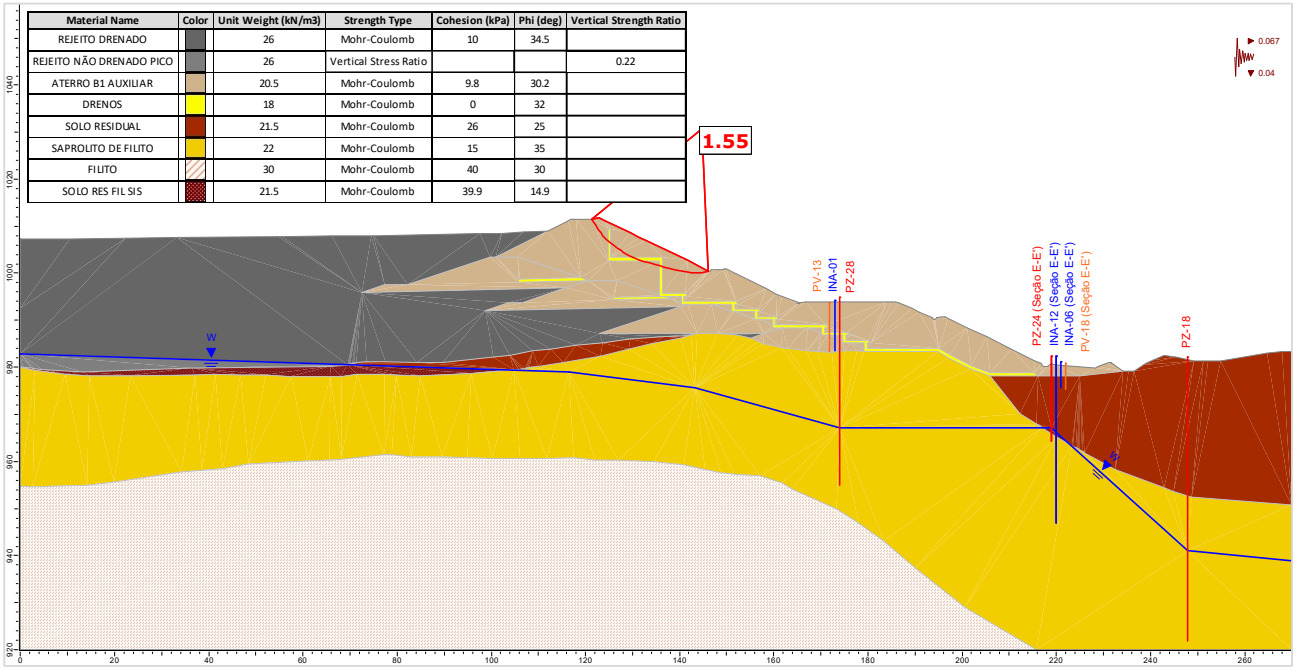


Figura 5.149 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico, no período avaliado (maio/2024 a julho/2024).

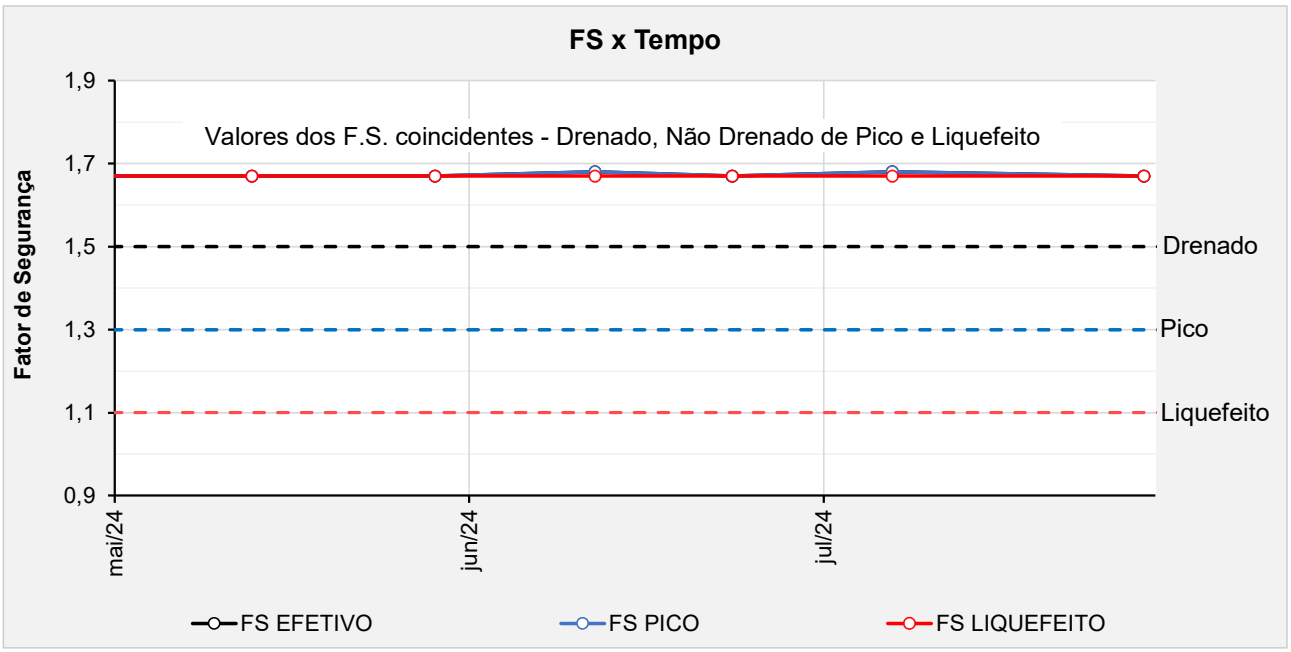


Figura 5.150 – Seção A-A’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

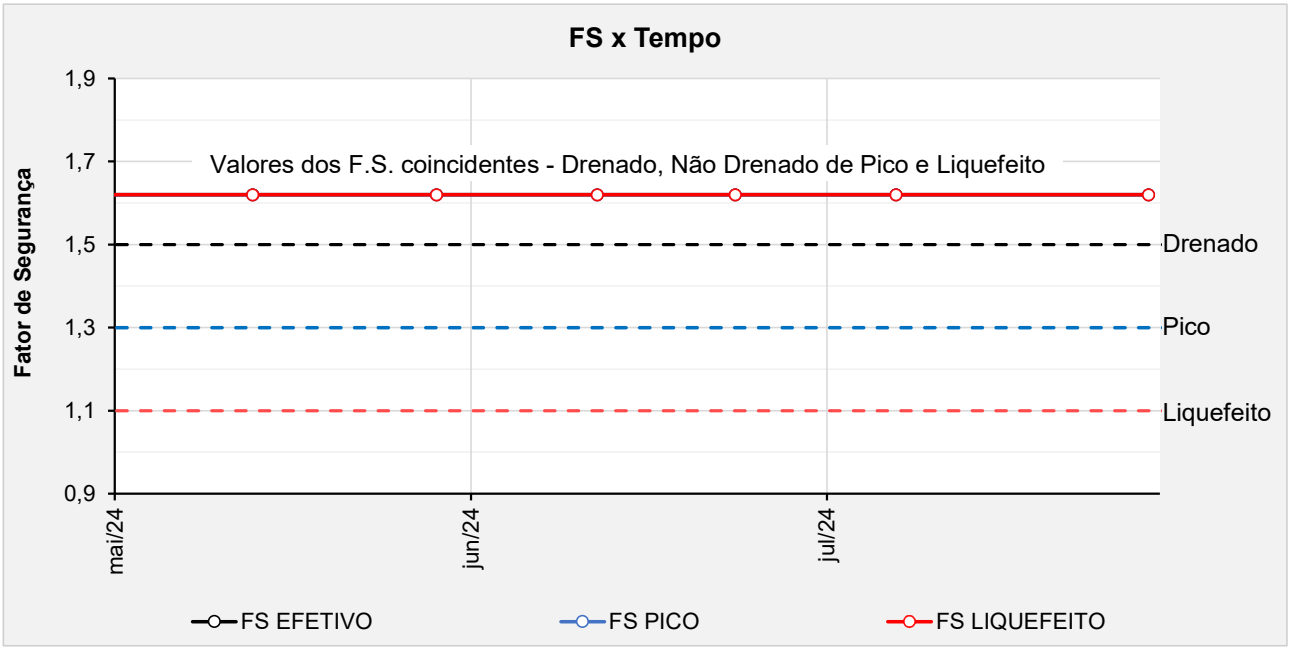


Figura 5.151 – Seção B-B’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

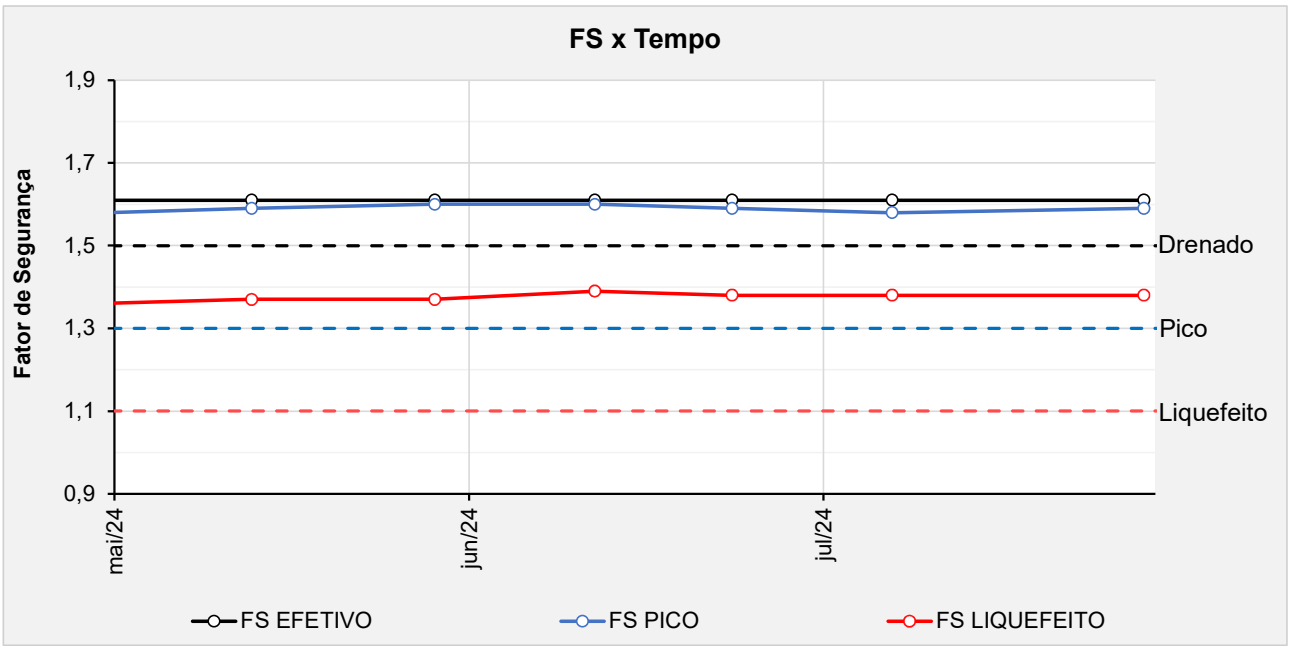


Figura 5.152 – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

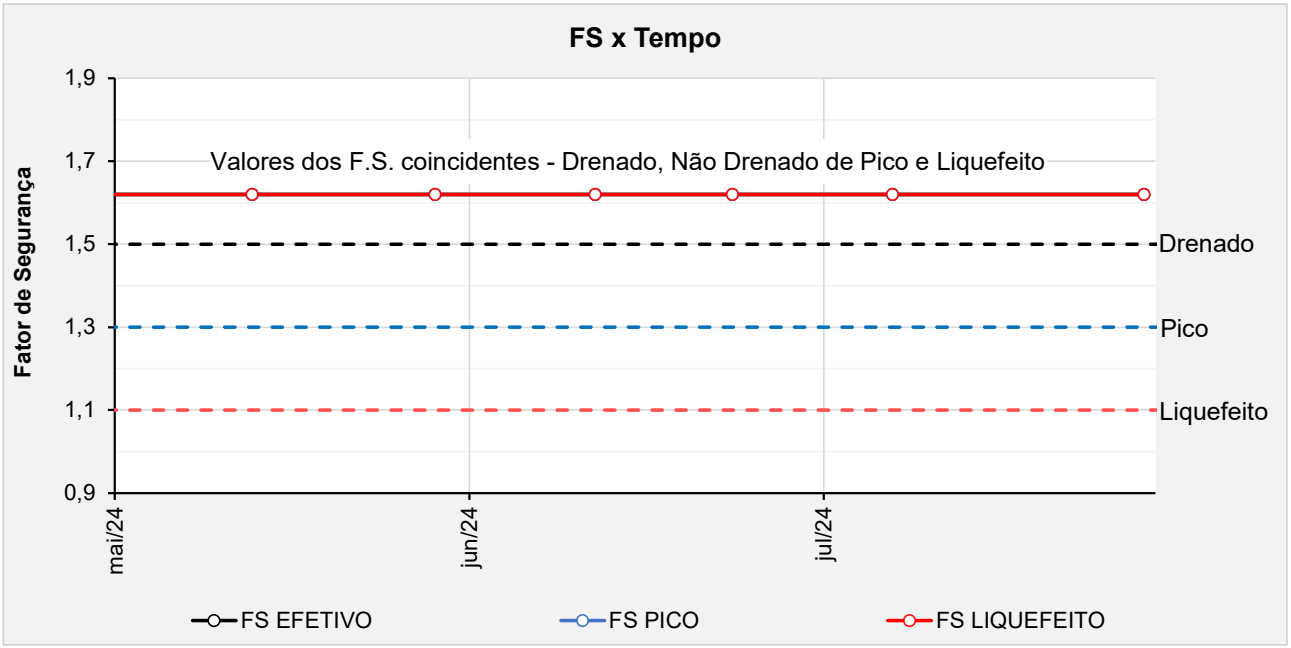


Figura 5.153 – Seção D-D' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

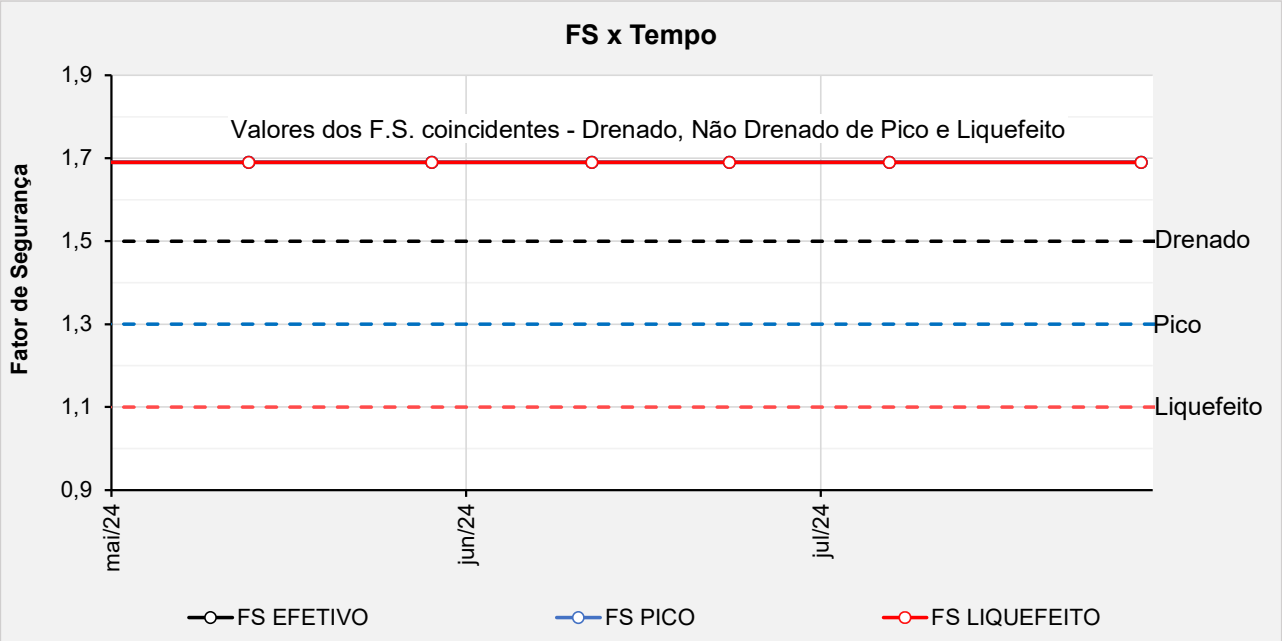


Figura 5.154 – Seção E-E' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

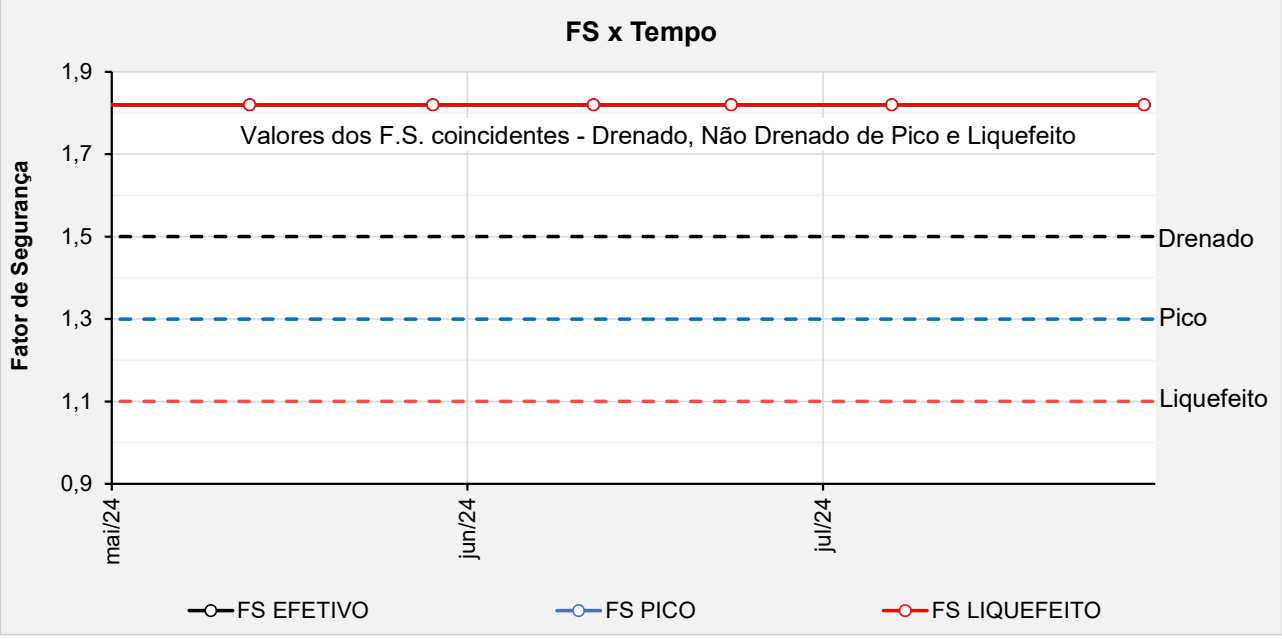


Figura 5.155 – Seção F-F' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante

as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico será fundamental durante as obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação da profundidade e pressão da água no solo e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos dos taludes.

Conforme discutido nos documentos de consolidação e diagnóstico, o material contido no reservatório da barragem, o underflow utilizado na fundação e os sedimentos no interior do reservatório da Barragem B1 Ecológica são compostos por rejeitos ou sedimentos que foram caracterizados como materiais contráteis a partir da análise de ensaios CPTu. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade para todas as seções de controle da barragem na fase de diagnóstico, tanto para a condição não drenada de pico e condição não drenada liquefeita são superiores aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020, ou seja, se encontram acima de 1,3 e 1,1, respectivamente. Mesmo apresentando uma condição confortável atualmente, o monitoramento da superfície freática atuante na estrutura se constitui da principal premissa de controle da execução do projeto de descaracterização.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, considera-se que a estrutura da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico já atende a todos os requisitos legais em termos de segurança estrutural para que se inicie as obras de descaracterização.

Ressalta-se a importância da realização e manutenção das seguintes atividades:

a) Análise de estabilidade que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles

admitidos pela legislação vigente, a ser realizada antes do início das obras;

b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação, prismas e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima semanal;
c) Realização de análises de estabilidade quinzenal;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem ou do aterro de reforço emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição estabelecida na legislação, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista/consultoria que permita autorizar o retorno das atividades.

5.9 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura nas análises de estabilidade com carregamento não drenado de pico e liquefeito e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e a empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório, fundações e maciço da barragem para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura e que são lidos manualmente deverá ser verificado no mínimo uma vez por semana durante o período a execução do aterro de reforço.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados bem como o técnico responsável pela leitura manual deverá reportar imediatamente qualquer anomalia nas leituras realizadas.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na

resposta dos instrumentos automatizados existentes;

- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista/consultoria.

6. Obras de Descaracterização

Este item não é aplicável, já que o projeto executivo de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico ainda não foi aprovado pela FEAM e empresas parceiras.

7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 7.1 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.1 IDENTIFICAÇÃO	
VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: a) Memorial descritivo e desenhos das estruturas implantadas, removidas ou modificadas, ou informações equivalentes, bem como dispositivos de proteção ambiental;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: c) Descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle	Não aplicável.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio;	Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: d) Descrição das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. No caso de remoção do maciço e do reservatório, apresentar as medidas adotadas para a execução deste procedimento e um quantitativo dos materiais retirados;	Não se aplica. O projeto de descaracterização prevê o contrapilhamento da estrutura atual.
IV. Apresentar as medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório, quando couber, bem como informar o seu nível no estágio atual das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar análises de estabilidade nas condições drenada e não drenada, e levando em consideração as solicitações sísmicas que possam atuar sobre a estrutura, avaliando as resistências de pico e residual para a geometria da barragem na atual etapa da obra;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas análises de estabilidade da condição atual
VI. Apresentar o andamento das medidas de estabilização e/ou reforço para atingir no mínimo os fatores de segurança estabelecidos no item V, bem como das medidas de contingência adotadas caso a estabilidade da estrutura durante as obras não possa ser garantida;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Atualmente, os fatores de segurança já atendem aos exigidos pelo item V.
VII. Apresentar o andamento das obras para: a) Remoção das infraestruturas associadas à barragem, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;	Não aplicável. As infraestruturas associadas à barragem já foram removidas.
VII. Apresentar o andamento das obras para: b) Reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. O nível d'água é mantido o mínimo possível na área do reservatório com o fluxo sendo direcionado pelo canal de cintura para o extravasor de serviço operacional.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Atualmente os fatores de segurança já atendem aos exigidos pelo item V.
VIII. Apresentar a análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções; • Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para corrigir as anomalias registradas durante as inspeções visuais, inclusive daquelas iniciadas em períodos anteriores ao do relatório apresentado até sua finalização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IX. Apresentar as leituras da instrumentação instalada na barragem, informando a periodicidade adotada para as leituras e a relação dos níveis registrados pelos instrumentos com os Níveis de Controle de Segurança estabelecidos para a estrutura	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas leituras da instrumentação atualizada com histórico de dois anos hidrológicos.
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	O TR de descaracterização de barragens alteadas pelo método de montante não exige protocolo para garantir a segurança dos trabalhadores da obra para barragens com declaração de condição de estabilidade garantida, caso da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. O projeto atende ao exposto no item 3.3.1 do TR. Tal protocolo é exigido apenas para estruturas que se encontram em nível de alerta. De qualquer forma o projeto trata de critérios de inspeção e monitoramento para paralisação das obras conforme apresentado no Capítulo 12, mais específico no item 12.3 do Relatório de Descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.763).

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Registros fotográficos da condição atual da estrutura são apresentados quinzenalmente nos relatórios de performance geotécnica.
1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: a) Informar ações executadas do programa de manejo do patrimônio espeleológico na área afetada pelas obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: b) Informar as ações executadas ações de resgate da fauna e da flora na área afetadas, se couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: c) Deverão ser apresentadas as ações para controle de supressão vegetal e de processos erosivos na área afetada pelas obras de descaracterização, bem como os comprovantes de regularização ambiental da atividade;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: d) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para acompanhamento e controle dos índices de qualidade do ar na área afetada pelas obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: e) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para gestão de efluentes líquidos e resíduos sólidos na área afetada pelas obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Para obras em estágio de finalização, apresentar as medidas adotadas para o manejo e a proteção do solo, dos recursos hídricos, para garantir a estabilidade geotécnica da área	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.5 ASSINATURAS	
Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.
1.6 ANEXO	
Apresentar as anotações de responsabilidade técnica – ART do projeto, do acompanhamento das obras e do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.

8. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:

Elias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

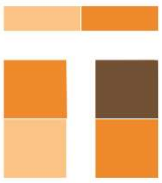
- Responsável técnico pela barragem:

Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

9. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



TERRACOTA
GEOTECNIA

Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232407570

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA BR-381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**
Celebrado em: **09/01/2023**
Valor: **R$ 260.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520
Nº: **00**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **IGARAPÉ**
UF: **MG**
CEP: **32900000**
Data de Início: **01/06/2023**
Previsão de término: **30/11/2023**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **OUTROS**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1-AUXILIAR - MINA TICO-TICO.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.09.27 19:08:39 -03'00'

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

BELO HORIZONTE, 27 de SETEMBRO de 2023
Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 254,59** Registrada em: **27/09/2023** Valor pago: **R$ 203,68** Nosso Número: **8602499666**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: 9Yzxd
Impresso em: 27/09/2023 às 19:04:56 por: , ip: 170.82.175.12

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243273936

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à MG20221553989

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1403750408**

Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **CMS000481**

Celebrado em: **17/07/2023**

Valor: **R$ 16.420,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520

Nº: **00**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **IGARAPÉ**

UF: **MG**

CEP: **32900000**

Data de Início: **01/08/2024**

Previsão de término: **31/08/2024**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS TÉCNICOS DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1025) E DA BARRAGEM B1-AUXILIAR - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1030), REFERENTE AO TRIMESTRE MAIO DE 2024 A JULHO DE 2024, EM ATENDIMENTO AO TERMO DE COMPROMISSO - TC (MPF, MPMG, SEMAD/FEAM, ANM).

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2024.08.29 22:19:55 -03'00'

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

Brumadinho, 27 de agosto de 2024

Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243273936

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à
MG20221553989

10. Valor

Valor da ART: **R$ 99,64** Registrada em: **27/08/2024** Valor pago: **R$ 99,64** Nosso Número: **8605555034**

BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12822-R-BA-RL-10-GE_r1

FEVEREIRO 2024

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12822-R-BA-RL-10-GE_r1

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.922

BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00	01				Rev doc	00	01				Rev doc	00	01				Rev doc	00	01			
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X	X				26	X	X				51	X	X				76	X	X			
2	X	X				27	X	X				52	X	X				77	X	X			
3	X	X				28	X	X				53	X	X				78	X	X			
4	X	X				29	X	X				54	X	X				79	X	X			
5	X	X				30	X	X				55	X	X				80	X	X			
6	X	X				31	X	X				56	X	X				81	X	X			
7	X	X				32	X	X				57	X	X				82	X	X			
8	X	X				33	X	X				58	X	X				83	X	X			
9	X	X				34	X	X				59	X	X				84	X	X			
10	X	X				35	X	X				60	X	X				85	X	X			
11	X	X				36	X	X				61	X	X				86	X	X			
12	X	X				37	X	X				62	X	X				87	X	X			
13	X	X				38	X	X				63	X	X				88	X	X			
14	X	X				39	X	X				64	X	X				89	X	X			
15	X	X				40	X	X				65	X	X				90	X	X			
16	X	X				41	X	X				66	X	X				91	X	X			
17	X	X				42	X	X				67	X	X				92	X	X			
18	X	X				43	X	X				68	X	X				93	X	X			
19	X	X				44	X	X				69	X	X				94	X	X			
20	X	X				45	X	X				70	X	X				95	X	X			
21	X	X				46	X	X				71	X	X				96	X	X			
22	X	X				47	X	X				72	X	X				97	X	X			
23	X	X				48	X	X				73	X	X				98	X	X			
24	X	X				49	X	X				74	X	X				99	X	X			
25	X	X				50	X	X				75	X	X				100	X	X			

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS
01	I	APROVADO. ATENDENDO COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV. 01	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	27/02/2024	29/02/2024					
EXECUTADO	GFL / EJC	GFL / EJC					
VERIFICADO	EJC	EJC					
APROVADO	EJC	EJC					

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12822-R-BA-RL-10-GE_r1

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.922

BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00	01				Rev doc	00	01				Rev doc						Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
101	X	X				126	X	X				151						176					
102	X	X				127	X	X				152						177					
103	X	X				128	X	X				153						178					
104	X	X				129						154						179					
105	X	X				130						155						180					
106	X	X				131						156						181					
107	X	X				132						157						182					
108	X	X				133						158						183					
109	X	X				134						159						184					
110	X	X				135						160						185					
111	X	X				136						161						186					
112	X	X				137						162						187					
113	X	X				138						163						188					
114	X	X				139						164						189					
115	X	X				140						165						190					
116	X	X				141						166						191					
117	X	X				142						167						192					
118	X	X				143						168						193					
119	X	X				144						169						194					
120	X	X				145						170						195					
121	X	X				146						171						196					
122	X	X				147						172						197					
123	X	X				148						173						198					
124	X	X				149						174						199					
125	X	X				150						175						200					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS
01	I	APROVADO. ATENDENDO COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV. 01	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	27/02/2024	29/02/2024					
EXECUTADO	GFL / EJC	GFL / EJC					
VERIFICADO	EJC	EJC					
APROVADO	EJC	EJC					

SUMÁRIO

1. Introdução 5
2. Documentos de referência 6
3. Códigos e Normas 7
4. Ficha Técnica do Empreendimento 8
4.1 Identificação do Empreendedor 8
4.2 Identificação do Empreendimento 8
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 8
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 8
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 8
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.8 Localização da Barragem 9
4.9 Função atual 10
4.10 Características Gerais 10
4.11 Classificação da Barragem 14
5. Projeto de Descaracterização 19
5.1 Descrição do Projeto 20
5.2 Alterações de Projeto 24
5.3 Atividades Preparatórias 24
5.3.1 Impermeabilização do Reservatório 24
5.3.2 Sistema Extravasor de Emergência 24
5.4 Cronograma 26
5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos 29
5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado 29
5.6.1 Inspeções de Campo 29
5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções 29
5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem 31
5.6.3.1 Leituras Instrumentação 47
5.6.4 Análise de Estabilidade 83
5.6.4.1 Premissas adotadas nas Simulações 83
5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem 86
5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática 91
5.6.4.4 Parâmetros de Resistência 93

5.6.4.5 Resultados 95
5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 120
5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 121
5.9 Rotina de Monitoramento 122
6. Obras de Descaracterização 123
7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 123
8. Assinaturas 127
9. Anexos 128

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico**, referente ao trimestre (Novembro/2023 a Janeiro/2024), elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico, o qual foi emitido em setembro de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

Apesar de o projeto executivo ter sido emitido em setembro de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico não foram iniciadas até o momento.

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.765_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Janeiro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.554_r2 – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023.
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.761_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.762_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.763_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.760 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.784 – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023.
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.711_r2 - Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragens – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – FEAM – 2º Semestre de 2023. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023.

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2017 – dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

4.8 Localização da Barragem

A Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Igarapé-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 574.430m E e 7.776.830m N. A estrutura situa-se a jusante da Barragem B2 – Mina Tico-Tico (B2TT) e a montante da estrutura descaracterizada, denominada Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico (B1 Tico-Tico).

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

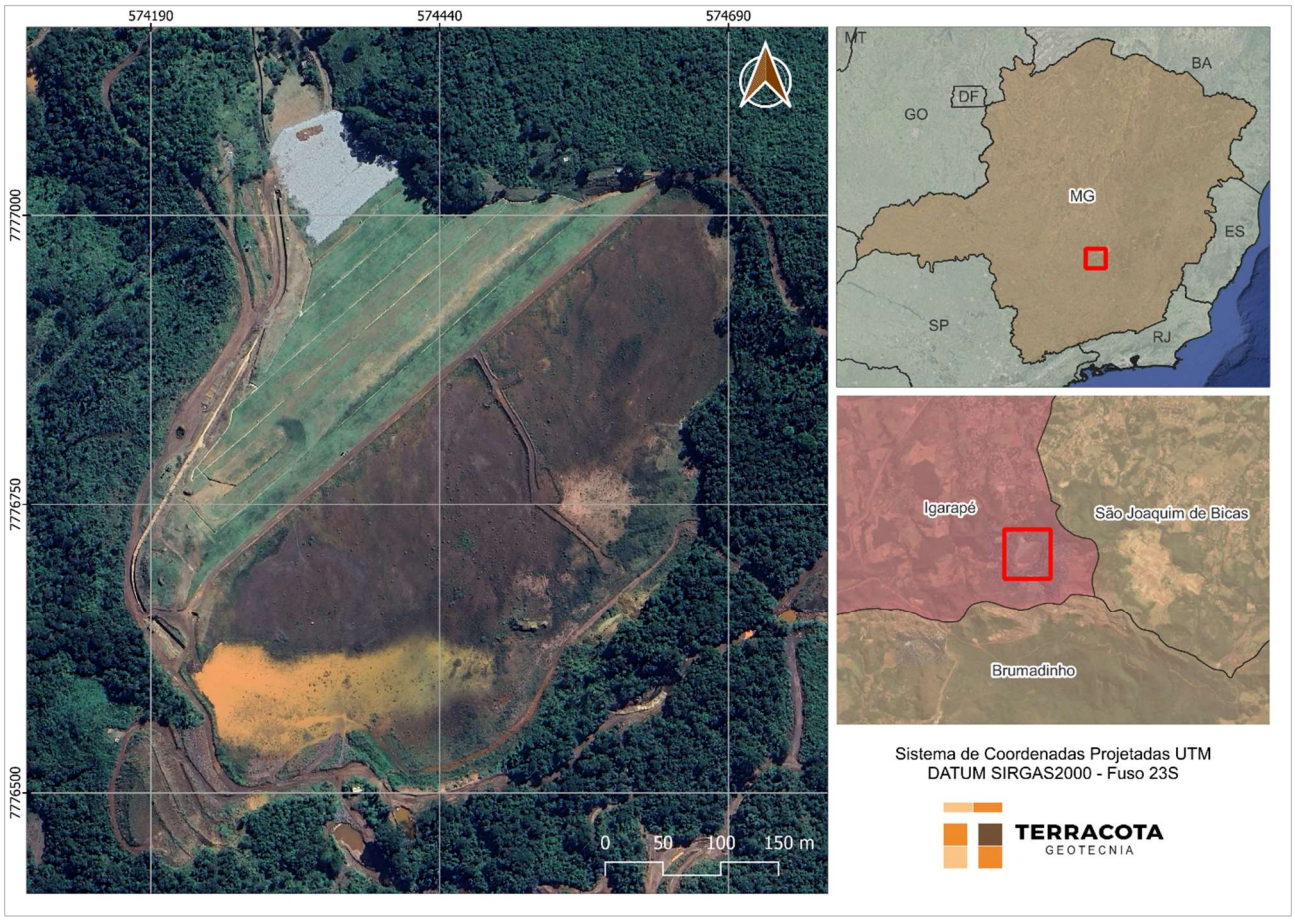


Figura 4.1 – Localização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

4.9 Função atual

As funções da barragem englobavam: a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte.

O lançamento de rejeitos na barragem foi paralisado em janeiro de 2019. A tubulação de rejeito e os espigotes foram removidos e a estrutura encontra-se descomissionada e desativada conforme consta na Resolução ANM nº95/2022, Art. 2º VIII.a e IX e no Art. 3º do Decreto Estadual 48.140/2021, a operação de disposição de rejeitos não será retomada.

4.10 Características Gerais

A Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico foi construída em 7 (sete) etapas, sendo o maciço inicial na El. 963,0 m, um alteamento a jusante na El. 983,0 m e cinco alteamentos a montante até a elevação final 1.011,00 m.

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.1, atualizadas a partir

dos levantamentos topográficos IPE.OP.DF.8000.GT.20.008.A_R1.dwg e IPE.OP.DF.8000.GT.20.024.B.dwg, sendo que a Figura 4.2 apresenta a imagem de satélite da estrutura e a Figura 4.3 apresenta a seção C-C' de maior altura da barragem.

Tabela 4.1 – Principais características da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico
Código FEAM	402
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'12.700" Longitude: -44°17'17.500"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	574.430m E / 7.776.830m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	2007
Ano de Início de Operação	2007
Ano de Término de Operação	2019
Ano de Término de Descaracterização	Sem previsão
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (projeto)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total = Reservatório + maciços (m³)	4.258.447 (*)
Capacidade total do reservatório (m³)	3.116.656 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	2.659.653 (*)
Área do reservatório (m²)	139.000
Elevação do coroamento (m)	1.011,0
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	930,0
Altura atual da barragem (m)	81,0
Extensão do coroamento (m)	570,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, mínimo de 3,0
Alteamentos realizados e métodos empregados;	Alteamentos a jusante e a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6º)
Inclinação talude de montante	2,0(H):1(V) (32º)
Elevação do NA normal do reservatório (m)	1.007,00
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.010,00
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.010,30
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	1,00
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,70
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	5,10
Descarga do vertedouro (PMP) (m³/s)	9,72
Capacidade de descarga do vertedouro (m³/s)	22,00
Área da bacia de contribuição (km²)	1,023

(*) Volumes obtidos da análise e interpretação dos levantamentos topográficos de "As Built" das diversas etapas construtivas e do levantamento de ocupação atual do reservatório (IPE.OP.DF.8000.GT.20.008.A_R1.dwg).



Figura 4.2 – Imagem da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. (Fonte: GoogleEarth® - Maio/2023).

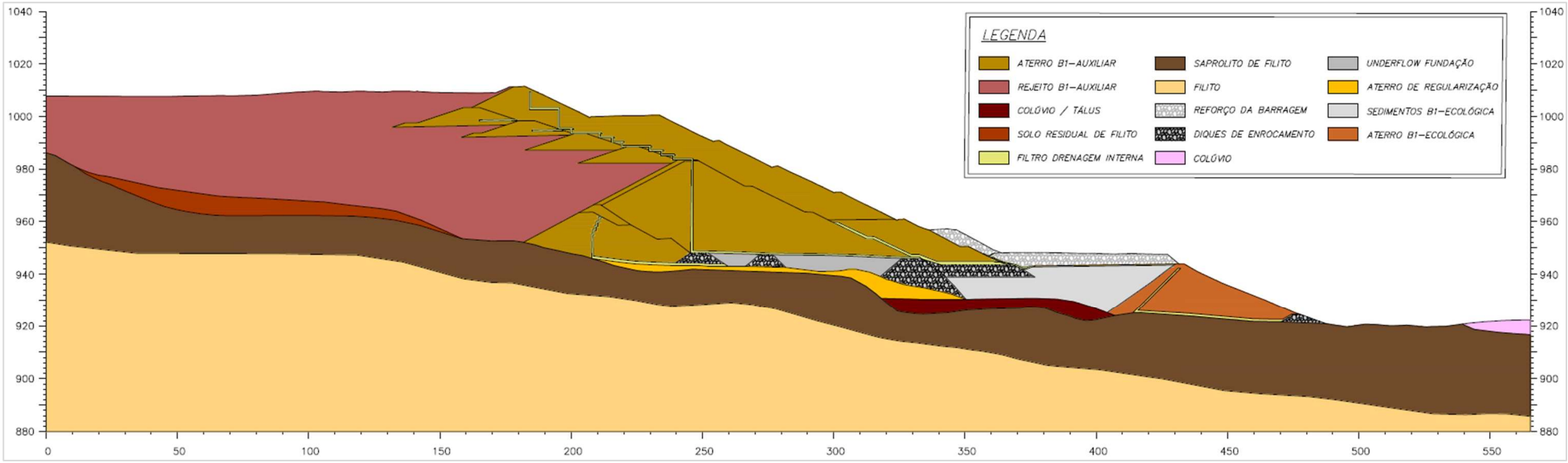


Figura 4.3 – Seção de maior altura C-C’ da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico** foi classificada, conforme RTESB referente ao 2º semestre/2023 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.711), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.2 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	2
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**21**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.3 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	5
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**23**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.4 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.5 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	**Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)**	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 2			

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 0				

Tabela 4.8 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanen-temente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de insta-lações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO **(Existe alta concentração de instalações residen-ciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
PDA = Σ (a até d) = 23			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de contrapilhamento da estrutura (aterro de reforço) até o nível do coroamento com estéril rochoso (enrocamento de itabirito compacto), o preenchimento e a regularização do reservatório com rejeito filtrado e a selagem da superfície final com solo argiloso;
- Os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,3) e não drenado liquefeito (FS≥1,1) já são atendidos em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização. Considerando a superfície freática atual, o fator de segurança exigido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,5), a ser obtido ao final das obras de descaracterização, também já são atendidos em todas as seções;
- O projeto de descaracterização será concebido para ser executado em três etapas macro: sendo a primeira com a construção do canal extravasor/condutor pela ombreira esquerda; a segunda etapa compreende a regularização do reservatório com rejeito filtrado, a selagem da superfície final com solo argiloso, construção do canal de coleta sobre o reservatório e o tamponamento do sistema extravasor operacional; e a terceira etapa se resume na construção do aterro de reforço com enrocamento até o nível do coroamento;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos, com duração mínima de 6 meses (abril a setembro), podendo se estender em função das condições climáticas desde que haja tempo hábil para atender as premissas de conclusão de cada etapa;
- O projeto considera que as escavações para tratamento de fundações e a execução dos aterros será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas, tratores de esteira, motoniveladoras e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O volume total geométrico de aterro previsto para execução do reforço da estrutura, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.229.140 m³;
- O projeto de descaracterização abrange exclusivamente a área da barragem, ombreiras e o reservatório;
- A superfície final do reservatório deverá receber camada impermeabilizante (selo) de solo argiloso, preferencialmente laterítico, compactado em camadas de no máximo 25 cm de material solto até obter espessura final mínima de 50 cm, grau de compactação de 98% do PN e ter as declividades indicadas no projeto de forma a direcionar os fluxos incidentes nesta superfície para o canal de condutor;

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico se constitui basicamente no contrapilhamento da estrutura (aterro de reforço) até o nível do coroamento com estéril rochoso (enrocamento de itabirito compacto), o preenchimento e a regularização do reservatório com rejeito filtrado e com selagem da superfície final com solo argiloso, além da construção do canal de desvio (canal de contorno) da drenagem superficial que não permitirá a formação de lago na estrutura e, por fim, o tamponamento do extravasor operacional.

Durante as etapas de regularização do reservatório, os fluxos incidentes e de contribuições de nascentes continuarão a ser direcionados para o sistema extravasor operacional utilizando os canais de contorno existentes. Também deverá ser mantido em condições de uso o sistema de bombeamento existente junto à margem esquerda, com capacidade para direcionar as águas para o interior do sistema extravasor operacional.

As escavações para construção do canal sobre o reservatório serão realizadas em camadas com aproximadamente 2,0 m de espessura que se estendem por toda a largura da área a ser descaracterizada. A escavação será feita a partir das proximidades do emboque do sistema extravasor de emergência (ombreira esquerda) avançando em direção ao fundo do reservatório. Transversalmente ao reservatório, a superfície será regularizada com 0,5% de declividade a partir do coroamento e das margens em direção ao canal.

Caso se verifique, em qualquer camada, que o rejeito se encontra com elevada saturação comprometendo o andamento dos serviços (escavação e tráfego de caminhões), deverá ser executada inicialmente uma vala longitudinal principal de forma a desaguar o rejeito. Esta vala deverá ter declividade mínima (0,5%) que direcione o fluxo em direção a um *sump* operacional onde deverá ser instalado sistema de bombeamento.

Os taludes das escavações no rejeito para a construção do canal deverão ter inclinação correspondente a 3H:1V.

Em termos gerais, o projeto de descaracterização será realizado em quatro etapas macro compreendendo:

- **Etapa 1** – Construção da estrutura em concreto armado do canal extravasor ao longo da ombreira esquerda da barragem;

- **Etapa 2** – Conformação e drenagem da área do reservatório. Envolve a regularização da superfície com aterro de rejeito filtrado, a escavação para construção do canal principal e canais secundários e interligação com o trecho em concreto, execução de selo com solo argiloso, revestimento dos canais sobre o reservatório com gabiões colchão;
- **Etapa 3** – Tamponamento do sistema extravasor operacional;
- **Etapa 4** – Execução do aterro de reforço. Abrange também a realização de supressão vegetal, tratamento das fundações e construção de dispositivo de drenagem interna. A construção do aterro de reforço está prevista para ser executada em um período de 3 (três) anos – 2025 a 2027.

As etapas macro 1, 2 e 4 do projeto de descaracterização descritas acima são representadas respectivamente na Figura 5.1, Figura 5.2 e Figura 5.3.

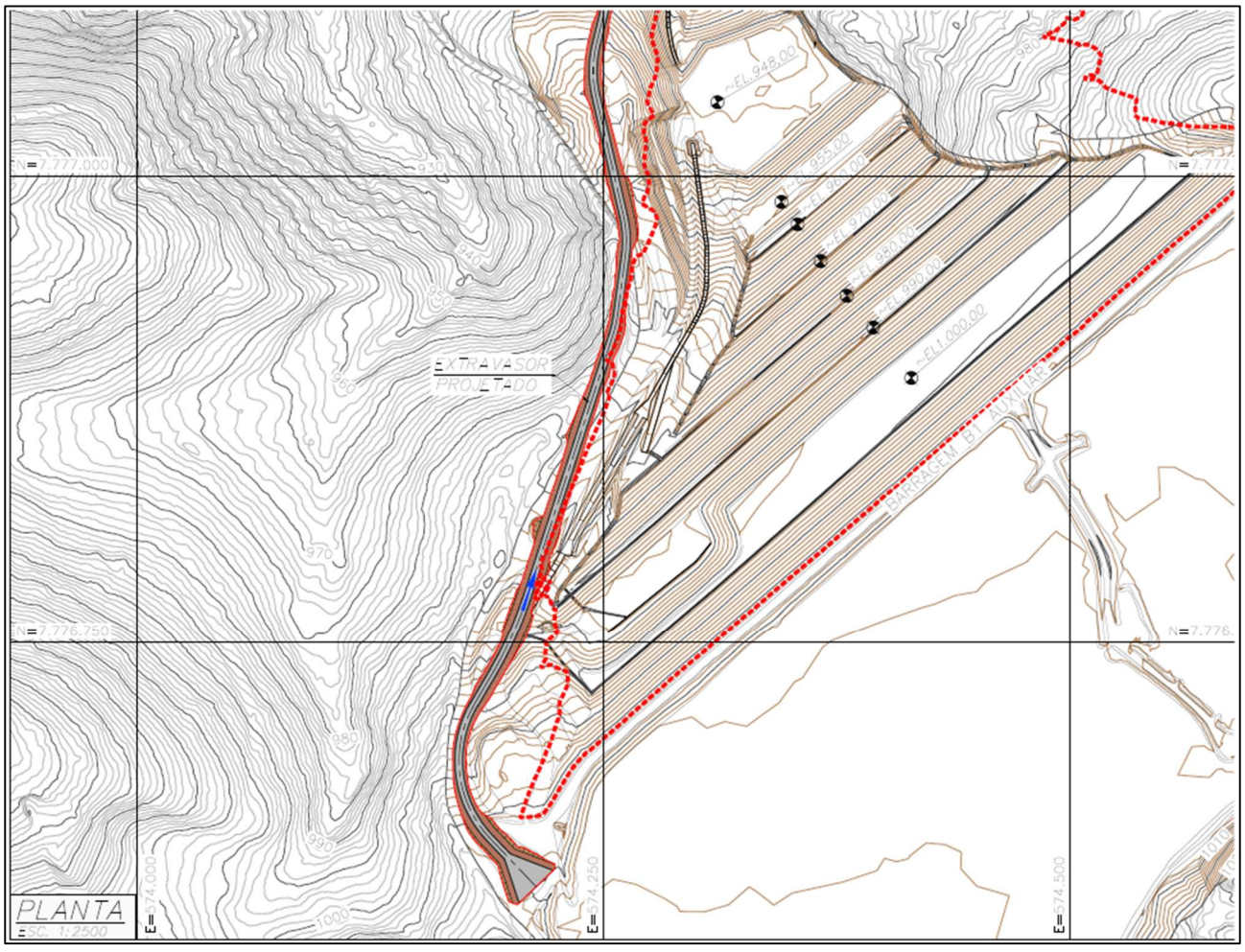


Figura 5.1 – Etapa 1 – Construção do canal na ombreira esquerda.

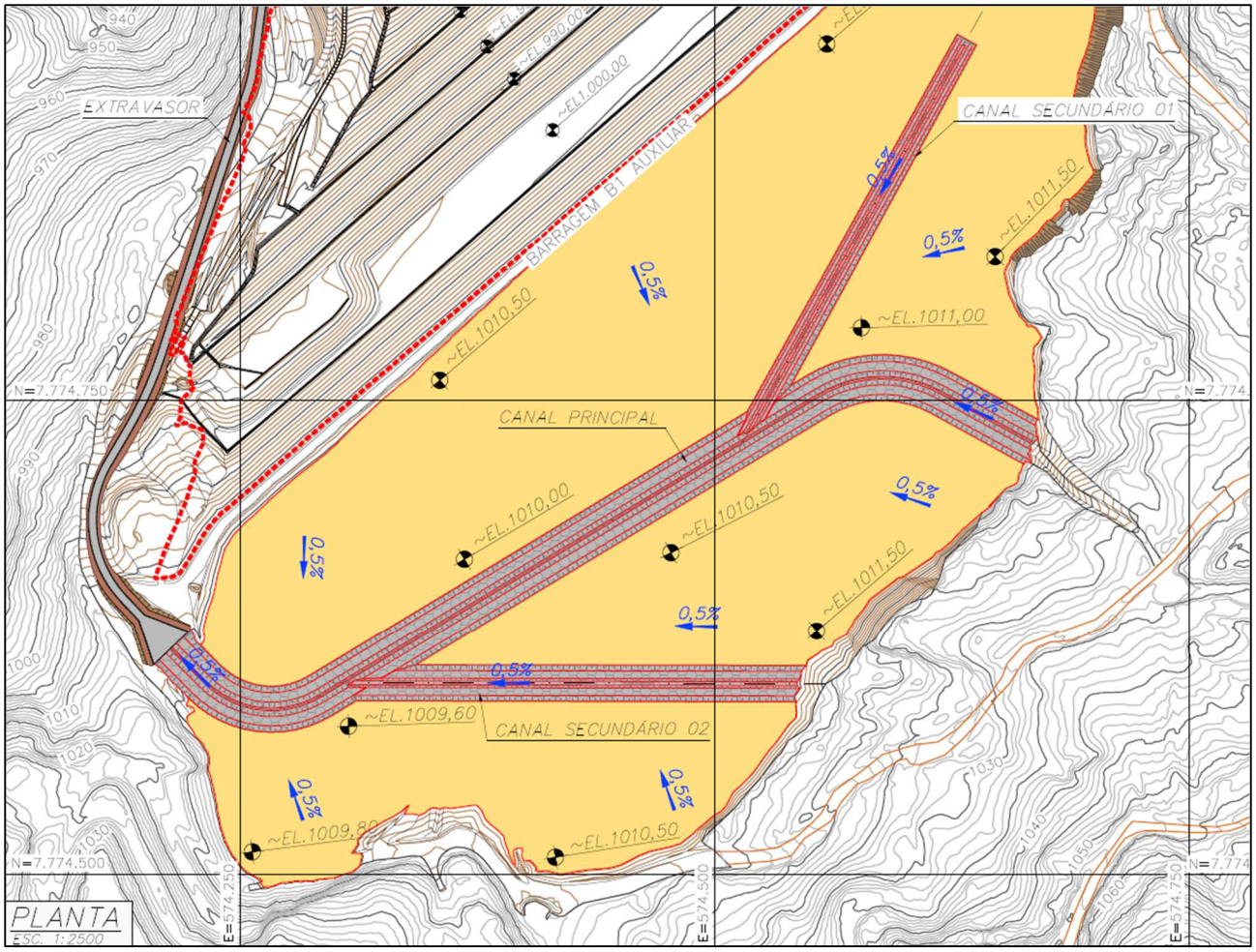


Figura 5.2 – Etapa 2 – Conformação e drenagem da área do reservatório.

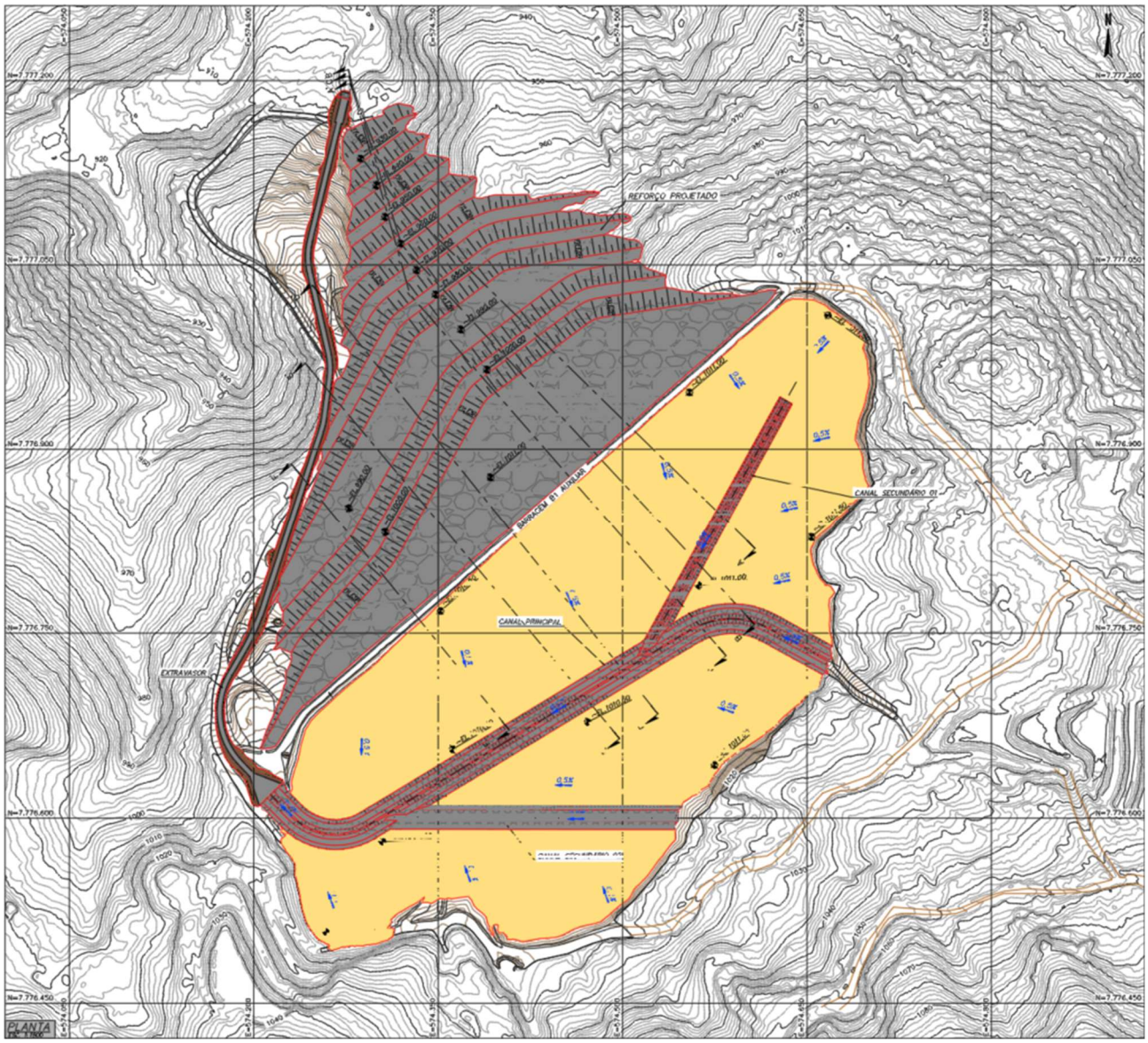


Figura 5.3 – Etapa 4 (Condição Final) – Execução do aterro de reforço.

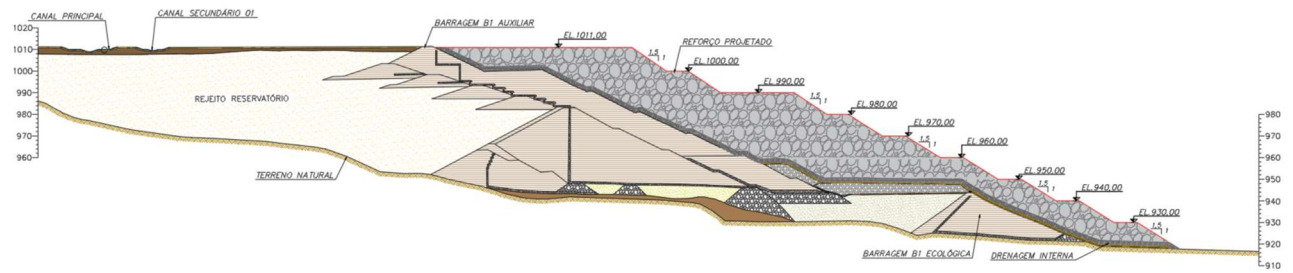


Figura 5.4 – Seção transversal C-C' após a conclusão das obras de descaracterização.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização.

5.3 Atividades Preparatórias

A seguir são apresentadas as atividades preparatórias para início da obra de descaracterização executadas durante o período avaliado.

5.3.1 Impermeabilização do Reservatório

A MMI está realizando a impermeabilização do reservatório da estrutura. Tal medida foi adotada para reduzir a taxa de infiltração da água pluvial e saturação do rejeito, minimizando a recarga da superfície freática ao longo do período chuvoso.

Para a impermeabilização está sendo utilizada lona dupla termoplástica HALS R-105 FORTE PB da fabricante NORTENE, fornecida em bobinas com as seguintes características:

- Cor: Branco/preto
- Gramatura: 140 g/m²
- Comprimento: 100 m
- Largura: 8 m

A seguir são apresentadas imagens dos locais onde já foi realizada a impermeabilização.



Foto 5.1 – Reservatório da barragem parcialmente impermeabilizado.



Foto 5.2 – Reservatório da barragem parcialmente impermeabilizado.

5.3.2 Sistema Extravasor de Emergência

Os estudos hidrológicos-hidráulicos apresentados no relatório de diagnóstico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.762), aborda a necessidade de adequação do canal extravasor de emergência para ampliar a sua capacidade de escoamento de forma a garantir que os fluxos

resultantes das cheias extremas de projeto (CMP) em atendimento aos requisitos do Art. 24 da Resolução ANM 95/2022.

Esses estudos mostram pontos de transbordamento no sistema extravasor quando da passagem de cheias relacionadas a CMP, especificamente no trecho da galeria em aduelas e na bacia de dissipação ao final do sistema extravasor. De novembro/2023 a janeiro/2024 foram realizadas as adequações necessárias no sistema extravasor, conforme apresentado nas figuras a seguir.



Foto 5.3 – Instalação de aduelas de concreto apoiadas nas aduelas existentes.



Foto 5.4 – Instalação de aduelas de concreto apoiadas nas aduelas existentes.



Foto 5.5 – Adequação da seção hidráulica do canal à jusante da galeria em aduelas.



Foto 5.6 – Adequação da seção hidráulica do canal à jusante da galeria em aduelas.



Foto 5.7 – Detalhe da adequação da parede do canal extravasor.



Foto 5.8 – Detalhe da adequação da parede do canal extravasor.



Foto 5.9 – Adequação da parede do canal e implantação de grade para passagem de veículos.



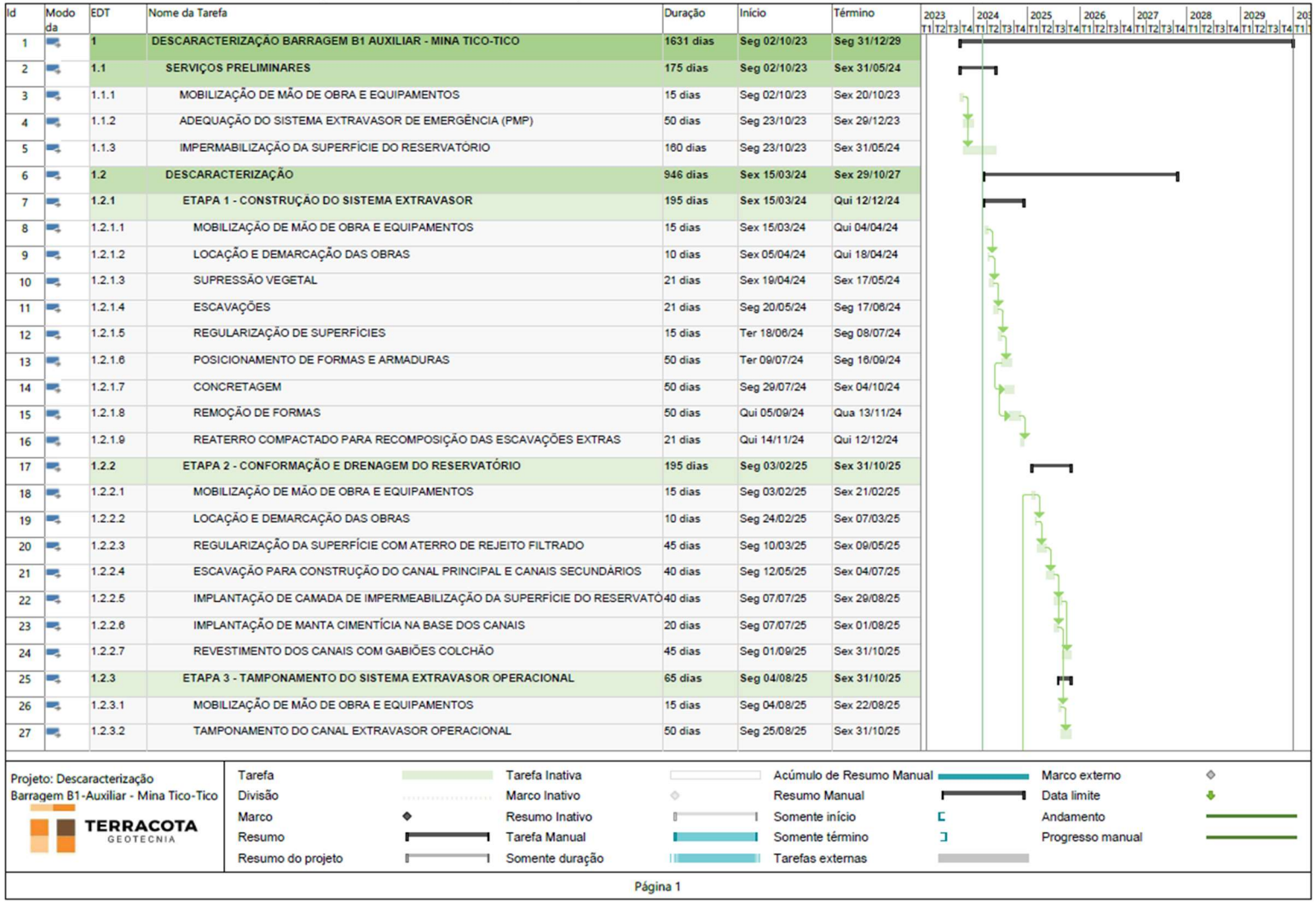
Foto 5.10 – Adequação da parede do canal e implantação de grade para passagem de veículos.

5.4 Cronograma

Na Figura 5.5 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico considerando desde os serviços preliminares, as obras de descaracterização propriamente dito e o período pós-obras de monitoramento ativo.

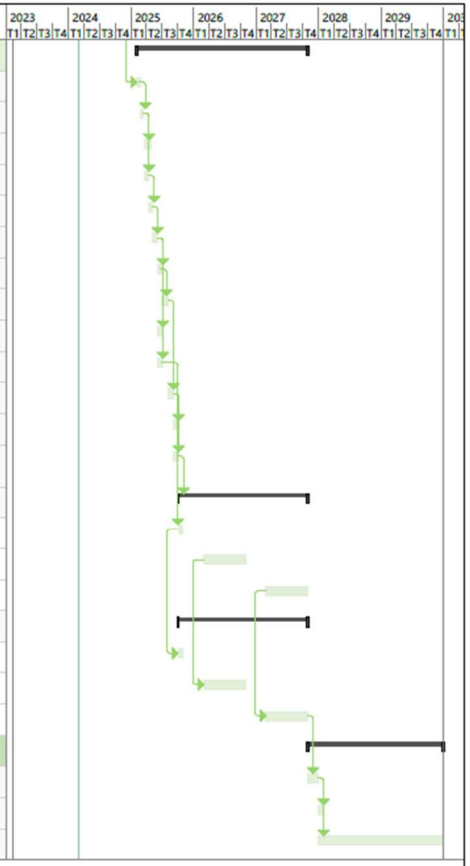
Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.

Figura 5.5 – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.



Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1		1	DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B1 AUXILIAR - MINA TICO-TICO	1631 dias	Seg 02/10/23	Seg 31/12/29
2		1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	175 dias	Seg 02/10/23	Sex 31/05/24
3		1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 02/10/23	Sex 20/10/23
4		1.1.2	ADEQUAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR DE EMERGÊNCIA (PMP)	50 dias	Seg 23/10/23	Sex 29/12/23
5		1.1.3	IMPERMABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓRIO	160 dias	Seg 23/10/23	Sex 31/05/24
6		1.2	DESCARACTERIZAÇÃO	946 dias	Sex 15/03/24	Sex 29/10/27
7		1.2.1	ETAPA 1 - CONSTRUÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR	195 dias	Sex 15/03/24	Qui 12/12/24
8		1.2.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Sex 15/03/24	Qui 04/04/24
9		1.2.1.2	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	10 dias	Sex 05/04/24	Qui 18/04/24
10		1.2.1.3	SUPRESSÃO VEGETAL	21 dias	Sex 19/04/24	Sex 17/05/24
11		1.2.1.4	ESCAVAÇÕES	21 dias	Seg 20/05/24	Seg 17/06/24
12		1.2.1.5	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES	15 dias	Ter 18/06/24	Seg 08/07/24
13		1.2.1.6	POSICIONAMENTO DE FORMAS E ARMADURAS	50 dias	Ter 09/07/24	Seg 16/09/24
14		1.2.1.7	CONCRETAGEM	50 dias	Seg 29/07/24	Sex 04/10/24
15		1.2.1.8	REMOÇÃO DE FORMAS	50 dias	Qui 05/09/24	Qua 13/11/24
16		1.2.1.9	REATERRO COMPACTADO PARA RECOMPOSIÇÃO DAS ESCAVAÇÕES EXTRAS	21 dias	Qui 14/11/24	Qui 12/12/24
17		1.2.2	ETAPA 2 - CONFORMAÇÃO E DRENAGEM DO RESERVATÓRIO	195 dias	Seg 03/02/25	Sex 31/10/25
18		1.2.2.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 03/02/25	Sex 21/02/25
19		1.2.2.2	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	10 dias	Seg 24/02/25	Sex 07/03/25
20		1.2.2.3	REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE COM ATERRO DE REJEITO FILTRADO	45 dias	Seg 10/03/25	Sex 09/05/25
21		1.2.2.4	ESCAVAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO DO CANAL PRINCIPAL E CANAIS SECUNDÁRIOS	40 dias	Seg 12/05/25	Sex 04/07/25
22		1.2.2.5	IMPLANTAÇÃO DE CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓ	40 dias	Seg 07/07/25	Sex 29/08/25
23		1.2.2.6	IMPLANTAÇÃO DE MANTA CIMENTÍCIA NA BASE DOS CANAIS	20 dias	Seg 07/07/25	Sex 01/08/25
24		1.2.2.7	REVESTIMENTO DOS CANAIS COM GABIÕES COLCHÃO	45 dias	Seg 01/09/25	Sex 31/10/25
25		1.2.3	ETAPA 3 - TAMPONAMENTO DO SISTEMA EXTRAVASOR OPERACIONAL	65 dias	Seg 04/08/25	Sex 31/10/25
26		1.2.3.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 04/08/25	Sex 22/08/25
27		1.2.3.2	TAMPONAMENTO DO CANAL EXTRAVASOR OPERACIONAL	50 dias	Seg 25/08/25	Sex 31/10/25

Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
28		1.2.4	ETAPA 4 - EXECUÇÃO DO ATERRO DE REFORÇO	715 dias	Seg 03/02/25	Sex 29/10/27
29		1.2.4.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 03/02/25	Sex 21/02/25
30		1.2.4.2	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	15 dias	Seg 24/02/25	Sex 14/03/25
31		1.2.4.3	REABERTURA DE ACESSOS OPERACIONAIS NA OMBREIRA DIREITA	30 dias	Seg 17/03/25	Sex 25/04/25
32		1.2.4.4	REALIZAÇÃO DE SUPRESSÃO VEGETAL	21 dias	Seg 17/03/25	Seg 14/04/25
33		1.2.4.5	REMOÇÃO DE CAMADA DE SOLO VEGETAL	15 dias	Ter 15/04/25	Seg 05/05/25
34		1.2.4.6	ESCAVAÇÕES PARA TRATAMENTO DAS FUNDAÇÕES	21 dias	Ter 06/05/25	Ter 03/06/25
35		1.2.4.7	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES	15 dias	Qua 04/06/25	Ter 24/06/25
36		1.2.4.8	CONSTRUÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM INTERNA	30 dias	Qua 25/06/25	Ter 05/08/25
37		1.2.4.9	PREENCHIMENTO DO SISTEMA EXTRAVASOR ATUAL COM ENROCAMENTO LIMPO	21 dias	Qua 04/06/25	Qua 02/07/25
38		1.2.4.10	DEMOLIÇÃO DO TRECHO DO SISTEMA EXTRAVSOR ATUAL COMPOSTO POR ADUELAS	21 dias	Qua 04/06/25	Qua 02/07/25
39		1.2.4.11	EXECUÇÃO DE CAMADA DE TRANSIÇÃO SOBRE O REFORÇO EXISTENTE	21 dias	Qua 06/08/25	Qua 03/09/25
40		1.2.4.12	EXECUÇÃO DE ACESSOS CONSTRUTIVOS SOBRE A ESTRUTURA DA BARRAGEM	21 dias	Qui 04/09/25	Qui 02/10/25
41		1.2.4.13	EXECUÇÃO DE PROTEÇÃO DAS SUPERFÍCIES EXPOSTAS COM ESTÉRIL ROCHOSO D50 = 150MM	21 dias	Qui 04/09/25	Qui 02/10/25
42		1.2.4.14	EXECUÇÃO DO ATERRO DE REFORÇO COM BLOCOS DE ITABIRITO COMPACTO	541 dias	Sex 03/10/25	Sex 29/10/27
43		1.2.4.14.1	ANO 1	21 dias	Sex 03/10/25	Sex 31/10/25
44		1.2.4.14.2	ANO 2	175 dias	Seg 02/03/26	Sex 30/10/26
45		1.2.4.14.3	ANO 3	175 dias	Seg 01/03/27	Sex 29/10/27
46		1.2.4.15	PROLONGAMENTO DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE	541 dias	Sex 03/10/25	Sex 29/10/27
47		1.2.4.15.1	ANO 1	21 dias	Sex 03/10/25	Sex 31/10/25
48		1.2.4.15.2	ANO 2	175 dias	Seg 02/03/26	Sex 30/10/26
49		1.2.4.15.3	ANO 3	175 dias	Seg 01/03/27	Sex 29/10/27
50		1.3	PÓS-OBRA	566 dias	Seg 01/11/27	Seg 31/12/29
51		1.3.1	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	44 dias	Seg 01/11/27	Qui 30/12/27
52		1.3.2	DESMOBILIZAÇÃO	23 dias	Sex 31/12/27	Ter 01/02/28
53		1.3.3	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	522 dias	Sex 31/12/27	Seg 31/12/29



Projeto: Descaracterização
Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico

Tarefa
Divisão
Marco
Resumo
Resumo do projeto
Tarefa Inativa
Marco Inativo
Resumo Inativo
Tarefa Manual
Somente duração
Acúmulo de Resumo Manual
Resumo Manual
Somente início
Somente término
Tarefas externas
Marco externo
Data limite
Andamento
Progresso manual

Página 2

5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Conforme consolidação de dados (IPE.OP.RL.8000.GT.20.761), na estrutura da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico há materiais que possuem potencial de liquefação, os quais são: rejeitos do reservatório, underflow da fundação e sedimentos no reservatório da B1 Ecológica – Mina Tico-Tico. Porém, os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,3) e não drenado liquefeito (FS≥1,1) já são atendidos em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização. Considerando a superfície freática atual, o fator de segurança exigido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,5), a ser obtido ao final das obras de descaracterização, também já são atendidos em todas as seções.

5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, aguardando avaliação da documentação do projeto pela FEAM e empresas parceiras. Atualmente o fator de segurança não-drenado liquefeito é superior ao valor mínimo recomendado pela TR FEAM de descaracterização (1,1), em todas as seções avaliadas. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura em relação às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

5.6.1 Inspeções de Campo

Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de avaliação quinzenal de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, indicação das anomalias verificadas e análises de estabilidade da estrutura.

5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (novembro/2023 a janeiro/2024).

Tabela 5.1 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – 1ª quinzena de nov./2023 a 2ª quinzena de jan./2024.

ID	ANOMALIA	Novembro/2023		Dezembro/2023		Janeiro/2024	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS/CUPINZEIROS NO TALUDE DE JUSANTE				-		
02	PONTOS DE ACÚMULO DE ÁGUA NAS CANALETAS DAS BERMAS		-	-	-		
03	PONTOS COM VEGETAÇÃO ARBUSTIVA NO TALUDE DE JUSANTE	-	-	-	-	-	
04	PRESENÇA DE GALHOS E ENTULHO NO EMBOQUE DO SISTEMA EXTRAVASOR OPERACIONAL	-	-	-	-	-	
05	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NAS CAIXAS DE PASSAGEM DA DESCIDA D'ÁGUA DA OMBREIRA DIREITA	-	-	-	-		
06	PRESENÇA DE ANIMAIS NA ÁREA DA BARRAGEM (MACIÇO OU RESERVATÓRIO)						
07	PONTOS DE ACÚMULO DE ÁGUA NO COROAMENTO	-	-	-	-		
08	PROCESSO EROSIVO NO ACESSO ENTRE O COROAMENTO E A BERMA ELEV. 1000					-	-
09	TRINCA DE "RETRAÇÃO" LOCALIZADA NO COROAMENTO	-	-	-			-
10	VEGETAÇÃO ALTA NO TALUDE DE JUSANTE	-	-	-	-		
11	TRINCA EM DESCIDA D'ÁGUA DA OMBREIRA ESQUERDA	-	-	-	-	-	

LEGENDA:

ANOMALIA VERIFICADA
ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO
ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA
ANOMALIA AGRAVADA
ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA

5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle é composta por 16 (dezesseis) indicadores de nível d'água, 21 (vinte e um) piezômetros de tubo aberto do tipo Casagrande, 21 (vinte e um) piezômetros elétricos equipados para automatização das leituras, 2 (dois) inclinômetros, 4 (quatro) sismógrafos, 8 (oito) marcos superficiais e 70 (setenta) prismas instalados em todas as bermas e coroamento para monitoramento automático de deformações a partir de uma estação robótica fixa, instalada em terreno natural da ombreira esquerda.

Além dos instrumentos convencionais, a barragem conta também com o monitoramento de um radar, utilizado para o acionamento automático das sirenes em eventual ruptura, para atender ao Art. 8º da Resolução 95/2022 da ANM.

Os níveis de controle dos indicadores de nível d'água e piezômetros instalados na barragem foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico do rejeito do reservatório localizado abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível normal**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível normal:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,30 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
2- **Nível de alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,20 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,00 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 3).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.554, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em setembro/2023.

Da Figura 5.6 a Figura 5.10 é apresentada a locação em planta da instrumentação de controle, enquanto da Figura 5.11 a Figura 5.16 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 5.2 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

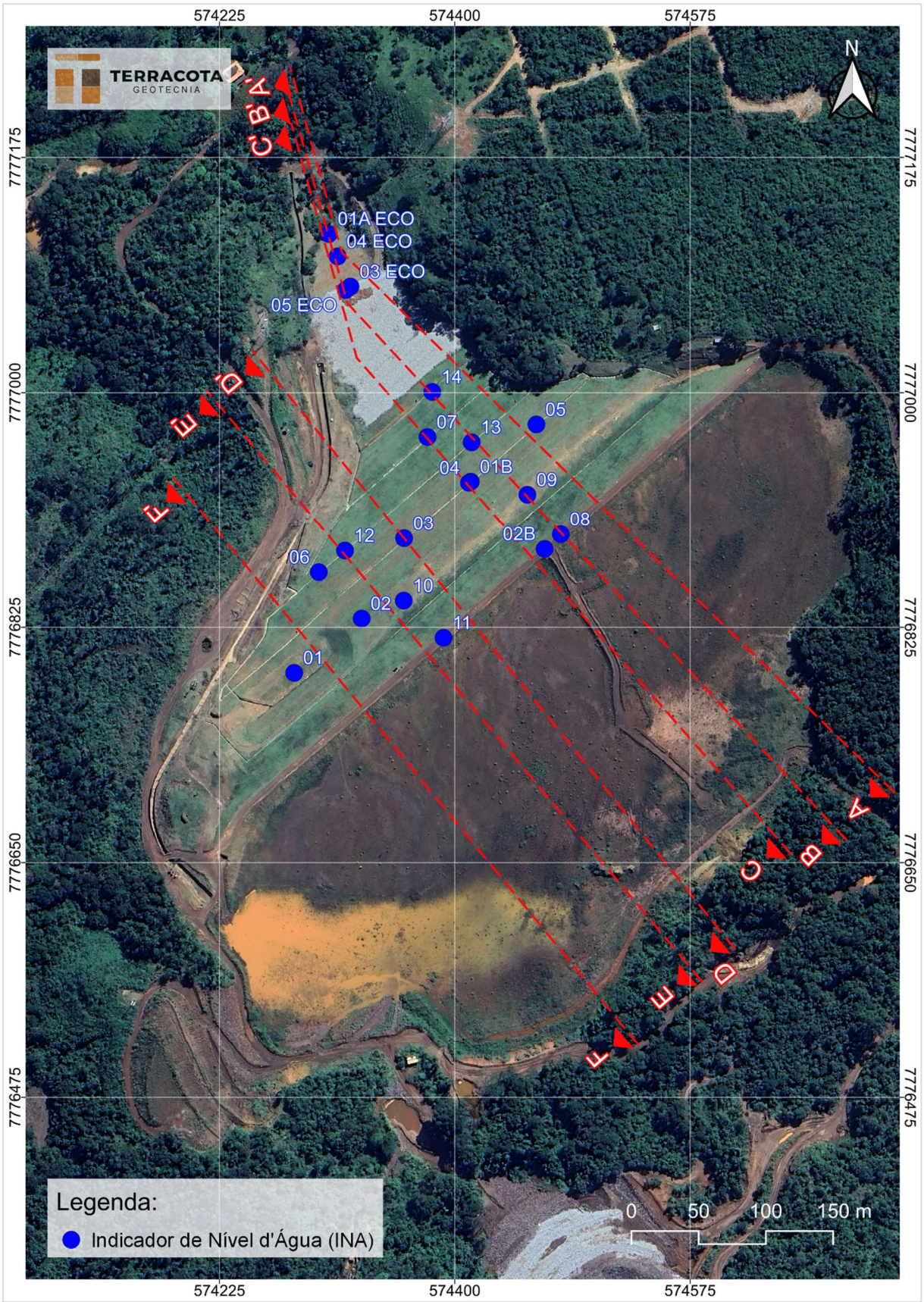


Figura 5.6 – Locação dos INAs – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

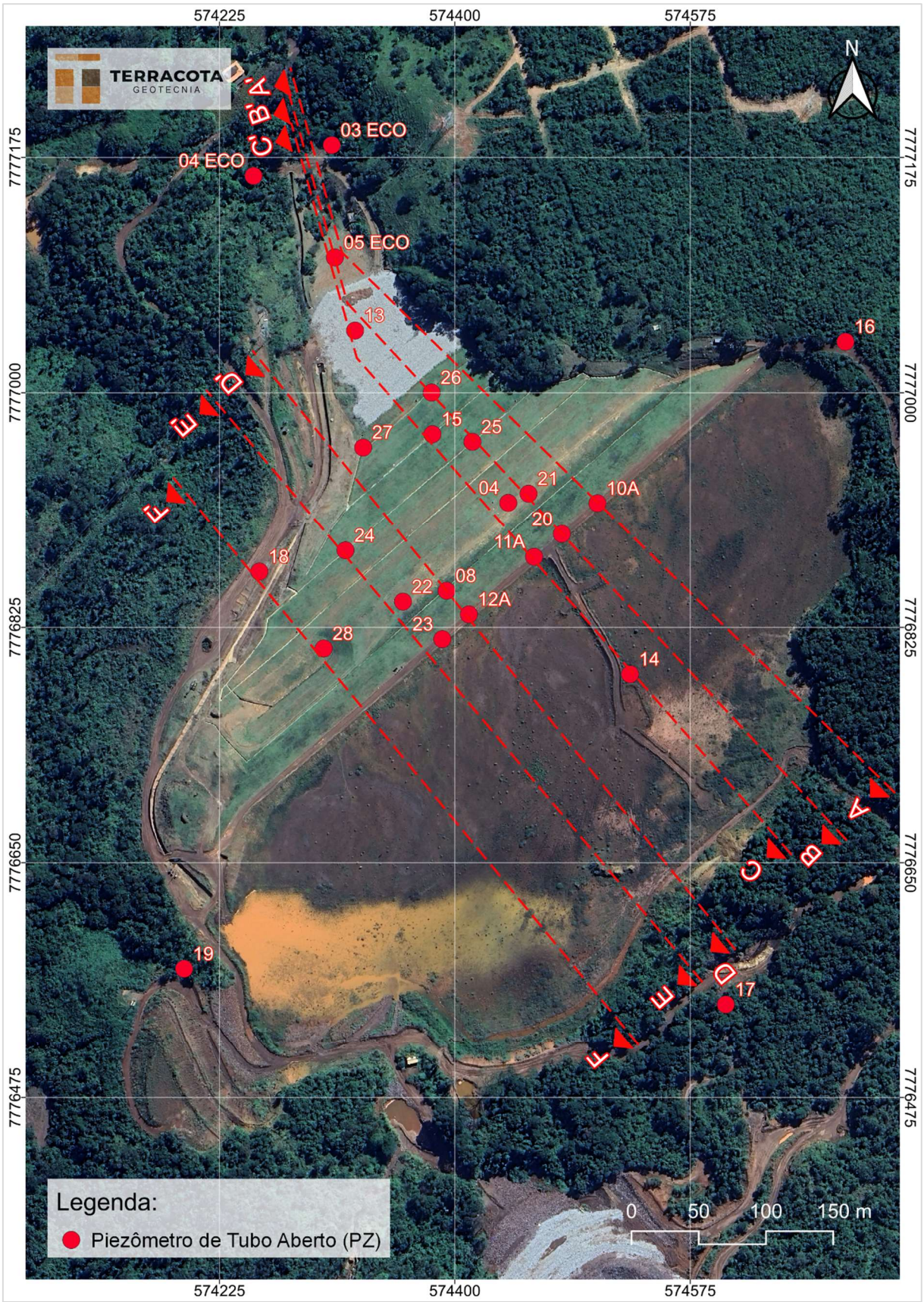


Figura 5.7 – Localização dos piezômetros de tubo aberto da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

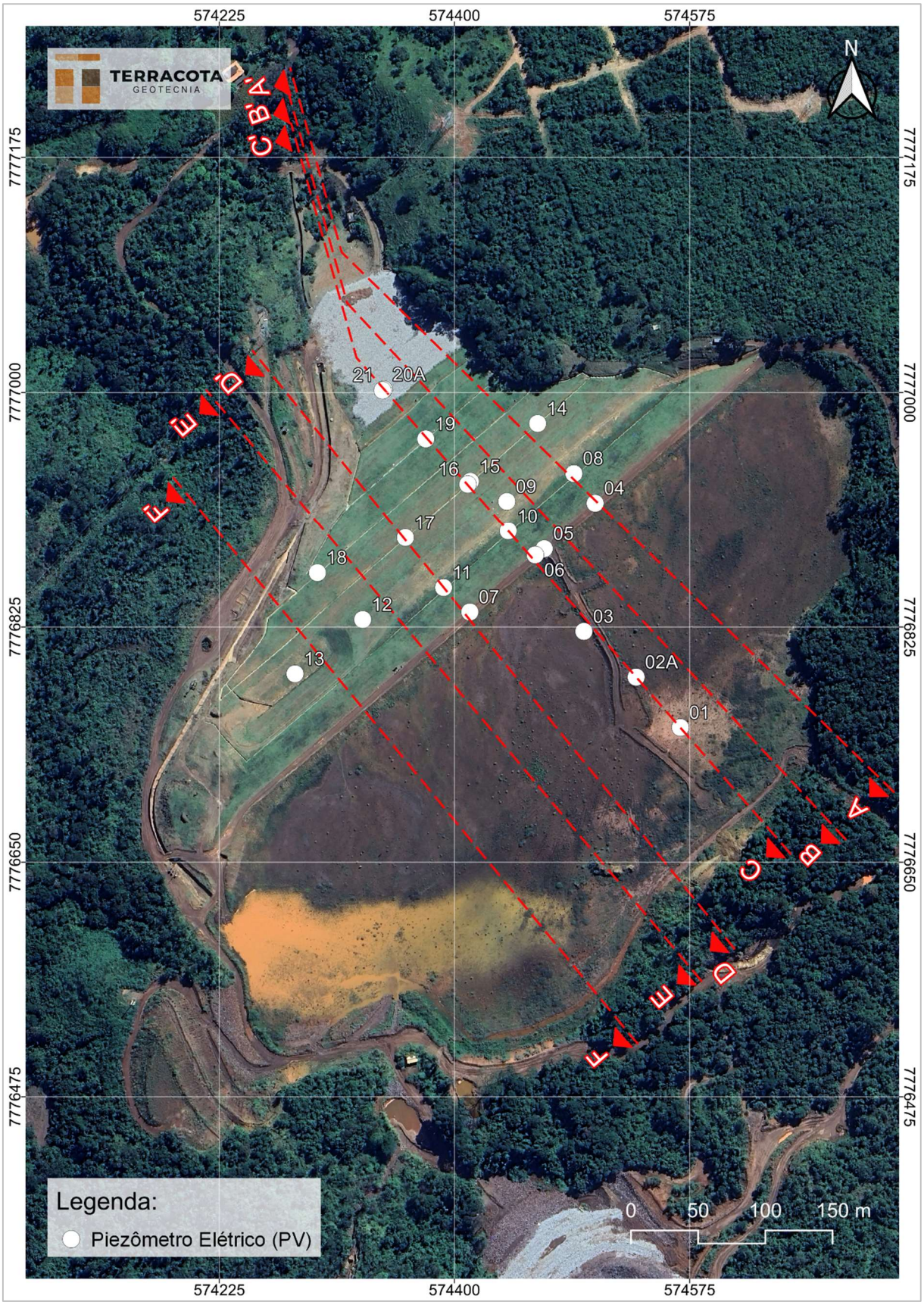


Figura 5.8 – Localização dos piezômetros elétricos (PVs) da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

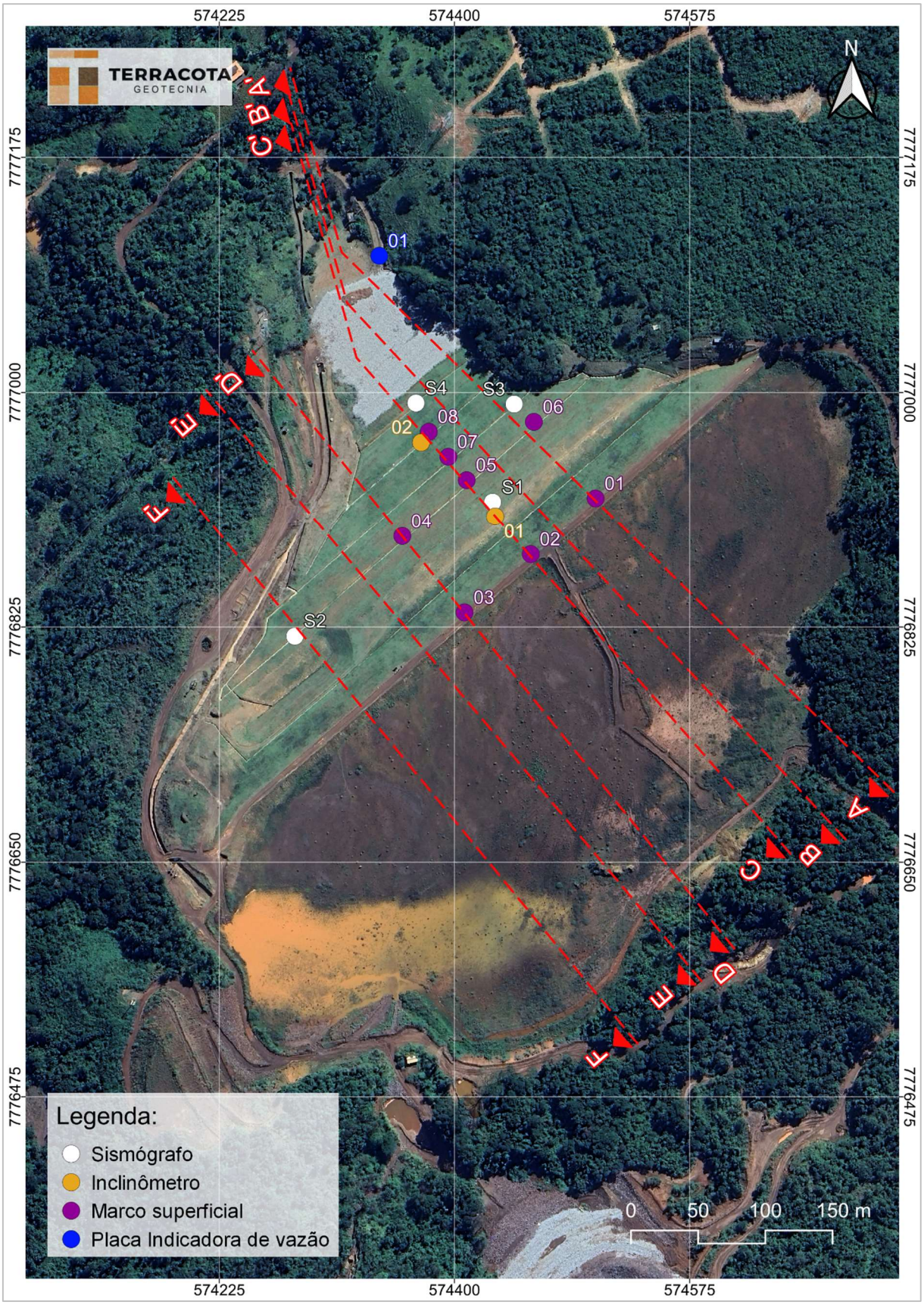


Figura 5.9 – Localização dos Marcos Superficiais, Sismógrafos, Inclinômetros e Placa Indicadora de Vazão da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

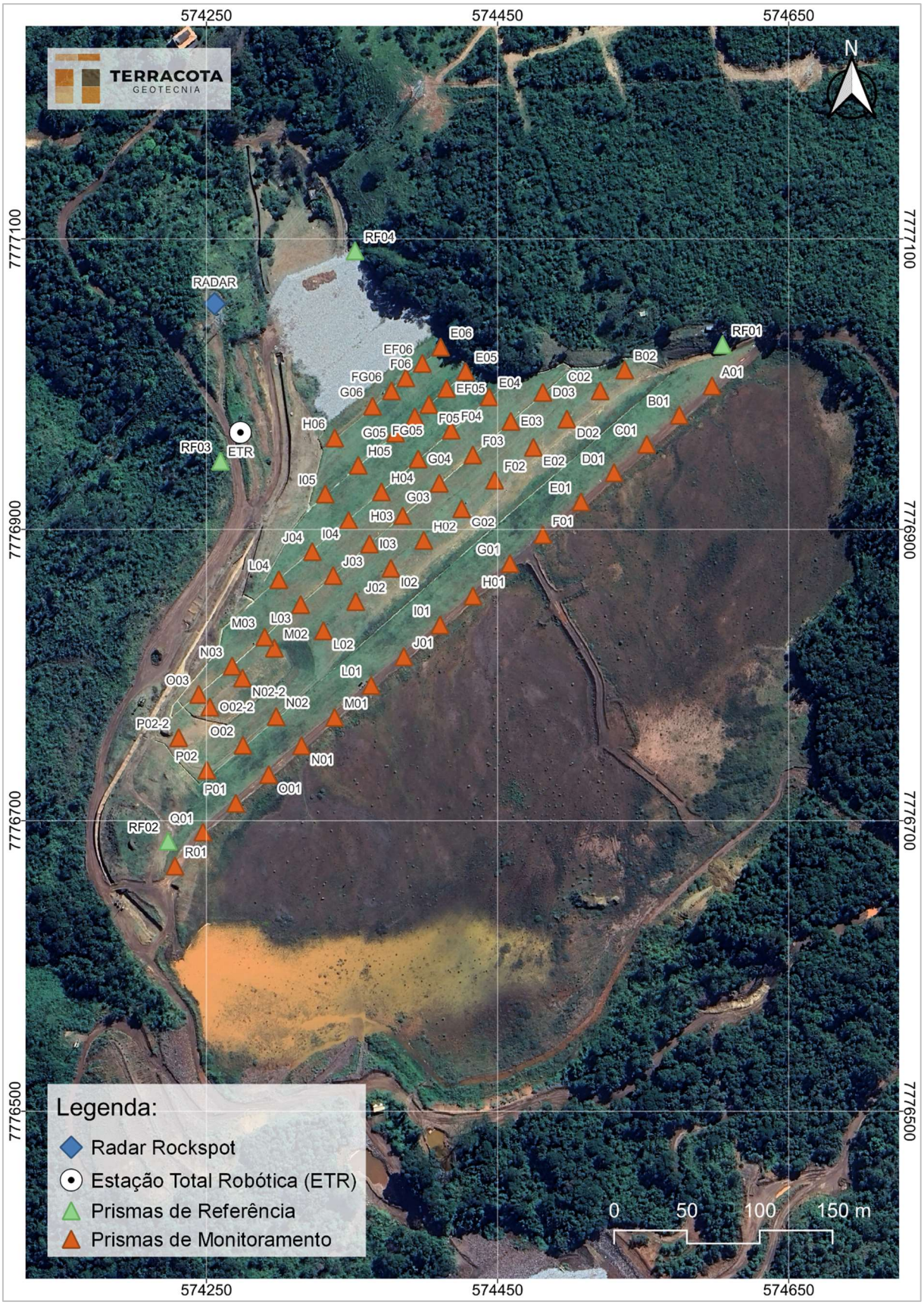


Figura 5.10 – Localização dos prismas da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

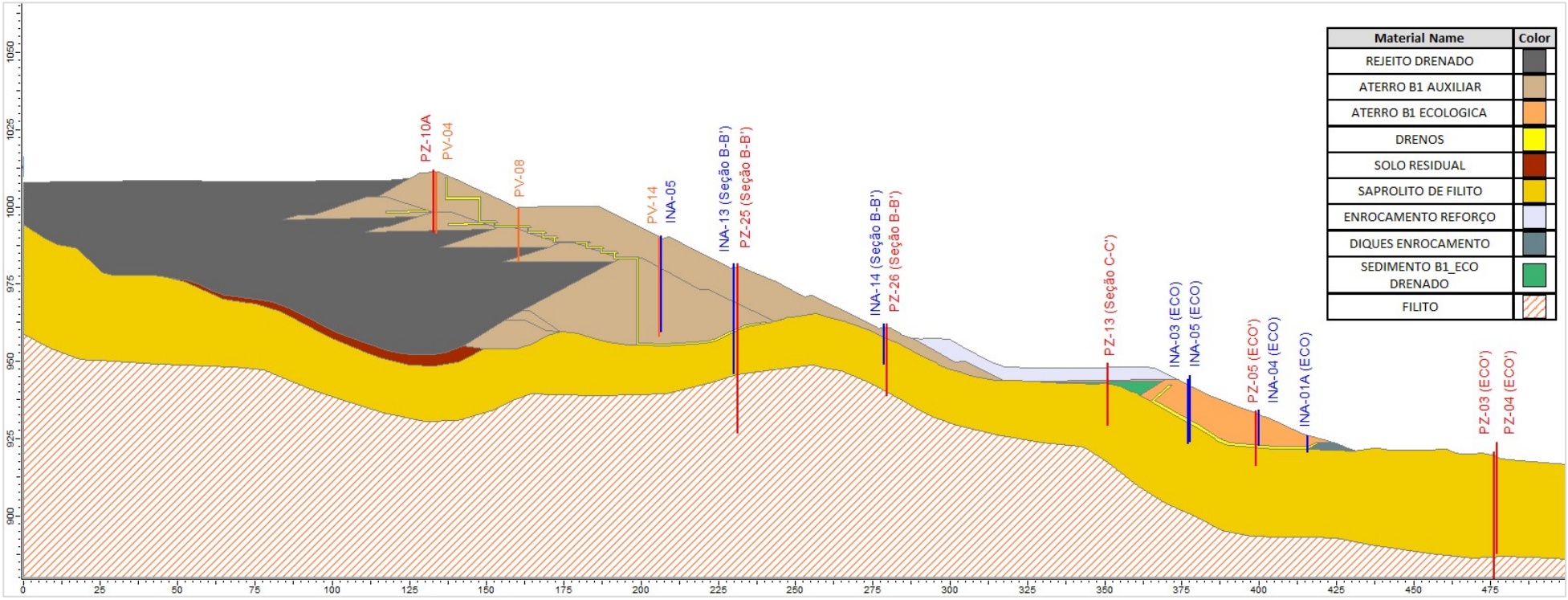


Figura 5.11 – Seção transversal de controle A-A'.

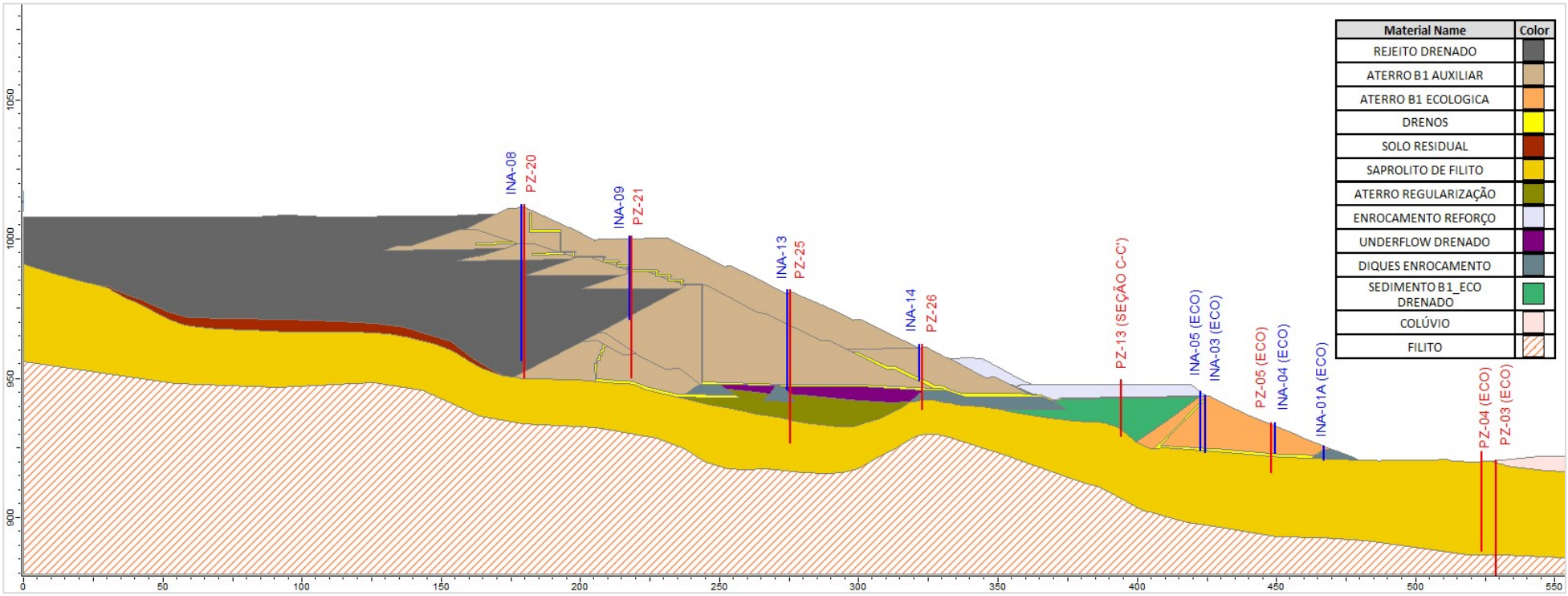


Figura 5.12 – Seção transversal de controle B-B'.

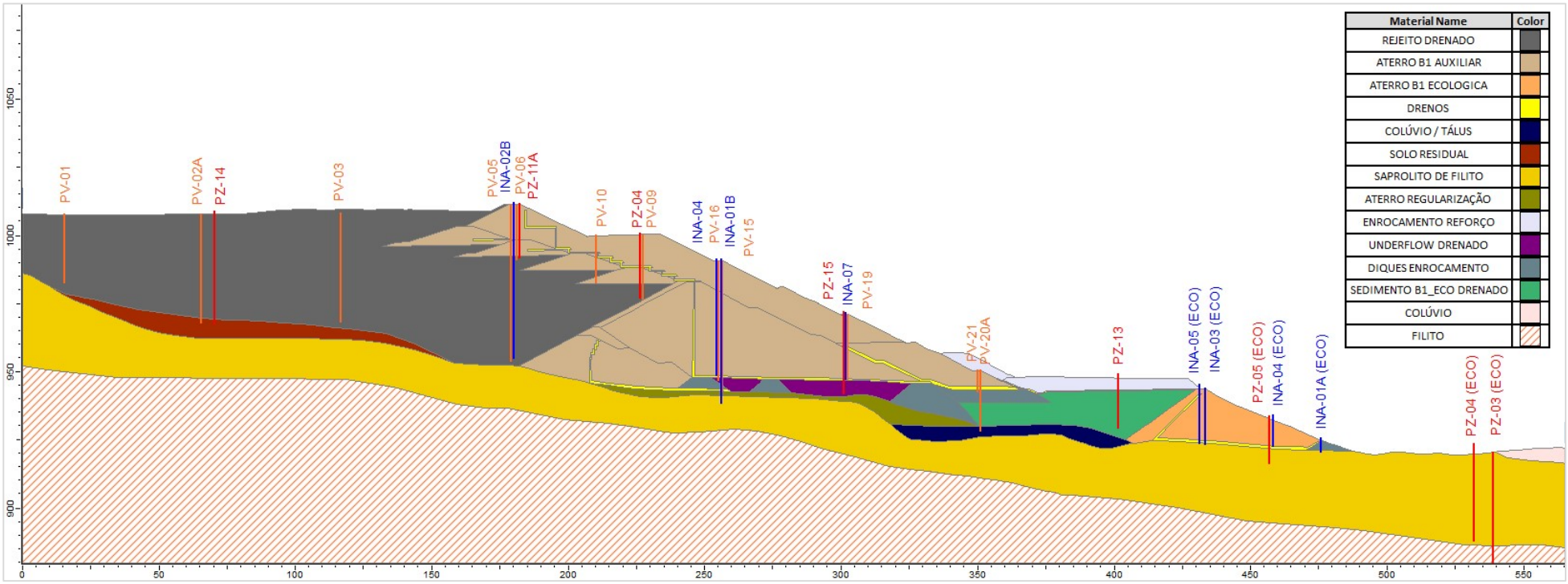


Figura 5.13 – Seção transversal de controle C-C'.

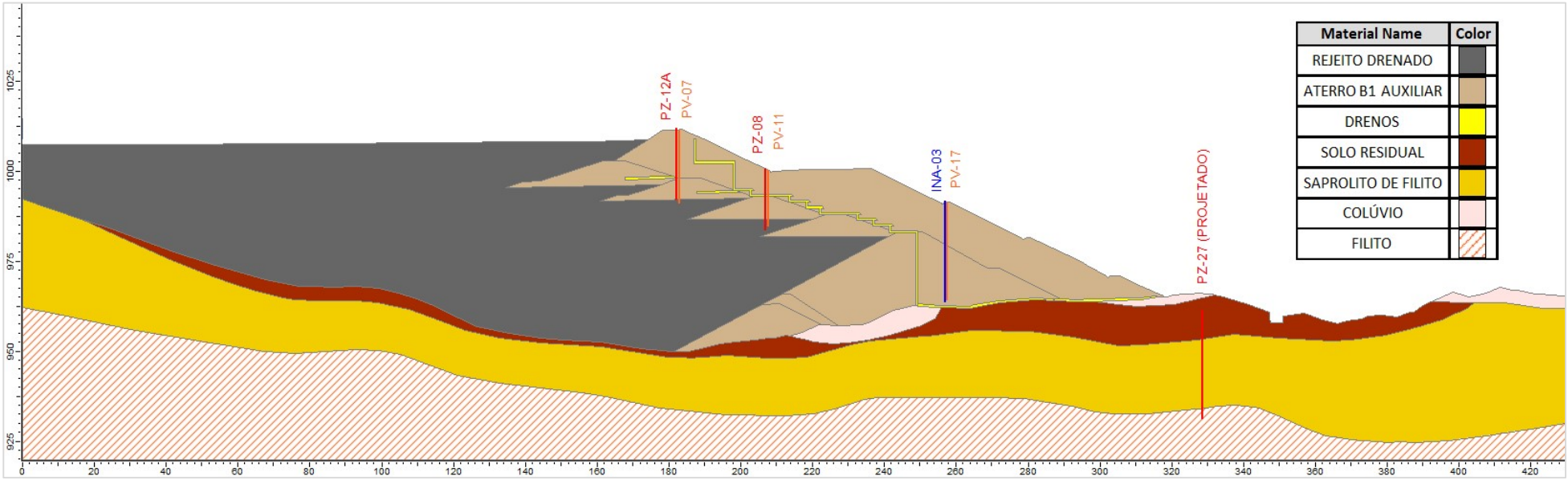


Figura 5.14 – Seção transversal de controle D-D'.

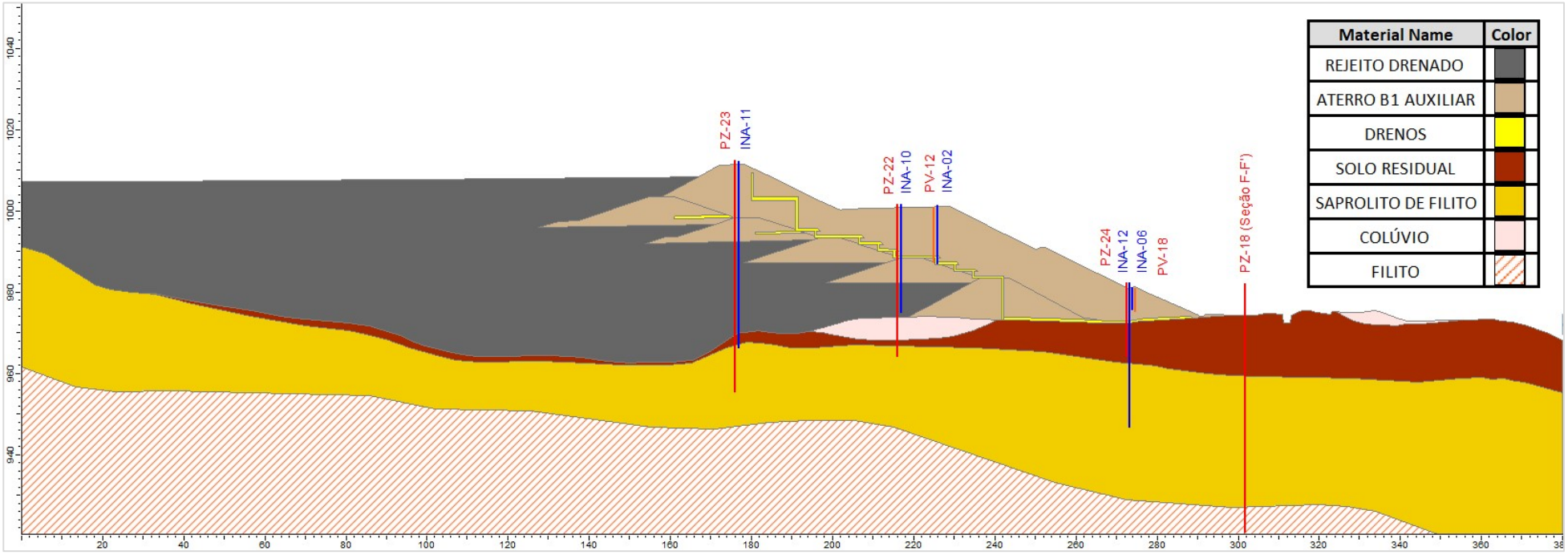


Figura 5.15 – Seção transversal de controle E-E'.

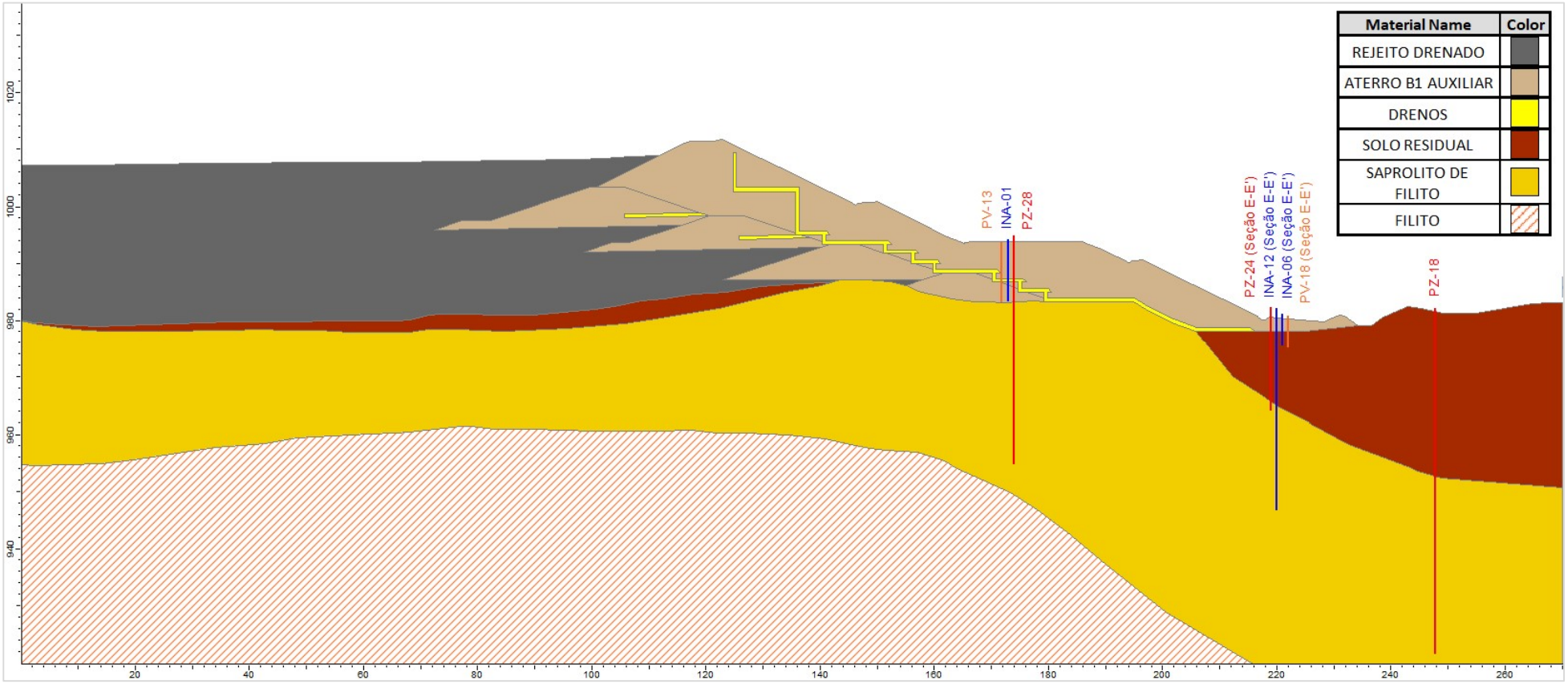


Figura 5.16 – Seção transversal de controle F-F'.

Tabela 5.2 – Locação, características, leitura (29/01/2024) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B1-Auxiliar.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (29/01/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A’	PZ-10A	574.506,047	7.776.917,816	1.011,87	991,89	19,98	SECO	995,25	997,75	1.000,25
	PV-04	574.504,691	7.776.917,619	1.011,40	991,40	20,00	SECO	995,25	997,75	1.000,25
	PV-08	574.488,881	7.776.939,736	999,92	982,32	17,60	SECO	989,25	991,75	994,25
	PV-14	574.461,917	7.776.976,989	990,03	958,03	32,00	SECO	964,75	967,25	969,75
	INA-05	574.460,707	7.776.976,460	990,59	959,71	30,88	SECO	964,75	967,25	969,75
B-B’	PZ-20	574.479,582	7.776.894,719	1.012,36	950,16	62,20	975,04	982,00	985,50	997,50
	INA-08	574.478,850	7.776.894,372	1.012,32	956,62	55,70	975,86	982,00	985,50	997,50
	INA-09	574.453,975	7.776.924,135	1.001,07	971,37	29,70	976,79	980,00	981,00	986,25
	PZ-21	574.454,788	7.776.924,958	1.001,12	950,43	50,69	952,19	980,00	981,00	986,25
	PZ-25	574.413,059	7.776.963,569	981,74	926,77	54,97	934,19	948,75	952,75	962,50
	INA-13	574.412,576	7.776.963,137	981,72	945,92	35,80	SECO	948,75	952,75	962,50
	INA-14	574.383,251	7.777.000,637	962,17	949,17	13,00	SECO	949,67	949,97	950,17
	PZ-26	574.382,712	7.777.000,207	962,16	939,05	23,11	SECO	947,25	949,50	954,75
C-C’	PV-01	574.568,102	7.776.750,278	1.007,64	982,64	25,00	982,72	994,50	997,25	1.005,00
	PV-02A	574.535,199	7.776.787,766	1.007,83	967,83	40,00	979,55	992,50	995,50	1.004,00
	PZ-14	574.528,000	7.776.789,000	1.008,90	967,60	41,30	981,63	992,25	995,25	1.003,75
	PV-03	574.496,328	7.776.821,764	1.008,22	968,22	40,00	978,97	989,50	994,00	1.003,00
	INA-2B	574.466,822	7.776.883,331	1.012,00	954,93	57,07	977,10	986,50	992,00	1.001,00
	PV-05	574.466,822	7.776.883,331	1.011,29	953,84	57,45	953,93	986,50	992,00	1.001,00
	PZ-11A	574.458,936	7.776.877,590	1.011,67	991,76	19,91	SECO	992,26	992,56	1.001,00

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (29/01/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
C-C'	PV-06	574.460,120	7.776.878,715	1.011,21	991,21	20,00	SECO	991,71	992,00	1.001,00
	PV-10	574.439,989	7.776.896,656	1.000,08	982,58	17,50	SECO	985,00	988,25	994,00
	PZ-04	574.439,716	7.776.918,139	1.000,80	977,25	23,55	979,02	981,50	984,50	987,00
	PV-09	574.438,995	7.776.918,972	1.000,27	976,77	23,50	SECO	981,50	984,50	987,00
	PV-16	574.409,902	7.776.931,748	990,82	946,82	44,00	SECO	949,25	952,50	965,00
	INA-01B	574.411,863	7.776.933,905	991,40	938,47	52,93	947,09	949,25	952,50	965,00
	INA-04	574.410,525	7.776.933,060	991,35	948,57	42,78	SECO	949,25	952,50	965,00
	PV-15	574.411,863	7.776.933,905	990,81	942,81	48,00	SECO	949,25	952,50	965,00
	PZ-15	574.383,335	7.776.969,256	972,12	942,13	29,99	944,32	948,50	950,00	958,00
	PV-19	574.378,663	7.776.965,521	971,22	947,22	24,00	SECO	948,50	950,00	958,00
	INA-07	574.379,675	7.776.967,085	971,70	947,31	24,39	SECO	948,50	950,00	958,00
	PV-20A	574.347,420	7.777.002,357	950,80	928,30	22,50	SECO	945,50	946,25	949,75
	PV-21	574.346,494	7.777.001,667	950,80	942,80	8,00	SECO	945,50	946,25	949,75
	PZ-13	574.323,000	7.777.050,000	949,50	929,30	20,20	935,24	940,75	942,00	943,75
	INA-05 ECO	574.318,903	7.777.076,448	945,46	924,01	21,45	924,96 (1)	934,50	937,50	939,50
	INA-03 ECO	574.322,400	7.777.078,960	944,24	923,59	20,65	924,60 (1)	934,50	937,50	939,50
	PZ-05 ECO	574.310,782	7.777.100,596	934,02	916,32	17,70	921,85 (1)	925,75	927,50	929,00
	INA-04 ECO	574.312,870	7.777.101,408	934,20	922,97	11,23	924,59 (1)	925,75	927,50	929,00
	INA-01A ECO	574.306,300	7.777.118,080	925,78	920,80	4,98	SECO (1)	921,75	922,25	923,50
D-D'	PZ-12A	574.410,360	7.776.834,651	1.012,07	992,29	19,78	SECO	996,75	999,75	1.001,75

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (29/01/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
D-D′	PV-07	574.411,454	7.776.836,221	1.011,34	991,34	20,00	SECO	996,75	999,75	1.001,75
	PZ-08	574.393,890	7.776.852,290	1.000,84	983,69	17,15	SECO	989,50	992,50	994,50
	PV-11	574.391,898	7.776.854,414	1.000,35	984,85	15,50	SECO	989,50	992,50	994,50
	PV-17	574.363,509	7.776.891,683	991,37	964,37	27,00	SECO	966,75	970,25	972,25
	INA-03	574.362,312	7.776.891,356	991,68	963,85	27,83	SECO	966,75	970,25	972,25
	PZ-27	574.331,861	7.776.959,286	961,54	931,37	30,17	933,23	953,50	956,50	958,50
E-E′	INA-11	574.391,641	7.776.817,257	1.012,38	966,38	46,00	979,49	995,50	998,50	1.000,50
	PZ-23	574.390,672	7.776.816,296	1.012,44	955,44	57,00	977,78	995,50	998,50	1.000,50
	PZ-22	574.361,410	7.776.844,209	1.001,73	964,30	37,43	SECO	985,25	988,25	990,25
	INA-10	574.362,029	7.776.844,905	1.001,72	975,12	26,60	976,11	985,25	988,25	990,25
	PV-12	574.331,716	7.776.830,593	1.001,00	987,55	13,45	SECO	988,05	988,35	988,55
	INA-02	574.330,744	7.776.831,539	1.001,42	986,95	14,47	SECO	987,45	987,75	987,95
	INA-12	574.318,358	7.776.882,137	982,29	946,86	35,43	961,10	972,75	974,75	976,50
	PZ-24	574.318,690	7.776.882,376	982,30	964,30	18,00	967,41	972,75	974,75	976,50
	INA-06	574.298,857	7.776.866,088	981,14	975,71	5,43	SECO	976,21	976,51	976,71
	PV-18	574.298,007	7.776.865,469	980,85	975,35	5,50	975,38	975,85	976,15	976,50
F-F′	PV-13	574.281,356	7.776.790,206	993,80	983,35	10,45	SECO	984,50	985,75	986,25
	INA-01	574.280,549	7.776.791,132	994,27	983,51	10,76	SECO	984,50	985,75	986,25
	PZ-28	574.302,467	7.776.809,370	994,92	954,89	40,03	968,22	984,50	985,75	986,25
	PZ-18	574.254,671	7.776.866,617	982,21	920,76	61,45	942,39	966,75	969,75	971,75

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (29/01/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
Instrumentos fora de seção de controle	PZ-16	574.690,487	7.777.038,009	1.022,38	924,07	98,31	928,01	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-17	574.601,483	7.776.544,642	1.027,06	976,16	50,90	994,38	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-19	574.198,661	7.776.571,212	1.018,74	969,66	49,08	1.001,63	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-03 ECO	574.308,481	7.777.184,183	920,72	851,45	69,27	913,79 (1)	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-04 ECO	574.250,289	7.777.161,300	923,81	887,97	35,84	916,39 (1)	Monitoramento hidrogeológico		
A-A'	MS-01	574.505,060	7.776.921,180	1.011,151	-	-	-	Não aplicável		
C-C'	MS-02	574.456,856	7.776.879,309	1.011,069	-	-	-	Não aplicável		
D-D'	MS-03	574.407,516	7.776.835,904	1.011,284	-	-	-	Não aplicável		
D-D'	MS-04	574.361,207	7.776.892,883	991,394	-	-	-	Não aplicável		
C-C'	MS-05	574.409,115	7.776.934,824	990,891	-	-	-	Não aplicável		
A-A'	MS-06	574.459,116	7.776.978,215	990,135	-	-	-	Não aplicável		
C-C'	MS-07	574.395,447	7.776.952,238	981,076	-	-	-	Não aplicável		
C-C'	MS-08	574.380,893	7.776.970,877	971,300	-	-	-	Não aplicável		
Não Aplicável	INC-01	574.430,299	7.776.907,692	1.000,471	-	-	-	Não aplicável		
	INC-02	574.375,169	7.776.962,887	971,507	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S1	574.428,400	7.776.918,465	1.000,546	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S2	574.281,225	7.776.818,153	991,356	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S3	574.444,417	7.776.991,430	981,076	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S4	574.371,354	7.776.992,206	961,088	-	-	-	Não aplicável		
	MV	574.344,011	7.777.101,754	940,143	-	-	-	Não aplicável		

(1) Leitura realizada no dia 23/01/2024.

5.6.3.1 Leituras Instrumentação

A MMI realiza leituras semanais dos níveis nos INA's e PZ's e quinzenais dos deslocamentos nos Marcos Superficiais. Já os piezômetros elétricos realizam um monitoramento constante com registro a cada 2 horas. Na estrutura também estão instalados prismas para monitoramento de deslocamento nos quais são realizadas leituras contínuas através de estação total robótica. As leituras nas placas indicadoras de vazão são realizadas diariamente. As aferições dos inclinômetros são realizadas semanalmente.

- **Indicadores de Nível d'Água e Piezômetros**

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para cada instrumento abrangendo dois anos hidrológicos, no período entre 10/2021 e 01/2024, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

a) Nível de água do reservatório – passou a condição seco (sem lago) em junho de 2019 a partir da instalação de sistema de bombeamento e escavação de canais que direcionam os fluxos para o extravasor operacional, sendo mantido com o mínimo acúmulo de água possível;
b) Referências do topo e base de cada instrumento;
c) Leituras do nível de água do instrumento;
d) Pluviometria acumulada mensal da estação meteorológica local;
e) Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições normal, alerta e emergência.

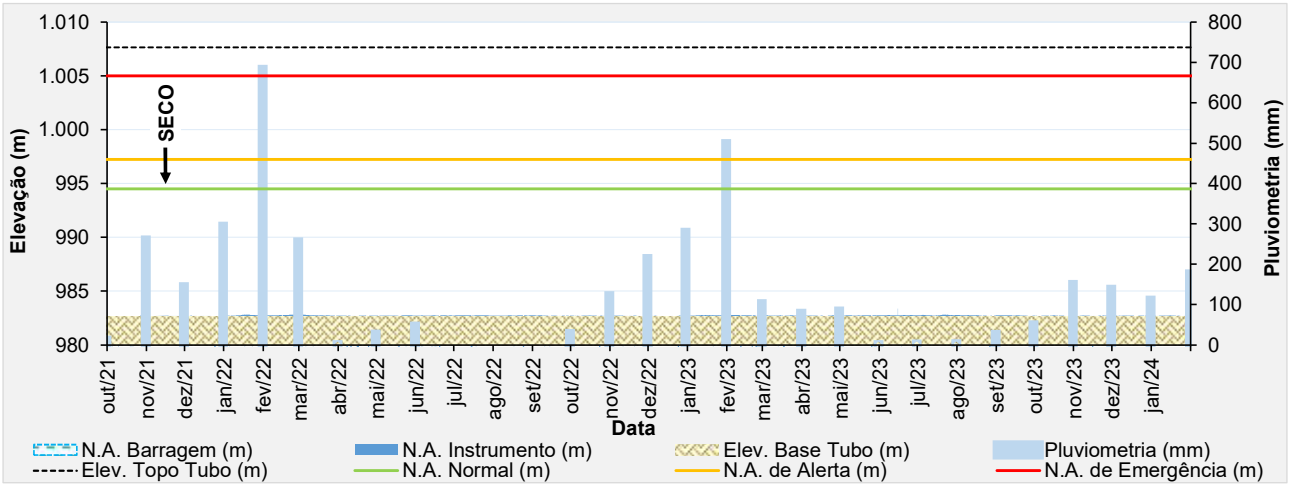


Figura 5.17 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-01.

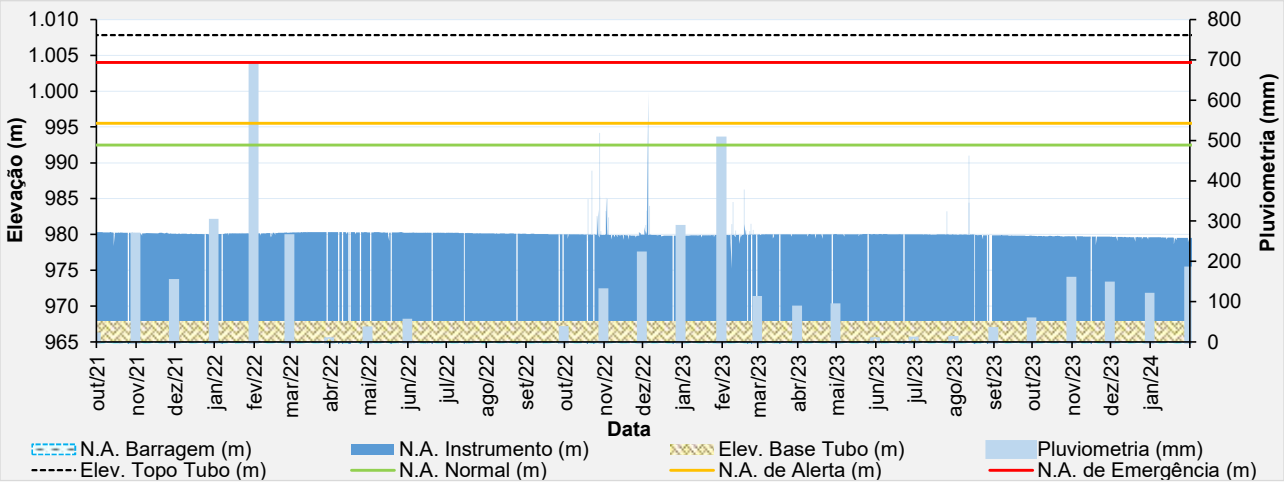


Figura 5.18 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-02A.

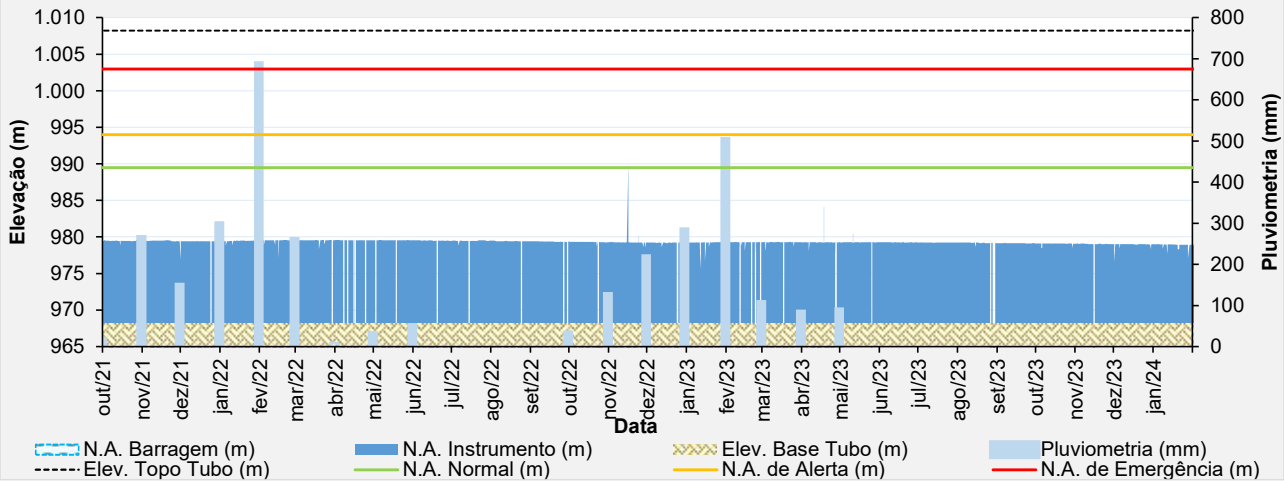


Figura 5.19 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-03.

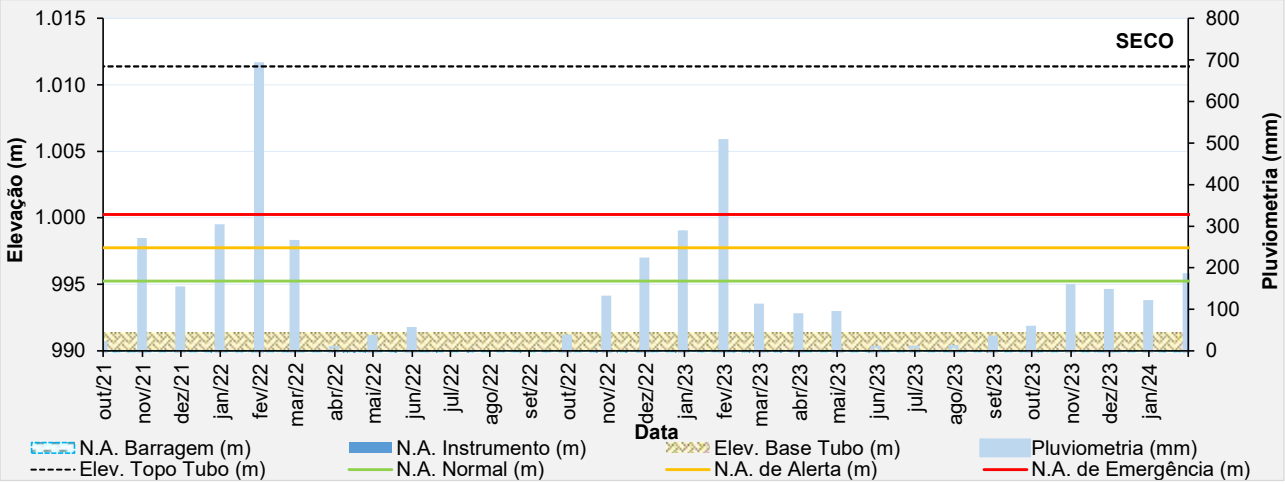


Figura 5.20 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-04.

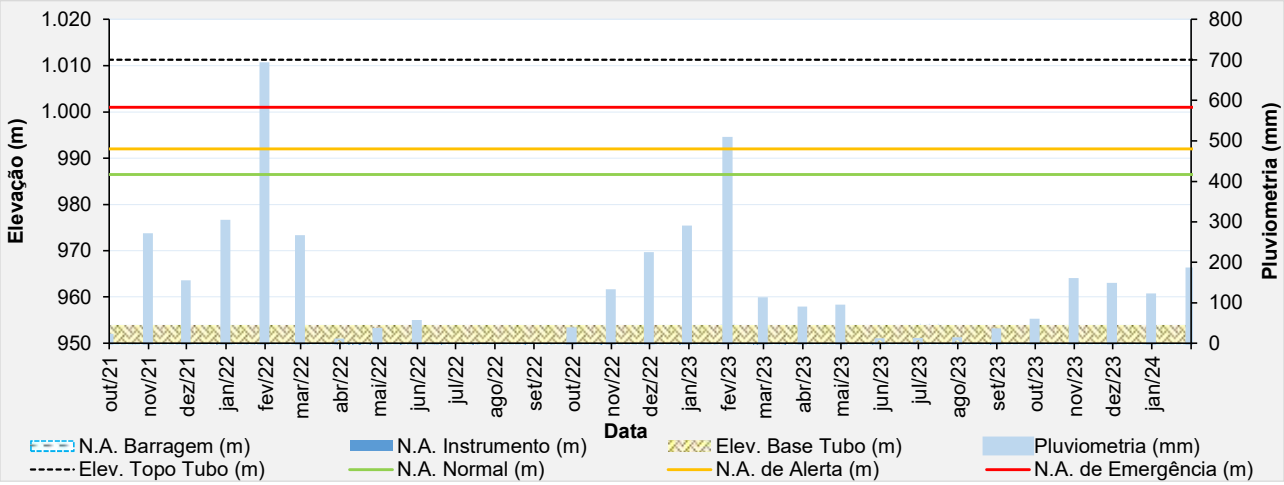


Figura 5.21 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-05.

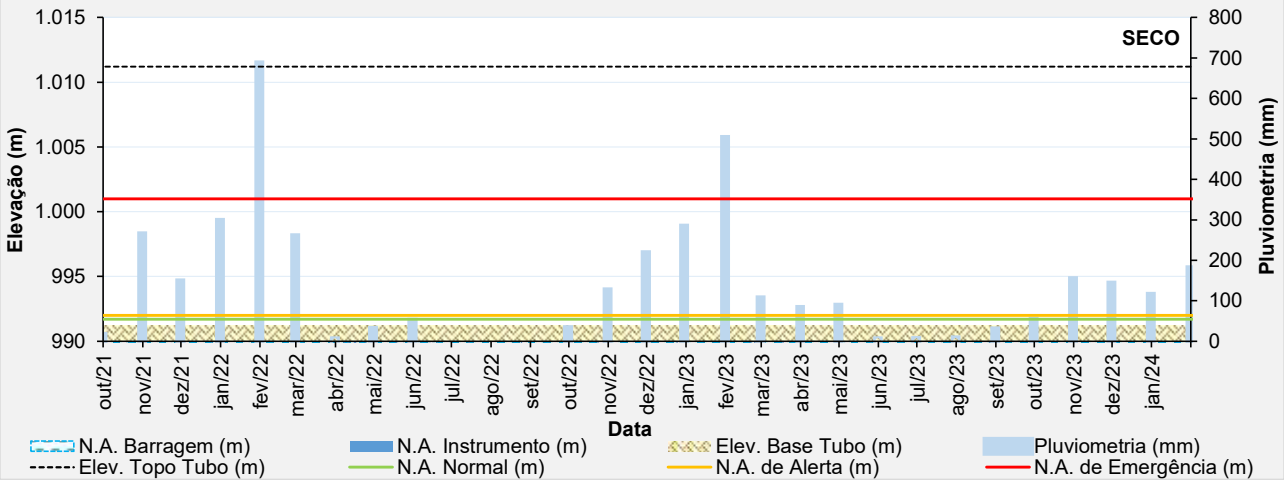


Figura 5.22 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-06.

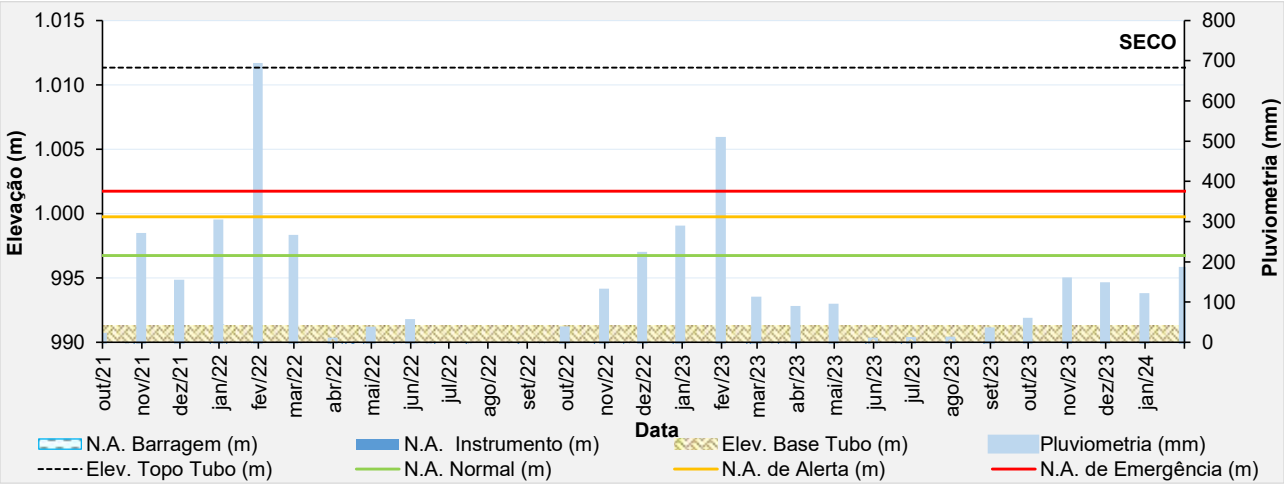


Figura 5.23 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-07.

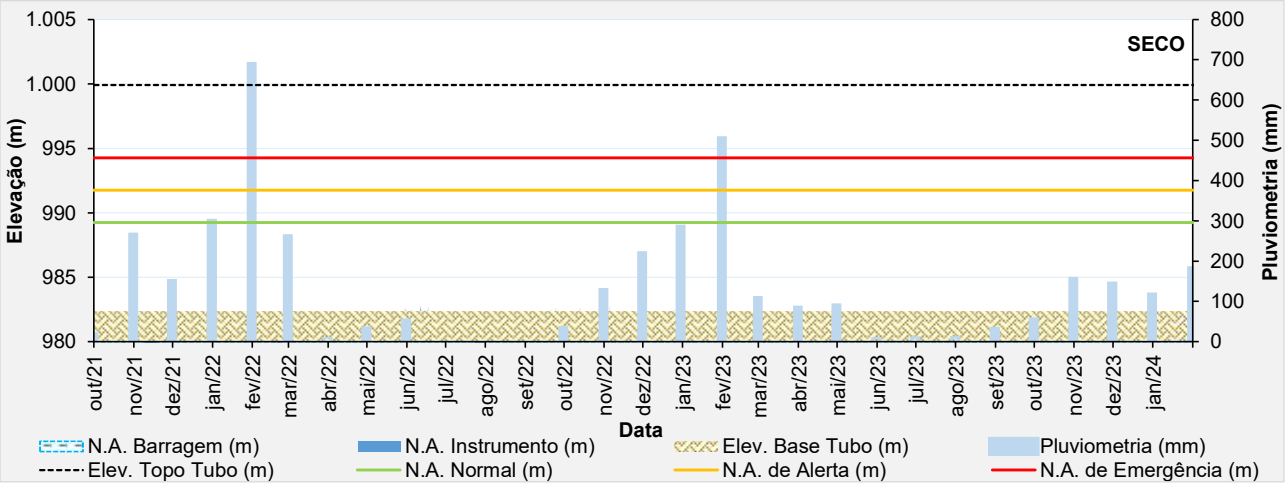


Figura 5.24 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-08.

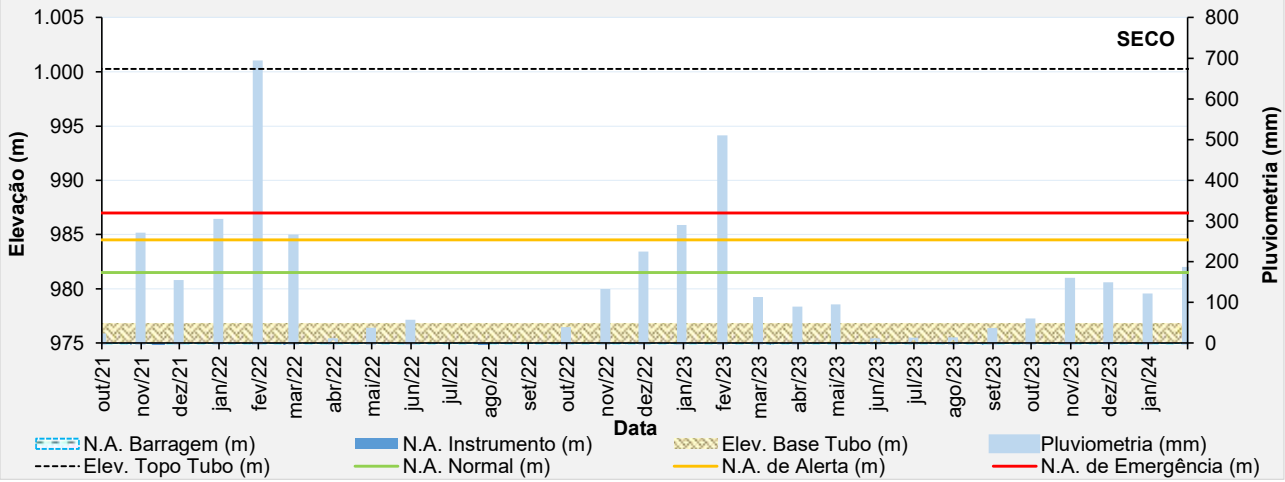


Figura 5.25 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-09.

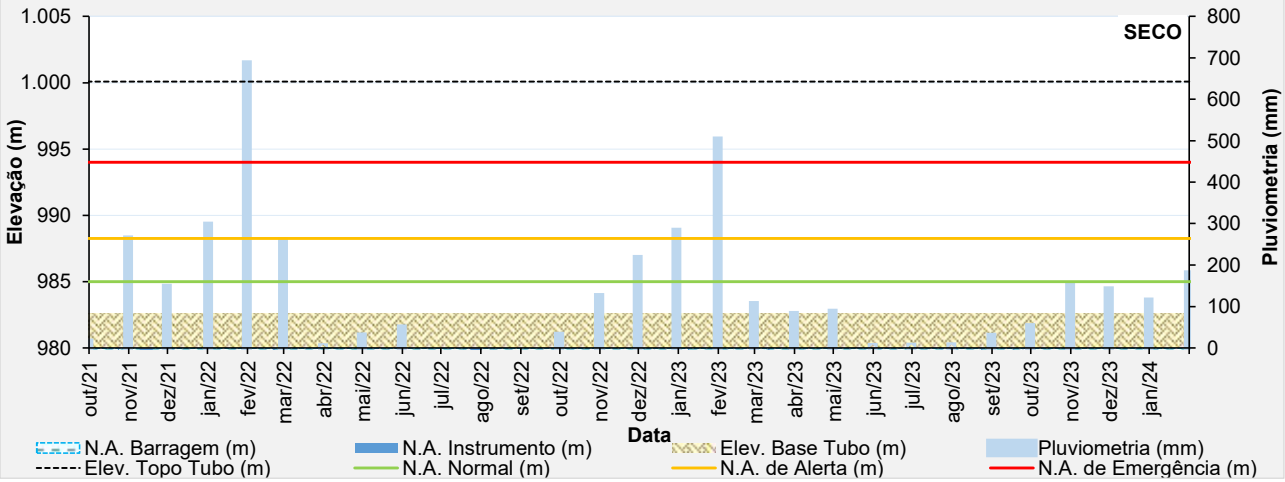


Figura 5.26 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-10.

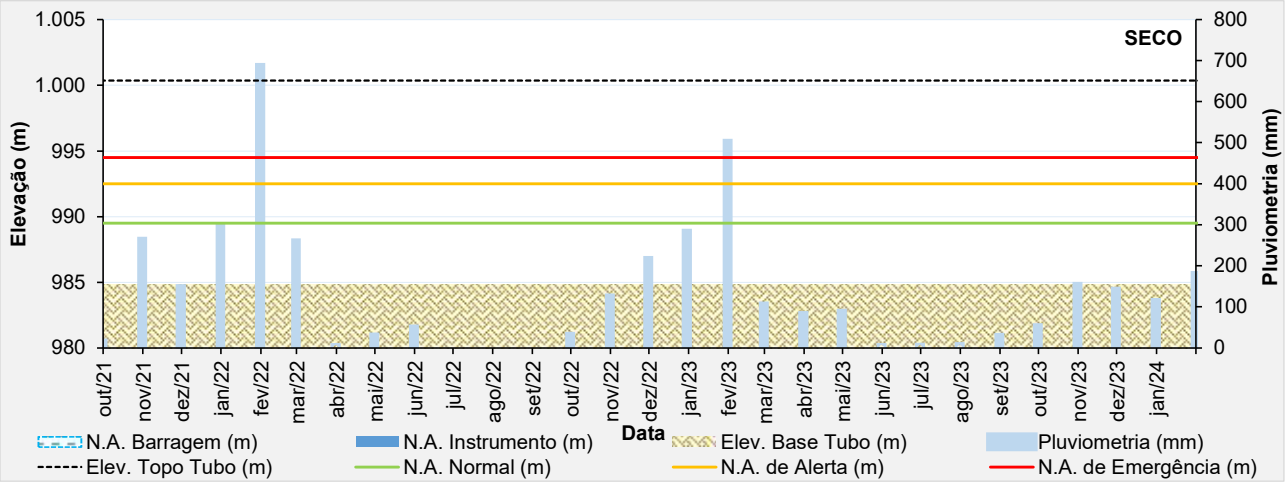


Figura 5.27 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-11.

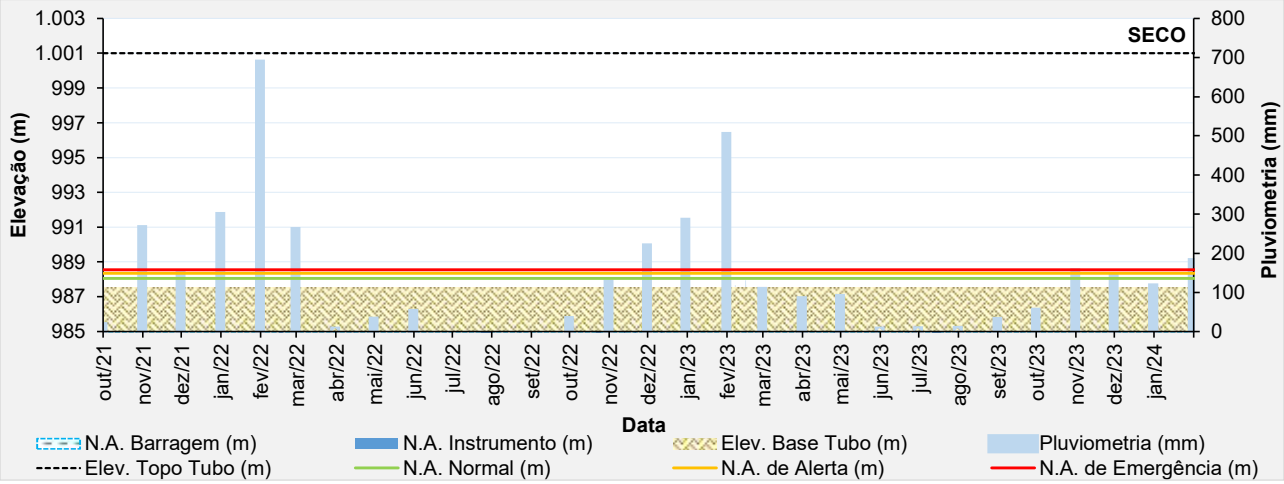


Figura 5.28 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-12.

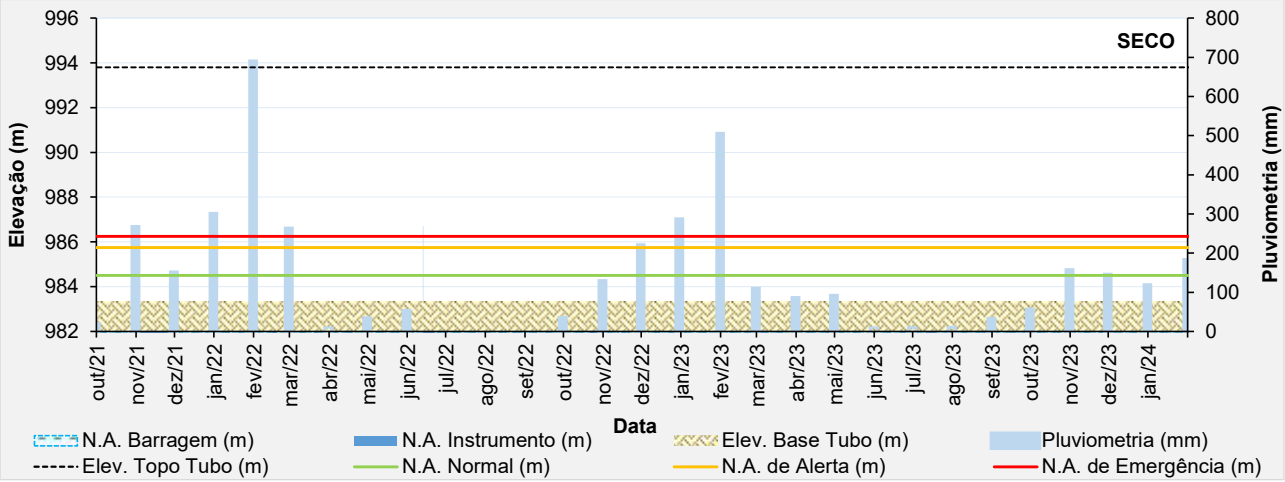


Figura 5.29 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-13.

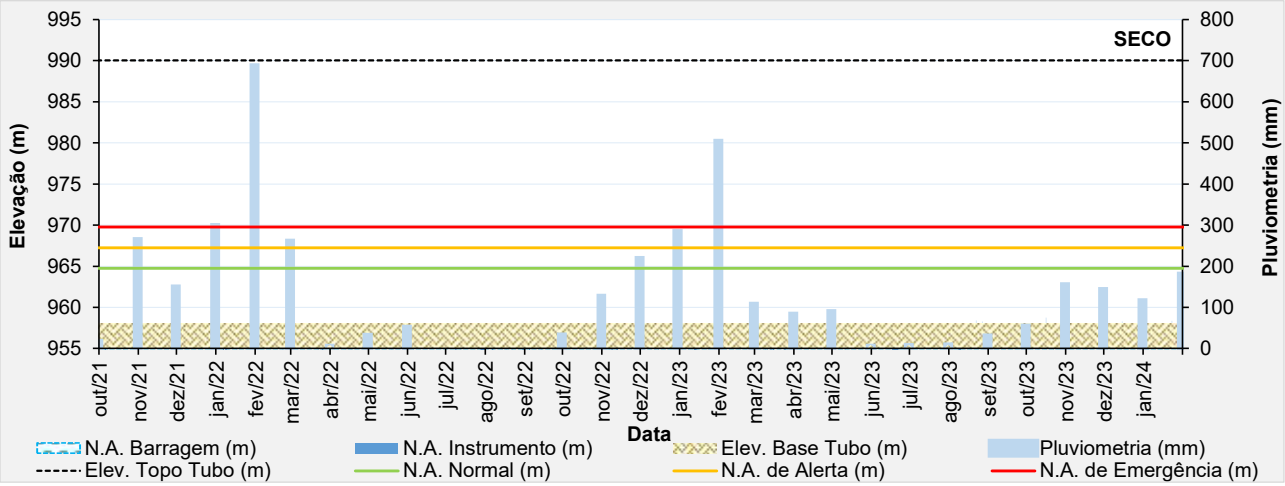


Figura 5.30 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-14.

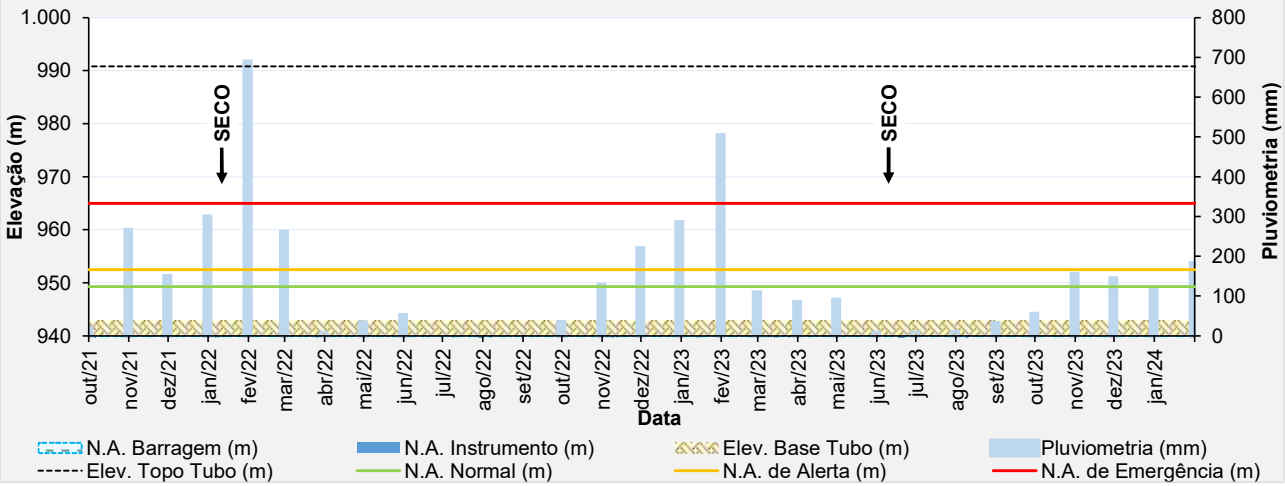


Figura 5.31 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-15.

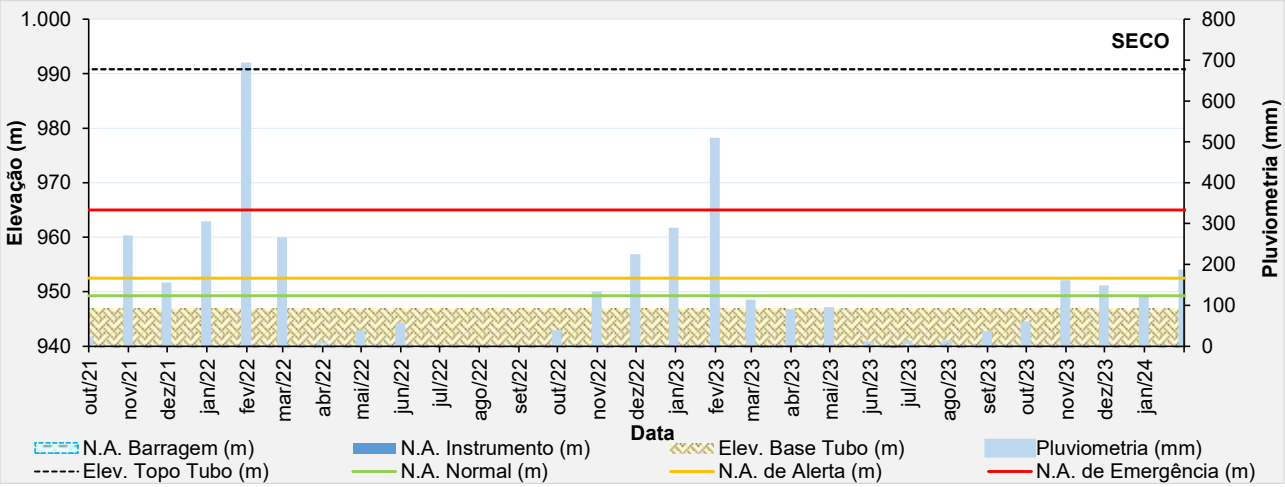


Figura 5.32 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-16.

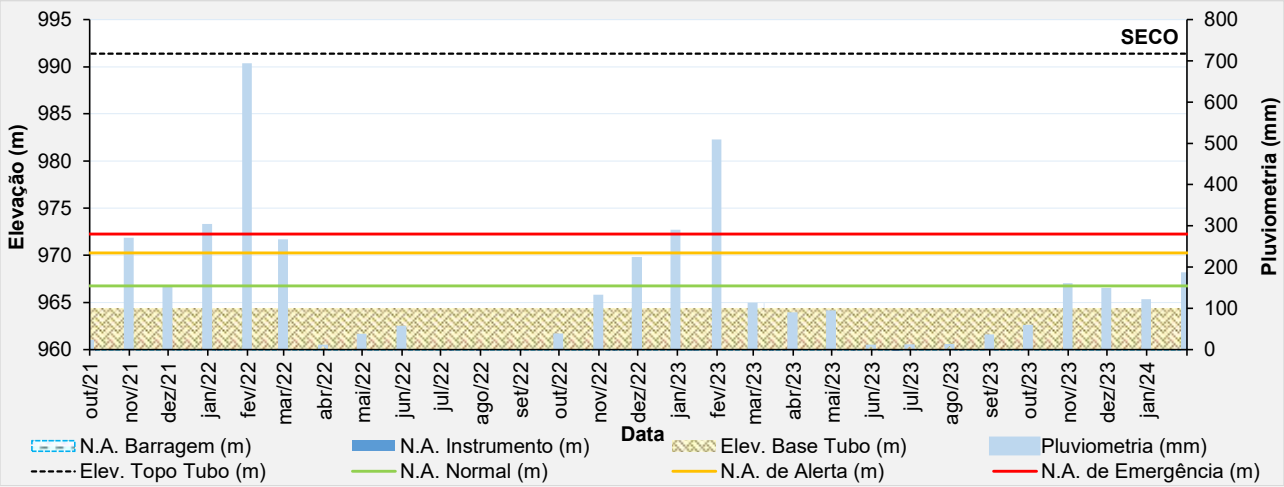


Figura 5.33 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-17.

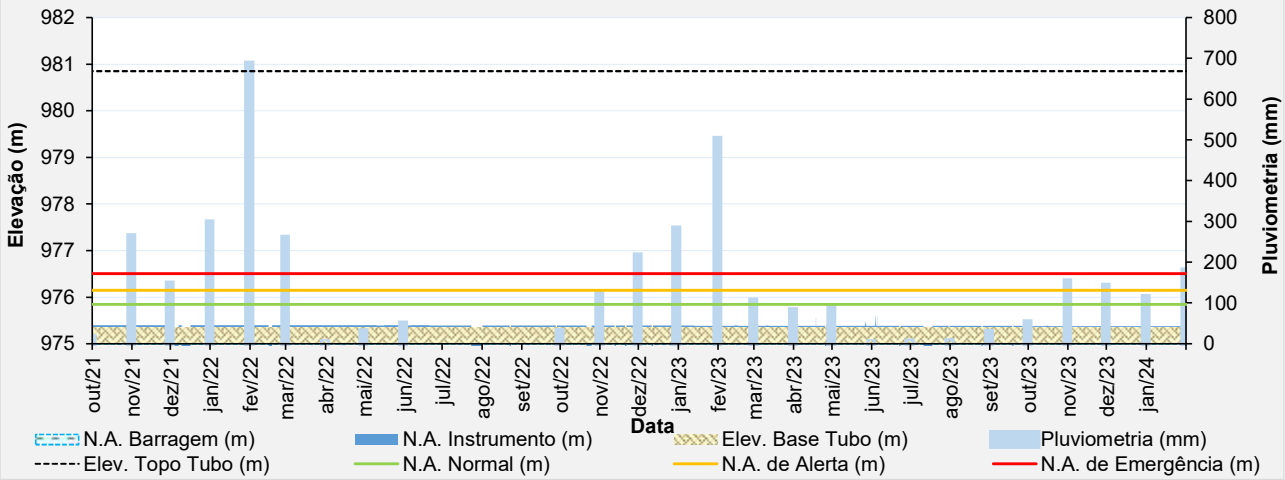


Figura 5.34 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-18.

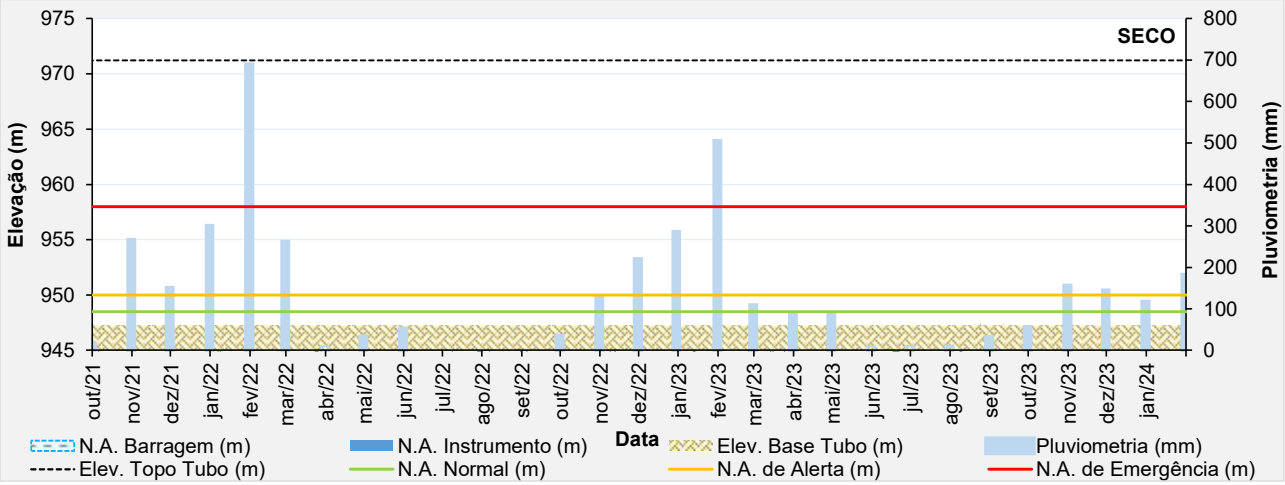


Figura 5.35 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-19.

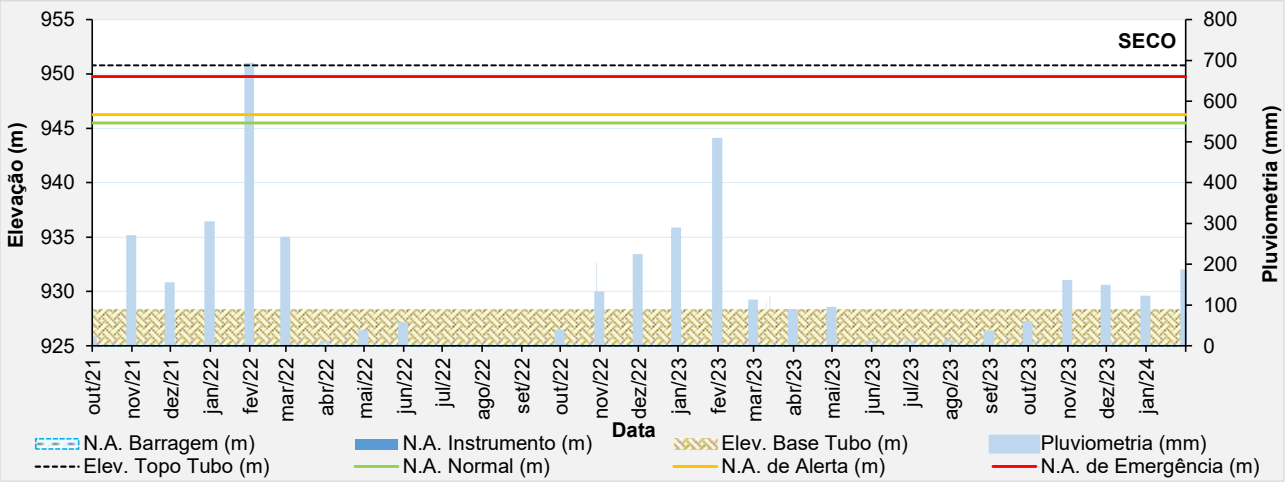


Figura 5.36 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-20A.

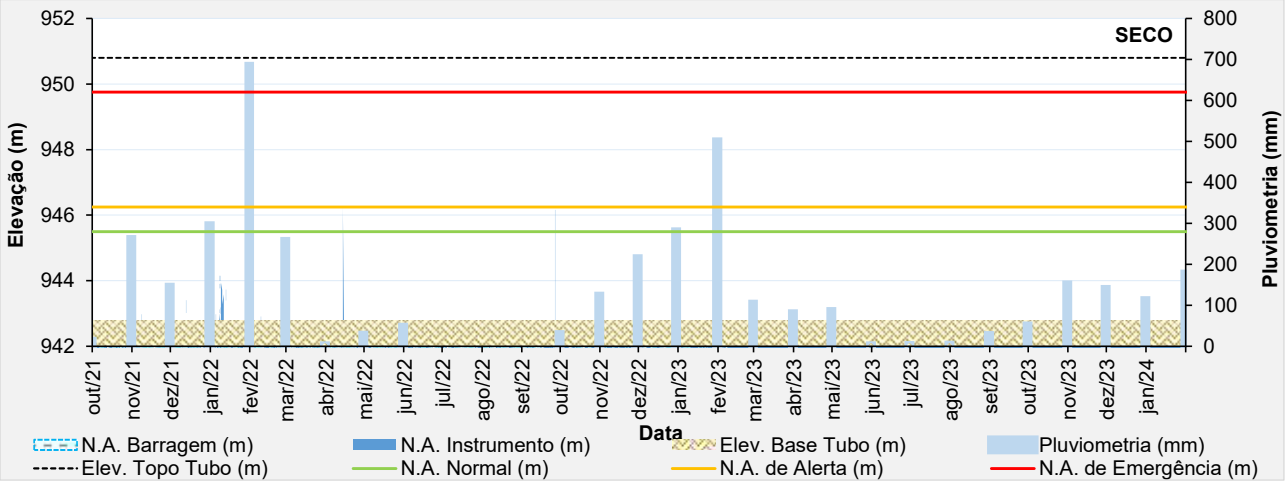


Figura 5.37 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-21.

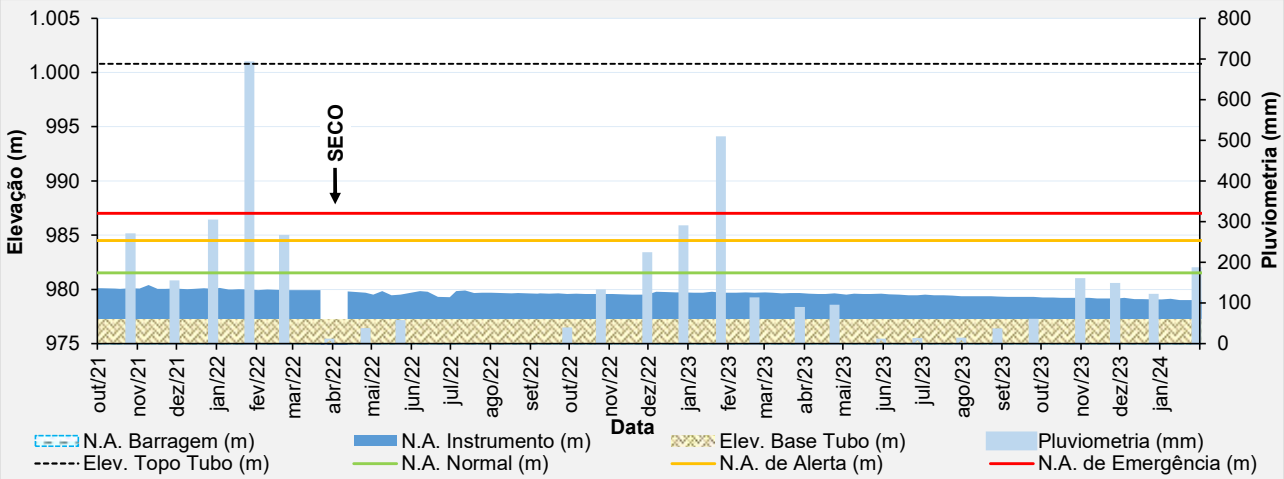


Figura 5.38 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-04.

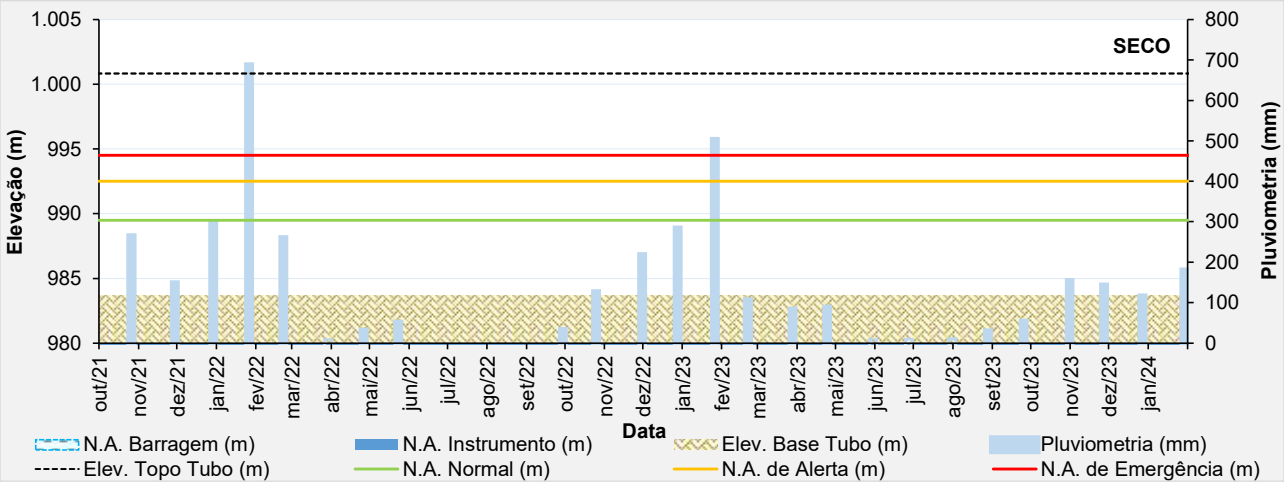


Figura 5.39 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-08.

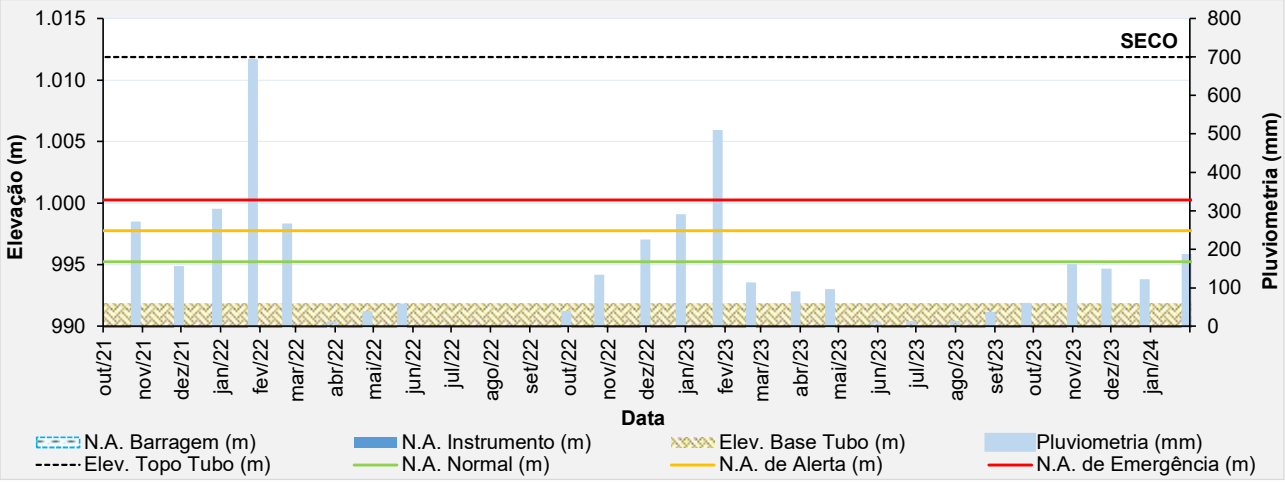


Figura 5.40 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-10A.

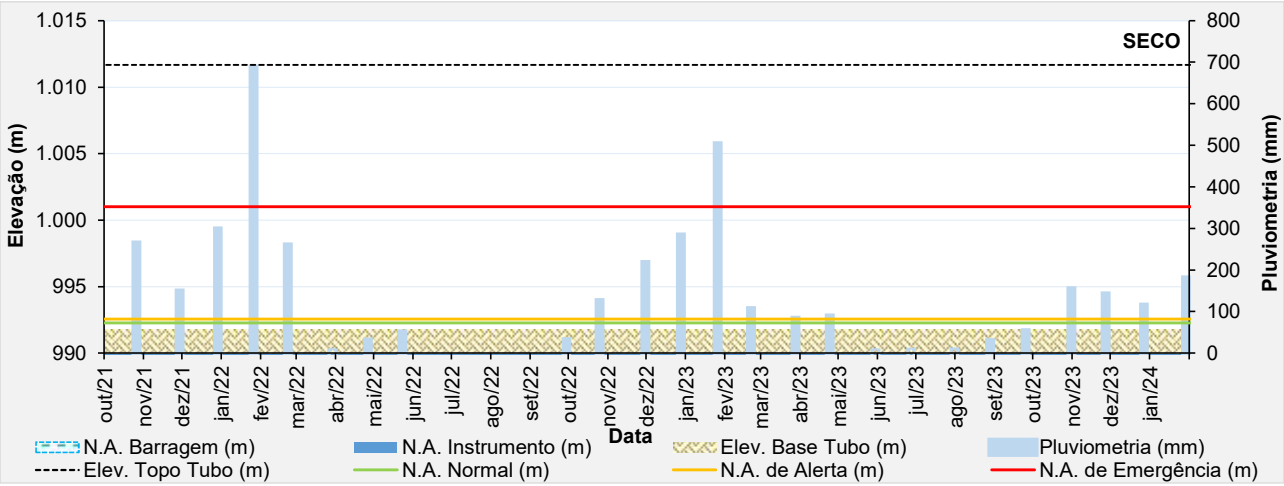


Figura 5.41 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-11A.

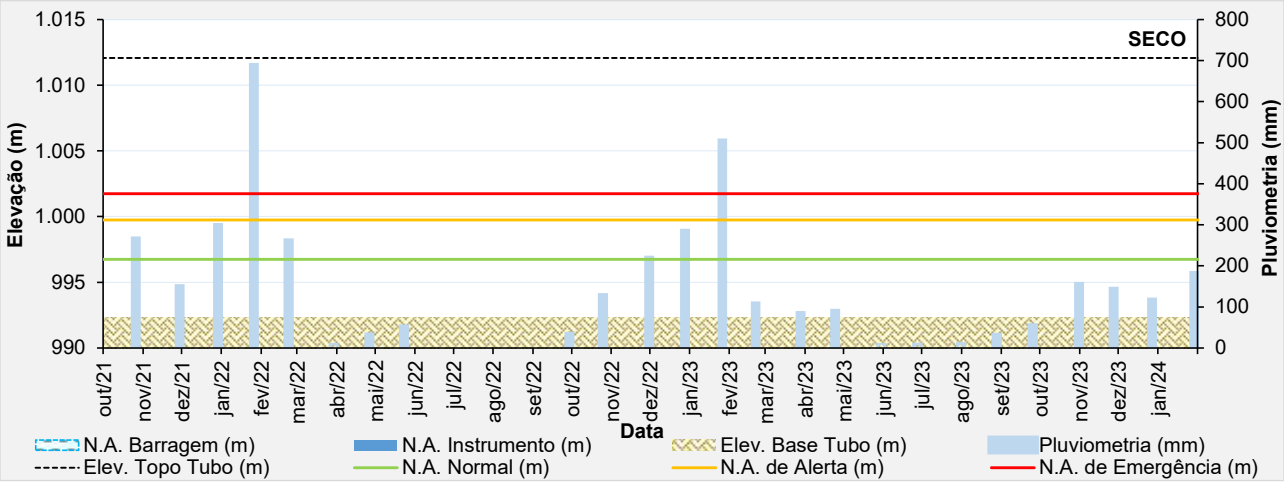


Figura 5.42 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-12A.

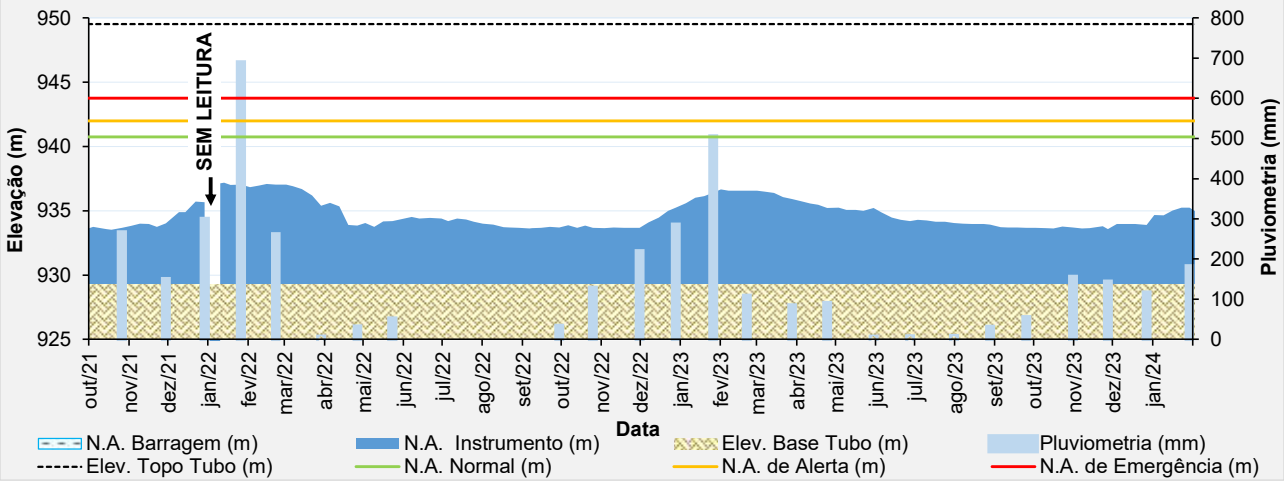


Figura 5.43 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-13.

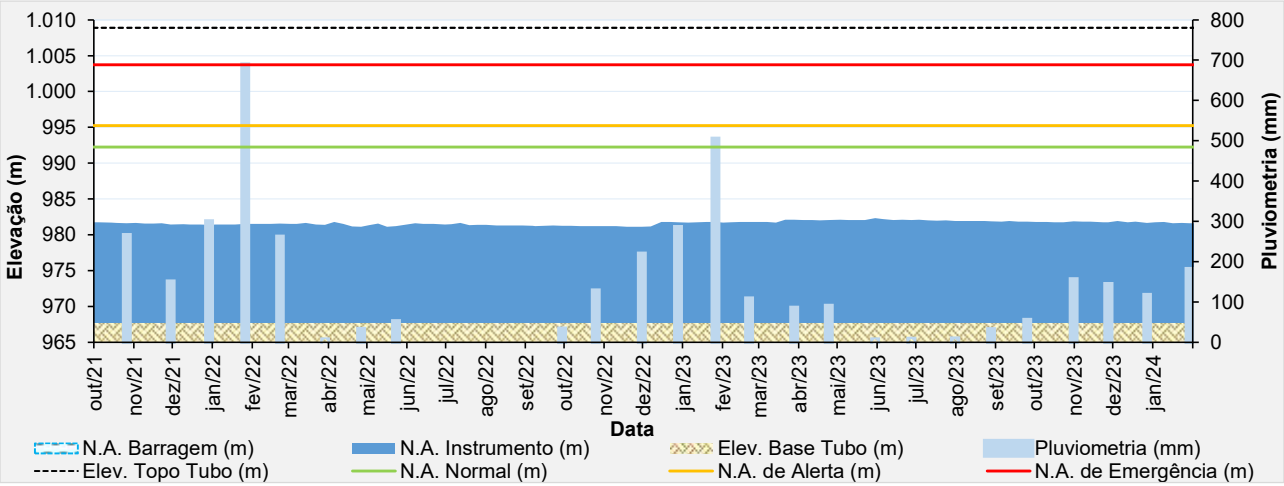


Figura 5.44 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-14.

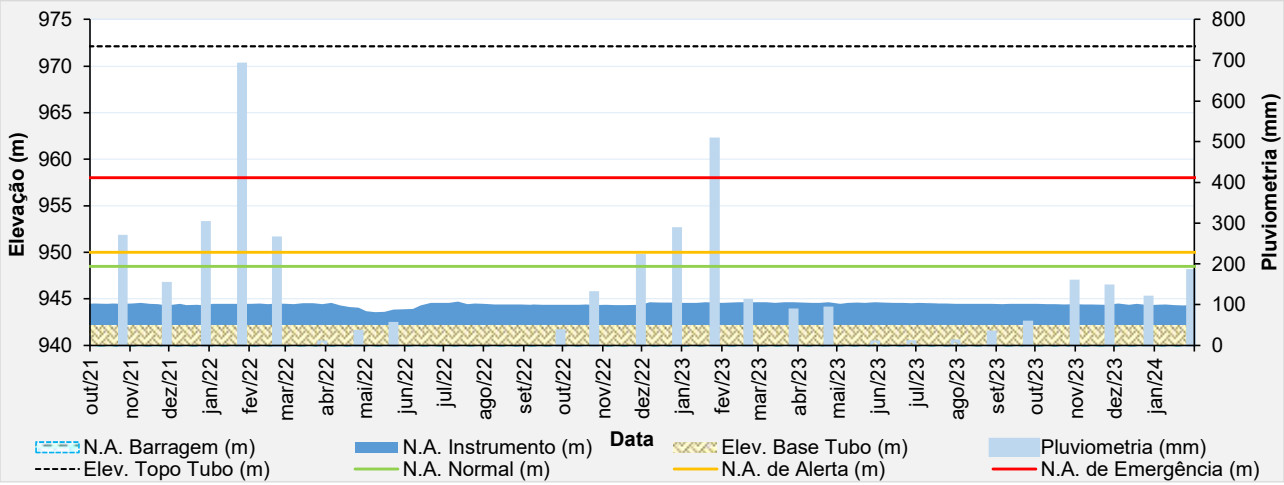


Figura 5.45 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-15.

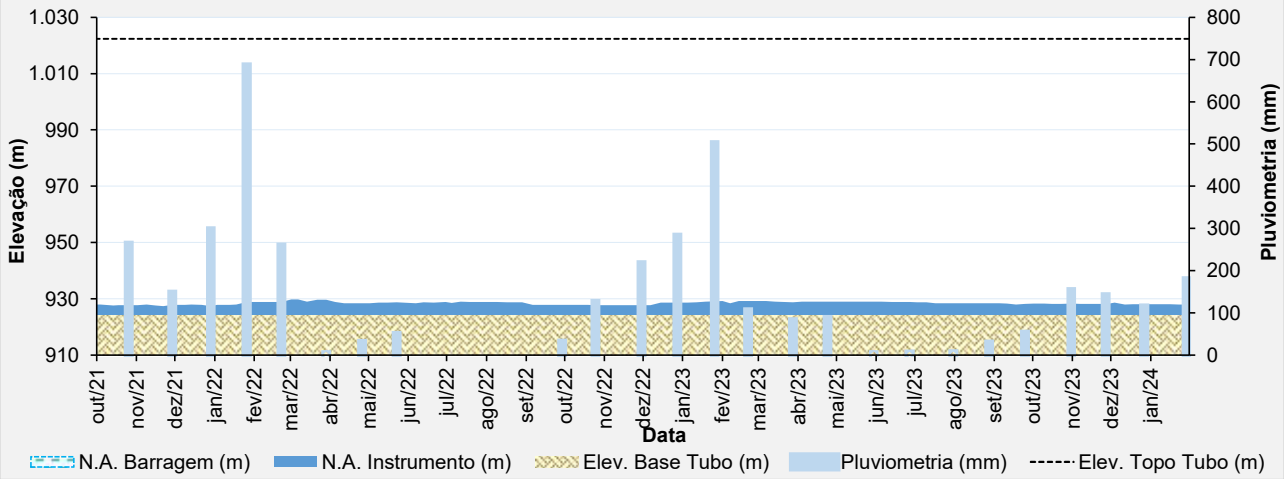


Figura 5.46 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-16.

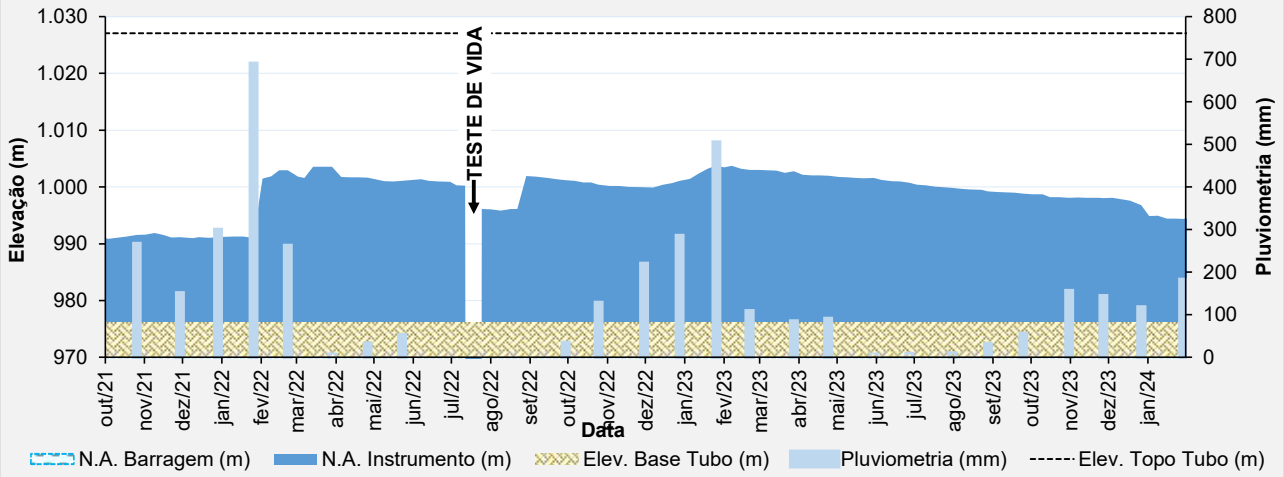


Figura 5.47 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-17.

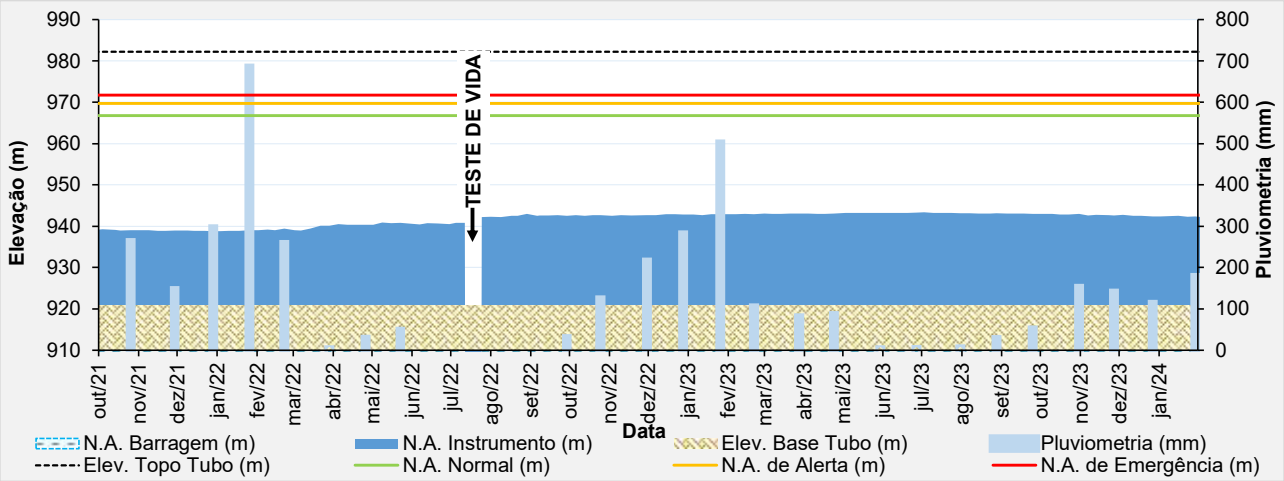


Figura 5.48 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-18.

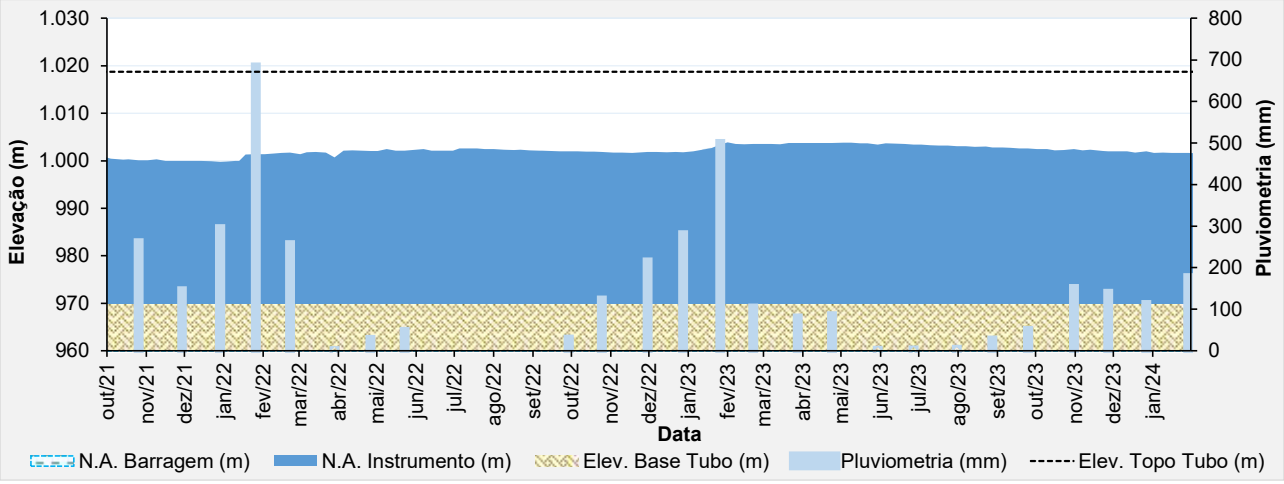


Figura 5.49 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-19.

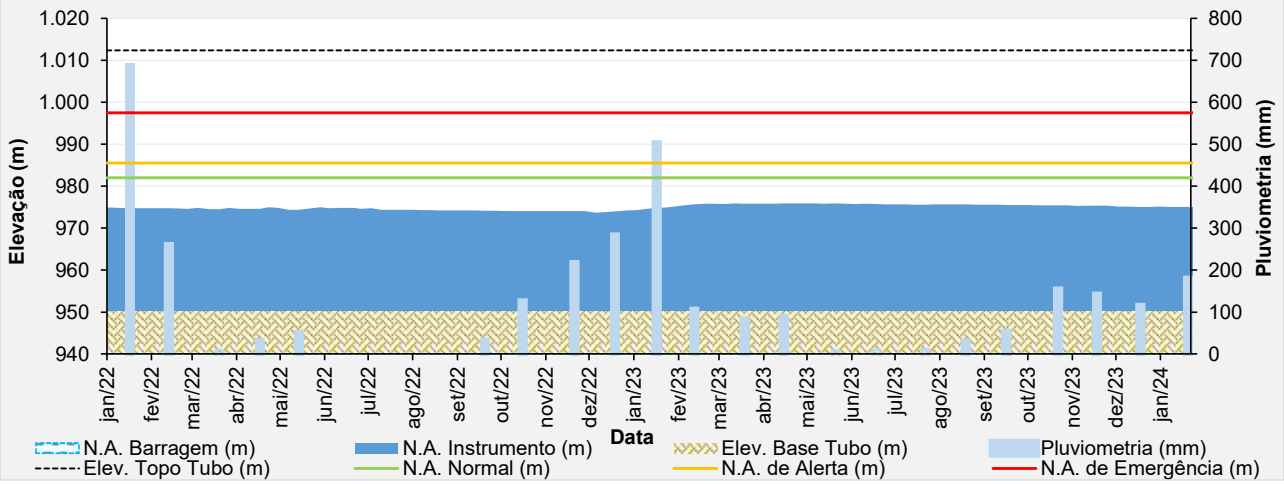


Figura 5.50 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-20.

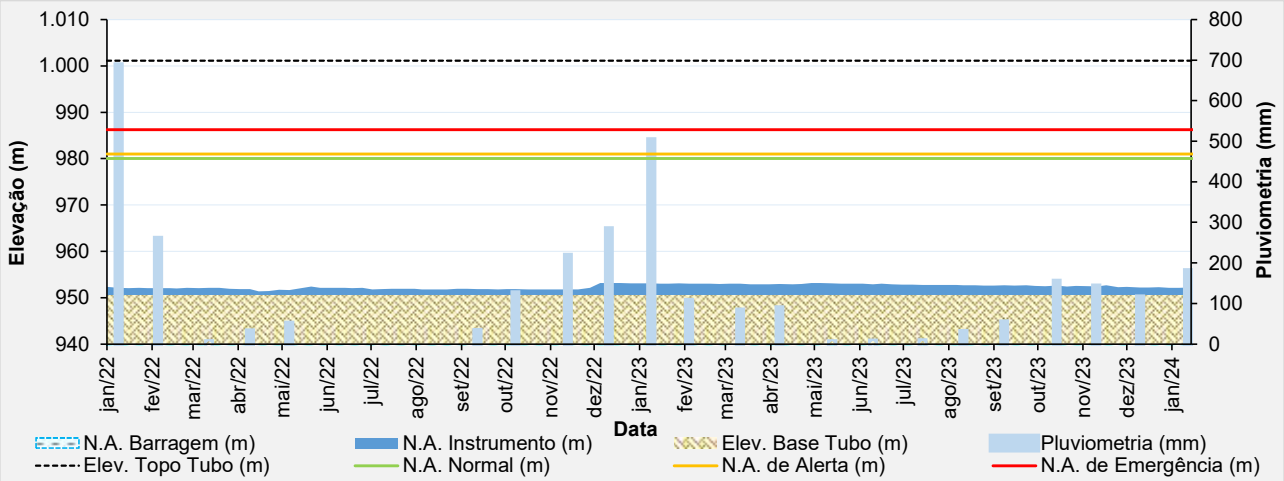


Figura 5.51 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-21.

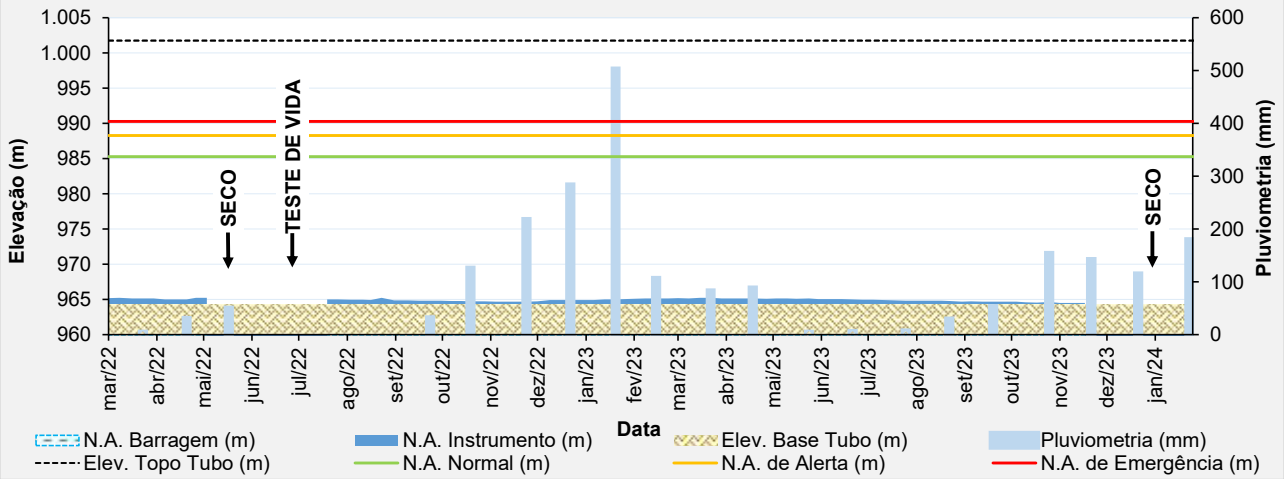


Figura 5.52 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-22.

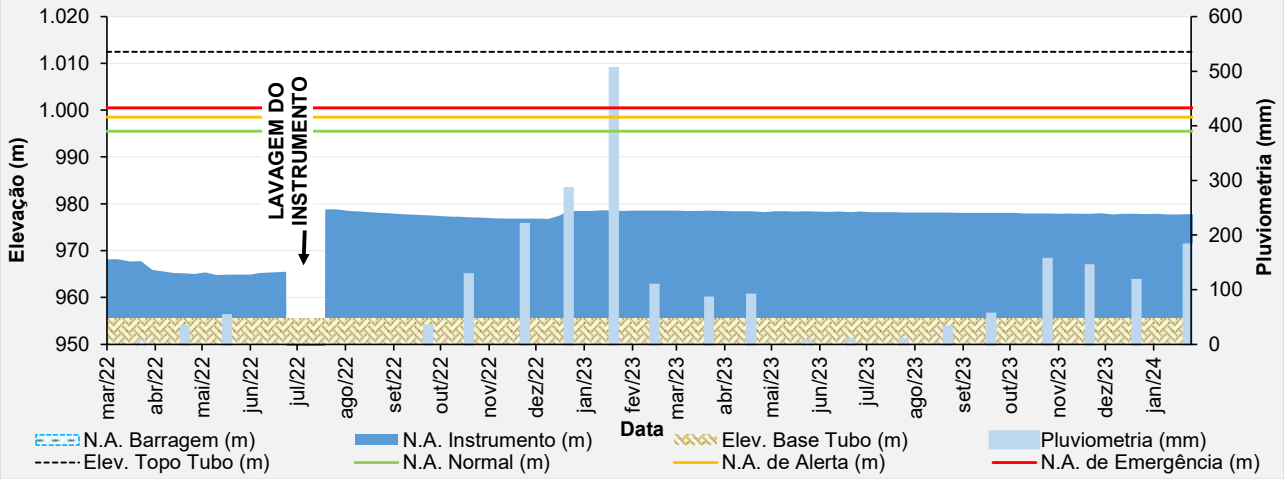


Figura 5.53 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-23.

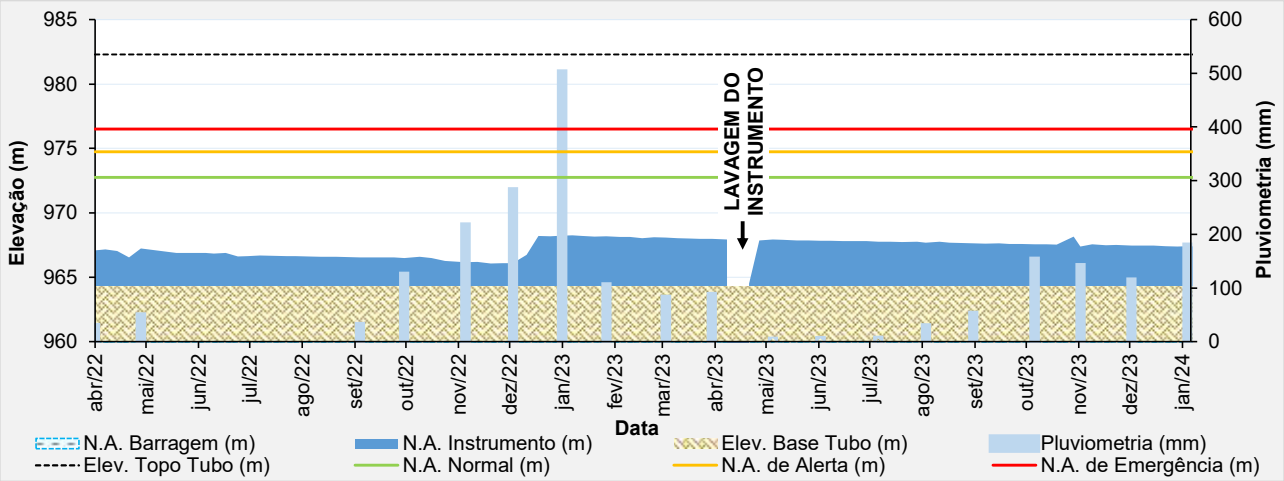


Figura 5.54 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-24.

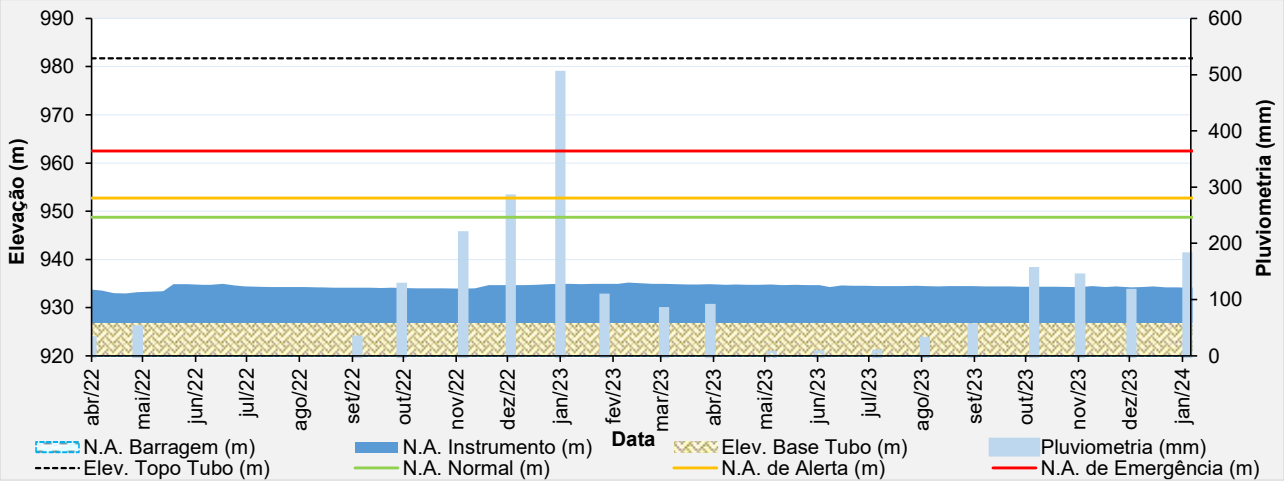


Figura 5.55 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-25.

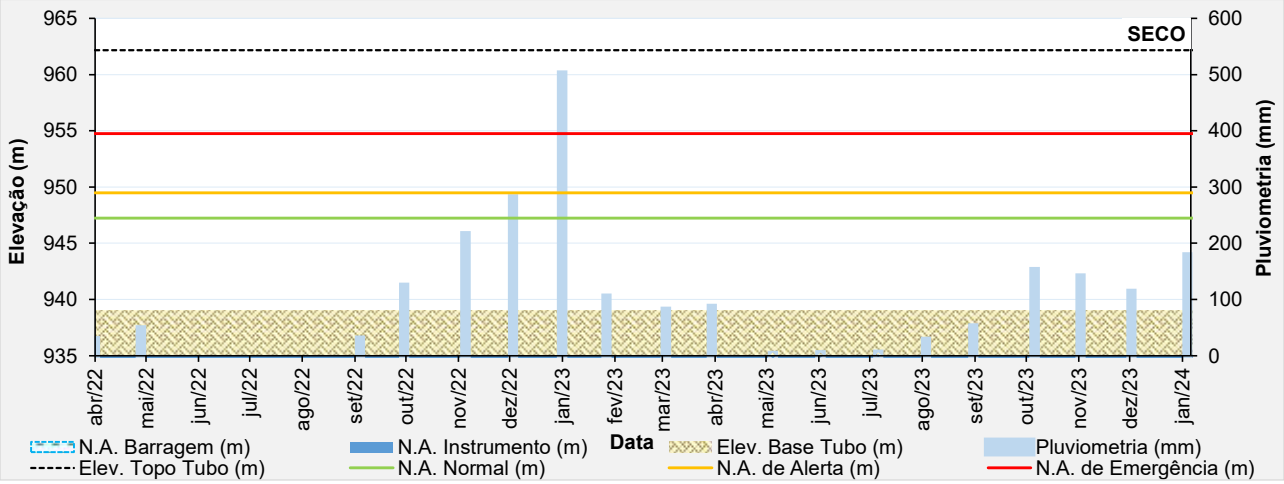


Figura 5.56 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-26.

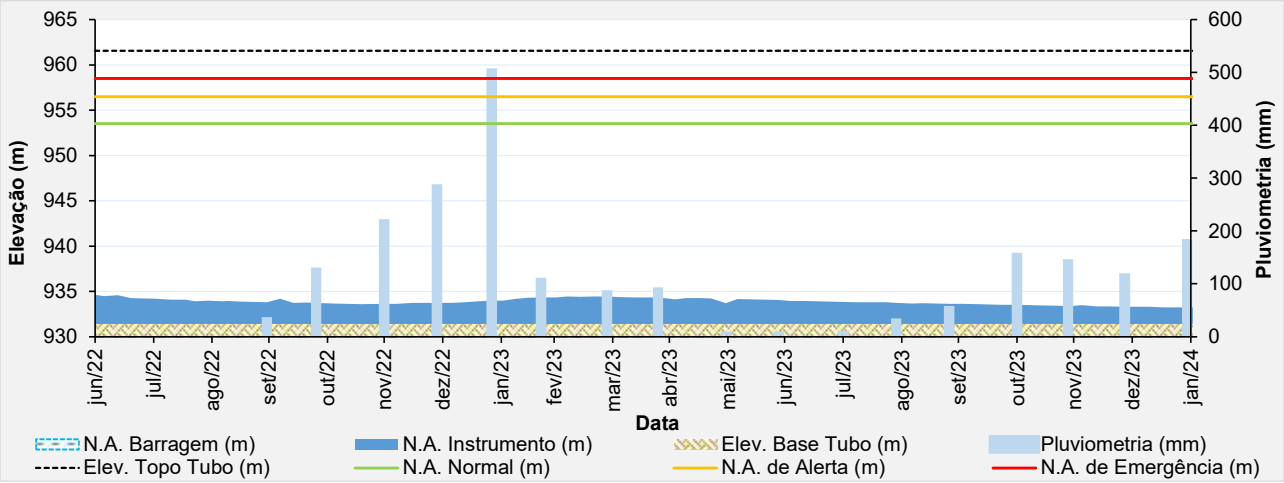


Figura 5.57 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-27.

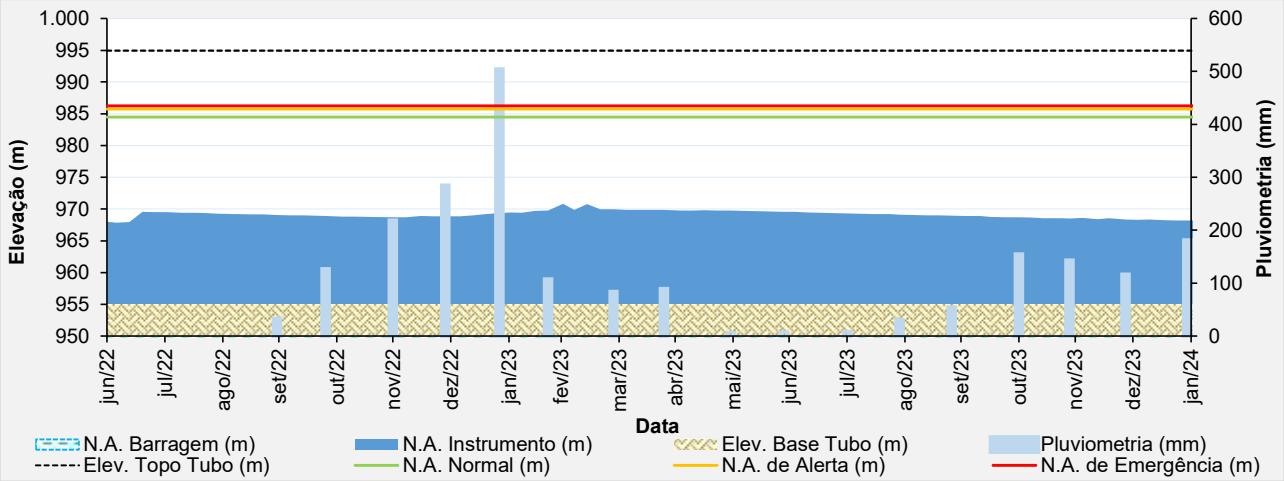


Figura 5.58 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-28.

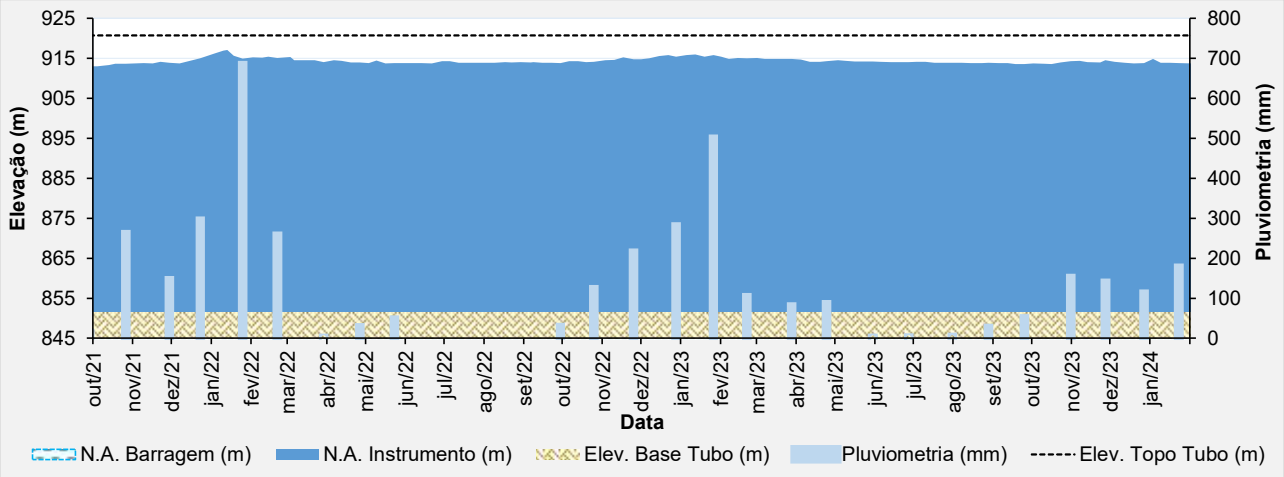


Figura 5.59 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-03 ECO.

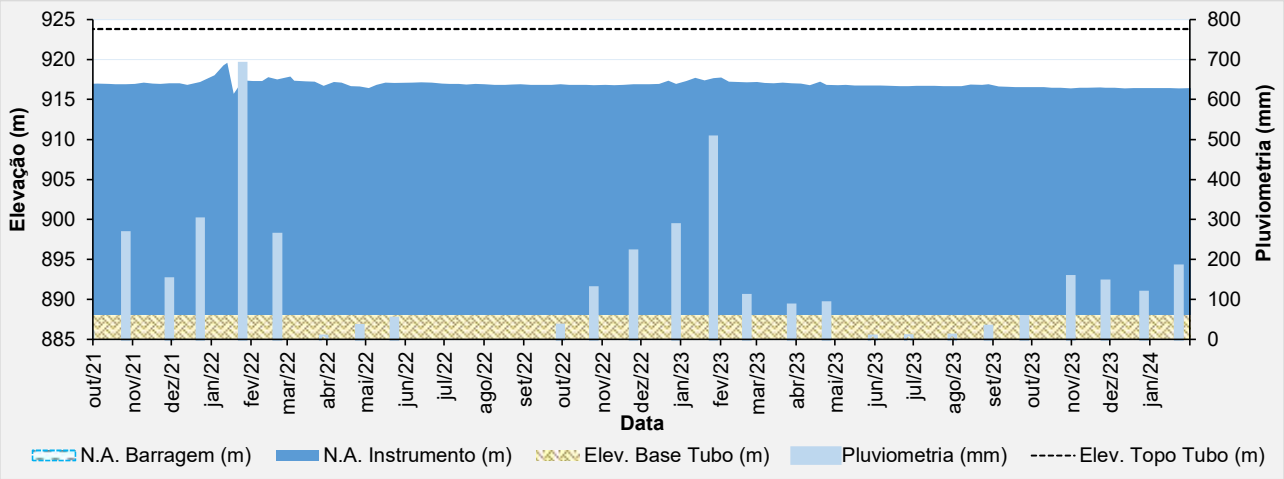


Figura 5.60 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-04 ECO.

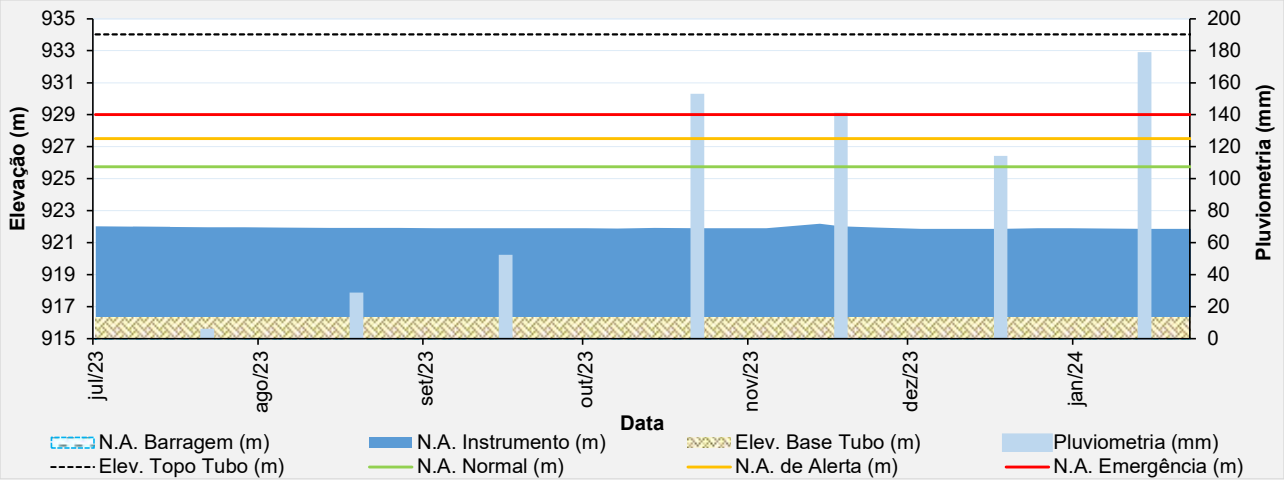


Figura 5.61 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-05 ECO.

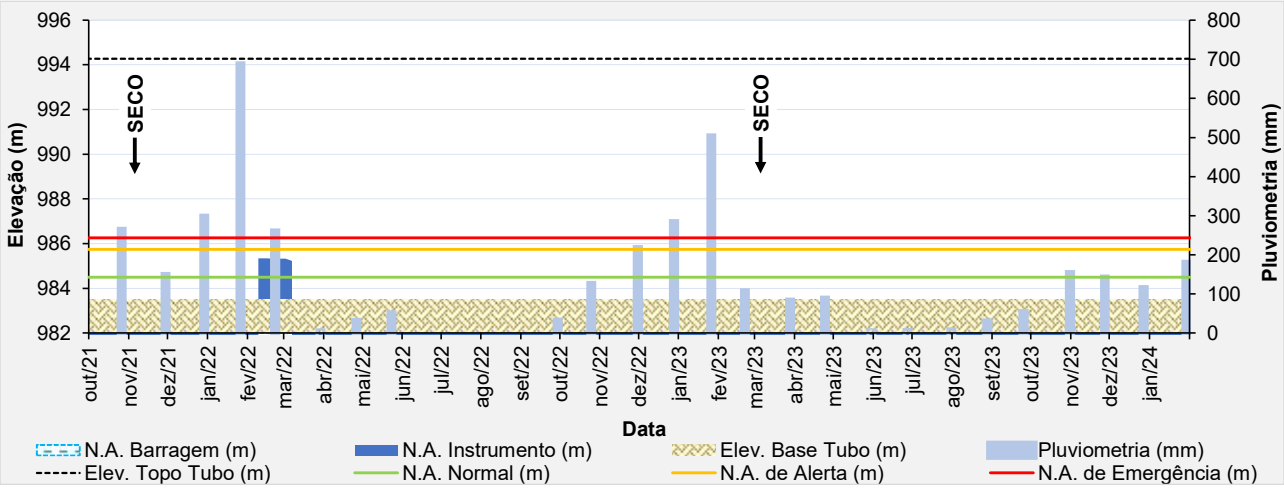


Figura 5.62 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01.

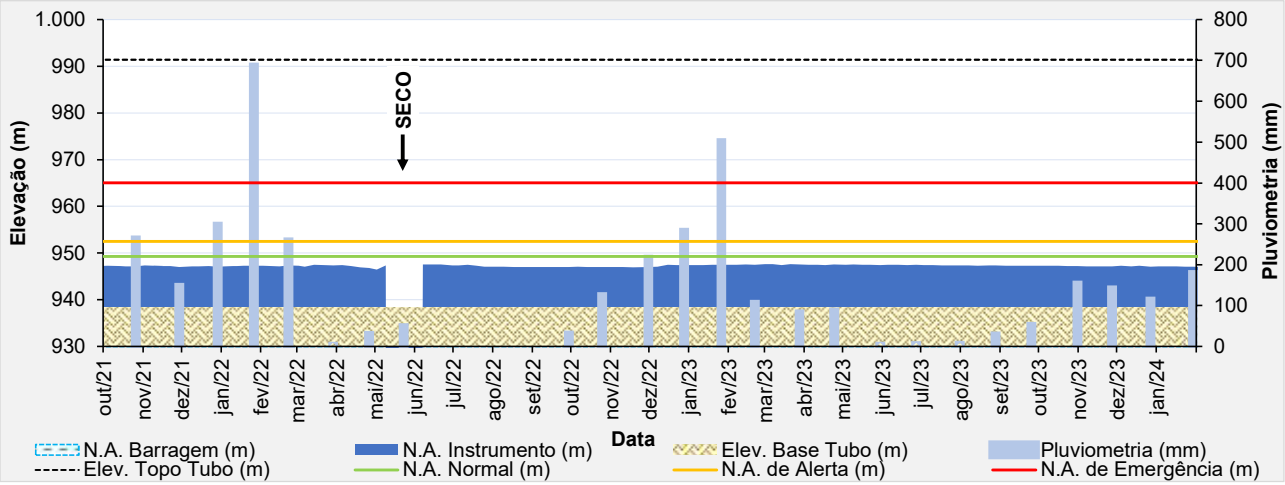


Figura 5.63 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01B.

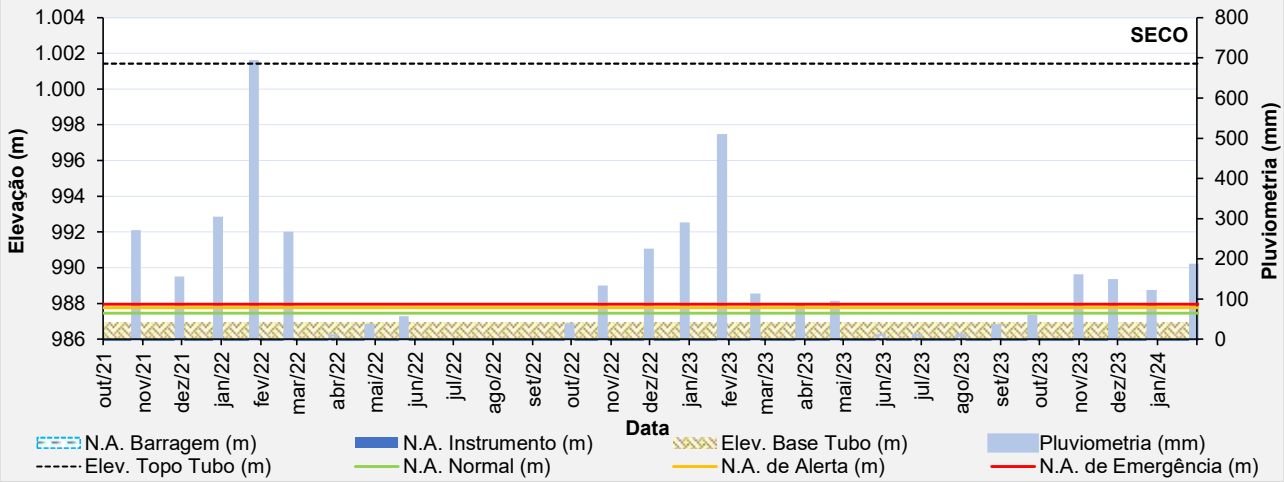


Figura 5.64 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-02.

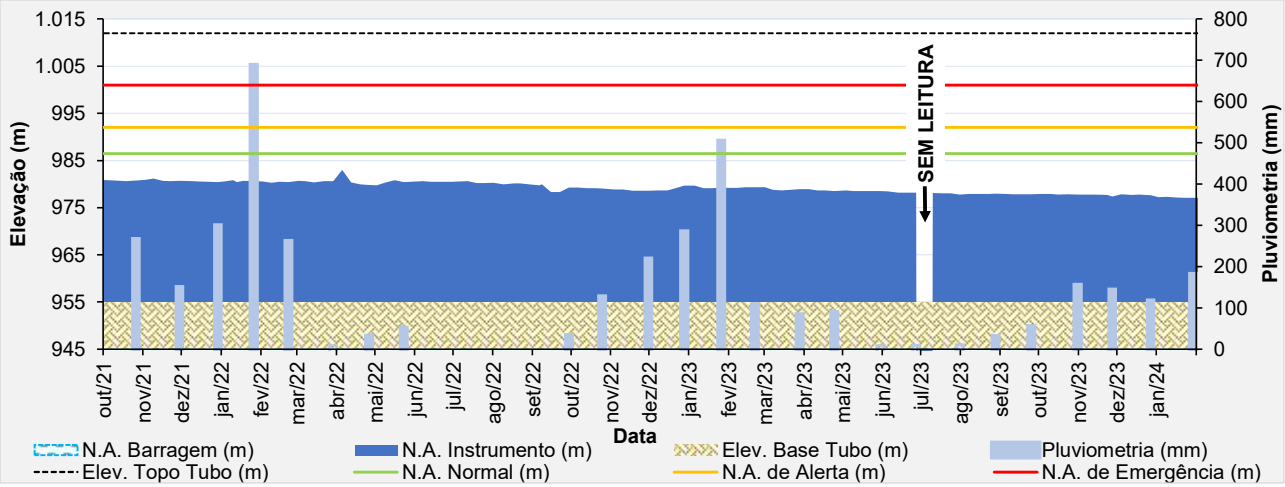


Figura 5.65 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-02B.

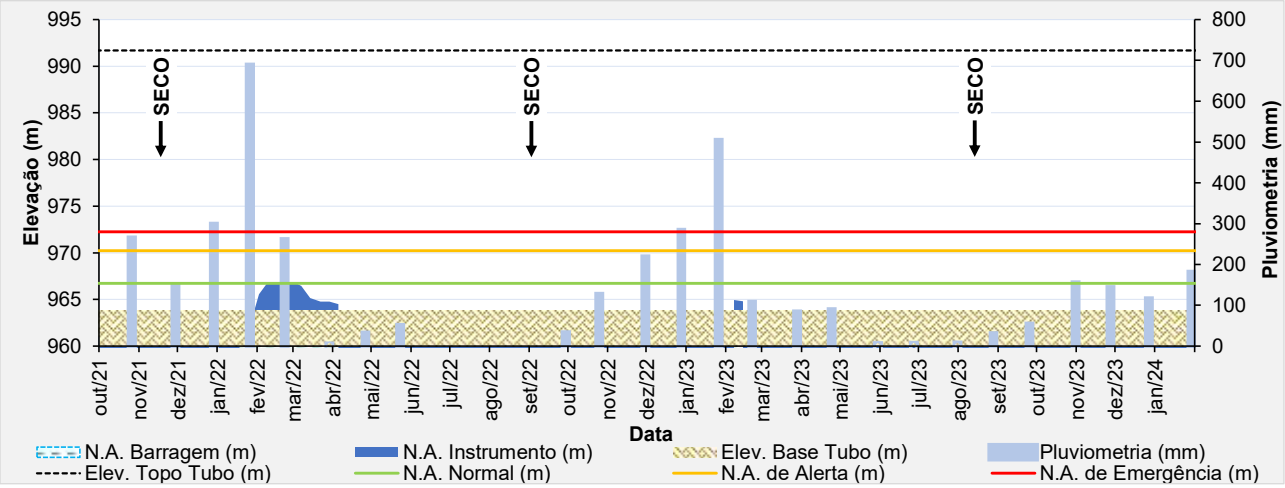


Figura 5.66 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-03.

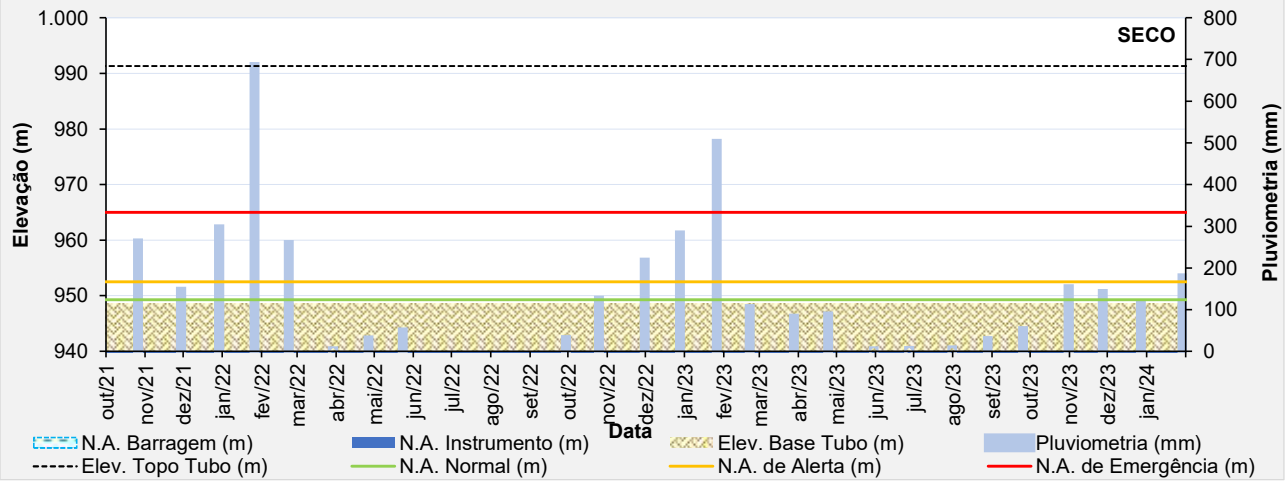


Figura 5.67 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-04.

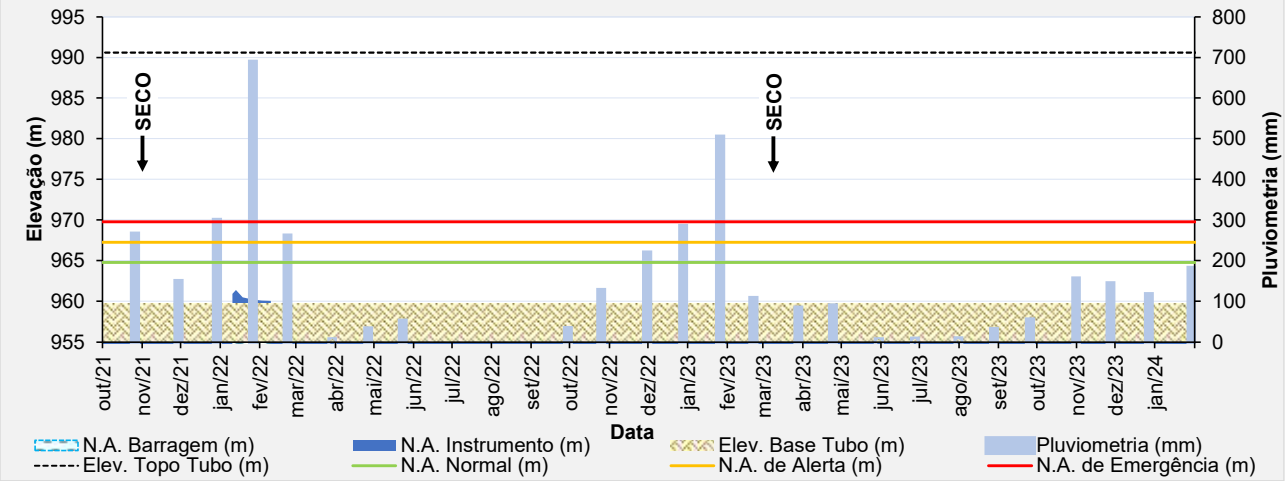


Figura 5.68 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-05.

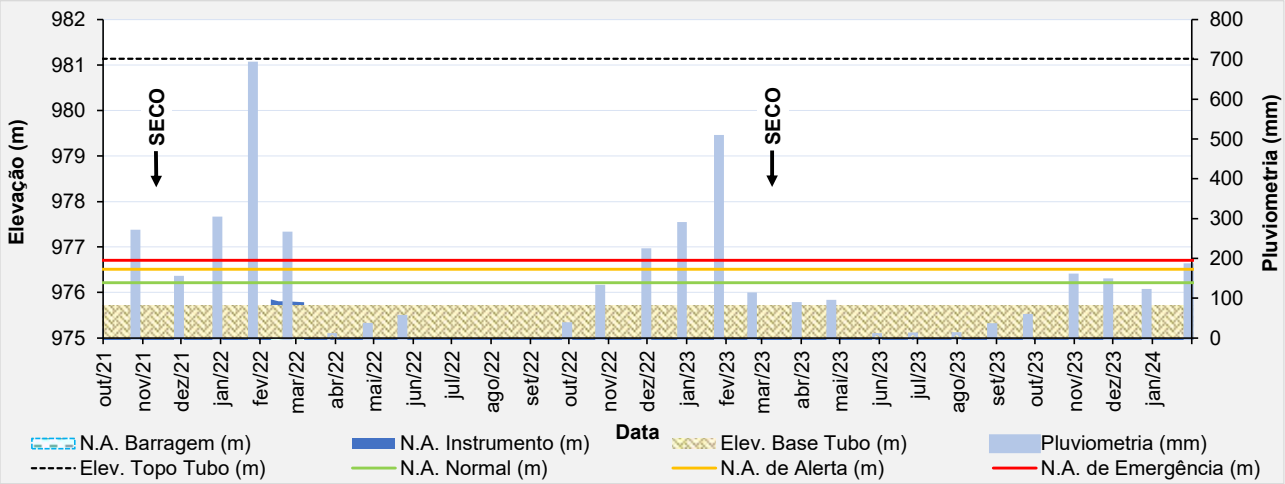


Figura 5.69 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-06.

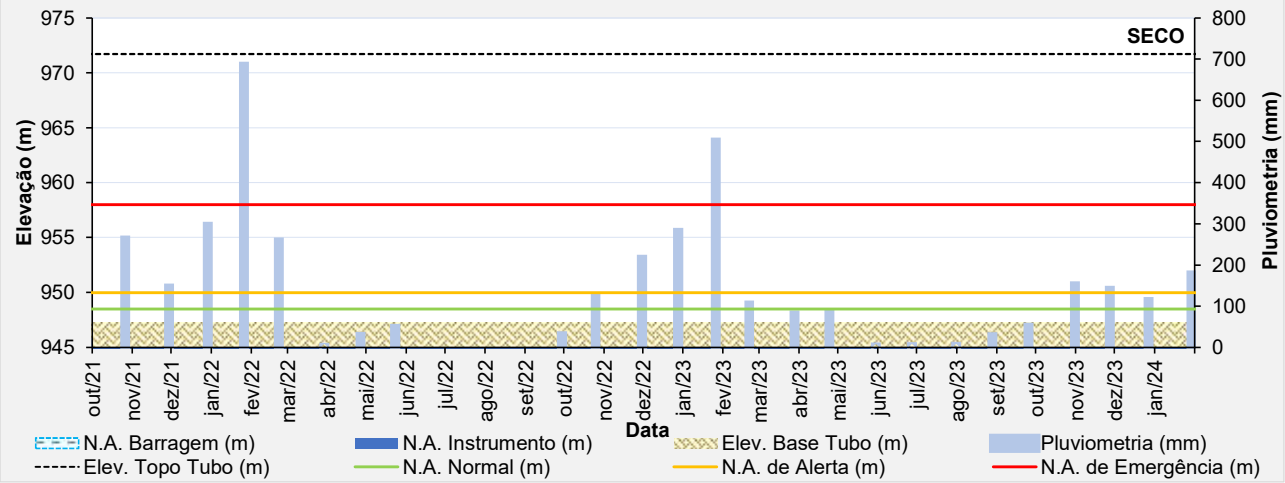


Figura 5.70 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-07.

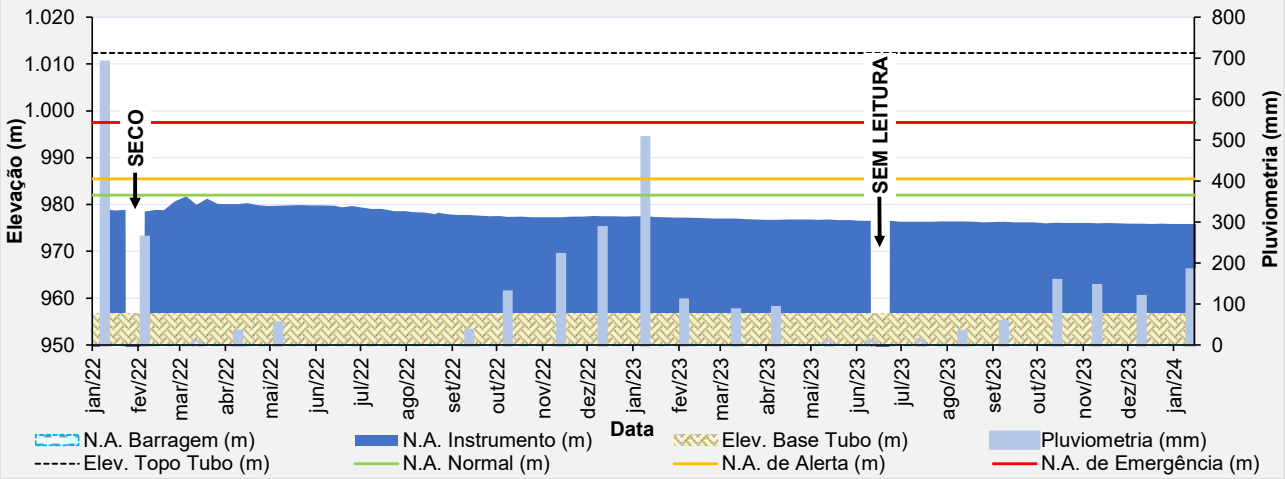


Figura 5.71 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-08.

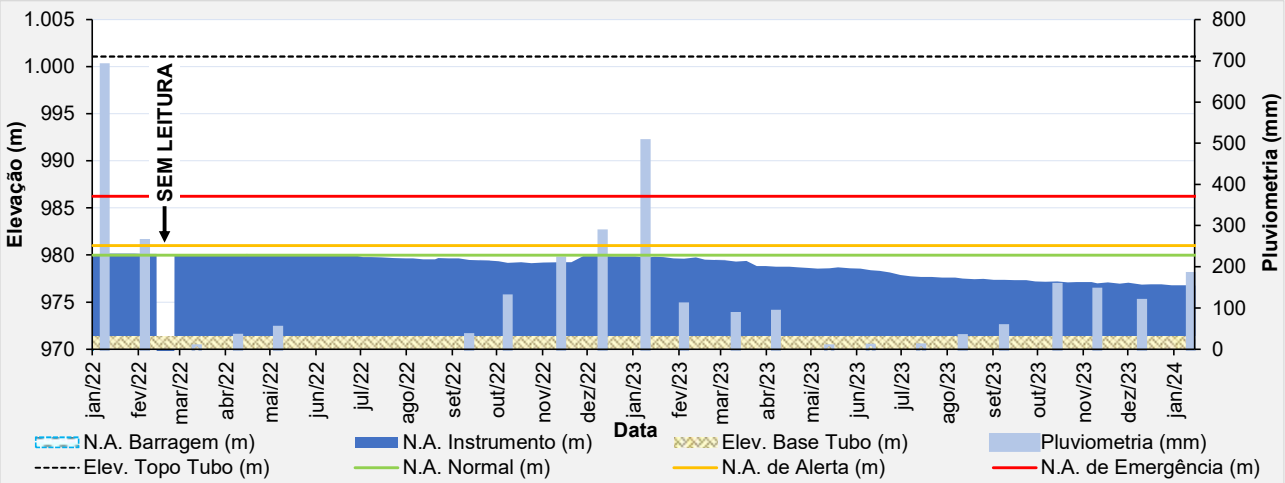


Figura 5.72 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-09.

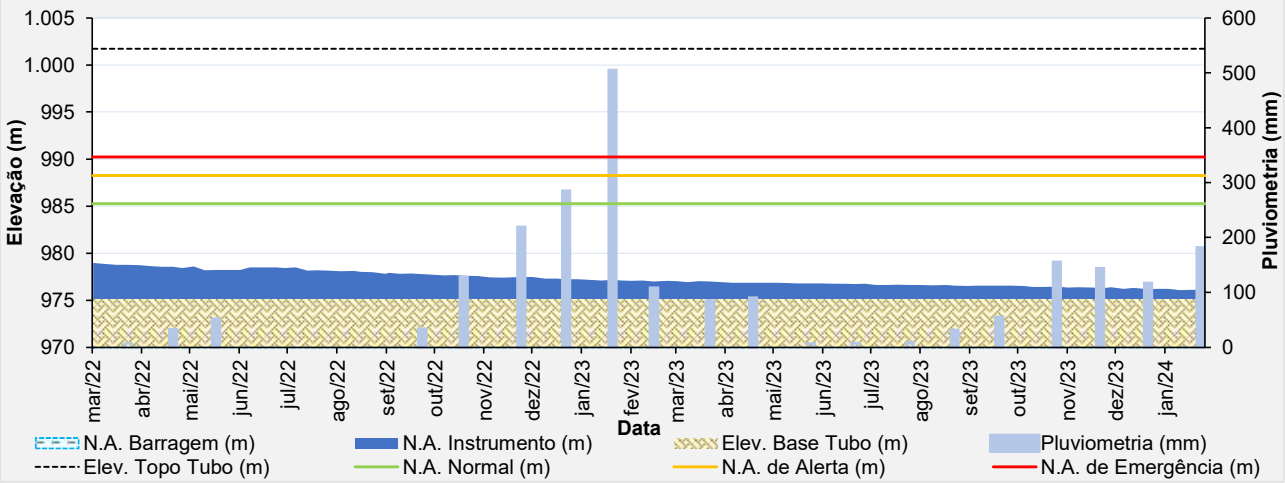


Figura 5.73 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-10.

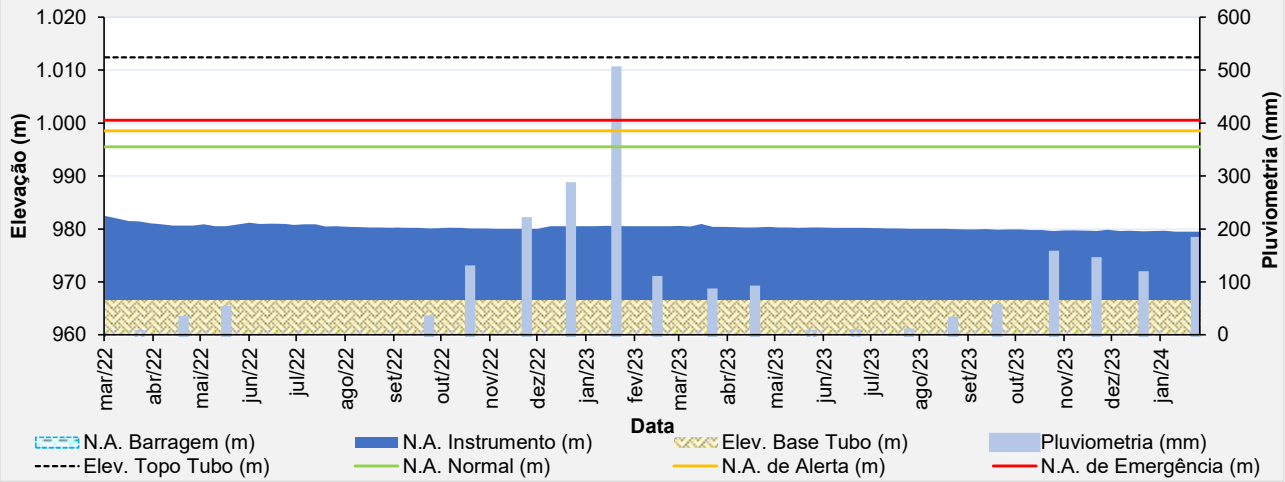


Figura 5.74 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-11.

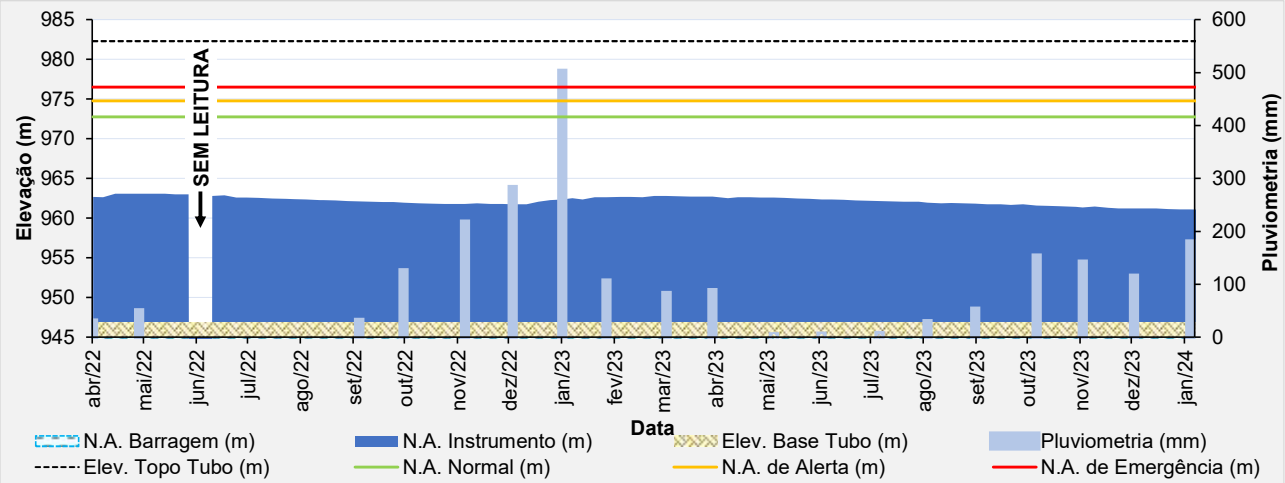


Figura 5.75 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-12.

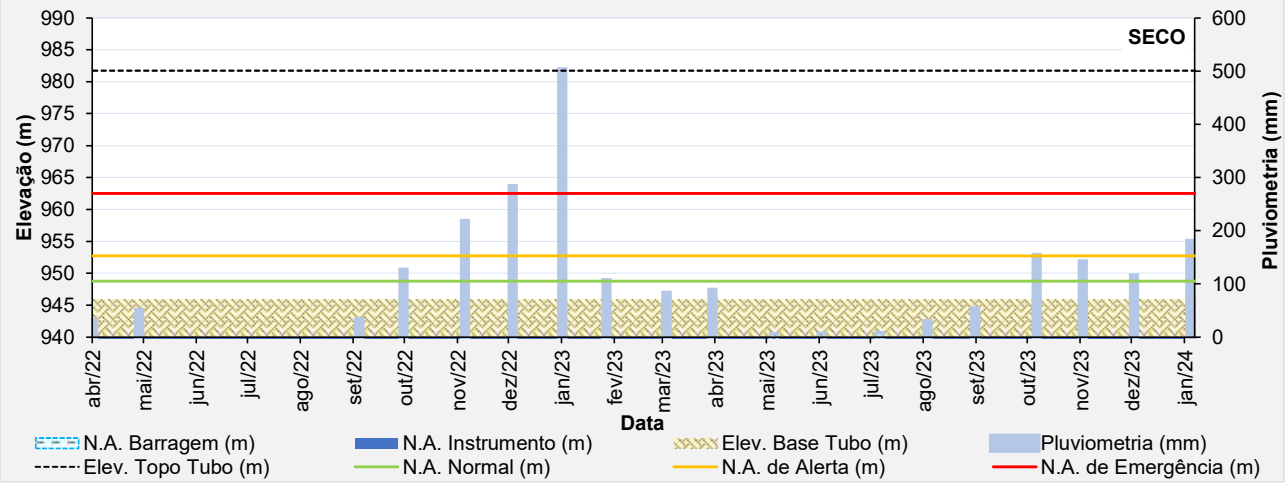


Figura 5.76 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-13.

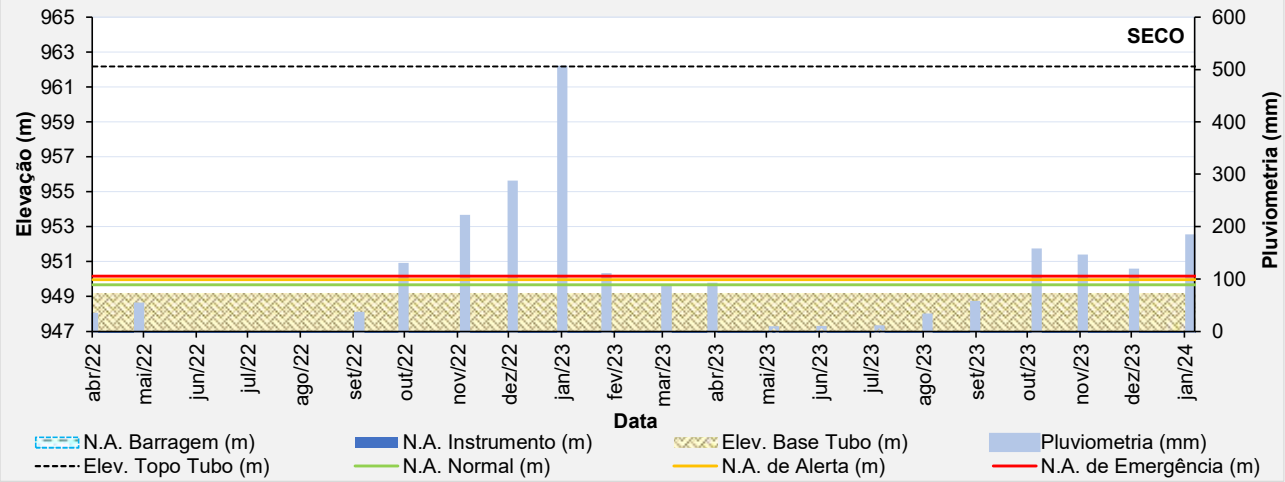


Figura 5.77 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-14.

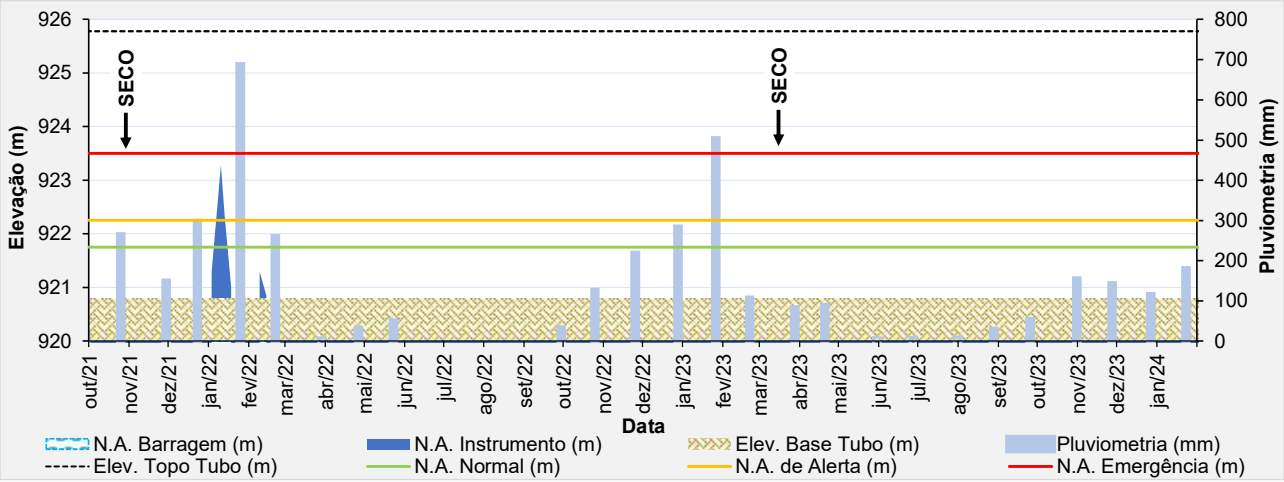


Figura 5.78 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01A ECO.

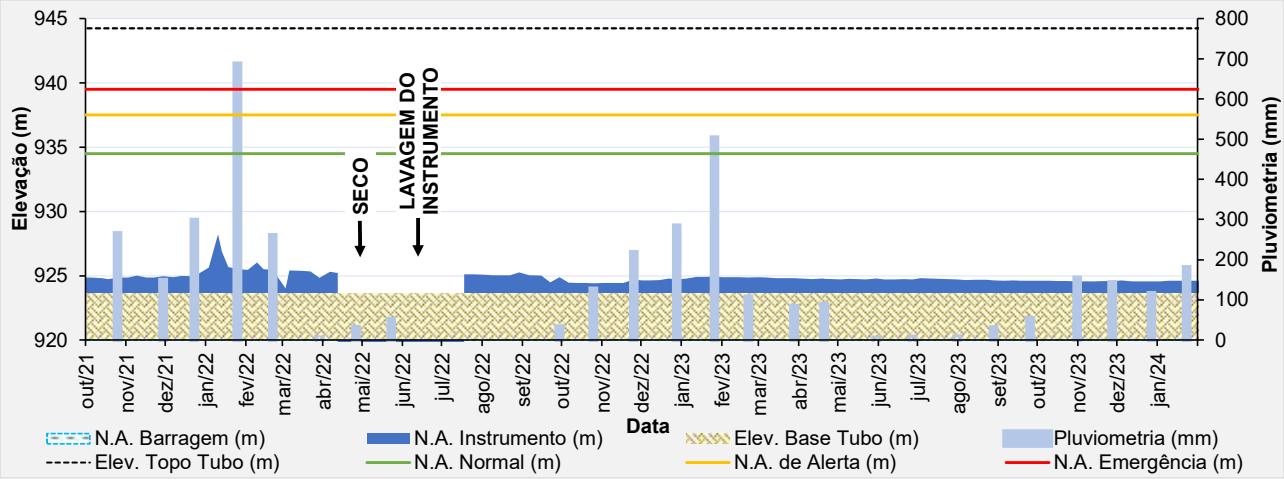


Figura 5.79 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-03 ECO.

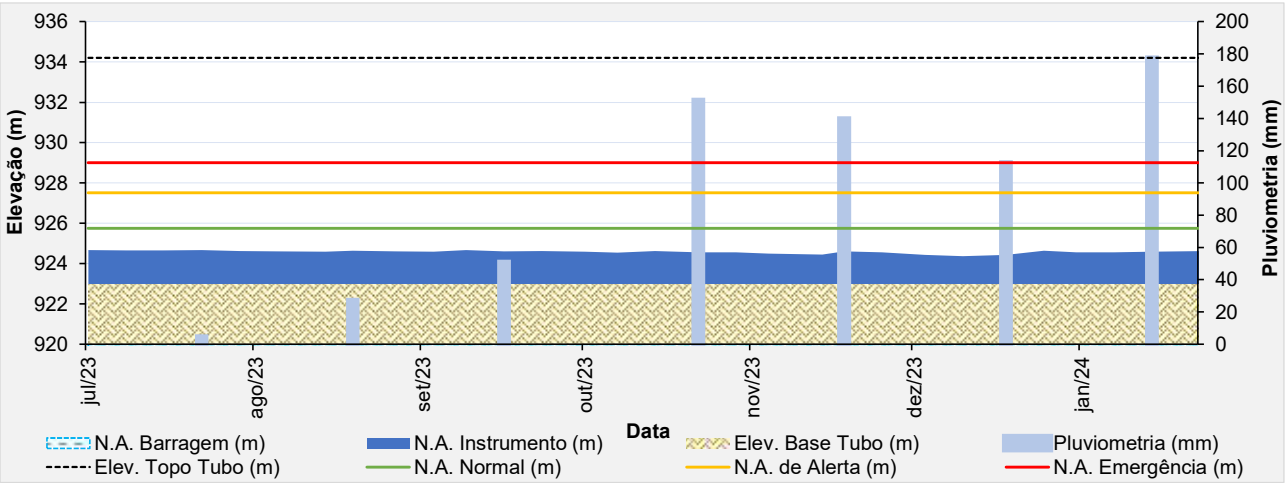


Figura 5.80 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-04 ECO.

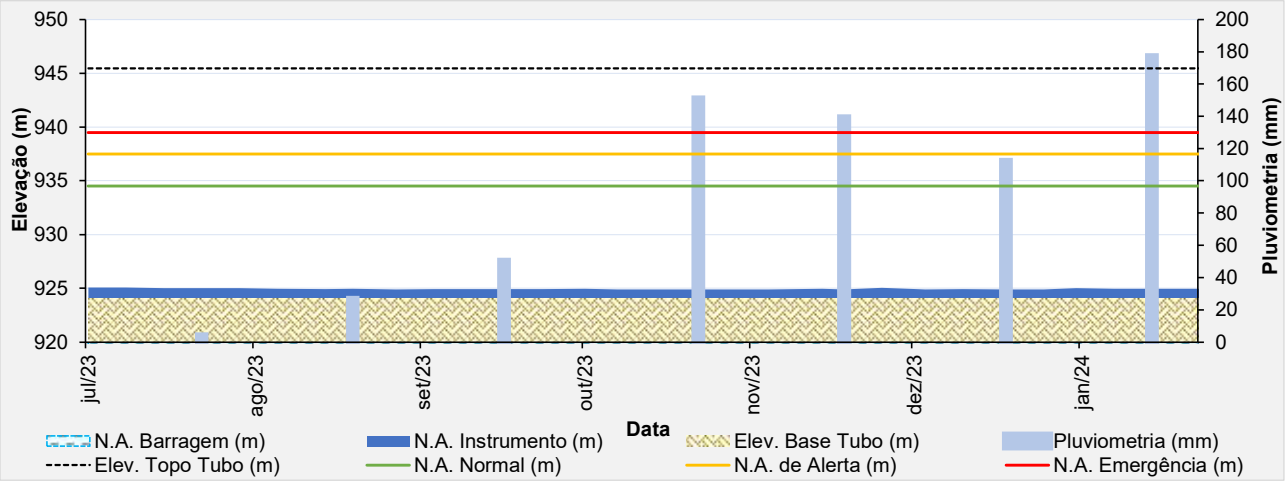


Figura 5.81 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-05 ECO.

- **Placa Indicadora de Vazão**

As leituras da placa indicadora de vazões tiveram grande oscilação em decorrência de precipitações mais elevadas, tendo um pico de leitura em janeiro de 2023 (07/01/23) de 15,94 m³/h. Quando se compara o período de novembro/23 a janeiro/24, obteve-se uma média das leituras das vazões igual a 0,57 m³/h, com picos nos dias 01/01/24 (8,84 m³/h) e 24/01/24 (6,30 m²/h).

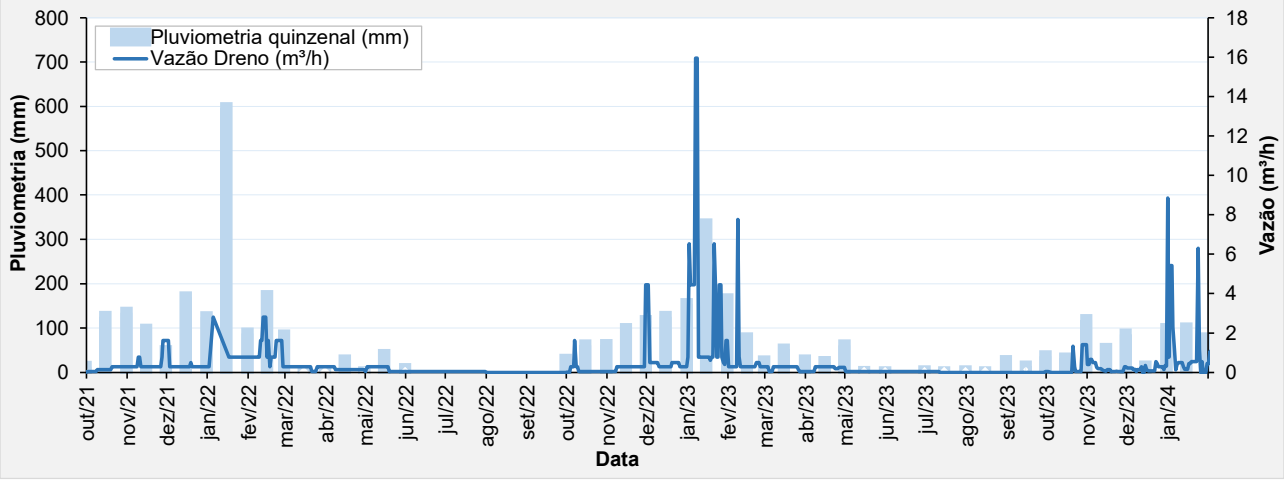


Figura 5.82 – Histórico de leituras da placa indicadora de vazões.

- **Prismas de Monitoramento**

Para controle de deslocamento em superfície, atualmente, existem 70 prismas fixos instalados no maciço da barragem e monitorados por uma estação robótica fixa instalada no terreno natural na ombreira esquerda da barragem como pode ser visto na Figura 5.10.

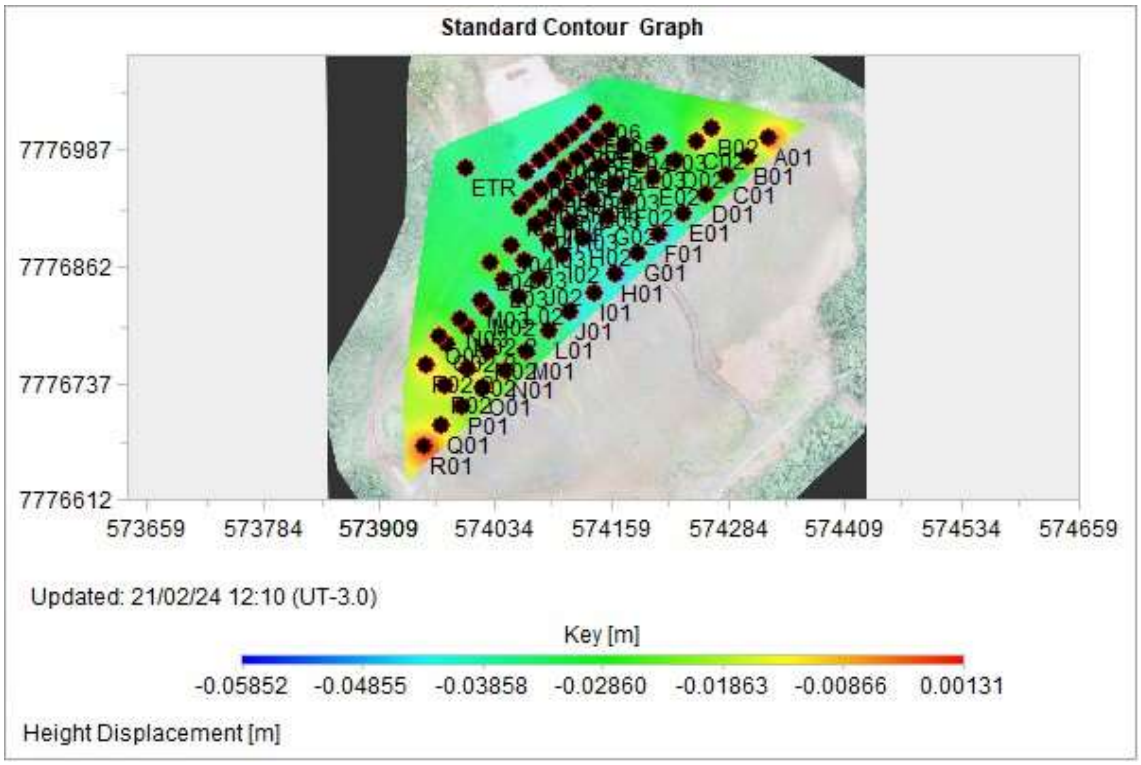


Figura 5.83 – Registros deslocamentos verticais dos prismas.

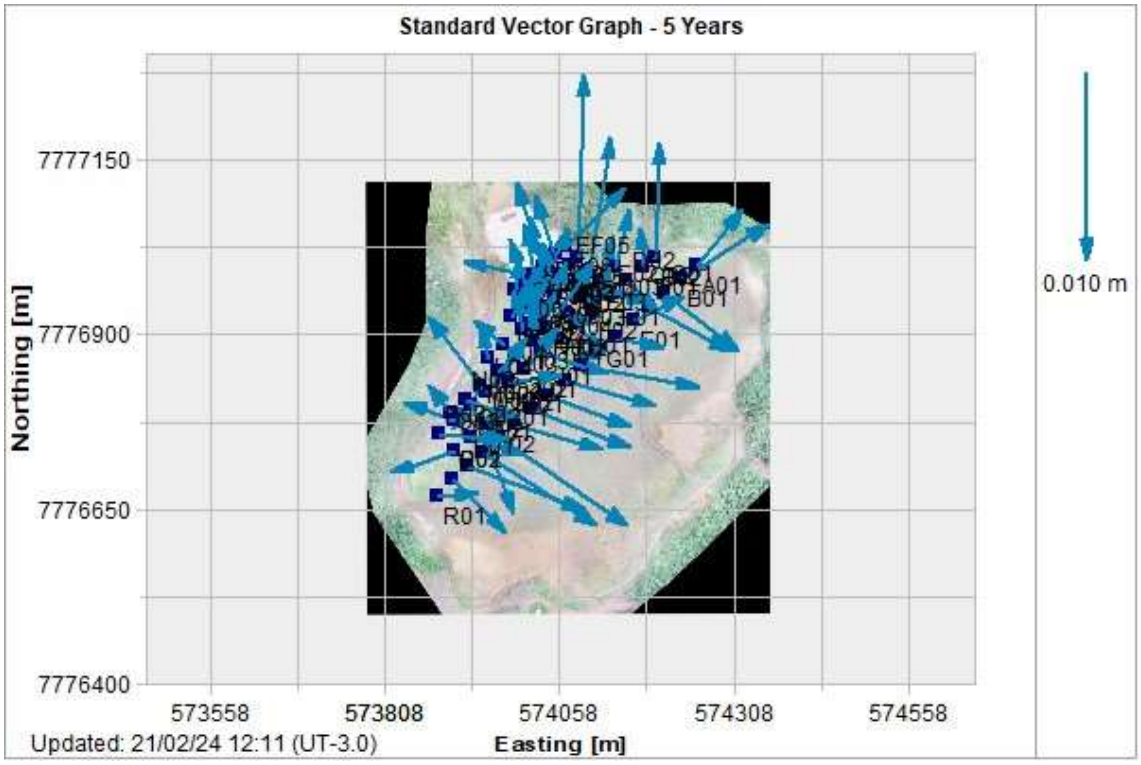


Figura 5.84 – Registros vetores deslocamento dos prismas.

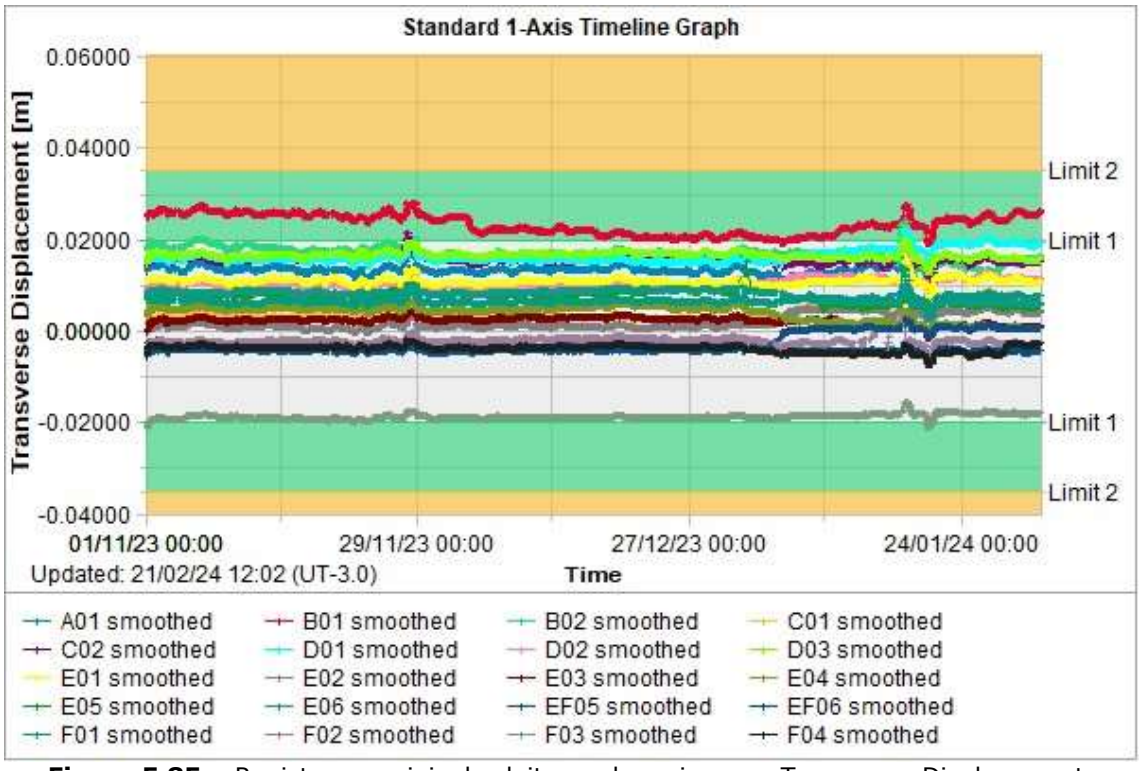


Figura 5.85 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

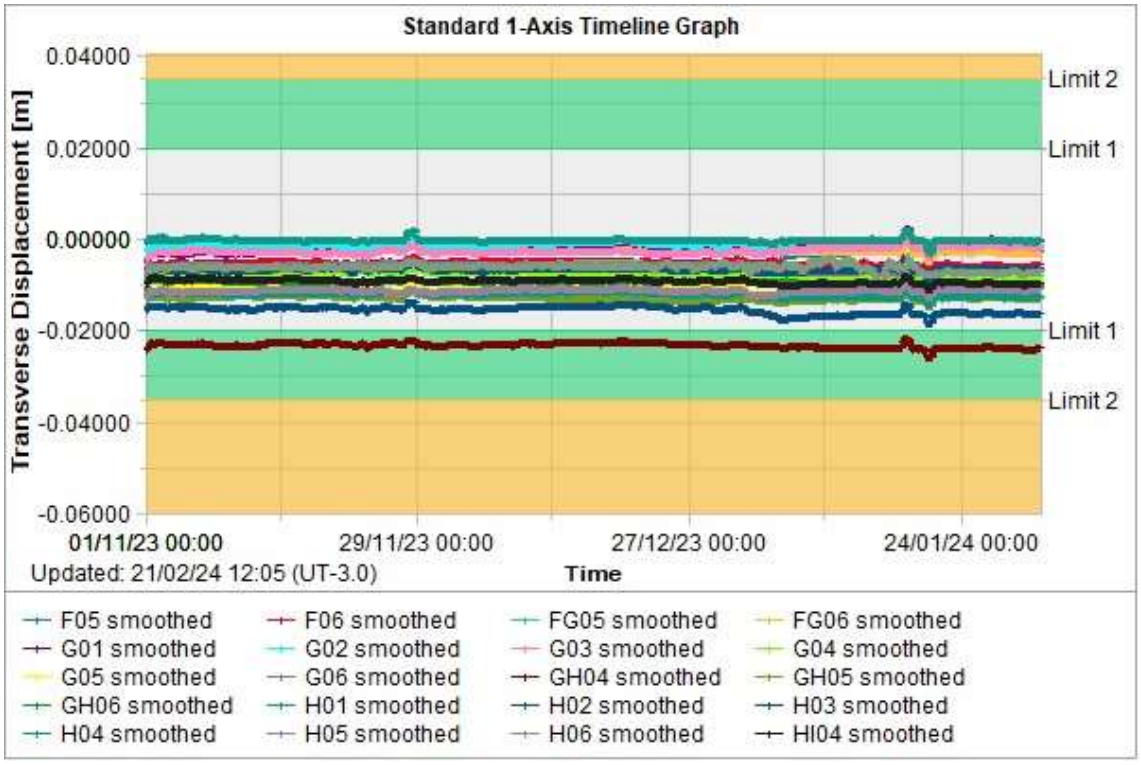


Figura 5.86 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

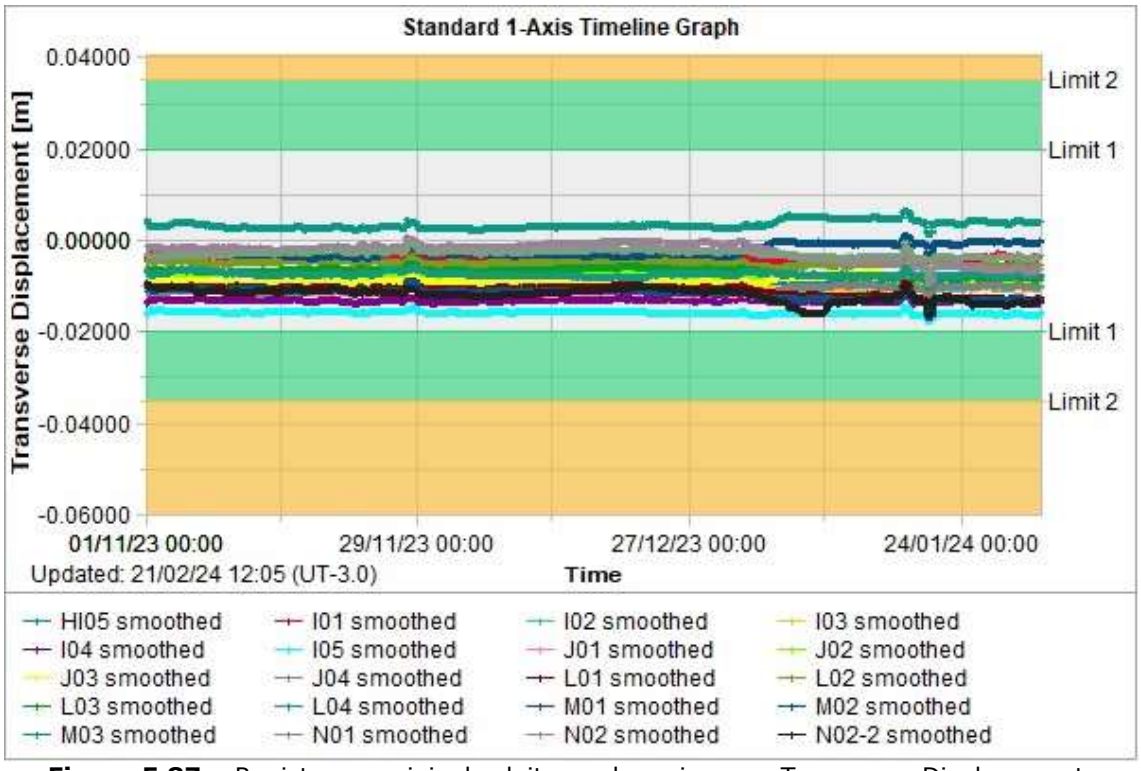


Figura 5.87 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

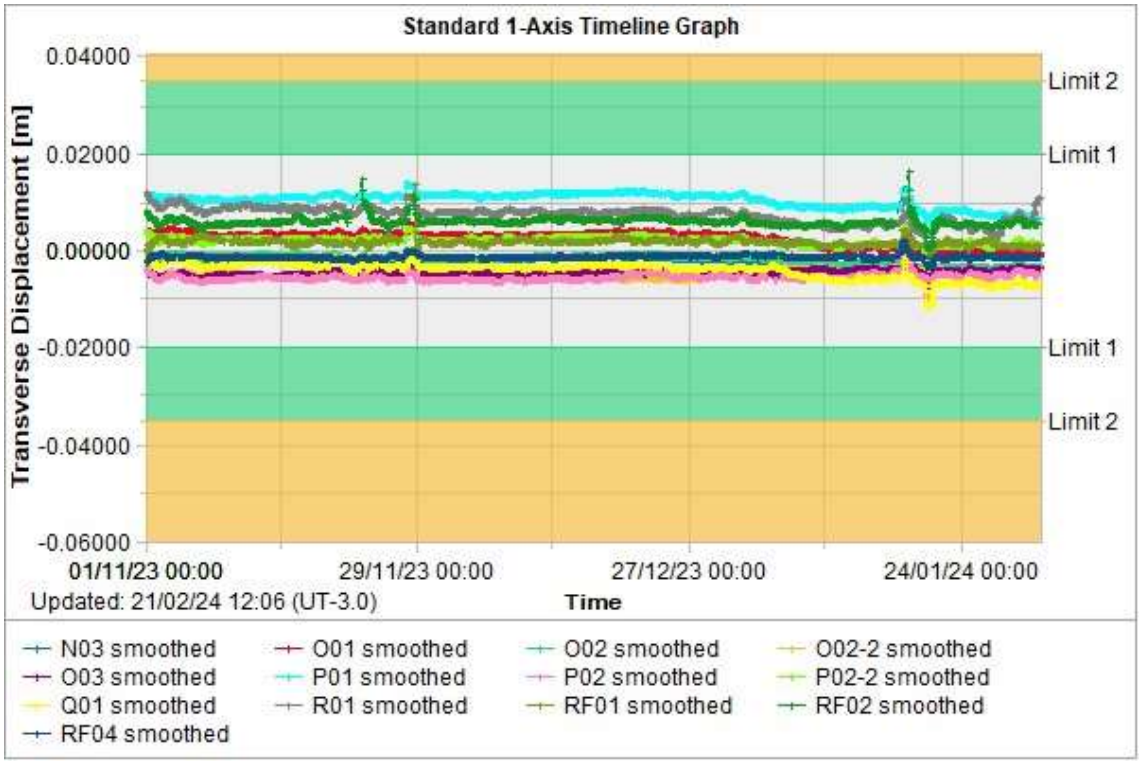


Figura 5.88 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

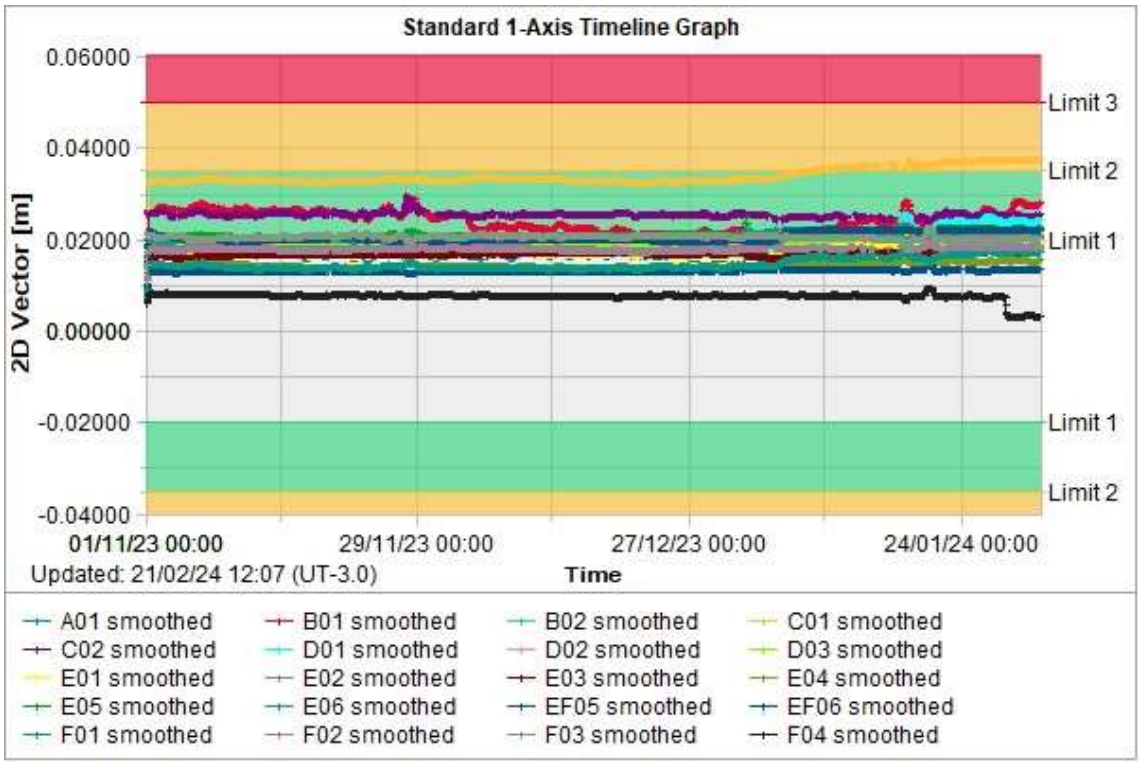


Figura 5.89 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

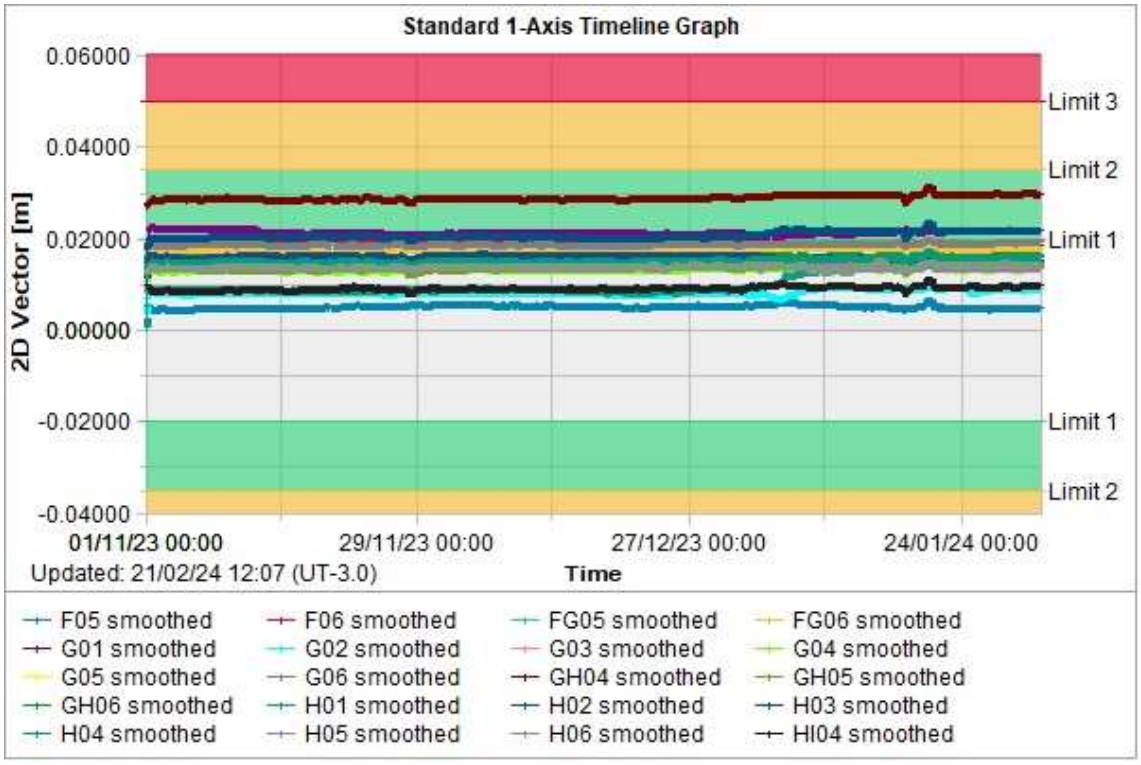


Figura 5.90 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

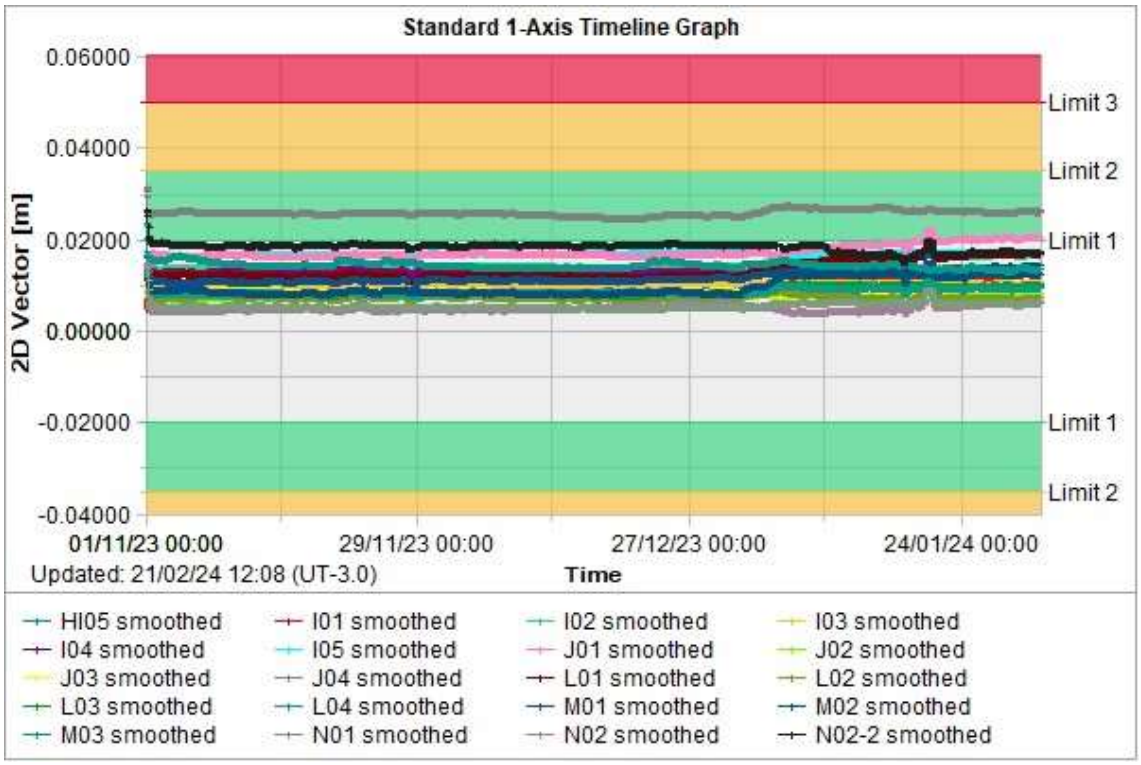


Figura 5.91 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

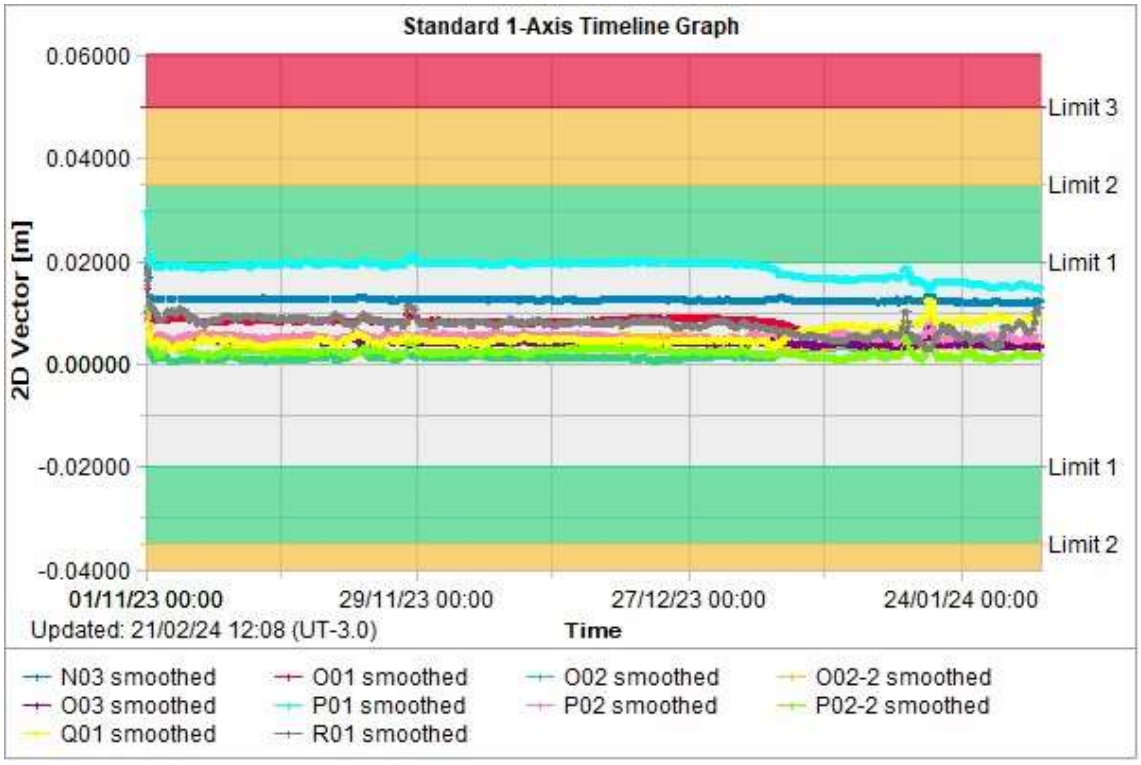


Figura 5.92 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

Verificando o mapa de deslocamentos verticais acumulados, apresentado na Figura 5.83, tem-se uma maior concentração de recalques na porção central do maciço, como esperado, da ordem de 4,0 cm, sendo um valor bem diminuto (0,05%) em relação à altura da estrutura 81,0 m.

Em relação às leituras dos prismas, estas indicam em geral, deslocamentos horizontais acumulados de até 4 cm. Esses valores encontram-se dentro dos parâmetros de normalidade dos instrumentos determinados pela equipe da MMI com a equipe da Leica Geosystems (fornecedora dos equipamentos), porém atingindo em algumas seções os limites 1 e 2 (verde e laranja).

- **Marcos de Controle de Deslocamento**

Atualmente na barragem existem 4 marcos de controle de deslocamento instalados na estrutura, como pode ser visto na Tabela 5.2.

Na 1ª quinzena de outubro de 2023, a equipe de topografia da MMI informou que foi realizada a calibração das estações totais e dessa forma foi necessário o recadastramento das hastes com as leituras do dia 11/10/2023.

A partir da análise das leituras dos marcos de controle pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Os valores acumulados observados, horizontais e verticais menores que 10 mm, são em parte devido provavelmente aos erros normais de leitura ("serrilhado"), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão.

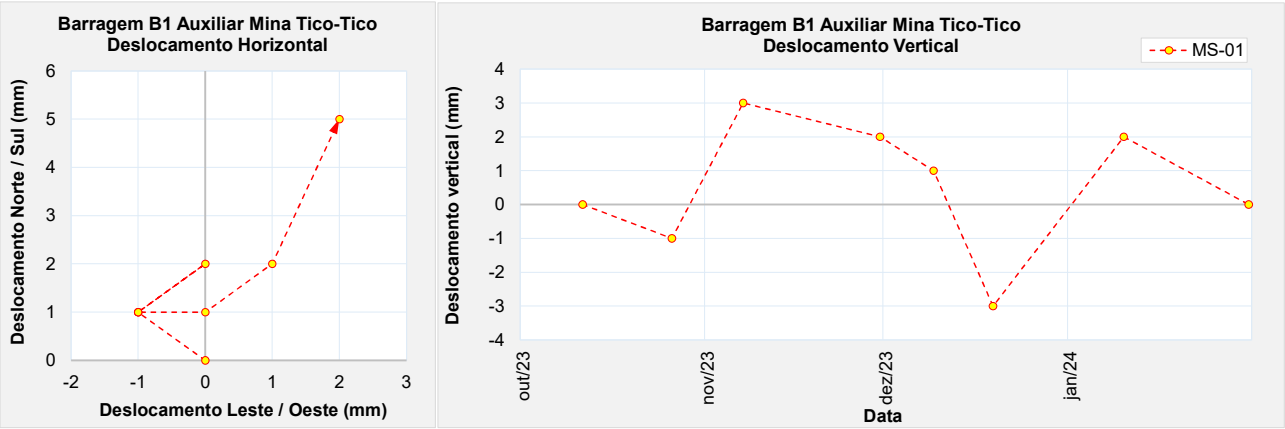


Figura 5.93 – Marco de controle de deformação – MS-01.

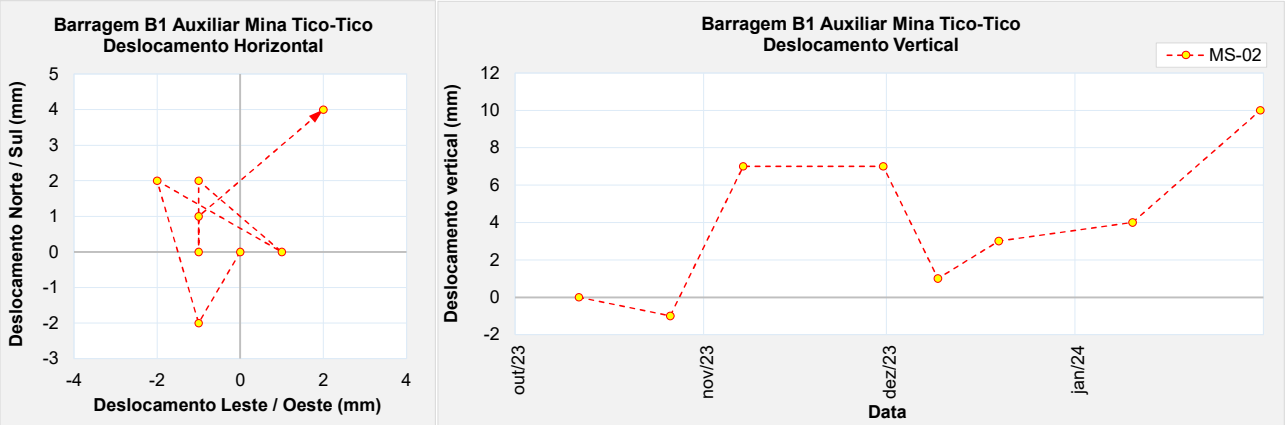


Figura 5.94 – Marco de controle de deformação – MS-02.

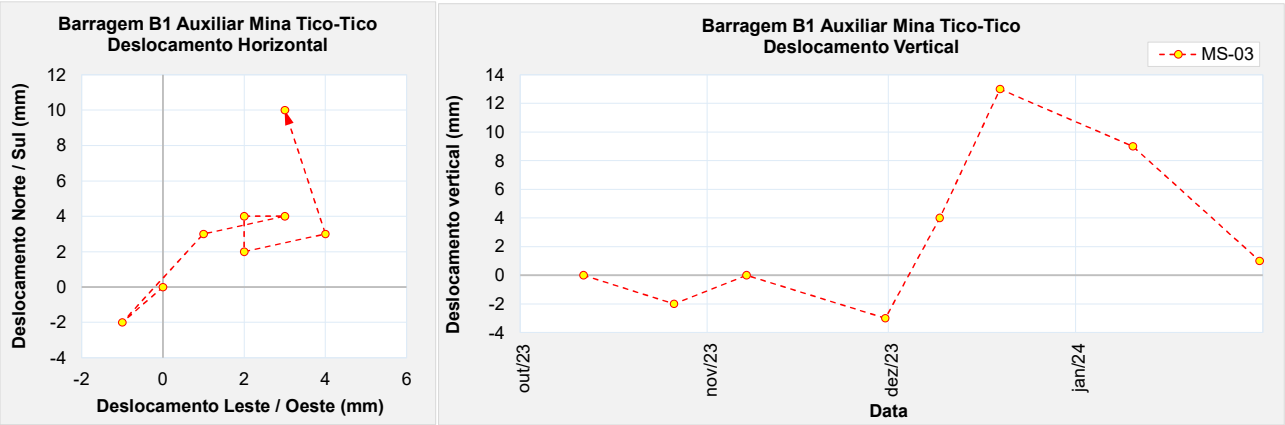


Figura 5.95 – Marco de controle de deformação – MS-03.

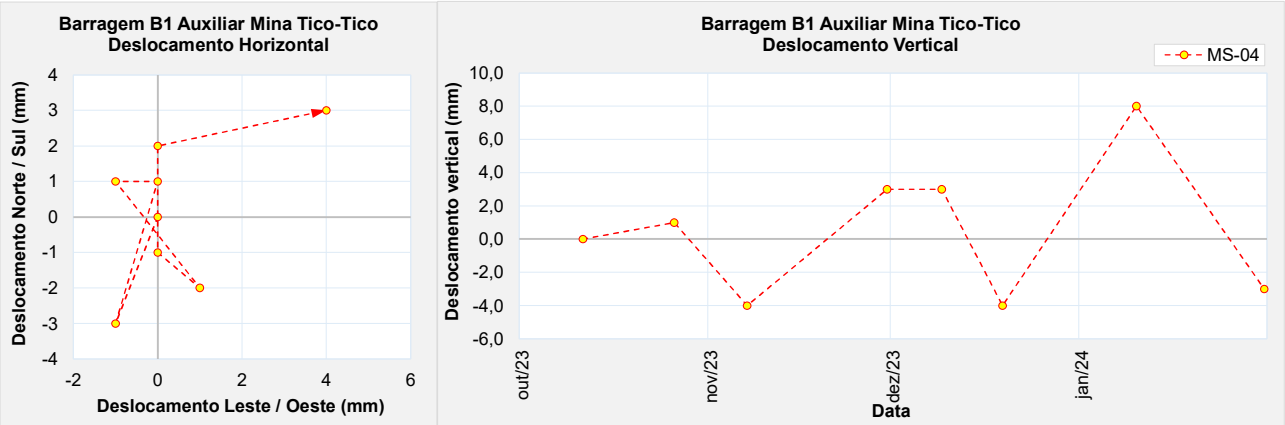


Figura 5.96 – Marco de controle de deformação – MS-04.

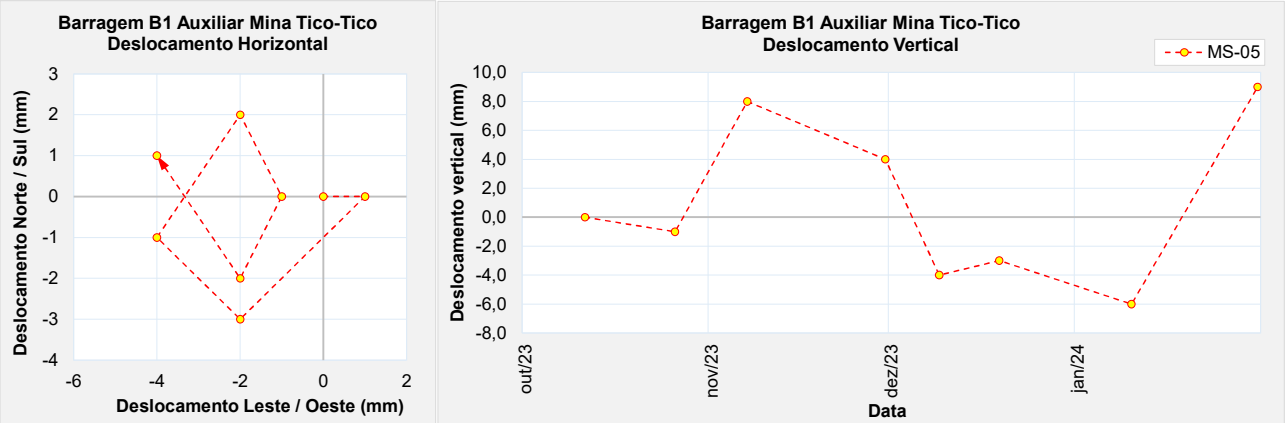


Figura 5.97 – Marco de controle de deformação – MS-05.

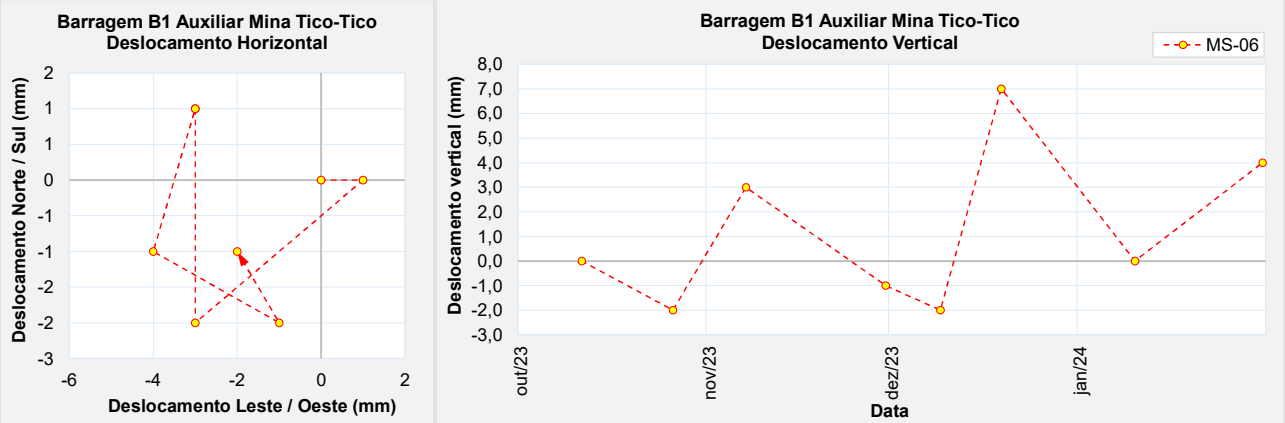


Figura 5.98 – Marco de controle de deformação – MS-06.

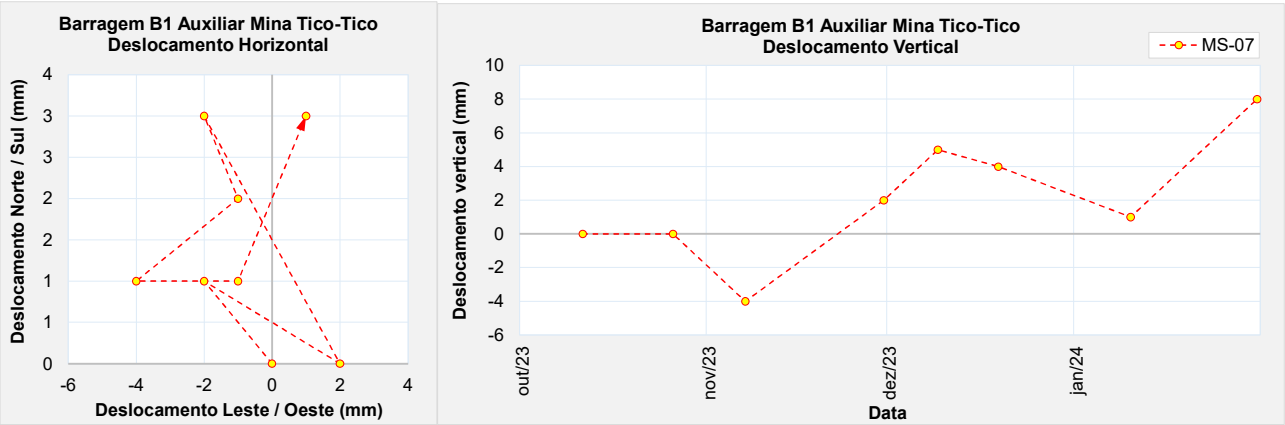


Figura 5.99 – Marco de controle de deformação – MS-07.

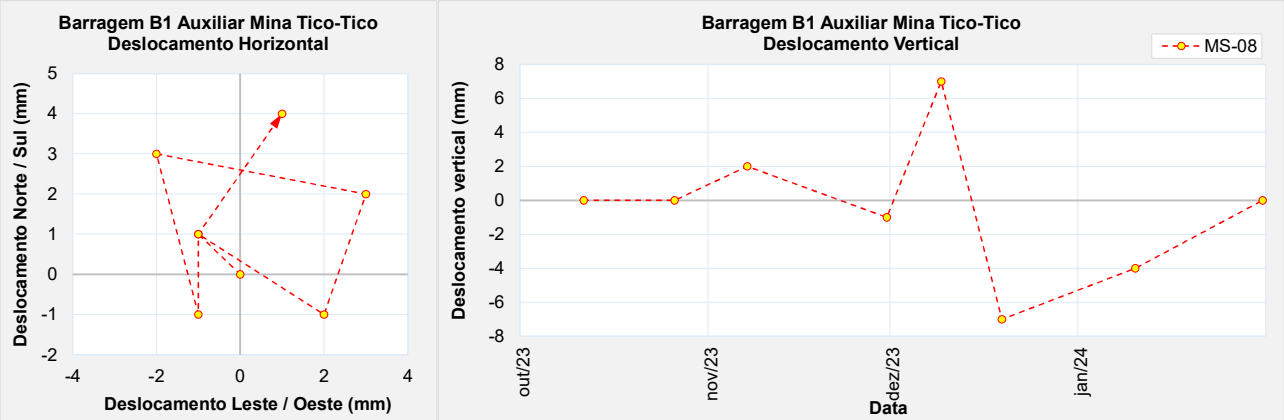


Figura 5.100 – Marco de controle de deformação – MS-08.

- **Inclinômetros**

Os dois inclinômetros instalados na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico estão sendo monitorados semanalmente pela equipe da MMI. As figuras a seguir mostram as leituras a com as deflexões acumuladas para os instrumentos até a data de 24/01/24, tanto para deslocamentos horizontais (N – Montante Jusante e E – ombreira a ombreira), quanto para deslocamentos em relação a coordenadas polares.

Os gráficos de deslocamentos acumulados aparentes, tanto para deslocamentos horizontais, quanto em relação a coordenadas polares, são praticamente coincidentes, tanto para o IC-01 quanto para o IC-02, demonstrando que não ocorreram movimentações horizontais em subsuperfície significativas.

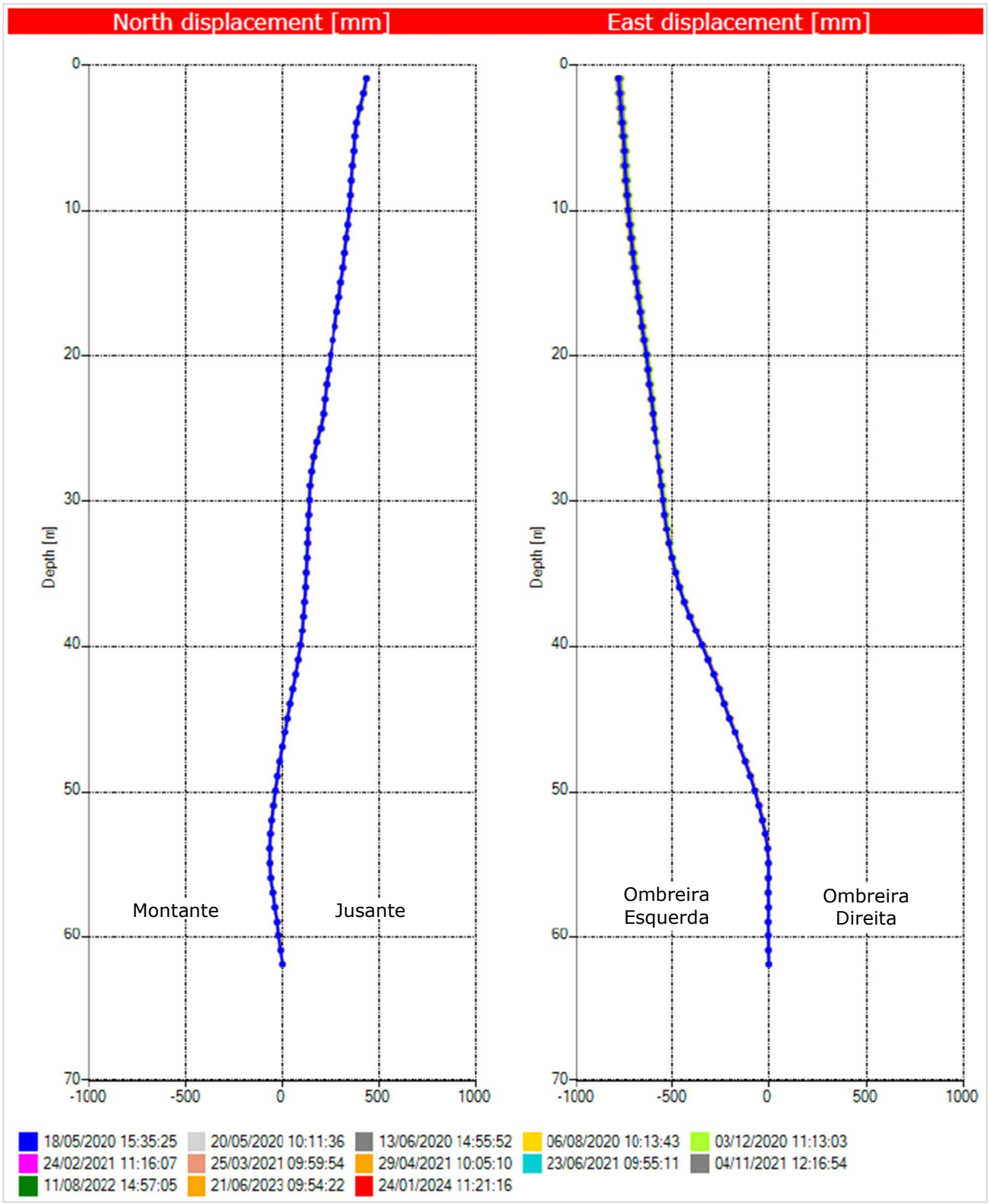


Figura 5.101 – Deslocamentos horizontais acumulados do INC-01 (ref. 24/01/2024).

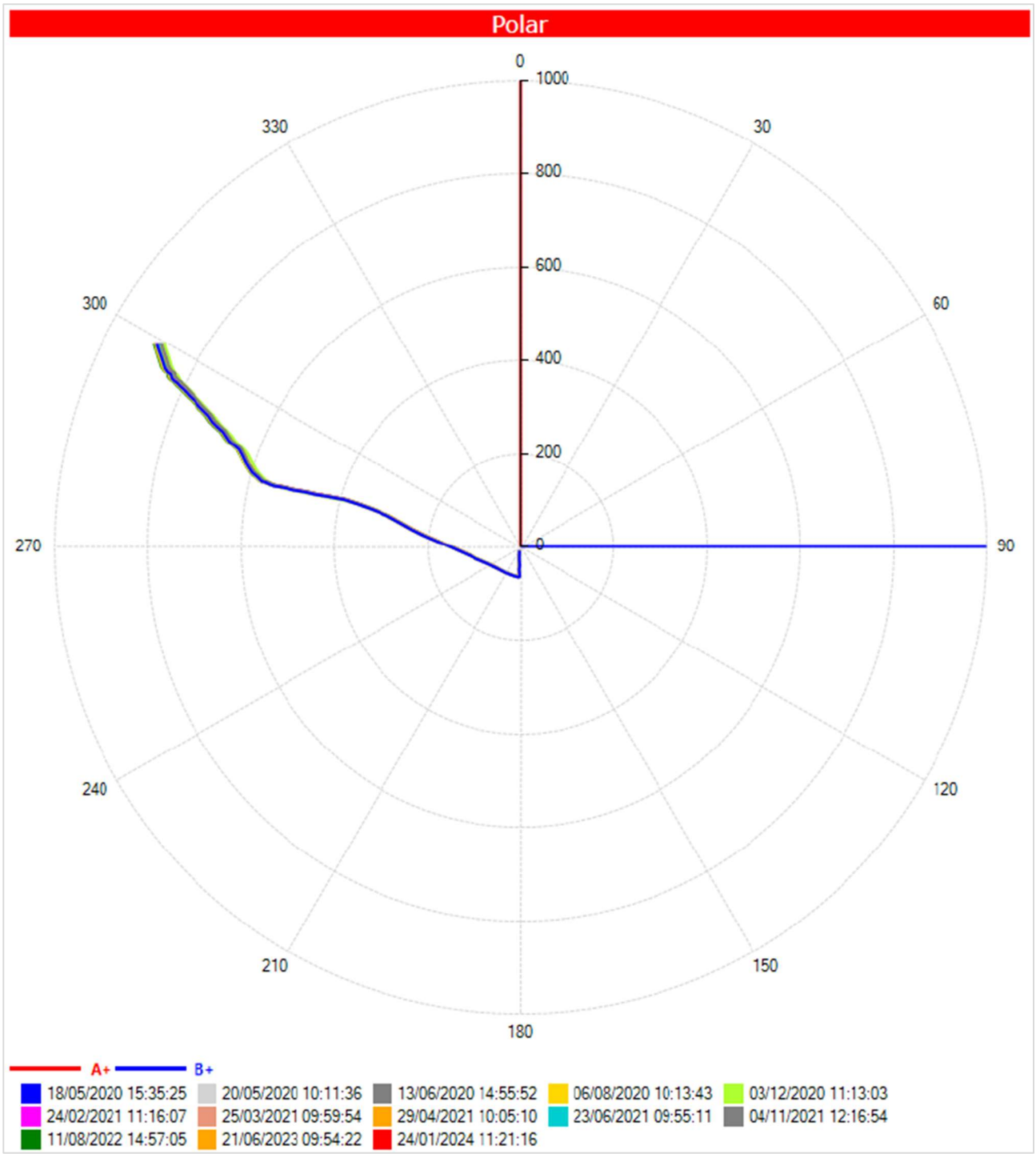


Figura 5.102 – Deslocamentos em relação a coordenadas polares acumulados do INC-01 (ref. 24/01/2024).

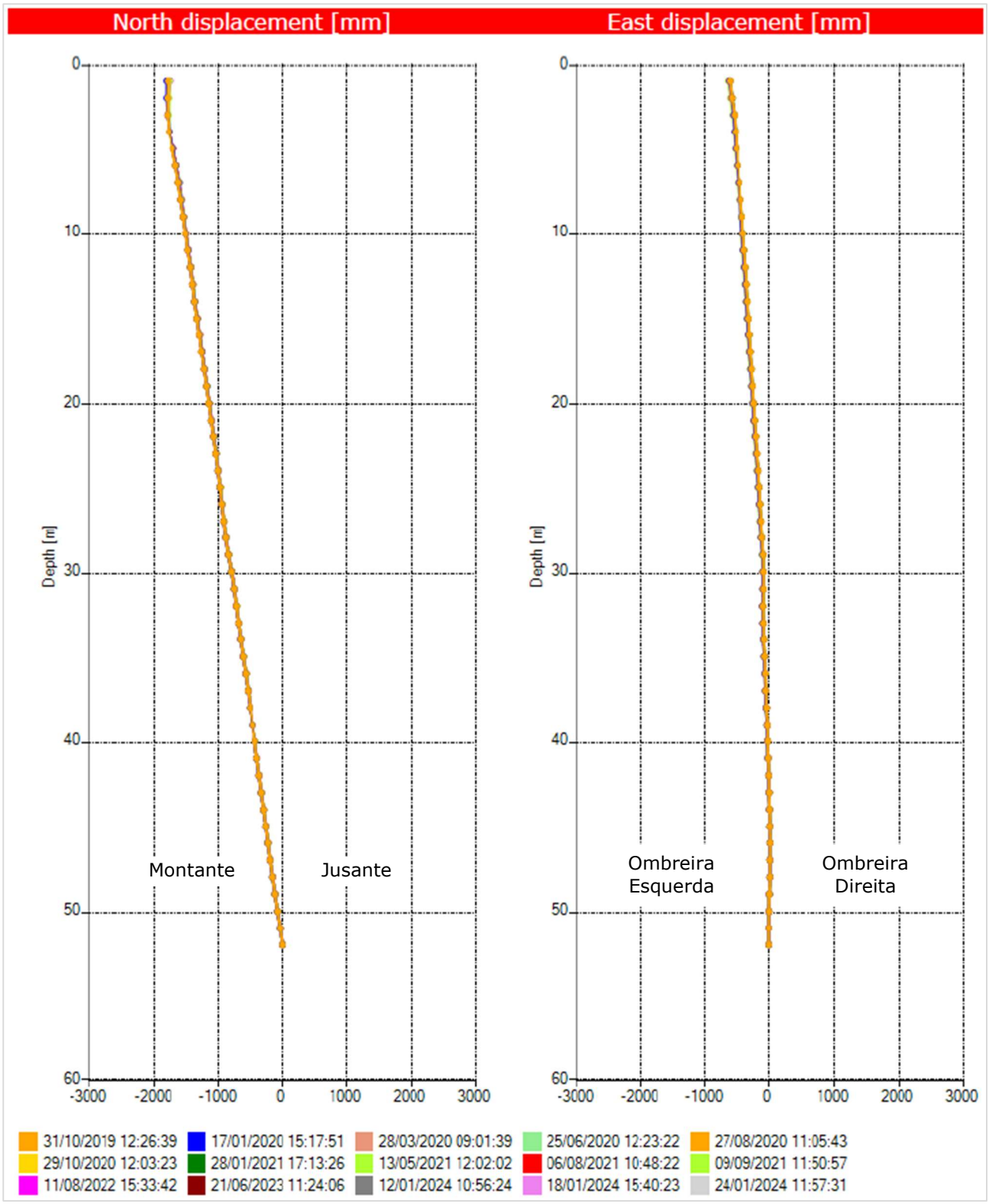


Figura 5.103 – Deslocamentos horizontais acumulados do INC-02 (ref. 24/01/2024).

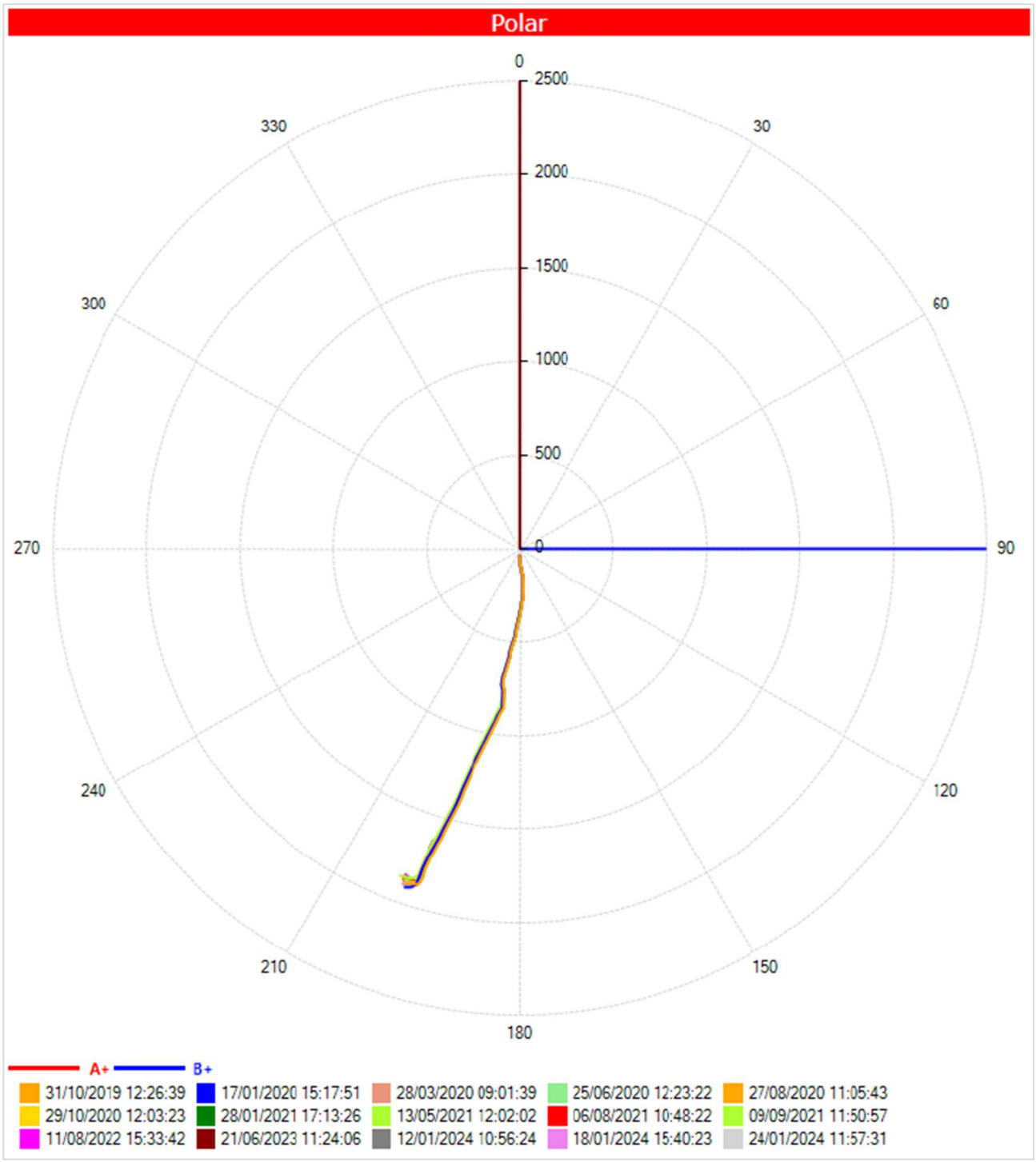


Figura 5.104 – Deslocamentos em relação a coordenadas polares acumulados do INC-02 (ref. 24/01/2024).

5.6.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (novembro/2023 a janeiro/2024).

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2017, a partir do software Slide da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

5.6.4.1 Premissas adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas para 06 (seis) seções instrumentadas da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico, considerando a geometria atual da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico.

A linha freática no interior do reservatório e barramento foi definida a partir da leitura da instrumentação instalada na estrutura.

O fator de segurança ao escorregamento foi calculado considerando a condição de carregamento drenado e a condição de carregamento não drenado. O comportamento contrátil do rejeito e seus parâmetros geotécnicos para condições não drenadas foram estudados no âmbito da Consolidação de Dados da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.538).

Para condição de carregamento não drenado, o rejeito foi modelado a partir de seu parâmetro não drenado de pico e liquefeito, de forma a simular uma condição hipotética de liquefação do material do reservatório. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram atribuídos apenas para a parcela do material em condição 100% saturada, ou seja, localizada abaixo da linha freática de análise. A mesma hipótese foi adotada para outros materiais contráteis presentes na seção de análise, como o *underflow* e os sedimentos depositados na Barragem B1 Ecológica.

Na Figura 5.105 é apresentada, em planta, a locação da instrumentação instalada na estrutura e a indicação das seções de controle. Para as análises de estabilidade foram consideradas as 06 (seis) seções instrumentadas da barragem.

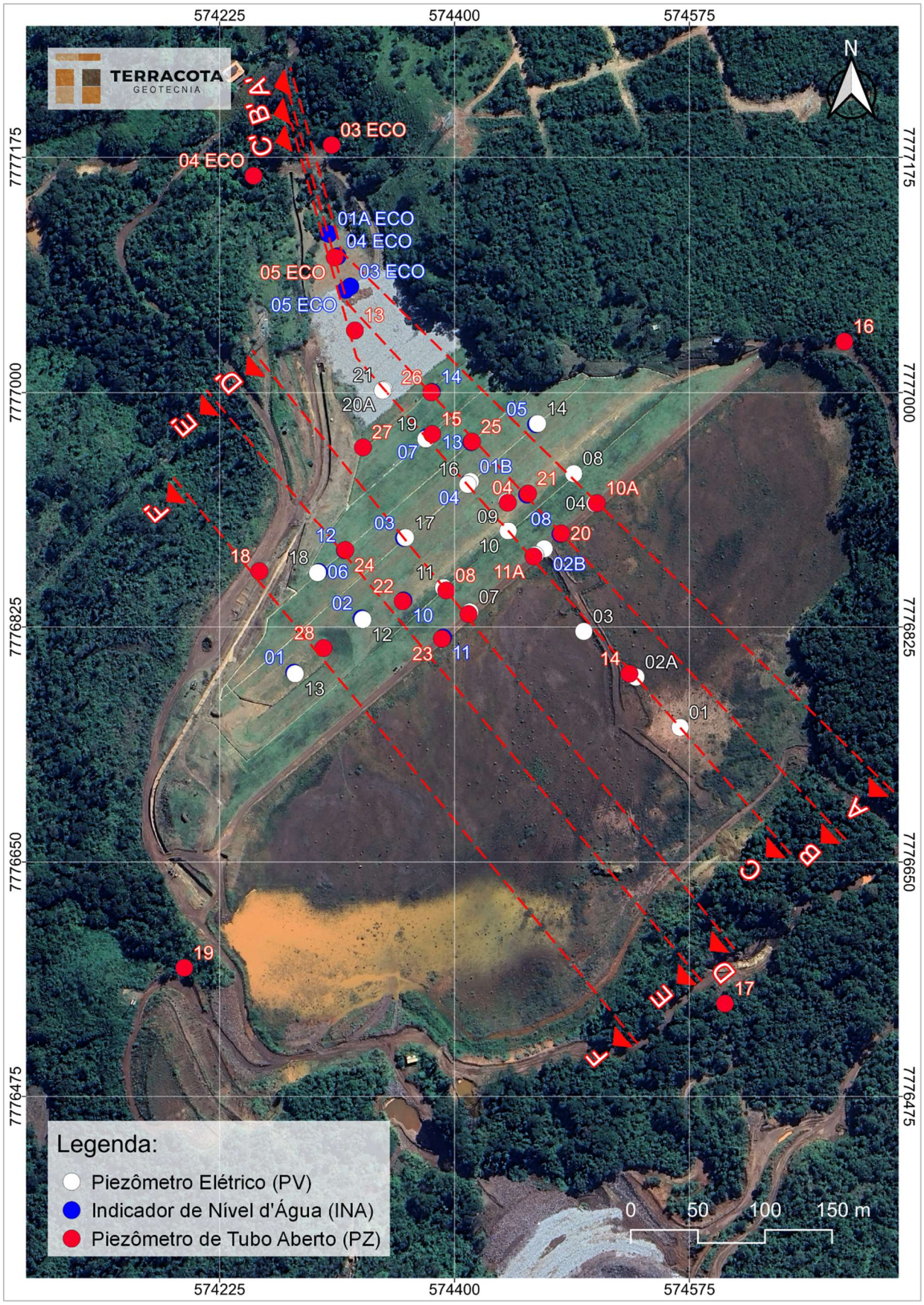


Figura 5.105 – Seções Instrumentadas Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – Planta.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução ANM 95/2022 (**FS ≥ 1,3**);
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS ≥ 1,0**) e NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,1**);
- Análises não drenadas com parâmetro liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 5.3 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 5.3 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Sismo (Pseudo-estática)	1,0 a 1,1	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada e condições com sismo (pseudo-estática) atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2017 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização

incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do *peak ground acceleration* (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento dinâmico (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 5.106 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 5.106 – Rede sismológica brasileira (http://www.rsbr.gov.br).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições

do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 5.4 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Tabela 5.4 – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

Modelo	Valores máximos por período de retorno (anos)					Máximo absoluto
	500	1.000	2.500	5.000	10.000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	**9.7%**	**9.5%**	**13.4%**	**16.0%**	**18.3%**	**18.3%**
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo "*Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment*" publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 5.107).

A localização da barragem no mapa de Assumpção et al. fornece valor de PGA em torno de 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR.

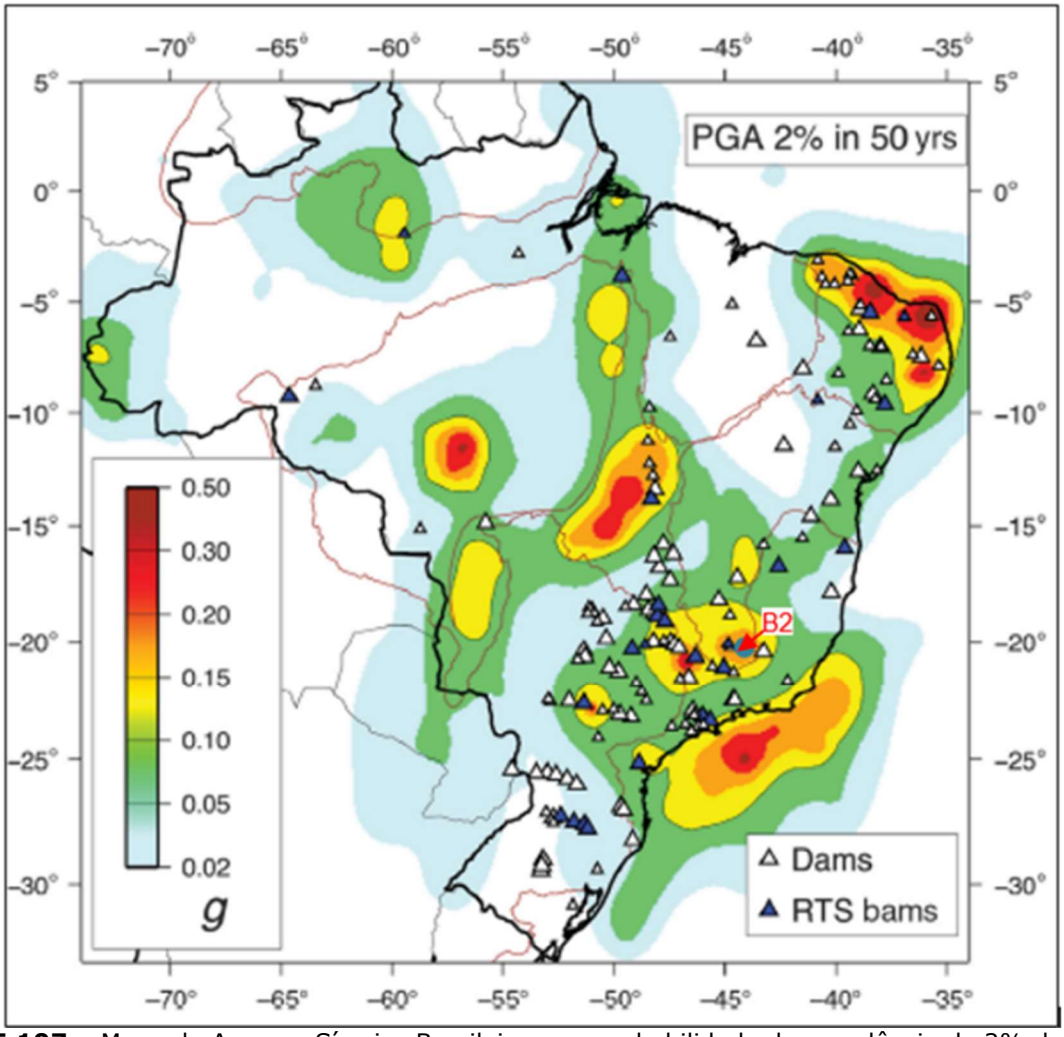


Figura 5.107 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Barros Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B1 – Mina Tico-Tico, considerando a contribuição do efeito sísmico, utilizou-se como premissa a norma técnica elaborada pela Canadian Dam Association (CDA) – "*Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams*" (2014), em conformidade ao recomendado pela NBR 13.028/2017 no tópico 5.3.6, o qual faz referência aos estudos sísmicos.

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados a infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

Classificação da Barragem	População em Risco (Nota 1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (Nota 2)	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixo	Nenhum	0	Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativo	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
			Apenas perdas marginais do habitat.	
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	
Extrema	**Permanente**	**Mais de 100**	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição impossível.	

Nota 1. Definições para população em risco:

Nenhum – Não há população identificável em risco, portanto não há possibilidade de perda de vida a não ser devido ao acaso imprevisível.

Temporário – As pessoas estão apenas temporariamente na zona de inundação do rompimento da barragem (por exemplo, uso sazonal de casas de campo, passagem em rotas de transporte, participação em atividades recreativas).

Permanente – A população em risco normalmente está localizada na zona de inundação da ruptura da barragem (como residentes permanentes); são propostas três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) para permitir estimativas mais detalhadas da potencial perda de vidas (para auxiliar na tomada de decisões se for realizada a análise apropriada).

Nota 2. Definições para população em risco:

Não especificado – O nível apropriado de segurança exigido em uma barragem onde as pessoas estão temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, da natureza de sua atividade e de outras condições.

De acordo com os critérios da Tabela 5.5, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.8 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Extrema**. A partir desta classificação, seguindo as

premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 5.6, o PGA de 0,183g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com período de retorno de 10.000 anos.

Tabela 5.6 – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

Classe da Barragem	Probabilidade Anual de Excedência (PAE) – Terremotos (Nota 1)
Baixa	1/1000
Significativo	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/2.475 (Nota 2)
Muito Alta	1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3)
Extrema	**1/10.000 ou SMP (Nota 3)**

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).
Nota 1. Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (Dam Safety Guidelines - CDA 2013).
Nota 2. Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no National Building Code of Canada (Código Nacional de Construção do Canadá).
Nota 3. SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação "*Rationalizing the Seismic Coefficient Method"* (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,092g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Para a componente vertical adota-se um valor correspondente a 60% da componente horizontal, seguindo proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003), resultando num valor igual a 0,055g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

Conforme previsão para descaracterização completa da estrutura, a Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico deverá ter vida útil de no máximo dez anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida útil da estrutura igual a 10 anos, utilizando a Equação 5.1. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de aproximadamente 500 anos.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{t}\right)^{n}$$ Equação 5.1

Em que:

- P é a probabilidade de excedência do sismo;
- t é o período de retorno;
- n é o tempo de vida útil da estrutura.

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 2.500 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,04%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 5.4, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,067g e uma componente vertical igual a 0,040g.

5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada nas análises de estabilidade foram considerados os instrumentos existentes ao longo das seções de análise, instalados no maciço, fundação e reservatório da Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico e Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico.

A Tabela 5.7 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 5.7 – Instrumentação – Valores lidos (29/01/2024) e valores adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A’	PZ-10A	991,89	Seco	-
	PV-04	991,40	Seco	-
	PV-08	982,32	Seco	-
	PV-14	958,03	Seco	-
	INA-05	959,71	Seco	-
	INA-13 (Seção B-B’)	945,92	Seco	-
	PZ-25 (Seção B-B’)	926,77	934,19	935,30 (1)
	INA-14 (Seção B-B’)	949,17	Seco	-
	PZ-26 (Seção B-B’)	939,05	Seco	-
	PZ-13 (Seção C-C’)	929,30	935,24	935,24
	INA-03 ECO	923,59	924,60 (2)	924,96 (1)
	INA-05 ECO	924,01	924,96 (2)	924,96
	PZ-05 ECO	916,32	921,85 (2)	924,59 (1)
	INA-04 ECO	922,97	924,59 (2)	924,59

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
	INA-01A ECO	920,80	Seco (2)	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	913,79 (2)	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,39 (2)	918,64 (1)
B-B’	INA-08	956,62	975,86	975,86
	PZ-20	950,16	975,04	975,86 (1)
	INA-09	971,37	976,79	-
	PZ-21	950,43	952,19	952,19
	INA-13	945,92	Seco	-
	PZ-25	926,77	934,19	935,30 (1)
	INA-14	949,17	Seco	-
	PZ-26	939,05	Seco	-
	PZ-13 (Seção C-C’)	929,30	935,24	935,24
	INA-05 ECO	924,01	924,96 (2)	924,96
	INA-03 ECO	923,59	924,60 (2)	924,96 (1)
	PZ-05 ECO	916,32	921,85 (2)	924,59 (1)
	INA-04 ECO	922,97	924,59 (2)	924,59
	INA-01A ECO	920,80	Seco (2)	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	913,79 (2)	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,39 (2)	918,64 (1)
C-C’	PV-01	982,64	982,72	982,72
	PV-02A	967,83	979,55	982,00 (1)
	PZ-14	967,60	981,63	981,63
	PV-03	968,22	978,97	978,97
	PZ-11A	991,76	Seco	-
	PV-05	953,84	953,93	977,10 (1)
	PV-06	991,21	Seco	-
	INA-02B	954,93	977,10	977,10
	PV-10	982,58	Seco	-
	PZ-04	977,25	979,02	-
	PV-09	976,77	Seco	-
	PV-15	942,81	Seco	947,09 (1)
	PV-16	946,82	Seco	947,09 (1)
	INA-01B	938,47	947,09	947,09
	INA-04	948,57	Seco	-
	PV-19	947,22	Seco	-
	INA-07	947,31	Seco	-
	PZ-15	942,13	944,32	944,32
	PV-20A	928,30	Seco	939,50 (1)
	PV-21	942,80	Seco	-
	PZ-13	929,30	935,24	935,24
	INA-05 ECO	924,01	924,96 (2)	924,96
	INA-03 ECO	923,59	924,60 (2)	924,96 (1)
	PZ-05 ECO	916,32	921,85 (2)	924,59 (1)
	INA-04 ECO	922,97	924,59 (2)	924,59
	INA-01A ECO	920,80	Seco (2)	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	913,79 (2)	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,39 (2)	918,64 (1)
D-D’	PZ-12A	992,29	Seco	-
	PV-07	991,34	Seco	-

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
	PZ-08	983,69	Seco	-
	PV-11	984,85	Seco	-
	INA-03	963,85	Seco	-
	PV-17	964,37	Seco	-
	PZ-27	931,37	933,23	933,23
E-E’	PZ-23	955,44	977,78	979,49 (1)
	INA-11	966,38	979,49	979,49
	PZ-22	964,30	Seco	976,11 (1)
	INA-10	975,12	976,11	976,11
	PV-12	987,55	Seco	-
	INA-02	986,95	Seco	-
	PZ-24	964,30	967,41	967,41
	INA-12	946,86	961,10	967,41 (1)
	INA-06	975,71	Seco	-
	PV-18	975,35	975,38	-
	PZ-18 (Seção F-F’)	920,76	942,39	942,39
F-F’	PV-13	983,35	Seco	-
	INA-01	983,51	Seco	-
	PZ-28	954,89	968,22	968,22
	PZ-24	964,30	967,41	967,41
	INA-12	946,86	961,10	967,41 (1)
	INA-06 (Seção E-E’)	975,71	Seco	-
	PV-18 (Seção E-E’)	975,35	975,38	-
	PZ-18	920,76	942,39	942,39

1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
2- Não foram realizadas leituras no dia 29/01/24, adotou-se as leituras do dia 23/01/2024.

5.6.4.4 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados para as várias camadas foram consolidados no âmbito do relatório de consolidação de dados da estrutura (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.538).

Na Tabela 5.8 são apresentados os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

Tabela 5.8 – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material	Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros Efetivos		Referência
			c' (kPa)	ϕ’ (°)	
Rejeito B1-Auxiliar		26,0	10,0	34,5	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Aterro B1-Auxiliar		20,5	9,8	30,2	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Colúvio (1)		21,0	20,0	27,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório

Material	Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros Efetivos		Referência
			c' (kPa)	ϕ' (°)	
Solo Residual (2)		21,5	26,0	25,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Saprólito de Filito		22,0	15,0	35,0	Majorado a partir dos resultados para o solo residual local.
Aterro de Regularização (3)		23,5	5,0	35,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Enrocamento Reforço		23,0	Envoltória intermediária de Leps (1970)		
Underflow		19,0	0,0	30,0	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Diques de enrocamento		20,0	0,0	38,0	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Drenos		18,0	0,0	32,0	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Sedimentos B1-Ecológica		19,0	0,0	30,0	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Filito		30,0	40,0	30,0	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Aterro B1-Ecológica		21,0	22,0	33,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório (documento BSC-E-TT-RE-002)
Tálus / colúvio (1)		21,0	26,5	35,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório executados no colúvio*

Material	Cor	γ (kN/m³)	Razão de resistência não drenada (s_u/σ'_v)	Referência
Rejeito B1-Auxiliar - Pico		26,0	0,22	Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
Rejeito B1-Auxiliar - Liquefeito		26,0	0,09	
Underflow - Pico		19,0	0,22	
Underflow - Liquefeito		19,0	0,10	
Sedimentos B1-Ecológica - Pico		19,0	0,22	
Sedimentos B1-Ecológica - Liquefeito		19,0	0,06	

(1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984), resultando em c=26,3 kPa e Ø=15,0º.
(2) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984), resultando em c=39,9 kPa e Ø=14,9º.
(3) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984), resultando em c=17,7 kPa e Ø=31,4º.

5.6.4.5 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 5.108 a Figura 5.149, destacando-se as superfícies de ruptura que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 5.9 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 5.9 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência do Rejeito	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A’	29/01/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,67
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,67
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,67
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,33 (sismo ↑)
					1,33 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,41 (sismo ↑)
					1,41 (sismo ↓)
B-B’	29/01/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,62
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,62
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,62
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,29 (sismo ↑)
					1,30 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,37 (sismo ↑)
					1,38 (sismo ↓)
C-C’	29/01/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,61
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,58
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,36
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,21 (sismo ↑)
					1,22 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,30 (sismo ↑)
					1,32 (sismo ↓)

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência do Rejeito	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
D-D'	29/01/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,62
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,62
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,62
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,29 (sismo ↑)
					1,30 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,37 (sismo ↑)
					1,38 (sismo ↓)
E-E'	29/01/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,69
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,69
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,69
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,19 (sismo ↑)
					1,19 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,28 (sismo ↑)
					1,30 (sismo ↓)
F-F'	29/01/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,82
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,82
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,82
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,47 (sismo ↑)
					1,48 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,57 (sismo ↑)
					1,55 (sismo ↓)

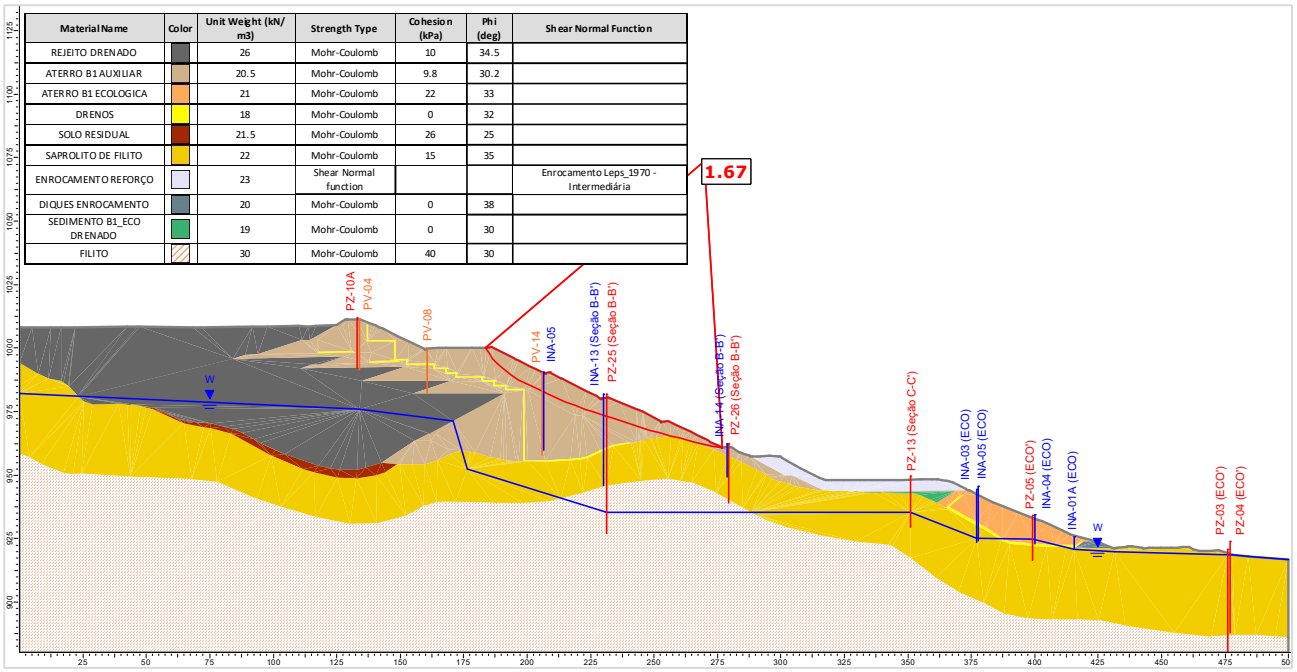


Figura 5.108 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024.

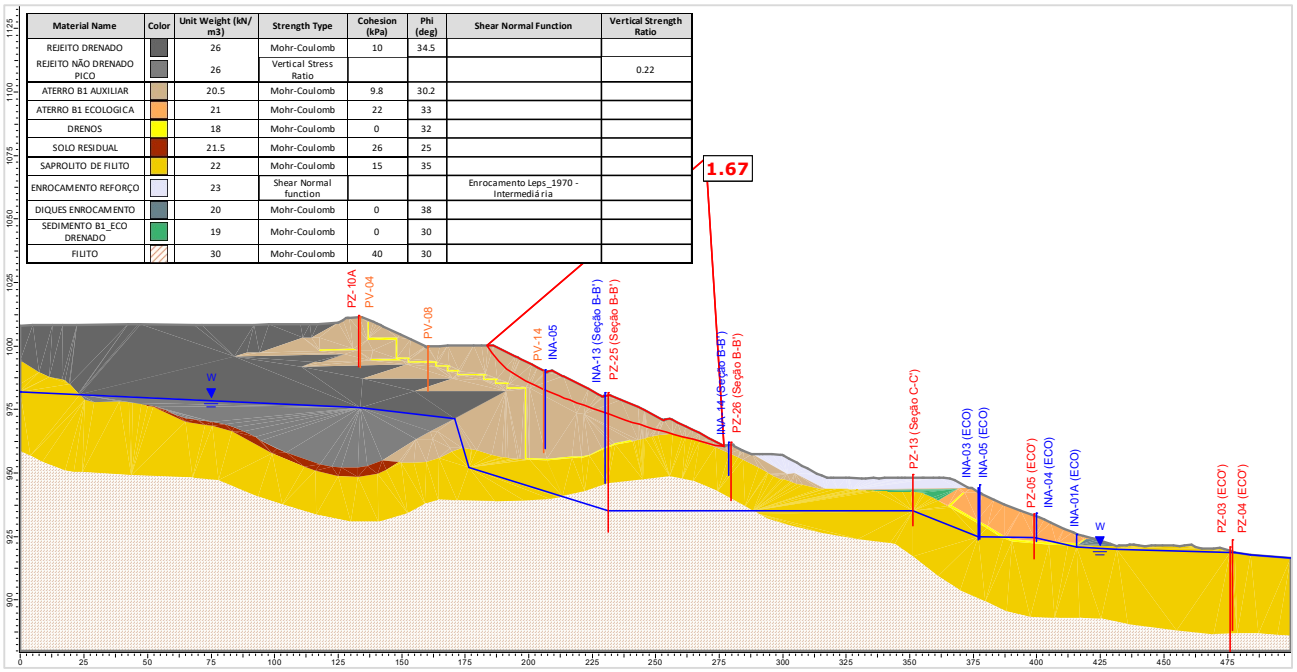


Figura 5.109 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

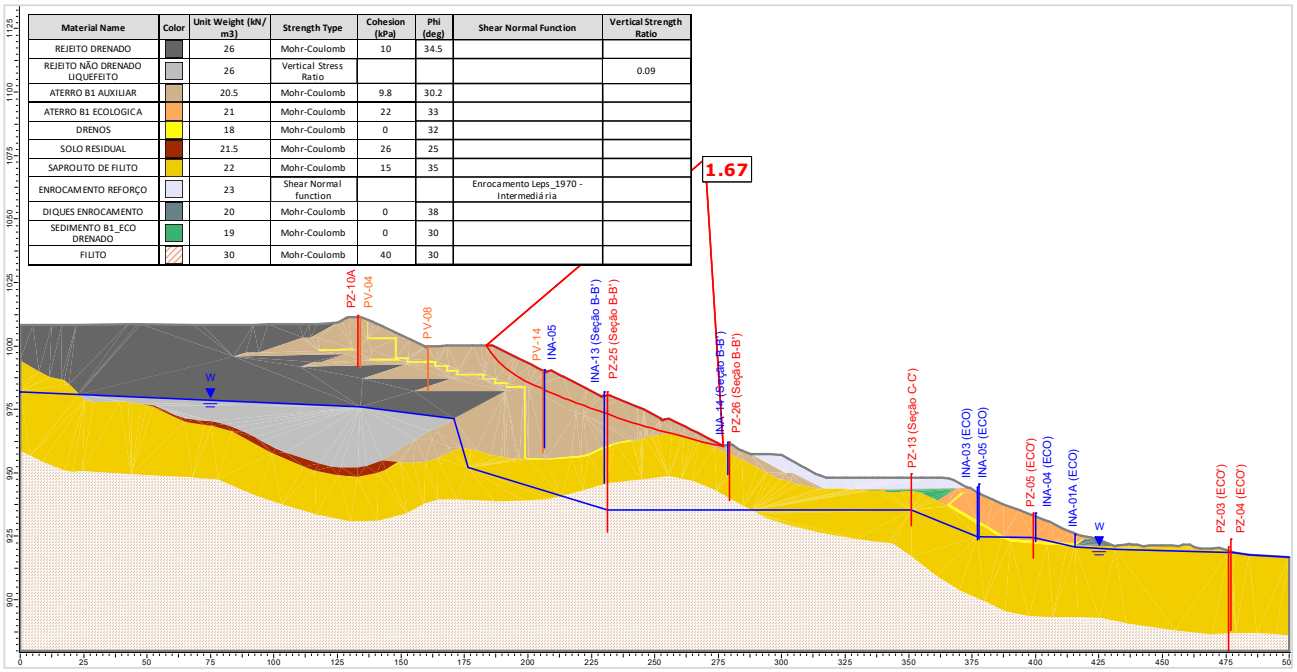


Figura 5.110 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

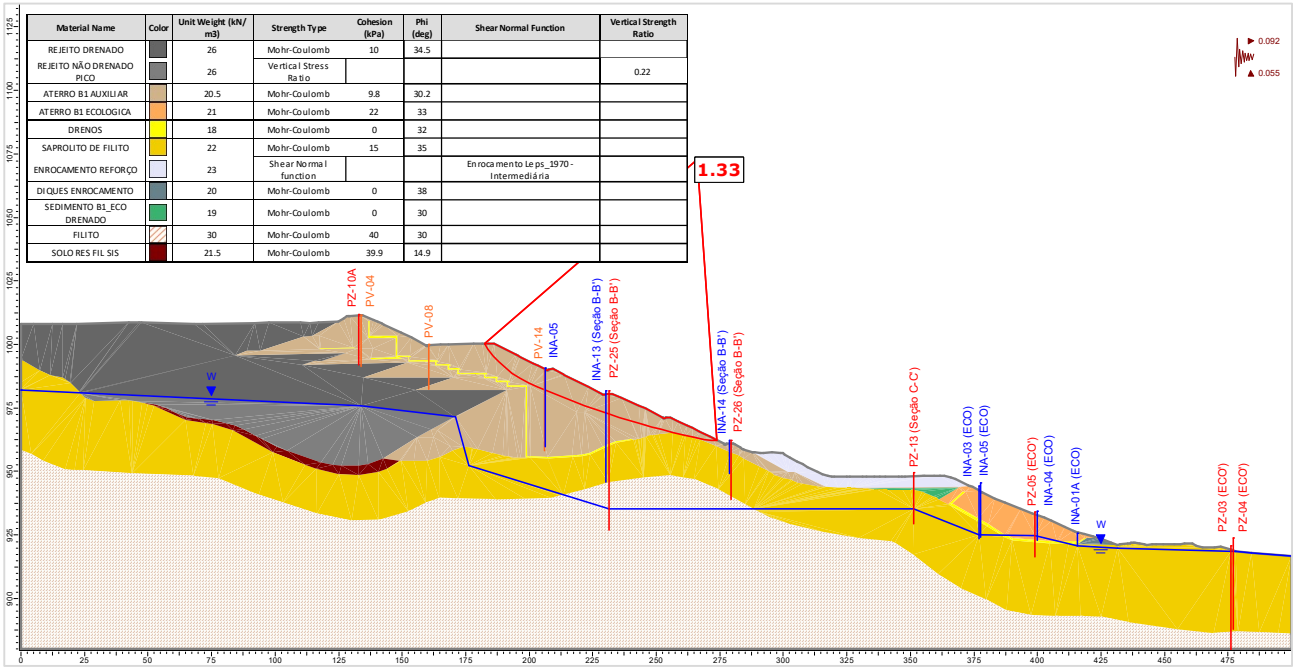


Figura 5.111 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

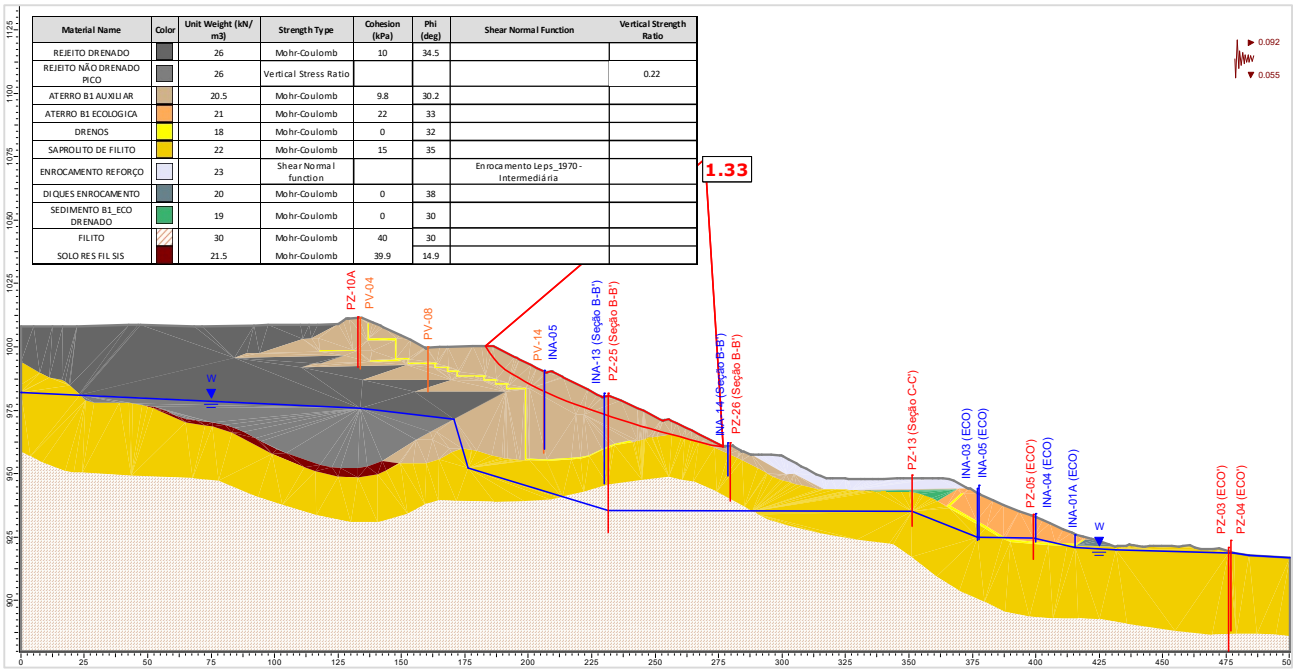


Figura 5.112 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

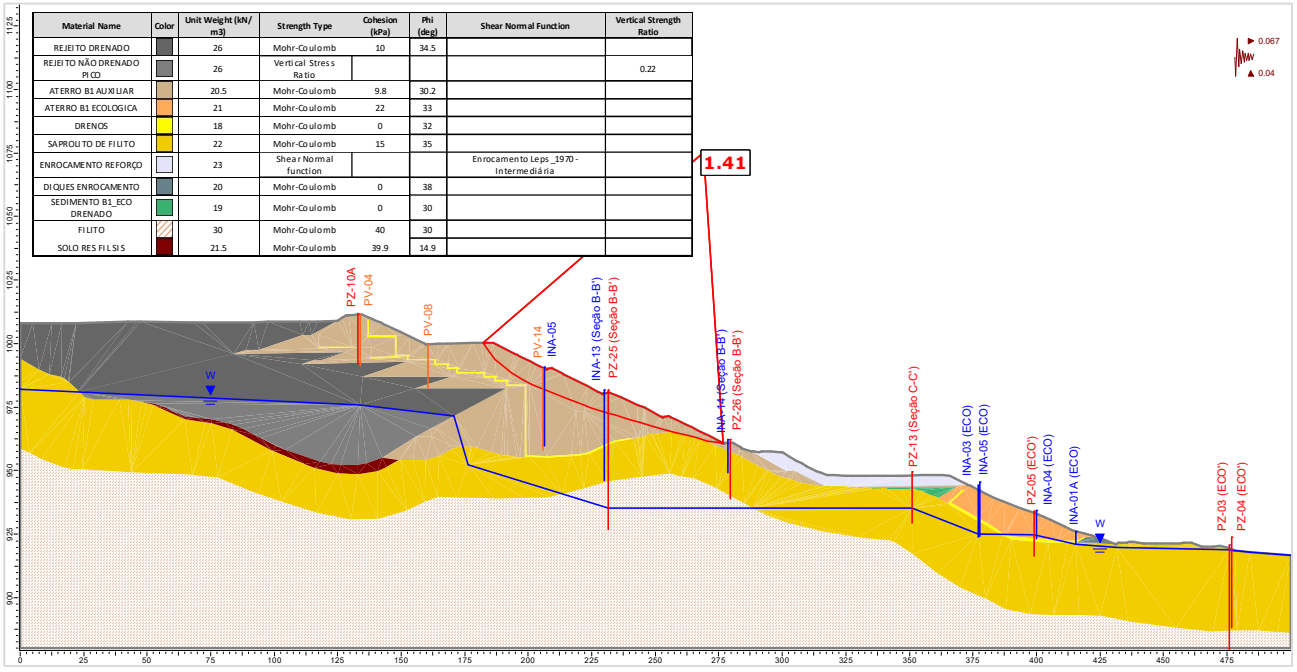
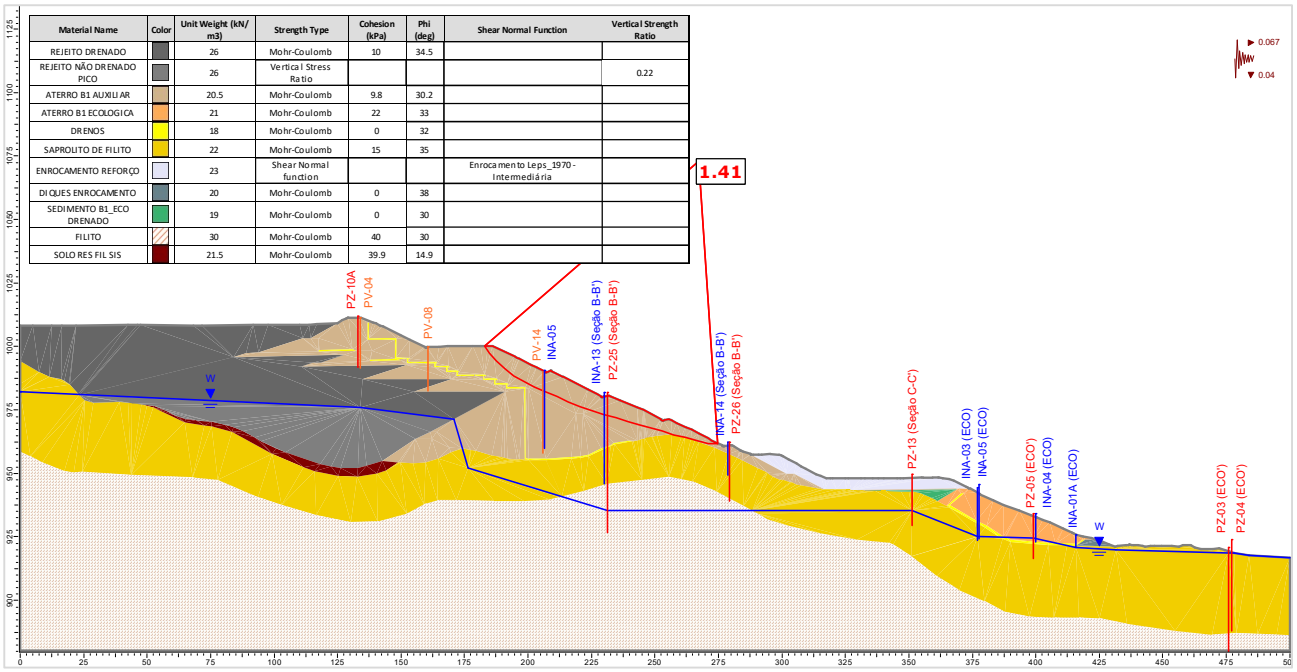
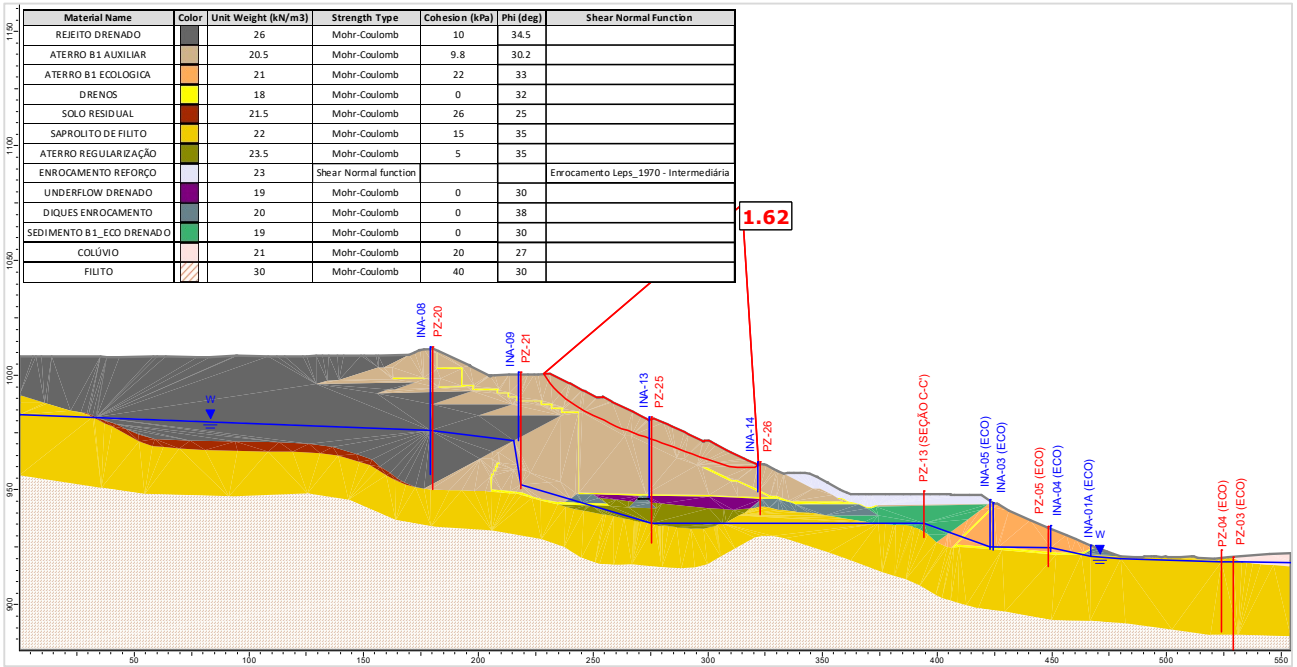


Figura 5.113 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		

Figura 5.114 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35	
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38	
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.115 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024.

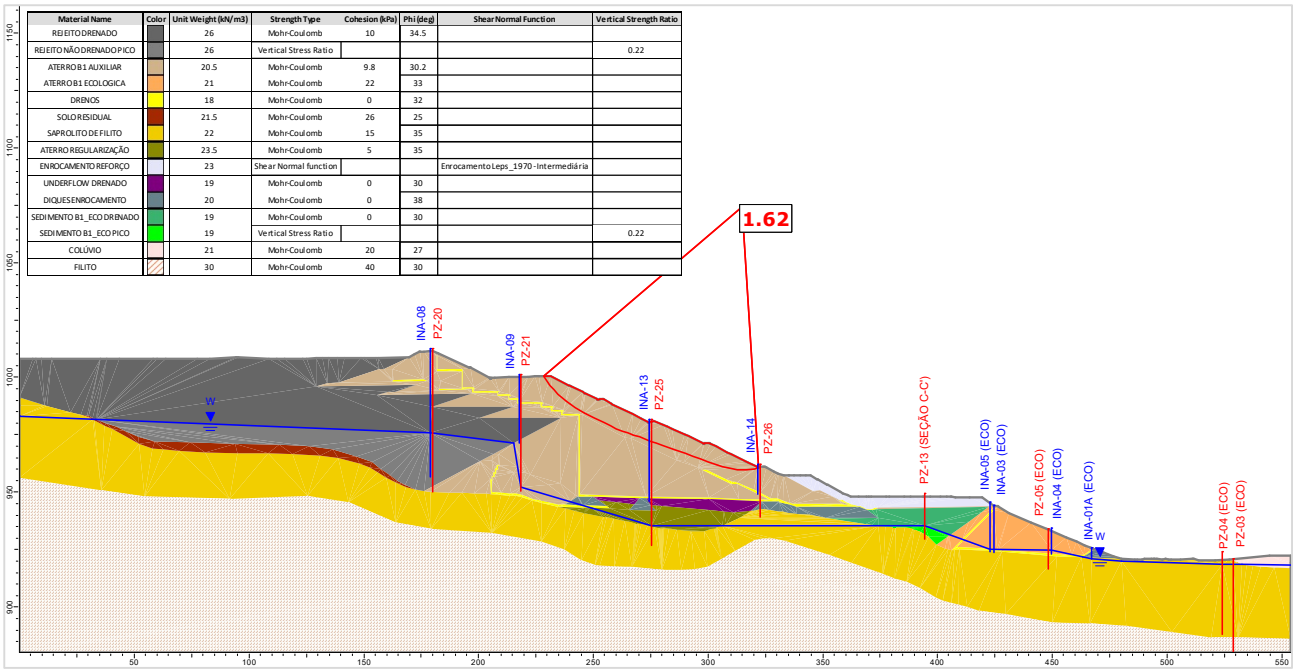


Figura 5.116 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

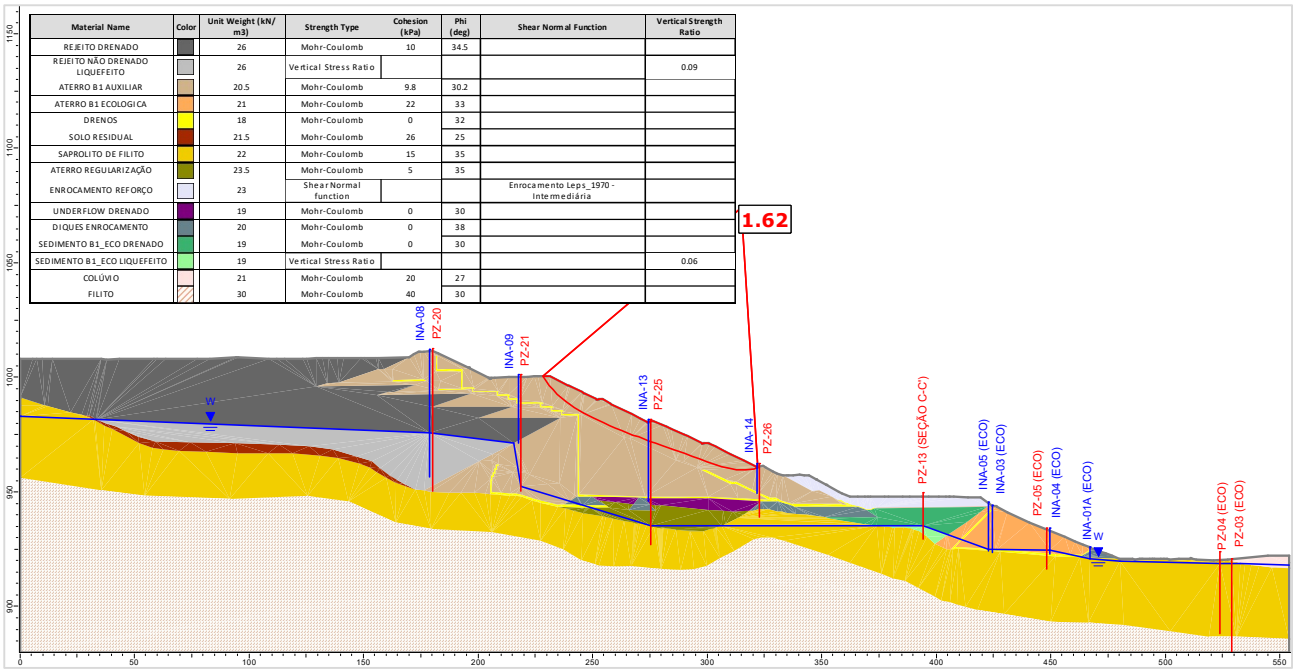


Figura 5.117 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

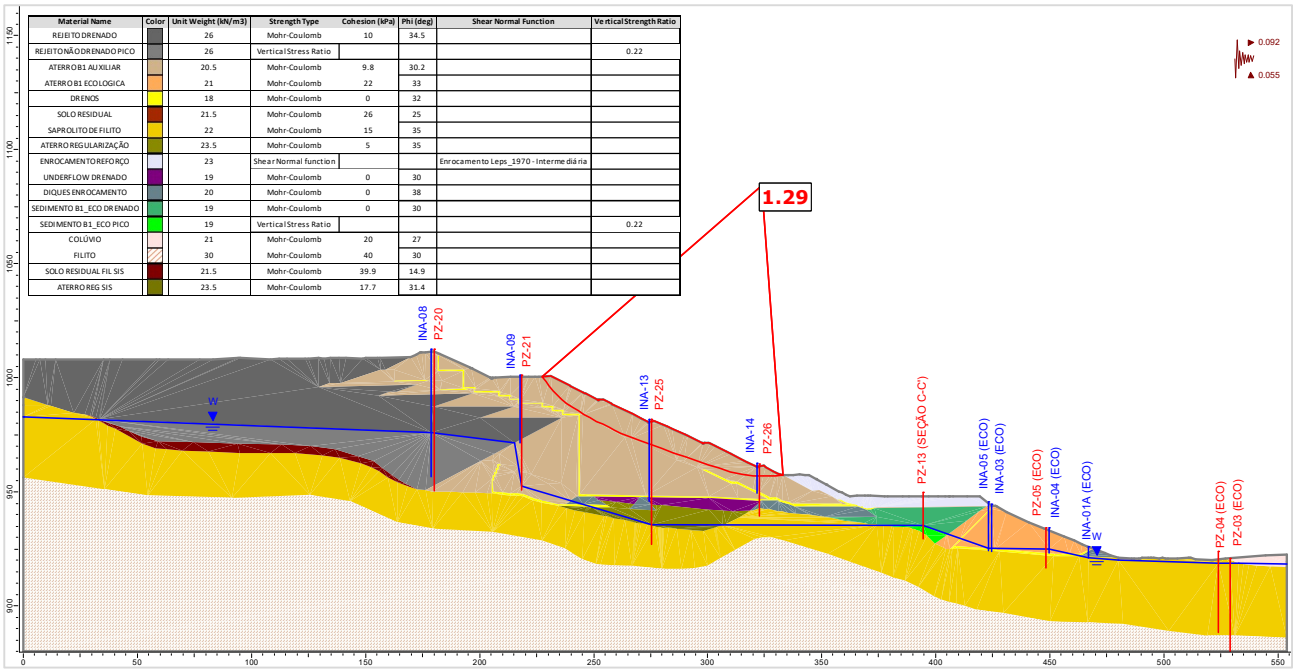


Figura 5.118 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

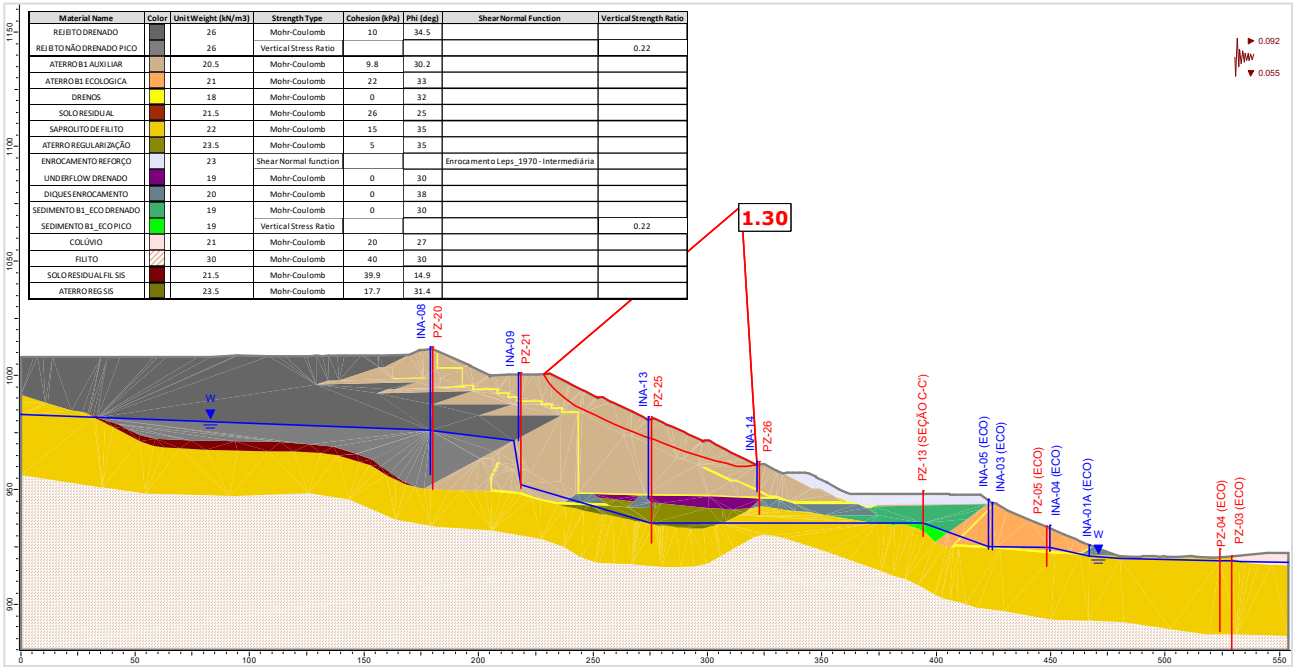


Figura 5.119 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

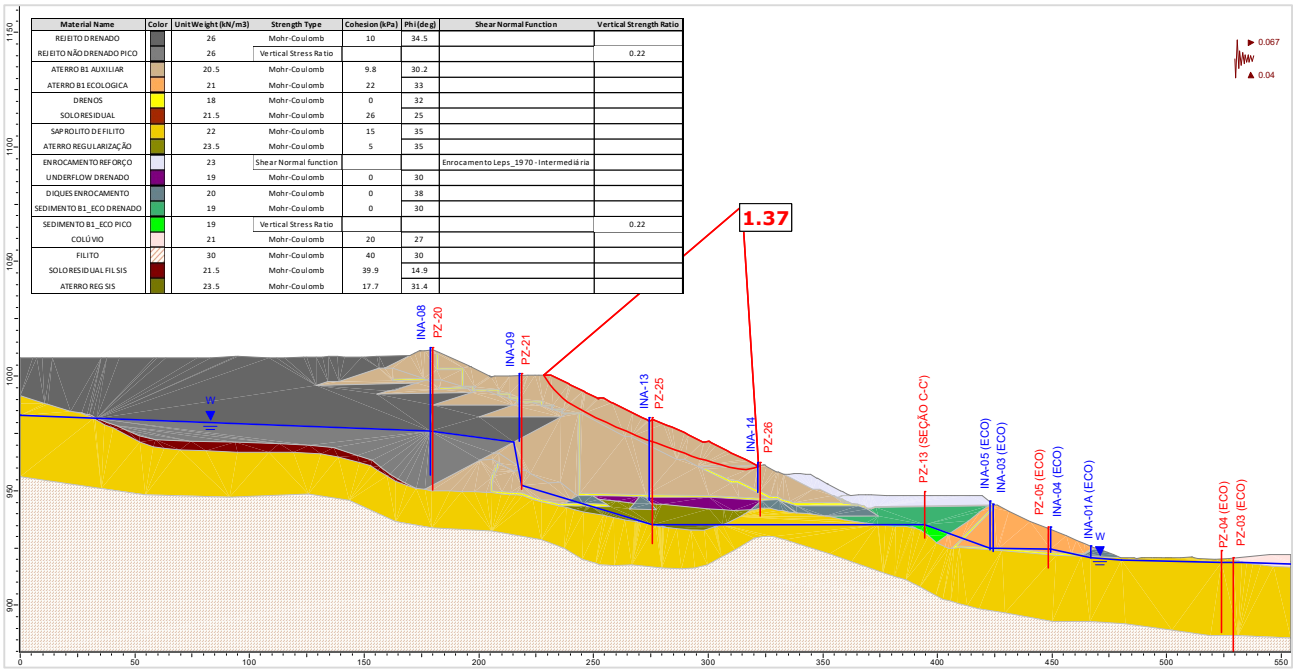


Figura 5.120 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

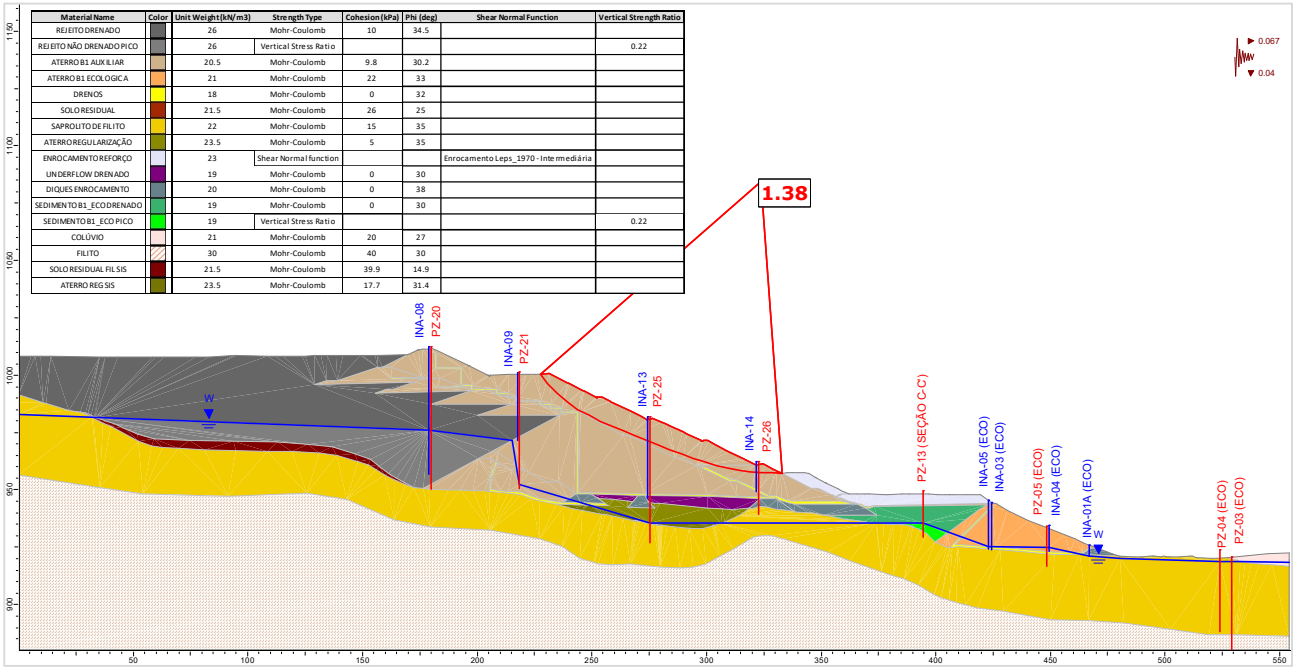
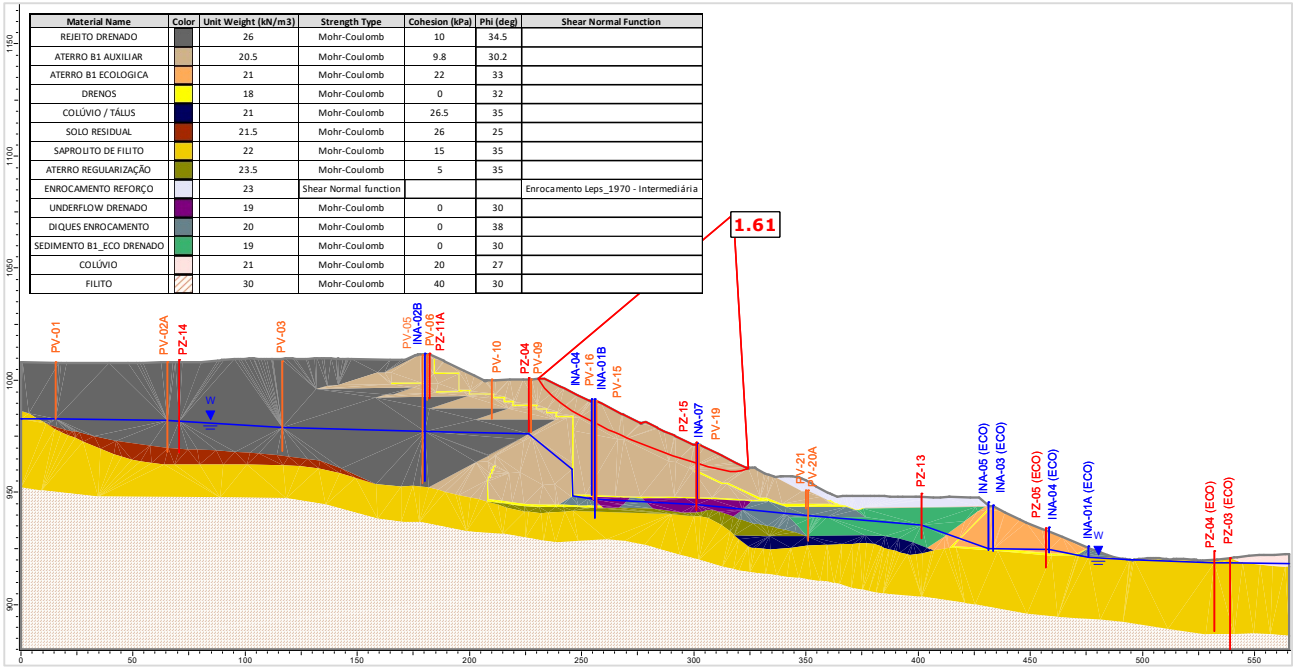
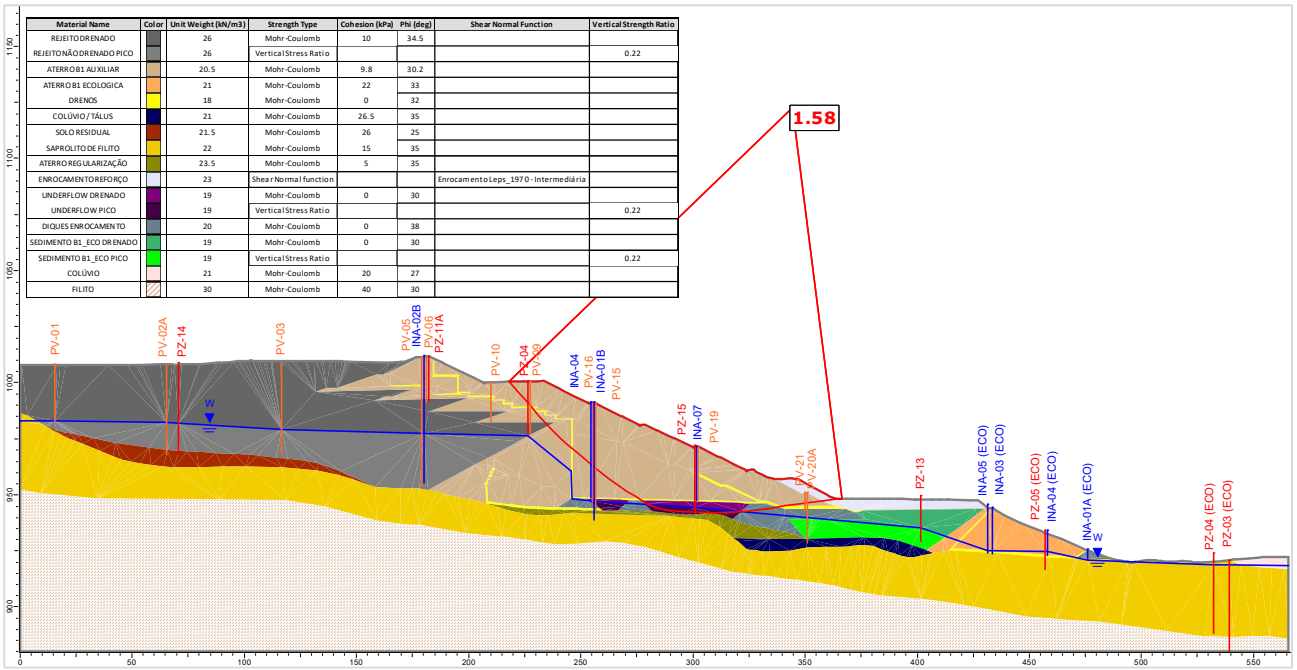


Figura 5.121 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



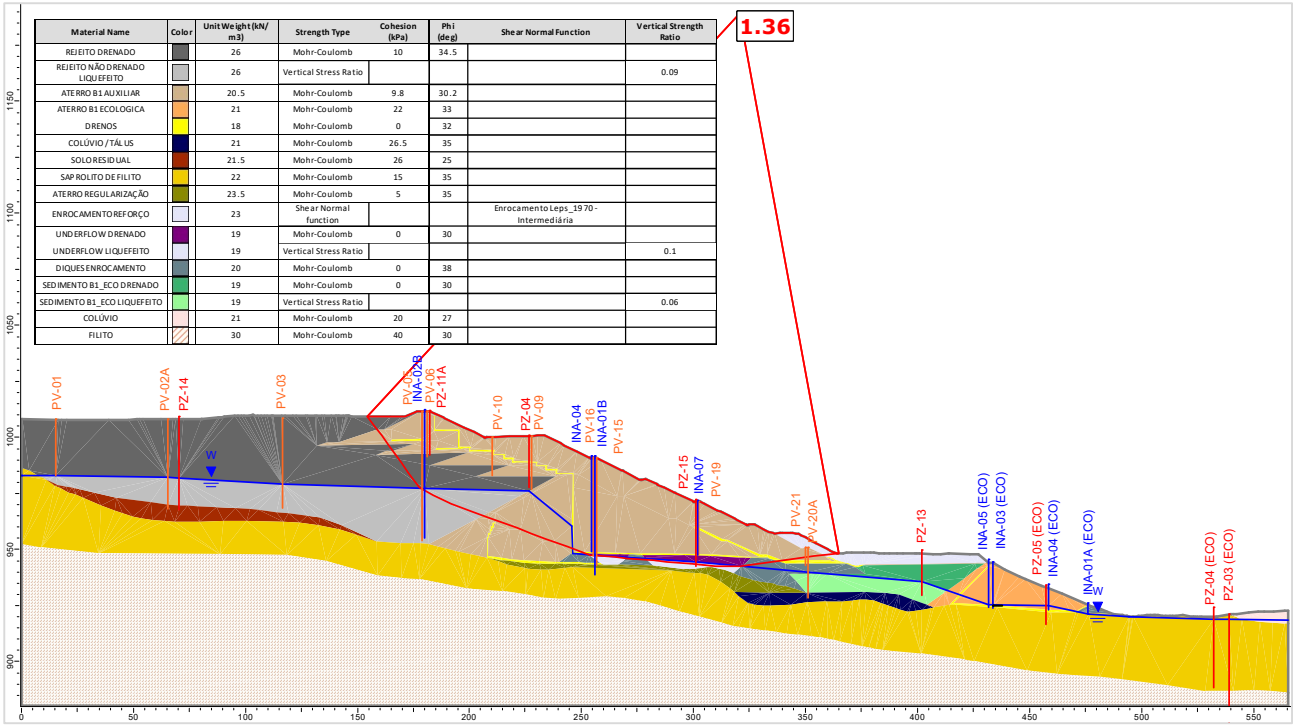
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35	
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38	
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.122 – Seção C-C’ – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024.



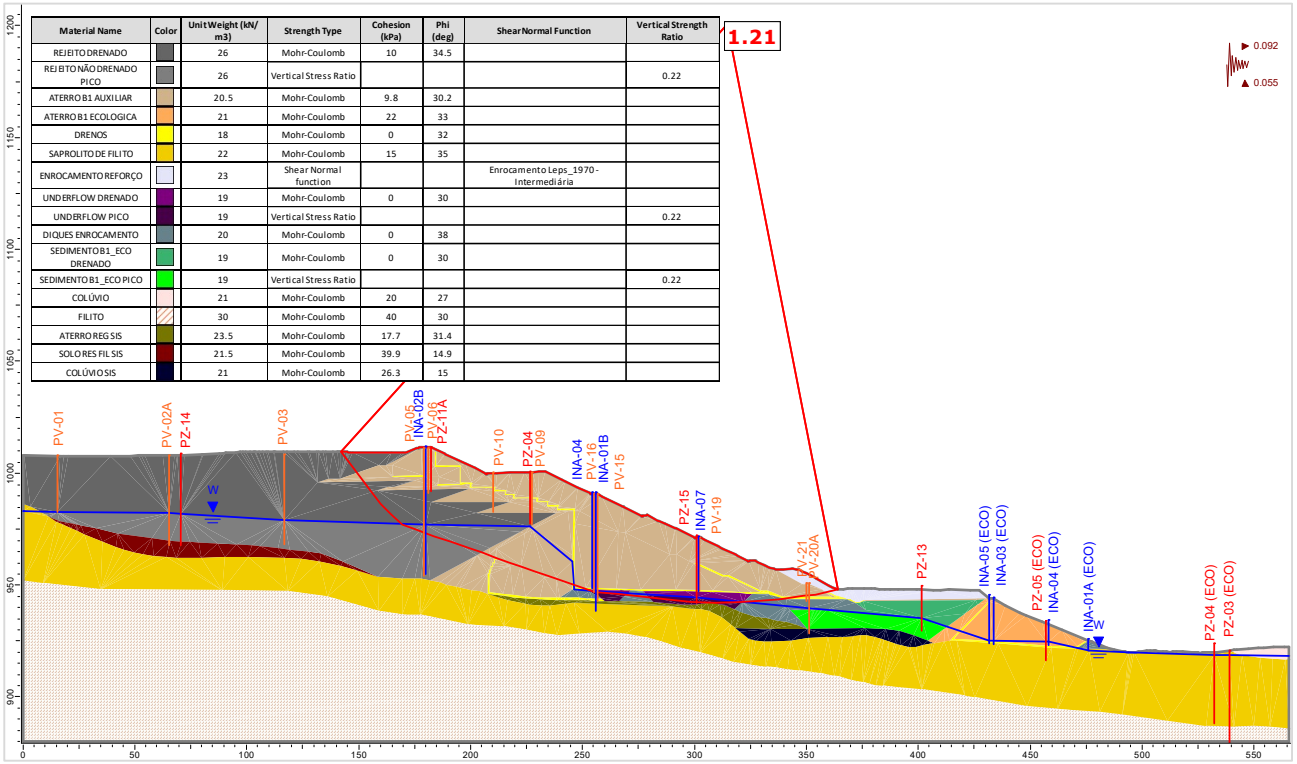
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 5.123 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



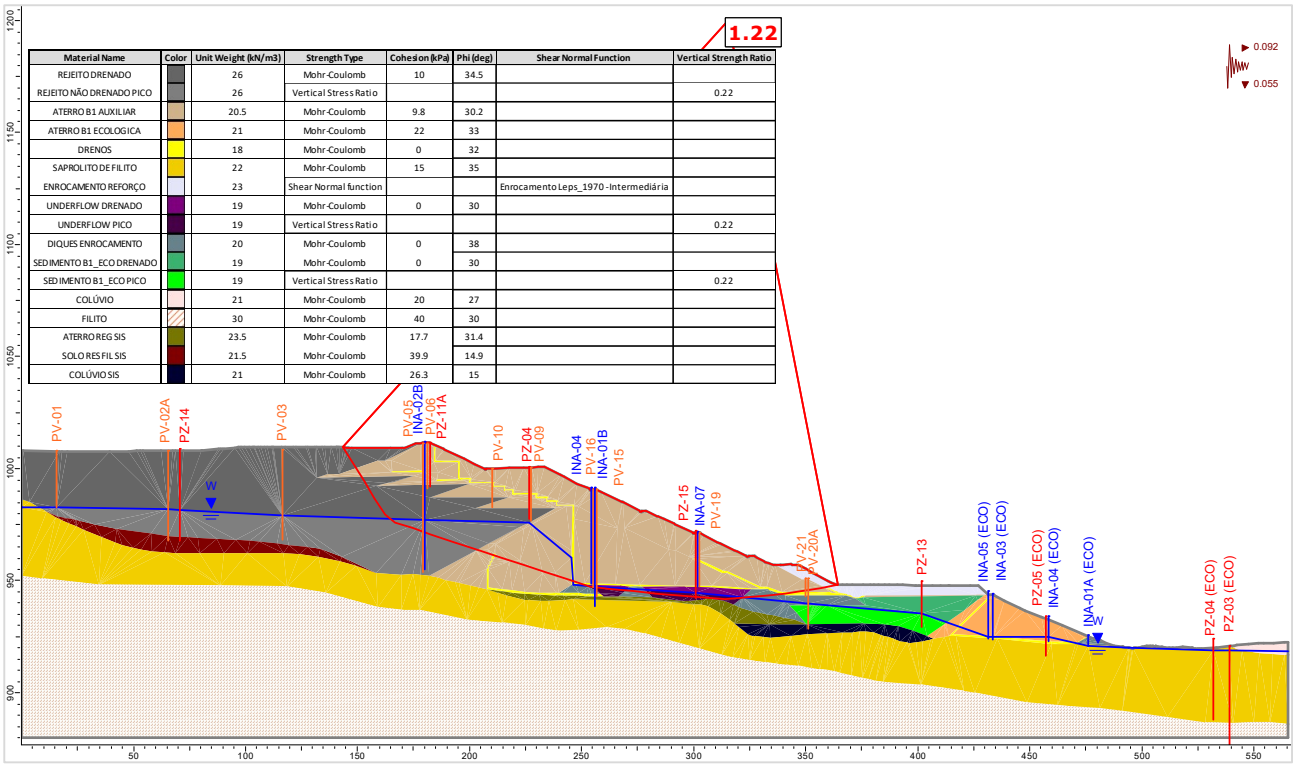
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio				0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW LIQUEFEITO		19	Vertical Stress Ratio				0.1
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO LIQUEFEITO		19	Vertical Stress Ratio				0.06
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 5.124 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



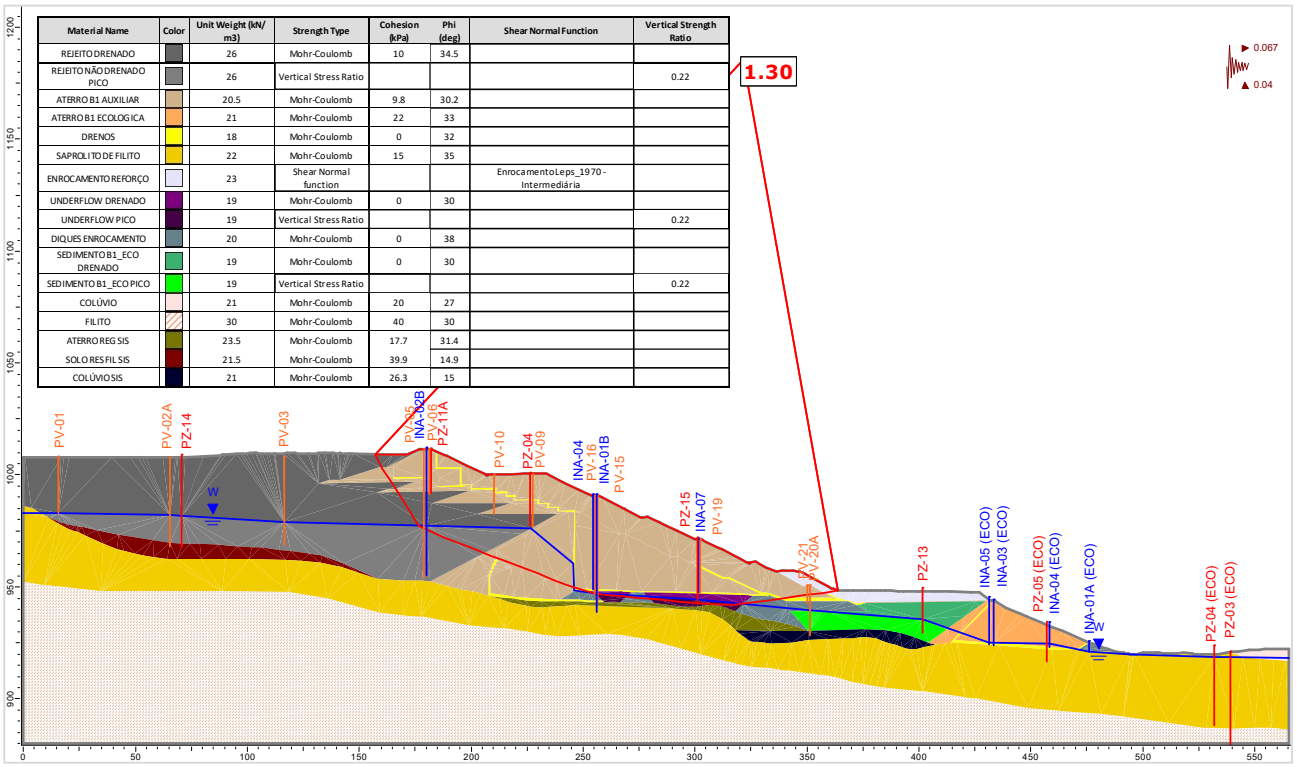
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.125 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



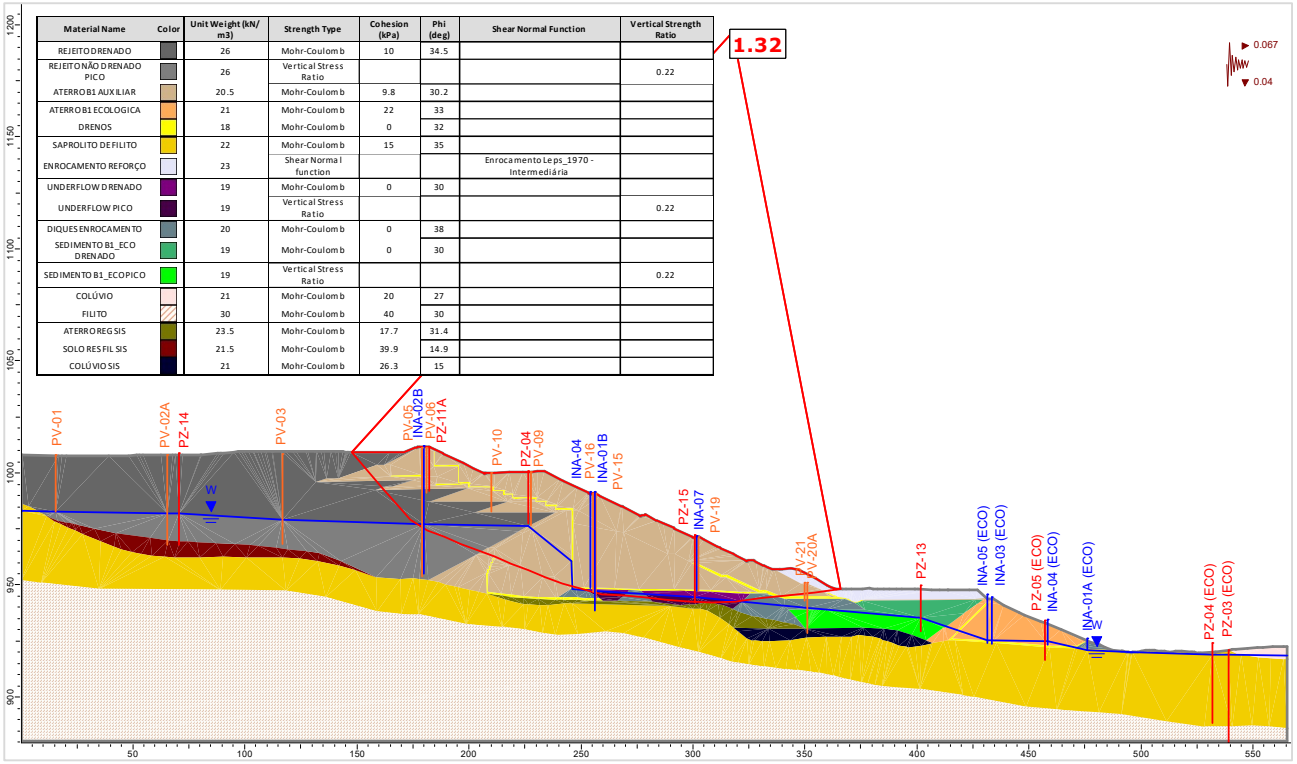
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 -Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.126 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



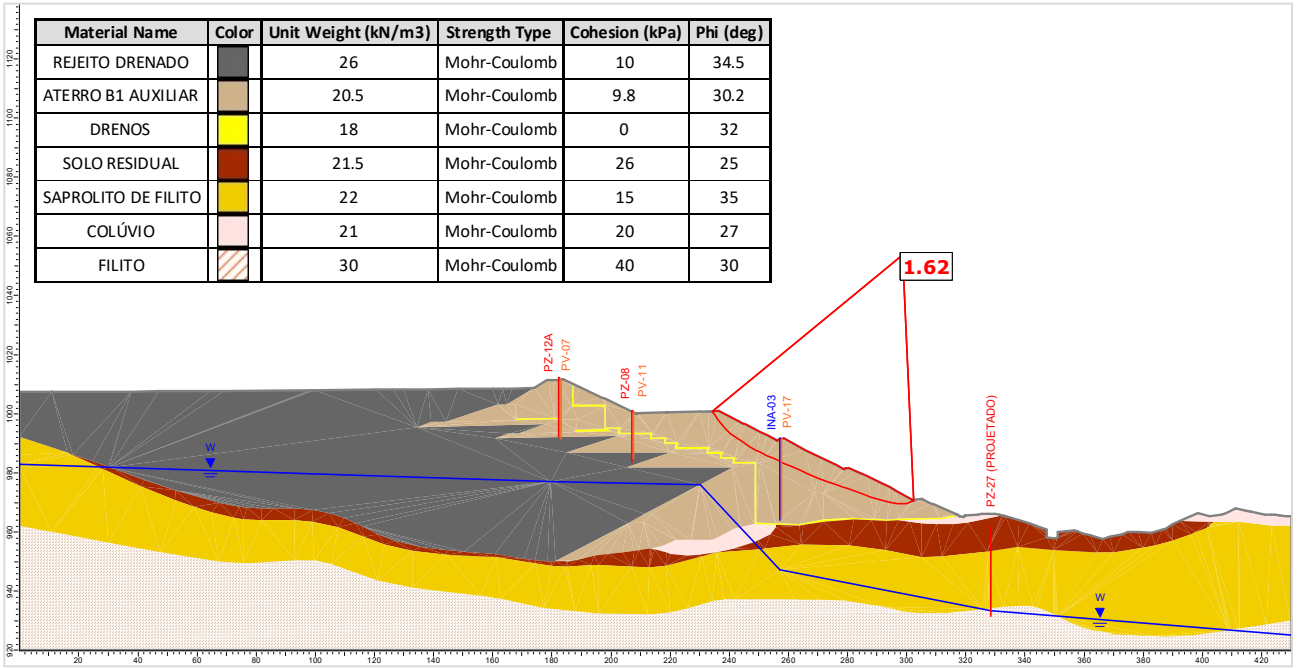
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.127 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



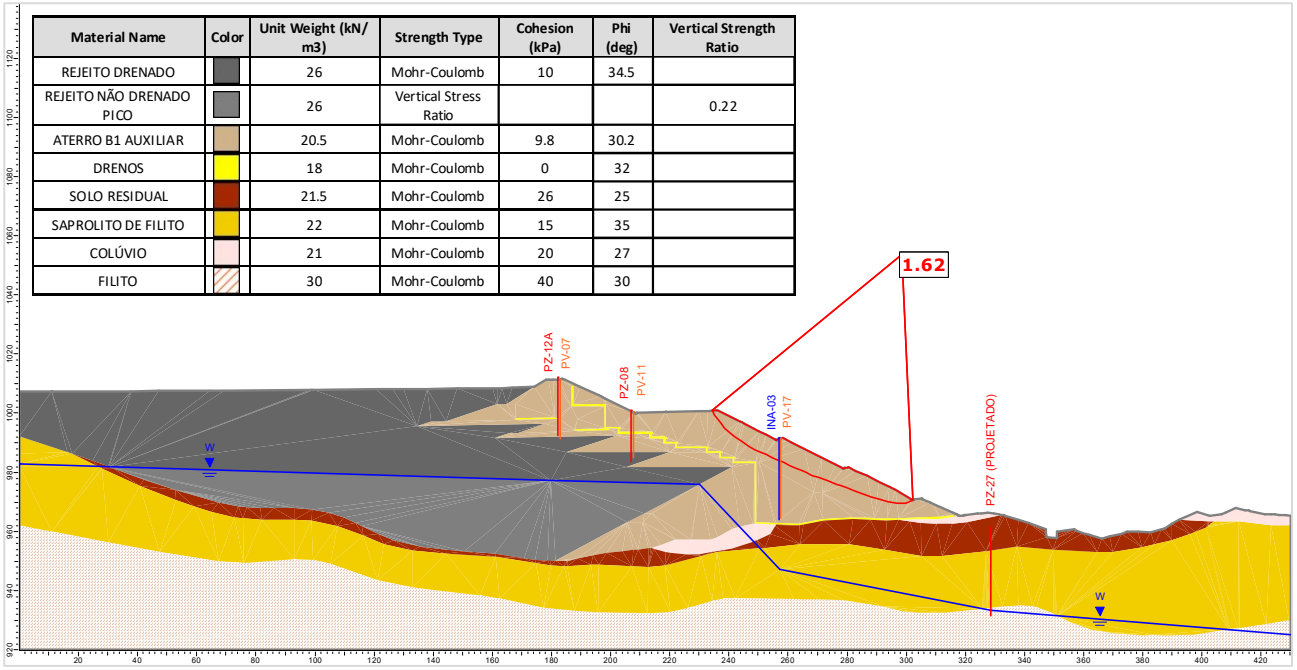
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECOPICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.128 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



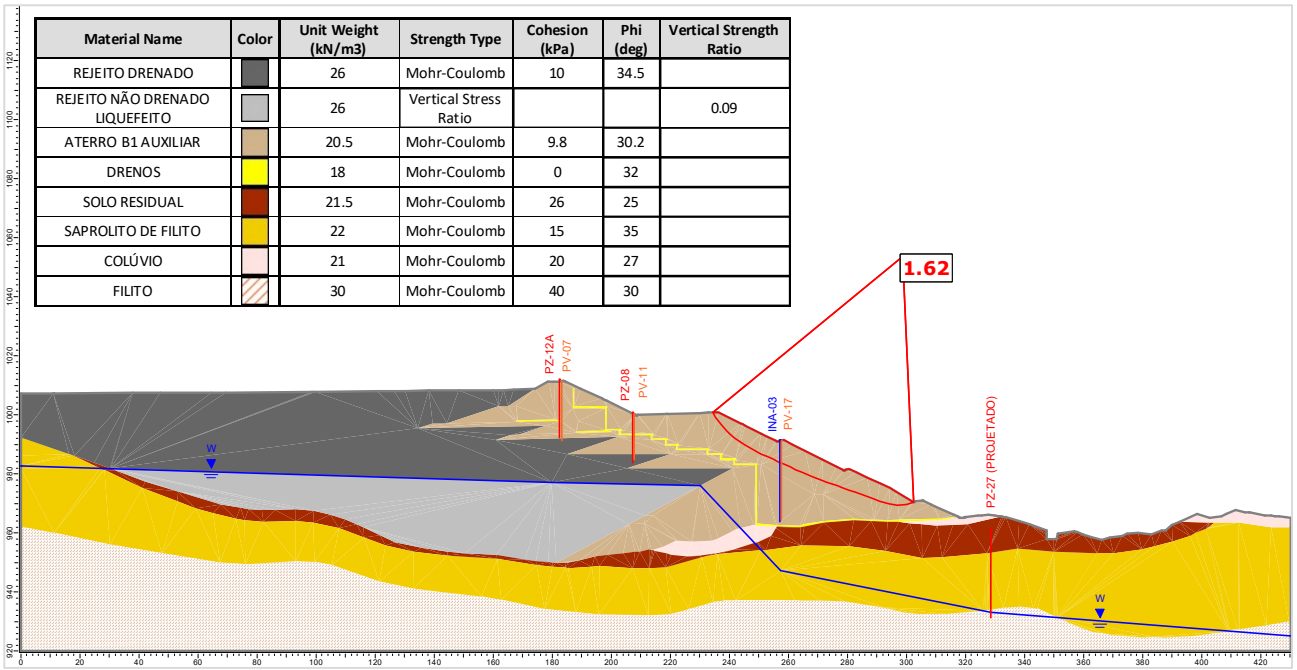
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30

Figura 5.129 – Seção D-D’ – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024.



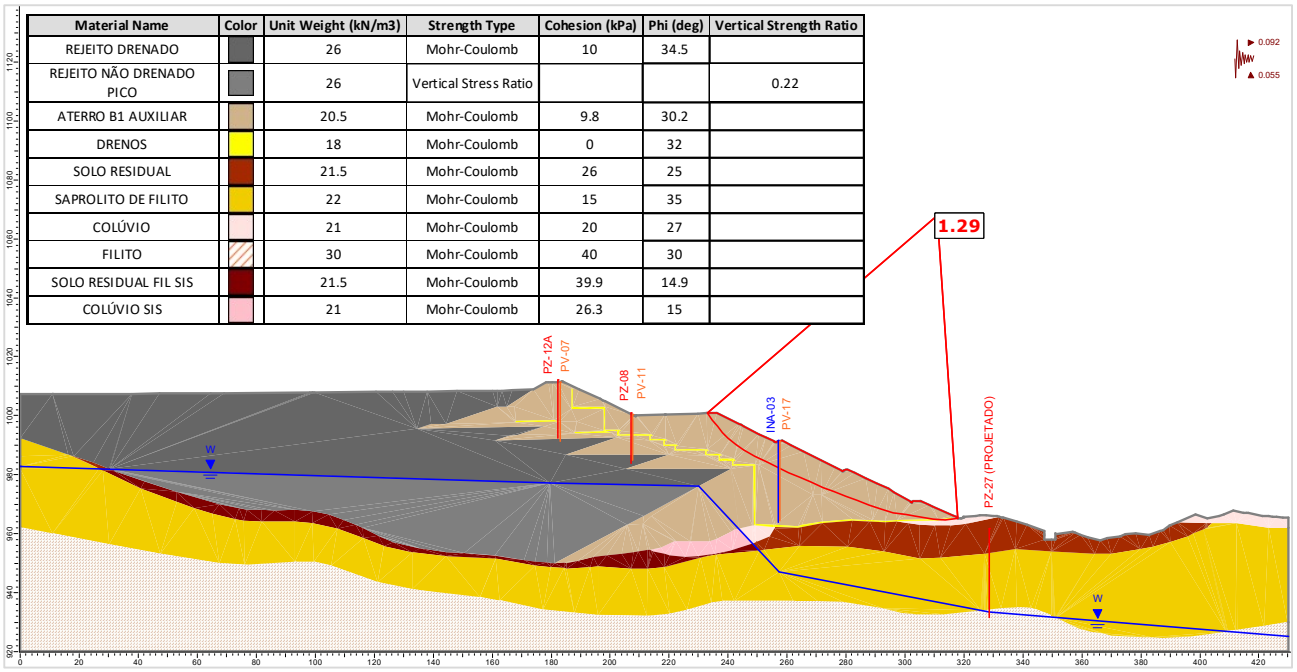
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.130 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



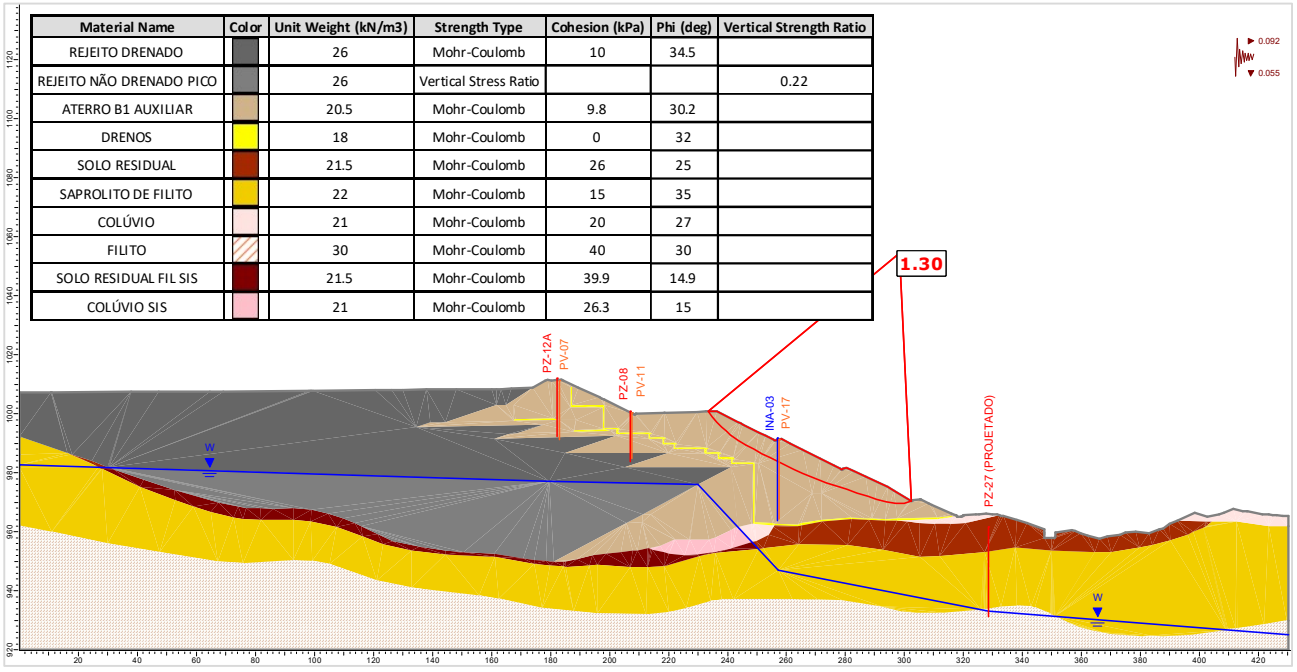
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio			0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.131 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.132 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.133 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

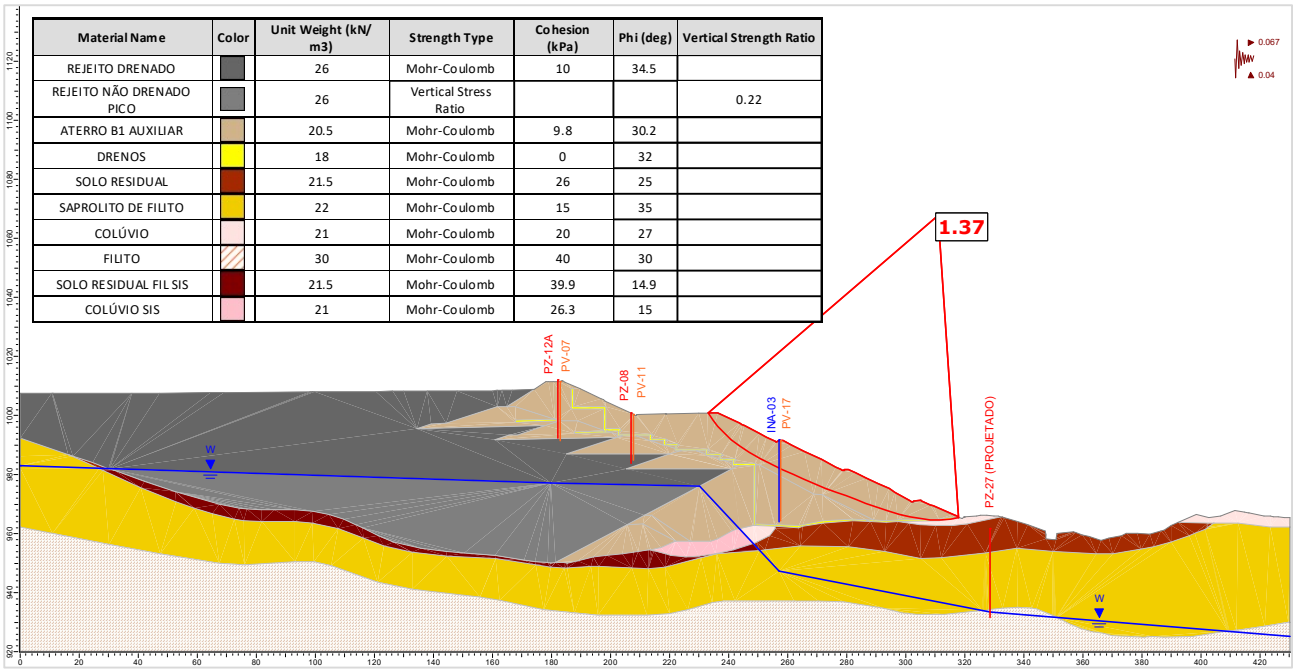


Figura 5.134 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

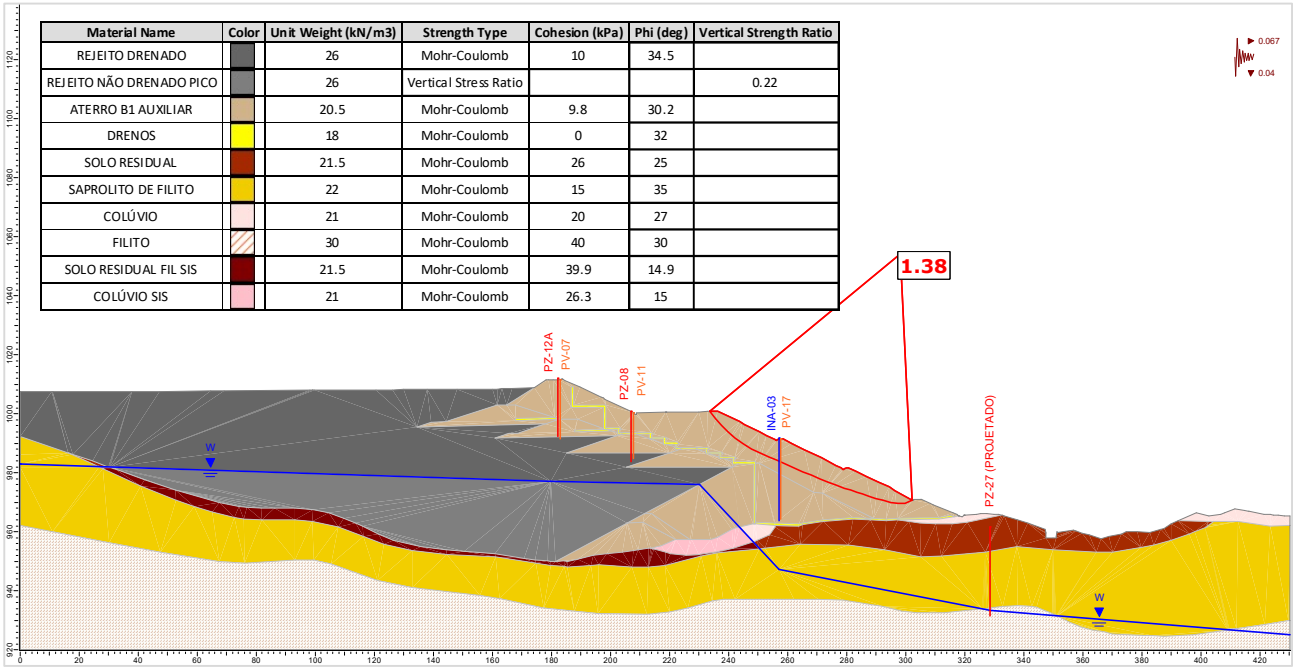


Figura 5.135 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

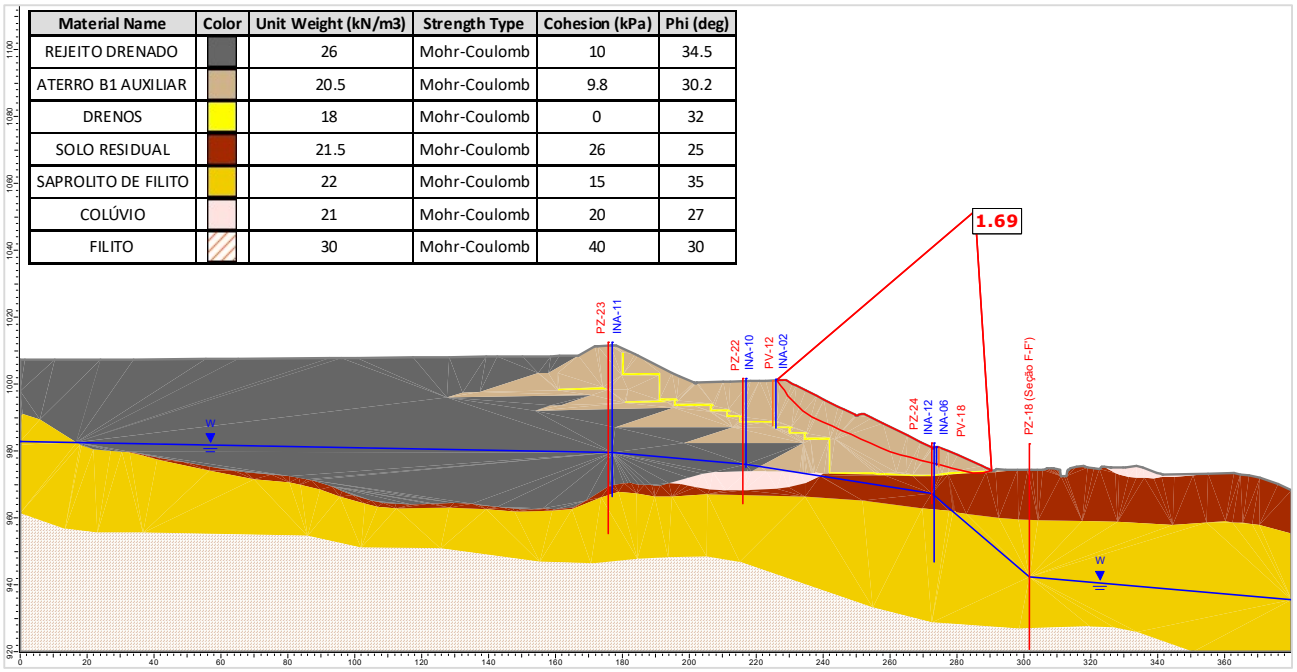


Figura 5.136 – Seção E-E' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024.

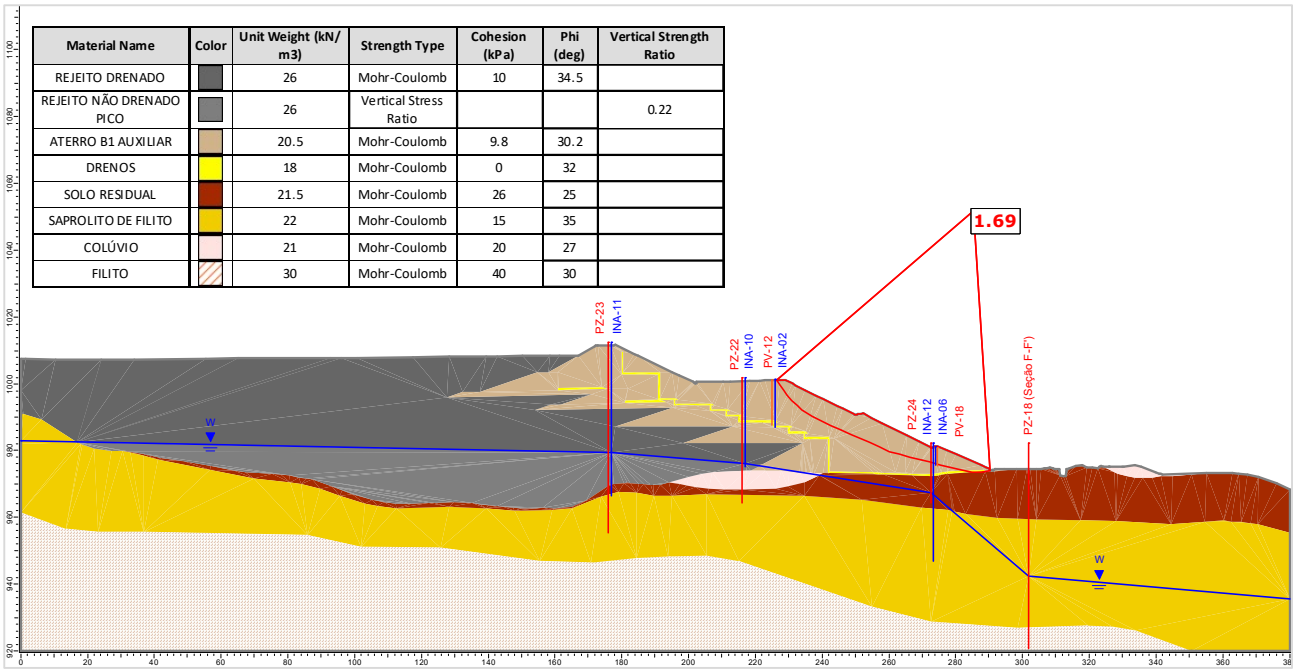
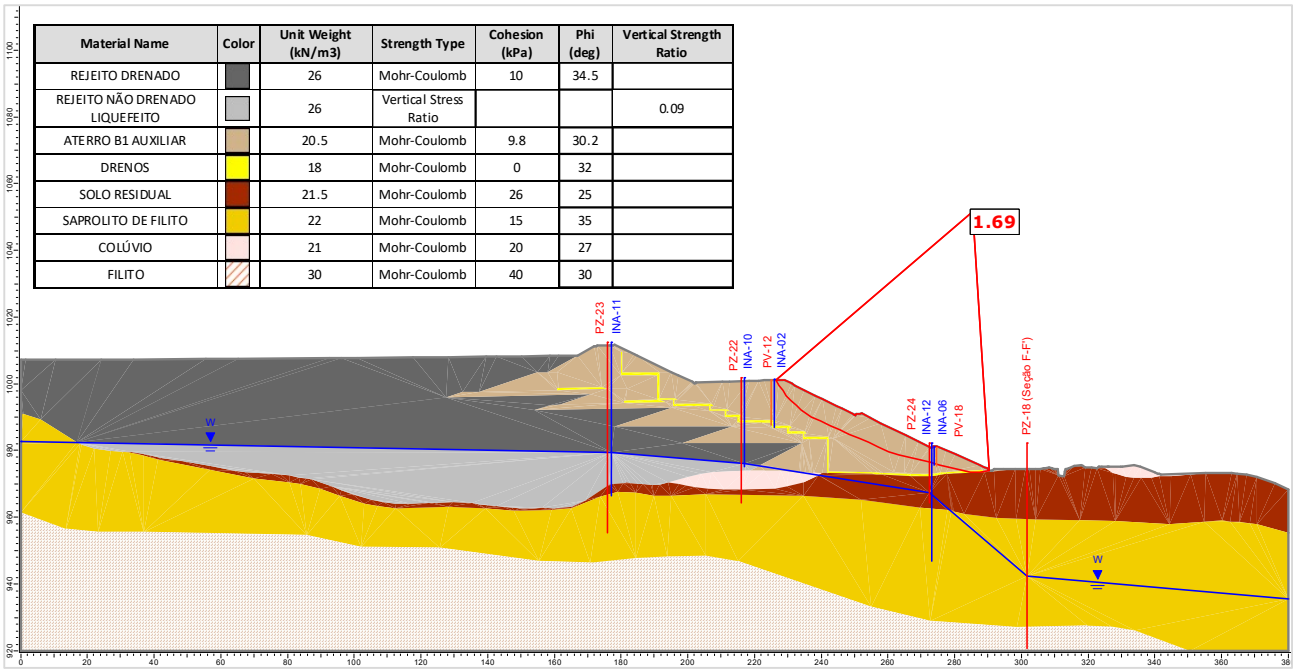
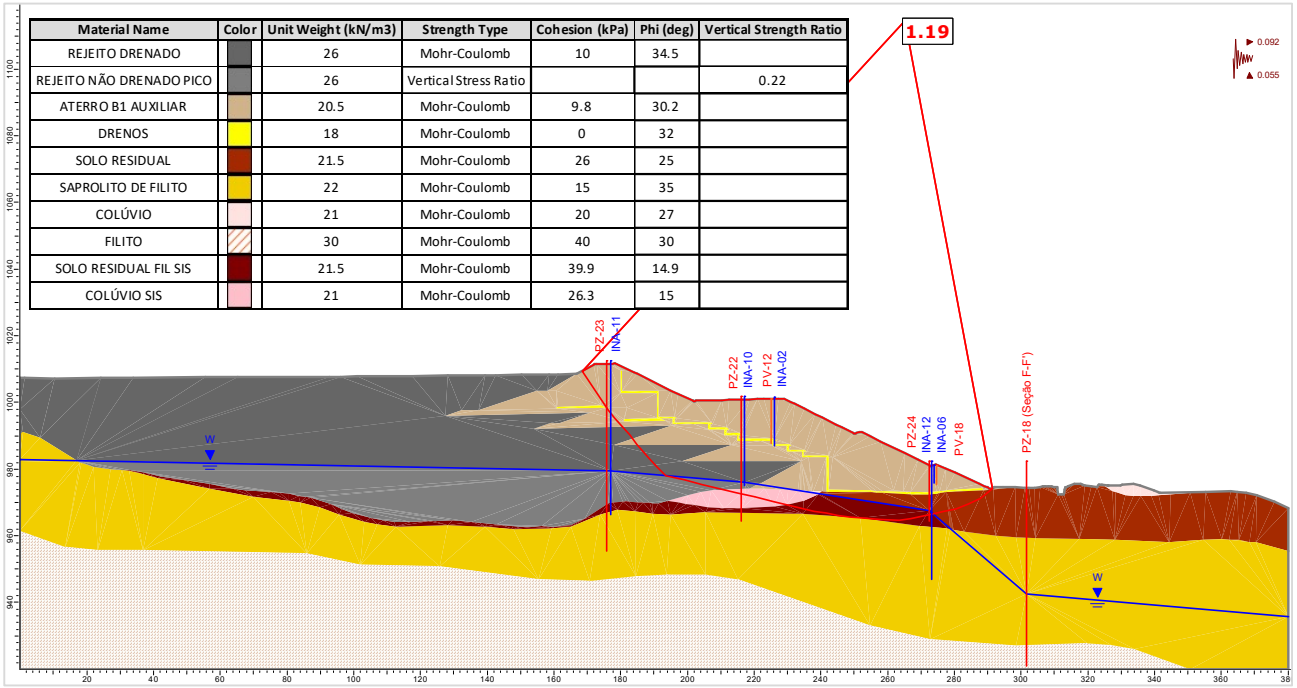


Figura 5.137 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



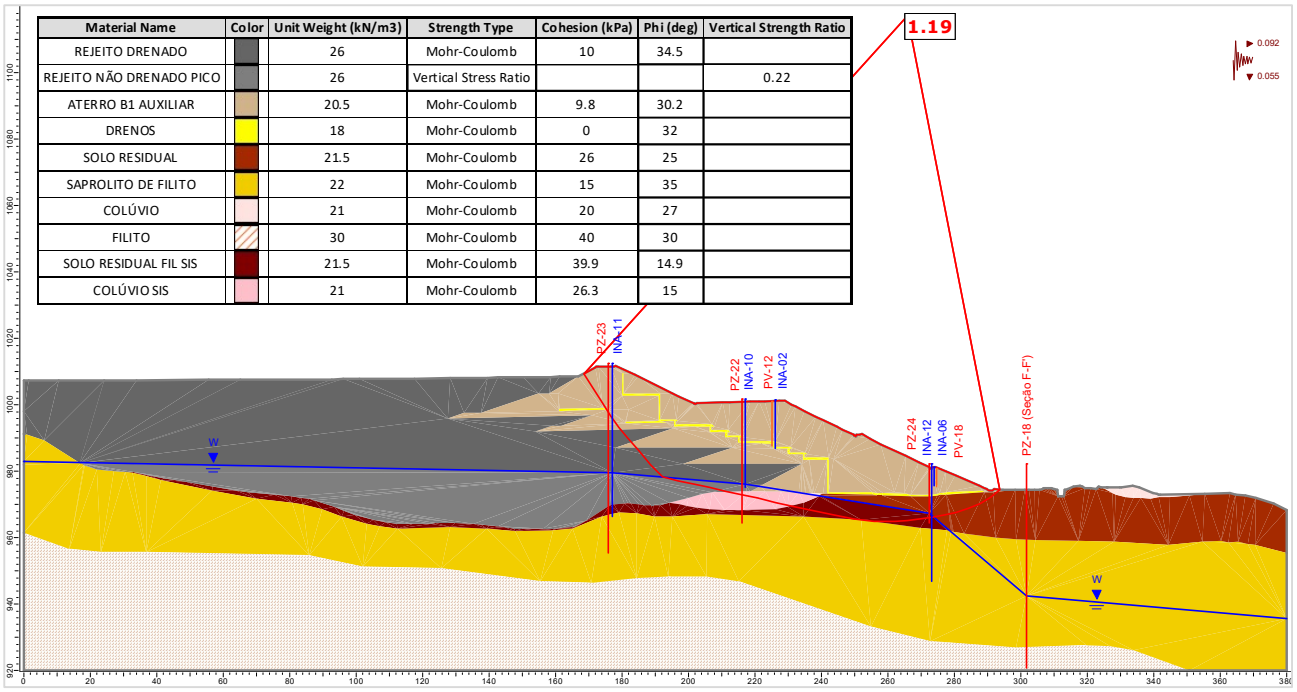
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio			0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.138 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



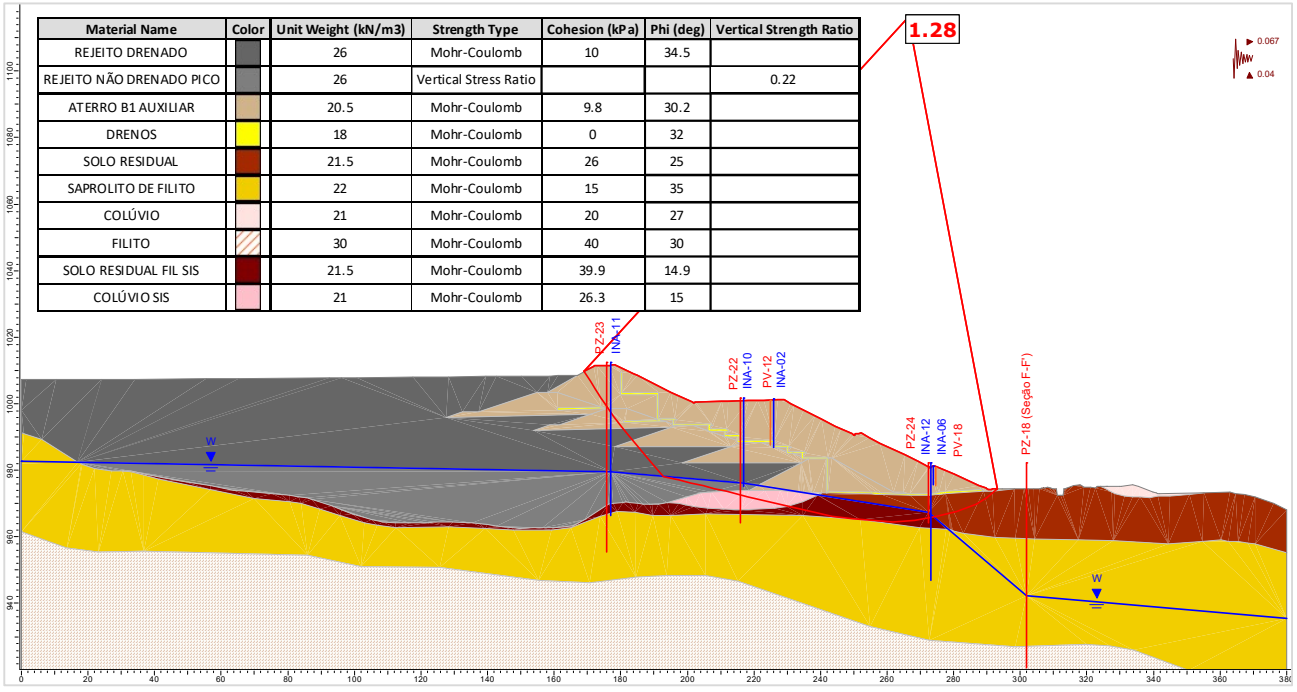
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.139 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.140 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.141 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

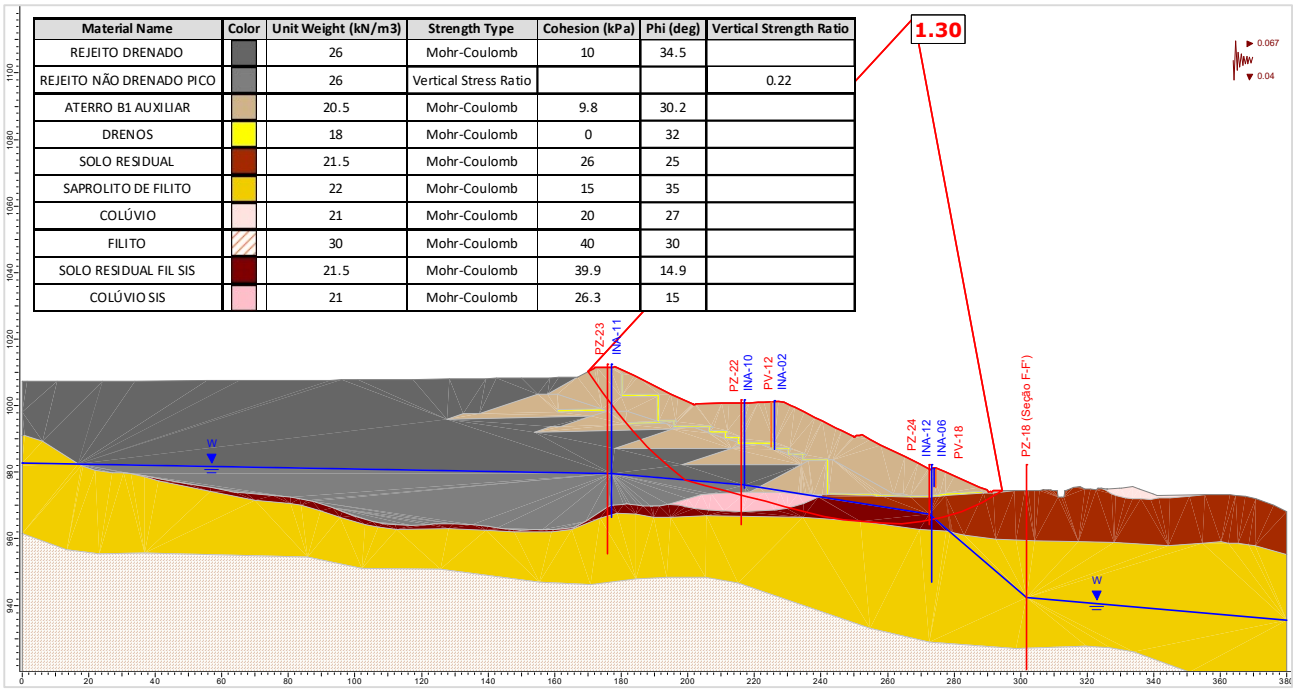


Figura 5.142 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

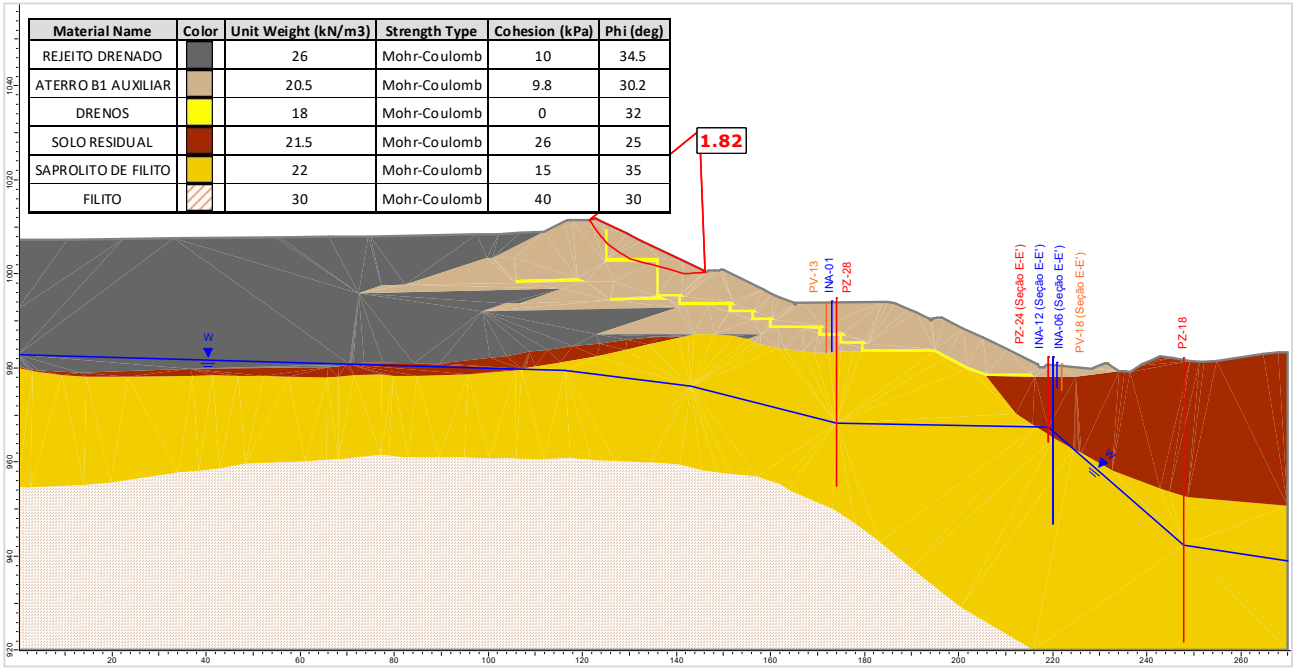


Figura 5.143 – Seção F-F' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024.

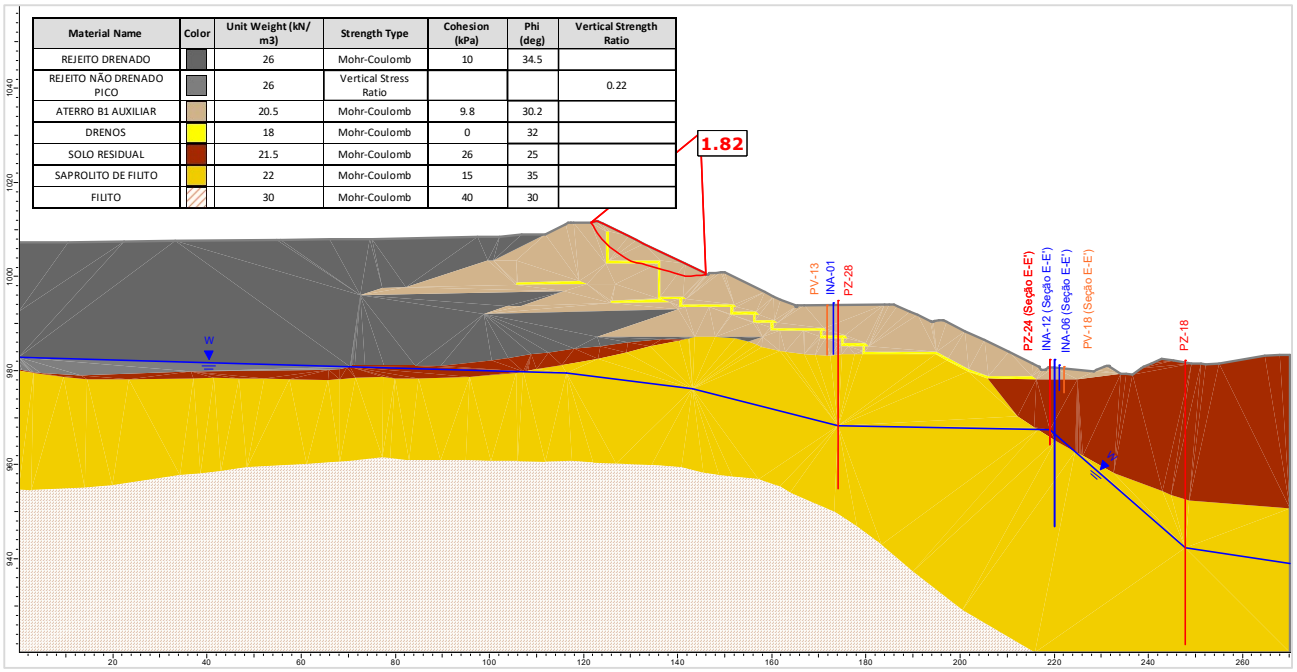


Figura 5.144 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

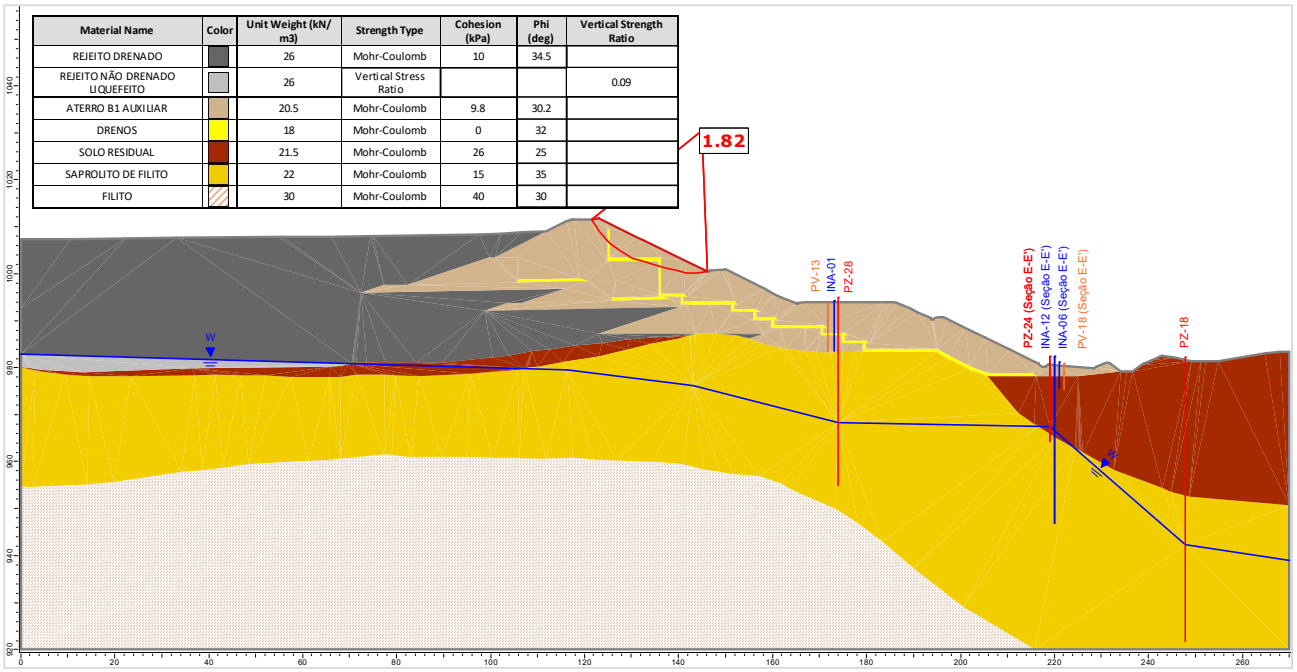


Figura 5.145 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

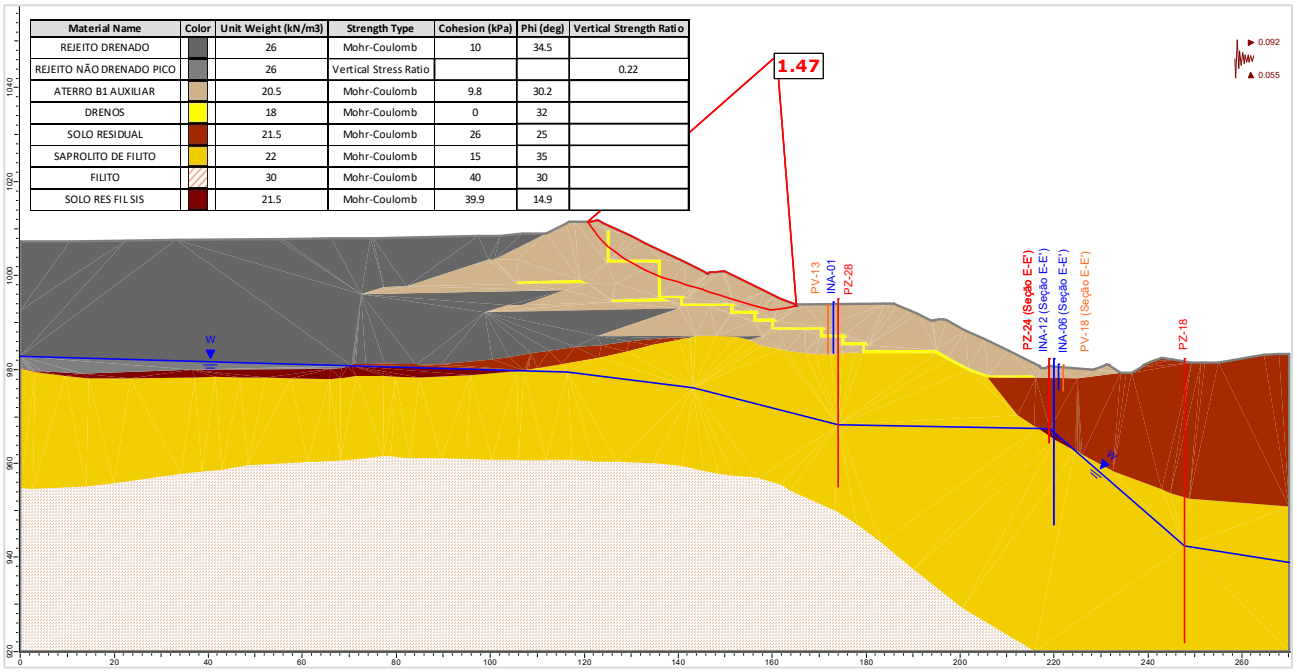


Figura 5.146 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

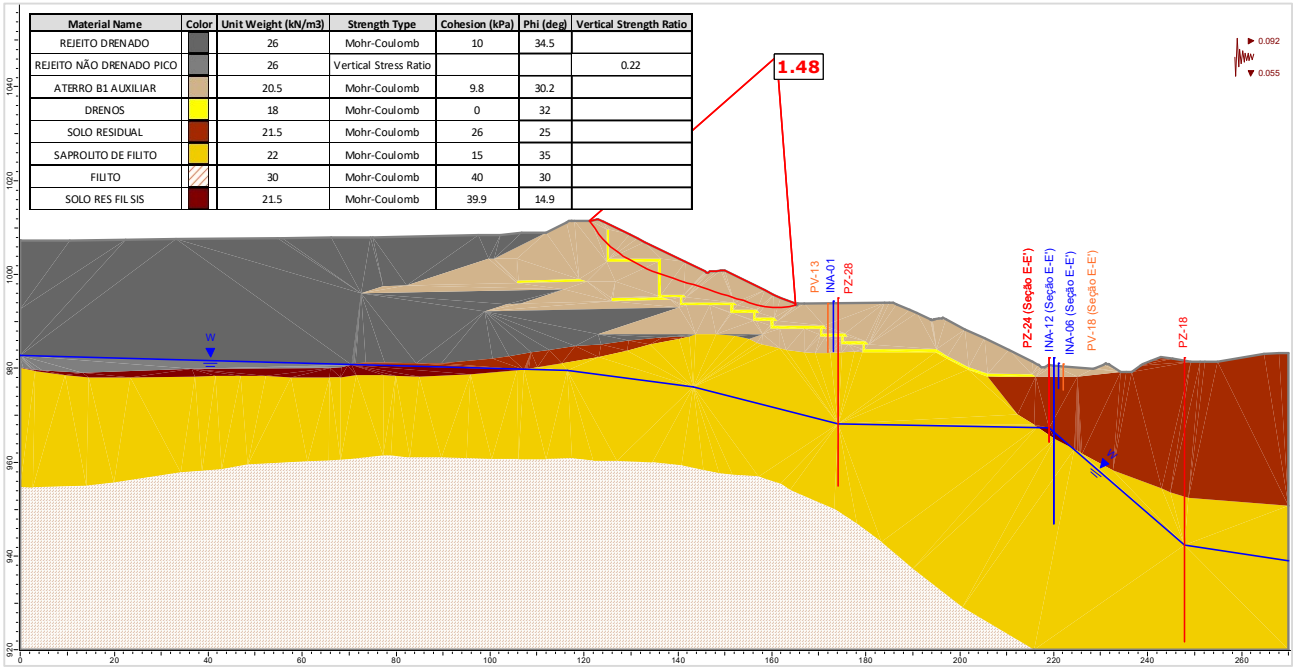


Figura 5.147 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

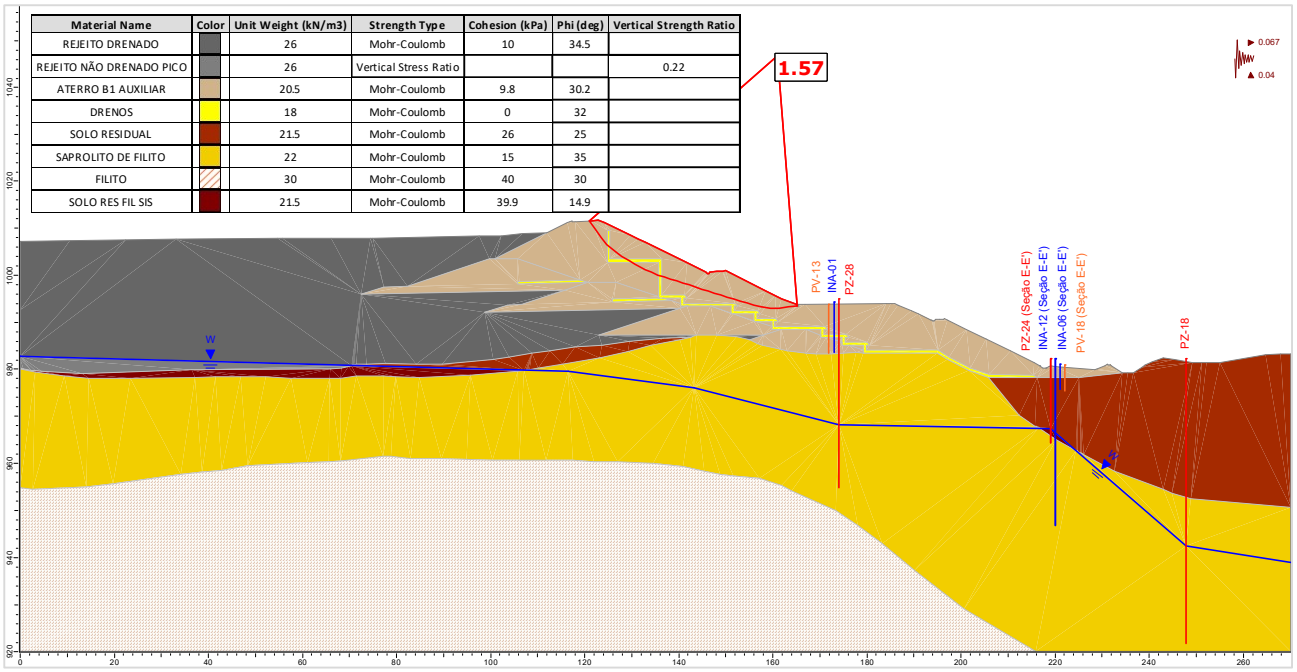


Figura 5.148 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

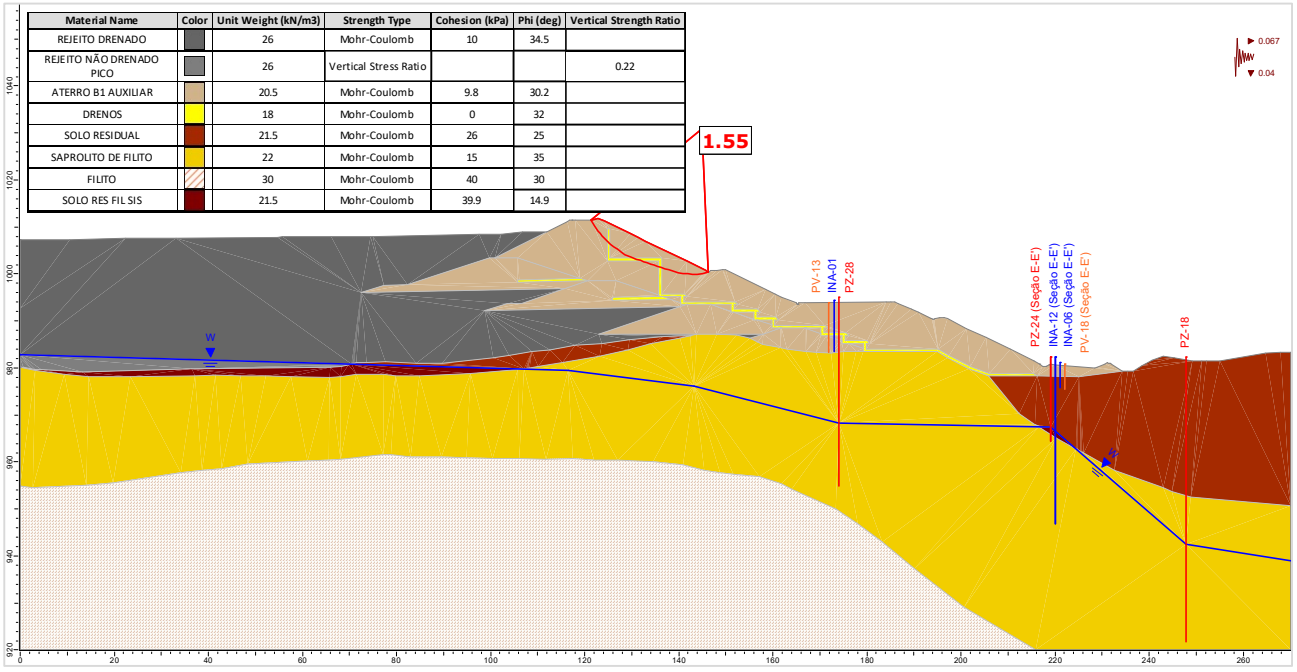


Figura 5.149 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico, no período avaliado (novembro/2023 a janeiro/2024).

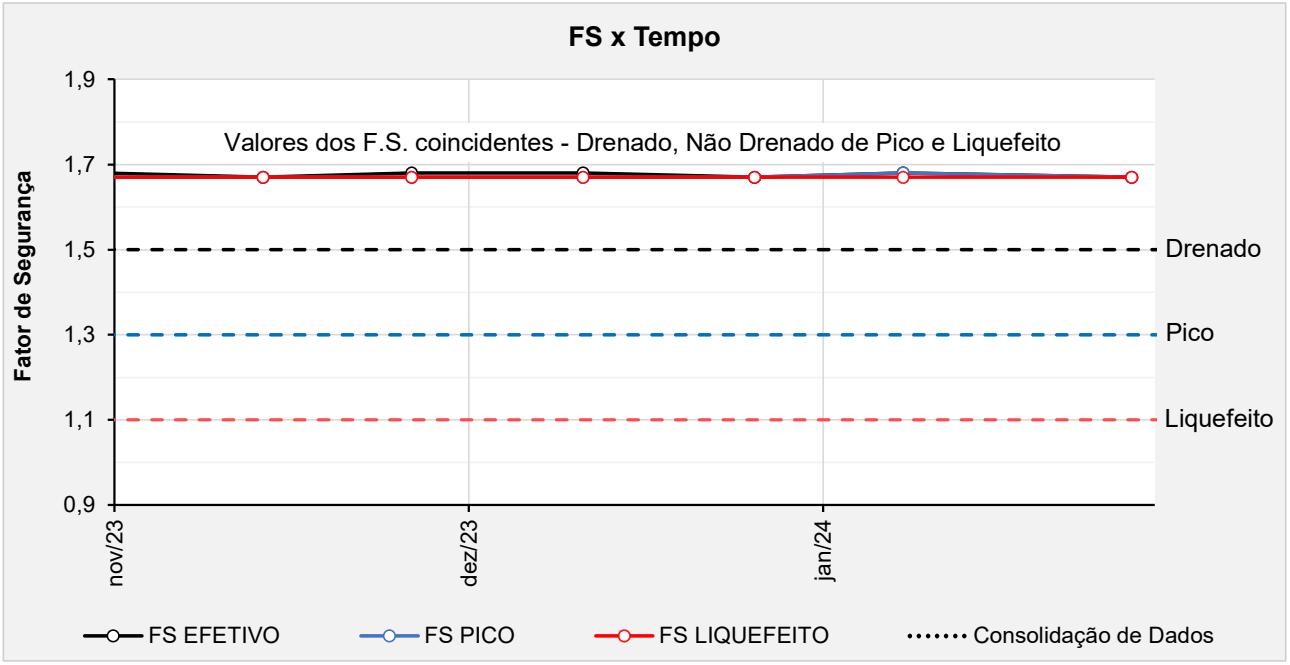


Figura 5.150 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

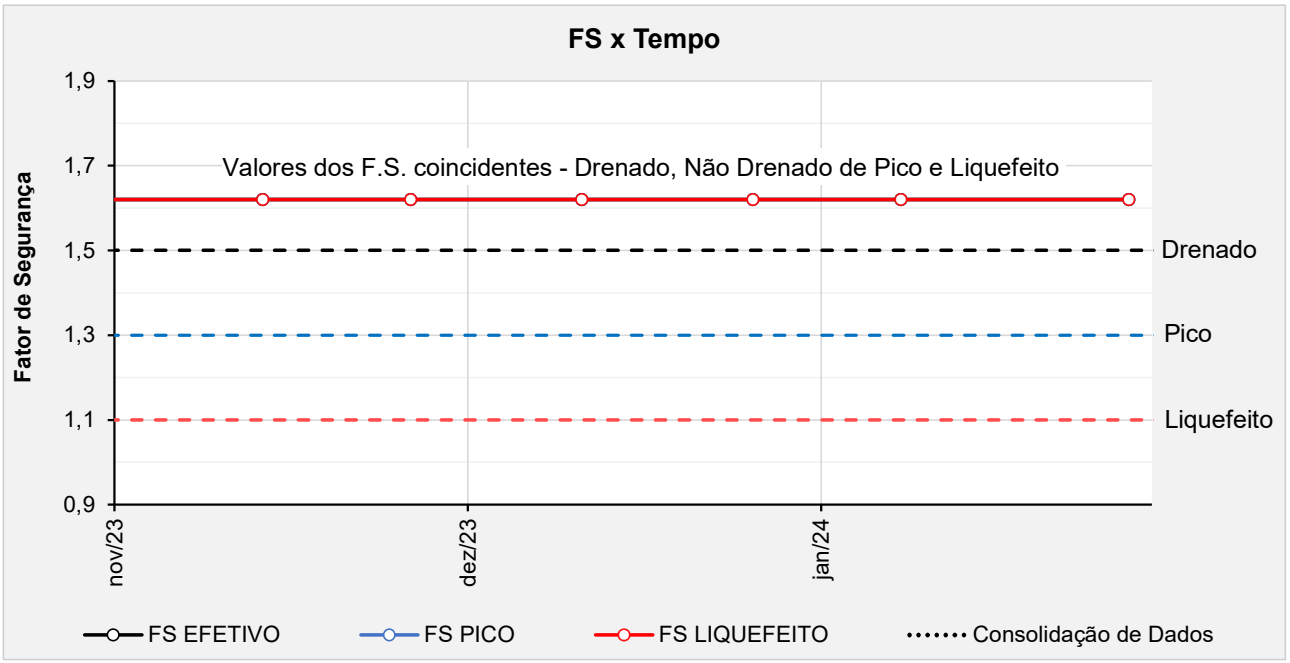


Figura 5.151 – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

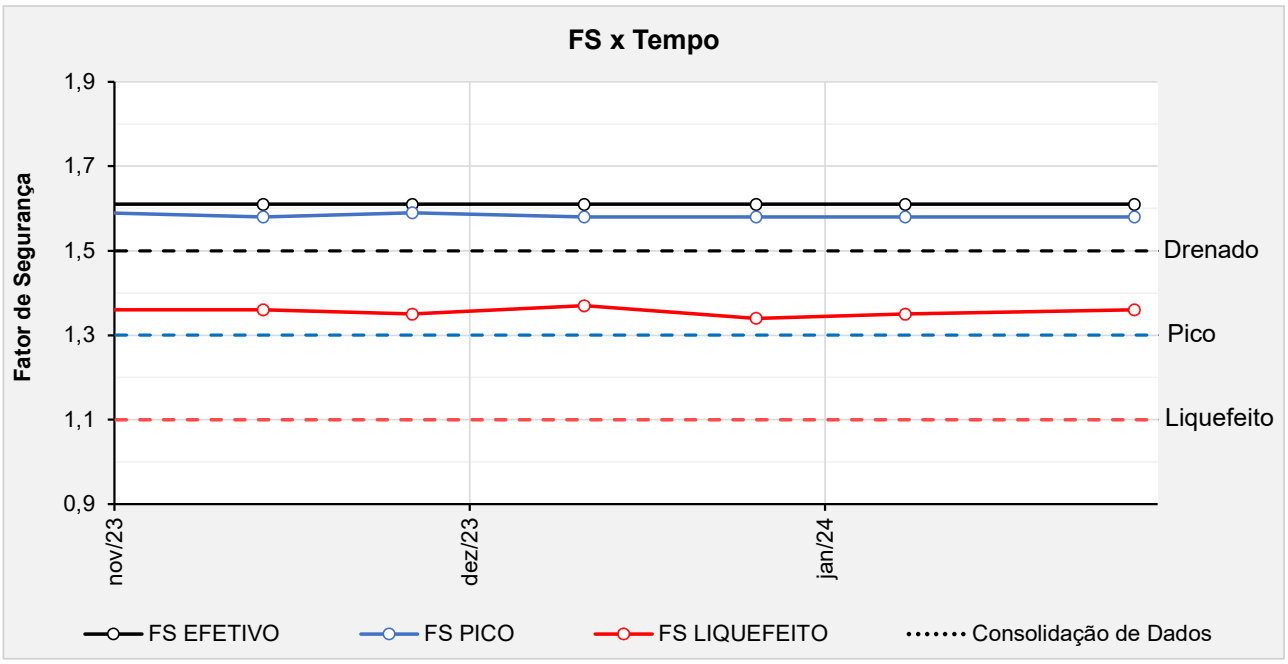


Figura 5.152 – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

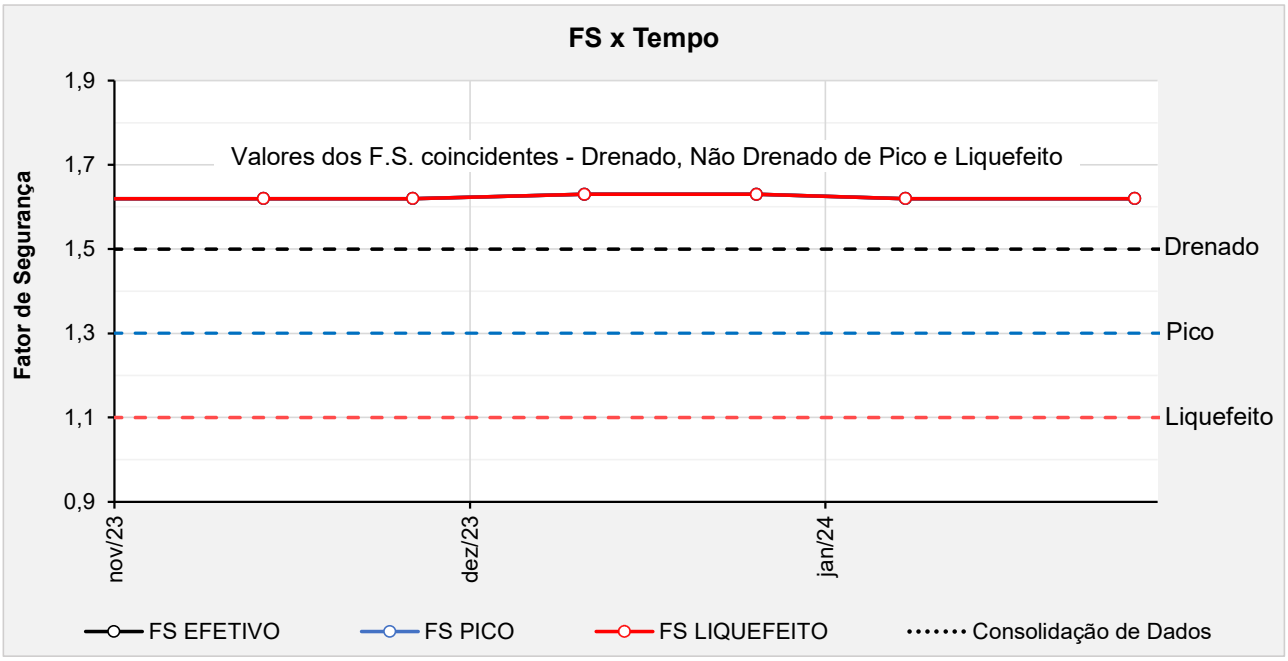


Figura 5.153 – Seção D-D' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

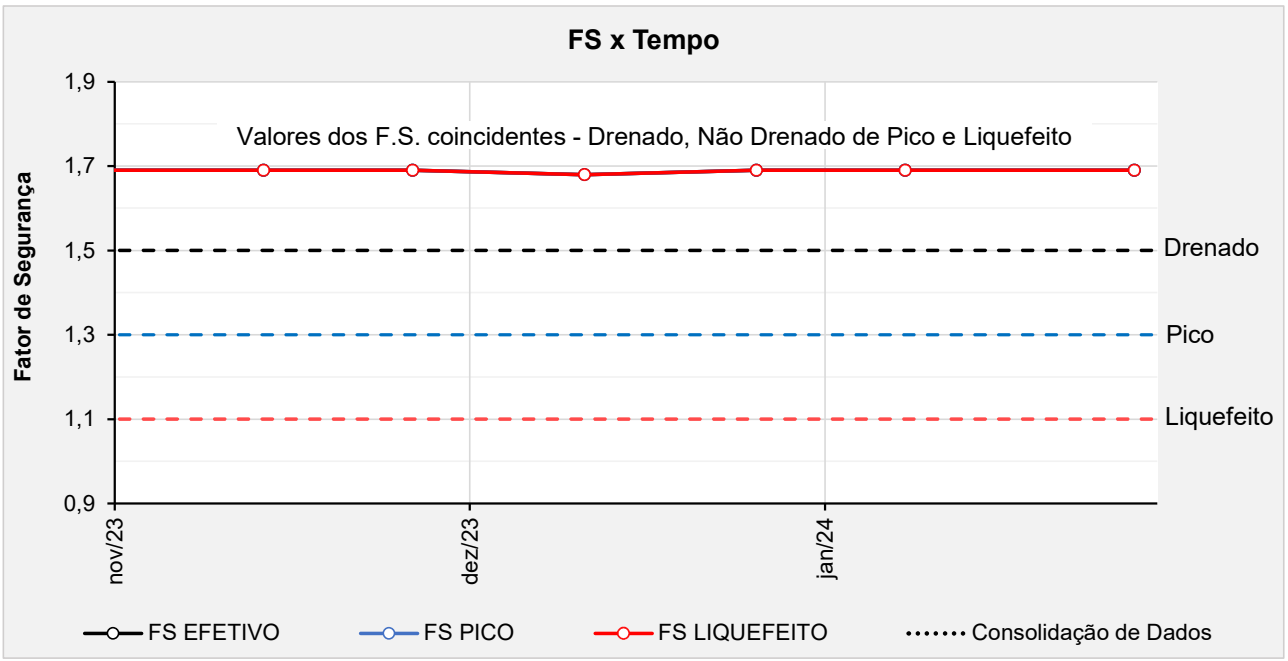


Figura 5.154 – Seção E-E' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

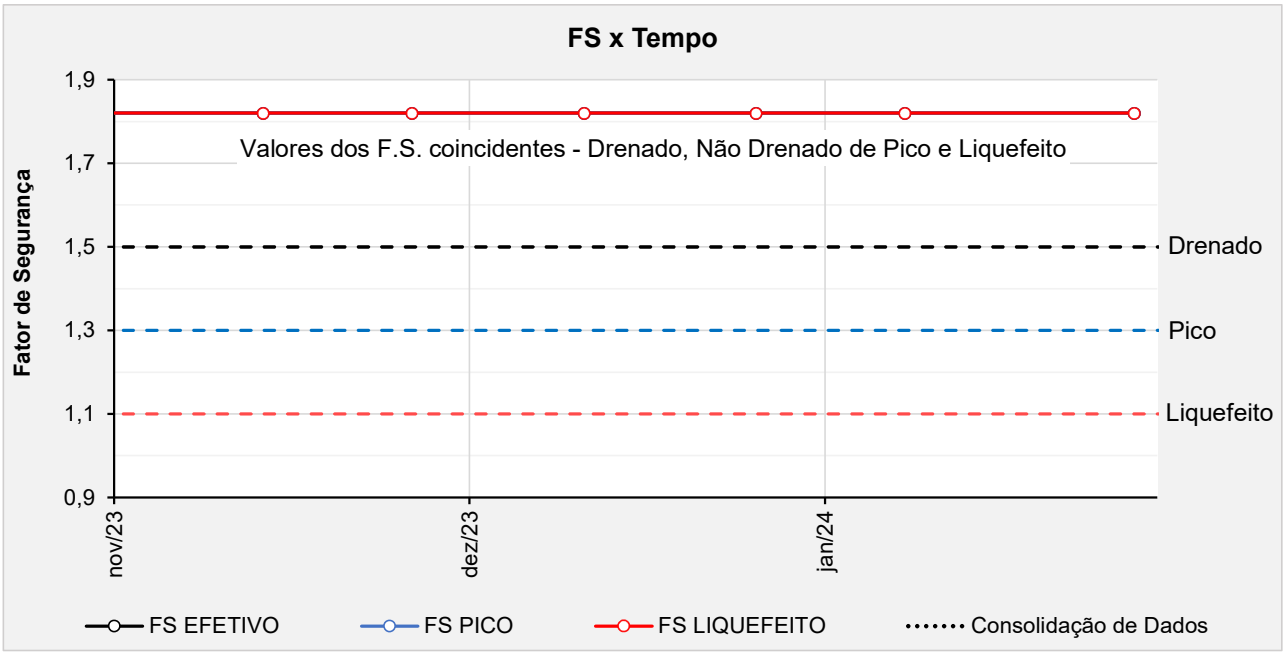


Figura 5.155 – Seção F-F' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico será fundamental durante as obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação da profundidade e pressão da água no solo e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos dos taludes.

Conforme discutido nos documentos de consolidação e diagnóstico, o material contido no reservatório da barragem, o underflow utilizado na fundação e os sedimentos no interior do reservatório da Barragem B1 Ecológica são compostos por rejeitos ou sedimentos que foram caracterizados como materiais contráteis a partir da análise de ensaios CPTu. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade para todas as seções de controle da barragem na fase de diagnóstico, tanto para a condição não drenada de pico e condição não drenada liquefeita são superiores aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020, ou seja, se encontram acima de 1,3 e 1,1, respectivamente. Mesmo apresentando uma condição confortável atualmente, o monitoramento da superfície freática atuante na estrutura se constitui da principal premissa de controle da execução do projeto de descaracterização.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, considera-se que a estrutura da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico já atende a todos os requisitos legais em termos de segurança estrutural para que se inicie as obras de descaracterização.

Ressalta-se a importância da realização e manutenção das seguintes atividades:

a) Análise de estabilidade que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles admitidos pela legislação vigente, a ser realizada antes do início das obras;
b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação, prismas e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima semanal;
c) Realização de análises de estabilidade quinzenal;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem ou do aterro de reforço emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição estabelecida na legislação, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista/consultoria que permita autorizar o retorno das atividades.

5.9 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura nas análises de estabilidade com carregamento não drenado de pico e liquefeito e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e a empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório, fundações e maciço da barragem para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura e que são lidos manualmente deverá ser verificado no mínimo uma vez por semana durante o período a execução do aterro de reforço.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados bem como o técnico responsável pela leitura manual deverá reportar imediatamente qualquer anomalia nas leituras realizadas.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista/consultoria.

6. Obras de Descaracterização

Este item não é aplicável, já que o projeto executivo de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico ainda não foi aprovado pela FEAM e empresas parceiras.

7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 7.1 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.1 IDENTIFICAÇÃO	
VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: a) Memorial descritivo e desenhos das estruturas implantadas, removidas ou modificadas, ou informações equivalentes, bem como dispositivos de proteção ambiental;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e	Não aplicável.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
representações gráficas em escala adequada: c) Descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio;	Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: d) Descrição das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. No caso de remoção do maciço e do reservatório, apresentar as medidas adotadas para a execução deste procedimento e um quantitativo dos materiais retirados;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Apresentar as medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório, quando couber, bem como informar o seu nível no estágio atual das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar análises de estabilidade nas condições drenada e não drenada, e levando em consideração as solicitações sísmicas que possam atuar sobre a estrutura, avaliando as resistências de pico e residual para a geometria da barragem na atual etapa da obra;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
VI. Apresentar o andamento das medidas de estabilização e/ou reforço para atingir no mínimo os fatores de segurança estabelecidos no item V, bem como das medidas de contingência adotadas caso a estabilidade da estrutura durante as obras não possa ser garantida;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
VII. Apresentar o andamento das obras para: a) Remoção das infraestruturas associadas à barragem, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;	Não aplicável. As infraestruturas associadas à barragem já foram removidas.
VII. Apresentar o andamento das obras para: b) Reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
VIII. Apresentar a análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções; • Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para corrigir as anomalias registradas durante as inspeções visuais, inclusive daquelas iniciadas em períodos anteriores ao do relatório apresentado até sua finalização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
IX. Apresentar as leituras da instrumentação instalada na barragem, informando a periodicidade adotada para as leituras e a relação dos níveis registrados pelos instrumentos com os Níveis de Controle de Segurança estabelecidos para a estrutura	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: a) Informar ações executadas do programa de manejo do patrimônio espeleológico na área afetada pelas obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: b) Informar as ações executadas ações de resgate da fauna e da flora na área afetadas, se couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: c) Deverão ser apresentadas as ações para controle de supressão vegetal e de processos erosivos na área afetada pelas obras de descaracterização, bem como os comprovantes de regularização ambiental da atividade;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: d) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para acompanhamento e controle dos índices de qualidade do ar na área afetada pelas obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: e) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para gestão de efluentes líquidos e resíduos sólidos na área afetada pelas obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Para obras em estágio de finalização, apresentar as medidas adotadas para o manejo e a proteção do solo, dos recursos hídricos, para garantir a estabilidade geotécnica da área descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.5 ASSINATURAS	
Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.
1.6 ANEXO	
Apresentar as anotações de responsabilidade técnica – ART do projeto, do acompanhamento das obras e do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.

8. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:



Elias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

- Responsável técnico pela barragem:

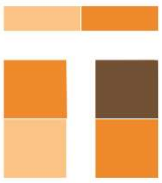


Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

9. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



TERRACOTA
GEOTECNIA

Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232407570

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA BR-381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**
Celebrado em: **09/01/2023**
Valor: **R$ 260.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520
Nº: **00**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **IGARAPÉ**
UF: **MG**
CEP: **32900000**
Data de Início: **01/06/2023**
Previsão de término: **30/11/2023**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **OUTROS**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1-AUXILIAR - MINA TICO-TICO.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.09.27 19:08:39 -03'00'

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

BELO HORIZONTE, 27 de SETEMBRO de 2023
Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 254,59** Registrada em: **27/09/2023** Valor pago: **R$ 203,68** Nosso Número: **8602499666**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: 9Yzxd
Impresso em: 27/09/2023 às 19:04:56 por: , ip: 170.82.175.12

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243023009

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à MG20221553989

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1403750408**

Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **CMS000481**

Celebrado em: **17/07/2023**

Valor: **R$ 16.420,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520

Nº: **00**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **IGARAPÉ**

UF: **MG**

CEP: **32900000**

Data de Início: **02/05/2024**

Previsão de término: **31/05/2024**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS TÉCNICOS DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.961) E DA BARRAGEM B1-AUXILIAR - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.962), REFERENTE AO TRIMESTRE FEVEREIRO DE 2024 A ABRIL DE 2024, EM ATENDIMENTO AO TERMO DE COMPROMISSO - TC (MPF, MPMG, SEMAD/FEAM, ANM).

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243023009

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à
MG20221553989

Assinado de forma digital por
ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2024.05.27 11:28:40 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

BELO HORIZONTE, 27 de MAIO de 2024

Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 99,64** Registrada em: **27/05/2024** Valor pago: **R$ 99,64** Nosso Número: **8604836901**

BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12822-R-BA-RL-15-GE_r0

MAIO

2024

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12822-R-BA-RL-15-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.962

BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00				
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X					26	X					51	X					76	X				
2	X					27	X					52	X					77	X				
3	X					28	X					53	X					78	X				
4	X					29	X					54	X					79	X				
5	X					30	X					55	X					80	X				
6	X					31	X					56	X					81	X				
7	X					32	X					57	X					82	X				
8	X					33	X					58	X					83	X				
9	X					34	X					59	X					84	X				
10	X					35	X					60	X					85	X				
11	X					36	X					61	X					86	X				
12	X					37	X					62	X					87	X				
13	X					38	X					63	X					88	X				
14	X					39	X					64	X					89	X				
15	X					40	X					65	X					90	X				
16	X					41	X					66	X					91	X				
17	X					42	X					67	X					92	X				
18	X					43	X					68	X					93	X				
19	X					44	X					69	X					94	X				
20	X					45	X					70	X					95	X				
21	X					46	X					71	X					96	X				
22	X					47	X					72	X					97	X				
23	X					48	X					73	X					98	X				
24	X					49	X					74	X					99	X				
25	X					50	X					75	X					100	X				

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	27/05/2024						
EXECUTADO	GFL / EJC						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12822-R-BA-RL-15-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.962

BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc						Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
101	X					126	X					151						176					
102	X					127	X					152						177					
103	X					128	X					153						178					
104	X					129						154						179					
105	X					130						155						180					
106	X					131						156						181					
107	X					132						157						182					
108	X					133						158						183					
109	X					134						159						184					
110	X					135						160						185					
111	X					136						161						186					
112	X					137						162						187					
113	X					138						163						188					
114	X					139						164						189					
115	X					140						165						190					
116	X					141						166						191					
117	X					142						167						192					
118	X					143						168						193					
119	X					144						169						194					
120	X					145						170						195					
121	X					146						171						196					
122	X					147						172						197					
123	X					148						173						198					
124	X					149						174						199					
125	X					150						175						200					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	27/05/2024						
EXECUTADO	GFL / EJC						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

SUMÁRIO

1. Introdução 5
2. Documentos de referência 6
3. Códigos e Normas 7
4. Ficha Técnica do Empreendimento 8
4.1 Identificação do Empreendedor 8
4.2 Identificação do Empreendimento 8
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 8
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 8
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 8
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.8 Localização da Barragem 9
4.9 Função atual 10
4.10 Características Gerais 10
4.11 Classificação da Barragem 14
5. Projeto de Descaracterização 19
5.1 Descrição do Projeto 20
5.2 Alterações de Projeto 24
5.3 Atividades Preparatórias 24
5.3.1 Impermeabilização do Reservatório 24
5.4 Cronograma 25
5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos 28
5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado 28
5.6.1 Inspeções de Campo 28
5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções 28
5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem 30
5.6.3.1 Leituras Instrumentação 46
5.6.4 Análise de Estabilidade 82
5.6.4.1 Premissas adotadas nas Simulações 82
5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem 85
5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática 90
5.6.4.4 Parâmetros de Resistência 92
5.6.4.5 Resultados 94
5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 119
5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 120

5.9 Rotina de Monitoramento 121
6. Obras de Descaracterização 122
7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 122
8. Assinaturas 127
9. Anexos 128

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico**, referente ao trimestre de Fevereiro/2024 a Abril/2024, elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico, o qual foi emitido em setembro de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

Apesar de o projeto executivo ter sido emitido em setembro de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico não foram iniciadas até o momento.

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.819_r1 - Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragens – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – FEAM – 1º Semestre de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Março/2024.
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.765_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Janeiro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.554_r2 – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023.
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.761_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.762_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.763_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.760 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.784 – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023.

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784/2019 - Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2017 – dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração, visando atender às condições de segurança, operacionalidade, economicidade e desativação, minimizando os impactos ao meio ambiente.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

4.8 Localização da Barragem

A Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Igarapé-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 574.430m E e 7.776.830m N. A estrutura situa-se a jusante da Barragem B2 – Mina Tico-Tico (B2TT) e a montante da estrutura descaracterizada, denominada Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico (B1 Tico-Tico).

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

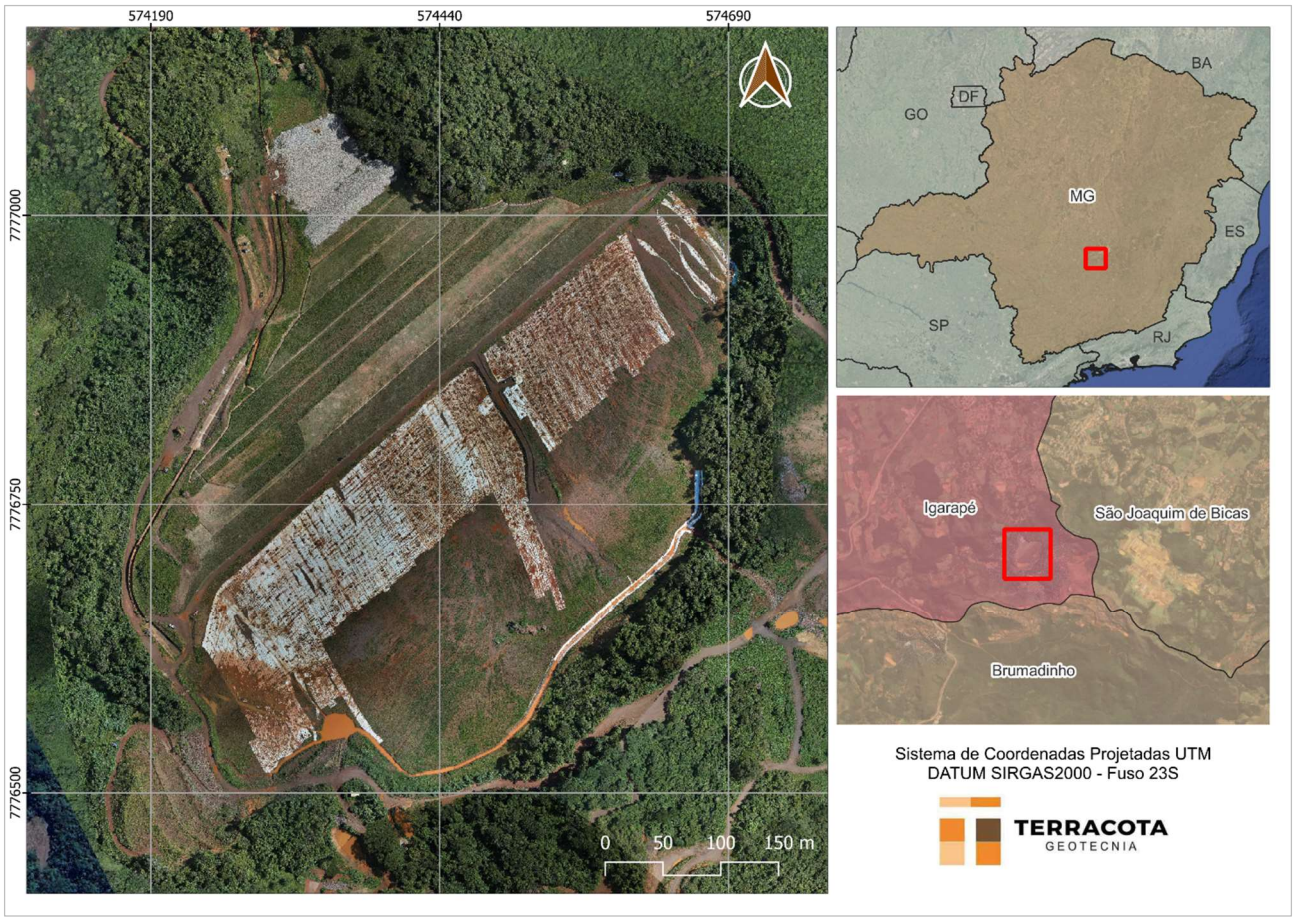


Figura 4.1 – Localização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

4.9 Função atual

As funções da barragem englobavam: a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte.

O lançamento de rejeitos na barragem foi paralisado em janeiro de 2019. A tubulação de rejeito e os espigotes foram removidos e a estrutura encontra-se descomissionada e desativada conforme consta na Resolução ANM n°95/2022, Art. 2º VIII.a e IX e no Art. 3º do Decreto Estadual 48.140/2021, a operação de disposição de rejeitos não será retomada.

4.10 Características Gerais

A Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico foi construída em 7 (sete) etapas, sendo o maciço inicial na El. 963,0 m, um alteamento a jusante na El. 983,0 m e cinco alteamentos a montante até a elevação final 1.011,00 m.

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.1, atualizadas a partir dos levantamentos topográficos IPE.OP.DF.8000.GT.20.008.A_R1.dwg e

IPE.OP.DF.8000.GT.20.024.B.dwg, sendo que a Figura 4.2 apresenta a imagem de satélite da estrutura e a Figura 4.3 apresenta a seção C-C' de maior altura da barragem.

Tabela 4.1 – Principais características da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.819_r1)

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico
Código FEAM	402
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'12.700" Longitude: -44°17'17.500"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	574.430m E / 7.776.830m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	2007
Ano de Início de Operação	2007
Ano de Término de Operação	2019
Ano de Término de Descaracterização	Sem previsão
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (projeto)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total = Reservatório + maciços (m³)	4.258.447 (*)
Capacidade total do reservatório (m³)	3.116.656 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	2.659.653 (*)
Área do reservatório (m²)	139.000
Elevação do coroamento (m)	1.011,0
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	930,0
Altura atual da barragem (m)	81,0
Extensão do coroamento (m)	570,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, mínimo de 3,0
Alteamentos realizados e métodos empregados;	Alteamentos a jusante e a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6º)
Inclinação talude de montante	2,0(H):1(V) (32º)
Elevação do NA normal do reservatório (m)	1.007,00
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.010,00
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.010,30
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	1,00
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,70
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	5,10
Descarga do vertedouro (PMP) (m³/s)	9,72
Capacidade de descarga do vertedouro (m³/s)	22,00
Área da bacia de contribuição (km²)	1,023

(*) Volumes obtidos da análise e interpretação dos levantamentos topográficos de "As Built" das diversas etapas construtivas e do levantamento de ocupação atual do reservatório (IPE.OP.DF.8000.GT.20.008.A_R1.dwg).



Figura 4.2 – Imagem da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. (Fonte: Ortofoto MMI – Março/2024).

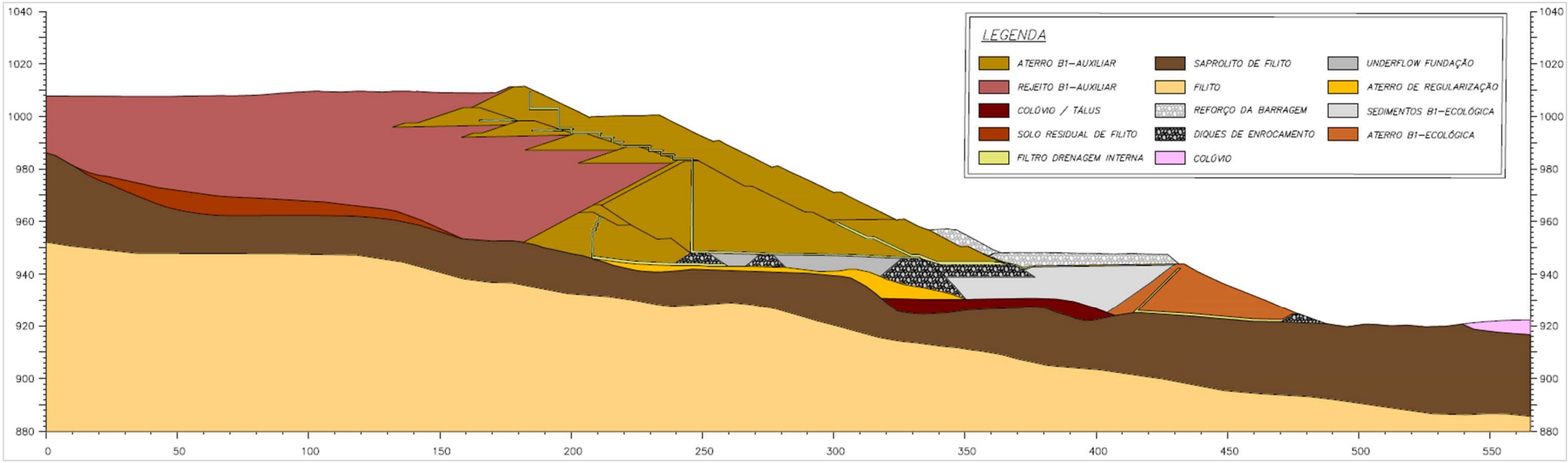


Figura 4.3 – Seção de maior altura C-C’ da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico** foi classificada, conforme RTESB referente ao 1º semestre/2024 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.819), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.2 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**19**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.3 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	5
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**23**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.4 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.5 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 0				

Tabela 4.8 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO **(Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
PDA = Σ (a até d) = 23			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de contrapilhamento da estrutura (aterro de reforço) até o nível do coroamento com estéril rochoso (enrocamento de itabirito compacto), o preenchimento e a regularização do reservatório com rejeito filtrado e a selagem da superfície final com solo argiloso;
- Os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,3) e não drenado liquefeito (FS≥1,1) já são atendidos em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização. Considerando a superfície freática atual, o fator de segurança exigido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,5), a ser obtido ao final das obras de descaracterização, também já são atendidos em todas as seções;
- O projeto de descaracterização será concebido para ser executado em três etapas macro: sendo a primeira com a construção do canal extravasor/condutor pela ombreira esquerda; a segunda etapa compreende a regularização do reservatório com rejeito filtrado, a selagem da superfície final com solo argiloso, construção do canal de coleta sobre o reservatório e o tamponamento do sistema extravasor operacional; e a terceira etapa se resume na construção do aterro de reforço com enrocamento até o nível do coroamento;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos, com duração mínima de 6 meses (abril a setembro), podendo se estender em função das condições climáticas desde que haja tempo hábil para atender as premissas de conclusão de cada etapa;
- O projeto considera que as escavações para tratamento de fundações e a execução dos aterros será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas, tratores de esteira, motoniveladoras e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O volume total geométrico de aterro previsto para execução do reforço da estrutura, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.229.140 m³;
- O projeto de descaracterização abrange exclusivamente a área da barragem, ombreiras e o reservatório;
- A superfície final do reservatório deverá receber camada impermeabilizante (selo) de solo argiloso, preferencialmente laterítico, compactado em camadas de no máximo 25 cm de material solto até obter espessura final mínima de 50 cm, grau de compactação de 98% do PN e ter as declividades indicadas no projeto de forma a direcionar os fluxos incidentes nesta superfície para o canal de condutor;

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico se constitui basicamente no contrapilhamento da estrutura (aterro de reforço) até o nível do coroamento com estéril rochoso (enrocamento de itabirito compacto), o preenchimento e a regularização do reservatório com rejeito filtrado e com selagem da superfície final com solo argiloso, além da construção do canal de desvio (canal de contorno) da drenagem superficial que não permitirá a formação de lago na estrutura e, por fim, o tamponamento do extravasor operacional.

Durante as etapas de regularização do reservatório, os fluxos incidentes e de contribuições de nascentes continuarão a ser direcionados para o sistema extravasor operacional utilizando os canais de contorno existentes. Também deverá ser mantido em condições de uso o sistema de bombeamento existente junto à margem esquerda, com capacidade para direcionar as águas para o interior do sistema extravasor operacional.

As escavações para construção do canal sobre o reservatório serão realizadas em camadas com aproximadamente 2,0 m de espessura que se estendem por toda a largura da área a ser descaracterizada. A escavação será feita a partir das proximidades do emboque do sistema extravasor de emergência (ombreira esquerda) avançando em direção ao fundo do reservatório. Transversalmente ao reservatório, a superfície será regularizada com 0,5% de declividade a partir do coroamento e das margens em direção ao canal.

Caso se verifique, em qualquer camada, que o rejeito se encontra com elevada saturação comprometendo o andamento dos serviços (escavação e tráfego de caminhões), deverá ser executada inicialmente uma vala longitudinal principal de forma a desaguar o rejeito. Esta vala deverá ter declividade mínima (0,5%) que direcione o fluxo em direção a um *sump* operacional onde deverá ser instalado sistema de bombeamento.

Os taludes das escavações no rejeito para a construção do canal deverão ter inclinação correspondente a 3H:1V.

Em termos gerais, o projeto de descaracterização será realizado em quatro etapas macro compreendendo:

- **Etapa 1** – Construção da estrutura em concreto armado do canal extravasor ao longo da ombreira esquerda da barragem;

- **Etapa 2** – Conformação e drenagem da área do reservatório. Envolve a regularização da superfície com aterro de rejeito filtrado, a escavação para construção do canal principal e canais secundários e interligação com o trecho em concreto, execução de selo com solo argiloso, revestimento dos canais sobre o reservatório com gabiões colchão;
- **Etapa 3** – Tamponamento do sistema extravasor operacional;
- **Etapa 4** – Execução do aterro de reforço. Abrange também a realização de supressão vegetal, tratamento das fundações e construção de dispositivo de drenagem interna. A construção do aterro de reforço está prevista para ser executada em um período de 3 (três) anos – 2025 a 2027.

As etapas macro 1, 2 e 4 do projeto de descaracterização descritas acima são representadas respectivamente na Figura 5.1, Figura 5.2 e Figura 5.3.

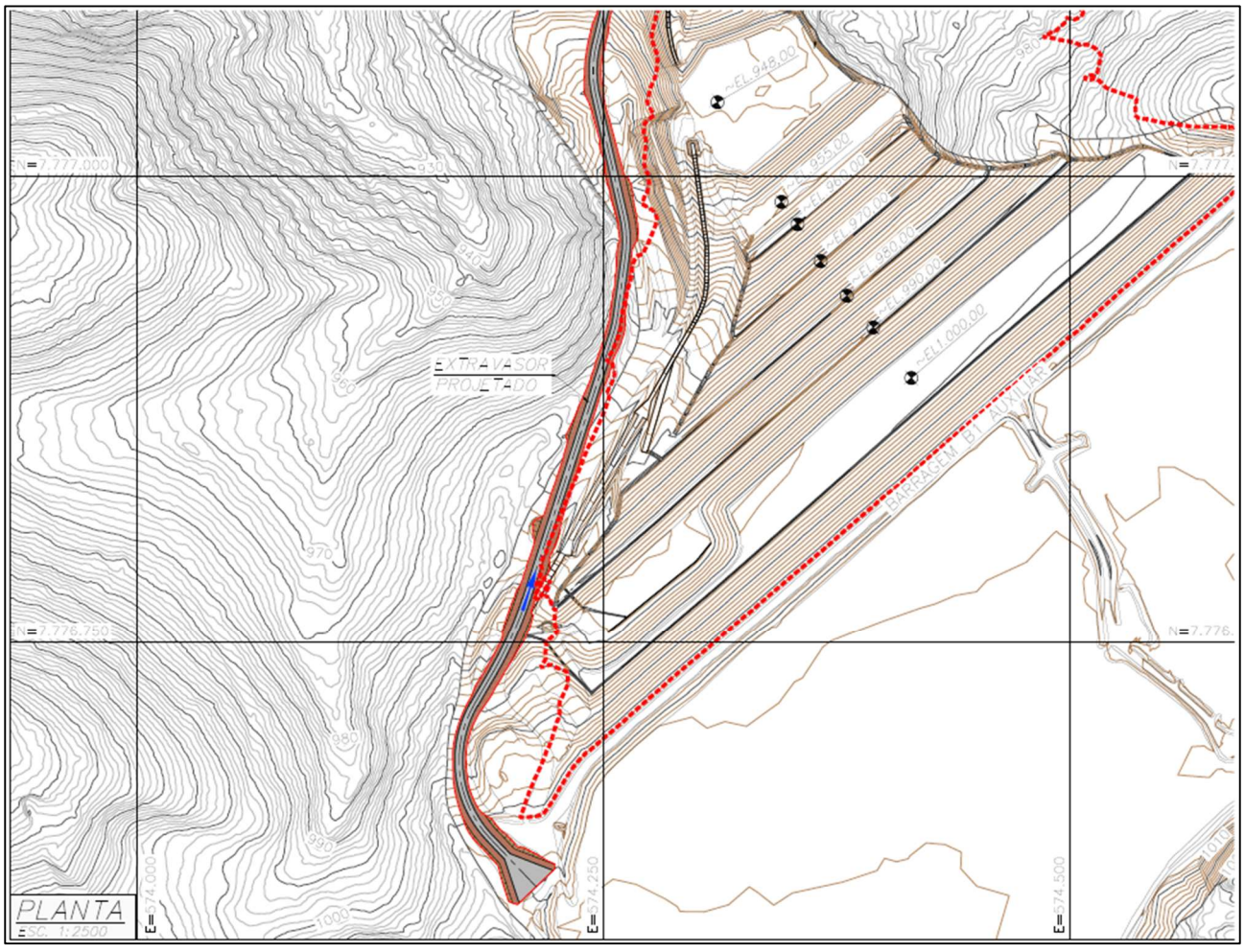


Figura 5.1 – Etapa 1 – Construção do canal na ombreira esquerda.

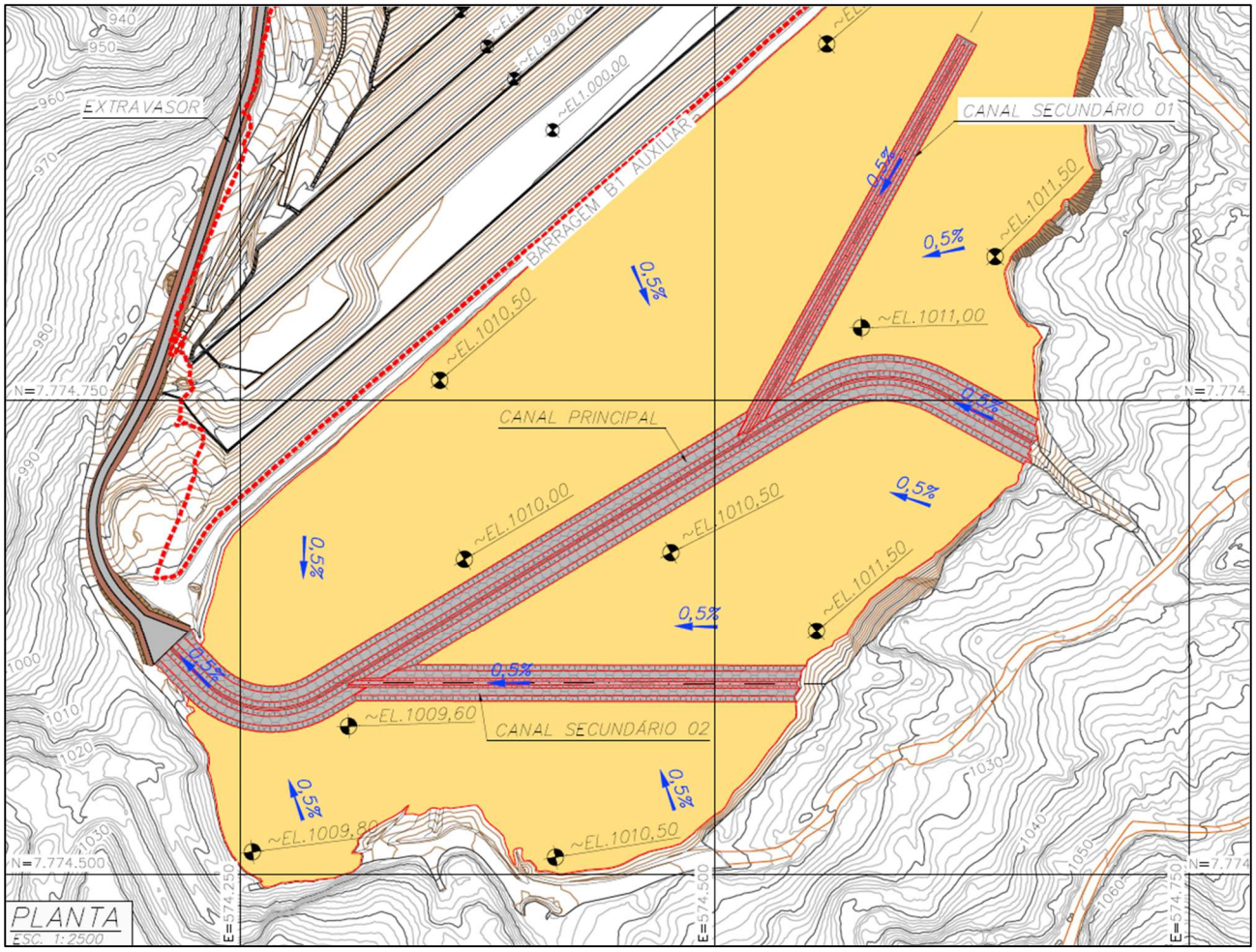


Figura 5.2 – Etapa 2 – Conformação e drenagem da área do reservatório.

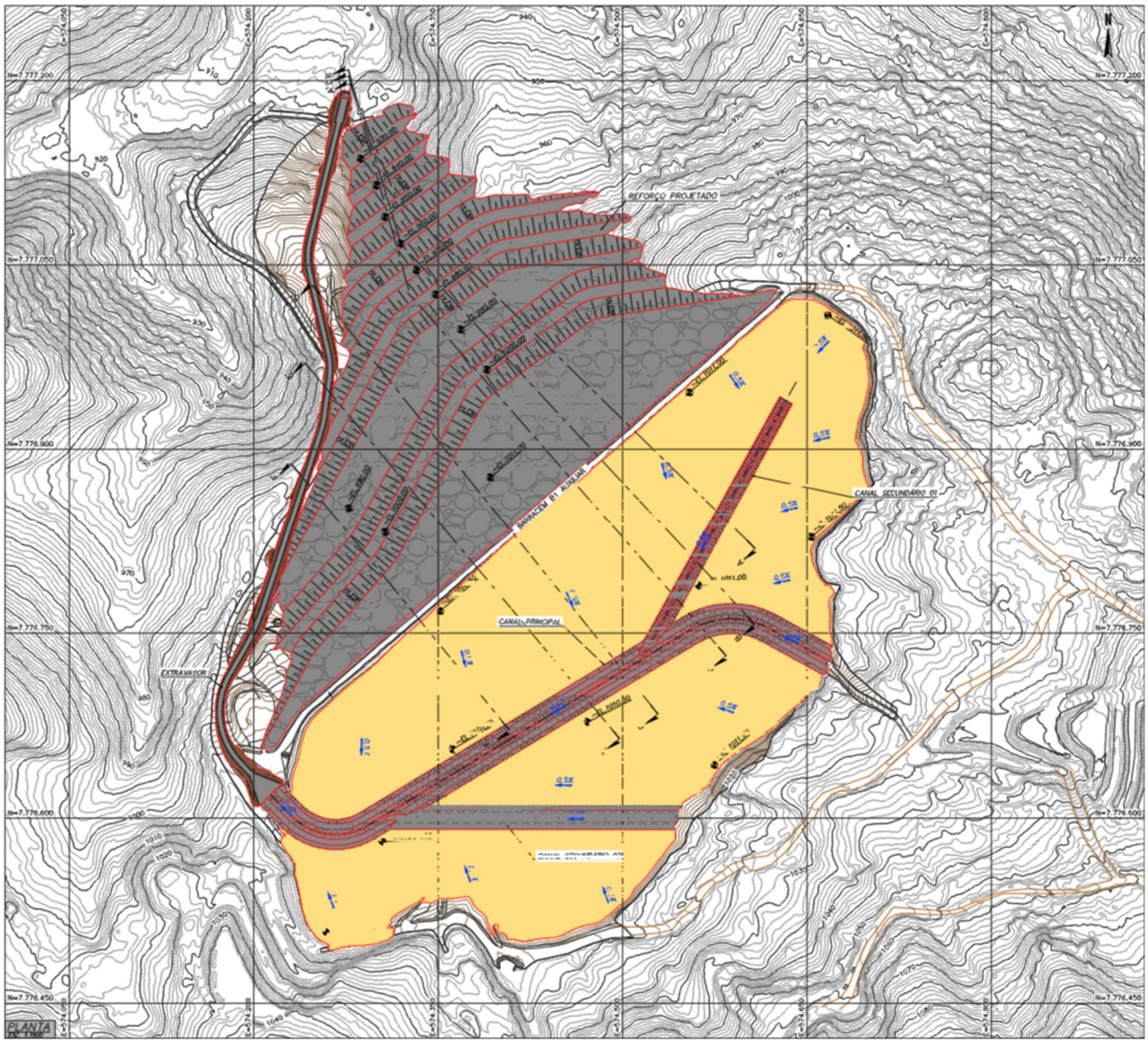


Figura 5.3 – Etapa 4 (Condição Final) – Execução do aterro de reforço.

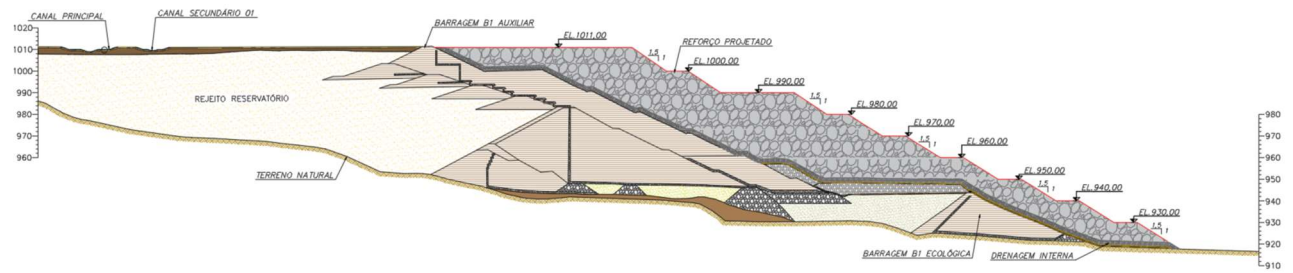


Figura 5.4 – Seção transversal C-C’ após a conclusão das obras de descaracterização.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização, porém os documentos se encontram em processo de revisão.

5.3 Atividades Preparatórias

A seguir são apresentadas as atividades preparatórias para início da obra de descaracterização executadas durante o período avaliado.

5.3.1 Impermeabilização do Reservatório

A MMI está realizando a impermeabilização do reservatório da estrutura. Tal medida foi adotada para reduzir a taxa de infiltração da água pluvial e saturação do rejeito, minimizando a recarga da superfície freática ao longo do período chuvoso.

Para a impermeabilização está sendo utilizada lona dupla termoplástica HALS R-105 FORTE PB da fabricante NORTENE, fornecida em bobinas com as seguintes características:

- Cor: Branco/preto
- Gramatura: 140 g/m²
- Comprimento: 100 m
- Largura: 8 m

No período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024), foi retomada a implantação na lona no reservatório (Foto 5.1 e Foto 5.2) e realizada a impermeabilização de parte do canal de cintura (Foto 5.3 e Foto 5.4).



Foto 5.1 – Reservatório parcialmente impermeabilizado.



Foto 5.2 – Reservatório parcialmente impermeabilizado.



Foto 5.3 – Impermeabilização do canal de cintura.



Foto 5.4 – Impermeabilização do canal de cintura.

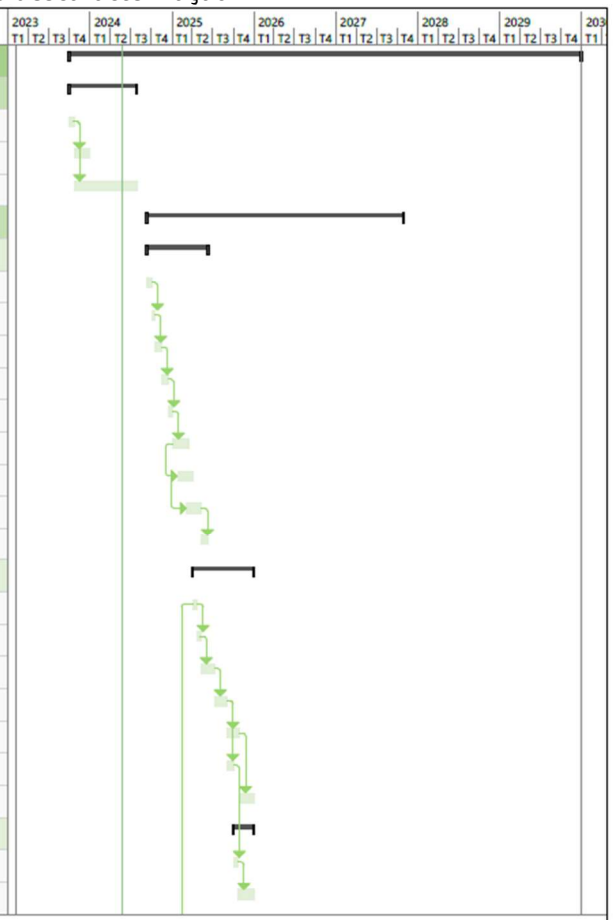
5.4 Cronograma

Na Figura 5.5 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico considerando desde os serviços preliminares, as obras de descaracterização propriamente dito e o período pós-obras de monitoramento ativo.

Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.

Figura 5.5 – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.

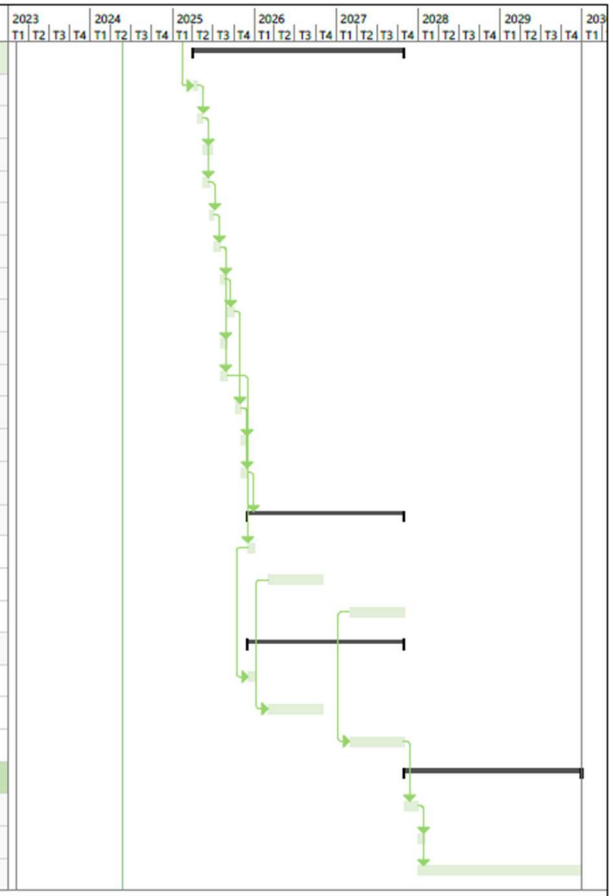
Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1	**DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B1 AUXILIAR - MINA TICO-TICO**	**1631 dias**	**Seg 02/10/23**	**Seg 31/12/29**
2	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**215 dias**	**Seg 02/10/23**	**Sex 26/07/24**
3	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 02/10/23	Sex 20/10/23
4	ADEQUAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR DE EMERGÊNCIA (PMP)	50 dias	Seg 23/10/23	Sex 29/12/23
5	IMPERMABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓRIO	200 dias	Seg 23/10/23	Sex 26/07/24
6	**DESCARACTERIZAÇÃO**	**817 dias**	**Qui 12/09/24**	**Sex 29/10/27**
7	**ETAPA 1 - CONSTRUÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR**	**195 dias**	**Qui 12/09/24**	**Qua 11/06/25**
8	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Qui 12/09/24	Qua 02/10/24
9	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	10 dias	Qui 03/10/24	Qua 16/10/24
10	SUPRESSÃO VEGETAL	21 dias	Qui 17/10/24	Qui 14/11/24
11	ESCAVAÇÕES	21 dias	Sex 15/11/24	Sex 13/12/24
12	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES	15 dias	Seg 16/12/24	Sex 03/01/25
13	POSICIONAMENTO DE FORMAS E ARMADURAS	50 dias	Seg 06/01/25	Sex 14/03/25
14	CONCRETAGEM	50 dias	Sex 24/01/25	Qui 03/04/25
15	REMOÇÃO DE FORMAS	50 dias	Qua 05/03/25	Ter 13/05/25
16	REATERRO COMPACTADO PARA RECOMPOSIÇÃO DAS ESCAVAÇÕES EXTRAS	21 dias	Qua 14/05/25	Qua 11/06/25
17	**ETAPA 2 - CONFORMAÇÃO E DRENAGEM DO RESERVATÓRIO**	**195 dias**	**Qui 03/04/25**	**Qua 31/12/25**
18	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Qui 03/04/25	Qua 23/04/25
19	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	10 dias	Qui 24/04/25	Qua 07/05/25
20	REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE COM ATERRO DE REJEITO FILTRADO	45 dias	Qui 08/05/25	Qua 09/07/25
21	ESCAVAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO DO CANAL PRINCIPAL E CANAIS SECUNDÁRIOS	40 dias	Qui 10/07/25	Qua 03/09/25
22	IMPLANTAÇÃO DE CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓ	40 dias	Qui 04/09/25	Qua 29/10/25
23	IMPLANTAÇÃO DE MANTA CIMENTÍCIA NA BASE DOS CANAIS	20 dias	Qui 04/09/25	Qua 01/10/25
24	REVESTIMENTO DOS CANAIS COM GABIÕES COLCHÃO	45 dias	Qui 30/10/25	Qua 31/12/25
25	**ETAPA 3 - TAMPONAMENTO DO SISTEMA EXTRAVASOR OPERACIONAL**	**65 dias**	**Qui 02/10/25**	**Qua 31/12/25**
26	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Qui 02/10/25	Qua 22/10/25
27	TAMPONAMENTO DO CANAL EXTRAVASOR OPERACIONAL	50 dias	Qui 23/10/25	Qua 31/12/25



Projeto: Descaracterização
Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico

Tarefa	Tarefa Inativa	Acúmulo de Resumo Manual	Marco externo
Divisão	Marco Inativo	Resumo Manual	Data limite
Marco	Resumo Inativo	Somente início	Andamento
Resumo	Tarefa Manual	Somente término	Progresso manual
Resumo do projeto	Somente duração	Tarefas externas	

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
28	**ETAPA 4 - EXECUÇÃO DO ATERRO DE REFORÇO**	**672 dias**	**Qui 03/04/25**	**Sex 29/10/27**
29	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Qui 03/04/25	Qua 23/04/25
30	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	15 dias	Qui 24/04/25	Qua 14/05/25
31	REABERTURA DE ACESSOS OPERACIONAIS NA OMBREIRA DIREITA	30 dias	Qui 15/05/25	Qua 25/06/25
32	REALIZAÇÃO DE SUPRESSÃO VEGETAL	21 dias	Qui 15/05/25	Qui 12/06/25
33	REMOÇÃO DE CAMADA DE SOLO VEGETAL	15 dias	Sex 13/06/25	Qui 03/07/25
34	ESCAVAÇÕES PARA TRATAMENTO DAS FUNDAÇÕES	21 dias	Sex 04/07/25	Sex 01/08/25
35	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES	15 dias	Seg 04/08/25	Sex 22/08/25
36	CONSTRUÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM INTERNA	30 dias	Seg 25/08/25	Sex 03/10/25
37	PREENCHIMENTO DO SISTEMA EXTRAVASOR ATUAL COM ENROCAMENTO LIMPO	21 dias	Seg 04/08/25	Seg 01/09/25
38	DEMOLIÇÃO DO TRECHO DO SISTEMA EXTRAVSOR ATUAL COMPOSTO POR ADUELAS	21 dias	Seg 04/08/25	Seg 01/09/25
39	EXECUÇÃO DE CAMADA DE TRANSIÇÃO SOBRE O REFORÇO EXISTENTE	21 dias	Seg 06/10/25	Seg 03/11/25
40	EXECUÇÃO DE ACESSOS CONSTRUTIVOS SOBRE A ESTRUTURA DA BARRAGEM	21 dias	Ter 04/11/25	Ter 02/12/25
41	EXECUÇÃO DE PROTEÇÃO DAS SUPERFÍCIES EXPOSTAS COM ESTÉRIL ROCHOSO D50 = 150MM	21 dias	Ter 04/11/25	Ter 02/12/25
42	**EXECUÇÃO DO ATERRO DE REFORÇO COM BLOCOS DE ITABIRITO COMPACTO**	**498 dias**	**Qua 03/12/25**	**Sex 29/10/27**
43	ANO 1	21 dias	Qua 03/12/25	Qua 31/12/25
44	ANO 2	175 dias	Seg 02/03/26	Sex 30/10/26
45	ANO 3	175 dias	Seg 01/03/27	Sex 29/10/27
46	**PROLONGAMENTO DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE**	**498 dias**	**Qua 03/12/25**	**Sex 29/10/27**
47	ANO 1	21 dias	Qua 03/12/25	Qua 31/12/25
48	ANO 2	175 dias	Seg 02/03/26	Sex 30/10/26
49	ANO 3	175 dias	Seg 01/03/27	Sex 29/10/27
50	**PÓS-OBRA**	**566 dias**	**Seg 01/11/27**	**Seg 31/12/29**
51	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	44 dias	Seg 01/11/27	Qui 30/12/27
52	DESMOBILIZAÇÃO	23 dias	Sex 31/12/27	Ter 01/02/28
53	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	522 dias	Sex 31/12/27	Seg 31/12/29



Projeto: Descaracterização
Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico

Tarefa		Tarefa Inativa		Acúmulo de Resumo Manual		Marco externo	
Divisão		Marco Inativo		Resumo Manual		Data limite	
Marco		Resumo Inativo		Somente início		Andamento	
Resumo		Tarefa Manual		Somente término		Progresso manual	
Resumo do projeto		Somente duração		Tarefas externas			

5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Conforme consolidação de dados (IPE.OP.RL.8000.GT.20.761), na estrutura da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico há materiais que possuem potencial de liquefação, os quais são: rejeitos do reservatório, underflow da fundação e sedimentos no reservatório da B1 Ecológica – Mina Tico-Tico. Porém, os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,3) e não drenado liquefeito (FS≥1,1) já são atendidos em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização. Considerando a superfície freática atual, o fator de segurança exigido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,5), a ser obtido ao final das obras de descaracterização, também já são atendidos em todas as seções.

5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, aguardando avaliação da documentação do projeto pela FEAM e empresas parceiras. Atualmente o fator de segurança não-drenado liquefeito é superior ao valor mínimo recomendado pela TR FEAM de descaracterização (1,1), em todas as seções avaliadas. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura em relação às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

5.6.1 Inspeções de Campo

Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de avaliação quinzenal de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, indicação das anomalias verificadas e análises de estabilidade da estrutura.

5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (fevereiro/2024 a abril/2024).

Tabela 5.1 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – 1ª quinzena de fev./2024 a 2ª quinzena de abr./2024.

ID	ANOMALIA	Fevereiro/2024		Março/2024		Abril/2024	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS/CUPINZEIROS NO TALUDE DE JUSANTE						
03	PONTOS DE ACÚMULO DE ÁGUA NAS CANALETAS DAS BERMAS			-			-
04	PONTOS COM VEGETAÇÃO ARBUSTIVA NOS TALUDES			-			
05	PRESENÇA DE GALHOS E ENTULHO NO EMBOQUE DO SISTEMA EXTRAVASOR OPERACIONAL		-	-	-	-	-
07	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NAS CAIXAS DE PASSAGEM DA DESCIDA D'ÁGUA DA OMBREIRA DIREITA				-	-	-
15	PRESENÇA DE ANIMAIS NA ÁREA DA BARRAGEM (MACIÇO OU RESERVATÓRIO)					-	
20	PONTOS DE ACÚMULO DE ÁGUA NO COROAMENTO			-			-
21	PROCESSO EROSIVO NO ACESSO ENTRE O COROAMENTO E A BERMA ELEV. 1000			-	-	-	-
24	TRINCAS EM CAIXA DE PASSAGEM LOCALIZADA NA DESCIDA D'ÁGUA NA OMBREIRA DIREITA.	-	-	-	-		
30	VEGETAÇÃO ALTA NO TALUDE DE JUSANTE				-		
31	TRINCA EM DESCIDA D'ÁGUA DA OMBREIRA ESQUERDA				-	-	-
32	ÁREA AO REDOR DO EMBOQUE DO SISTEMA EXTRAVASOR OPERACIONAL NECESSITANDO LIMPEZA			-	-	-	-
33	JUNTAS DA GALERIA DO SISTEMA EXTRAVASOR DE EMERGÊNCIA NÃO CONCRETADAS			-	-	-	-
34	BLOCOS SOLTOS NO CANAL EXTRAVASOR					-	-
35	JUNTAS DO CANAL EXTRAVASOR COMPROMETIDAS				-	-	-
36	CANAL DE CONDUÇÃO DO FLUXO DO EXTRAVASOR DE SERVIÇO NECESSITANDO DE LIMPEZA				-	-	-
37	LATERAL DA PAREDE DO CANAL EXTRAVASOR DESPROTEGIDA					-	-
38	MATERIAL DE CONSTRUÇÃO DEPOSITADO EM TRECHO DO COROAMENTO.						-
39	VEGETAÇÃO NECESSITANDO DE PODA NO TALUDE MONTANTE.						
40	PONTO DE SATURAÇÃO LOCALIZADO NA REGIÃO DO REBAIXO DA BERMA DE EL. 1.000.						-
41	MATERIAL PROVENIENTE DA LIMPEZA DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL DEPOSITADO NO MACIÇO NA OMBREIRA DIREITA.						
42	PARTE DA CORREIA INSTALADA NO CANAL EXTRAVASOR SEM A FIXAÇÃO APROPRIADA.						

LEGENDA:

ANOMALIA VERIFICADA | ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO | ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA

ANOMALIA AGRAVADA | ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA

5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle é composta por 16 (dezesseis) indicadores de nível d'água, 21 (vinte e um) piezômetros de tubo aberto do tipo Casagrande, 21 (vinte e um) piezômetros elétricos equipados para automatização das leituras, 2 (dois) inclinômetros, 4 (quatro) sismógrafos, 8 (oito) marcos superficiais e 70 (setenta) prismas instalados em todas as bermas e coroamento para monitoramento automático de deformações a partir de uma estação robótica fixa, instalada em terreno natural da ombreira esquerda.

Além dos instrumentos convencionais, a barragem conta também com o monitoramento de um radar, utilizado para o acionamento automático das sirenes em eventual ruptura, para atender ao Art. 8º da Resolução 95/2022 da ANM.

Os níveis de controle dos indicadores de nível d'água e piezômetros instalados na barragem foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico do rejeito do reservatório localizado abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível normal**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível normal:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,3 (FS mínimo para análise não drenada de pico);
2- **Nível de alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,2 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,0 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.554, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em setembro/2023.

Da Figura 5.6 a Figura 5.10 é apresentada a locação em planta da instrumentação de controle, enquanto da Figura 5.11 a Figura 5.16 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 5.2 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

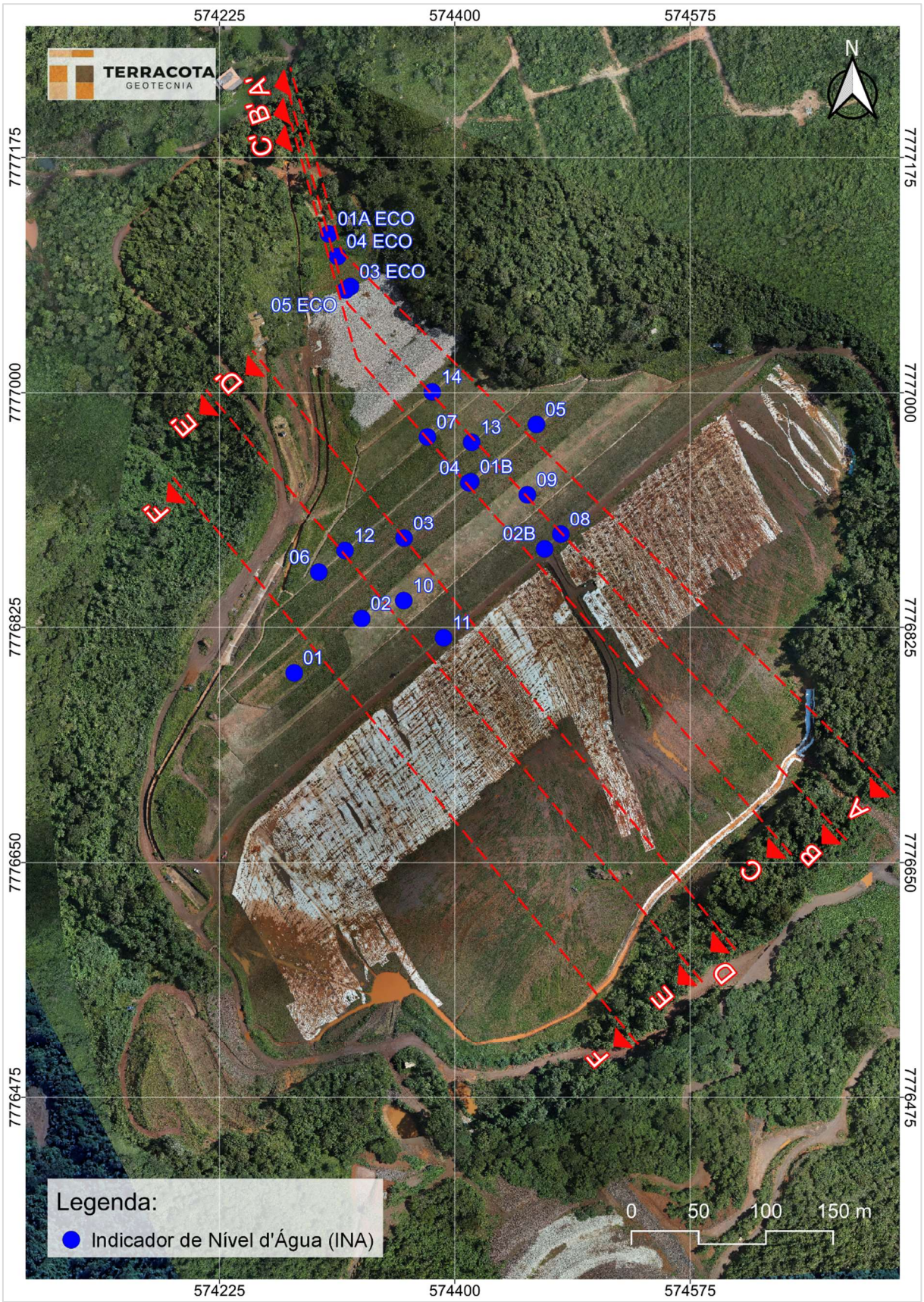


Figura 5.6 – Locação dos INAs – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

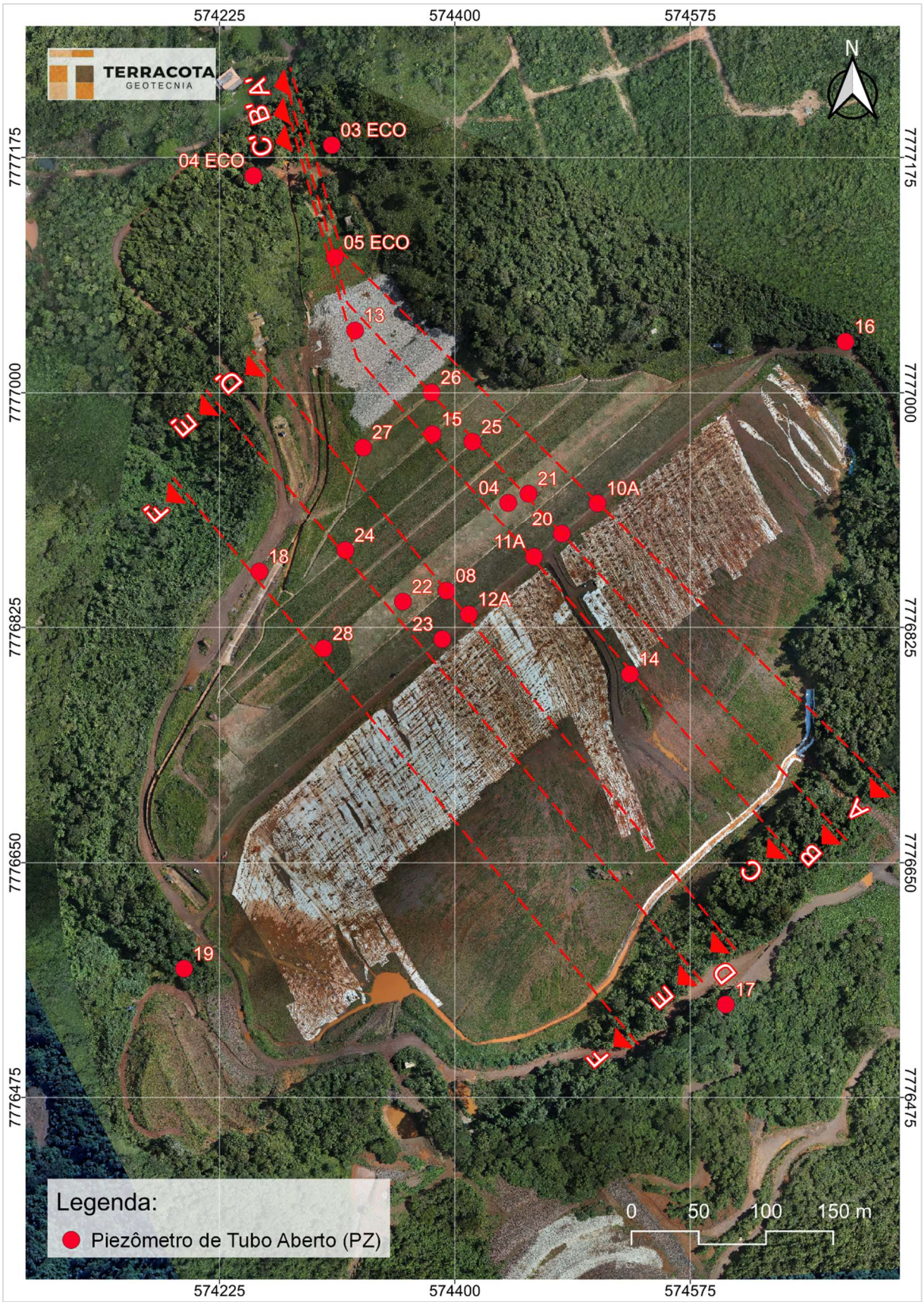


Figura 5.7 – Localização dos piezômetros de tubo aberto da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

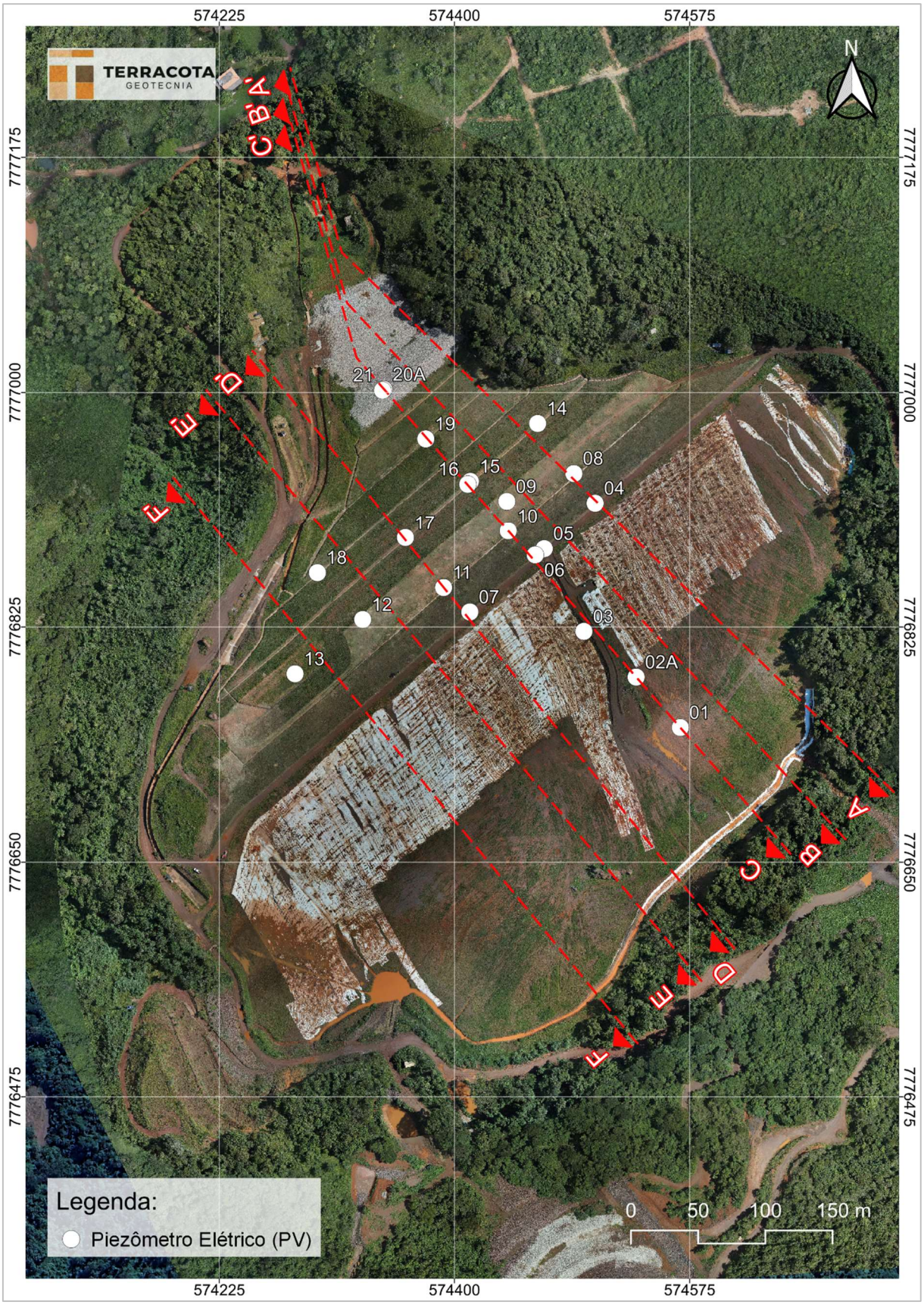


Figura 5.8 – Localização dos piezômetros elétricos (PVs) da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

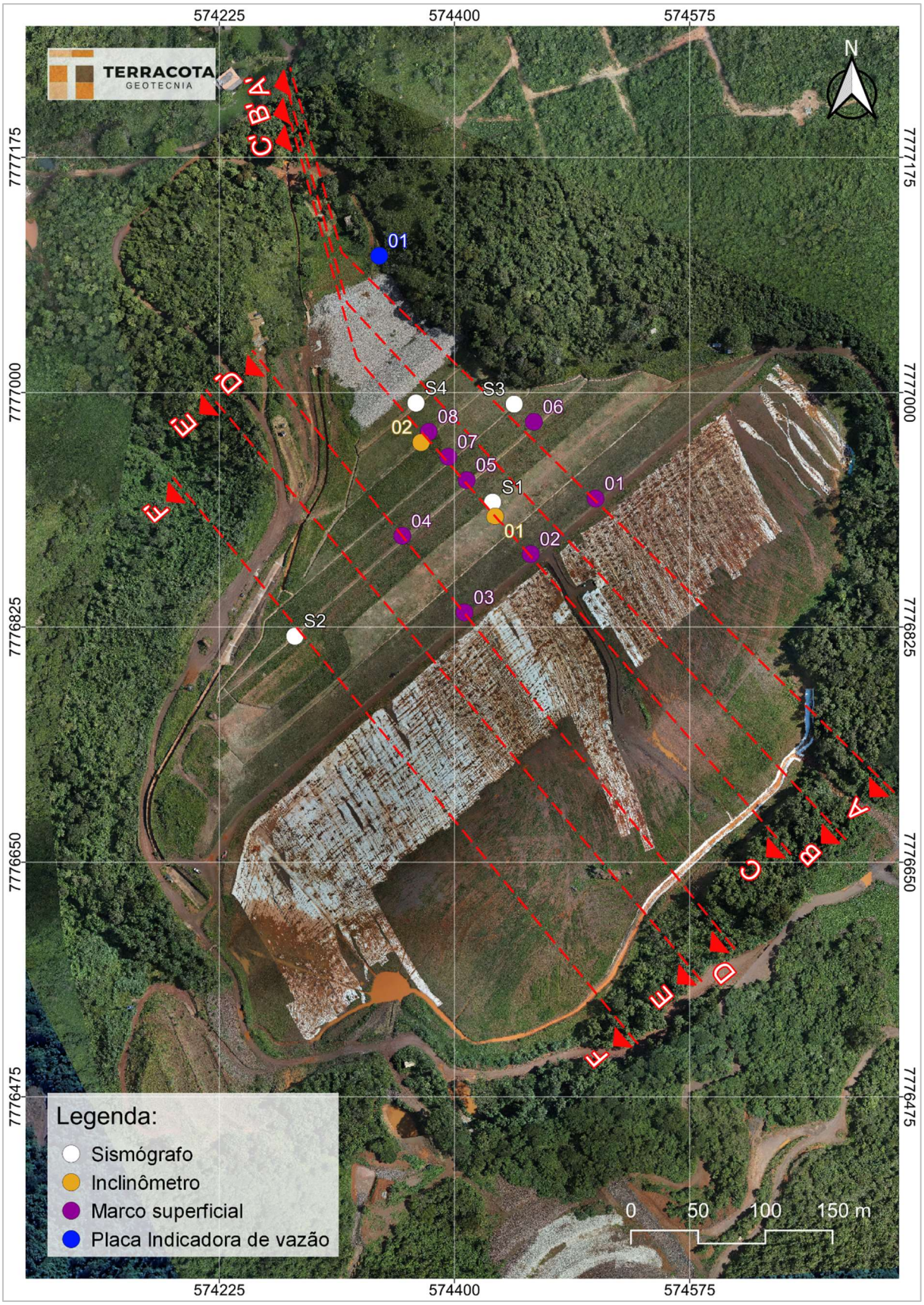


Figura 5.9 – Localização dos Marcos Superficiais, Sismógrafos, Inclinômetros e Placa Indicadora de Vazão da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

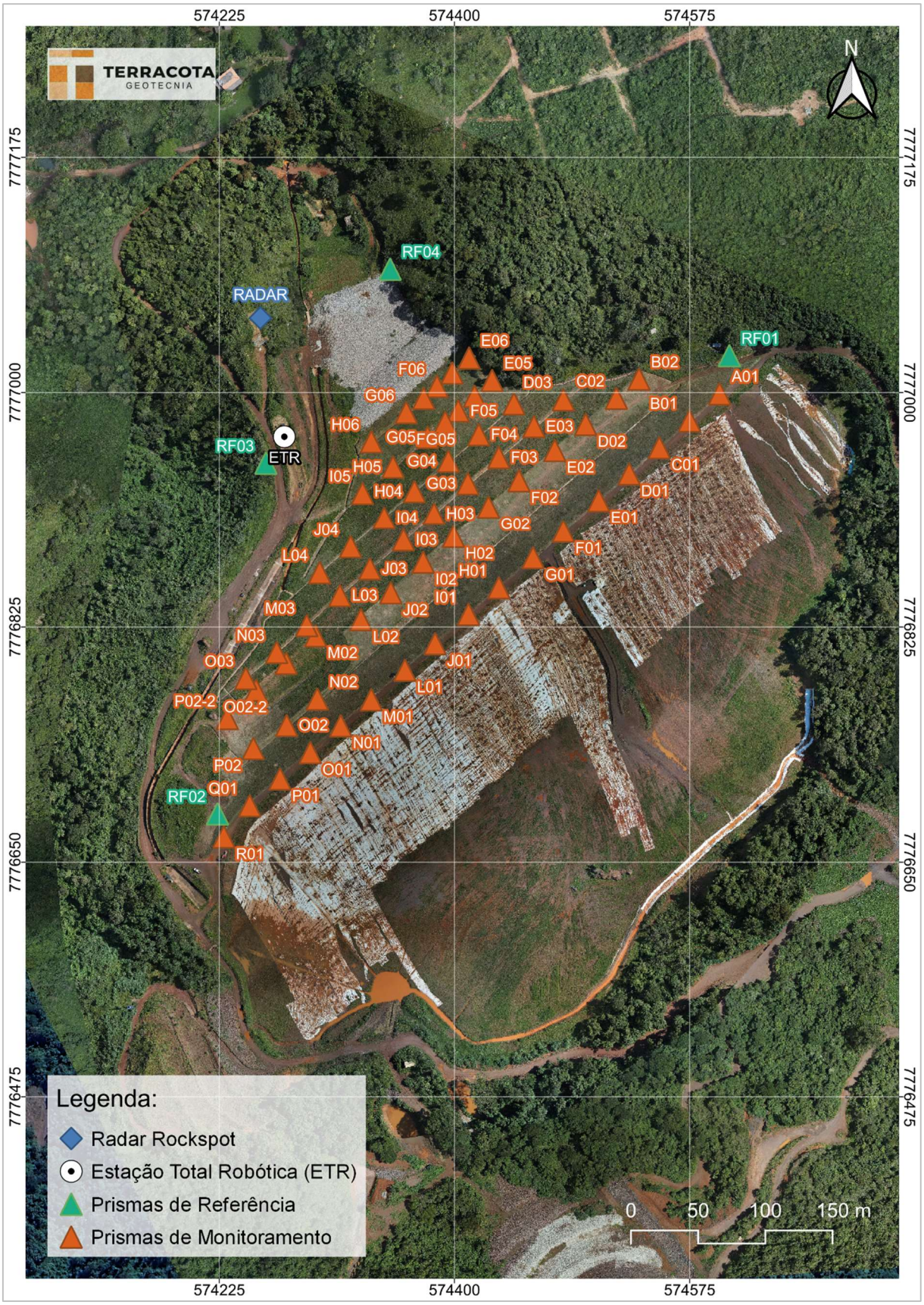


Figura 5.10 – Localização dos prismas da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

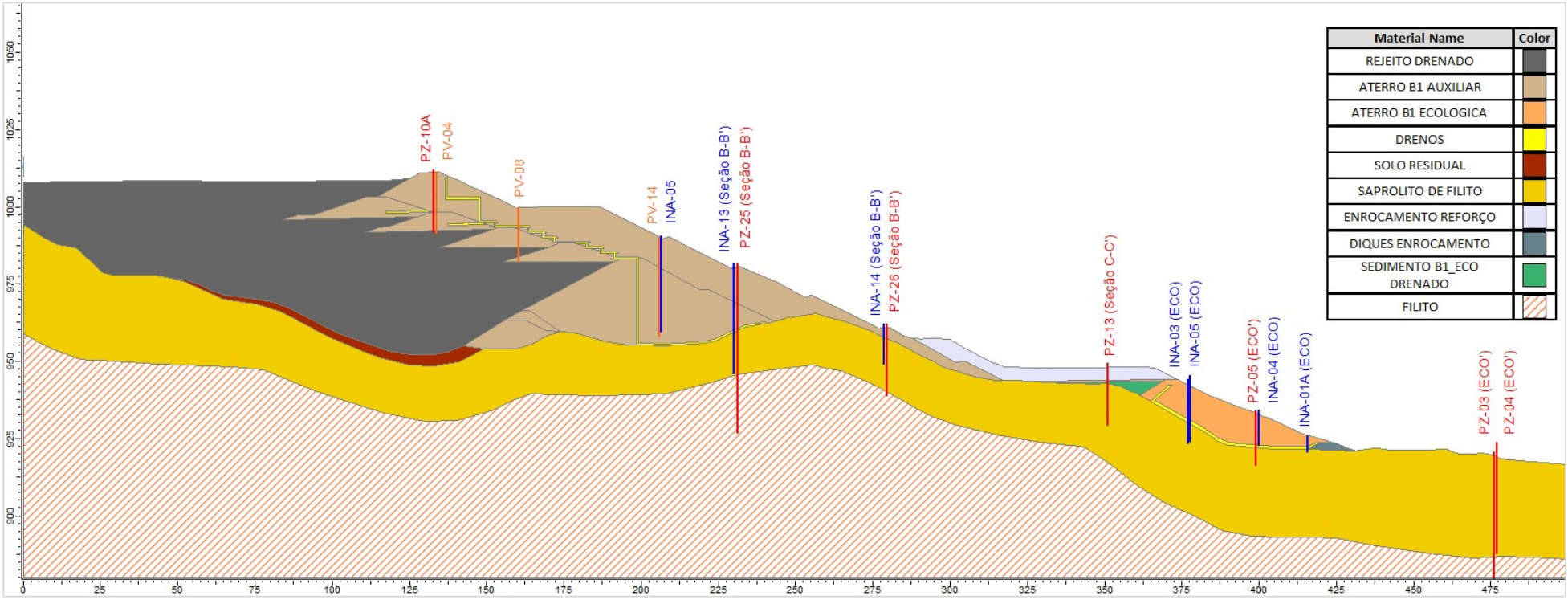


Figura 5.11 – Seção transversal de controle A-A'.

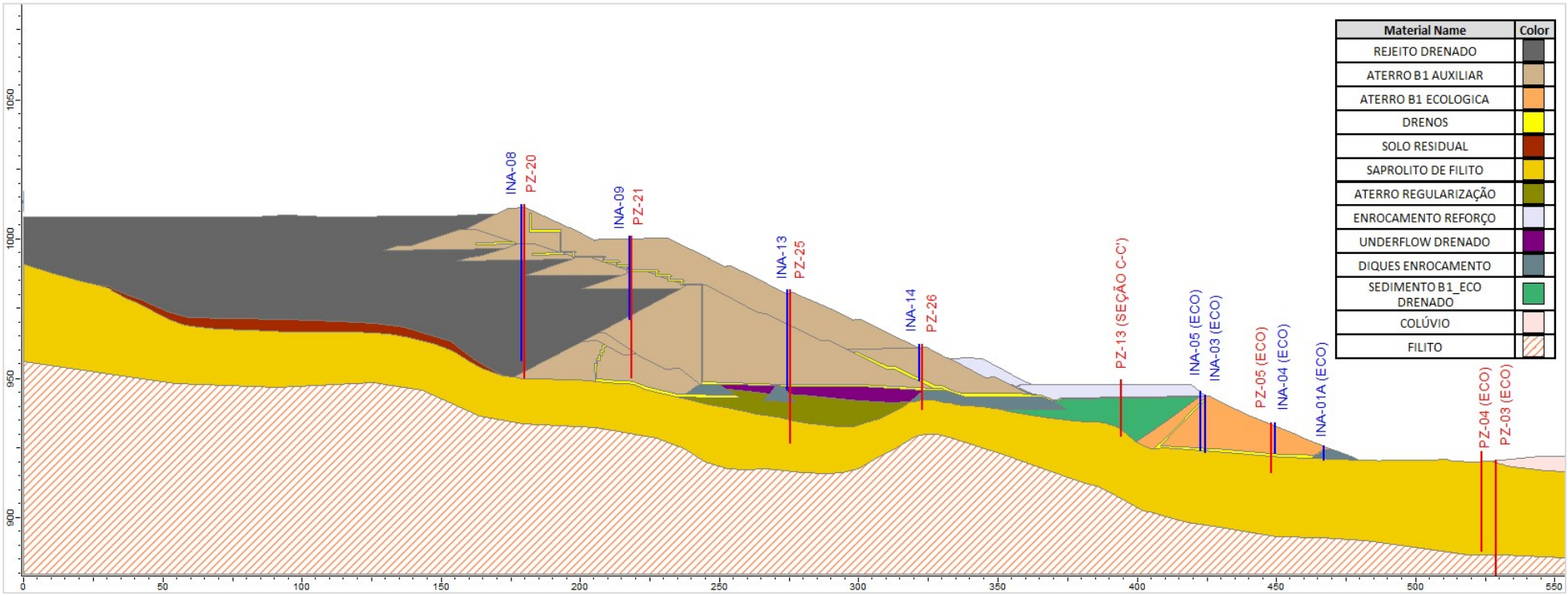


Figura 5.12 – Seção transversal de controle B-B'.

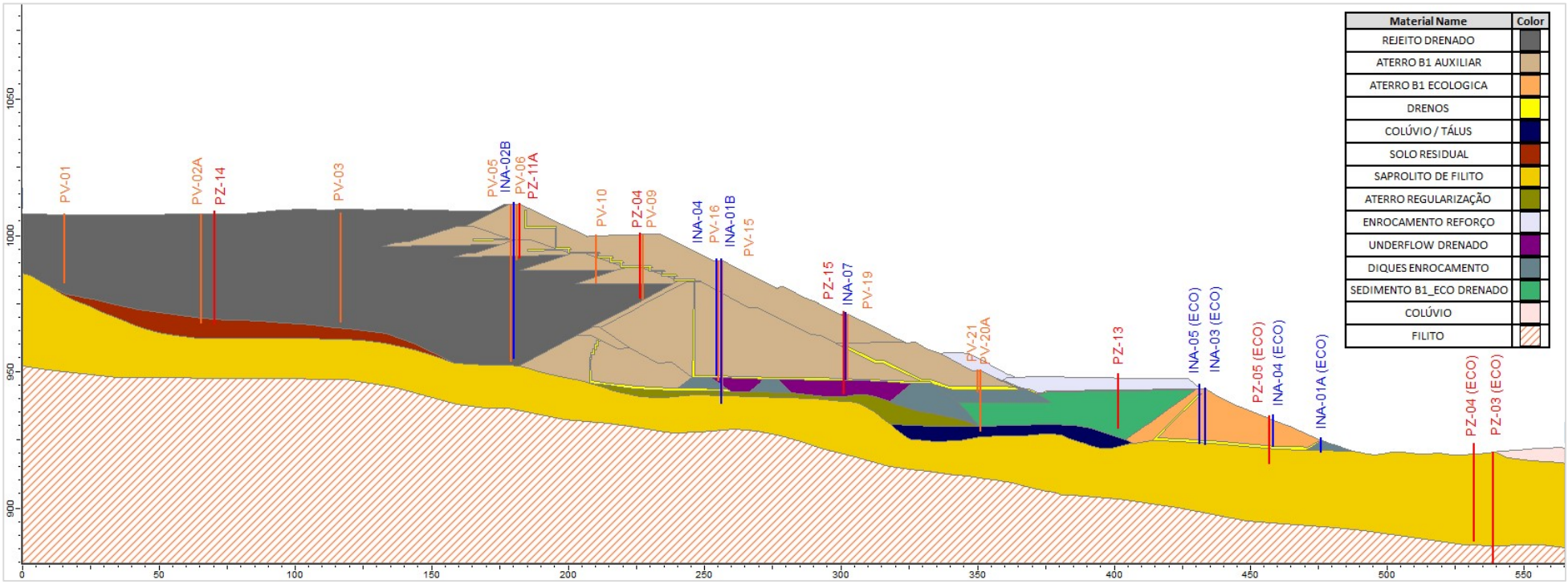


Figura 5.13 – Seção transversal de controle C-C'.

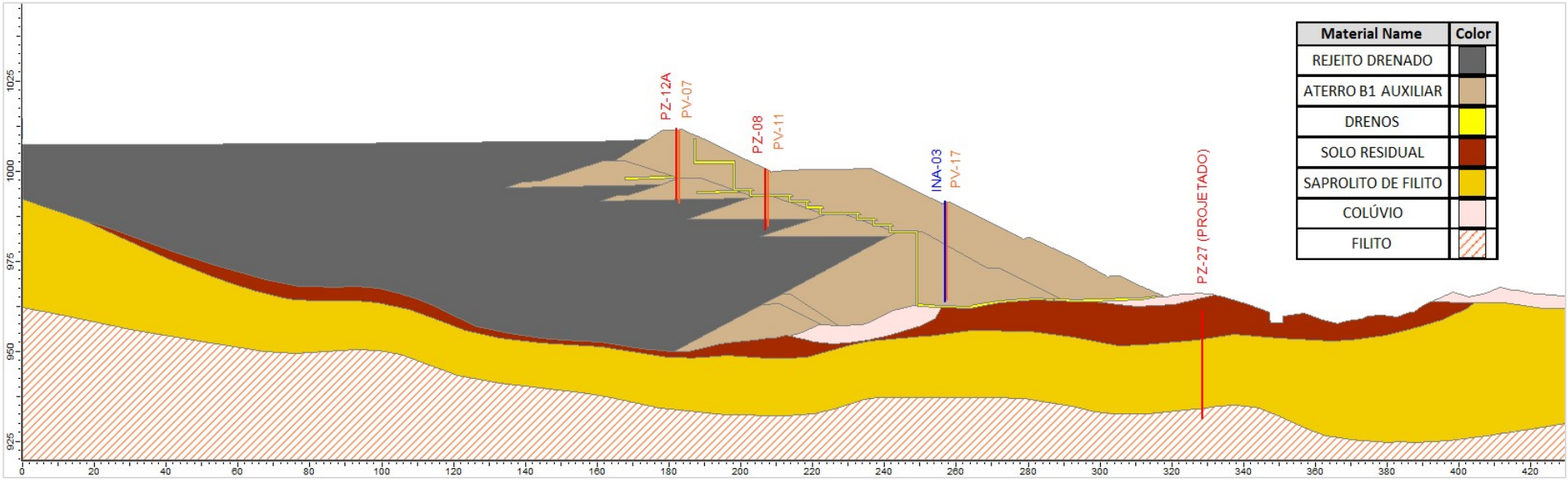


Figura 5.14 – Seção transversal de controle D-D'.

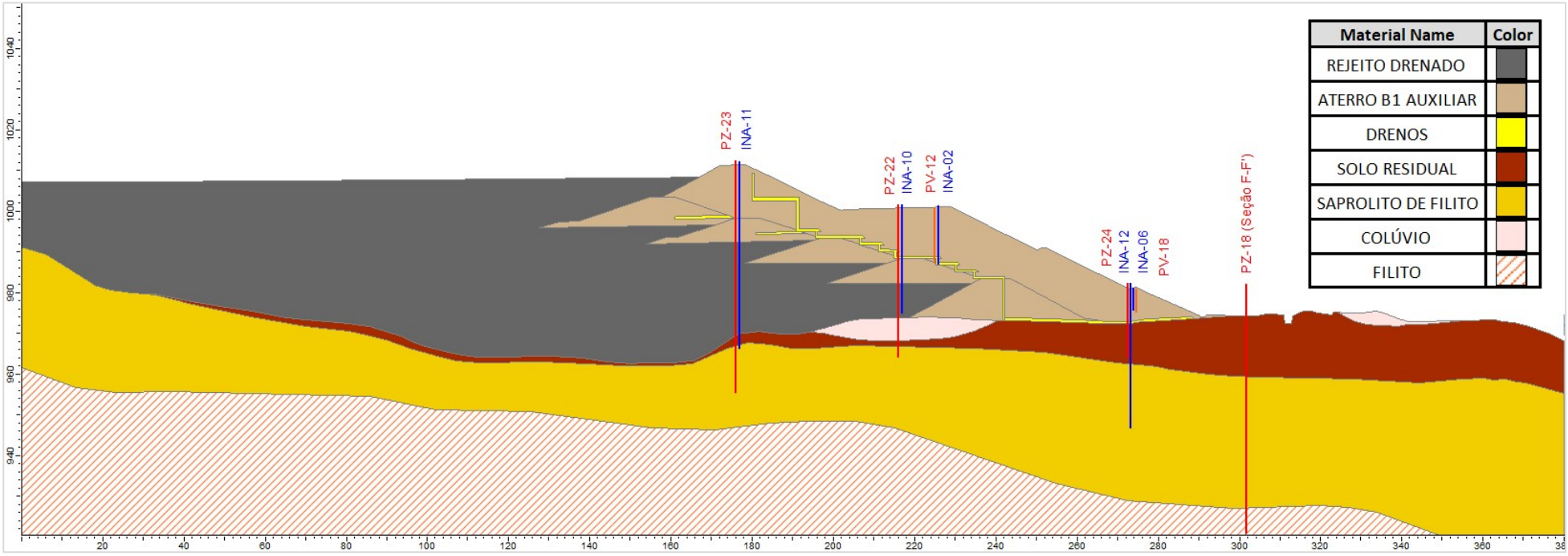


Figura 5.15 – Seção transversal de controle E-E'.

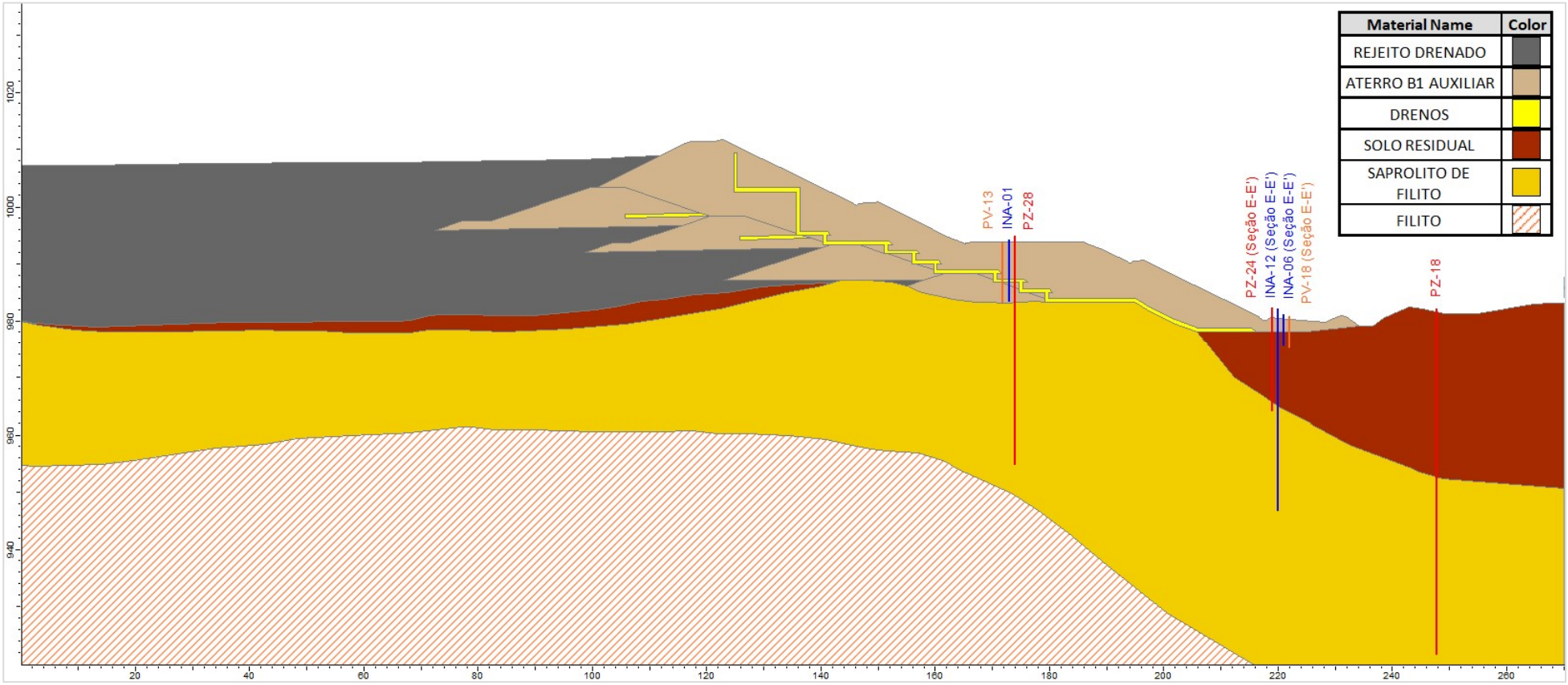


Figura 5.16 – Seção transversal de controle F-F'.

Tabela 5.2 – Locação, características, leitura (30/04/2024) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B1-Auxiliar.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/04/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A'	PZ-10A	574.506,047	7.776.917,816	1.011,87	991,89	19,98	SECO	995,25	997,75	1.000,25
	PV-04	574.504,691	7.776.917,619	1.011,40	991,40	20,00	SECO	995,25	997,75	1.000,25
	PV-08	574.488,881	7.776.939,736	999,92	982,32	17,60	SECO	989,25	991,75	994,25
	PV-14	574.461,917	7.776.976,989	990,03	958,03	32,00	SECO	964,75	967,25	969,75
	INA-05	574.460,707	7.776.976,460	990,59	959,71	30,88	SECO	964,75	967,25	969,75
B-B'	PZ-20	574.479,582	7.776.894,719	1.012,36	950,16	62,20	974,85	982,00	985,50	997,50
	INA-08	574.478,850	7.776.894,372	1.012,32	956,62	55,70	975,49	982,00	985,50	997,50
	INA-09	574.453,975	7.776.924,135	1.001,07	971,37	29,70	976,46	980,00	981,00	986,25
	PZ-21	574.454,788	7.776.924,958	1.001,12	950,43	50,69	951,59	980,00	981,00	986,25
	PZ-25	574.413,059	7.776.963,569	981,74	926,77	54,97	934,26	948,75	952,75	962,50
	INA-13	574.412,576	7.776.963,137	981,72	945,92	35,80	SECO	948,75	952,75	962,50
	INA-14	574.383,251	7.777.000,637	962,17	949,17	13,00	SECO	949,67	949,97	950,17
	PZ-26	574.382,712	7.777.000,207	962,16	939,05	23,11	SECO	947,25	949,50	954,75
C-C'	PV-01	574.568,102	7.776.750,278	1.007,64	982,64	25,00	982,74	994,50	997,25	1.005,00
	PV-02A	574.535,199	7.776.787,766	1.007,83	967,83	40,00	979,38	992,50	995,50	1.004,00
	PZ-14	574.528,000	7.776.789,000	1.008,90	967,60	41,30	981,73	992,25	995,25	1.003,75
	PV-03	574.496,328	7.776.821,764	1.008,22	968,22	40,00	978,85	989,50	994,00	1.003,00
	INA-2B	574.466,822	7.776.883,331	1.012,00	954,93	57,07	976,73	986,50	992,00	1.001,00
	PV-05	574.466,822	7.776.883,331	1.011,29	953,84	57,45	953,93	986,50	992,00	1.001,00
	PZ-11A	574.458,936	7.776.877,590	1.011,67	991,76	19,91	SECO	992,26	992,56	1.001,00

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/04/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
C-C’	PV-06	574.460,120	7.776.878,715	1.011,21	991,21	20,00	SECO	991,71	992,00	1.001,00
	PV-10	574.439,989	7.776.896,656	1.000,08	982,58	17,50	SECO	985,00	988,25	994,00
	PZ-04	574.439,716	7.776.918,139	1.000,80	977,25	23,55	978,46	981,50	984,50	987,00
	PV-09	574.438,995	7.776.918,972	1.000,27	976,77	23,50	SECO	981,50	984,50	987,00
	PV-16	574.409,902	7.776.931,748	990,82	946,82	44,00	SECO	949,25	952,50	965,00
	INA-01B	574.411,863	7.776.933,905	991,40	938,47	52,93	947,10	949,25	952,50	965,00
	INA-04	574.410,525	7.776.933,060	991,35	948,57	42,78	SECO	949,25	952,50	965,00
	PV-15	574.411,863	7.776.933,905	990,81	942,81	48,00	SECO	949,25	952,50	965,00
	PZ-15	574.383,335	7.776.969,256	972,12	942,13	29,99	944,27	948,50	950,00	958,00
	PV-19	574.378,663	7.776.965,521	971,22	947,22	24,00	SECO	948,50	950,00	958,00
	INA-07	574.379,675	7.776.967,085	971,70	947,31	24,39	SECO	948,50	950,00	958,00
	PV-20A	574.347,420	7.777.002,357	950,80	928,30	22,50	SECO	945,50	946,25	949,75
	PV-21	574.346,494	7.777.001,667	950,80	942,80	8,00	SECO	945,50	946,25	949,75
	PZ-13	574.323,000	7.777.050,000	949,50	929,30	20,20	936,35	940,75	942,00	943,75
	INA-05 ECO	574.318,903	7.777.076,448	945,46	924,01	21,45	925,02	934,50	937,50	939,50
	INA-03 ECO	574.322,400	7.777.078,960	944,24	923,59	20,65	924,68	934,50	937,50	939,50
	PZ-05 ECO	574.310,782	7.777.100,596	934,02	916,32	17,70	921,98	925,75	927,50	929,00
	INA-04 ECO	574.312,870	7.777.101,408	934,20	922,97	11,23	924,64	925,75	927,50	929,00
	INA-01A ECO	574.306,300	7.777.118,080	925,78	920,80	4,98	SECO	921,75	922,25	923,50
D-D’	PZ-12A	574.410,360	7.776.834,651	1.012,07	992,29	19,78	SECO	996,75	999,75	1.001,75

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/04/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
D-D′	PV-07	574.411,454	7.776.836,221	1.011,34	991,34	20,00	SECO	996,75	999,75	1.001,75
	PZ-08	574.393,890	7.776.852,290	1.000,84	983,69	17,15	SECO	989,50	992,50	994,50
	PV-11	574.391,898	7.776.854,414	1.000,35	984,85	15,50	SECO	989,50	992,50	994,50
	PV-17	574.363,509	7.776.891,683	991,37	964,37	27,00	SECO	966,75	970,25	972,25
	INA-03	574.362,312	7.776.891,356	991,68	963,85	27,83	SECO	966,75	970,25	972,25
	PZ-27	574.331,861	7.776.959,286	961,54	931,37	30,17	933,20	953,50	956,50	958,50
E-E′	INA-11	574.391,641	7.776.817,257	1.012,38	966,38	46,00	979,33	995,50	998,50	1.000,50
	PZ-23	574.390,672	7.776.816,296	1.012,44	955,44	57,00	977,64	995,50	998,50	1.000,50
	PZ-22	574.361,410	7.776.844,209	1.001,73	964,30	37,43	SECO	985,25	988,25	990,25
	INA-10	574.362,029	7.776.844,905	1.001,72	975,12	26,60	975,93	985,25	988,25	990,25
	PV-12	574.331,716	7.776.830,593	1.001,00	987,55	13,45	SECO	988,05	988,35	988,55
	INA-02	574.330,744	7.776.831,539	1.001,42	986,95	14,47	SECO	987,45	987,75	987,95
	INA-12	574.318,358	7.776.882,137	982,29	946,86	35,43	960,90	972,75	974,75	976,50
	PZ-24	574.318,690	7.776.882,376	982,30	964,30	18,00	967,40	972,75	974,75	976,50
	INA-06	574.298,857	7.776.866,088	981,14	975,71	5,43	SECO	976,21	976,51	976,71
	PV-18	574.298,007	7.776.865,469	980,85	975,35	5,50	975,38	975,85	976,15	976,50
F-F′	PV-13	574.281,356	7.776.790,206	993,80	983,35	10,45	SECO	984,50	985,75	986,25
	INA-01	574.280,549	7.776.791,132	994,27	983,51	10,76	SECO	984,50	985,75	986,25
	PZ-28	574.302,467	7.776.809,370	994,92	954,89	40,03	968,17	984,50	985,75	986,25
	PZ-18	574.254,671	7.776.866,617	982,21	920,76	61,45	941,86	966,75	969,75	971,75

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/04/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
Instrumentos fora de seção de controle	PZ-16	574.690,487	7.777.038,009	1.022,38	924,07	98,31	928,13	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-17	574.601,483	7.776.544,642	1.027,06	976,16	50,90	995,66	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-19	574.198,661	7.776.571,212	1.018,74	969,66	49,08	1.001,39	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-03 ECO	574.308,481	7.777.184,183	920,72	851,45	69,27	913,97	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-04 ECO	574.250,289	7.777.161,300	923,81	887,97	35,84	916,06	Monitoramento hidrogeológico		
A-A’	MS-01	574.505,060	7.776.921,180	1.011,151	-	-	-	Não aplicável		
C-C’	MS-02	574.456,856	7.776.879,309	1.011,069	-	-	-	Não aplicável		
D-D’	MS-03	574.407,516	7.776.835,904	1.011,284	-	-	-	Não aplicável		
D-D’	MS-04	574.361,207	7.776.892,883	991,394	-	-	-	Não aplicável		
C-C’	MS-05	574.409,115	7.776.934,824	990,891	-	-	-	Não aplicável		
A-A’	MS-06	574.459,116	7.776.978,215	990,135	-	-	-	Não aplicável		
C-C’	MS-07	574.395,447	7.776.952,238	981,076	-	-	-	Não aplicável		
C-C’	MS-08	574.380,893	7.776.970,877	971,300	-	-	-	Não aplicável		
Não Aplicável	INC-01	574.430,299	7.776.907,692	1.000,471	-	-	-	Não aplicável		
	INC-02	574.375,169	7.776.962,887	971,507	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S1	574.428,400	7.776.918,465	1.000,546	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S2	574.281,225	7.776.818,153	991,356	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S3	574.444,417	7.776.991,430	981,076	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S4	574.371,354	7.776.992,206	961,088	-	-	-	Não aplicável		
	MV	574.344,011	7.777.101,754	940,143	-	-	-	Não aplicável		

5.6.3.1 Leituras Instrumentação

A MMI realiza leituras semanais dos níveis nos INA's e PZ's e quinzenais dos deslocamentos nos Marcos Superficiais. Já os piezômetros elétricos realizam um monitoramento constante com registro a cada 2 horas. Na estrutura também estão instalados prismas para monitoramento de deslocamento nos quais são realizadas leituras contínuas através de estação total robótica. As leituras nas placas indicadoras de vazão são realizadas diariamente. As aferições dos inclinômetros são realizadas semanalmente.

- **Indicadores de Nível d'Água e Piezômetros**

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para cada instrumento abrangendo dois anos hidrológicos, no período entre 10/2021 e 04/2024, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

a) Nível de água do reservatório – passou a condição seco (sem lago) em junho de 2019 a partir da instalação de sistema de bombeamento e escavação de canais que direcionam os fluxos para o extravasor operacional, sendo mantido com o mínimo acúmulo de água possível;
b) Referências do topo e base de cada instrumento;
c) Leituras do nível de água do instrumento;
d) Pluviometria acumulada mensal da estação meteorológica local;
e) Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições normal, alerta e emergência.

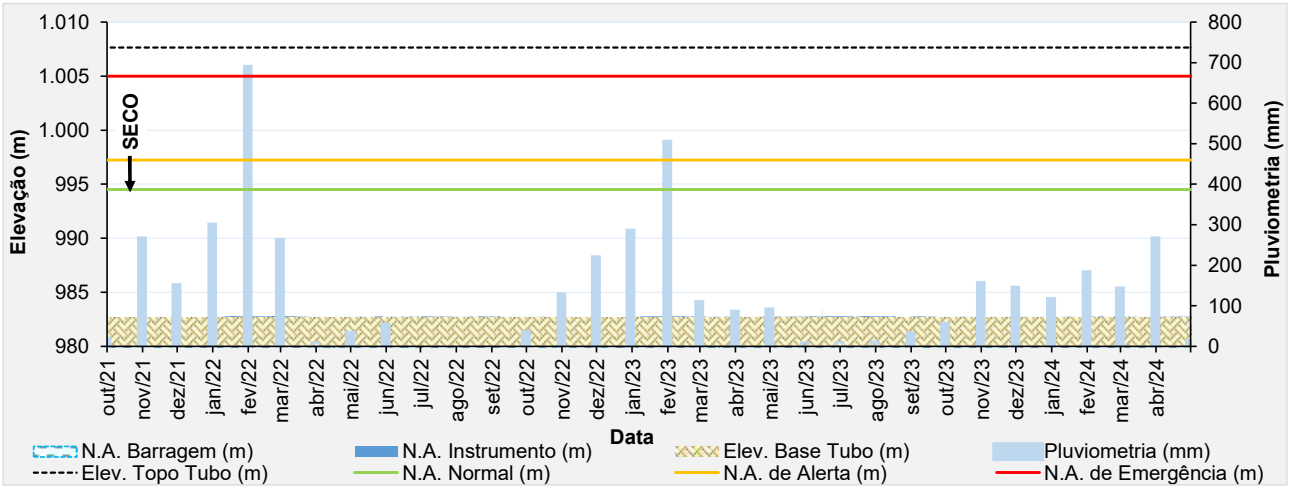


Figura 5.17 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-01.

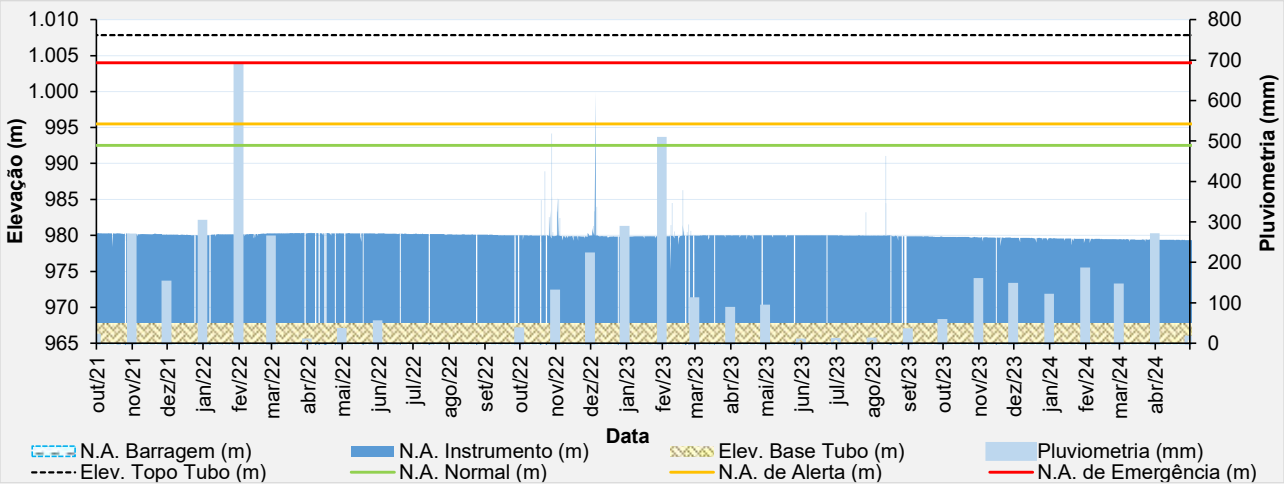


Figura 5.18 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-02A.

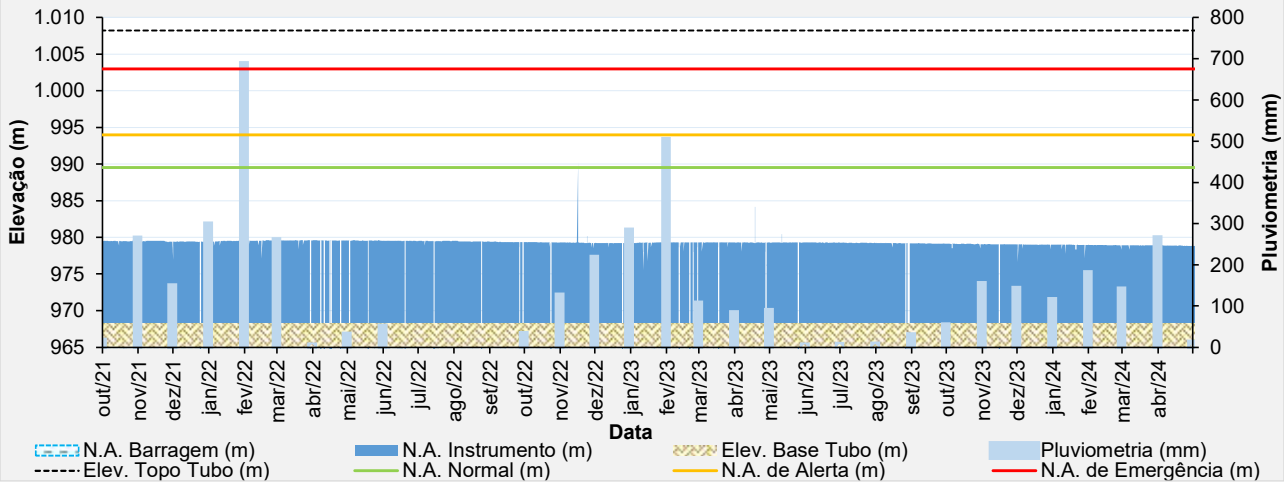


Figura 5.19 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-03.

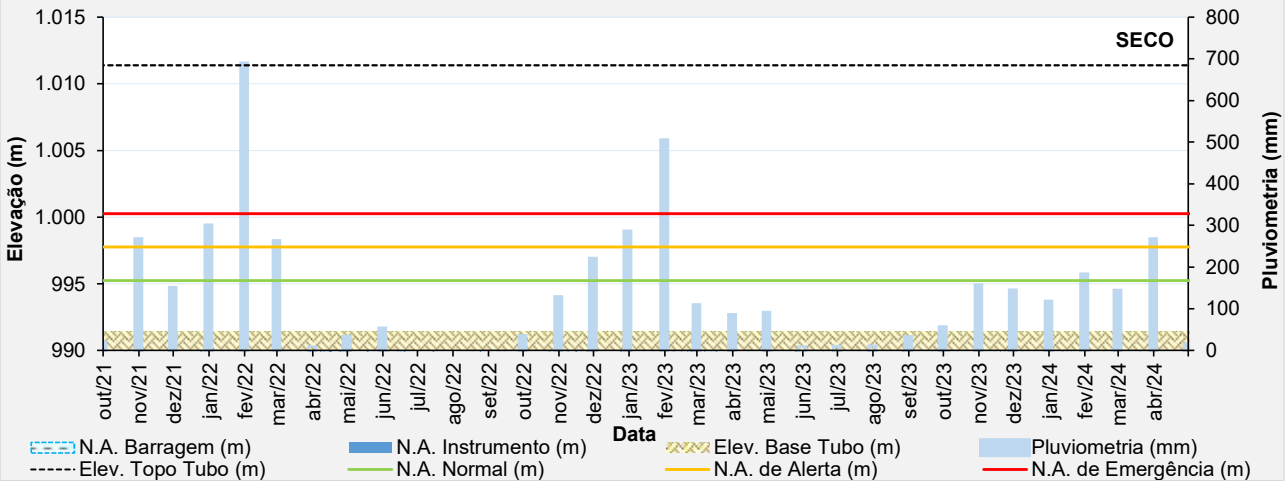


Figura 5.20 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-04.

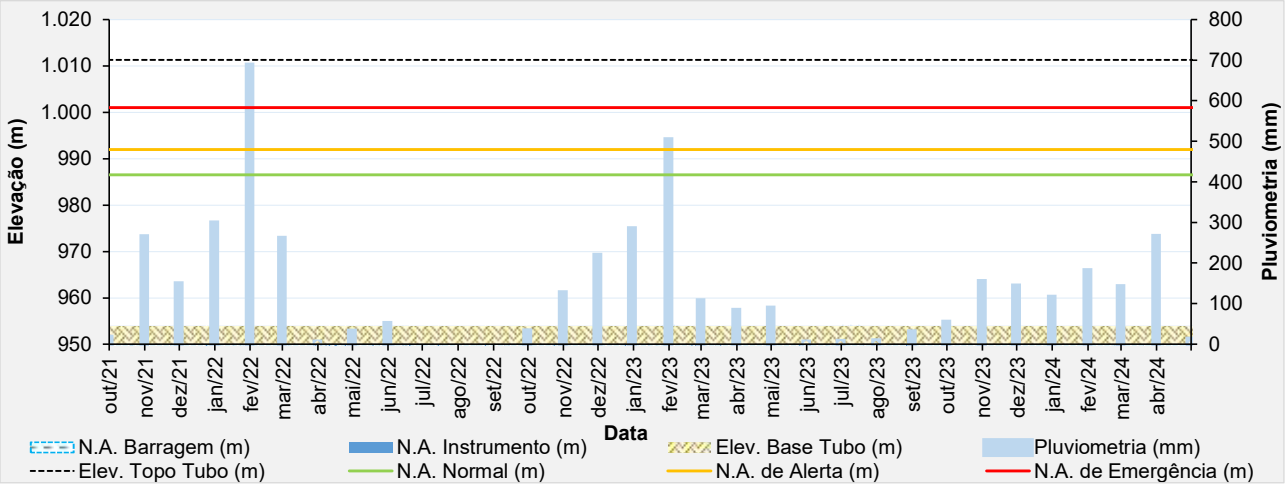


Figura 5.21 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-05.

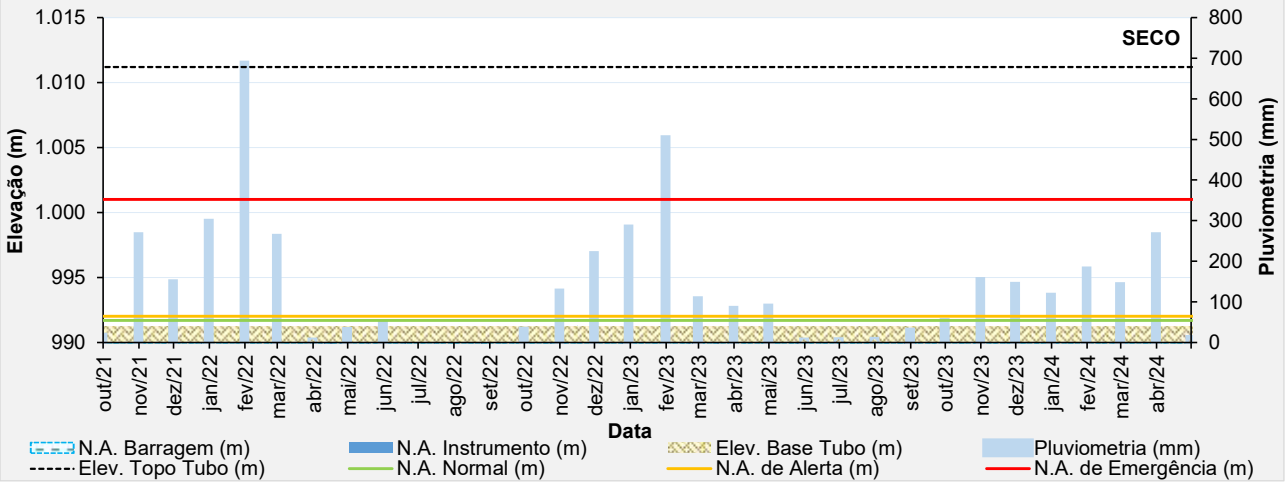


Figura 5.22 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-06.

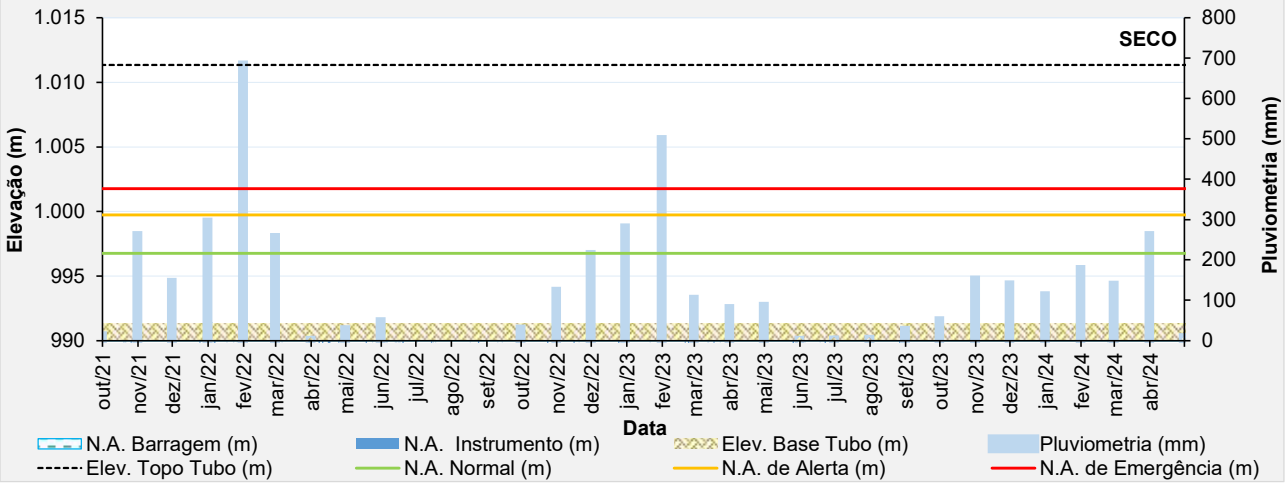


Figura 5.23 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-07.

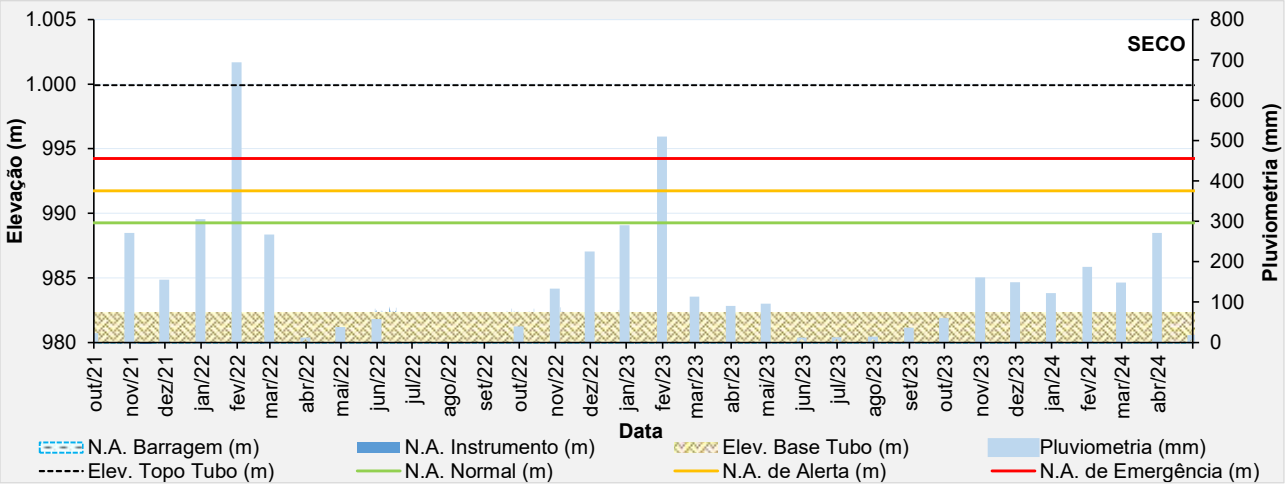


Figura 5.24 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-08.

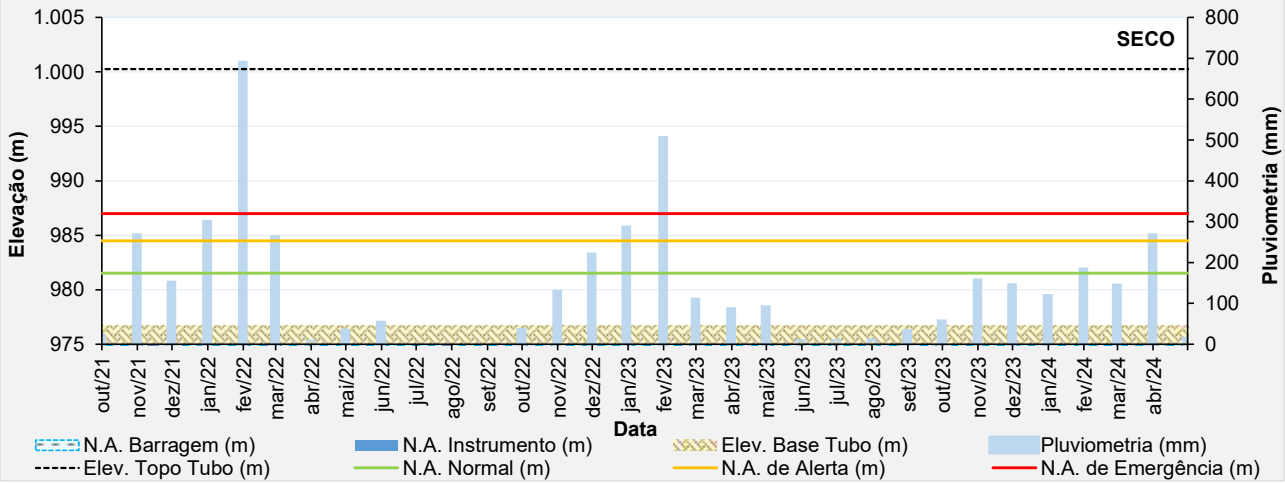


Figura 5.25 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-09.

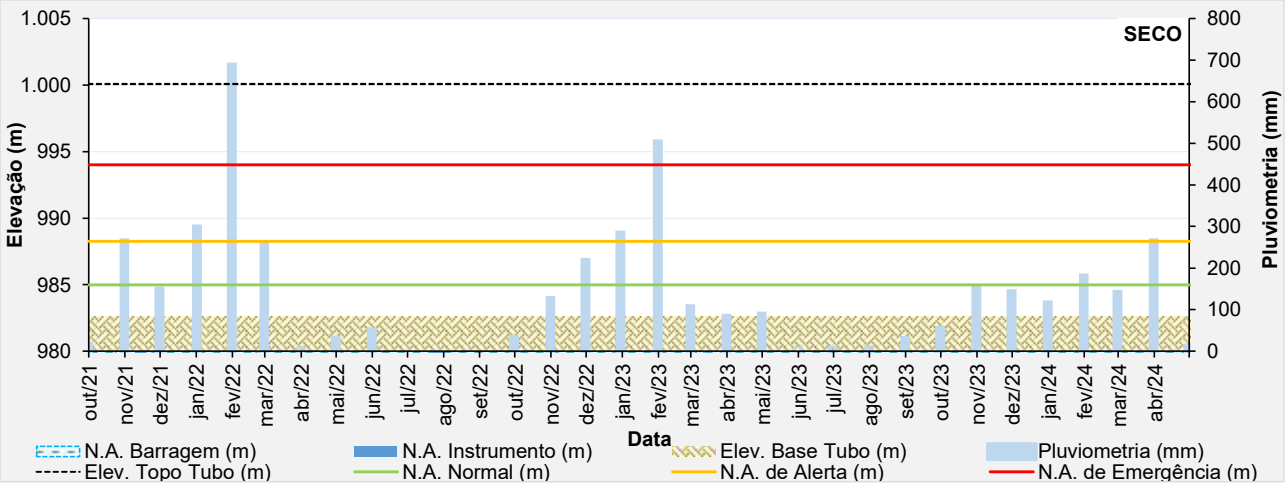


Figura 5.26 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-10.

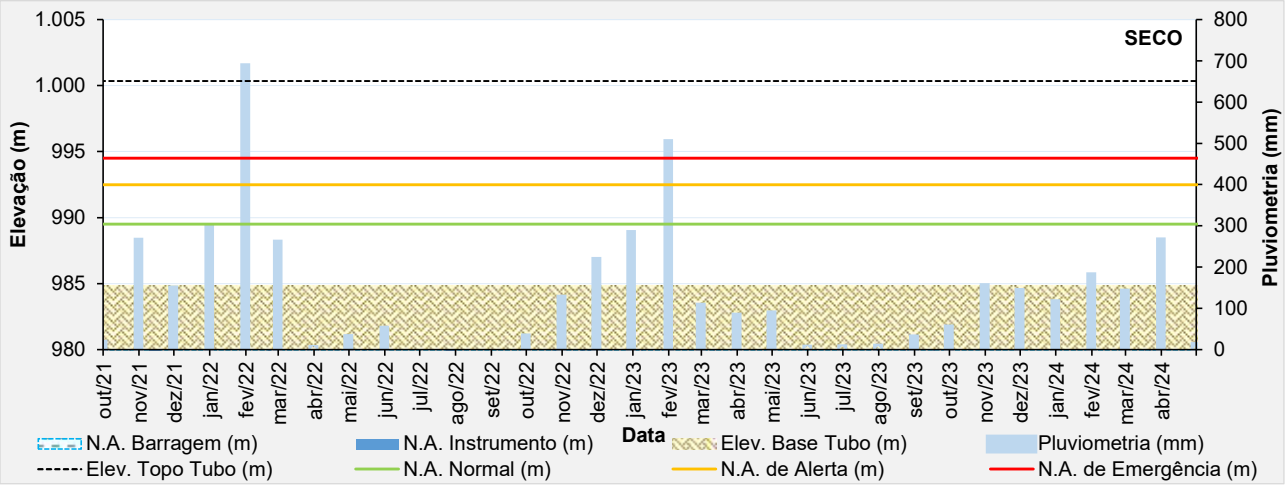


Figura 5.27 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-11.

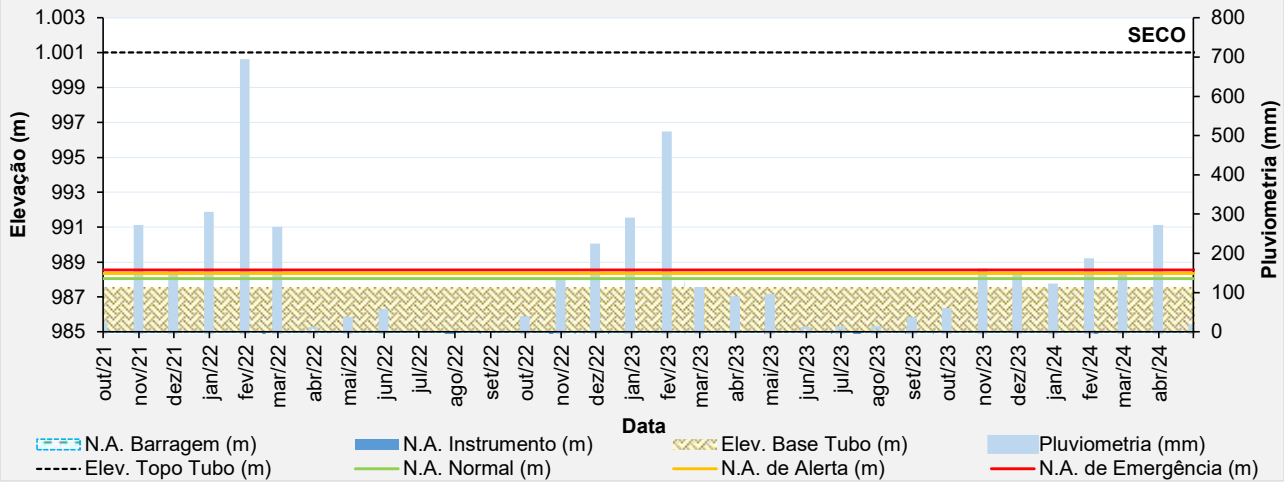


Figura 5.28 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-12.

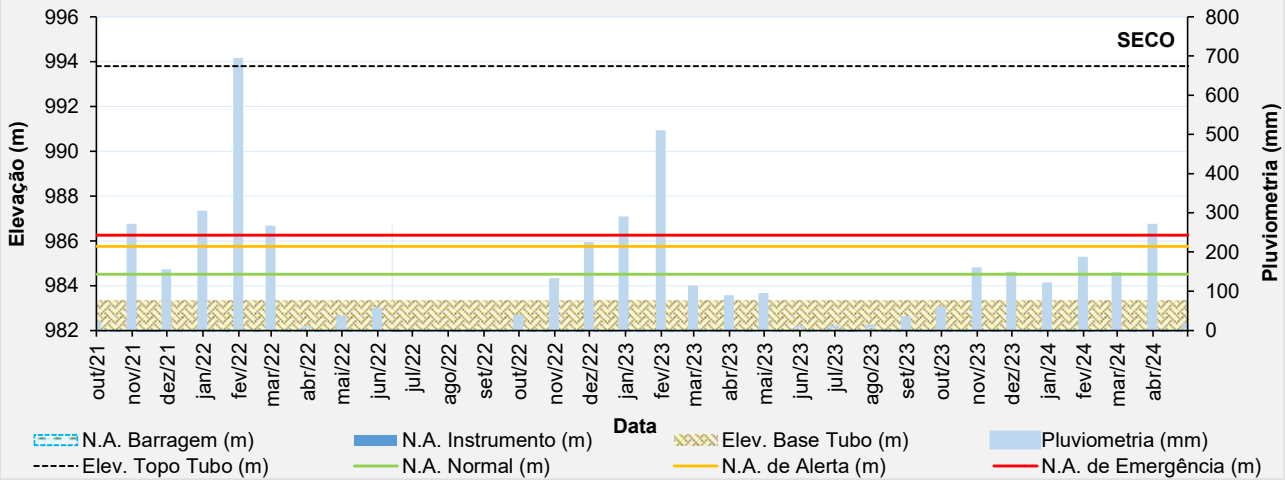


Figura 5.29 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-13.

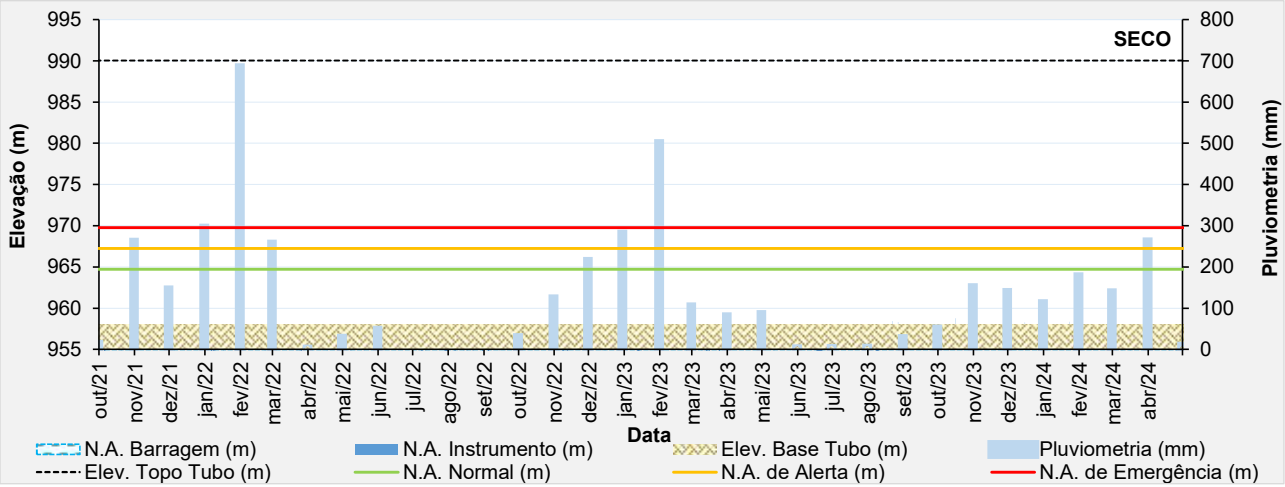


Figura 5.30 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-14.

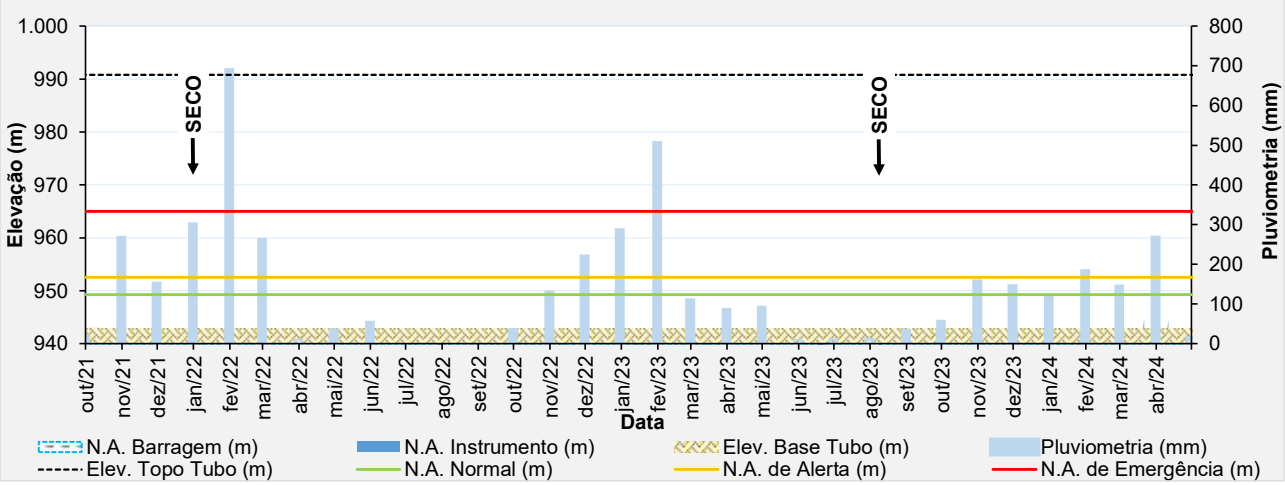


Figura 5.31 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-15.

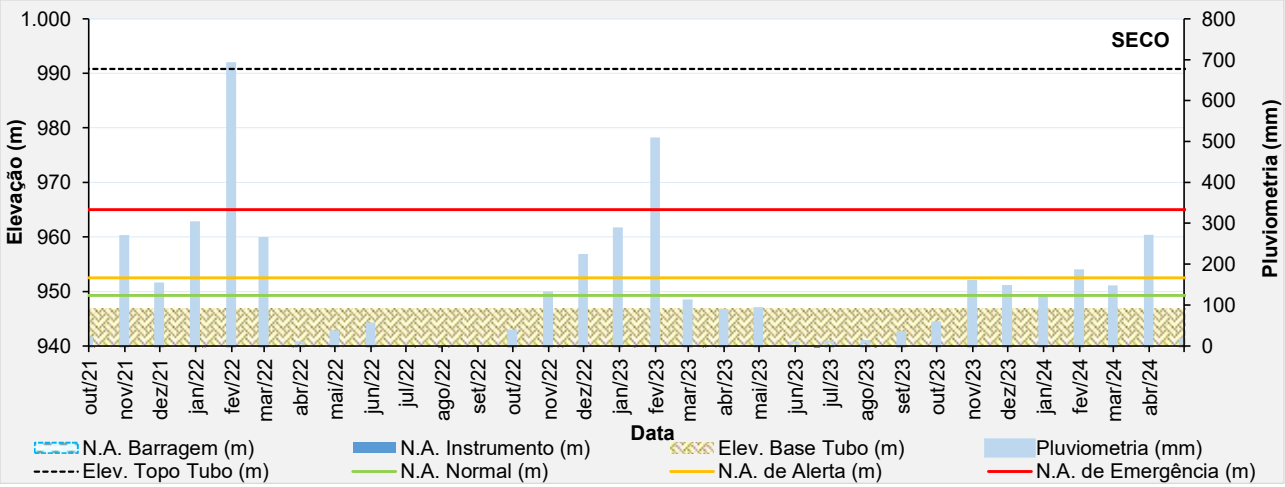


Figura 5.32 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-16.

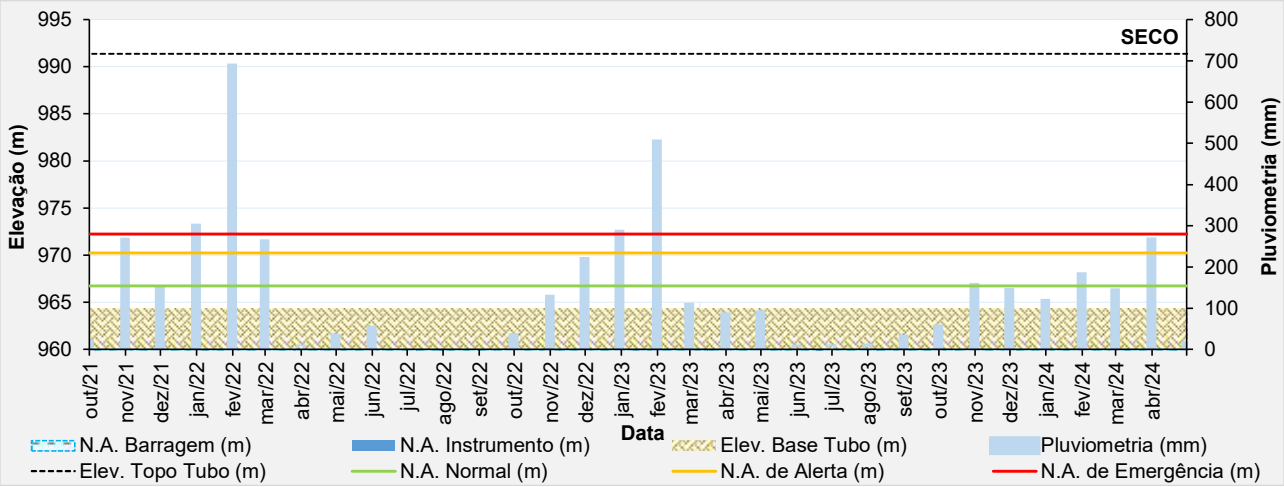


Figura 5.33 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-17.

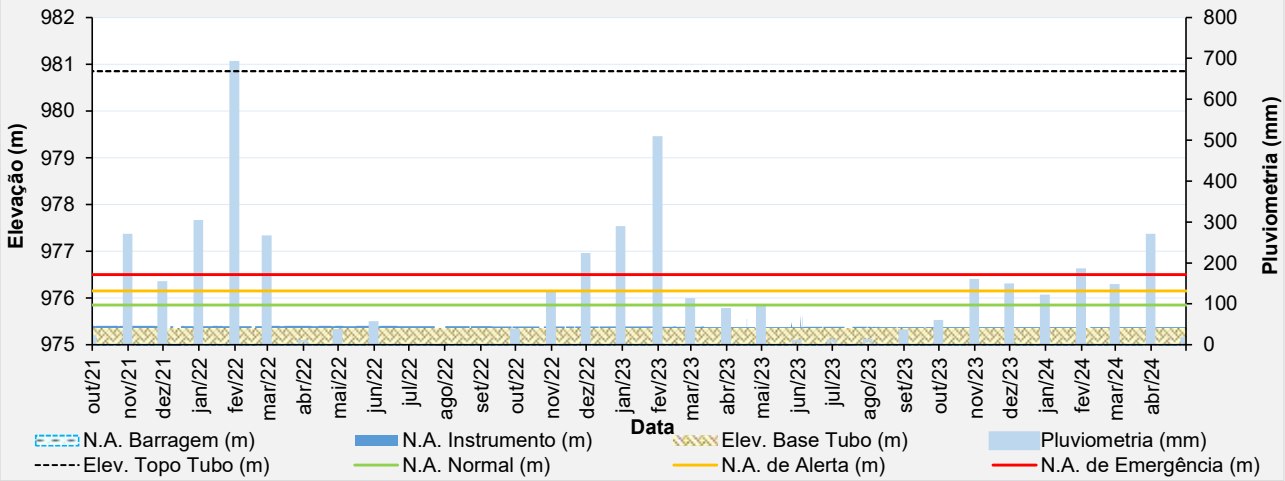


Figura 5.34 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-18.

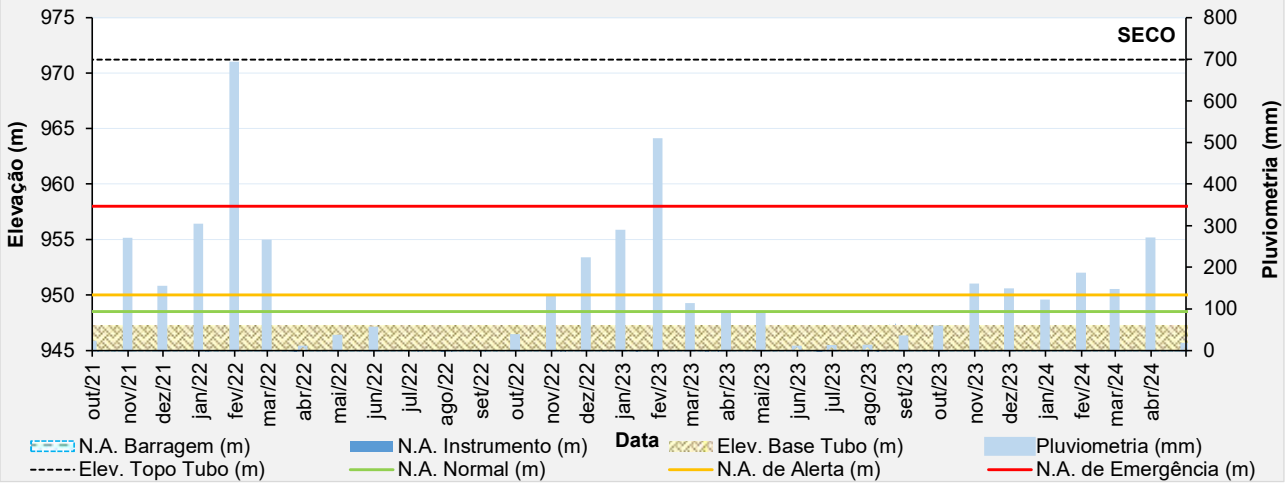


Figura 5.35 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-19.

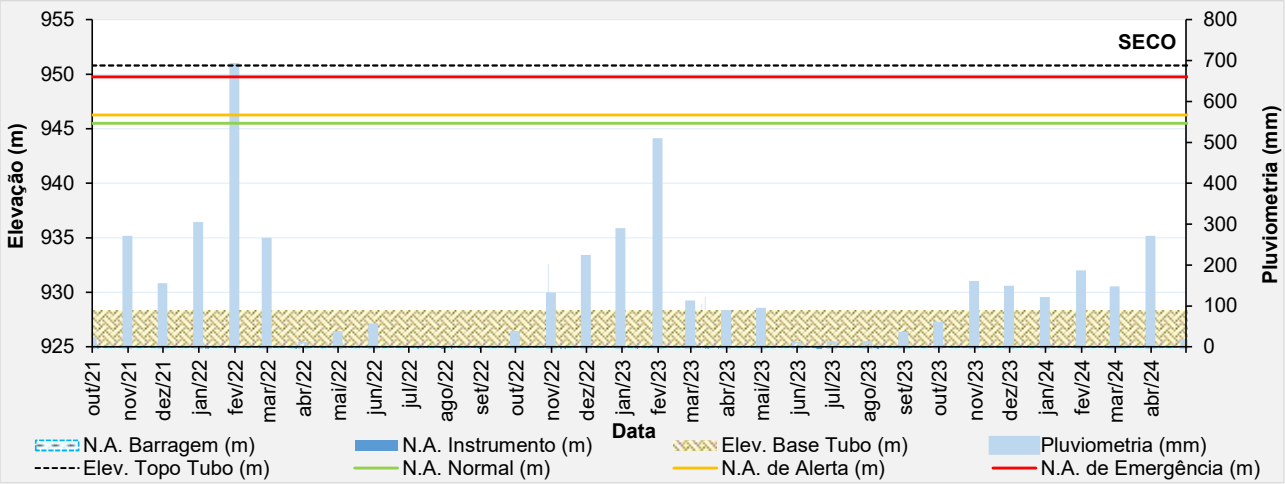


Figura 5.36 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-20A.

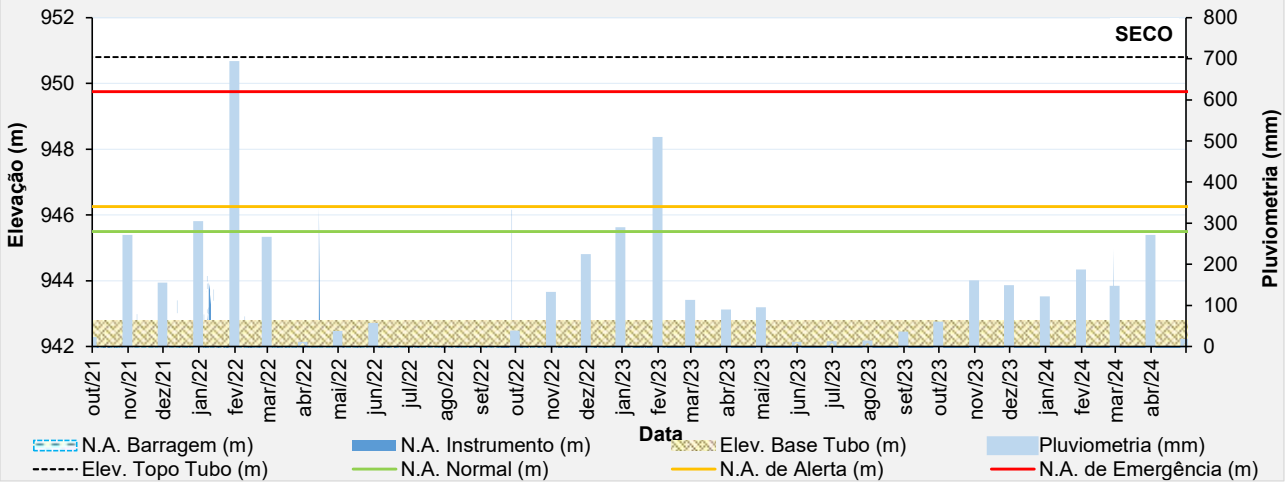


Figura 5.37 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-21.

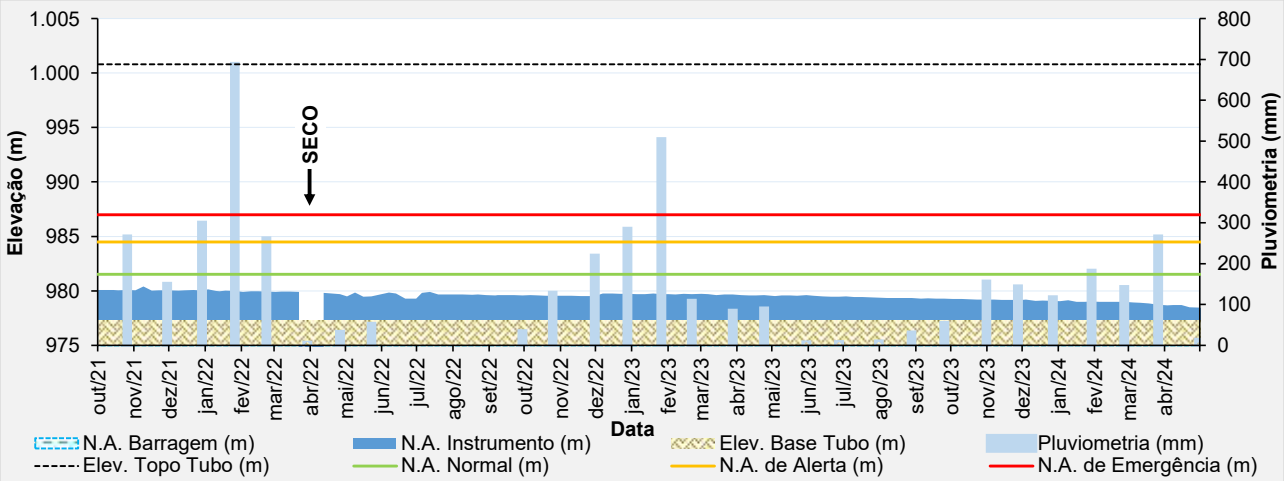


Figura 5.38 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-04.

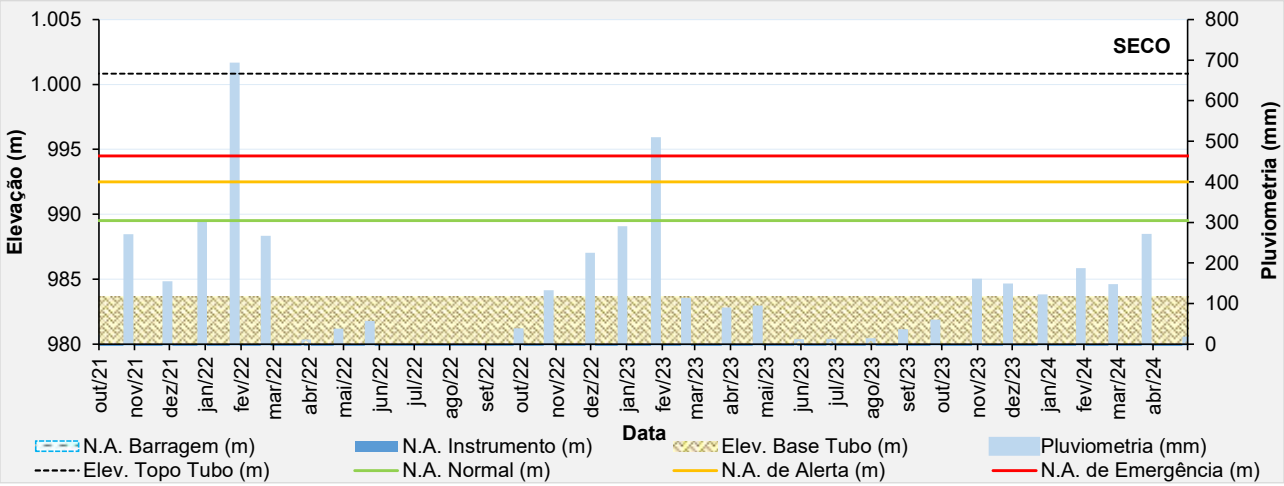


Figura 5.39 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-08.

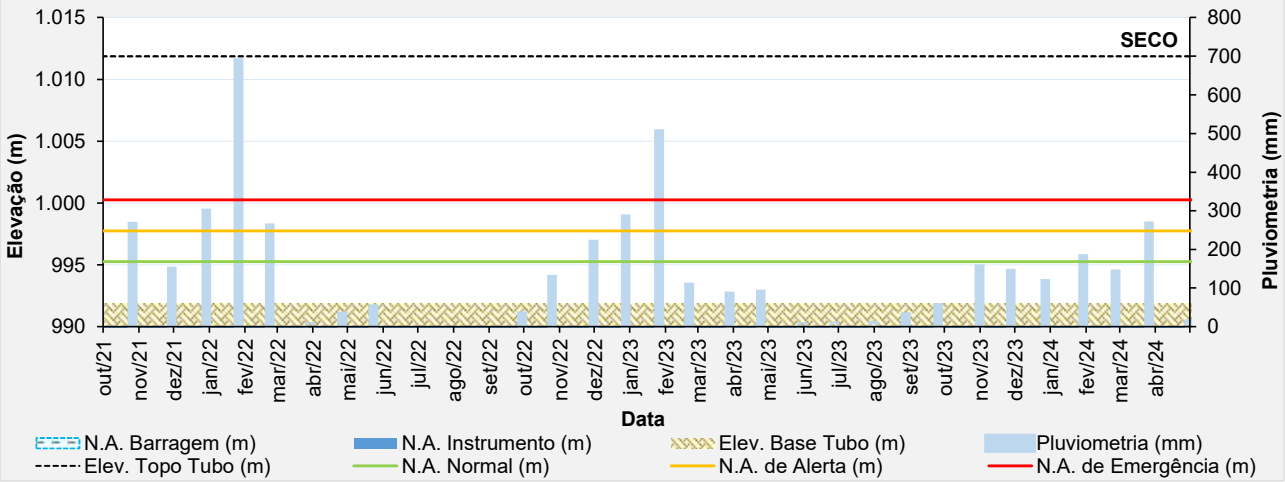


Figura 5.40 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-10A.

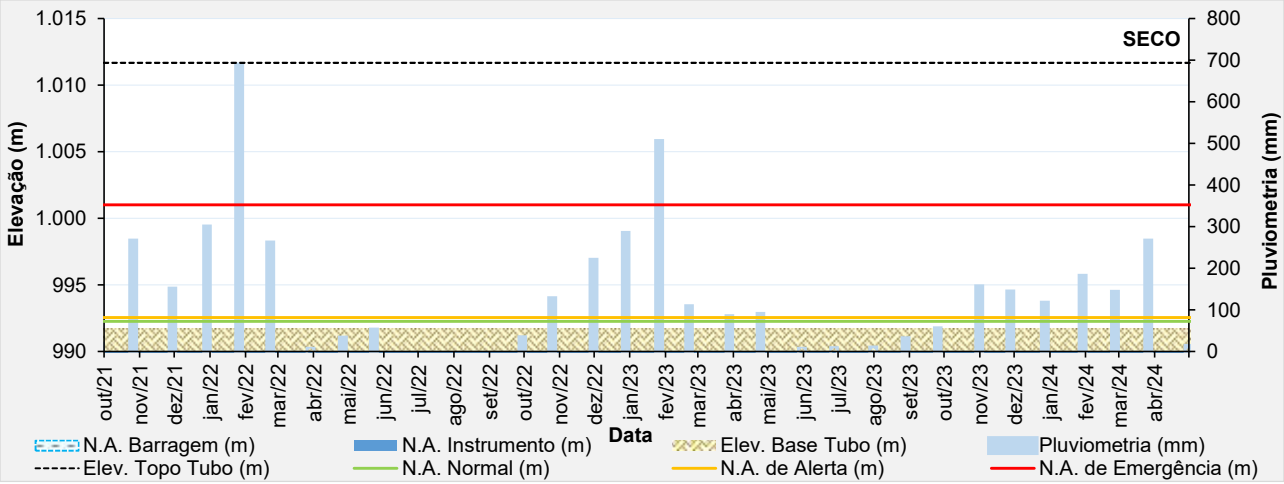


Figura 5.41 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-11A.

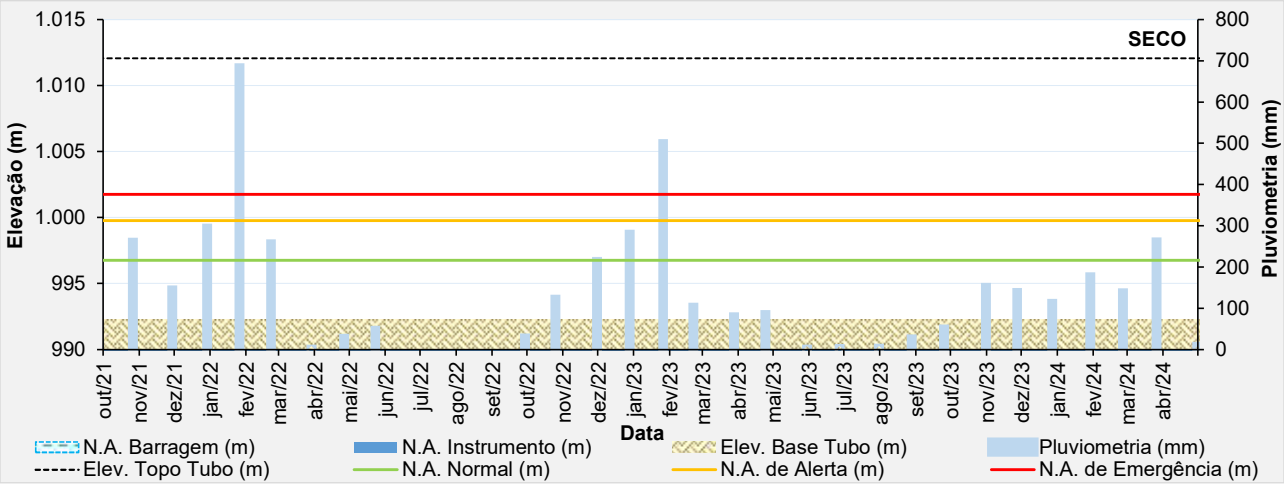


Figura 5.42 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-12A.

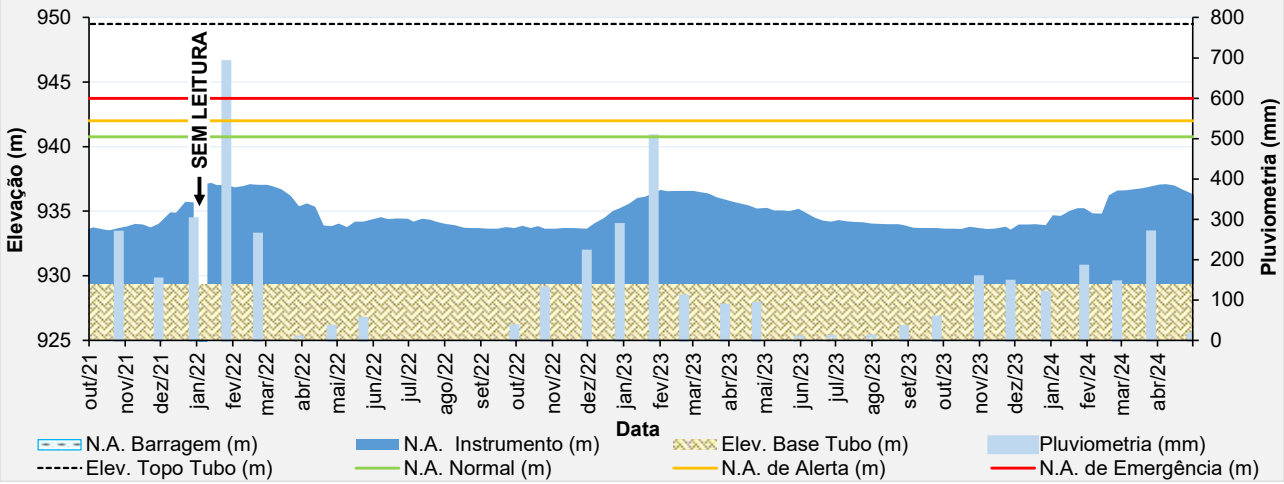


Figura 5.43 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-13.

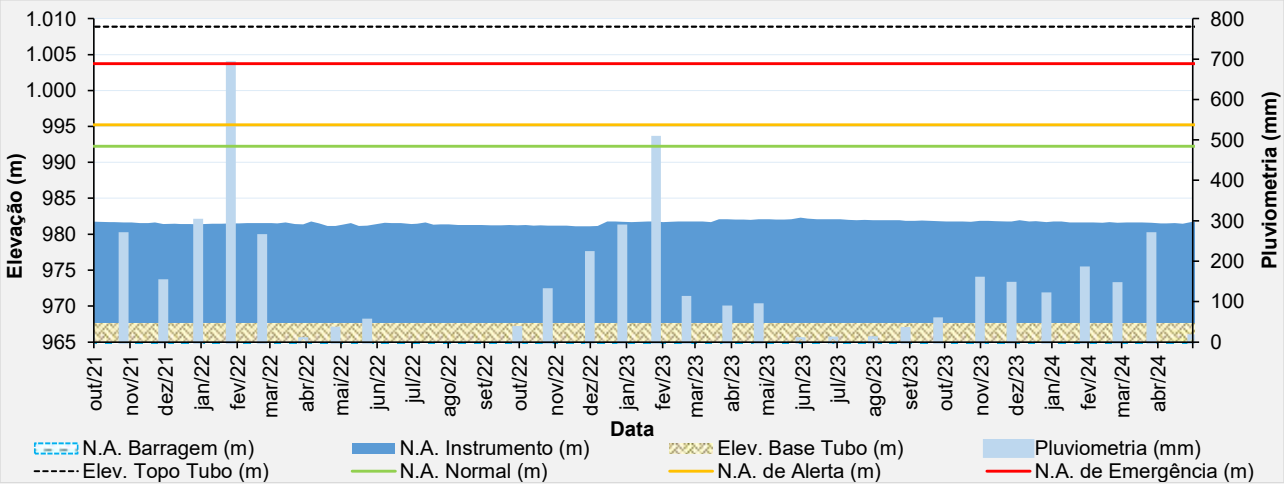


Figura 5.44 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-14.

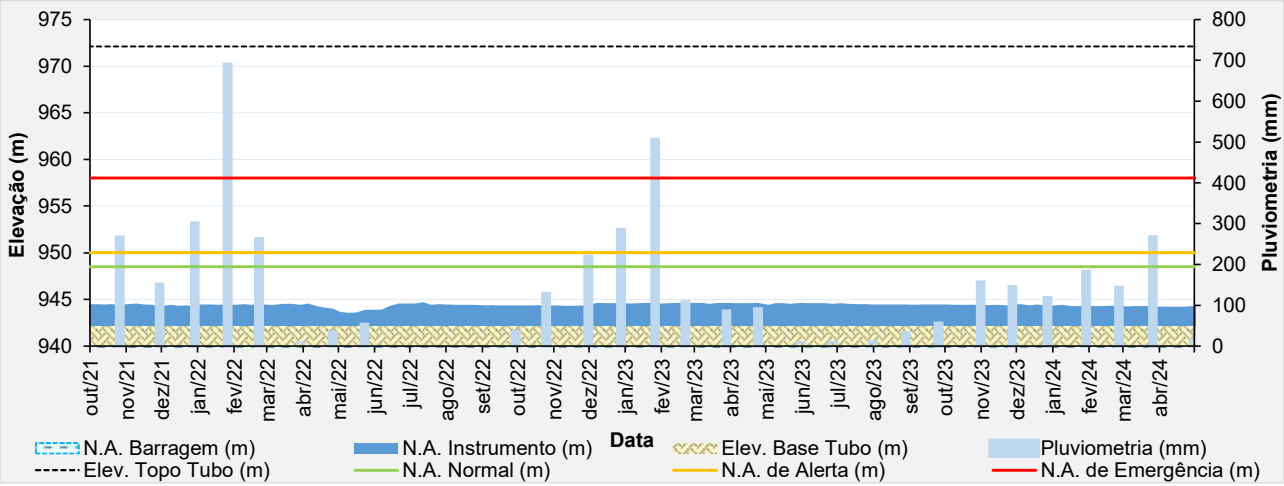


Figura 5.45 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-15.

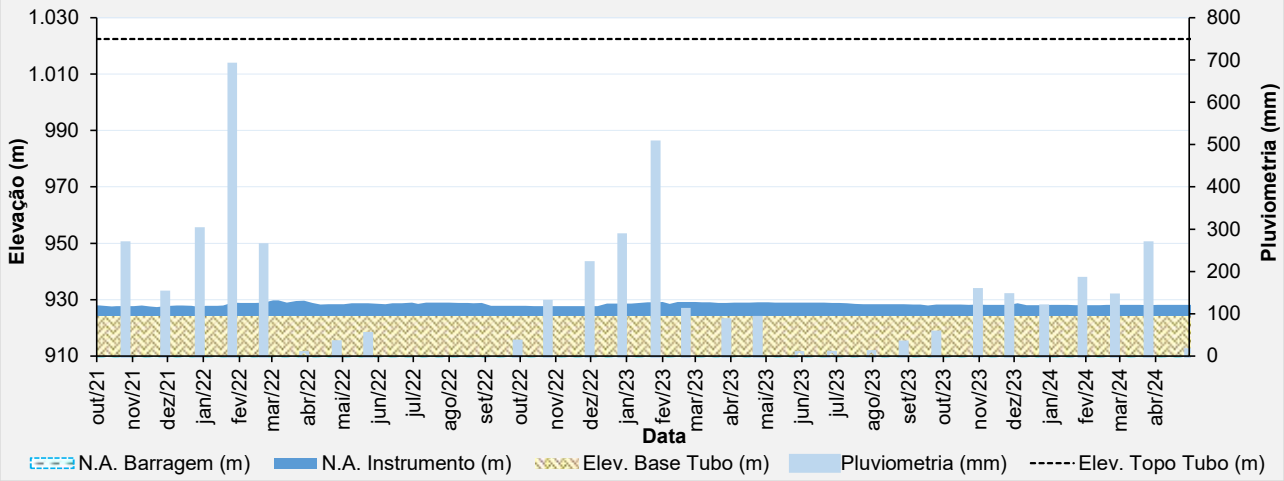


Figura 5.46 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-16.

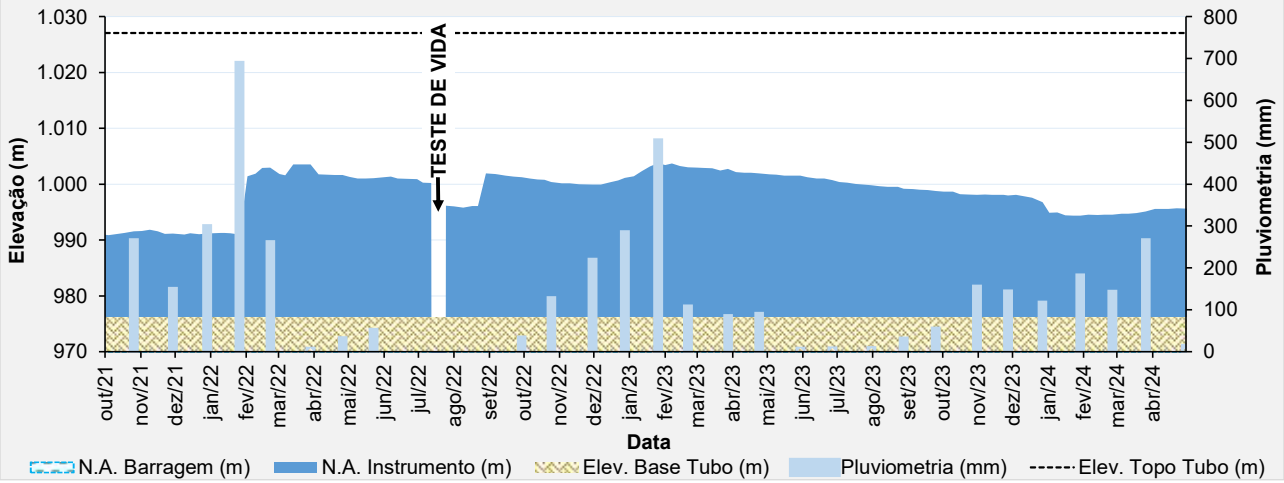


Figura 5.47 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-17.

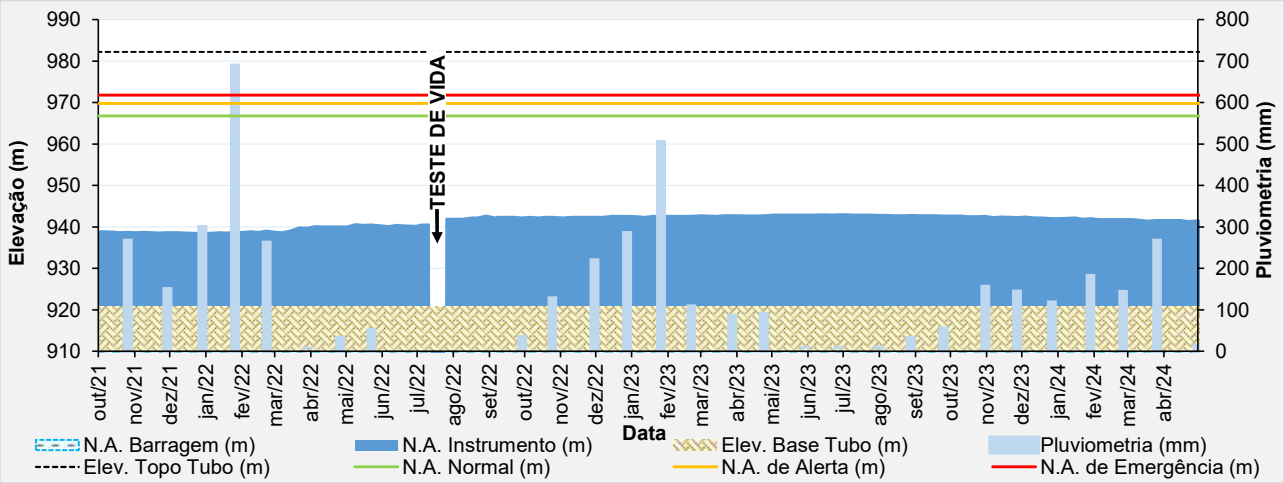


Figura 5.48 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-18.

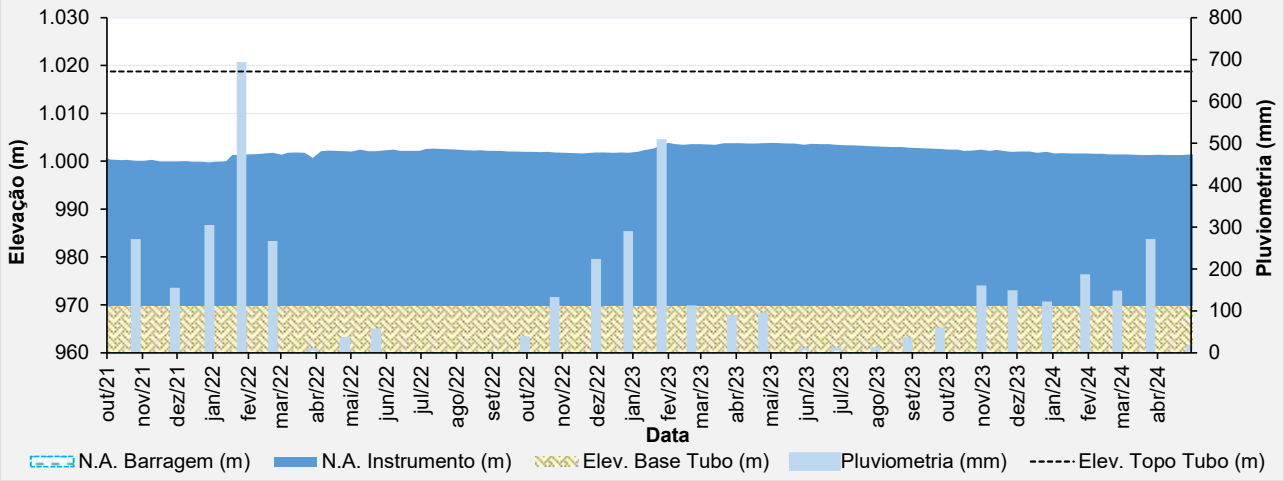


Figura 5.49 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-19.

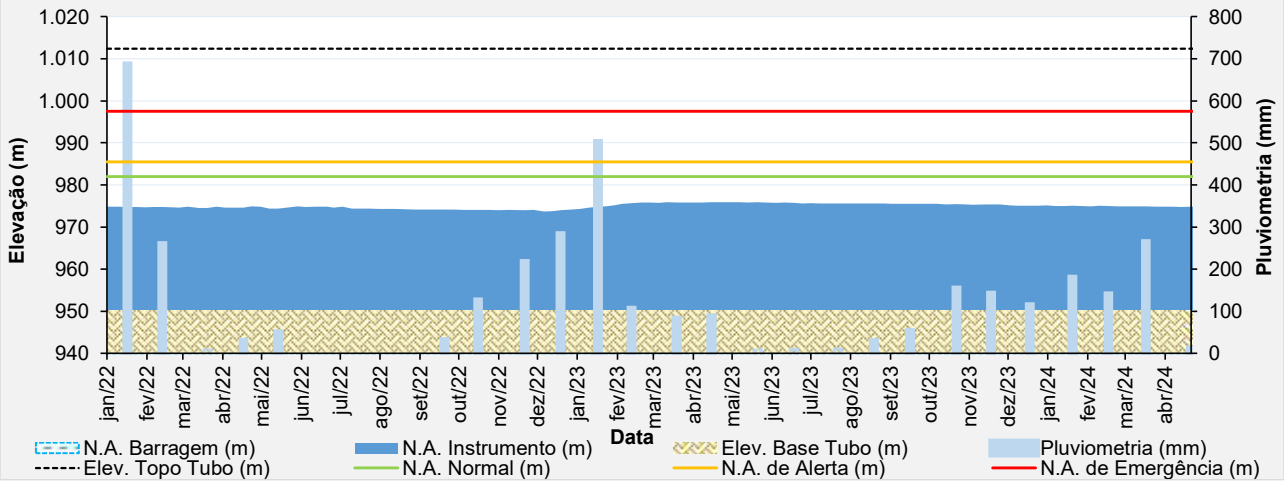


Figura 5.50 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-20.

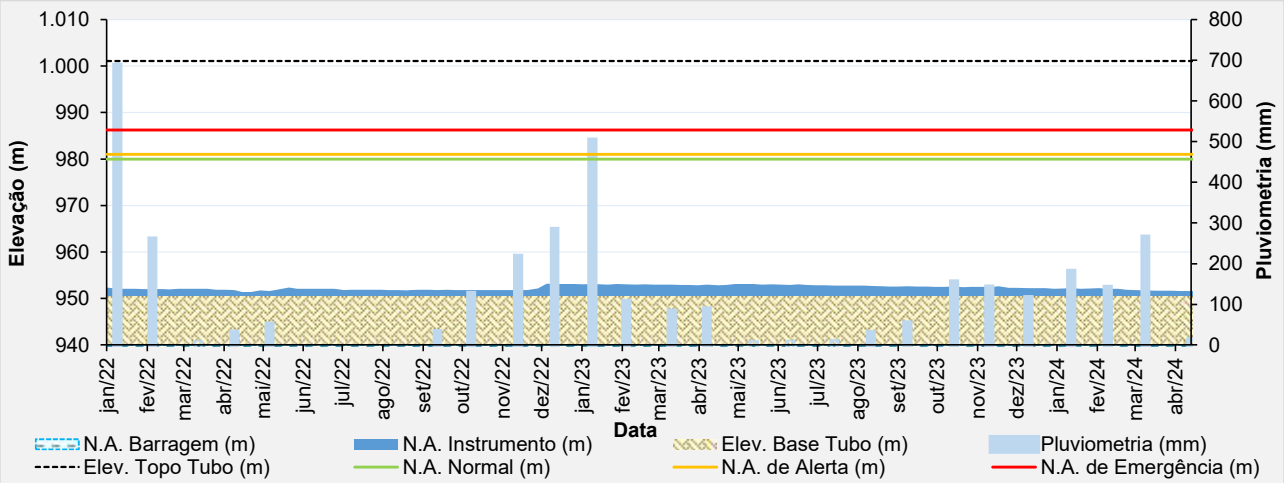


Figura 5.51 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-21.

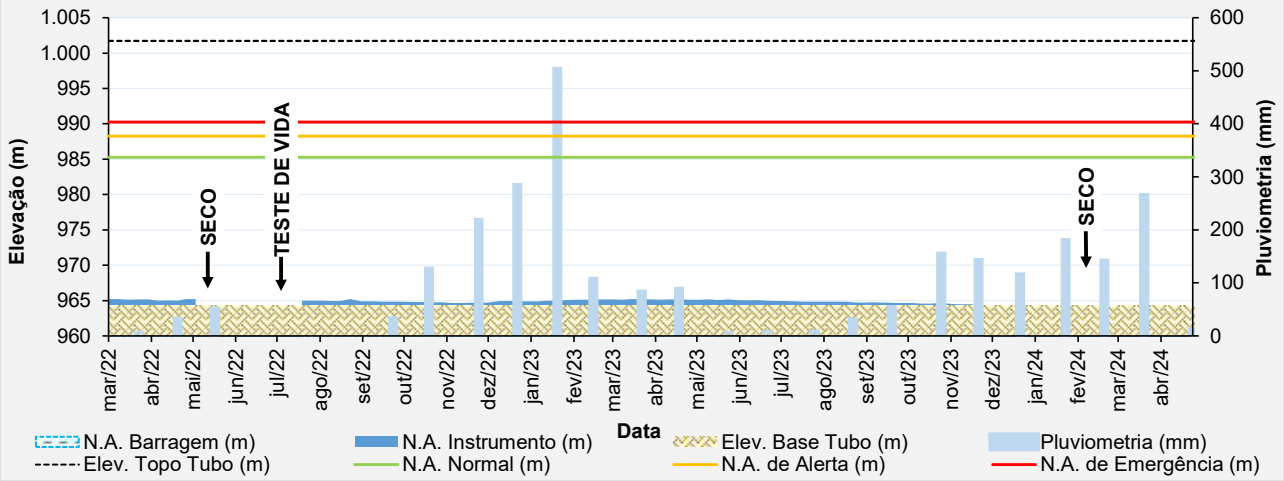


Figura 5.52 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-22.

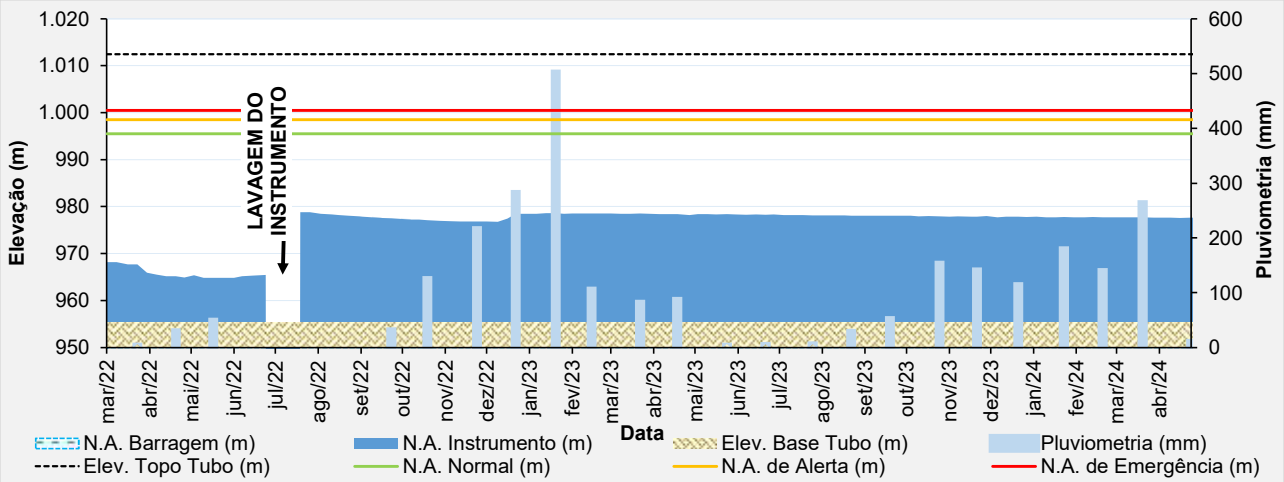


Figura 5.53 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-23.

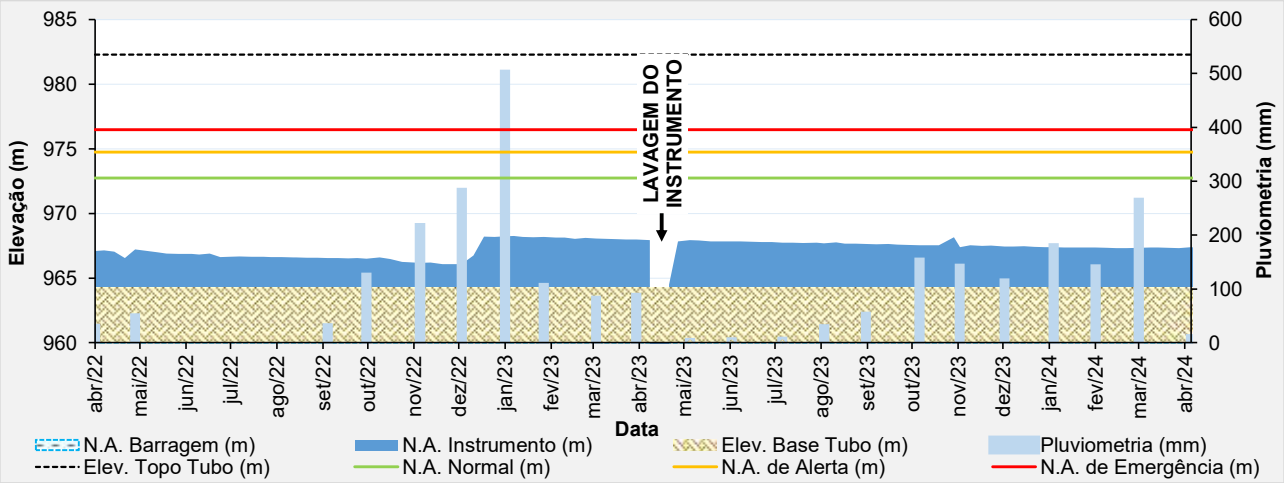


Figura 5.54 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-24.

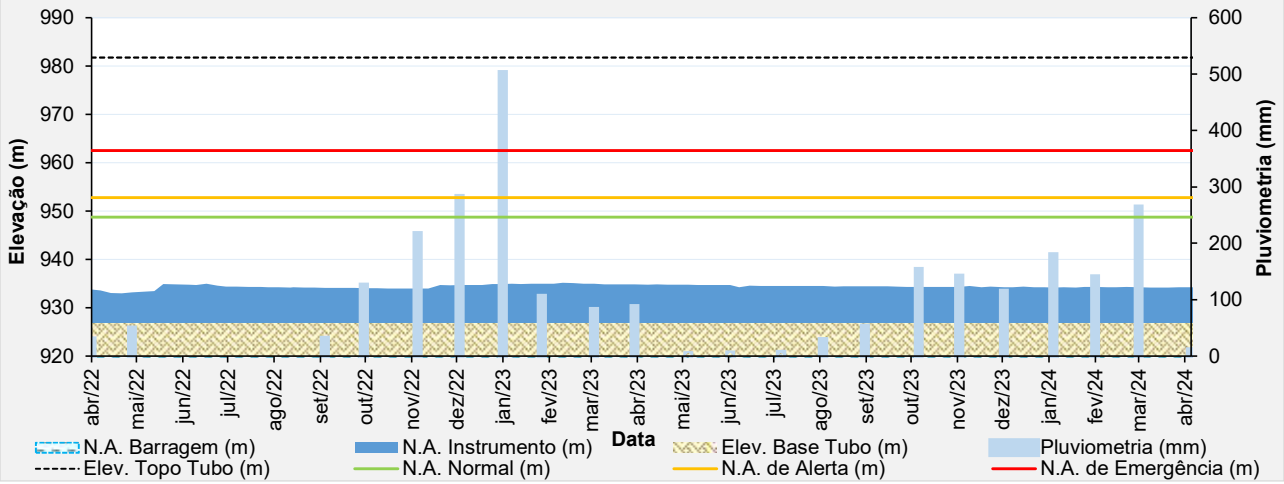


Figura 5.55 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-25.

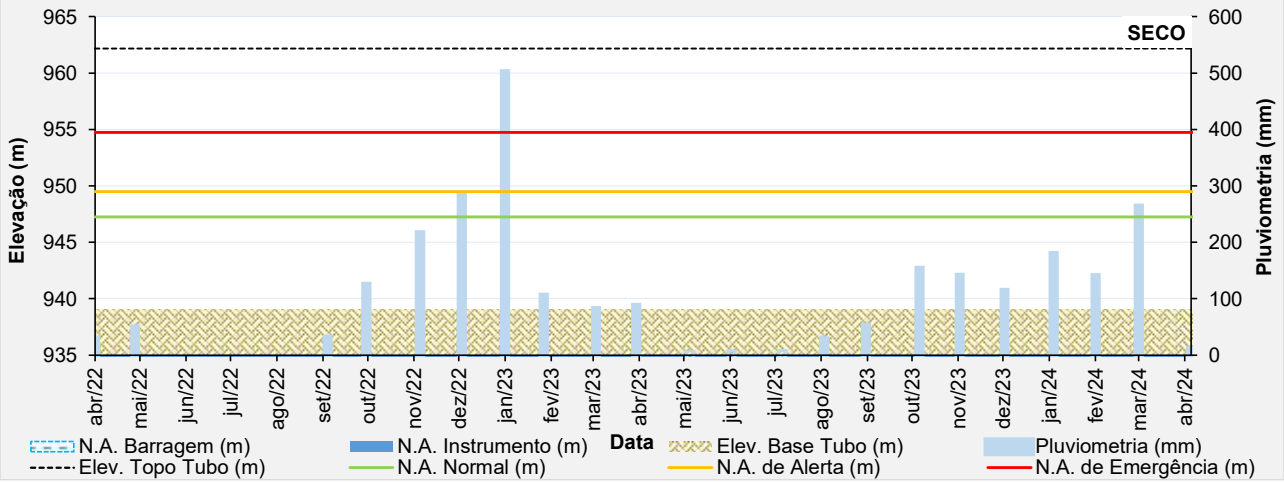


Figura 5.56 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-26.

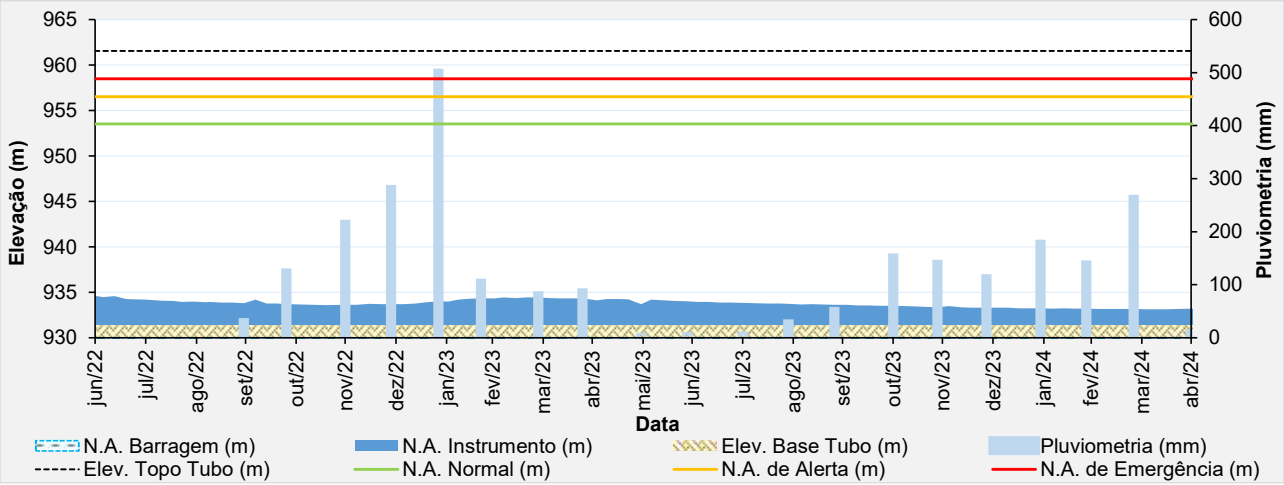


Figura 5.57 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-27.

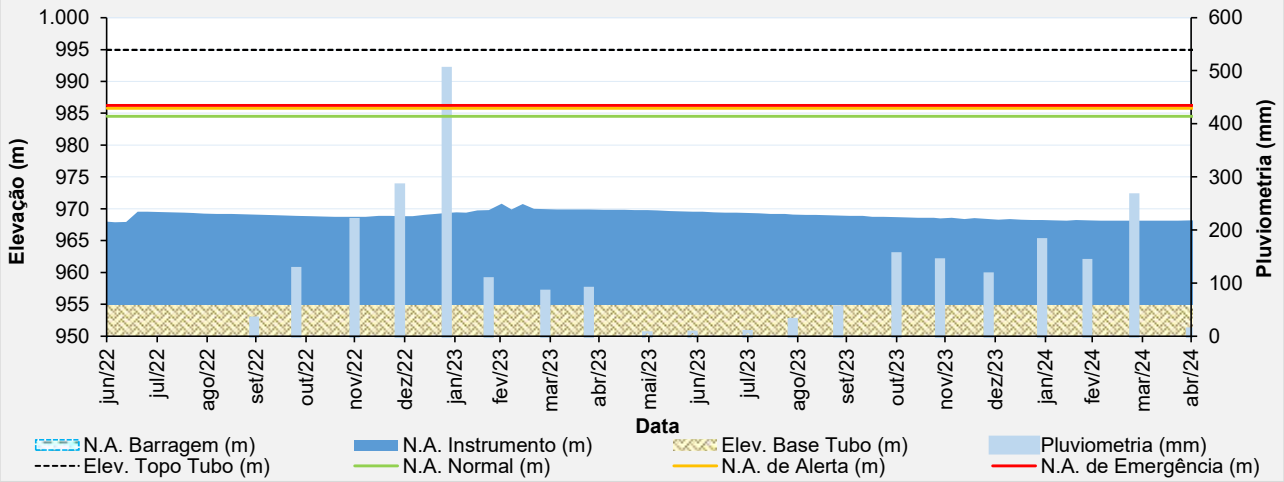


Figura 5.58 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-28.

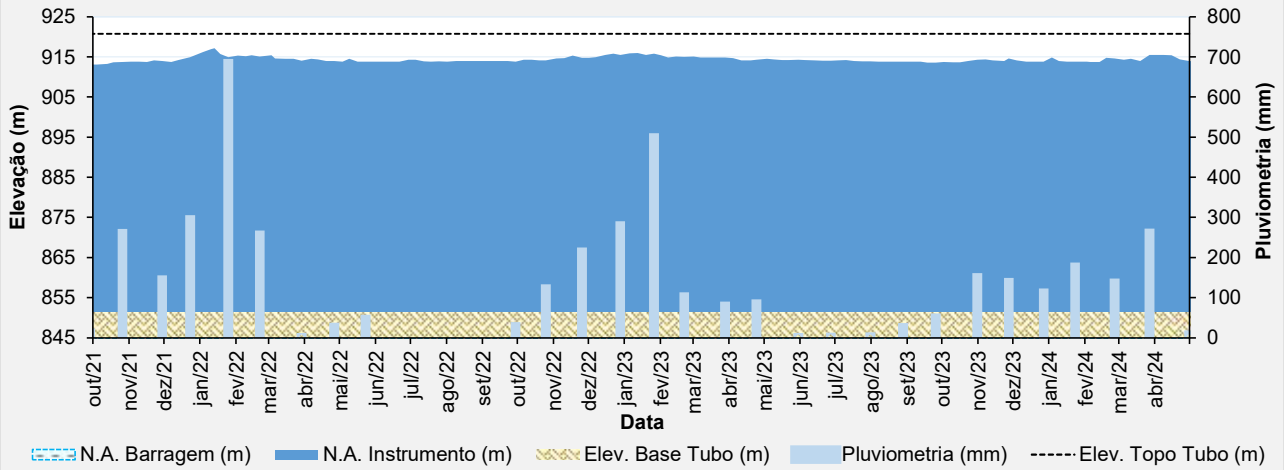


Figura 5.59 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-03 ECO.

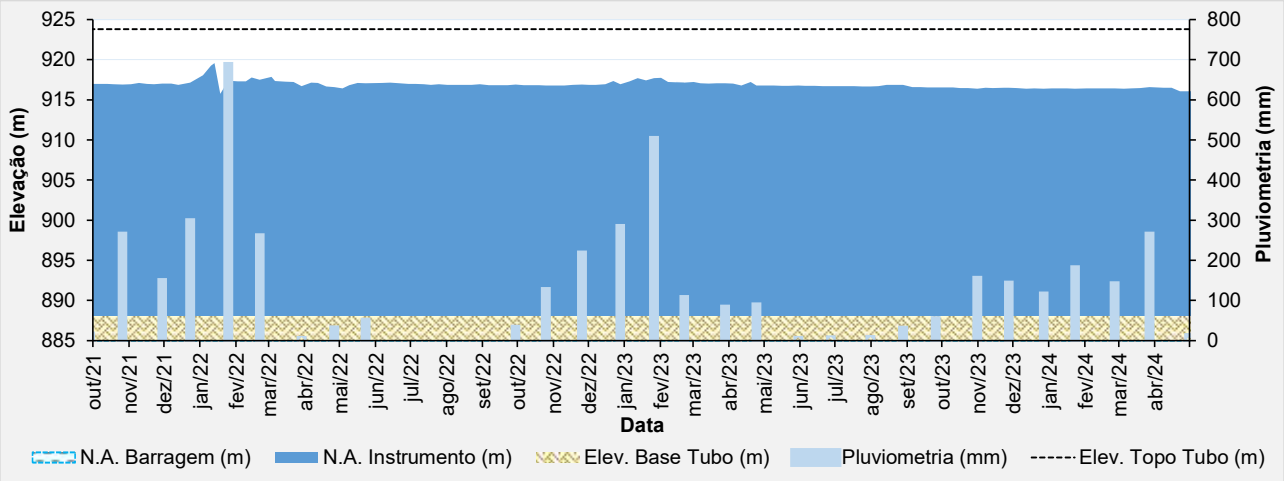


Figura 5.60 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-04 ECO.

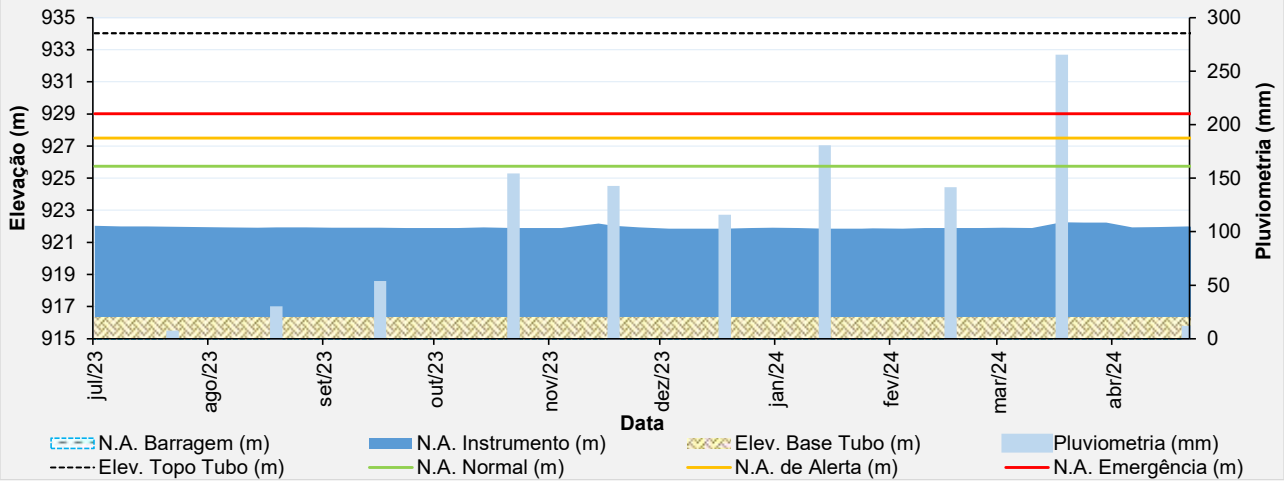


Figura 5.61 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-05 ECO.

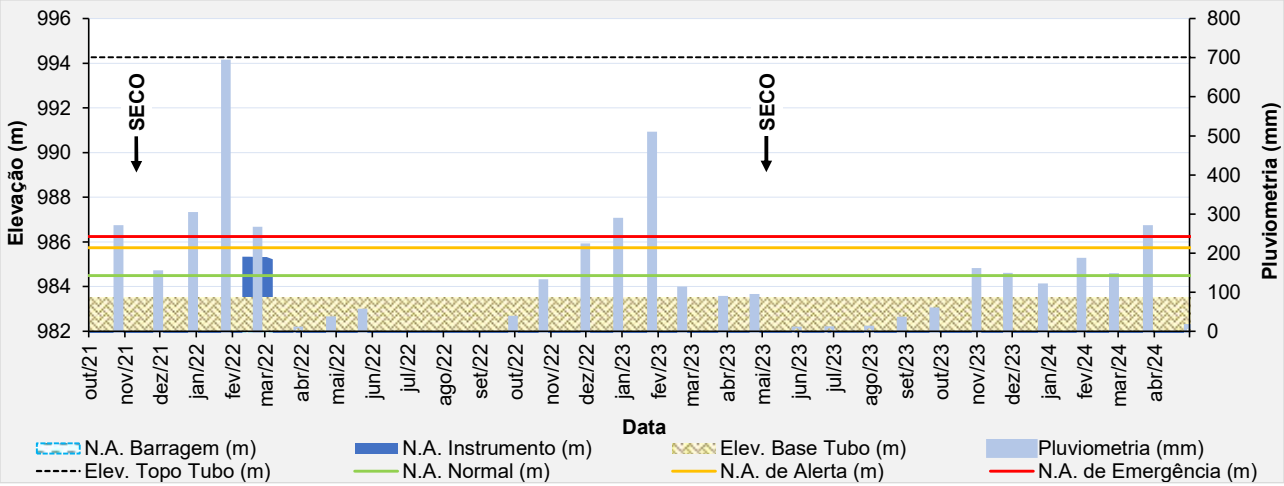


Figura 5.62 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01.

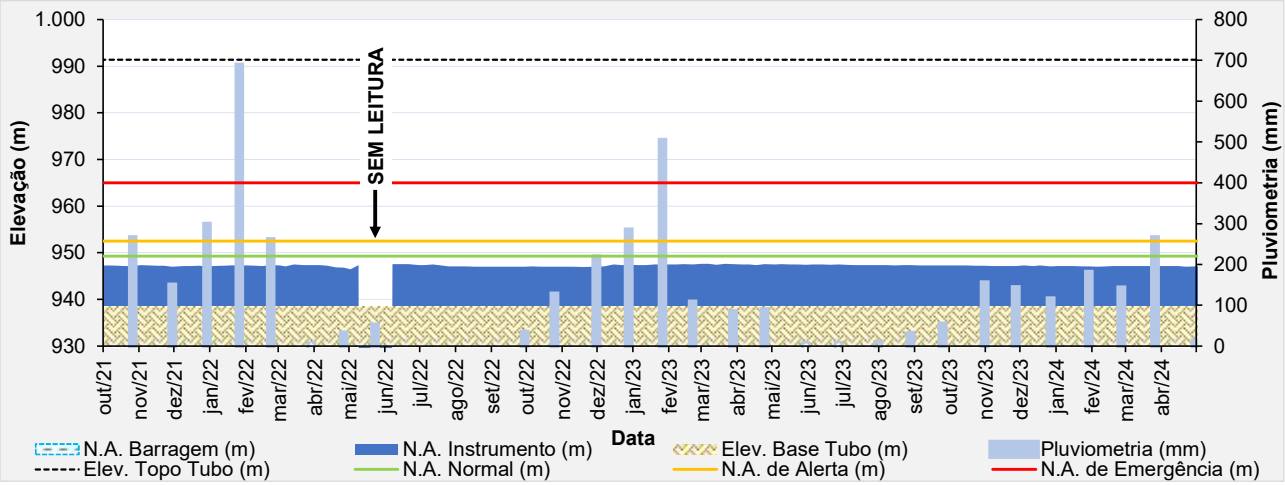


Figura 5.63 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01B.

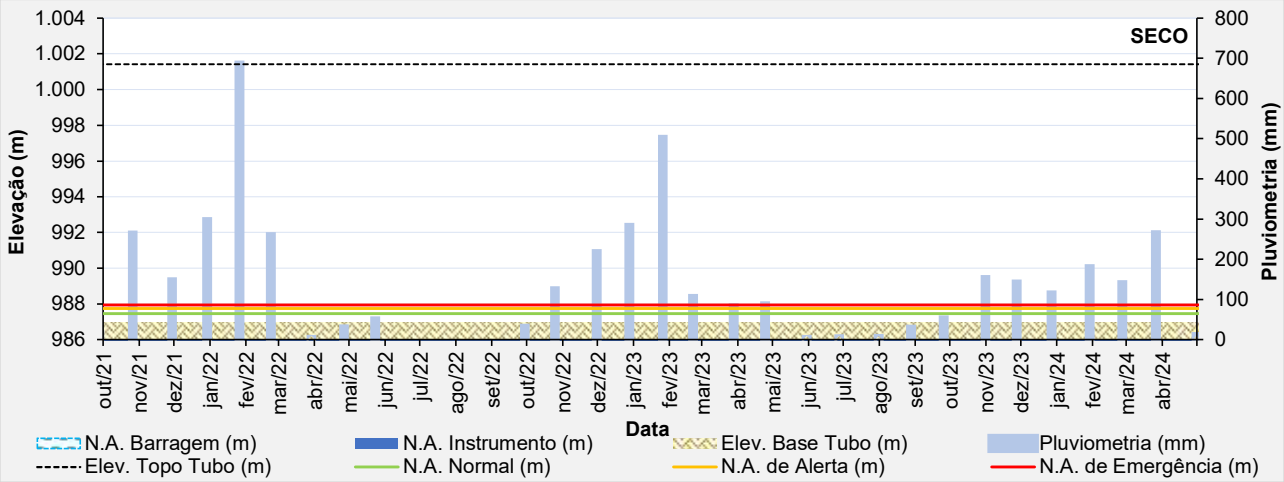


Figura 5.64 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-02.

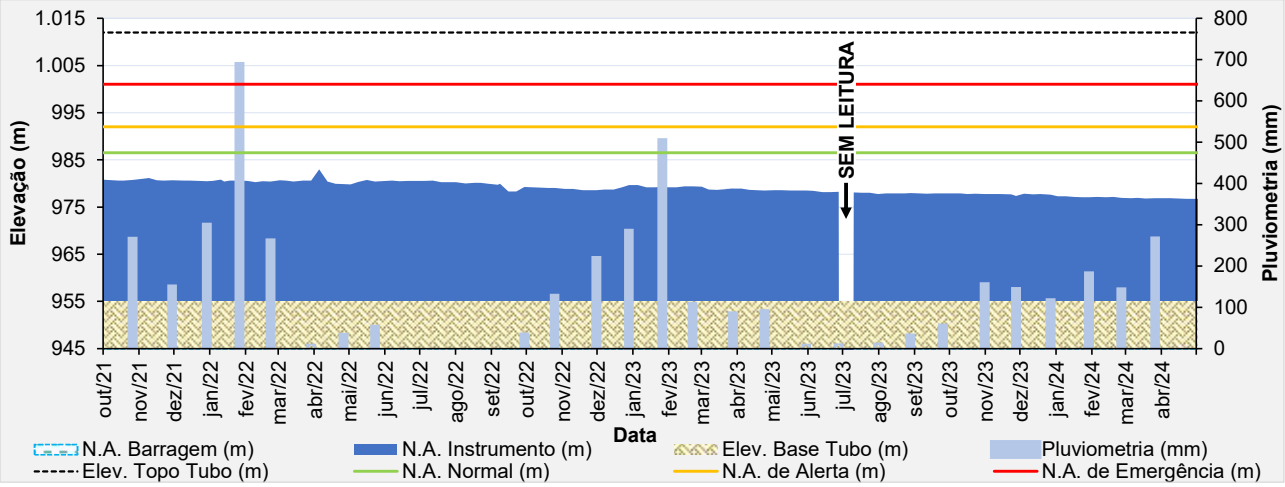


Figura 5.65 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-02B.

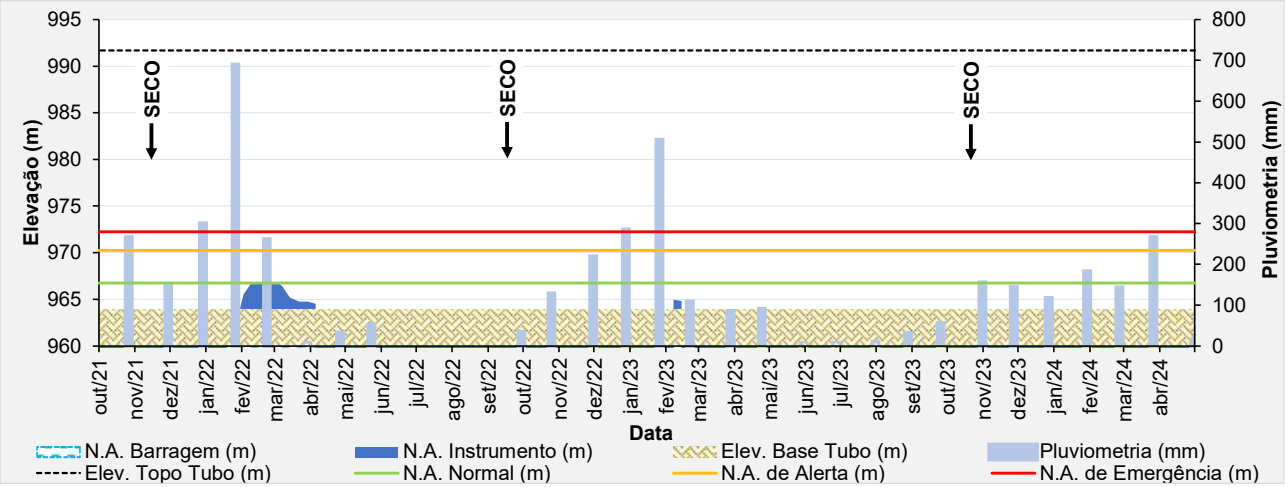


Figura 5.66 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-03.

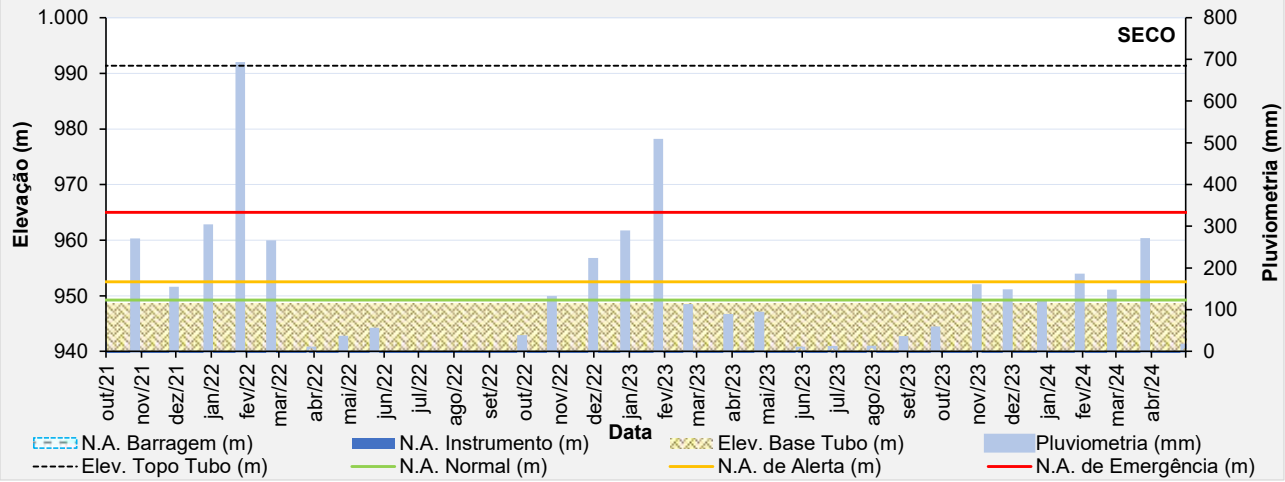


Figura 5.67 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-04.

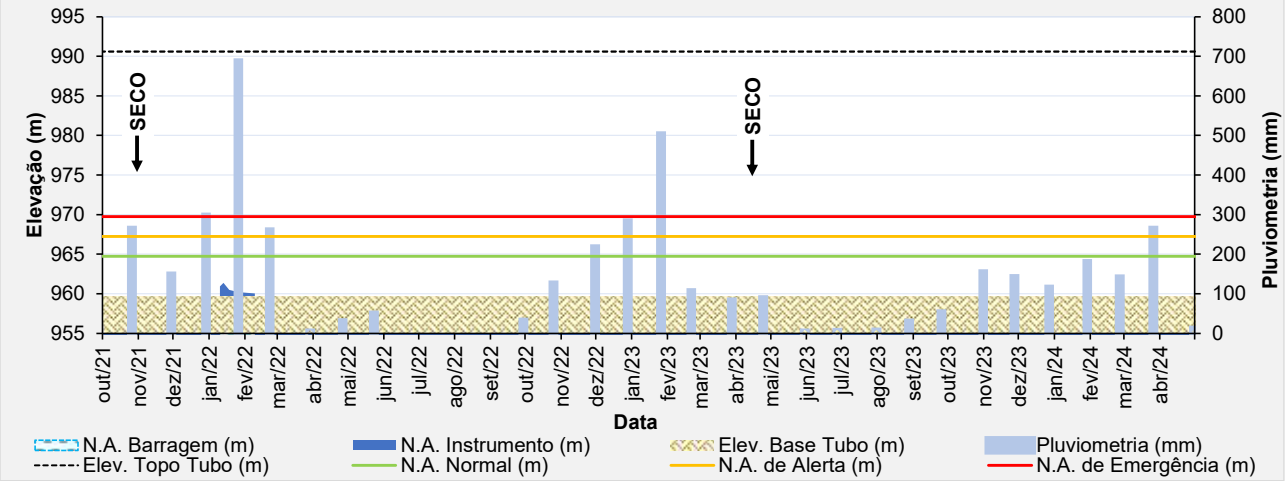


Figura 5.68 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-05.

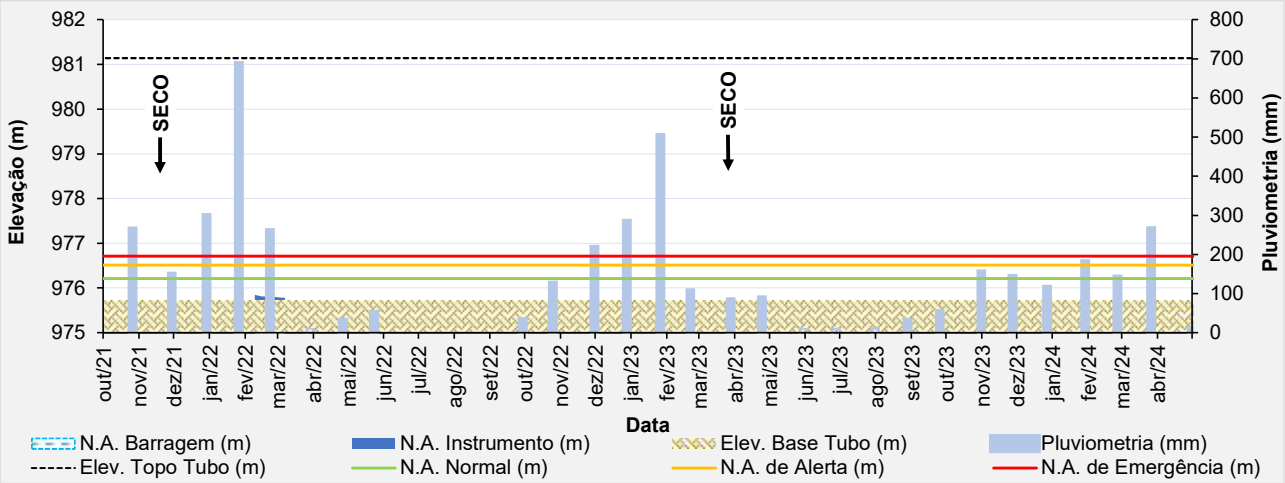


Figura 5.69 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-06.

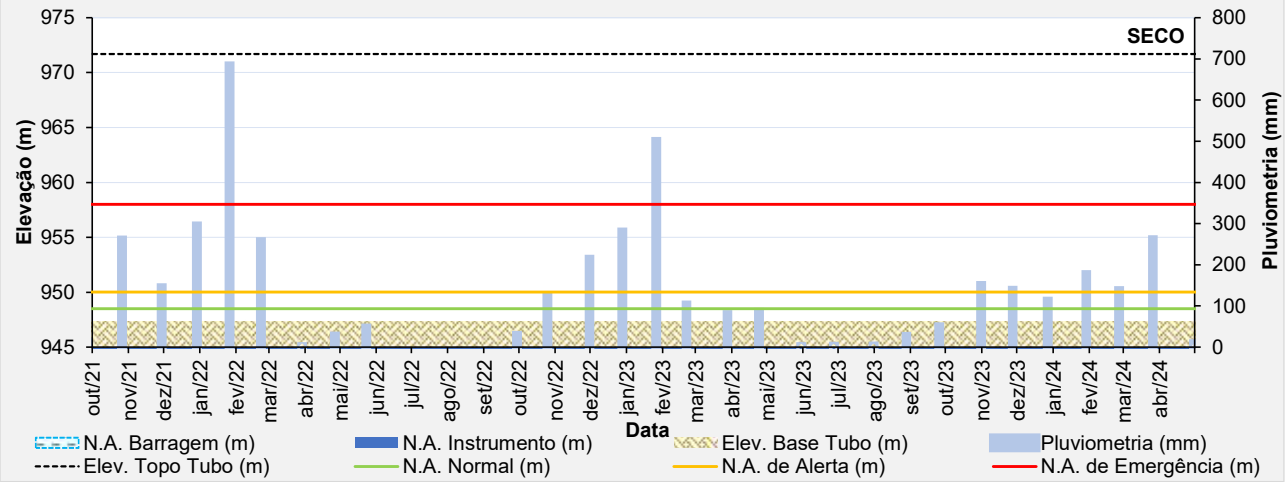


Figura 5.70 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-07.

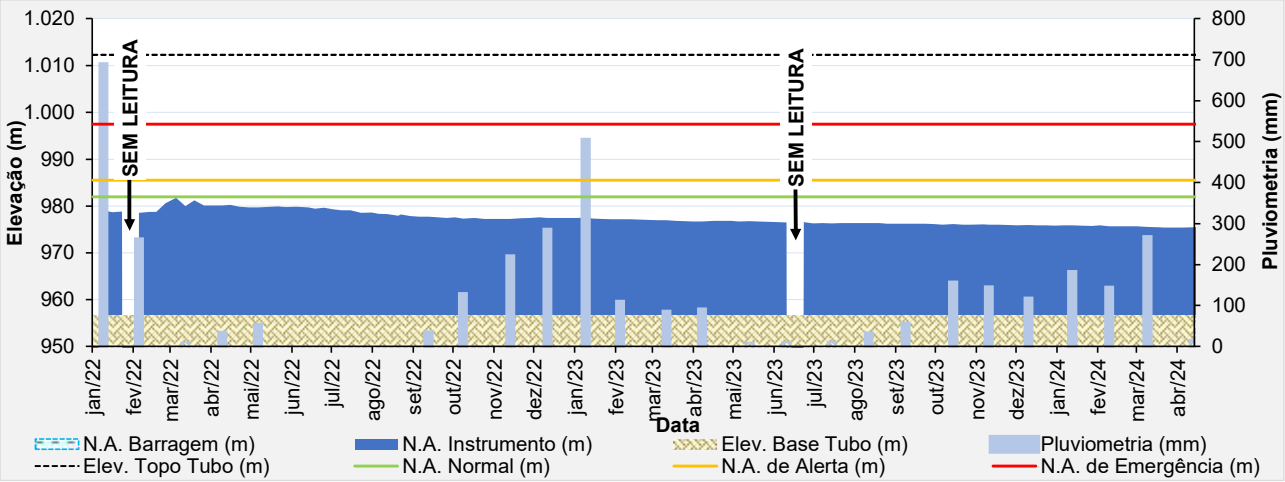


Figura 5.71 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-08.

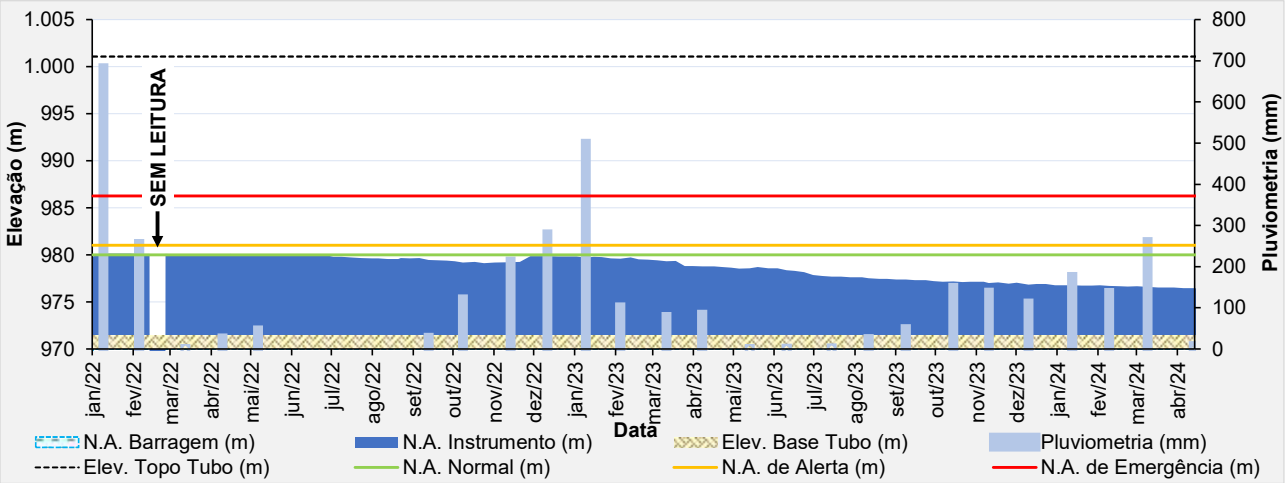


Figura 5.72 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-09.

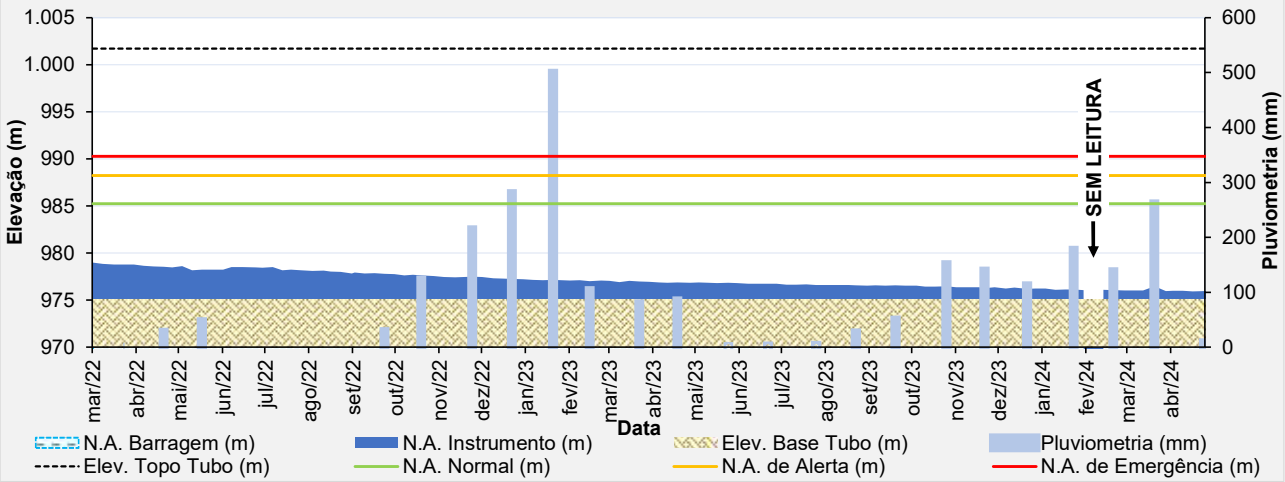


Figura 5.73 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-10.

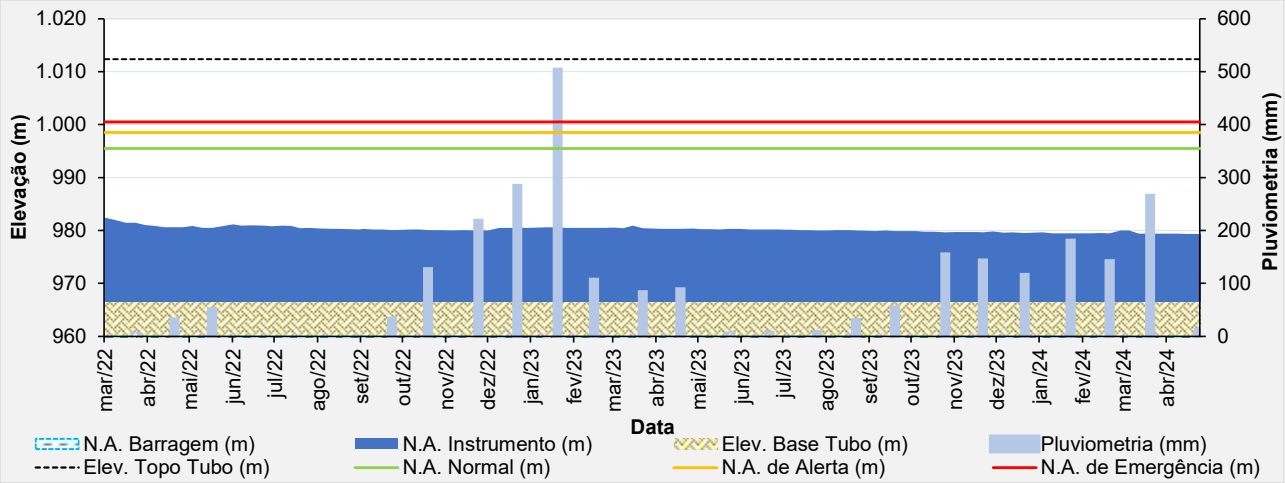


Figura 5.74 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-11.

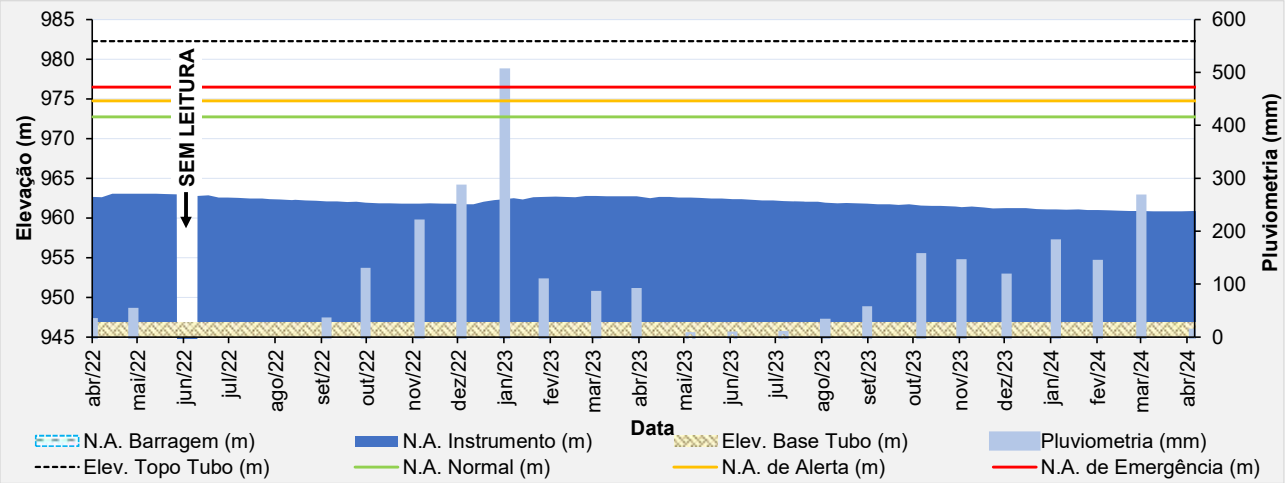


Figura 5.75 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-12.

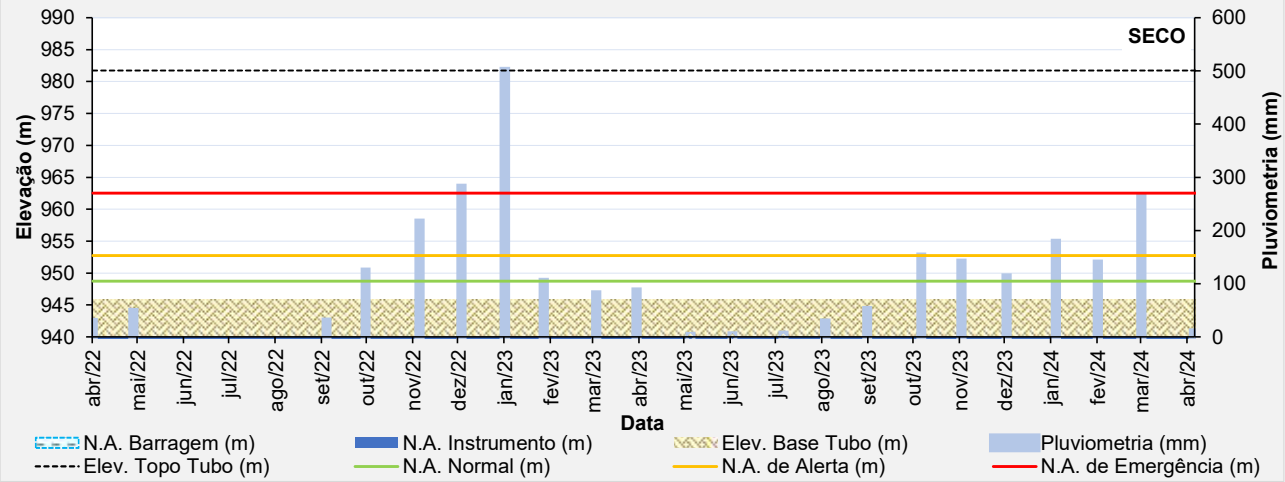


Figura 5.76 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-13.

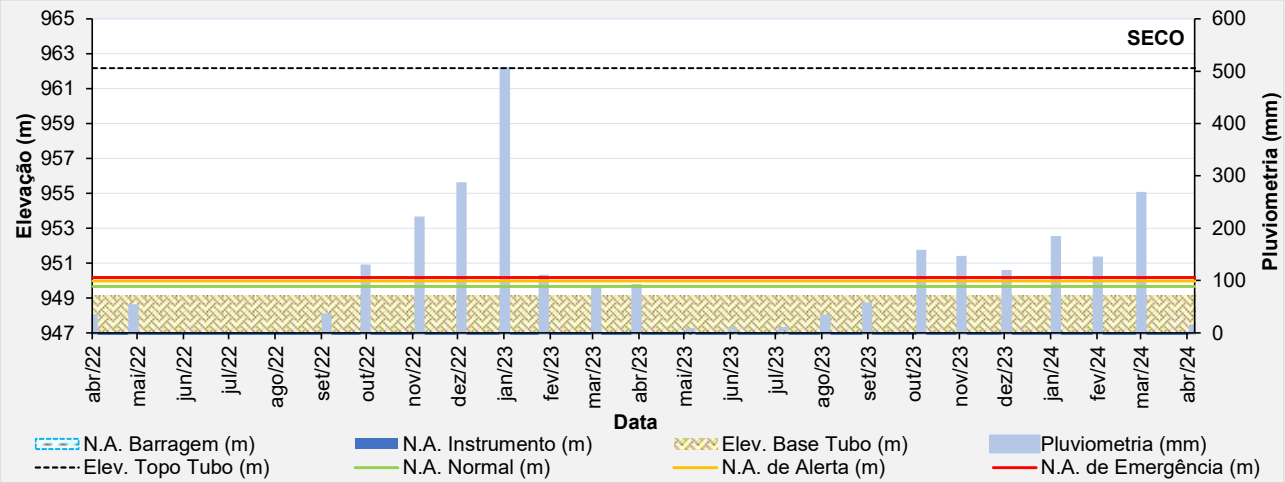


Figura 5.77 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-14.

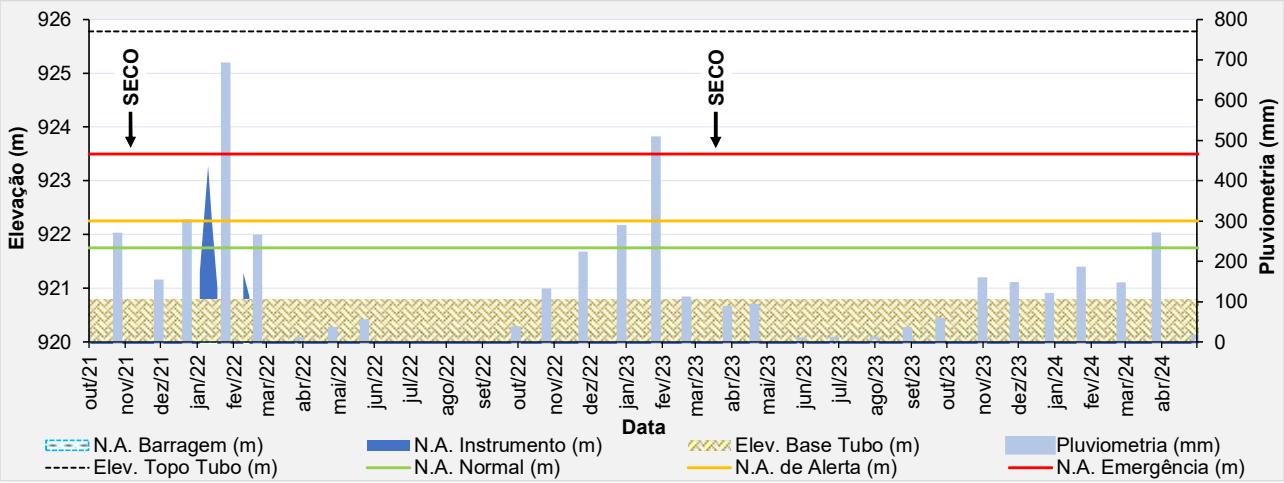


Figura 5.78 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01A ECO.

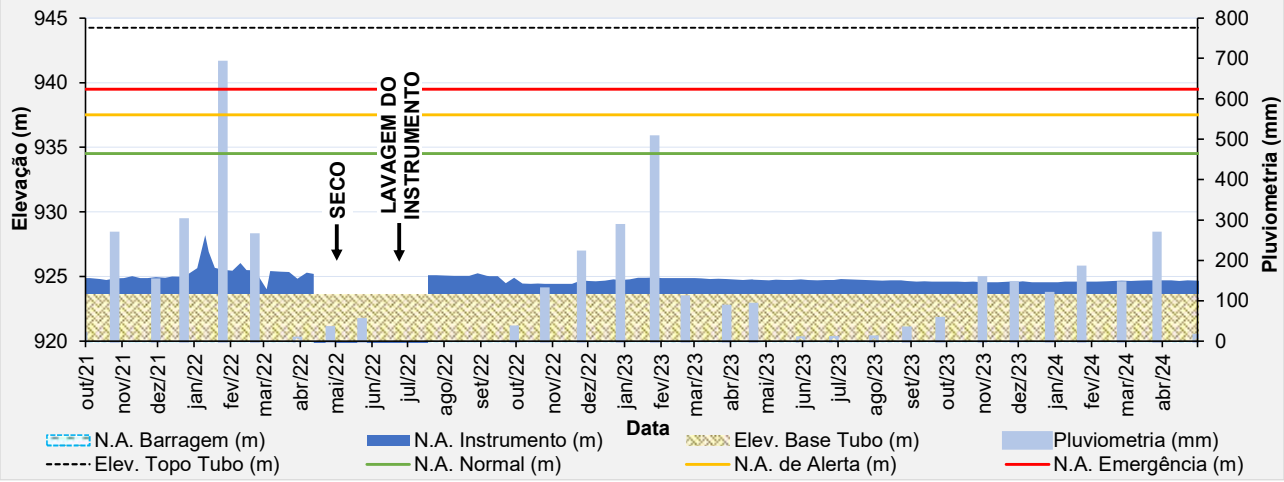


Figura 5.79 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-03 ECO.

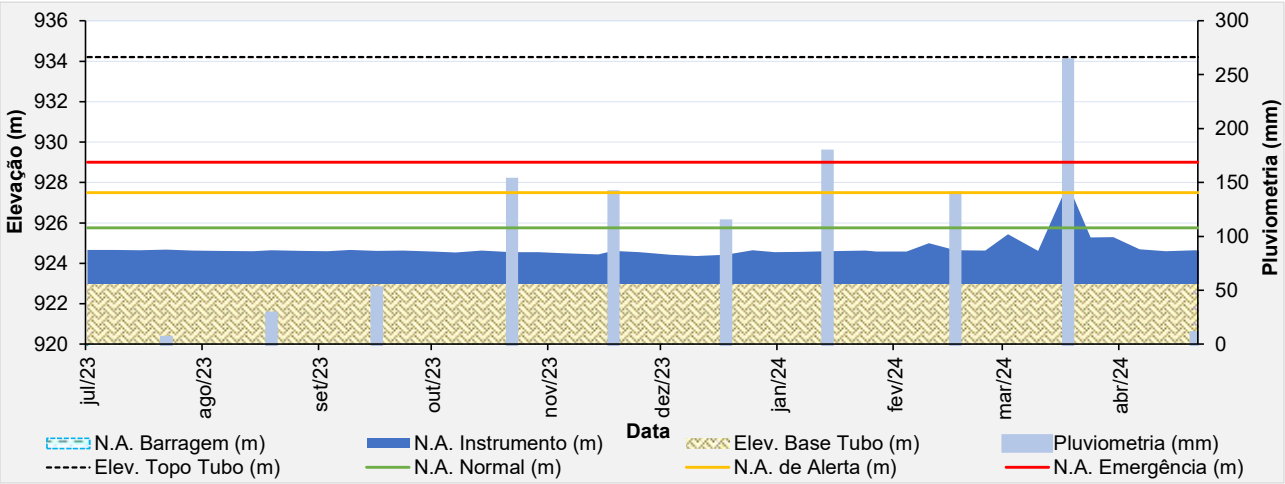


Figura 5.80 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-04 ECO.

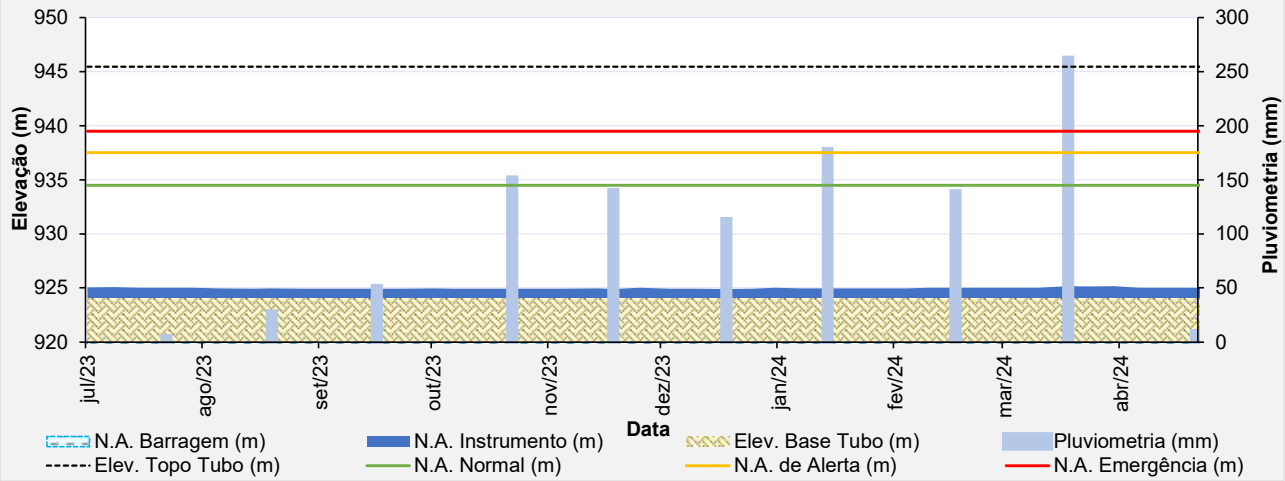


Figura 5.81 – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-05 ECO.

- **Placa Indicadora de Vazão**

As leituras da placa indicadora de vazões tiveram grande oscilação em decorrência de precipitações mais elevadas, tendo um pico de leitura em janeiro de 2023 (07/01/23) de 15,94 m^3/h. Quando se compara o período de fevereiro/24 a abril/24, obteve-se uma média das leituras das vazões igual a 0,67 m^3/h, tendo vazões variando de 0,03 m^3/h até 6,08 m^3/h.

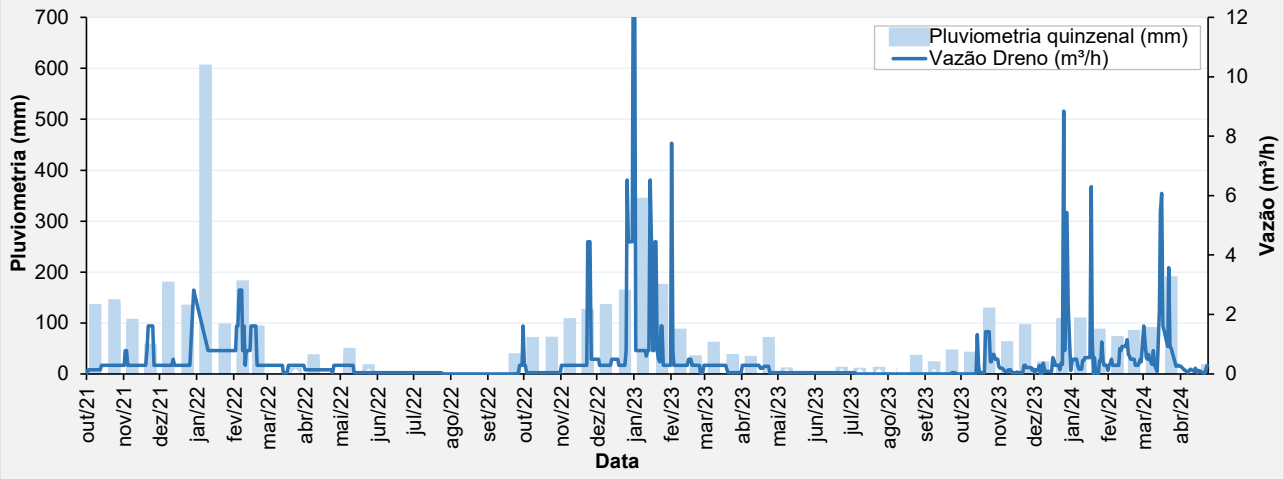


Figura 5.82 – Histórico de leituras da placa indicadora de vazões.

- **Prismas de Monitoramento**

Para controle de deslocamento em superfície, atualmente, existem 70 prismas fixos instalados no maciço da barragem e monitorados por uma estação robótica fixa instalada no terreno natural na ombreira esquerda da barragem como pode ser visto na Figura 5.10.

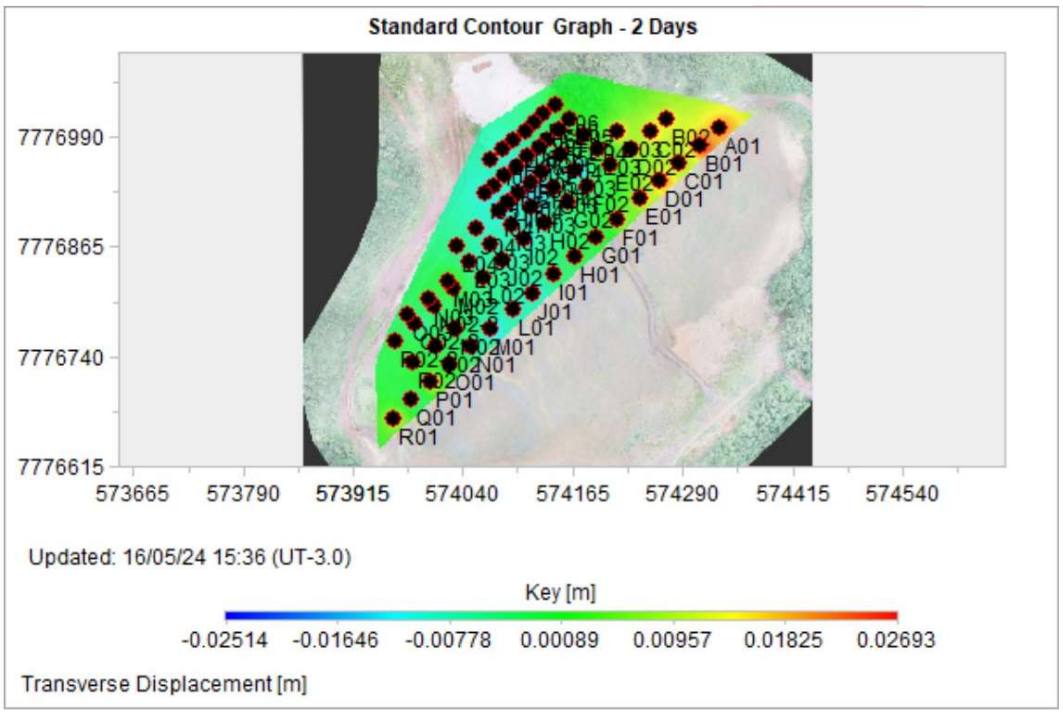


Figura 5.83 – Registros deslocamentos verticais dos prismas.

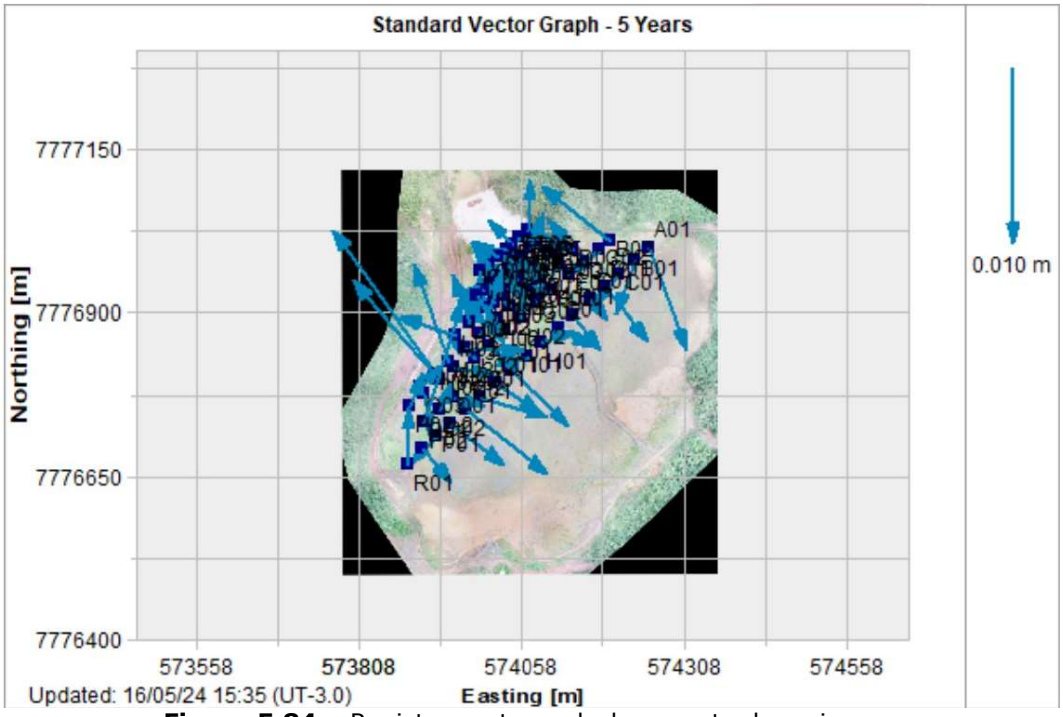


Figura 5.84 – Registros vetores deslocamento dos prismas.

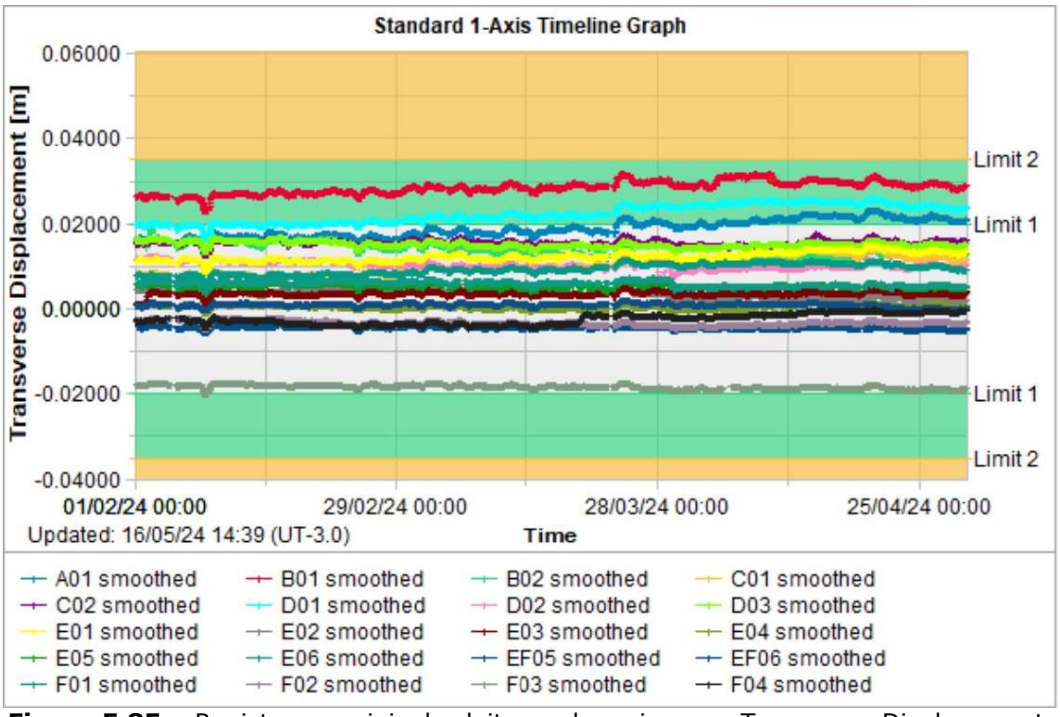


Figura 5.85 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

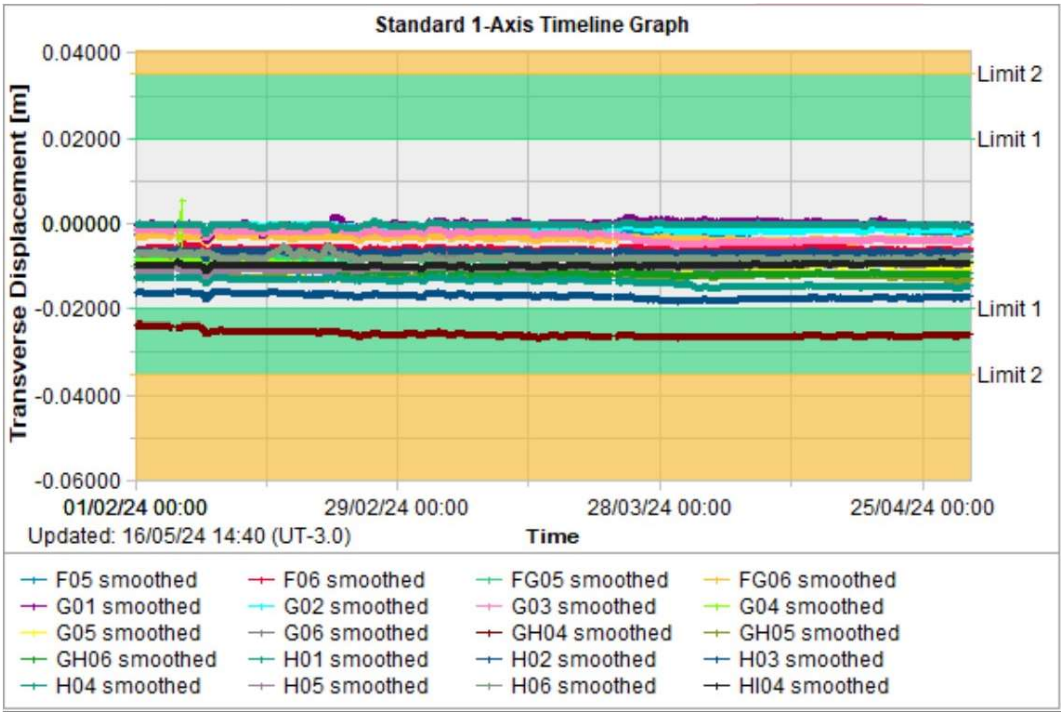


Figura 5.86 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

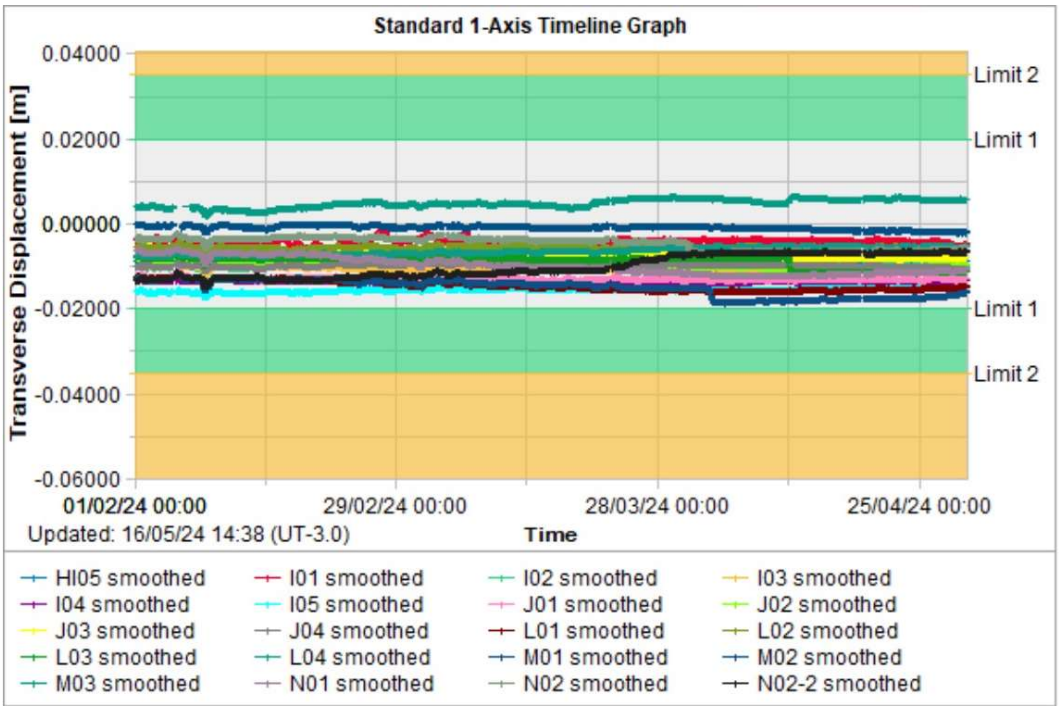


Figura 5.87 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

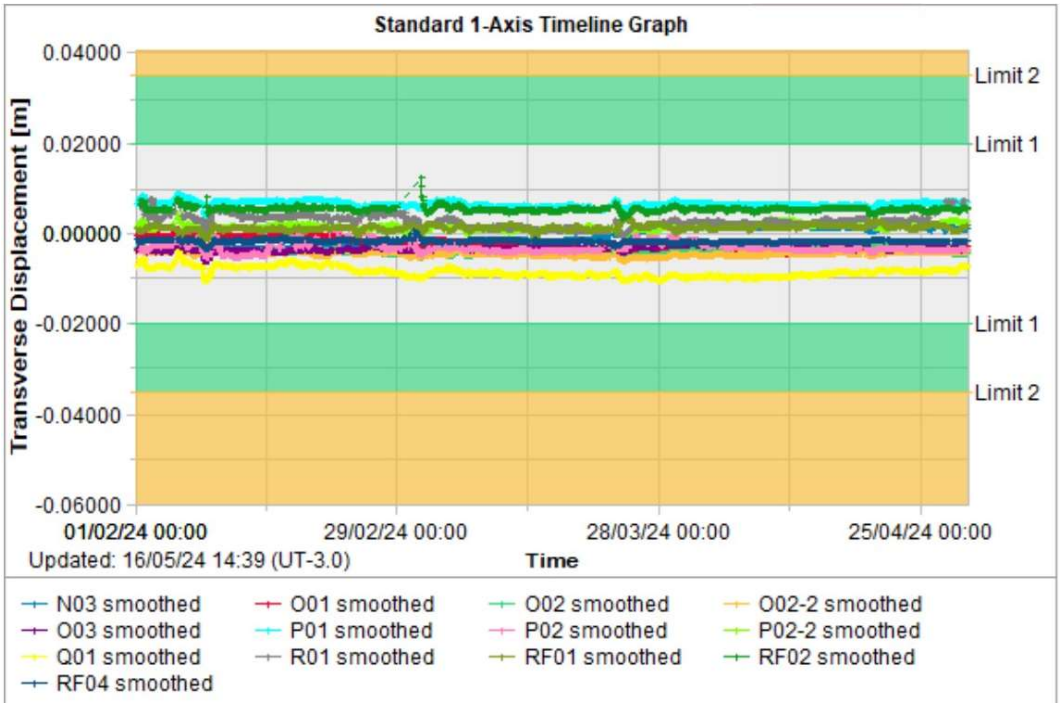


Figura 5.88 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

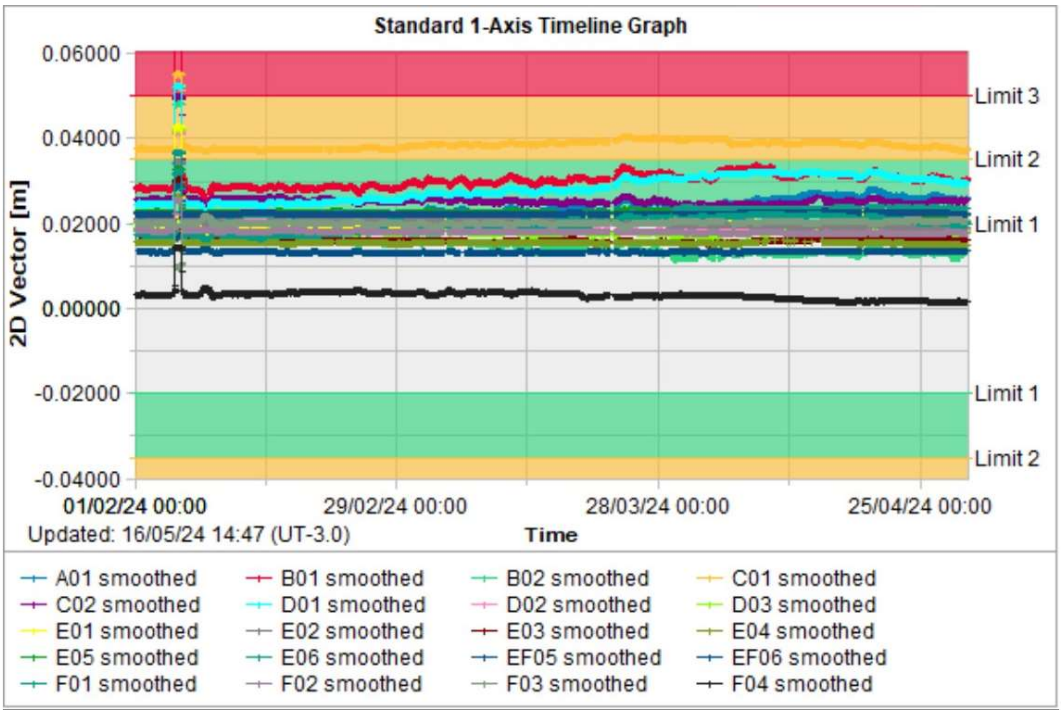


Figura 5.89 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

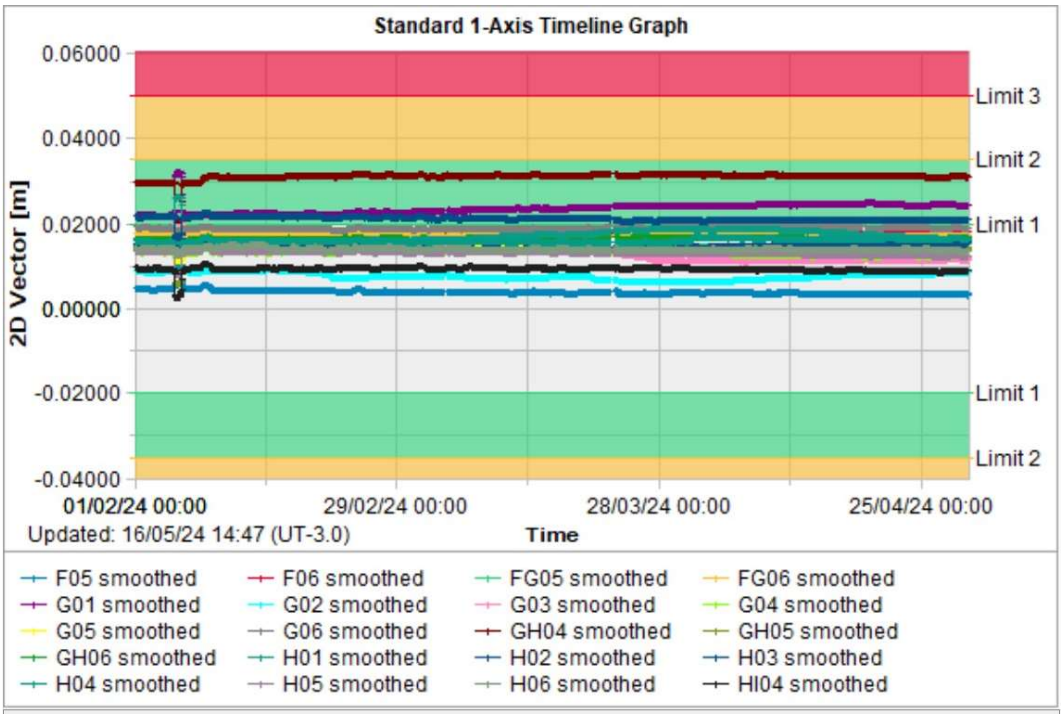


Figura 5.90 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

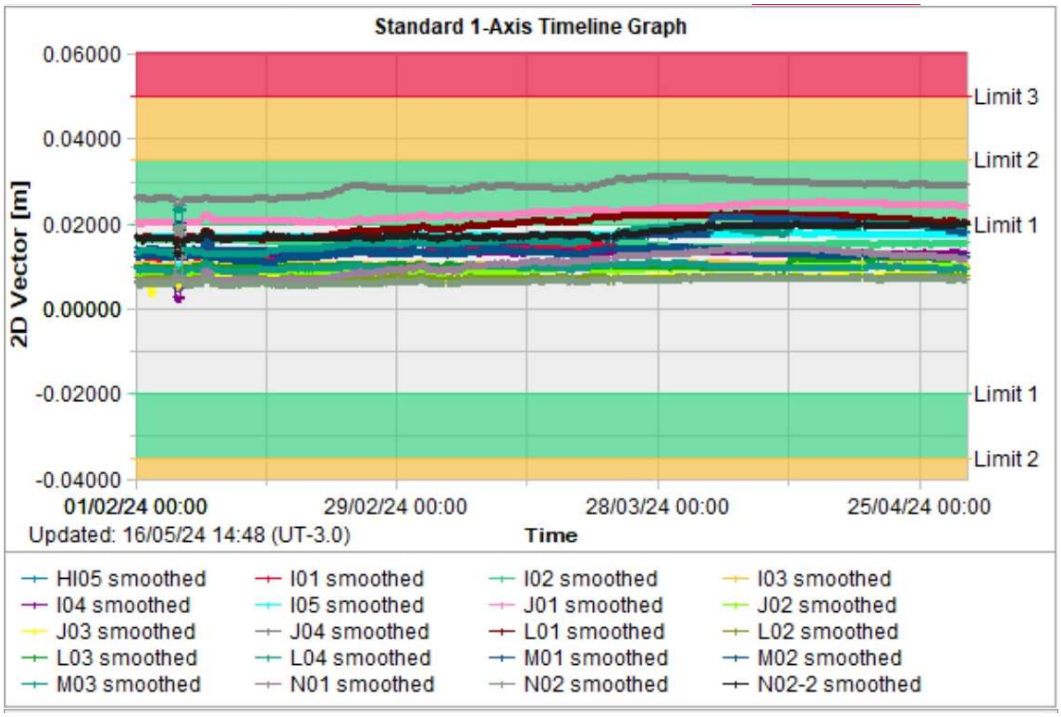


Figura 5.91 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

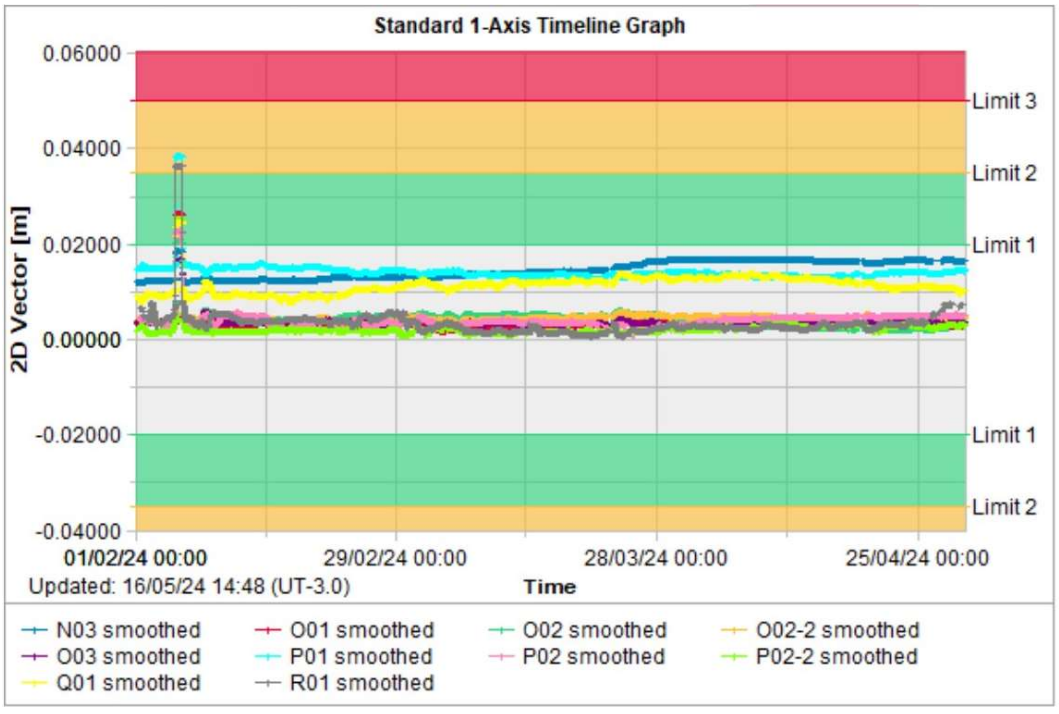


Figura 5.92 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

Verificando o mapa de deslocamentos verticais acumulados, apresentado na Figura 5.83, tem-se uma maior concentração de recalques na porção central do maciço, como esperado, da ordem de 2,0 a 3,0 cm, sendo um valor bem diminuto (0,04%) em relação à altura da estrutura 81,0 m.

Em relação às leituras dos prismas, estas indicam em geral, deslocamentos horizontais acumulados de até 4 cm. Esses valores encontram-se dentro dos parâmetros de normalidade dos instrumentos determinados pela equipe da MMI com a equipe da Leica Geosystems (fornecedora dos equipamentos), porém mantendo-se oscilando em algumas seções, dentro dos limites 1 e 2 (verde e laranja).

- **Marcos de Controle de Deslocamento**

Atualmente na barragem existem 4 marcos de controle de deslocamento instalados na estrutura, como pode ser visto na Tabela 5.2.

Na 1ª quinzena de outubro de 2023, a equipe de topografia da MMI informou que foi realizada a calibração das estações totais e dessa forma foi necessário o recadastramento das hastes com as leituras do dia 11/10/2023.

A partir da análise das leituras dos marcos de controle pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Os valores acumulados observados, horizontais menores que 7 mm e verticais menores que 6 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura ("serrilhado"), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão. A última leitura dos deslocamentos dos marcos superficiais no período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024) foi realizada no dia 11/04/2024, porém não foi realizada a aferição do marco MS-05.

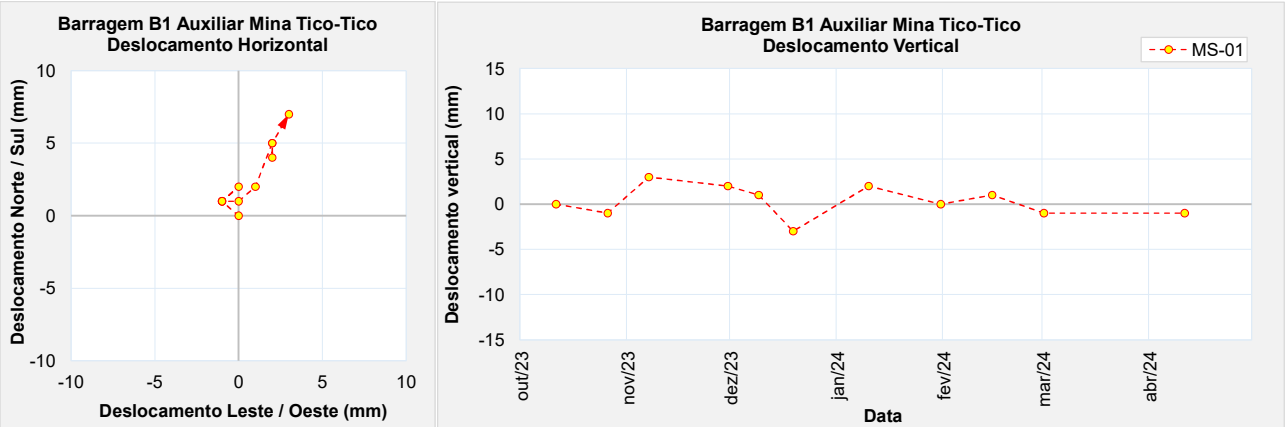


Figura 5.93 – Marco de controle de deformação – MS-01.

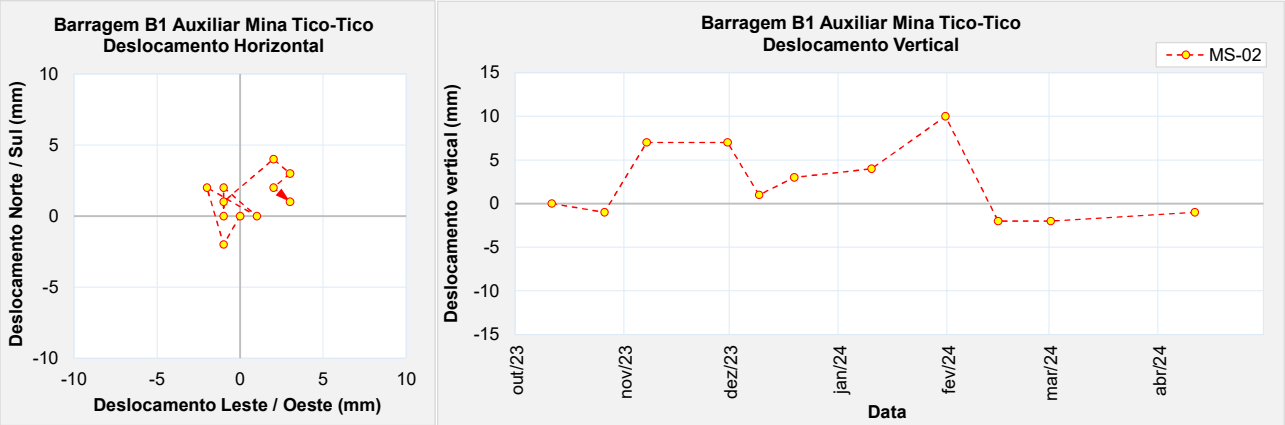


Figura 5.94 – Marco de controle de deformação – MS-02.

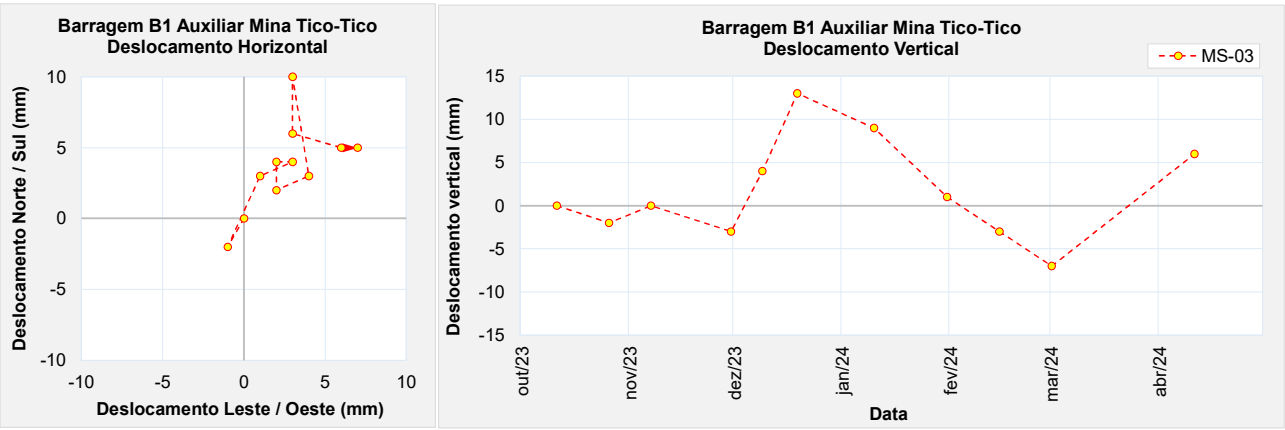


Figura 5.95 – Marco de controle de deformação – MS-03.

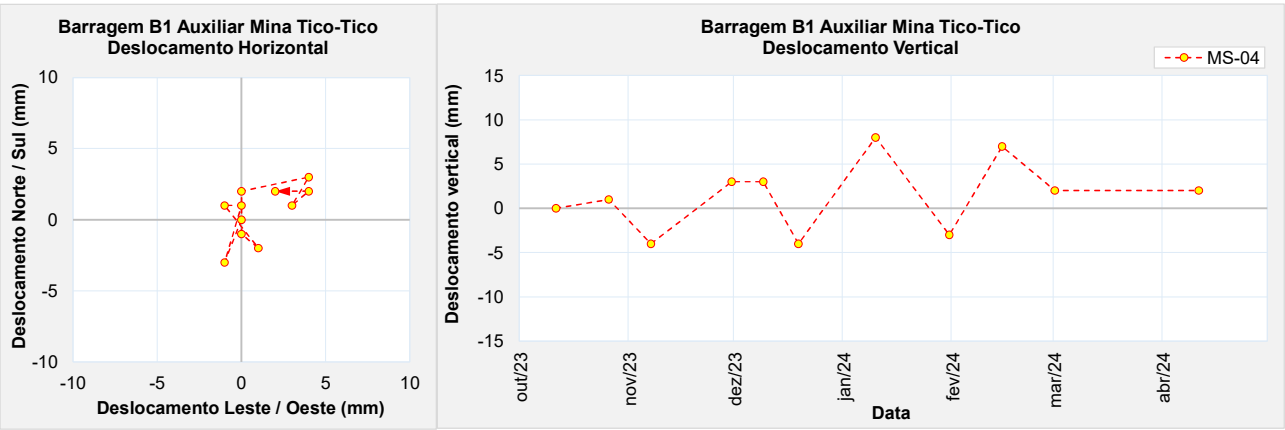


Figura 5.96 – Marco de controle de deformação – MS-04.

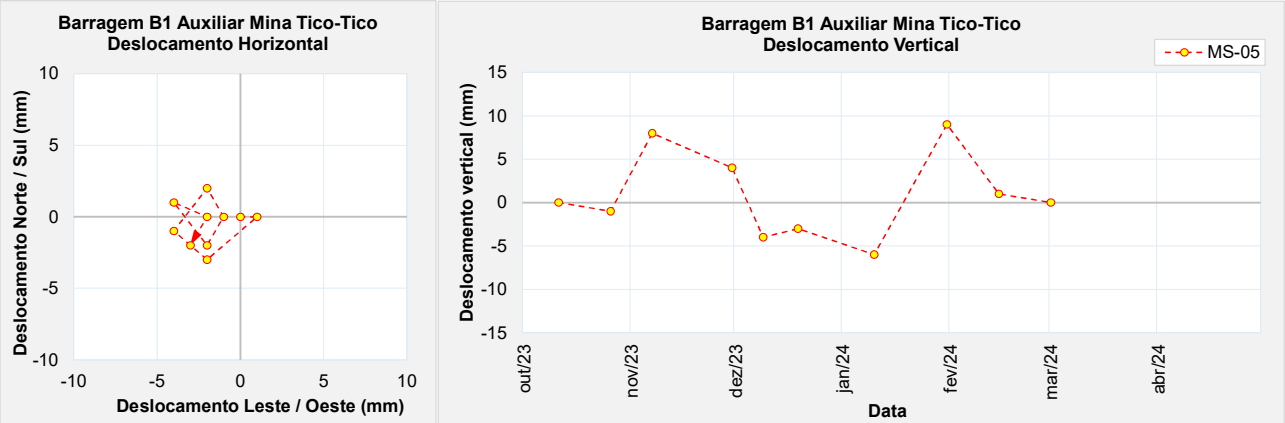


Figura 5.97 – Marco de controle de deformação – MS-05.

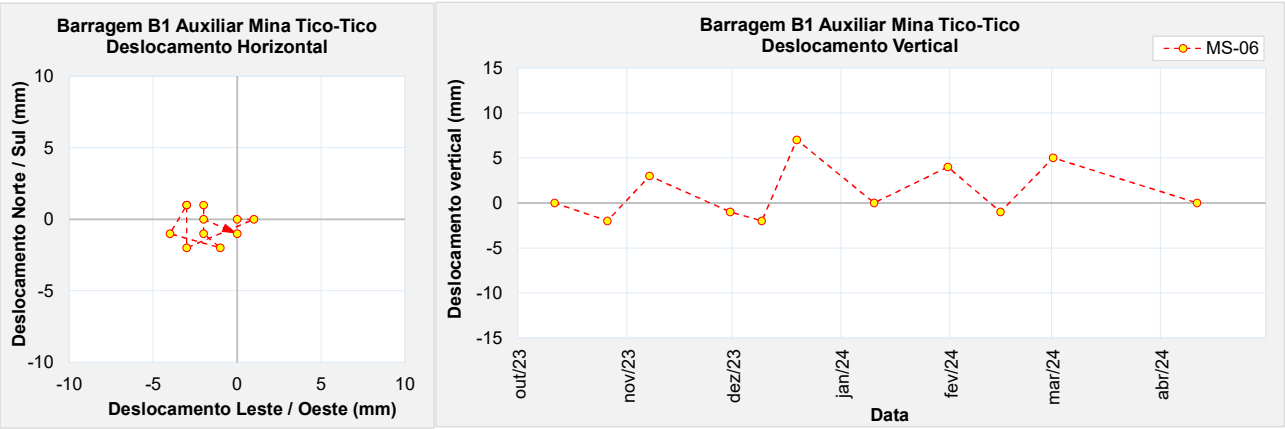


Figura 5.98 – Marco de controle de deformação – MS-06.

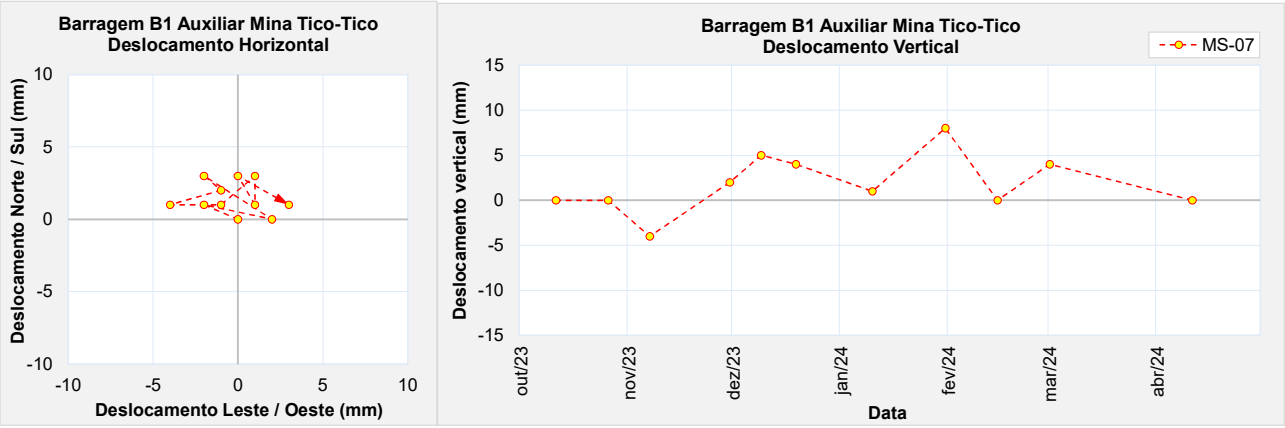


Figura 5.99 – Marco de controle de deformação – MS-07.

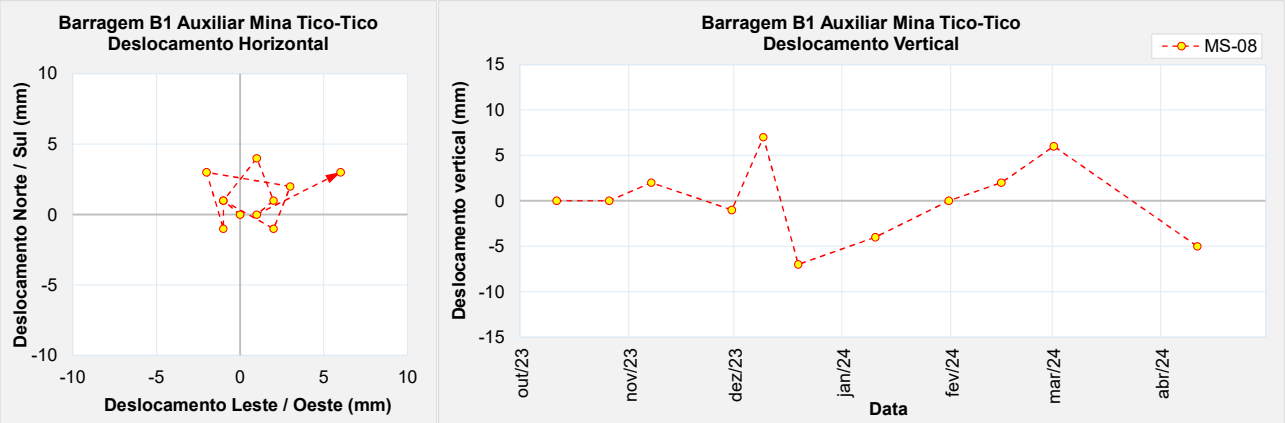


Figura 5.100 – Marco de controle de deformação – MS-08.

- **Inclinômetros**

Os dois inclinômetros instalados na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico estão sendo monitorados semanalmente pela equipe da MMI. As figuras a seguir mostram as leituras a com as deflexões acumuladas para os instrumentos até a data de 23/04/24, tanto para deslocamentos horizontais (N – Montante Jusante e E – ombreira a ombreira), quanto para deslocamentos em relação a coordenadas polares.

Os gráficos de deslocamentos acumulados aparentes, tanto para deslocamentos horizontais, quanto em relação a coordenadas polares, são praticamente coincidentes, tanto para o IC-01 quanto para o IC-02, demonstrando que não ocorreram movimentações horizontais em subsuperfície significativas.

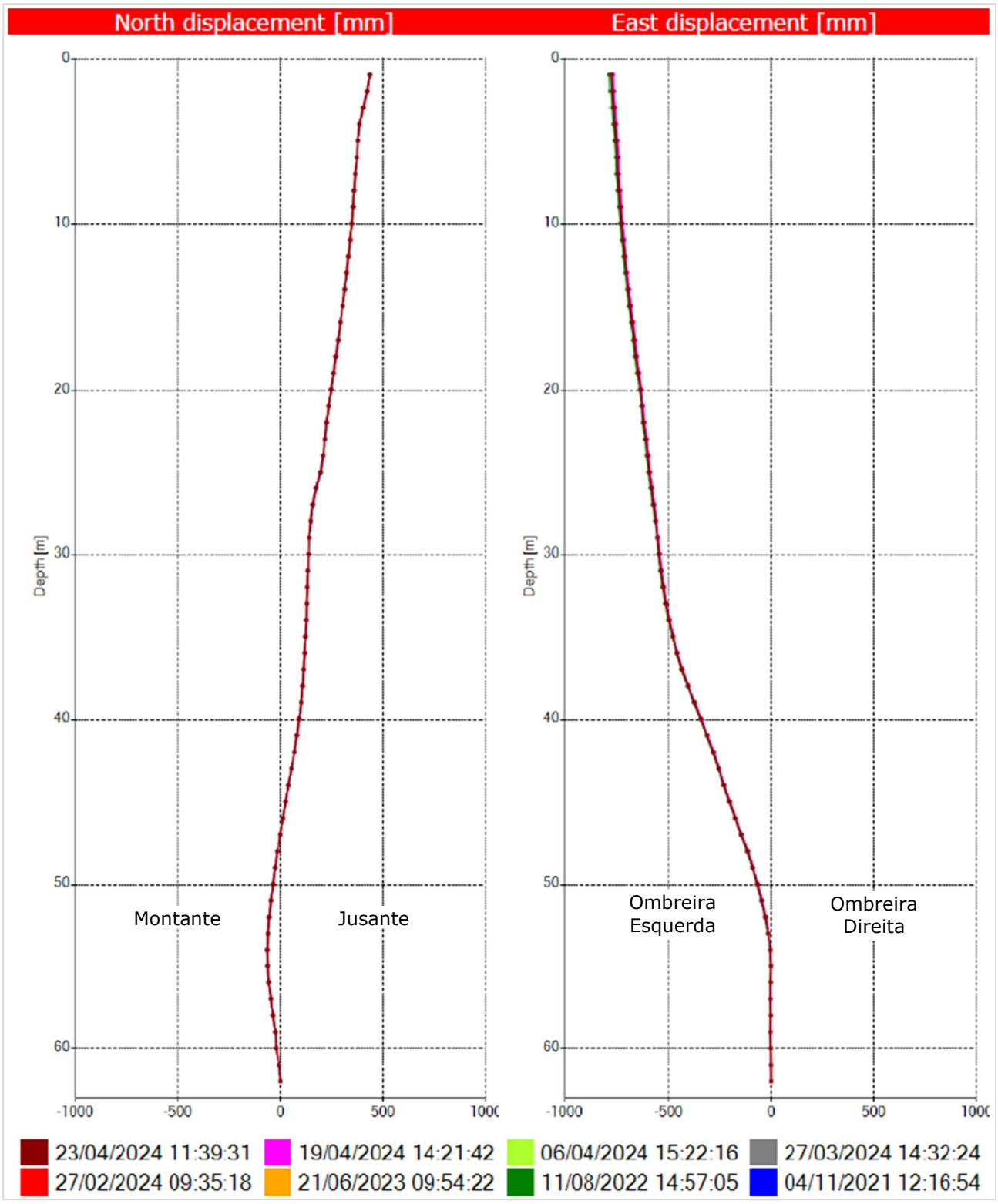


Figura 5.101 – Deslocamentos horizontais acumulados do INC-01 (ref. 23/04/2024).

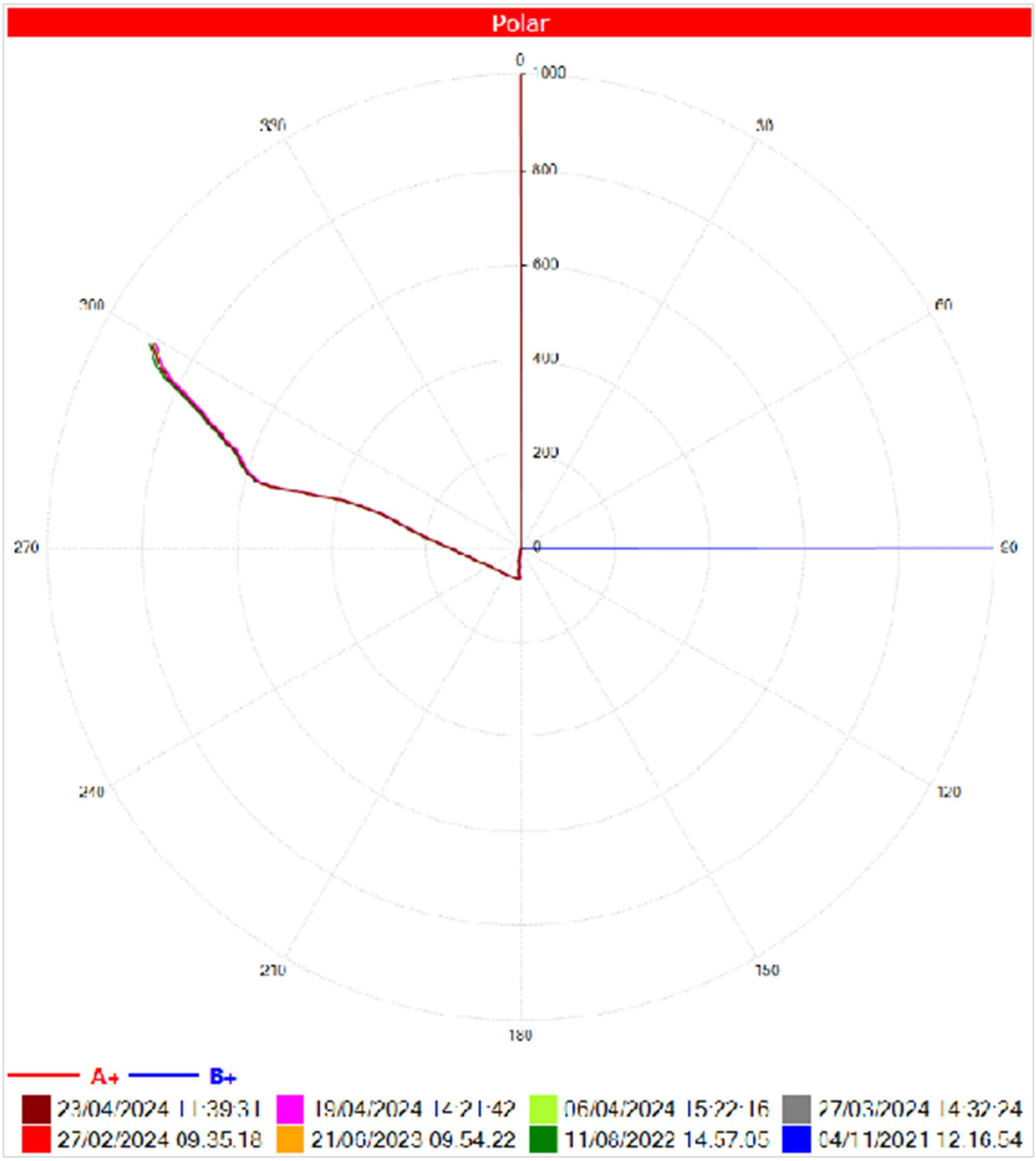


Figura 5.102 – Deslocamentos em relação a coordenadas polares acumulados do INC-01 (ref. 23/04/2024).

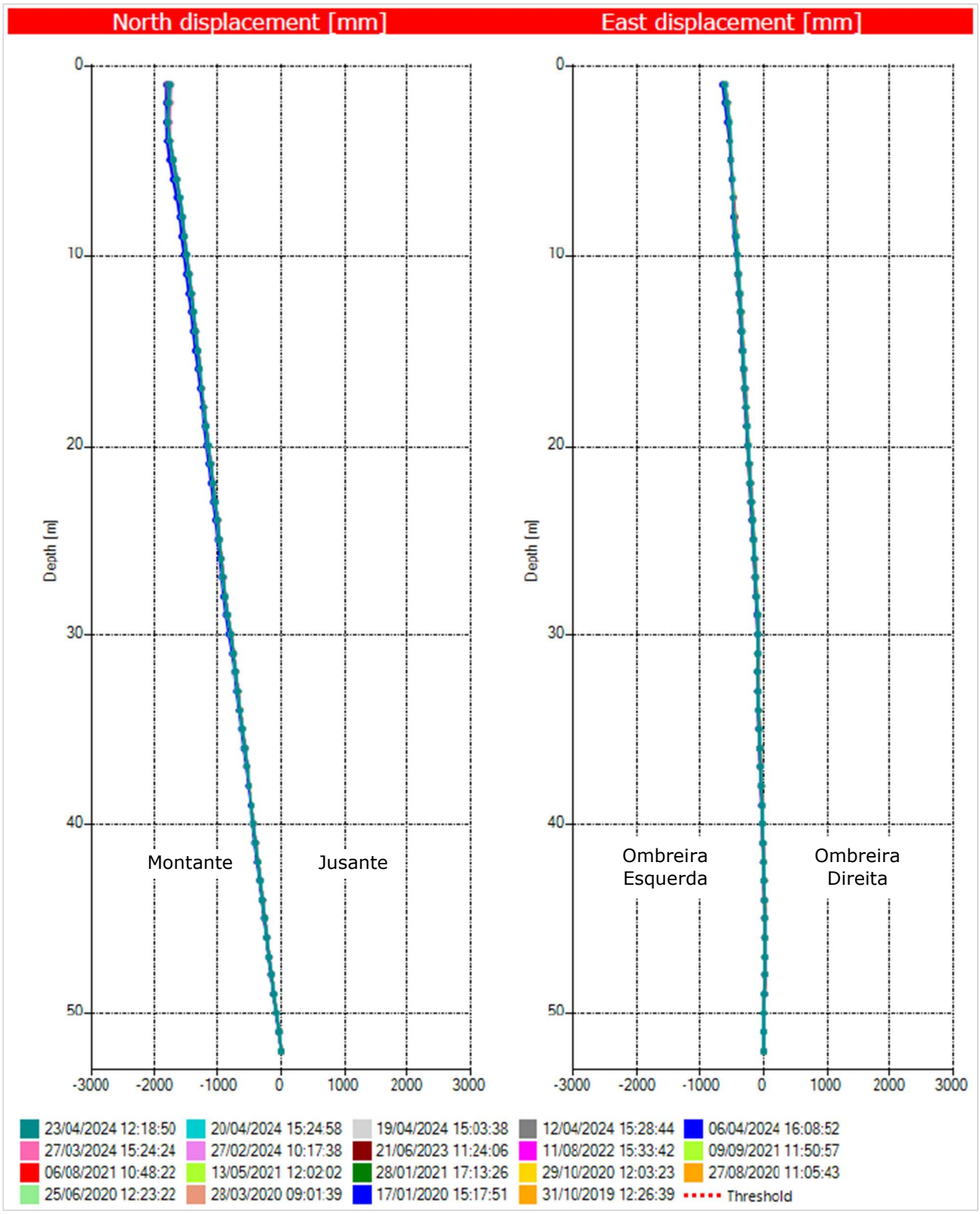


Figura 5.103 – Deslocamentos horizontais acumulados do INC-02 (ref. 23/04/2024).

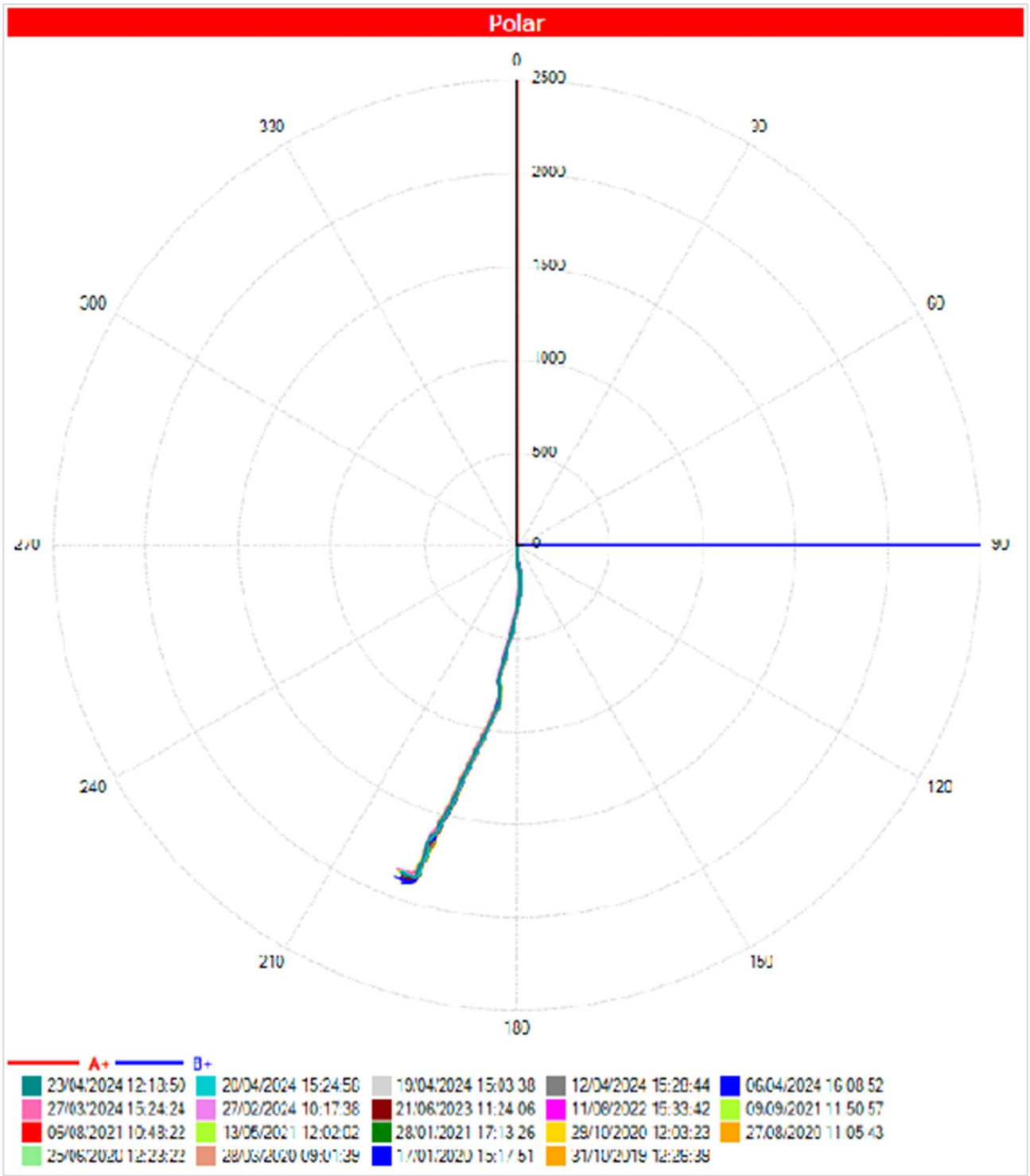


Figura 5.104 – Deslocamentos em relação a coordenadas polares acumulados do INC-02 (ref. 23/04/2024).

5.6.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024).

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2017, a partir do software Slide da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

5.6.4.1 Premissas adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas para 06 (seis) seções instrumentadas da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico, considerando a geometria atual da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico.

A linha freática no interior do reservatório e barramento foi definida a partir da leitura da instrumentação instalada na estrutura.

O fator de segurança ao escorregamento foi calculado considerando a condição de carregamento drenado e a condição de carregamento não drenado. O comportamento contrátil do rejeito e seus parâmetros geotécnicos para condições não drenadas foram estudados no âmbito da Consolidação de Dados da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.538).

Para condição de carregamento não drenado, o rejeito foi modelado a partir de seu parâmetro não drenado de pico e liquefeito, de forma a simular uma condição hipotética de liquefação do material do reservatório. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram atribuídos apenas para a parcela do material em condição 100% saturada, ou seja, localizada abaixo da linha freática de análise. A mesma hipótese foi adotada para outros materiais contráteis presentes na seção de análise, como o *underflow* e os sedimentos depositados na Barragem B1 Ecológica.

Na Figura 5.105 é apresentada, em planta, a locação da instrumentação instalada na estrutura e a indicação das seções de controle. Para as análises de estabilidade foram consideradas as 06 (seis) seções instrumentadas da barragem.

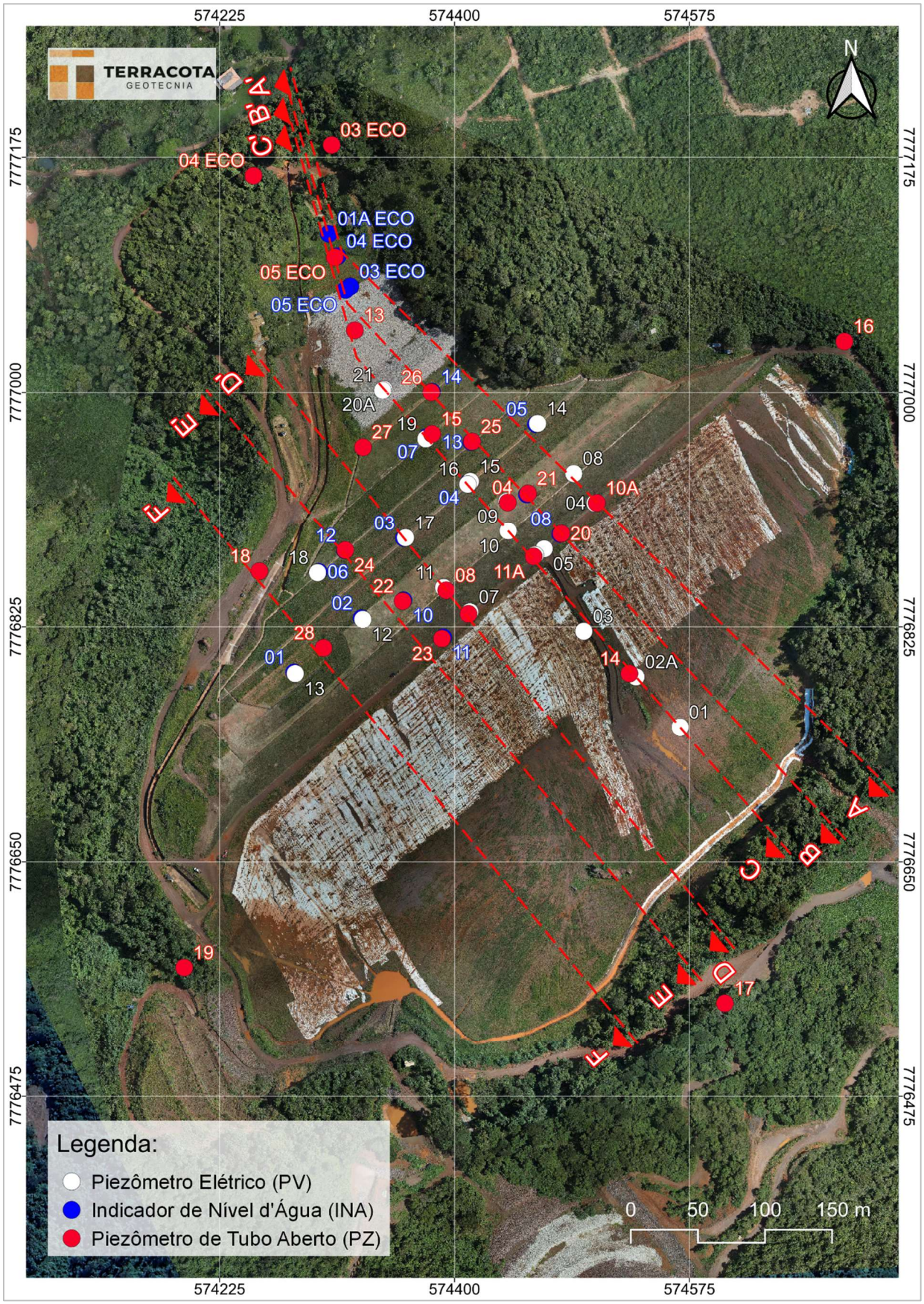


Figura 5.105 – Seções Instrumentadas Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – Planta.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução ANM 95/2022 (**FS ≥ 1,3**);
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS ≥ 1,0**) e NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,1**);
- Análises não drenadas com parâmetro liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 5.3 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 5.3 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Sismo (Pseudo-estática)	1,0 a 1,1	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada e condições com sismo (pseudo-estática) atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2017 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização

incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do *peak ground acceleration* (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento dinâmico (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 5.106 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 5.106 – Rede sismológica brasileira (http://www.rsbr.gov.br).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições

do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 5.4 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Tabela 5.4 – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

Modelo	Valores máximos por período de retorno (anos)					Máximo absoluto
	500	1.000	2.500	5.000	10.000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	**9.7%**	**9.5%**	**13.4%**	**16.0%**	**18.3%**	**18.3%**
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo "*Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment*" publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 5.107).

A localização da barragem no mapa de Assumpção et al. fornece valor de PGA em torno de 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR.

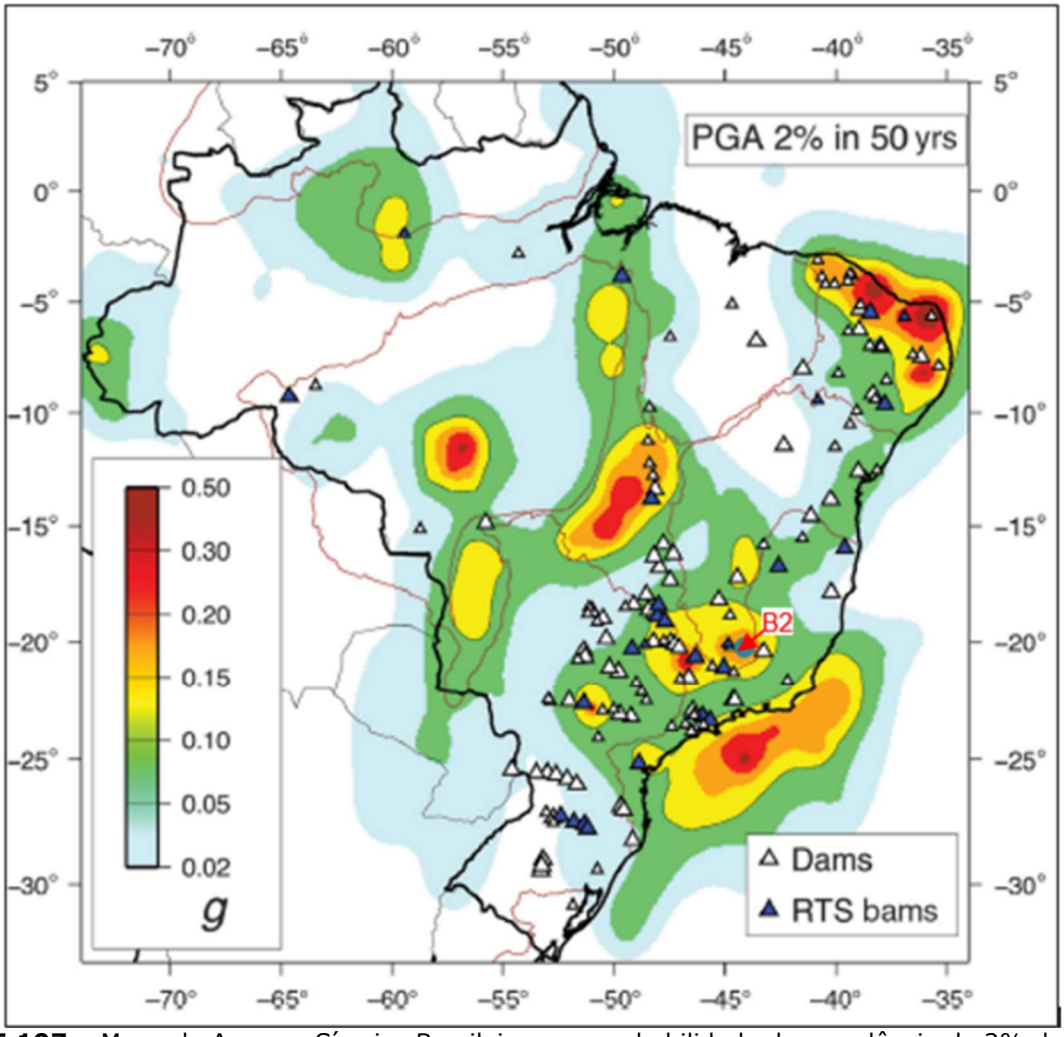


Figura 5.107 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Barros Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B1 – Mina Tico-Tico, considerando a contribuição do efeito sísmico, utilizou-se como premissa a norma técnica elaborada pela Canadian Dam Association (CDA) – "*Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams*" (2014), em conformidade ao recomendado pela NBR 13.028/2017 no tópico 5.3.6, o qual faz referência aos estudos sísmicos.

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados a infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

Classificação da Barragem	População em Risco (Nota 1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (Nota 2)	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixo	Nenhum	0	Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativo	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
			Apenas perdas marginais do habitat.	
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	
Extrema	**Permanente**	**Mais de 100**	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição impossível.	

Nota 1. Definições para população em risco:

Nenhum – Não há população identificável em risco, portanto não há possibilidade de perda de vida a não ser devido ao acaso imprevisível.

Temporário – As pessoas estão apenas temporariamente na zona de inundação do rompimento da barragem (por exemplo, uso sazonal de casas de campo, passagem em rotas de transporte, participação em atividades recreativas).

Permanente – A população em risco normalmente está localizada na zona de inundação da ruptura da barragem (como residentes permanentes); são propostas três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) para permitir estimativas mais detalhadas da potencial perda de vidas (para auxiliar na tomada de decisões se for realizada a análise apropriada).

Nota 2. Definições para população em risco:

Não especificado – O nível apropriado de segurança exigido em uma barragem onde as pessoas estão temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, da natureza de sua atividade e de outras condições.

De acordo com os critérios da Tabela 5.5, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.8 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Extrema**. A partir desta classificação, seguindo as

premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 5.6, o PGA de 0,183g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com período de retorno de 10.000 anos.

Tabela 5.6 – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

Classe da Barragem	Probabilidade Anual de Excedência (PAE) – Terremotos (Nota 1)
Baixa	1/1000
Significativo	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/2.475 (Nota 2)
Muito Alta	1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3)
Extrema	**1/10.000 ou SMP (Nota 3)**

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).
Nota 1. Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (Dam Safety Guidelines - CDA 2013).
Nota 2. Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no National Building Code of Canada (Código Nacional de Construção do Canadá).
Nota 3. SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação "*Rationalizing the Seismic Coefficient Method"* (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,092g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Para a componente vertical adota-se um valor correspondente a 60% da componente horizontal, seguindo proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003), resultando num valor igual a 0,055g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

Conforme previsão para descaracterização completa da estrutura, a Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico deverá ter vida útil de no máximo dez anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida útil da estrutura igual a 10 anos, utilizando a Equação 5.1. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de aproximadamente 500 anos.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{t}\right)^n$$ Equação 5.1

Em que:

- P é a probabilidade de excedência do sismo;
- t é o período de retorno;
- n é o tempo de vida útil da estrutura.

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 2.500 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,04%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 5.4, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,067g e uma componente vertical igual a 0,040g.

5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada nas análises de estabilidade foram considerados os instrumentos existentes ao longo das seções de análise, instalados no maciço, fundação e reservatório da Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico e Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico.

A Tabela 5.7 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 5.7 – Instrumentação – Valores lidos (30/04/2024) e valores adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A’	PZ-10A	991,89	Seco	-
	PV-04	991,40	Seco	-
	PV-08	982,32	Seco	-
	PV-14	958,03	Seco	-
	INA-05	959,71	Seco	-
	INA-13 (Seção B-B’)	945,92	Seco	-
	PZ-25 (Seção B-B’)	926,77	934,26	963,35 (1)
	INA-14 (Seção B-B’)	949,17	Seco	-
	PZ-26 (Seção B-B’)	939,05	Seco	-
	PZ-13 (Seção C-C’)	929,30	936,35	936,35
	INA-03 ECO	923,59	924,68	925,02 (1)
	INA-05 ECO	924,01	925,02	925,02
	PZ-05 ECO	916,32	921,98	924,64 (1)

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
	INA-04 ECO	922,97	924,64	924,64
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	913,97	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,06	918,64 (1)
B-B’	INA-08	956,62	975,49	975,49
	PZ-20	950,16	974,85	975,49 (1)
	INA-09	971,37	976,46	-
	PZ-21	950,43	951,59	951,59
	INA-13	945,92	Seco	-
	PZ-25	926,77	934,26	936,35 (1)
	INA-14	949,17	Seco	-
	PZ-26	939,05	Seco	-
	PZ-13 (Seção C-C’)	929,30	936,35	936,35
	INA-05 ECO	924,01	925,02	925,02
	INA-03 ECO	923,59	924,68	925,02 (1)
	PZ-05 ECO	916,32	921,98	924,64 (1)
	INA-04 ECO	922,97	924,64	924,64
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	913,97	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,06	918,64 (1)
C-C’	PV-01	982,64	982,74	982,74
	PV-02A	967,83	979,38	981,80 (1)
	PZ-14	967,60	981,73	981,73
	PV-03	968,22	978,85	978,85
	PZ-11A	991,76	Seco	-
	PV-05	953,84	953,93	976,73 (1)
	PV-06	991,21	Seco	-
	INA-02B	954,93	976,73	976,73
	PV-10	982,58	Seco	-
	PZ-04	977,25	978,46	-
	PV-09	976,77	Seco	-
	PV-15	942,81	Seco	947,10 (1)
	PV-16	946,82	Seco	947,10 (1)
	INA-01B	938,47	947,10	947,10
	INA-04	948,57	Seco	-
	PV-19	947,22	Seco	-
	INA-07	947,31	Seco	-
	PZ-15	942,13	944,27	944,27
	PV-20A	928,30	Seco	940,00 (1)
	PV-21	942,80	Seco	-
	PZ-13	929,30	936,35	936,35
	INA-05 ECO	924,01	925,02	925,02
	INA-03 ECO	923,59	924,68	925,02 (1)
	PZ-05 ECO	916,32	921,98	924,64 (1)

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
	INA-04 ECO	922,97	924,64	924,64
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	913,97	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,06	918,64 (1)
D-D’	PZ-12A	992,29	Seco	-
	PV-07	991,34	Seco	-
	PZ-08	983,69	Seco	-
	PV-11	984,85	Seco	-
	INA-03	963,85	Seco	-
	PV-17	964,37	Seco	-
	PZ-27	931,37	933,20	933,20
E-E’	PZ-23	955,44	977,64	979,33 (1)
	INA-11	966,38	979,33	979,33
	PZ-22	964,30	Seco	975,93 (1)
	INA-10	975,12	975,93	975,93
	PV-12	987,55	Seco	-
	INA-02	986,95	Seco	-
	PZ-24	964,30	967,40	967,40
	INA-12	946,86	960,90	967,40 (1)
	INA-06	975,71	Seco	-
	PV-18	975,35	975,38	-
	PZ-18 (Seção F-F’)	920,76	941,86	941,86
F-F’	PV-13	983,35	Seco	-
	INA-01	983,51	Seco	-
	PZ-28	954,89	968,17	968,17
	PZ-24	964,30	967,40	967,40
	INA-12	946,86	960,90	967,40 (1)
	INA-06 (Seção E-E’)	975,71	Seco	-
	PV-18 (Seção E-E’)	975,35	975,38	-
	PZ-18	920,76	941,86	941,86

1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
2- Não foram realizadas leituras no dia 29/01/24, adotou-se as leituras do dia 23/01/2024.

5.6.4.4 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados para as várias camadas foram consolidados no âmbito do relatório de consolidação de dados da estrutura (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.538).

Na Tabela 5.8 são apresentados os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

Tabela 5.8 – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material	Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros Efetivos		Referência
			c' (kPa)	ϕ′ (°)	
Rejeito B1-Auxiliar		26,0	10,0	34,5	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Aterro B1-Auxiliar		20,5	9,8	30,2	
Colúvio (1)		21,0	20,0	27,0	
Solo Residual (2)		21,5	26,0	25,0	
Saprólito de Filito		22,0	15,0	35,0	Majorado a partir dos resultados para o solo residual local.
Aterro de Regularização (3)		23,5	5,0	35,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Enrocamento Reforço		23,0	Envoltória intermediária de Leps (1970)		
Underflow		19,0	0,0	30,0	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Diques de enrocamento		20,0	0,0	38,0	
Drenos		18,0	0,0	32,0	
Sedimentos B1-Ecológica		19,0	0,0	30,0	
Filito		30,0	40,0	30,0	
Aterro B1-Ecológica		21,0	22,0	33,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório (documento BSC-E-TT-RE-002)
Tálus / colúvio (1)		21,0	26,5	35,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório executados no colúvio*

Material	Cor	γ (kN/m³)	Razão de resistência não drenada (s_u/σ'_v)	Referência
Rejeito B1-Auxiliar - Pico		26,0	0,22	Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
Rejeito B1-Auxiliar - Liquefeito		26,0	0,09	
Underflow - Pico		19,0	0,22	
Underflow - Liquefeito		19,0	0,10	
Sedimentos B1-Ecológica - Pico		19,0	0,22	
Sedimentos B1-Ecológica - Liquefeito		19,0	0,06	

(1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984), resultando em c=26,3 kPa e Ø=15,0º.
(2) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984), resultando em c=39,9 kPa e Ø=14,9º.
(3) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984), resultando em c=17,7 kPa e Ø=31,4º.

5.6.4.5 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 5.108 a Figura 5.149, destacando-se as superfícies de ruptura que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 5.9 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 5.9 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência do Rejeito	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A’	30/04/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,67
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,67
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,67
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,33 (sismo ↑)
					1,34 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,41 (sismo ↑)
					1,41 (sismo ↓)
B-B’	30/04/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,62
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,62
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,62
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,29 (sismo ↑)
					1,30 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,37 (sismo ↑)
					1,37 (sismo ↓)
C-C’	30/04/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,61
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,58
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,36
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,19 (sismo ↑)
					1,20 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,33 (sismo ↑)
					1,33 (sismo ↓)

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência do Rejeito	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
D-D'	30/04/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,62
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,62
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,62
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,29 (sismo ↑)
					1,30 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,38 (sismo ↑)
					1,38 (sismo ↓)
E-E'	30/04/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,69
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,69
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,69
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,21 (sismo ↑)
					1,21 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,29 (sismo ↑)
					1,32 (sismo ↓)
F-F'	30/04/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,82
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,82
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,82
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,48 (sismo ↑)
					1,48 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,56 (sismo ↑)
					1,56 (sismo ↓)

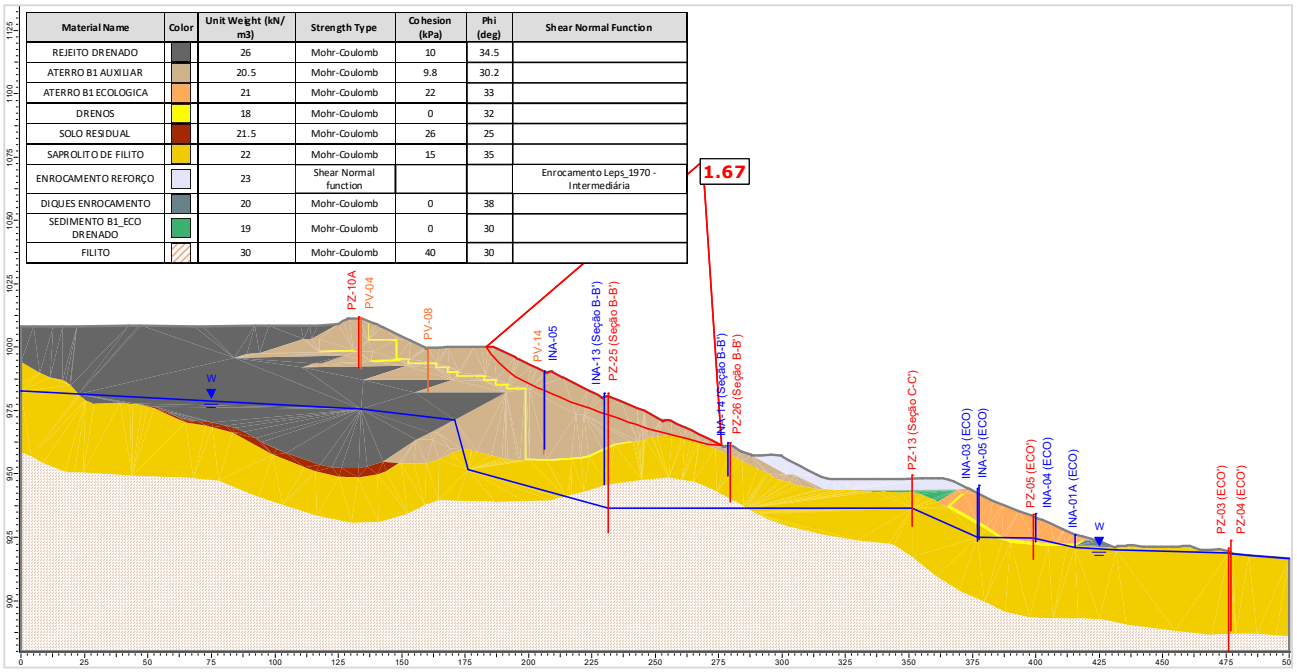


Figura 5.108 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.

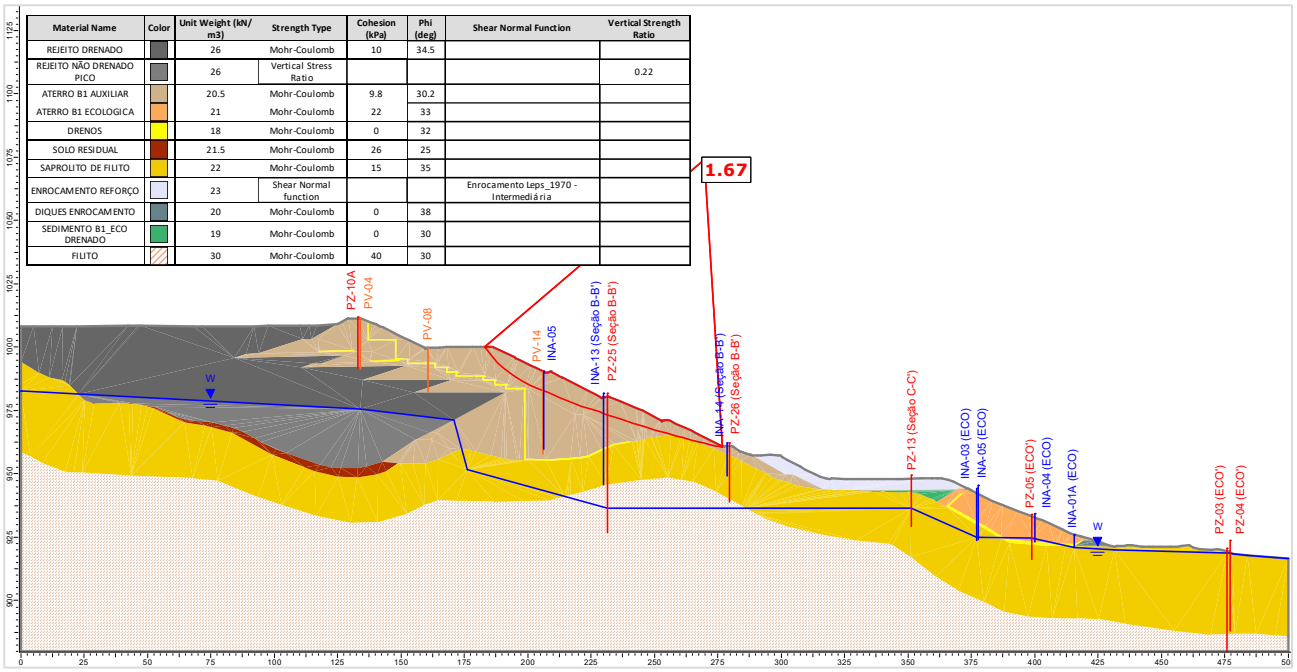


Figura 5.109 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

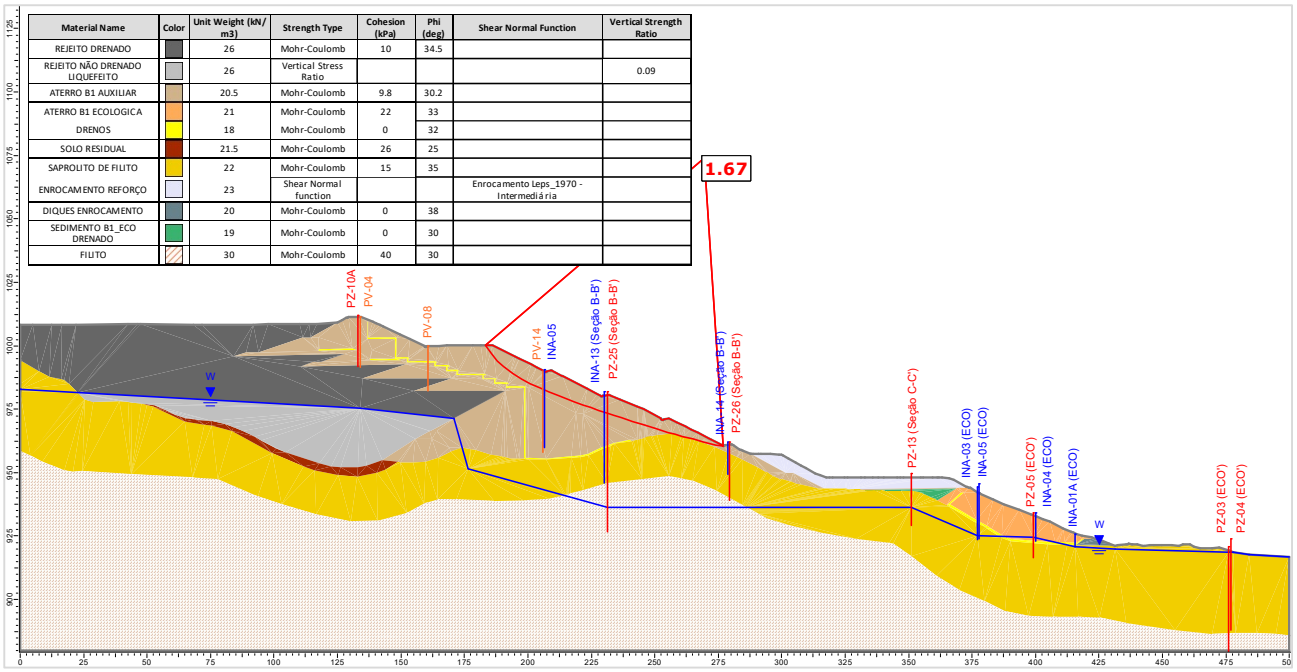


Figura 5.110 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

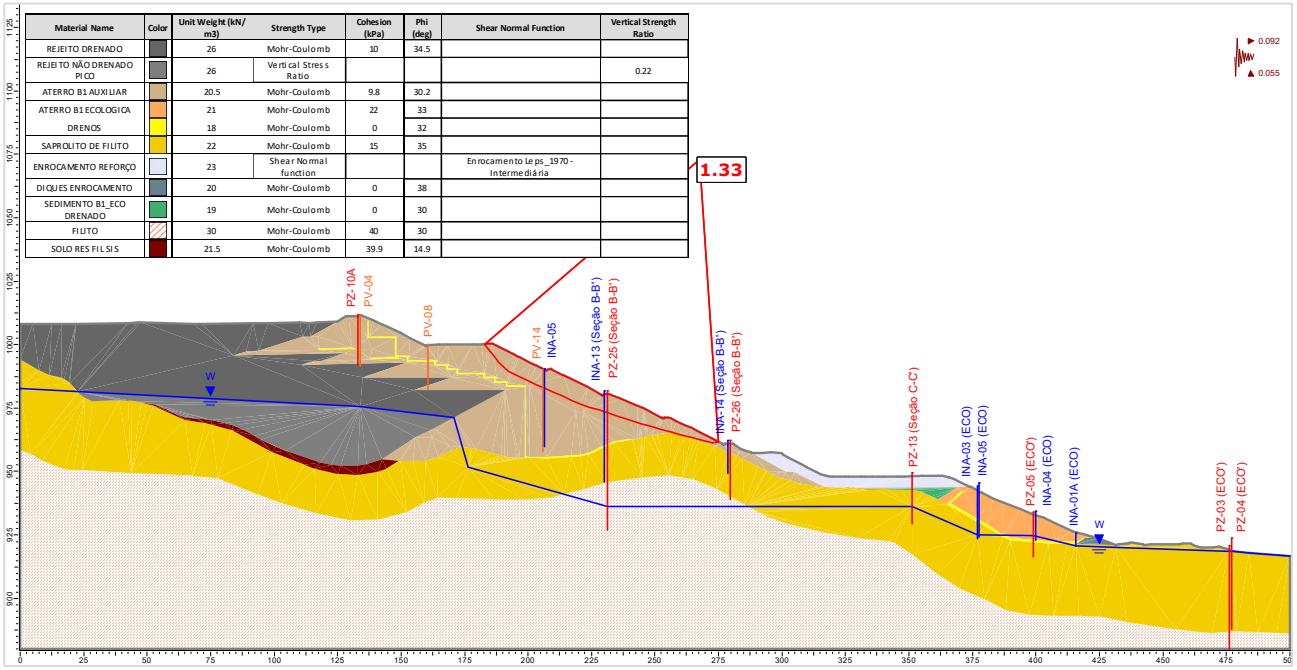
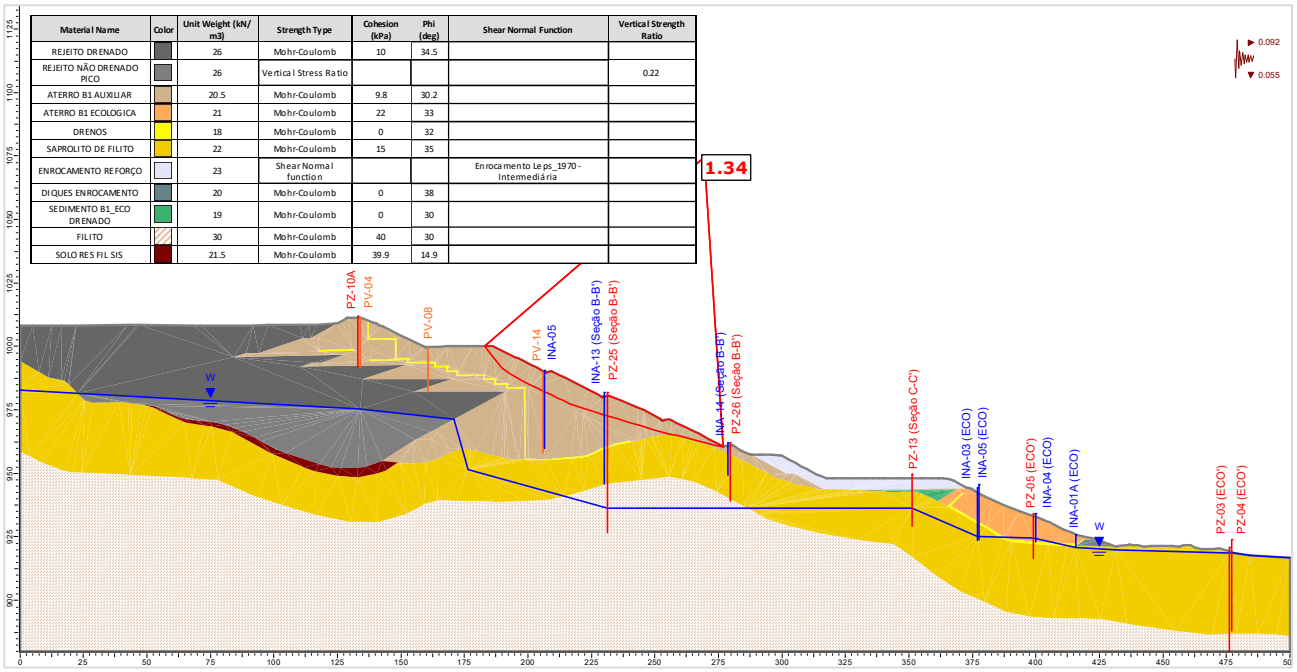
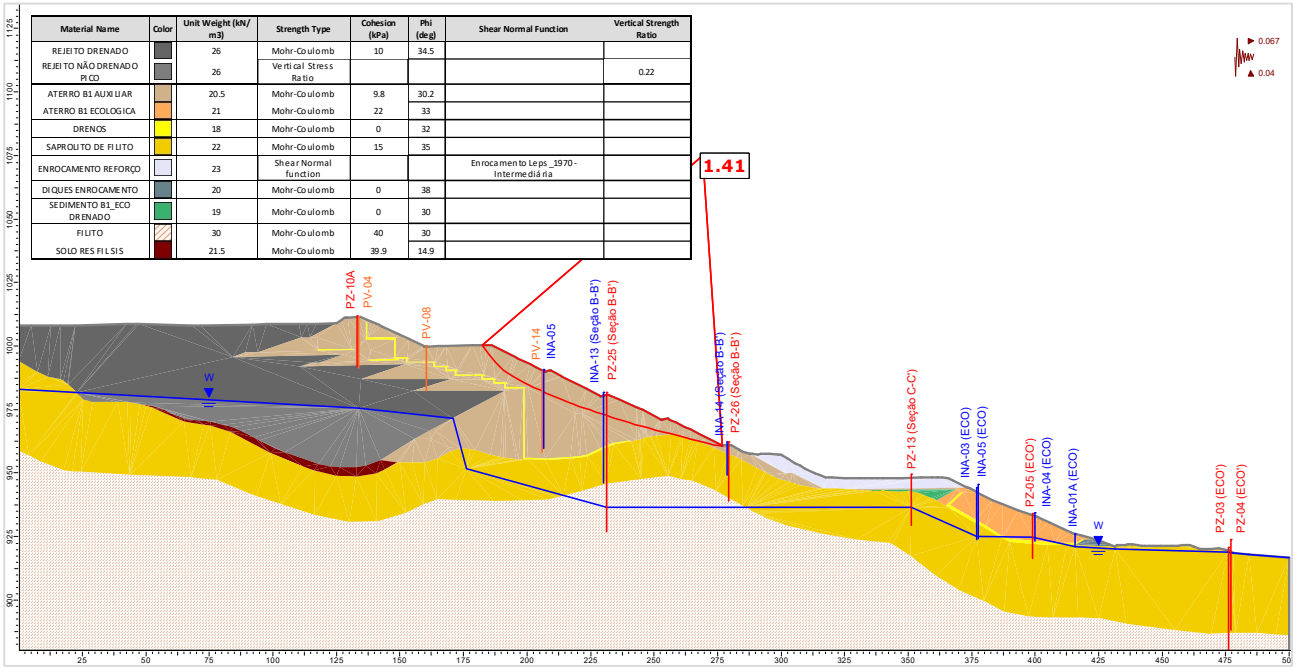


Figura 5.111 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



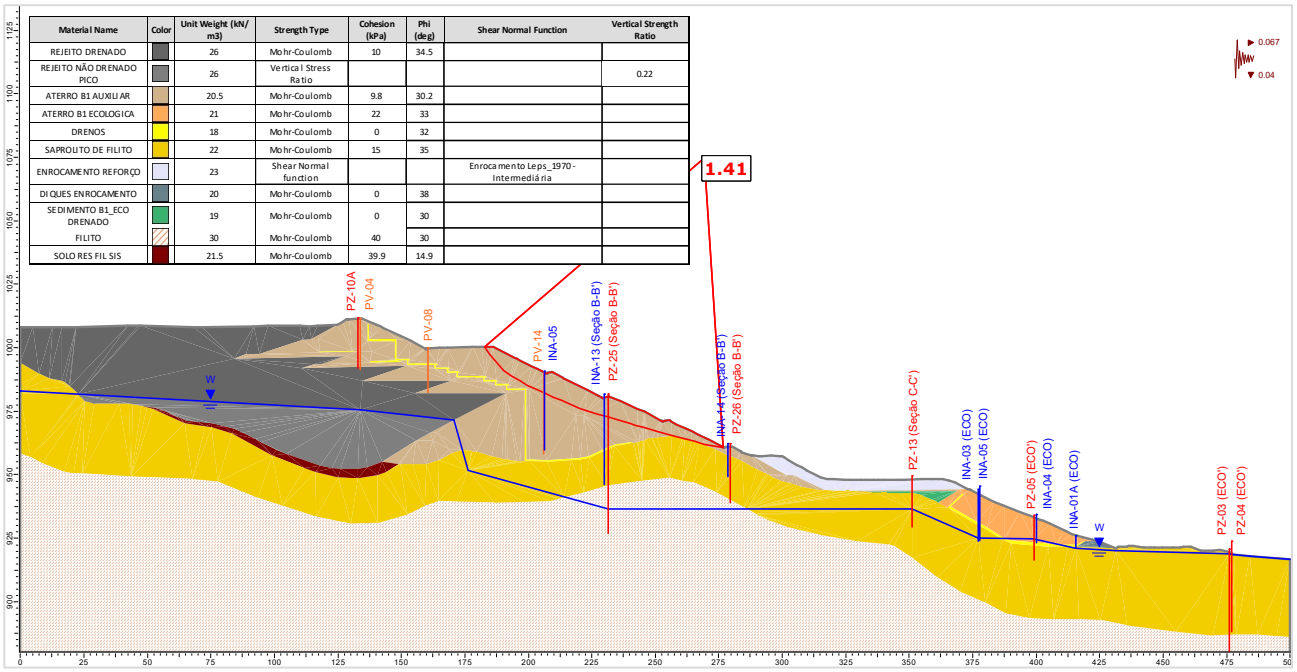
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		

Figura 5.112 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



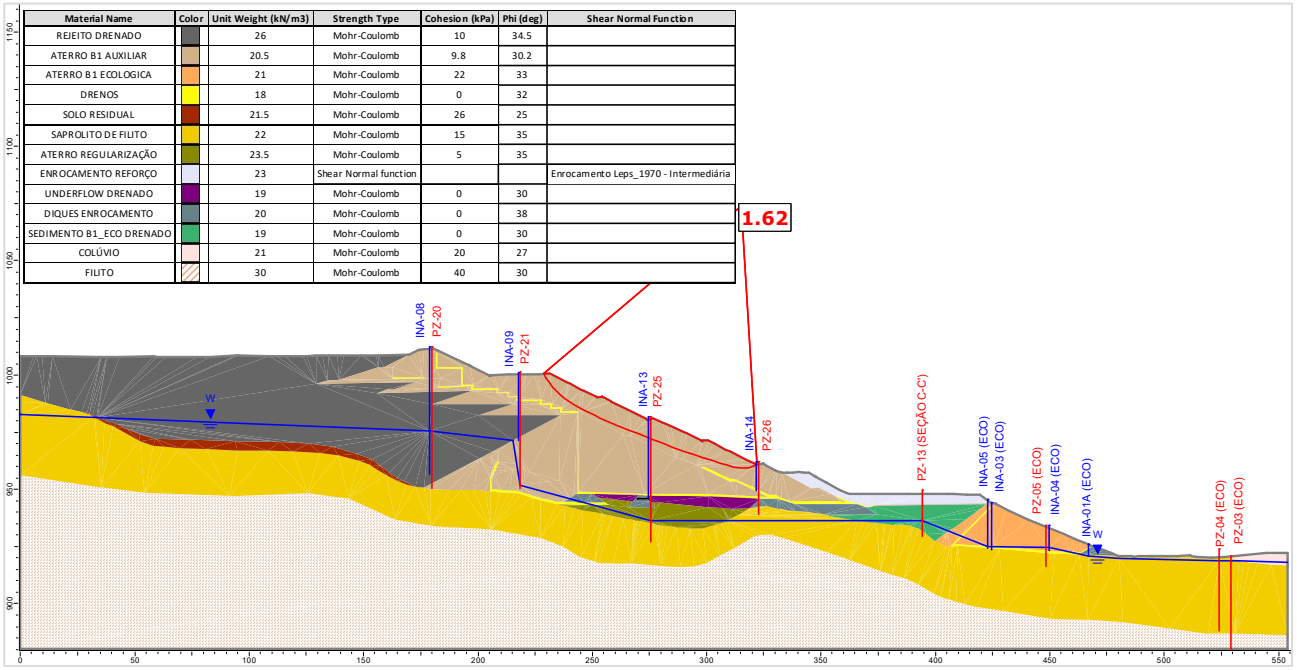
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		

Figura 5.113 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



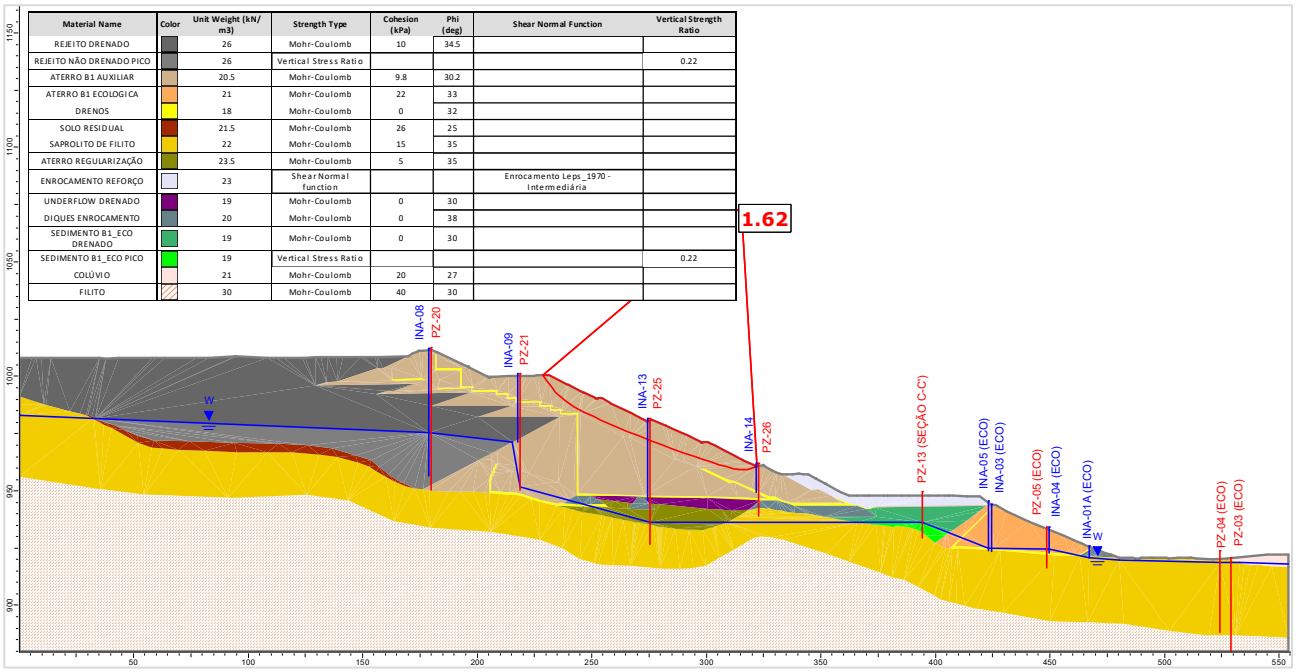
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		

Figura 5.114 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



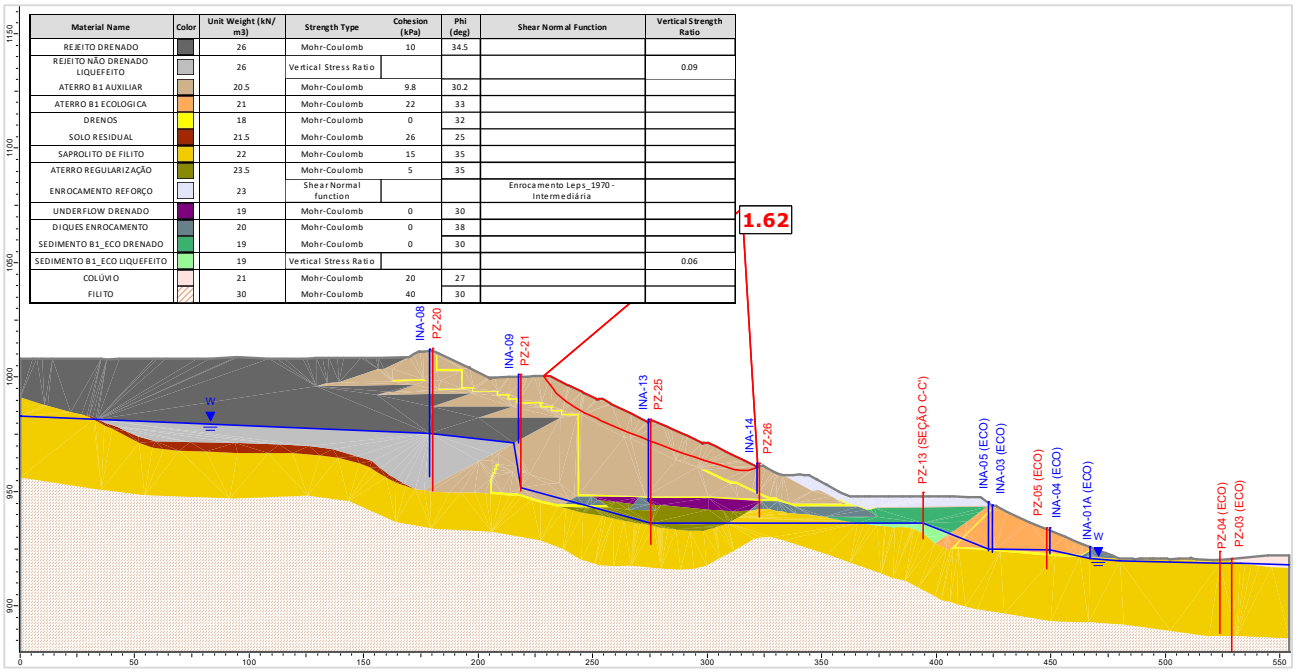
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35	
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38	
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.115 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 5.116 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio				0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO LIQUEFEITO		19	Vertical Stress Ratio				0.06
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 5.117 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

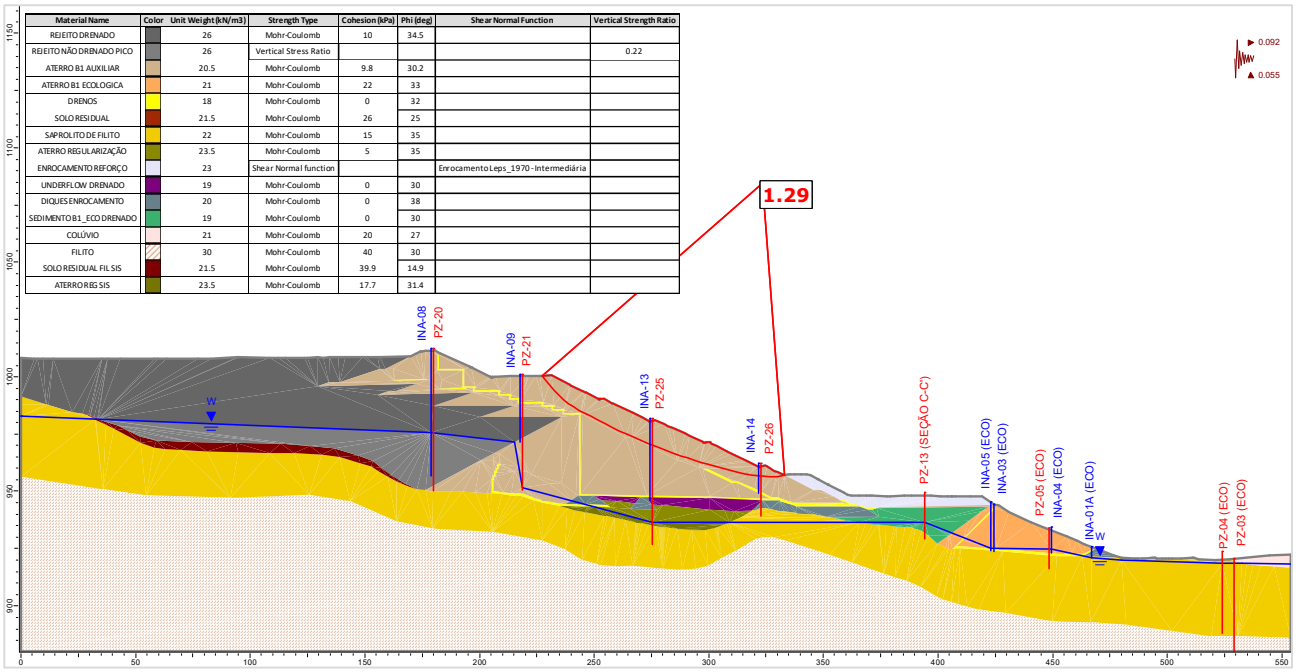


Figura 5.118 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

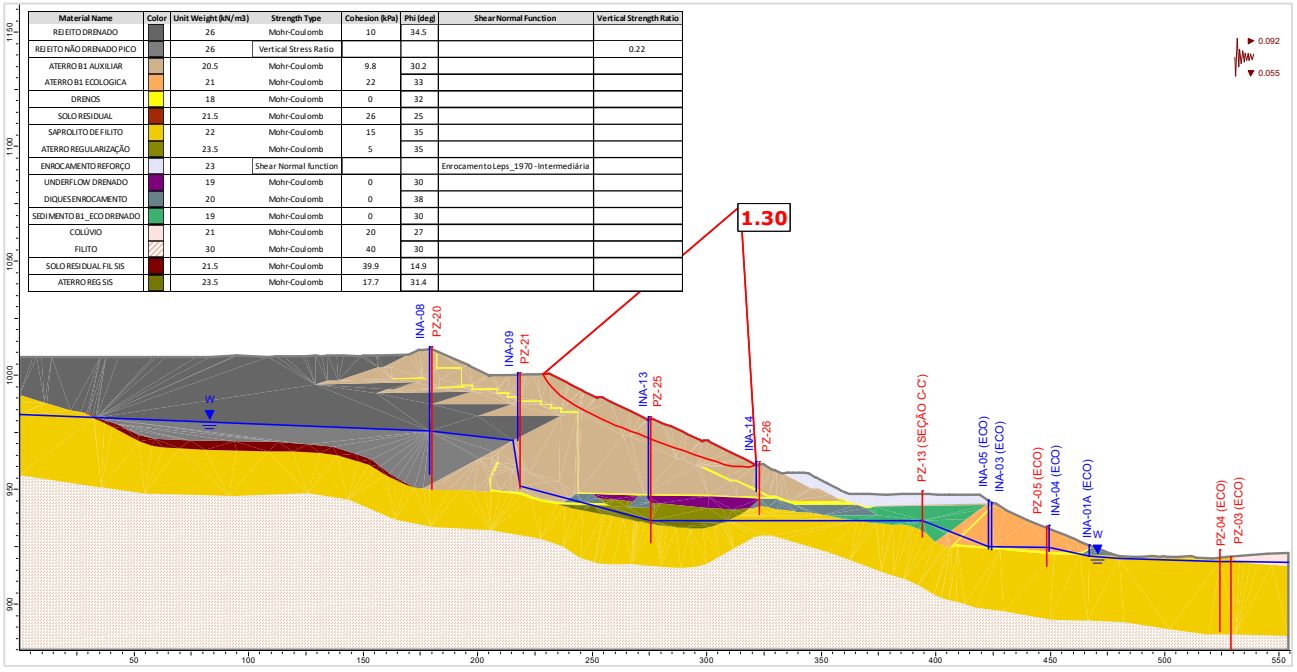


Figura 5.119 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

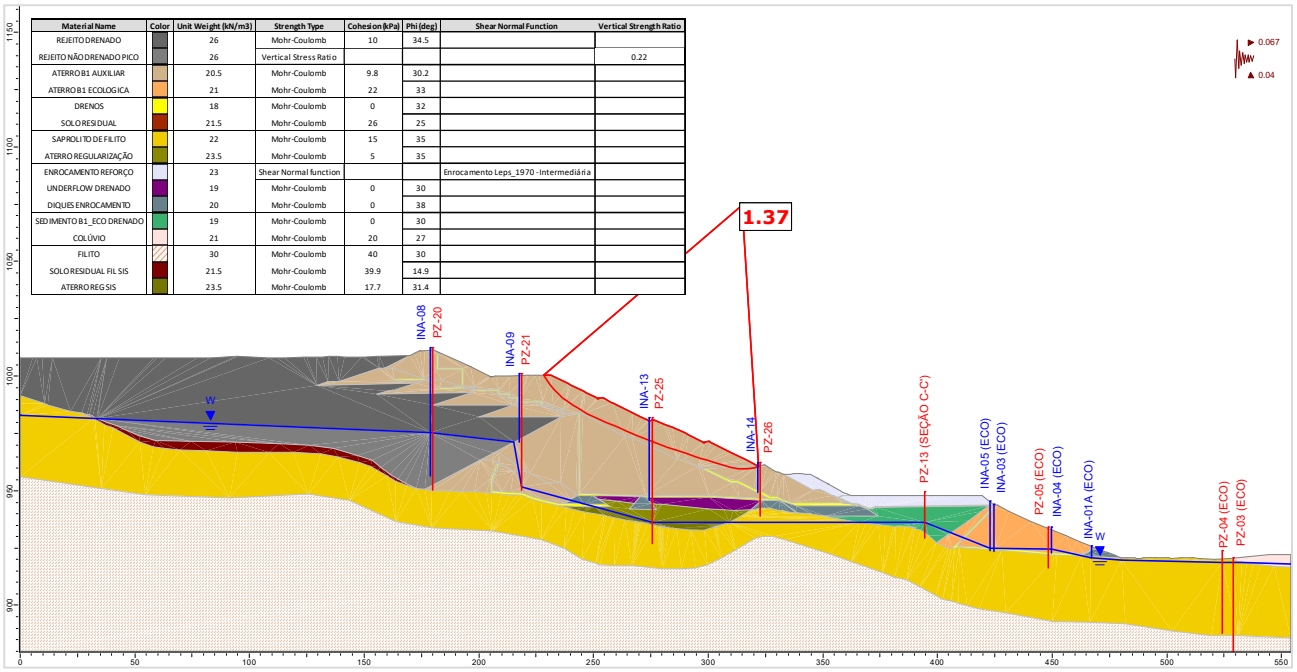


Figura 5.120 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

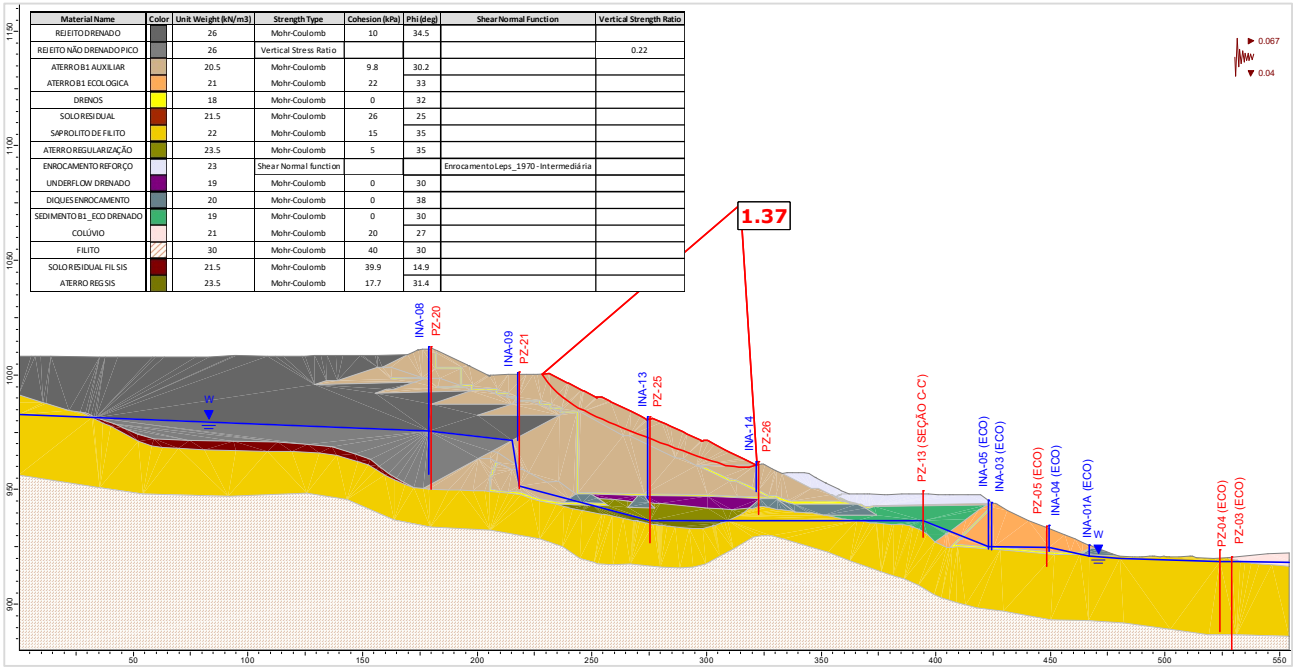
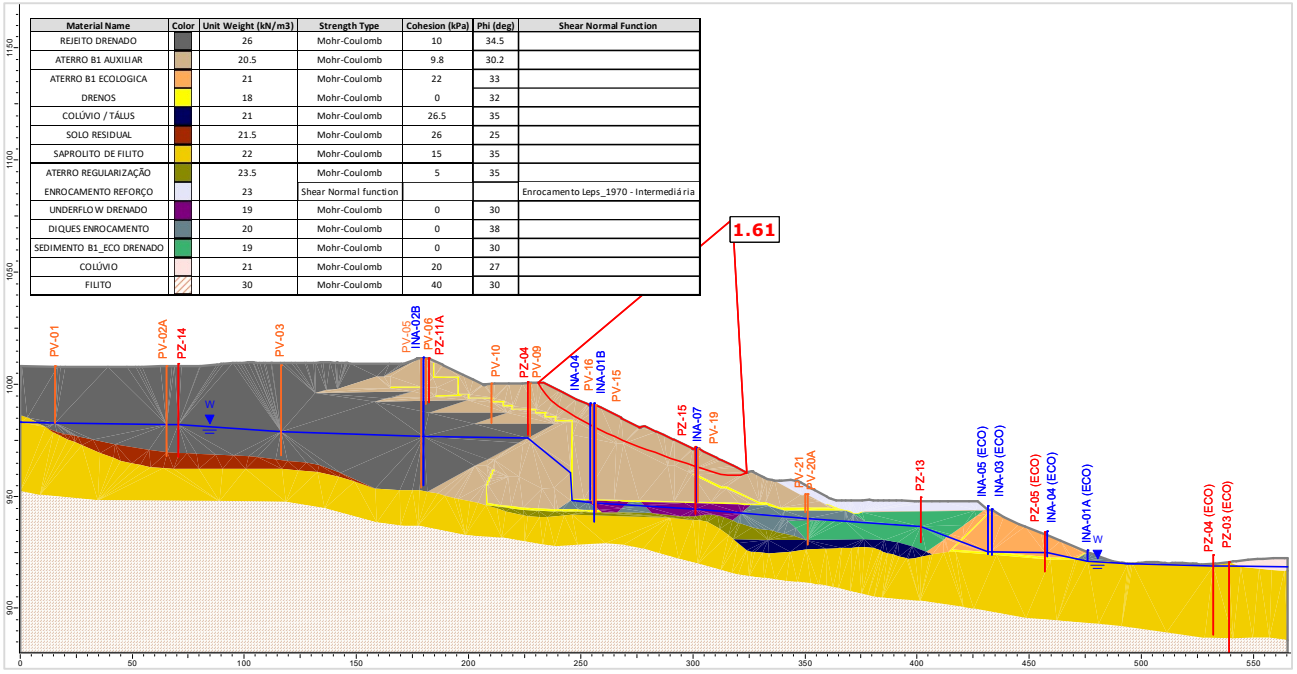
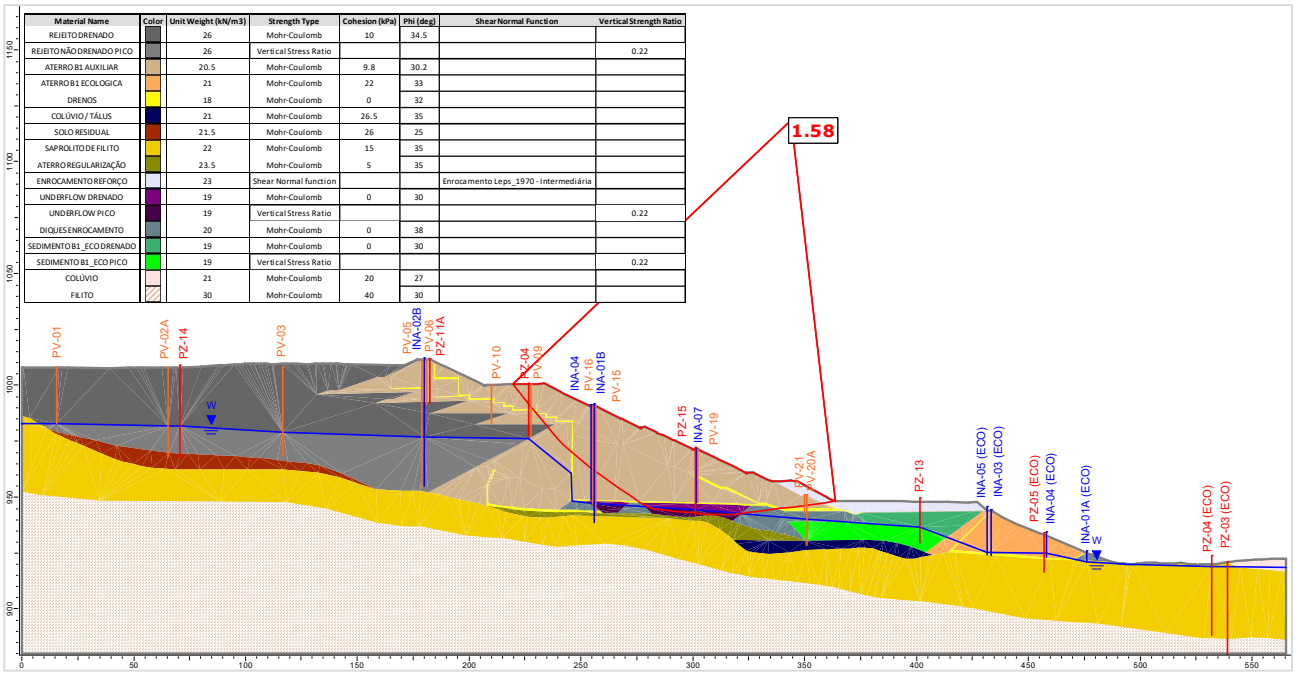


Figura 5.121 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35	
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38	
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.122 – Seção C-C’ – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 5.123 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

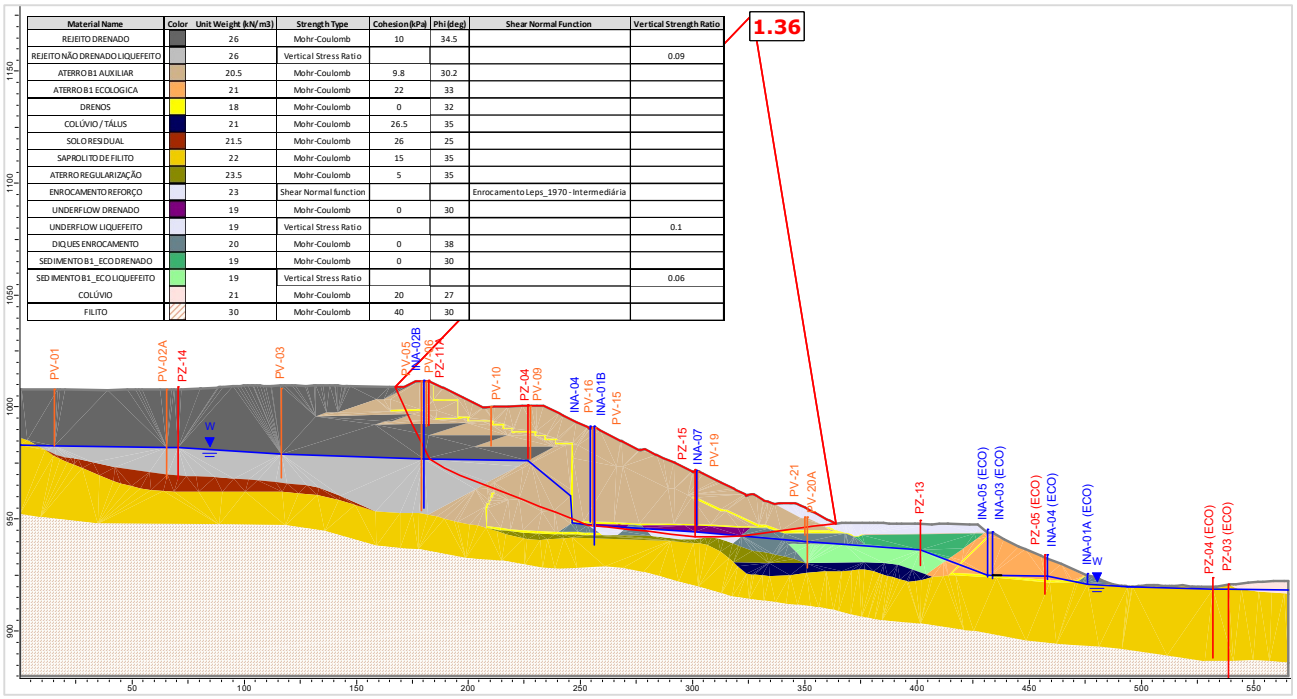


Figura 5.124 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

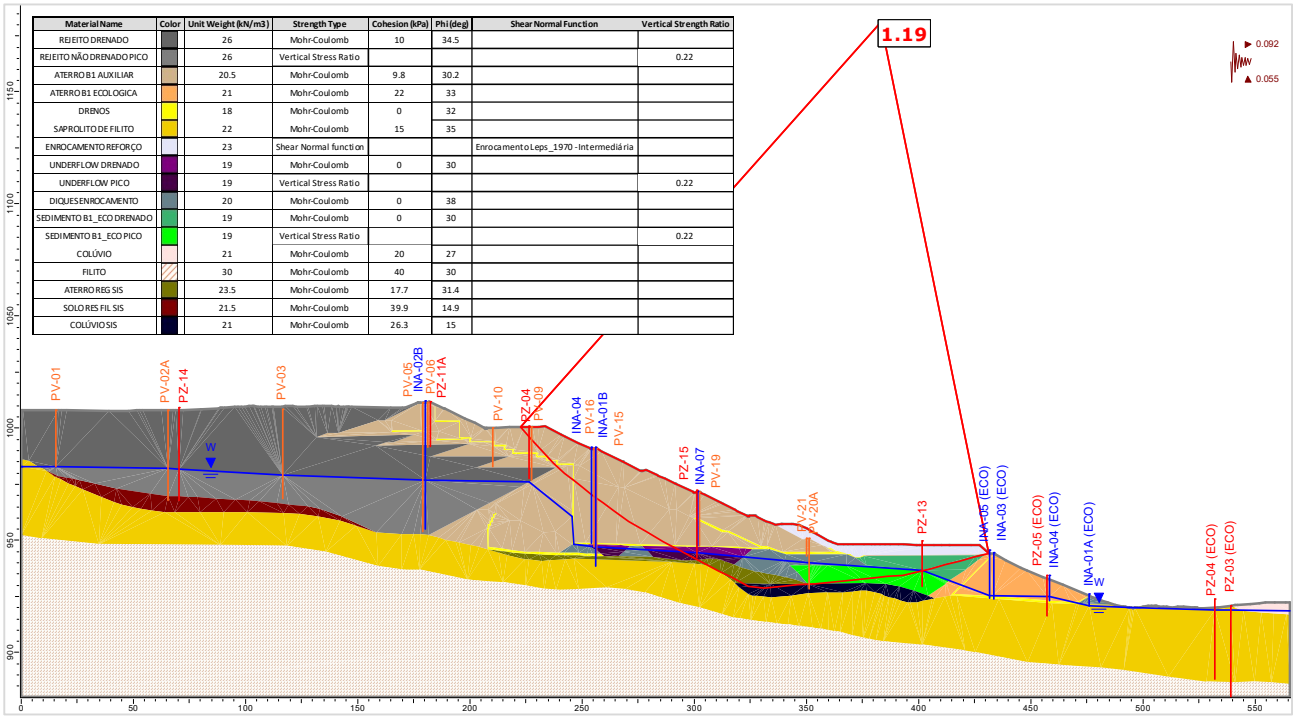
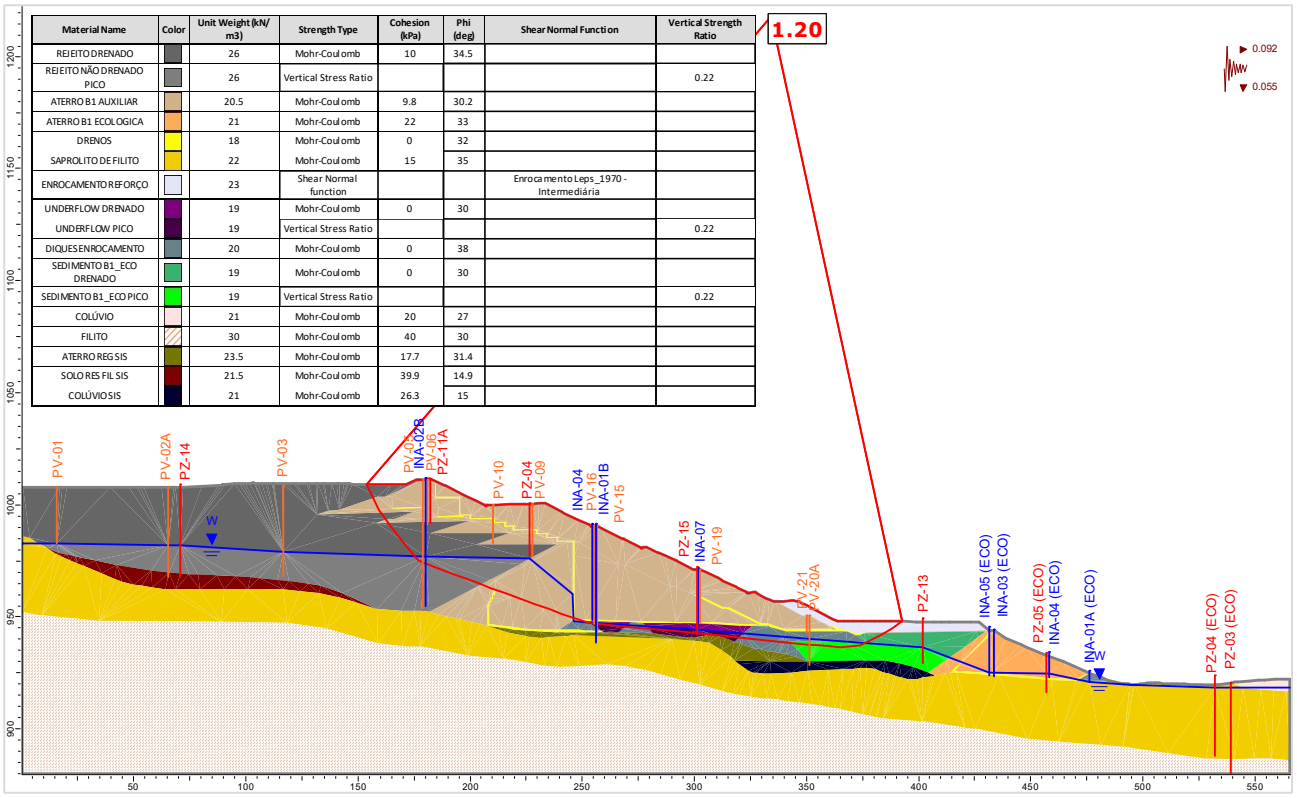
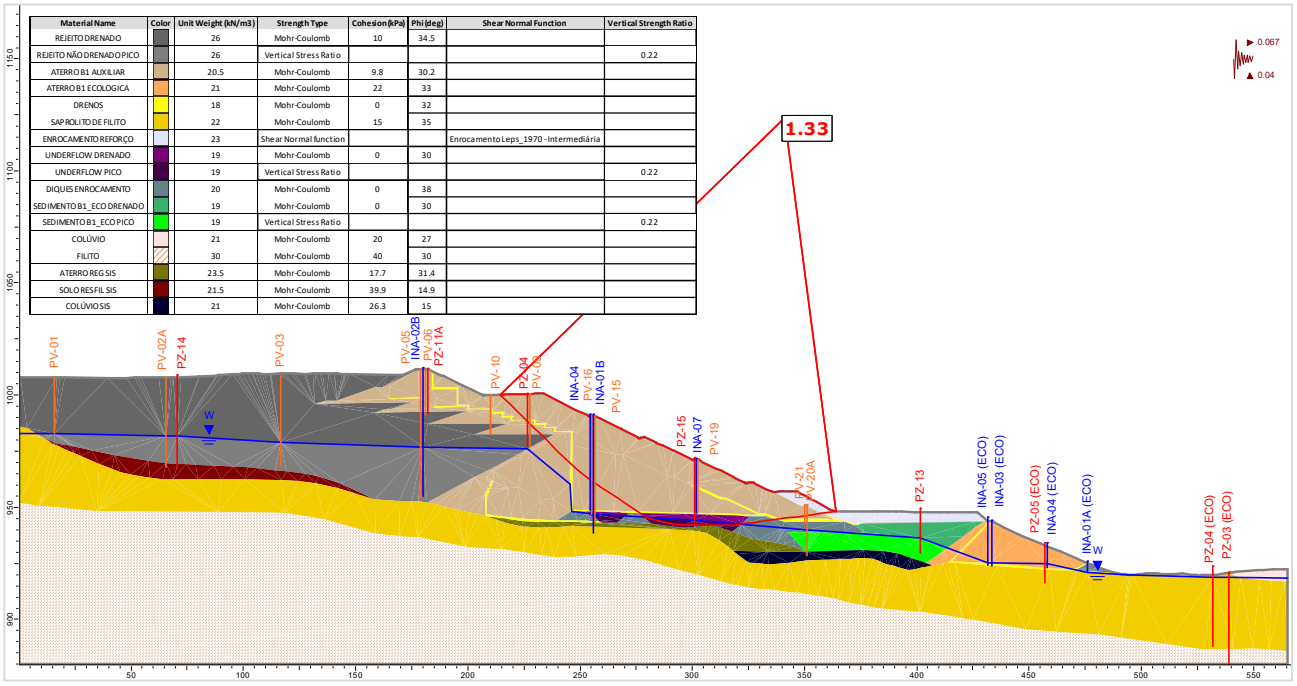


Figura 5.125 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.126 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		
ATERRO REG SIS		23.5	Mohr-Coulomb	17.7	31.4		
SOLO RES FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9		
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15		

Figura 5.127 – Seção C-C’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

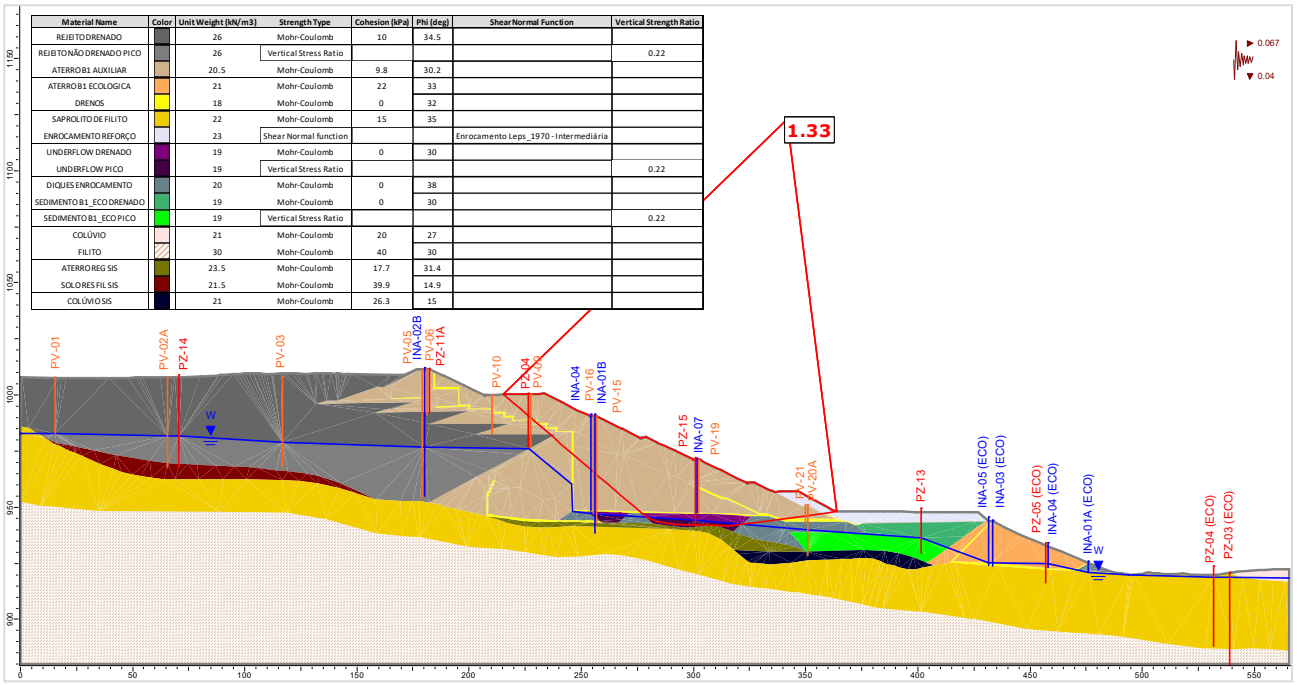


Figura 5.128 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

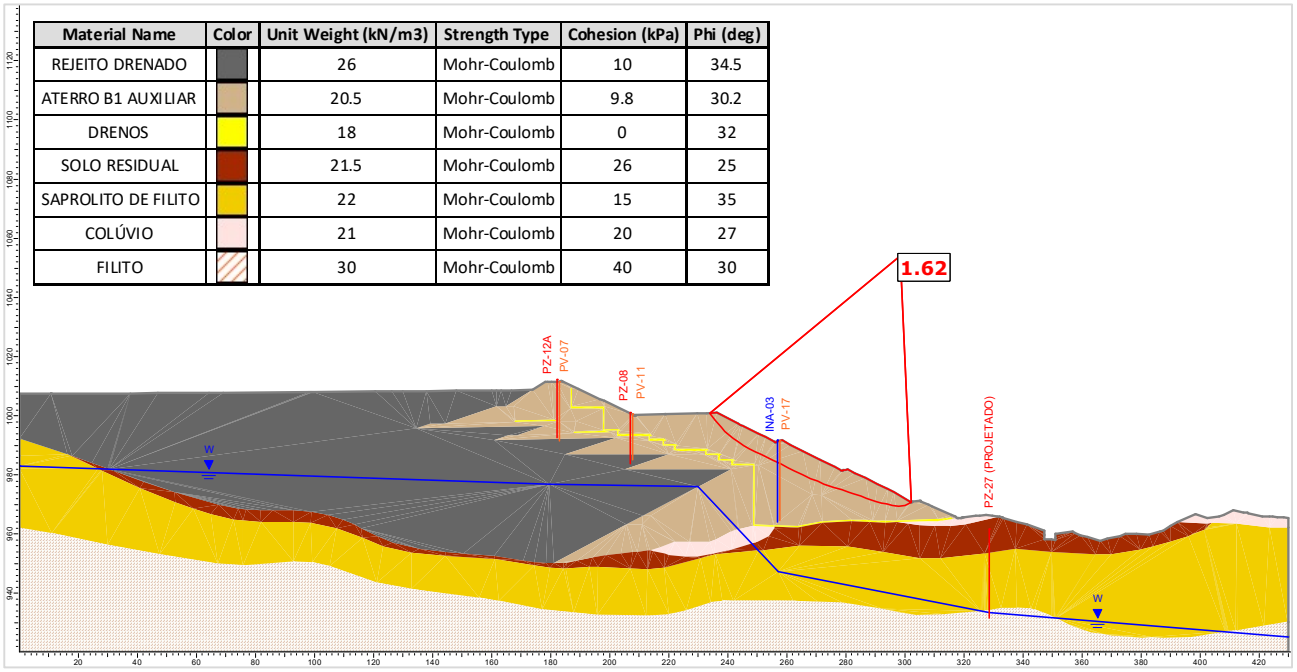


Figura 5.129 – Seção D-D' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

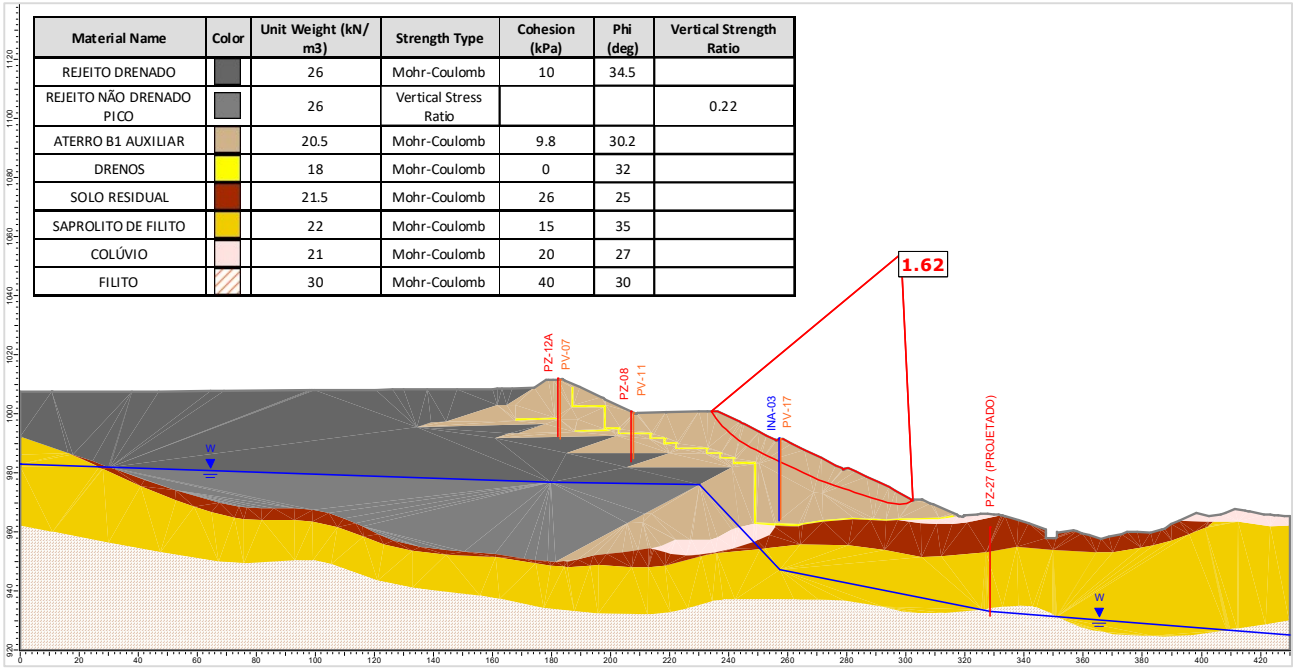


Figura 5.130 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio			0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

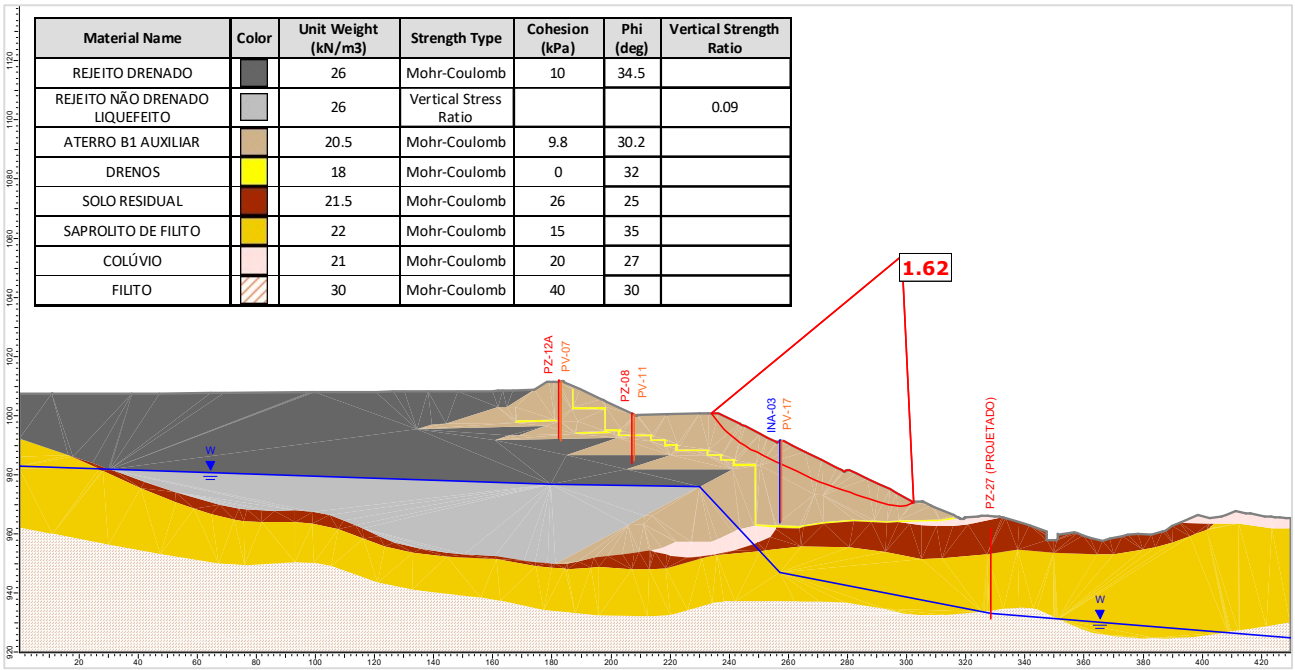
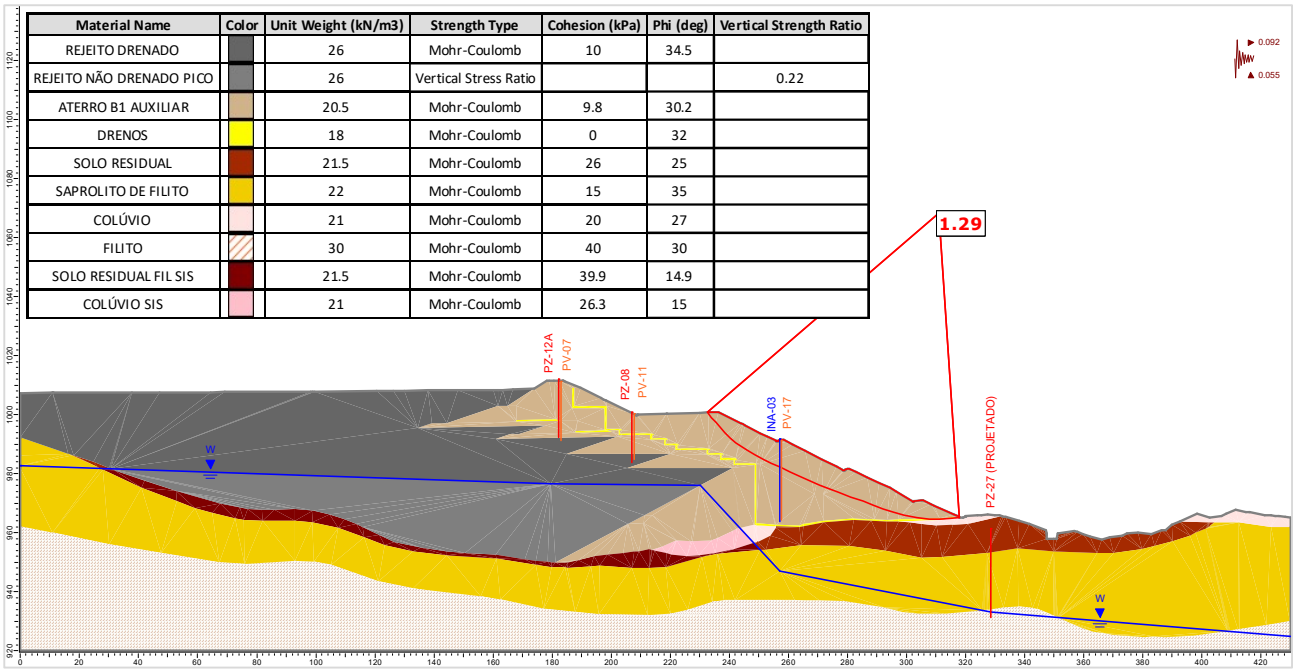
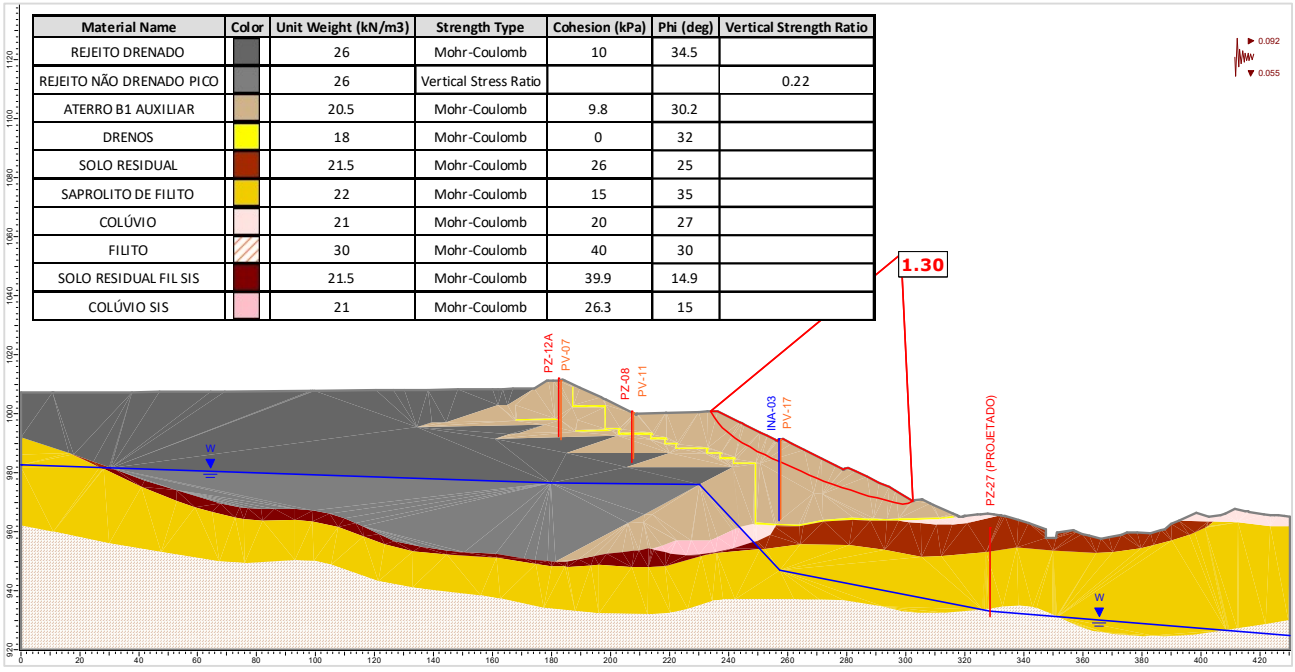


Figura 5.131 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.132 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.133 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

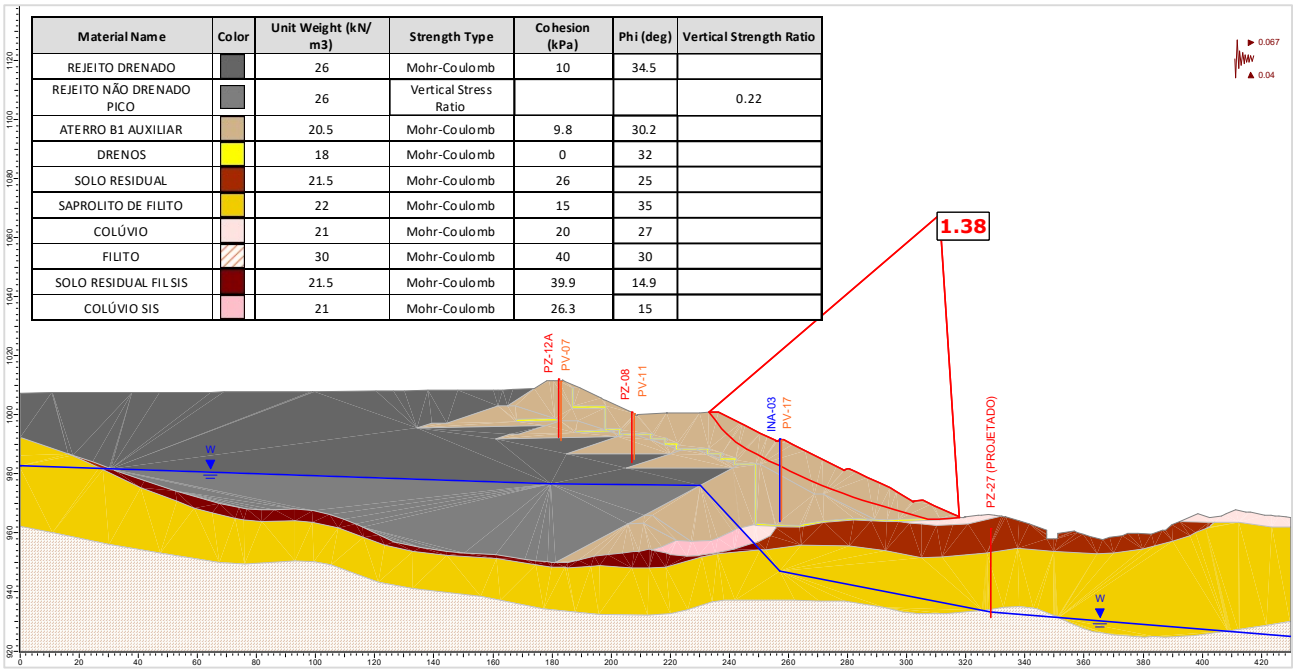


Figura 5.134 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

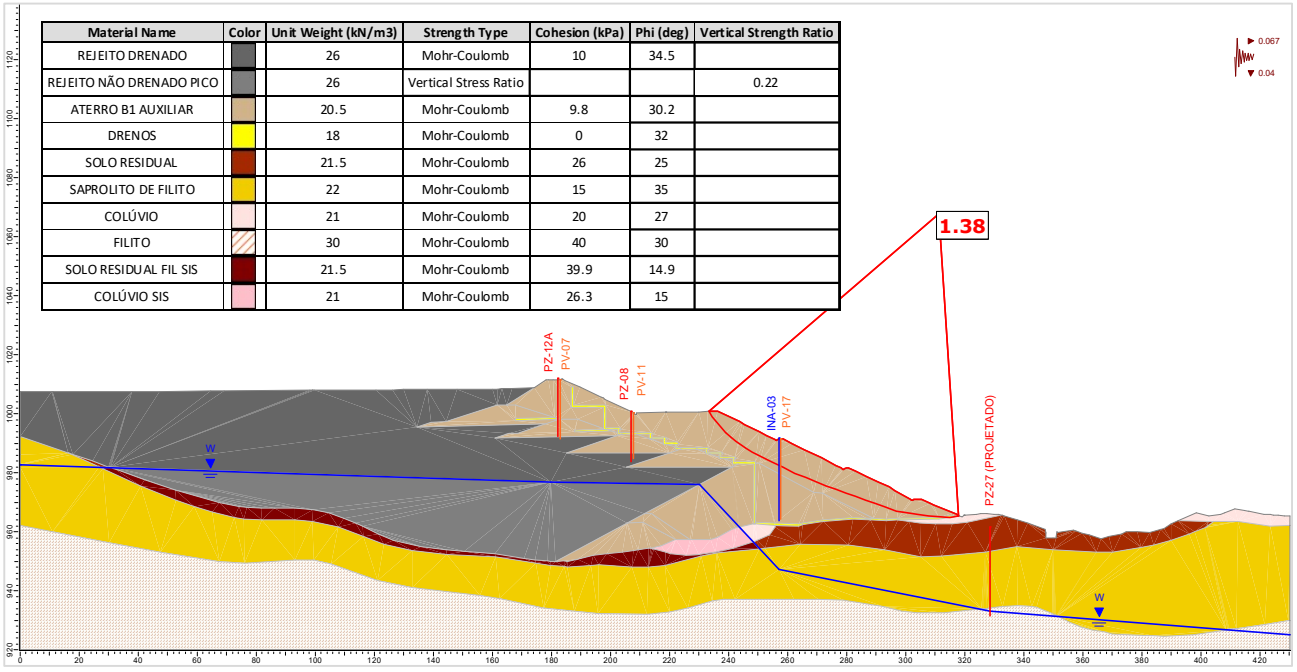


Figura 5.135 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30

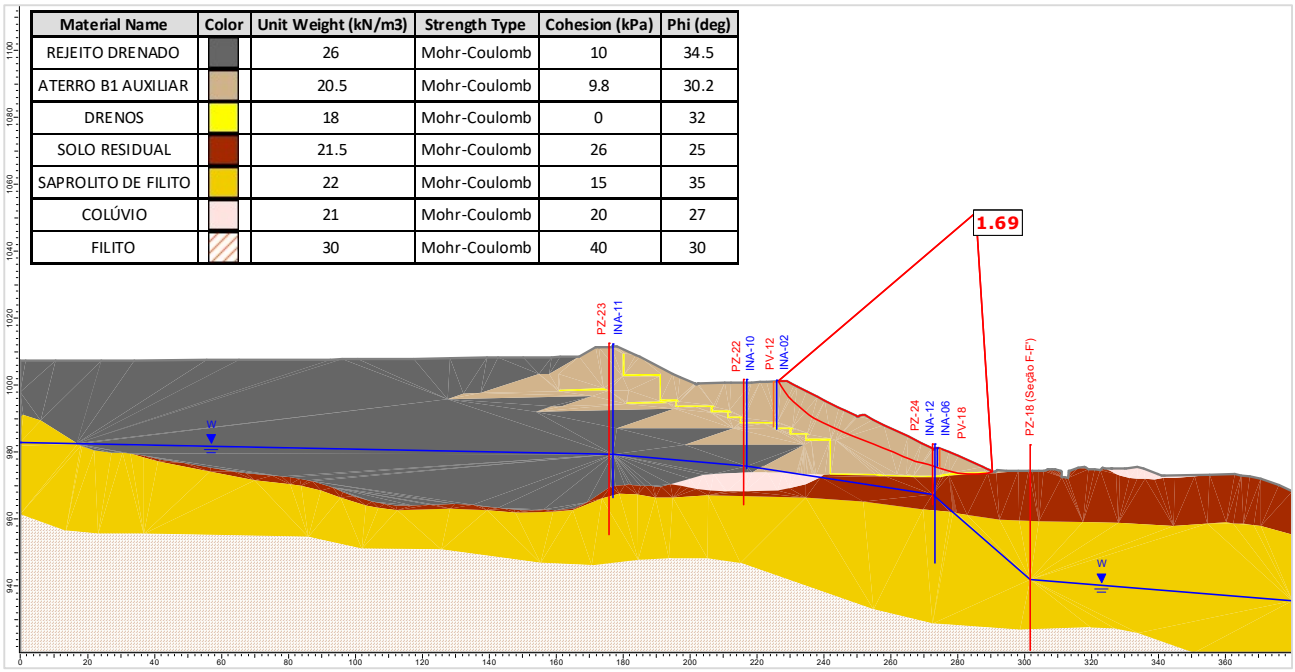


Figura 5.136 – Seção E-E' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

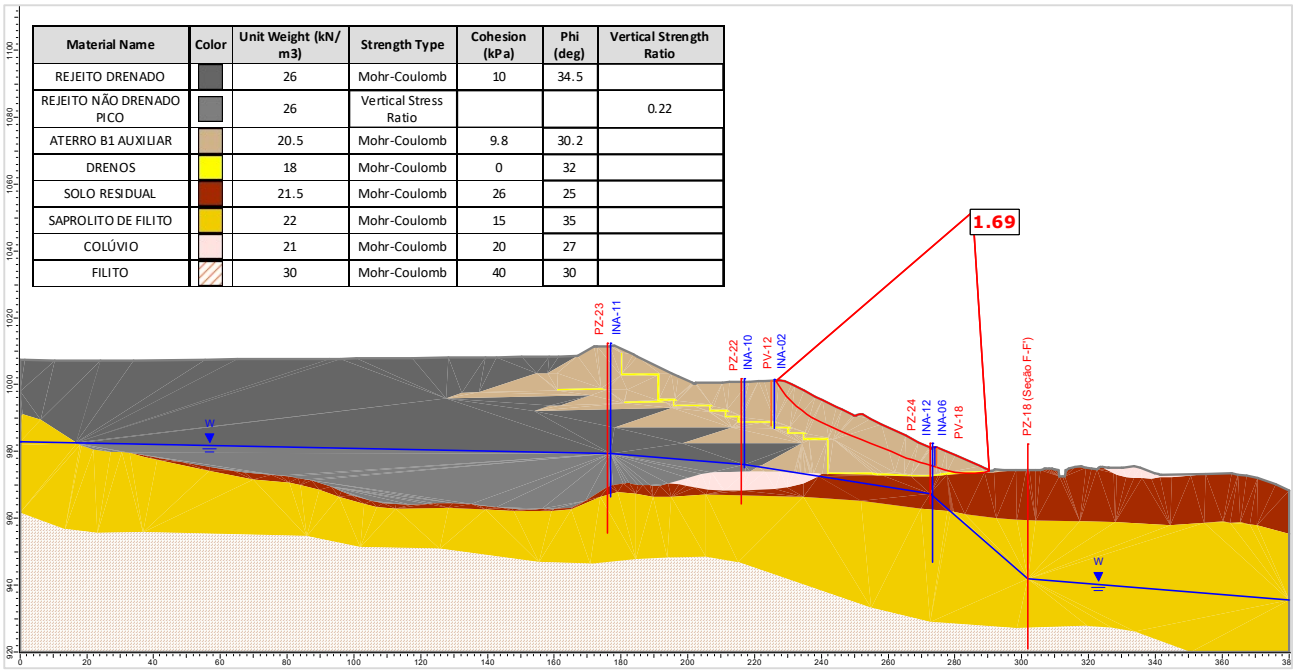
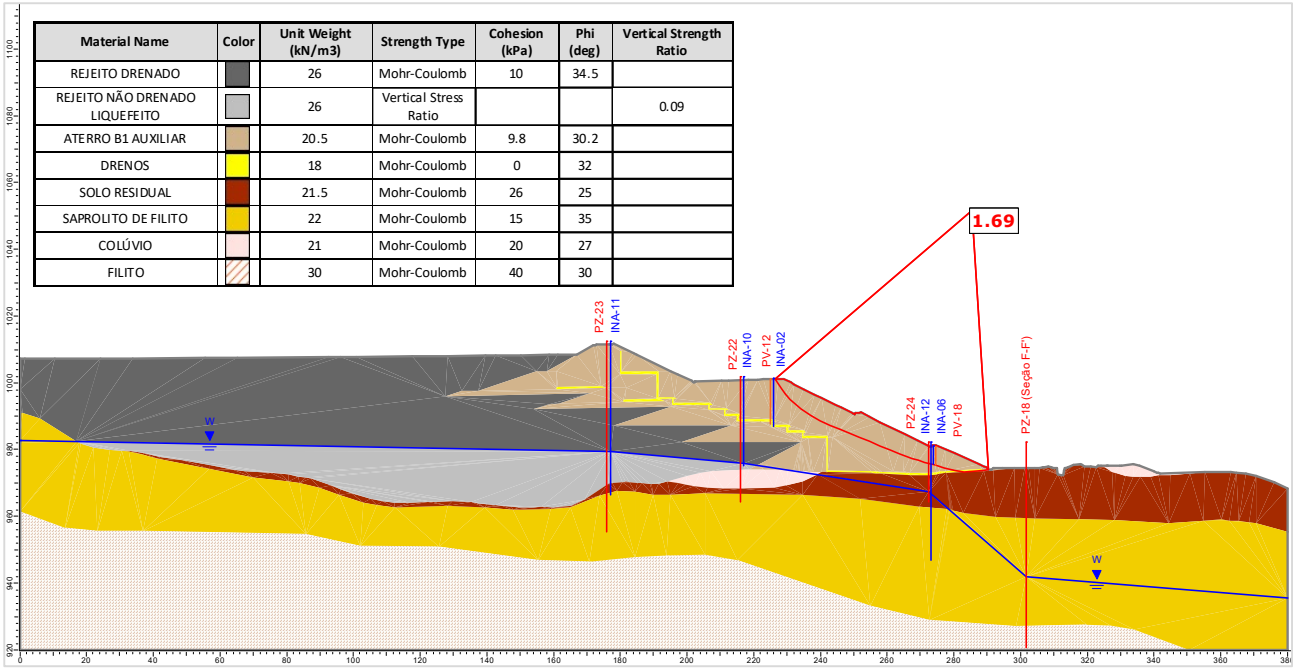
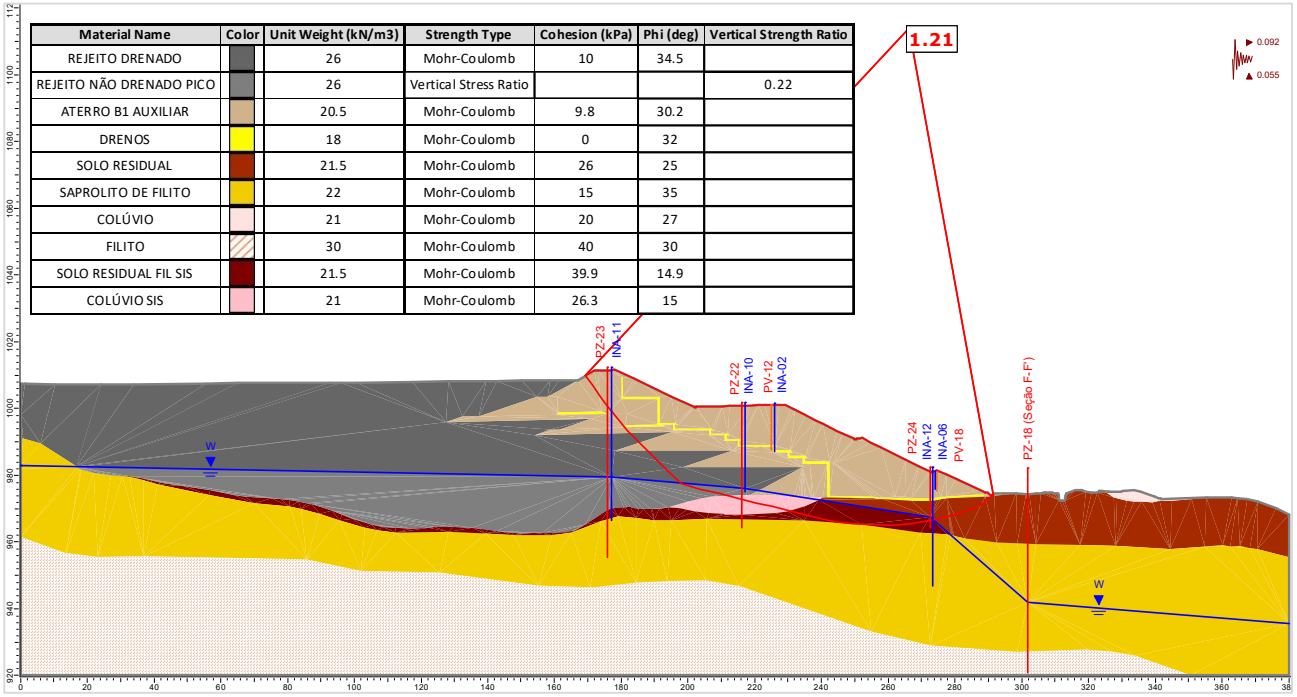


Figura 5.137 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



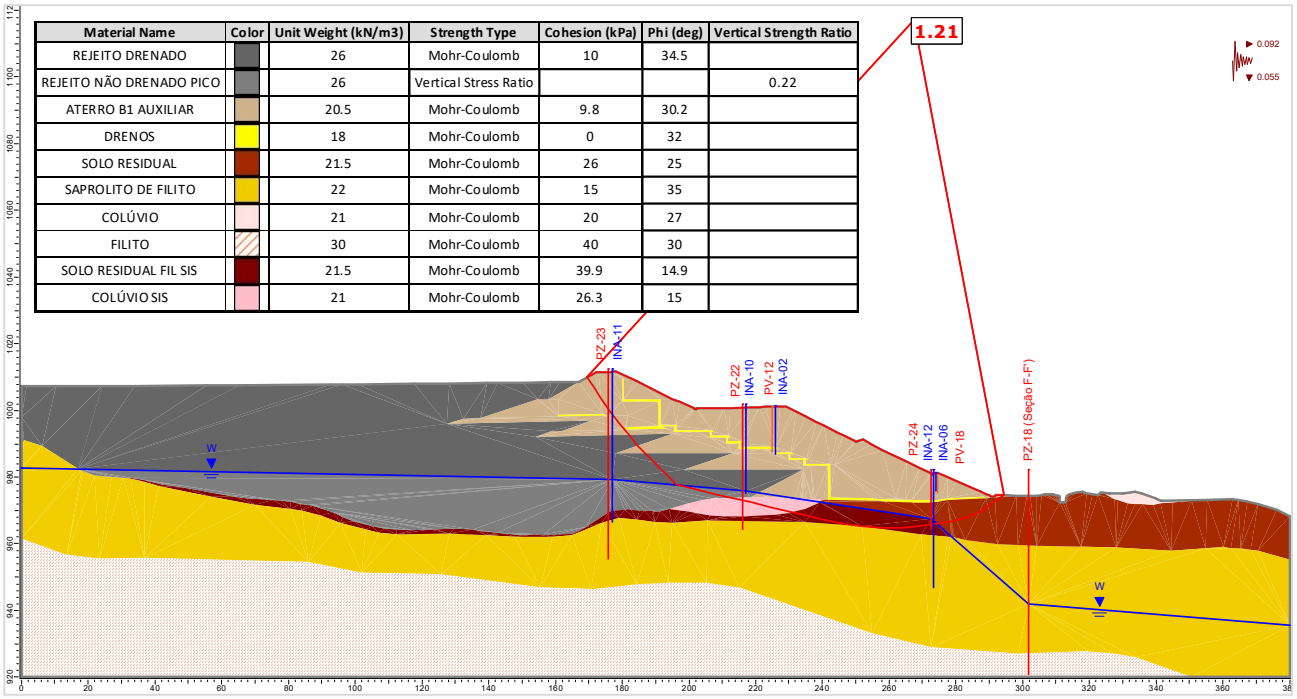
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio			0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 5.138 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



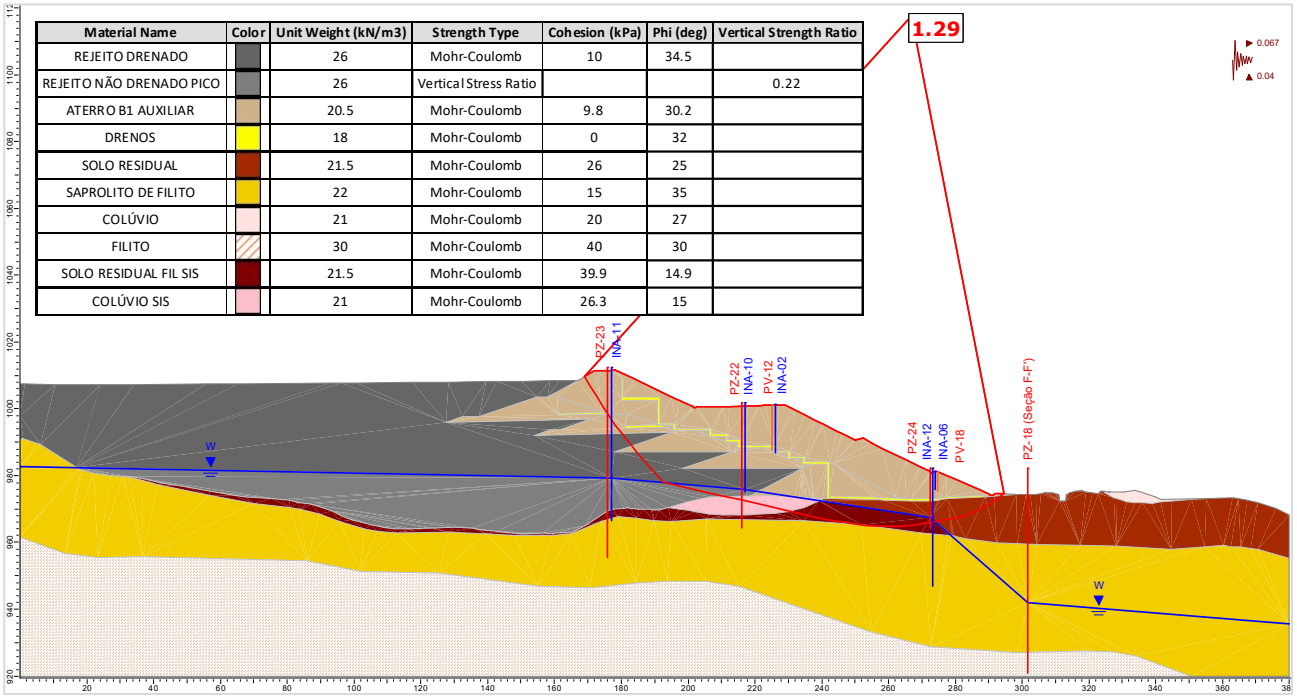
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.139 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



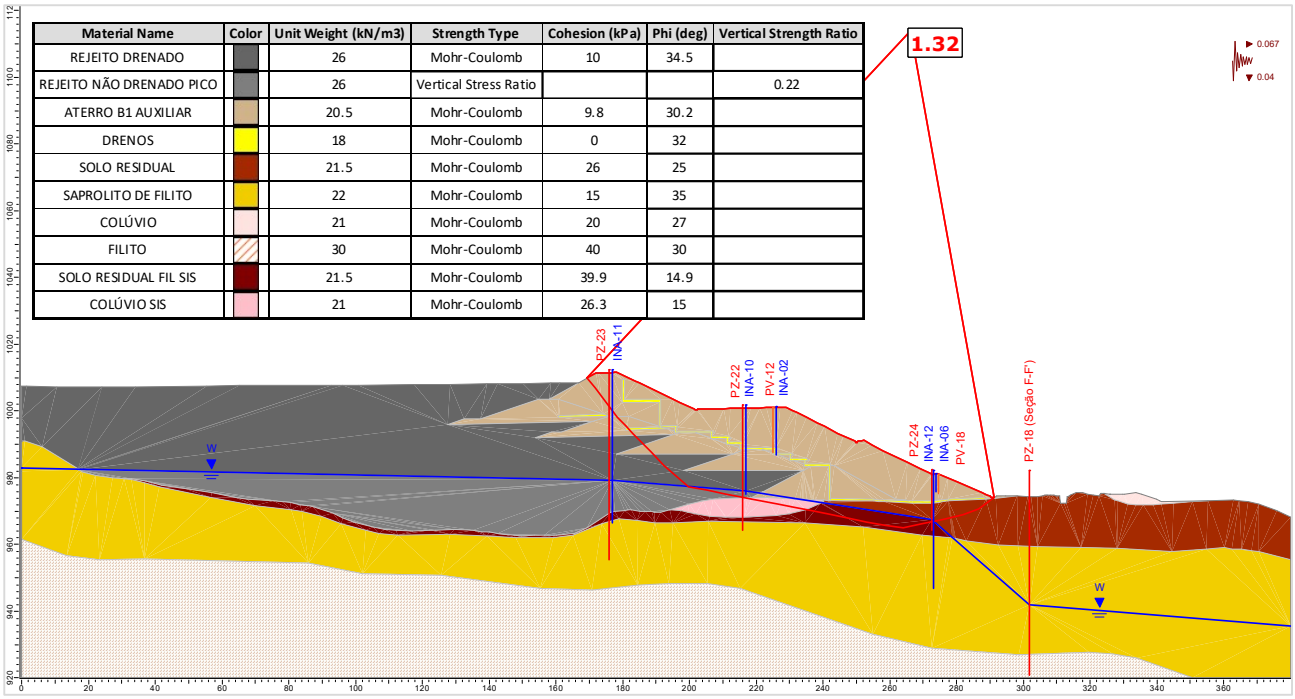
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.140 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



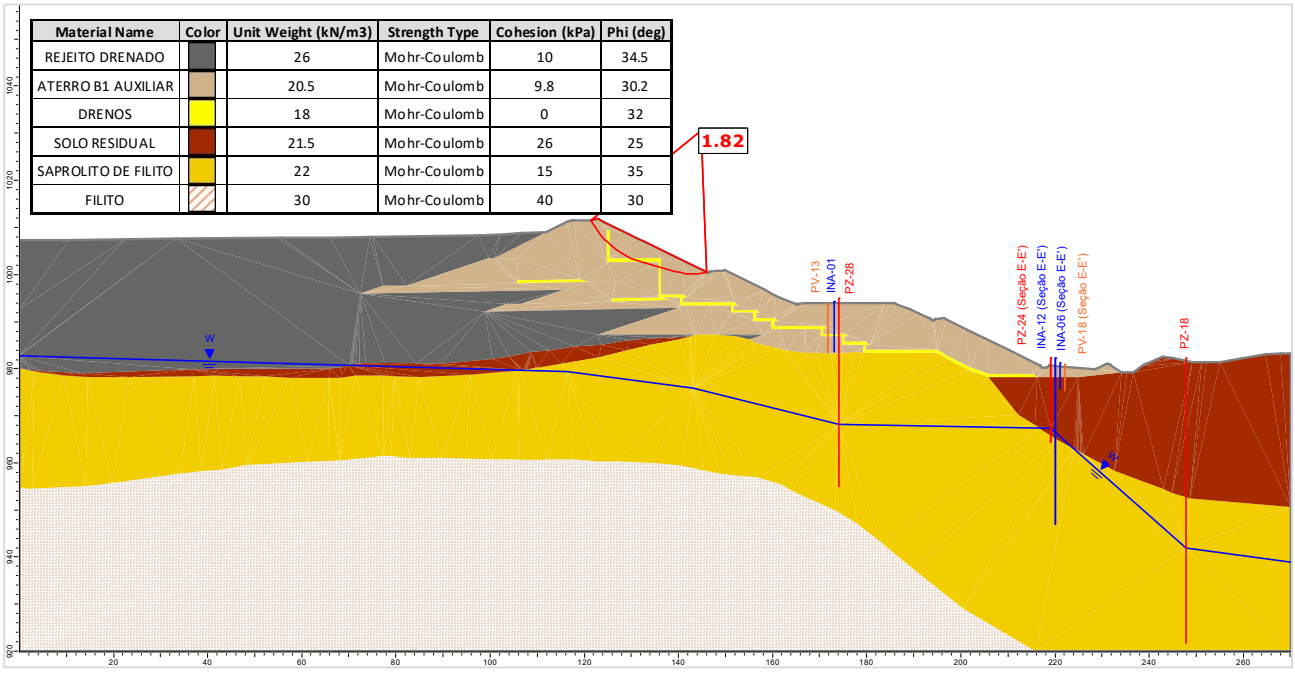
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.141 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	
SOLO RESIDUAL FIL SIS		21.5	Mohr-Coulomb	39.9	14.9	
COLÚVIO SIS		21	Mohr-Coulomb	26.3	15	

Figura 5.142 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30

Figura 5.143 – Seção F-F' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.

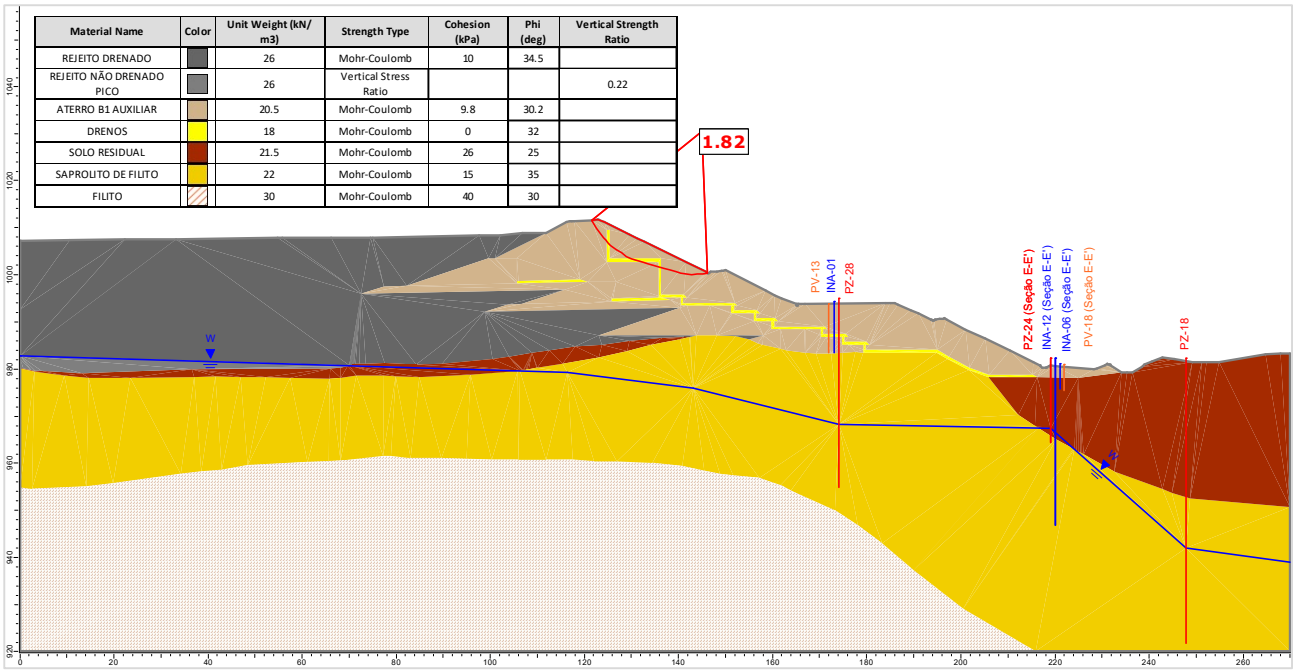


Figura 5.144 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

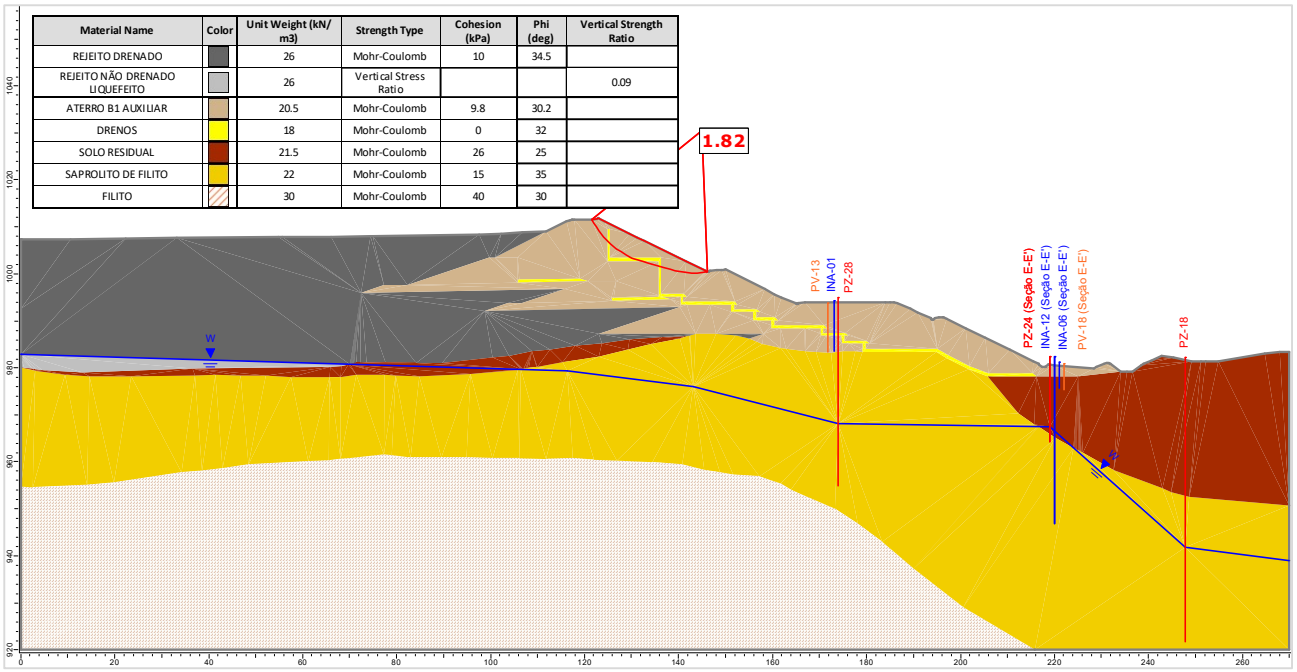


Figura 5.145 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

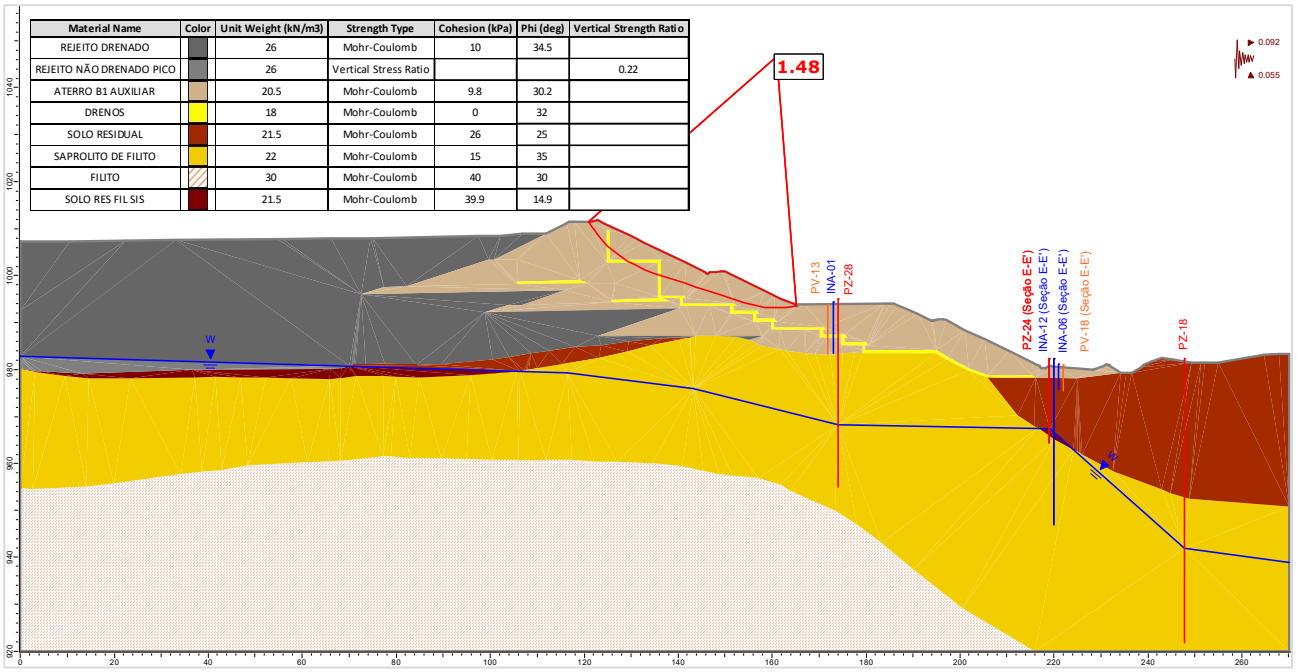


Figura 5.146 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

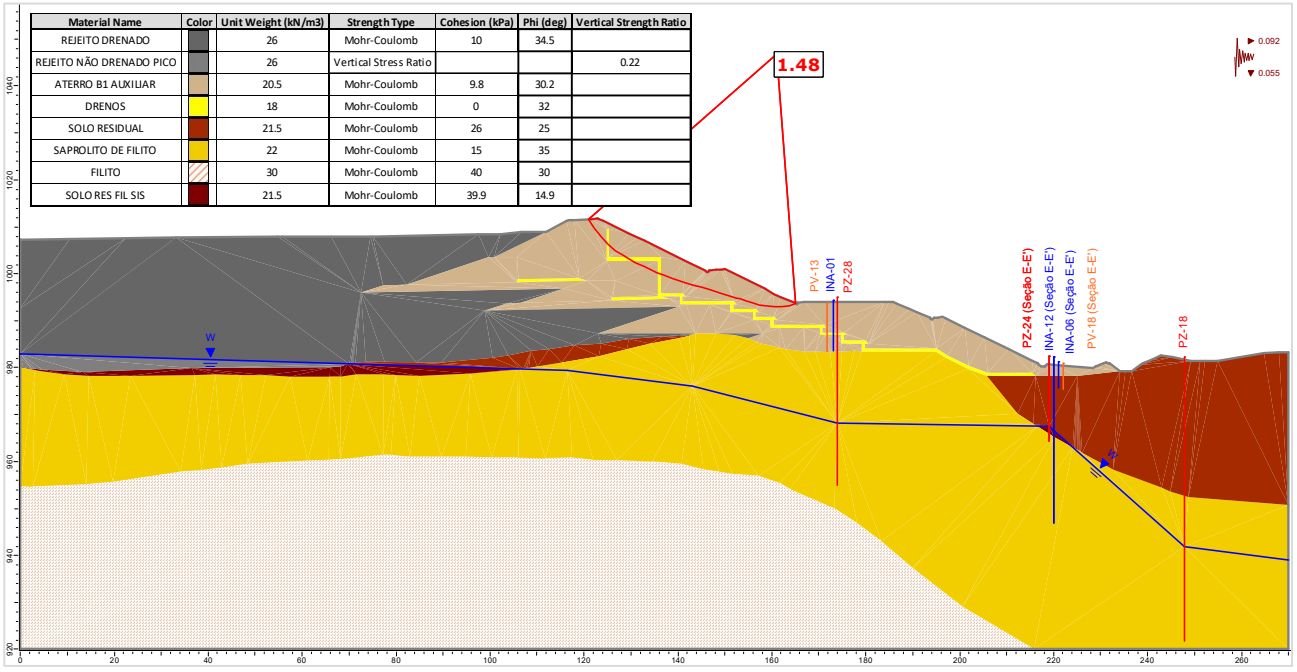


Figura 5.147 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

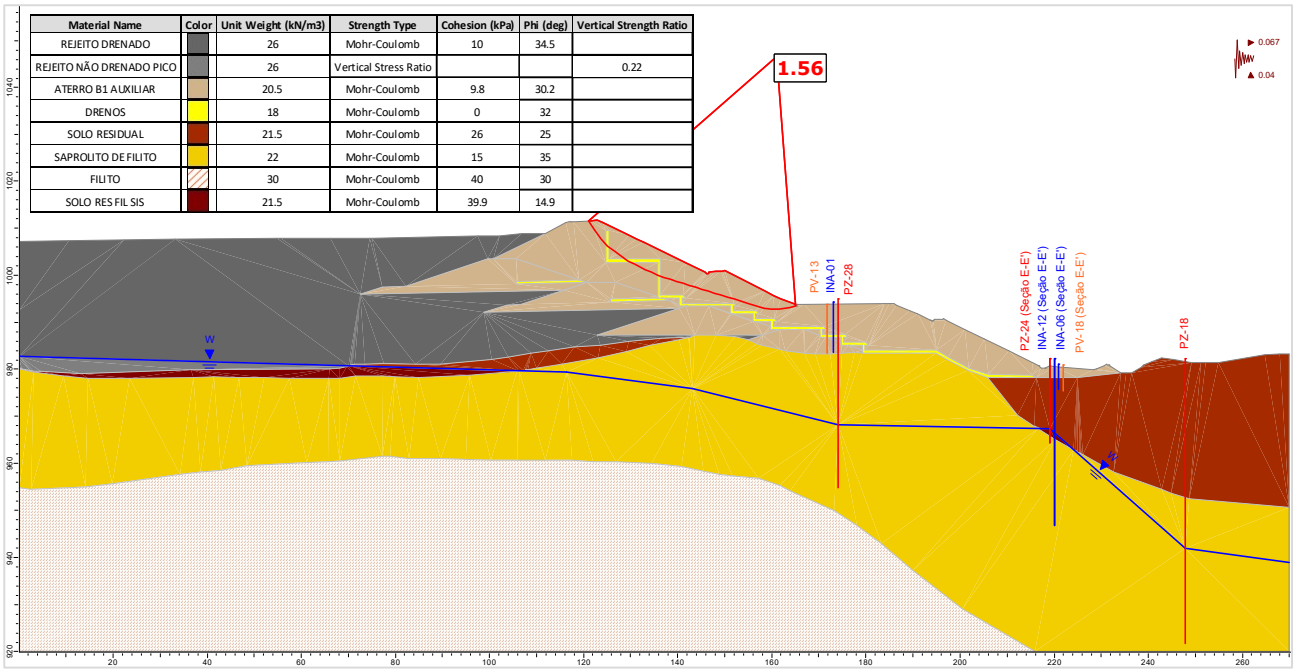


Figura 5.148 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

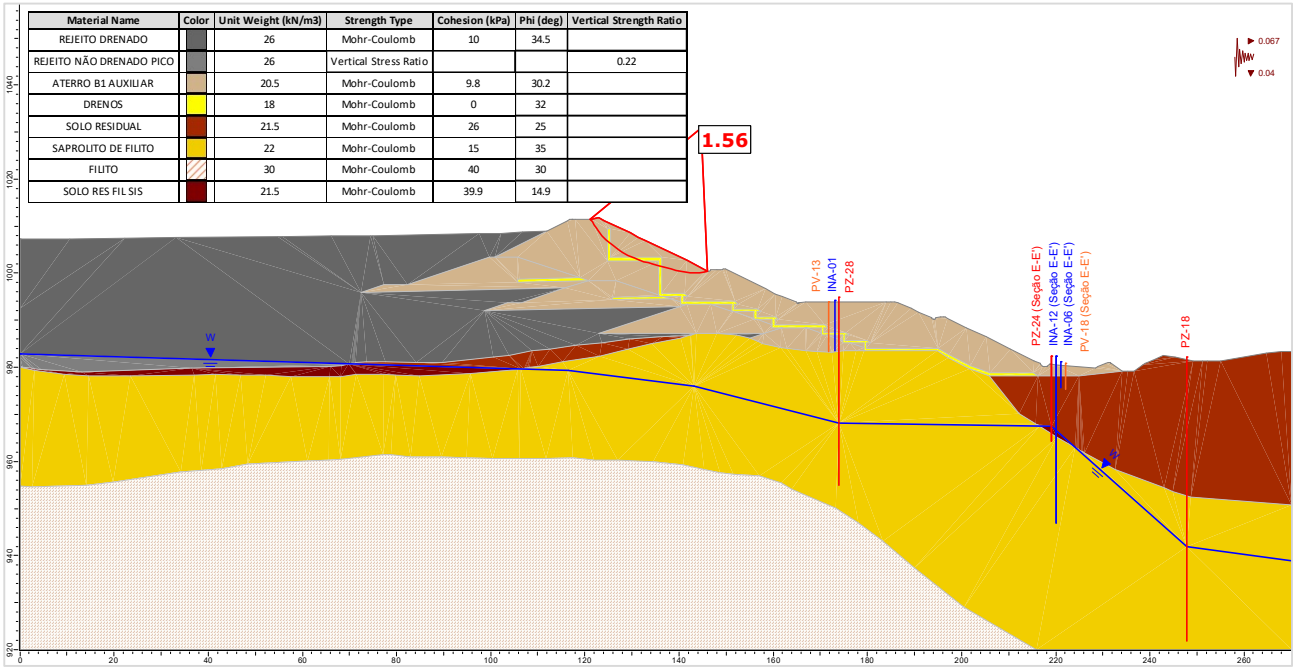


Figura 5.149 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico, no período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024).

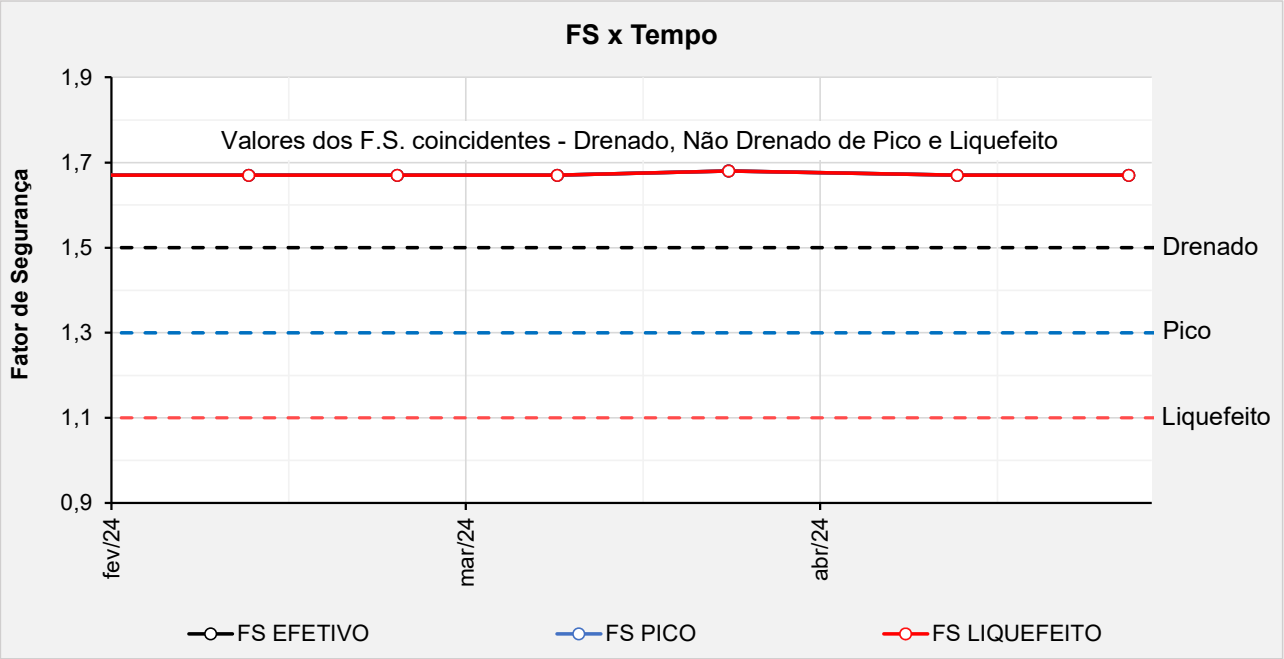


Figura 5.150 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

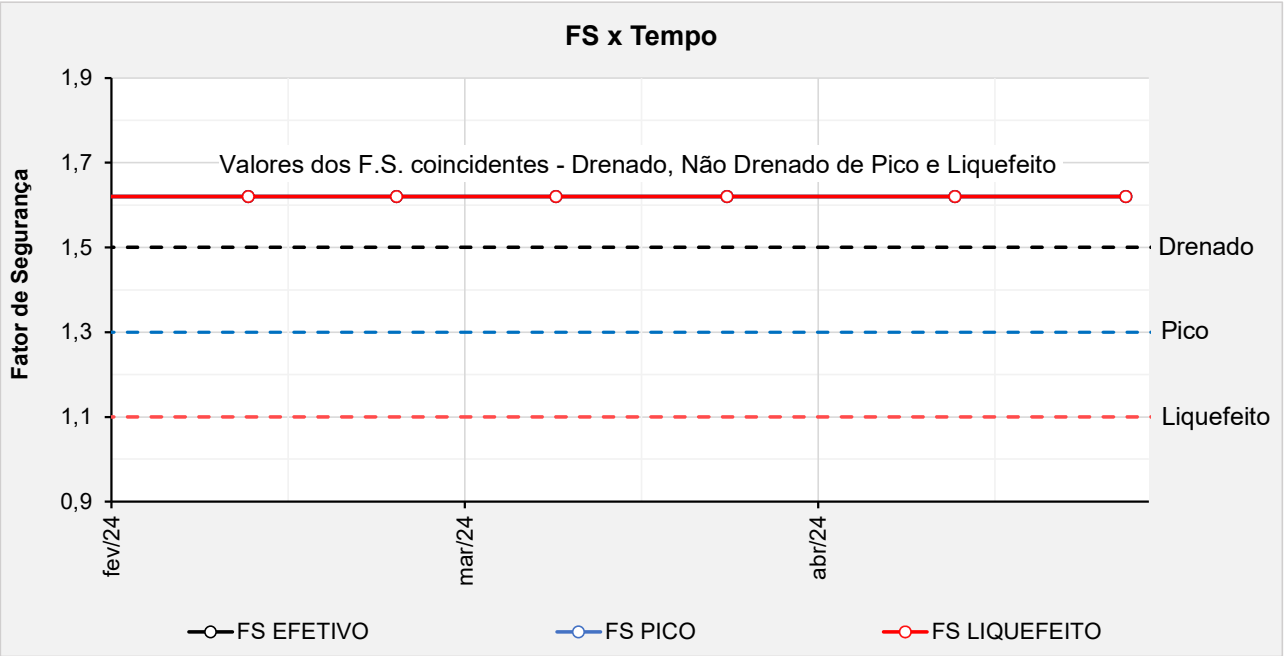


Figura 5.151 – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

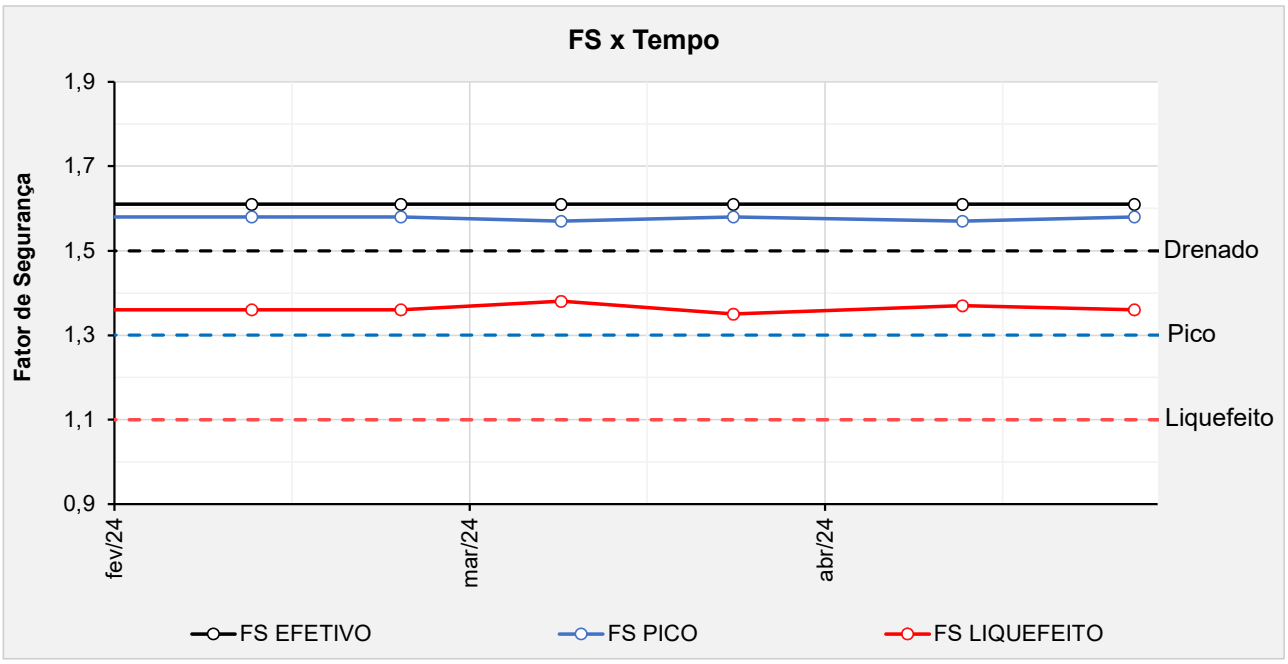


Figura 5.152 – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

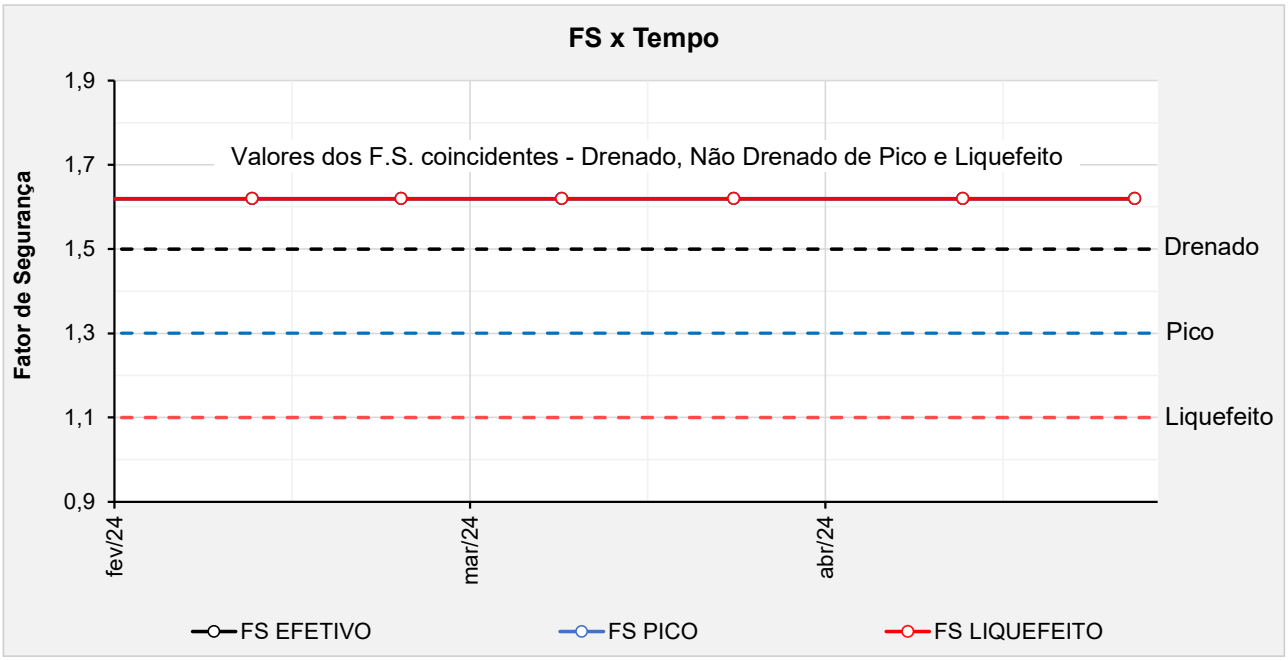


Figura 5.153 – Seção D-D' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

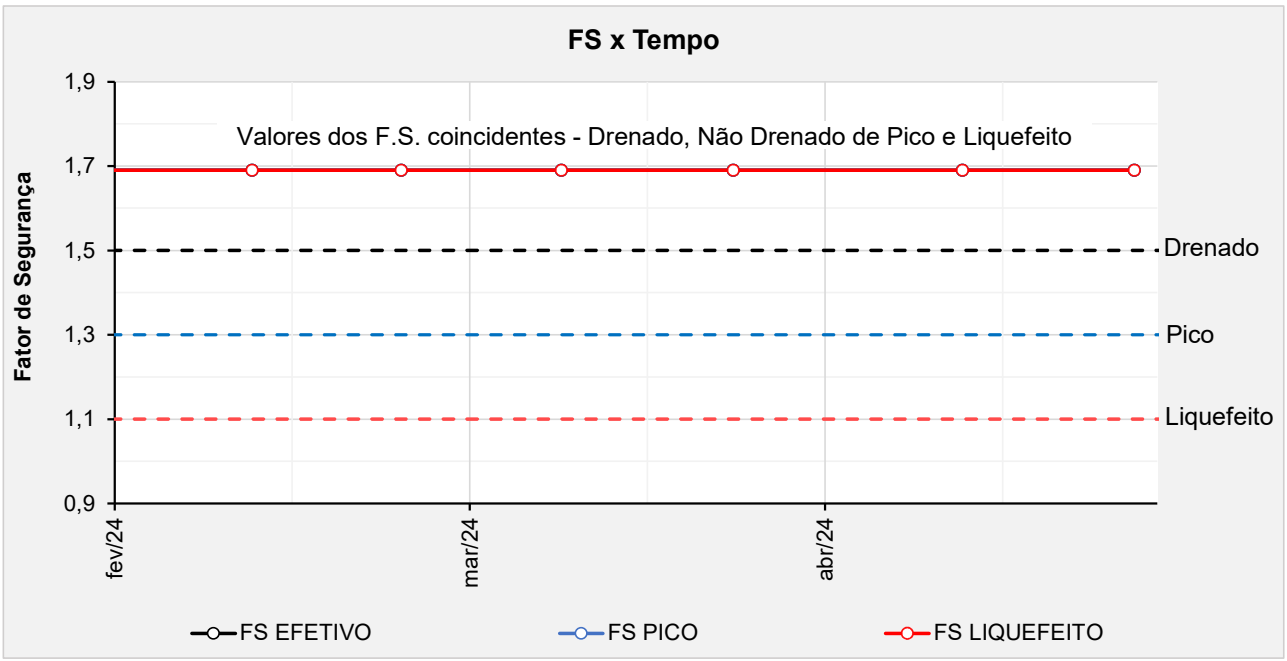


Figura 5.154 – Seção E-E' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

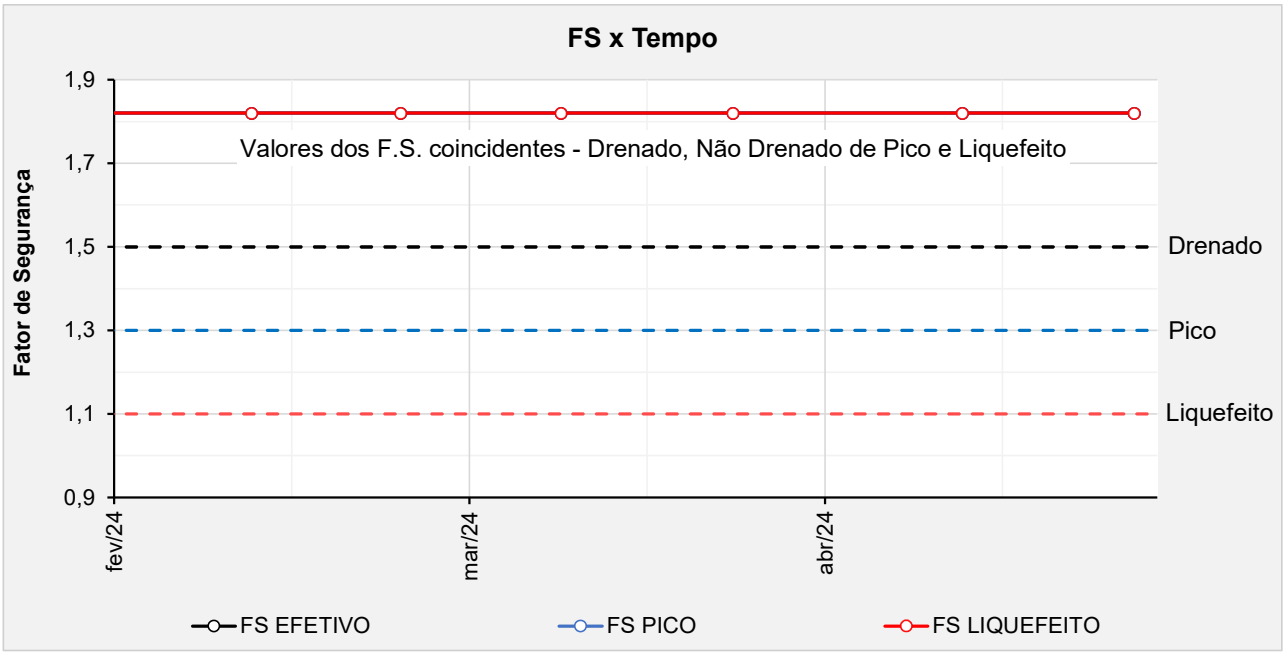


Figura 5.155 – Seção F-F' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico será fundamental durante as obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação da profundidade e pressão da água no solo e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos dos taludes.

Conforme discutido nos documentos de consolidação e diagnóstico, o material contido no reservatório da barragem, o underflow utilizado na fundação e os sedimentos no interior do reservatório da Barragem B1 Ecológica são compostos por rejeitos ou sedimentos que foram caracterizados como materiais contráteis a partir da análise de ensaios CPTu. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade para todas as seções de controle da barragem na fase de diagnóstico, tanto para a condição não drenada de pico e condição não drenada liquefeita são superiores aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020, ou seja, se encontram acima de 1,3 e 1,1, respectivamente. Mesmo apresentando uma condição confortável atualmente, o monitoramento da superfície freática atuante na estrutura se constitui da principal premissa de controle da execução do projeto de descaracterização.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, considera-se que a estrutura da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico já atende a todos os requisitos legais em termos de segurança estrutural para que se inicie as obras de descaracterização.

Ressalta-se a importância da realização e manutenção das seguintes atividades:

a) Análise de estabilidade que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles admitidos pela legislação vigente, a ser realizada antes do início das obras;
b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação, prismas e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima semanal;
c) Realização de análises de estabilidade quinzenal;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem ou do aterro de reforço emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição estabelecida na legislação, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista/consultoria que permita autorizar o retorno das atividades.

5.9 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura nas análises de estabilidade com carregamento não drenado de pico e liquefeito e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e a empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório, fundações e maciço da barragem para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura e que são lidos manualmente deverá ser verificado no mínimo uma vez por semana durante o período a execução do aterro de reforço.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados bem como o técnico responsável pela leitura manual deverá reportar imediatamente qualquer anomalia nas leituras realizadas.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista/consultoria.

6. Obras de Descaracterização

Este item não é aplicável, já que o projeto executivo de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico ainda não foi aprovado pela FEAM e empresas parceiras.

7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 7.1 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.1 IDENTIFICAÇÃO	
VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: a) Memorial descritivo e desenhos das estruturas implantadas, removidas ou modificadas, ou informações equivalentes, bem como dispositivos de proteção ambiental;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e	Não aplicável.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
representações gráficas em escala adequada: c) Descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio;	Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: d) Descrição das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. No caso de remoção do maciço e do reservatório, apresentar as medidas adotadas para a execução deste procedimento e um quantitativo dos materiais retirados;	Não se aplica. O projeto de descaracterização prevê o contrapilhamento da estrutura atual.
IV. Apresentar as medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório, quando couber, bem como informar o seu nível no estágio atual das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar análises de estabilidade nas condições drenada e não drenada, e levando em consideração as solicitações sísmicas que possam atuar sobre a estrutura, avaliando as resistências de pico e residual para a geometria da barragem na atual etapa da obra;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas análises de estabilidade da condição atual
VI. Apresentar o andamento das medidas de estabilização e/ou reforço para atingir no mínimo os fatores de segurança estabelecidos no item V, bem como das medidas de contingência adotadas caso a estabilidade da estrutura durante as obras não possa ser garantida;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Atualmente, os fatores de segurança já atendem aos exigidos pelo item V.
VII. Apresentar o andamento das obras para: a) Remoção das infraestruturas associadas à barragem, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;	Não aplicável. As infraestruturas associadas à barragem já foram removidas.
VII. Apresentar o andamento das obras para: b) Reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. O nível d'água é mantido o mínimo possível na área do reservatório com o fluxo sendo direcionado pelo canal de cintura para o extravasor de serviço operacional.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Atualmente os fatores de segurança já atendem aos exigidos pelo item V.
VIII. Apresentar a análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções; • Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para corrigir as anomalias registradas durante as inspeções visuais, inclusive daquelas iniciadas em períodos anteriores ao do relatório apresentado até sua finalização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IX. Apresentar as leituras da instrumentação instalada na barragem, informando a periodicidade adotada para as leituras e a relação dos níveis registrados pelos instrumentos com os Níveis de Controle de Segurança estabelecidos para a estrutura	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas leituras da instrumentação atualizada com histórico de dois anos hidrológicos.
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	O TR de descaracterização de barragens alteadas pelo método de montante não exige protocolo para garantir a segurança dos trabalhadores da obra para barragens com declaração de condição de estabilidade garantida, caso da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. O projeto atende ao exposto no item 3.3.1 do TR. Tal protocolo é exigido apenas para estruturas que se encontram em nível de alerta. De qualquer forma o projeto trata de critérios de inspeção e monitoramento para paralisação das obras conforme apresentado no Capítulo 12, mais específico no item 12.3 do Relatório de Descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.763).

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Registros fotográficos da condição atual da estrutura são apresentados quinzenalmente nos relatórios de performance geotécnica.
1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: a) Informar ações executadas do programa de manejo do patrimônio espeleológico na área afetada pelas obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: b) Informar as ações executadas ações de resgate da fauna e da flora na área afetadas, se couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: c) Deverão ser apresentadas as ações para controle de supressão vegetal e de processos erosivos na área afetada pelas obras de descaracterização, bem como os comprovantes de regularização ambiental da atividade;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: d) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para acompanhamento e controle dos índices de qualidade do ar na área afetada pelas obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: e) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para gestão de efluentes líquidos e resíduos sólidos na área afetada pelas obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Para obras em estágio de finalização, apresentar as medidas adotadas para o manejo e a proteção do solo, dos recursos hídricos, para garantir a estabilidade geotécnica da área	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.5 ASSINATURAS	
Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.
1.6 ANEXO	
Apresentar as anotações de responsabilidade técnica – ART do projeto, do acompanhamento das obras e do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.

8. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:



Elias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

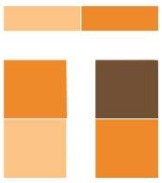
- Responsável técnico pela barragem:

Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

9. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



TERRACOTA
GEOTECNIA

Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20242780617

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à MG20221553989

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1403750408**

Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **CMS000481**

Celebrado em: **17/07/2023**

Valor: **R$ 16.420,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520

Nº: **00**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **IGARAPÉ**

UF: **MG**

CEP: **32900000**

Data de Início: **05/02/2024**

Previsão de término: **29/02/2024**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS TÉCNICOS DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1-AUXILIAR - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.922) E DA BARRAGEN B2 - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.921), REFERENTE AO TRIMESTRE NOVEMBRO DE 2023 A JANEIRO 2024, EM ATENDIMENTO AO TERMO DE COMPROMISSO - TC (MPF, MPMG, SEMAD/FEAM, ANM).

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20242780617

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à MG20221553989

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2024.02.27 12:21:38 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

BELO HORIZONTE, 27 de FEVEREIRO de 2024
Local data

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 99,64** Registrada em: **27/02/2024** Valor pago: **R$ 99,64** Nosso Número: **8604040769**

BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12822-R-BA-RL-07-GE_r0

NOVEMBRO 2023

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12822-R-BA-RL-07-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.787

BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X					26	X					51	X					76					
2	X					27	X					52	X					77					
3	X					28	X					53	X					78					
4	X					29	X					54	X					79					
5	X					30	X					55	X					80					
6	X					31	X					56	X					81					
7	X					32	X					57	X					82					
8	X					33	X					58	X					83					
9	X					34	X					59	X					84					
10	X					35	X					60	X					85					
11	X					36	X					61	X					86					
12	X					37	X					62	X					87					
13	X					38	X					63	X					88					
14	X					39	X					64	X					89					
15	X					40	X					65	X					90					
16	X					41	X					66	X					91					
17	X					42	X					67	X					92					
18	X					43	X					68	X					93					
19	X					44	X					69	X					94					
20	X					45	X					70	X					95					
21	X					46	X					71	X					96					
22	X					47	X					72	X					97					
23	X					48	X					73	X					98					
24	X					49	X					74						99					
25	X					50	X					75						100					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	29/11/2023						
EXECUTADO	GFL / EJC						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

SUMÁRIO

1. Introdução 4
2. Documentos de referência 5
3. Códigos e Normas 6
4. Ficha Técnica do Empreendimento 7
4.1 Identificação do Empreendedor 7
4.2 Identificação do Empreendimento 7
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 7
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 7
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 7
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 8
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 8
4.8 Localização da Barragem 8
4.9 Função atual 9
4.10 Características Gerais 9
4.11 Classificação da Barragem 13
5. Projeto de Descaracterização 18
5.1 Descrição do Projeto 19
5.2 Alterações de Projeto 23
5.3 Atividades Preparatórias 23
5.3.1 Impermeabilização do Reservatório 23
5.3.2 Sistema Extravasor de Emergência 24
5.4 Cronograma 25
5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos 28
6. Obras de Descaracterização 28
6.1 Instrumentação Instalada na Barragem 28
6.1.1 Leituras Instrumentação 45
6.2 Análise de Estabilidade 47
6.2.1 Premissas adotadas nas Simulações 47
6.2.2 Definição da Condição da Superfície Freática 50
6.2.3 Parâmetros de Resistência 52
6.2.4 Resultados 54
6.3 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 66
6.4 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 67

6.5 Rotina de Monitoramento 68
6.6 Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 69
7. Assinaturas 72
8. Anexos 73

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico**, referente ao trimestre (Agosto/2023 a Outubro/2023), elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico, o qual foi emitido em setembro de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

Apesar de o projeto executivo ter sido emitido em setembro de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico não foram iniciadas até o momento.

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.761 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.762 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.762 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.760 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.784 – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023.
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.753_r1 – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – Relatório técnico detalhado de equipamentos, tecnologias, pessoas e orçamento para a descaracterização da barragem. Geoprime Engenharia e Meio Ambiente Ltda. Agosto/2023.

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2017 – dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização e se responsabiliza tecnicamente por suas respectivas áreas			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

4.8 Localização da Barragem

A Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Igarapé-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 574.430m E e 7.776.830m N. A estrutura situa-se a jusante da Barragem B2 – Mina Tico-Tico (B2TT) e a montante da estrutura descaracterizada, denominada Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico (B1 Tico-Tico).

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

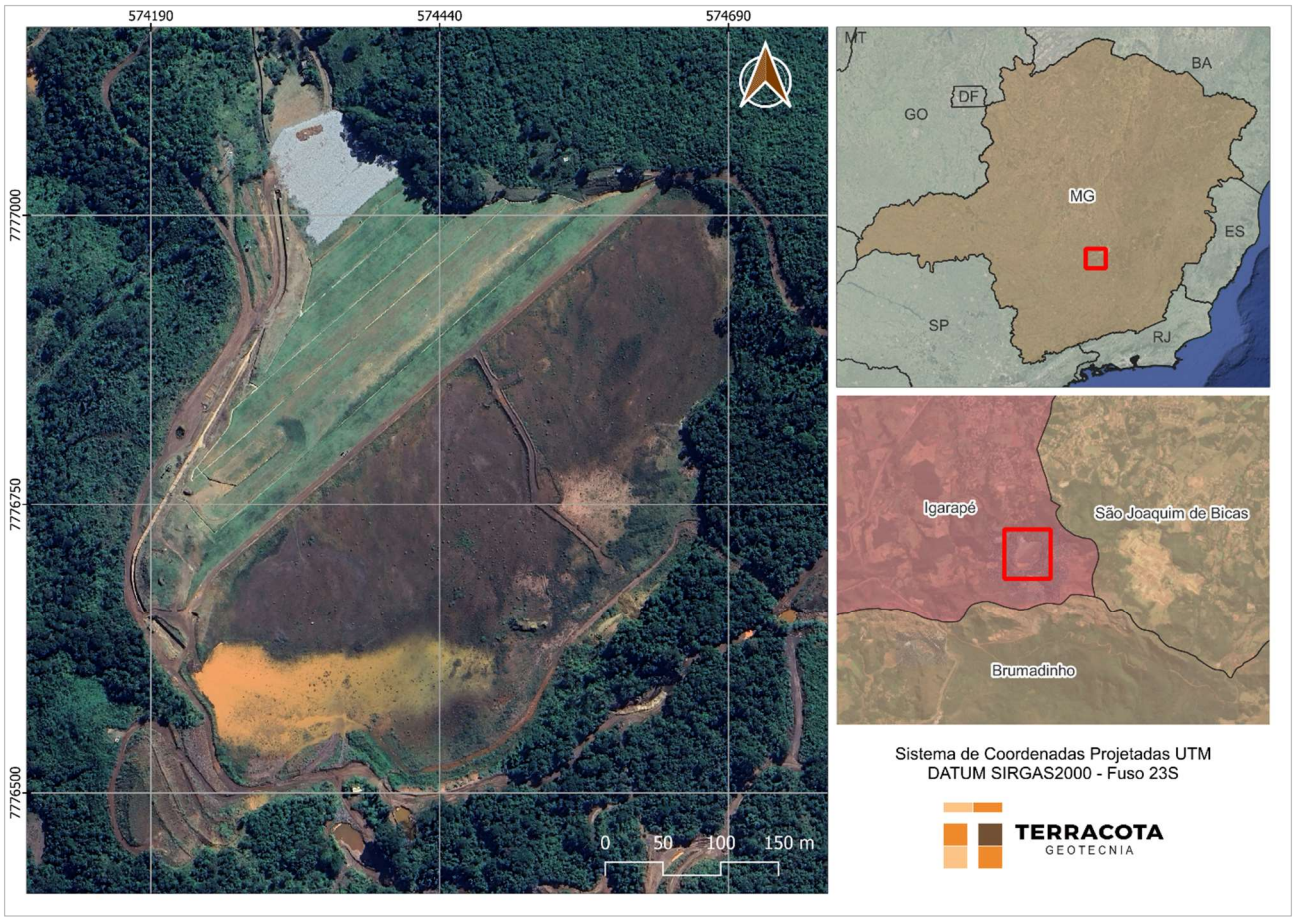


Figura 4.1 – Localização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

4.9 Função atual

As funções da barragem englobavam: a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte.

O lançamento de rejeitos na barragem foi paralisado em janeiro de 2019. A tubulação de rejeito e os espigotes foram removidos e a estrutura encontra-se descomissionada e desativada conforme consta na Resolução ANM nº95/2022, Art. 2º VIII.a e IX e no Art. 3º do Decreto Estadual 48.140/2021, a operação de disposição de rejeitos não será retomada.

4.10 Características Gerais

A Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico foi construída em 7 (sete) etapas, sendo o maciço inicial na El. 963,0 m, um alteamento a jusante na El. 983,0 m e cinco alteamentos a montante até a elevação final 1.011,00 m.

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.1, atualizadas a partir

dos levantamentos topográficos IPE.OP.DF.8000.GT.20.008.A_R1.dwg e IPE.OP.DF.8000.GT.20.024.B.dwg, sendo que a Figura 4.2 apresenta a imagem de satélite da estrutura e a Figura 4.3 apresenta a seção C-C' de maior altura da barragem.

Tabela 4.1 – Principais características da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico
Código FEAM	402
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'12.700" Longitude: -44°17'17.500"
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	574.430m E / 7.776.830m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	2007
Ano de Início de Operação	2007
Ano de Término de Operação	2019
Ano de Término de Descaracterização	Sem previsão
Situação (status) de operação atual da barragem	Desativada
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total = Reservatório + maciços (m³)	4.258.447 (*)
Capacidade total do reservatório (m³)	3.116.656 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	2.659.653 (*)
Área do reservatório (m²)	139.000
Elevação do coroamento (m)	1.011,0
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	930,0
Altura atual da barragem (m)	81,0
Extensão do coroamento (m)	570,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, mínimo de 3,0
Alteamentos realizados e métodos empregados;	Alteamentos a jusante e a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6º)
Inclinação talude de montante	2,0(H):1(V) (32º)
Elevação do NA normal do reservatório (m)	1.009,40
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.010,00
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.010,31
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	1,00
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,69
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	5,12
Descarga do vertedouro (PMP) (m³/s)	9,85
Capacidade de descarga do vertedouro (m³/s)	22,00
Área da bacia de contribuição (km²)	1,023

(*) Volumes obtidos da análise e interpretação dos levantamentos topográficos de "As Built" das diversas etapas construtivas e do levantamento de ocupação atual do reservatório (IPE.OP.DF.8000.GT.20.008.A_R1.dwg).



Figura 4.2 – Imagem da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. (Fonte: GoogleEarth® - Maio/2023).

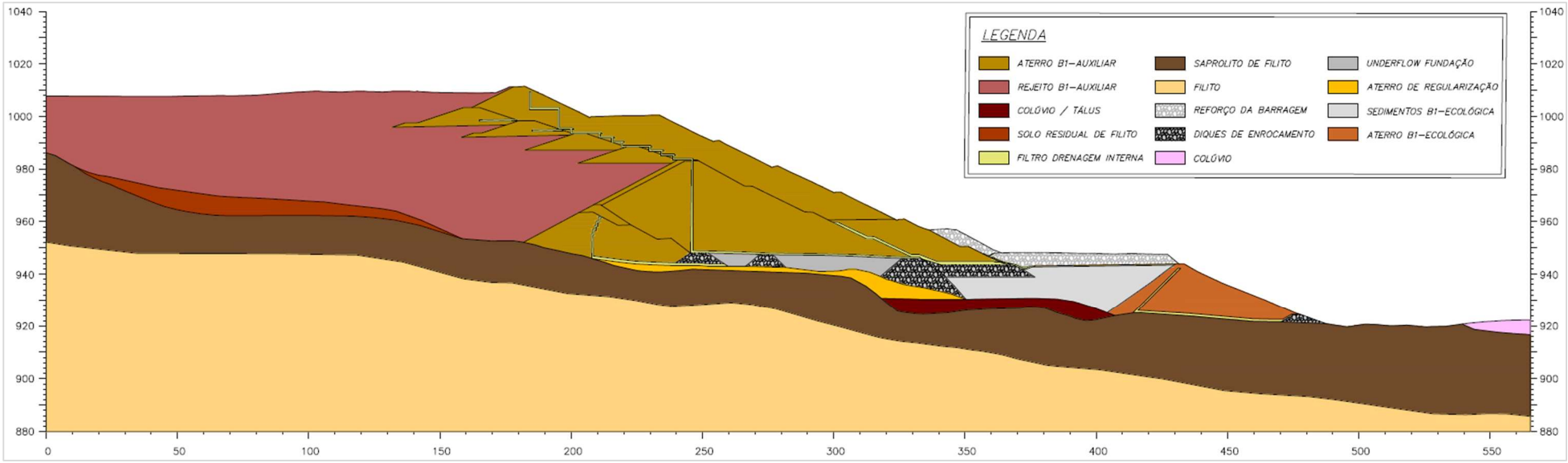


Figura 4.3 – Seção de maior altura C-C' da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico** foi classificada, no âmbito da elaboração deste relatório, com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.2 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**19**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.3 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	5
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**23**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.4 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.5 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 0				

Tabela 4.8 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanen-temente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de insta-lações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO **(Existe alta concentração de instalações residen-ciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
DPA = Σ (a até d) = 23			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de contrapilhamento da estrutura (aterro de reforço) até o nível do coroamento com estéril rochoso (enrocamento de itabirito compacto), o preenchimento e a regularização do reservatório com rejeito filtrado e a selagem da superfície final com solo argiloso;
- Os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,3) e não drenado liquefeito (FS≥1,1) já são atendidos em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização. Considerando a superfície freática atual, o fator de segurança exigido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,5), a ser obtido ao final das obras de descaracterização, também já são atendidos em todas as seções;
- O projeto de descaracterização será concebido para ser executado em três etapas macro: sendo a primeira com a construção do canal extravasor/condutor pela ombreira esquerda; a segunda etapa compreende a regularização do reservatório com rejeito filtrado, a selagem da superfície final com solo argiloso, construção do canal de coleta sobre o reservatório e o tamponamento do sistema extravasor operacional; e a terceira etapa se resume na construção do aterro de reforço com enrocamento até o nível do coroamento;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos, com duração mínima de 6 meses (abril a setembro), podendo se estender em função das condições climáticas desde que haja tempo hábil para atender as premissas de conclusão de cada etapa;
- O projeto considera que as escavações para tratamento de fundações e a execução dos aterros será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas, tratores de esteira, motoniveladoras e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O volume total geométrico de aterro previsto para execução do reforço da estrutura, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.229.140 m³;
- O projeto de descaracterização abrange exclusivamente a área da barragem, ombreiras e o reservatório;
- A superfície final do reservatório deverá receber camada impermeabilizante (selo) de solo argiloso, preferencialmente laterítico, compactado em camadas de no máximo 25 cm de material solto até obter espessura final mínima de 50 cm, grau de compactação de 98% do PN e ter as declividades indicadas no projeto de forma a direcionar os fluxos incidentes nesta superfície para o canal de condutor;

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico se constitui basicamente no contrapilhamento da estrutura (aterro de reforço) até o nível do coroamento com estéril rochoso (enrocamento de itabirito compacto), o preenchimento e a regularização do reservatório com rejeito filtrado e com selagem da superfície final com solo argiloso, além da construção do canal de desvio (canal de contorno) da drenagem superficial que não permitirá a formação de lago na estrutura e, por fim, o tamponamento do extravasor operacional.

Durante as etapas de regularização do reservatório, os fluxos incidentes e de contribuições de nascentes continuarão a ser direcionados para o sistema extravasor operacional utilizando os canais de contorno existentes. Também deverá ser mantido em condições de uso o sistema de bombeamento existente junto à margem esquerda, com capacidade para direcionar as águas para o interior do sistema extravasor operacional.

As escavações para construção do canal sobre o reservatório serão realizadas em camadas com aproximadamente 2,0 m de espessura que se estendem por toda a largura da área a ser descaracterizada. A escavação será feita a partir das proximidades do emboque do sistema extravasor de emergência (ombreira esquerda) avançando em direção ao fundo do reservatório. Transversalmente ao reservatório, a superfície será regularizada com 0,5% de declividade a partir do coroamento e das margens em direção ao canal.

Caso se verifique, em qualquer camada, que o rejeito se encontra com elevada saturação comprometendo o andamento dos serviços (escavação e tráfego de caminhões), deverá ser executada inicialmente uma vala longitudinal principal de forma a desaguar o rejeito. Esta vala deverá ter declividade mínima (0,5%) que direcione o fluxo em direção a um *sump* operacional onde deverá ser instalado sistema de bombeamento.

Os taludes das escavações no rejeito para a construção do canal deverão ter inclinação correspondente a 3H:1V.

Em termos gerais, o projeto de descaracterização será realizado em quatro etapas macro compreendendo:

- **Etapa 1** – Construção da estrutura em concreto armado do canal extravasor ao longo da ombreira esquerda da barragem;

- **Etapa 2** – Conformação e drenagem da área do reservatório. Envolve a regularização da superfície com aterro de rejeito filtrado, a escavação para construção do canal principal e canais secundários e interligação com o trecho em concreto, execução de selo com solo argiloso, revestimento dos canais sobre o reservatório com gabiões colchão;
- **Etapa 3** – Tamponamento do sistema extravasor operacional;
- **Etapa 4** – Execução do aterro de reforço. Abrange também a realização de supressão vegetal, tratamento das fundações e construção de dispositivo de drenagem interna. A construção do aterro de reforço está prevista para ser executada em um período de 3 (três) anos – 2025 a 2027.

As etapas macro 1, 2 e 4 do projeto de descaracterização descritas acima são representadas respectivamente na Figura 5.1, Figura 5.2 e Figura 5.3.

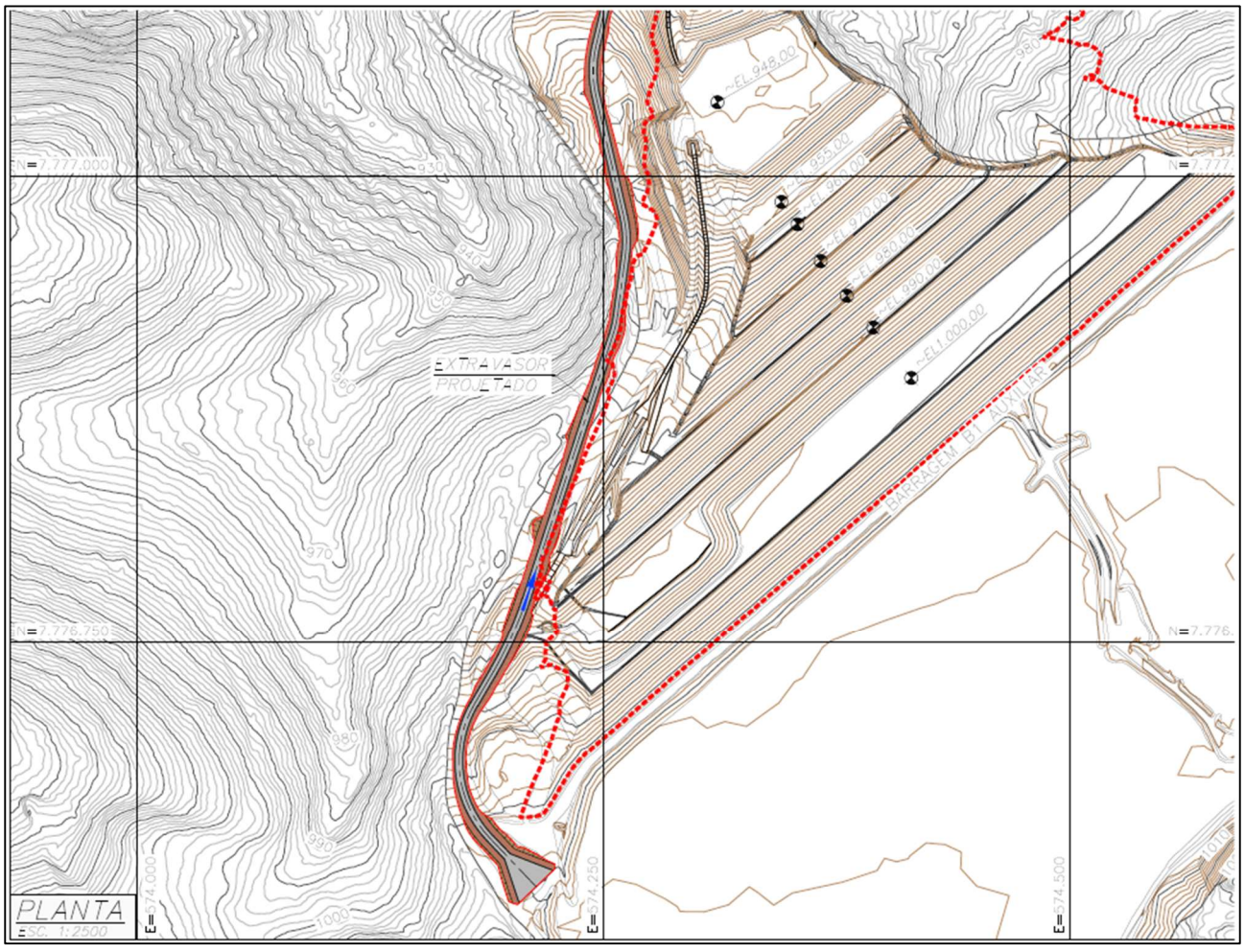


Figura 5.1 – Etapa 1 – Construção do canal na ombreira esquerda.

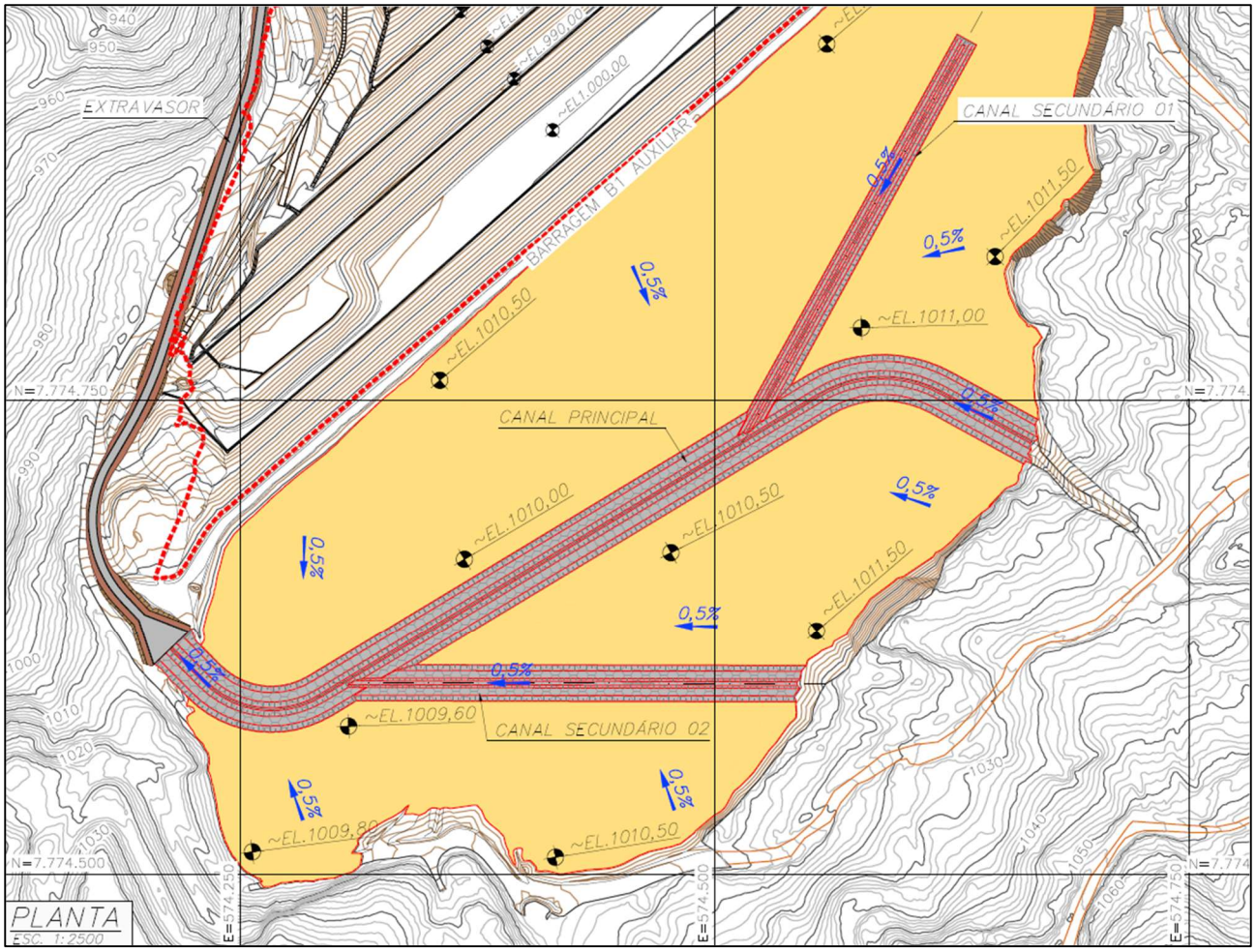


Figura 5.2 – Etapa 2 – Conformação e drenagem da área do reservatório.

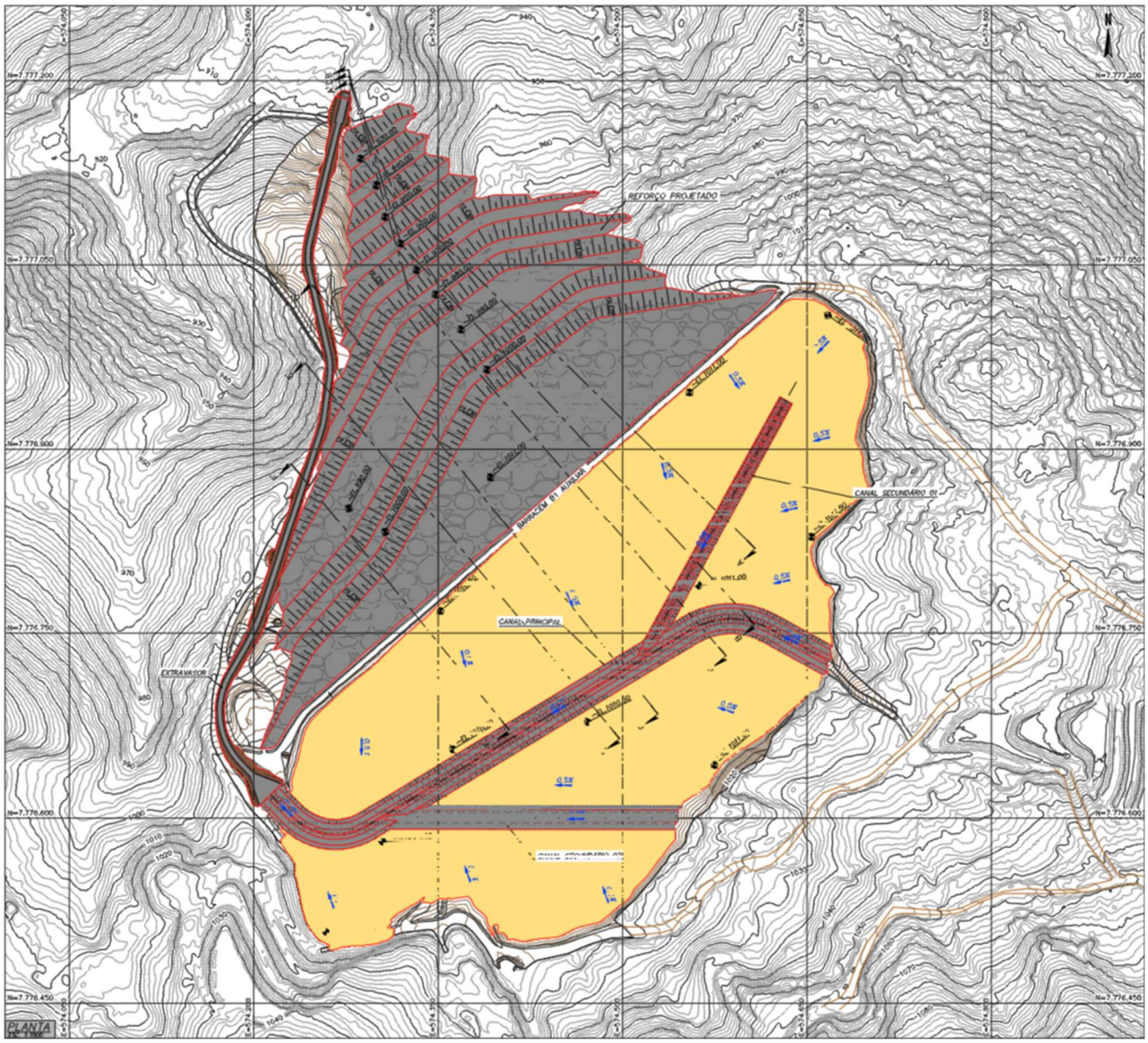


Figura 5.3 – Etapa 4 (Condição Final) – Execução do aterro de reforço.

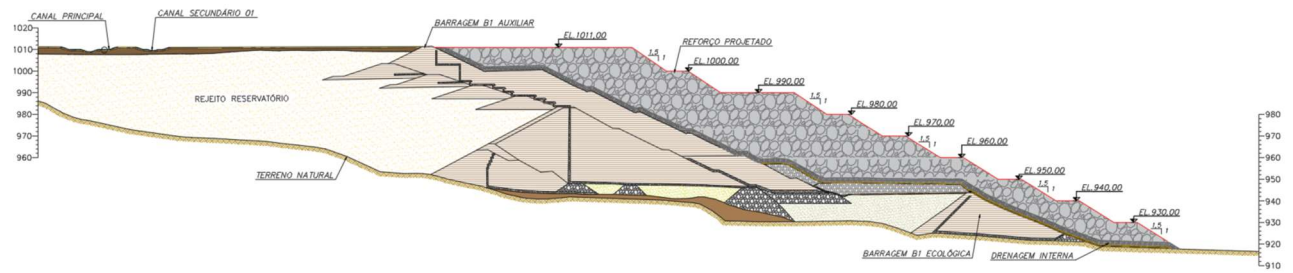


Figura 5.4 – Seção transversal C-C' após a conclusão das obras de descaracterização.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização.

5.3 Atividades Preparatórias

A seguir são apresentadas as atividades preparatórias para início da obra de descaracterização executadas durante o período avaliado.

5.3.1 Impermeabilização do Reservatório

A superfície do reservatório começou a ser preparado na primeira quinzena de setembro/2023 para receber revestimento impermeável. Esta medida será adotada para reduzir a taxa de infiltração da água pluvial e saturação do rejeito, minimizando a recarga da superfície freática ao longo do próximo período chuvoso.

Para a impermeabilização será utilizada lona dupla termoplástica HALS R-105 FORTE PB da fabricante NORTENE, fornecida em bobinas com as seguintes características:

- Cor: Branco/preto
- Gramatura: 140 g/m²
- Comprimento: 100 m
- Largura: 8 m



Foto 5.1 – Reservatório da barragem.



Foto 5.2 – Reservatório da barragem.

Na 2ª quinzena de outubro o material que será utilizado na impermeabilização do reservatório já estava disposto na crista para que os trabalhos fossem iniciados.



Foto 5.3 – Materiais dispostos na crista da estrutura.



Foto 5.4 – Detalhe da especificação do material.

5.3.2 Sistema Extravasor de Emergência

Os estudos hidrológicos-hidráulicos apresentados no relatório de diagnóstico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.762), aborda a necessidade de adequação do canal extravasor de emergência para ampliar a sua capacidade de escoamento de forma a garantir que os fluxos resultantes das cheias extremas de projeto (CMP) em atendimento aos requisitos do Art. 24 da Resolução ANM 95/2022.

Esses estudos mostram dois pontos de transbordamento no sistema extravasor quando da passagem de cheias relacionadas a CMP, especificamente no trecho da galeria em aduelas e na bacia de dissipação ao final do sistema extravasor. Durante a 2ª quinzena de outubro foi iniciada a adequação do canal, conforme verificado na Foto 5.5



Foto 5.5 – Detalhe da adequação do canal extravasor.

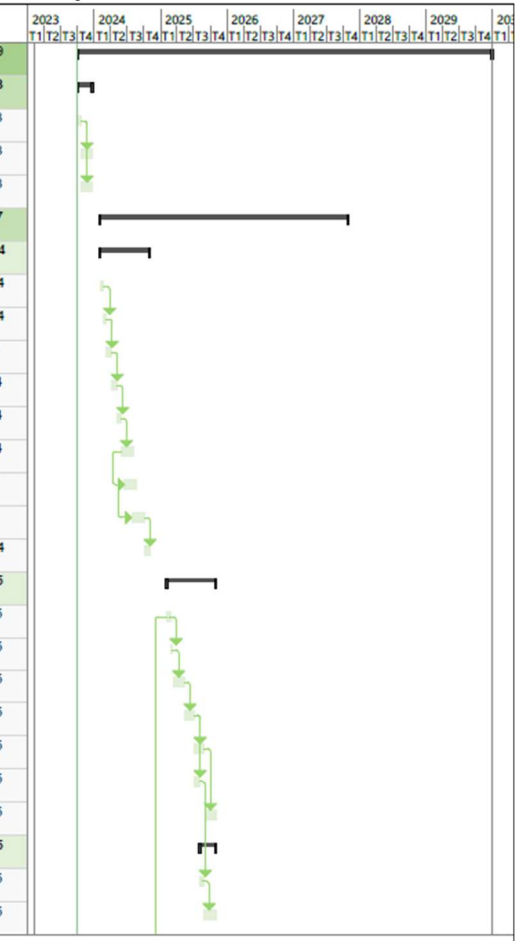
5.4 Cronograma

Na Figura 5.5 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico considerando desde os serviços preliminares, as obras de descaracterização propriamente dito e o período pós-obras de monitoramento ativo.

Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.

Figura 5.5 – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.

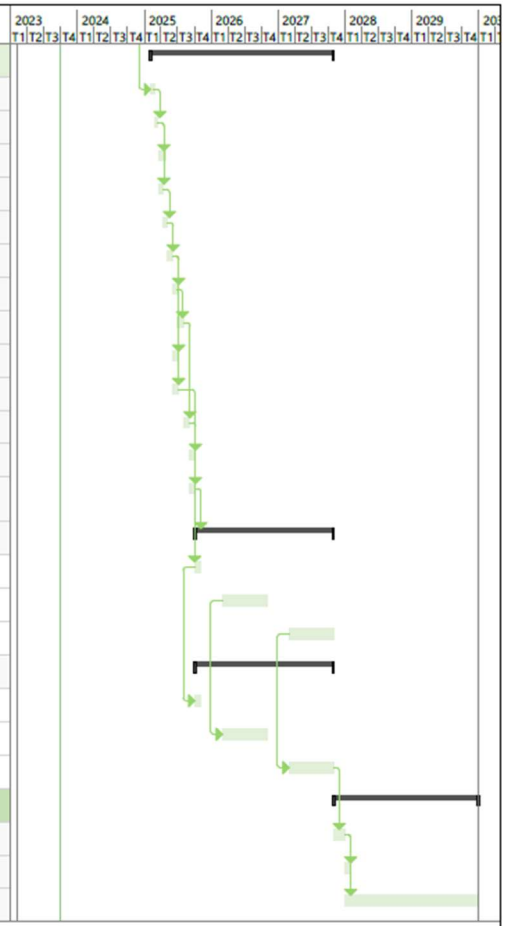
Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1		1	DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B1 AUXILIAR - MINA TICO-TICO	1631 dias	Seg 02/10/23	Seg 31/12/29
2		1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	60 dias	Seg 02/10/23	Sex 22/12/23
3		1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 02/10/23	Sex 20/10/23
4		1.1.2	ADEQUAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR DE EMERGÊNCIA (PMP)	45 dias	Seg 23/10/23	Sex 22/12/23
5		1.1.3	IMPERMABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓRIO	45 dias	Seg 23/10/23	Sex 22/12/23
6		1.2	DESCARACTERIZAÇÃO	977 dias	Qui 01/02/24	Sex 29/10/27
7		1.2.1	ETAPA 1 - CONSTRUÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR	195 dias	Qui 01/02/24	Qua 30/10/24
8		1.2.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Qui 01/02/24	Qua 21/02/24
9		1.2.1.2	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	10 dias	Qui 22/02/24	Qua 06/03/24
10		1.2.1.3	SUPRESSÃO VEGETAL	21 dias	Qui 07/03/24	Qui 04/04/24
11		1.2.1.4	ESCAVAÇÕES	21 dias	Sex 05/04/24	Sex 03/05/24
12		1.2.1.5	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES	15 dias	Seg 06/05/24	Sex 24/05/24
13		1.2.1.6	POSICIONAMENTO DE FORMAS E ARMADURAS	50 dias	Seg 27/05/24	Sex 02/08/24
14		1.2.1.7	CONCRETAGEM	50 dias	Sex 14/06/24	Qui 22/08/24
15		1.2.1.8	REMOÇÃO DE FORMAS	50 dias	Qua 24/07/24	Ter 01/10/24
16		1.2.1.9	REATERRO COMPACTADO PARA RECOMPOSIÇÃO DAS ESCAVAÇÕES EXTRAS	21 dias	Qua 02/10/24	Qua 30/10/24
17		1.2.2	ETAPA 2 - CONFORMAÇÃO E DRENAGEM DO RESERVATÓRIO	195 dias	Seg 03/02/25	Sex 31/10/25
18		1.2.2.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 03/02/25	Sex 21/02/25
19		1.2.2.2	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	10 dias	Seg 24/02/25	Sex 07/03/25
20		1.2.2.3	REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE COM ATERRO DE REJEITO FILTRADO	45 dias	Seg 10/03/25	Sex 09/05/25
21		1.2.2.4	ESCAVAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO DO CANAL PRINCIPAL E CANAIS SECUNDÁRIOS	40 dias	Seg 12/05/25	Sex 04/07/25
22		1.2.2.5	IMPLANTAÇÃO DE CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓ	40 dias	Seg 07/07/25	Sex 29/08/25
23		1.2.2.6	IMPLANTAÇÃO DE MANTA CIMENTÍCIA NA BASE DOS CANAIS	20 dias	Seg 07/07/25	Sex 01/08/25
24		1.2.2.7	REVESTIMENTO DOS CANAIS COM GABIÕES COLCHÃO	45 dias	Seg 01/09/25	Sex 31/10/25
25		1.2.3	ETAPA 3 - TAMPONAMENTO DO SISTEMA EXTRAVASOR OPERACIONAL	65 dias	Seg 04/08/25	Sex 31/10/25
26		1.2.3.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 04/08/25	Sex 22/08/25
27		1.2.3.2	TAMPONAMENTO DO CANAL EXTRAVASOR OPERACIONAL	50 dias	Seg 25/08/25	Sex 31/10/25



Projeto: Descaracterização
Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico

Tarefa	Tarefa Inativa	Acúmulo de Resumo Manual	Marco externo
Divisão	Marco Inativo	Resumo Manual	Data limite
Marco	Resumo Inativo	Somente início	Andamento
Resumo	Tarefa Manual	Somente término	Progresso manual
Resumo do projeto	Somente duração	Tarefas externas	

Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
28		1.2.4	ETAPA 4 - EXECUÇÃO DO ATERRO DE REFORÇO	715 dias	Seg 03/02/25	Sex 29/10/27
29		1.2.4.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 03/02/25	Sex 21/02/25
30		1.2.4.2	LOCAÇÃO E DEMARCAÇÃO DAS OBRAS	15 dias	Seg 24/02/25	Sex 14/03/25
31		1.2.4.3	REABERTURA DE ACESSOS OPERACIONAIS NA OMBREIRA DIREITA	30 dias	Seg 17/03/25	Sex 25/04/25
32		1.2.4.4	REALIZAÇÃO DE SUPRESSÃO VEGETAL	21 dias	Seg 17/03/25	Seg 14/04/25
33		1.2.4.5	REMOÇÃO DE CAMADA DE SOLO VEGETAL	15 dias	Ter 15/04/25	Seg 05/05/25
34		1.2.4.6	ESCAVAÇÕES PARA TRATAMENTO DAS FUNDAÇÕES	21 dias	Ter 06/05/25	Ter 03/06/25
35		1.2.4.7	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES	15 dias	Qua 04/06/25	Ter 24/06/25
36		1.2.4.8	CONSTRUÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM INTERNA	30 dias	Qua 25/06/25	Ter 05/08/25
37		1.2.4.9	PREENCHIMENTO DO SISTEMA EXTRAVASOR ATUAL COM ENROCAMENTO LIMPO	21 dias	Qua 04/06/25	Qua 02/07/25
38		1.2.4.10	DEMOLIÇÃO DO TRECHO DO SISTEMA EXTRAVSOR ATUAL COMPOSTO POR ADUELAS	21 dias	Qua 04/06/25	Qua 02/07/25
39		1.2.4.11	EXECUÇÃO DE CAMADA DE TRANSIÇÃO SOBRE O REFORÇO EXISTENTE	21 dias	Qua 06/08/25	Qua 03/09/25
40		1.2.4.12	EXECUÇÃO DE ACESSOS CONSTRUTIVOS SOBRE A ESTRUTURA DA BARRAGEM	21 dias	Qui 04/09/25	Qui 02/10/25
41		1.2.4.13	EXECUÇÃO DE PROTEÇÃO DAS SUPERFÍCIES EXPOSTAS COM ESTÉRIL ROCHOSO D50 = 150MM	21 dias	Qui 04/09/25	Qui 02/10/25
42		1.2.4.14	EXECUÇÃO DO ATERRO DE REFORÇO COM BLOCOS DE ITABIRITO COMPACTO	541 dias	Sex 03/10/25	Sex 29/10/27
43		1.2.4.14.1	ANO 1	21 dias	Sex 03/10/25	Sex 31/10/25
44		1.2.4.14.2	ANO 2	175 dias	Seg 02/03/26	Sex 30/10/26
45		1.2.4.14.3	ANO 3	175 dias	Seg 01/03/27	Sex 29/10/27
46		1.2.4.15	PROLONGAMENTO DA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE	541 dias	Sex 03/10/25	Sex 29/10/27
47		1.2.4.15.1	ANO 1	21 dias	Sex 03/10/25	Sex 31/10/25
48		1.2.4.15.2	ANO 2	175 dias	Seg 02/03/26	Sex 30/10/26
49		1.2.4.15.3	ANO 3	175 dias	Seg 01/03/27	Sex 29/10/27
50		1.3	PÓS-OBRA	566 dias	Seg 01/11/27	Seg 31/12/29
51		1.3.1	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	44 dias	Seg 01/11/27	Qui 30/12/27
52		1.3.2	DESMOBILIZAÇÃO	23 dias	Sex 31/12/27	Ter 01/02/28
53		1.3.3	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	522 dias	Sex 31/12/27	Seg 31/12/29



Projeto: Descaracterização
Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico

TERRACOTA GEOTECNIA

Tarefa	Tarefa Inativa	Acúmulo de Resumo Manual	Marco externo
Divisão	Marco Inativo	Resumo Manual	Data limite
Marco	Resumo Inativo	Somente início	Andamento
Resumo	Tarefa Manual	Somente término	Progresso manual
Resumo do projeto	Somente duração	Tarefas externas	

5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Conforme consolidação de dados (IPE.OP.RL.8000.GT.20.761), na estrutura da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico há materiais que possuem potencial de liquefação, os quais são: rejeitos do reservatório, underflow da fundação e sedimentos no reservatório da B1 Ecológica – Mina Tico-Tico. Porém, os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,3) e não drenado liquefeito (FS≥1,1) já são atendidos em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização. Considerando a superfície freática atual, o fator de segurança exigido para a condição de carregamento não drenado de pico (FS≥1,5), a ser obtido ao final das obras de descaracterização, também já são atendidos em todas as seções.

6. Obras de Descaracterização

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, aguardando avaliação da documentação do projeto pela FEAM e empresas parceiras. Atualmente o fator de segurança não-drenado liquefeito é superior ao valor mínimo recomendado pela TR FEAM de descaracterização (1,1), em todas as seções avaliadas. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da situação atual da estrutura em relação aos níveis da instrumentação e estabilidade geotécnica.

6.1 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle é composta por 16 (dezesseis) indicadores de nível d'água, 21 (vinte e um) piezômetros de tubo aberto do tipo Casagrande, 21 (vinte e um) piezômetros elétricos equipados para automatização das leituras, 2 (dois) inclinômetros, 4 (quatro) sismógrafos, 8 (oito) marcos superficiais e 70 (setenta) prismas instalados em todas as bermas e coroamento para monitoramento automático de deformações a partir de uma estação robótica fixa, instalada em terreno natural da ombreira esquerda.

Além dos instrumentos convencionais, a barragem conta também com o monitoramento de um radar, utilizado para o acionamento automático das sirenes em eventual ruptura, para atender ao Art. 8º da Resolução 95/2022 da ANM.

Os níveis de controle dos indicadores de nível d'água e piezômetros instalados na barragem foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico do rejeito do reservatório localizado abaixo da superfície freática definida pela instrumentação (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.554).

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível normal**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível normal:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,30 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
2- **Nível de alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,20 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,00 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 3).

Da Figura 6.1 a Figura 6.5 é apresentada a locação em planta da instrumentação de controle, enquanto da Figura 6.6 a Figura 6.11 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 6.1 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

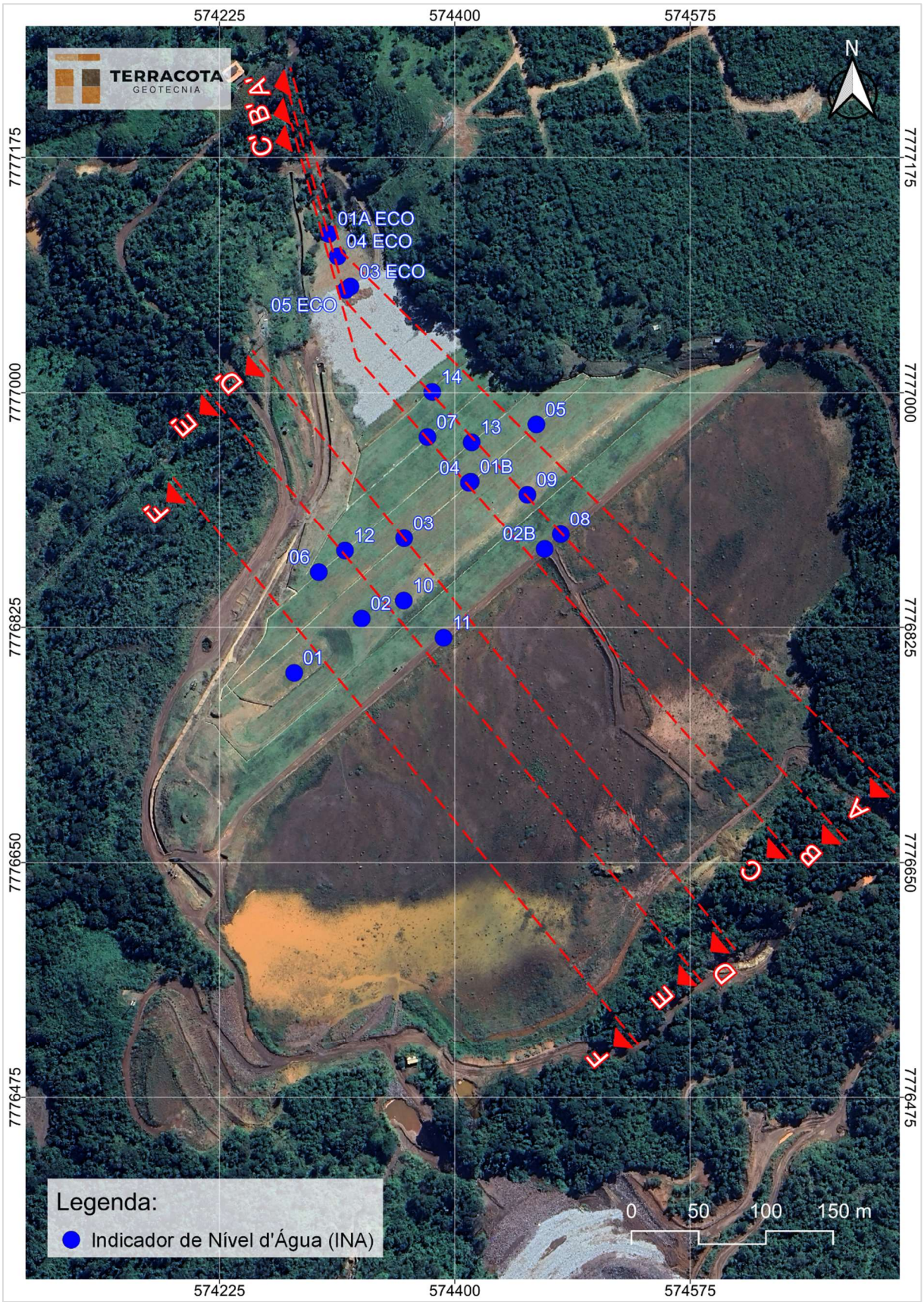


Figura 6.1 – Locação dos INAs – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

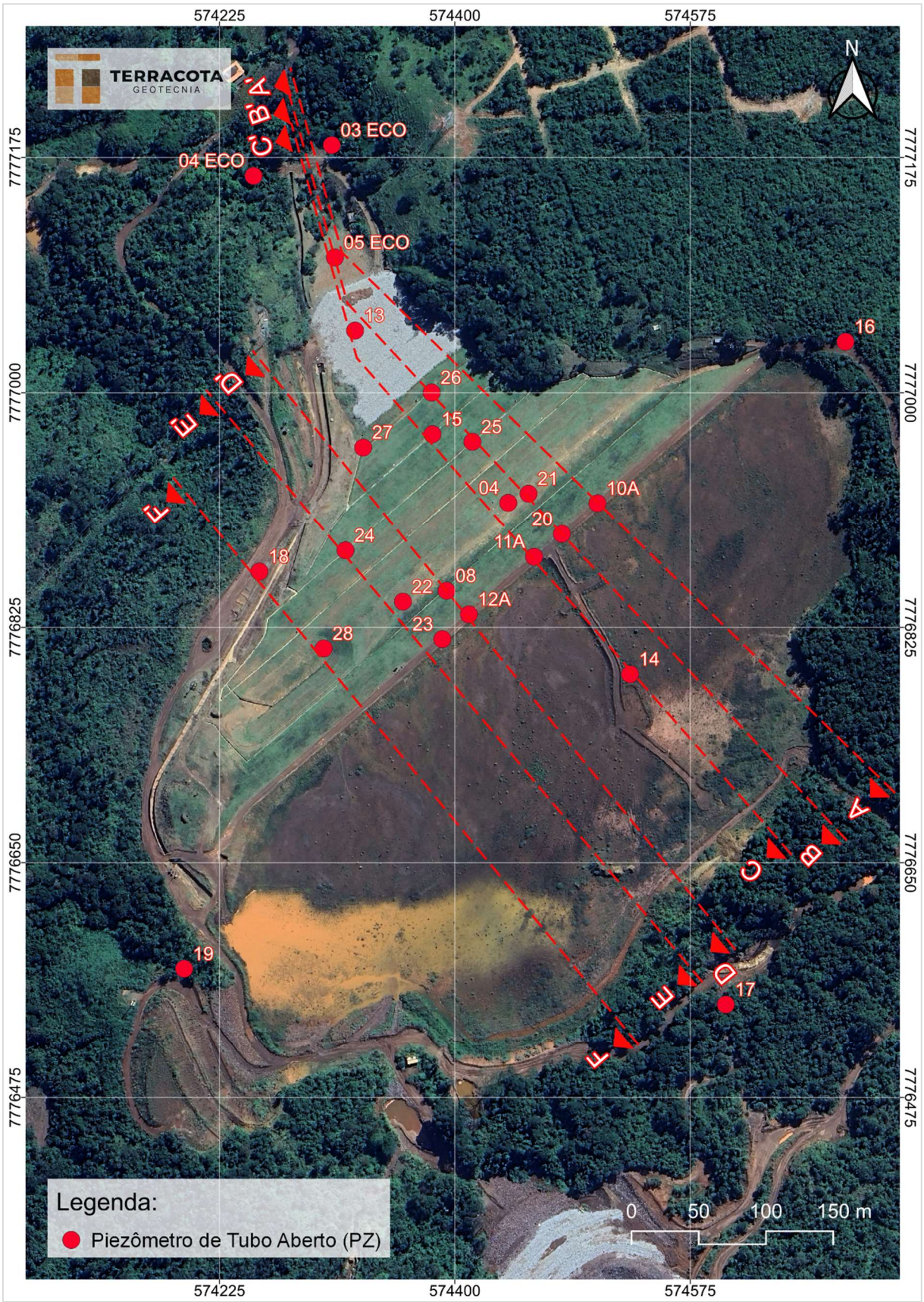


Figura 6.2 – Localização dos piezômetros de tubo aberto da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

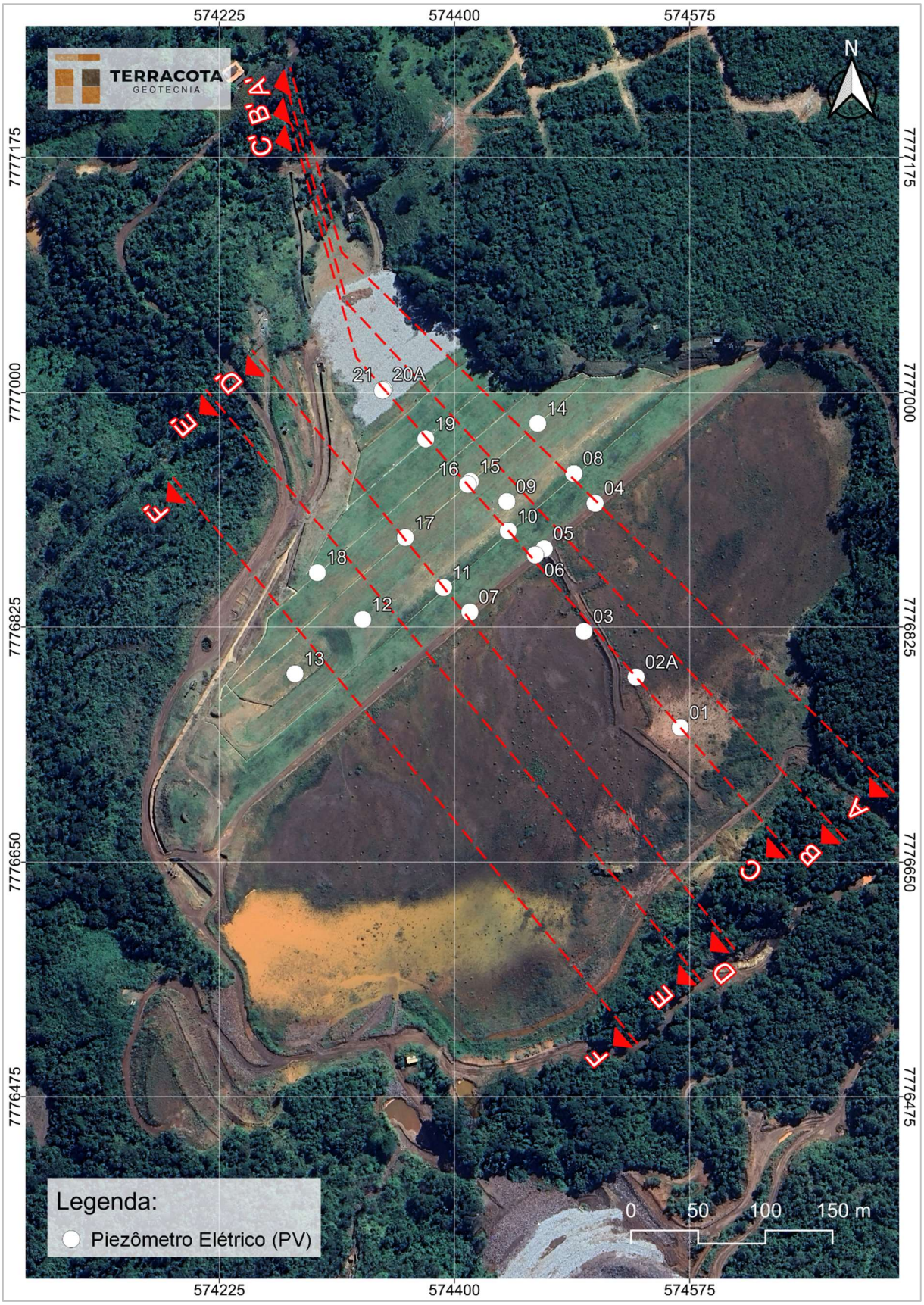


Figura 6.3 – Localização dos piezômetros elétricos (PVs) da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

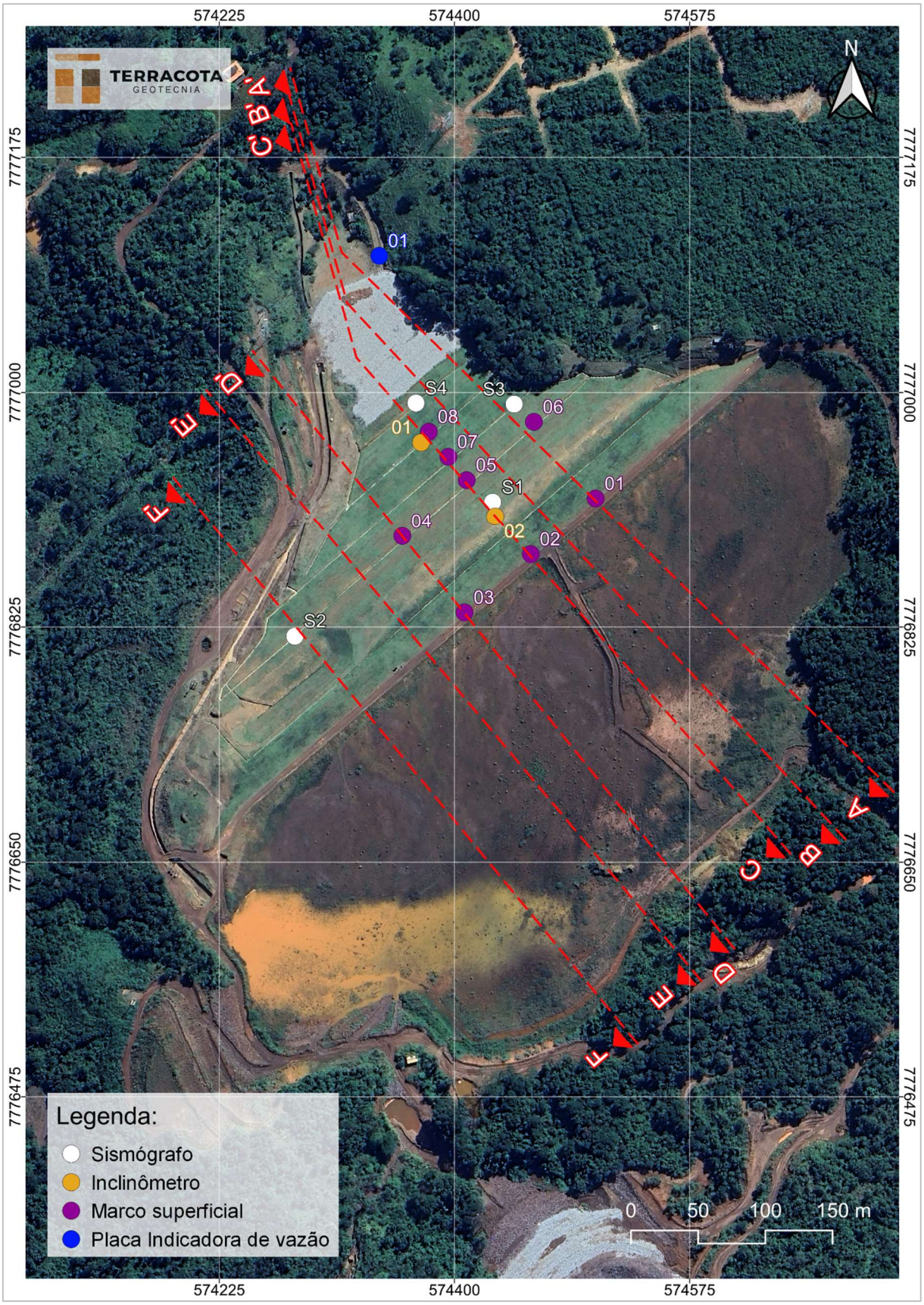


Figura 6.4 – Localização dos Marcos Superficiais, Sismógrafos, Inclinômetros e Placa Indicadora de Vazão da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

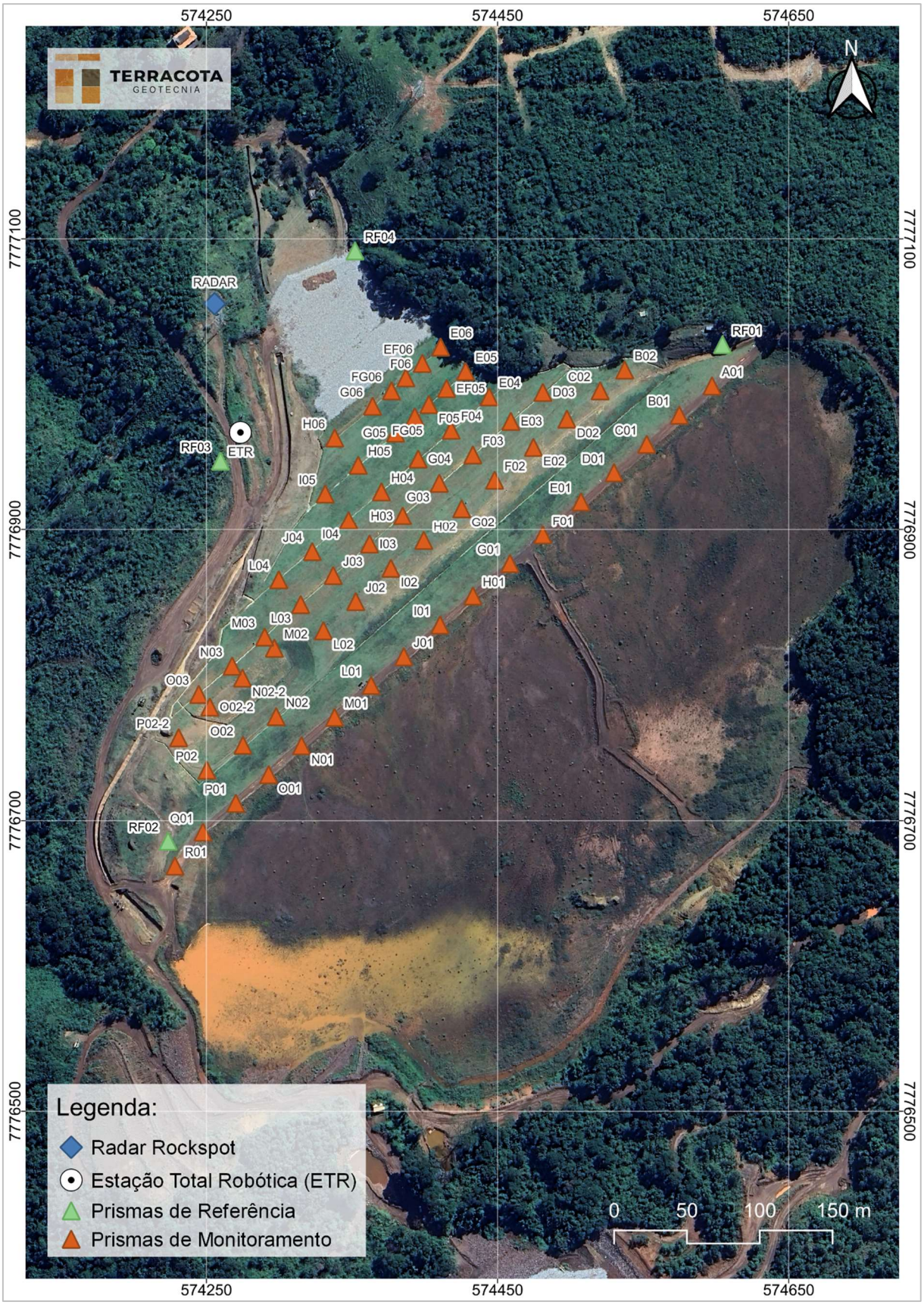


Figura 6.5 – Localização dos prismas da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

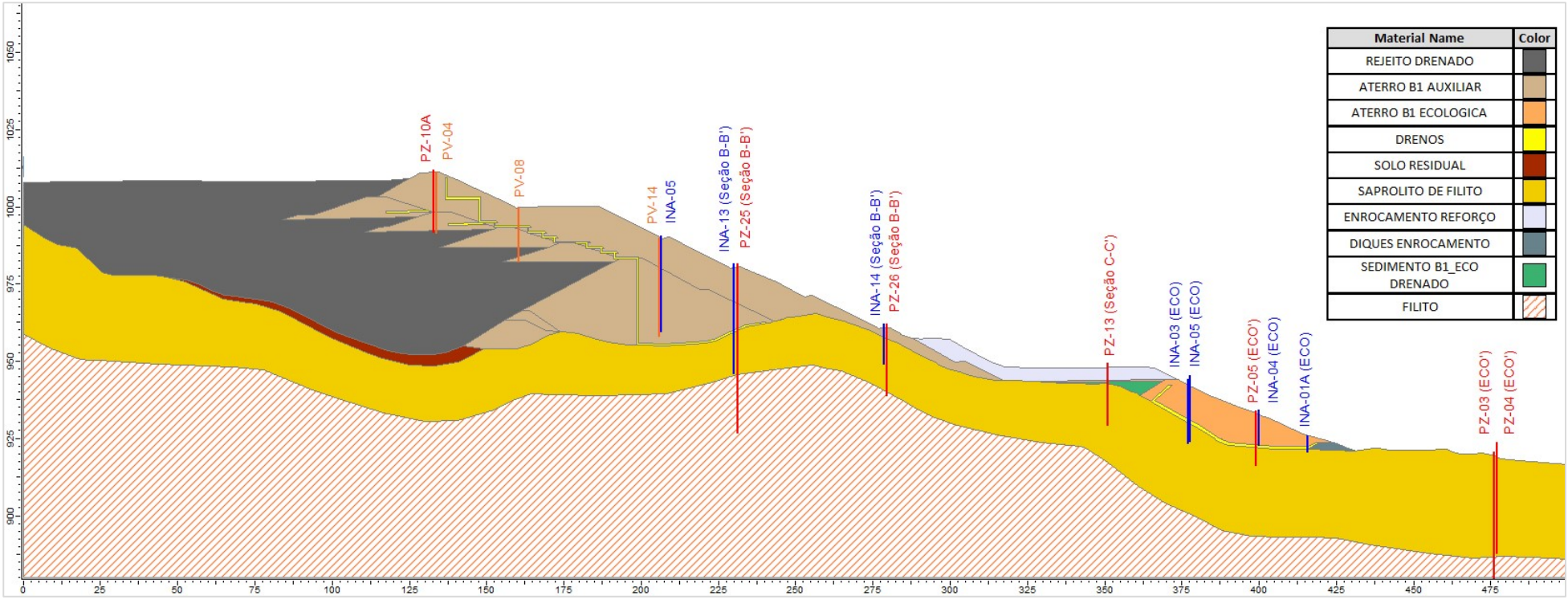


Figura 6.6 – Seção transversal de controle A-A'.

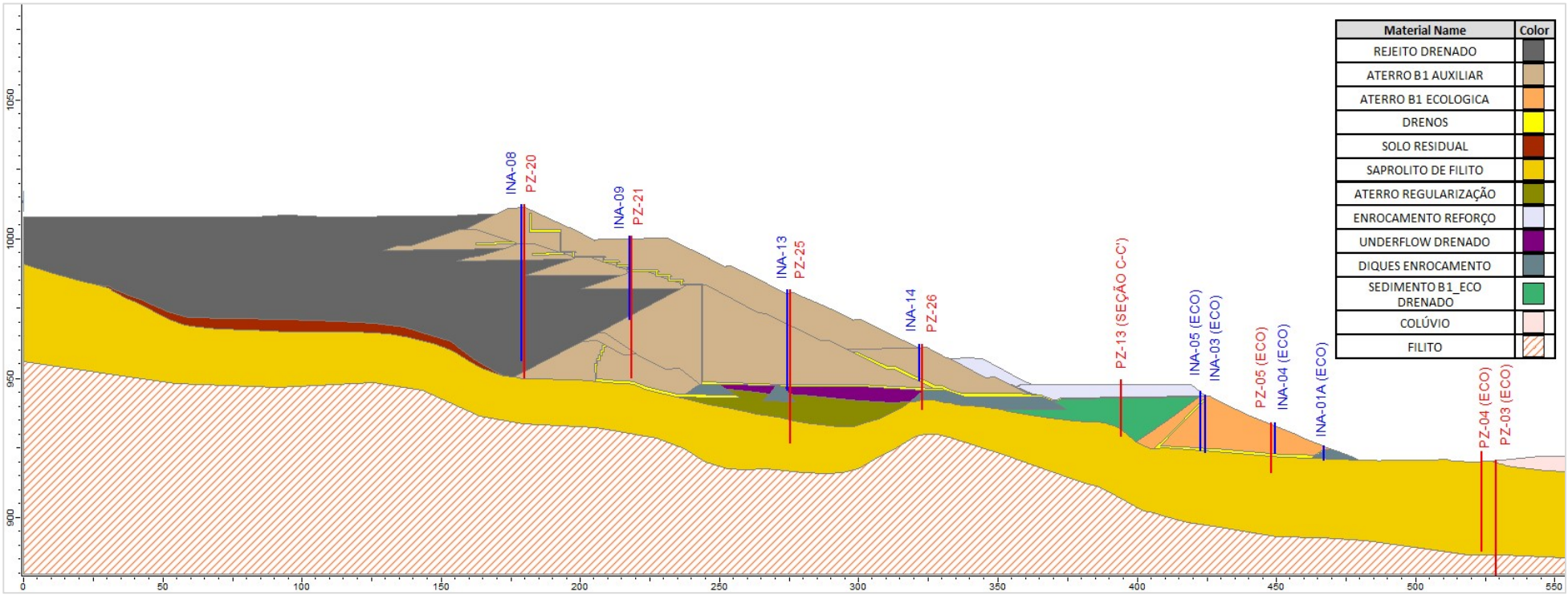


Figura 6.7 – Seção transversal de controle B-B'.

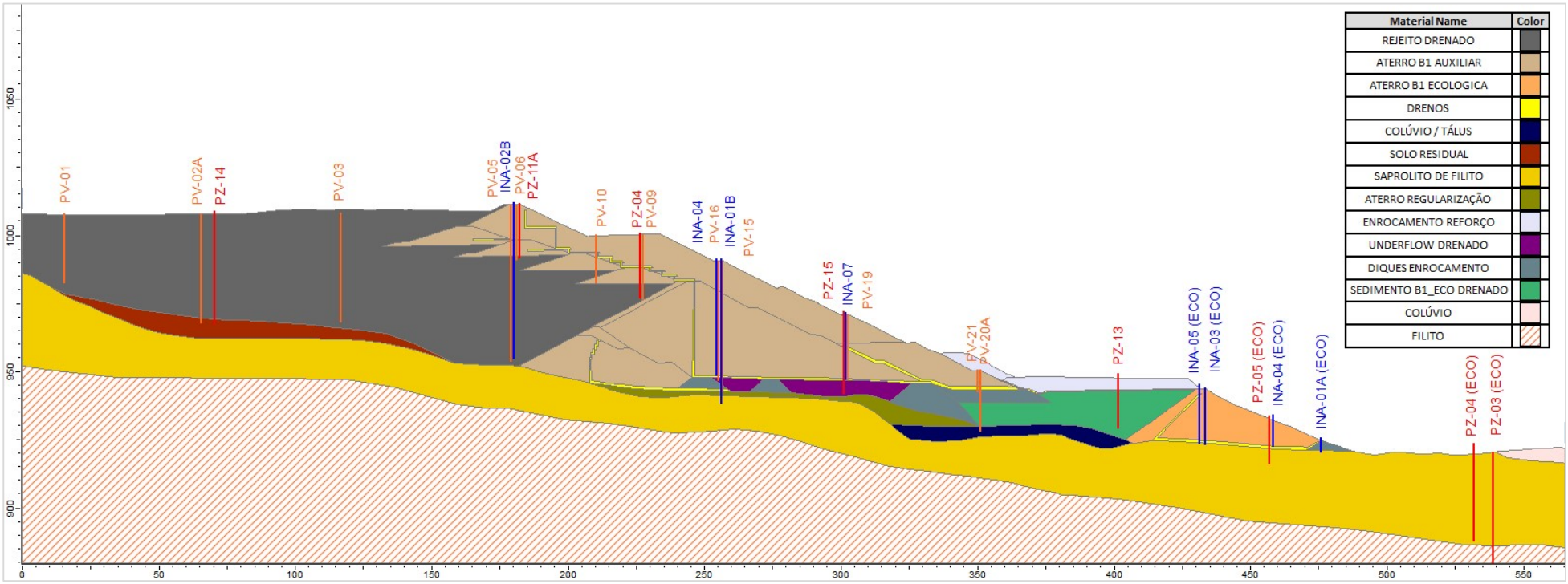


Figura 6.8 – Seção transversal de controle C-C'.

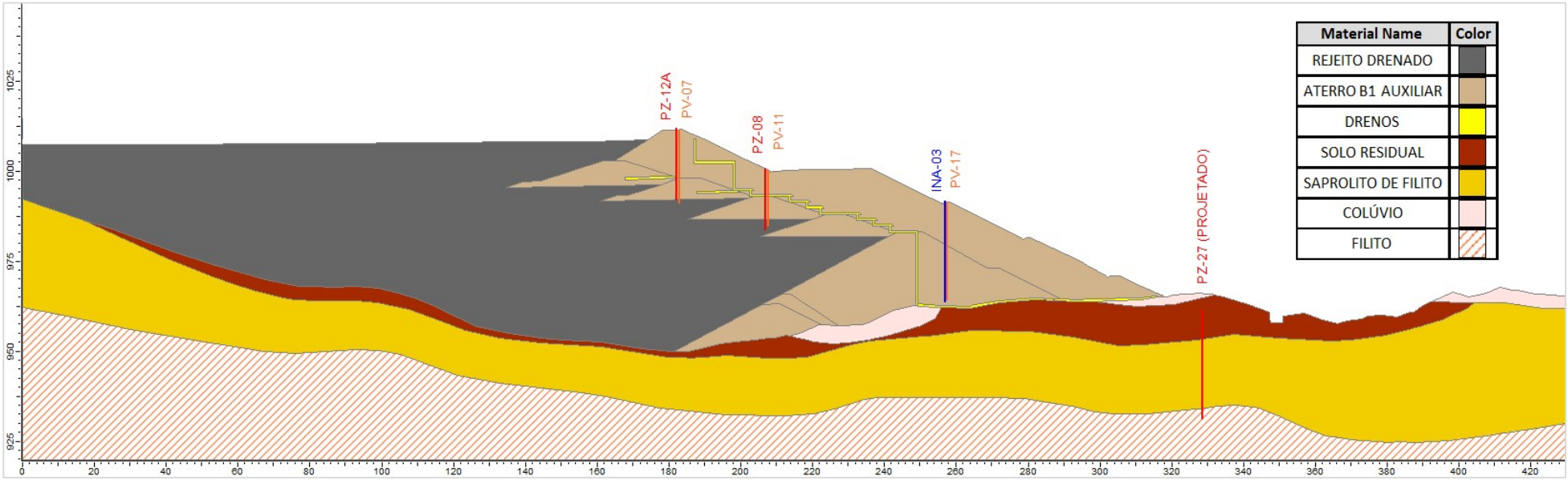


Figura 6.9 – Seção transversal de controle D-D'.

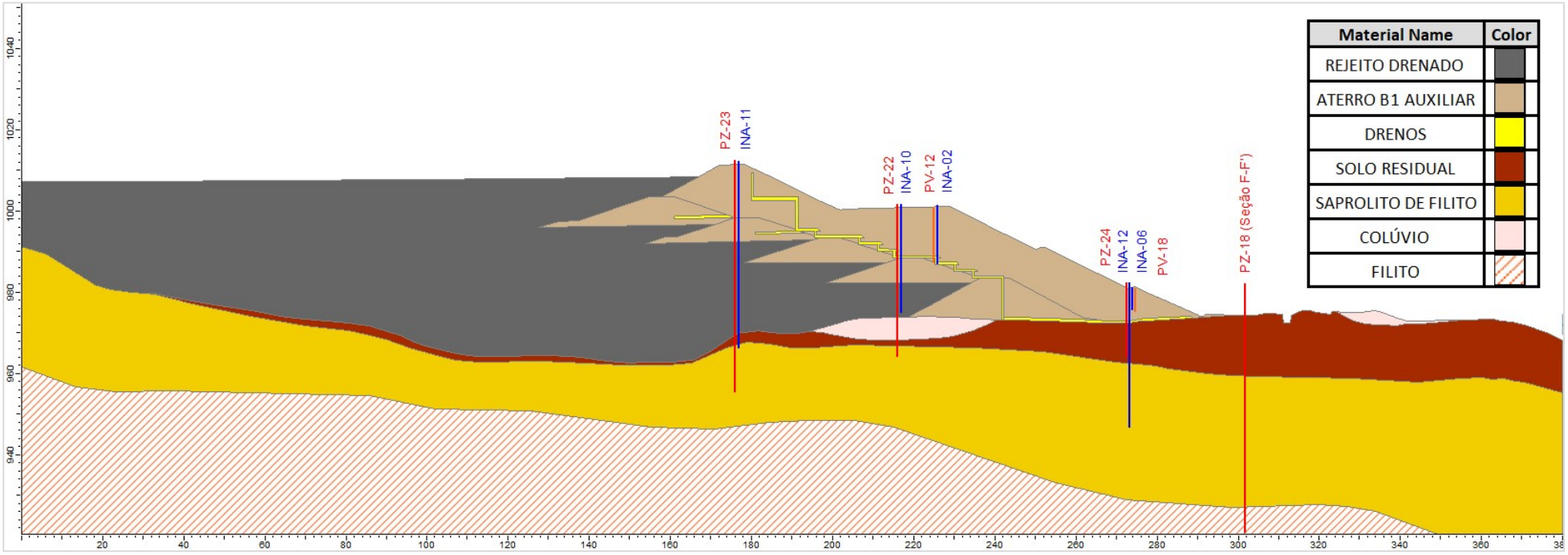


Figura 6.10 – Seção transversal de controle E-E'.

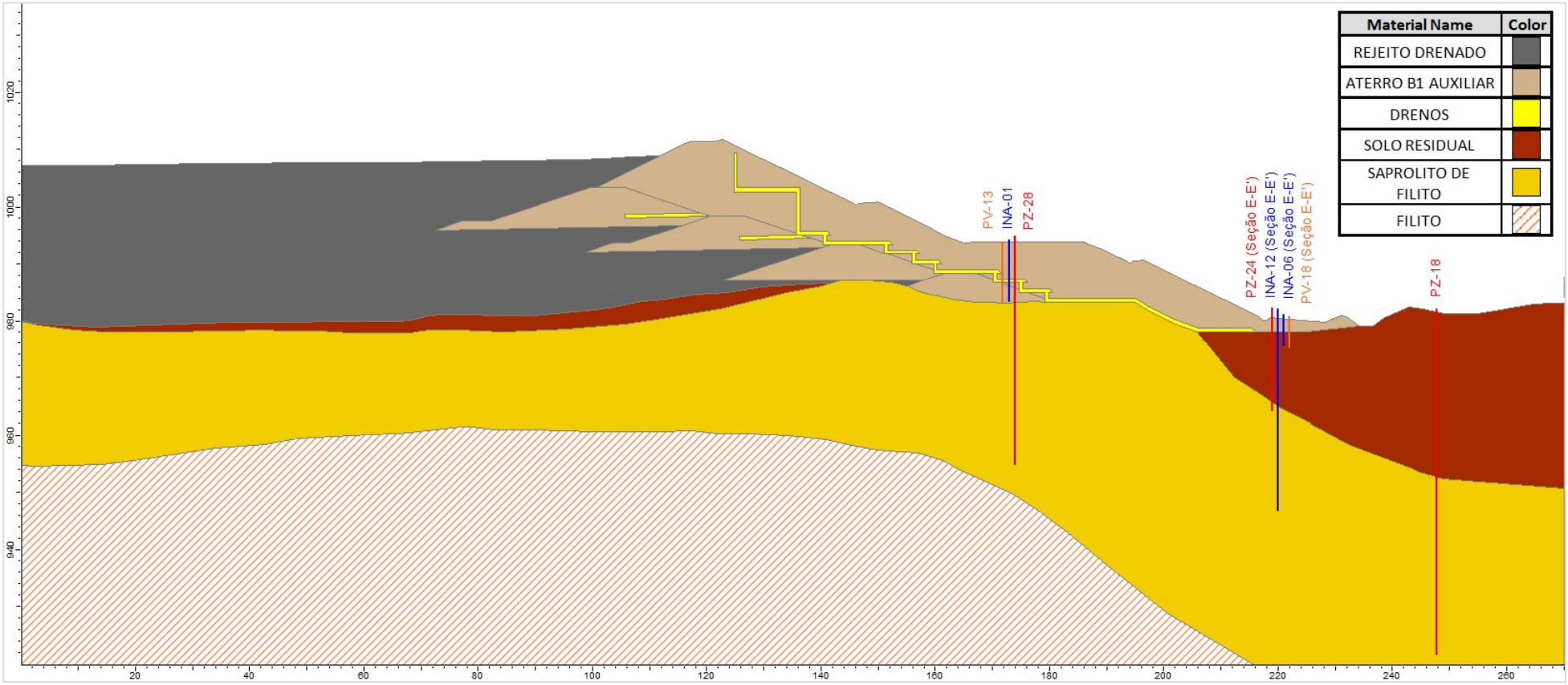


Figura 6.11 – Seção transversal de controle F-F'.

Tabela 6.1 – Locação, características, leitura (31/10/2023) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B1-Auxiliar.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (31/10/2023)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A'	PZ-10A	574.506,047	7.776.917,816	1.011,87	991,89	19,98	SECO	995,25	997,75	1.000,25
	PV-04	574.504,691	7.776.917,619	1.011,40	991,40	20,00	SECO	995,25	997,75	1.000,25
	PV-08	574.488,881	7.776.939,736	999,92	982,32	17,60	SECO	989,25	991,75	994,25
	PV-14	574.461,917	7.776.976,989	990,03	958,03	32,00	SECO	964,75	967,25	969,75
	INA-05	574.460,707	7.776.976,460	990,59	959,71	30,88	SECO	964,75	967,25	969,75
B-B'	PZ-20	574.479,582	7.776.894,719	1.012,36	950,16	62,20	975,44	982,00	985,50	997,50
	INA-08	574.478,850	7.776.894,372	1.012,32	956,62	55,70	976,11	982,00	985,50	997,50
	INA-09	574.453,975	7.776.924,135	1.001,07	971,37	29,70	977,19	980,00	981,00	986,25
	PZ-21	574.454,788	7.776.924,958	1.001,12	950,43	50,69	952,58	980,00	981,00	986,25
	PZ-25	574.413,059	7.776.963,569	981,74	926,77	54,97	934,33	948,75	952,75	962,50
	INA-13	574.412,576	7.776.963,137	981,72	945,92	35,80	SECO	948,75	952,75	962,50
	INA-14	574.383,251	7.777.000,637	962,17	949,17	13,00	SECO	949,67	949,97	950,17
	PZ-26	574.382,712	7.777.000,207	962,16	939,05	23,11	SECO	947,25	949,50	954,75
C-C'	PV-01	574.568,102	7.776.750,278	1.007,64	982,64	25,00	982,70	994,50	997,25	1.005,00
	PV-02A	574.535,199	7.776.787,766	1.007,83	967,83	40,00	979,75	992,50	995,50	1.004,00
	PZ-14	574.528,000	7.776.789,000	1.008,90	967,60	41,30	981,87	992,25	995,25	1.003,75
	PV-03	574.496,328	7.776.821,764	1.008,22	968,22	40,00	979,07	989,50	994,00	1.003,00
	INA-2B	574.466,822	7.776.883,331	1.012,00	954,93	57,07	977,79	986,50	992,00	1.001,00

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (31/10/2023)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
C-C'	PV-05	574.466,822	7.776.883,331	1.011,29	953,84	57,45	953,94	986,50	992,00	1.001,00
	PZ-11A	574.458,936	7.776.877,590	1.011,67	991,76	19,91	SECO	992,26	992,56	1.001,00
	PV-06	574.460,120	7.776.878,715	1.011,21	991,21	20,00	SECO	991,71	992,00	1.001,00
	PV-10	574.439,989	7.776.896,656	1.000,08	982,58	17,50	SECO	985,00	988,25	994,00
	PZ-04	574.439,716	7.776.918,139	1.000,80	977,25	23,55	979,20	981,50	984,50	987,00
	PV-09	574.438,995	7.776.918,972	1.000,27	976,77	23,50	SECO	981,50	984,50	987,00
	PV-16	574.409,902	7.776.931,748	990,82	946,82	44,00	SECO	949,25	952,50	965,00
	INA-01B	574.411,863	7.776.933,905	991,40	938,47	52,93	947,20	949,25	952,50	965,00
	INA-04	574.410,525	7.776.933,060	991,35	948,57	42,78	SECO	949,25	952,50	965,00
	PV-15	574.411,863	7.776.933,905	990,81	942,81	48,00	SECO	949,25	952,50	965,00
	PZ-15	574.383,335	7.776.969,256	972,12	942,13	29,99	944,43	948,50	950,00	958,00
	PV-19	574.378,663	7.776.965,521	971,22	947,22	24,00	SECO	948,50	950,00	958,00
	INA-07	574.379,675	7.776.967,085	971,70	947,31	24,39	SECO	948,50	950,00	958,00
	PV-20A	574.347,420	7.777.002,357	950,80	928,30	22,50	SECO	945,50	946,25	949,75
	PV-21	574.346,494	7.777.001,667	950,80	942,80	8,00	SECO	945,50	946,25	949,75
	PZ-13	574.323,000	7.777.050,000	949,50	929,30	20,20	933,70	940,75	942,00	943,75
	INA-05 ECO	574.318,903	7.777.076,448	945,46	924,01	21,45	924,91	934,50	937,50	939,50
	INA-03 ECO	574.322,400	7.777.078,960	944,24	923,59	20,65	924,57	934,50	937,50	939,50
	PZ-05 ECO	574.310,782	7.777.100,596	934,02	916,32	17,70	921,89	925,75	927,50	929,00

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (31/10/2023)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
C-C′	INA-04 ECO	574.312,870	7.777.101,408	934,20	922,97	11,23	924,55	925,75	927,50	929,00
	INA-01A ECO	574.306,300	7.777.118,080	925,78	920,80	4,98	SECO	921,75	922,25	923,50
D-D′	PZ-12A	574.410,360	7.776.834,651	1.012,07	992,29	19,78	SECO	996,75	999,75	1.001,75
	PV-07	574.411,454	7.776.836,221	1.011,34	991,34	20,00	SECO	996,75	999,75	1.001,75
	PZ-08	574.393,890	7.776.852,290	1.000,84	983,69	17,15	SECO	989,50	992,50	994,50
	PV-11	574.391,898	7.776.854,414	1.000,35	984,85	15,50	SECO	989,50	992,50	994,50
	PV-17	574.363,509	7.776.891,683	991,37	964,37	27,00	SECO	966,75	970,25	972,25
	INA-03	574.362,312	7.776.891,356	991,68	963,85	27,83	SECO	966,75	970,25	972,25
	PZ-27	574.331,861	7.776.959,286	961,54	931,37	30,17	933,51	953,50	956,50	958,50
E-E′	INA-11	574.391,641	7.776.817,257	1.012,38	966,38	46,00	979,61	995,50	998,50	1.000,50
	PZ-23	574.390,672	7.776.816,296	1.012,44	955,44	57,00	977,94	995,50	998,50	1.000,50
	PZ-22	574.361,410	7.776.844,209	1.001,73	964,30	37,43	964,63	985,25	988,25	990,25
	INA-10	574.362,029	7.776.844,905	1.001,72	975,12	26,60	976,45	985,25	988,25	990,25
	PV-12	574.331,716	7.776.830,593	1.001,00	987,55	13,45	SECO	988,05	988,35	988,55
	INA-02	574.330,744	7.776.831,539	1.001,42	986,95	14,47	SECO	987,45	987,75	987,95
	INA-12	574.318,358	7.776.882,137	982,29	946,86	35,43	961,58	972,75	974,75	976,50
	PZ-24	574.318,690	7.776.882,376	982,30	964,30	18,00	967,56	972,75	974,75	976,50
	INA-06	574.298,857	7.776.866,088	981,14	975,71	5,43	SECO	976,21	976,51	976,71
	PV-18	574.298,007	7.776.865,469	980,85	975,35	5,50	975,38	975,85	976,15	976,50

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (31/10/2023)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
F-F'	PV-13	574.281,356	7.776.790,206	993,80	983,35	10,45	SECO	984,50	985,75	986,25
	INA-01	574.280,549	7.776.791,132	994,27	983,51	10,76	SECO	984,50	985,75	986,25
	PZ-28	574.302,467	7.776.809,370	994,92	954,89	40,03	968,68	984,50	985,75	986,25
	PZ-18	574.254,671	7.776.866,617	982,21	920,76	61,45	942,96	966,75	969,75	971,75
HIDROGEOLOGIA	PZ-16	574.690,487	7.777.038,009	1.022,38	924,07	98,31	928,27	-	-	-
	PZ-17	574.601,483	7.776.544,642	1.027,06	976,16	50,90	998,11	-	-	-
	PZ-19	574.198,661	7.776.571,212	1.018,74	969,66	49,08	1.002,43	-	-	-
	PZ-03 ECO	574.308,481	7.777.184,183	920,72	851,45	69,27	914,25	-	-	-
	PZ-04 ECO	574.250,289	7.777.161,300	923,81	887,97	35,84	916,38	-	-	-

6.1.1 Leituras Instrumentação

A seguir são apresentados gráficos das leituras dos instrumentos, por seção, no período de análise.

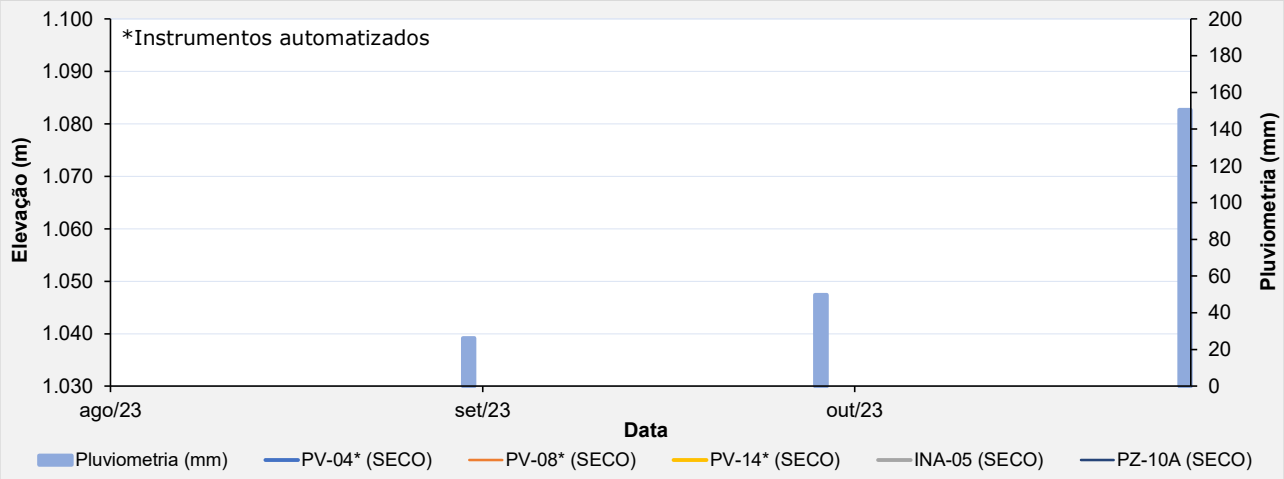


Figura 6.12 – Leituras dos instrumentos da seção de controle A-A'.

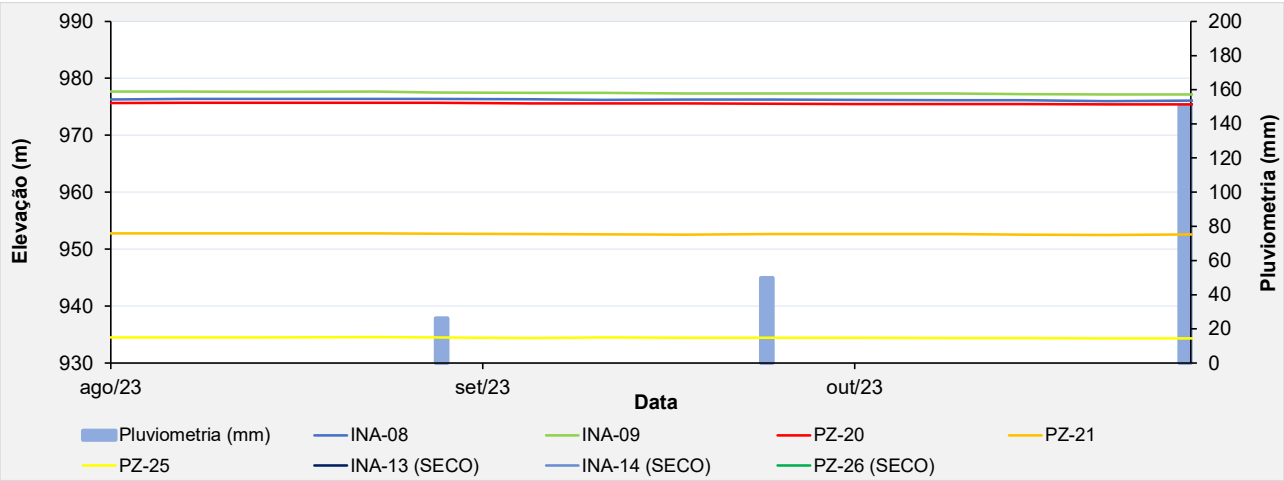


Figura 6.13 – Leituras dos instrumentos da seção de controle B-B'.

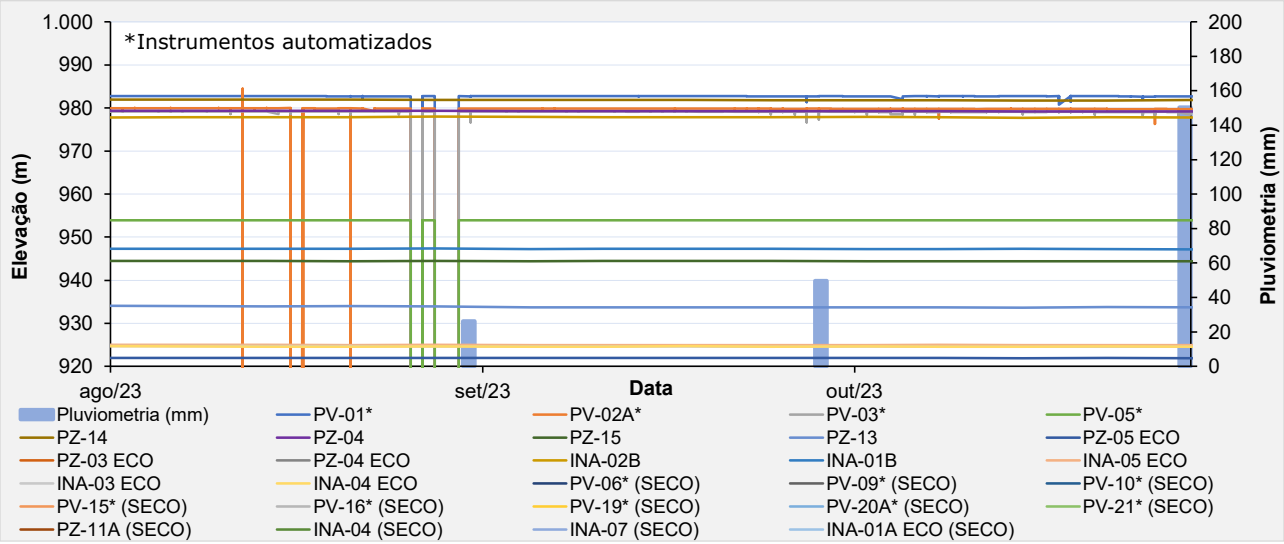


Figura 6.14 – Leituras dos instrumentos da seção de controle C-C'.

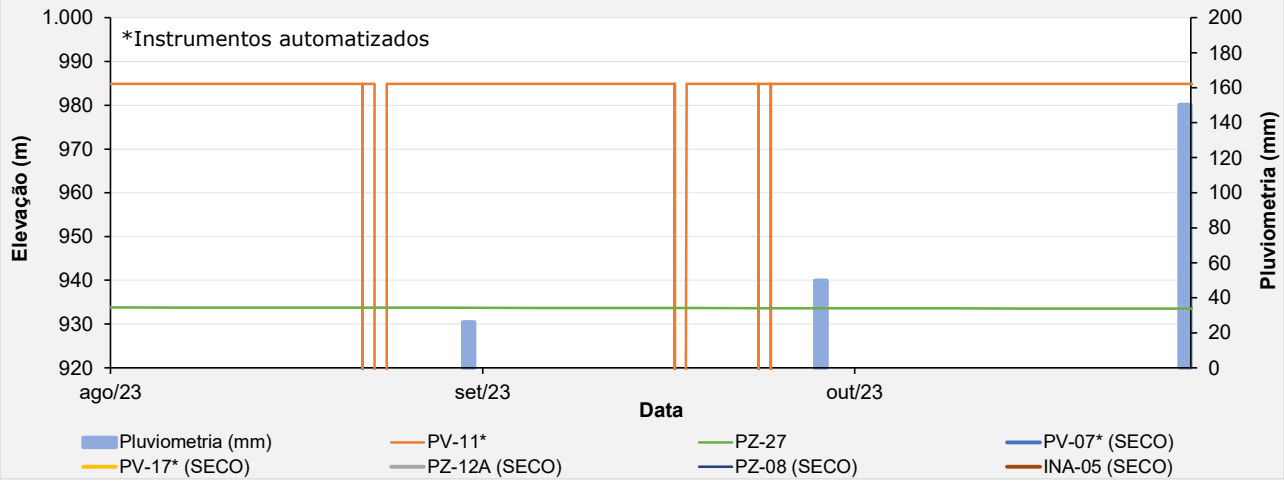


Figura 6.15 – Leituras dos instrumentos da seção de controle D-D'.

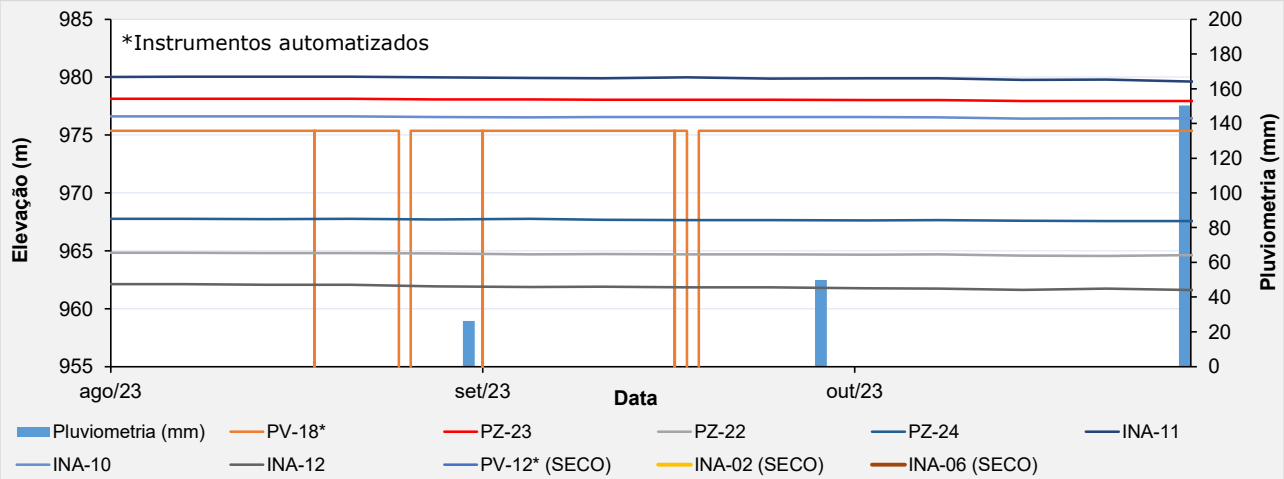


Figura 6.16 – Leituras dos instrumentos da seção de controle E-E'.

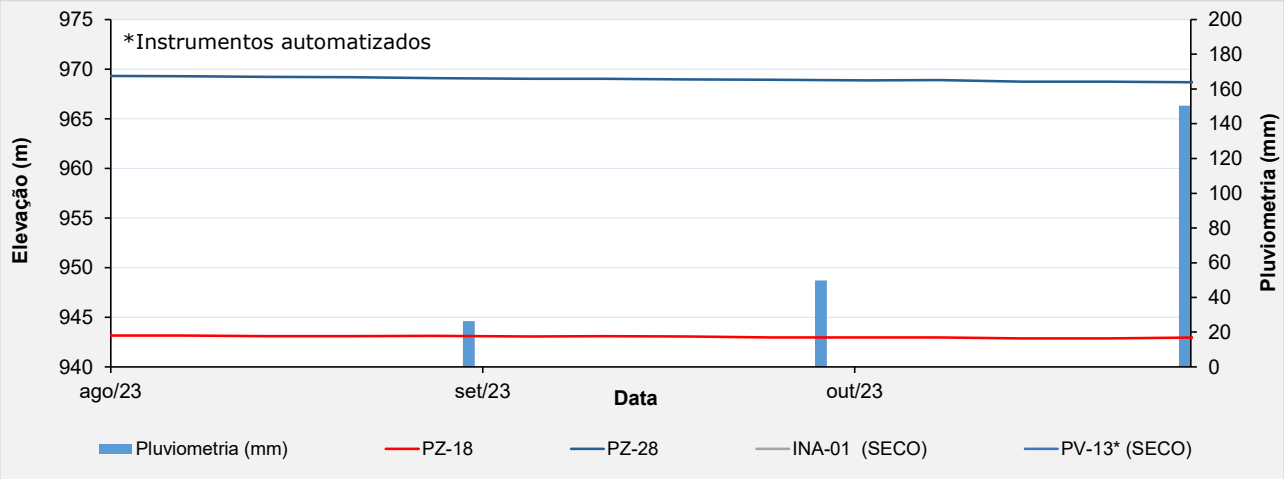


Figura 6.17 – Leituras dos instrumentos da seção de controle F-F'.

6.2 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem na condição atual.

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2017, a partir do software Slide da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

6.2.1 Premissas adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas para 06 (seis) seções instrumentadas da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico, considerando a geometria atual da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico.

A linha freática no interior do reservatório e barramento foi definida a partir da leitura da instrumentação instalada na estrutura.

Na Figura 6.18 é apresentada, em planta, a locação da instrumentação instalada na estrutura e a indicação das seções de controle. Para as análises de estabilidade foram consideradas as 06 (seis) seções instrumentadas da barragem.

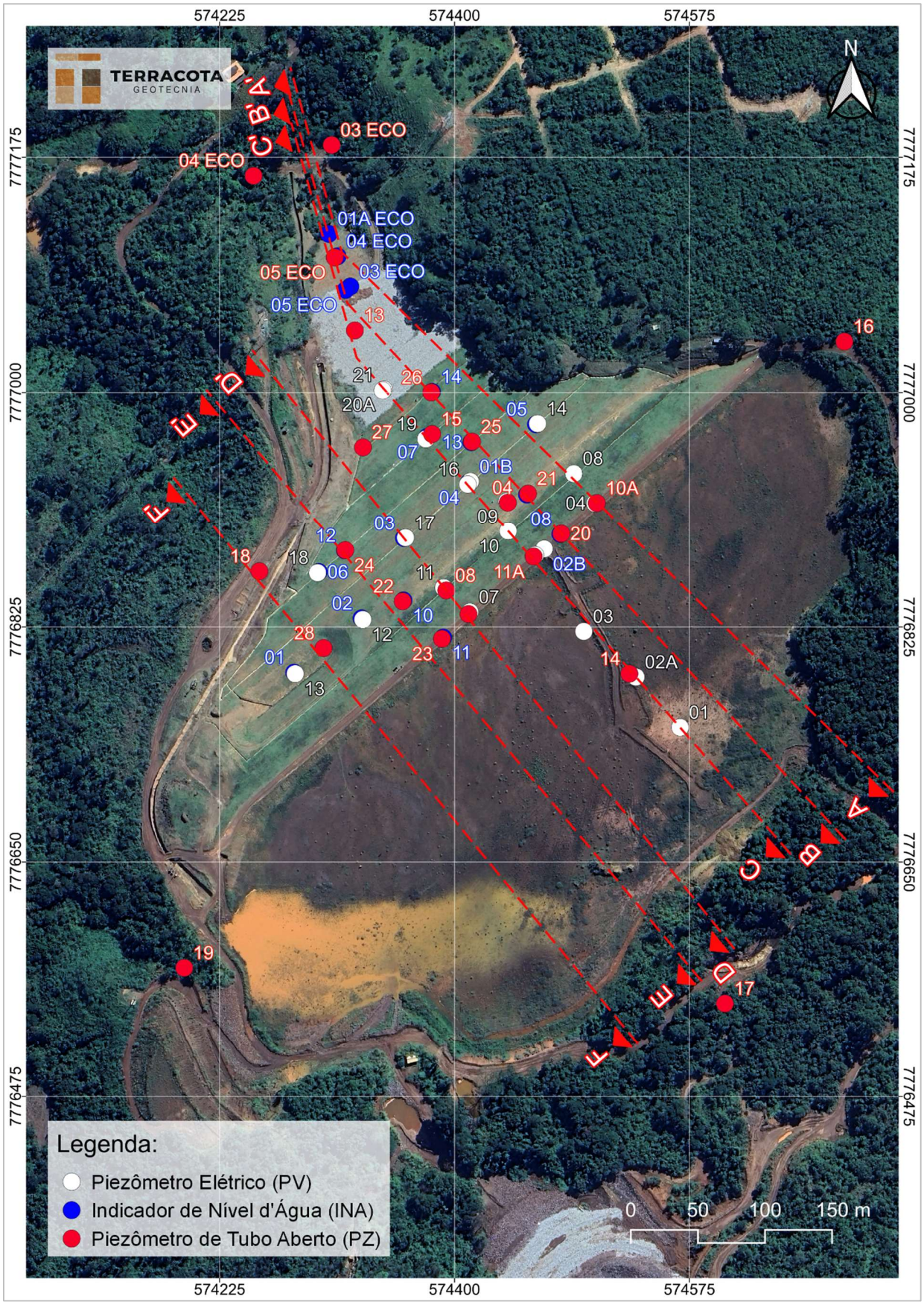


Figura 6.18 – Seções Instrumentadas Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – Planta.

O fator de segurança ao escorregamento foi calculado considerando a condição de carregamento drenado e a condição de carregamento não drenado. O comportamento contrátil do rejeito e seus parâmetros geotécnicos para condições não drenadas foram estudados no âmbito da Consolidação de Dados da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.538).

Para condição de carregamento não drenado, o rejeito foi modelado a partir de seu parâmetro não drenado de pico e liquefeito, de forma a simular uma condição hipotética de liquefação do material do reservatório. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram atribuídos apenas para a parcela do material em condição 100% saturada, ou seja, localizada abaixo da linha freática de análise. A mesma hipótese foi adotada para outros materiais contráteis presentes na seção de análise, como o *underflow* e os sedimentos depositados na Barragem B1 Ecológica.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução ANM 95/2022 (**FS ≥ 1,3**);
- Análises não drenadas com parâmetro liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 6.2 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 6.2 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2017 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

6.2.2 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada nas análises de estabilidade foram considerados os instrumentos existentes ao longo das seções de análise, instalados no maciço, fundação e reservatório da Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico e Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico.

A Tabela 6.3 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 6.3 – Instrumentação – Valores lidos (31/10/2023) e valores adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A’	PZ-10A	991,89	Seco	-
	PV-04	991,40	Seco	-
	PV-08	982,32	Seco	-
	PV-14	958,03	Seco	-
	INA-05	959,71	Seco	-
	INA-13 (Seção B-B’)	945,92	Seco	-
	PZ-25 (Seção B-B’)	926,77	934,33	934,33
	INA-14 (Seção B-B’)	949,17	Seco	-
	PZ-26 (Seção B-B’)	939,05	Seco	-
	PZ-13 (Seção C-C’)	929,30	933,70	933,70
	INA-03 ECO	923,59	924,57	924,91 (1)
	INA-05 ECO	924,01	924,91	924,91
	PZ-05 ECO	916,32	921,89	924,55 (1)
	INA-04 ECO	922,97	924,55	924,55
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	914,25	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,38	918,64 (1)

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
B-B’	INA-08	956,62	976,11	976,11
	PZ-20	950,16	975,44	976,11 (1)
	INA-09	971,37	977,19	-
	PZ-21	950,43	952,58	952,58
	INA-13	945,92	Seco	-
	PZ-25	926,77	934,33	934,33
	INA-14	949,17	Seco	-
	PZ-26	939,05	Seco	-
	PZ-13 (Seção C-C’)	929,30	933,70	933,70
	INA-05 ECO	924,01	924,91	924,91
	INA-03 ECO	923,59	924,57	924,91 (1)
	PZ-05 ECO	916,32	921,89	924,55 (1)
	INA-04 ECO	922,97	924,55	924,55
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	914,25	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,38	918,64 (1)
C-C’	PV-01	982,64	982,70	982,70
	PV-02A	967,83	979,75	982,00 (1)
	PZ-14	967,60	981,87	981,87
	PV-03	968,22	979,07	979,07
	PZ-11A	991,76	Seco	-
	PV-05	953,84	953,94	977,79 (1)
	PV-06	991,21	Seco	-
	INA-02B	954,93	977,79	977,79
	PV-10	982,58	Seco	-
	PZ-04	977,25	979,20	-
	PV-09	976,77	Seco	-
	PV-15	942,81	Seco	947,20 (1)
	PV-16	946,82	Seco	947,20 (1)
	INA-01B	938,47	947,20	947,20
	INA-04	948,57	Seco	-
	PV-19	947,22	Seco	-
	INA-07	947,31	Seco	-
	PZ-15	942,13	944,43	944,43
	PV-20A	928,30	Seco	939,00 (1)
	PV-21	942,80	Seco	-
	PZ-13	929,30	933,70	933,70
	INA-05 ECO	924,01	924,91	924,91
	INA-03 ECO	923,59	924,57	924,91 (1)
	PZ-05 ECO	916,32	921,89	924,55 (1)
	INA-04 ECO	922,97	924,55	924,55
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	914,25	918,64 (1)
	PZ-04 ECO	887,97	916,38	918,64 (1)
D-D’	PZ-12A	992,29	Seco	-
	PV-07	991,34	Seco	-
	PZ-08	983,69	Seco	-
	PV-11	984,85	Seco	-
	INA-03	963,85	Seco	-

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
	PV-17	964,37	Seco	-
	PZ-27	931,37	933,51	933,51
E-E'	PZ-23	955,44	977,94	979,61 (1)
	INA-11	966,38	979,61	979,61
	PZ-22	964,30	964,63	976,45 (1)
	INA-10	975,12	976,45	976,45
	PV-12	987,55	Seco	-
	INA-02	986,95	Seco	-
	PZ-24	964,30	967,56	967,56
	INA-12	946,86	961,58	967,56 (1)
	INA-06	975,71	Seco	-
	PV-18	975,35	975,38	-
	PZ-18 (Seção F-F')	920,76	942,96	942,96
F-F'	PV-13	983,35	Seco	-
	INA-01	983,51	Seco	-
	PZ-28	954,89	968,68	968,68
	PZ-24	964,30	967,56	967,56
	INA-12	946,86	961,58	967,56 (1)
	INA-06 (Seção E-E')	975,71	Seco	-
	PV-18 (Seção E-E')	975,35	975,38	-
	PZ-18	920,76	942,96	942,96

1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;

6.2.3 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados para as várias camadas foram consolidados no âmbito do relatório de consolidação de dados da estrutura (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.538).

Na Tabela 6.4 são apresentados os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

Tabela 6.4 – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material	Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros Efetivos		Referência
			c' (kPa)	ϕ' (°)	
Rejeito B1-Auxiliar		26,0	10,0	34,5	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Aterro B1-Auxiliar		20,5	9,8	30,2	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Colúvio		21,0	20,0	27,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Solo Residual		21,5	26,0	25,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Saprólito de Filito		22,0	15,0	35,0	Majorado a partir dos resultados para o solo residual local.

Material	Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros Efetivos		Referência
			c' (kPa)	ϕ' (°)	
Aterro de Regularização		23,5	5,0	35,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Enrocamento Reforço		23,0	Envoltória intermediária de Leps (1970)		
Underflow		19,0	0,0	30,0	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Diques de enrocamento		20,0	0,0	38,0	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Drenos		18,0	0,0	32,0	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Sedimentos B1-Ecológica		19,0	0,0	30,0	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Filito		30,0	40,0	30,0	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Aterro B1-Ecológica		21,0	22,0	33,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório (documento BSC-E-TT-RE-002)
Tálus / colúvio		21,0	26,5	35,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório executados no colúvio*

Material	Cor	γ (kN/m³)	Razão de resistência não drenada (s_u/σ'_v)	Referência
Rejeito B1-Auxiliar - Pico		26,0	0,22	Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
Rejeito B1-Auxiliar - Liquefeito		26,0	0,09	
Underflow - Pico		19,0	0,22	
Underflow - Liquefeito		19,0	0,10	
Sedimentos B1-Ecológica - Pico		19,0	0,22	
Sedimentos B1-Ecológica - Liquefeito		19,0	0,06	

6.2.4 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 6.25 a Figura 6.33, destacando-se as superfícies de ruptura que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 6.5 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 6.5 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência do Rejeito	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A’	31/10/2023	Carregamento Drenado	Parâmetro efetivo	1,5	1,68
		Carregamento Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,3	1,67
			Resistência não drenada liquefeita	1,1	1,67
B-B’	31/10/2023	Carregamento Drenado	Parâmetro efetivo	1,5	1,62
		Carregamento Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,3	1,62
			Resistência não drenada liquefeita	1,1	1,62
C-C’	31/10/2023	Carregamento Drenado	Parâmetro efetivo	1,5	1,61
		Carregamento Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,3	1,59
			Resistência não drenada liquefeita	1,1	1,36
D-D’	31/10/2023	Carregamento Drenado	Parâmetro efetivo	1,5	1,62
		Carregamento Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,3	1,62
			Resistência não drenada liquefeita	1,1	1,62
E-E’	31/10/2023	Carregamento Drenado	Parâmetro efetivo	1,5	1,69
		Carregamento Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,3	1,69
			Resistência não drenada liquefeita	1,1	1,69
F-F’	31/10/2023	Carregamento Drenado	Parâmetro efetivo	1,5	1,82
		Carregamento Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,3	1,82
			Resistência não drenada liquefeita	1,1	1,82

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico, no período avaliado.

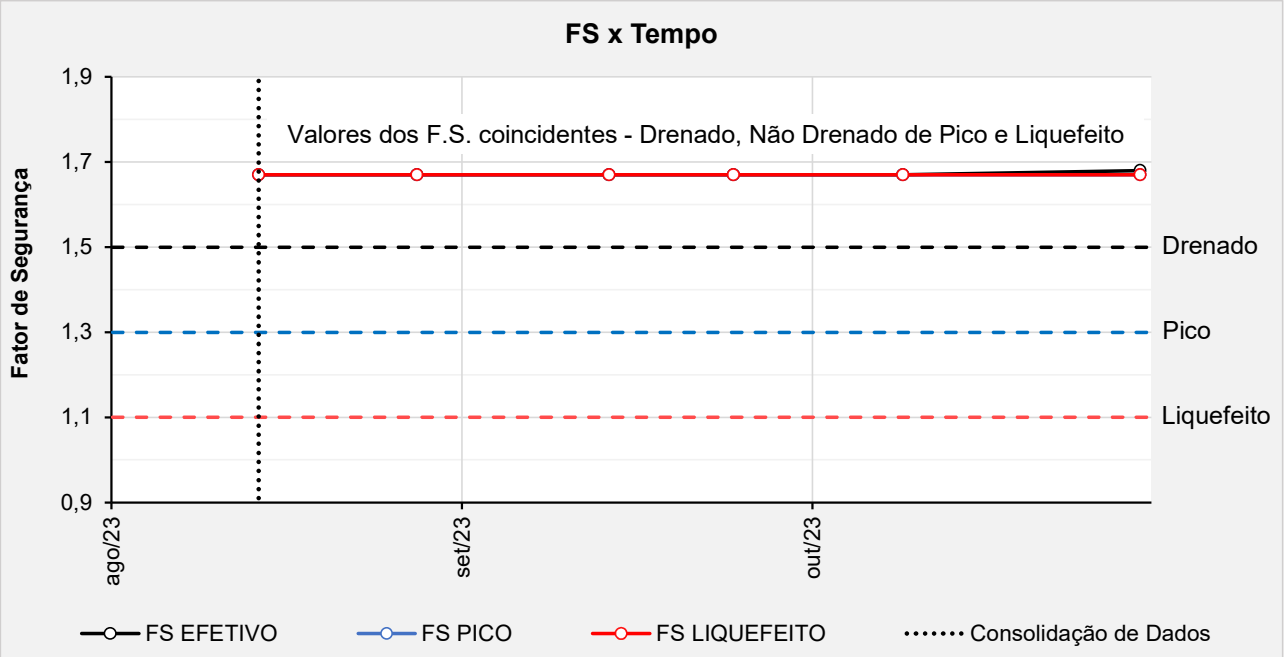


Figura 6.19 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

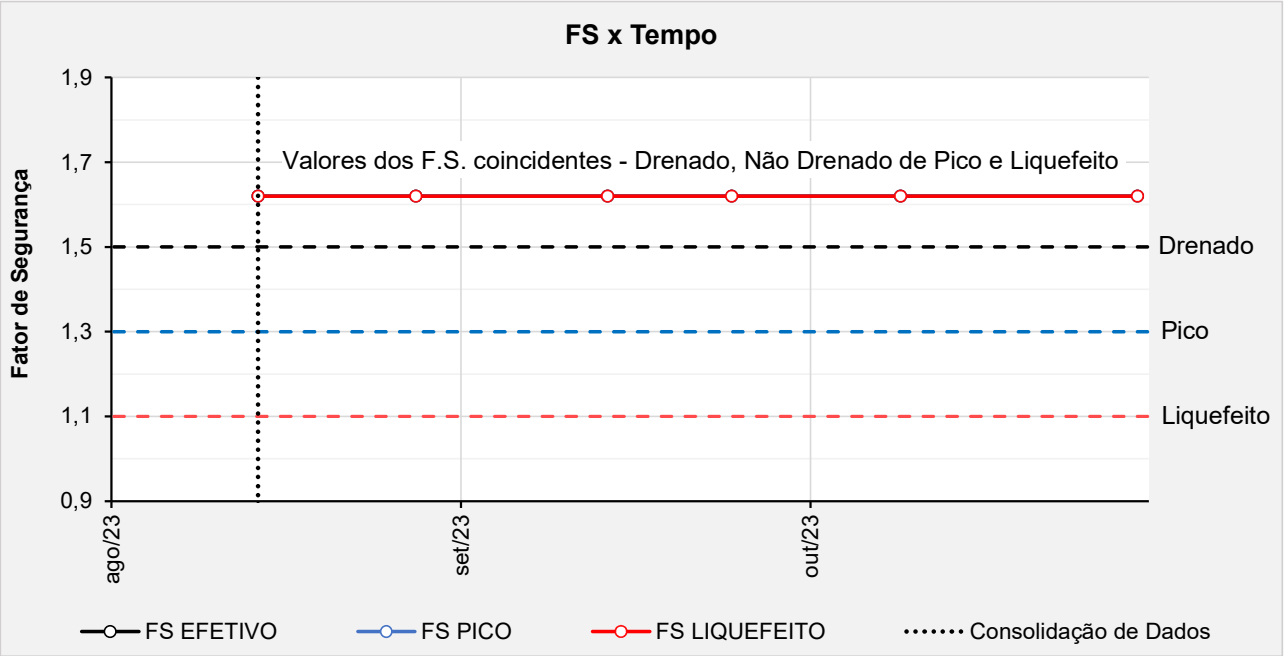


Figura 6.20 – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

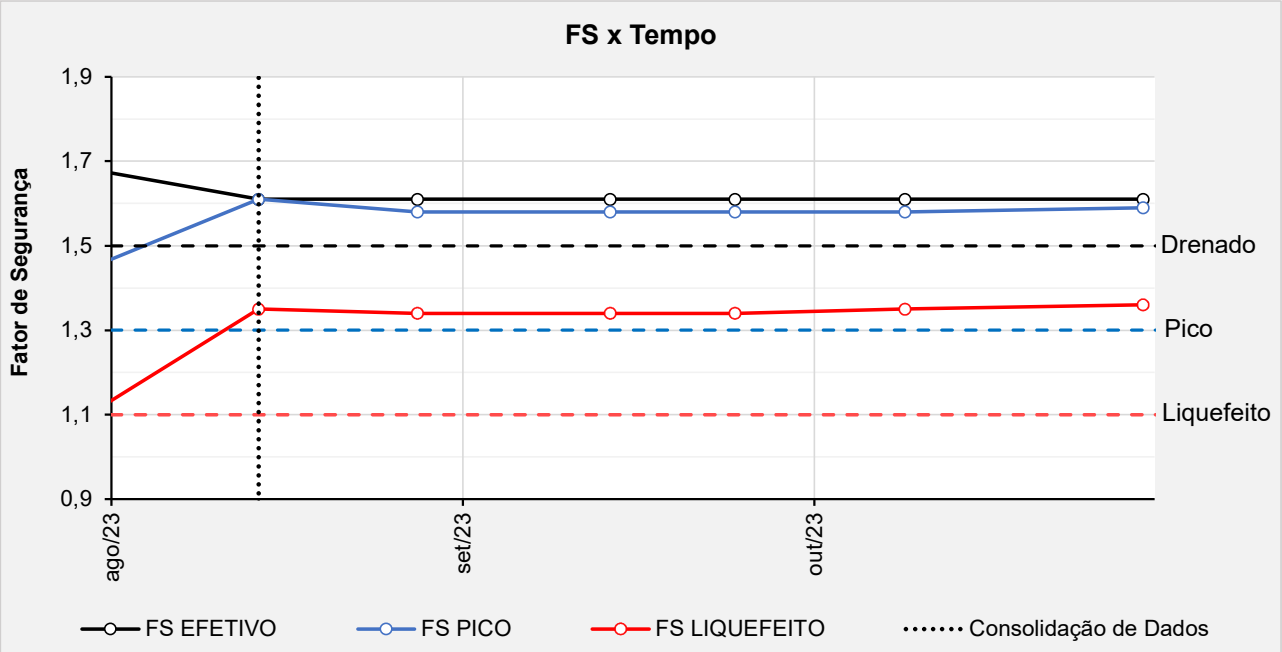


Figura 6.21 – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

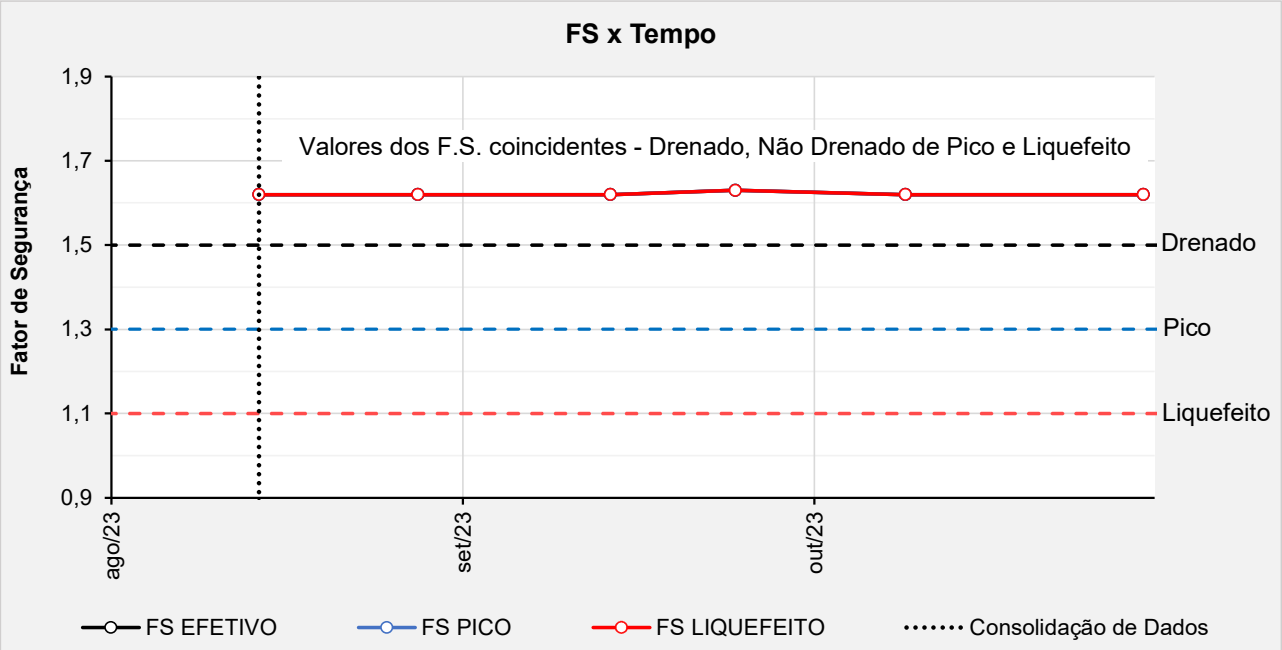


Figura 6.22 – Seção D-D' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

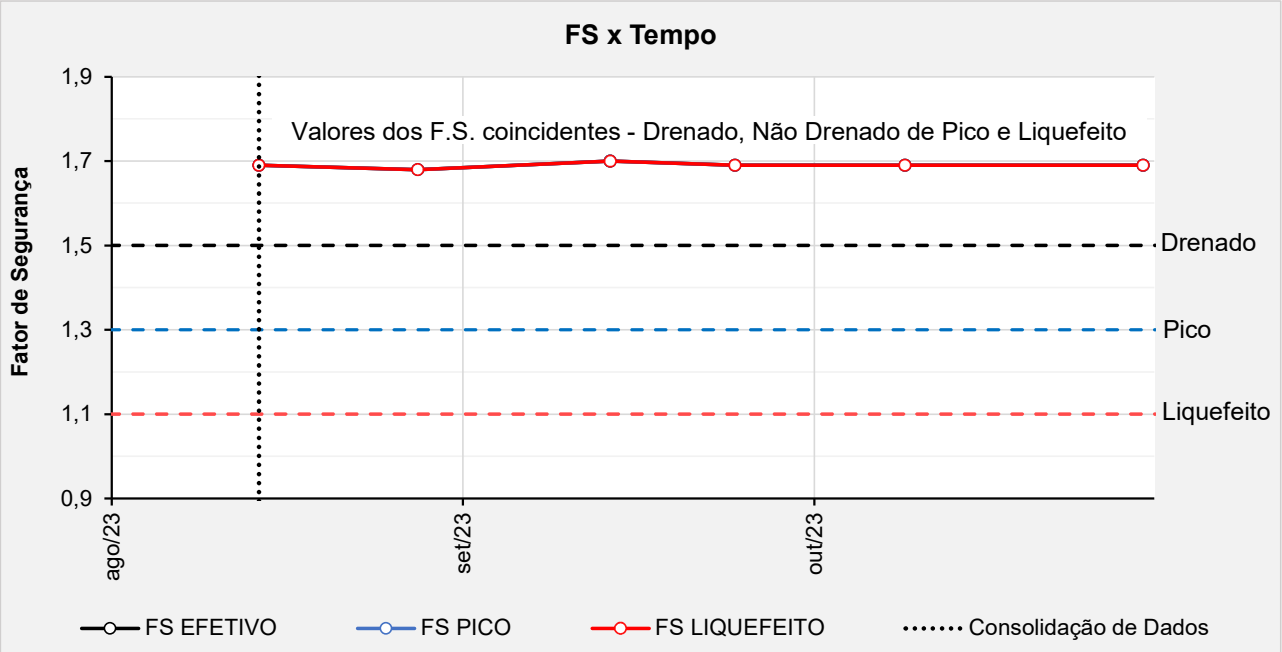


Figura 6.23 – Seção E-E' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

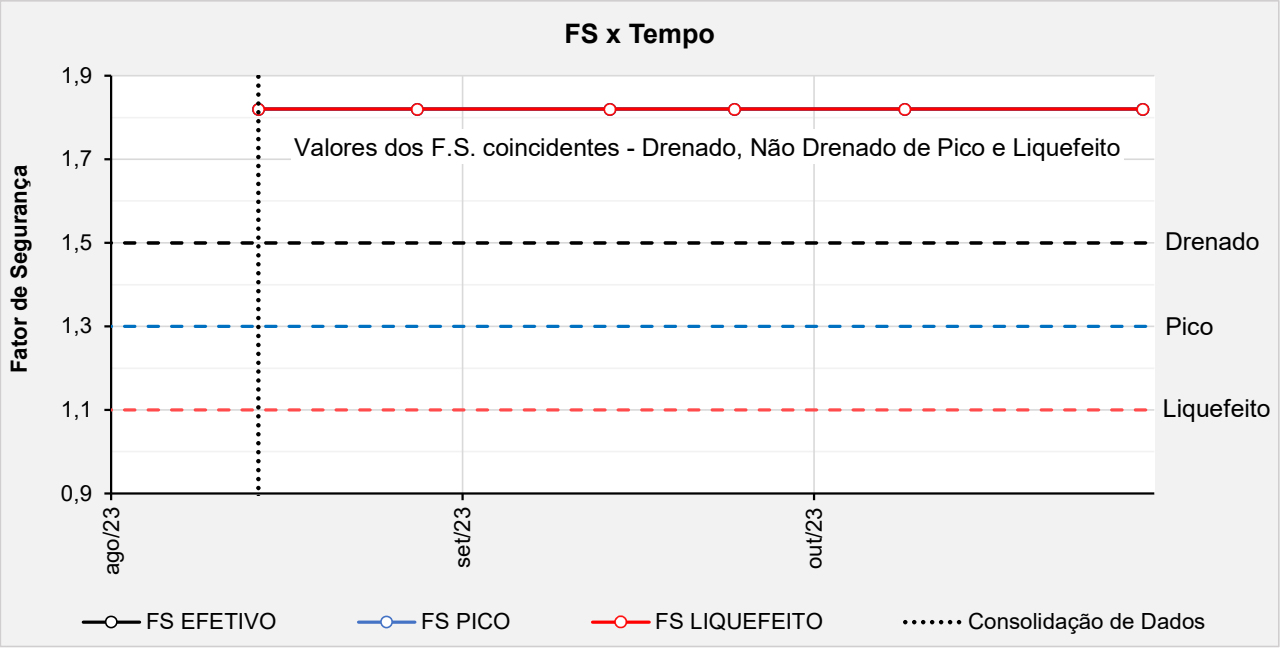
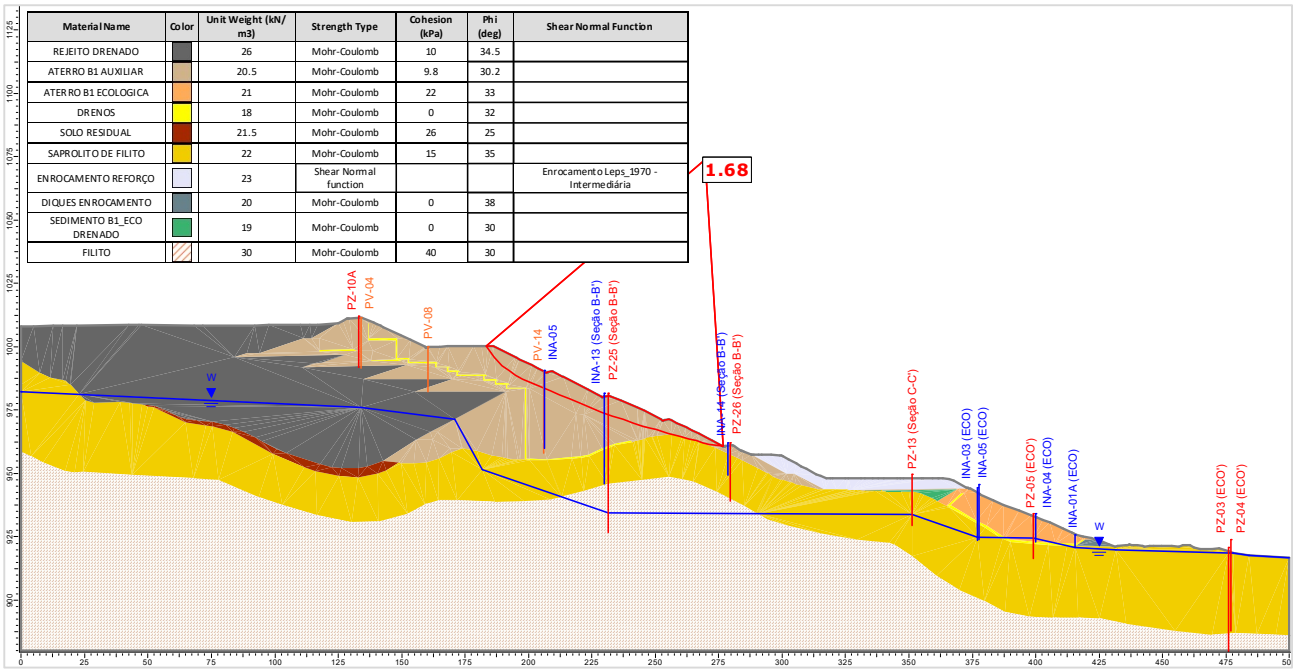
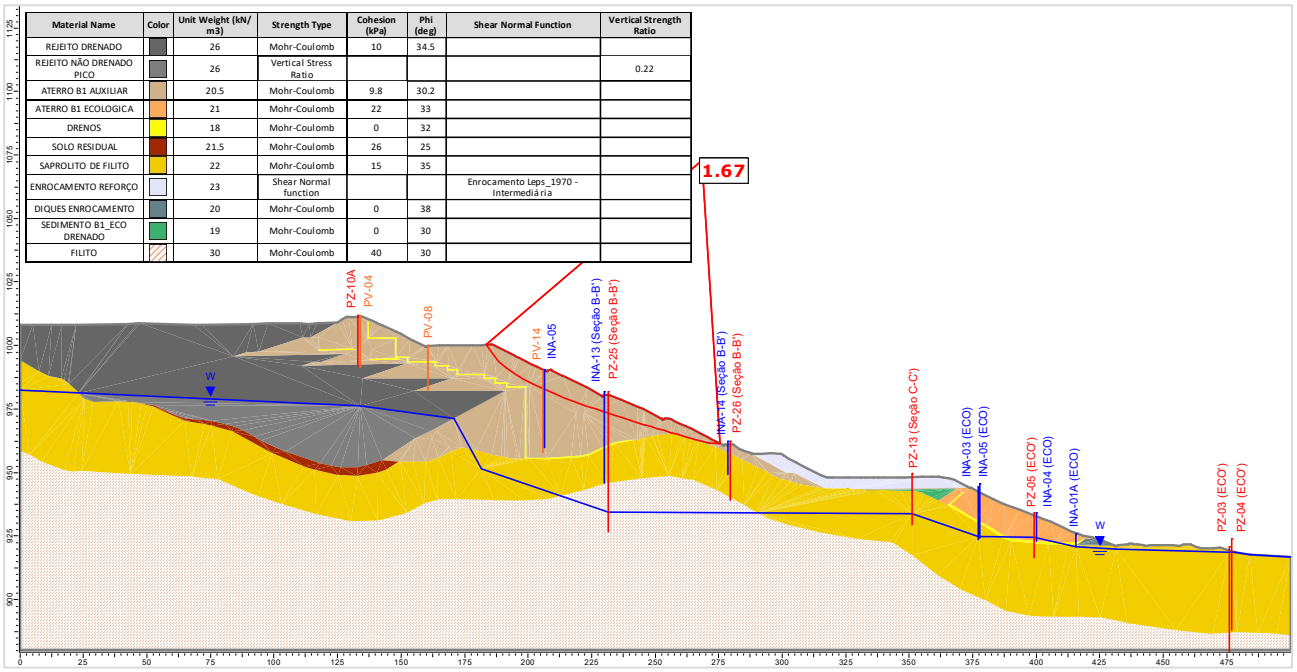


Figura 6.24 – Seção F-F' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.



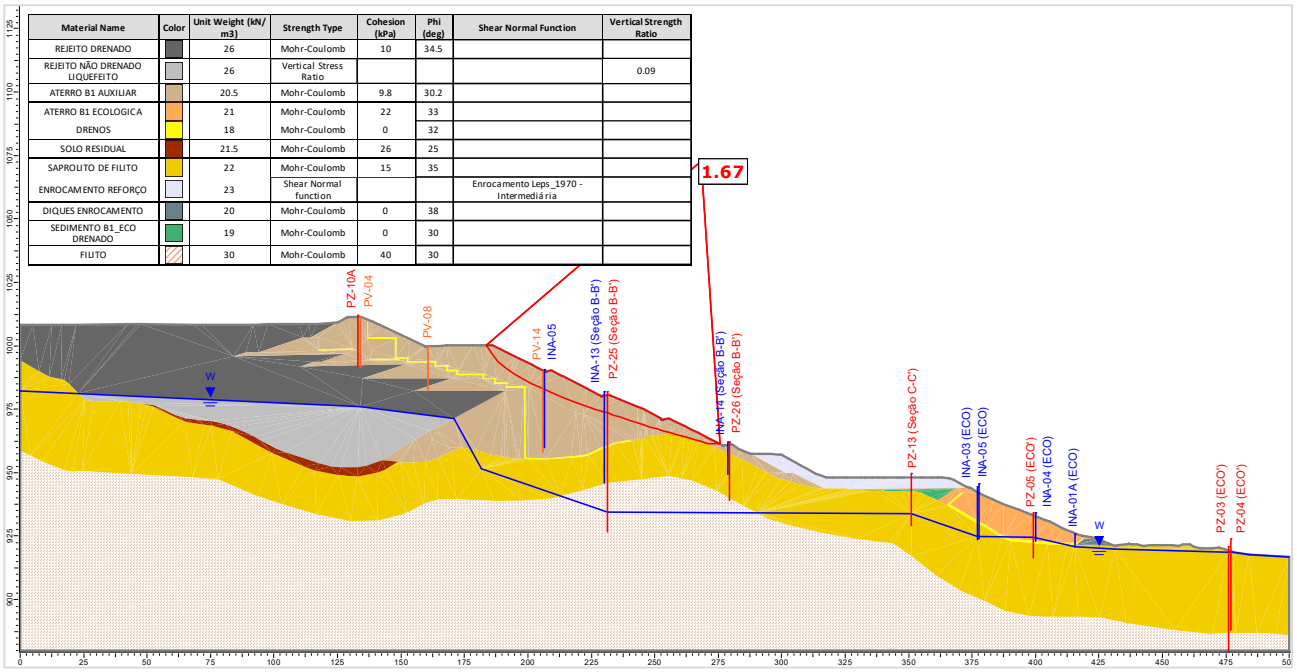
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38	
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 6.25 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023).



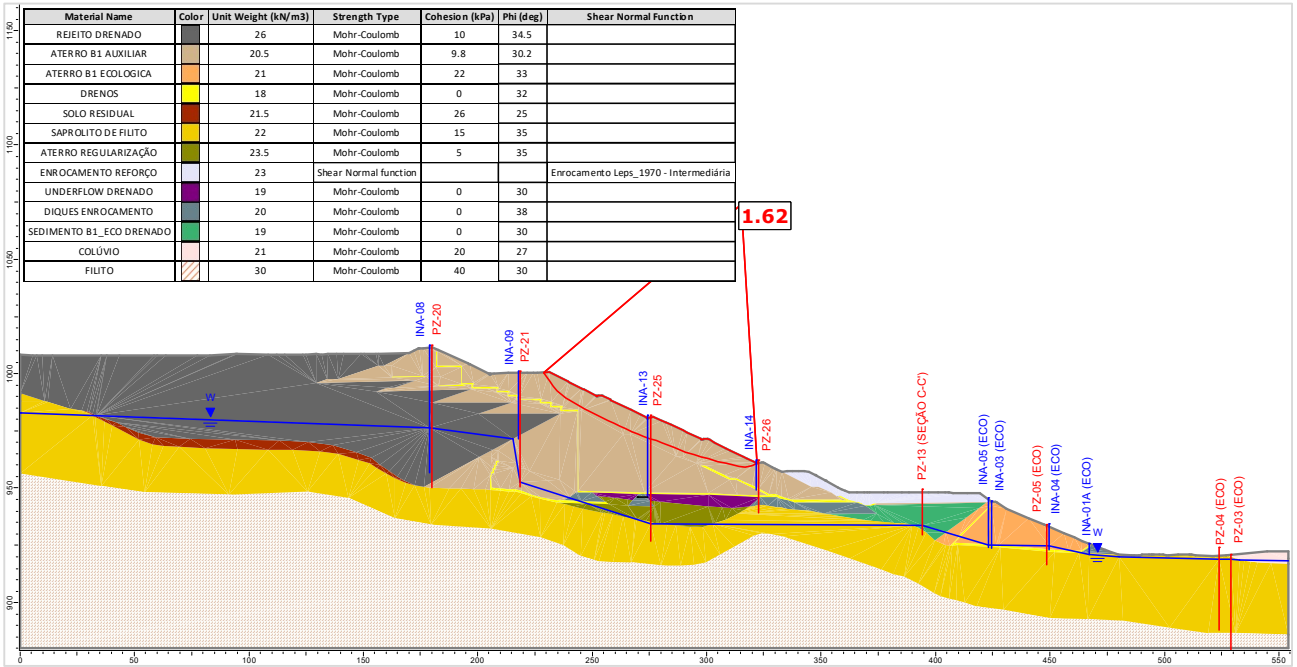
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 6.26 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada de pico.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio				0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 6.27 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada liquefeita.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35	
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38	
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 6.28 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023).

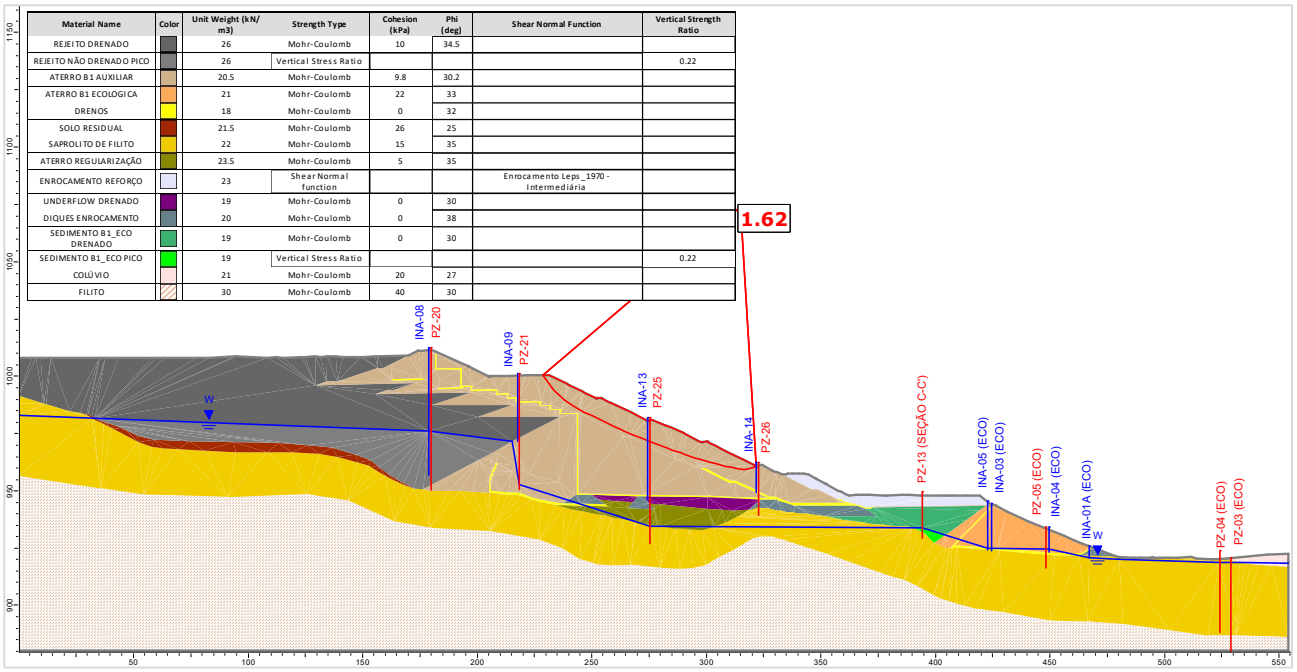


Figura 6.29 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada de pico.

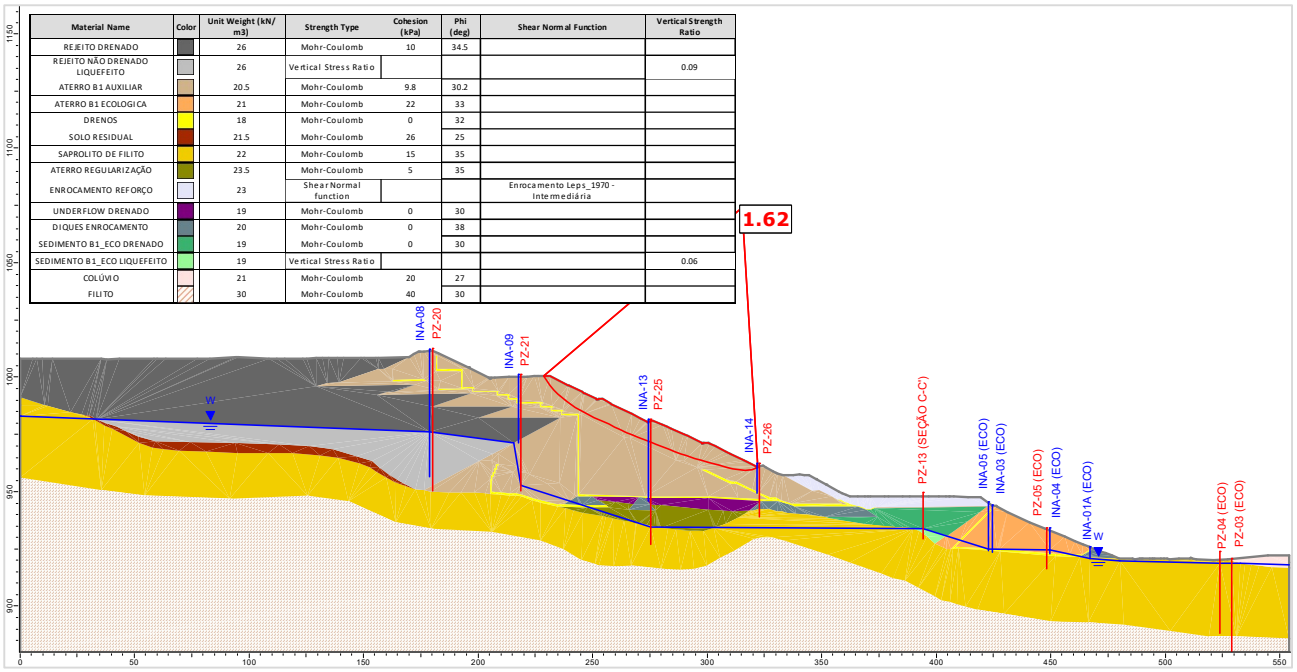
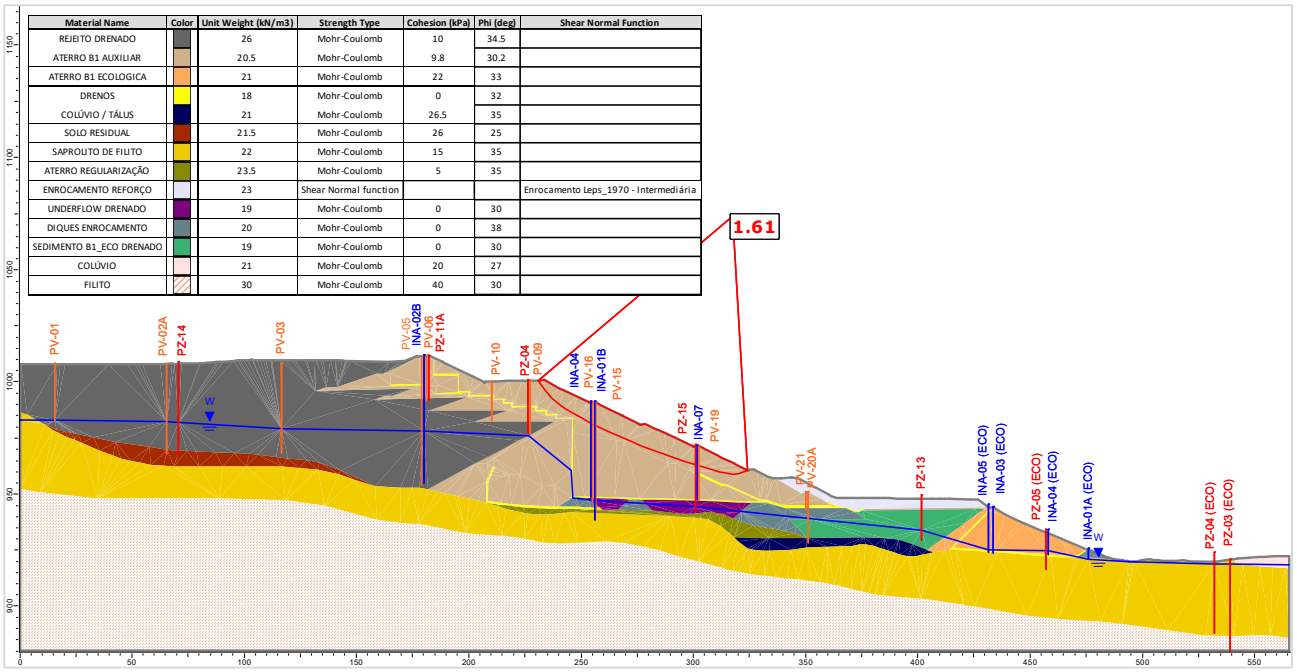
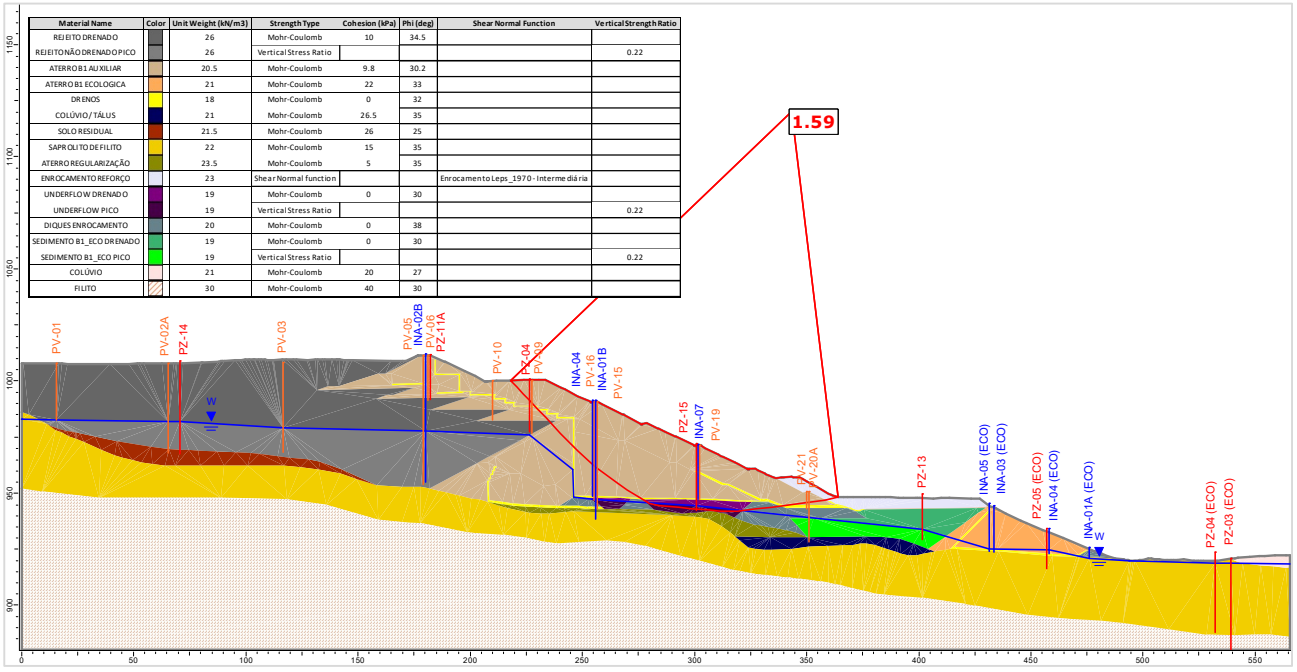


Figura 6.30 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada liquefeita.



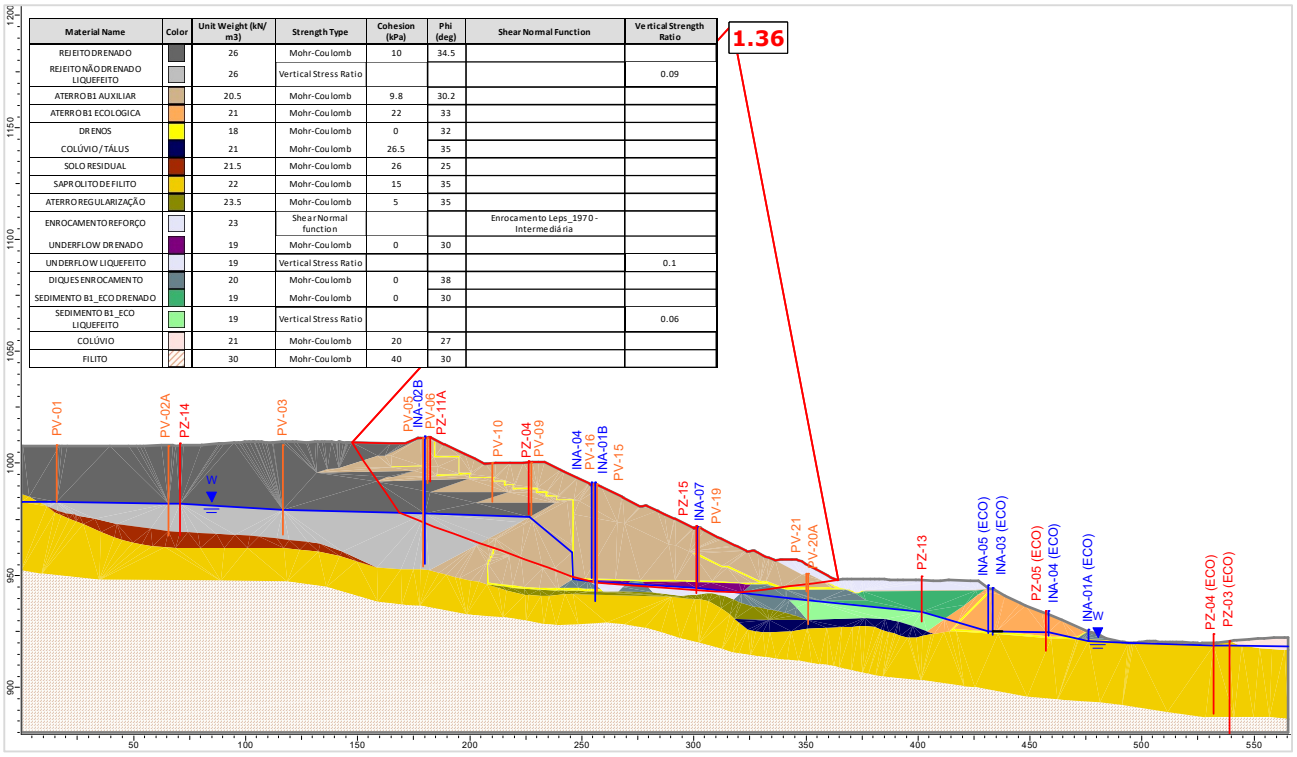
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35	
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38	
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 6.31 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio				0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLOGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
COLÚVIO / TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO PICO		19	Vertical Stress Ratio				0.22
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 6.32 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada de pico.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5		
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio				0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2		
ATERRO B1 ECOLÓGICA		21	Mohr-Coulomb	22	33		
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32		
COLÚVIO/TÁLUS		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25		
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35		
ATERRO REGULARIZAÇÃO		23.5	Mohr-Coulomb	5	35		
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	
UNDERFLOW DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
UNDERFLOW LIQUEFEITO		19	Vertical Stress Ratio				0.1
DIQUES ENROCAMENTO		20	Mohr-Coulomb	0	38		
SEDIMENTO B1_ECO DRENADO		19	Mohr-Coulomb	0	30		
SEDIMENTO B1_ECO LIQUEFEITO		19	Vertical Stress Ratio				0.06
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27		
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30		

Figura 6.33 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada liquefeita.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30

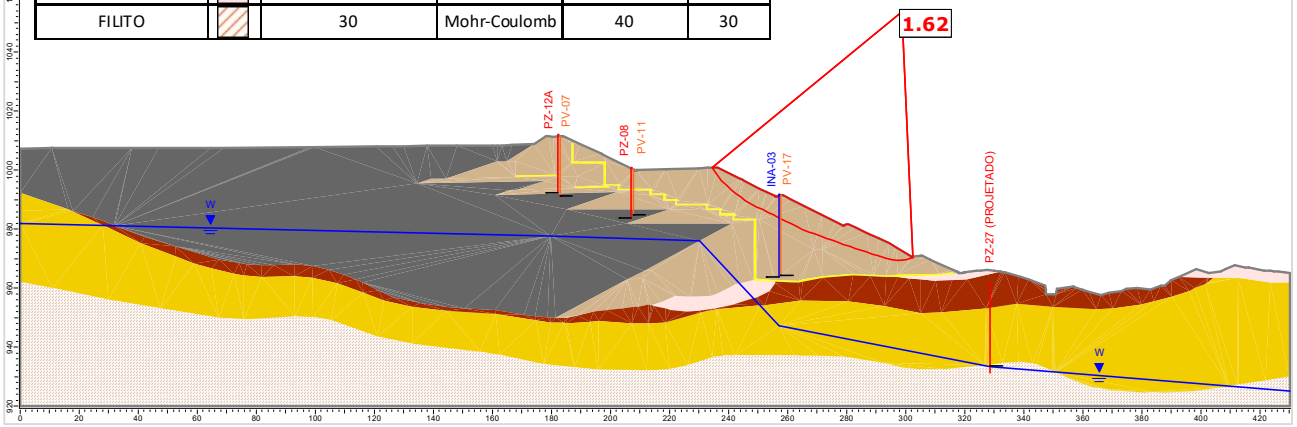
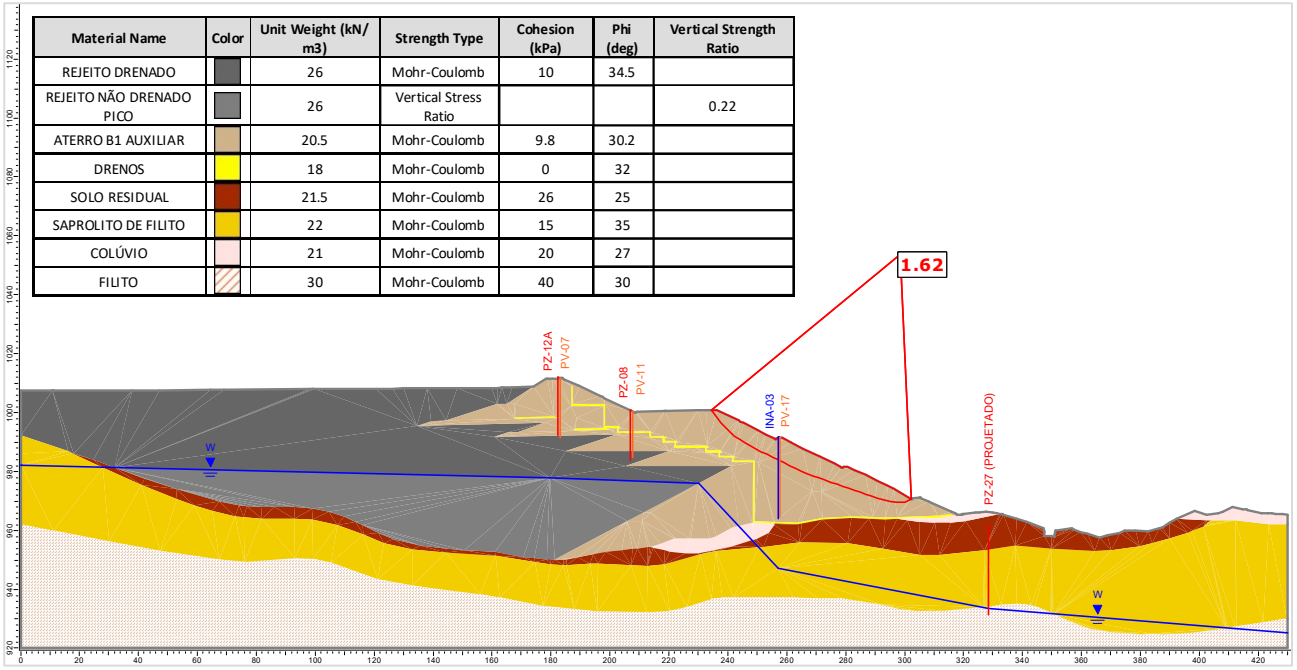
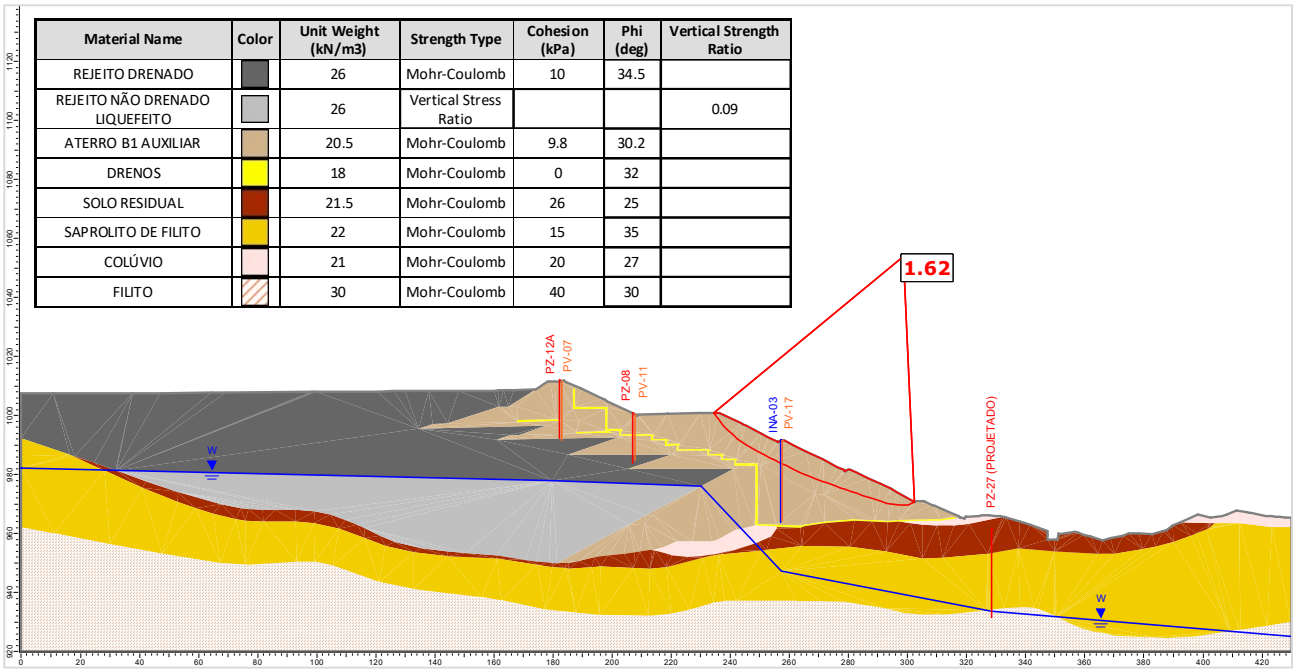


Figura 6.34 – Seção D-D' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023).



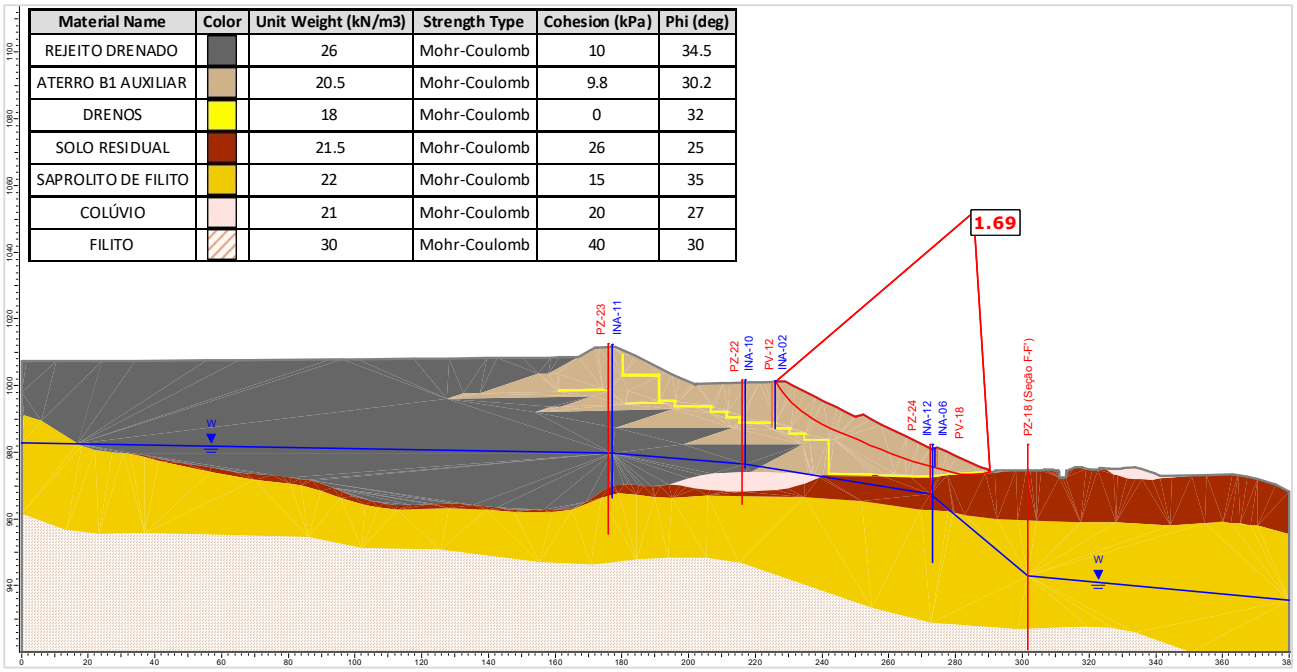
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 6.35 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada de pico.



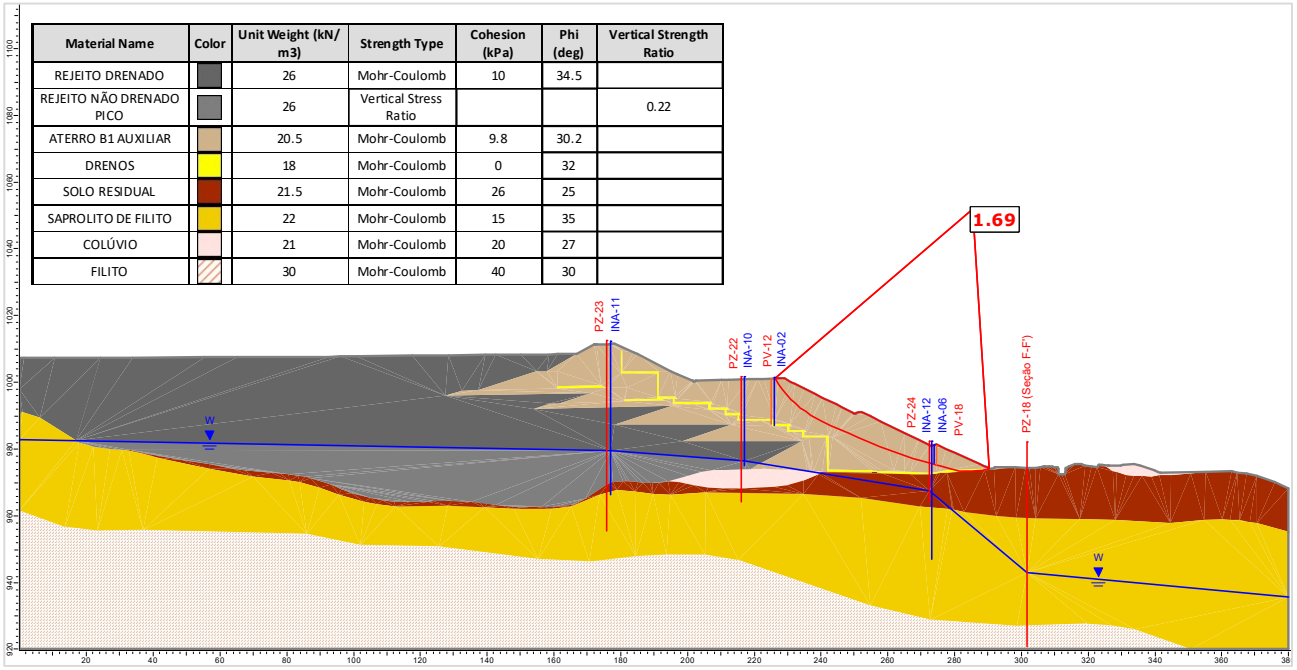
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO LIQUEFEITO		26	Vertical Stress Ratio			0.09
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 6.36 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada liquefeita.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30

Figura 6.37 – Seção E-E' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
REJEITO DRENADO		26	Mohr-Coulomb	10	34.5	
REJEITO NÃO DRENADO PICO		26	Vertical Stress Ratio			0.22
ATERRO B1 AUXILIAR		20.5	Mohr-Coulomb	9.8	30.2	
DRENOS		18	Mohr-Coulomb	0	32	
SOLO RESIDUAL		21.5	Mohr-Coulomb	26	25	
SAPROLITO DE FILITO		22	Mohr-Coulomb	15	35	
COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	20	27	
FILITO		30	Mohr-Coulomb	40	30	

Figura 6.38 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada de pico.

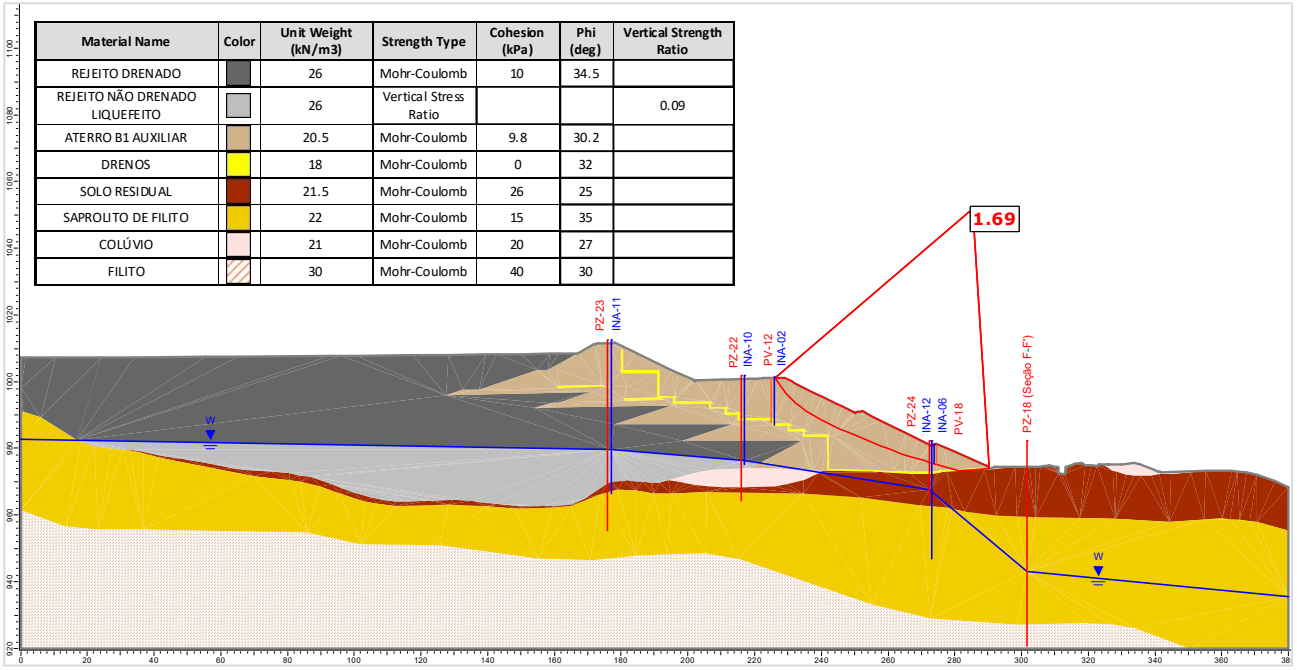


Figura 6.39 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada liquefeita.

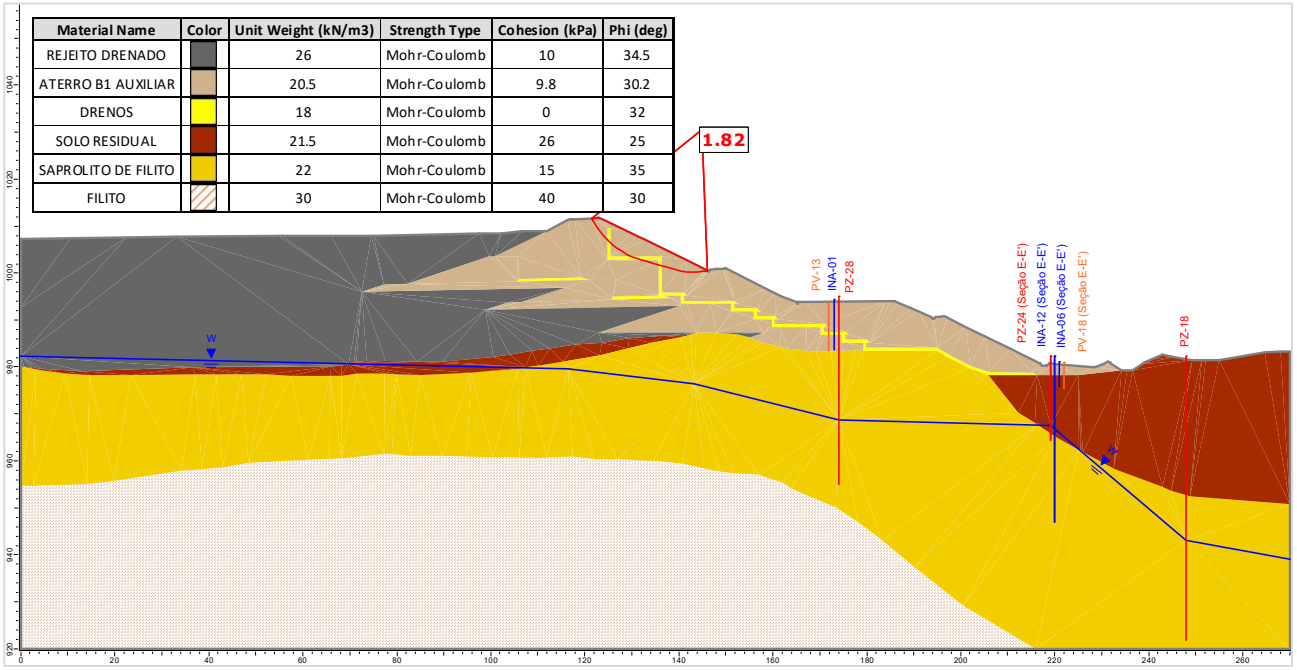


Figura 6.40 – Seção F-F' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023).

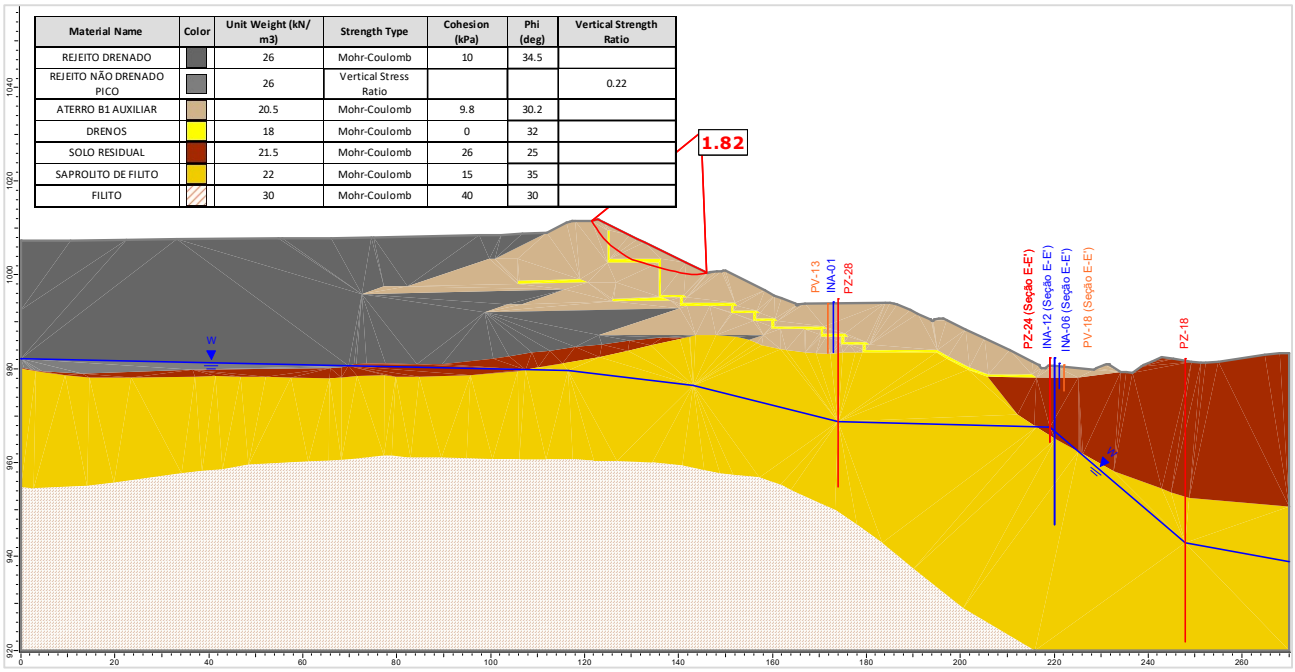


Figura 6.41 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada de pico.

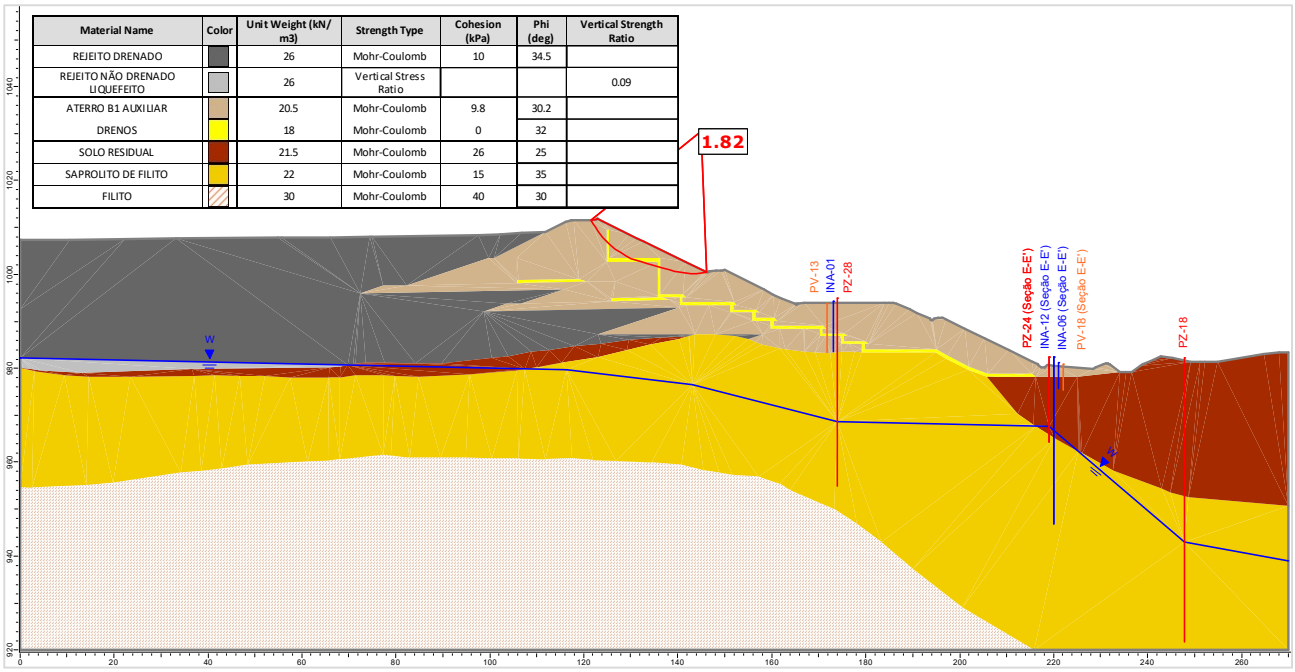


Figura 6.42 – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada liquefeita.

6.3 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

6.4 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico será fundamental durante as obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação da profundidade e pressão da água no solo e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos dos taludes.

Conforme discutido nos documentos de consolidação e diagnóstico, o material contido no reservatório da barragem, o underflow utilizado na fundação e os sedimentos no interior do reservatório da Barragem B1 Ecológica são compostos por rejeitos ou sedimentos que foram caracterizados como materiais contráteis a partir da análise de ensaios CPTu. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade para todas as seções de controle da barragem na fase de diagnóstico, tanto para a condição não drenada de pico e condição não drenada liquefeita são superiores aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020, ou seja, se encontram acima de 1,3 e 1,1, respectivamente. Mesmo apresentando uma condição confortável atualmente, o monitoramento da superfície freática atuante na estrutura se constitui da principal premissa de controle da execução do projeto de descaracterização.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, considera-se que a estrutura da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico já atende a todos os requisitos legais em termos de segurança estrutural para que se inicie as obras de descaracterização.

Ressalta-se a importância da realização e manutenção das seguintes atividades:

a) Análise de estabilidade que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles admitidos pela legislação vigente, a ser realizada antes do início das obras;
b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação, prismas e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima semanal;
c) Realização de análises de estabilidade quinzenal;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem ou do aterro de reforço emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição estabelecida na legislação, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista/consultoria que permita autorizar o retorno das atividades.

6.5 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura nas análises de estabilidade com carregamento não drenado de pico e liquefeito e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e a empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório, fundações e maciço da barragem para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura e que são lidos manualmente deverá ser verificado no mínimo uma vez por semana durante o período a execução do aterro de reforço.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados bem como o técnico responsável pela leitura manual deverá reportar imediatamente qualquer anomalia nas leituras realizadas.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista/consultoria.

6.6 Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 6.6 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.1 IDENTIFICAÇÃO	
VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: a) Memorial descritivo e desenhos das estruturas implantadas, removidas ou modificadas, ou informações equivalentes, bem como dispositivos de proteção ambiental;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: c) Descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
representações gráficas em escala adequada: d) Descrição das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas.	possível a disponibilização dessa informação.
II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
III. No caso de remoção do maciço e do reservatório, apresentar as medidas adotadas para a execução deste procedimento e um quantitativo dos materiais retirados;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
IV. Apresentar as medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório, quando couber, bem como informar o seu nível no estágio atual das obras de descaracterização;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
VIII. Apresentar a análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções; • Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para corrigir as anomalias registradas durante as inspeções visuais, inclusive daquelas iniciadas em períodos anteriores ao do relatório apresentado até sua finalização.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: a) Informar ações executadas do programa de manejo do	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
patrimônio espeleológico na área afetada pelas obras de descaracterização, quando couber;	possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: b) Informar as ações executadas ações de resgate da fauna e da flora na área afetadas, se couber;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: c) Deverão ser apresentadas as ações para controle de supressão vegetal e de processos erosivos na área afetada pelas obras de descaracterização, bem como os comprovantes de regularização ambiental da atividade;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: d) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para acompanhamento e controle dos índices de qualidade do ar na área afetada pelas obras de descaracterização;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: e) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para gestão de efluentes líquidos e resíduos sólidos na área afetada pelas obras de descaracterização.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
IV. Para obras em estágio de finalização, apresentar as medidas adotadas para o manejo e a proteção do solo, dos recursos hídricos, para garantir a estabilidade geotécnica da área descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
1.5 ASSINATURAS	
Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização da assinatura do responsável técnico pelo acompanhamento das obras.
1.6 ANEXO	
Apresentar as anotações de responsabilidade técnica – ART do projeto, do acompanhamento das obras e do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens no período avaliado.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização da ART do responsável técnico pelo acompanhamento das obras.

7. Assinaturas

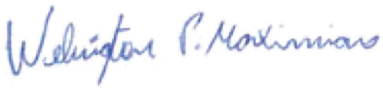
- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:



Elias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

- Responsável técnico pela barragem:

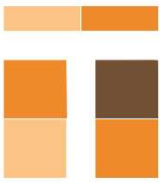


Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

8. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



TERRACOTA
GEOTECNIA

Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232407570

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA BR-381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**
Celebrado em: **09/01/2023**
Valor: **R$ 260.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520
Nº: **00**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **IGARAPÉ**
UF: **MG**
CEP: **32900000**
Data de Início: **01/06/2023**
Previsão de término: **30/11/2023**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **OUTROS**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1-AUXILIAR - MINA TICO-TICO.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.09.27 19:08:39 -03'00'

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

BELO HORIZONTE, 27 de SETEMBRO de 2023
Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 254,59** Registrada em: **27/09/2023** Valor pago: **R$ 203,68** Nosso Número: **8602499666**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: 9Yzxd
Impresso em: 27/09/2023 às 19:04:56 por: , ip: 170.82.175.12

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232563588

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à MG20221553989

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA BR-381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **CMS000481**
Celebrado em: **17/07/2023**
Valor: **R$ 16.420,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520
Nº: **00**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **IGARAPÉ**
UF: **MG**
CEP: **32900000**
Data de Início: **01/11/2023**
Previsão de término: **30/11/2023**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **OUTROS**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS TÉCNICOS DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1-AUXILIAR - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.787) E DA BARRAGEN B2 - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.786), REFERENTE AO TRIMESTRE AGOSTO A OUTUBRO DE 2023, EM ATENDIMENTO AO TERMO DE COMPROMISSO - TC (MPF, MPMG, SEMAD/FEAM, ANM).

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

BELO HORIZONTE, 28 de NOVEMBRO de 2023
Local data

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.11.28 20:18:43 -03'00'

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232563588

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à
MG20221553989

10. Valor

Valor da ART: **R$ 96,62** Registrada em: **28/11/2023** Valor pago: **R$ 96,62** Nosso Número: **8602845567**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: W0zDz
Impresso em: 28/11/2023 às 20:10:34 por: , ip: 186.216.185.198

GEOPRIME ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA.

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
GEO-RE-MMI-121-01

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.750

RELATÓRIO TÉCNICO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DA DESCARACTERIZAÇÃO – BARRAGEM B1 AUXILIAR – MINA TICO-TICO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	0	1				Rev doc						Rev doc						Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X	X				26	X	X				51						76					
2	X	X				27						52						77					
3	X	X				28						53						78					
4	X	X				29						54						79					
5	X	X				30						55						80					
6	X	X				31						56						81					
7	X	X				32						57						82					
8	X	X				33						58						83					
9	X	X				34						59						84					
10	X	X				35						60						85					
11	X	X				36						61						86					
12	X	X				37						62						87					
13	X	X				38						63						88					
14	X	X				39						64						89					
15	X	X				40						65						90					
16	X	X				41						66						91					
17	X	X				42						67						92					
18	X	X				43						68						93					
19	X	X				44						69						94					
20	X	X				45						70						95					
21	X	X				46						71						96					
22	X	X				47						72						97					
23	X	X				48						73						98					
24	X	X				49						74						99					
25	X	X				50						75						100					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
0	B	PARA COMENTÁRIOS
1	I	APROVADA

TIPO DE EMISSÃO					
(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO			

	REV. 0	REV.1	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	28/07/2023	29/08/2023					
EXECUTADO	MMS	MMS					
VERIFICADO	JAP	JAP					
APROVADO	RPT/WPM	RPT/WPM					

SUMÁRIO

1. Introdução 3
2. Objetivos e escopo 3
3. Localização 4
4. Características de acordo com ANM-FEAM 5
5. Projeto de descaracterização 13
5.1 Concepção 13
5.2 Premissas e critérios geológico-geotécnicos 13
5.2.1 Estudos de sismicidade local 14
5.3 Instrumentação de Monitoramento 15
5.4 Alterações de projeto 20
5.5 Ações e obras preparatórias 21
5.6 Riscos geológicos-geotécnicos associados à descaracterização 21
5.7 Aspectos ambientais e obras 21
6. Considerações finais 22
7. Equipe Técnica 23
8. Anexos 24

1. Introdução

A Mineração Morro do Ipê (MMI) possui três barragens (ou estruturas de contenção de rejeitos de mineração) com alteamentos à montante que se encontram inativas e serão descaracterizadas nos próximos anos: i) B1 Ipê, na vertente Brumadinho; ii) B2 Tico-Tico, e iii) B1 Auxiliar, ambas na vertente Igarapé (Figura 1).

De acordo com o item 3.1 do Termo de Compromisso (TC) firmado com o Ministério Público (MP) do Estado de Minas Gerais, Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), "*...a Mineração Morro do Ipê tem o compromisso de apresentar relatórios técnicos trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização*". Embora dúbio, entende-se "andamento de obras", além do seu sentido literal, como o processo de preparação para a descaracterização *strictu sensu*, o que inclui quaisquer intervenções diretas e indiretas no barramento e estruturas relacionadas, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

Desta forma, o intuito deste relatório, elaborado em conjunto com a GEOPRIME ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, é de ser um descritivo das medidas executadas para a descaracterização da referida estrutura, no último trimestre (Maio 2023 – Julho 2023), e de acordo com o Termo de Referencia (TR), para acompanhamento do processo de descaracterização de barragens alteadas a montante, no estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

A empresa Terracota Geotecnia foi contratada, no segundo semestre de 2022, para a elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico, em substituição à anterior projetista contratada, Statum Geotecnia. Desta forma, foi concluído em 11/10/2022, o estudo de viabilidade da alternativa de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.524) e o relatório do projeto executivo encontra-se em fase de elaboração, com previsão de finalização no segundo semestre de 2023.

2. Objetivos e escopo

O presente relatório objetiva compilar e descrever as ações e etapas decorrentes dos projetos de descaracterização da barragem B1 Auxiliar, vertente Igarapé, incluindo as atividades realizadas no trimestre maio-junho-julho de 2023, o percentual de avanço no processo de descaracterização e o cumprimento das ações previstas.

3. Localização

A Barragem B1 Auxiliar, Mina Tico-Tico, localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Brumadinho-MG, em torno das coordenadas UTM (SIRGAS2000) 572.390 E e 7.775.120 N, próximo do alto da Serra das Farofas. A estrutura situa-se a jusante da Barragem B2 – Mina Tico-Tico (B2TT) e a montante da estrutura descaracterizada da Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico (B1 Tico-Tico). O acesso é realizado pelo trevo imediatamente após o km 520 da rodovia Fernão Dias (BR-381), margem direita no sentido sul (BH-SP). Na Figura 1 é apresentada a localização da barragem.



Figura 1. Localização das barragens i) B1 Ipê, na vertente Brumadinho; ii) B2 Tico-Tico, e iii) B1 Auxiliar, ambas na vertente Igarapé. Destaque na barragem B1 Auxiliar, na vertente Igarapé, à leste da BR-381. Coordenadas: E 574450m, N 7776862m. Datum Sirgas 2000.

4. Características de acordo com ANM-FEAM

As principais características registradas da Barragem B1 Auxiliar - Mina Tico-Tico são apresentadas na Tabela 1 e seguintes subintens.

Tabela 1- Dados gerais da barragem B1 Auxiliar – Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.589 – RTESB, Março de 2023.

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'12.700" Longitude: -44°17'17.500"
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	2007
Ano de Início de Operação	2007
Ano de Término de Operação	2019
Ano de Término de Descaracterização	Sem previsão
Situação (status) de operação atual da barragem	Desativada
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total = Reservatório + maciços (m³)	4.258.447 (*)
Capacidade total do reservatório (m³)	3.116.656 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	2.659.653 (*)
Área do reservatório (m²)	139.000
Elevação do coroamento (m)	1.011,0
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	930,0
Altura atual da barragem (m)	81,0
Extensão do coroamento (m)	570,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, mínimo de 3,0
Alteamentos realizados e seus respectivos métodos empregados;	Alteamentos a jusante e a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6º)
Inclinação talude de montante	2,0(H):1(V) (32º)
Elevação do NA normal do reservatório (m)	1.009,40
Nível d'água máximo maximorum (TR 1.000 anos) (m)	1.010,08
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.010,40
Borda livre mínima (TR 1.000 anos) (m)	0,92
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,60
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	11,57
Capacidade de descarga do vertedouro (m³/s)	22,00
Área da bacia de contribuição (km²)	1,023

(*) Volumes obtidos da análise e interpretação dos levantamentos topográficos de "As Built" das diversas etapas construtivas e do levantamento de ocupação atual do reservatório (IPE.OP.DF.8000.GT.20.008.A_R1.dwg).

CURSO D'ÁGUA INTERCEPTADO	
(X) Sim ( ) Não	
( ) Total; (X) Parcialmente	
Nome: Córrego Olaria	
RESUMO DA CLASSIFICAÇÃO	
Classificação de Categoria de Risco – CRI	Baixo
Potencial de Dano Associado – PDA	Alto
Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental	B

Matriz de classificação, com base nos critérios estabelecidos nos Anexos I a IV do Decreto 48.140, de 25 de fevereiro de 2021:

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração, segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico foi classificada, no âmbito da elaboração deste relatório, com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em Classe B, conforme demonstrado a seguir.

Quadro 1. Categoria de Risco da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.589 – RTESB, Março de 2023.

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
	PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB	**19**
	CLASSIFICAÇÃO DE RISCO	**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Quadro 2. Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.589 – RTESB, Março de 2023.

	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)	Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Sócio-Econômico	5
	PONTUAÇÃO TOTAL (DPA)	**23**
	CLASSIFICAÇÃO DE DANO	**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Quadro 3. Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.589 – RTESB, Março de 2023.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Quadro 4. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.589 – RTESB, Março de 2023.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Quadro 5. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.589 – RTESB, Março de 2023.

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Quadro 6. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.589 – RTESB, Março de 2023.

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PSB				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	
PS = Σ (j até n) = 0				

Quadro 7. Matriz de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.589 – RTESB, Março de 2023.

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanen-temente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de insta-lações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	**ALTO (Existe alta concentração de instalações residen-ciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
DPA = Σ (a até d) = 23			

I. Identificação do Empreendimento:

- Mina Ipê

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ: 22.902.554/0001-17
Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº
Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail: casaipe@ipemineração.com

- Identificação do Representante Legal do Empreendimento

  Nome: Cristiano Monteiro Parreiras
  CPF: 030.102.416-23
  Formação: Advogado
  Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos
  Telefone: (31) 99194-8589
  E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

II. Identificação do empreendedor e do representante legal para contato:

- Identificação do Empreendedor

  Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.
  CNPJ: 22.902.554/0001-17
  Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº
  Brumadinho – MG – 35460-000
  Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
  E-mail: casaipe@ipemineração.com

- Identificação do Representante Legal do Empreendedor

  Nome: Cristiano Monteiro Parreiras
  CPF: 030.102.416-23
  Formação: Advogado
  Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos
  Telefone: (31) 99194-8589
  E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

III. Identificação do responsável técnico pela barragem

- Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

  Nome: Welington Pereira Maximiano
  Formação: Engenheiro Civil
  Registro Nacional Profissional: 1411469151 (CREA-MG)
  Cargo: Coordenador de Geotecnia
  Telefone: (31) 3614-1840
  E-mail: welington.maximiano@ipemineracao.com

IV. Identificação da equipe técnica responsável pelos projetos de descaracterização:

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil/Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Coordenador do Projeto
Registro Profissional: CREA-MG 1403750408

Nome: André Lins Machado Coelho
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos
Registro Nacional Profissional: CREA-MG 1404481770

Nome: Guilherme Pereira Pinto
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos
Registro Profissional: CREA-MG 2014352674

Nome: Mauro Verassani
Formação: Engenheiro Hidrólogo
Responsabilidade no Estudo: Estudos Hidráulicos
Registro Profissional: CREA-MG 1406671720

Nome: Guilherme de Freitas Roriz Lima
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Edição do Relatório
Registro Profissional: CREA-MG 1015708625

V. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.

Não Aplicável. A descaracterização encontra-se em fase de conclusão e apr Projeto em elaboração.

ART principal ainda não emitida. As demais ARTs devem ser emitidas quando efetivamente se iniciarem as obras.

5. Projeto de descaracterização

5.1 Concepção

A Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico já possui reforço de enrocamento, visando a preparação para um processo de descaracterização mais seguro quanto possível.

Deverá ser realizado um reforço inicial da estrutura (Etapa 1 de reforço), de modo a adequar o fator de segurança da estrutura à condições não drenadas e permitir o início das obras de descaracterização, além de adequação do sistema extravasor, de forma a garantir a segurança hidráulica da estrutura, em função de impacto na região atual de parte do vertedouro.

Deve-se destacar que a etapa 1 deve ser incorporada previamente ao projeto de descaracterização, visando a convergência conceitual entre reforço e projeto final.

5.2 Premissas e critérios geológico-geotécnicos

Abaixo, são elencadas as premissas a serem adotadas pela equipe técnica responsável pelo projeto:

- Relocação do trecho final do sistema extravasor para a região não ocupada pela obra de reforço inicial;
- Execução de sondagens nos locais de avanço do projeto de descaracterização, de forma a definir o material de fundação das obras, conforme campanha de investigação a ser emitida na próxima fase de projeto (conceitual);
- Prolongamento de instrumentação de controle que venha a ser impactada pela execução do reforço inicial, conforme avaliação a ser realizada na próxima fase de projeto (conceitual);
- Cabe à MMI a obtenção de licenciamento ambiental nas áreas vegetadas afetadas pelo projeto;
- A geometria do reforço inicial (Etapa 1) foi definida, considerando condições críticas, desde a elevação de superfície freática até o contato da estrutura atual com o reforço, até a condição de mobilização de carregamento não drenado, considerando para tal: razão de resistência não drenada de pico, razão de resistência não drenada de pico mais ocorrência de carregamento sísmico e razão de resistência não drenada residual (liquefeita);
- A vazão de projeto, utilizada como referência para a adequação do vertedouro, possui o mesmo valor encontrado na Revisão Periódica de Segurança da Barragem, considerando um TR de 10.000 anos (9,31 m³/s);
- O dimensionamento dos trechos de adequação do sistema extravasor será feito considerando-se o escoamento em regime uniforme, através da equação de manning para trechos lisos e preferencialmente em skimming flow para trechos em degraus;
- A validação do dimensionamento será feita a partir de simulação hidrodinâmica no modelo HEC-RAS 6.2; e
- Para o dimensionamento do canal, será considerada uma borda livre mínima igual a 30% da profundidade do escoamento.

5.2.1 Estudos de sismicidade local

Como estudo sísmico, foi utilizado como referência o artigo Reservoir Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment publicado por (Barros Et. al, 2018), no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos, conforme Figura 2.

Pela localização da barragem foi definido um PGA igual a 0,15g. Nas análises da barragem foi utilizado ½ PGA de acordo com recomendação CDA (Griffin e Franklin, Julho, 1984). Este

carregamento, de ah = 0,075g na horizontal, corresponde a uma intensidade VI na escala Mercalli Modificada ou magnitude equivalente entre 5.0 e 6.0 na escala Richter. Para a aceleração vertical adota-se o valor de 60% da aceleração horizontal, sendo av = 0,045 g, proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003).

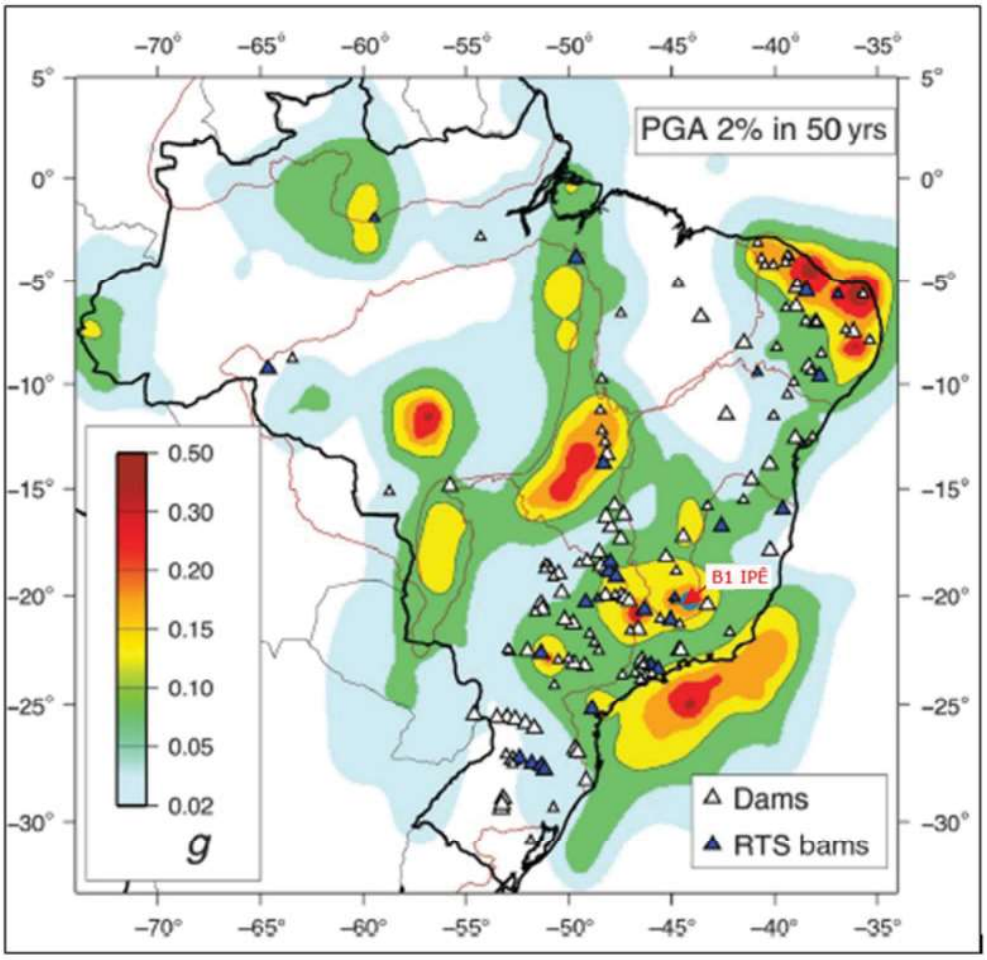


Figura 2. Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Barros Et al., 2018).

As considerações sobre carregamento sísmico na barragem serão apresentadas no projeto.

5.3 Instrumentação de Monitoramento

A instrumentação de controle do nível de água interno do maciço e do reservatório da barragemé composta atualmente por 16 (dezesseis) indicadores de nível d'água, 21 (vinte e um) piezômetros de tubo aberto do tipo Casagrande e 21 (vinte e um) piezômetros elétricos equipados para automatização das leituras, conforme apresentado nas figuras abaixo (Fonte: Documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.725).

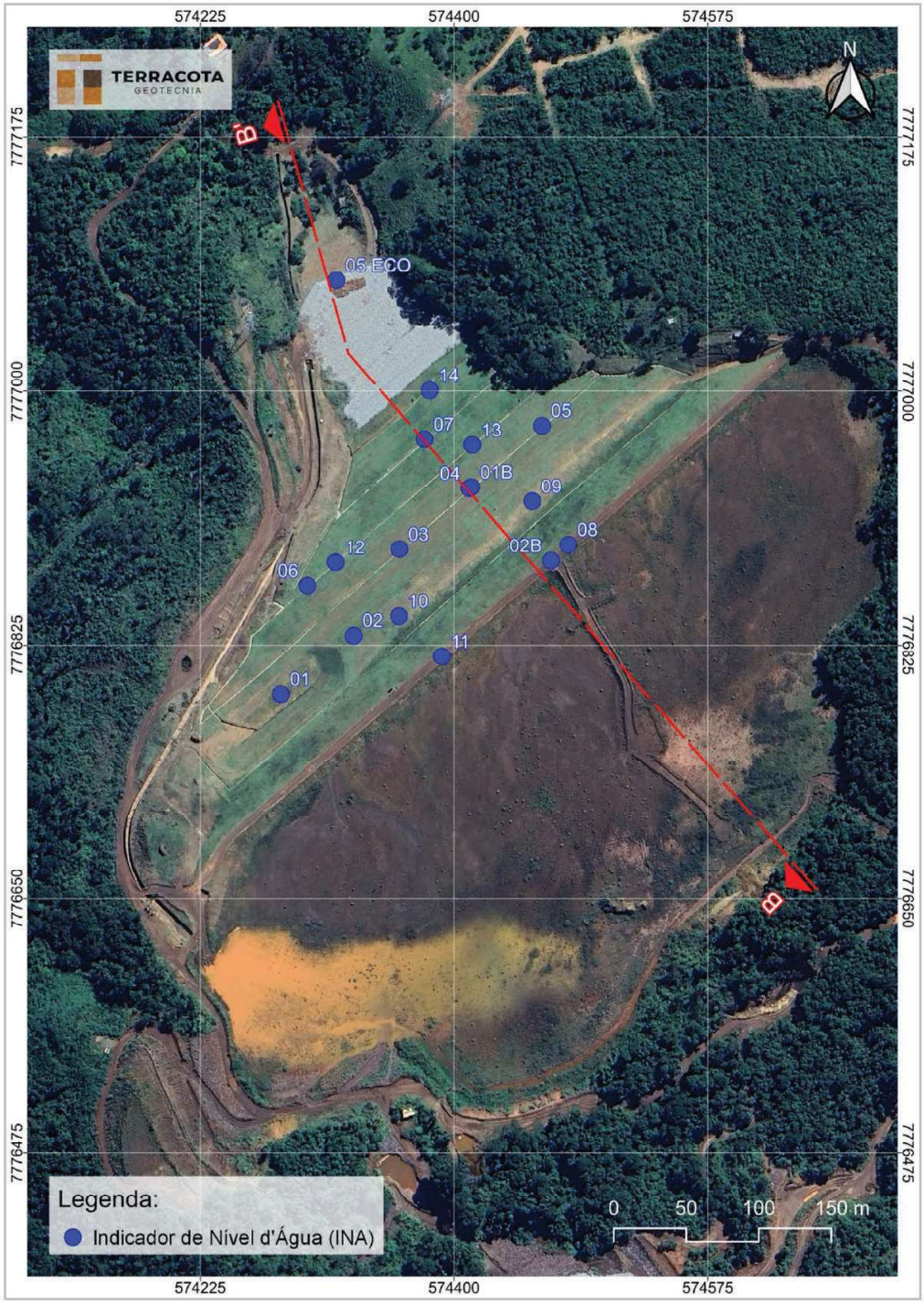


Figura 3. Localização dos INA's – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico..

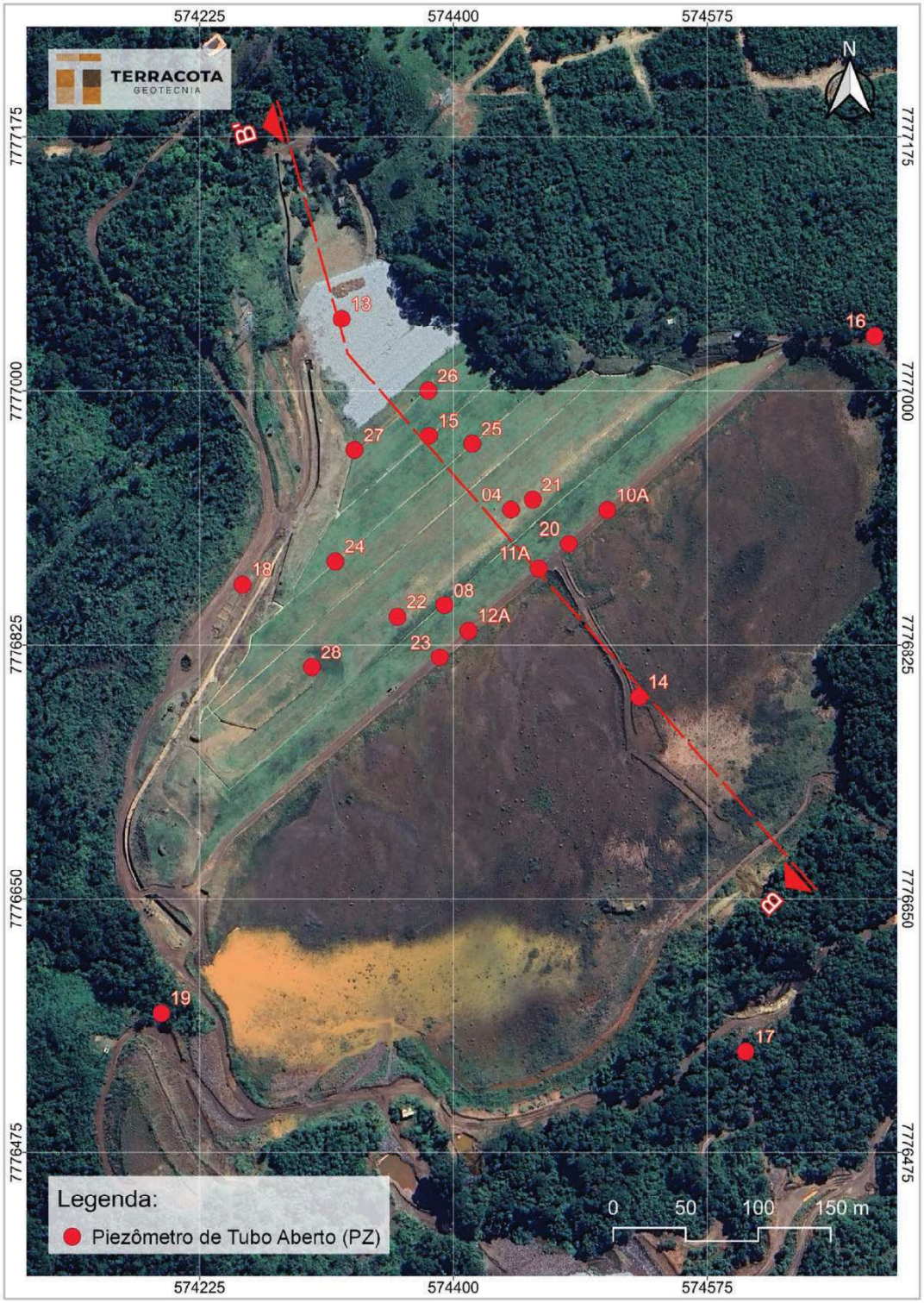


Figura 4. Localização dos PZ's – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

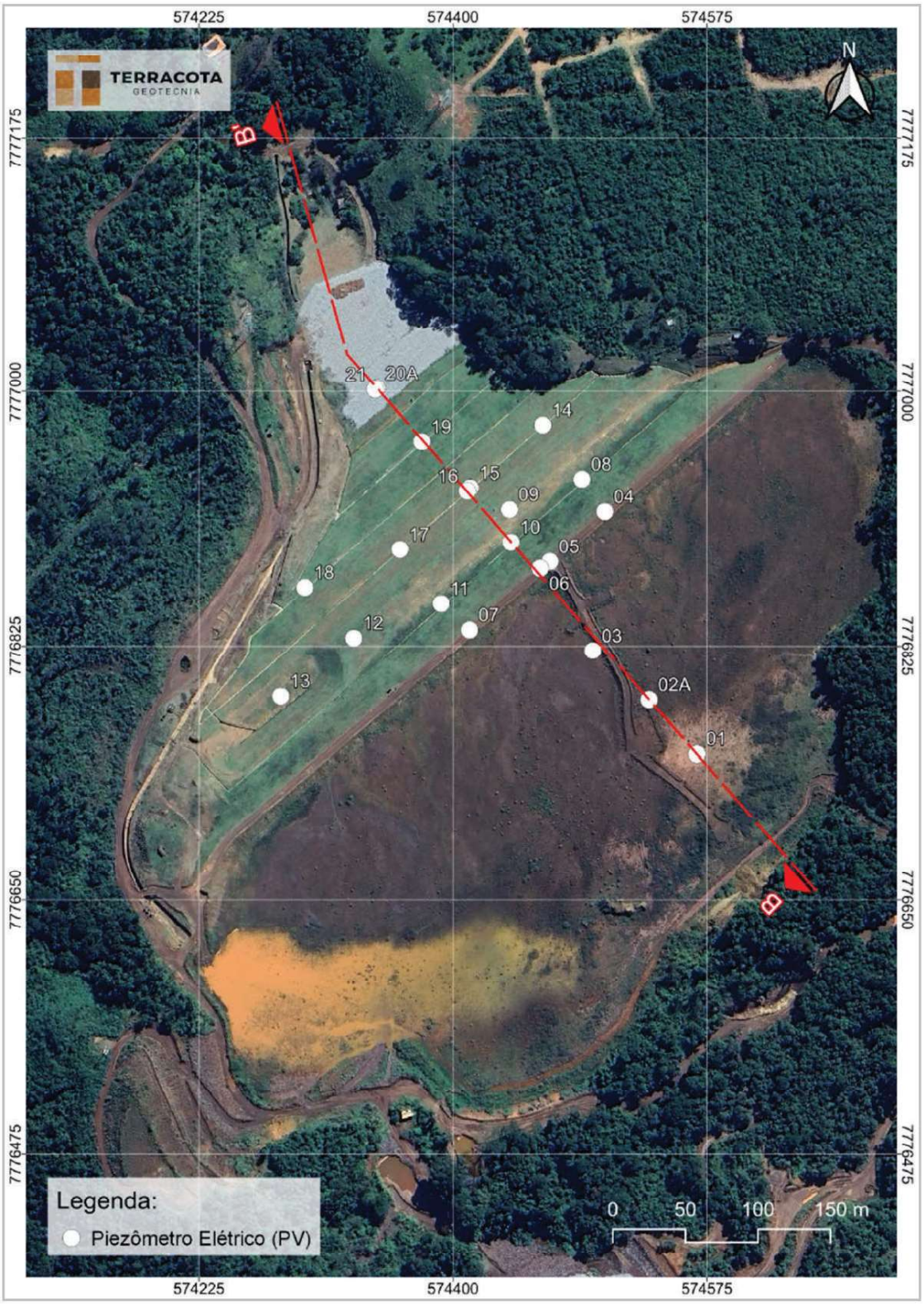


Figura 5. Localização dos Piezômetros Elétricos (PV's) - Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

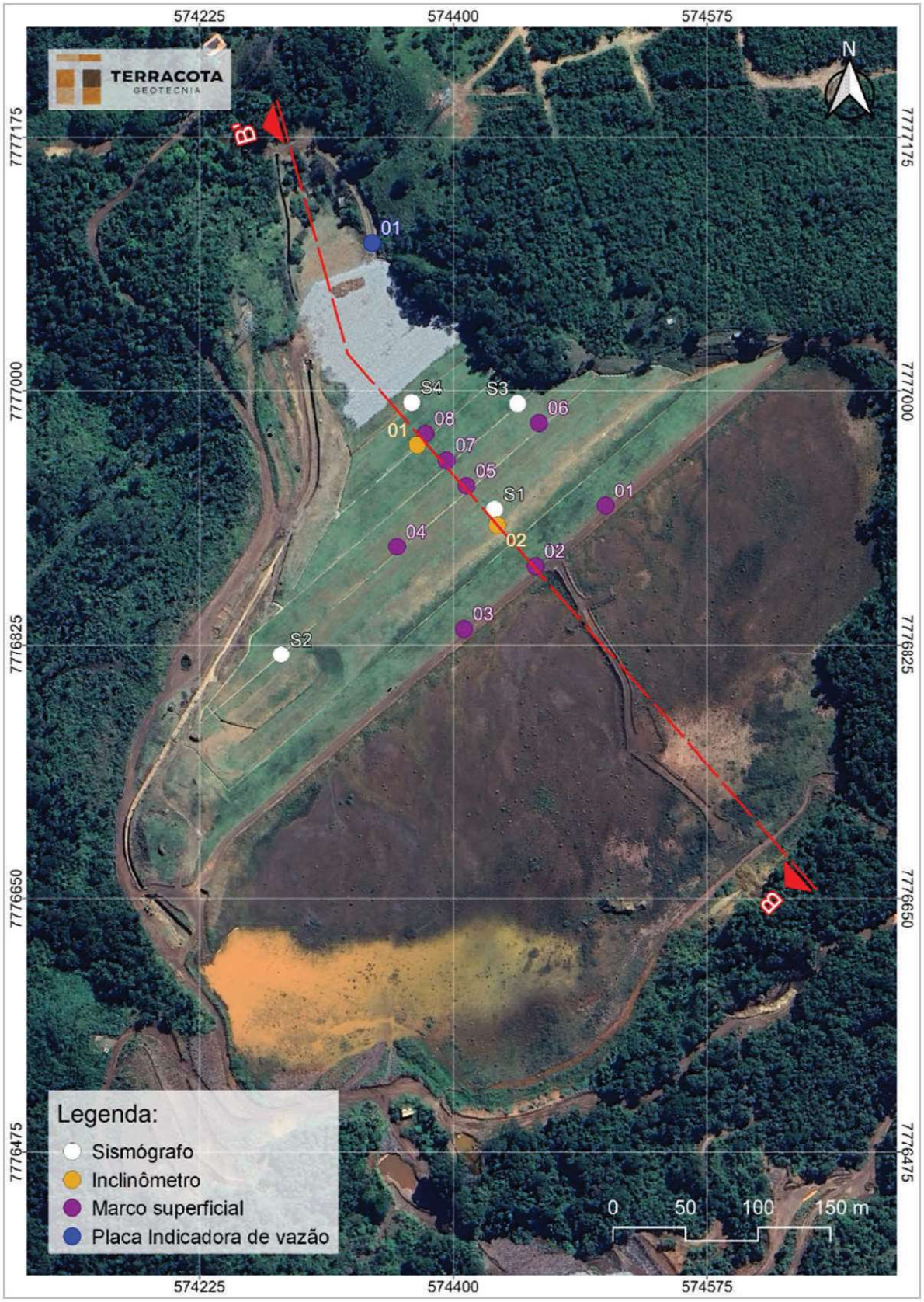


Figura 6. Localização dos Marcos Superficiais, Inclinômetros, Sismógrafos e Indicador de Vazão – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

Os instrumentos instalados na estrutura não apresentaram, no trimestre, leituras que atingissem os valores definidos como nível de gatilho da carta de risco.

Os prismas, que são lidos em tempo real pela estação robótica instalada a jusante da barragem,não registraram nenhuma alteração significativa frente as leituras anteriores. Na 1ª quinzena de maio, a leitura do inclinômetro apresenta faixa de valores habitual.

As análises de estabilidade, considerando as leituras da instrumentação do dia 24/07/2023, apresentaram fator de segurança superior ao mínimo definido por norma, para as condições drenada e não drenada de pico. Já para a condição não drenada liquefeita, as simulações resultaram em fator de segurança igual a 1,0, abaixo do exigido para iniciar obra dedescaracterização (FS ≥ 1,10).

Considerando as condições atuais do maciço da barragem verificadas durante a inspeção visual (31/07/2023), a análise dos dados de instrumentação e a atualização das análises de estabilidade, conclui-se que a condição de segurança geotécnica da barragem mostra-se satisfatória.

5.4 Alterações de projeto

O projeto executivo de descaracterização, estava sendo elaborado pela projetista Statum Geotecnia, passando, no segundo semestre de 2022 por mudança de projetista. Desta forma, os projetos serão reelaborados pela empresa Terracota Geotecnia, que detém significativo e diferenciado conhecimento histórico das estruturas, sendo a responsável pelas auditorias e pelo contrato do Engenheiro de Registro (EdR) da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

O projeto executivo, em elaboração pela Terracota Geotecnia, tem previsão de conclusão no segundo semestre de 2023.

Leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização.

A ser abordado no projeto.

Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para descaracterização da barragem

Deve ser atendido durante as obras, após iniciadas.

Cronograma

A ser abordado no projeto e complementado, à medida que este for sendo implantado.

Estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização

A ser abordado no projeto e complementado à medida que este for sendo implantado.

5.5 Ações e obras preparatórias

Não Aplicável. O projeto de descaracterização tem previsão de conclusão no segundo semestre de 2023 e, desta forma, ainda não ocorreram ações preparatórias no período.

5.6 Riscos geológicos-geotécnicos associados à descaracterização

De acordo com o documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.524 (Estudo de viabilidade da alternativa de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico), para definição da condição do terreno de fundação na área de implantação do reforço e das obras de descaracterização a jusante, deverá ser emitido plano de investigação, na próxima fase de projeto (conceitual), após aprovação do estudo de viabilidade.

Deverá também ser emitido na próxima fase de projeto, programa de instrumentação de controle, bem como concepção de solução para adequação dos instrumentos existentes que sofrerem interferência com as obras de descaracterização.

5.7 Aspectos ambientais e obras

Não Aplicável. O projeto de descaracterização tem previsão de conclusão no segundo semestre e, desta forma, as obras ainda não foram iniciadas.

Inicialmente foram levantados os aspectos ambientais, considerando as principais atividades com potencial poluidor das futuras obras:

- Limpeza e Supressão vegetal;
- Obras de corte e aterro (retaludamentos);
- Adequação da drenagem superficial (alteração na dinâmica hídrica);

- Abertura e/ou adequação de acessos;
- Remoção de interferências (demolições);
- Escavação do reservatório e barramento;
- Carregamento e transporte interno dos materiais escavados;
- Adequação do sistema extravasor concomitante a escavação.

6. Considerações finais

A defasagem de informações relativas ao projeto executivo de descaracterização da barragem B1 Auxiliar compromete o fluxo de informações necessárias para embasar o relatório trimestral de acompanhamento de obras. Ainda assim, pode-se destacar que:

1. A concepção do projeto de descaracterização da Barragem B1 Auxiliar está apoiada na implantação de paramento pétreo e envelopamento da estrutura;
2. Diferentemente da Barragem B1 Ipê, que apresentou divergência temporal entre a construção do reforço e sua inserção no conceito do projeto executivo de descaracterização, a etapa 1 da descaracterização (reforço pétreo) estará contemplada no projeto executivo de descaracterização;
3. Ainda não há um cronograma formal com a discretização das etapas da descaracterização, o que inviabiliza o acompanhamento do percentual de avanço da obra com relação a Curva S, bem como o cumprimento das ações previstas.

O projeto de descaracterização da barragem B1 Auxiliar será o último a ser concluído de forma integral pela TERRACOTA GEOTECNIA.

7. Equipe Técnica

Empresa responsável por este relatório		
Razão social:	Geoprime Engenharia e Meio Ambiente Ltda.	Tel.: + (55) (21) 3417-6786
CNPJ:	05.968.895/0001-76	
Site: http://www.geoprime.com.br Estrada do Guanumbi, 685 - Freguesia – Jacarepaguá Rio de Janeiro - RJ - CEP 22745-200		

Equipe que participou da elaboração deste documento e reponsabiliza-se tecnicamente por suas respectivas áreas		
Técnico	**Área de Atuação**	**Responsabilidade no projeto**
Mariângela Sucena	Geóloga-Mineração	Elaboração
João Prado	Geólogo-Mineração	Coordenação / Revisão

8. Anexos

- Anotação de Responsabilidade técnica (ART) – Elaboração de Relatório

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232331990

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

MARIANGELA MAZZEI SUCENA
Título profissional: **GEÓLOGA**
RNP: **2000351409**
Registro: **RJ2006149056D MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Morro do Ipê Mineração S/A**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA FERNÃO DIAS
Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520**
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **MMI-GSU-002350**
Celebrado em: **05/05/2021**
Valor: **R$ 5.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA FERNÃO DIAS
Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520**
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**
Data de Início: **26/05/2023**
Previsão de término: **27/05/2024**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade:
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **Morro do Ipê Mineração S/A**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração 29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração dos relatórios técnicos de acompanhamento da descaracterização das barragens de rejeitos de mineração denominada B1 Auxiliar ? Mina Tico-Tico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.750) e B2 Mina Tico-Tico(documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.751), atendendo aos itens 3.1, 3.3 e 3.4, Cláusula III do Termo de Compromisso - TC (MPMG,SEMAD/FEAM, ANM), que determina a apresentação pela compromissária, Mineração Morro do Ipê S/A, de relatórios trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SINGEO-MG - Sindicato dos Geólogos no Estado de Minas Gerais

MARIANGELA MAZZEI SUCENA:01127465783
Assinado de forma digital por MARIANGELA MAZZEI SUCENA:01127465783
Dados: 2023.08.28 23:44:17 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

MARIANGELA MAZZEI SUCENA - CPF: 011.274.657-83

_____, _____ de _____ de _____
Local data

Morro do Ipê Mineração S/A - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.
* O comprovante de pagamento deverá ser apensado para comprovação de quitação

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: 2AWW2
Impresso em: 28/08/2023 às 23:37:48 por: , ip: 170.82.175.13

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 0800 031 2732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

- Anotação de Responsabilidade técnica (ART) – EdR B1 Auxiliar

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20221553989

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA BR-381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **CCT000657**
Celebrado em: **14/07/2022**
Valor: **R$ 1.635.169,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520
Nº: **00**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **IGARAPÉ**
UF: **MG**
CEP: **32900000**
Data de Início: **01/07/2022**
Previsão de término: **01/07/2023**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **OUTROS**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

8 - Consultoria	Quantidade	Unidade
8 - Auditoria > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un
63 - Inspeção > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un
40 - Estudo > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ENGENHARIA DE REGISTRO (EdR) DAS BARRAGENS: B1 AUXILIAR - MINA TICO-TICO, B2 - MINA TICO-TICO E B1 - MINA IPÊ, EM ATENDIMENTO À RESOLUÇÃO 95/2022 DA ANM.

6. Declarações

- A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: WDCcz
Impresso em: 21/10/2022 às 15:34:04 por: , ip: 201.19.166.176

www.crea-mg.org.br crea-mg@crea-mg.org.br
Tel: 0312732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

- Assinaturas

Responsável técnico pelo projeto:

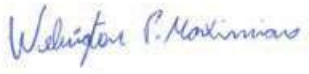


Elias Josafá Cota
Engenheiro Civil - CREA-MG 1403750408

Responsável técnico pelo acompanhamento das obras:

Não aplicável. Obras não iniciadas.

Responsável técnico da barragem



Welington Pereira Maximiano
Engenheiro Civil - CREA-MG 1411469151

Responsáveis pelo relatório técnico no período avaliado:



Mariângela Mazzei Sucena
Geóloga - CREA-MG 2000351409

GEOPRIME ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA.

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
GEO-RE-MMI-106-01

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.698

RELATÓRIO TÉCNICO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DA DESCARACTERIZAÇÃO – BARRAGEM B1 AUXILIAR – MINA TICO-TICO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00	01				Rev doc	00	01				Rev doc						Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X	X				26						51						76					
2	X	X				27						52						77					
3	X	X				28						53						78					
4	X	X				29						54						79					
5	X	X				30						55						80					
6	X	X				31						56						81					
7	X	X				32						57						82					
8	X	X				33						58						83					
9	X	X				34						59						84					
10	X	X				35						60						85					
11	X	X				36						61						86					
12	X	X				37						62						87					
13	X	X				38						63						88					
14	X	X				39						64						89					
15	X	X				40						65						90					
16	X	X				41						66						91					
17	X	X				42						67						92					
18	X	X				43						68						93					
19	X	X				44						69						94					
20	X	X				45						70						95					
21	X	X				46						71						96					
22						47						72						97					
23						48						73						98					
24						49						74						99					
25						50						75						100					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	PARA COMENTÁRIOS
01	I	APROVADO

TIPO DE EMISSÃO					
(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO			

	REV. 00	REV.01	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	28/05/2023	29/05/2023					
EXECUTADO	MMS	MMS					
VERIFICADO	JAP	JAP					
APROVADO	RPT/WPM	RPT/WPM					

SUMÁRIO

1. Introdução 3
2. Objetivos e escopo 3
3. Localização 4
4. Características de acordo com ANM-FEAM 5
5. Projeto de descaracterização 14
5.1 Concepção 14
5.2 Premissas e critérios geológico-geotécnicos 14
5.2.1 Estudos de sismicidade local 15
5.3 Alterações de projeto 16
5.4 Ações e obras preparatórias 17
5.5 Riscos geológicos-geotécnicos associados à descaracterização 17
5.6 Aspectos ambientais e obras 17
6. Considerações finais 18
7. Equipe Técnica 19
8. Anexos 20

1. Introdução

A Mineração Morro do Ipê (MMI) possui três barragens (ou estruturas de contenção de rejeitos de mineração) com alteamentos à montante que se encontram inativas e serão descaracterizadas nos próximos anos: i) B1 Ipê, na vertente Brumadinho; ii) B2 Tico-Tico, e iii) B1 Auxiliar, ambas na vertente Igarapé (Figura 1).

De acordo com o item 3.1 do Termo de Compromisso (TC) firmado com o Ministério Público (MP) do Estado de Minas Gerais, Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), "*...a Mineração Morro do Ipê tem o compromisso de apresentar relatórios técnicos trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização*". Embora dúbio, entende-se "andamento de obras", além do seu sentido literal, como o processo de preparação para a descaracterização *strictu sensu*, o que inclui quaisquer intervenções diretas e indiretas no barramento e estruturas relacionadas, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

Desta forma, o intuito deste relatório, elaborado em conjunto com a GEOPRIME ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, é de ser um descritivo das medidas executadas para a descaracterização da referida estrutura, no último trimestre, e de acordo com o Termo de Referencia (TR), para acompanhamento do processo de descaracterização de barragens alteadas a montante, no estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

A empresa Terracota Geotecnia foi contratada, no segundo semestre de 2022, para a elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico, em substituição à anterior projetista contratada, Statum Geotecnia. Desta forma, foi concluído em 11/10/2022, o estudo de viabilidade da alternativa de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.524).

2. Objetivos e escopo

O presente relatório objetiva compilar e descrever as ações e etapas decorrentes dos projetos de descaracterização da barragem B1 Auxiliar, vertente Igarapé, incluindo as atividades realizadas no trimestre fevereiro-março-abril de 2023, o percentual de avanço no processo de descaracterização e o cumprimento das ações previstas.

3. Localização

A Barragem B1 Auxiliar, Mina Tico-Tico, localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Brumadinho-MG, em torno das coordenadas UTM (SIRGAS2000) 572.390 E e 7.775.120 N, próximo do alto da Serra das Farofas. A estrutura situa-se a jusante da Barragem B2 – Mina Tico-Tico (B2TT) e a montante da estrutura descaracterizada da Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico (B1 Tico-Tico). O acesso é realizado pelo trevo imediatamente após o km 520 da rodovia Fernão Dias (BR-381), margem direita no sentido sul (BH-SP). Na Figura 1 é apresentada a localização da barragem.

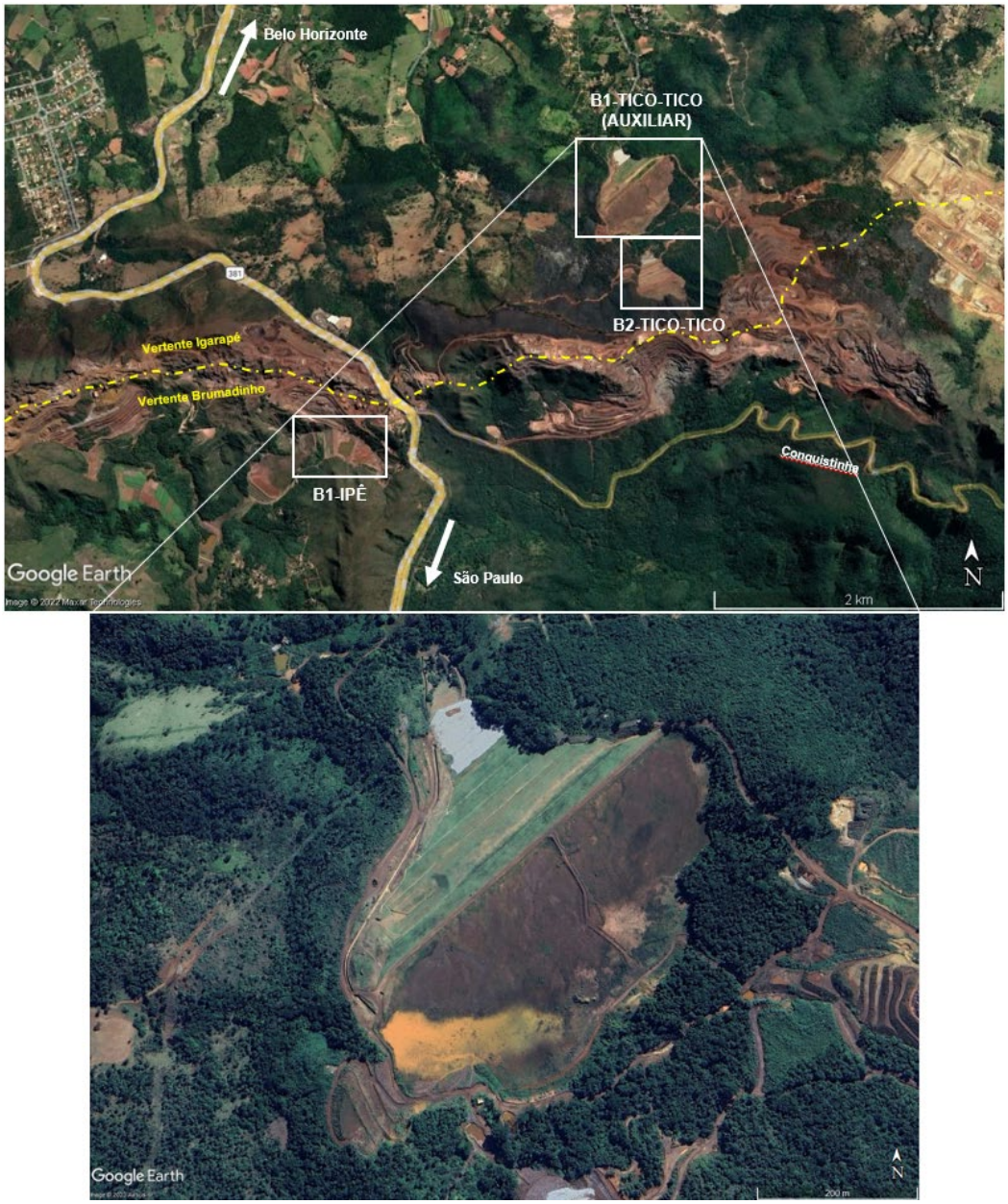


Figura 1. Localização das barragens i) B1 Ipê, na vertente Brumadinho; ii) B2 Tico-Tico, e iii) B1 Auxiliar, ambas na vertente Igarapé. Destaque na barragem B1 Auxiliar, na vertente Igarapé, à leste da BR-381. Coordenadas: E 574450m, N 7776862m. Datum Sirgas 2000.

4. Características de acordo com ANM-FEAM

As principais características registradas da Barragem B1 Auxiliar, mina Tico-Tico são apresentadas na Tabela 1 e seguintes subintens.

Tabela 1 Dados gerais da barragem B1 Auxiliar.

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'12.700" Longitude: -44°17'17.500"
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	2007
Ano de Início de Operação	2007
Ano de Término de Operação	2019
Ano de Término de Descaracterização	Sem previsão
Situação (status) de operação atual da barragem	Inativa
Volume Total = Reservatório + maciços (m³)	4.258.447 (*)
Capacidade total do reservatório (m³)	3.116.656 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	2.659.653 (*)
Área do reservatório (m²)	139.000
Elevação do coroamento (m)	1.011,0
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	930,0
Altura atual da barragem (m)	81,0
Extensão do coroamento (m)	570,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, mínimo de 3,0
Alteamentos realizados e seus respectivos métodos empregados	Alteamentos a jusante e a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6º)
Inclinação talude de montante	2,0(H):1(V) (32º)
Elevação do NA normal do reservatório (m)	1.009,40
Nível d'água máximo maximorum (TR 1.000 anos) (m)	1.010,08
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.010,40
Borda livre mínima (TR 1.000 anos) (m)	0,92
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,60
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	11,57
Capacidade de descarga do vertedouro (m³/s)	22,00
Área da bacia de contribuição (km²)	1,023

(*) Volumes obtidos da análise e interpretação dos levantamentos topográficos de "As Built" das diversas etapas construtivas e do levantamento de ocupação atual do reservatório (IPE.OP.DF.8000.GT.20.008.A_R1.dwg).

I. Nome da barragem e da mina, conforme bancos de dados da Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam e da Agência Nacional de Mineração – ANM: *Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.*

II. Coordenadas geográficas do ponto central da barragem antes do início das obras de descaracterização, referenciadas no Datum SIRGAS-2000: *Latitude -20°06'12.700"/Longitude -44°17'17.500"*

III. Matriz de classificação, com base nos critérios estabelecidos nos Anexos I a IV do Decreto 48.140, de 25 de fevereiro de 2021:

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração, segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico foi classificada, no âmbito da elaboração deste relatório, com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em Classe B, conforme demonstrado a seguir.

Quadro 1. Categoria de Risco da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.469 – RTESB, Agosto de 2022.

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**19**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Quadro 2. Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.469 – RTESB, Agosto de 2022.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Sócio-Econômico	5
PONTUAÇÃO TOTAL (DPA)		**23**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Quadro 3. Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.469 – RTESB, Agosto de 2022.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Quadro 4. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.469 – RTESB, Agosto de 2022.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Quadro 5. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.469 – RTESB, Agosto de 2022.

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Quadro 6. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.469 – RTESB, Agosto de 2022.

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PSB				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	
PS = Σ (j até n) = 0				

Quadro 7. Matriz de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.469 – RTESB, Agosto de 2022.

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	**ALTO (Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
DPA = Σ (a até d) = 23			

IV. Identificação do Empreendimento:

- Mina Ipê

  Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.
  CNPJ: 22.902.554/0001-17
  Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº
  Brumadinho – MG – 35460-000
  Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315

E-mail: casaipe@ipemineração.com

- Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome: Cristiano Monteiro Parreiras
CPF: 030.102.416-23
Formação: Advogado
Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone: (31) 99194-8589
E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

V. Identificação do empreendedor e do representante legal para contato:

- Identificação do Empreendedor

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ: 22.902.554/0001-17
Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº
Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail: casaipe@ipemineração.com

- Identificação do Representante Legal do Empreendedor

Nome: Cristiano Monteiro Parreiras
CPF: 030.102.416-23
Formação: Advogado
Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone: (31) 99194-8589
E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

VI. Identificação do responsável técnico pela barragem

- Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome: Welington Pereira Maximiano
Formação: Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional: 1411469151 (CREA-MG)
Cargo: Coordenador de Geotecnia
Telefone: (31) 3614-1840
E-mail: welington.maximiano@ipemineracao.com

VII. Identificação da equipe técnica responsável pelos projetos de descaracterização:

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil/Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Coordenador do Projeto
Registro Profissional: CREA-MG 1403750408

Nome: André Lins Machado Coelho
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos
Registro Nacional Profissional: CREA-MG 1404481770

Nome: Guilherme Pereira Pinto
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos
Registro Profissional: CREA-MG 2014352674

Nome: Mauro Verassani
Formação: Engenheiro Hidrólogo
Responsabilidade no Estudo: Estudos Hidráulicos
Registro Profissional: CREA-MG 1406671720

Nome: Guilherme de Freitas Roriz Lima
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Edição do Relatório
Registro Profissional: CREA-MG 1015708625

VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.

Não Aplicável. A descaracterização encontra-se em fase de conclusão e aprovação de projeto.

5. Projeto de descaracterização

5.1 Concepção

A Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico já possui reforço de enrocamento que será ampliado no decorrer do ano de 2023, visando a preparação para um processo de descaracterização mais seguro quanto possível.

Deverá ser realizado um reforço inicial da estrutura (Etapa 1 de reforço), de modo a adequar o fator de segurança da estrutura à condições não drenadas e permitir o início das obras de descaracterização, além de adequação do sistema extravasor, de forma a garantir a segurança hidráulica da estrutura, em função de impacto na região atual de parte do vertedouro.

Deve-se destacar que a etapa 1 deve ser incorporada previamente ao projeto de descaracterização, visando a convergência conceitual entre reforço e projeto final.

5.2 Premissas e critérios geológico-geotécnicos

Abaixo, são elencadas as premissas a serem adotadas pela equipe técnica responsável pelo projeto:

- Relocação do trecho final do sistema extravasor para a região não ocupada pela obra de reforço inicial;
- Execução de sondagens nos locais de avanço do projeto de descaracterização, de forma a definir o material de fundação das obras, conforme campanha de investigação a ser emitida na próxima fase de projeto (conceitual);
- Prolongamento de instrumentação de controle que venha a ser impactada pela execução do reforço inicial, conforme avaliação a ser realizada na próxima fase de projeto (conceitual);
- Cabe à MMI a obtenção de licenciamento ambiental nas áreas vegetadas afetadas pelo projeto;
- A geometria do reforço inicial (Etapa 1) foi definida, considerando condições críticas, desde a elevação de superfície freática até o contato da estrutura atual com o reforço, até a condição de mobilização de carregamento não drenado, considerando para tal: razão de resistência não drenada de pico, razão de resistência não drenada de pico mais ocorrência de carregamento sísmico e razão de resistência não drenada residual (liquefeita);
- A vazão de projeto, utilizada como referência para a adequação do vertedouro, possui o mesmo valor encontrado na Revisão Periódica de Segurança da Barragem, considerando um TR de 10.000 anos (9,31 m³/s);
- O dimensionamento dos trechos de adequação do sistema extravasor será feito considerando-se o escoamento em regime uniforme, através da equação de manning para trechos lisos e preferencialmente em skimming flow para trechos em degraus;
- A validação do dimensionamento será feita a partir de simulação hidrodinâmica no modelo HEC-RAS 6.2; e
- Para o dimensionamento do canal, será considerada uma borda livre mínima igual a 30%da profundidade do escoamento.

5.2.1 Estudos de sismicidade local

Como estudo sísmico, foi utilizado como referência o artigo Reservoir Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment publicado por (Barros Et. al, 2018), no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos, conforme Figura 2.

Pela localização da barragem foi definido um PGA igual a 0,15g. Nas análises da barragem foi utilizado ½ PGA de acordo com recomendação CDA (Griffin e Franklin, Julho, 1984). Este

carregamento, de ah = 0,075g na horizontal, corresponde a uma intensidade VI na escala Mercalli Modificada ou magnitude equivalente entre 5.0 e 6.0 na escala Richter. Para a aceleração vertical adota-se o valor de 60% da aceleração horizontal, sendo av = 0,045 g, proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003).

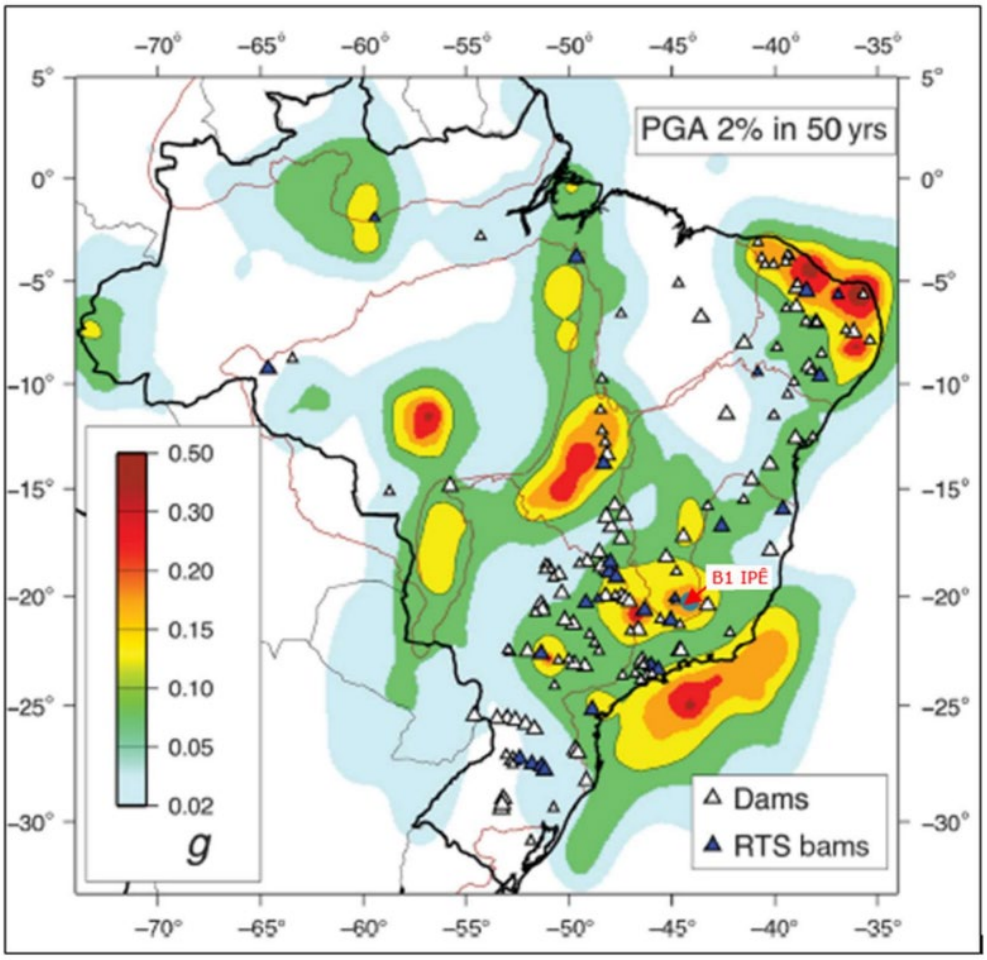


Figura 2. – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Barros Et al., 2018).

5.3 Alterações de projeto

O projeto executivo de descaracterização, estava sendo elaborado pela projetista Statum Geotecnia, passando, no segundo semestre de 2022 por mudança de projetista. Desta forma, os projetos serão reelaborados pela empresa Terracota Geotecnia, que detém significativo e diferenciado conhecimento histórico das estruturas, sendo a responsável pelas auditorias e pelo contrato do Engenheiro de Registro (EdR) da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

O projeto executivo, em elaboração pela Terracota Geotecnia, encontra-se em fase final de elaboração.

5.4 Ações e obras preparatórias

Não Aplicável. O projeto de descaracterização tem previsão encontra-se em fase final de elaboração e, desta forma, ainda não ocorreram ações preparatórias no período.

5.5 Riscos geológicos-geotécnicos associados à descaracterização

De acordo com o documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.524 (Estudo de viabilidade da alternativa de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico), para definição da condição do terreno de fundação na área de implantação do reforço e das obras de descaracterização a jusante, deverá ser emitido plano de investigação, na próxima fase de projeto (conceitual), após aprovação do estudo de viabilidade.

Deverá também ser emitido na próxima fase de projeto (conceitual), programa de instrumentação de controle, bem como concepção de solução para adequação dos instrumentos existentes que sofrerem interferência com as obras de descaracterização.

5.6 Aspectos ambientais e obras

Não Aplicável. O projeto de descaracterização encontra-se em fase final de elaboração e, desta forma, as obras ainda não foram iniciadas.

Inicialmente foram levantados os aspectos ambientais, considerando as principais atividades com potencial poluidor das futuras obras:

- Limpeza e Supressão vegetal;
- Obras de corte e aterro (retaludamentos);
- Adequação da drenagem superficial (alteração na dinâmica hídrica);
- Abertura e/ou adequação de acessos;
- Remoção de interferências (demolições);
- Escavação do reservatório e barramento;

- Carregamento e transporte interno dos materiais escavados;
- Adequação do sistema extravasor concomitante a escavação.

6. Considerações finais

A defasagem de informações relativas ao projeto executivo de descaracterização da barragem B1 Auxiliar compromete o fluxo de informações necessárias para embasar o relatório trimestral de acompanhamento de obras. Ainda assim, pode-se destacar que:

1. A concepção do projeto de descaracterização da Barragem B1 Auxiliar está apoiada na implantação de paramento pétreo e envelopamento da estrutura;
2. Diferentemente da Barragem B1 Ipê, que apresentou divergência temporal entre a construção do reforço e sua inserção no conceito do projeto executivo de descaracterização, a etapa 1 da descaracterização (reforço pétreo) estará contemplada no projeto executivo de descaracterização;
3. Ainda não há um cronograma formal com a discretização das etapas da descaracterização, o que inviabiliza o acompanhamento do percentual de avanço da obra com relação a Curva S, bem como o cumprimento das ações previstas.

O projeto de descaracterização da barragem B1 Auxiliar será o último a ser concluído de forma integral pela TERRACOTA GEOTECNIA.

7. Equipe Técnica

Empresa responsável por este relatório		
Razão social:	Geoprime Engenharia e Meio Ambiente Ltda.	Tel.: + (55) (21) 3417-6786
CNPJ:	05.968.895/0001-76	
Site: http://www.geoprime.com.br Estrada do Guanumbi, 685 - Freguesia – Jacarepaguá Rio de Janeiro - RJ - CEP 22745-200		

Equipe que participou da elaboração deste documento e reponsabiliza-se tecnicamente por suas respectivas áreas		
Técnico	**Área de Atuação**	**Responsabilidade no projeto**
Mariângela Sucena	Geóloga-Mineração	Elaboração
João Prado	Geólogo-Mineração	Coordenação / Revisão

8. Anexos

- Anotação de Responsabilidade técnica (ART) – Elaboração de Relatório

MOVIMENTAÇÃO DO PROCESSO (ANEXO)

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231873930

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

MARIANGELA MAZZEI SUCENA
Título profissional: **GEÓLOGA**
RNP: **2000351409**
Registro: **RJ2006149056D MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Morro do Ipê Mineração S/A** CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA FERNÃO DIAS Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520** Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO** UF: **MG** CEP: **35460000**

Contrato: **MMI-GSU-002350** Celebrado em:
Valor: **R$ 5.000,00** Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA FERNÃO DIAS Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520** Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO** UF: **MG** CEP: **35460000**
Data de Início: **27/02/2023** Previsão de término: **27/03/2023** Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: Código: **Não Especificado**
Proprietário: **Morro do Ipê Mineração S/A** CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização da barragem de rejeitos de mineração denominada B1 Auxiliar ? Mina Tico-Tico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.659), atendendo aos itens 3.1, 3.3 e 3.4, Cláusula III do Termo de Compromisso - TC (MPMG,SEMAD/FEAM, ANM), que determina a apresentação pela compromissária, Mineração Morro do Ipê S/A, de relatórios trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SINGEO-MG - Sindicato dos Geólogos no Estado de Minas Gerais

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: b69DW
Impresso em: 27/02/2023 às 18:47:55 por: , ip: 200.25.56.70

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 031 2732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

- Anotação de Responsabilidade técnica (ART) – EdR B1 Auxiliar

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20221553989

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA BR-381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **CCT000657**
Celebrado em: **14/07/2022**
Valor: **R$ 1.635.169,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520
Nº: **00**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **IGARAPÉ**
UF: **MG**
CEP: **32900000**
Data de Início: **01/07/2022**
Previsão de término: **01/07/2023**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **OUTROS**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

8 - Consultoria	Quantidade	Unidade
8 - Auditoria > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un
63 - Inspeção > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un
40 - Estudo > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ENGENHARIA DE REGISTRO (EdR) DAS BARRAGENS: B1 AUXILIAR - MINA TICO-TICO, B2 - MINA TICO-TICO E B1 - MINA IPÊ, EM ATENDIMENTO À RESOLUÇÃO 95/2022 DA ANM.

6. Declarações

- A Resolução n° 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

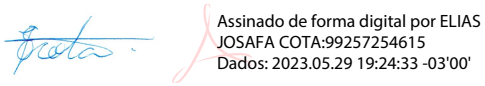
A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: WDCcz
Impresso em: 21/10/2022 às 15:34:04 por: , ip: 201.19.166.176

www.crea-mg.org.br crea-mg@crea-mg.org.br
Tel: 0312732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

- Assinaturas

Responsável técnico pelo projeto:

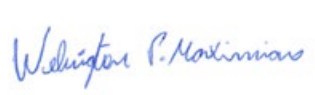


Elias Josafá Cota
Engenheiro Civil - CREA-MG 1403750408

Responsável técnico pelo acompanhamento das obras:

Não aplicável. Obras não iniciadas.

Responsável técnico da barragem



Welington Pereira Maximiano
Engenheiro Civil - CREA-MG 1411469151

Responsáveis pelo relatório técnico no período avaliado:



Mariângela Mazzei Sucena
Geóloga - CREA-MG 2000351409

GEOPRIME ENGENHARIA

E MEIO AMBIENTE LTDA.

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
GEO-RE-MMI-106-01

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.659

Relatório técnico trimestral de acompanhamento da descaracterização de Barragem de Rejeitos de Mineração – Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	A	1	2	3	4	5	6	7	Rev doc	A	1	2	3	4	5	6	7	Rev doc	A	1	2	3	4	5	6	7	Rev doc	A	1	2	3	4	5	6	7
Revisão da folha									Revisão da folha									Revisão da folha									Revisão da folha								
1	x	x							29									57									85								
2	x	x							30									58									86								
3	x	x							31									59									87								
4	x	x							32									60									88								
5	x	x							33									61									89								
6	x	x							34									62									90								
7	x	x							35									63									91								
8	x	x							36									64									92								
9	x	x							37									65									93								
10	x	x							38									66									94								
11	x	x							39									67									95								
12	x	x							40									68									96								
13	x	x							41									69									97								
14	x	x							42									70									98								
15	x	x							43									71									99								
16	x	x							44									72									100								
17	x	x							45									73									101								
18	x	x							46									74									102								
19	x	x							47									75									103								
20	x	x							48									76									104								
21									49									77									105								
22									50									78									106								
23									51									79									107								
24									52									80									108								
25									53									81									109								
26									54									82									110								
27									55									83									111								
28									56									84									112								

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
EI	AB	PRELIMINAR PARA COMENTÁRIOS
01	I	APROVADO
02		

TIPO DE EMISSÃO									
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO		(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO		(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO			
I	Emissão Inicial	Rev. 01						
DATA	23/02/23	28/02/23						
EXECUTADO	MMS	MMS						
VERIFICADO	JAP	JAP						
APROVADO								

SUMÁRIO:

1 – INTRODUÇÃO 3

1.1 – IDENTIFICAÇÃO 4
1.2 – PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO 13
1.3 – OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO E ASPECTOS AMBIENTAIS 15
1.4 – ASSINATURAS 15
1.5 – ANEXOS – ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA 16

2 – EQUIPE RESPONSÁVEL 20

1 – Introdução

Este documento foi elaborado pela empresa GEOPRIME ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA. e se trata do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização da barragem de rejeitos de mineração denominada B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico (Figura 1), bem como a metodologia que será utilizada nas obras de descaracterização da referida barragem, atendendo aos itens 3.1, 3.3 e 3.4, Cláusula III do Termo de Compromisso - TC, que determina a apresentação de relatórios trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

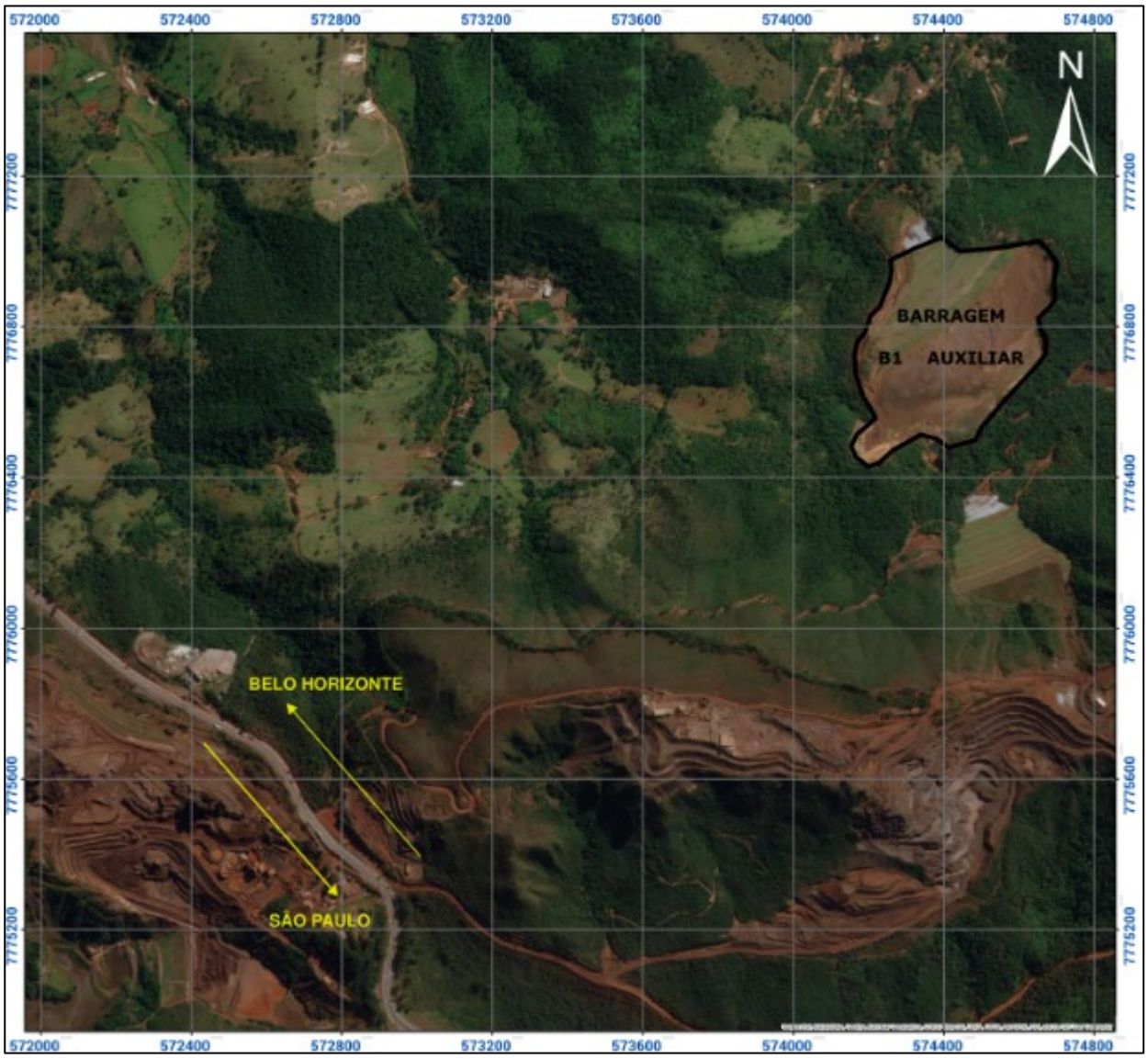


Figura 1 - Localização da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

Desta forma, o objetivo deste relatório é de ser um descritivo das medidas executadas para a descaracterização da referida estrutura, no último trimestre, e de acordo com o Termo de Referencia (TR), para acompanhamento do processo de descaracterização de barragens alteadas a montante, no estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Atualiza, que a empresa Terracota Geotecnia foi contratada, no segundo semestre de 2022, para a elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico, em substituição à anterior projetista contratada, Statum Geotecnia. Desta forma, foi concluído em 11/10/2022, o estudo de viabilidade da alternativa de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.524).

1.1 – Identificação

I. Nome da barragem e da mina, conforme bancos de dados da Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam e da Agência Nacional de Mineração – ANM:

Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

II. Coordenadas geográficas do ponto central da barragem antes do início das obras de descaracterização, referenciadas no Datum SIRGAS-2000:

Latitude -20°06'12.700"/Longitude -44°17'17.500"

III. Matriz de classificação, com base nos critérios estabelecidos nos Anexos I a IV do Decreto 48.140, de 25 de fevereiro de 2021:

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração, segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico foi classificada, no âmbito da elaboração deste relatório, com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em Classe B, conforme demonstrado a seguir.

Quadro 1 – Categoria de Risco da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.469 – RTESB, Agosto de 2022.

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**19**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Quadro 2 – Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.469 – RTESB, Agosto de 2022.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Sócio-Econômico	5
PONTUAÇÃO TOTAL (DPA)		**23**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Quadro 3 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.469 – RTESB, Agosto de 2022.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	B	C	E

Quadro 4 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.469 – RTESB, Agosto de 2022.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Quadro 5 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.469 – RTESB, Agosto de 2022.

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Quadro 6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.469 – RTESB, Agosto de 2022.

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PSB				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	
PS = Σ (j até n) = 0				

Quadro 7 – Matriz de Classificação Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.469 – RTESB, Agosto de 2022.

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	**ALTO (Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
DPA = Σ (a até d) = 23			

IV. Identificação do empreendimento:

Mina Tico-Tico

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.

CNPJ: 22.902.554/0001-17

Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº

Brumadinho – MG – 35460-000

Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315

E-mail: casaipe@ipemineração.com

Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome: Cristiano Monteiro Parreiras

CPF: 030.102.416-23

Formação: Advogado

Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos

Telefone: (31) 99194-8589

E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

V. Identificação do empreendedor e do representante legal para contato:

Identificação do Empreendedor

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.

CNPJ: 22.902.554/0001-17

Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº

Brumadinho – MG – 35460-000

Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315

E-mail: casaipe@ipemineração.com

Identificação do Representante Legal do Empreendedor

Nome: Cristiano Monteiro Parreiras

CPF: 030.102.416-23

Formação: Advogado

Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos

Telefone: (31) 99194-8589

E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

VI. Identificação do responsável técnico pela barragem:

Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome: Welington Pereira Maximiano

Formação: Engenheiro Civil

Registro Nacional Profissional: 1411469151 (CREA-MG)

Cargo: Coordenador de Geotecnia

Telefone: (31) 3614-1840

E-mail: welington.maximiano@ipemineracao.com

VII. Identificação da equipe técnica responsável pelos projetos de descaracterização:

Nome: Elias Josafá Cota

Formação: Engenheiro Civil/Geotécnico

Responsabilidade no Estudo: Coordenador do Projeto

Registro Profissional: CREA-MG 1403750408

Nome: André Lins Machado Coelho

Formação: Engenheiro Geotécnico

Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos

Registro Nacional Profissional: CREA-MG 1404481770

Nome: Guilherme Pereira Pinto

Formação: Engenheiro Geotécnico

Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos

Registro Profissional: CREA-MG 2014352674

Nome: Mauro Verassani

Formação: Engenheiro Hidrólogo

Responsabilidade no Estudo: Estudos Hidráulicos

Registro Profissional: CREA-MG 1406671720

Nome: Guilherme de Freitas Roriz Lima

Formação: Engenheiro Geotécnico

Responsabilidade no Estudo: Edição do Relatório

Registro Profissional: CREA-MG 1015708625

VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização:

Não Aplicável. A descaracterização encontra-se em fase de projeto.

1.2 – Projeto de Descaracterização

I. Descrição suscinta da concepção do projeto adotada para descaracterização da barragem:

A Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico já possui reforço de enrocamento que será ampliado no decorrer do ano de 2023, visando a preparação para um processo de descaracterização maisseguro quanto possível.

Deverá ser realizado um reforço inicial da estrutura (Etapa 1 de reforço), de modo a adequar o fator de segurança da estrutura à condições não drenadas e permitir o início das obras de descaracterização, além de adequação do sistema extravasor, de forma a garantir a segurança hidráulica da estrutura, em função de impacto na região atual de parte do vertedouro.

Critérios e Premissas de Projeto

Abaixo, são elencadas as premissas a serem adotadas pela equipe técnica responsável pelo projeto:

- Relocação do trecho final do sistema extravasor para a região não ocupada pela obra de reforço inicial;

- Execução de sondagens nos locais de avanço do projeto de descaracterização, de forma a definir o material de fundação das obras, conforme campanha de investigação a ser emitida na próxima fase de projeto (conceitual);

- Prolongamento de instrumentação de controle que venha a ser impactada pela execução do reforço inicial, conforme avaliação a ser realizada na próxima fase de projeto (conceitual);

- Cabe à MMI a obtenção de licenciamento ambiental nas áreas vegetadas afetadas pelo projeto;

- A geometria do reforço inicial (Etapa 1) foi definida, considerando condições críticas, desde a elevação de superfície freática até o contato da estrutura atual com o reforço, até a condição de mobilização de carregamento não drenado, considerando para tal: razão de resistência não drenada de pico, razão de resistência não drenada de pico mais ocorrência de carregamento sísmico e razão de resistência não drenada residual (liquefeita);

- A vazão de projeto, utilizada como referência para a adequação do vertedouro, possui o mesmo valor encontrado na Revisão Periódica de Segurança da Barragem, considerando um TR de 10.000 anos (9,31 m³/s);

- O dimensionamento dos trechos de adequação do sistema extravasor será feito considerando-se o escoamento em regime uniforme, através da equação de manning para trechos lisos e preferencialmente em skimming flow para trechos em degraus;

- A validação do dimensionamento será feita a partir de simulação hidrodinâmica no modelo HEC-RAS 6.2; e

- Para o dimensionamento do canal, será considerada uma borda livre mínima igual a 30%da profundidade do escoamento.

II. Alterações de projetos ocorridas no período de avaliação do relatório de acompanhamento, com respectivas justificativas:

O projeto executivo de descaracterização, estava sendo elaborado pela projetista Statum Geotecnia, passando, no segundo semestre de 2022 por mudança de projetista. Desta forma, os projetos serão reelaborados pela empresa Terracota Geotecnia, que detém significativo e diferenciado conhecimento histórico das estruturas, sendo a responsável pelas auditorias e pelo contrato do Engenheiro de Registro (EdR) da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

O projeto executivo, em elaboração pela Terracota Geotecnia, tem previsão de conclusão em 31/05/2023.

III. Ações e obras preparatórias realizadas no período:

Não Aplicável. O projeto de descaracterização tem previsão de conclusão em 31/05/2023 e, desta forma, ainda não ocorreram ações preparatórias no período.

IV. Descrição dos riscos geológico geotécnicos associados, especificamente, na implantação do Projeto de descaracterização:

De acordo com o documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.524 (Estudo de viabilidade da alternativa de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico), para definição da condição do terreno de fundação na área de implantação do reforço e das obras de descaracterização a jusante, deverá ser emitido plano de investigação, na próxima fase de projeto (conceitual), após aprovação do estudo de viabilidade.

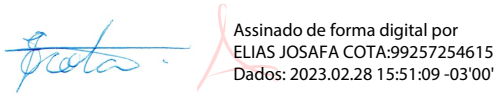
Deverá também ser emitido na próxima fase de projeto (conceitual), programa de instrumentação de controle, bem como concepção de solução para adequação dos instrumentos existentes que sofrerem interferência com as obras de descaracterização.

1.3 – Obras de Descaracterização e Aspectos Ambientais

Não Aplicável. O projeto de descaracterização tem previsão de conclusão em 31/05/2023 e, desta forma, as obras ainda não foram iniciadas.

1.4 – Assinaturas

Responsável técnico pelo projeto:



Elias Josafá Cota
Engenheiro Civil - CREA-MG 1403750408

Responsável técnico pelo acompanhamento das obras:

Não aplicável. Obras não iniciadas.

Responsável técnico pelas estruturas:



Welington Pereira Maximiano
Engenheiro Civil - CREA-MG 1411469151

Responsável pelo relatório técnico no período avaliado:



Mariângela Mazzei Sucena
Geóloga - CREA-MG 2000351409

1.5 – ANEXOS – ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

ART – Elaboração do Relatorio

MOVIMENTAÇÃO DO PROCESSO (ANEXO)

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231873930

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

MARIANGELA MAZZEI SUCENA
Título profissional: **GEÓLOGA**
RNP: **2000351409**
Registro: **RJ2006149056D MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Morro do Ipê Mineração S/A**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA FERNÃO DIAS
Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520**
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **MMI-GSU-002350**
Celebrado em:
Valor: **R$ 5.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA FERNÃO DIAS
Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520**
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**
Data de Início: **27/02/2023**
Previsão de término: **27/03/2023**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade:
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **Morro do Ipê Mineração S/A**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração 29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização da barragem de rejeitos de mineração denominada B1 Auxiliar ? Mina Tico-Tico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.659), atendendo aos itens 3.1, 3.3 e 3.4, Cláusula III do Termo de Compromisso - TC (MPMG,SEMAD/FEAM, ANM), que determina a apresentação pela compromissária, Mineração Morro do Ipê S/A, de relatórios trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- A Resolução n° 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SINGEO-MG - Sindicato dos Geólogos no Estado de Minas Gerais

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: b69DW
Impresso em: 27/02/2023 às 18:47:55 por: , ip: 200.25.56.70

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 031 2732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

MOVIMENTAÇÃO DO PROCESSO (ANEXO)

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231873930

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Brumadinho, 27 de Fevereiro de 2023
Local data

MARIANGELA MAZZEI SUCENA - CPF: 011.274.657-83

Morro do Ipê Mineração S/A - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 96,62** Registrada em: **27/02/2023** Valor pago: **R$ 96,62** Nosso Número: **8600969713**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: b69DW
Impresso em: 27/02/2023 às 18:47:56 por: , ip: 200.25.56.70

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 031 2732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

ART – EDR

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20221553989

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA BR-381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **CCT000657**
Celebrado em: **14/07/2022**
Valor: **R$ 1.635.169,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520
Nº: **00**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **IGARAPÉ**
UF: **MG**
CEP: **32900000**
Data de Início: **01/07/2022**
Previsão de término: **01/07/2023**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **OUTROS**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
8 - Consultoria		
8 - Auditoria > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un
63 - Inspeção > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un
40 - Estudo > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ENGENHARIA DE REGISTRO (EdR) DAS BARRAGENS: B1 AUXILIAR - MINA TICO-TICO, B2 - MINA TICO-TICO E B1 - MINA IPÊ, EM ATENDIMENTO À RESOLUÇÃO 95/2022 DA ANM.

6. Declarações

- A Resolução n° 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: WDCcz
Impresso em: 21/10/2022 às 15:34:04 por: , ip: 201.19.166.176

www.crea-mg.org.br crea-mg@crea-mg.org.br
Tel: 0312732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20221553989

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2022.10.21 15:40:05 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

BELO HORIZONTE, 21 de OUTUBRO de 2022
Local data

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Dados: 2022.12.23 21:41:56 -03'00'

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 233,94** Registrada em: **19/10/2022** Valor pago: **R$ 233,94** Nosso Número: **8599724439**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: WDCcz
Impresso em: 21/10/2022 às 15:34:05 por: , ip: 201.19.166.176

www.crea-mg.org.br crea-mg@crea-mg.org.br
Tel: 0312732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

2 – Equipe Responsável

Empresa responsável por este relatório		
Razão social:	Geoprime Engenharia e Meio Ambiente Ltda.	Tel.: + (55) (21) 3417-6786
CNPJ:	05.968.895/0001-76	
Site: http://www.geoprime.com.br Estrada do Guanumbi, 685 – Freguesia – Jacarepaguá Rio de Janeiro – RJ – CEP 22745-200		

Equipe que participou da elaboração deste documento e responsabiliza-se tecnicamente por suas respectivas áreas.		
Técnico	**Área de Atuação**	**Responsabilidade no projeto**
Mariângela Sucena	Geóloga-Mineração	Elaboração
João Prado	Geólogo-Mineração	Coordenação/Revisão



- FEVEREIRO DE 2025
  19_IPE.OP.RL.8000.GT.20.1132_r0_B2TT
  18_MG20232097039_ART Proj Exec Descaract B2TT (1)
  17_MG20253733461_ART_TRI_B2TTeB1AUX_assinado_MMI

- NOVEMBRO DE 2024
  16_IPE.OP.RL.8000.GT.20.1062_r0_B2TT
  15_MG20243525023_ART_TRI_B2TTeB1AUX

- AGOSTO DE 2024
  14_IPE.OP.RL.8000.GT.20.1025_r0_B2TT
  13_MG20232097039_ART Proj Exec Descaract B2TT
  12_MG20243273936_ART Trim mai jul_B2 e B1aux

- MAIO DE 2024
  11_IPE.OP.RL.8000.GT.20.961_r0
  10_MG20232097039_ART Proj Exec Descaract B2TT
  09_MG20243023009_ART B2 e B1aux

- FEVEREIRO DE 2024
  08_IPE.OP.RL.8000.GT.20.921_r1
  07_MG20242780617_ART B1Aux e B2TT_Assinada

- NOVEMBRO DE 2023
  06_IPE.OP.RL.8000.GT.20.786_r0_B2TT_NOV23
  05_MG20232097039_ART Proj Exec Descaract B2TT_NOV23
  04_MG20232563588_ART B1Aux e B2TT_NOV23

- AGOSTO DE 2023
  03_IPE.OP.RL.8000.GT.20.751_Trimestral_B2_AGO23

- MAIO DE 2023
  02_IPE.OP.RL.8000.GT.20.699_Trimestra_B2_TT_MAI23

- FEVEREIRO DE 2023
  01_IPE.OP_.RL_.8000.GT_.20.660_B2_TT_FEV23

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12825-R-BA-RL-35-GE_r0

FEVEREIRO 2025

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12825-R-BA-RL-35-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.1132

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00				
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X					26	X					51	X					76	X				
2	X					27	X					52	X					77	X				
3	X					28	X					53	X					78	X				
4	X					29	X					54	X					79	X				
5	X					30	X					55	X					80	X				
6	X					31	X					56	X					81	X				
7	X					32	X					57	X					82	X				
8	X					33	X					58	X					83	X				
9	X					34	X					59	X					84	X				
10	X					35	X					60	X					85	X				
11	X					36	X					61	X					86	X				
12	X					37	X					62	X					87	X				
13	X					38	X					63	X					88	X				
14	X					39	X					64	X					89	X				
15	X					40	X					65	X					90	X				
16	X					41	X					66	X					91	X				
17	X					42	X					67	X					92	X				
18	X					43	X					68	X					93	X				
19	X					44	X					69	X					94	X				
20	X					45	X					70	X					95	X				
21	X					46	X					71	X					96	X				
22	X					47	X					72	X					97	X				
23	X					48	X					73	X					98	X				
24	X					49	X					74	X					99	X				
25	X					50	X					75	X					100	X				

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	24/02/2025						
EXECUTADO	GFL						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12825-R-BA-RL-35-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.1132

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
101	X					126	X					151	X					176					
102	X					127	X					152	X					177					
103	X					128	X					153	X					178					
104	X					129	X					154	X					179					
105	X					130	X					155	X					180					
106	X					131	X					156	X					181					
107	X					132	X					157	X					182					
108	X					133	X					158	X					183					
109	X					134	X					159	X					184					
110	X					135	X					160						185					
111	X					136	X					161						186					
112	X					137	X					162						187					
113	X					138	X					163						188					
114	X					139	X					164						189					
115	X					140	X					165						190					
116	X					141	X					166						191					
117	X					142	X					167						192					
118	X					143	X					168						193					
119	X					144	X					169						194					
120	X					145	X					170						195					
121	X					146	X					171						196					
122	X					147	X					172						197					
123	X					148	X					173						198					
124	X					149	X					174						199					
125	X					150	X					175						200					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS.

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	24/02/2025						
EXECUTADO	GFL						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

SUMÁRIO

1. Introdução 5
2. Documentos de referência 6
3. Códigos e Normas 7
4. Ficha Técnica do Empreendimento 8
4.1 Identificação do Empreendedor 8
4.2 Identificação do Empreendimento 8
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 8
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 8
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 8
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.8 Responsável temporário pelo Acompanhamento das Obras de Descaracterização 9
4.9 Localização da Barragem 10
4.10 Função atual 10
4.11 Características Gerais 11
4.12 Classificação da Barragem 15
5. Projeto de Descaracterização 20
5.1 Descrição do Projeto 21
5.2 Alterações de Projeto 26
5.3 Riscos Geológicos-Geotécnicos 26
6. Obras de Descaracterização 36
6.1 Memorial Descritivo 37
6.1.1 Acompanhamento das Obras 37
6.1.2 Sequência Construtiva e Detalhamento das Obras Realizadas 37
6.1.2.1 Revestimento do reservatório com lona de Polietileno de Baixa Densidade . 38
6.1.2.2 Revestimento com manta cimentícia dos taludes do canal de conexão 39
6.1.2.3 Revestimento parcial do *sump* do reservatório com geomembrana de PEAD 40
6.1.2.4 Reparo no revestimento do reservatório em lona de PEBD 40
6.1.3 Anomalias Verificadas 41
6.1.3.1 Revestimento danificado devido ao tráfego de equipamentos 41
6.1.3.2 Acúmulo de água no *sump* do reservatório. 42
6.1.3.3 Ancoragem inadequada do revestimento do reservatório 43
6.1.3.4 Revestimento do reservatório sem o transpasse adequado 44
6.1.3.5 Pontos com falha de revestimento no reservatório e talude de montante ... 45
6.1.3.6 Presença de entulhos na crista e entorno da barragem (corrigido) 47
6.1.3.7 Erosão na face do talude do sump (proteção realizada) 47

6.1.3.8 Presença de material solto (geomembrana) na face do talude de jusante ... 48
6.1.3.9 Dispositivo de drenagem superficial da berma danificado (corrigido) 49
6.1.3.10 Erosão na face do talude de montante (proteção realizada) 49
6.1.3.11 Dispositivo de drenagem superficial da berma descalçado 50
6.1.4 Não Conformidades 50
6.1.5 Projeto 50
6.1.6 Levantamento Topográfico – Obras Executadas 53
6.1.7 Comparativo Projeto x Executado 55
6.2 Condição da Estrutura no Período Avaliado 60
6.2.1 Inspeções de Campo 61
6.2.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções 61
6.2.3 Instrumentação Instalada na Barragem 63
6.2.3.1 Leituras Instrumentação 76
6.2.4 Análise de Estabilidade 100
6.2.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações 102
6.2.4.2 Sismicidade do Local da Barragem 103
6.2.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática 109
6.2.4.4 Parâmetros de Resistência 111
6.2.4.5 Resultados 113
6.3 Controle do Nível Freático no Reservatório 133
6.4 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 134
6.4.1 Controle de Emissão de Materiais Particulados para a Atmosfera 135
6.4.2 Monitoramento da Qualidade do Ar 137
6.4.3 Controle de Emissão de Gases Poluentes 140
6.4.3.1 Controle das Emissões Geradas pelo Funcionamento de Motor a Diesel 140
6.4.3.2 Monitoramento de Fumaça Preta 140
6.4.4 Controle de Emissão de Ruídos Ambientais 141
6.4.5 Controle de Alteração da Dinâmica de Drenagem de Águas Pluviais 145
6.4.6 Monitoramento da Qualidade da Água 146
6.4.7 Gestão de Resíduos Sólidos 149
6.4.8 Supressão Vegetal – perda de Habitat para Fauna 150
6.5 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 151
6.6 Rotina de Monitoramento 153
6.7 Cronograma 154
7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 157
8. Assinaturas 158
9. Anexos 159

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B2 - Mina Tico-Tico**, referente ao trimestre compreendido entre Novembro/2024 e Janeiro/2025, elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B2 - Mina Tico-Tico, o qual foi emitido em maio de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1112 - Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico – Relatório Mensal de Acompanhamento Técnico de Obra – Janeiro de 2025. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Fevereiro/2025;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1104 - Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico – Relatório Mensal de Acompanhamento Técnico de Obra – Dezembro de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Janeiro/2025;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1090 - Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico – Relatório Mensal de Acompanhamento Técnico de Obra – Novembro de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Dezembro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.553_r3 – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1065 – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – Estudos Hidrológicos e Hidráulicos – El. 1.119,40. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1003_r1 - Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragens – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – FEAM – 2º Semestre de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Agosto/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.676_r2 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Abril/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.677_r2 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Especificações Técnicas Construtivas. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Abril/2024;
- IPE.OP.RL.8000.DE.20.708 a IPE.OP.RL.8000.DE.20.756, IPE.OP.DE.8000.GT.20.813, IPE.OP.DE.8000.GT.20.814, IPE.OP.DE.8000.GT.20.1011, IPE.OP.DE.8000.GT.20.1012, IPE.OP.DE.8000.GT.20.1013 e IPE.OP.DE.8000.GT.20.1026 - Barragem B2 – Mina Tico-Tico – Projeto Executivo de Descaracterização. Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. 2024.

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784/2019 - Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2024 – Estabelece os requisitos para elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos gerados por erosão e reserva de água.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

4.8 Responsável temporário pelo Acompanhamento das Obras de Descaracterização

Nome: Welington Pereira Maximiano
Formação: Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional: 1411469151 (CREA-MG)
Cargo: Coordenador de Geotecnia
Telefone: (31) 3614-1840
E-mail: welington.maximiano@ipemineracao.com

4.9 Localização da Barragem

A Barragem B2 – Mina Tico-Tico localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Igarapé-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 574.570m E e 7.776.150m N à montante da estrutura descaracterizada da Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico e da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

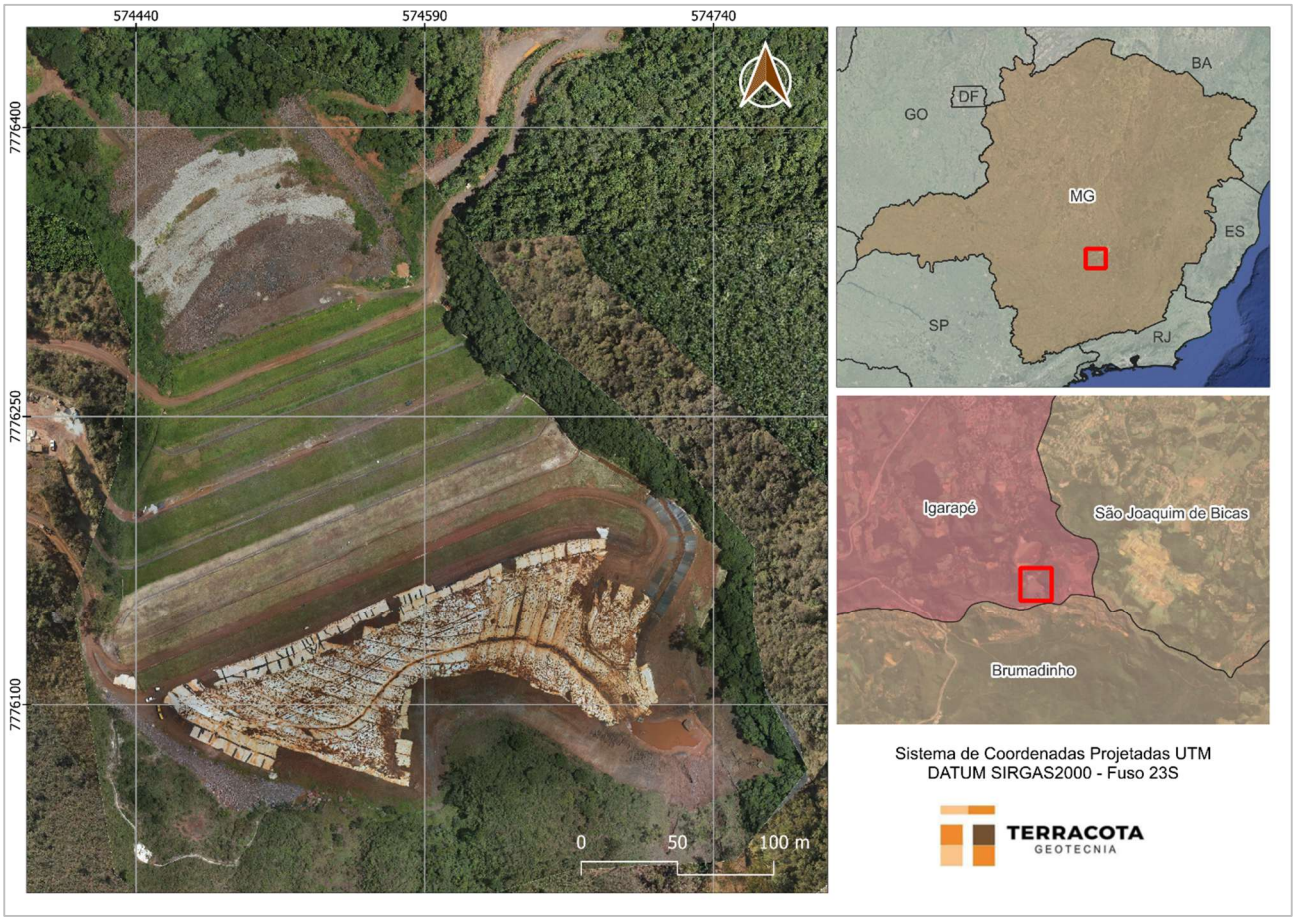


Figura 4.1 – Localização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

4.10 Função atual

As funções da barragem englobaram: a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte, conforme amostragem e ensaios de solubilização e de lixiviação realizados pela empresa Terra Consultoria e Análises Ambientais Ltda. e apresentados nos Relatórios de Ensaios nº 8062/2021, 8070/2021 e 8078/2021.

O lançamento de rejeitos na barragem foi encerrado no ano de 2007, estando a barragem na condição descomissionada e desativada, conforme definição da Resolução ANM 95/2022, Art. 2º VIII.a e IX e definição do Art. 1º do Decreto 48.140/2021.

4.11 Características Gerais

A Barragem B2 – Mina Tico-Tico foi construída em 12 etapas, sendo o maciço inicial e onze alteamentos a montante até a elevação final 1.127,00 m. Com o avanço das obras de descaracterização, foi realizada a remoção do 11º alteamento e de parte do 10º alteamento, dessa forma a crista da estrutura se encontra entre as elevações 1.119,40 m e 1.125,00 m.

Devido ao fato de a barragem ter sido construída e operada entre os anos de 1990 e 2006 não foram encontrados documentos relacionados às obras de construção inicial e das etapas de alteamento da barragem tais como registros fotográficos, ensaios dos materiais, controle de compactação do aterro e os documentos "como construído" das diversas etapas de operação da barragem.

A Tabela 4.1 abaixo apresenta a relação das etapas construtivas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Tabela 4.1 – Etapas construtivas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Etapa	Elevação Atual Aproximada (m)
Dique de Partida	1.060,0
1º Alteamento	1.069,0
2º Alteamento	1.076,0
3º Alteamento	1.079,0
4º Alteamento	1.084,3
5º Alteamento	1.093,5
6º Alteamento	1.102,5
7º Alteamento	1.109,0
8º Alteamento	1.115,0
9º Alteamento	1.119,5
10º Alteamento	1.124,3
11º Alteamento	1.127,0

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.2, sendo as informações existentes atualizadas a partir dos levantamentos topográficos de 2022 (IPE.OP.DE.8000.GT.20.455.dwg), de 2020 (IPE.OP.DF.8000.GT.20.019.J - 06/10/20 - ERG Engenharia dwg) e o levantamento cadastral após obra de ampliação do reforço e adequação do canal extravasor (CAD_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B2_TT_16DEZ23.dwg), além do levantamento cadastral de acompanhamento das obras de descaracterização da estrutura (C3D_ATUALIZACAO_GERAL_MMI_17OUT24.dwg).
Na Figura 4.2 é apresentada uma imagem de satélite da estrutura e a Figura 4.3 apresenta a seção D-D' de maior altura da barragem.

Tabela 4.2 – Principais características da Barragem B2 – Mina Tico-Tico. (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.1065)

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B2 – Mina Tico-Tico
Código FEAM	406
Localização	Mina Tico-Tico – Igarapé/MG
Coordenadas geográficas do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'37.550" Longitude: -44°17'12.020"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	574.570m E / 7.776.150m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	1990
Ano de Início de Operação	1990
Ano de Término de Operação	2007
Ano de Término de Descaracterização	2027 (previsão)
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (obras)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total – maciços + reservatório + amortecimento (m³)	1.632.909 (*) (**)
Volume Total de maciços (m³)	429.520 (*) (**)
Capacidade total do reservatório (m³) – até elev. 1.119,4 m	1.203.389 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	1.175.267 (*)
Volume de amortecimento (m³) – elev. 1.116,7 a 1.119,4 m	25.892
Área do reservatório (m²) - elev. 1.119,4 m	13.586
Elevação do coroamento (m)	Variável (1.119,4 a 1.125,0)
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	1.016,0
Altura atual da barragem (m);	109,0
Extensão do coroamento (m)	320,0
Largura do coroamento (m)	4,5
Largura das bermas (m)	5,0
Alteamentos realizados e seus métodos empregados	Alteamentos a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6º)
Inclinação talude de montante	1,6(H):1(V) (32º)
Elevação da soleira do vertedouro (m)	1.116,70
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.117,78
Borda livre mínima (PMP) (m)	1,63
Descarga do vertedouro (PMP) (m³/s)	6,01
Capacidade de descarga do vertedouro (m³/s)	37,5
Área da bacia de contribuição (km²)	0,129

(*) Volumes obtidos a partir da reinterpretação da topografia primitiva do vale e levantamento topográfico cadastral.
(**) Inclui maciço do 10º alteamento – vol. de 27.660 m³.



Figura 4.2 – Imagem da Barragem B2 – Mina Tico-Tico. (Fonte: Ortofoto MMI – Janeiro/2025).

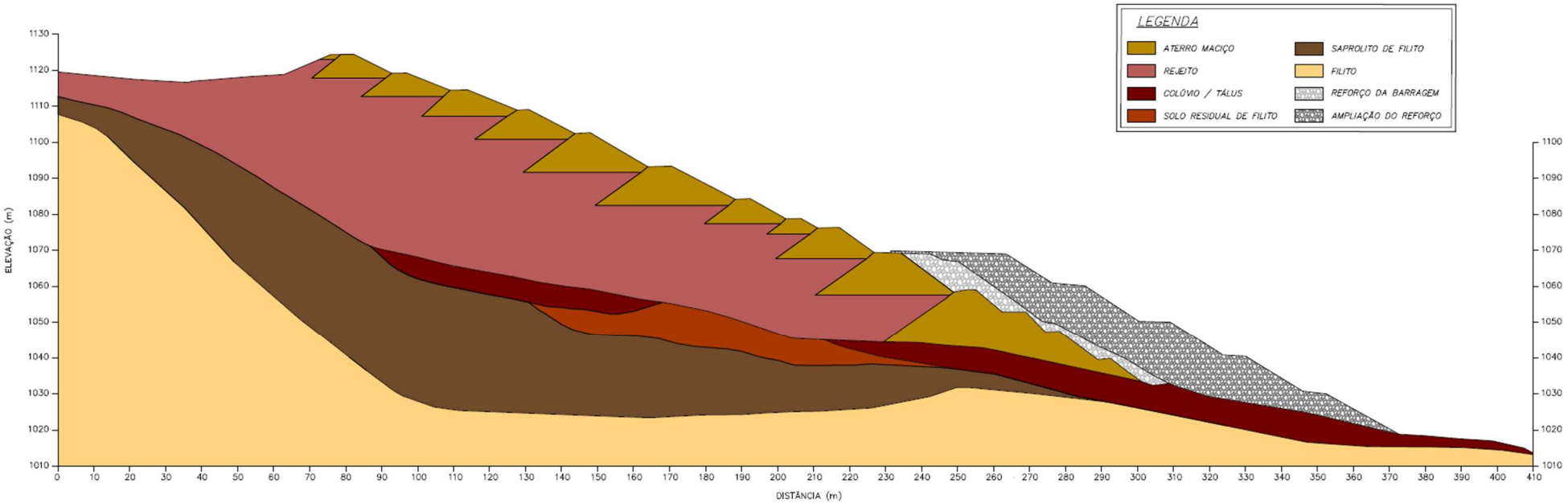


Figura 4.3 – Seção de maior altura (D-D') da Barragem B2 – Mina Tico-Tico (Condição em 27/01/2025).

4.12 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B2 – Mina Tico-Tico** foi classificada, conforme RTESB referente ao 2º semestre/2024 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1003), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.3 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	3
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**22**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥ 65 ou EC*=10
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.4 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	5
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**23**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.5 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Tabela 4.8 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 3				

Tabela 4.9 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO **(Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
PDA = Σ (a até d) =23			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de remoção parcial dos rejeitos dispostos no reservatório, além dos maciços até o nível do coroamento do 1º alteamento de montante, em torno da elevação 1.069,0 m, nível este correspondente ao topo do aterro de reforço executado com enrocamento;
- O projeto de descaracterização será concebido para ser executado em três etapas macro de remoção (três períodos secos), sendo a primeira com remoção dos rejeitos do reservatório e alteamentos a montante até a elevação 1.109,0 m, a segunda removendo os materiais até a elevação 1.093,3 m e a terceira e última etapa, concluindo a remoção, até o nível do topo da estrutura de reforço na elevação 1.069,0 m;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos, com duração mínima de 6 meses (abril a setembro), podendo se estender em função das condições climáticas desde que haja tempo hábil para atender as premissas de conclusão de etapa e executar os serviços para a passagem do período chuvoso. Mesmo assim, o projeto contempla a escavação de *sumps* próximo ao emboque do sistema extravasor para contenção de água e sedimentos nos casos de chuvas eventuais;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada em camadas de espessura média de 2,0 m, que poderá ser ajustada em campo, condicionada à capacidade de suporte do material, podendo ser necessária a execução de valas drenantes para deságue do rejeito saturado com o objetivo de garantir condições de segurança e operação para trafegabilidade dos equipamentos durante a atividade de lavra. Nos casos em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro com rejeito seco (aterro de conquista) de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;
- O volume total geométrico de remoção previsto, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.487.709 m³;
- A superfície final do reservatório deverá receber camada impermeabilizante (selo) de solo argiloso, preferencialmente laterítico, compactado em camadas de no máximo 25 cm de material solto até obter espessura final mínima de 50 cm, grau de compactação de 98% do PN e ter declividade de 2% para montante de forma a direcionar os fluxos incidentes nesta superfície para o canal de contorno;
- Deverá ser realizada a recomposição vegetal da área do terreno natural exposta pelas

escavações após remoção dos rejeitos e maciços, com utilização de materiais apropriados. Conforme item 3.6 da TR de Descaracterização da FEAM, a técnica será determinada com embasamento no diagnóstico da área pós-descaracterização à medida que avançam as obras e se tenha as reais condições da superfície exposta com objetivo final de reintrodução da área ao contexto da paisagem local.

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B2 – Mina tico-Tico é composto por 03 (três) etapas macro, conforme descrito no relatório do projeto (IPE.OP.RL.8000.GT.20.676): a Etapa 1 contempla as escavações dos rejeitos dispostos no reservatório até a elevação 1.104,0 m e o rebaixamento dos maciços dos alteamentos até a elevação 1.109,0 m; já a Etapa 2, abrange a remoção dos rejeitos até a elevação 1089,0 m e rebaixamento dos maciços até a elevação 1093,3 m; e, finalizando com a remoção dos rejeitos até a elevação 1068,0 m e rebaixamento dos maciços até a elevação 1069,0 m.

Em termos gerais, a remoção prevista no projeto será realizada em três etapas macro compreendendo:

- **Etapa 1** - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) a partir do 11º alteamento até o 8º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.109,0 m, correspondendo a um rebaixamento de aproximadamente 18,0 m;

    - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 463.643.m^3;
    - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 103.200.m^3.
    - Volume total de remoção da etapa: 566.843 m³

- **Etapa 2** - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 7º alteamento e do 6º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.093,3 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 15,7 m; e,

    - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 368.276.m^3;
    - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 82.498.m^3.
    - Volume total de remoção da etapa: 450.774 m³

- **Etapa 3** – Última etapa prevista, remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 5º alteamento ao 2º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.069,0 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 24,3 m.

    - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 386.202.m^3;
    - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 83.889.m^3.
    - Volume total de remoção da etapa: 470.091 m³

Com base na taxa de escavação média entre 2.800 e 3.100 m³ por dia, fornecida pela MMI, cada etapa está prevista para ser executada em um período seco (ciclo de 6 meses, de abril a setembro), podendo ser estendido ou antecipado em função do regime de chuvas e data de início das obras.

Os taludes de escavação terão inclinação de 3H:1V, quando for executado em rejeito disposto no reservatório, e 2H:1V, quando resultantes das escavações em rejeito dos maciços compactados. A Figura 5.1 e a Figura 5.2 apresentam o resumo da sequência construtiva de remoção do rejeito em camadas.

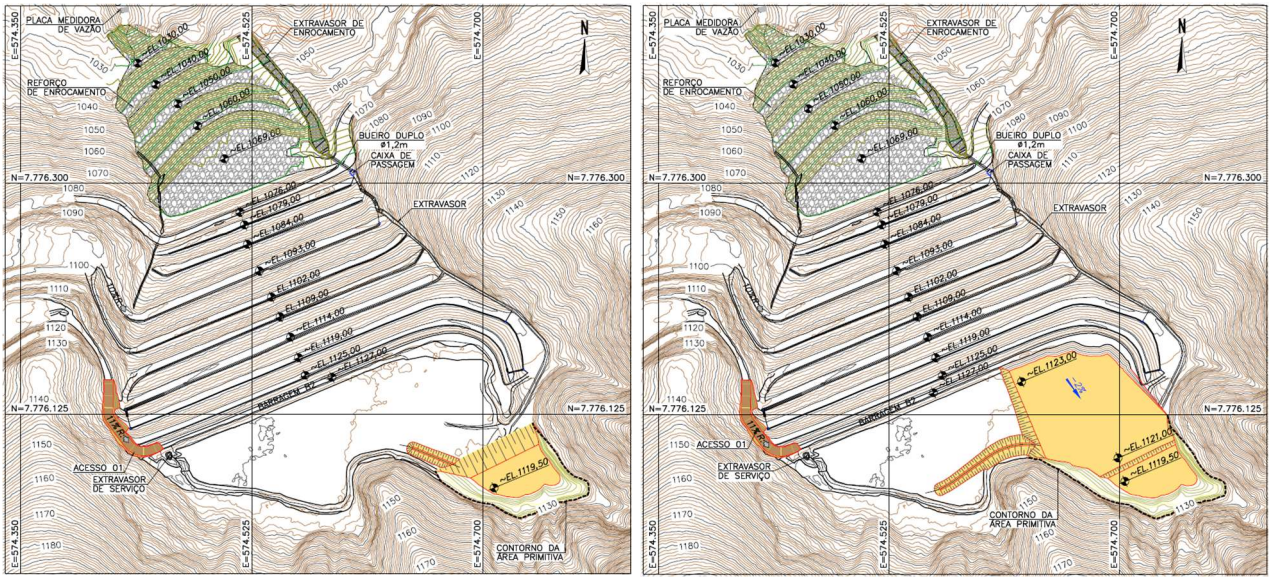


Figura 5.1 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente à primeira fase.

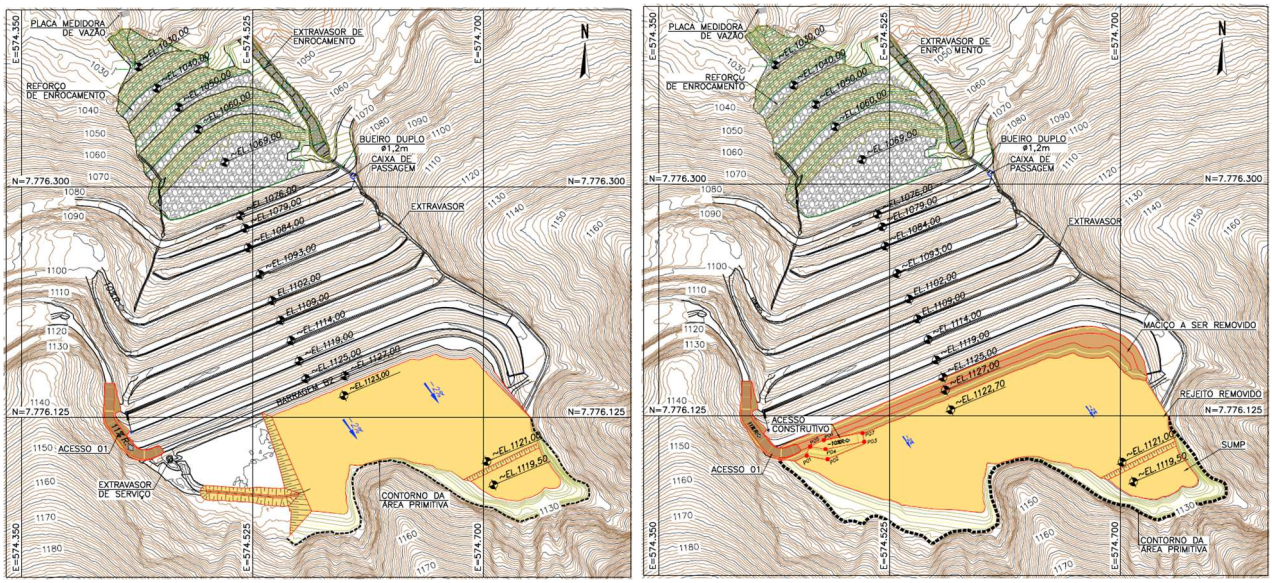


Figura 5.2 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente à primeira fase.

Ao término das obras, com a remoção dos rejeitos e maciços de alteamentos até a elevação final de projeto, será realizada a regularização da superfície do reservatório escavada com declividade de 2% para montante. Após essa regularização, será implantada camada de impermeabilização da superfície do reservatório com solo argiloso compactado. Com a conclusão da regularização e impermeabilização do reservatório remanescente, será executado canal de contorno com revestimento em enrocamento, em que toda a base do canal deverá receber camada de geomembrana, de forma a reduzir a percolação, além de proteção com geotêxtil antes de receber os blocos.

Também faz parte das obras a adequação do emboque do sistema extravasor de emergência, em todas as fases de remoção intermediária da barragem.

A execução das obras deverá cumprir com as diretrizes apresentadas na especificação técnica, nos desenhos de projeto e no relatório técnico do projeto executivo. Ressalta-se que as especificações detalhadas no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.677 poderão ser ajustadas conforme experiência adquirida em campo durante a execução das obras, desde que aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

Durante a execução de todas as fases deverá ser realizada a remoção e limpeza dos rejeitos do reservatório e alteamentos / maciços até o terreno natural nos encontros com as ombreiras e encosta natural a montante.

As áreas expostas do terreno natural deverão receber recomposição vegetal como forma de proteção contra erosões/ravinamento, sendo que os talvegues remanescentes da limpeza no meio do vale deverão receber proteção com enrocamentos.

O volume a ser escavado de rejeitos no reservatório será de aproximadamente 1.218.122 m³. O volume a ser escavado de aterros compactados dos alteamentos da barragem, também executados com rejeitos, será de aproximadamente 269.587 m³. A soma de todos os materiais a serem removidos durante as obras de descaracterização totalizam aproximadamente 1.487.708 m³.

A seguir são apresentadas figuras representativas das etapas macro de execução do projeto de descaracterização.

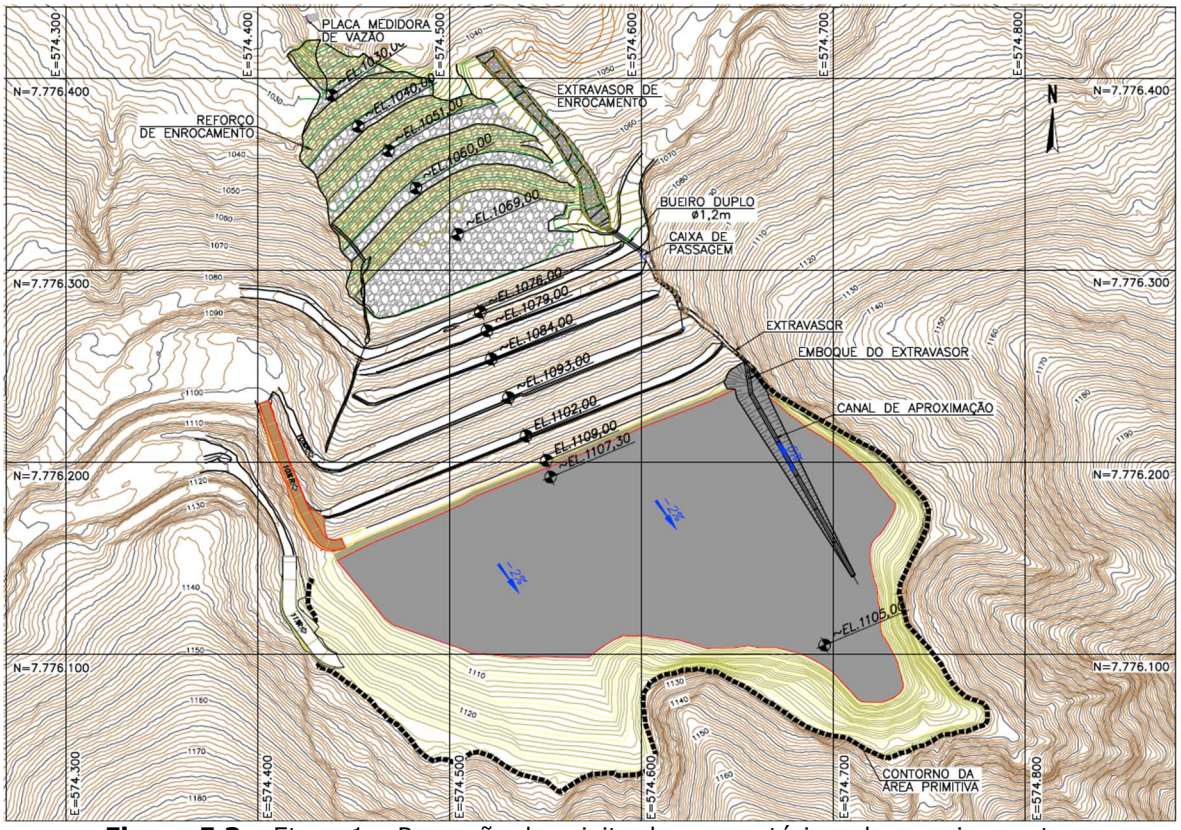


Figura 5.3 – Etapa 1 – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços entre o 11º e 8º alteamentos por montante.

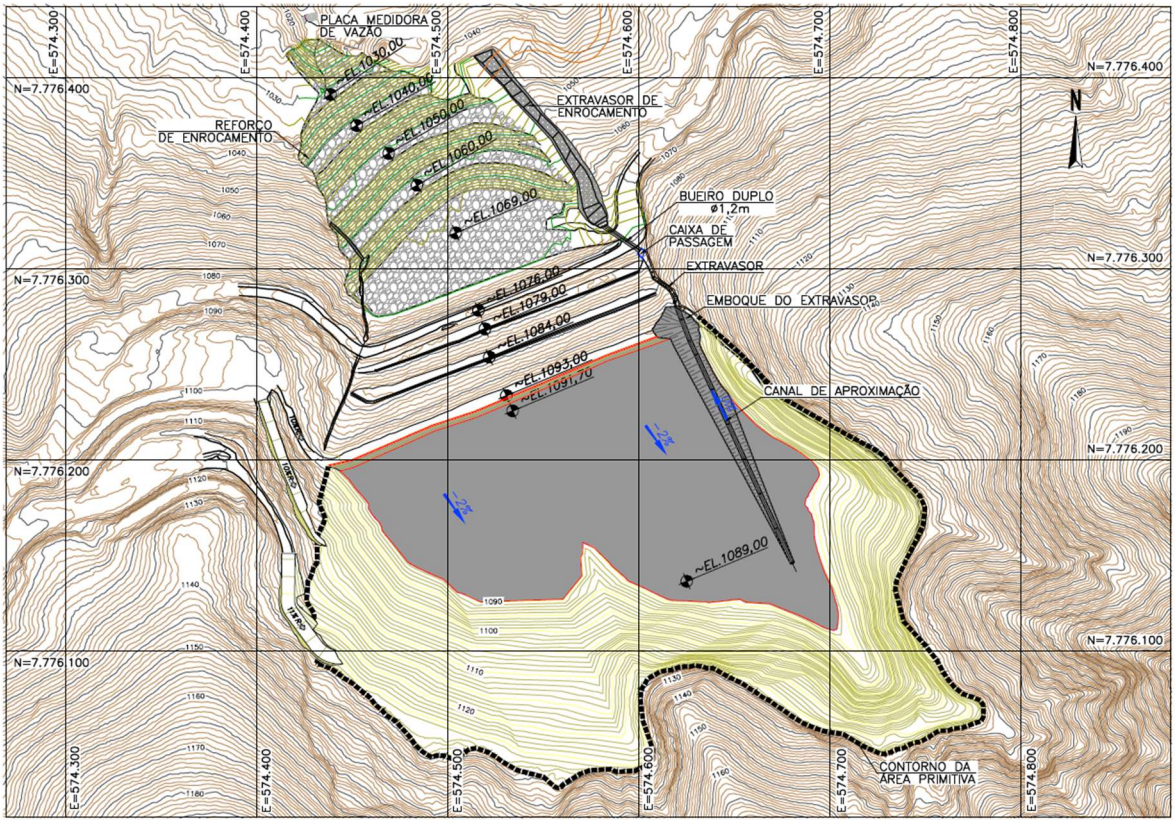


Figura 5.4 – Etapa 2 – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços do 7º e 6º alteamentos por montante.

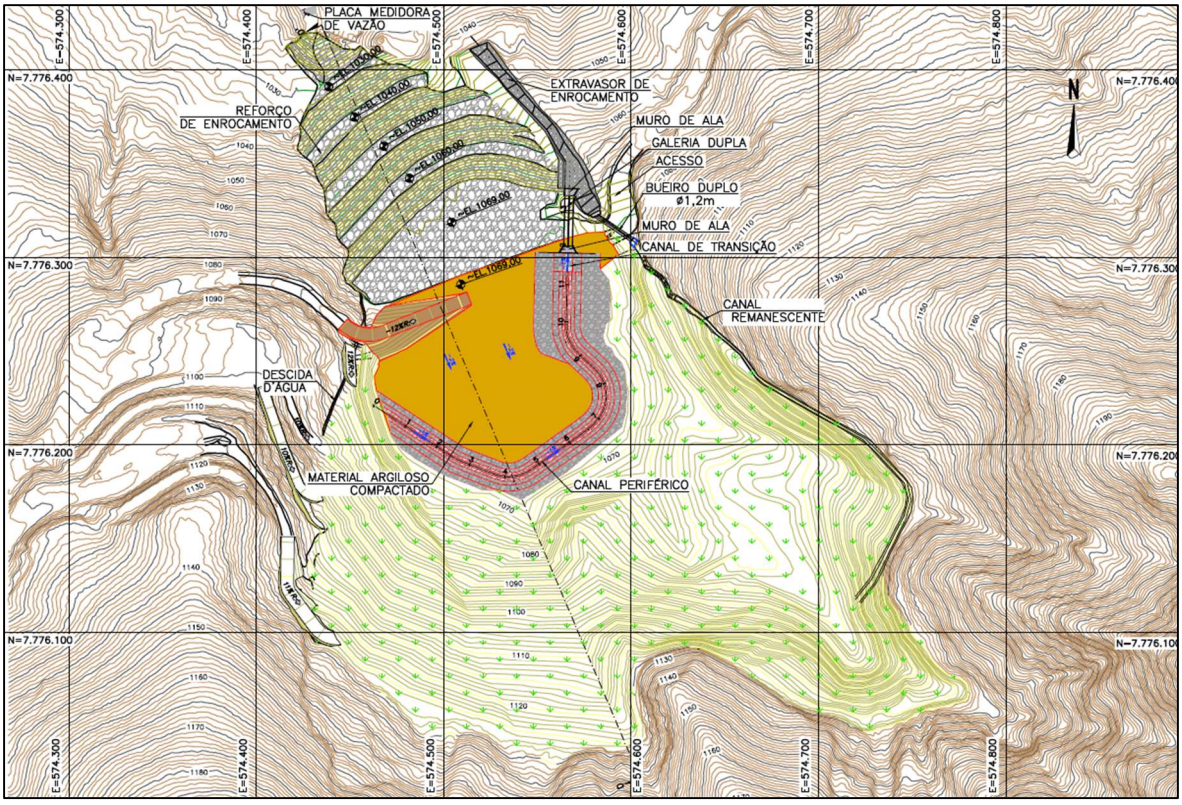


Figura 5.5 – Etapa 3 (Condição Final) – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços entre o 5º e o 2º alteamentos por montante.

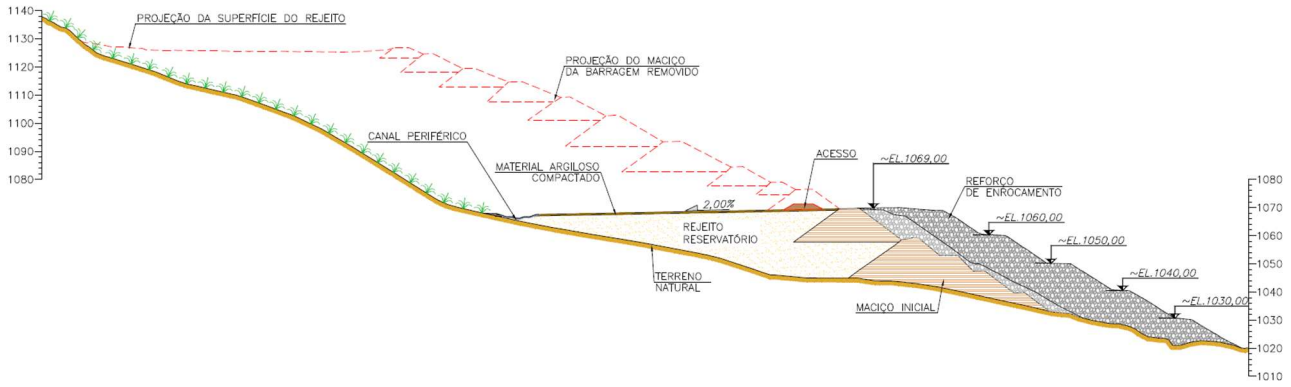


Figura 5.6 – Seção transversal D-D' passando pelo vale após a conclusão da Etapa 3.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025), não foram realizadas alterações no projeto de descaracterização.

5.3 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Em função do desconhecimento do "as built" das diversas etapas construtivas dos alteamentos da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, não se pode garantir que a topografia primitiva reconstituída, apresentada no desenho IPE.OP.DE.8000.GT.20.709, inferida a partir de furos de sondagem, representa fidedignamente a morfologia da encosta natural final após as intervenções para a remoção dos rejeitos dispostos e dos maciços dos alteamentos.

Desta forma, os eventuais efeitos do desconfinamento ou até mesmo devido a escavações realizadas na época de construção da barragem para ampliar o reservatório ou como área de empréstimo local poderão exigir projetos específicos e obras complementares de estabilização. Atualmente, existe uma superfície de escorregamento, do tipo circular, aberta na encosta natural situada a montante do reservatório da barragem, na sua margem esquerda. No local ocorrem os filitos cinza prateado, com lentes de quartzito ferruginoso (Figura 5.7).



Figura 5.7 – Filito da Formação Cercadinho no local do escorregamento.

A direção dos planos de xistosidade é, aproximadamente, leste – oeste, com mergulho de cerca de 50° a 60° para sul, ou seja, para dentro da encosta (montante).

A cunha de escorregamento é superficial, pouco profunda, e provavelmente ocorreu devido à escavação de um acesso no pé da encosta, circundando o reservatório, com taludes muito íngremes, o que provocou a instabilização.



Figura 5.8 – Vista do escorregamento situado na encosta a montante do reservatório.



Figura 5.9 – Imagem de satélite delimitando a área onde se desenvolveu a superfície de escorregamento.

Durante o mês de julho/2024 foi executada uma berma de equilíbrio em enrocamento (Foto 5.1) e de forma a estabilizar a massa rompida localizada na encosta a montante próximo a ombreira esquerda. Em outubro de 2024, a berma foi ampliada até os pontos da descida da drenagem superficial de modo a proteger o ponto de deságue (Foto 5.2).

Além da berma, em outubro/2024 foi concluída a instalação de dispositivos de drenagem superficial (Foto 5.3 e Foto 5.4) no contato entre a cunha de ruptura e o terreno natural de forma a reduzir a infiltração de água e assim reduzir a saturação do material e consequentemente, possíveis movimentações.



Foto 5.1 – Berma de equilíbrio em enrocamento na encosta próxima a ombreira esquerda.



Foto 5.2 – Berma de equilíbrio em enrocamento na encosta próxima a ombreira esquerda.



Foto 5.3 –Dispositivos de drenagem superficial no contato da cunha com o terreno natural, na ombreira esquerda.



Foto 5.4 –Dispositivos de drenagem superficial no contato da cunha com o terreno natural, na ombreira esquerda.

A região segue monitorada através de 13 marcos de controle. Com o avanço das obras e remoção do maciço do 11º alteamento, foi necessário realocar o marco de referência e realizar novo cadastro dos prismas no dia 22/09/24, porém não foi possível realizar o recadastro do MS-12, com isso foi realizado novo levantamento cadastral no dia 22/11/24, abrangendo todos os marcos. A localização desses marcos pode ser verificada na Figura 5.10 e as coordenadas de cadastro na Tabela 5.1.



Figura 5.10 – Localização dos Marcos de Monitoramento da Encosta.

Tabela 5.1 – Coordenadas de cadastro dos Marcos de Monitoramento da Encosta.

TIPO	INSTRUMENTO	COORDENADAS DE INSTALAÇÃO (SIRGAS2000)		
		E	N	ELEVAÇÃO (m)
Marco de Referência	MMI 0004	574.488,314	7.776.124,298	1.124,609
Marco de Monitoramento	MS-01	574.474,500	7.776.057,749	1.130,112
	MS-02	574.460,076	7.776.065,606	1.131,954
	MS-03	574.451,553	7.776.074,410	1.130,031
	MS-04	574.441,140	7.776.084,438	1.130,552
	MS-05	574.431,816	7.776.079,384	1.134,214
	MS-06	574.446,862	7.776.070,923	1.134,338
	MS-07	574.455,718	7.776.060,647	1.136,534
	MS-08	574.474,024	7.776.041,731	1.137,504
	MS-09	574.474,314	7.776.029,849	1.143,117
	MS-10	574.450,866	7.776.051,770	1.141,262
	MS-11	574.429,241	7.776.071,089	1.139,650
	MS-12	574.435,039	7.776.054,639	1.145,992
	MS-13	574.455,809	7.776.037,735	1.147,118

A seguir são apresentados o histórico de deslocamentos dos marcos de monitoramento da encosta, a partir do recadastro realizado no dia 22/11/2024.

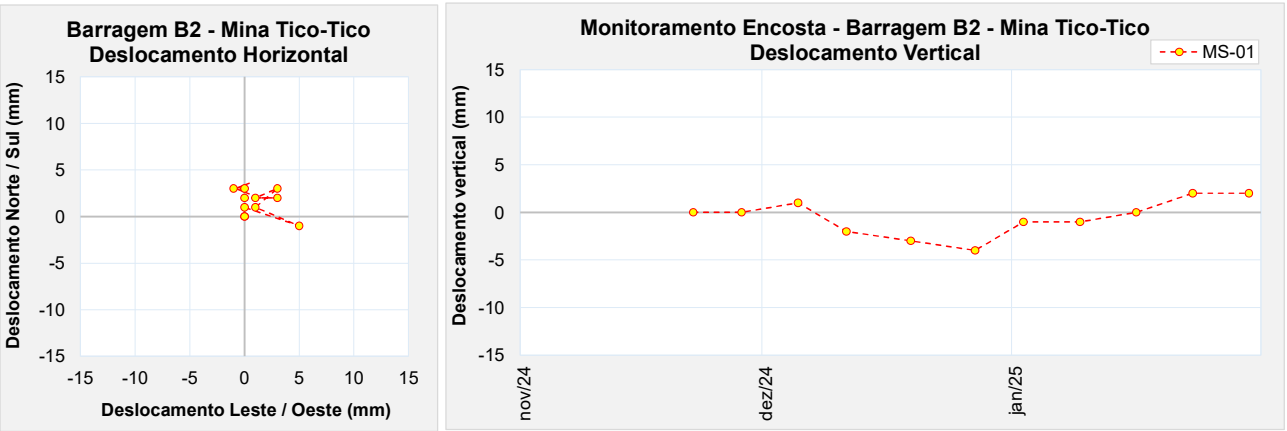


Figura 5.11 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-01.

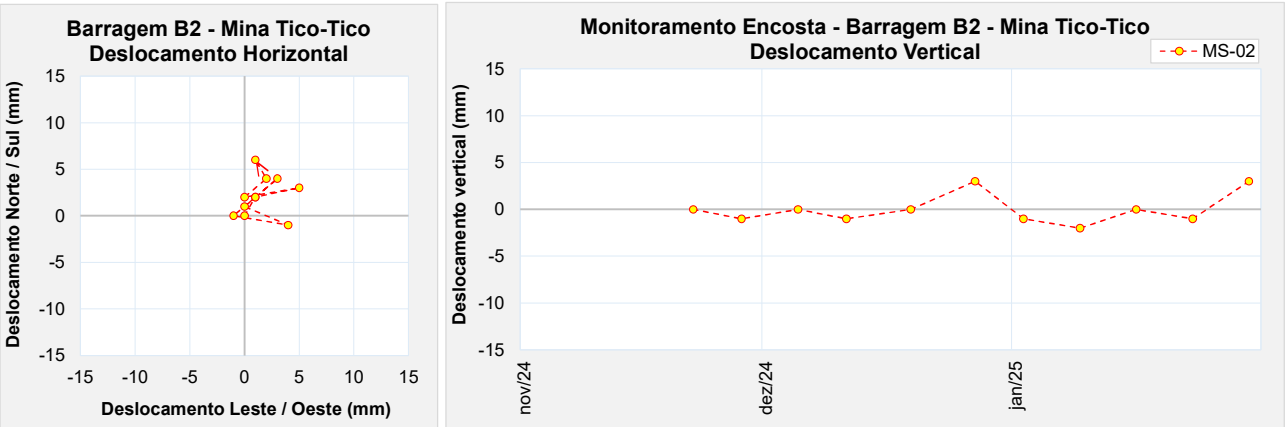


Figura 5.12 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-02.

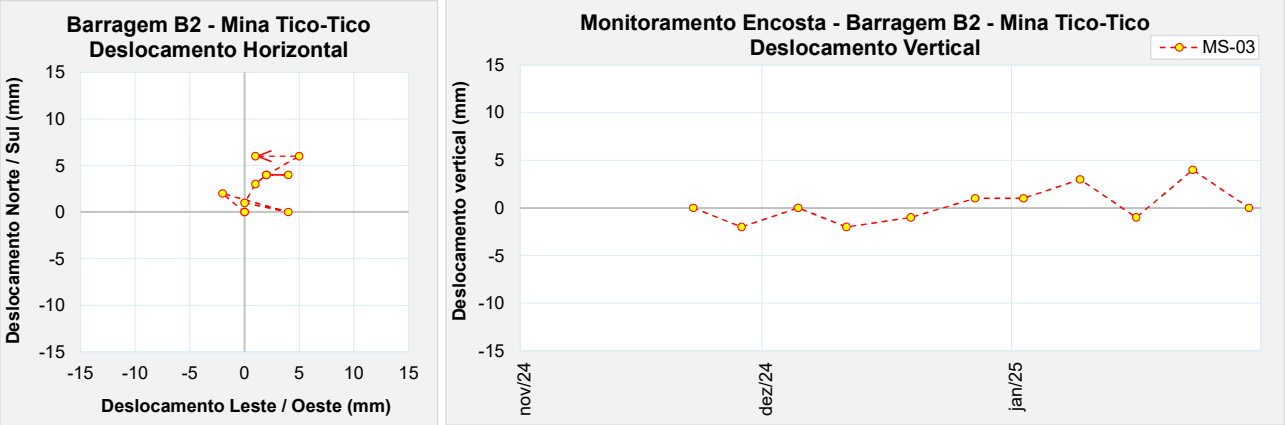


Figura 5.13 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-03.

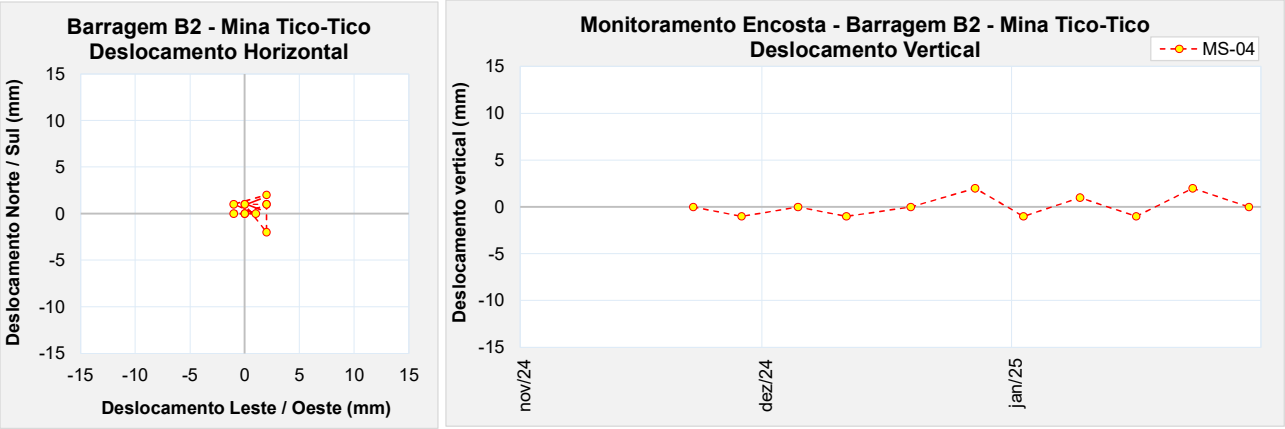


Figura 5.14 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-04.

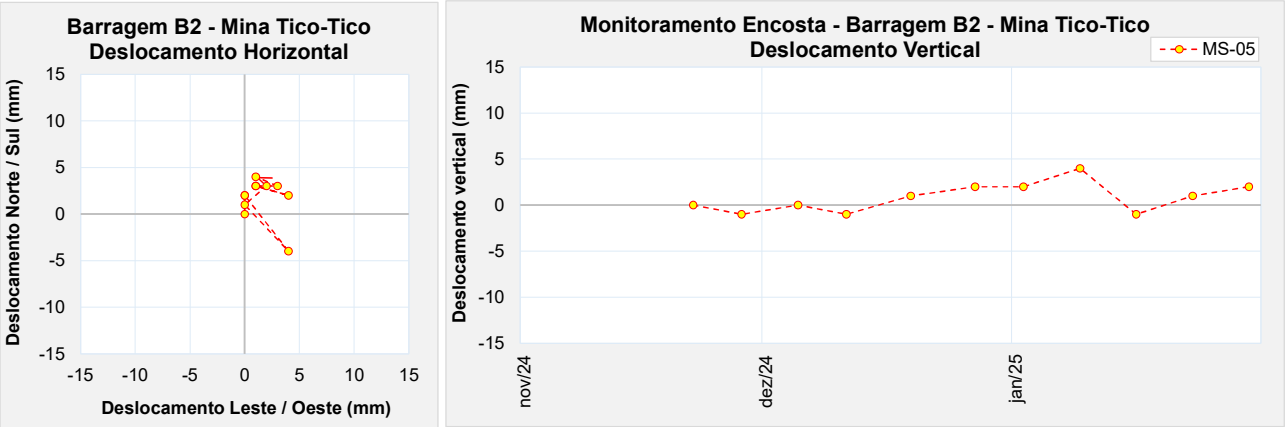
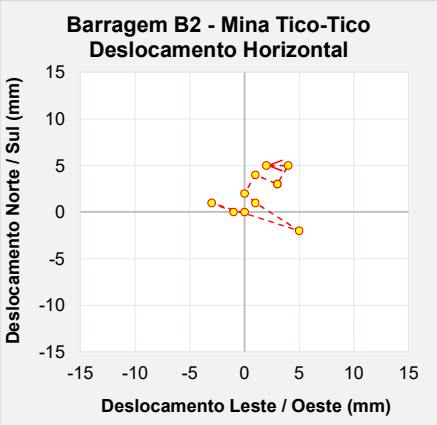


Figura 5.15 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-05.



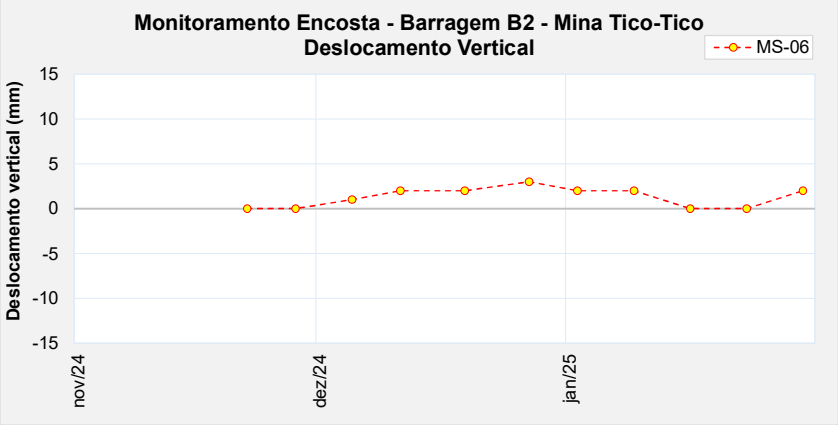
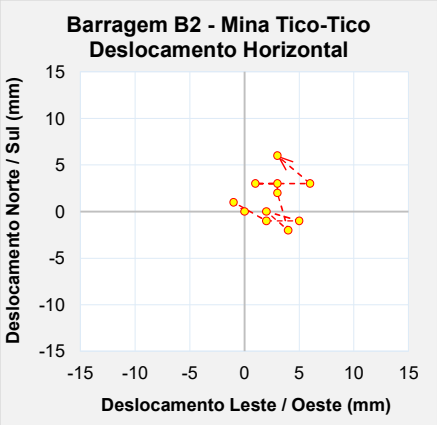


Figura 5.16 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-06.



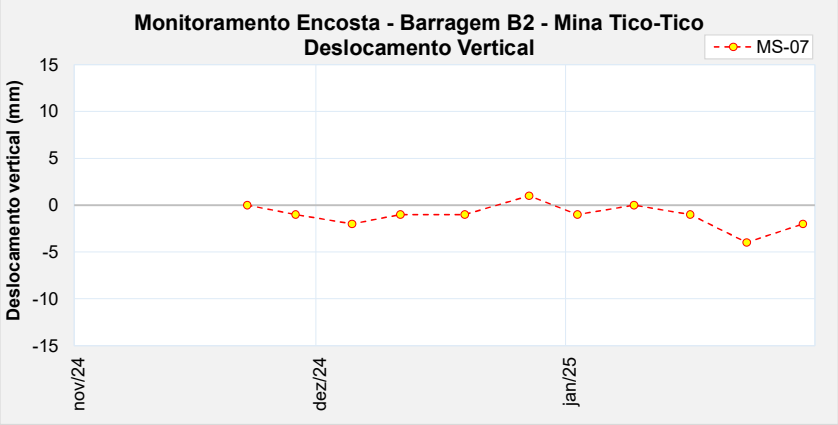
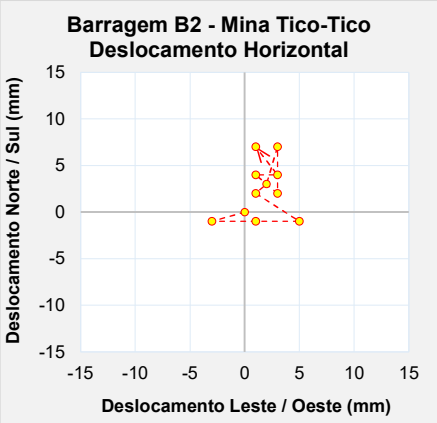


Figura 5.17 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-07.



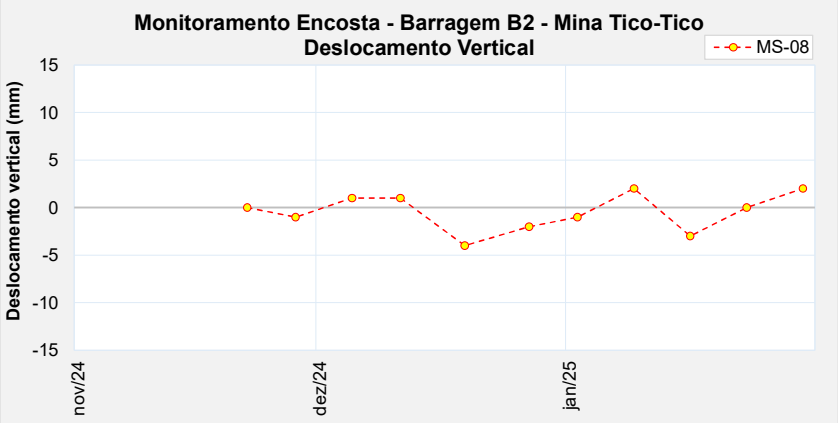


Figura 5.18 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-08.

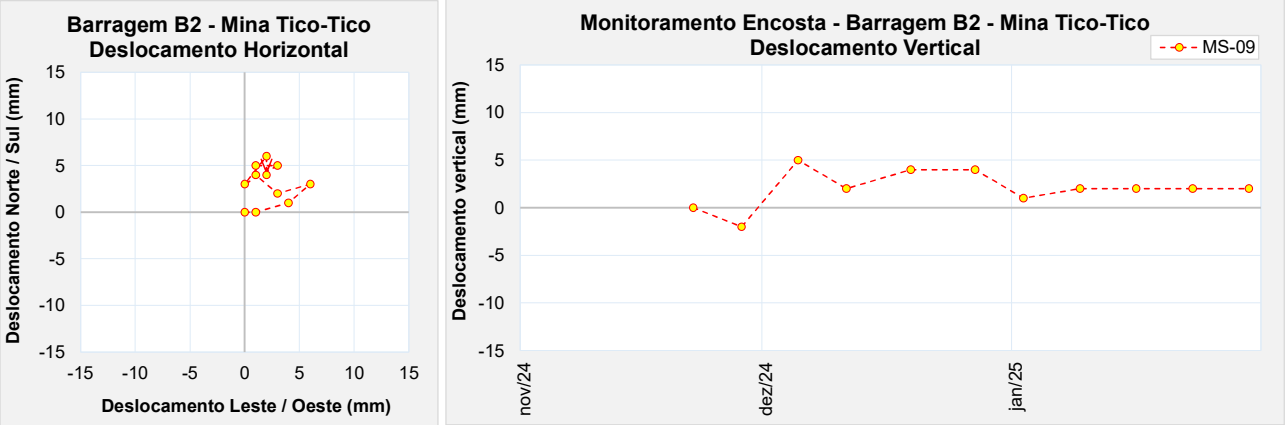


Figura 5.19 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-09.

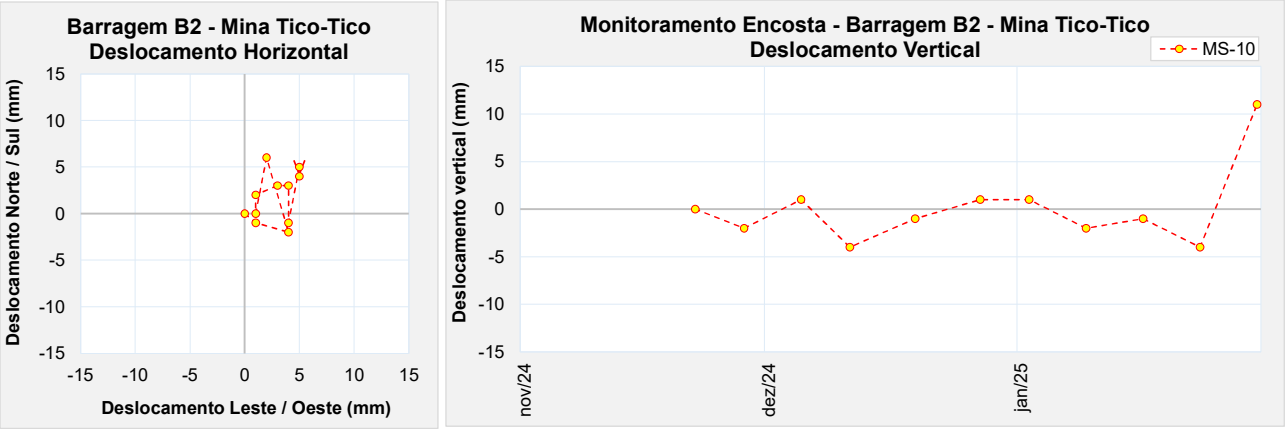


Figura 5.20 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-10.

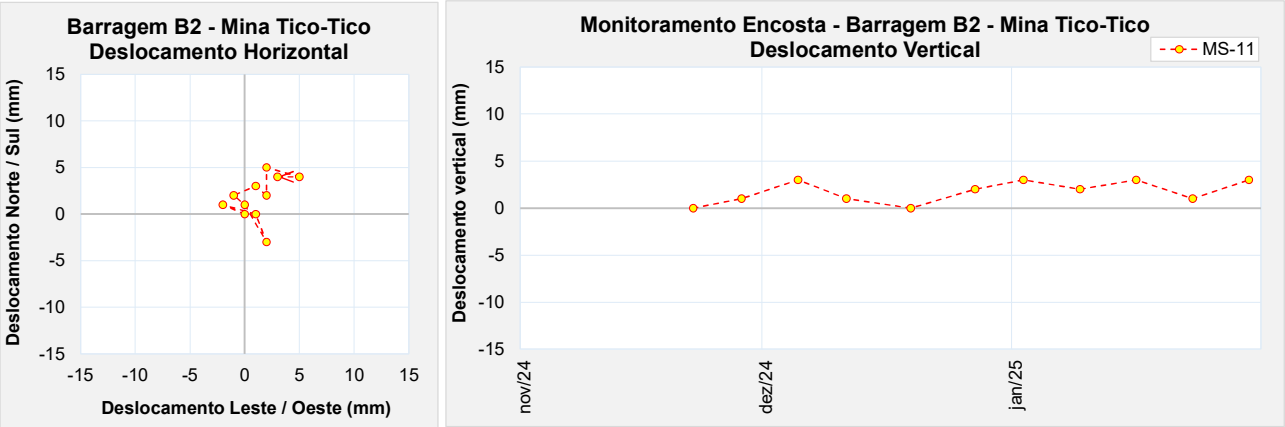


Figura 5.21 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-11.

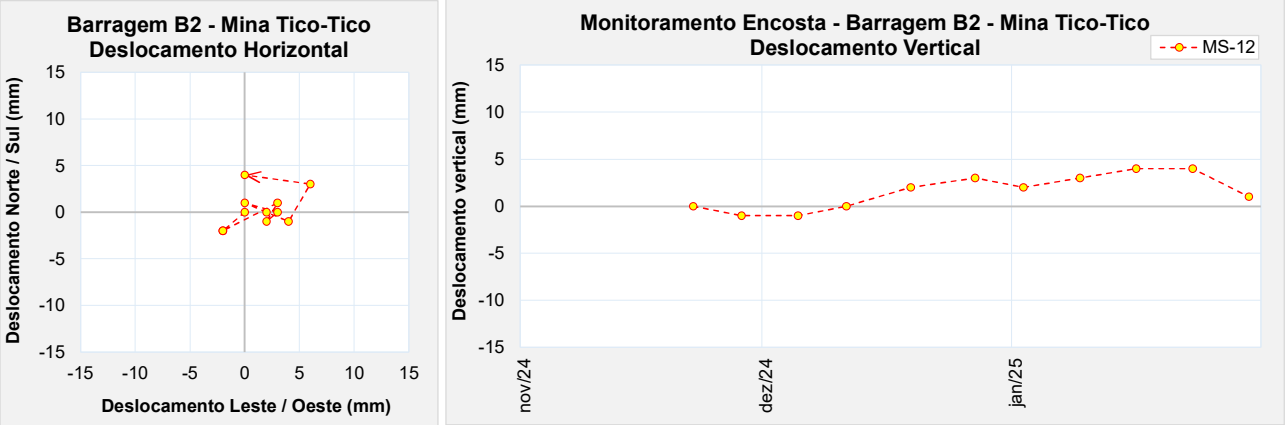


Figura 5.22 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-12.

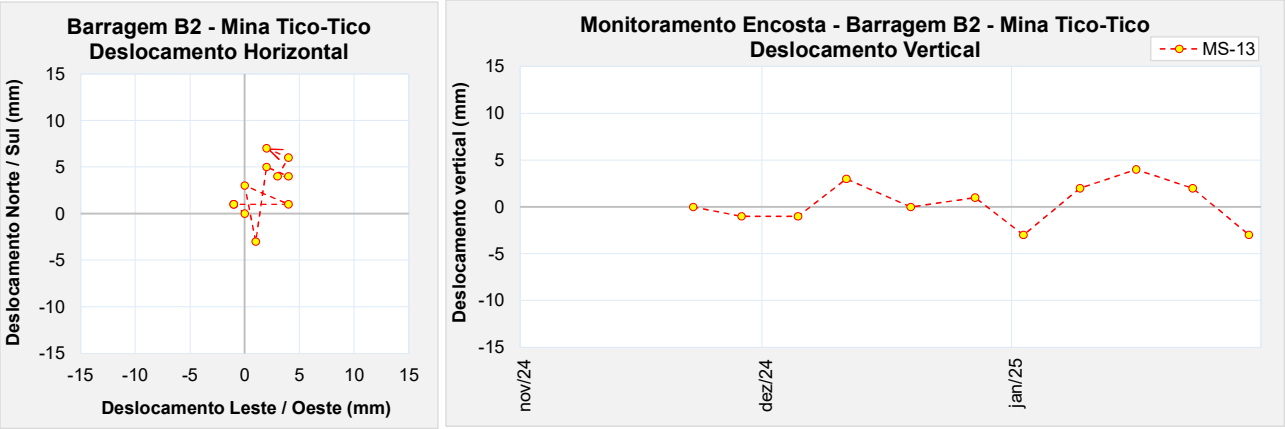


Figura 5.23 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-13.

A partir da análise das leituras dos marcos de monitoramento da encosta, percebe-se um comportamento similar aos apresentados pelos marcos instalados no maciço da estrutura, verificando movimentações verticais e horizontais pequenas. Os valores acumulados observados até 30/01/2025, horizontais menores que 7 mm, predominantemente na direção NE, e verticais menores que 11 mm, são em parte devidos, provavelmente, aos erros normais de leitura ("serrilhado"), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão.

Outro ponto de atenção é a estabilização da encosta na ombreira esquerda, próximo ao extravasor de emergência. Ainda não foram iniciadas as obras de estabilização da região, pois está sendo aguardado o avanço das obras, de maneira que permita melhor acesso ao local. Enquanto isso, algumas atividades preparatórias foram executadas, como medidas de proteção do canal extravasor, caso ocorra o escorregamento das sacarias.

Durante o mês de outubro de 2024 foram instaladas grades metálicas (Foto 5.5 e Foto 5.6) sobre o canal extravasor de emergência, como medida preventiva contra uma possível obstrução do canal, caso ocorra movimentação de material da encosta durante o período chuvoso.



Foto 5.5 – Grades metálicas instaladas sobre o canal extravasor de emergência.



Foto 5.6 – Grades metálicas instaladas sobre o canal extravasor de emergência.

6. Obras de Descaracterização

As obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico foram iniciadas em 28/06/2024, com o acompanhamento das obras em um primeiro momento realizado pela própria equipe de geotecnia da MMI até a conclusão da mobilização do ATO da projetista. Em 07/08/24, o acompanhamento das obras passou a ser realizado pelo engenheiro civil/geotécnico Robert Adriano de Souza, da Terracota Consultoria e Projetos Ltda. O registro dos serviços está sendo realizado por meio de relatório diário de obra (RDO) com descrição das atividades e imagens ilustrativas.

Como pode ser verificado nas imagens apresentadas no item 6.1, as obras estão sendo executadas com escavadeiras, caminhões e, eventualmente, um rompedor, devido à quantidade de blocos de grandes dimensões presentes no reservatório.

Os materiais removidos estão sendo enviados para a planta de beneficiamento da Mina Tico-Tico para serem reprocessados, o trajeto é apresentado na Figura 6.1.



Figura 6.1 – Rota entre a Barragem B2 – Mina Tico-Tico e a Planta Tico-Tico.

O ATO da Terracota realizou o acompanhamento das obras durante os meses de avaliação (novembro/2024 a janeiro/2025) e ao final de cada mês, foi emitido relatório mensal de acompanhamento técnico das obras, apresentando uma compilação dos relatórios diários de obra e discretizando as atividades realizadas no período avaliado.

6.1 Memorial Descritivo

Durante o período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025), não foram realizadas obras de avanço na descaracterização da estrutura, sendo os serviços executados relacionados a conclusão do revestimento do reservatório e canal de conexão com o extravasor, além da manutenção e correção das atividades previamente realizadas.

6.1.1 Acompanhamento das Obras

A seguir é apresentado um resumo dos RDOs emitidos com indicação do período de execução de cada atividade.

Tabela 6.1 – Resumo dos RDOs – período entre novembro/2024 e janeiro/2025.

PERÍODO		SERVIÇOS
INÍCIO	FIM	
01/11/24	21/11/24	Revestimento do reservatório com lona de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD);
04/11/24	12/11/24	Revestimento com manta cimentícia dos taludes do canal de conexão do extravasor de emergência;
29/11/24	29/11/24	Revestimento do *sump* do reservatório com geomembrana;
02/12/24	03/01/25	Reparo no revestimento do reservatório em lona de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD);
04/01/25	31/01/25	Sem atividades relacionadas às obras de descaracterização.

6.1.2 Sequência Construtiva e Detalhamento das Obras Realizadas

A seguir é apresentada a cronologia de execução das atividades executadas, bem como imagens referentes aos serviços.

Tabela 6.2 – Cronologia das atividades executadas – período entre novembro/2024 e janeiro/2025.

MÊS	ATIVIDADES REALIZADAS
Novembro 2024	Revestimento do reservatório com lona de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD);
	Revestimento com manta cimentícia dos taludes do canal de conexão do extravasor de emergência;
	Revestimento do *sump* do reservatório com geomembrana de PEAD.

MÊS	ATIVIDADES REALIZADAS
Dezembro 2024	Reparo no revestimento do reservatório em lona de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD);
Janeiro 2025	Reparo no revestimento do reservatório em lona de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD).

6.1.2.1 Revestimento do reservatório com lona de Polietileno de Baixa Densidade



Foto 6.1 – Revestimento do reservatório com lona de Polietileno de Baixa Densidade.



Foto 6.2 – Revestimento do reservatório com lona de Polietileno de Baixa Densidade.



Foto 6.3 – Revestimento do reservatório com lona de Polietileno de Baixa Densidade.



Foto 6.4 – Revestimento do reservatório com lona de Polietileno de Baixa Densidade.



Foto 6.5 – Revestimento do reservatório com lona de Polietileno de Baixa Densidade.



Foto 6.6 – Revestimento do reservatório com lona de Polietileno de Baixa Densidade.

6.1.2.2 Revestimento com manta cimentícia dos taludes do canal de conexão



Foto 6.7 – Revestimento com manta cimentícia dos taludes do canal de conexão.



Foto 6.8 – Revestimento com manta cimentícia dos taludes do canal de conexão.



Foto 6.9 – Revestimento com manta cimentícia dos taludes do canal de conexão.



Foto 6.10 – Revestimento com manta cimentícia dos taludes do canal de conexão.

6.1.2.3 Revestimento parcial do *sump* do reservatório com geomembrana de PEAD



Foto 6.11 – Revestimento parcial do *sump* do reservatório com geomembrana de PEAD.



Foto 6.12 – Revestimento parcial do *sump* do reservatório com geomembrana de PEAD.

6.1.2.4 Reparo no revestimento do reservatório em lona de PEBD



Foto 6.13 – Execução de reparo no revestimento de lona PEBD na face do talude de montante.



Foto 6.14 – Execução de reparo no revestimento de lona PEBD na face do talude de montante.



Foto 6.15 – Recomposição das falhas no revestimento em PEBD no reservatório.



Foto 6.16 – Recomposição das falhas no revestimento em PEBD no reservatório.



Foto 6.17 – Execução de reparo no revestimento de lona PEBD na face do talude de montante.



Foto 6.18 – Visão geral do reservatório da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

6.1.3 Anomalias Verificadas

Durante o período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025), verificou-se em alguns pontos anomalias que devem ser corrigidas. A seguir são apresentados alguns pontos de atenção e caso já tenham sido tratados, também é mostrada a imagem com a correção.

6.1.3.1 Revestimento danificado devido ao tráfego de equipamentos.



Foto 6.19 – Revestimento do reservatório danificado devido ao tráfego de equipamentos.



Foto 6.20 – Revestimento do reservatório danificado devido ao tráfego de equipamentos.



Foto 6.21 – Revestimento do reservatório danificado devido ao tráfego de equipamentos.



Foto 6.22 – Revestimento do reservatório danificado devido ao tráfego de equipamentos.



Foto 6.23 – Revestimento do reservatório danificado devido ao tráfego de equipamentos.



Foto 6.24 – Revestimento do reservatório danificado devido ao tráfego de equipamentos.

6.1.3.2 Acúmulo de água no *sump* do reservatório.



Foto 6.25 – Acúmulo de água no sump do reservatório. Necessidade de instalação de dispositivo de acionamento automático da bomba.



Foto 6.26 – Acúmulo de água no sump do reservatório. Necessidade de instalação de dispositivo de acionamento automático da bomba.



Foto 6.27 – Acúmulo de água no sump do reservatório.



Foto 6.28 – Acúmulo de água no sump do reservatório.



Foto 6.29 – Acúmulo de água no sump do reservatório.



Foto 6.30 – Acúmulo de água no sump do reservatório.

6.1.3.3 Ancoragem inadequada do revestimento do reservatório



Foto 6.31 – Ancoragem inadequada do PEBD na crista e na face do talude de montante.



Foto 6.32 – Ancoragem inadequada do PEBD na crista e na face do talude de montante.



Foto 6.33 – Instalação inadequada do PEBD na crista e na face do talude de montante.



Foto 6.34 – Instalação inadequada do PEBD na crista e na face do talude de montante.



Foto 6.35 – Instalação inadequada do PEBD na crista e na face do talude de montante.



Foto 6.36 – Instalação inadequada do PEBD na crista e na face do talude de montante.

6.1.3.4 Revestimento do reservatório sem o transpasse adequado



Foto 6.37 – Transpasse inadequado do revestimento do reservatório.



Foto 6.38 – Transpasse inadequado do revestimento do reservatório.



Foto 6.39 – Transpasse inadequado do revestimento do reservatório.



Foto 6.40 – Transpasse inadequado do revestimento do reservatório.

6.1.3.5 Pontos com falha de revestimento no reservatório e talude de montante



Foto 6.41 – Falha no revestimento do reservatório e talude de montante.



Foto 6.42 – Falha no revestimento do reservatório e talude de montante.



Foto 6.43 – Falha no revestimento do reservatório e talude de montante.



Foto 6.44 – Falha no revestimento do reservatório e talude de montante.



Foto 6.45 – Falha no revestimento do reservatório e talude de montante.



Foto 6.46 – Falha no revestimento do reservatório e talude de montante.



Foto 6.47 – Falha no revestimento do reservatório e talude de montante.



Foto 6.48 – Falha no revestimento do reservatório e talude de montante.



Foto 6.49 – Falha no revestimento do reservatório e talude de montante.



Foto 6.50 – Falha no revestimento do talude de montante.

6.1.3.6 Presença de entulhos na crista e entorno da barragem (corrigido)



Foto 6.51 – Presença de entulhos na crista e entorno da Barragem B2 - Mina Tico-Tico.



Foto 6.52 – Presença de entulhos na crista e entorno da Barragem B2 - Mina Tico-Tico.



Foto 6.53 – Remoção dos mourões presentes na crista atual (EL 1.125,0).



Foto 6.54 – Remoção de entulhos na crista e entorno da Barragem B2 - Mina Tico-Tico.

6.1.3.7 Erosão na face do talude do sump (proteção realizada)



Foto 6.55 – Erosão na face do talude do *sump.*



Foto 6.56 – Erosão na face do talude do *sump.*



Foto 6.57 – Erosão na face do talude do *sump.*



Foto 6.58 – Proteção na região em que foi verificada erosão na face do talude do *sump.*

6.1.3.8 Presença de material solto (geomembrana) na face do talude de jusante



Foto 6.59 – Presença de material solto (geomembrana) na face do talude de jusante.



Foto 6.60 – Presença de material solto (geomembrana) na face do talude de jusante.



Foto 6.61 – Presença de material solto (geomembrana) na face do talude de jusante.



Foto 6.62 – Presença de material solto (geomembrana) na face do talude de jusante.

6.1.3.9 Dispositivo de drenagem superficial da berma danificado (corrigido)



Foto 6.63 – Dispositivo de drenagem superficial da berma 1.119,0 danificado.



Foto 6.64 – Parte do dispositivo de drenagem da berma 1.119,0m reconstruído.

6.1.3.10 Erosão na face do talude de montante (proteção realizada)



Foto 6.65 – Erosão na face do talude de montante.



Foto 6.66 – Erosão na face do talude de montante.



Foto 6.67 – Proteção na região em que foi verificada erosão na face do talude de montante.



Foto 6.68 – Proteção na região em que foi verificada erosão na face do talude de montante.

6.1.3.11 Dispositivo de drenagem superficial da berma descalçado



Foto 6.69 – Dispositivo de drenagem superficial da berma elev. 1.119,0 descalçado.



Foto 6.70 – Dispositivo de drenagem superficial da berma elev. 1.119,0 descalçado.

6.1.4 Não Conformidades

No mês de janeiro de 2025, foi emitido um relatório de Não Conformidade (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1105) devido ao acúmulo de água no reservatório decorrente da falta de operacionalidade do sistema de bombeamento implantado no *sump* do reservatório.

6.1.5 Projeto

Considerando o avanço das obras até o presente momento, a situação atual da obra se encontra na Etapa 1 – Fase 2, com a pendência de remoção completa do maciço do 10º alteamento. Devido ao início do período chuvoso, as atividades de remoção de material foram paralisadas em meados de outubro de 2024. Conforme previamente apresentado, no período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025) foram realizados apenas serviços relacionados à conclusão do revestimento do reservatório e canal de conexão com o extravasor, além da manutenção e correção das atividades já realizadas.

De acordo com o verificado na sequência construtiva presente no relatório do projeto executivo (IPE.OP.RL.8000.GT.20.676), os serviços até então realizados foram:

Serviços Preliminares

- Instalação e operação de poço de rebaixamento seguindo orientações da empresa Water Services que desenvolveu os estudos hidrogeológicos;
- Estabilização da encosta próximo ao extravasor de serviço (ombreira esquerda);
- Remoção da geomembrana de impermeabilização do reservatório;
- Locação e demarcação da Fase 1 das obras de descaracterização;

Etapa 1 - Fase 1 – Remoção Parcial do Rejeito do Reservatório e do Maciço do 11º Alteamento

- Execução de *sump* operacional, locado na porção de montante do reservatório, próximo ao sistema extravasor de emergência localizado na ombreira direita, com fundo na elevação 1.123,00 m e aprofundando até a elevação 1.119,00 m;
- Remoção do rejeito do reservatório em camadas de aproximadamente 2,0 m de espessura, com avanços a partir do *sump* em direção à ombreira esquerda até o local do extravasor de serviço (ombreira esquerda). A declividade da superfície da escavação deve ser direcionada no sentido para montante e com platô final na elevação média 1.121,0 m;
- Adequação do emboque do extravasor de emergência (ombreira direita) para a nova condição do reservatório;
- Remoção completa do maciço do 11º alteamento;
- Relocação do *sump* para a fase seguinte das obras.

Etapa 1 - Fase 2 – Remoção Parcial do Rejeito do Reservatório e do Maciço do 10º Alteamento

- Aprofundamento do *sump* existente em 2,0 m;
- Remoção do rejeito do reservatório em camadas de aproximadamente 2,0 m de espessura seguindo os mesmos procedimentos da fase anterior até a elevação do pé de montante do maciço do 10º alteamento (El. média 1.116,00 m);
- Adequação do emboque do extravasor de emergência (ombreira direita) para a nova condição do reservatório;
- Remoção parcial do maciço do 10º alteamento
- Impermeabilização do reservatório.

A seguir são apresentadas figuras referentes a Etapa 1 - Fase 2 do projeto de descaracterização da Barragem B2-Mina Tico-Tico.

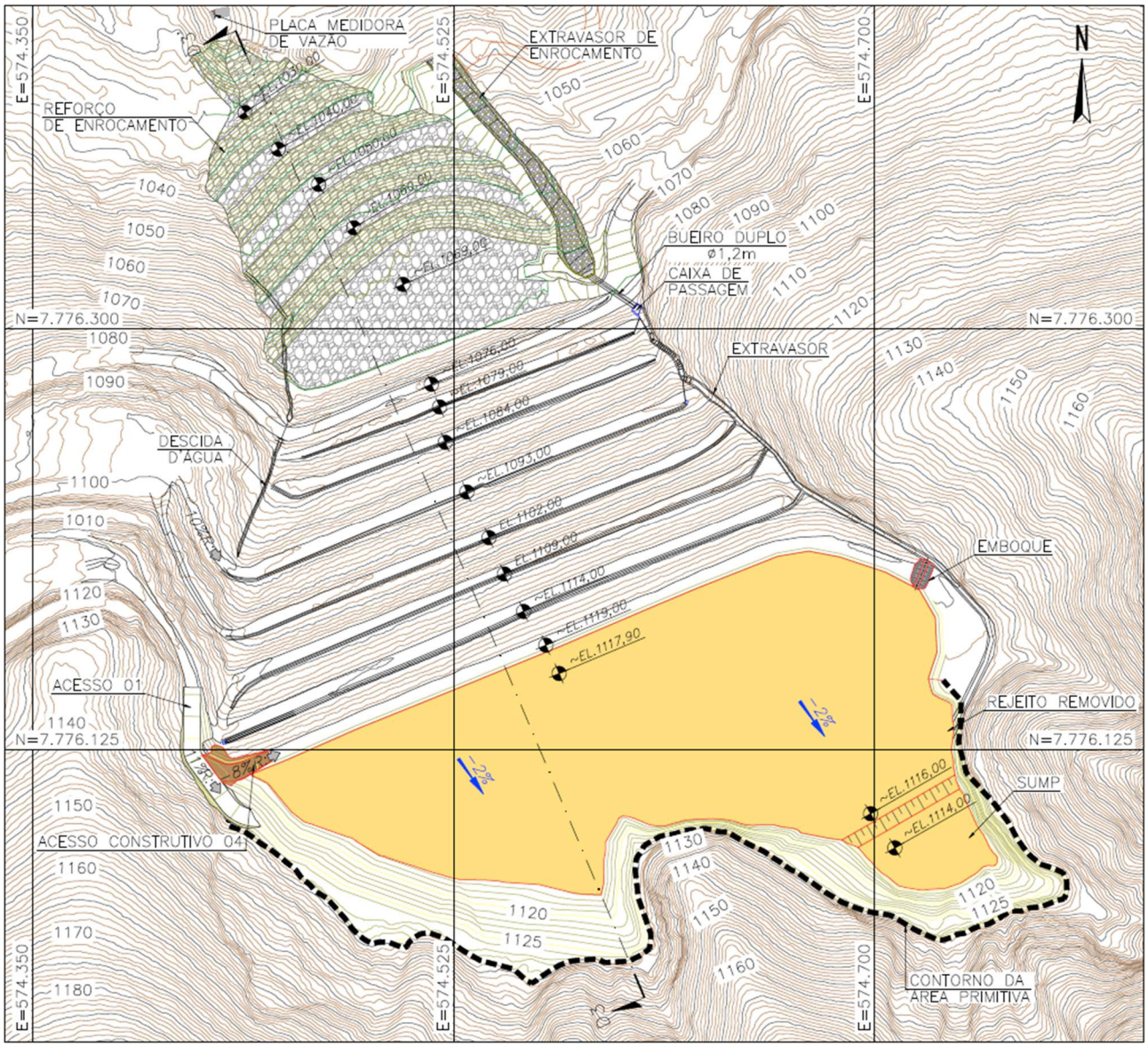


Figura 6.2 – Sequência Construtiva – Planta – Etapa 1-Fase 2B (IPE.OP.DE.8000.GT.20.746).

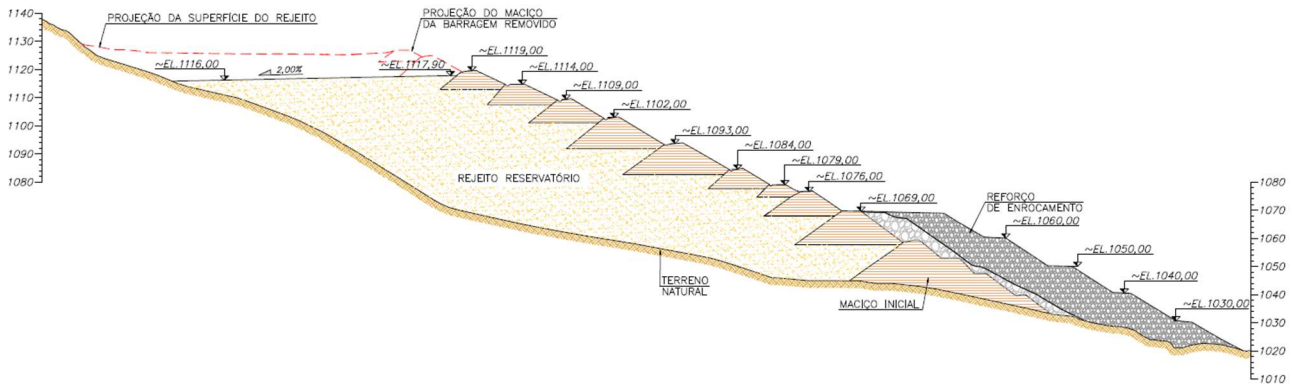


Figura 6.3 – Sequência Construtiva – Seção D-D' – Etapa 1 - Fase 2B.

6.1.6 Levantamento Topográfico – Obras Executadas

No período em que foi possível verificar o avanço da obra, os levantamentos topográficos e ortofotos de acompanhamento da descaracterização estavam sendo realizados pela MMI com frequência quase diária, de modo a se ter registro e controle dos serviços executados. Com o início do período chuvoso, as obras foram paralisadas e assim foi reduzida a frequência de realização dos levantamentos e ortofotos. A seguir é apresentado o levantamento realizado pela MMI em 27/01/2025 (ACAD_ATUALIZACAO_GERAL_MMI_27JAN25.dwg) e ortofoto apresentando a condição do reservatório no dia 24/01/2025.

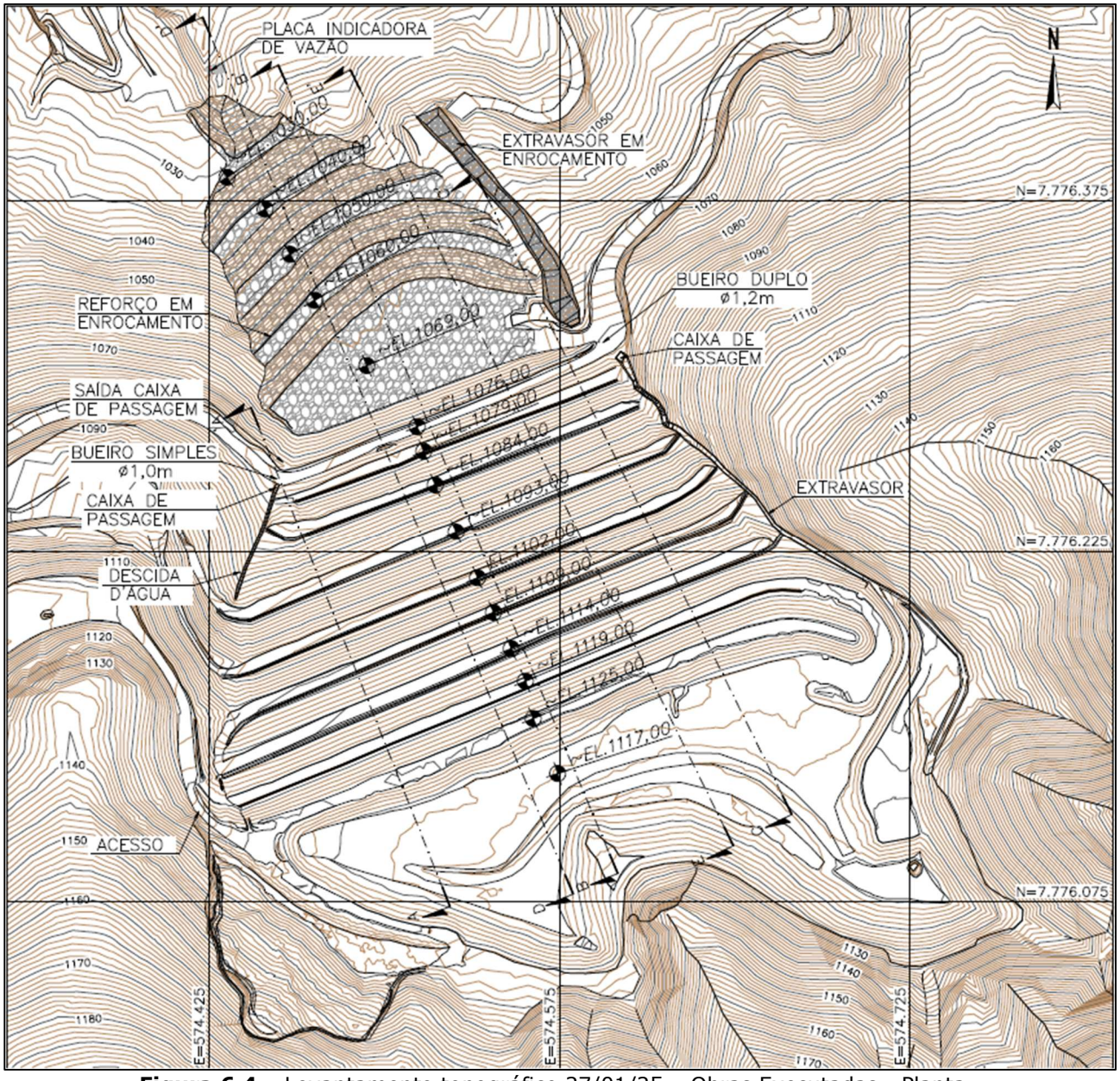


Figura 6.4 – Levantamento topográfico 27/01/25 – Obras Executadas - Planta.



Figura 6.5 – Imagem aérea da Barragem B2 – Mina Tico-Tico. (Ortofoto 24/01/25 - fornecida pela MMI).

A partir do levantamento topográfico (ACAD_ATUALIZACAO_GERAL_MMI_27JAN25.dwg) enviado pela MMI, verifica-se que até o momento (27/01/2025) foi removido aproximadamente

185.000 m³ de rejeitos. Mantendo-se os valores verificados até outubro/2024, já que não foram realizadas atividades de remoção de materiais no período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025). A curva elevação x volume da escavação executada é apresentada na Figura 6.6.

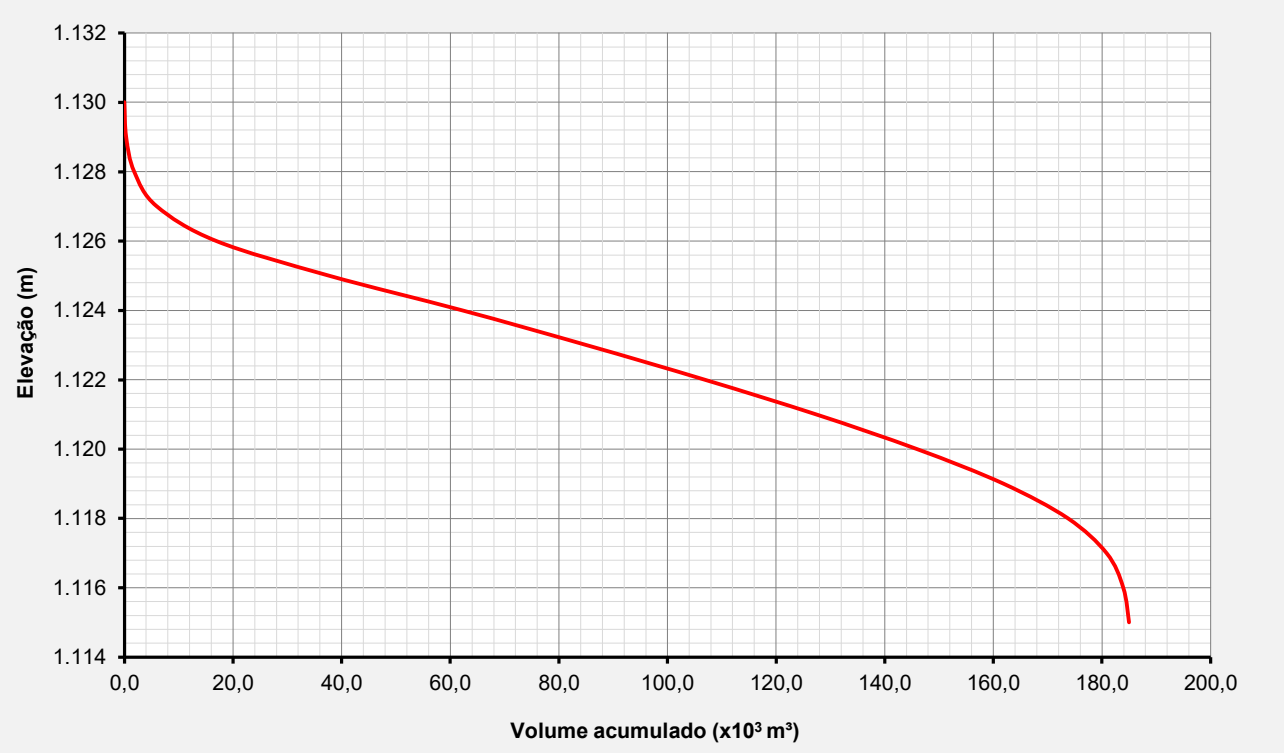


Figura 6.6 – Curva elevação x volume – Remoção Executada.

6.1.7 Comparativo Projeto x Executado

A seguir é apresentado um comparativo de modo a verificar a aderência entre o projeto (Etapa 1 – Fase 2B) e o que foi executado até o momento.

As geometrias de projeto são apresentadas em linhas tracejadas em vermelho.

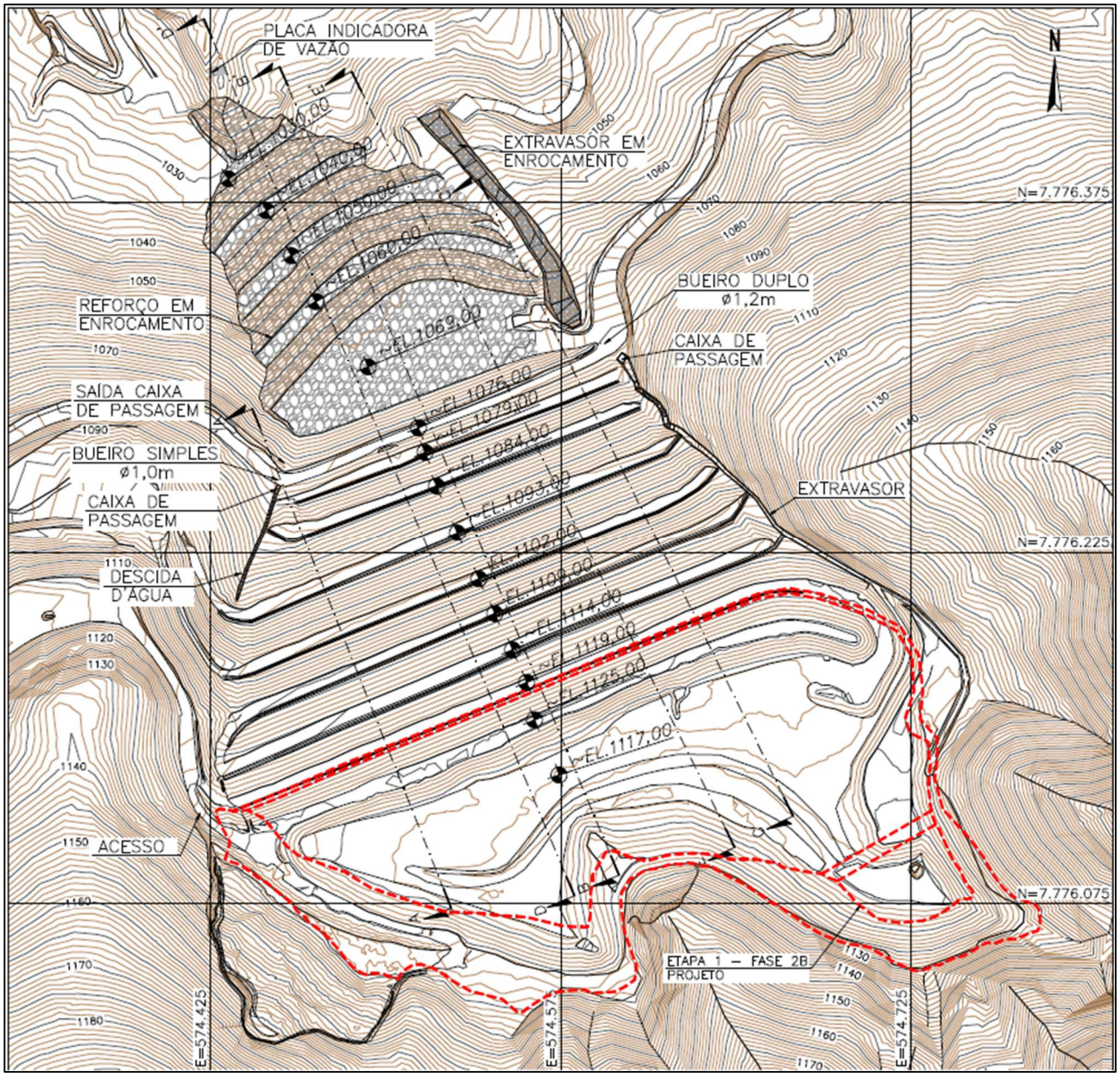


Figura 6.7 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 2B) x Executado – Planta.

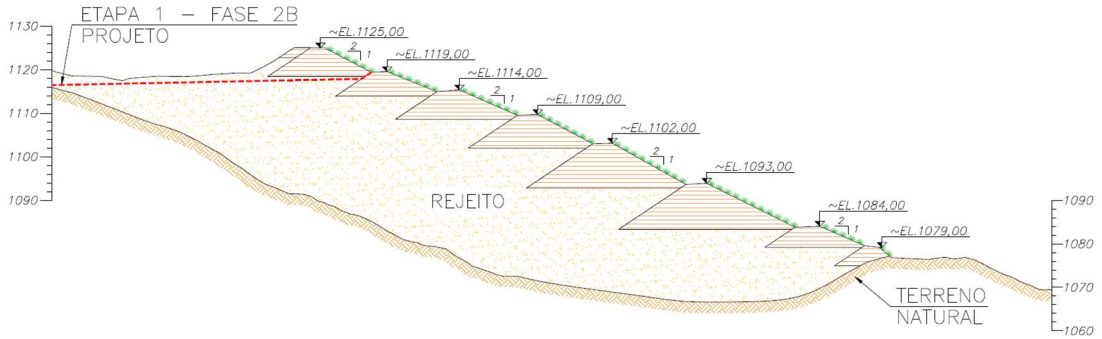


Figura 6.8 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 2B) x Executado – Seção A-A'.

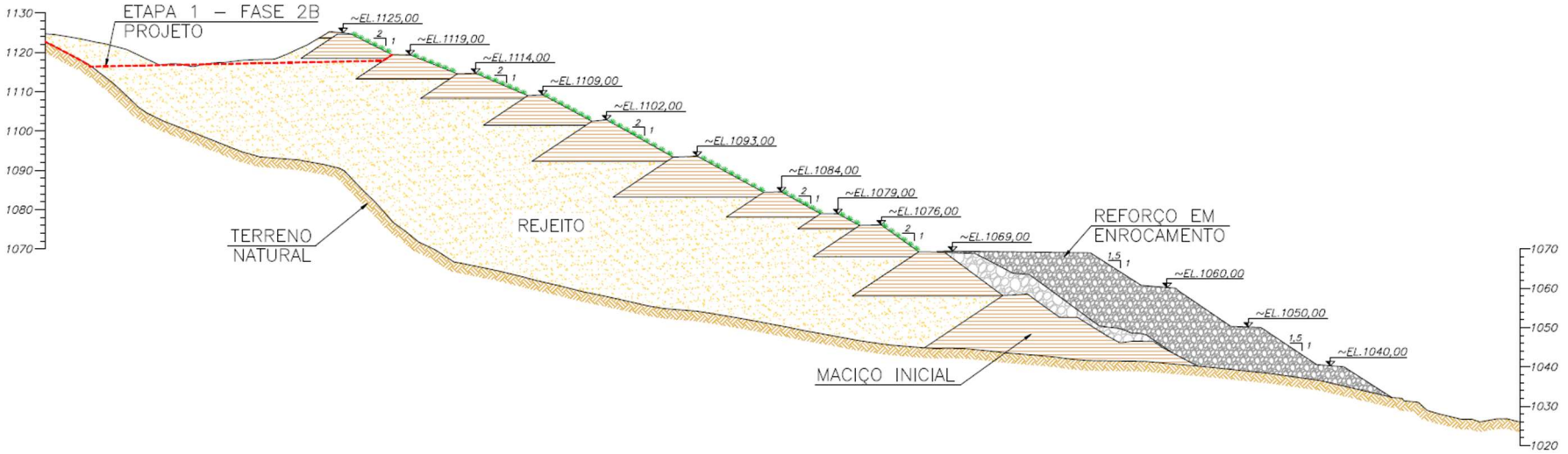


Figura 6.9 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 2B) x Executado – Seção B-B'.

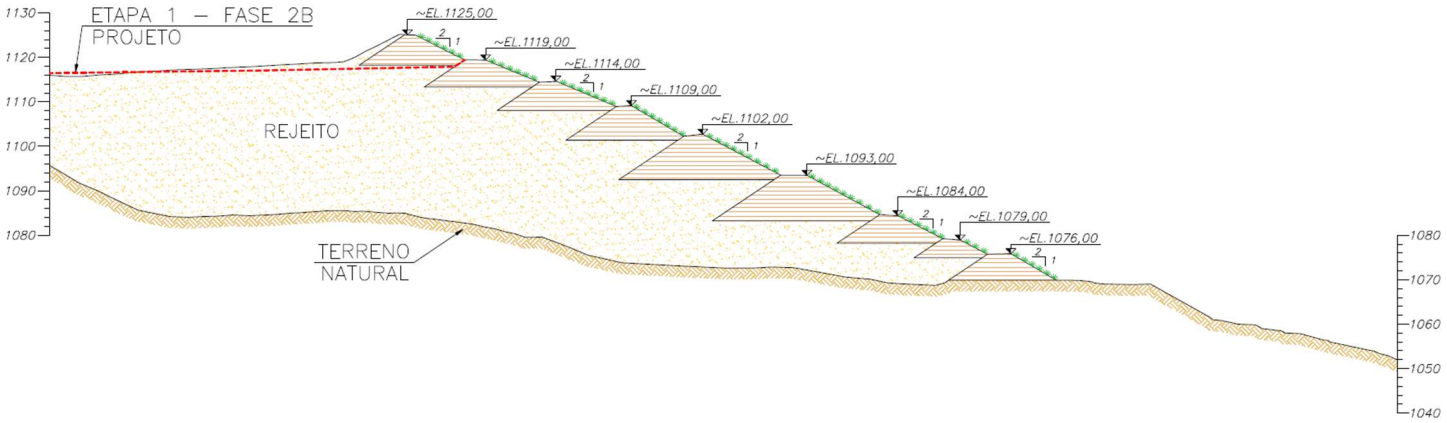


Figura 6.10 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 2B) x Executado – Seção C-C'.

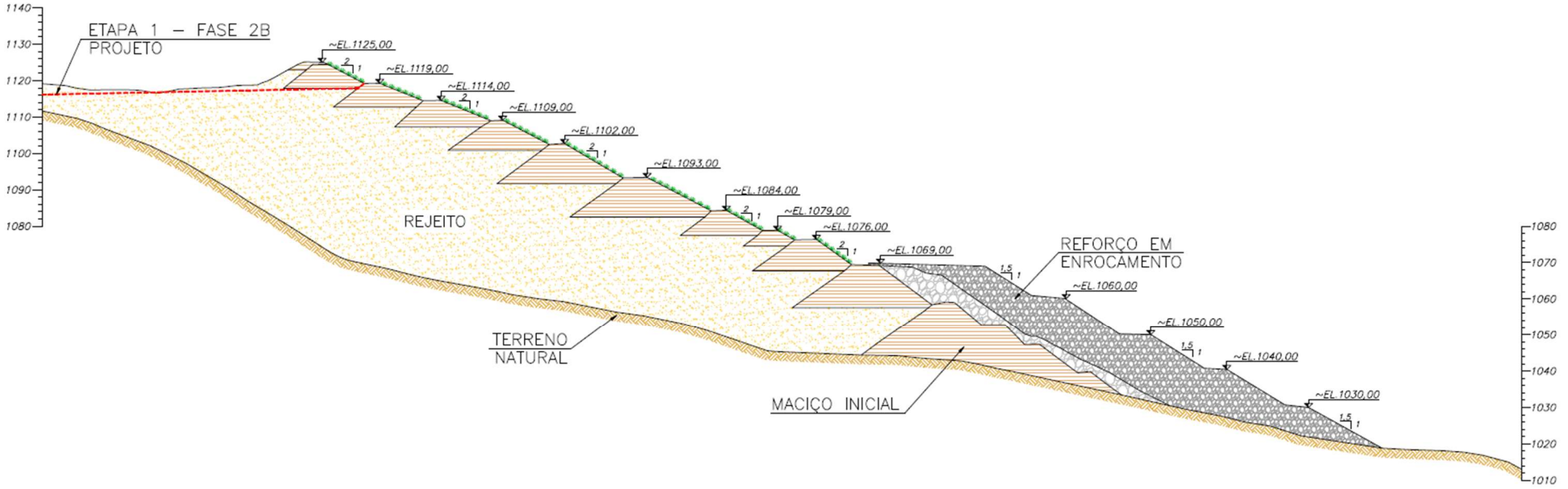


Figura 6.11 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 2B) x Executado – Seção D-D'.

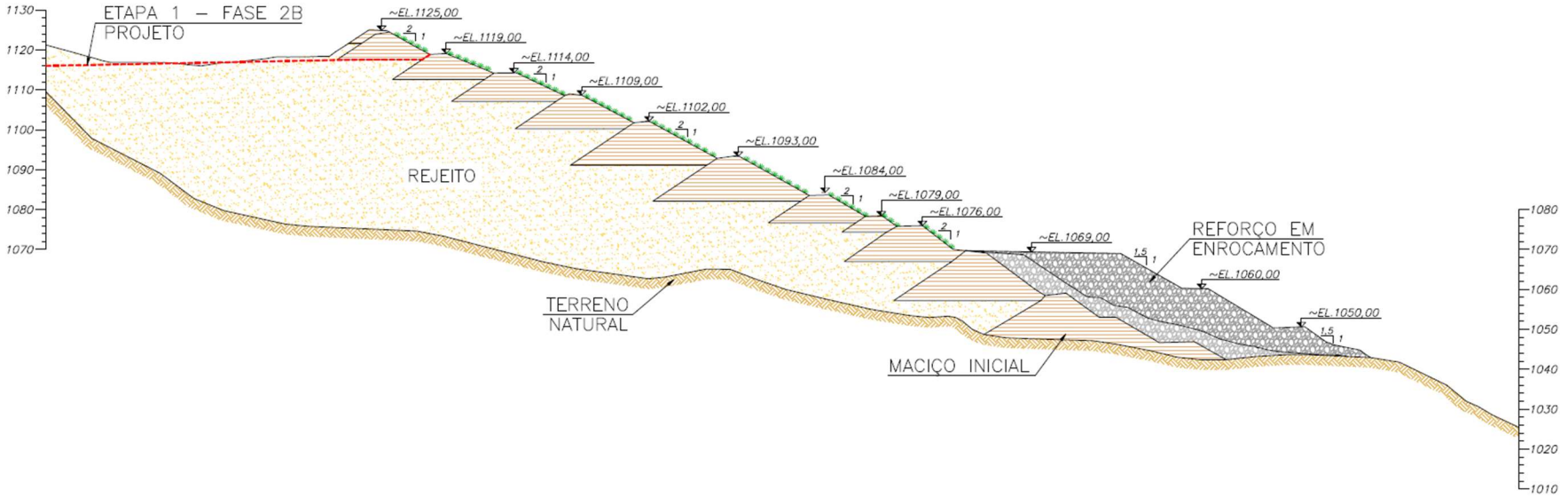


Figura 6.12 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 2B) x Executado – Seção E-E'.

Verifica-se que os serviços executados ficaram bem próximos do projetado, com pequenas discrepâncias, possivelmente, devido a questões verificadas em campo em relação ao levantamento topográfico primitivo utilizado no projeto e para um melhor ajuste em decorrência da fase da obra. Como pendência para finalizar a Etapa 1 – Fase 2, falta a conclusão da remoção do maciço do 10º alteamento.

De forma a acompanhar o andamento das obras, é apresentada a seguir uma curva elevação-volume indicando:

- a remoção total (considerada em projeto);
- a remoção executada (obtida a partir do levantamento topográfico atualizado);
- a remoção a ser executada (diferença entre a total e a executada).

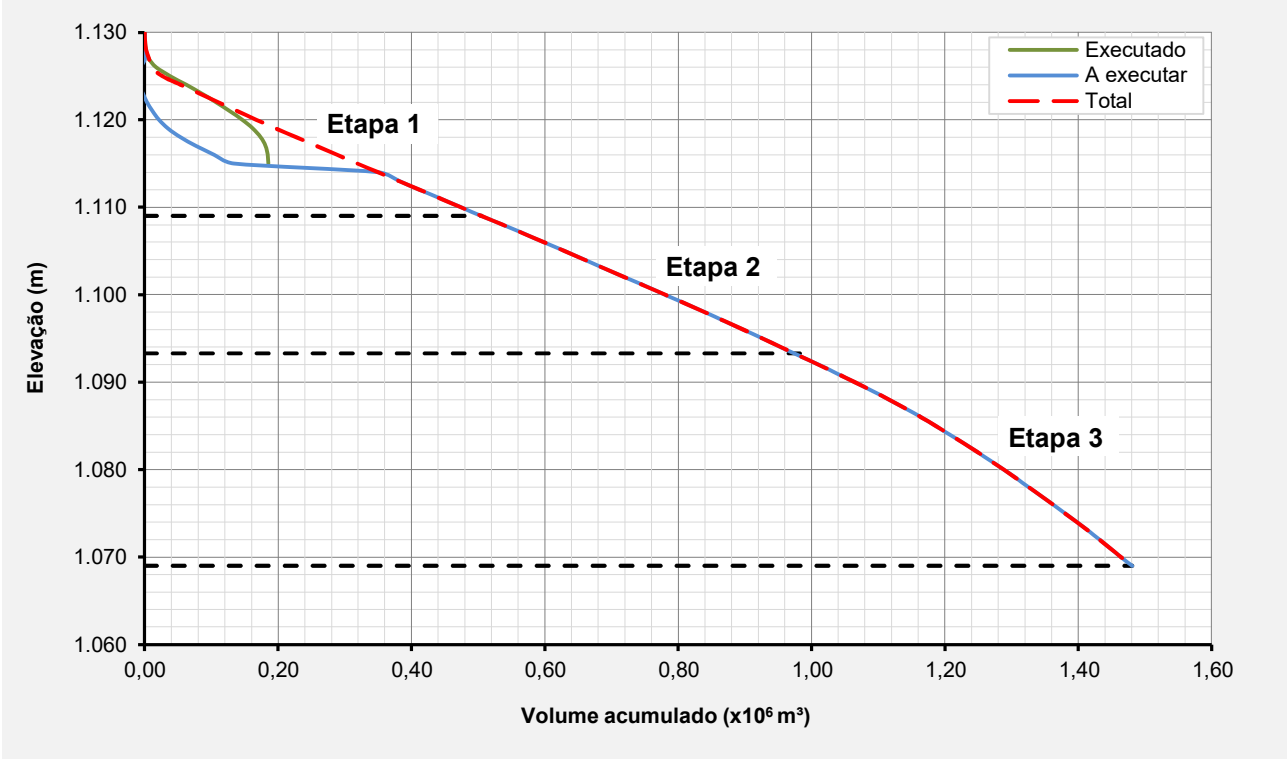


Figura 6.13 – Curva elevação-volume – Comparativo andamento das obras.

6.2 Condição da Estrutura no Período Avaliado

Atualmente o fator de segurança não-drenado liquefeito é superior ao valor mínimo recomendado pela TR FEAM de descaracterização (1,1), em todas as seções avaliadas. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura em relação às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

6.2.1 Inspeções de Campo

As obras foram acompanhadas diariamente no período avaliado pelo ATO da MMI e quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de avaliação quinzenal de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, indicação das anomalias verificadas e análises de estabilidade da estrutura.

6.2.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (novembro/2024 a janeiro/2025).

Tabela 6.3 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B2 – Mina Tico-Tico – 1ª quinzena de nov./2024 a 2ª quinzena de jan./2025.

ID	ANOMALIA	Novembro/24		Dezembro/24		Janeiro/25	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS NO TALUDE DE JUSANTE						
11	SUPERFÍCIE DE RUPTURA IDENTIFICADA NA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO, PRÓXIMA AO EXTRAVASOR OPERACIONAL						
14	PRESENÇA E/OU CIRCULAÇÃO DE ANIMAIS NO MACIÇO DA ESTRUTURA.		-				
20	ACÚMULO DE ÁGUA NO ACESSO AO PÉ DA ESTRUTURA.						
22	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM DAS BERMAS	-	-	-	-		
28	DESABAMENTO DA CONTENÇÃO JUNTO AO CANAL DO EXTRAVASOR.						
38	CANALETA DE BERMA DANIFICADA.		-	-	-	-	-
42	PRESENÇA DE TOCAS DE ANIMAIS NO TALUDE DE JUSANTE					-	-
43	CANALETAS DAS BERMAS OBSTRUÍDAS E COM ACÚMULO DE ÁGUA	-	-	-	-		
44	MATERIAL DE REMOÇÃO DE LEIRA DO COROAMENTO LANÇADO SOLTO NO TALUDE DE MONTANTE.		-	-	-	-	-
45	TALUDES DO CANAL DE CONEXÃO SEM REVESTIMENTO ADEQUADO			-	-	-	-
46	CORREÇÃO INADEQUADA DAS CANALETAS DANIFICADAS						-
47	REVESTIMENTO DO RESERVATÓRIO INCOMPLETO E COM PONTOS DE FALHA						
48	VEGETAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO NA REGIÃO DO REFORÇO EM ENROCAMENTO E NO TRECHO FINAL DO CANAL EXTRAVASOR						
49	ASSOREAMENTO DO CANAL EXTRAVASOR						
50	EMPOÇAMENTO DE ÁGUA NA BASE DO INSTRUMENTO (PZ-16).						-
51	PONTOS DE ACÚMULO DE ÁGUA NO COROAMENTO						
52	REVESTIMENTO DO RESERVATÓRIO DANIFICADO PELO TRÁFEGO DE EQUIPAMENTOS.						
53	PROCESSO EROSIVO EM DESENVOLVIMENTO NA ENCOSTA PRÓXIMA AO SUMP DO RESERVATÓRIO.						
54	DISPOSITIVO DE DRENAGEM SUPERFICIAL DESCALÇADO						

LEGENDA:

ANOMALIA VERIFICADA
ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO
ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA
ANOMALIA AGRAVADA
ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA

6.2.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle da barragem é composta por 35 (trinta e cinco) indicadores de nível d'água com leitura manual; 2 (dois) indicadores de nível d'água automatizados, 16 (dezessete) piezômetros de tubo aberto do tipo Casagrande e 8 (oito) piezômetros automatizados, 03 (três) marcos superficiais, 01 (um) indicador de vazão e 04 (quatro) sismógrafos, distribuídos em 05 (cinco) seções transversais de monitoramento.

O PZ-07 precisou ser removido e o PZ-13 está sem acesso devido ao avanço das obras de descaracterização.

Os níveis de controle dos instrumentos instalados na Barragem B2 – Mina Tico-Tico foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico do rejeito do reservatório localizado abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível de atenção**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível de Atenção:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,30 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
2- **Nível de Alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,20 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,00 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 3).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.553, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em novembro/2024.

A Figura 6.14, Figura 6.15 e Figura 6.16 apresentam a locação em planta dos instrumentos e da Figura 6.17 a Figura 6.21 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 6.4 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

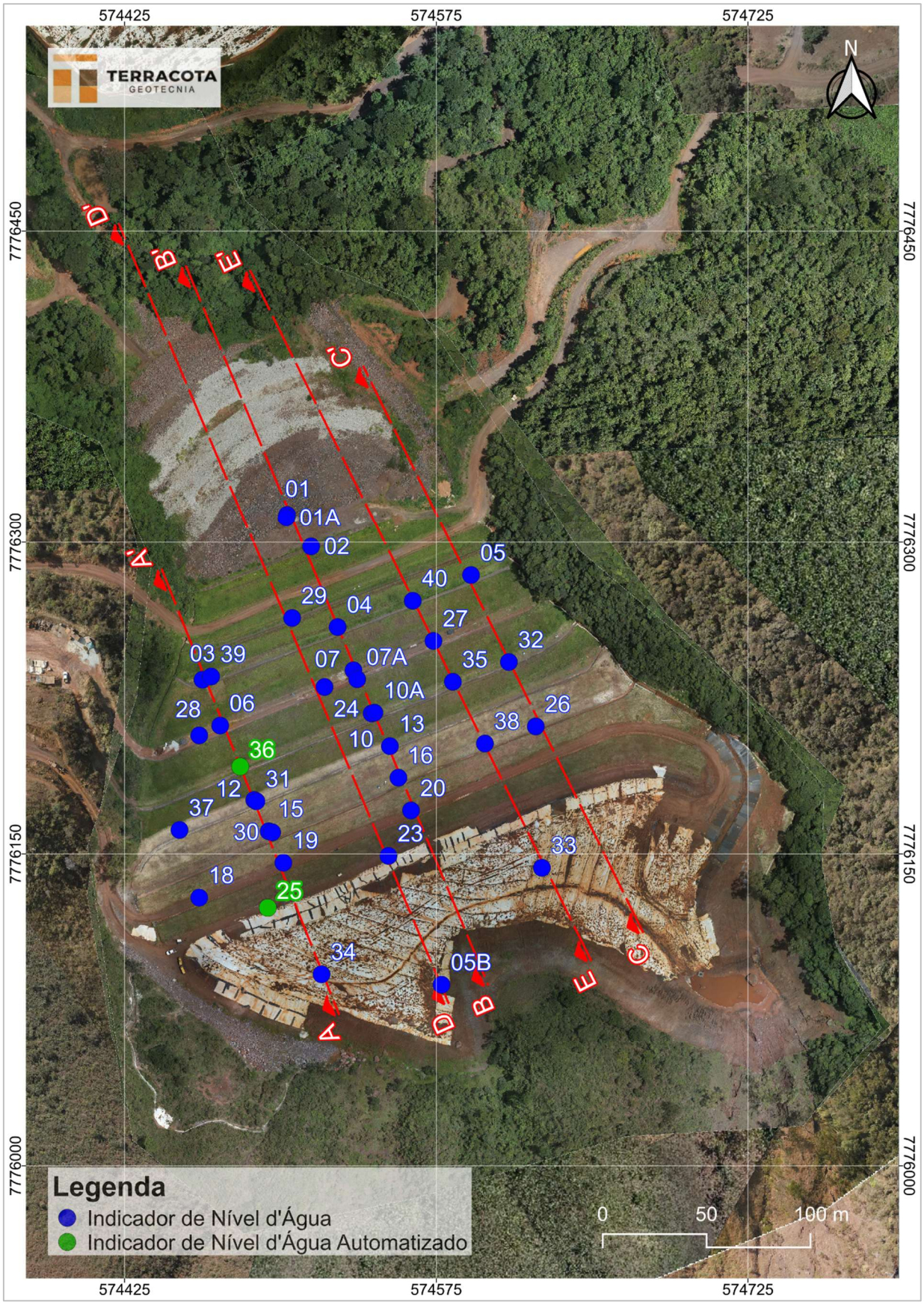


Figura 6.14 – Locação dos indicadores de nível d'água.

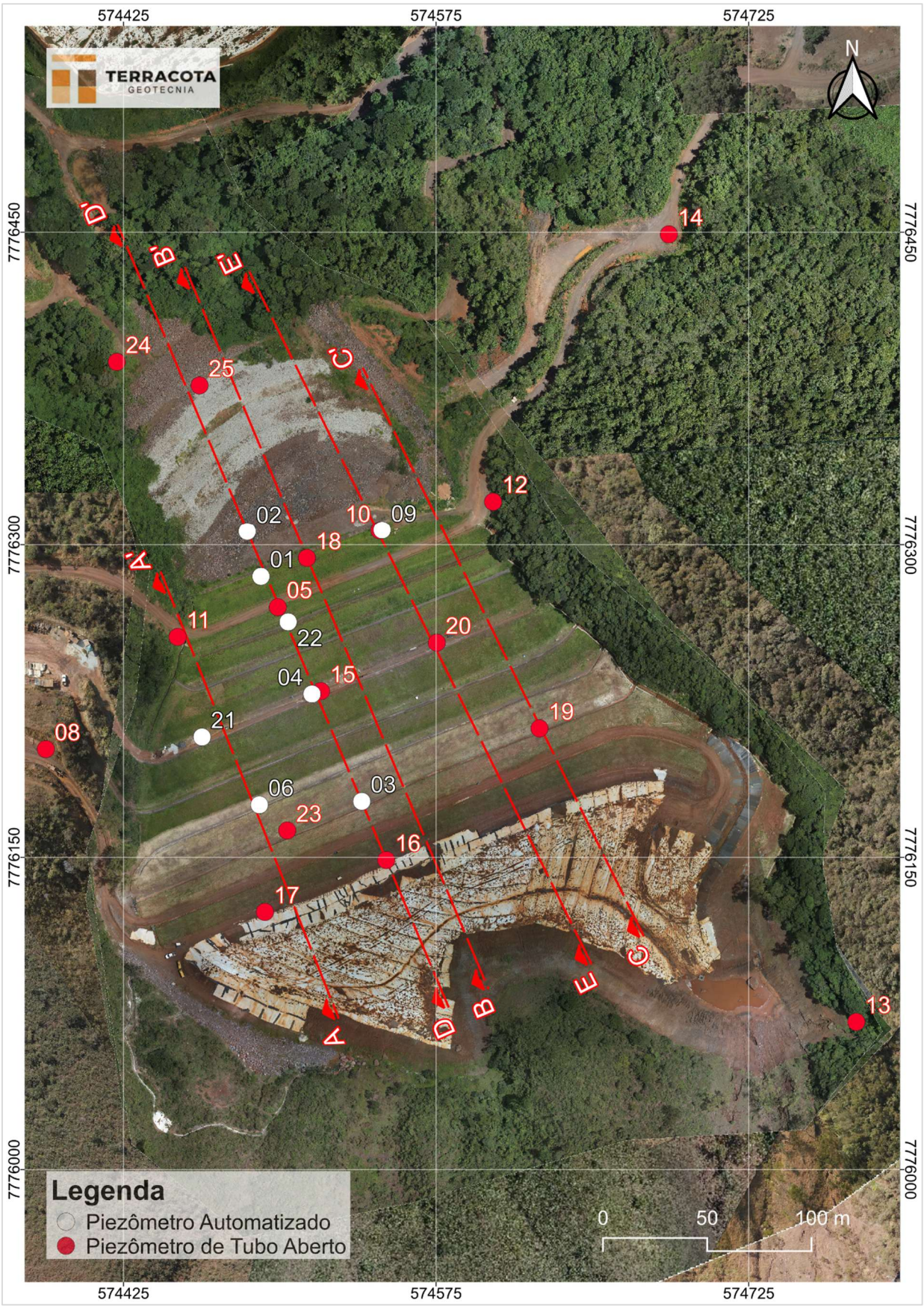


Figura 6.15 – Locação dos piezômetros.

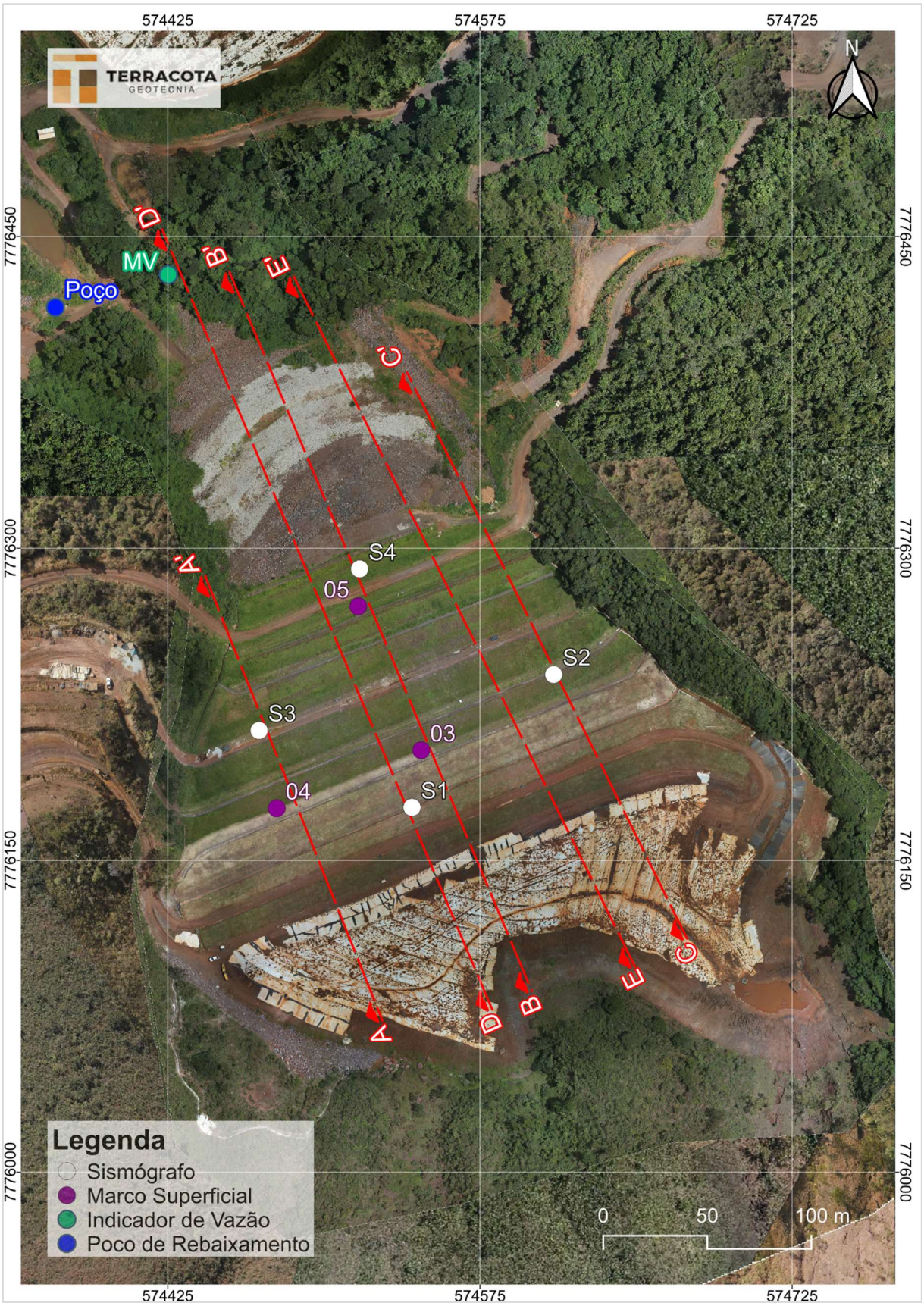


Figura 6.16 – Locação dos marcos superficiais, sismógrafos, indicador de vazão e poço de rebaixamento.

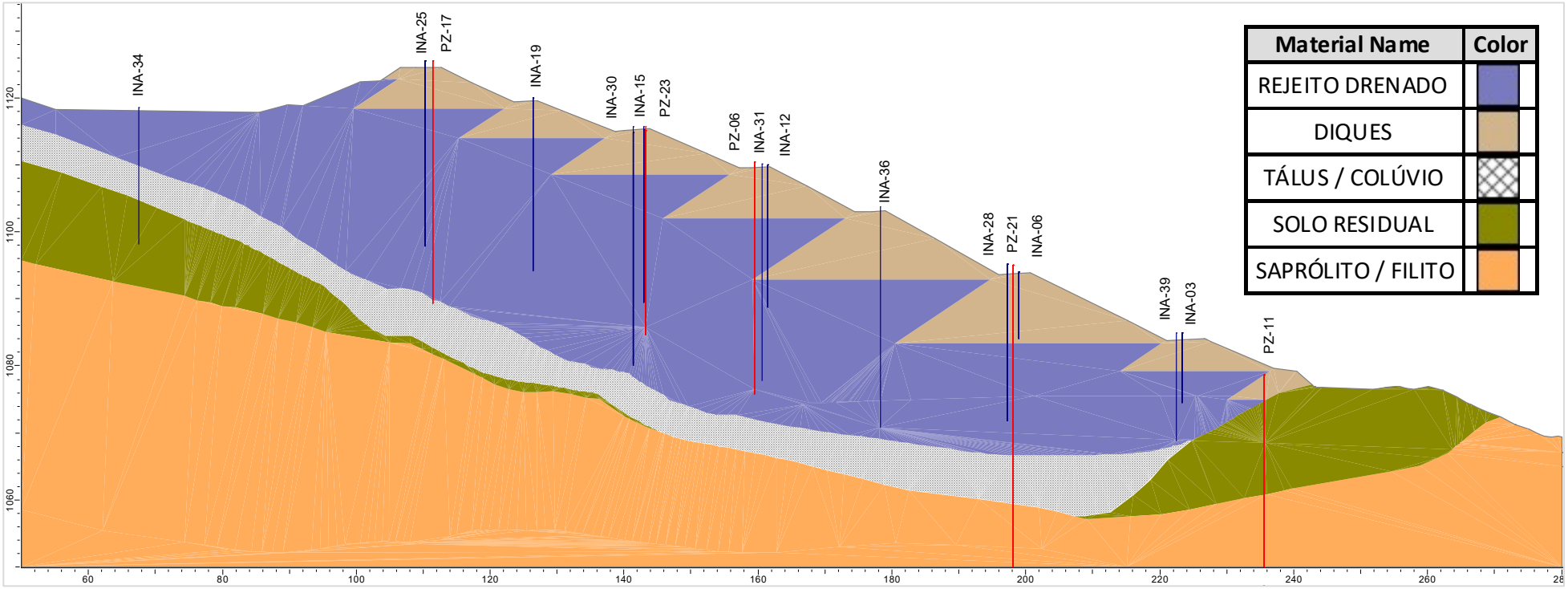


Figura 6.17 – Seção transversal de controle A-A' (Condição em 27/01/2025).

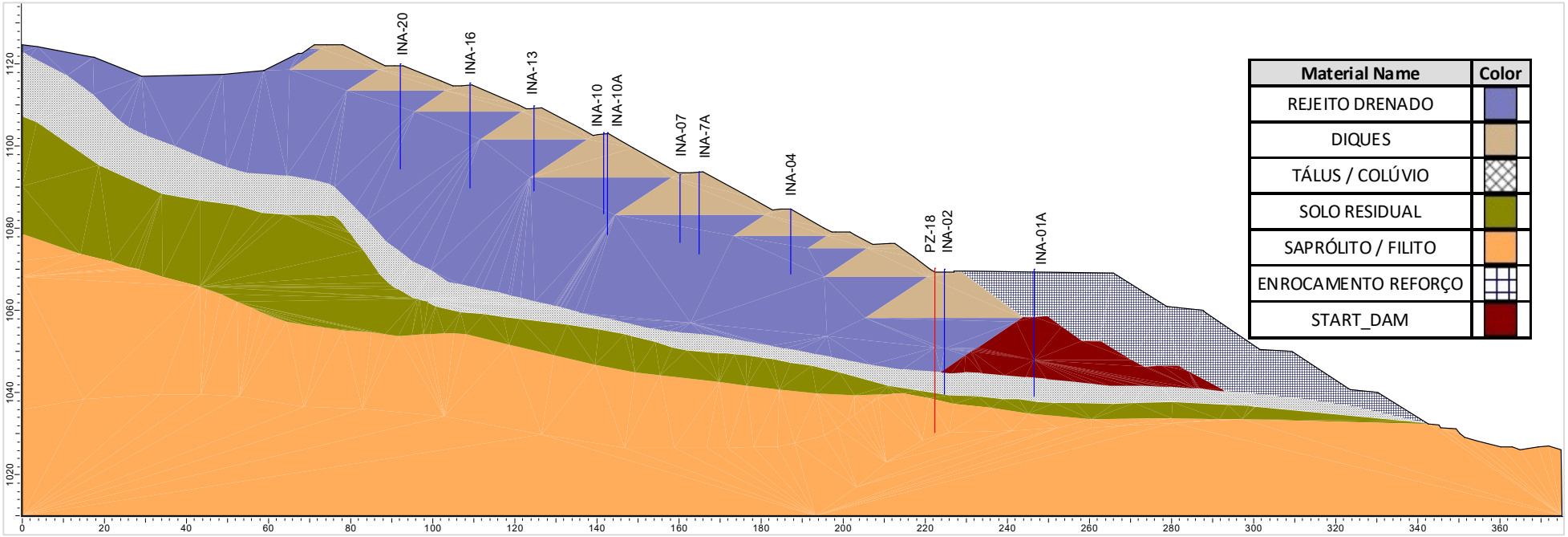


Figura 6.18 – Seção transversal de controle B-B' (Condição em 27/01/2025).

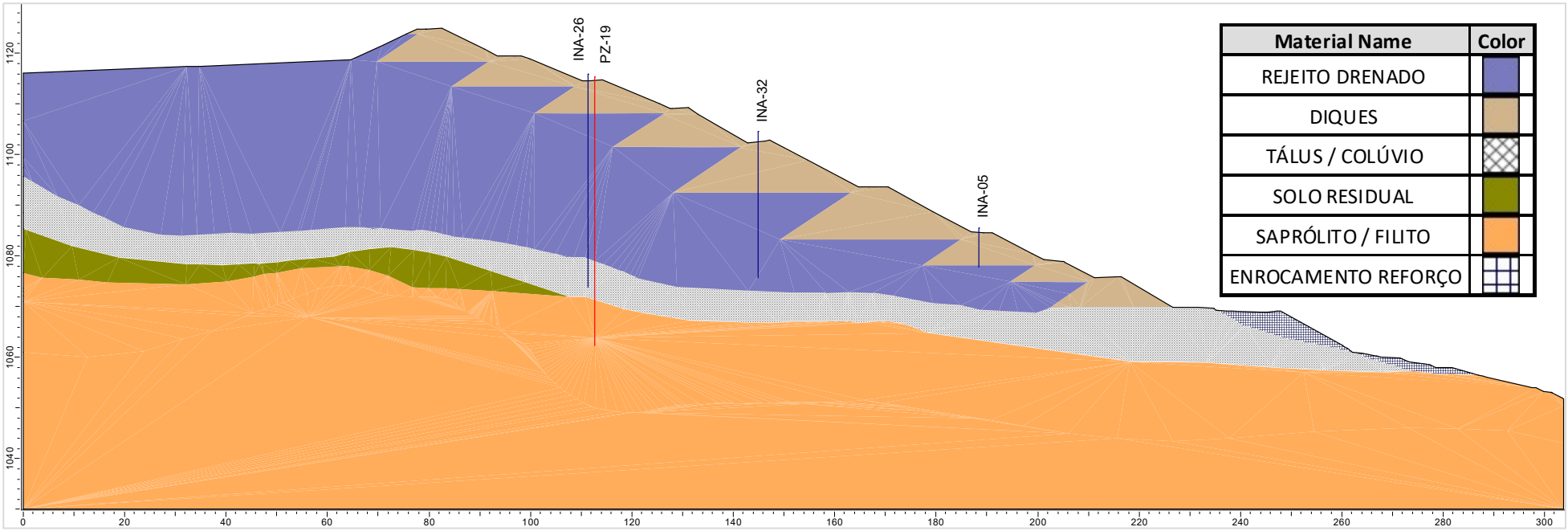


Figura 6.19 – Seção transversal de controle C-C' (Condição em 27/01/2025).

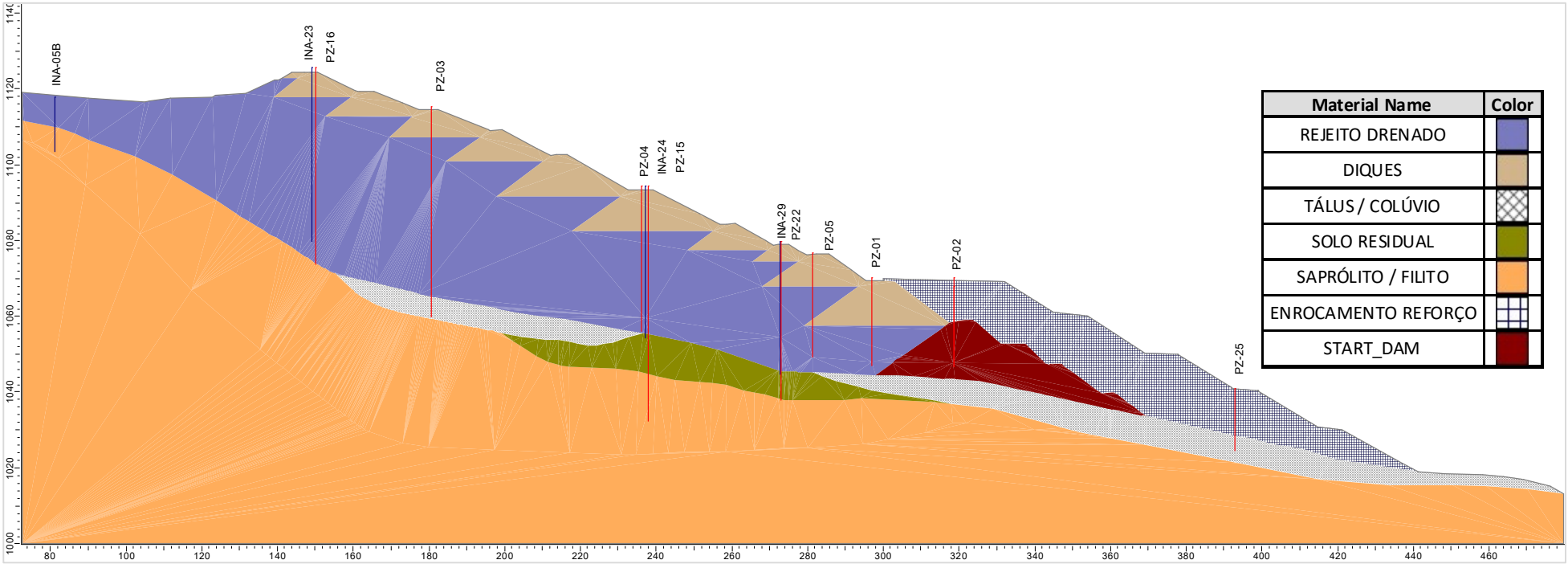


Figura 6.20 – Seção transversal de controle D-D' (Condição em 27/01/2025).

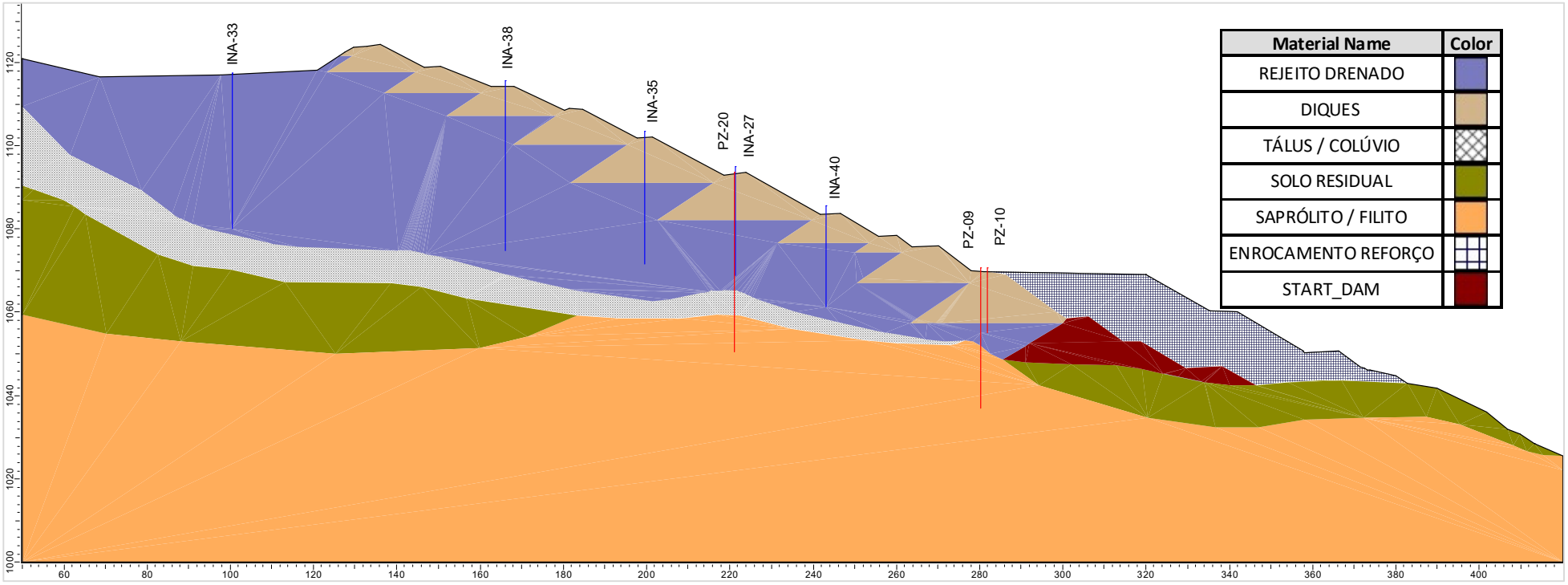


Figura 6.21 – Seção transversal de controle E-E' (Condição em 27/01/2025).

Tabela 6.4 – Locação, características, leitura (29/01/2025) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (29/01/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A’	INA-34	574.519,824	7.776.092,184	1.118,54	1.098,14	20,40	SECO	1.102,00	1.103,00	1.104,00
	INA-25 (1)	574.493,944	7.776.124,174	1.125,51	1.098,78	26,73	1.098,84 (3)	1.098,28	1.098,58	1.098,78
	PZ-17	574.492,893	7.776.123,796	1.125,52	1.090,42	35,10	SECO	1.093,50	1.095,00	1.096,00
	INA-19	574.501,437	7.776.145,795	1.119,96	1.094,19	25,77	SECO	1.094,69	1.094,99	1.095,19
	INA-30	574.496,028	7.776.160,454	1.115,90	1.079,93	35,97	SECO	1.092,50	1.093,00	1.094,00
	INA-15	574.494,387	7.776.160,916	1.115,20	1.089,51	25,69	SECO	1.092,50	1.093,00	1.094,00
	PZ-23	574.503,574	7.776.162,871	1.115,96	1.085,13	30,83	1.085,64	1.092,50	1.093,00	1.094,00
	PZ-06 (1)	574.490,218	7.776.175,201	1.110,33	1.075,80	34,53	1.076,27	1.090,00	1.091,00	1.092,00
	INA-31	574.488,447	7.776.175,368	1.110,33	1.077,72	32,61	SECO	1.090,00	1.091,00	1.092,00
	INA-12	574.487,432	7.776.175,985	1.109,95	1.088,36	21,59	SECO	1.090,00	1.091,00	1.092,00
	INA-36 (1)	574.480,696	7.776.192,019	1.103,90	1.070,80	33,10	1.070,36 (2)	1.082,50	1.083,25	1.084,00
	INA-28	574.460,943	7.776.207,008	1.095,14	1.071,74	23,40	SECO	1.076,50	1.078,00	1.079,00
	PZ-21 (1)	574.462,687	7.776.207,739	1.095,07	1.048,93	46,14	1.057,76	1.066,00	1.068,00	1.071,00
	INA-06	574.471,040	7.776.211,750	1.094,03	1.083,39	10,64	SECO	1.084,57	1.084,87	1.085,07
	INA-03	574.462,517	7.776.233,802	1.084,82	1.074,42	10,40	SECO	1.074,92	1.075,22	1.076,30
	INA-39	574.466,682	7.776.235,354	1.084,90	1.068,82	16,08	SECO	1.073,00	1.073,75	1.076,50
	PZ-11	574.450,970	7.776.255,740	1.078,64	1.027,24	51,40	1.043,07	1.063,00	1.065,00	1.067,00
B-B’	INA-20	574.562,876	7.776.170,936	1.119,96	1.094,24	25,72	COLMATADO	1.094,74	1.095,04	1.095,24
	INA-16	574.556,831	7.776.186,690	1.115,27	1.089,62	25,65	SECO	1.090,12	1.090,42	1.090,62
	INA-13	574.552,708	7.776.201,867	1.109,66	1.089,05	20,61	SECO	1.089,55	1.089,85	1.090,05

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (29/01/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
B-B’	INA-10	574.543,939	7.776.217,594	1.103,16	1.078,29	24,87	SECO	1.078,79	1.079,09	1.079,29
	INA-10A	574.545,267	7.776.217,956	1.103,23	1.083,16	20,07	SECO	1.083,96	1.084,26	1.084,46
	INA-07	574.535,188	7.776.238,345	1.093,66	1.072,72	20,94	SECO	1.074,06	1.074,36	1.078,00
	INA-07A	574.536,982	7.776.234,018	1.093,64	1.076,94	16,70	SECO	1.077,44	1.077,74	1.078,00
	INA-04	574.527,552	7.776.259,135	1.084,46	1.068,65	15,81	SECO	1.069,15	1.069,45	1.071,00
	INA-02	574.514,796	7.776.297,920	1.068,65	1.038,74	29,91	1.039,34 (4)	1.054,50	1.056,50	1.061,00
	PZ-18	574.513,017	7.776.293,664	1.070,12	1.030,04	40,08	1.037,96	1.054,50	1.056,50	1.061,00
	INA-01	574.503,220	7.776.313,342	1.070,11	1.038,92	31,19	DANIFICADO	1.050,00	1.052,50	1.055,00
	INA-01A	574.502,899	7.776.311,911	1.070,11	1.043,38	26,73	1.048,29	1.050,00	1.052,50	1.055,00
C-C’	INA-26	574.622,923	7.776.211,341	1.115,50	1.073,07	42,43	SECO	1.080,50	1.082,50	1.087,00
	PZ-19	574.624,640	7.776.211,878	1.115,34	1.062,12	53,22	1.062,67	1.080,50	1.082,50	1.087,00
	INA-32	574.609,982	7.776.242,314	1.103,39	1.075,61	27,78	SECO	1.077,50	1.079,50	1.084,00
	INA-05	574.591,761	7.776.284,132	1.084,49	1.075,62	8,87	SECO	1.077,15	1.077,45	1.077,65
D-D’	INA-05B	574.577,560	7.776.087,144	1.117,91	1.103,52	14,39	SECO	1.111,50	1.112,50	1.114,50
	INA-23	574.552,009	7.776.149,087	1.125,75	1.079,61	46,14	SECO	1.080,11	1.080,41	1.082,00
	PZ-16	574.551,073	7.776.148,709	1.125,58	1.073,54	52,04	SECO	1.075,50	1.077,75	1.083,25
	PZ-03 (1)	574.539,333	7.776.176,864	1.115,36	1.059,83	55,53	1.059,51	1.061,50	1.063,00	1.066,00
	PZ-04 (1)	574.515,454	7.776.228,365	1.094,40	1.056,08	38,32	1.058,53	1.068,00	1.072,00	1.076,00
	INA-24	574.521,245	7.776.230,297	1.094,38	1.054,17	40,21	1.059,12	1.068,00	1.072,00	1.076,00
	PZ-15	574.519,798	7.776.229,746	1.094,39	1.032,37	62,02	1.044,61	1.053,50	1.055,00	1.057,50
	INA-29	574.505,661	7.776.263,490	1.079,74	1.045,99	33,75	1.055,44	1.061,00	1.065,00	1.070,00

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (29/01/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
D-D’	PZ-22 (1)	574.504,016	7.776.262,970	1.079,71	1.037,71	42,00	1.041,56	1.045,00	1.047,00	1.048,00
	PZ-05	574.499,050	7.776.270,044	1.076,62	1.048,81	27,81	SECO	1.059,00	1.063,00	1.068,00
	PZ-01 (1)	574.490,976	7.776.284,809	1.069,15	1.046,85	22,30	1.047,86	1.056,00	1.058,50	1.062,50
	PZ-02 (1)	574.484,379	7.776.306,479	1.070,34	1.046,63	23,71	1.048,33	1.052,00	1.054,00	1.056,00
	PZ-25	574.461,511	7.776.376,685	1.040,83	1.024,53	16,30	1.028,58	1.029,00	1.030,25	1.032,75
E-E’	INA-33	574.625,885	7.776.143,361	1.117,32	1.079,98	37,34	SECO (4)	1.085,00	1.087,00	1.092,00
	INA-38	574.598,447	7.776.203,110	1.115,64	1.074,80	40,84	SECO	1.079,00	1.080,50	1.084,50
	INA-35	574.583,022	7.776.232,800	1.103,43	1.071,60	31,83	SECO	1.074,50	1.075,00	1.079,50
	PZ-20	574.575,328	7.776.253,021	1.094,52	1.051,32	43,20	SECO	1.070,00	1.071,50	1.076,50
	INA-27	574.573,684	7.776.252,453	1.094,57	1.068,47	26,10	SECO	1.070,00	1.071,50	1.076,50
	INA-40	574.563,720	7.776.271,753	1.085,49	1.061,34	24,15	SECO	1.065,00	1.067,50	1.072,00
	PZ-09 (1)	574.549,100	7.776.307,150	1.070,61	1.037,00	33,61	1.041,27 (5)	1.058,00	1.060,00	1.064,00
	PZ-10	574.547,874	7.776.306,960	1.070,54	1.054,87	15,67	SECO	1.058,00	1.060,00	1.064,00
Instrumentos fora de seção de controle	INA-18	574.460,928	7.776.129,034	1.120,04	1.109,60	10,44	SECO	Próximo à ombreira esquerda		
	INA-37	574.451,457	7.776.161,553	1.110,82	1.076,31	34,51	SECO	Próximo à ombreira esquerda		
	PZ-07	574.726,619	7.776.093,729	1.129,25	1.078,67	50,58	REMOVIDO	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-08	574.387,740	7.776.201,920	1.116,25	1.053,22	63,03	1.059,32	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-12	574.602,350	7.776.320,922	1.075,37	1.022,70	52,67	1.043,94	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-13	574.776,640	7.776.071,051	1.130,75	1.068,75	62,00	SEM ACESSO	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-14	574.686,697	7.776.449,072	1.056,05	1.004,72	51,33	1.036,74	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-24	574.421,807	7.776.387,927	1.037,65	1.033,76	3,89	SECO	Monitoramento hidrogeológico		

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (29/01/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A’	MS-01	574.500,555	7.776.121,056	1.126,906	-	-	-	REMOVIDO		
B-B’	MS-02	574.569,932	7.776.149,552	1.127,284	-	-	-	REMOVIDO		
B-B’	MS-03	574.546,808	7.776.202,950	1.109,409	-	-	-	Não aplicável		
B-B’	MS-04	574.477,353	7.776.175,052	1.109,710	-	-	-	Não aplicável		
A-A’	MS-05	574.516,529	7.776.272,078	1.079,063	-	-	-	Não aplicável		
Não aplicável	B2-S1	574.542,368	7.776.175,486	1.114,879	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S2	574.610,429	7.776.239,295	1.102,956	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S3	574.468,902	7.776.212,427	1.094,197	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S4	574.517,197	7.776.290,024	1.071,274	-	-	-	Não aplicável		
	MV	574.425,322	7.776.431,715	1.013,211	-	-	-	Não aplicável		

1- Instrumentos automatizados;
2- Leitura automatizada abaixo da cota de fundo, considerado seco;
3- Sem leitura no dia 29/01/2025. Adotada leitura do dia 27/01/25;
4- Sem leitura no dia 29/01/2025. Adotada leitura do dia 25/01/25;
5- Sem leitura no dia 29/01/2025. Adotada leitura do dia 28/01/25.

6.2.3.1 Leituras Instrumentação

As leituras dos níveis nos INA's e PZ's eram realizadas semanalmente e passaram a ser a cada dois dias após o início das obras de descaracterização da estrutura. Os deslocamentos dos Marcos Superficiais são aferidos semanalmente. Já os piezômetros automatizados realizam um monitoramento constante com registro de leituras a cada 2 horas. As leituras na placa indicadora de vazão são realizadas diariamente.

- **Indicadores de Nível d'Água e Piezômetros**

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para cada instrumento abrangendo dois anos hidrológicos, no período entre 10/2022 e 01/2025, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Ressalta-se que o reservatório se encontra sem lago. Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

a) Referências do topo e base de cada instrumento;
b) Leituras do nível de água do instrumento;
c) Pluviometria mensal na região da barragem;
d) Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições de atenção, alerta e emergência.

De acordo com os registros quinzenais de monitoramento dos INA's e PZ's, a freática está em geral, deprimida na região do reservatório da barragem desde meados do ano de 2016. Com a impermeabilização do reservatório e instalação dos dispositivos formais de drenagem superficial nas bermas, pode-se observar uma redução das leituras verificadas na instrumentação na estrutura durante o ano de 2023 até meados de 2024, quando foi removida a geomembrana do reservatório para dar início às obras de descaracterização da estrutura.

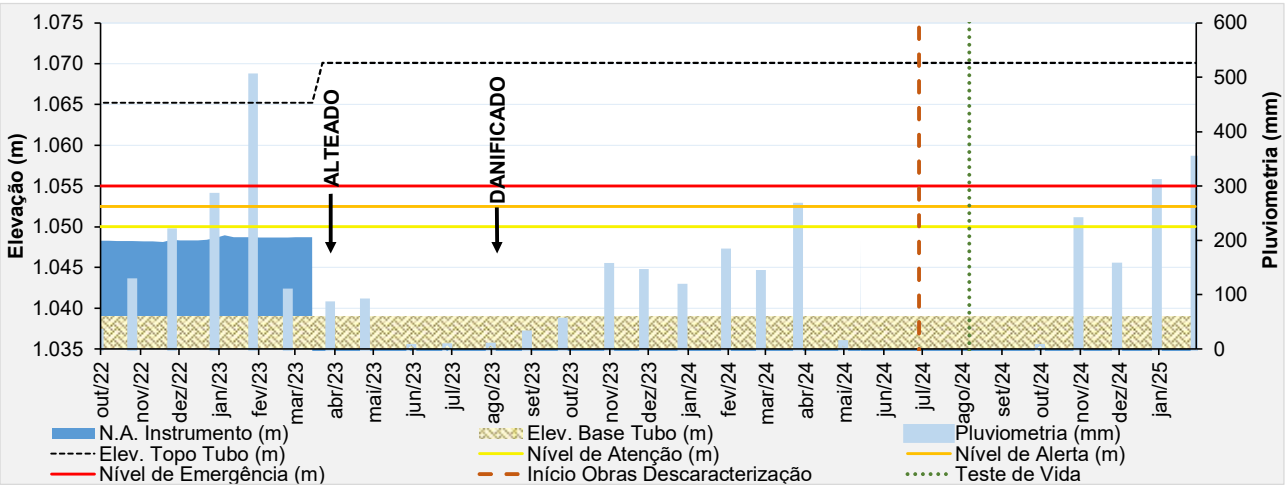


Figura 6.22 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01 (Danificado).

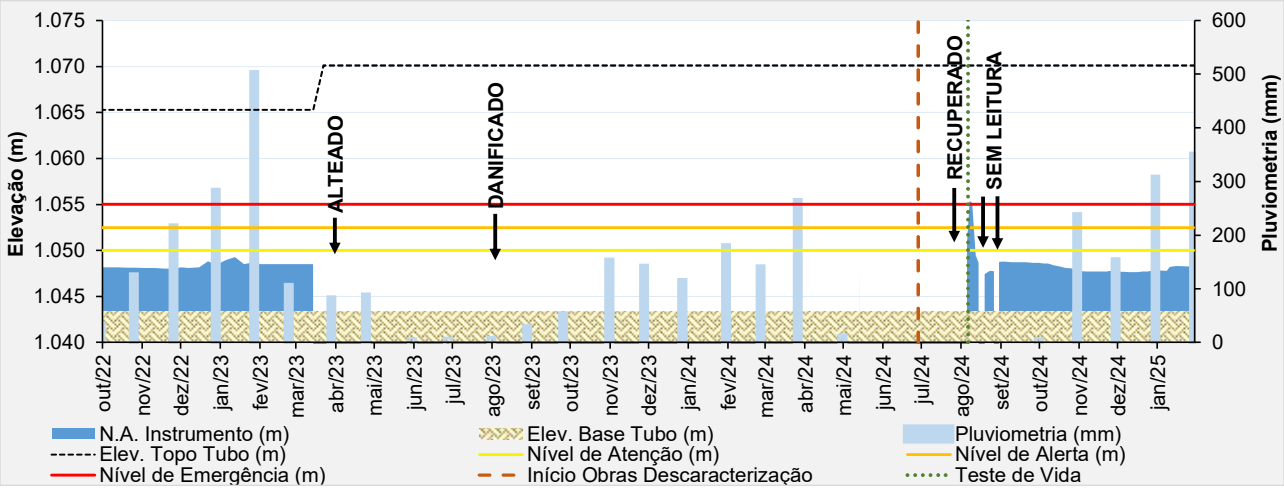


Figura 6.23 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01A.

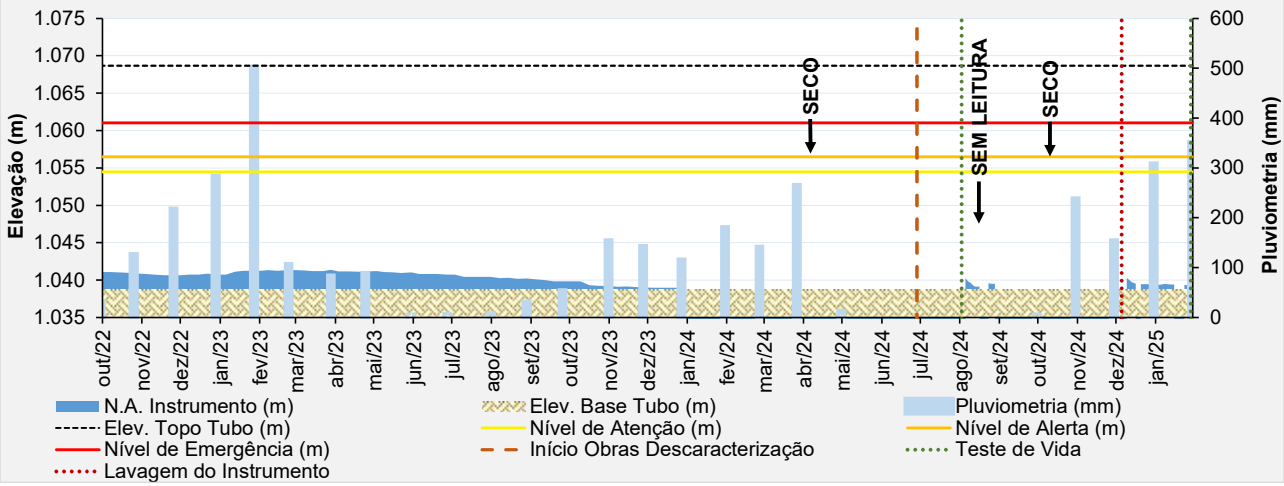


Figura 6.24 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-02.

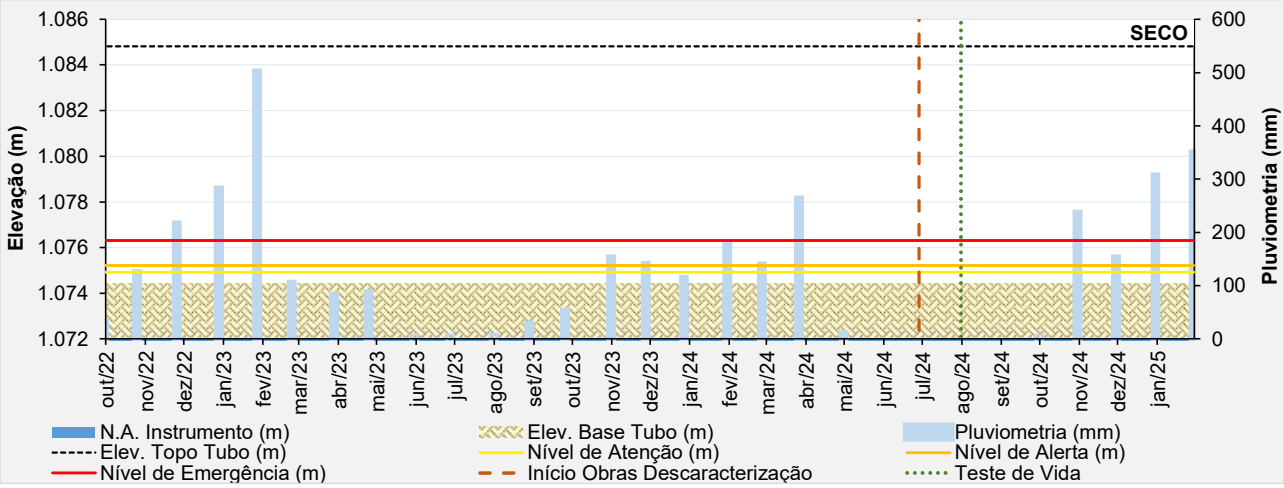


Figura 6.25 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03.

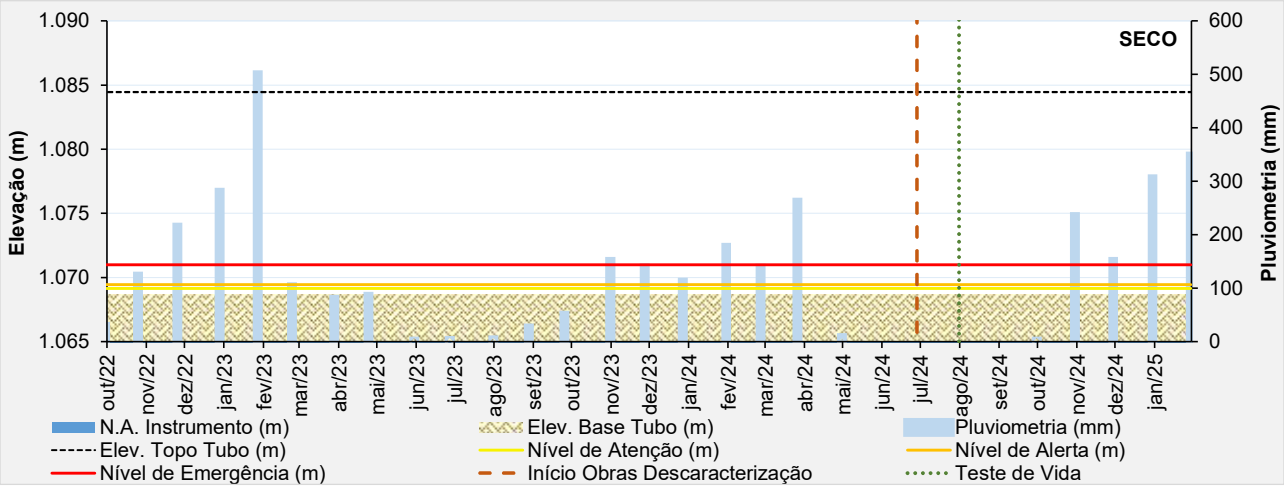


Figura 6.26 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-04.

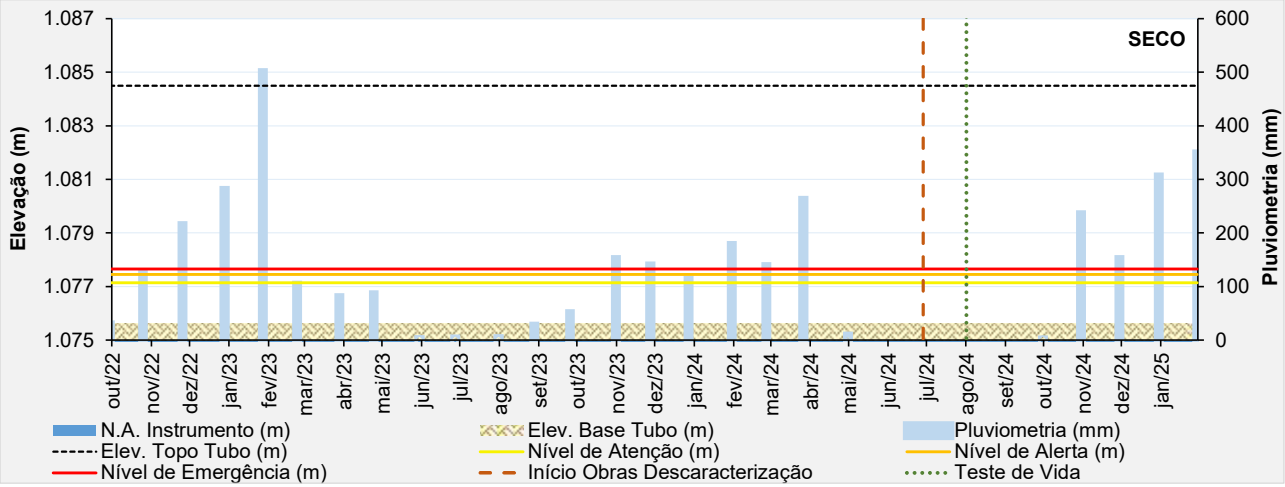


Figura 6.27 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05.

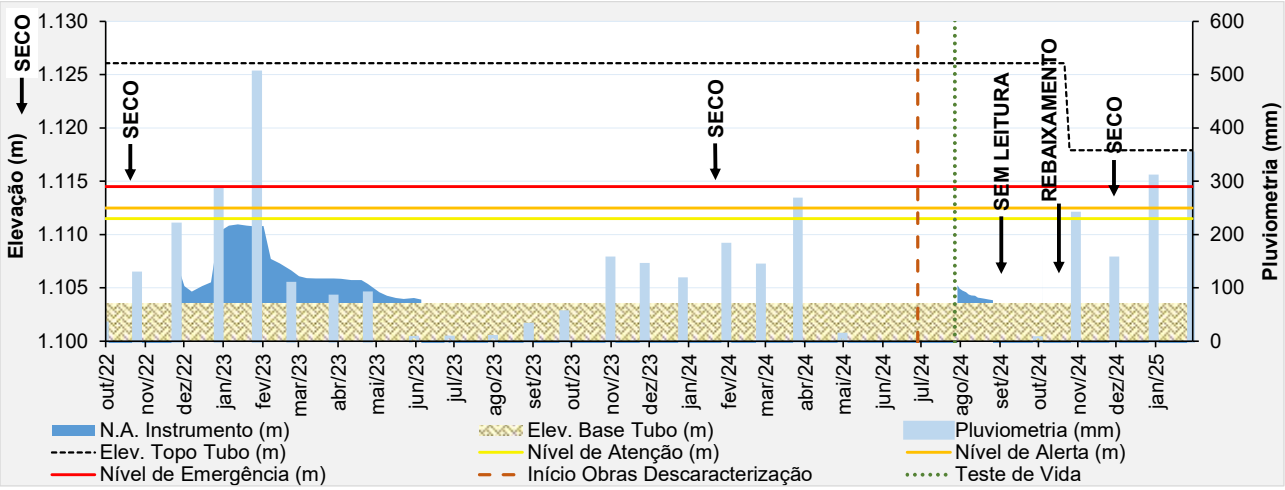


Figura 6.28 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05B.

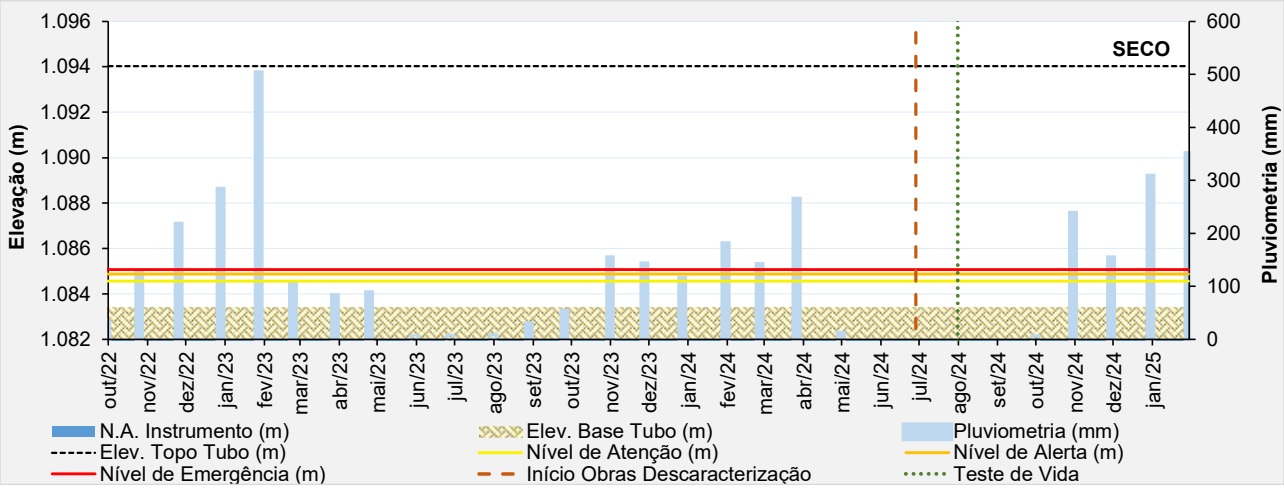


Figura 6.29 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-06.

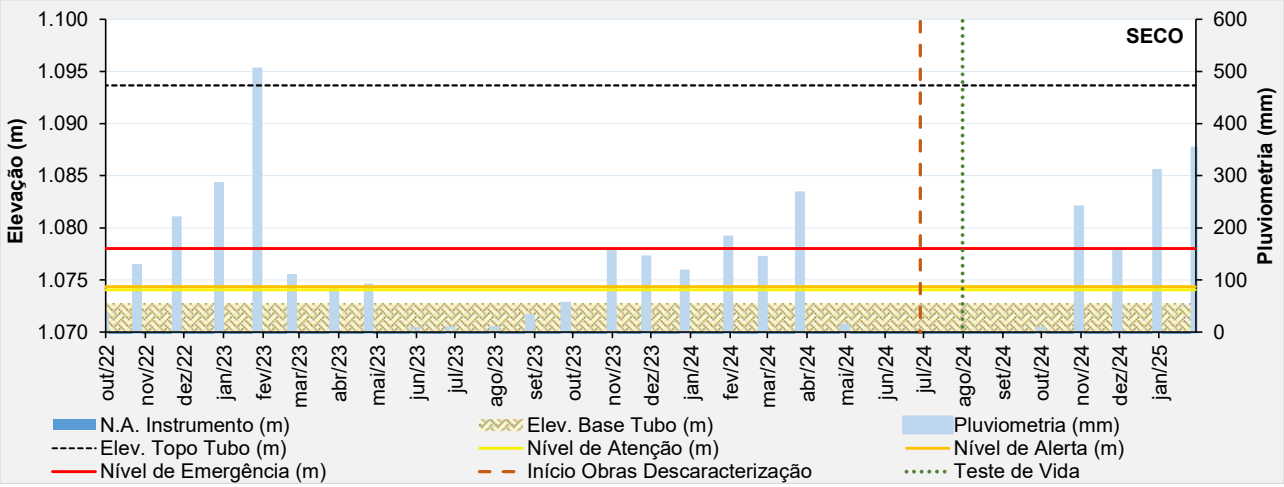


Figura 6.30 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07.

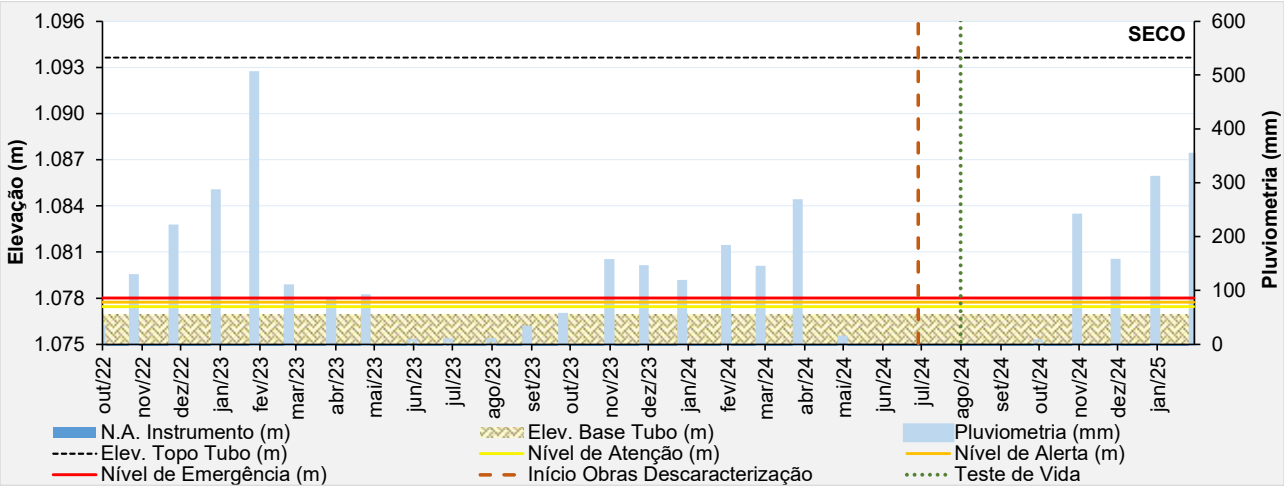


Figura 6.31 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07A.

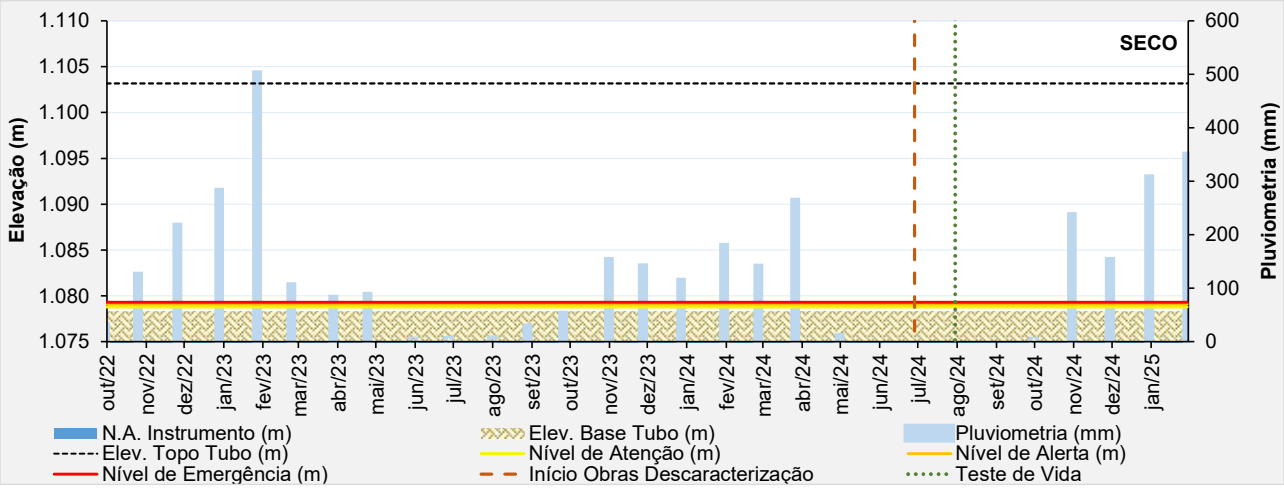


Figura 6.32 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10.

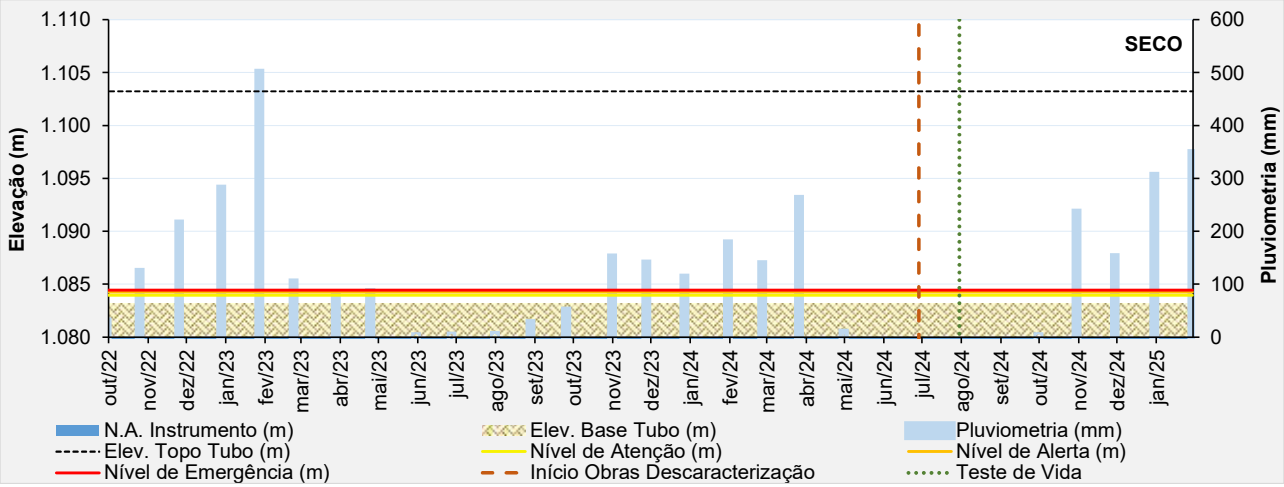


Figura 6.33 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10A.

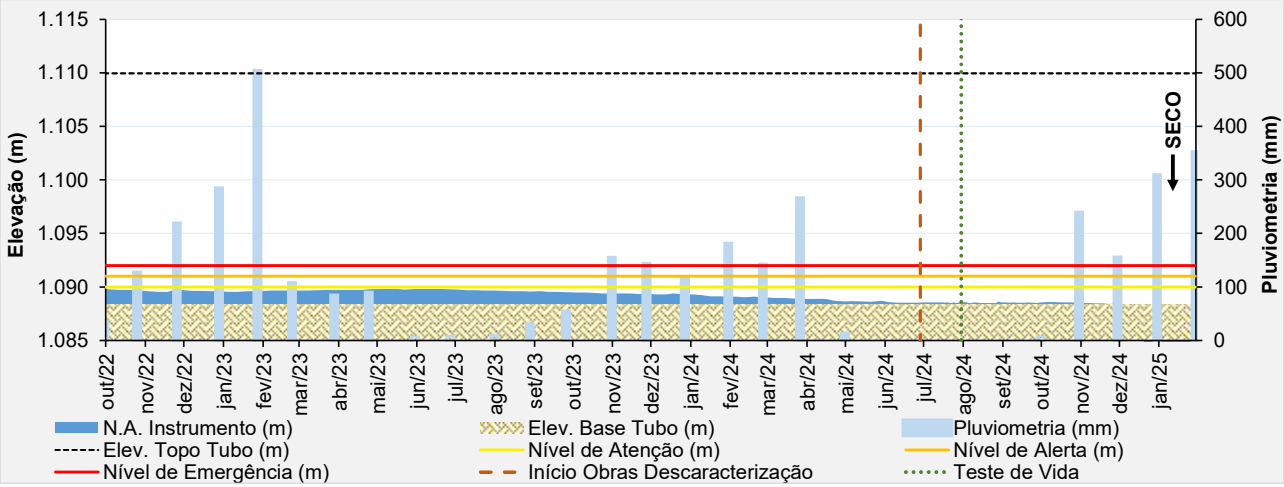


Figura 6.34 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-12.

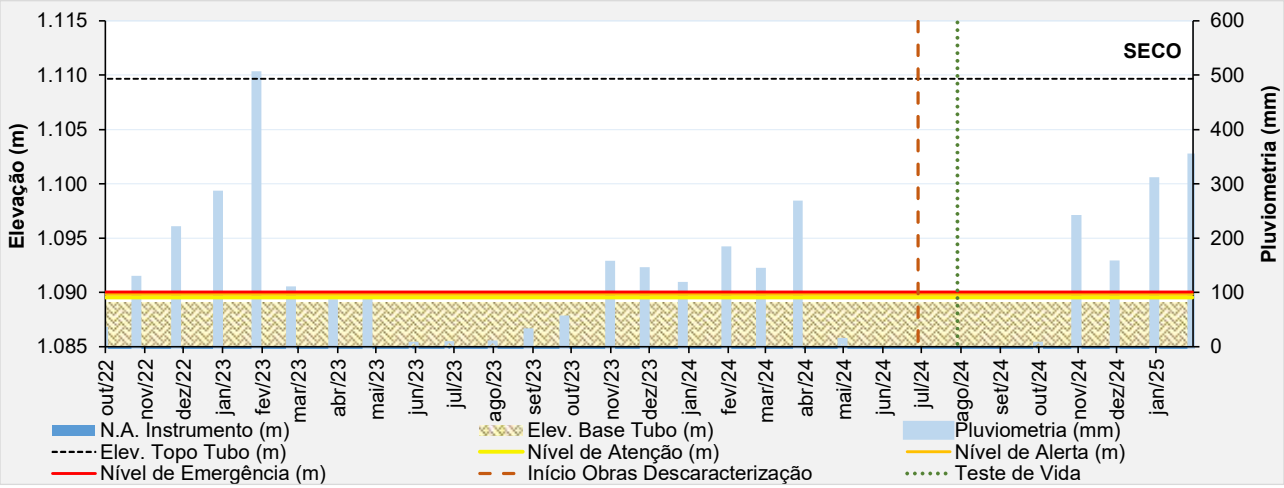


Figura 6.35 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-13.

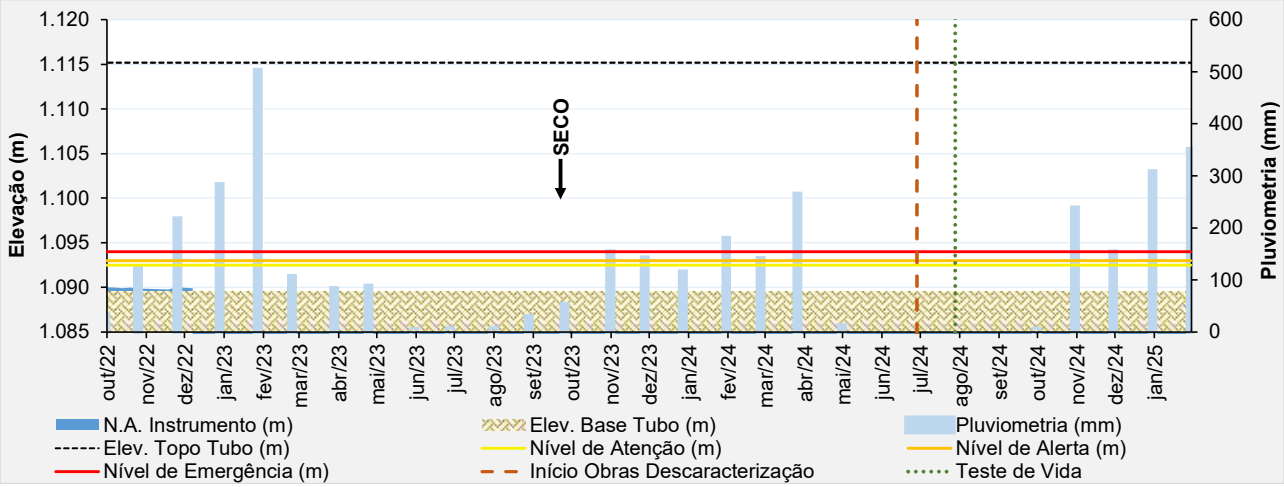


Figura 6.36 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-15.

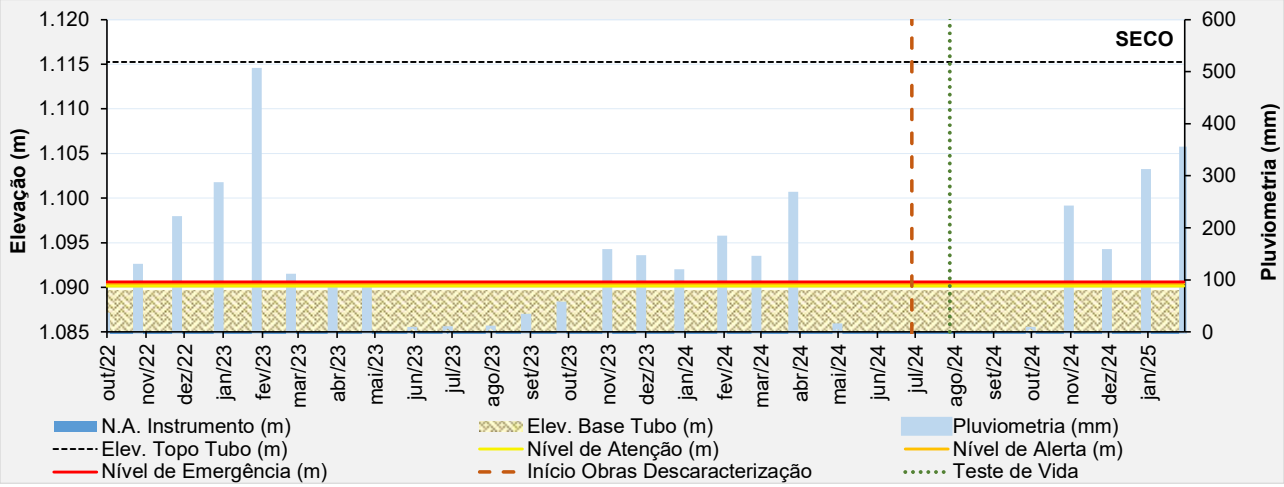


Figura 6.37 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-16.

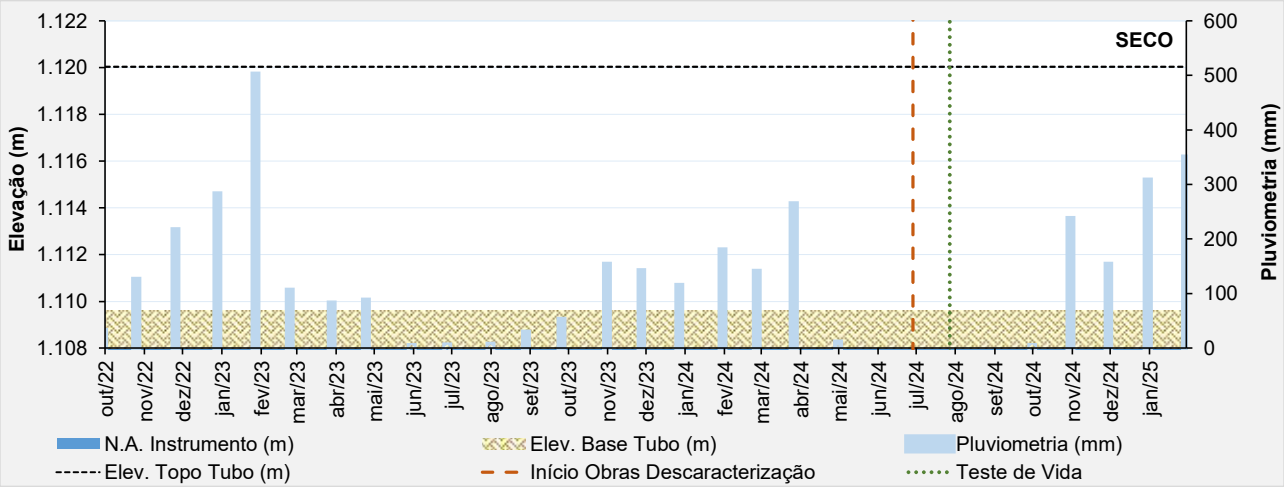


Figura 6.38 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-18.

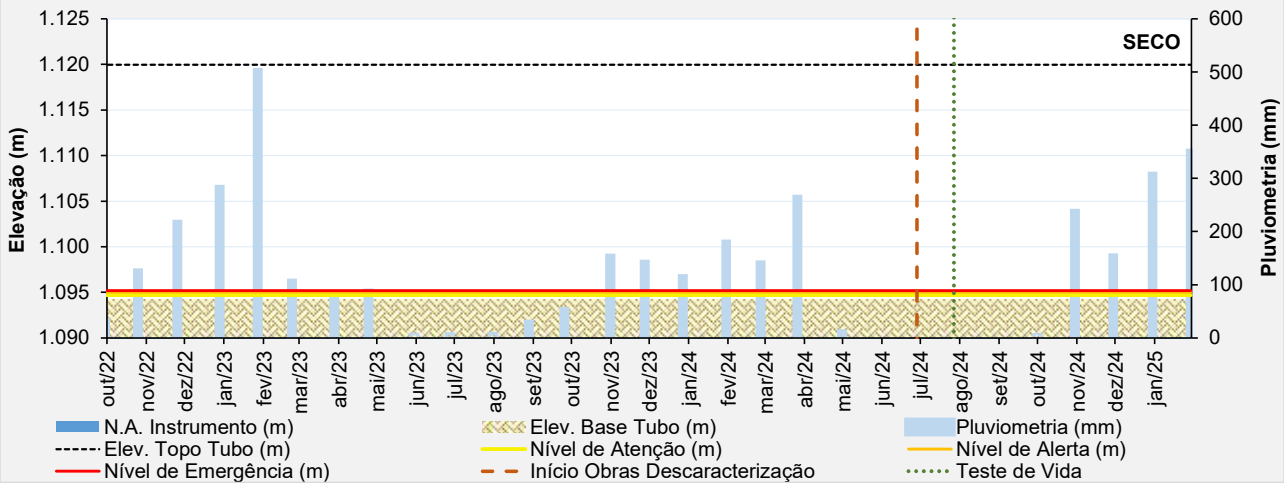


Figura 6.39 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-19.

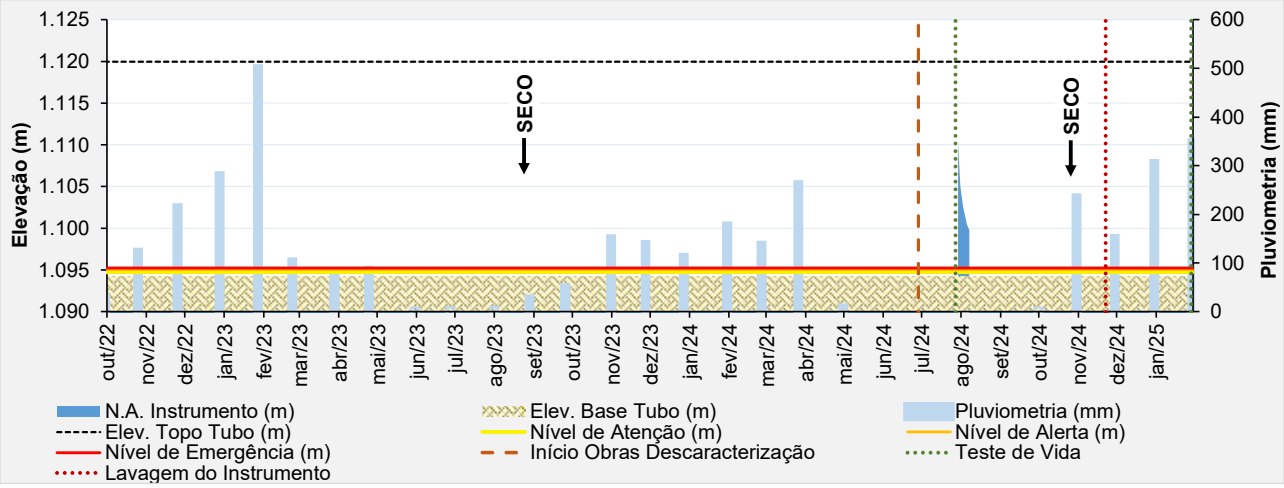


Figura 6.40 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-20.

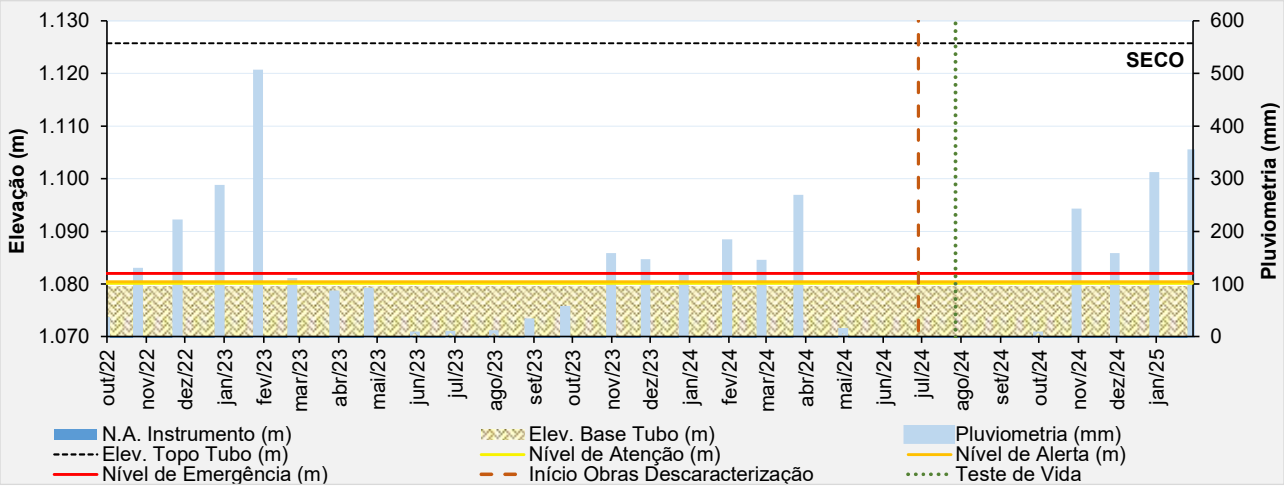


Figura 6.41 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-23.

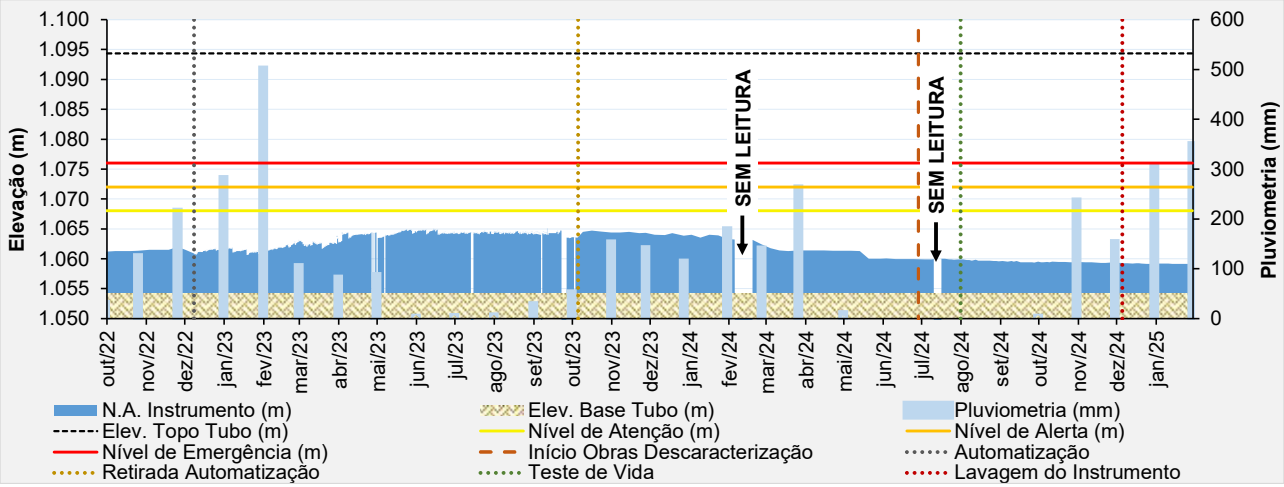


Figura 6.42 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-24.

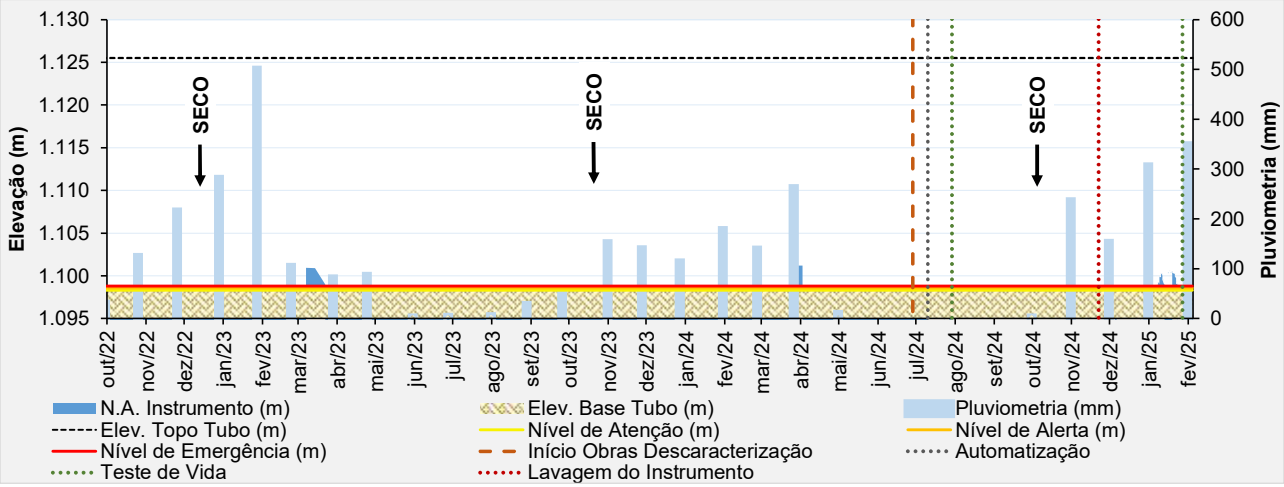


Figura 6.43 – Desempenho do indicador de nível d'água automatizado – INA-25.

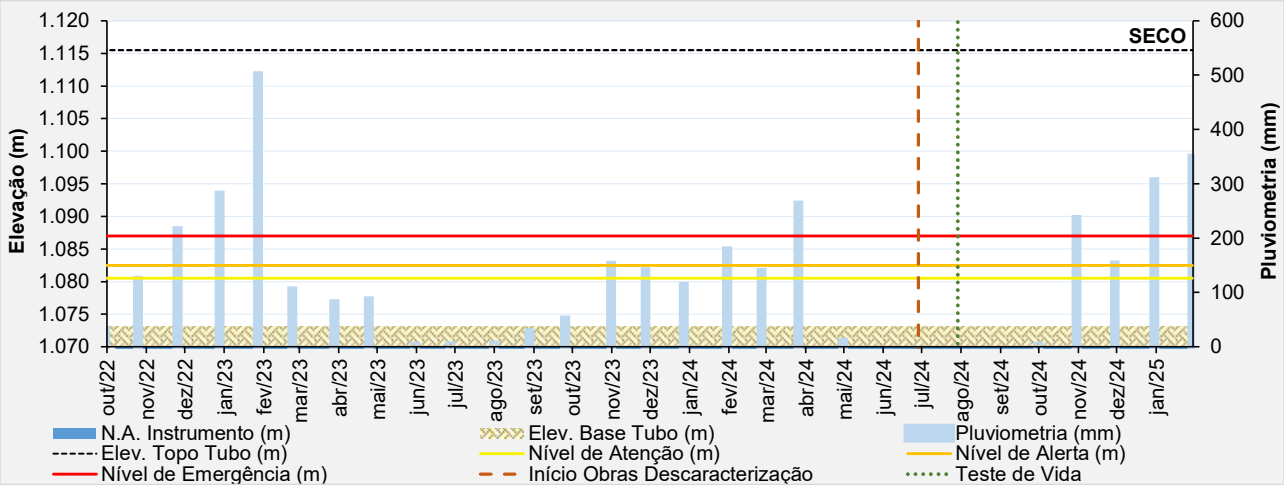


Figura 6.44 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-26.

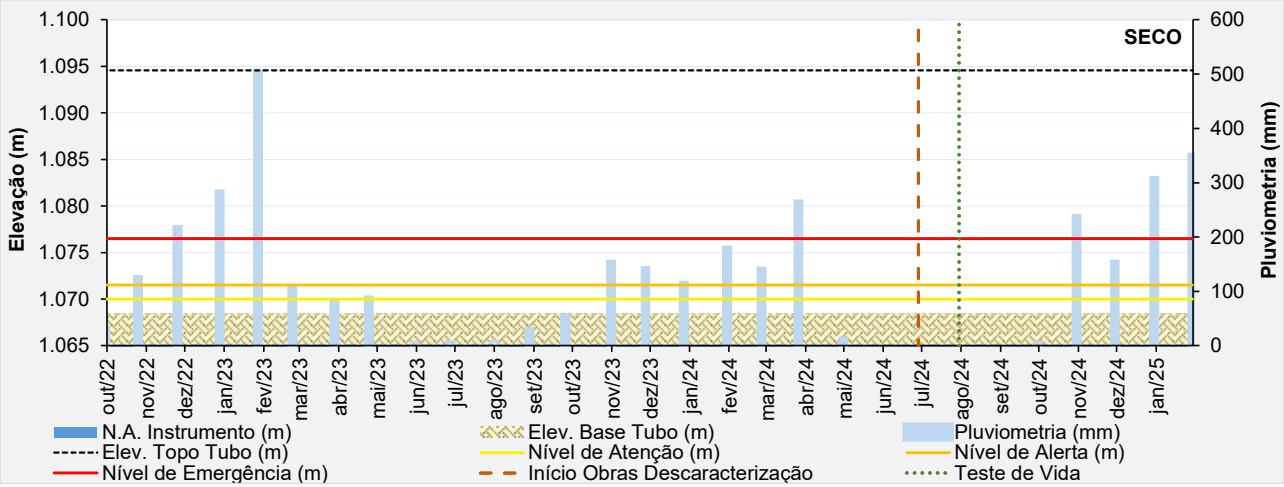


Figura 6.45 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-27.

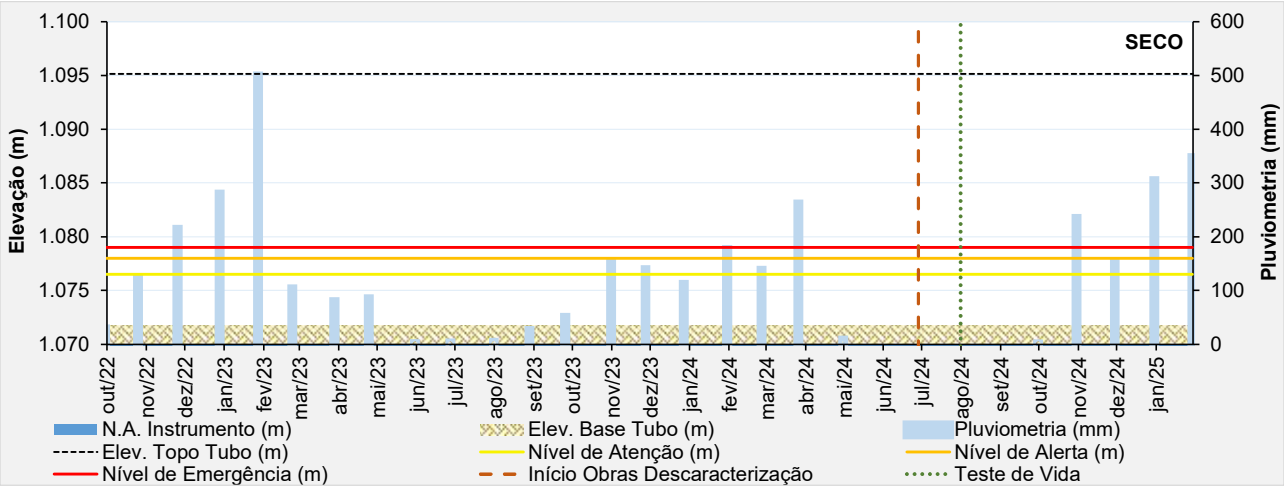


Figura 6.46 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-28.

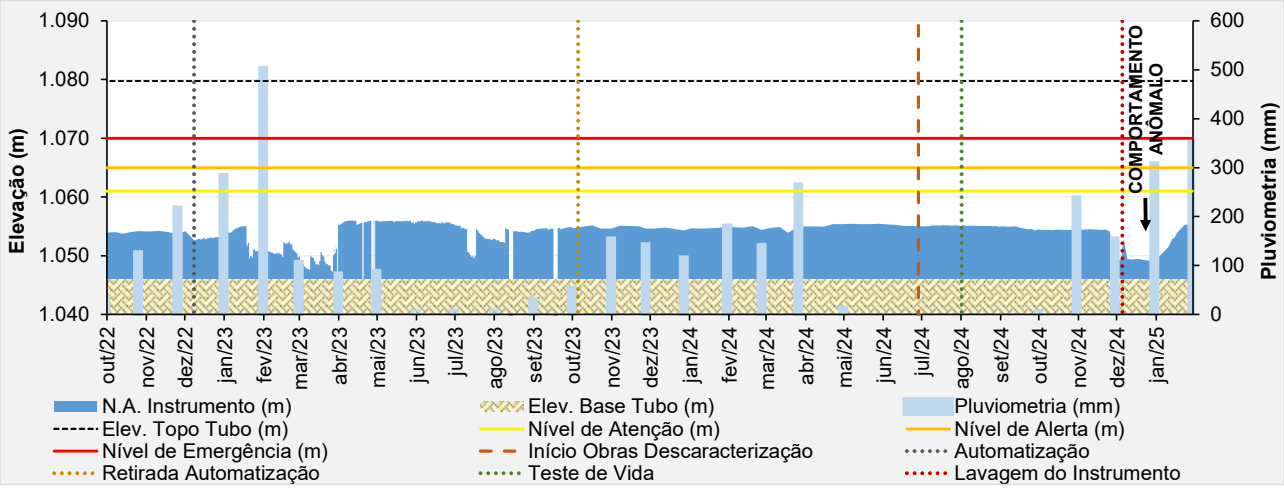


Figura 6.47 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-29.

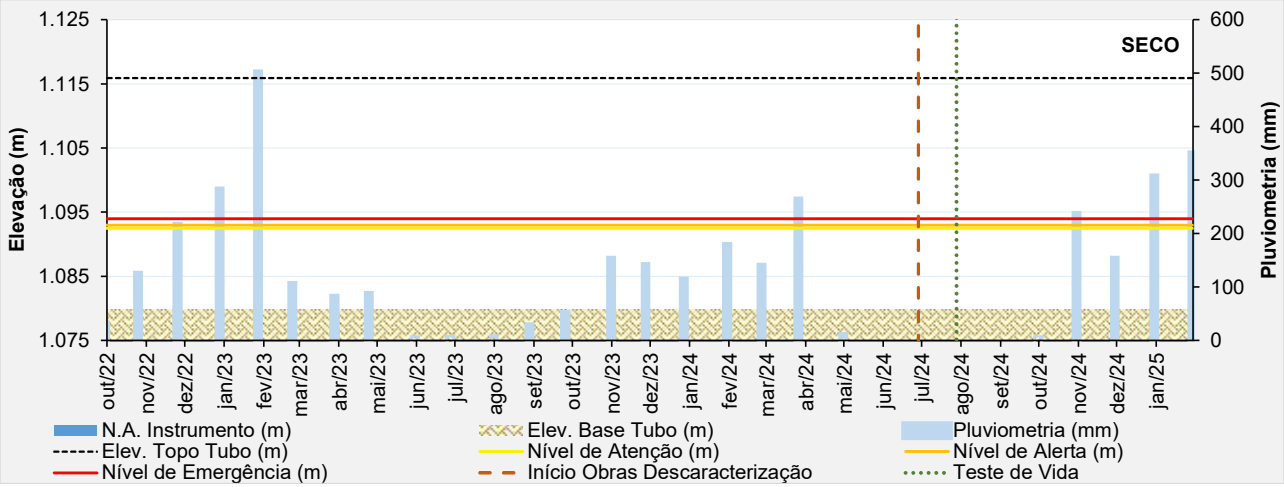


Figura 6.48 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-30.

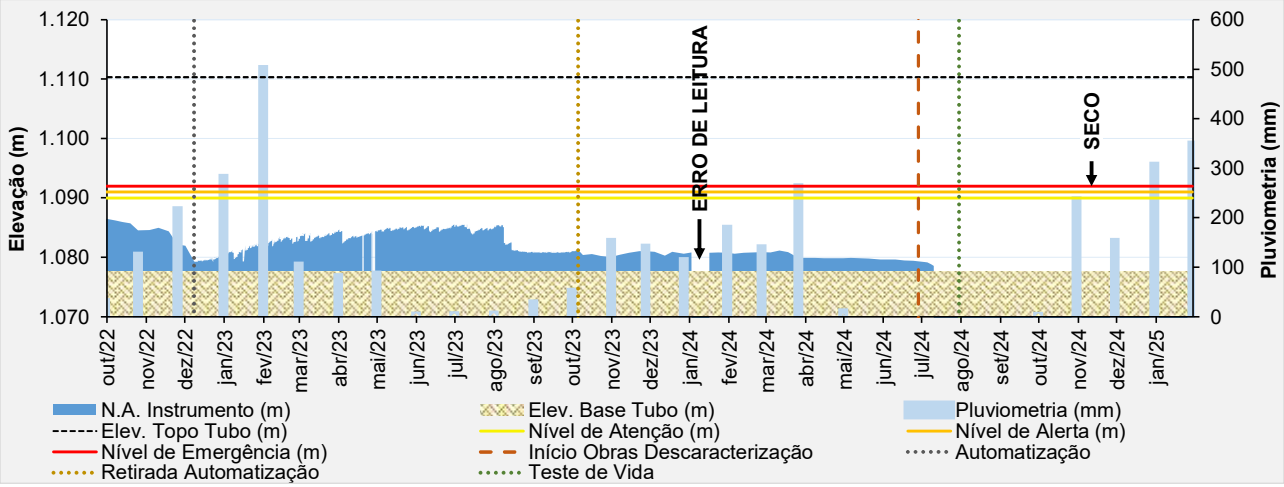


Figura 6.49 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-31.

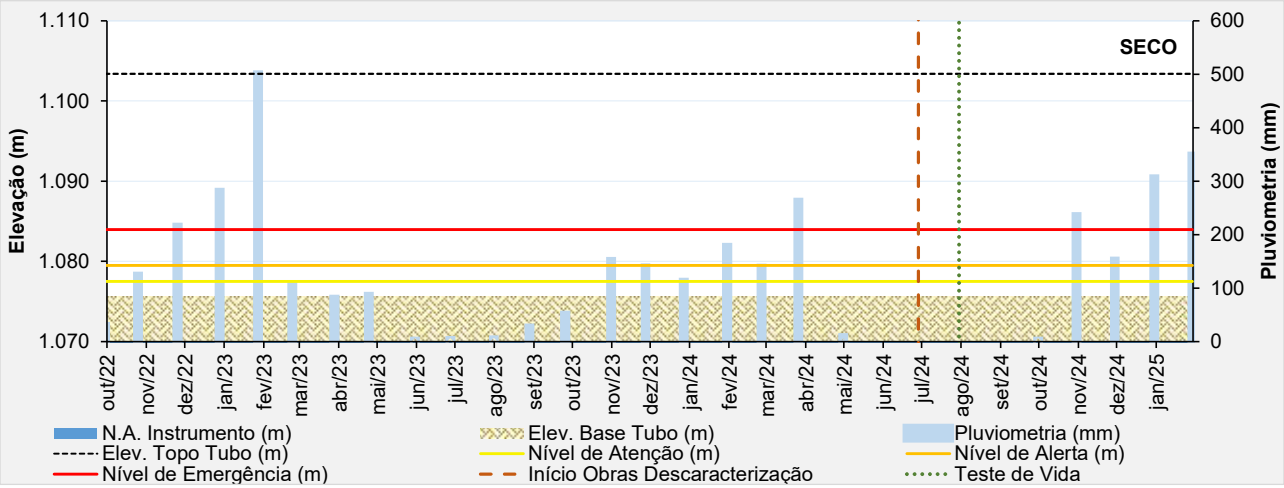


Figura 6.50 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-32.

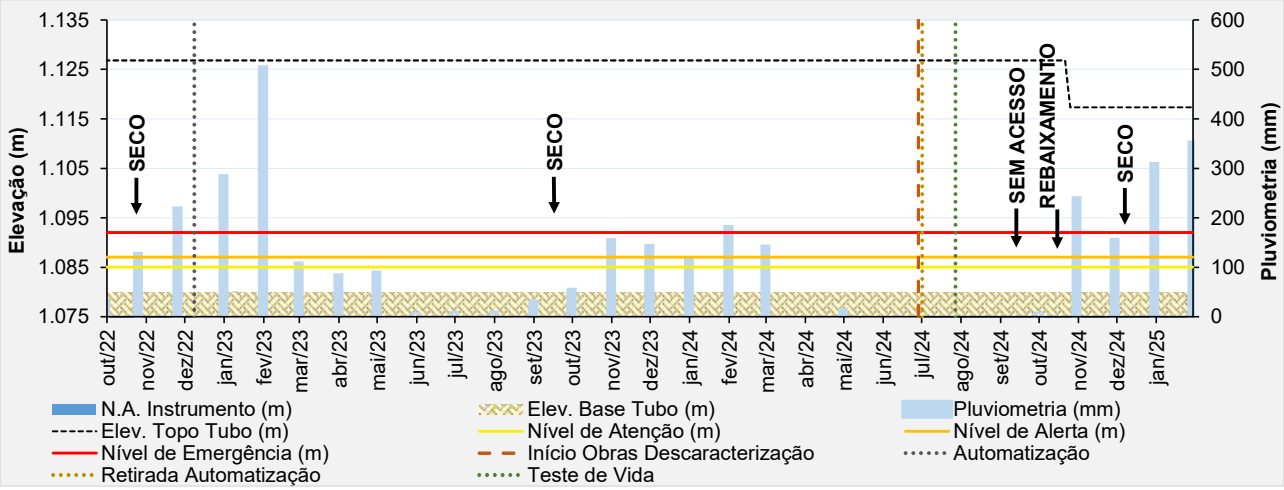


Figura 6.51 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-33.

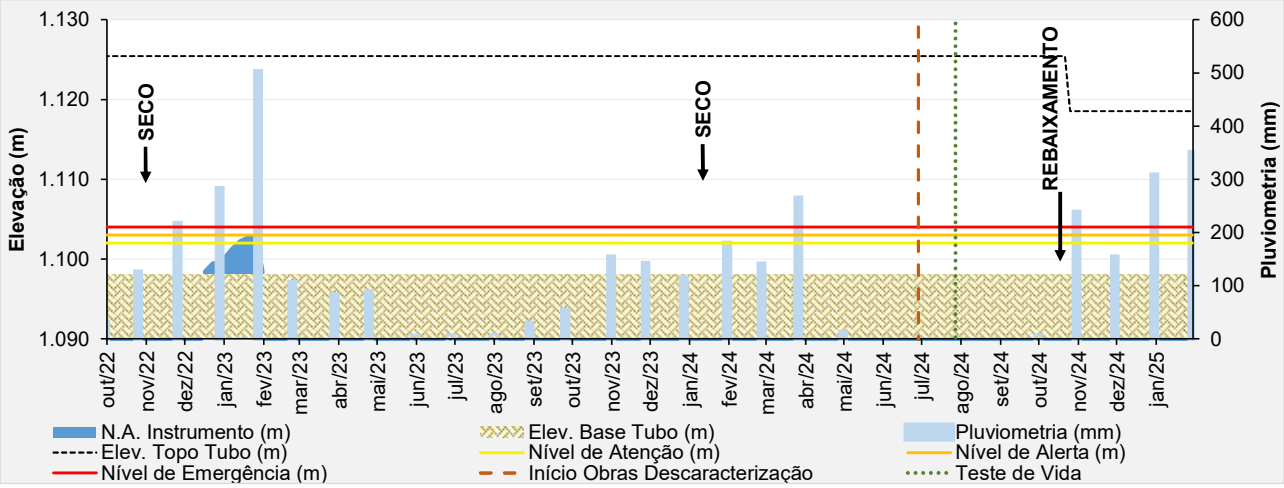


Figura 6.52 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-34.

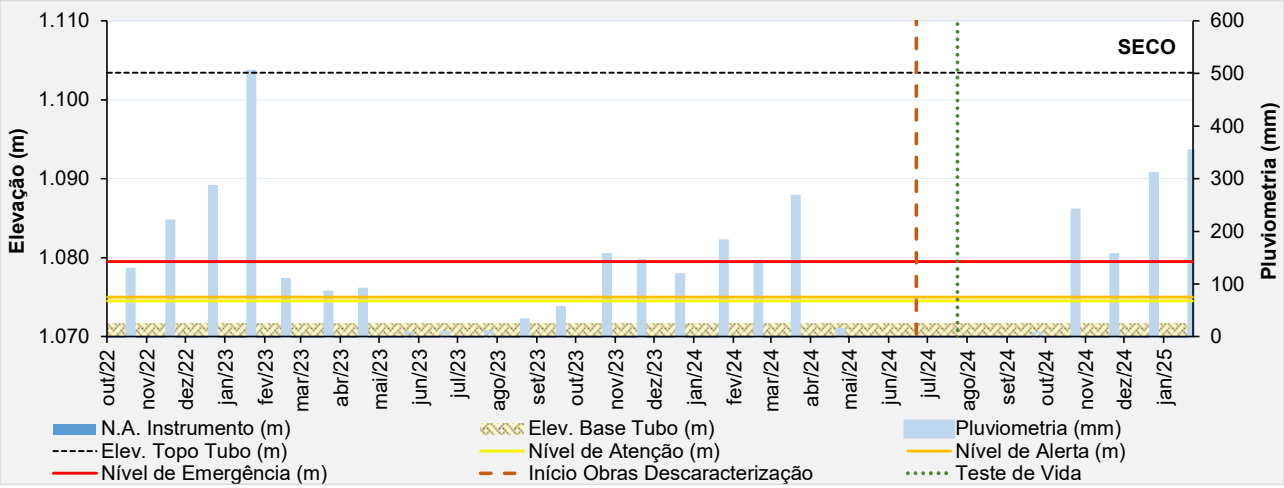


Figura 6.53 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-35.

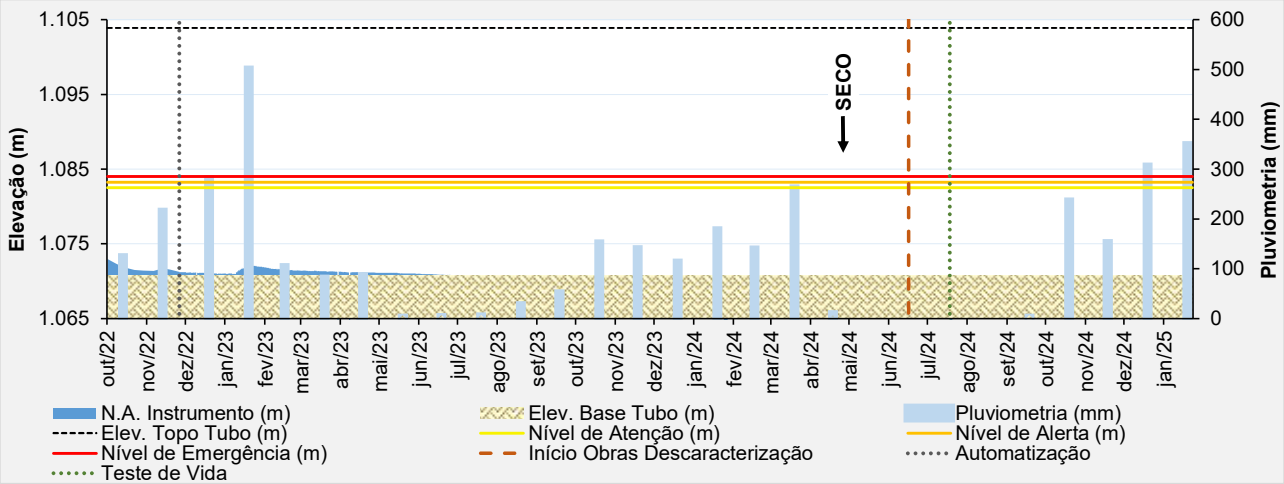


Figura 6.54 – Desempenho do indicador de nível d'água autmoatizado – INA-36.

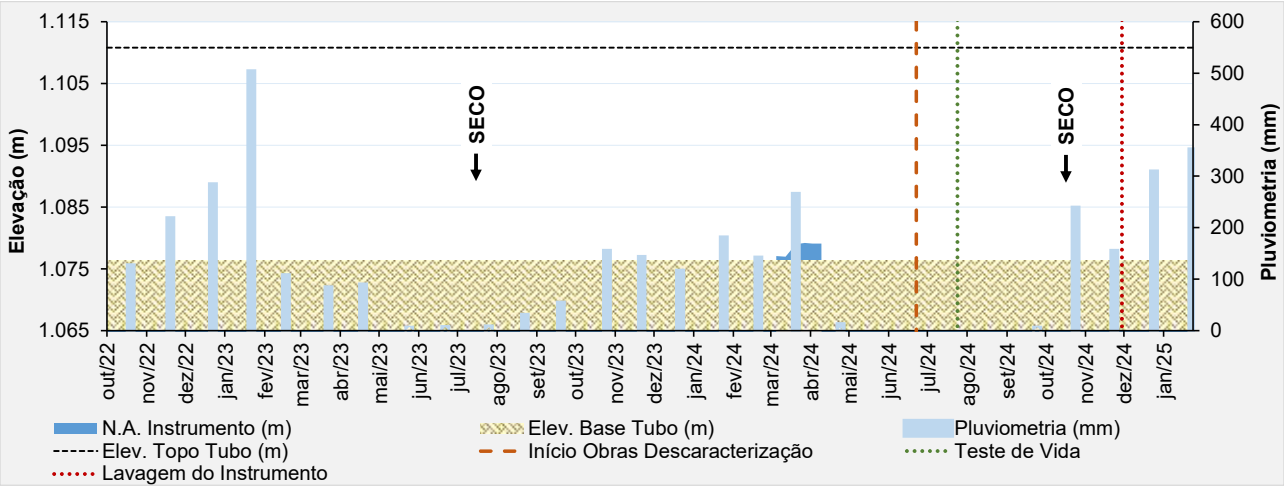


Figura 6.55 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-37.

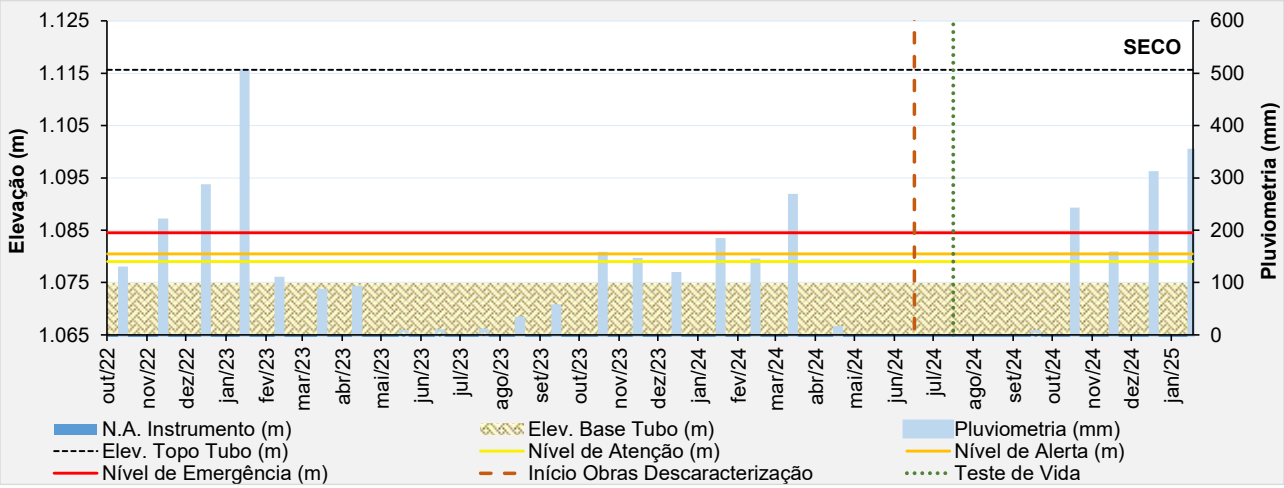


Figura 6.56 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-38.

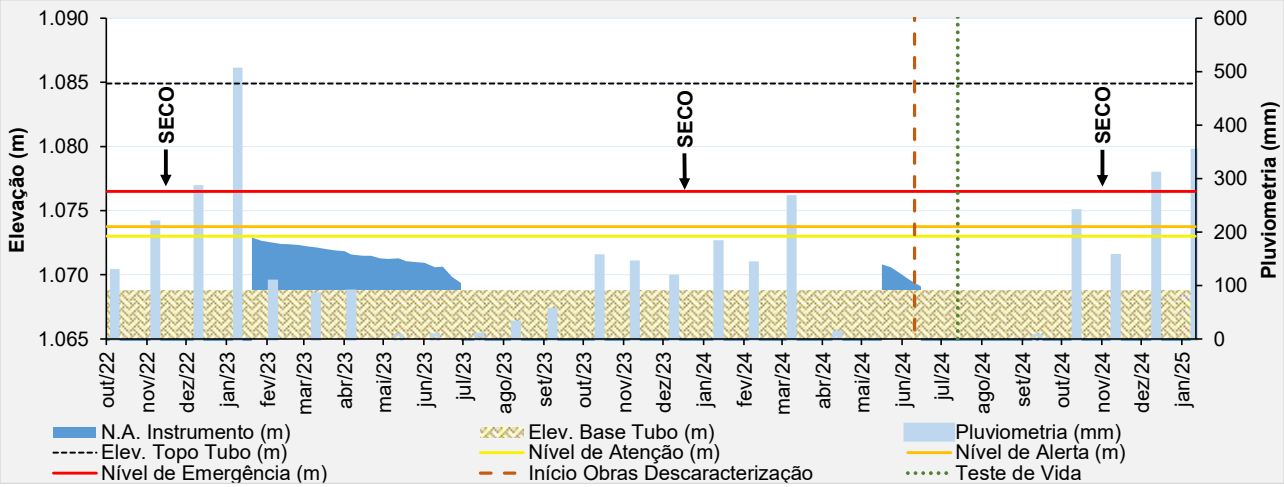


Figura 6.57 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-39.

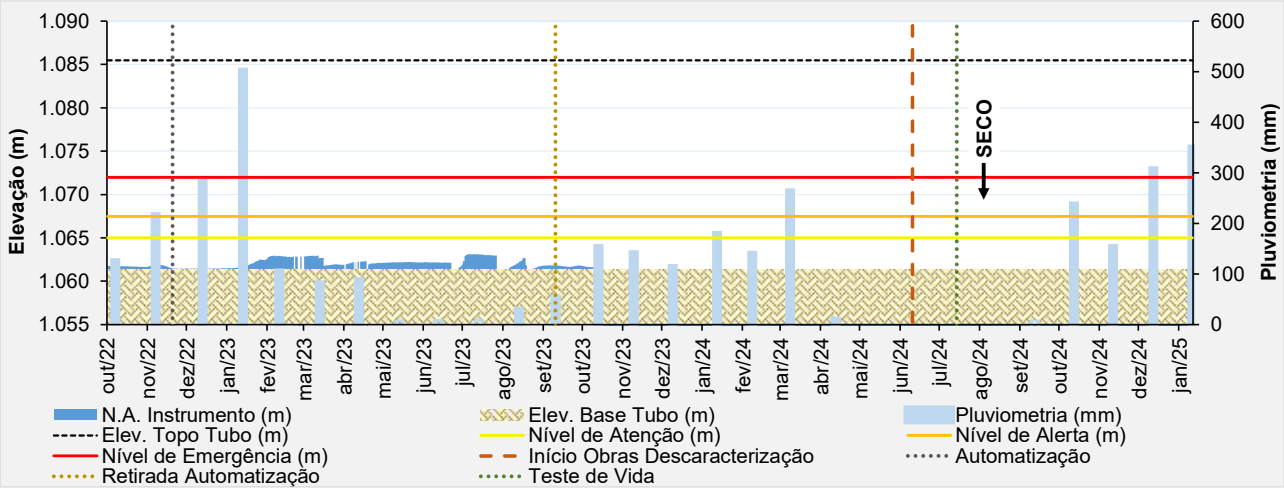


Figura 6.58 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-40.

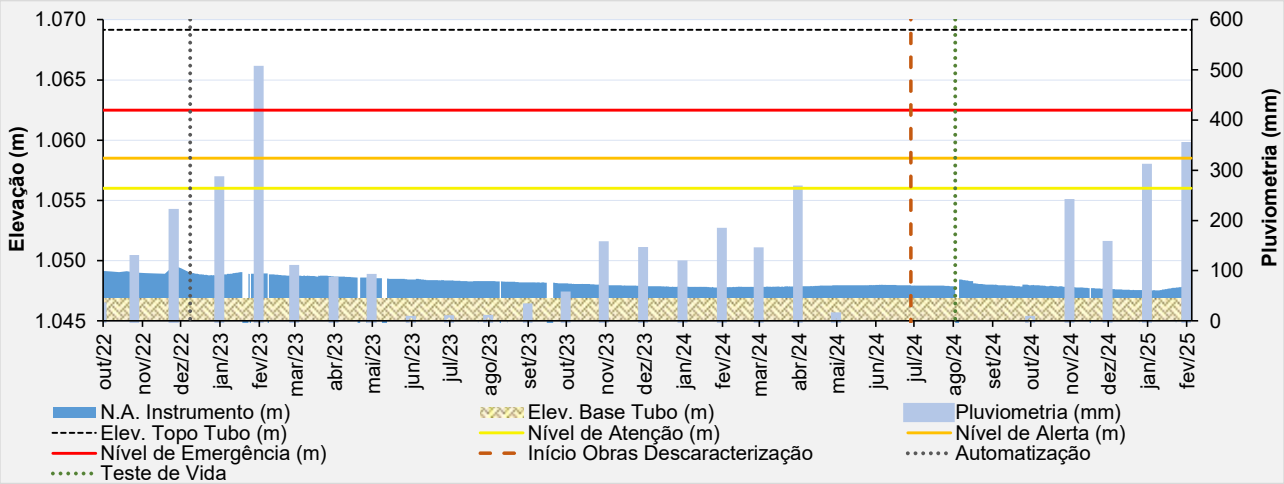


Figura 6.59 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-01.

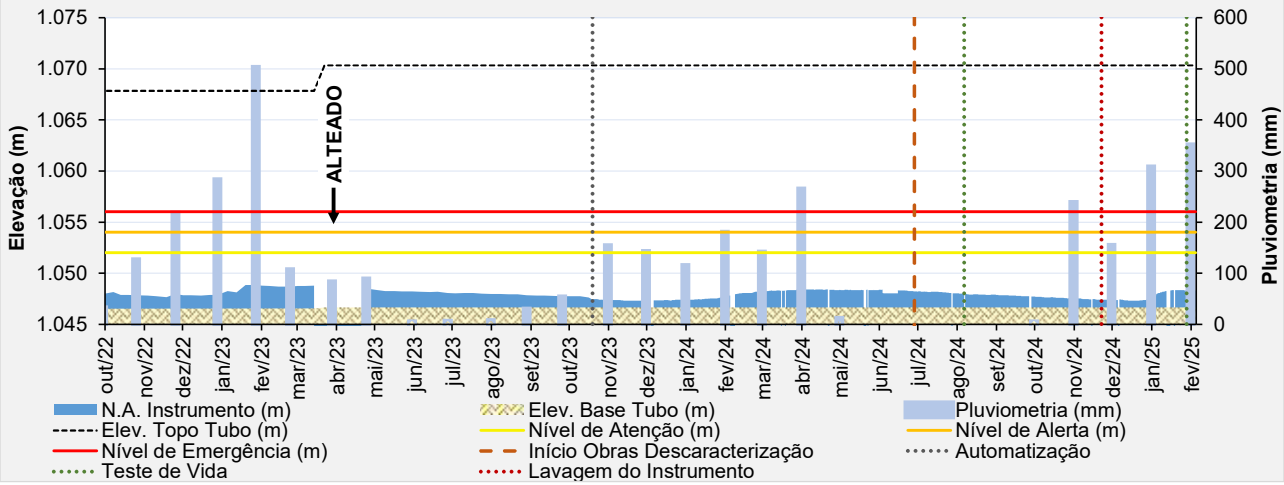


Figura 6.60 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-02.

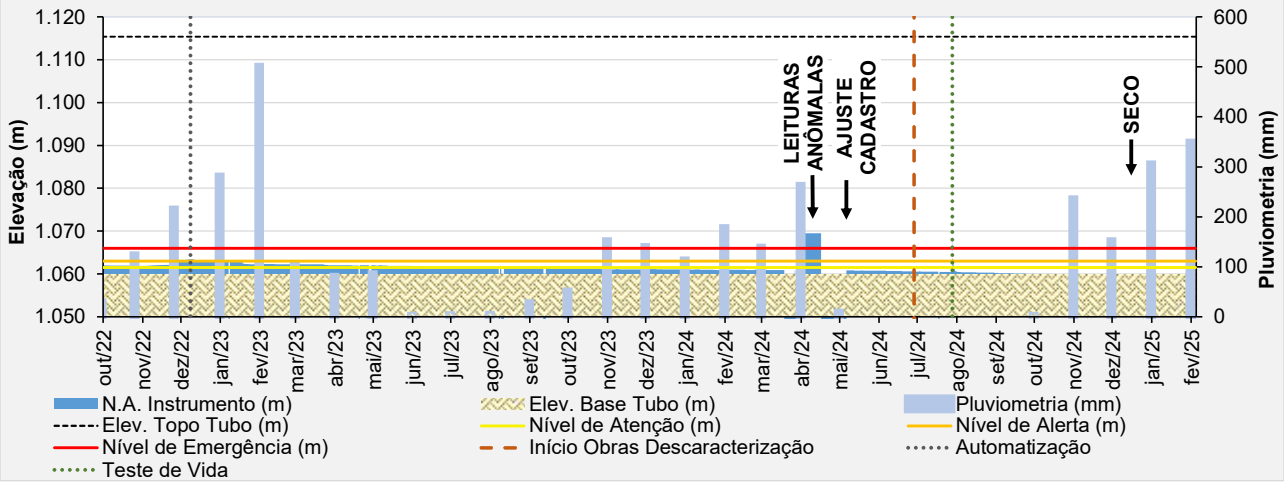


Figura 6.61 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-03.

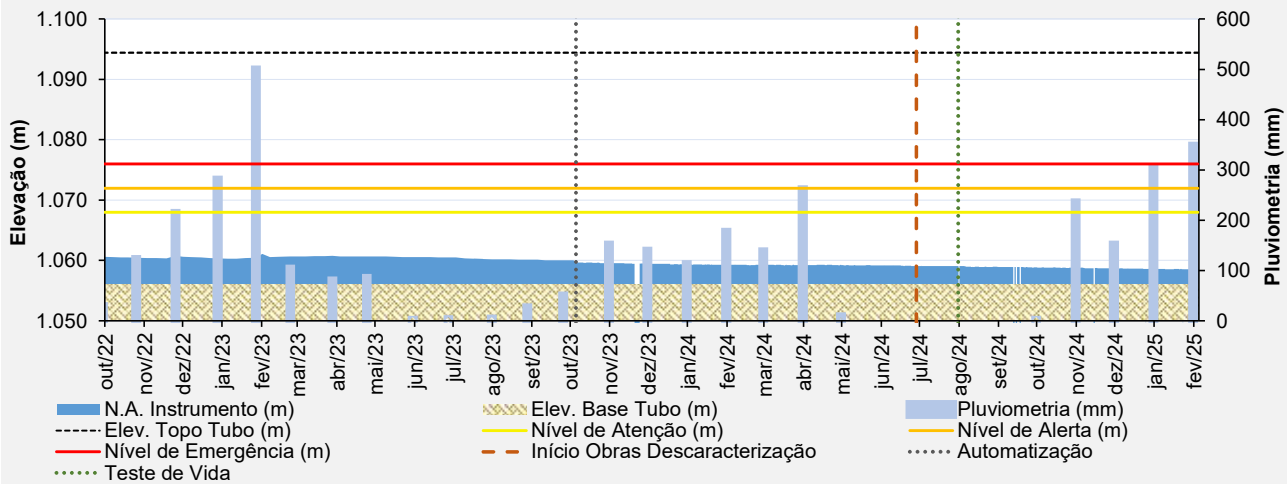


Figura 6.62 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-04.

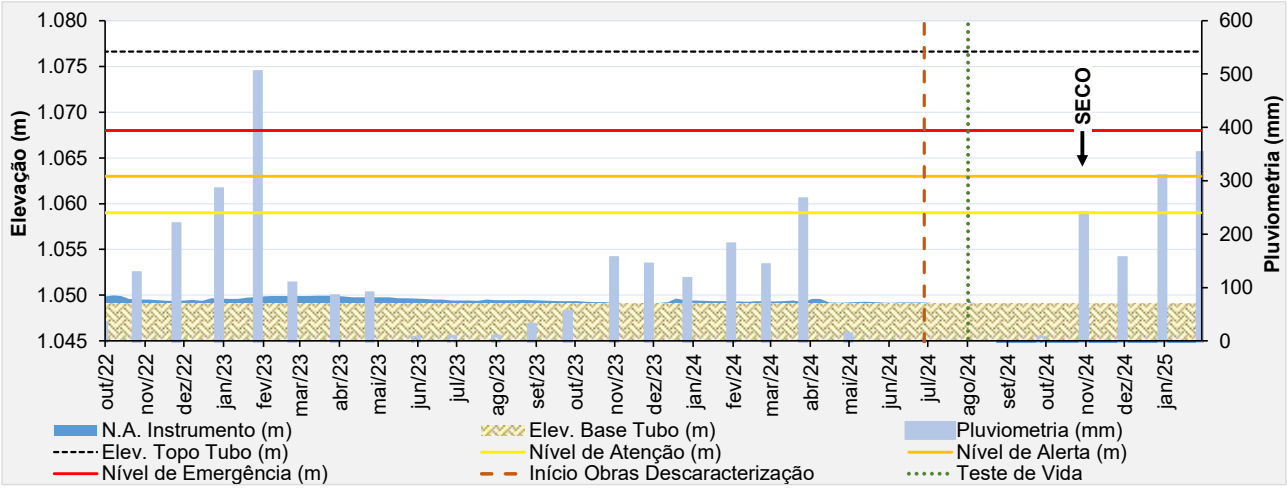


Figura 6.63 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-05.

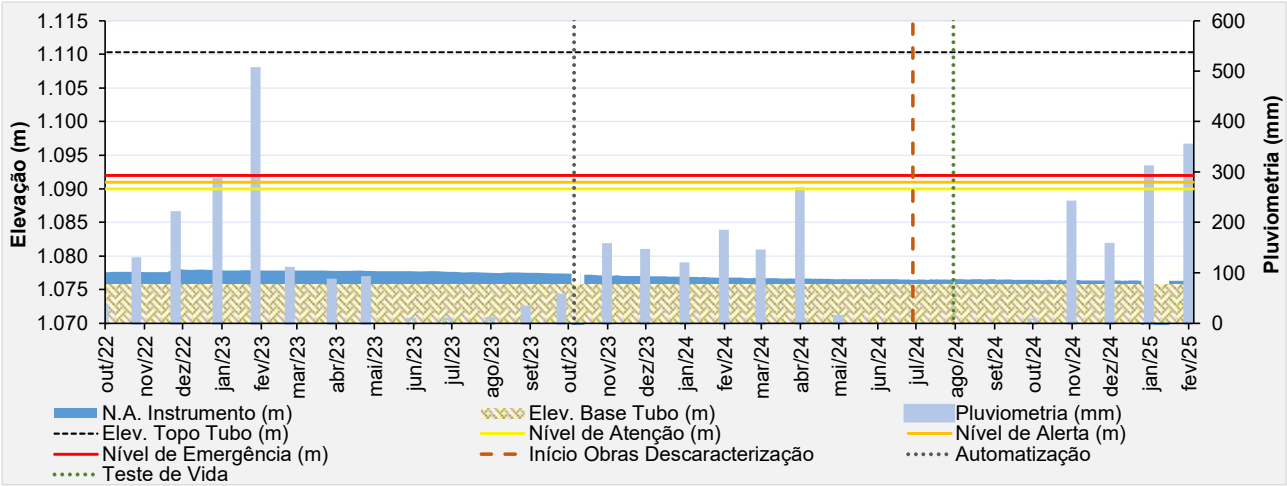


Figura 6.64 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-06.

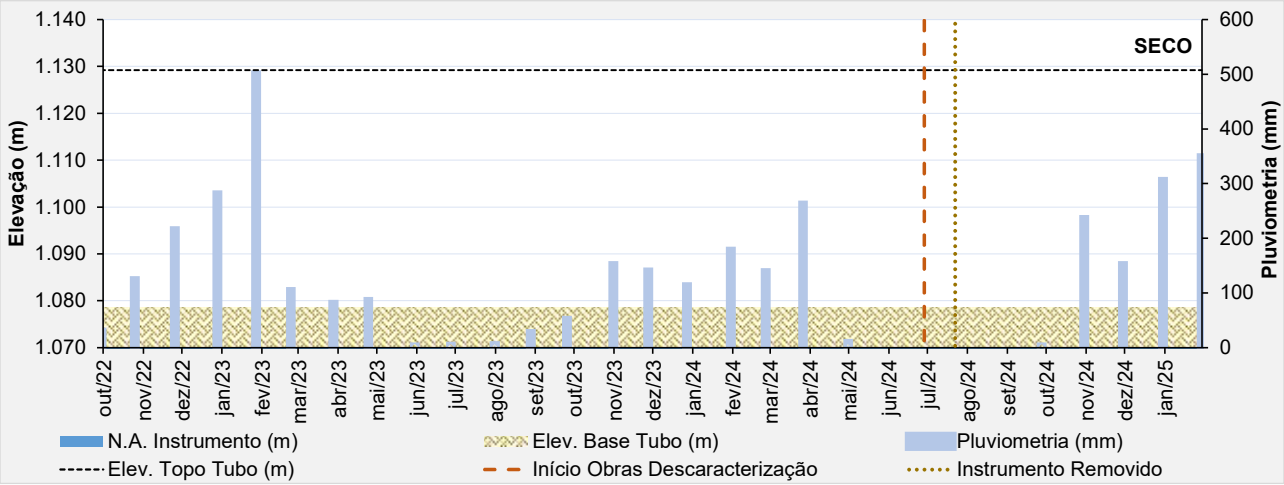


Figura 6.65 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-07 (removido).

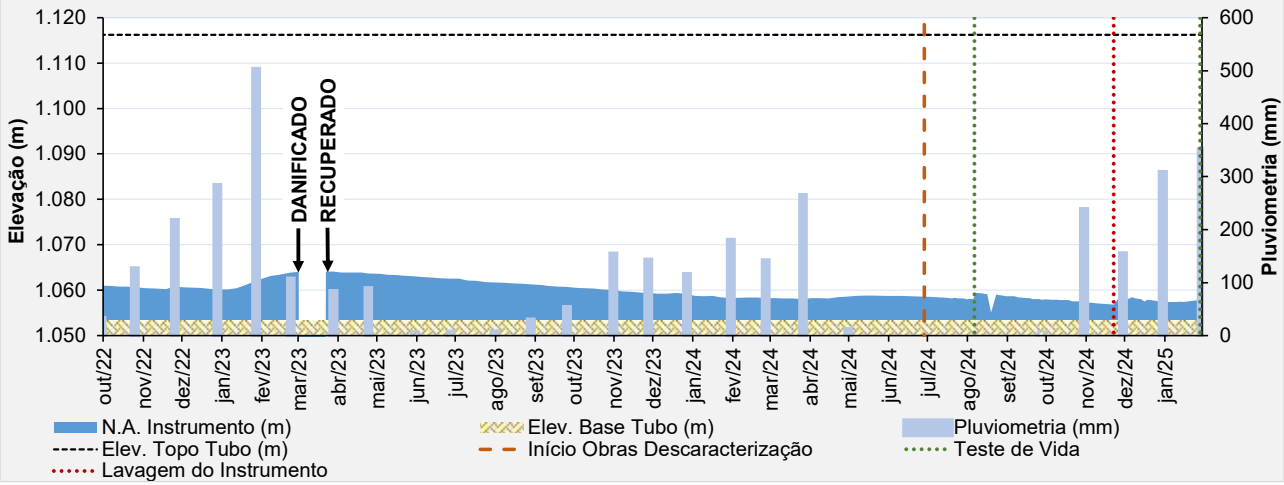


Figura 6.66 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-08.

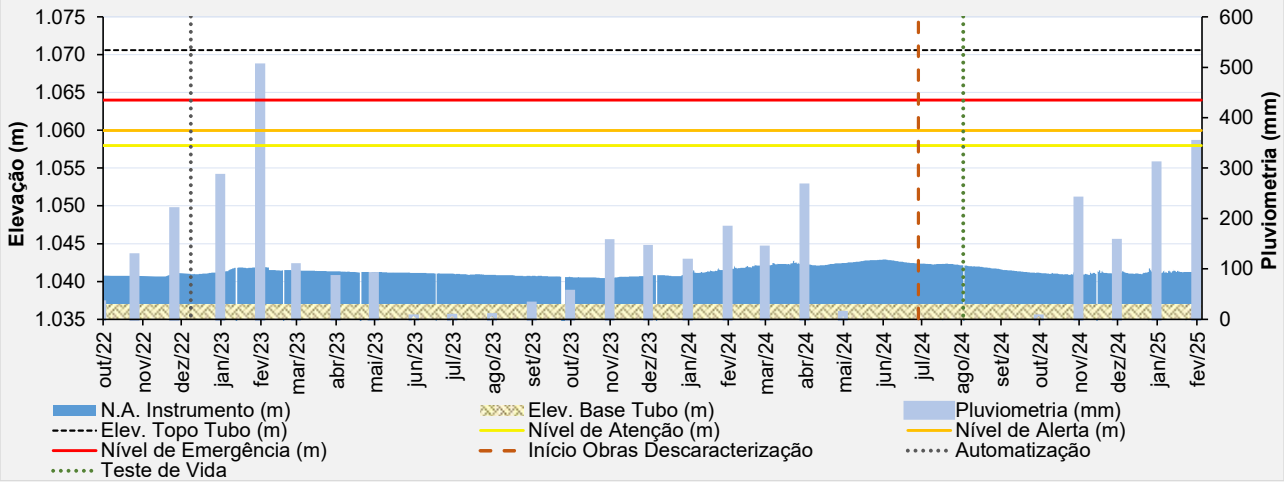


Figura 6.67 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-09.

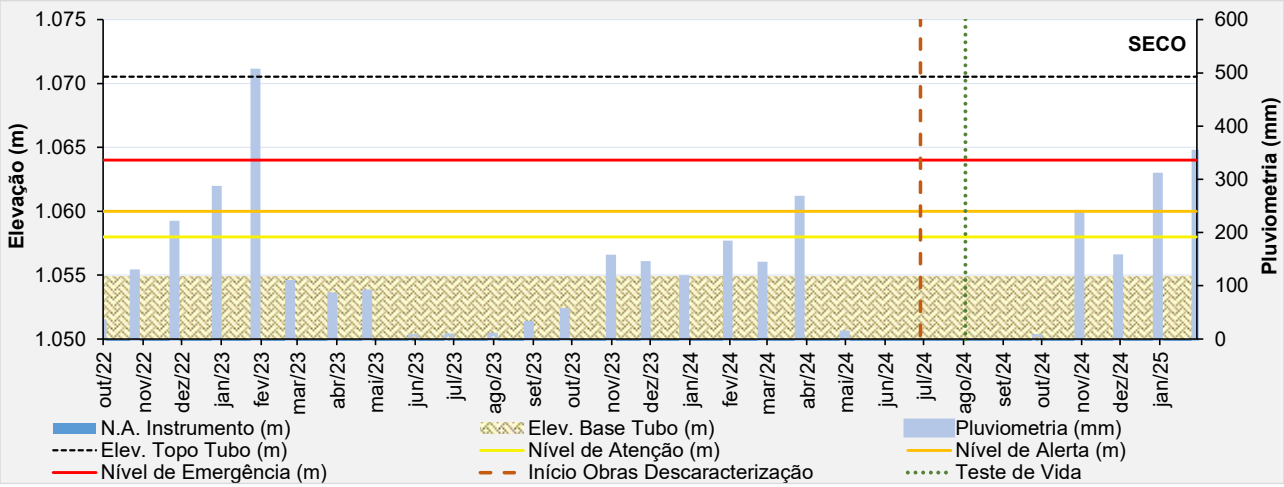


Figura 6.68 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-10.

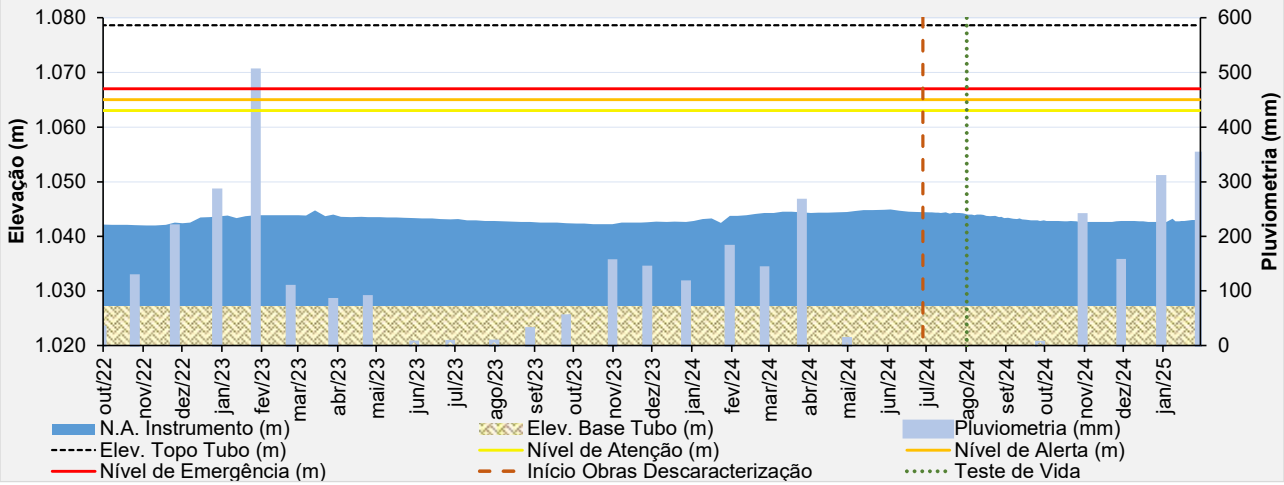


Figura 6.69 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-11.

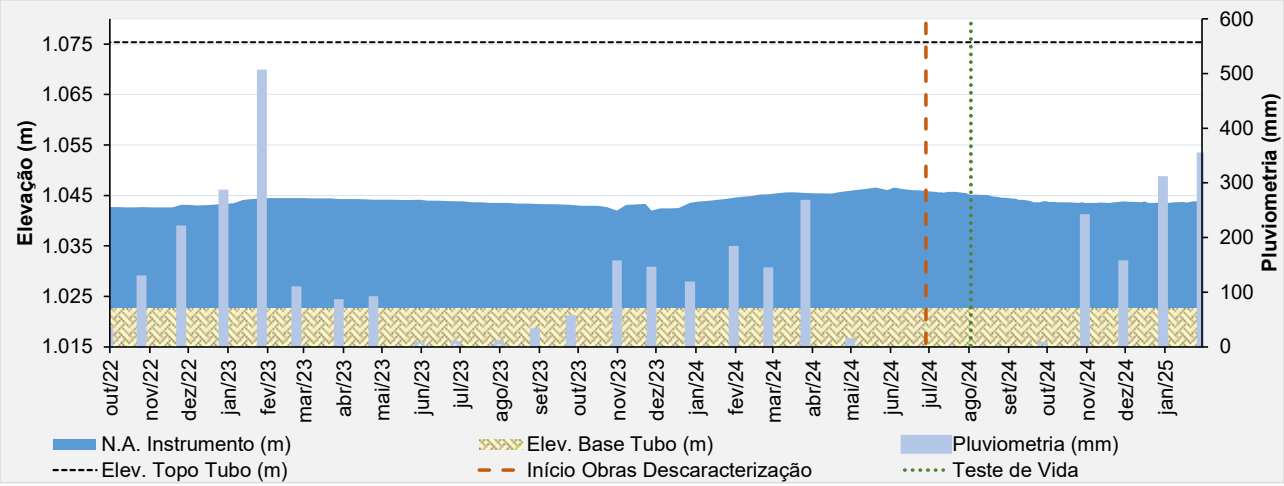


Figura 6.70 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-12.

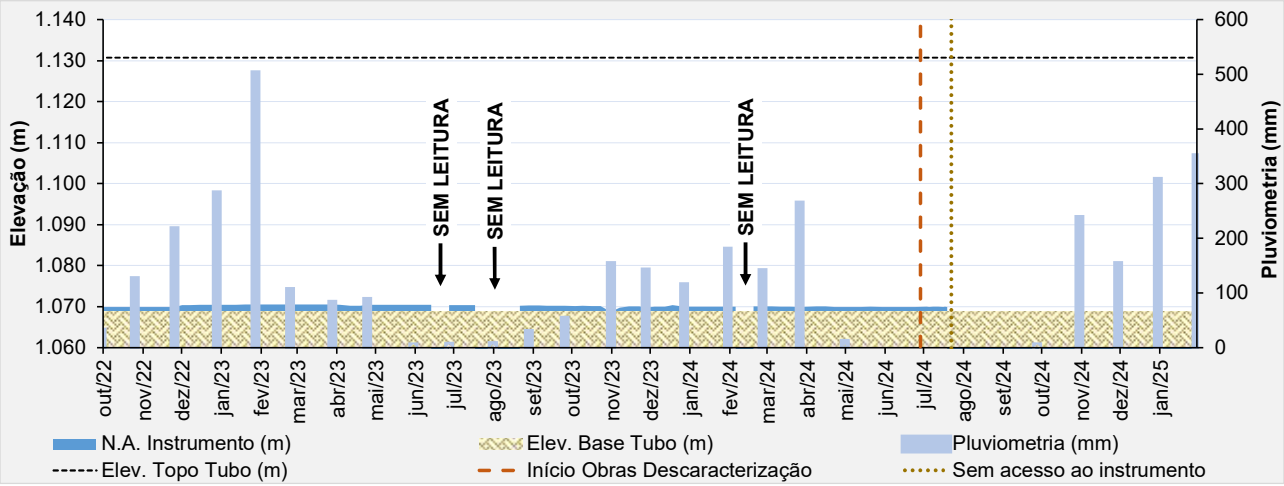


Figura 6.71 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-13 (sem acesso).

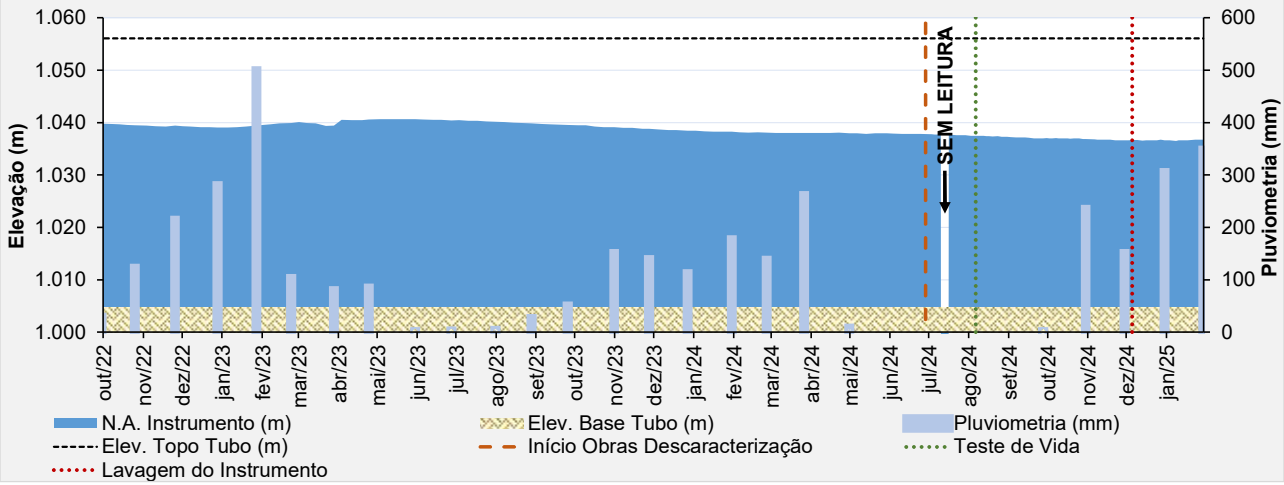


Figura 6.72 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-14.

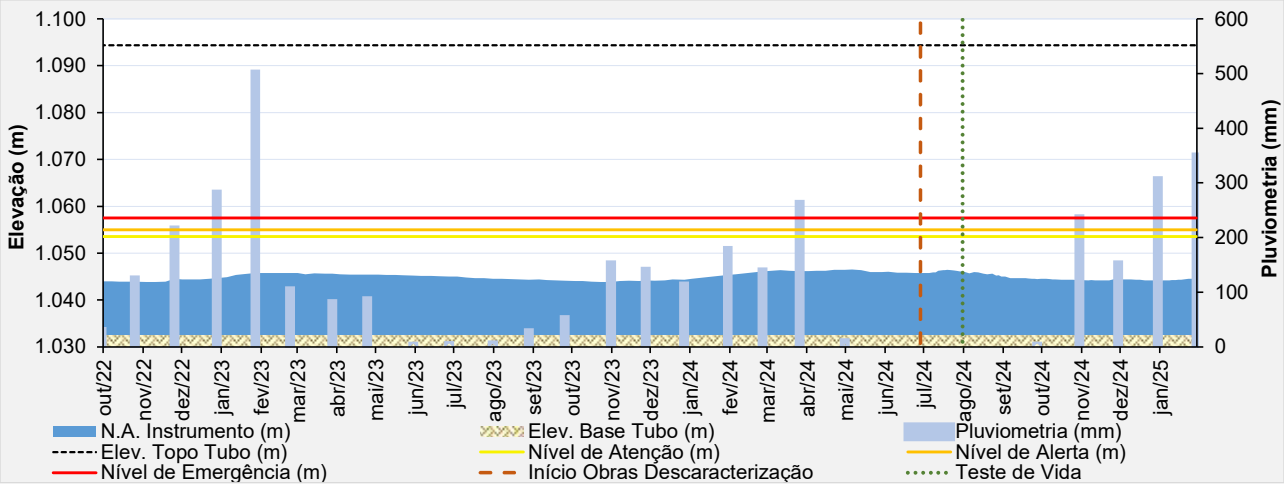


Figura 6.73 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-15.

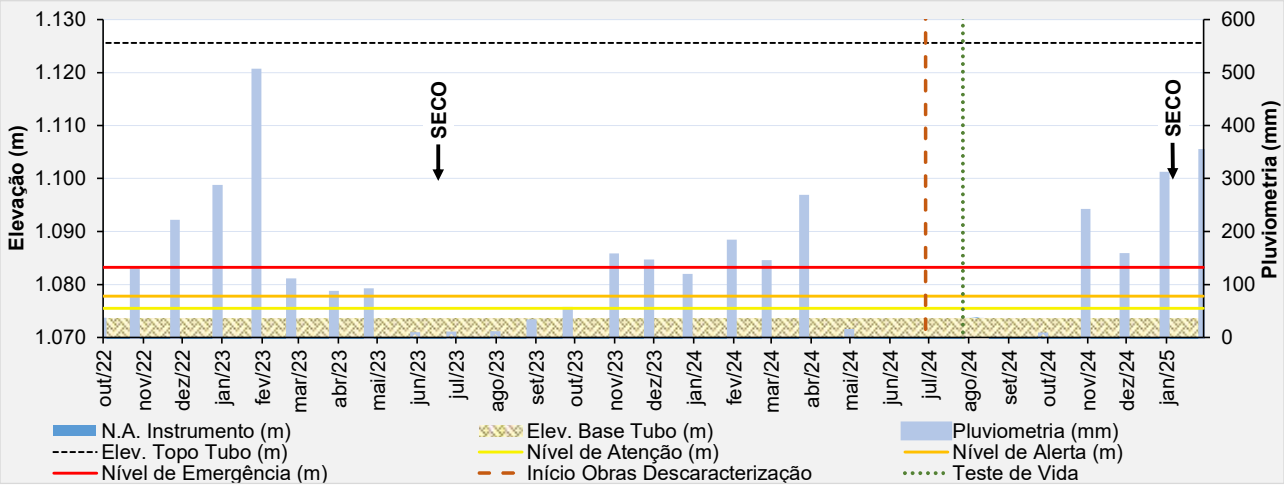


Figura 6.74 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-16.

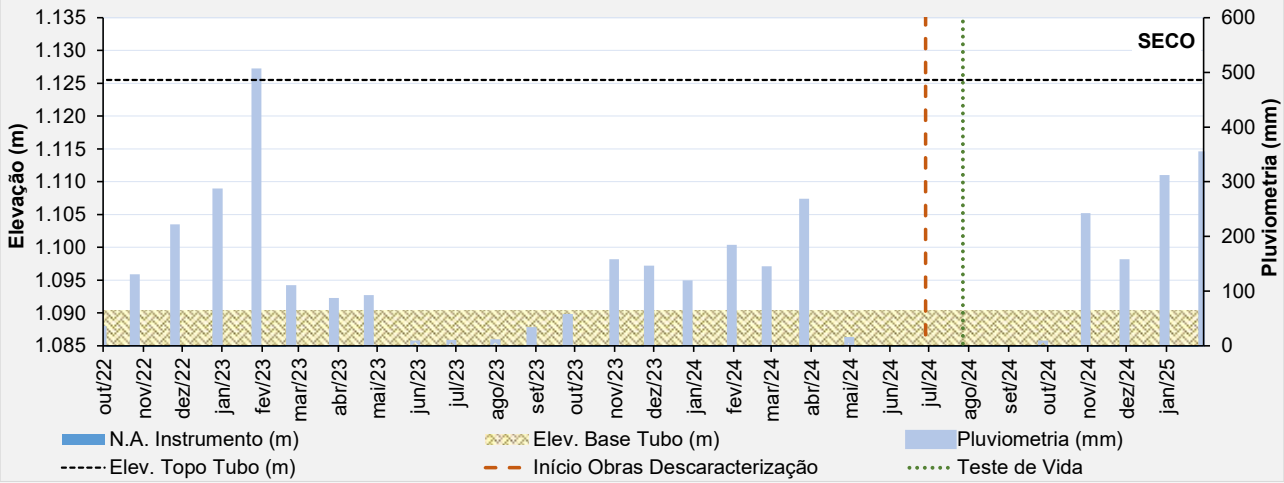


Figura 6.75 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-17.

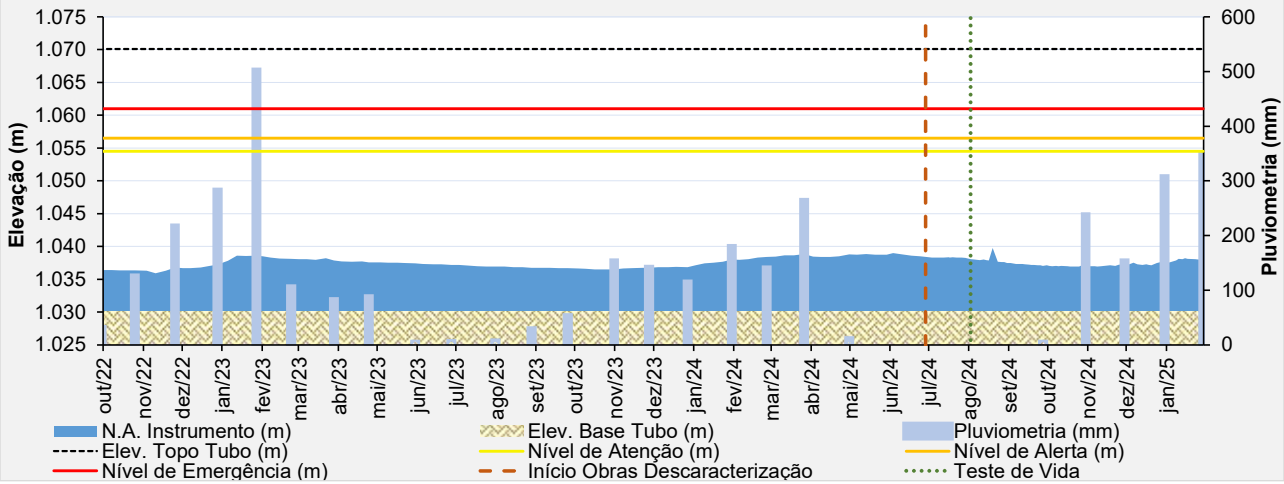


Figura 6.76 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-18.

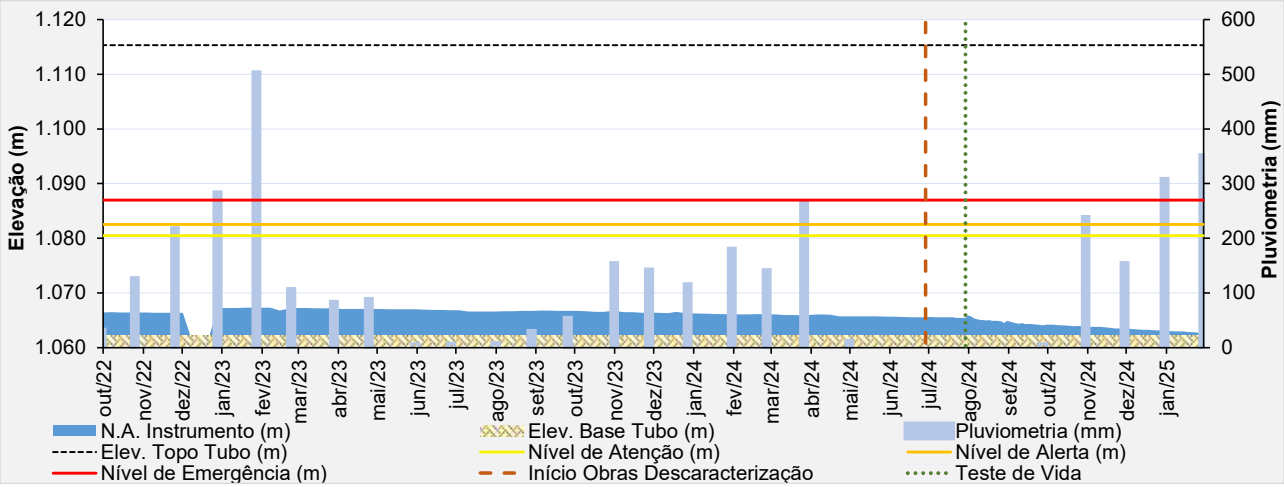


Figura 6.77 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-19.

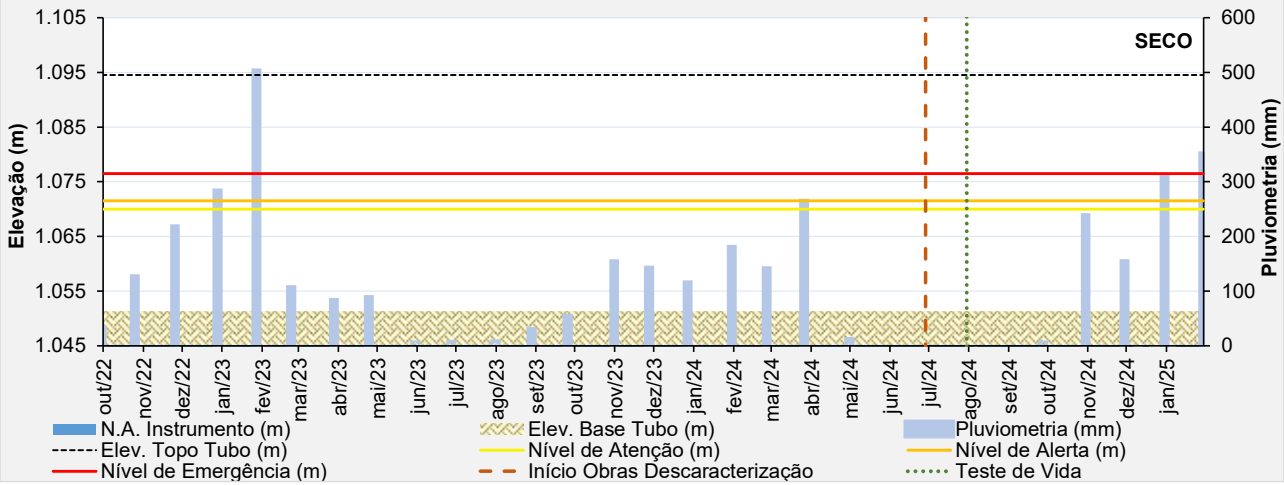


Figura 6.78 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-20.

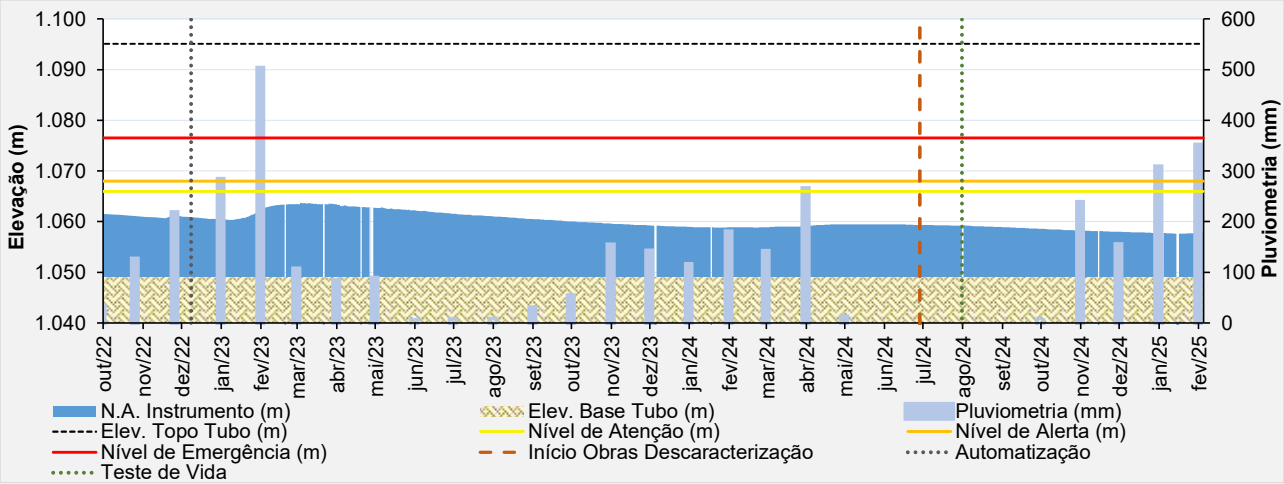


Figura 6.79 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-21.

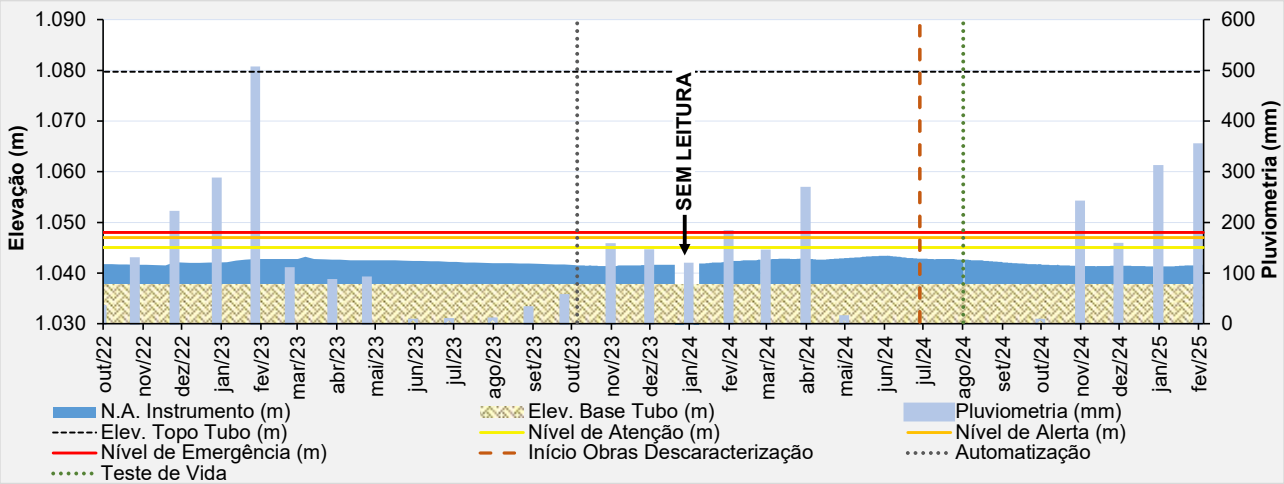


Figura 6.80 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-22.

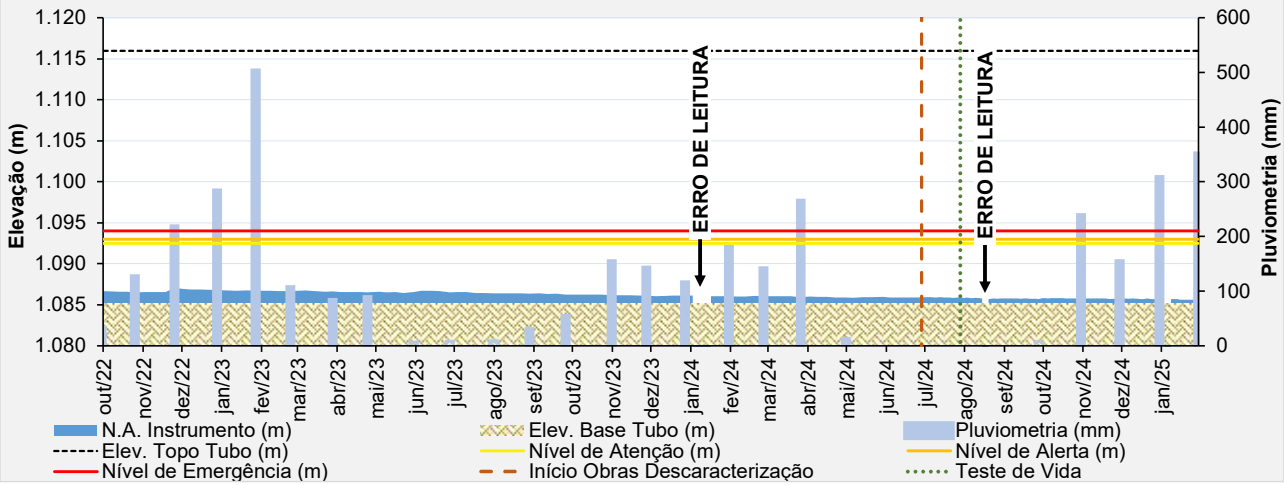


Figura 6.81 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-23.

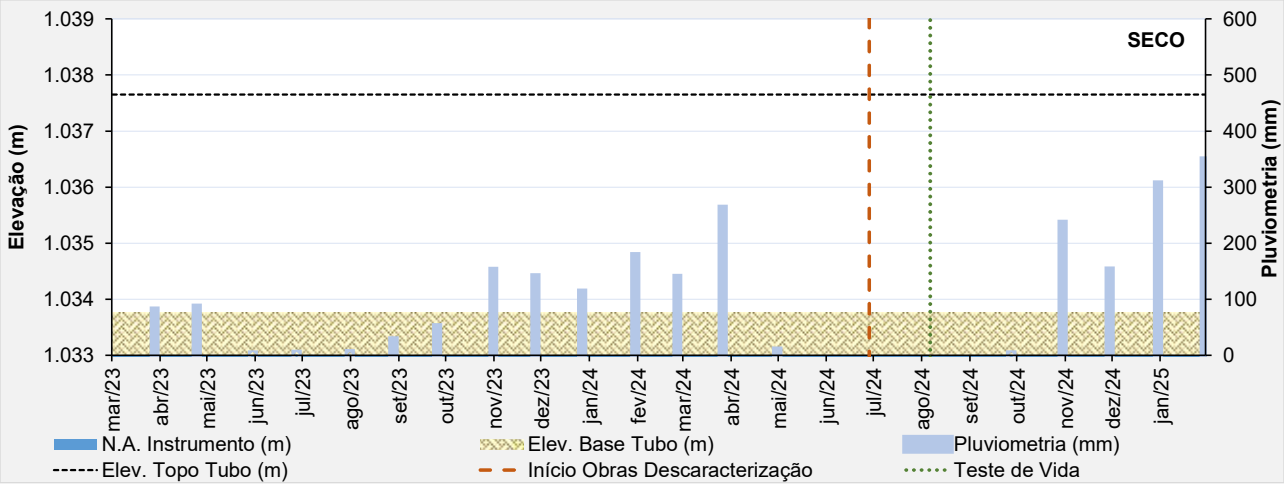


Figura 6.82 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-24.

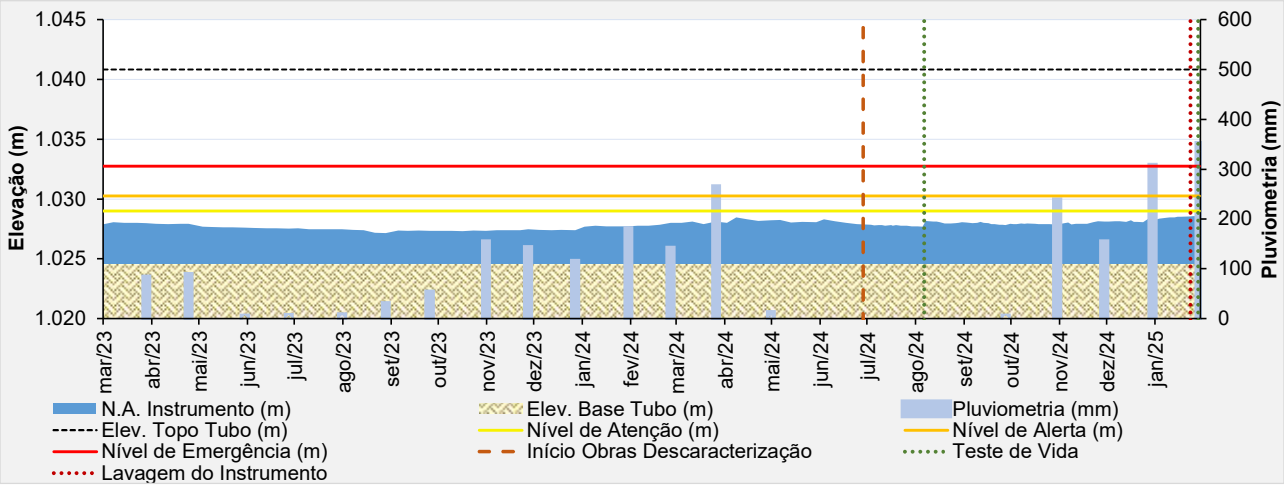


Figura 6.83 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-25.

Durante os meses de julho e agosto de 2024 foram realizados testes de vida na instrumentação instalada na estrutura, para os instrumentos que não indicaram uma boa resposta após a realização do teste, foi realizada lavagem do instrumento (novembro/2024 a janeiro/2025) e em alguns até novo teste de vida (janeiro/2025).

No período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025), pode-se observar que parte dos instrumentos apresentaram uma oscilação em suas leituras, provavelmente devido a elevada incidência pluviométrica na região. Dentre estes, destacam-se alguns que apresentaram comportamentos discrepantes ao histórico registrado:

→ INA-20 – Em novembro/2024, após tentativa de lavagem do instrumento foi identificado que este se encontra colmatado;

→ INA-25 – Instrumento automatizado que se apresentava seco desde agosto/2024, voltou a apresentar leitura na 1ª quinzena de janeiro de 2025. Por conta do histórico de leituras seco do instrumento, acredita-se que esta leitura é apenas um erro do sensor do sistema de automatização das leituras, sendo assim desconsiderada nas análises de estabilidade;

→ INA-29 – No início de dezembro/2024, após realização de lavagem do instrumento, as leituras aferidas apresentaram um rebaixamento na ordem de 3,0 m, mantendo-se nesse nível até o início de janeiro/2025, quando retornaram a valores próximos ao verificados antes da lavagem. Na 2ª quinzena de janeiro, observou-se que os níveis continuaram a subir. Por conta desse comportamento anômalo, após a realização de teste de vida e tentativa de recuperação por meio de lavagem, recomenda-se que seja realizada a instalação de novo instrumento em substituição ao INA-29.

- **Placa Indicadora de Vazão**

O monitoramento de vazão percolada da barragem era realizado por 2 (dois) indicadores de vazão da drenagem interna. Os dispositivos foram removidos em função das obras de ampliação da berma de reforço da barragem.

A MMI concluiu a instalação da nova placa indicadora de vazão e iniciou o monitoramento das vazões a partir do dia 02/03/2023, conforme apresentado na Figura 6.84. No período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025), obteve-se uma vazão média de 3,97 m³/h, com leituras variando de 2,17 m³/h até 6,53 m³/h.

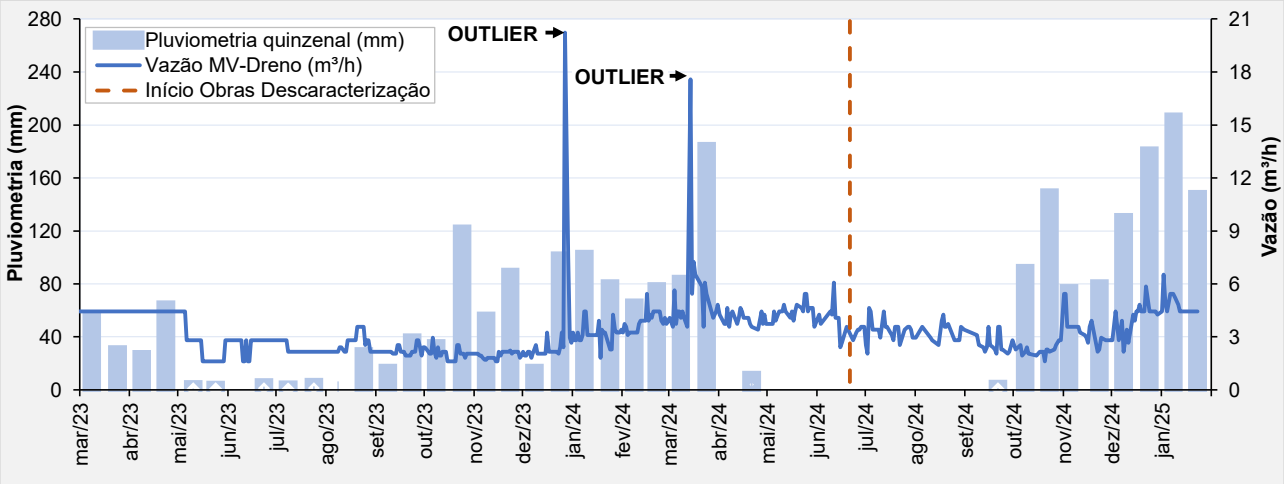


Figura 6.84 – Vazão – MV-Dreno – Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

- **Marcos de Controle de Deformação**

Atualmente na barragem existem 3 marcos de controle de deslocamento instalados como pode ser verificado na Tabela 6.4.

Na 1ª quinzena de outubro de 2023, a equipe de topografia da MMI informou que foi realizada a calibração das estações totais e dessa forma foi necessário o recadastramento das hastes com as leituras do dia 11/10/2023.

Os marcos MS-01 e MS-02 foram removidos no início do mês de setembro de 2024, durante a remoção do 11º alteamento, Etapa 1 – Fase 1E da obra de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

A partir da análise das leituras dos marcos de controle pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Os valores acumulados observados, horizontais menores que 4 mm e verticais menores que 3 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura (“serrilhado”), em função da referência de nível e

do equipamento utilizado e sua precisão. A última leitura dos deslocamentos dos marcos superficiais no período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025) foi realizada no dia 29/01/2025.

A seguir são apresentados gráficos com o histórico dos deslocamentos horizontais e verticais dos marcos, em relação aos dados cadastrais verificados na última calibração realizada.

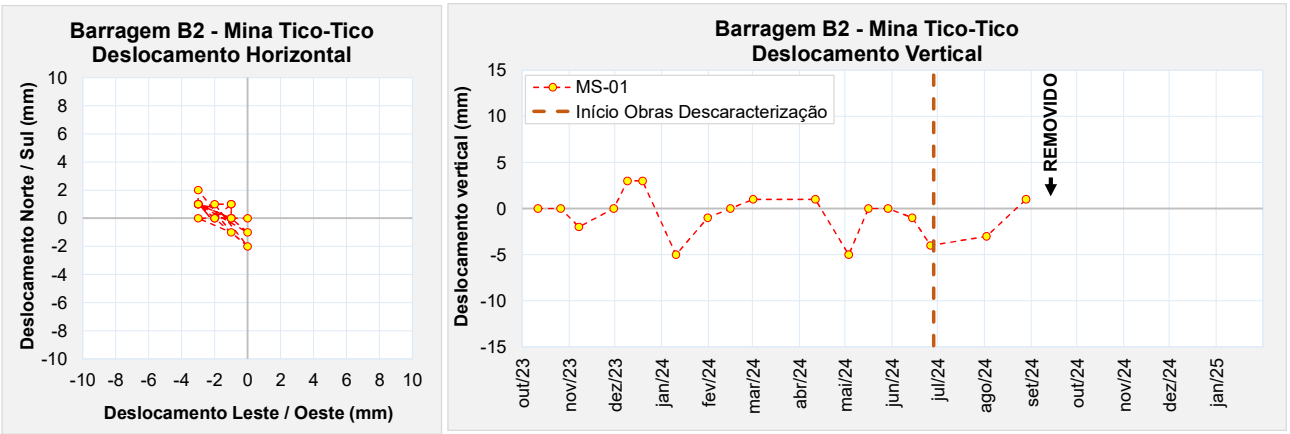


Figura 6.85 – Marco de controle de deformação – MS-01.

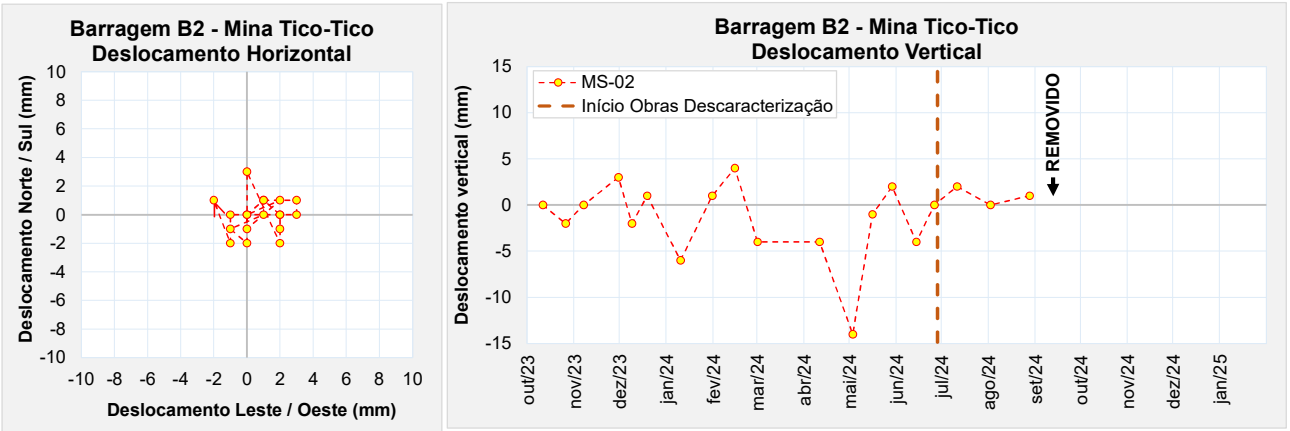


Figura 6.86 – Marco de controle de deformação – MS-02.

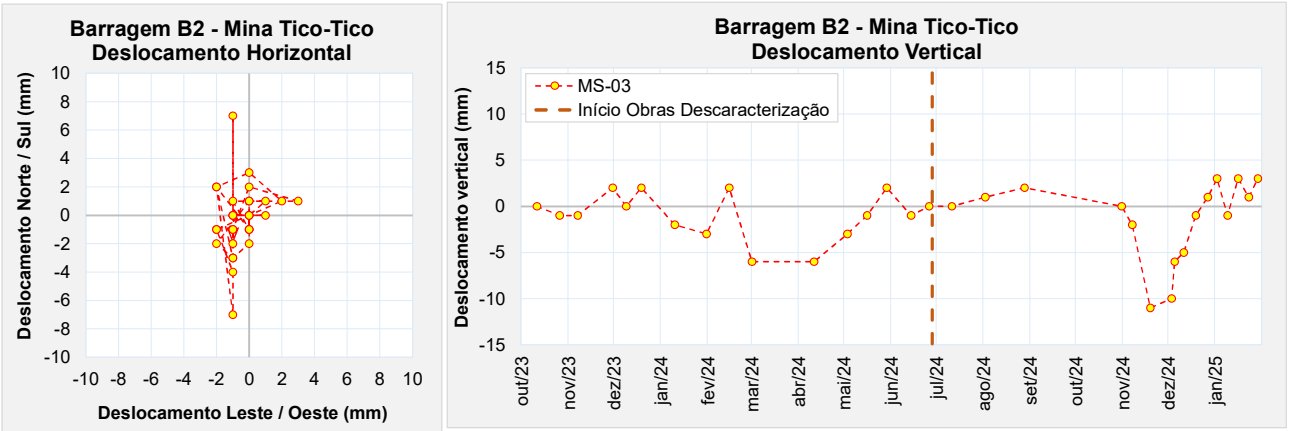


Figura 6.87 – Marco de controle de deformação – MS-03.

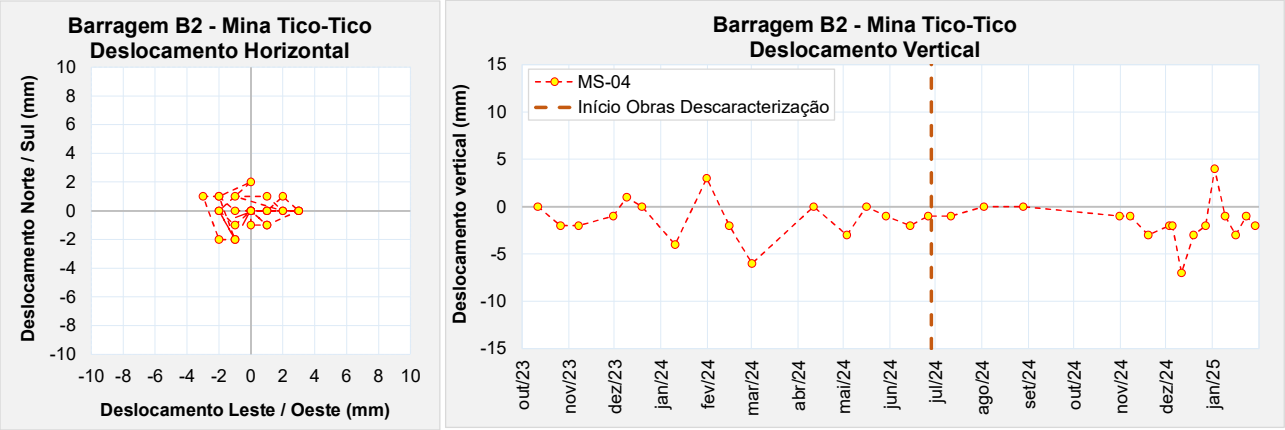


Figura 6.88 – Marco de controle de deformação – MS-04.

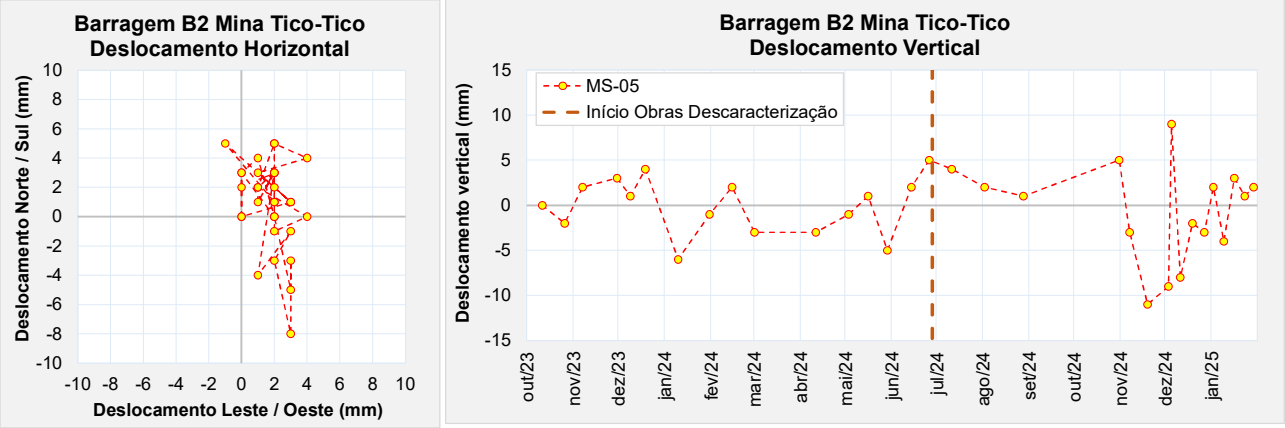


Figura 6.89 – Marco de controle de deformação – MS-05.

6.2.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025).

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2024, a partir do software Slide2 da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

Na Figura 6.90 é apresentada a locação em planta das seções e instrumentação de controle utilizadas nas análises de estabilidade.

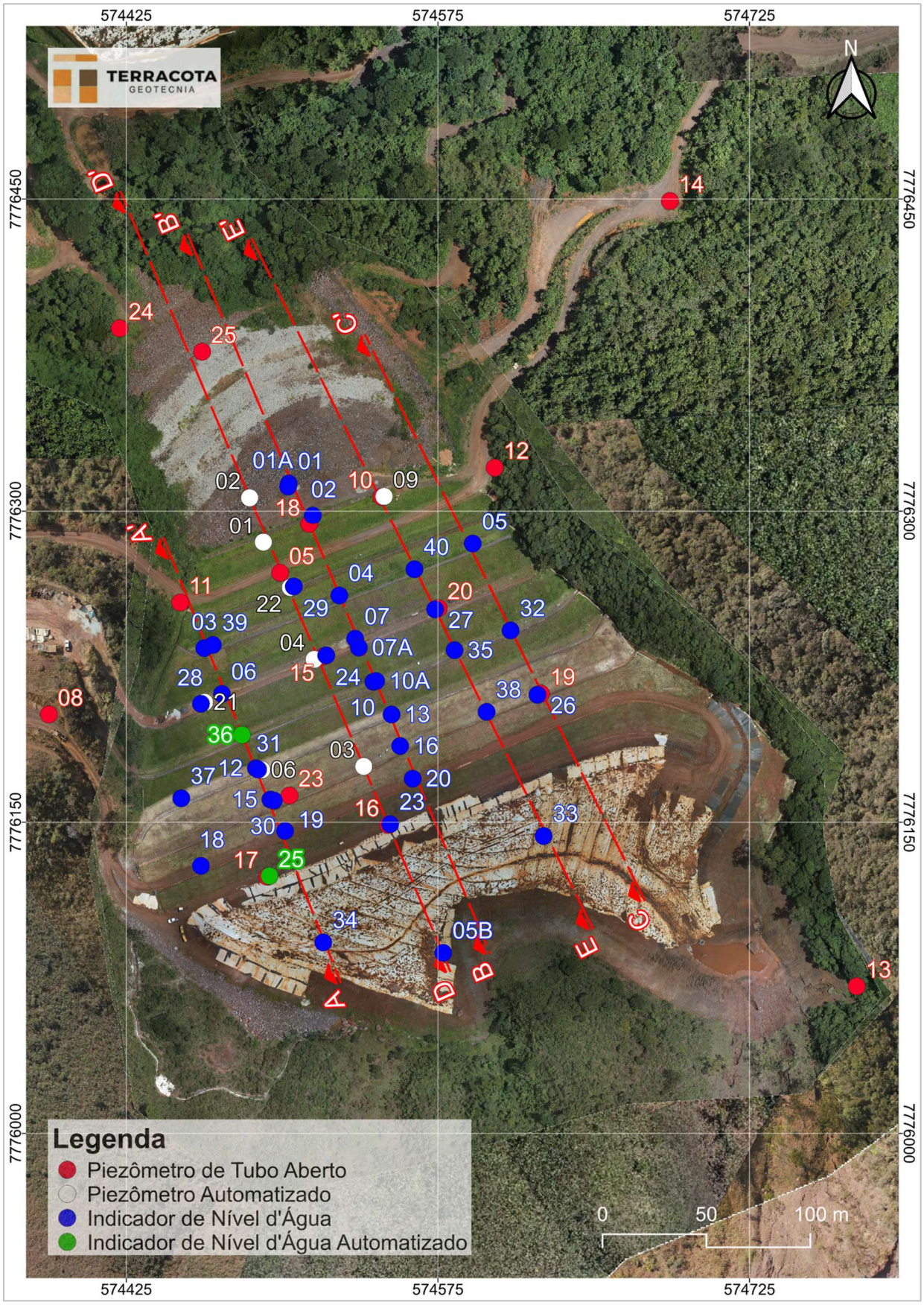


Figura 6.90 – Seções Instrumentadas Barragem B2 – Mina Tico-Tico – Planta.

6.2.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas para 05 (cinco) seções instrumentadas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, considerando a geometria atual da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico.

A linha freática no interior do reservatório e barramento foi definida a partir da leitura da instrumentação instalada na estrutura.

O fator de segurança ao escorregamento foi calculado considerando a condição de carregamento drenado e a condição de carregamento não drenado. Para condição de carregamento não drenado, o rejeito foi modelado a partir de seu parâmetro não drenado de pico e liquefeito, de forma a simular uma condição hipotética de liquefação do material do reservatório. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram atribuídos apenas para a parcela do material em condição 100% saturada, ou seja, localizada abaixo da linha freática de análise.

O comportamento contrátil do rejeito e seus parâmetros geotécnicos para condições não drenadas foram estudados a partir da análise de ensaios CPTu realizados na estrutura em três campanhas executadas entre 2018 e 2022. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram determinados a partir do método de Olson (2021), no caso do parâmetro de pico e pelo método de Robertson (2021), no caso do parâmetro liquefeito.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2024 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução nº 95 de 07 de fevereiro/2022 da ANM (**FS ≥ 1,3**);
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS ≥ 1,0**) e NBR 13.028/2024 (**FS ≥ 1,1**);
- Análises não drenadas com parâmetro de liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 6.5 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 6.5 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Sismo (Pseudo-estática)	1,0 a 1,1	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada e condições com sismo (pseudo-estática) atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2024 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reserva de água - Requisitos) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

6.2.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do *peak ground acceleration* (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento dinâmico (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da

Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 6.91 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 6.91 – Rede sismológica brasileira (http://www.rsbr.gov.br).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 6.6 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Tabela 6.6 – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

Modelo	Valores máximos por período de retorno (anos)					Máximo absoluto
	500	1.000	2.500	5.000	10.000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	**9.7%**	**9.5%**	**13.4%**	**16.0%**	**18.3%**	**18.3%**
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo *"Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment"* publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 6.92).

A localização da barragem no mapa de Assumpção et al. fornece valor de PGA em torno de 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR.

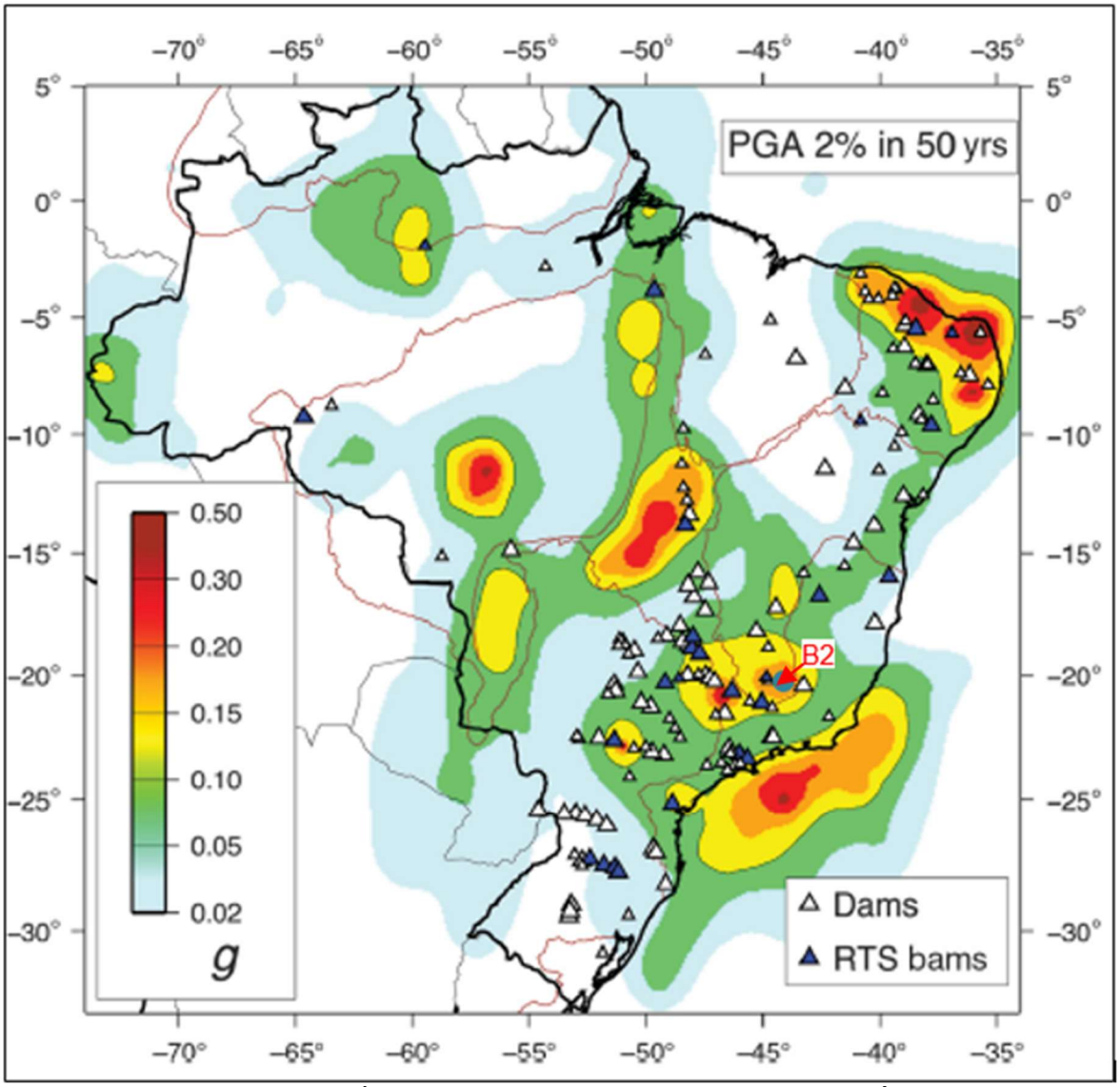


Figura 6.92 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Assumpção Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, considerando a contribuição do efeito sísmico, utilizou-se como premissa a norma técnica elaborada pela Canadian Dam Association (CDA) – *"Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams"* (2014), em conformidade ao recomendado pela NBR 13.028/2024 no seu tópico 4.3.5, o qual faz referência aos estudos sísmicos.

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados a infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 6.7.

Tabela 6.7 – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

Classificação da Barragem	População em Risco (Nota 1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (Nota 2)	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixo	Nenhum	0	Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativo	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
			Apenas perdas marginais do habitat.	
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	
Extrema	**Permanente**	**Mais de 100**	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição impossível.	

Nota 1. Definições para população em risco:

Nenhum – Não há população identificável em risco, portanto não há possibilidade de perda de vida a não ser devido ao acaso imprevisível.

Temporário – As pessoas estão apenas temporariamente na zona de inundação do rompimento da barragem (por exemplo, uso sazonal de casas de campo, passagem em rotas de transporte, participação em atividades recreativas).

Permanente – A população em risco normalmente está localizada na zona de inundação da ruptura da barragem (como residentes permanentes); são propostas três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) para permitir estimativas mais detalhadas da potencial perda de vidas (para auxiliar na tomada de decisões se for realizada a análise apropriada).

Nota 2. Definições para população em risco:

Não especificado – O nível apropriado de segurança exigido em uma barragem onde as pessoas estão temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, da natureza de sua atividade e de outras condições.

De acordo com os critérios da Tabela 6.7, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.9 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Extrema**. A partir desta classificação, seguindo as

premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 6.8, o PGA de 0,183g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com período de retorno de 10.000 anos.

Tabela 6.8 – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

Classe da Barragem	Probabilidade Anual de Excedência (PAE) – Terremotos (Nota 1)
Baixa	1/1000
Significativo	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/2.475 (Nota 2)
Muito Alta	1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3)
Extrema	**1/10.000 ou SMP (Nota 3)**

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).
Nota 1. Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (Dam Safety Guidelines - CDA 2013).
Nota 2. Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no National Building Code of Canada (Código Nacional de Construção do Canadá).
Nota 3. SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação "*Rationalizing the Seismic Coefficient Method"* (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,092g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Para a componente vertical adota-se um valor correspondente a 60% da componente horizontal, seguindo proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003), resultando num valor igual a 0,055g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

No estudo de Hynes-Griffin & Franklin (1984), recomenda-se que nas análises pseudo-estáticas seja realizada a redução em 20% da resistência dos materiais da fundação que apresentarem comportamento não-drenado nos ensaios executados.

Conforme projeto de descaracterização da estrutura, a Barragem B2 - Mina Tico-Tico deverá ser parcialmente removida nos próximos três anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida útil da estrutura

igual a 3 anos. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de aproximadamente 150 anos.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{t}\right)^{n}$$

Em que:

- P é a probabilidade de excedência do sismo;
- t é o período de retorno;
- n é o tempo de vida útil da estrutura.

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 2.500 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,12%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 6.6, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,067g e uma componente vertical igual a 0,040g.

6.2.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada nas análises de estabilidade foram considerados os instrumentos existentes ao longo das seções de análise, instalados no maciço, fundação e reservatório da Barragem B2 - Mina Tico-Tico.

A Tabela 6.9 e Tabela 6.10 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 6.9 – Instrumentação – Freática atuante no rejeito - Valores lidos (29/01/25) e adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A’	INA-25 (2)	1.098,78	1.098,84 (5)(8)	1.088,90 (1)
	INA-19	1.094,19	Seco	1.087,50 (1)
	INA-30	1.079,93	Seco	1.085,64 (1)
	INA-15	1.089,51	Seco	1.085,64 (1)
	PZ-23	1.085,13	1.085,64	1.085,64
	INA-31	1.077,72	Seco	1.076,27 (1)
	PZ-06 (2)	1.075,80	1.076,27	1.076,27
	INA-12	1.088,36	Seco	1.076,27 (1)
	INA-36 (2)	1.070,80	1.070,36 (4)	1.070,80
	INA-28	1.071,74	Seco	1.069,95 (1)
	INA-06	1.084,07	Seco	1.069,95 (1)
	INA-39	1.068,90	Seco	1.068,90
	INA-03	1.074,42	Seco	1.068,90 (1)

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
B-B'	INA-20	1.094,24	Colmatado (3)	1.062,50 (1)
	INA-16	1.089,62	Seco	1.061,00 (1)
	INA-13	1.089,05	Seco	1.059,72 (1)
	INA-10	1.078,29	Seco	1.058,32 (1)
	INA-10A	1.083,46	Seco	1.058,32 (1)
	INA-07	1.073,56	Seco	1.056,65 (1)
	INA-07A	1.076,94	Seco	1.056,65 (1)
	INA-04	1.068,65	Seco	1.054,18 (1)
	PZ-18	1.030,04	1.037,96	1.050,60 (1)
	INA-02	1.038,74	1.039,34 (6)	1.050,40 (1)
	INA-01	1.038,92	Danificado	1.048,29 (1)
	INA-01A	1.043,38	1.048,29	1.048,29
C-C'	INA-26	1.073,07	Seco	1.062,67 (1)
	PZ-19	1.062,12	1.062,67	1.062,67
	INA-32	1.075,61	Seco	1.061,54 (1)
	INA-05	1.076,65	Seco	1.060,04 (1)
D-D'	INA-23	1.079,61	Seco	1.065,91 (1)
	INA-24	1.054,17	1.059,12	1.059,12
	PZ-04 (2)	1.056,08	1.058,53	1.059,12 (1)
	INA-29	1.044,74	1.055,44	1.055,44
	PZ-05	1.049,09	Seco	1.049,09
	PZ-01 (2)	1.046,85	1.047,86	1.048,33 (1)
	PZ-02 (2)	1.046,53	1.048,33	1.048,33
	PZ-25	1.024,53	1.028,58	1.028,58
E-E'	INA-33	1.079,98	Seco (6)	1.079,98
	INA-38	1.074,80	Seco	1.071,42 (1)
	INA-35	1.071,60	Seco	1.067,05 (1)
	INA-27	1.068,47	Seco	1.064,24 (1)
	PZ-20	1.051,50	Seco	1.064,24 (1)
	INA-40	1.061,34	Seco	1.061,34
	PZ-09 (2)	1.037,00	1.041,27 (7)	1.055,07 (1)
	PZ-10	1.055,07	Seco	1.055,07

1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
2- Instrumentos automatizados;
3- Instrumento considerado colmatado, após lavagem. Adotada última leitura válida (seco), realizada no dia 22/11/24;
4- Leitura abaixo da cota de fundo do instrumento. Adotada leitura seca;
5- Sem leitura no dia 29/01/2025. Adotada leitura do dia 27/01/25;
6- Sem leitura no dia 29/01/2025. Adotada leitura do dia 25/01/25;
7- Sem leitura no dia 29/01/2025. Adotada leitura do dia 28/01/25;
8- Leitura desconsiderada, após avaliação do histórico do instrumento.

Tabela 6.10 – Instrumentação – Freática atuante na fundação - Valores lidos (29/01/25) e adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	INA-34	1.098,14	Seco	1.098,14
	PZ-17	1.089,35	Seco	1.085,00 (1)
	PZ-21 (2)	1.048,93	1.057,76	1.057,76
	PZ-11	1.028,64	1.043,07	1.057,40 (1)
D-D'	INA-05B	1.103,52	Seco	1.103,52
	PZ-16	1.073,54	Seco	1.070,00 (1)
	PZ-03 (2)	1.059,83	1.059,51	1.059,51
	PZ-15	1.032,37	1.044,61	1.044,61
	PZ-22 (2)	1.037,71	1.041,56	1.041,56

1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
2- Instrumentos automatizados.

6.2.4.4 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados para as várias camadas foram consolidados no âmbito do relatório de consolidação de dados da estrutura (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.536).

Na Tabela 6.11 apresentam-se os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

Tabela 6.11 – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material		Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros de Resistência							Referência
				Parâmetros Efetivos		Parâmetros Totais					
				c' (kPa)	ϕ' (°)	Razão de resistência não drenada Su/σ'v (kPa)	Obtidos		Adotados(1)		
							c (kPa)	ϕ (°)	c (kPa)	ϕ (°)	
Rejeito	Drenado		28,0	0	38,0	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
	Não Drenado - Pico			-	-	0,26	-	-	-	-	Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,06	-	-	-	-	
Solo Residual de Filito (1)			16,0	10,0	33,0	-	68,0	21,9	54,4	17,5	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Aterro Compactado			21,5	10,5	37,5	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Tálus / colúvio			21,0	26,5	35,0	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório (2) (Barragem B1-Auxiliar)
Saprolito de Filito			20,0	15,0	45,0	-	-	-	-	-	Correlação com N_{SPT}
Enrocamento Reforço			23,0	Envoltória intermediária de Leps (1970)			-	-	-	-	Estimativa bibliografia/ projetistas

(1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984)
(2) Ensaios executados na matriz siltosa. Parâmetros majorados em 10% para contabilizar presença de blocos..

6.2.4.5 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 6.93 a Figura 6.125, destacando-se as superfícies de ruptura global e local que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 6.12 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 6.12 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A’	29/01/2025	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,16
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	2,11
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,84
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,48 (sismo ↑)
					1,48 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,59 (sismo ↑)
					1,58 (sismo ↓)
B-B’	29/01/2025	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,80
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,80
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,31
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,10 (sismo ↑)
					1,11 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,18 (sismo ↑)
					1,19 (sismo ↓)
C-C’(1)	29/01/2025	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,13
		Drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Parâmetro Efetivo	1,00	1,66 (sismo ↑)
					1,69 (sismo ↓)
		Drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Parâmetro Efetivo	1,10	1,77 (sismo ↑)
					1,79 (sismo ↓)
D-D’	29/01/2025	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,92
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,92
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,20

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
D-D'	29/01/2025	Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,37 (sismo ↑)
					1,34 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,47 (sismo ↑)
					1,44 (sismo ↓)
E-E'	29/01/2025	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,96
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,79
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,35
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,28 (sismo ↑)
					1,28 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,37 (sismo ↑)
					1,37 (sismo ↓)

(1) Na seção C-C' não há rejeito localizado abaixo da linha freática, não sendo aplicável a utilização de parâmetro não drenado.
(2) Carregamento pseudo-estático considerando critérios do Canadian Dam Association (CDA, 2014);
(3) Carregamento pseudo-estático considerando Probabilidade de Excedência de 0,2% relativo à vida útil remanescente da estrutura de 3 anos até sua completa remoção e Período de Retorno de 2.500 anos.

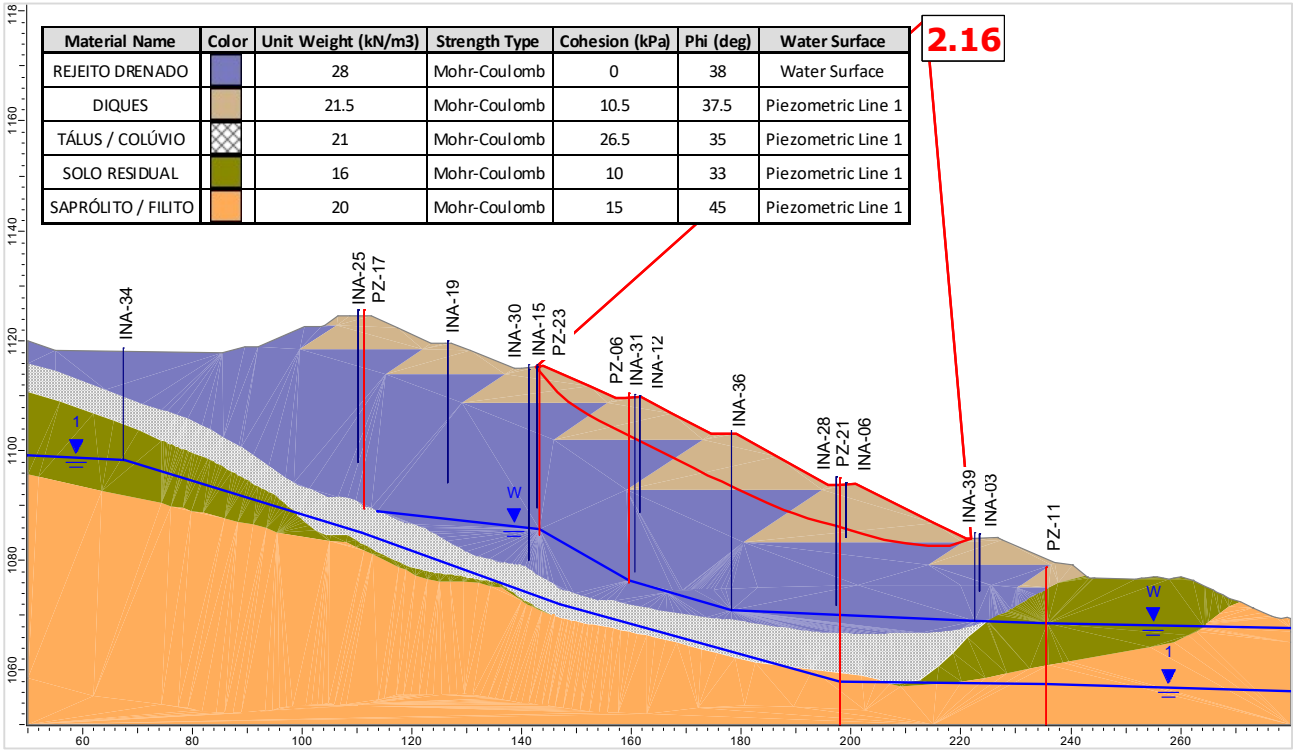
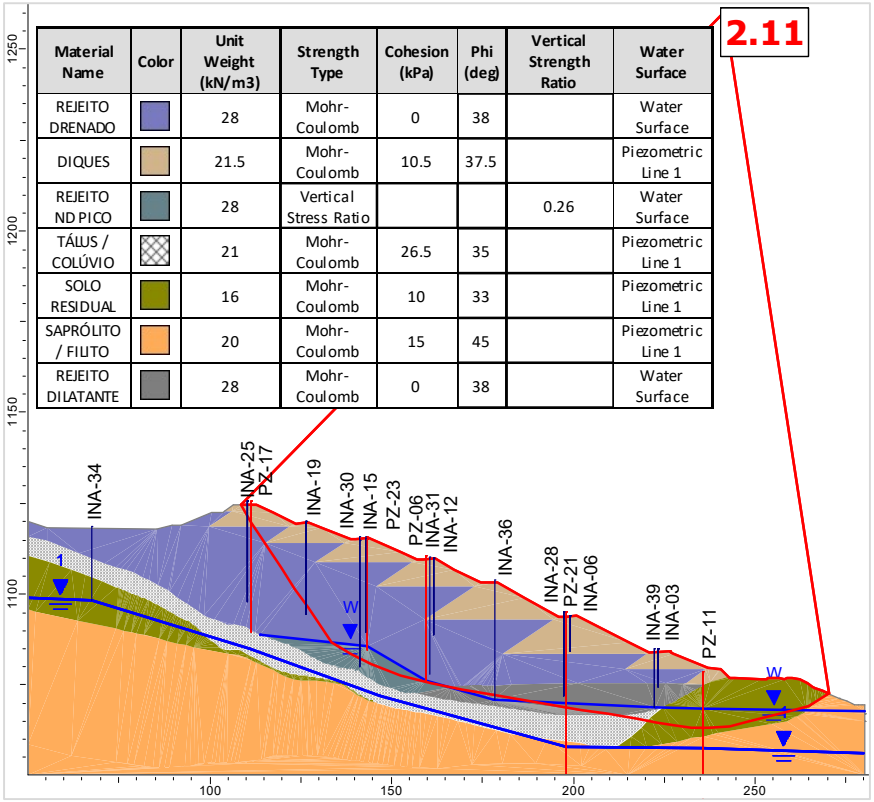
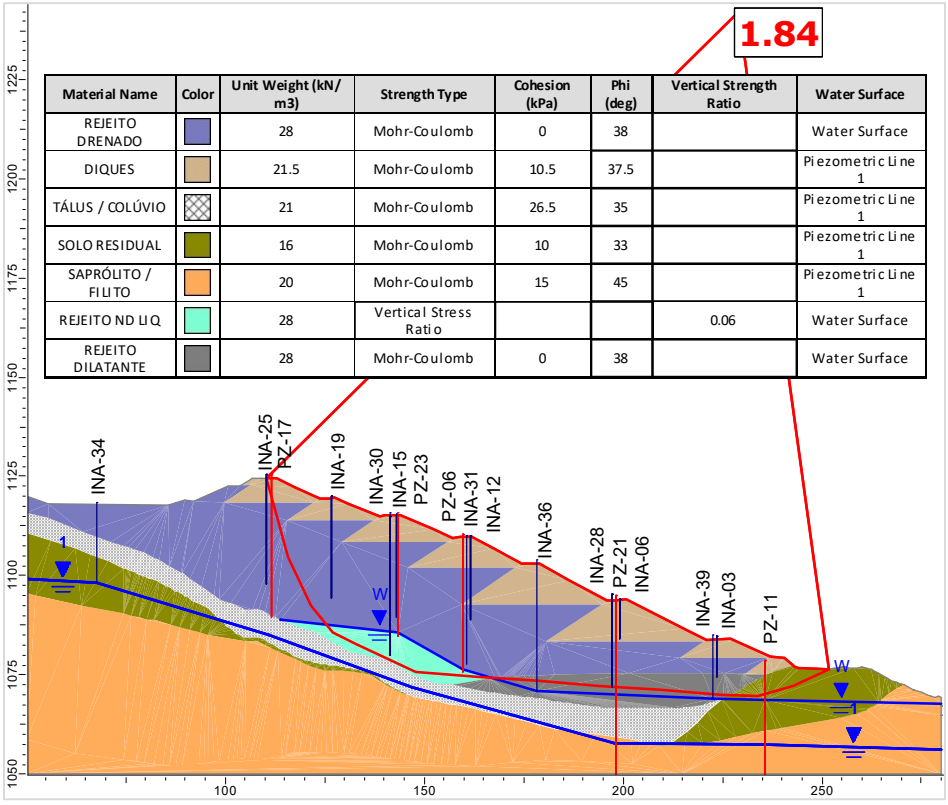


Figura 6.93 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface

Figura 6.94 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO ND LIQ		28	Vertical Stress Ratio			0.06	Water Surface
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface

Figura 6.95 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

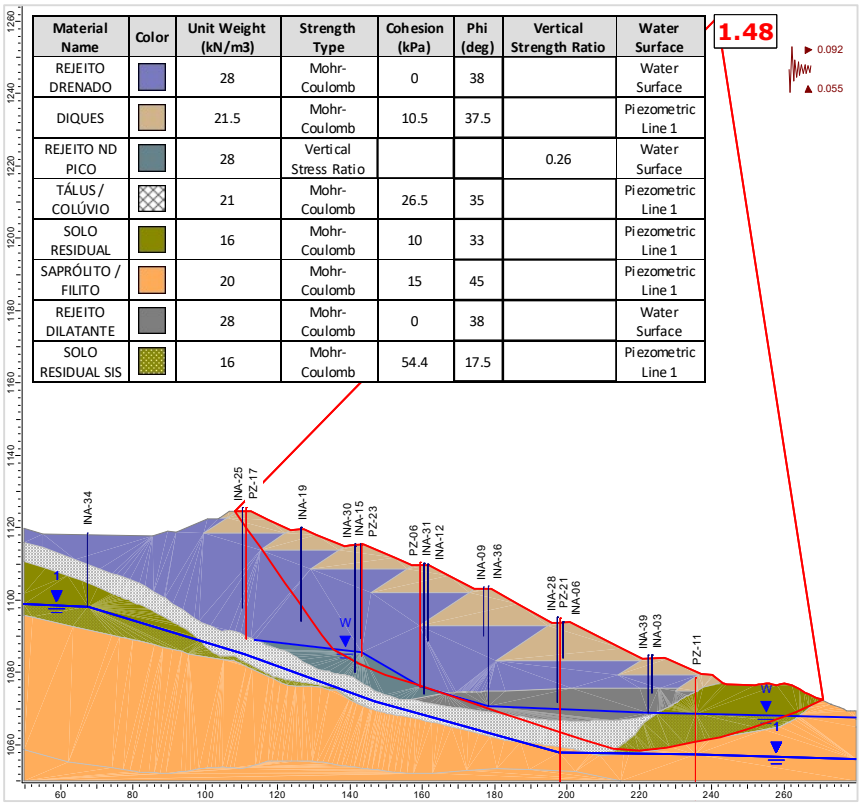


Figura 6.96 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

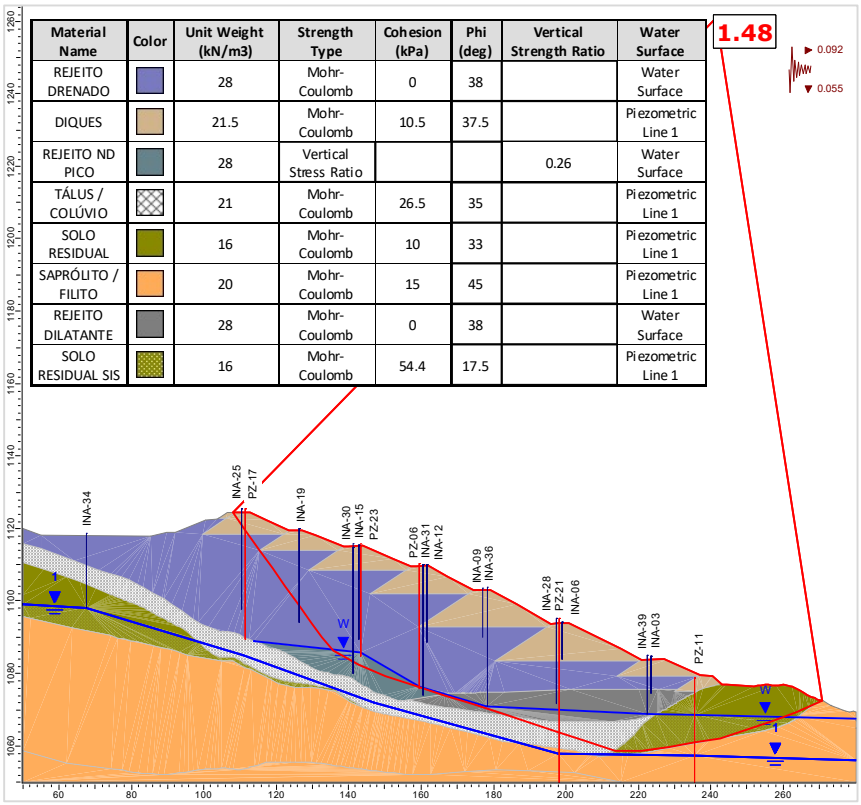
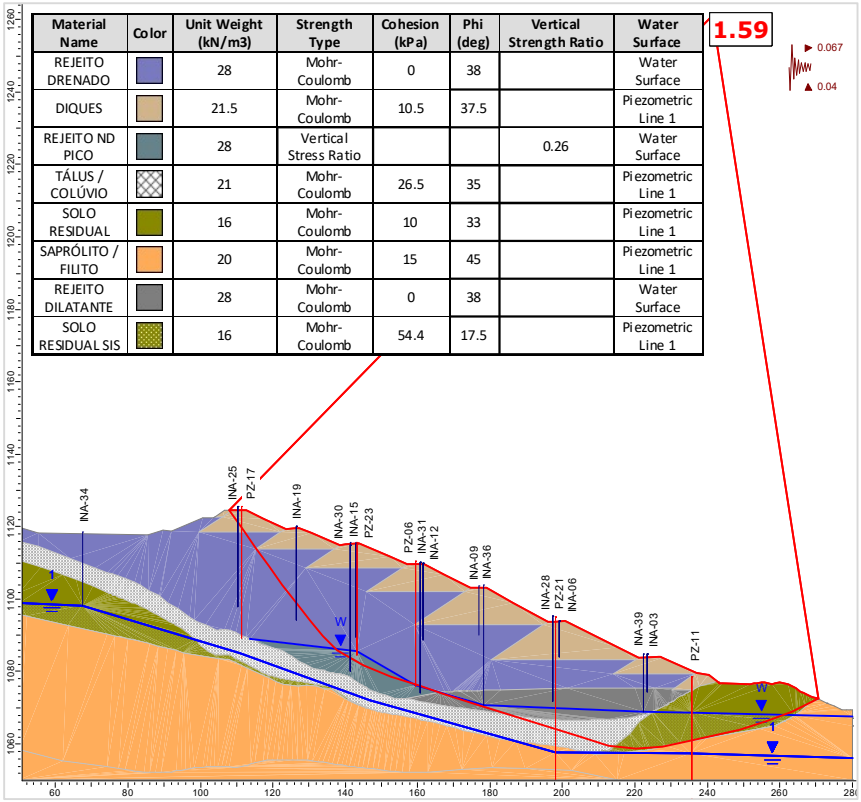
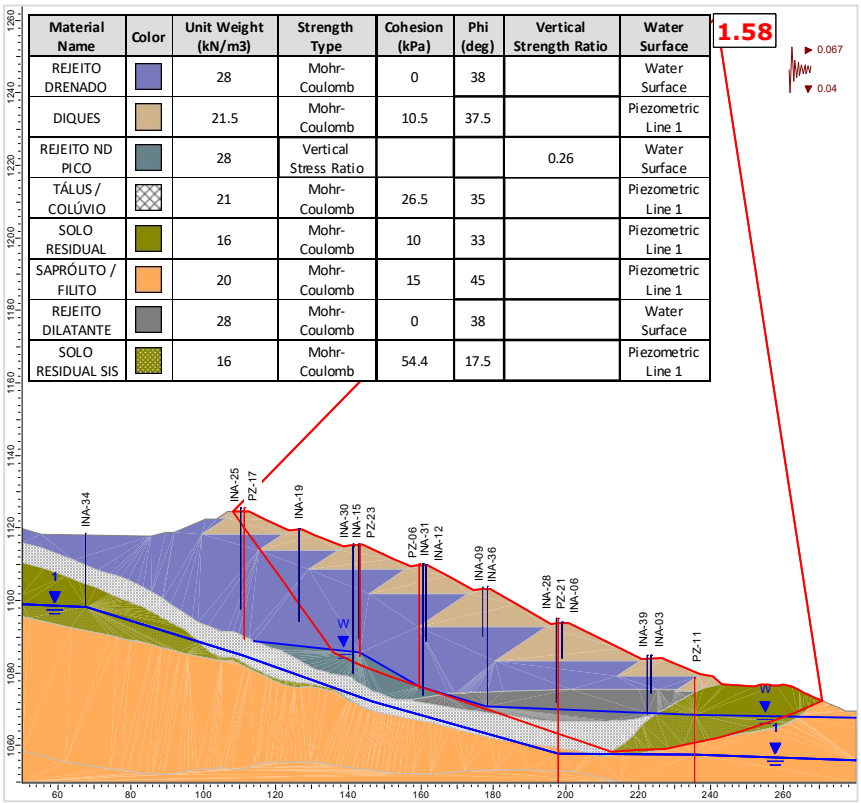


Figura 6.97 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5		Piezometric Line 1

Figura 6.98 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5		Piezometric Line 1

Figura 6.99 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

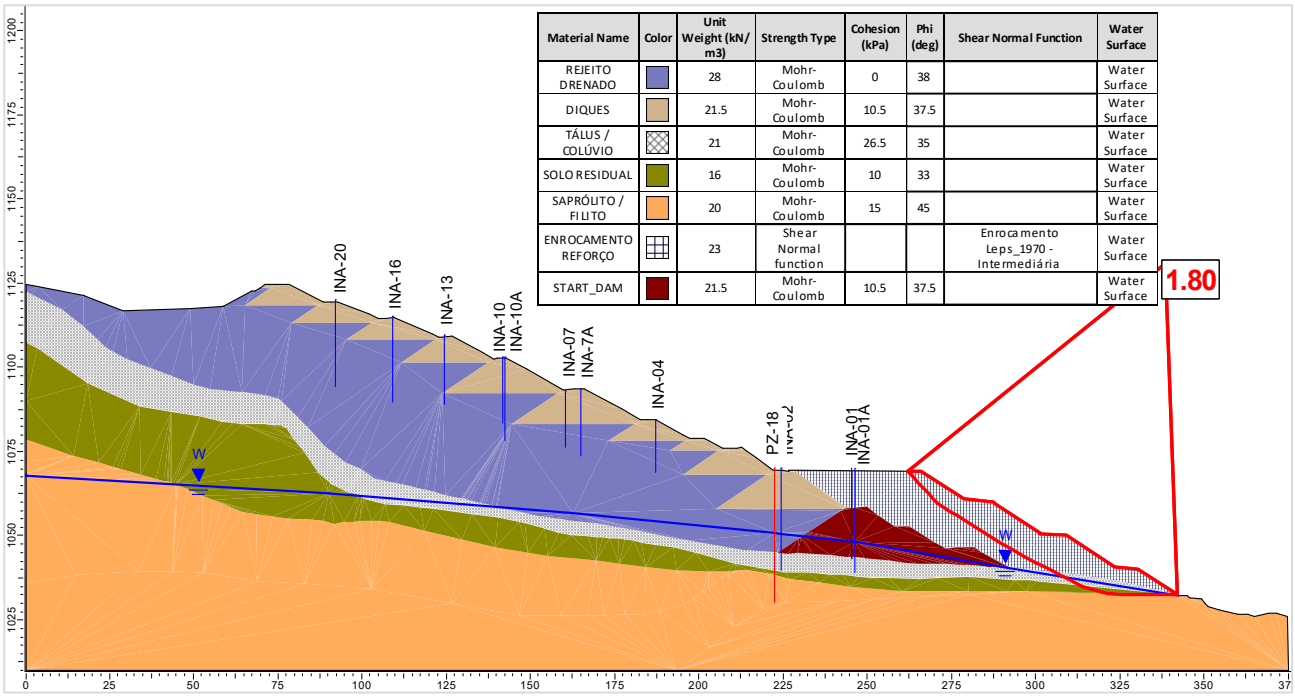


Figura 6.100 – Seção B-B’ – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025.

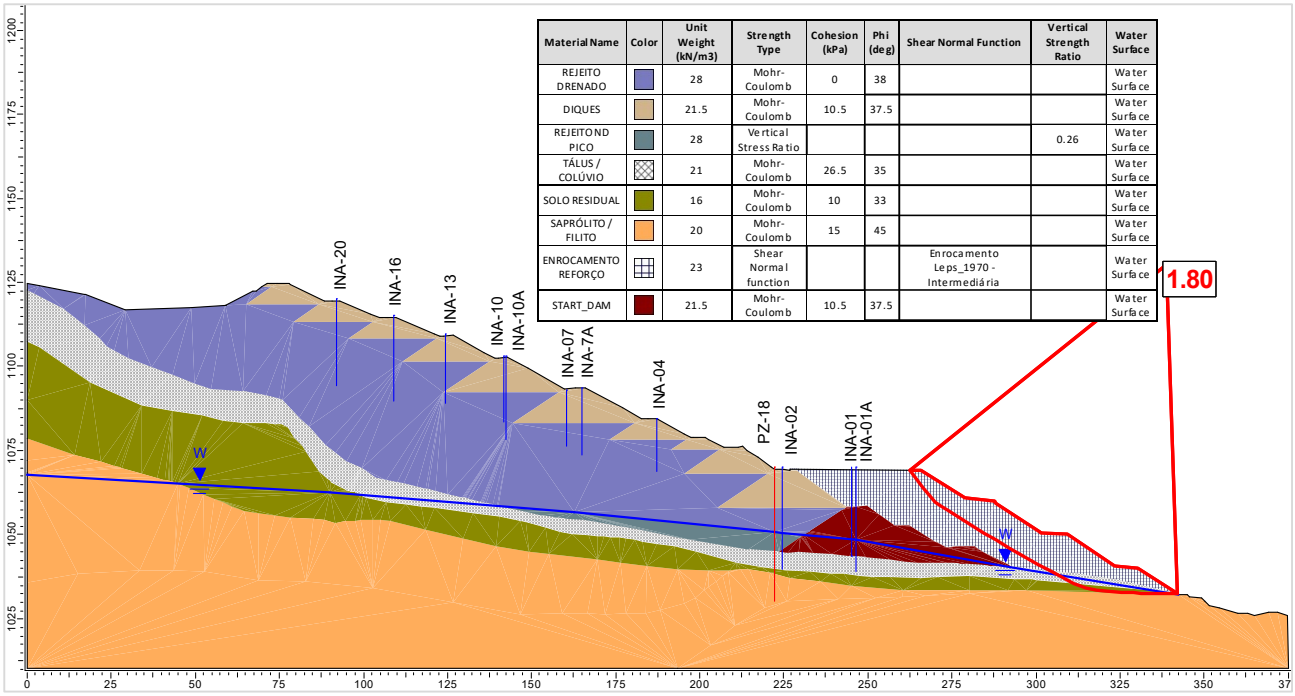
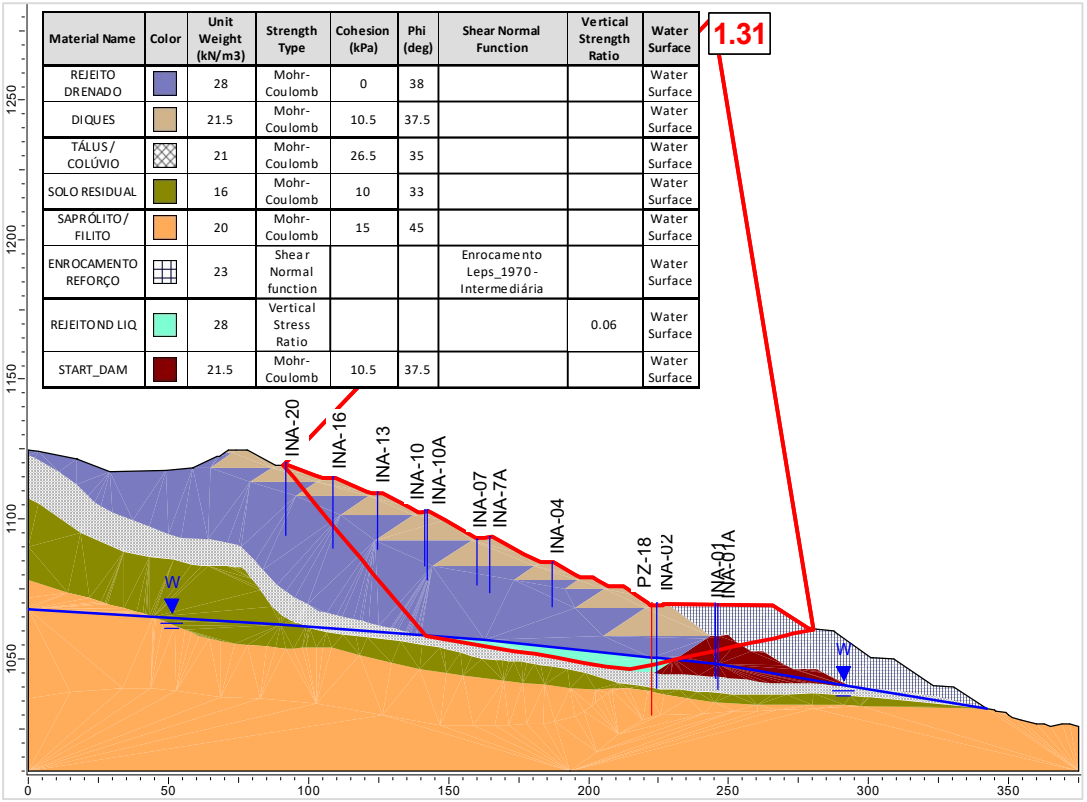
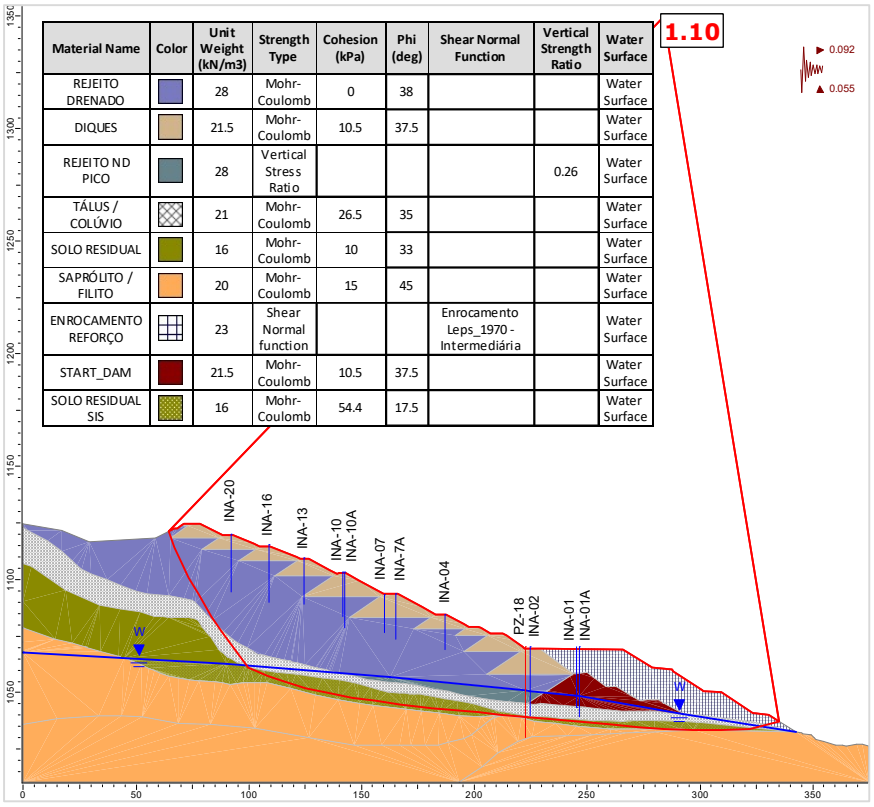


Figura 6.101 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico.



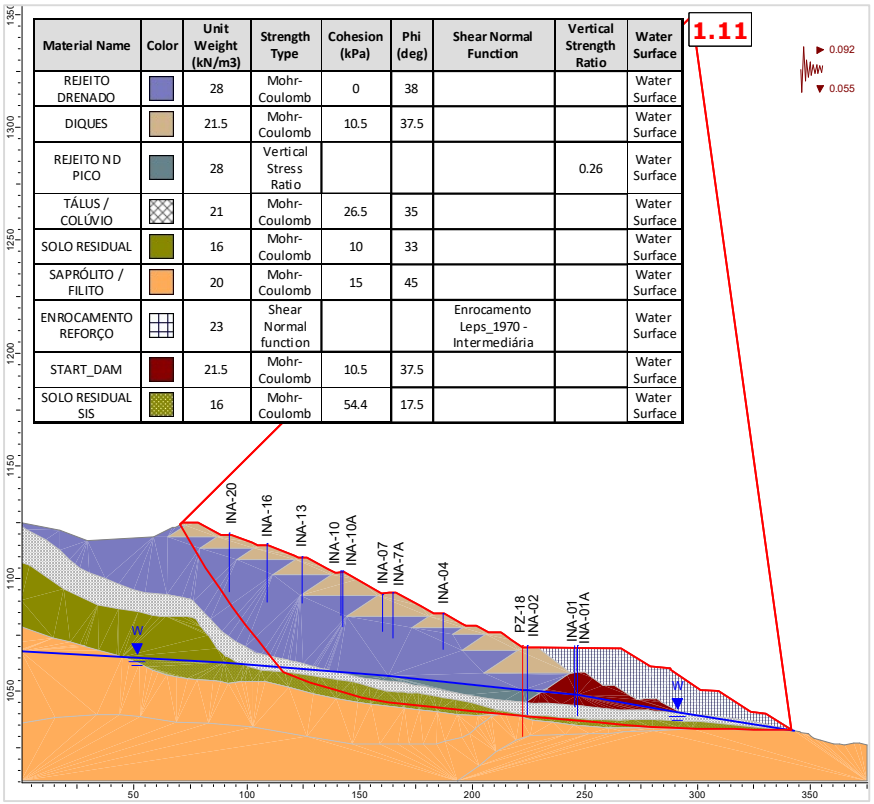
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
REJEITO ND LIQ		28	Vertical Stress Ratio				0.06	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface

Figura 6.102 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



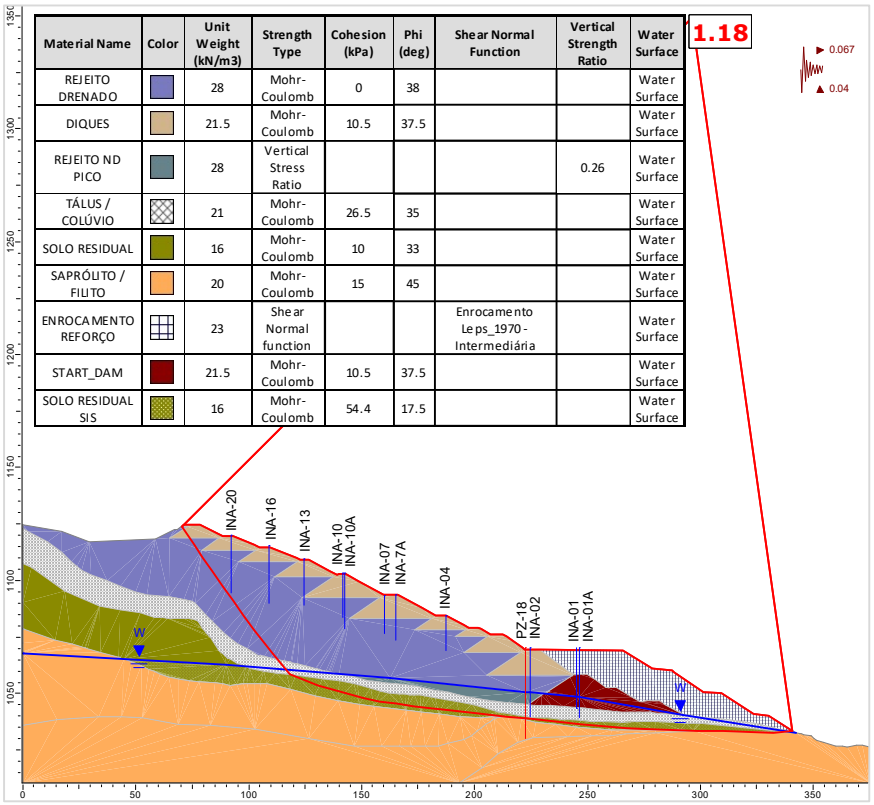
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.103 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



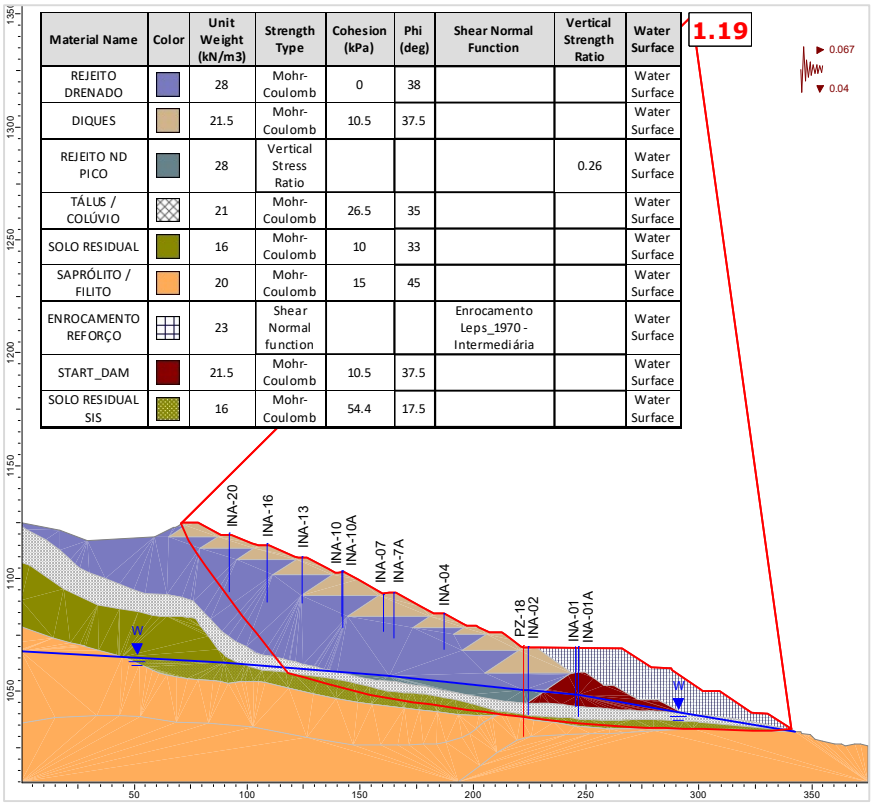
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.104 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



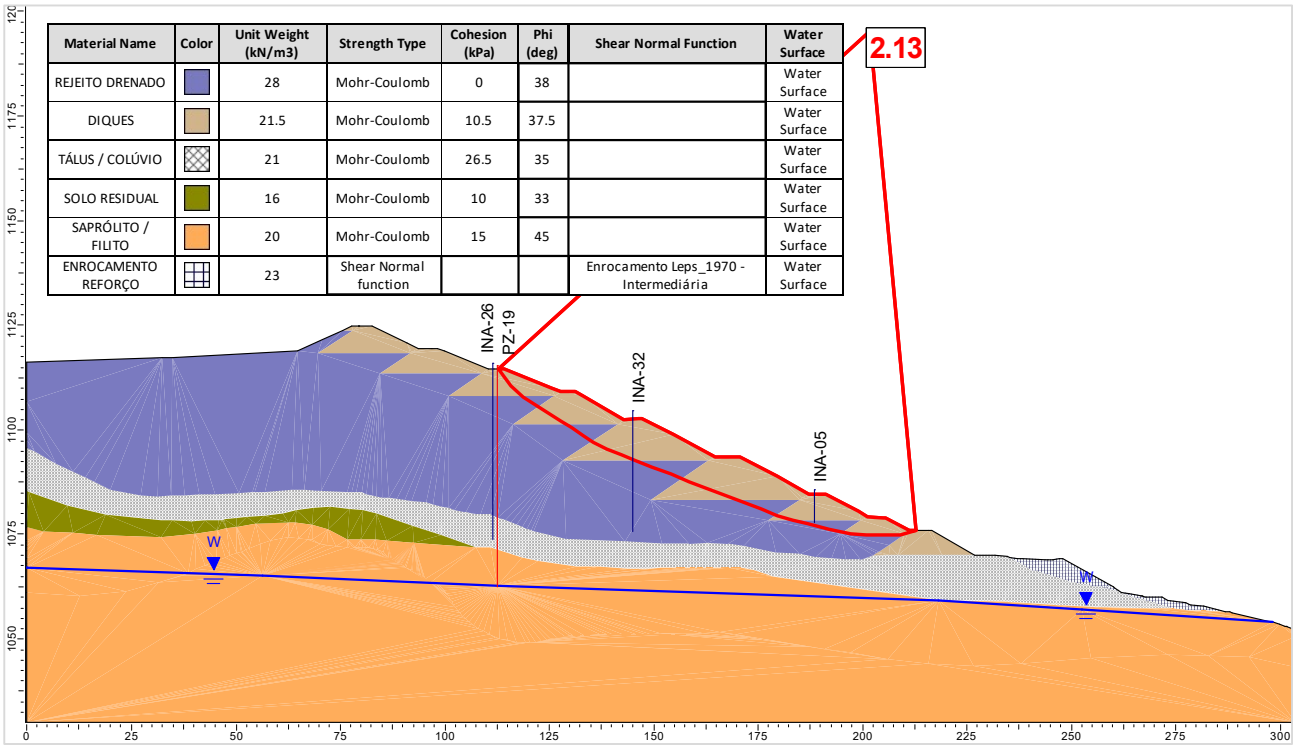
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.105 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.106 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface

Figura 6.107 – Seção C-C’ – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025.

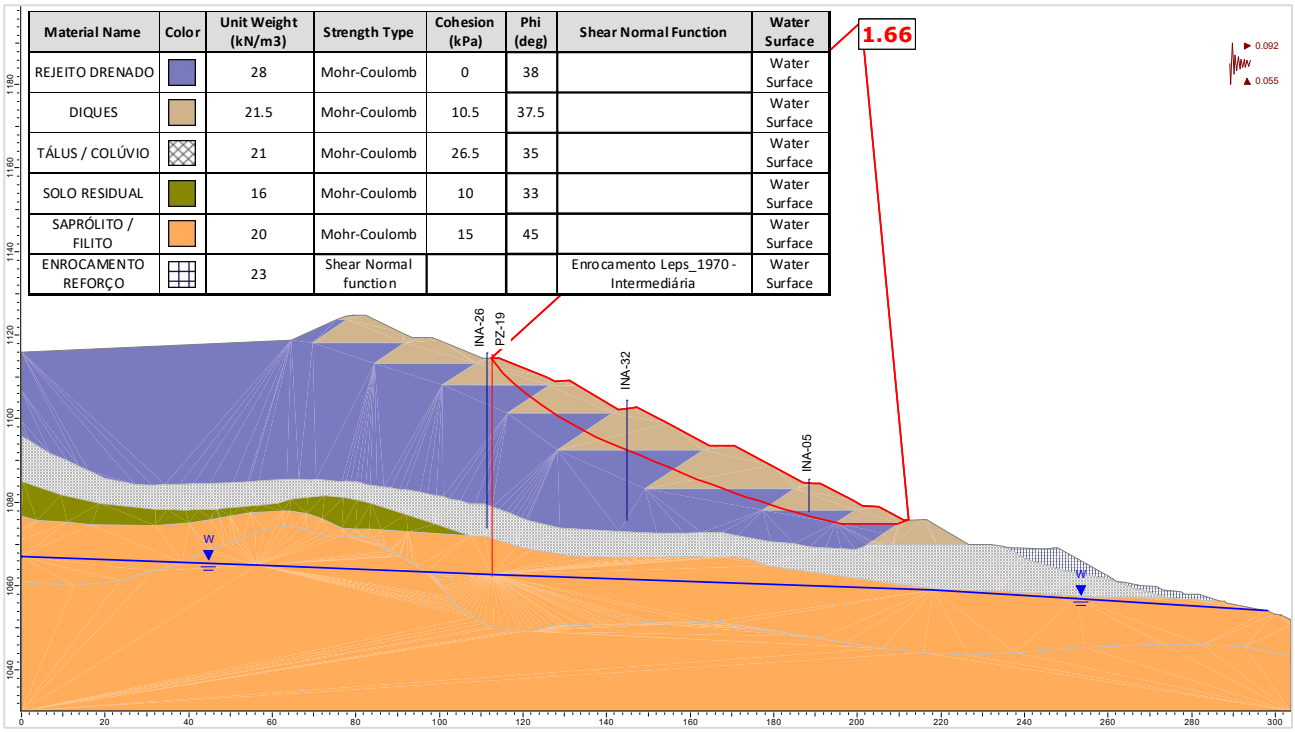


Figura 6.108 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Carregamento sísmico ↑ (critério CDA).

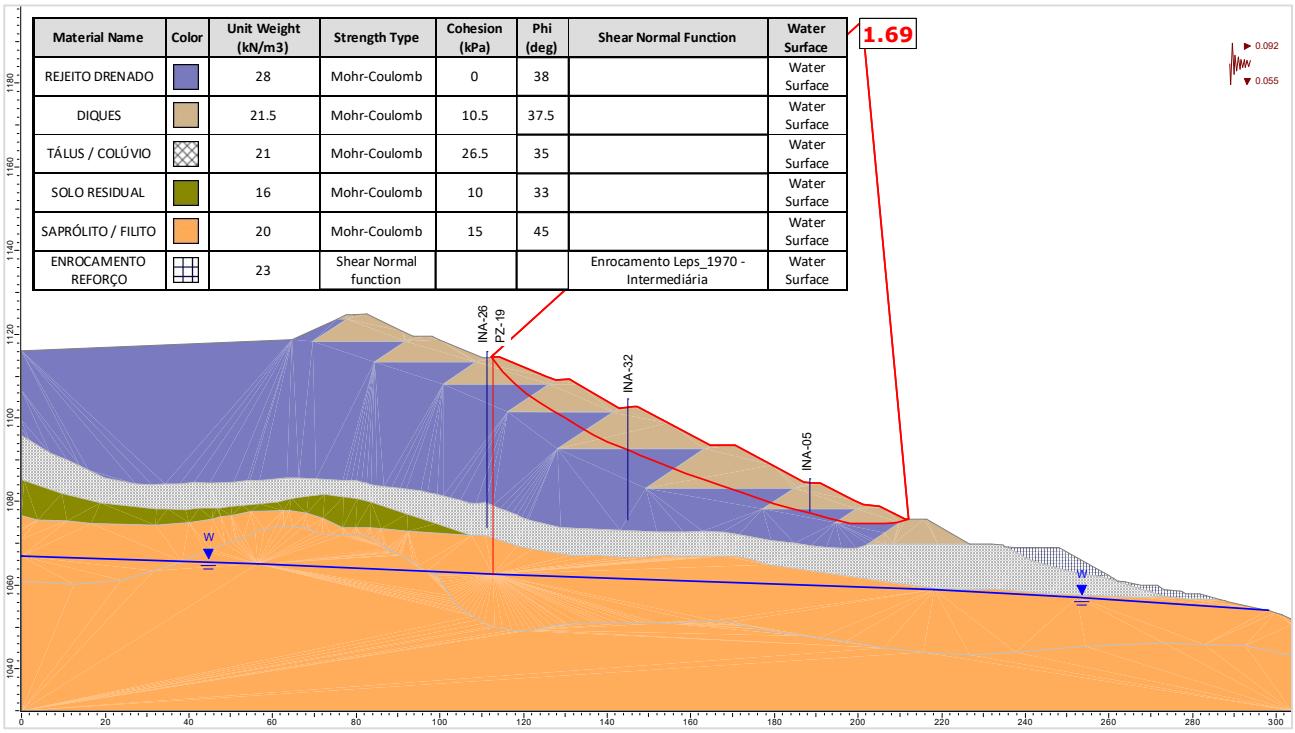
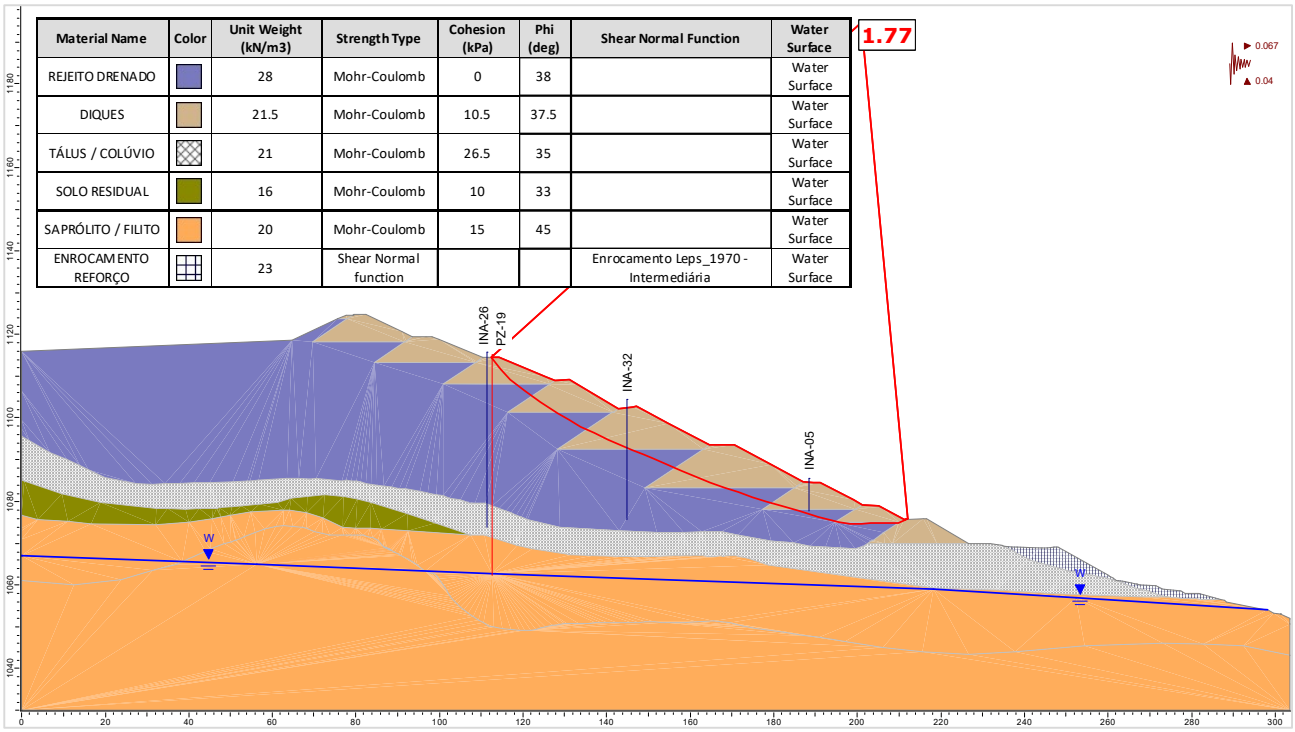
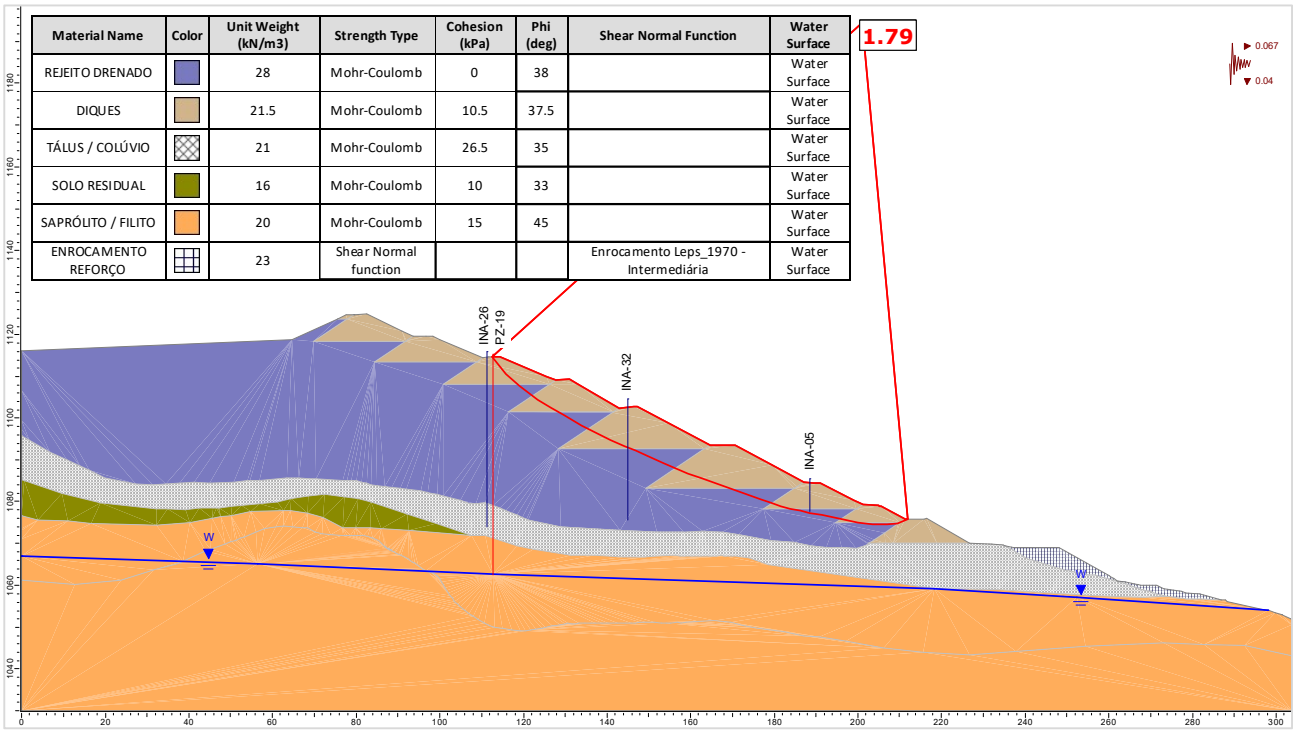


Figura 6.109 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Carregamento sísmico ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface

Figura 6.110 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Carregamento sísmico ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface

Figura 6.111 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Carregamento sísmico ↓ (critério vida útil).

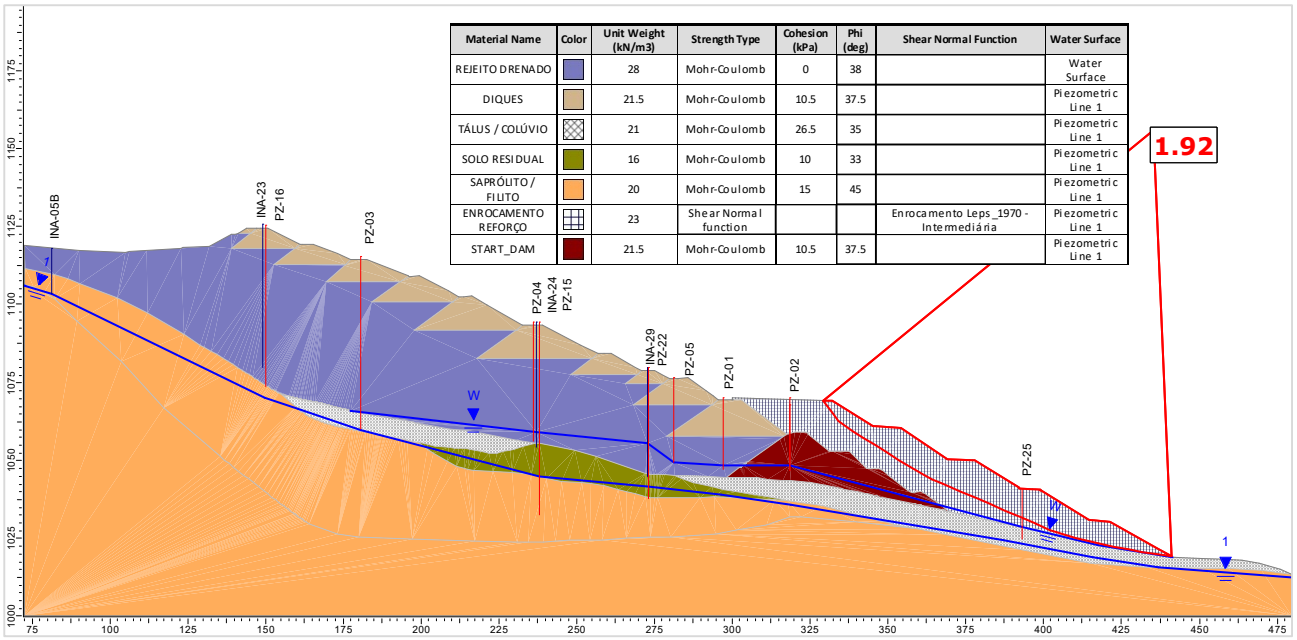


Figura 6.112 – Seção D-D' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025.

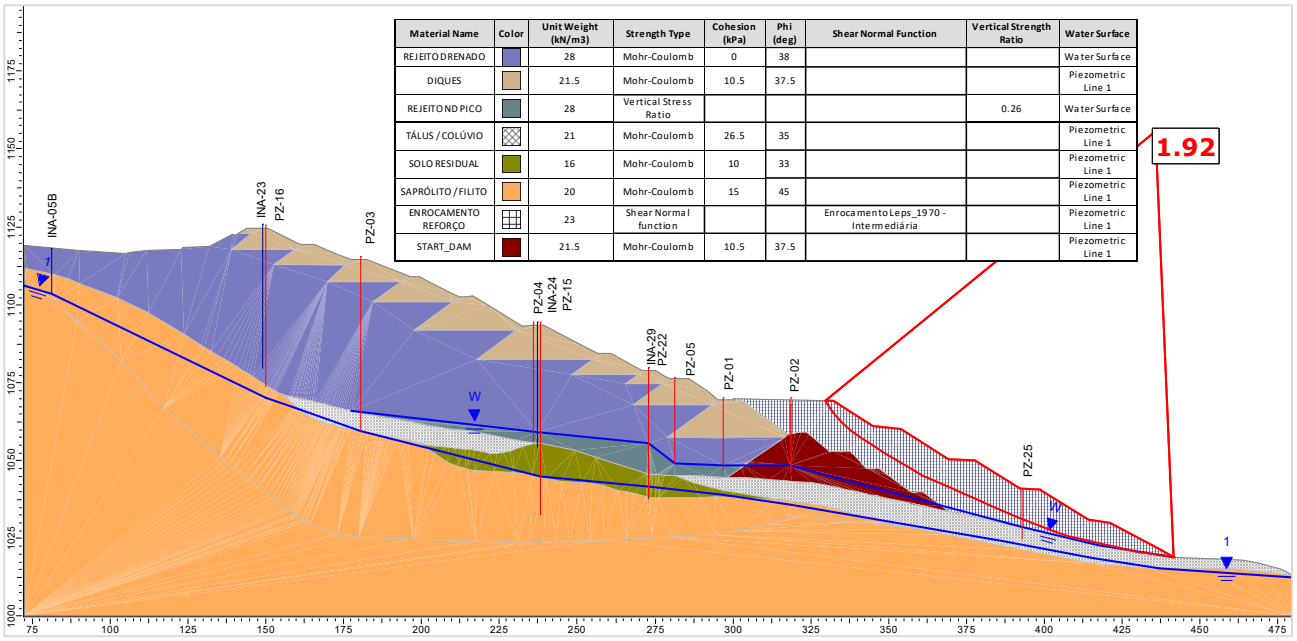


Figura 6.113 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico.

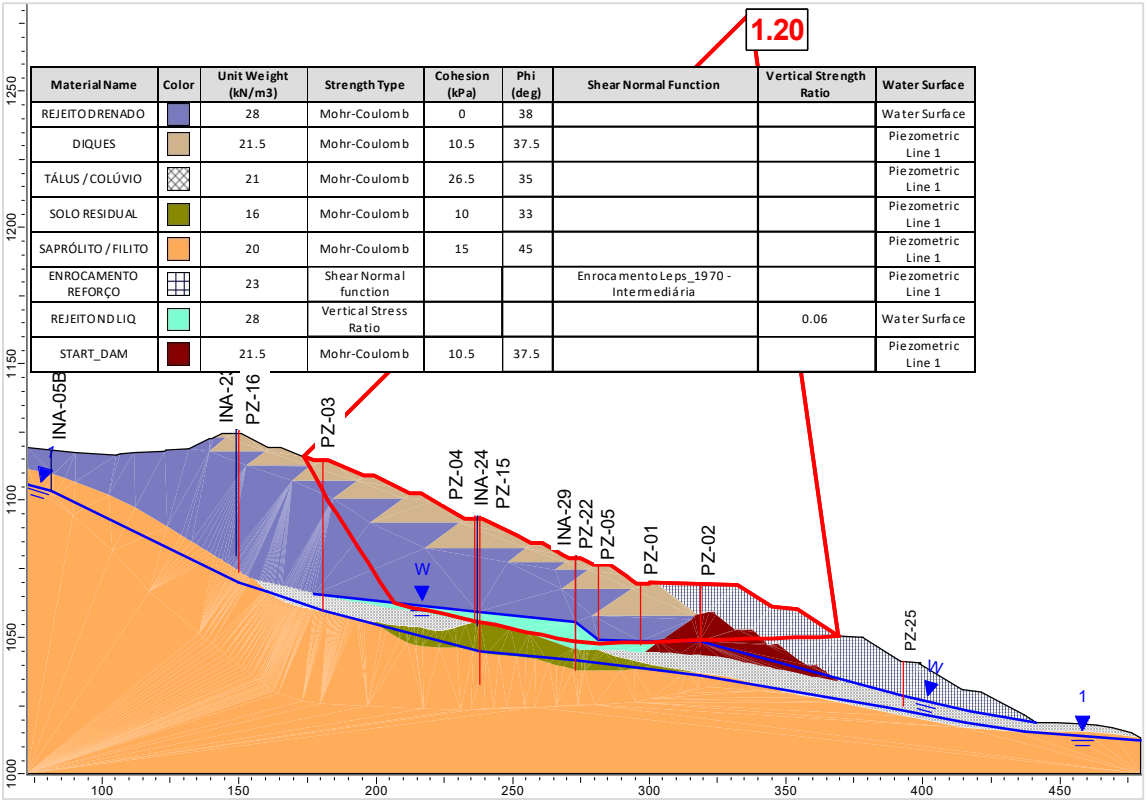


Figura 6.114 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

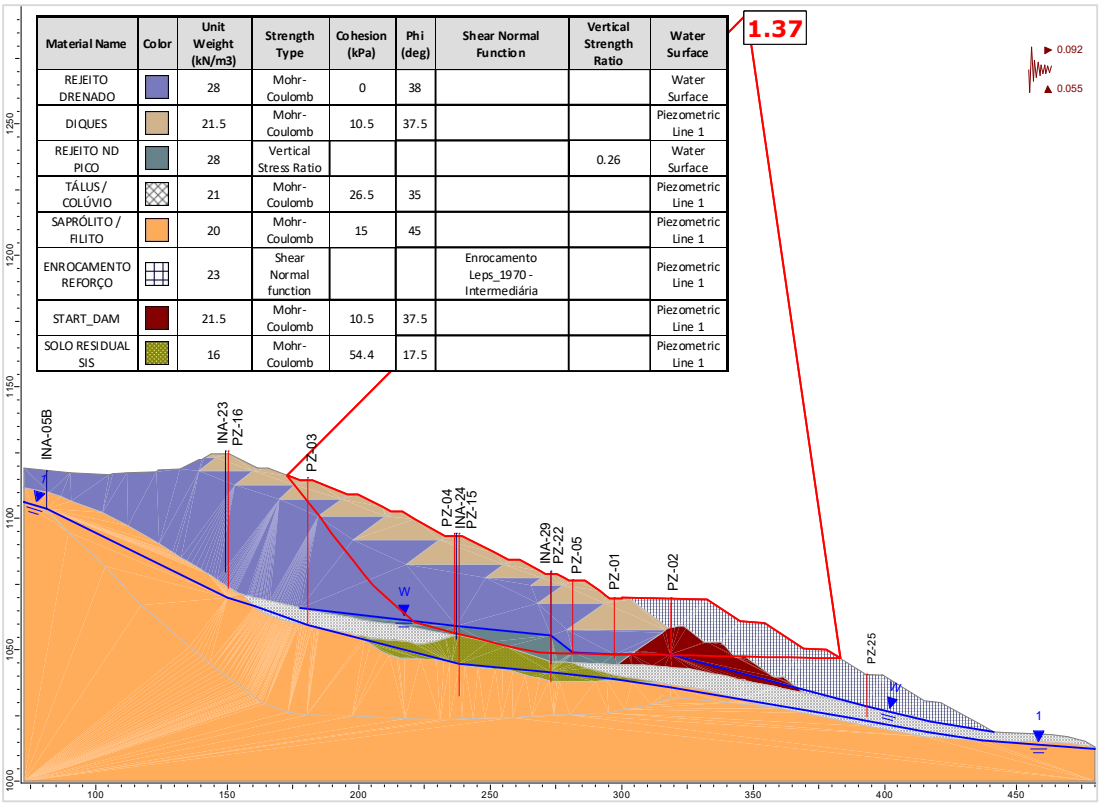
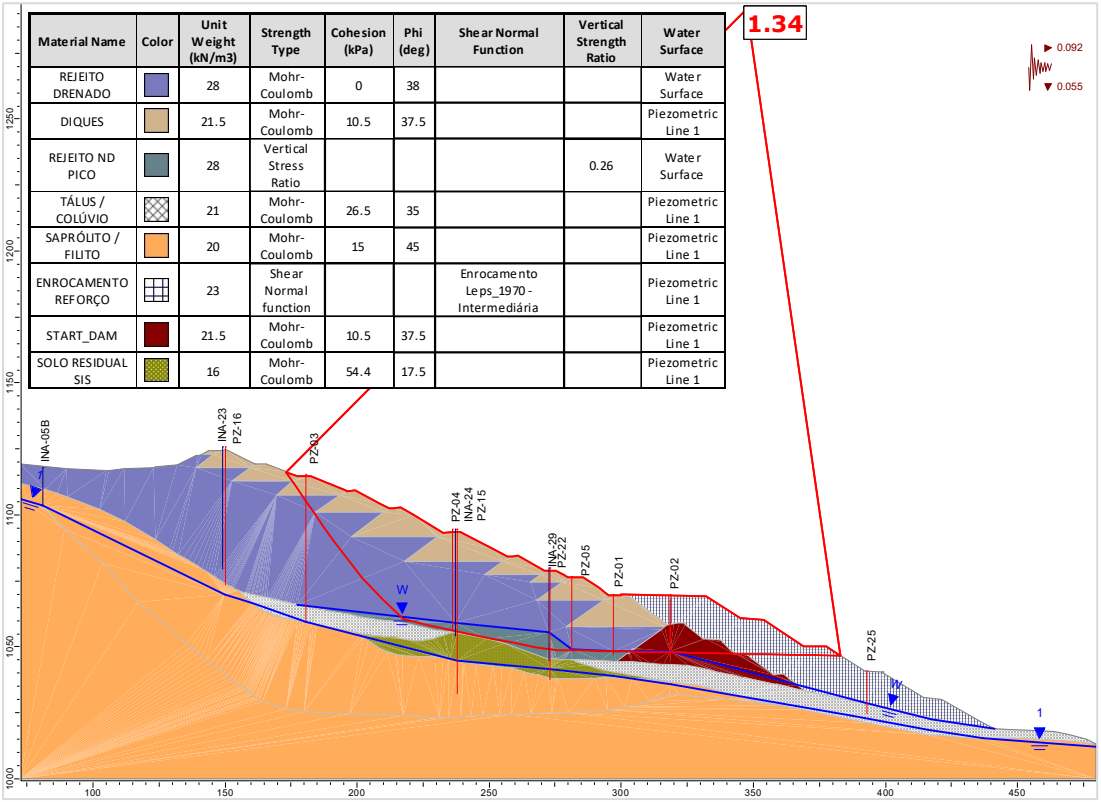
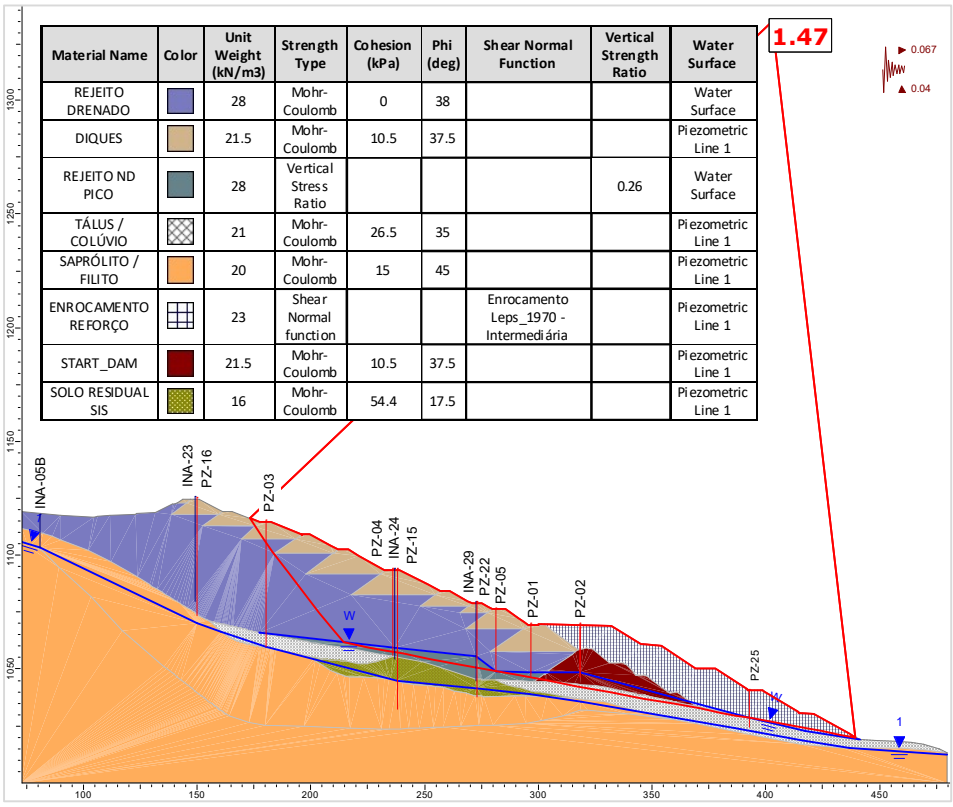


Figura 6.115 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



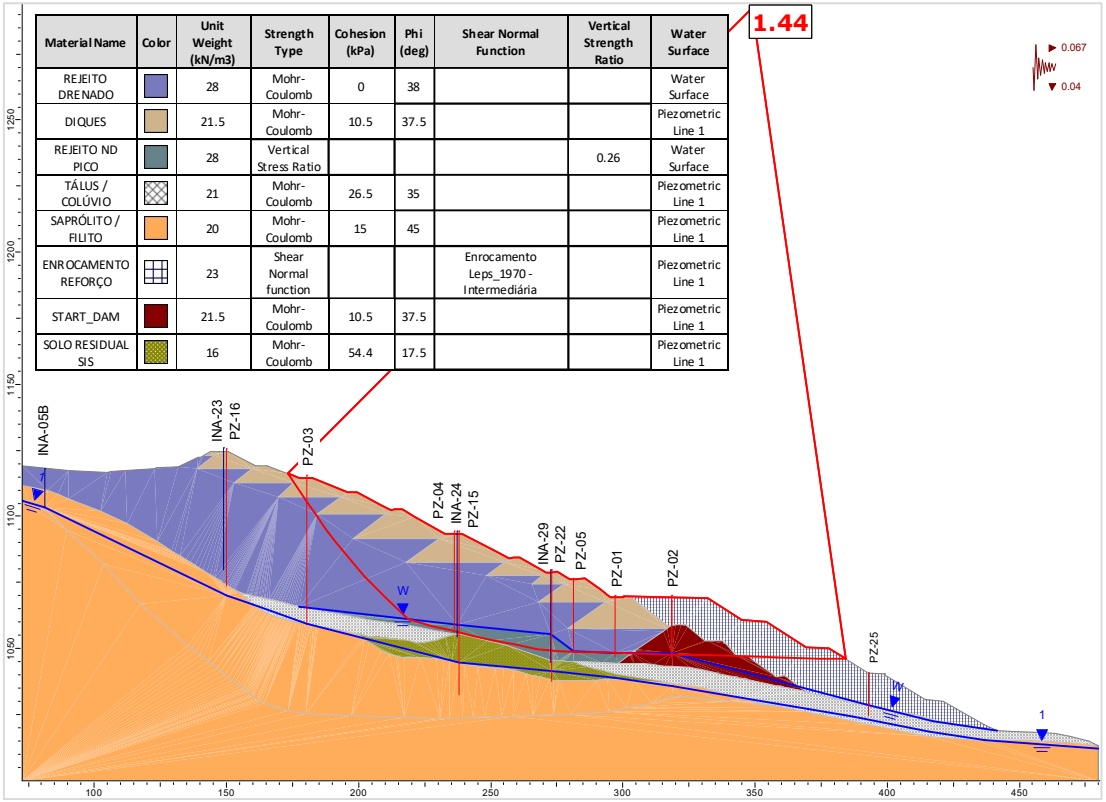
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Piezometric Line 1

Figura 6.116 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



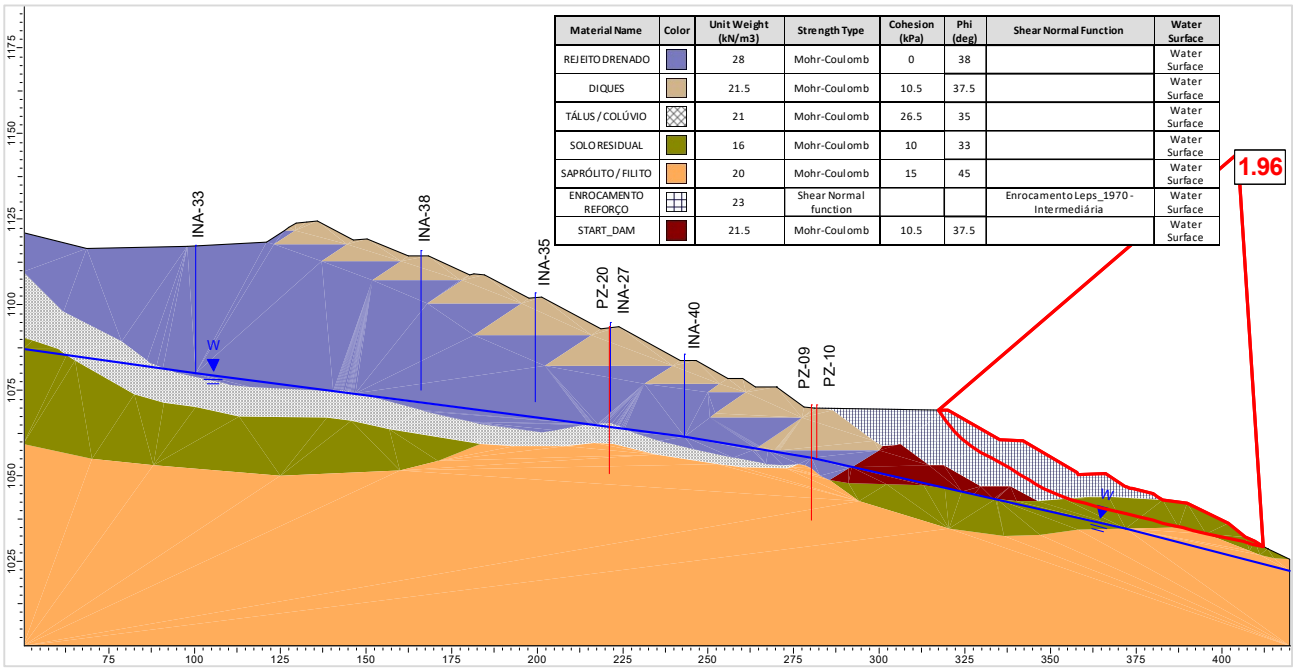
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Piezometric Line 1

Figura 6.117 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



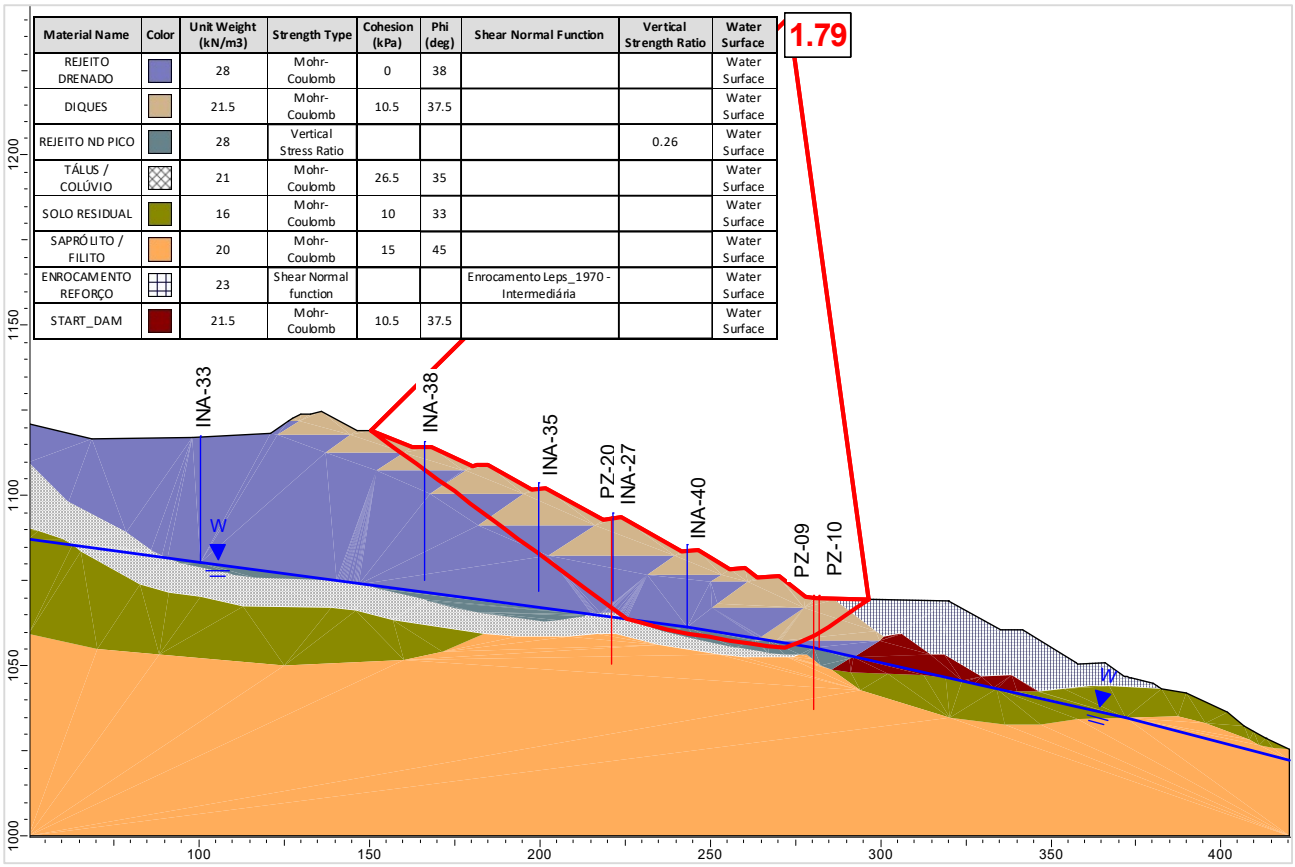
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Piezometric Line 1

Figura 6.118 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



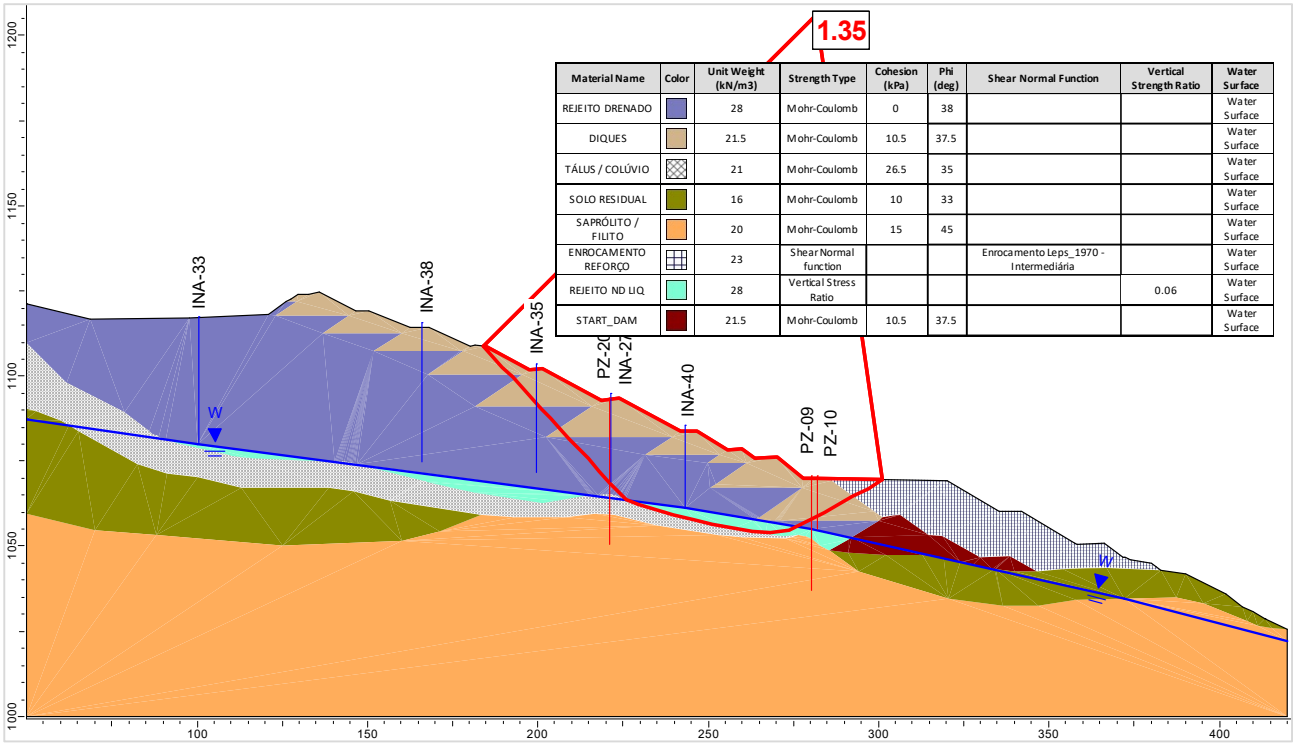
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface

Figura 6.119 – Seção E-E' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025.



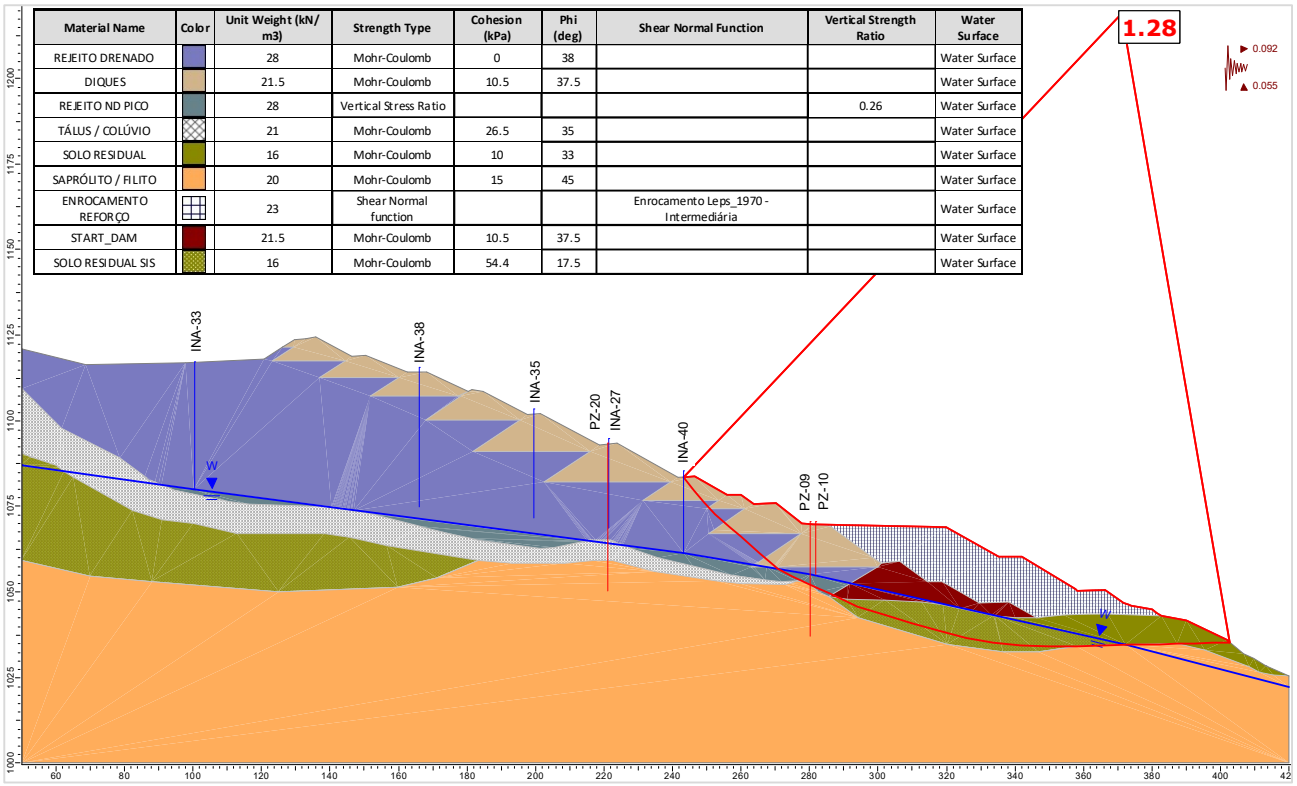
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface

Figura 6.120 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico.



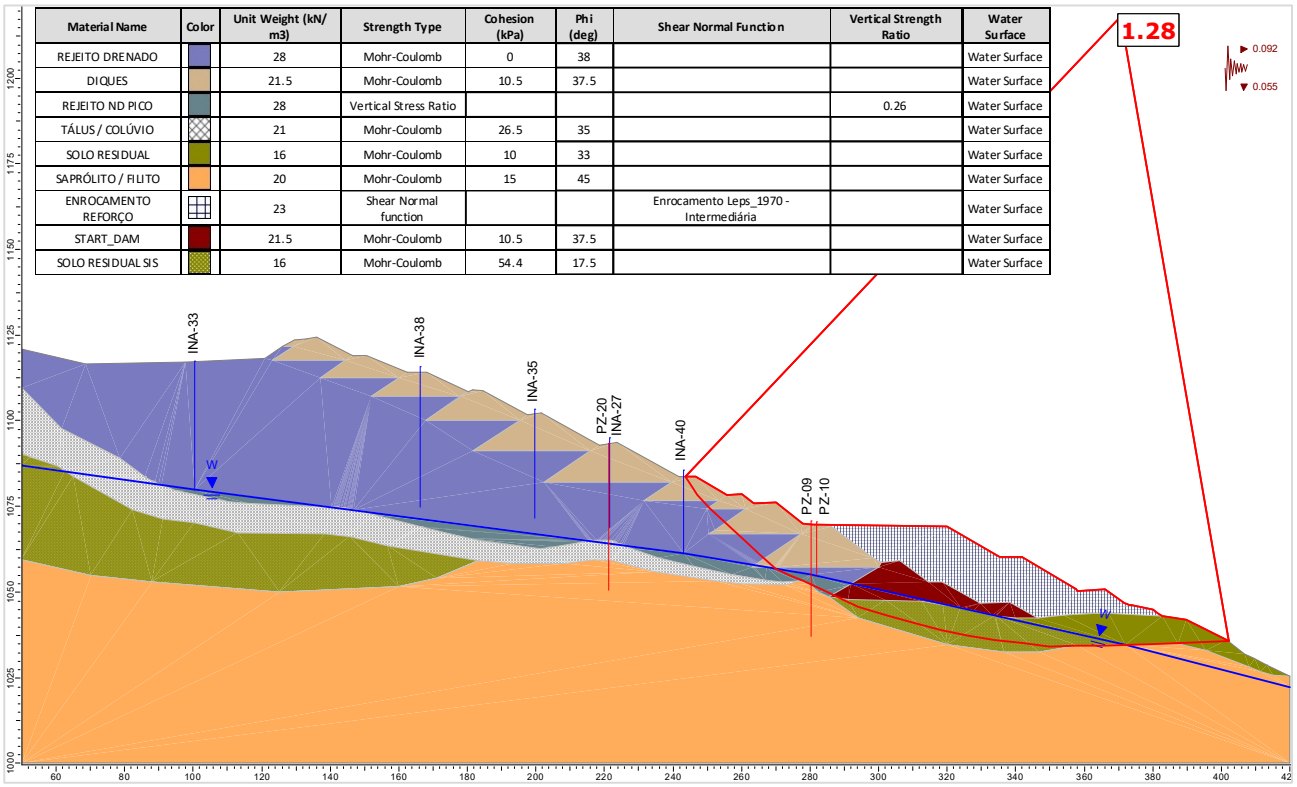
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
REJEITO ND LIQ		28	Vertical Stress Ratio				0.06	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface

Figura 6.121 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



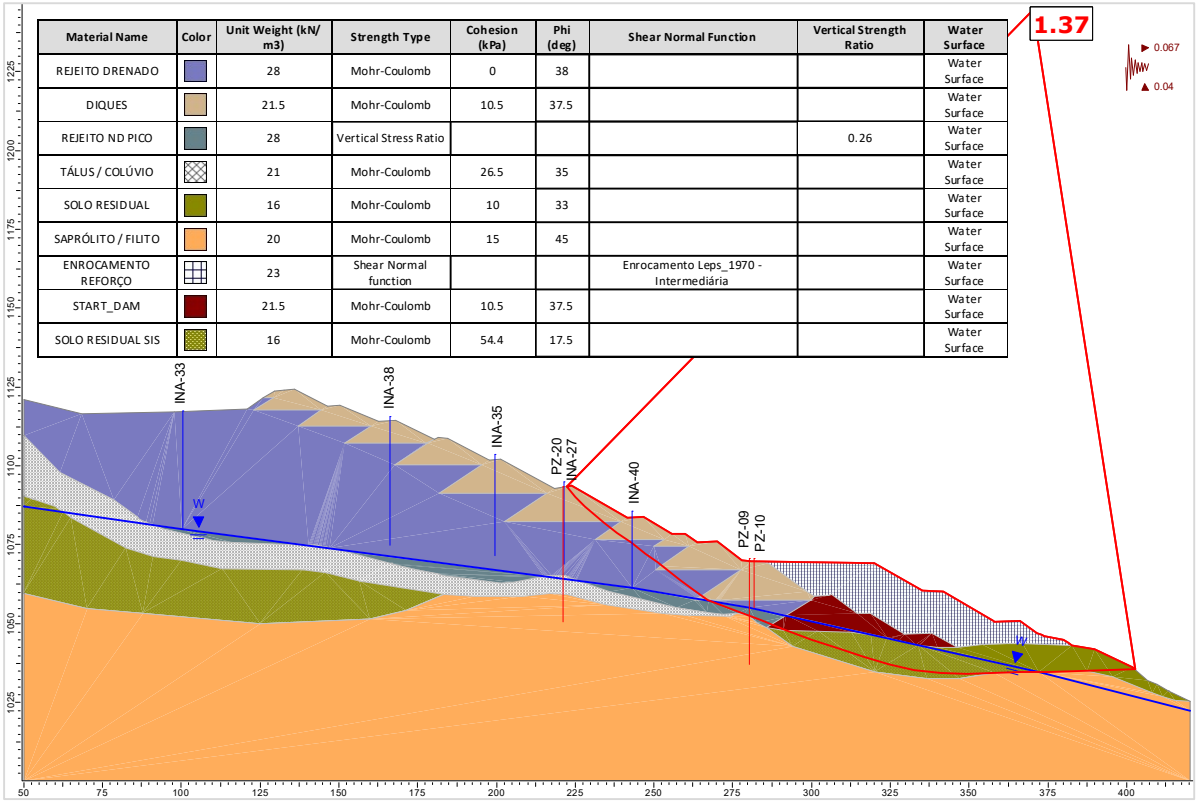
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.122 – Seção E-E’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



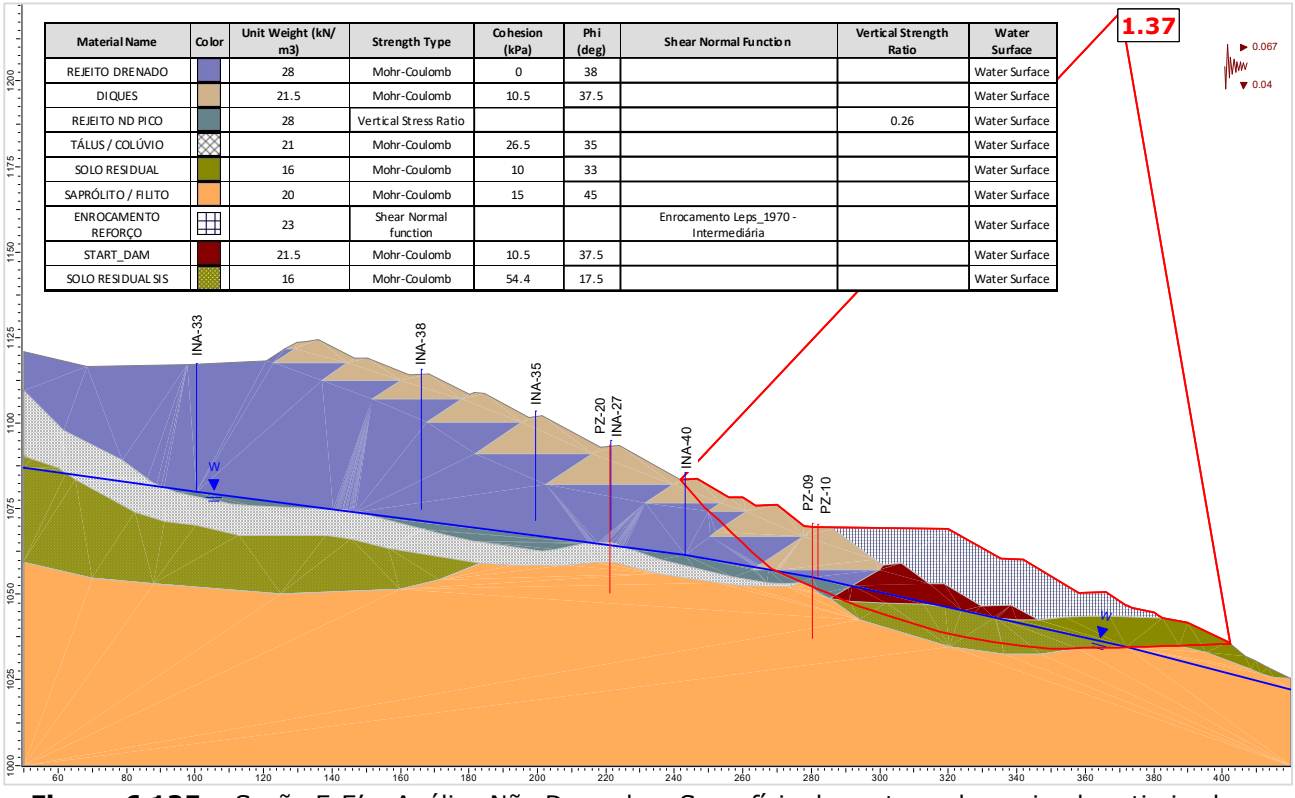
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.123 – Seção E-E’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.124 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.125 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, no período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025).

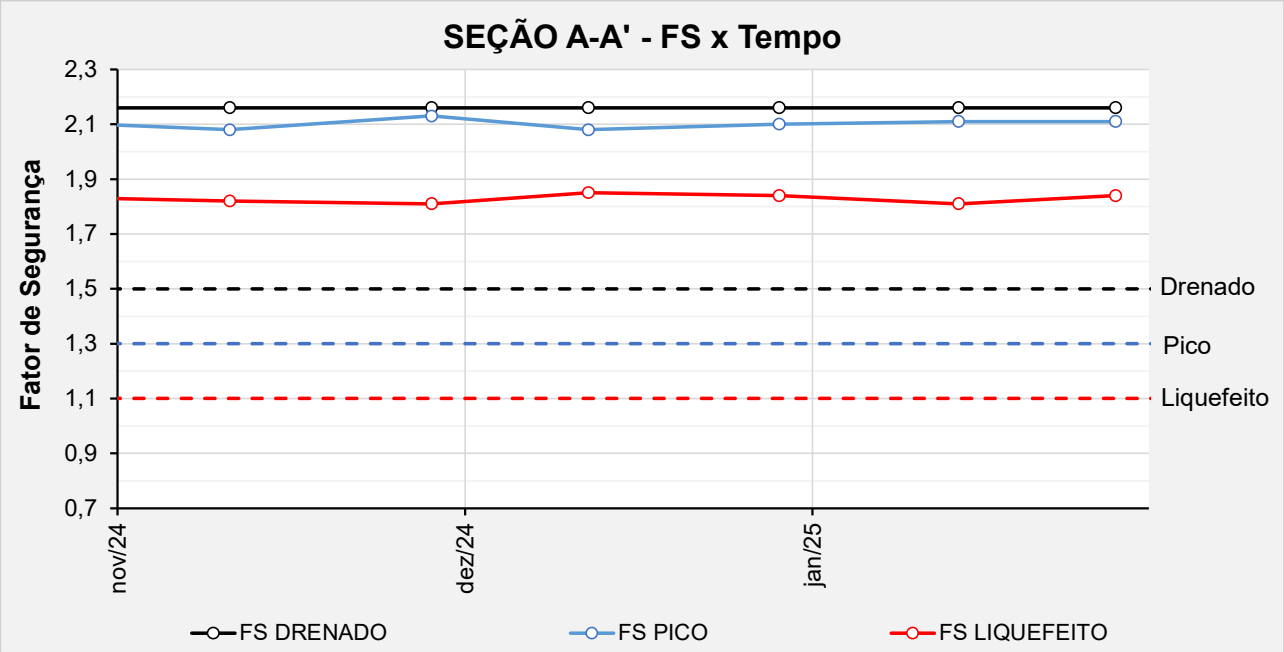


Figura 6.126 – Seção A-A’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

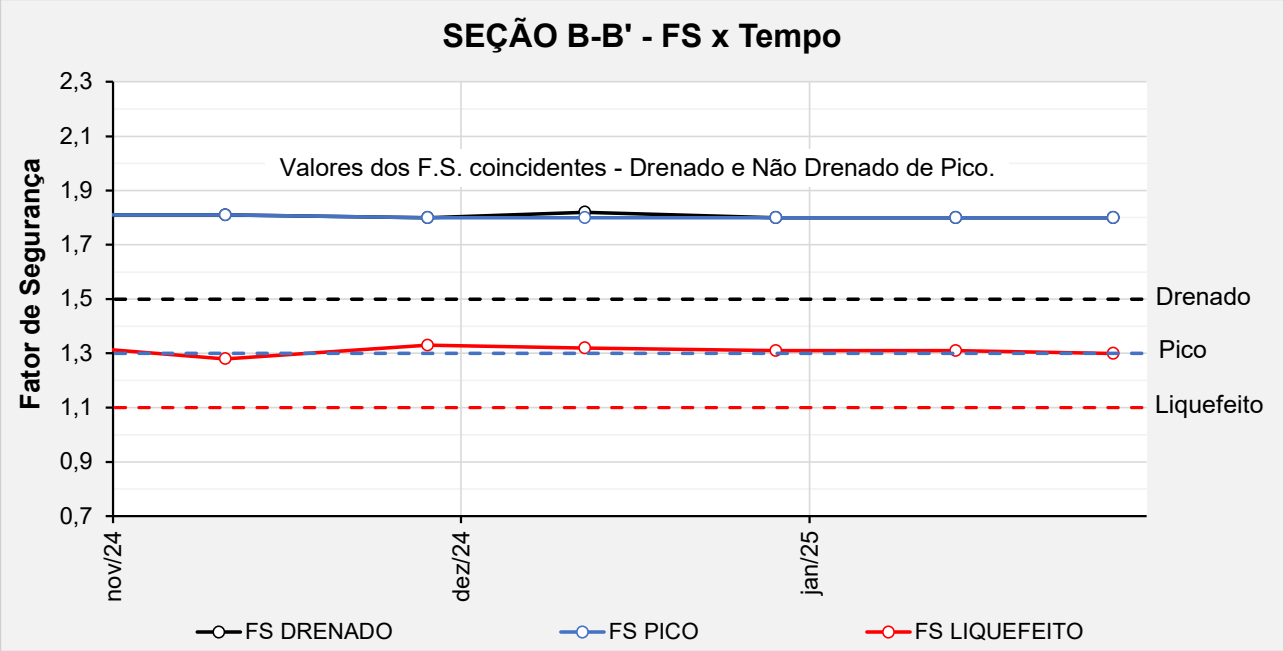


Figura 6.127 – Seção B-B’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

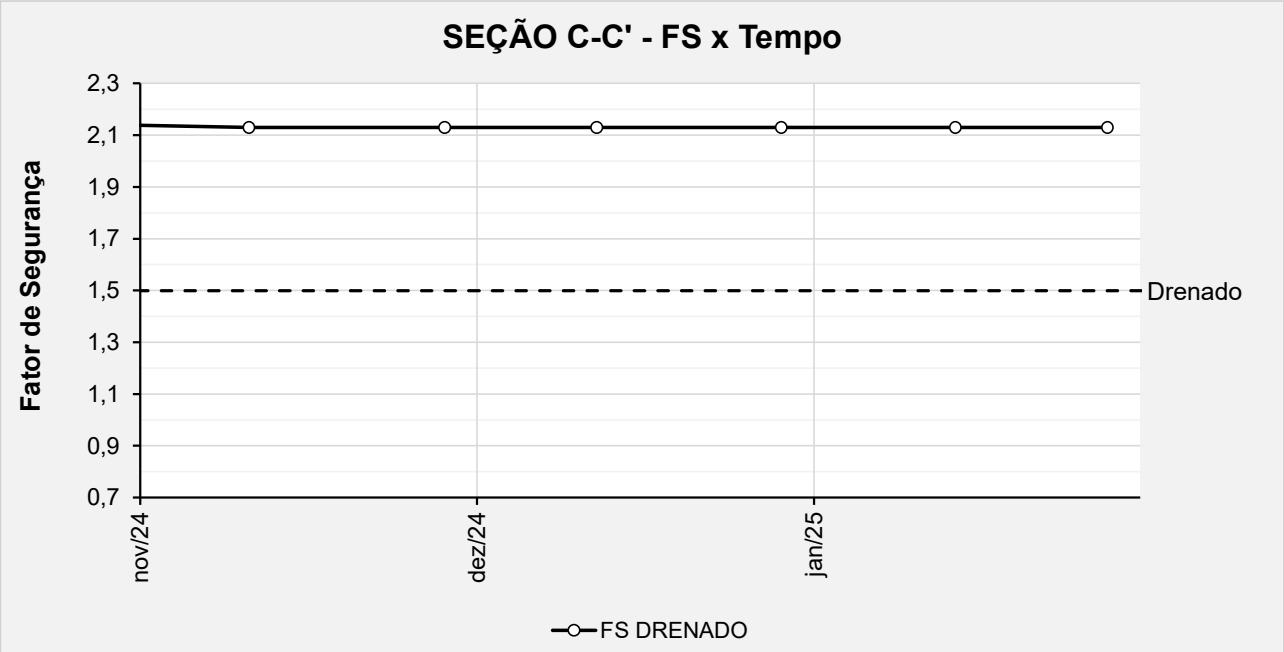


Figura 6.128 – Seção C-C’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

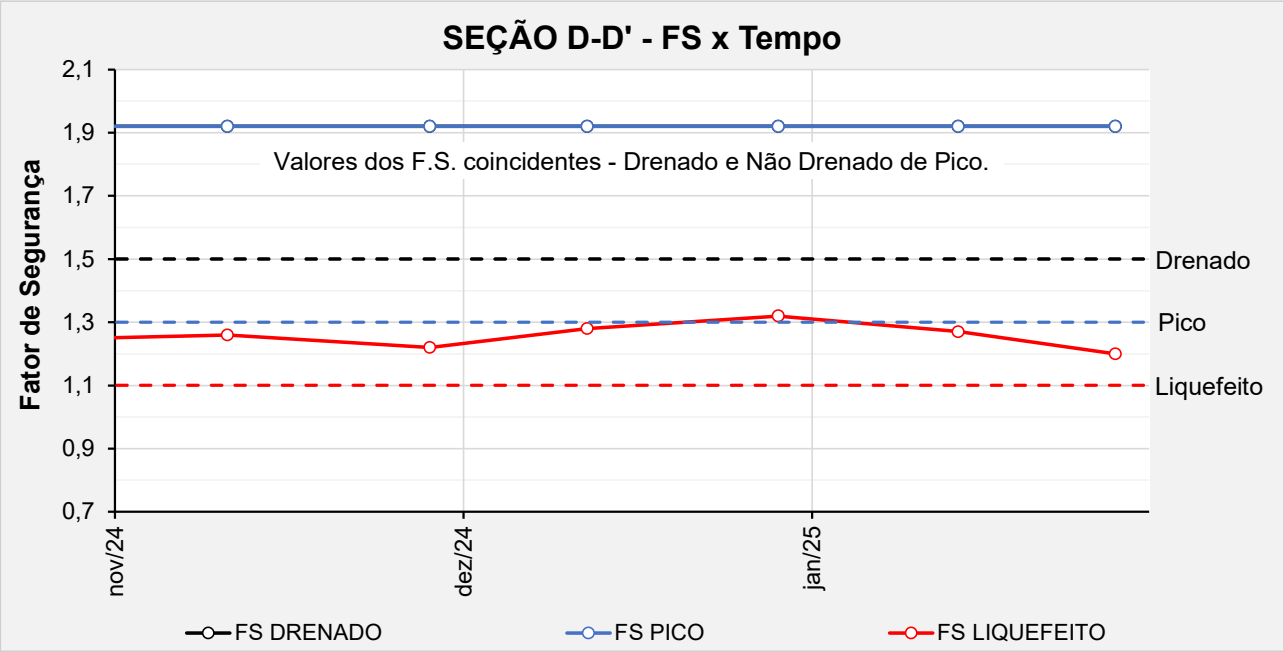


Figura 6.129 – Seção D-D’ - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

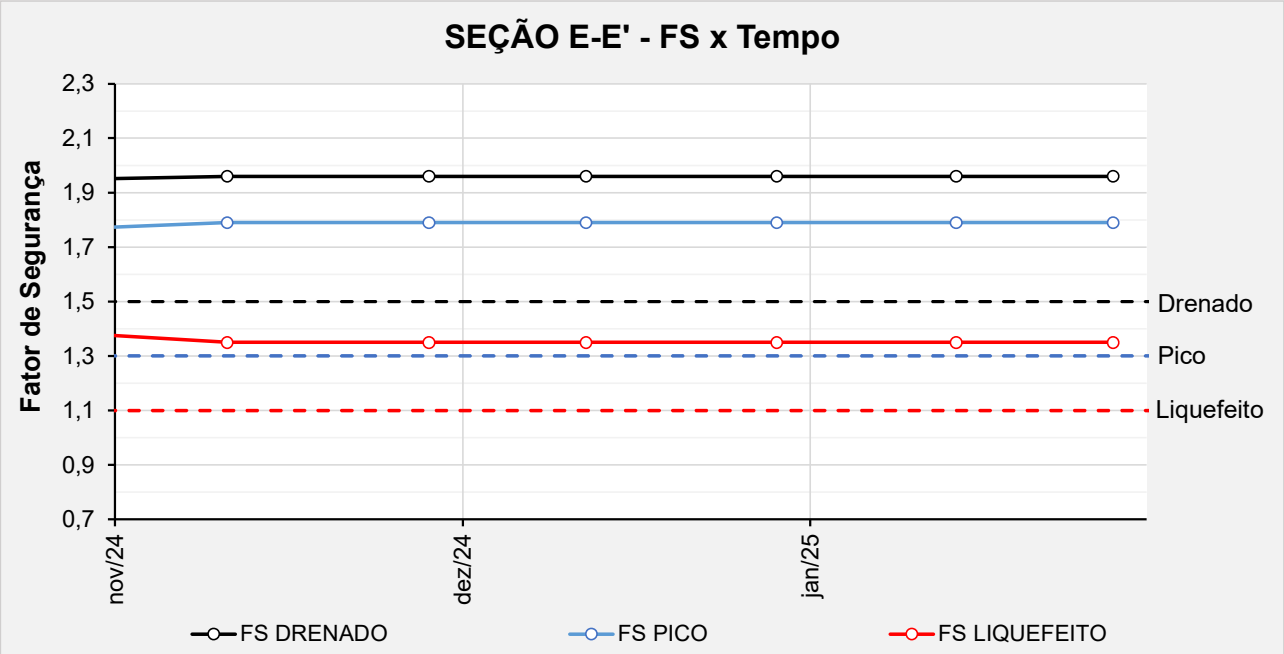


Figura 6.130 – Seção E-E' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

6.3 Controle do Nível Freático no Reservatório

Durante o mês de julho/2024 foi executada a Fase 1A do Projeto de Descaracterização da Barragem B2-Mina Tico-Tico em que parte consiste na construção de um *sump,* no fundo do reservatório, a ser utilizado para o acúmulo de água resultante de deságue do rejeito ou de chuvas eventuais e retenção de sedimentos gerados durante a execução das obras.

O *sump* foi rebaixado de acordo com o avanço da remoção dos rejeitos do reservatório e atualmente se encontra próximo da elevação 1.114,00. No *sump* foram instalados um sistema de bombeamento principal e um sobressalente, em caso de falha do primeiro, com capacidade para direcionar as águas para o sistema extravasor. Ainda se encontra pendente a instalação de dispositivo de acionamento automatizado do sistema de bombeamento.

Durante o período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025) o sistema de bombeamento apresentou alguns problemas, resultando em um acúmulo de água no reservatório. Por conta dessa situação, verificou-se a necessidade de emissão de uma Não Conformidade (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1105) em janeiro de 2025, conforme apresentado no subitem 6.1.4. Atualmente apenas uma bomba está instalada no sump do reservatório, a bomba sobressalente está em manutenção



Foto 6.71 – Bomba instalada no *sump* do reservatório.



Foto 6.72 – Geradores de alimentação do sistema de bombeamento do *sump*.

Considera-se também que, ao fim das etapas intermediárias, o reservatório receberá revestimento impermeabilizante, de forma a reduzir a infiltração e saturação da estrutura remanescente. Por conta do início do período chuvoso, foi necessário realizar a impermeabilização em uma etapa anterior à etapa intermediária programada em projeto. Durante o período avaliado (novembro/2024 a janeiro/2025) foi realizado o revestimento do reservatório e talude de montante com lona dupla termoplástica HALS R-105 FORTE PB da fabricante NORTENE, fornecida em bobinas com as seguintes características:

- Cor: Branco/preto
- Gramatura: 140 g/m²
- Comprimento: 100 m
- Largura: 8 m



Foto 6.73 – Revestimento do reservatório e face do talude de montante.



Foto 6.74 – Revestimento do reservatório e face do talude de montante.

6.4 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

A seguir são apresentados os monitoramentos realizados na região a que a Barragem B2 – Mina Tico-Tico está inserida, conforme informações disponibilizadas pela Mineração Morro do Ipê.

6.4.1 Controle de Emissão de Materiais Particulados para a Atmosfera

O trânsito de caminhões, veículos e máquinas por vias de acessos e áreas não pavimentadas é responsável pela geração de emissões atmosféricas constituídas por material particulado (poeira) que entra em suspensão com relativa facilidade ao ser revolvido pela movimentação das máquinas, geralmente pneus e esteiras dos equipamentos.

O controle dessas emissões é feito pela umidificação das pistas em uso, utilizando-se caminhão-pipa, através de aspersão forçada por bomba com a formação de um leque de aspersão de água. Aliado à aspersão de vias, a própria passagem do pneu molhado faz com que haja um espalhamento da umidade, permitindo a homogeneização da superfície umidificada.

A umectação nas vias não pavimentadas é realizada por jato d'água proveniente de um caminhão-pipa, trafegando a uma velocidade máxima de 15 km/h, na 1ª ou 2ª marcha, ou parado quando for usado o canhão aspersor.

A frequência de umectação depende de diversos fatores como: temperatura e umidade. Normalmente a eficiência permanece por um período de 30 minutos a 12 horas. A determinação da frequência é um processo por tentativas. Inicia-se com uma determinada frequência de umectação até se chegar à frequência de umectação ideal que cumpra os dois objetivos: controlar adequadamente as emissões de material particulado e não prejudicar as atividades que deverão ser desenvolvidas. Nos períodos de seca, através de inspeção visual, a frequência poderá ser ajustada para melhorar a eficiência do procedimento.

A perda de umidade após a evaporação da água faz com que o material das vias se torne poeira novamente. A fim de evitar esse efeito indesejado, a MMI buscou no mercado formas alternativas de supressão dos particulados e optou pelo uso de supressores químicos. Estes supressores são soluções capazes de modificar características físicas das vias não pavimentadas. Isso as torna semelhantes às vias com pavimentação, requerendo assim, umectações menos frequentes.

O uso desses supressores acarreta a formação de uma camada superficial proveniente da agregação de particulados maiores. Além de reduzir os níveis de poeira, proporciona maior segurança no transporte de pessoas e equipamentos.

Desde junho de 2022, a MMI tem usado supressor de poeira na aspersão de suas vias. O produto é comercializado pela empresa BMA Ambiental Ltda, que oferece várias opções de supressores de poeira provenientes de misturas atóxicas que são biodegradáveis, visto que a maioria é composta por polímeros orgânicos e que proporcionam uma economia de água de no mínimo 30%. Dentre as opções oferecidas pela empresa, a mais adequada ao uso pretendido foi o Bioaglopar RDC Primer, originado de uma mistura balanceada de polímeros naturais derivados de lipídios e hidrocarbonetos, ideal para controlar poeira em estradas pavimentadas e não pavimentadas, uma vez que preserva a umidade da via sem torná-la escorregadia e insegura para o tráfego.

As fotos a seguir ilustram a execução da aspersão das vias da Mineração Morro do Ipê.



Foto 6.75 – Mosaico da aspersão das vias na Mineração Morro do Ipê.



Foto 6.76 – Mosaico da aspersão das vias na Mineração Morro do Ipê.

Como forma de aferir a eficácia das ações de mitigação da emissão de particulados a Mineração Morro do Ipê realiza o monitoramento da qualidade do ar. Tal monitoramento possibilita a correção de não conformidades, caso estas ocorram.

6.4.2 Monitoramento da Qualidade do Ar

Atualmente, a empresa contratada Ecoar – Monitoramento Ambiental realiza o monitoramento da qualidade do ar em áreas sob a influência das Minas Ipê e Tico-Tico, com emissão de relatórios técnicos mensais.

De acordo com o relatório, são monitoradas:

- Partículas Inaláveis (PM10) através do Amostrador de Grandes Volumes acoplado ao Separador Inercial de Partículas. AGV PM10;
- Partículas inaláveis (PM2,5) através do Amostrador de Grandes Volumes acoplado ao Separador Inercial de Partículas. AGV PM2,5.
- Partículas Totais em Suspensão (PTS) através do Amostrador de Grandes Volumes – AGV PTS;

Na Tabela 6.13 são apresentados os métodos de referência adotados no monitoramento.

Tabela 6.13 – Métodos de Referência – Qualidade do Ar.

Parâmetro	Método	Descrição	LQ
PTS	ABNT NBR 9547:1997	Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente – Determinação da Concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume	2 µg/m³
PM10	ABNT NBR 13412:1995	Material Particulado em Suspensão na Atmosfera – Determinação da Concentração de Partículas Inaláveis pelo Método Amostrador de Grande Volume Acoplado ao Separador Inercial de Partículas	2 µg/m³
PM2,5	PN039	Amostragem e determinação de PM10, PM2,5 e metais em gases e poluentes da atmosfera	2 µg/m³

Os índices obtidos são avaliados de acordo com IQAR – Índice de Qualidade do Ar (Tabela 6.14), estruturado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM).

Tabela 6.14 – Estrutura do IQAR - FEAM.
(Fonte: Relatório Técnico de Monitoramento Técnico da Qualidade do Ar – Jan/25)

Parâmetro	Qualidade do Ar				
	Boa	Moderada	Ruim	Muito Ruim	Péssima
Índice IQAR (adimensional)	0 - 40	>40 - 80	>80 – 120	>120 - 200	>200
PM10 (µg/m³)	0 – 50	>50 - 100	>100 - 150	>150 - 250	>250
PM2,5 (µg/m³)	0 – 25	>25 - 50	>50 - 75	>75 - 125	>125
NO_2 (µg/m³)	0 – 200	>200 - 240	>240 - 320	>320 - 1130	>1130
SO_2 (µg/m³)	0 – 20	>20 - 40	>40 - 365	>365 - 800	>800
O_3 (µg/m³)	0 – 100	>100 - 130	>130 - 160	>160 - 200	>200 - 800
CO (ppm)	0 – 9	>9 - 11	>11 - 13	>13 - 15	>15

Também são avaliados de acordo com os padrões de qualidade do ar definidos pelo art. 3º da Resolução nº 506/24 da CONAMA, conforme apresentado na tabela

Tabela 6.15 – Padrões de Qualidade do Ar – CONAMA 506/24.
(Fonte: Relatório Técnico de Monitoramento Técnico da Qualidade do Ar – Jan/25)

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PF
		µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
Material Particulado – PM10	24 horas	120	100	75	50
	Anual (1)	40	35	30	20
Material Particulado – PM2,5	24 horas	60	50	37	25
	Anual (1)	20	17	15	10
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-	240
	Anual (2)	-	-	-	80

Há 4 pontos de monitoramento, conforme determinado no Plano de Controle Ambiental (PCA). As estações de monitoramento atuais estão localizadas nos seguintes pontos:

Tabela 6.16 – Pontos de monitoramento da qualidade do ar.

PONTO	REFERÊNCIA	COORDENADAS UTM SIRGAS2000 (m)	
		E	N
P-01	Casa do Sr. Ronaldo	575.253,879	7.778.440,799
P-02	Sítio do Sr. Ronaldo	571.565,955	7.774.038,958
P-03	Casa do Sr. Rogério*	574.279,947	7.777.260,587
P-04	Casa do Sr. Antônio	569.641,544	7.776.764,686

* O terreno onde se encontra a casa do sr. Rogério foi adquirido pela Mineração Morro do Ipê e por questões de segurança e ausência de ponto de energia está o monitoramento está suspenso desde abril de 2024. A equipe de meio ambiente segue em tratativa para realocação do ponto para uma escola na mesma região, sem interferir no arranjo da rede de monitoramento.



Figura 6.131 – Ponto P-01 – Casa do Sr. Ronaldo.



Figura 6.132 – Ponto P-02 – Sítio do Sr. Ronaldo.



Figura 6.133 – Ponto P-03 – Casa do Sr. Rogério.



Figura 6.134 – Ponto P-04 – Casa do Sr. Antônio.

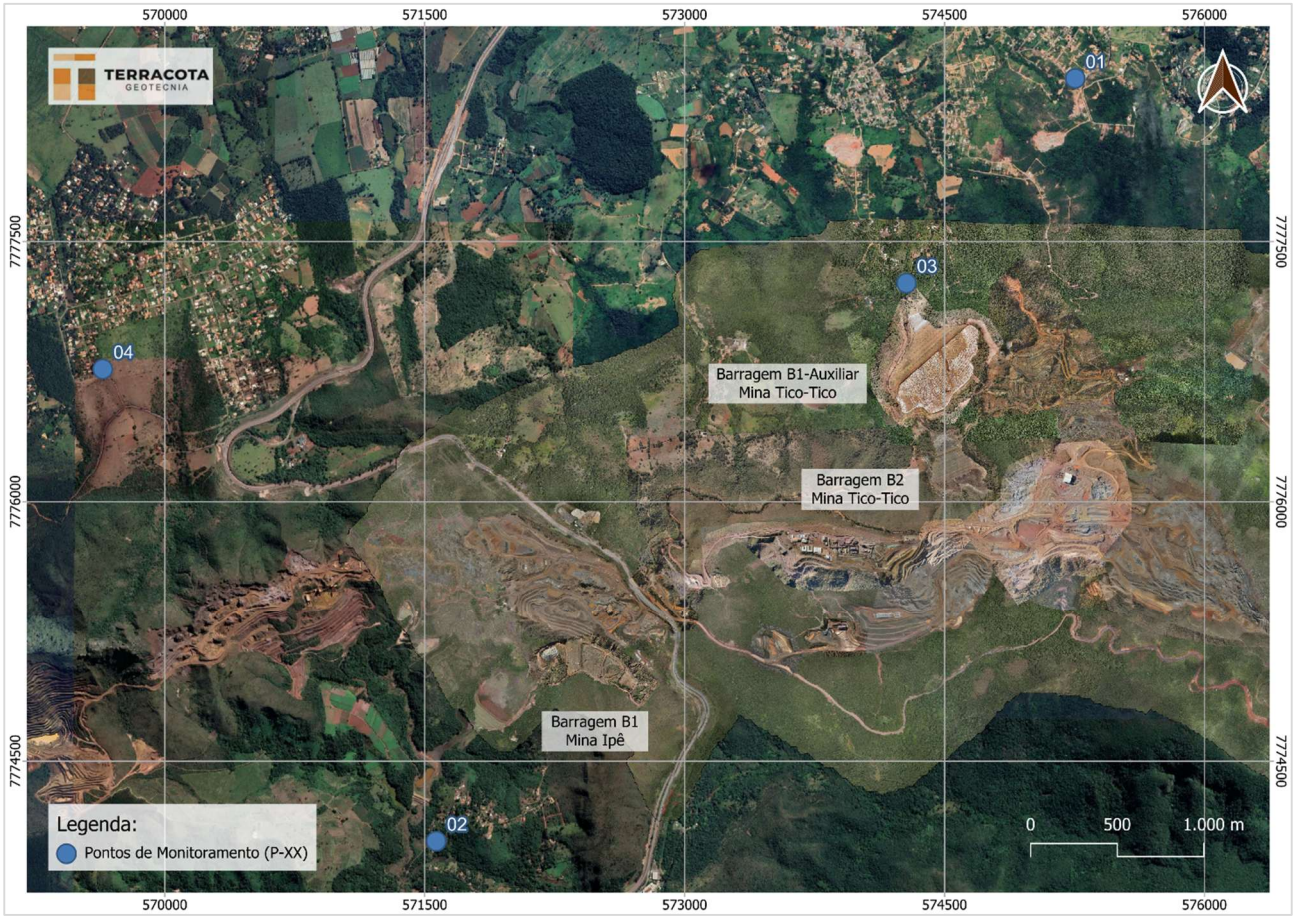


Figura 6.135 – Localização dos pontos de monitoramento de qualidade do ar.

Conforme apresentado na conclusão do relatório referente ao mês de janeiro/2025, foram realizadas coletas com intervalos de 6(seis) dias e obteve-se a seguintes conclusões:

- Os resultados de concentração diária de Partículas Totais em Suspensão (PTS) ficaram abaixo do limite de 240 µg/m³ para o padrão de qualidade do ar final (PF);
- Os resultados de concentração diária de Partículas Inaláveis (PM10) ficaram abaixo do

limite de 100 µg/m³ para o padrão intermediário (PI-2);

- Os resultados de concentração diária de Partículas Inaláveis (PM2,5) ficaram abaixo do limite 50 µg/m³ para o padrão intermediário (PI-2).

Verifica-se que atualmente as condições de qualidade do ar se encontram dentro dos limites estipulados. Dessa forma, durante as obras de descaracterização o monitoramento da qualidade do ar deverá ser mantido e comparado com os resultados das coletas fora do período de descaracterização, de modo a avaliar o impacto da obra na qualidade do ar nas regiões adjacentes.

6.4.3 Controle de Emissão de Gases Poluentes

6.4.3.1 Controle das Emissões Geradas pelo Funcionamento de Motor a Diesel

As emissões atmosféricas geradas pela combustão dos motores a diesel de equipamentos e veículos tem como ação de controle, a manutenção preventiva que irá atuar nas fontes de emissão, ainda que indiretamente.

6.4.3.2 Monitoramento de Fumaça Preta

Atualmente o monitoramento dessas emissões é realizado por meio da verificação visual periódica, com utilização da escala Ringelmann. Essa escala consiste, conforme definição da ABNT, em uma escala gráfica para avaliação calorimétrica visual constituída de um cartão com tonalidades de cinza, correspondentes aos padrões de 1 a 5.

Certa de que o uso de opacímetros permite um resultado mais preciso e objetivo, a forma como o monitoramento é executado na Mineração Morro do Ipê encontra-se em transição. A Empresa já adquiriu 2 opacímetros, que estão sendo utilizados em áreas-piloto, enquanto o software dos equipamentos é homologado pelo departamento de Tecnologia da Informação.



Foto 6.77 – Monitoramento em equipamento com escala.



Foto 6.78 – Monitoramento utilizando o opacímetro.

A Mineração Morro do Ipê possui em seu sistema de gestão um procedimento para o monitoramento de fumaça preta. Esse procedimento determina que as empresas contratadas e subcontratadas enviem à equipe de Meio Ambiente da MMI trimestralmente a relação de equipamentos utilizados na área da empresa com o resultado dos monitoramentos realizados no período.

É importante salientar que caso o resultado do monitoramento de fumaça preta exceda o valor de 2 unidades na escala de Ringelmann, o veículo/máquina/equipamento está inapto a continuar suas atividades e deve ser encaminhado para a manutenção. O veículo/máquina/equipamento só estará apto a retornar as suas atividades após a realização de um novo teste por um dos técnicos do departamento de Meio Ambiente.

6.4.4 Controle de Emissão de Ruídos Ambientais

Visto que a atividade de mineração implica na utilização de maquinário de grande porte na fase de operação, bem como a execução de fragmentações, a MMI possui um programa que busca apresentar recomendações e medidas que mitiguem este impacto (alteração nos níveis de pressão sonora e vibração na área de influência). Estes impactos podem causar incômodos em receptores localizados na área de influência direta – População residente no entorno da área da Mineração Morro do Ipê.

Esse programa tem por objetivo o monitoramento e acompanhamento dos níveis atuais de ruído e vibração, bem como a comparação com os valores de referência pertinentes, permitindo averiguar se de fato eles provocam incômodos aos receptores humanos presentes nas imediações do empreendimento. Além de garantir que os níveis de ruído e vibração em decorrência das atividades do empreendimento causem o menor impacto possível no seu entorno, pois, a partir dos monitoramentos é possível avaliar a necessidade de adoção de medidas complementares de atenuação sonora.

Todas as medições são realizadas simultaneamente para ruído e vibração do solo no mesmo ponto com tempo adequado para averiguação de dados, ou seja, sem presença de chuvas, ventos fortes, trovões e demais interferências audíveis advindas de fenômenos da natureza e que possam interferir nas medições.

As campanhas de medição são realizadas mensalmente, conforme determina a legislação, com medições no período diurno (06:00 às 22:00h) e noturno (22:00 às 06:00h).

Os procedimentos de medição são realizados em conformidade com as normas NBR 10.151/2019, "Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral", NBR 7731/1983 "Guia para execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação dos seusefeitos sobre o homem" e normas ISO 1996, Partes 1 e 2, "*Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise*", 2003, 1987.

As medições de vibração seguem a metodologia descrita no Anexo da Decisão de Diretoria da CETESB nº 215/2007/E. Considerando que este documento determina que a avaliação deva ser feita diferenciadamente para os planos horizontal e vertical, o monitoramento deve ser realizado com um acelerômetro triaxial, de modo a se obter, concomitantemente, os níveis de vibração no eixo vertical e em dois eixos horizontais.

A Tabela 6.17 apresenta as coordenadas dos pontos de monitoramento de ruído e vibração.

Tabela 6.17 – Pontos de monitoramento de ruído e vibração.

PONTO	REFERÊNCIA	CLASSIFICAÇÃO	COORDENADAS UTM SIRGAS2000 (m)	
			E	N
RV-01	Vale dos Quéias	Área de sítios e fazendas	572.029,962	7.774.647,940
RV-02	Em frente à Porteira da Fazenda.	Área de sítios e fazendas	572.968,023	7.777.743,004
RV-03	Rua Mário Menezes, esquina com Rua Alevato	Área predominantemente residencial	574.433,981	7.777.514,028
RV-04	Ponto Interno	Área predominantemente industrial	576.207,002	7.776.576,957
RV-05	Rua Zequita em frente à residência 46	Área predominantemente residencial	574.107,051	7.778.323,974
RV-06	Bairro Candelária	Área de sítios e fazendas	574.278,033	7.777.252,959
RV-07	Próximo à residência do Sr. Ronaldo	Área de sítios e fazendas	575.232,026	7.778.489,035
RV-08	Ao lado da Igreja Batista da Paz	Área predominantemente residencial	578.124,971	7.777.373,039
RV-09	Rua Hesebe em frente à residência nº 10	Área predominantemente residencial	578.235,037	7.777.228,009

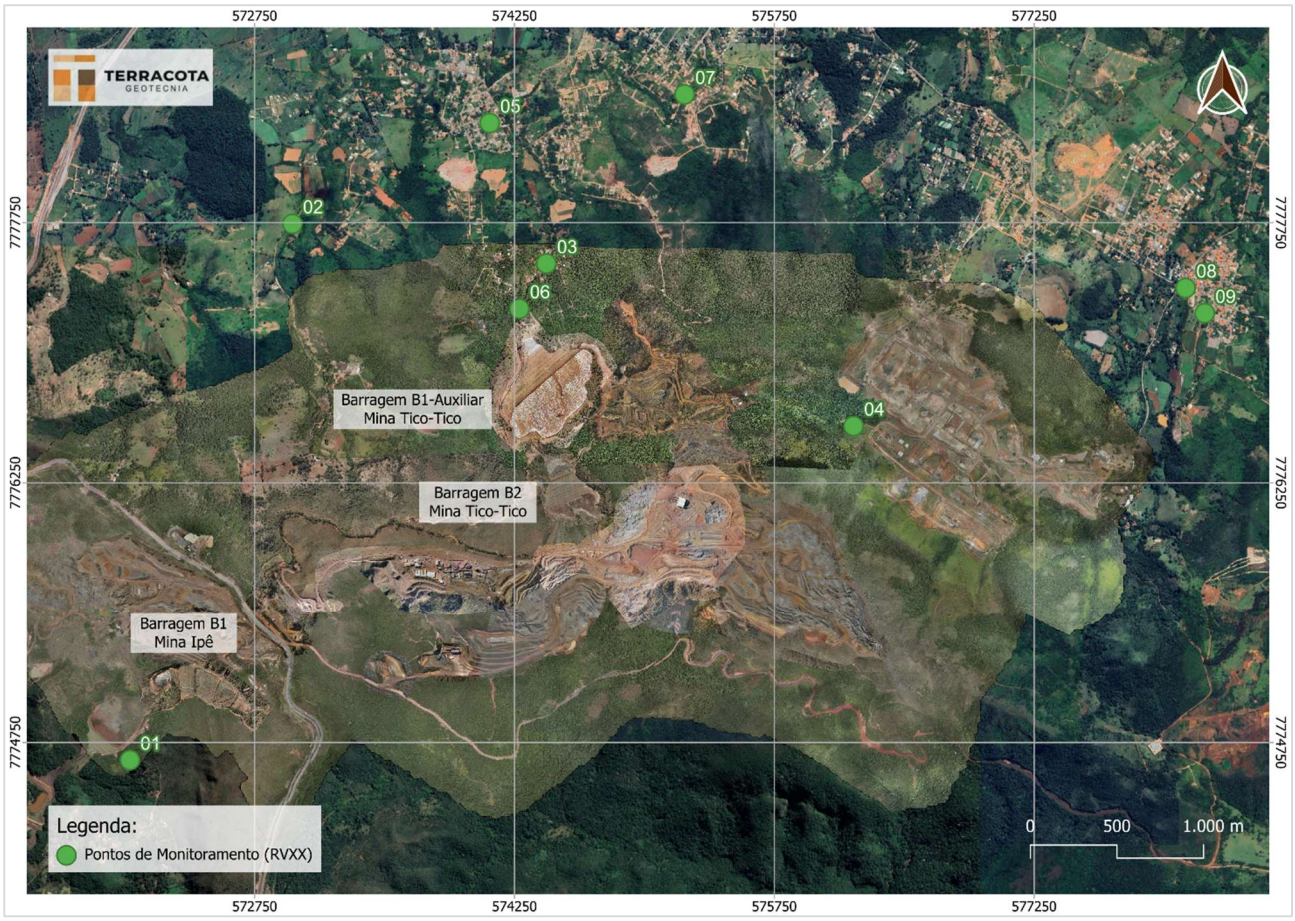


Figura 6.136 – Localização dos pontos de monitoramento de qualidade do ar.

A Tabela 6.18 apresenta os limites de níveis de pressão sonora (RL_{Aeq}) para cada tipo de área habitada

Tabela 6.18 – Limites de níveis de pressão sonora (ABNT NBR 10151:2019).

Tipos de áreas	RL_{Aeq} (dB)	
	Diurno	Noturno
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista, com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Atualmente, a empresa contratada Ecoar – Monitoramento Ambiental realiza o monitoramento dos níveis de pressão sonora (ruído) em áreas sob a influência das Minas Ipê e Tico-Tico, com emissão de relatórios técnicos mensais.

A seguir são apresentados os resultados para o período diurno e noturno do monitoramento realizado entre os dias 15 e 16 de janeiro de 2025.

Tabela 6.19 – Níveis de pressão sonora verificados no período diurno.

Ponto	Data do ensaio	Horário Inicial	Velocidade dos Ventos (m/s)	Tempo Total de Medição (minutos)	L_{res} (som residual) dB	$L_{Aeq,T}$ dB	L_{Aeq} (esp.) (2) dB	Limite (3) dB
RV01	15/01/25	15:54	0,7	10:00	41,4	41,4 (1)	-	40,0
RV02	15/01/25	16:24	0,6	10:00	39,7	39,7 (1)	-	40,0
RV03	15/01/25	16:59	0,5	10:00	40,6	40,6 (1)	-	55,0
RV04	15/01/25	21:36	0,3	10:00	45,6	45,6 (1)	-	70,0
RV05	15/01/25	16:44	0,4	10:00	41,7	41,7 (1)	-	55,0
RV06	15/01/25	17:16	0,6	10:00	40,6	40,6 (1)	-	40,0
RV07	15/01/25	17:38	0,4	10:00	40,2	40,2 (1)	-	40,0
RV08	15/01/25	21:20	0,2	10:00	39,6	39,6 (1)	-	55,0
RV09	15/01/25	21:06	0,3	10:00	35,0	35,0 (1)	-	55,0

(1) - Não foi captado pelo medidor de pressão sonora nenhum tipo de ruído proveniente do empreendimento, e, portanto, os valores de som residual (***L***res) são iguais aos valores de ***L***Aeq. Com isso, constata-se que, nos pontos marcados com Observação (1), não houve influência do empreendimento para os níveis de pressão sonora locais.
(2) - Quando o ***L***Aeq,T(total) medido for superior ao limite R***L***Aeq para a área e o horário em questão, estabelecido na Tabela 6.18, deve-se calcular o nível de pressão sonora específico ***L***Aeq(específico) da fonte sonora objeto de avaliação. Se a diferença aritmética entre o ***L***Aeq,T(total) e o ***L***res for menor que 3 db, não é possível determinar com precisão o nível de pressão sonora do som específico, e, com isso, o valor do ***L***Aeq(específico) será igual ao valor do ***L***res.
(3) - Limite definido pela ABNT NBR 10151:2019.
Faixa de Trabalho do Método: 20 a 130 dB
U: 2,4%, onde U = Incerteza expandida baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência k = 2, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Tabela 6.20 – Níveis de pressão sonora verificados no período noturno.

Ponto	Data do ensaio	Horário Inicial	Velocidade dos Ventos (m/s)	Tempo Total de Medição (minutos)	L_{res} (som residual) dB	$L_{Aeq,T}$ dB	L_{Aeq} (esp.) (2) dB	Limite (3) dB
RV01	16/01/25	00:43	0,2	10:00	38,5	38,5 (1)	-	35,0
RV02	16/01/25	00:02	0,6	10:00	40,0	40,1 (1)	-	35,0
RV03	15/01/25	23:24	0,4	10:00	42,7	42,7 (1)	-	50,0
RV04	15/01/25	22:00	0,1	10:00	43,8	43,8 (1)	-	60,0
RV05	15/01/25	23:38	0,2	10:00	36,7	36,7 (1)	-	50,0
RV06	15/01/25	23:10	0,4	10:00	41,0	41,0 (1)	-	35,0
RV07	15/01/25	22:49	0,2	10:00	38,6	38,6 (1)	-	35,0

Ponto	Data do ensaio	Horário Inicial	Velocidade dos Ventos (m/s)	Tempo Total de Medição (minutos)	L_{res} (som residual) dB	$L_{Aeq,T}$ dB	L_{Aeq} (esp.) (2) dB	Limite (3) dB
RV08	15/01/25	22:16	0,3	10:00	39,3	39,3 (1)	-	50,0
RV09	15/01/25	22:29	0,2	10:00	34,2	34,2 (1)	-	50,0

(1) - Não foi captado pelo medidor de pressão sonora nenhum tipo de ruído proveniente do empreendimento, e, portanto, os valores de som residual (***L***res) são iguais aos valores de ***L***Aeq. Com isso, constata-se que, nos pontos marcados com Observação (1), não houve influência do empreendimento para os níveis de pressão sonora locais.
(2) - Quando o ***L***Aeq,T(total) medido for superior ao limite R***L***Aeq para a área e o horário em questão, estabelecido na Tabela 6.18, deve-se calcular o nível de pressão sonora específico ***L***Aeq(específico) da fonte sonora objeto de avaliação. Se a diferença aritmética entre o ***L***Aeq,T(total) e o ***L***res for menor que 3 db, não é possível determinar com precisão o nível de pressão sonora do som específico, e, com isso, o valor do ***L***Aeq(específico) será igual ao valor do ***L***res.
(3) - Limite definido pela ABNT NBR 10151:2019.
Faixa de Trabalho do Método: 20 a 130 dB
U: 2,4%, onde U = Incerteza expandida baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência k = 2, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Como conclusão dos resultados obtidos para o monitoramento de pressão sonora, a ECOAR considerou que os valores obtidos estão em conformidade com os limites definidos pela ABNT 10151:2019.

Em relação aos pontos que constam a observação (1), conforme mencionado na Tabela 6.19 e Tabela 6.20, não foi captado pelo medidor de pressão sonora nenhum tipo de ruído proveniente das atividades operacionais da MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S/A., e, portanto, os valores de som residual (***L***res) são iguais aos valores de ***L***Aeq.

6.4.5 Controle de Alteração da Dinâmica de Drenagem de Águas Pluviais

O Programa de Monitoramento Hidrogeológico e de Qualidade das Águas Subterrâneas prevê o monitoramento de possíveis alterações na disponibilidade hídrica subterrânea, observando eventuais variações nos níveis monitorados e a manutenção da qualidade ambiental dos aquíferos subjacentes à Serra das Farofas.

O monitoramento das águas subterrâneas vem sendo realizado por meio da coleta de água em nascentes, considerando os diferentes aquíferos. Cabe apontar que a execução do Programa teve início em junho de 2020 e as campanhas trimestrais de monitoramento ocorrem de acordo com o proposto no PCA nos meses de março, junho, setembro e dezembro.

Os pontos foram selecionados considerando a localização das cavas e estruturas do empreendimento e visando a definição da filiação hidrogeoquímica das águas subterrâneas.

6.4.6 Monitoramento da Qualidade da Água

O monitoramento da qualidade da água na saída da drenagem interna da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, é realizado pela empresa Terra – Consultoria e Análises Ambientais, com emissão de relatórios de ensaios mensais.

De acordo com os relatórios emitidos, a empresa responsável realiza as análises conforme a ABNT NBR ISO/IEC 17.025:2017 - Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração, dentro do prazo de validade de cada parâmetro.

A seguir são apresentados os parâmetros avaliados; suas unidades; limites de quantificação (LQ); limites de detecção (LD); resultado da amostragem realizada no dia 19/12/2024; valores máximos permitidos (VMP), de acordo com o Art. 16 para águas classe II da Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG Nº 8, 21 de novembro de 2022 e os métodos utilizados em cada análise.

A MMI também realiza monitoramento da turbidez da água na saída da drenagem interna da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, com coleta diária de amostras por parte da equipe interna de monitoramento geotécnico.

Tabela 6.21 – Resultados da amostragem realizada no dia 19/12/2024 na saída da drenagem interna da Barragem B2- Mina Tico-Tico.

ANÁLISE	UNIDADE	LQ	LD	RESULTADO	VMP	MÉTODO
Acidez	mg/L	5,0	1,5	**< 1,5**	-	SMEWW 2320 B
Alcalinidade Bicarbonatos	mg/L	1,2	0,36	**95,8**	-	SMEWW 2320 B
Condutividade (Campo)	µs/cm	0,6	0,18	**193,200**	-	SMEWW 2510 A
Dureza Total	mg/L	1,0	0,3	**49,2**	-	SMEWW 2340 C
Fósforo Total	mg/L	0,02	0,01	**< 0,010**	máx. 0,100	SMEWW 4500 P B e C
Magnésio Total	mg/L	1,0	-	**4,5**	-	SMEWW 3500 Mg B
Materiais Flutuantes (Campo)	P/A	-	-	**Virtualmente Presente**	-	SMEWW 2110 A
Oxigênio Dissolvido (Campo)	mg O_2/L	0,1	0,01	**5,0**	mín. 5,0	SMEWW 4500 O C
pH (Campo)	Uph	0,60 a 12,80	0,6	**7,6**	mín. 6,0 a 9,0	SMEWW 4500 H+ B
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	5,0	1,5	**137,0**	máx. 500,0	SMEWW 2540 C
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	1,0	0,0	**< 1,0**	-	SMEWW 2540 F
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	5,0	1,5	**< 5**	máx. 100	SMEWW 2540 D
Sólidos Totais	mg/L	5,0	1,5	**139,0**	-	SMEWW 2540 B
Surfactantes Aniônicos	mg/L	0,1	0,03	**< 0,03**	máx. 0,5	SMEWW 5540 C
Temperatura da Amostra (Campo)	°C	0	0	**21,9**	-	SMEWW 2550 B
Turbidez (Campo)	NTU	1,0	0,3	**2,8**	máx. 100	SMEWW 2130 B
Cloreto Total	mg/L	1,0	0,3	**3,0**	máx. 250	SMEWW 4500 Cl^- C
Fosfato Total	mg/L	0,02	0,01	**< 0,01**	-	SMEWW 4500 P E
Nitrato	mg/L	0,05	0,002	**0,960**	máx. 10	ABNT NBR 12620 - 1992
Nitrito	mg/L	0,002	0,0002	**< 0,00020**	máx. 1,0	SMEWW 4500 NO^{2-} B
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	0,5	0,15	**< 0,15**	máx. 2,00	SMEWW 4500 NH^3 B e C
Nitrogênio Total	mg/L	1,0	0,3	**< 1,0**	-	Cálculo

ANÁLISE	UNIDADE	LQ	LD	RESULTADO	VMP	MÉTODO
Sulfato	mg/L	3,0	0,3	**< 3,0**	máx. 250	SMEWW 4500 SO_4^{2-} E
DBO	mg O_2/L	2,0	0,60	**< 2,0**	máx. 5,00	SMEWW 5210 B
DQO	mg O_2/L	4,8	0,48	**< 4,8**	-	SMEWW 5220 D
Fenol Total	mg/L	0,002	0,0004	**< 0,0004**	máx. 0,003	SMEWW 5530 D
Óleos e Graxas (Animal e Vegetal)	mg/L	1,00	0,3	**< 1,00**	-	SMEWW 5520 B
Óleos e Graxas (Mineral)	mg/L	1,00	0,3	**< 1,00**	-	SMEWW 5520 B
Cálcio	mg/L	1,0	-	**12,3**	-	SMEWW 3500 Ca B
Ferro Dissolvido	mg/L	0,01	0	**< 0,01**	máx. 0,3	SMEWW 3500 Al B
Manganês Total	mg/L	0,05	0,01	**< 0,01**	máx. 0,1	SMEWW 3500 Mn B
Coliformes Termotolerantes Quantitativo	NMP/100mL	1,8	< 1,8	**17,0**	máx. 1000	SMEWW 9221 B, C, E
Sódio Total	mg/L	0,50	0,005	**1,1**	-	USEPA 6010C – Rev. 03 – Fev 2007

6.4.7 Gestão de Resíduos Sólidos

O Programa de Gestão dos Resíduos estabelece as diretrizes para a classificação, segregação, armazenamento e destinação dos resíduos sólidos gerados durante toda vida útil do Projeto Morro do Ipê. São objetivos específicos do programa:

- Garantir que a geração, segregação, coleta, transporte e disposição final dos resíduos inerentes às atividades do empreendimento sejam realizados de forma controlada, por meio de procedimentos operacionais definidos;
- Aumentar a eficiência da recuperação reuso e reciclagem de resíduos;
- Minimizar os impactos ambientais, garantindo o tratamento e disposição final de resíduos sólidos de forma adequada, o que se traduz em atendimento à legislação aplicável.

A partir de agosto de 2019, foi iniciada a utilização do Sistema MTR Online, da SEMAD-MG. Neste sistema, as disposições de resíduos são registradas atualmente.

A Gestão de Resíduos da Mineração Morro do Ipê é realizada conjuntamente entre as Minas Ipê e Tico-Tico. Para tal, a empresa possui um procedimento que descreve todas as responsabilidades da Mineração Morro do Ipê e contratadas com relação à geração e gestão dos seus resíduos.

As diretrizes que norteiam a aplicação desse procedimento dizem respeito ao gerenciamento dos resíduos sólidos oriundos dos processos produtivos e prédios administrativos, obras, terceirizadas priorizando o princípio da não geração de resíduos, a minimização da geração de resíduos na fonte, sua reutilização, recuperação e reciclagem. Estabelece ações e diretrizes para orientar os envolvidos na geração, classificação, recolhimento, transporte, armazenagem e destinação em todas as áreas da empresa, incluindo prestadores de serviços.

O fluxograma apresentado a seguir descreve as etapas do gerenciamento de resíduos na Mineração Morro do Ipê.

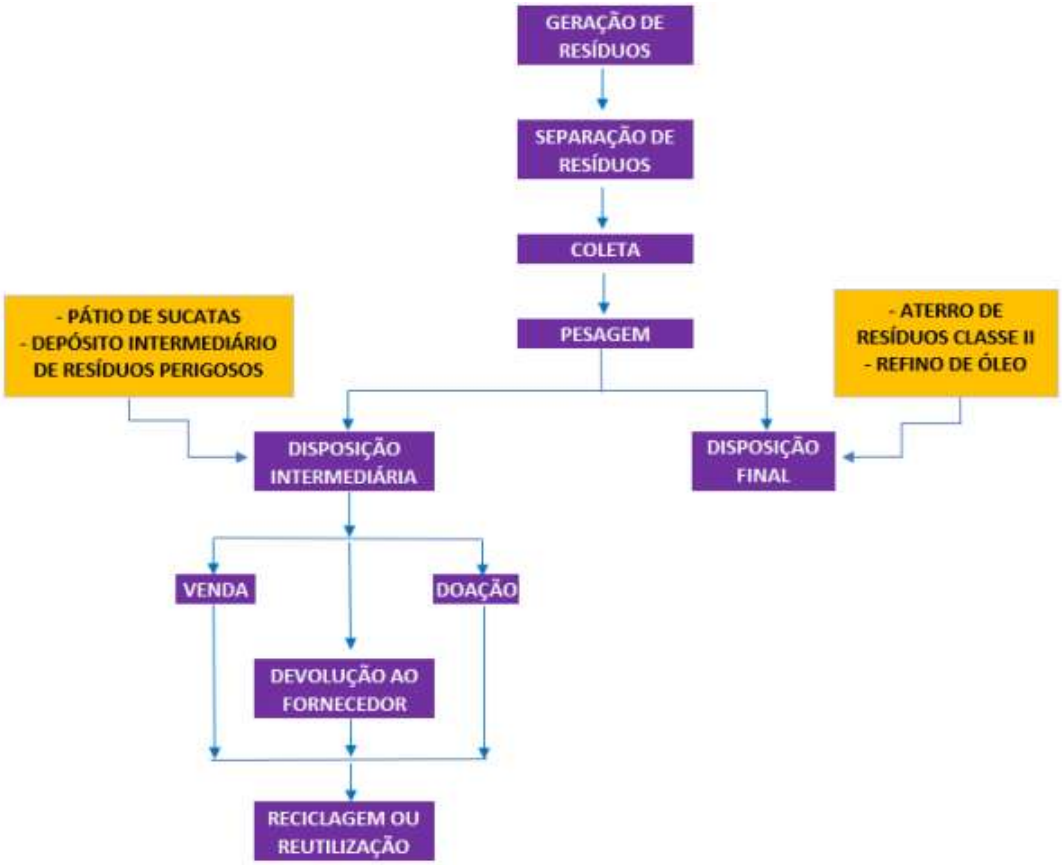


Figura 6.137 – Fluxograma de gerenciamento de resíduos.

Os resíduos gerados em cada área são separados para que, posteriormente, seja realizada a coleta conforme programação, seguida de disposição em local adequado com inspeção periódica.

Os resíduos gerados nos canteiros de obra são recolhidos em caçambas (resíduos gerados em maior volume) ou em coletores (resíduos recicláveis e gerados em menor quantidade). As caçambas são retiradas quando se encontram cheias. Os resíduos com menor geração são levados para os Depósitos Intermediários de Resíduos (DIR), construídos em cada canteiro e depois são coletados pela empresa responsável pelo gerenciamento de resíduos e levados para a Central de Material Descartado (CMD). A implantação do DIR, bem como sua organização fica a cargo da empresa contratada responsável pelo canteiro de obras.

6.4.8 Supressão Vegetal – perda de Habitat para Fauna

O Programa de Resgate de Flora da Mineração Morro do Ipê visa acompanhar o processo de supressão da vegetação, sendo realizado o resgate de flora e fauna em todos os locais nos períodos pré-supressão e durante a supressão, nos locais autorizados.

Para as obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico foram suprimidos dois Eucalyptus sp. localizados dentro da ADA da MMI, sem ter ninho ou vestígio de que os espécimes eram usados como refúgio ou habitat provisório de fauna.



Figura 6.138 – Localização das árvores removidas.



Foto 6.79 – Árvore removida.



Foto 6.80 – Árvore removida.

6.5 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B2 – Mina Tico-Tico será fundamental para as obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto estão sendo monitorados a partir de instrumentos para aferição da

variação do nível e pressão da água e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos.

Conforme discutido em itens anteriores, o material contido no reservatório da Barragem B2 – Mina Tico-Tico é composto por rejeito que foi caracterizado como material contrátil a partir da análise de ensaios CPTu realizados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Os fatores de segurança atuais, obtidos nas análises de estabilidade para a condição não drenada liquefeita, são superiores aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020, ou seja, se encontram acima de 1,1.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, verifica-se que as condições determinadas para executar as obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico são atendidas e podem prosseguir desde que obedecidas as seguintes condicionantes:

a) Análise de estabilidade atualizada que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles obtidos na fase de diagnóstico;
b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima semanal;
c) Realização de análises de estabilidade quinzenal;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição anterior, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista que permita autorizar o retorno das atividades.

6.6 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura nas análises de estabilidade com carregamento não drenado e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e a empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura e que são lidos manualmente deverá ser verificado no mínimo uma vez por semana durante o período de execução das obras. Caso os instrumentos indiquem que a superfície freática se encontra abaixo do nível verificado na fase de diagnóstico, a obra poderá prosseguir normalmente. Caso contrário, a equipe da MMI ou outra equipe com profissionais qualificados deverá realizar uma análise de estabilidade para verificação do fator de segurança referente à freática medida.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B2 – Mina Tico-Tico. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados bem como o técnico responsável pela leitura manual deverá reportar imediatamente qualquer anomalia nas leituras realizadas.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O fator de segurança avaliado com os dados atualizados da instrumentação não atender aos critérios mínimos descritos nesse projeto;
- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
- O profissional de campo identificar sinais/evidências de deformação nos taludes das ombreiras e áreas adjacentes;
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista.

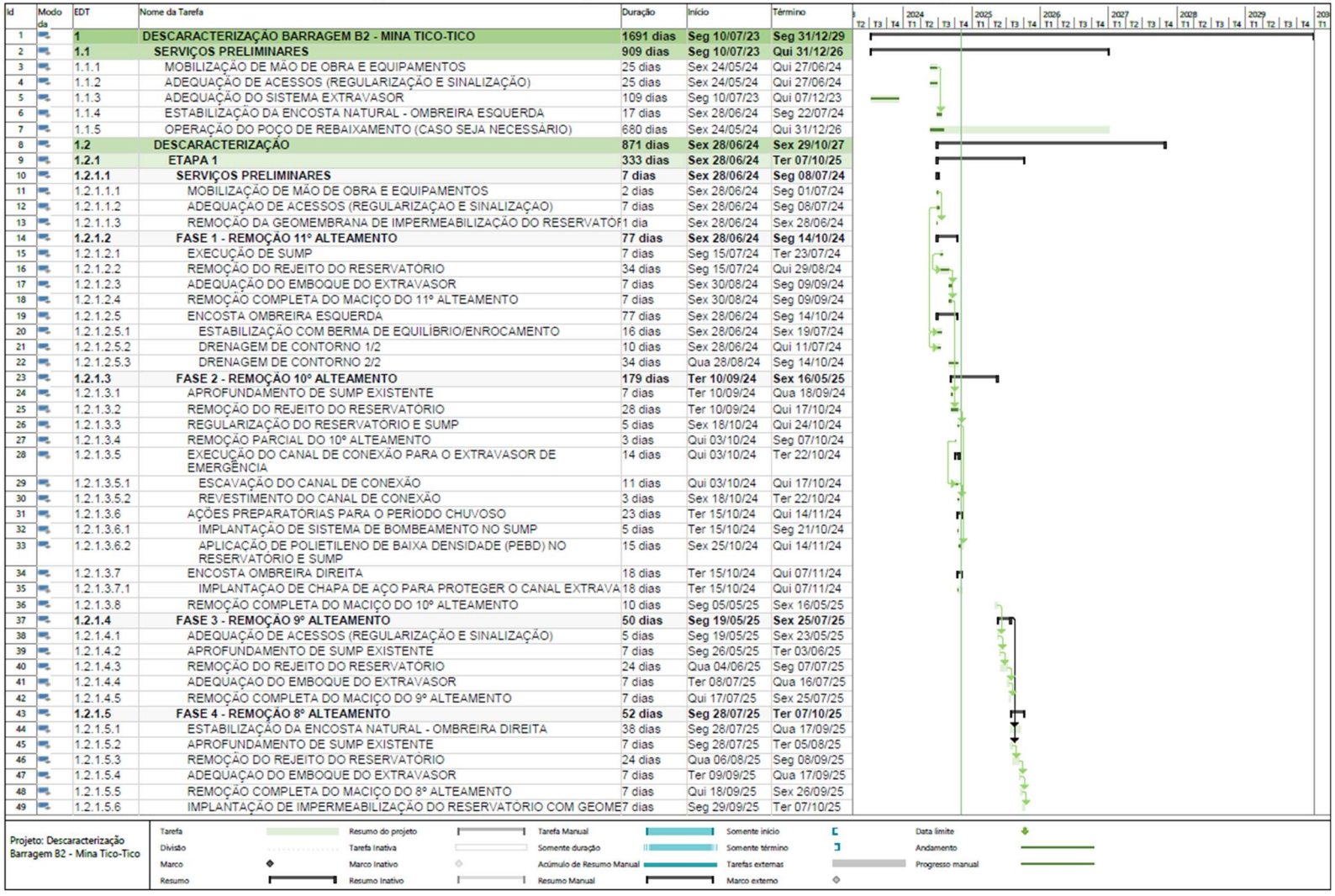
6.7 Cronograma

Na Figura 6.139 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico considerando desde os serviços preliminares até as obras de descaracterização propriamente dito.

Este cronograma foi inicialmente elaborado considerando três etapas macro a serem realizadas em período seco, conforme premissas do projeto, porém teve sua data ajustada conforme o início das obras e assim deverá ser atualizado de acordo com o andamento real dos serviços.

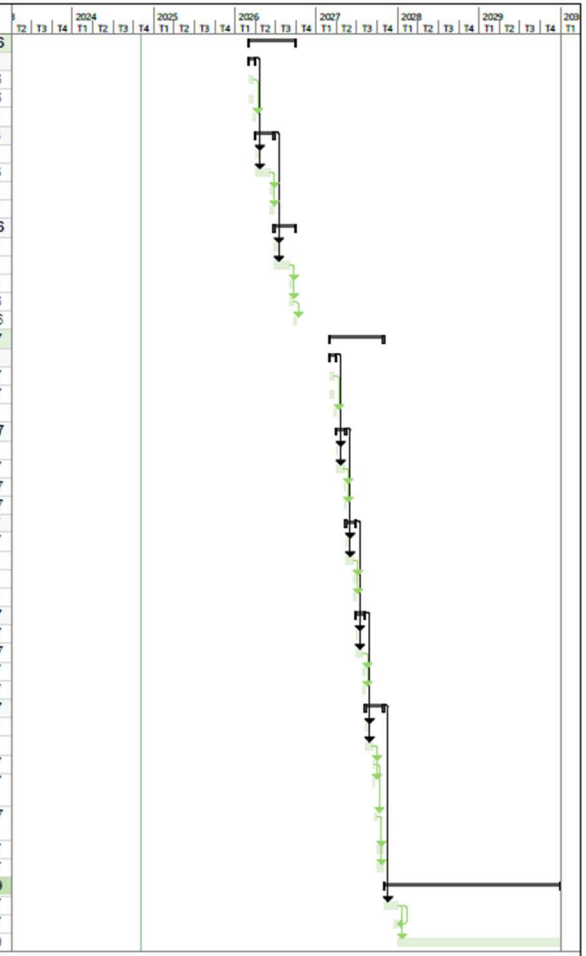
As obras de descaracterização começaram em julho de 2024, acarretando um prazo reduzido do período seco para executar todas as fases da Etapa 1 de projeto. Dessa forma, foi necessário redistribuir as fases não executadas para a etapa seguinte que se inicia no período seco de 2025. Essas alterações de prazo poderão exigir adequações do projeto, de forma a manter a segurança da estrutura.

Figura 6.139 – Cronograma das obras de descaracterização.



Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1		1	DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO	1691 dias	Seg 10/07/23	Seg 31/12/29
2		1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	909 dias	Seg 10/07/23	Qui 31/12/26
3		1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	25 dias	Sex 24/05/24	Qui 27/06/24
4		1.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	25 dias	Sex 24/05/24	Qui 27/06/24
5		1.1.3	ADEQUAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR	109 dias	Seg 10/07/23	Qui 07/12/23
6		1.1.4	ESTABILIZAÇÃO DA ENCOSTA NATURAL - OMBREIRA ESQUERDA	17 dias	Sex 28/06/24	Seg 22/07/24
7		1.1.5	OPERAÇÃO DO POÇO DE REBAIXAMENTO (CASO SEJA NECESSÁRIO)	680 dias	Sex 24/05/24	Qui 31/12/26
8		1.2	DESCARACTERIZAÇÃO	871 dias	Sex 28/06/24	Sex 29/10/27
9		1.2.1	ETAPA 1	333 dias	Sex 28/06/24	Ter 07/10/25
10		1.2.1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	7 dias	Sex 28/06/24	Seg 08/07/24
11		1.2.1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	2 dias	Sex 28/06/24	Seg 01/07/24
12		1.2.1.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇAO E SINALIZAÇAO)	7 dias	Sex 28/06/24	Seg 08/07/24
13		1.2.1.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓF	1 dia	Sex 28/06/24	Sex 28/06/24
14		1.2.1.2	FASE 1 - REMOÇÃO 11° ALTEAMENTO	77 dias	Sex 28/06/24	Seg 14/10/24
15		1.2.1.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	7 dias	Seg 15/07/24	Ter 23/07/24
16		1.2.1.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	34 dias	Seg 15/07/24	Qui 29/08/24
17		1.2.1.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Sex 30/08/24	Seg 09/09/24
18		1.2.1.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 11° ALTEAMENTO	7 dias	Sex 30/08/24	Seg 09/09/24
19		1.2.1.2.5	ENCOSTA OMBREIRA ESQUERDA	77 dias	Sex 28/06/24	Seg 14/10/24
20		1.2.1.2.5.1	ESTABILIZAÇÃO COM BERMA DE EQUILÍBRIO/ENROCAMENTO	16 dias	Sex 28/06/24	Sex 19/07/24
21		1.2.1.2.5.2	DRENAGEM DE CONTORNO 1/2	10 dias	Sex 28/06/24	Qui 11/07/24
22		1.2.1.2.5.3	DRENAGEM DE CONTORNO 2/2	34 dias	Qua 28/08/24	Seg 14/10/24
23		1.2.1.3	FASE 2 - REMOÇÃO 10° ALTEAMENTO	179 dias	Ter 10/09/24	Sex 16/05/25
24		1.2.1.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Ter 10/09/24	Qua 18/09/24
25		1.2.1.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATORIO	28 dias	Ter 10/09/24	Qui 17/10/24
26		1.2.1.3.3	REGULARIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO E SUMP	5 dias	Sex 18/10/24	Qui 24/10/24
27		1.2.1.3.4	REMOÇÃO PARCIAL DO 10° ALTEAMENTO	3 dias	Qui 03/10/24	Seg 07/10/24
28		1.2.1.3.5	EXECUÇÃO DO CANAL DE CONEXÃO PARA O EXTRAVASOR DE EMERGÊNCIA	14 dias	Qui 03/10/24	Ter 22/10/24
29		1.2.1.3.5.1	ESCAVAÇÃO DO CANAL DE CONEXÃO	11 dias	Qui 03/10/24	Qui 17/10/24
30		1.2.1.3.5.2	REVESTIMENTO DO CANAL DE CONEXÃO	3 dias	Sex 18/10/24	Ter 22/10/24
31		1.2.1.3.6	AÇÕES PREPARATÓRIAS PARA O PERÍODO CHUVOSO	23 dias	Ter 15/10/24	Qui 14/11/24
32		1.2.1.3.6.1	IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE BOMBEAMENTO NO SUMP	5 dias	Ter 15/10/24	Seg 21/10/24
33		1.2.1.3.6.2	APLICAÇÃO DE POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD) NO RESERVATÓRIO E SUMP	15 dias	Sex 25/10/24	Qui 14/11/24
34		1.2.1.3.7	ENCOSTA OMBREIRA DIREITA	18 dias	Ter 15/10/24	Qui 07/11/24
35		1.2.1.3.7.1	IMPLANTAÇAO DE CHAPA DE AÇO PARA PROTEGER O CANAL EXTRAVA	18 dias	Ter 15/10/24	Qui 07/11/24
36		1.2.1.3.8	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 10° ALTEAMENTO	10 dias	Seg 05/05/25	Sex 16/05/25
37		1.2.1.4	FASE 3 - REMOÇÃO 9° ALTEAMENTO	50 dias	Seg 19/05/25	Sex 25/07/25
38		1.2.1.4.1	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	5 dias	Seg 19/05/25	Sex 23/05/25
39		1.2.1.4.2	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Seg 26/05/25	Ter 03/06/25
40		1.2.1.4.3	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 04/06/25	Seg 07/07/25
41		1.2.1.4.4	ADEQUAÇAO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 08/07/25	Qua 16/07/25
42		1.2.1.4.5	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 9° ALTEAMENTO	7 dias	Qui 17/07/25	Sex 25/07/25
43		1.2.1.5	FASE 4 - REMOÇÃO 8° ALTEAMENTO	52 dias	Seg 28/07/25	Ter 07/10/25
44		1.2.1.5.1	ESTABILIZAÇÃO DA ENCOSTA NATURAL - OMBREIRA DIREITA	38 dias	Seg 28/07/25	Qua 17/09/25
45		1.2.1.5.2	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Seg 28/07/25	Ter 05/08/25
46		1.2.1.5.3	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 06/08/25	Seg 08/09/25
47		1.2.1.5.4	ADEQUAÇAO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 09/09/25	Qua 17/09/25
48		1.2.1.5.5	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 8° ALTEAMENTO	7 dias	Qui 18/09/25	Sex 26/09/25
49		1.2.1.5.6	IMPLANTAÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM GEOME	7 dias	Seg 29/09/25	Ter 07/10/25

Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
50		1.2.2	**ETAPA 2**	**152 dias**	**Ter 03/03/26**	**Qua 30/09/26**
51		1.2.2.1	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**21 dias**	**Ter 03/03/26**	**Ter 31/03/26**
52		1.2.2.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Ter 03/03/26	Seg 23/03/26
53		1.2.2.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Ter 03/03/26	Seg 23/03/26
54		1.2.2.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓF	6 dias	Ter 24/03/26	Ter 31/03/26
55		1.2.2.2	**FASE 5 - REMOÇÃO 7° ALTEAMENTO**	**62 dias**	**Qua 01/04/26**	**Qui 25/06/26**
56		1.2.2.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	15 dias	Qua 01/04/26	Ter 21/04/26
57		1.2.2.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	48 dias	Qua 01/04/26	Sex 05/06/26
58		1.2.2.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Seg 08/06/26	Ter 16/06/26
59		1.2.2.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 7° ALTEAMENTO	14 dias	Seg 08/06/26	Qui 25/06/26
60		1.2.2.3	**FASE 6 - REMOÇÃO 6° ALTEAMENTO**	**69 dias**	**Sex 26/06/26**	**Qua 30/09/26**
61		1.2.2.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	15 dias	Sex 26/06/26	Qui 16/07/26
62		1.2.2.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	48 dias	Sex 26/06/26	Ter 01/09/26
63		1.2.2.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qua 02/09/26	Qui 10/09/26
64		1.2.2.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 6° ALTEAMENTO	14 dias	Qua 02/09/26	Seg 21/09/26
65		1.2.2.3.5	IMPLANTAÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM GEOME	7 dias	Ter 22/09/26	Qua 30/09/26
66		1.2.3	**ETAPA 3**	**174 dias**	**Ter 02/03/27**	**Sex 29/10/27**
67		1.2.3.1	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**21 dias**	**Ter 02/03/27**	**Ter 30/03/27**
68		1.2.3.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Ter 02/03/27	Seg 22/03/27
69		1.2.3.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Ter 02/03/27	Seg 22/03/27
70		1.2.3.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓF	6 dias	Ter 23/03/27	Ter 30/03/27
71		1.2.3.2	**FASE 7 - REMOÇÃO 5° ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Qua 31/03/27**	**Qua 12/05/27**
72		1.2.3.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	7 dias	Qua 31/03/27	Qui 08/04/27
73		1.2.3.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 31/03/27	Seg 03/05/27
74		1.2.3.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 04/05/27	Qua 12/05/27
75		1.2.3.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 5° ALTEAMENTO	7 dias	Ter 04/05/27	Qua 12/05/27
76		1.2.3.3	**FASE 8 - REMOÇÃO 4° ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Qui 13/05/27**	**Qui 24/06/27**
77		1.2.3.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qui 13/05/27	Sex 21/05/27
78		1.2.3.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qui 13/05/27	Ter 15/06/27
79		1.2.3.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qua 16/06/27	Qui 24/06/27
80		1.2.3.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 4° ALTEAMENTO	7 dias	Qua 16/06/27	Qui 24/06/27
81		1.2.3.4	**FASE 9 - REMOÇÃO 3° ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Sex 25/06/27**	**Sex 06/08/27**
82		1.2.3.4.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Sex 25/06/27	Seg 05/07/27
83		1.2.3.4.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Sex 25/06/27	Qua 28/07/27
84		1.2.3.4.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qui 29/07/27	Sex 06/08/27
85		1.2.3.4.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 3° ALTEAMENTO	7 dias	Qui 29/07/27	Sex 06/08/27
86		1.2.3.5	**FASE 10 (FINAL) - REMOÇÃO 2° ALTEAMENTO**	**60 dias**	**Seg 09/08/27**	**Sex 29/10/27**
87		1.2.3.5.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Seg 09/08/27	Ter 17/08/27
88		1.2.3.5.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Seg 09/08/27	Qui 09/09/27
89		1.2.3.5.3	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 2° ALTEAMENTO	7 dias	Sex 10/09/27	Seg 20/09/27
90		1.2.3.5.4	REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE ESCAVADA COM DECLIVIDADE DE 2% NA DIREÇÃO DO MACIÇO PARA MONTANTE	7 dias	Sex 10/09/27	Seg 20/09/27
91		1.2.3.5.5	IMPLANTAÇÃO DE CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓRIO COM SOLO ARGILOSO COMPACTADO	7 dias	Ter 21/09/27	Qua 29/09/27
92		1.2.3.5.6	IMPLANTAÇÃO DE CANAL DE CONTORNO	22 dias	Qui 30/09/27	Sex 29/10/27
93		1.2.3.5.7	INSTALAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE	22 dias	Qui 30/09/27	Sex 29/10/27
94		1.3	**PÓS-OBRA**	**566 dias**	**Seg 01/11/27**	**Seg 31/12/29**
95		1.3.1	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	45 dias	Seg 01/11/27	Sex 31/12/27
96		1.3.2	DESMOBILIZAÇÃO	15 dias	Seg 13/12/27	Sex 31/12/27
97		1.3.3	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	521 dias	Seg 03/01/28	Seg 31/12/29



Projeto: Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico

Tarefa · Divisão · Marco · Resumo · Resumo do projeto · Tarefa Inativa · Marco Inativo · Resumo Inativo · Tarefa Manual · Somente início · Somente duração · Somente término · Acúmulo de Resumo Manual · Tarefas externas · Resumo Manual · Marco externo · Data limite · Andamento · Progresso manual

7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 7.1 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
VII. Apresentar o andamento das obras para: a) Remoção das infraestruturas associadas à barragem, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;	Não aplicável. As infraestruturas associadas à barragem já foram removidas.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	Não aplicável. O TR de descaracterização de barragens alteadas pelo método de montante não exige protocolo para garantir a segurança dos trabalhadores da obra para barragens com declaração de condição de estabilidade garantida, caso da Barragem B2 – Mina Tico-Tico. O projeto atende ao exposto no item 3.3.1 do TR. Tal protocolo é exigido apenas para estruturas que se encontram em nível de alerta. De qualquer forma o projeto trata de critérios de inspeção e monitoramento para paralisação das obras conforme apresentado no Capítulo 13, mais específico no item 13.3 do Relatório de Descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.676).

8. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:

Elias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

- Responsável técnico pela elaboração do relatório de acompanhamento do processo de descaracterização:

Guilherme de Freitas Roriz Lima

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1015708625 (CREA-GO)

- Responsável técnico pela barragem e pelo acompanhamento técnico das obras:

Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

9. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232097039

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em: **09/01/2023**

Valor: **R$ 260.000,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520

Nº: **00**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **IGARAPÉ**

UF: **MG**

CEP: **32900000**

Data de Início: **03/04/2023**

Previsão de término: **31/07/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.05.29 19:49:13 -03'00'

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Dados: 2023.05.30 11:00:56 -03'00'

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

BELO HORIZONTE, 29 de MAIO de 2023
Local data

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 254,59** Registrada em: **29/05/2023** Valor pago: **R$ 254,59** Nosso Número: **8601679206**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: Z6Z6a
Impresso em: 29/05/2023 às 19:45:46 por: , ip: 200.25.56.74

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20253733461

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

GUILHERME DE FREITAS RORIZ LIMA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1015708625**
Registro: **318094MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **CMS000526**

Celebrado em: **01/08/2022**

Valor: **R$ 16.420,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **IGARAPÉ**

UF: **MG**

CEP: **32900000**

Data de Início: **03/02/2025**

Previsão de término: **07/03/2025**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS TÉCNICOS DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1132) E DA BARRAGEM B1-AUXILIAR - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1133), REFERENTE AO TRIMESTRE NOVEMBRO DE 2024 A JANEIRO DE 2025, EM ATENDIMENTO AO TERMO DE COMPROMISSO - TC (MPF, MPMG, SEMAD/FEAM, ANM).

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

gov.br
Documento assinado digitalmente
GUILHERME DE FREITAS RORIZ LIMA
Data: 25/02/2025 11:08:43-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Brumadinho, 25 de fevereiro de 2025
Local data

GUILHERME DE FREITAS RORIZ LIMA - CPF: 032.735.701-05

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20253733461

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

10. Valor

Valor da ART: **R$ 271,47** Registrada em: **24/02/2025** Valor pago: **R$ 271,47** Nosso Número: **8607322946**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: CzDcA
Impresso em: 25/02/2025 às 10:56:47 por: , ip: 179.60.169.40

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12824-R-BA-RL-28-GE_r0

NOVEMBRO 2024

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12824-R-BA-RL-28-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.1062

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00				
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X					26	X					51	X					76	X				
2	X					27	X					52	X					77	X				
3	X					28	X					53	X					78	X				
4	X					29	X					54	X					79	X				
5	X					30	X					55	X					80	X				
6	X					31	X					56	X					81	X				
7	X					32	X					57	X					82	X				
8	X					33	X					58	X					83	X				
9	X					34	X					59	X					84	X				
10	X					35	X					60	X					85	X				
11	X					36	X					61	X					86	X				
12	X					37	X					62	X					87	X				
13	X					38	X					63	X					88	X				
14	X					39	X					64	X					89	X				
15	X					40	X					65	X					90	X				
16	X					41	X					66	X					91	X				
17	X					42	X					67	X					92	X				
18	X					43	X					68	X					93	X				
19	X					44	X					69	X					94	X				
20	X					45	X					70	X					95	X				
21	X					46	X					71	X					96	X				
22	X					47	X					72	X					97	X				
23	X					48	X					73	X					98	X				
24	X					49	X					74	X					99	X				
25	X					50	X					75	X					100	X				

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	27/11/2024						
EXECUTADO	GFL						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12824-R-BA-RL-28-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.1062

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
101	X					126	X					151	X					176					
102	X					127	X					152	X					177					
103	X					128	X					153	X					178					
104	X					129	X					154	X					179					
105	X					130	X					155	X					180					
106	X					131	X					156	X					181					
107	X					132	X					157	X					182					
108	X					133	X					158	X					183					
109	X					134	X					159	X					184					
110	X					135	X					160	X					185					
111	X					136	X					161	X					186					
112	X					137	X					162	X					187					
113	X					138	X					163	X					188					
114	X					139	X					164	X					189					
115	X					140	X					165	X					190					
116	X					141	X					166						191					
117	X					142	X					167						192					
118	X					143	X					168						193					
119	X					144	X					169						194					
120	X					145	X					170						195					
121	X					146	X					171						196					
122	X					147	X					172						197					
123	X					148	X					173						198					
124	X					149	X					174						199					
125	X					150	X					175						200					

REV.	**T.E**	**DESCRIÇÃO DAS REVISÕES**
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS.

TIPO DE EMISSÃO	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	27/11/2024						
EXECUTADO	GFL						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

SUMÁRIO

1. Introdução 6
2. Documentos de referência 7
3. Códigos e Normas 8
4. Ficha Técnica do Empreendimento 9
4.1 Identificação do Empreendedor 9
4.2 Identificação do Empreendimento 9
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 9
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 9
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 9
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 10
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 10
4.8 Responsável temporário pelo Acompanhamento das Obras de Descaracterização 10
4.9 Localização da Barragem 11
4.10 Função atual 11
4.11 Características Gerais 12
4.12 Classificação da Barragem 16
5. Projeto de Descaracterização 21
5.1 Descrição do Projeto 22
5.2 Alterações de Projeto 27
5.2.1 Canal de Conexão com Extravasor de Emergência – Etapa 1 - Fase 1 27
5.2.2 Delimitação da Escavação do Reservatório Junto à Berma de Equilíbrio 29
5.2.3 Canal de Conexão com Extravasor de Emergência – Etapa 1 - Fase 2 30
5.2.4 Canal de Drenagem Central no Reservatório 32
5.2.5 Substituição do Material de Revestimento do Reservatório 33
5.3 Riscos Geológicos-Geotécnicos 33
6. Obras de Descaracterização 43
6.1 Memorial Descritivo 44
6.1.1 Acompanhamento das Obras 44
6.1.2 Sequência Construtiva e Detalhamento das Obras Realizadas 45
6.1.2.1 Escavação Parcial do Rejeito do Reservatório - Etapa 1 - Fase 1B 46
6.1.2.2 Escavação Parcial do Rejeito do Reservatório - Etapa 1 - Fase 1C 47
6.1.2.3 Escavação Parcial do Rejeito do Reservatório - Etapa 1 - Fase 1D 48
6.1.2.4 Desmonte dos Blocos Presentes na Base da Escavação 48
6.1.2.5 Sondagem com Escavadeira na Base da Escavação - Etapa 1 - Fase 1C 49
6.1.2.6 Rebaixamento Parcial dos Instrumentos INA-33 e INA-34 49

6.1.2.7 Adequação do Emboque do Sistema Extravasor - Etapa 1 - Fase1 49
6.1.2.8 Remoção do Maciço do 11º Alteamento - Etapa 1 - Fase 1E..... 50
6.1.2.9 Escavação Parcial do Rejeito do Reservatório - Etapa 1 - Fase 2A..... 51
6.1.2.10 Rebaixamento Parcial da Tubulação do Extravasor Operacional 53
6.1.2.11 Execução de Lastro para Acesso ao Reservatório e Região do *Sump* 53
6.1.2.12 Rebaixamento do *Sump* - Etapa 1 - Fase 2..... 53
6.1.2.13 Remoção da Leira Localizada na Crista Atual - El 1.125,0 m 54
6.1.2.14 Remoção Parcial do Maciço do 10º Alteamento - Etapa 1 - Fase 2B 54
6.1.2.15 Execução de Lastro no Reservatório para Acesso de Equipamentos 55
6.1.2.16 Escavação do Canal de Conexão ao Extravasor de Emergência 55
6.1.2.17 Regularização da Escavação do Canal de Conexão..... 55
6.1.2.18 Conexão do Acesso Principal à Berma Elev. 1.119,0 m..... 56
6.1.2.19 Revestimento do Canal de Conexão..... 56
6.1.2.20 Instalação de Sistema de Bombeamento no Sump do Reservatório 56
6.1.2.21 Execução de Canal Central no Reservatório 57
6.1.2.22 Limpeza no Entorno do Extravasor Operacional..... 57
6.1.2.23 Revestimento do Reservatório com Lona PEBD (Em andamento)..... 57
6.1.3 Anomalias Verificadas 58
6.1.3.1 Material Oriundo da Escavação do Maciço do 11º Alteamento contaminando a face do talude de jusante 58
6.1.3.2 Assoreamento de Dispositivos de Drenagem Superficial 59
6.1.3.3 Dispositivos de Drenagem Superficial Danificados 59
6.1.3.4 Dispositivo de Drenagem Superficial Obstruído e Alagado (corrigido)..... 59
6.1.3.5 Deságue Inadequado da Drenagem Superficial (corrigido)..... 60
6.1.3.6 Ancoragem Inadequada do Revestimento do Reservatório..... 60
6.1.3.7 Revestimento Inadequado dos Taludes do Canal de Conexão..... 60
6.1.3.8 Falta de Proteção e Identificação de Instrumento no Reservatório 61
6.1.4 Não Conformidades 61
6.1.5 Projeto..... 63
6.1.6 Levantamento Topográfico – Obras Executadas 66
6.1.7 Comparativo Projeto x Executado..... 68
6.2 Condição da Estrutura no Período Avaliado 73
6.2.1 Inspeções de Campo 74
6.2.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções 74
6.2.3 Instrumentação Instalada na Barragem 76
6.2.3.1 Leituras Instrumentação 89

6.2.4 Análise de Estabilidade 113
6.2.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações 115
6.2.4.2 Sismicidade do Local da Barragem 116
6.2.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática 122
6.2.4.4 Parâmetros de Resistência 124
6.2.4.5 Resultados 126
6.3 Controle do Nível Freático no Reservatório 146
6.4 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 148
6.4.1 Controle de Emissão de Materiais Particulados para a Atmosfera 148
6.4.2 Controle de Emissão de Gases Poluentes 151
6.4.2.1 Controle das Emissões Geradas pelo Funcionamento de Motor a Diesel 151
6.4.2.2 Monitoramento de Fumaça Preta 152
6.4.3 Controle de Emissão de Ruídos Ambientais 153
6.4.4 Controle de Alteração da Dinâmica de Drenagem de Águas Pluviais 155
6.4.5 Gestão de Resíduos Sólidos 155
6.4.6 Supressão Vegetal – perda de Habitat para Fauna 157
6.5 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 158
6.6 Rotina de Monitoramento 159
6.7 Cronograma 160
7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 163
8. Assinaturas 164
9. Anexos 165

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B2 - Mina Tico-Tico**, referente ao trimestre compreendido entre Agosto/2024 e Outubro/2024, elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B2 - Mina Tico-Tico, o qual foi emitido em maio de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.553_r3 – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1065 – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – Estudos Hidrológicos e Hidráulicos – El. 1.119,40. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1066 - Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico – Relatório Mensal de Acompanhamento Técnico de Obra – Outubro de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1046 - Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico – Relatório Mensal de Acompanhamento Técnico de Obra – Setembro de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Outubro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1036 - Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico – Relatório Mensal de Acompanhamento Técnico de Obra – Agosto de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1003_r1 - Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragens – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – FEAM – 2º Semestre de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Agosto/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.676_r2 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Abril/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.677_r2 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Especificações Técnicas Construtivas. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Abril/2024;
- IPE.OP.RL.8000.DE.20.708 a IPE.OP.RL.8000.DE.20.756, IPE.OP.DE.8000.GT.20.813, IPE.OP.DE.8000.GT.20.814, IPE.OP.DE.8000.GT.20.1011, IPE.OP.DE.8000.GT.20.1012, IPE.OP.DE.8000.GT.20.1013 e IPE.OP.DE.8000.GT.20.1026 - Barragem B2 – Mina Tico-Tico – Projeto Executivo de Descaracterização. Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. 2024.

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784/2019 - Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2017 – dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração, visando atender às condições de segurança, operacionalidade, economicidade e desativação, minimizando os impactos ao meio ambiente.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

4.8 Responsável temporário pelo Acompanhamento das Obras de Descaracterização

Nome: Welington Pereira Maximiano
Formação: Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional: 1411469151 (CREA-MG)
Cargo: Coordenador de Geotecnia
Telefone: (31) 3614-1840
E-mail: welington.maximiano@ipemineracao.com

4.9 Localização da Barragem

A Barragem B2 – Mina Tico-Tico localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Igarapé-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 574.570m E e 7.776.150m N à montante da estrutura descaracterizada da Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico e da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

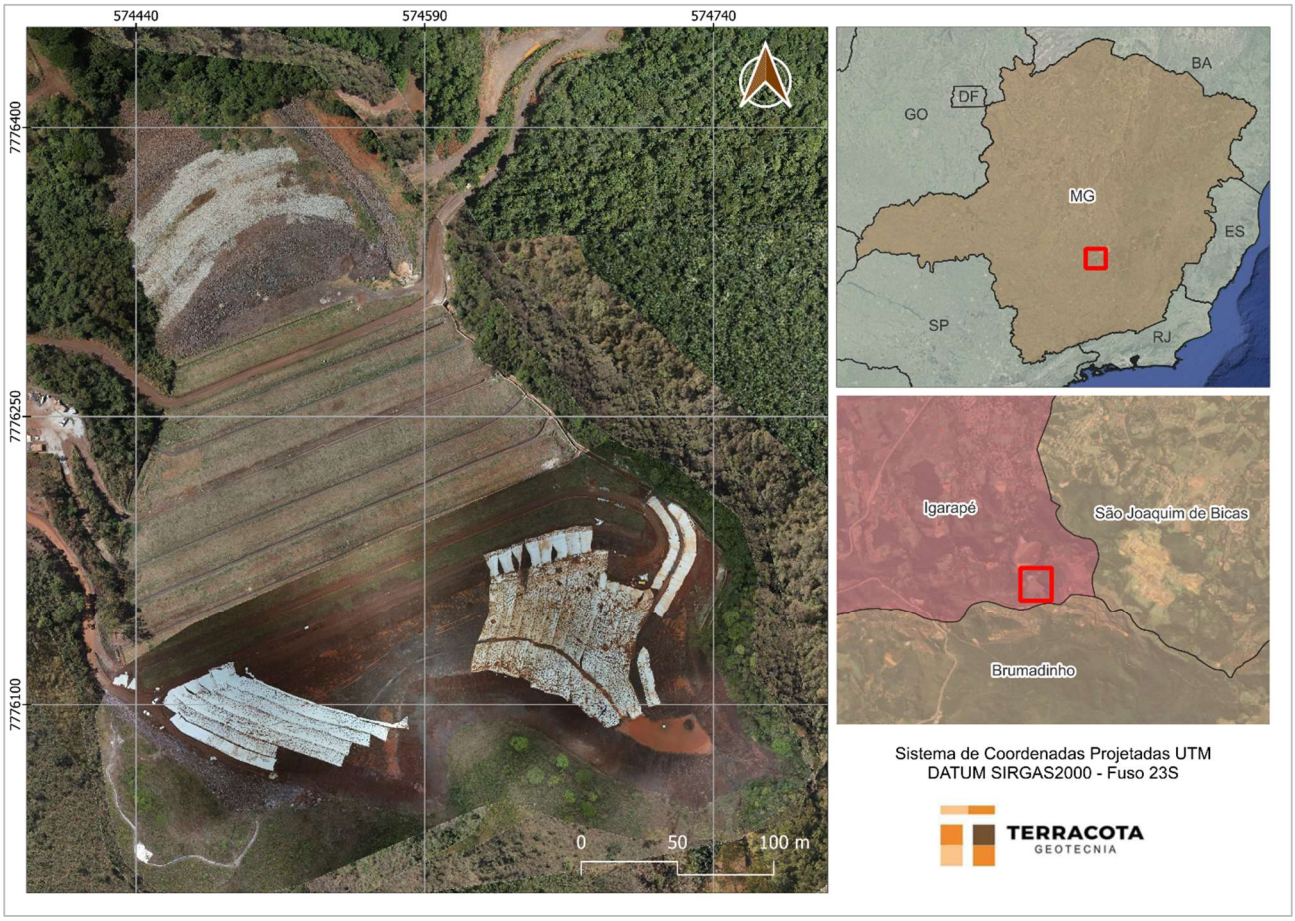


Figura 4.1 – Localização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

4.10 Função atual

As funções da barragem englobaram: a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte, conforme amostragem e ensaios de solubilização e de lixiviação realizados pela empresa Terra Consultoria e Análises Ambientais Ltda. e apresentados nos Relatórios de Ensaios nº 8062/2021, 8070/2021 e 8078/2021.

O lançamento de rejeitos na barragem foi encerrado no ano de 2007, estando a barragem na condição descomissionada e desativada, conforme definição da Resolução ANM 95/2022, Art. 2º

VIII.a e IX e definição do Art. 1º do Decreto 48.140/2021.

4.11 Características Gerais

A Barragem B2 – Mina Tico-Tico foi construída em 12 etapas, sendo o maciço inicial e onze alteamentos a montante até a elevação final 1.127,00 m. Com o avanço das obras de descaracterização, foi realizada a remoção do 11º alteamento e de parte do 10º alteamento, dessa forma a crista da estrutura se encontra entre as elevações 1.119,40 m e 1.125,00 m.

Devido ao fato de a barragem ter sido construída e operada entre os anos de 1990 e 2006 não foram encontrados documentos relacionados às obras de construção inicial e das etapas de alteamento da barragem tais como registros fotográficos, ensaios dos materiais, controle de compactação do aterro e os documentos "como construído" das diversas etapas de operação da barragem.

A Tabela 4.1 abaixo apresenta a relação das etapas construtivas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Tabela 4.1 – Etapas construtivas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Etapa	Elevação Atual Aproximada (m)
Dique de Partida	1.060,0
1º Alteamento	1.069,0
2º Alteamento	1.076,0
3º Alteamento	1.079,0
4º Alteamento	1.084,3
5º Alteamento	1.093,5
6º Alteamento	1.102,5
7º Alteamento	1.109,0
8º Alteamento	1.115,0
9º Alteamento	1.119,5
10º Alteamento	1.124,3
11º Alteamento	1.127,0

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.2, sendo as informações existentes atualizadas a partir dos levantamentos topográficos de 2022 (IPE.OP.DE.8000.GT.20.455.dwg), de 2020 (IPE.OP.DF.8000.GT.20.019.J - 06/10/20 - ERG Engenharia dwg) e o levantamento cadastral após obra de ampliação do reforço e adequação do canal extravasor (CAD_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B2_TT_16DEZ23.dwg), além do levantamento cadastral de acompanhamento das obras de descaracterização da estrutura (C3D_ATUALIZACAO_GERAL_MMI_17OUT24.dwg).

Na Figura 4.2 é apresentada uma imagem de satélite da estrutura e a Figura 4.3 apresenta a seção D-D' de maior altura da barragem.

Tabela 4.2 – Principais características da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.
(Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.1065)

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B2 – Mina Tico-Tico
Código FEAM	406
Localização	Mina Tico-Tico – Igarapé/MG
Coordenadas geográficas do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'37.550" Longitude: -44°17'12.020"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	574.570m E / 7.776.150m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	1990
Ano de Início de Operação	1990
Ano de Término de Operação	2007
Ano de Término de Descaracterização	2027 (previsão)
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (obras)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total – maciços + reservatório + amortecimento (m³)	1.632.909 (*) (**)
Volume Total de maciços (m³)	429.520 (*) (**)
Capacidade total do reservatório (m³) – até elev. 1.119,4 m	1.203.389 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	1.175.267 (*)
Volume de amortecimento (m³) – elev. 1.116,7 a 1.119,4 m	25.892
Área do reservatório (m²) - elev. 1.119,4 m	13.586
Elevação do coroamento (m)	Variável (1.119,4 a 1.125,0)
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	1.016,0
Altura atual da barragem (m);	109,0
Extensão do coroamento (m)	320,0
Largura do coroamento (m)	4,5
Largura das bermas (m)	5,0
Alteamentos realizados e seus métodos empregados	Alteamentos a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6º)
Inclinação talude de montante	1,6(H):1(V) (32º)
Elevação da soleira do vertedouro (m)	1.116,70
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.117,78
Borda livre mínima (PMP) (m)	1,63
Descarga do vertedouro (PMP) (m³/s)	6,01
Capacidade de descarga do vertedouro (m³/s)	37,5
Área da bacia de contribuição (km²)	0,129

(*) Volumes obtidos a partir da reinterpretação da topografia primitiva do vale e levantamento topográfico cadastral.
(**) Inclui maciço do 10º alteamento – vol. de 27.660 m³.



Figura 4.2 – Imagem da Barragem B2 – Mina Tico-Tico. (Fonte: Ortofoto MMI – Outubro/2024).

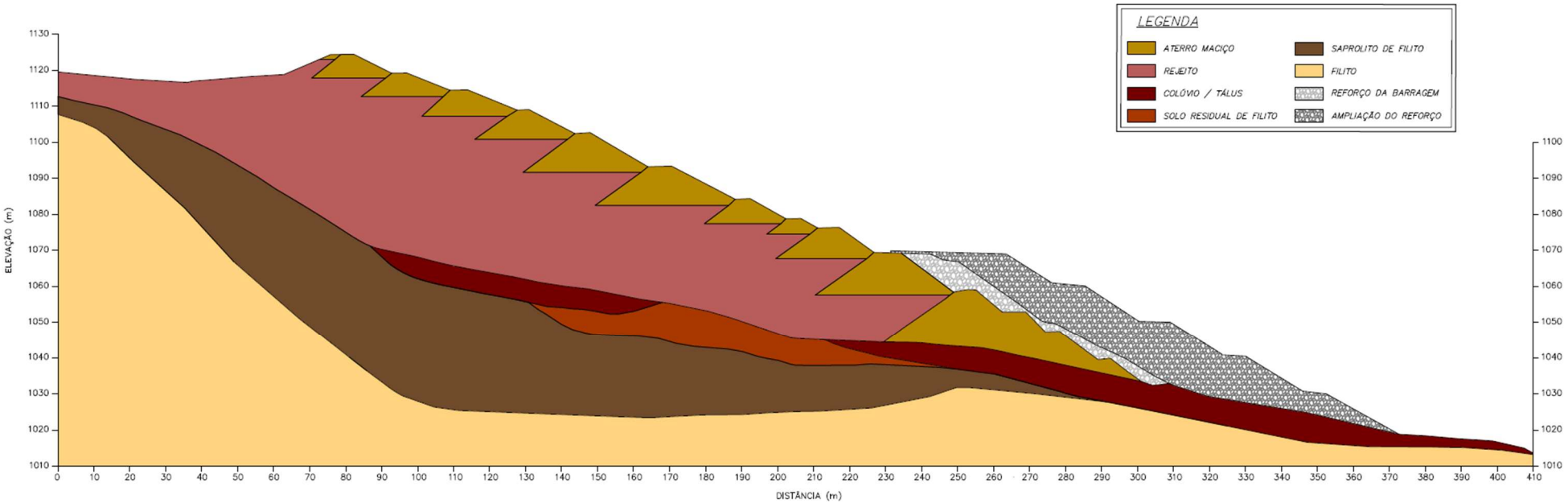


Figura 4.3 – Seção de maior altura (D-D') da Barragem B2 – Mina Tico-Tico (Condição em 31/10/2024).

4.12 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B2 – Mina Tico-Tico** foi classificada, conforme RTESB referente ao 2º semestre/2024 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1003), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.3 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	3
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**22**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥ 65 ou EC*=10
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.4 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	5
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**23**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.5 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Tabela 4.8 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 3				

Tabela 4.9 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO **(Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
PDA = Σ (a até d) =23			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de remoção parcial dos rejeitos dispostos no reservatório, além dos maciços até o nível do coroamento do 1º alteamento de montante, em torno da elevação 1.069,0 m, nível este correspondente ao topo do aterro de reforço executado com enrocamento;
- O projeto de descaracterização será concebido para ser executado em três etapas macro de remoção (três períodos secos), sendo a primeira com remoção dos rejeitos do reservatório e alteamentos a montante até a elevação 1.109,0 m, a segunda removendo os materiais até a elevação 1.093,3 m e a terceira e última etapa, concluindo a remoção, até o nível do topo da estrutura de reforço na elevação 1.069,0 m;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos, com duração mínima de 6 meses (abril a setembro), podendo se estender em função das condições climáticas desde que haja tempo hábil para atender as premissas de conclusão de etapa e executar os serviços para a passagem do período chuvoso. Mesmo assim, o projeto contempla a escavação de *sumps* próximo ao emboque do sistema extravasor para contenção de água e sedimentos nos casos de chuvas eventuais;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada em camadas de espessura média de 2,0 m, que poderá ser ajustada em campo, condicionada à capacidade de suporte do material, podendo ser necessária a execução de valas drenantes para deságue do rejeito saturado com o objetivo de garantir condições de segurança e operação para trafegabilidade dos equipamentos durante a atividade de lavra. Nos casos em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro com rejeito seco (aterro de conquista) de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;
- O volume total geométrico de remoção previsto, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.487.709 m³;
- A superfície final do reservatório deverá receber camada impermeabilizante (selo) de solo argiloso, preferencialmente laterítico, compactado em camadas de no máximo 25 cm de material solto até obter espessura final mínima de 50 cm, grau de compactação de 98% do PN e ter declividade de 2% para montante de forma a direcionar os fluxos incidentes nesta superfície para o canal de contorno;
- Deverá ser realizada a recomposição vegetal da área do terreno natural exposta pelas

escavações após remoção dos rejeitos e maciços, com utilização de materiais apropriados. Conforme item 3.6 da TR de Descaracterização da FEAM, a técnica será determinada com embasamento no diagnóstico da área pós-descaracterização à medida que avançam as obras e se tenha as reais condições da superfície exposta com objetivo final de reintrodução da área ao contexto da paisagem local.

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B2 – Mina tico-Tico é composto por 03 (três) etapas macro, conforme descrito no relatório do projeto (IPE.OP.RL.8000.GT.20.676): a Etapa 1 contempla as escavações dos rejeitos dispostos no reservatório até a elevação 1.104,0 m e o rebaixamento dos maciços dos alteamentos até a elevação 1.109,0 m; já a Etapa 2, abrange a remoção dos rejeitos até a elevação 1089,0 m e rebaixamento dos maciços até a elevação 1093,3 m; e, finalizando com a remoção dos rejeitos até a elevação 1068,0 m e rebaixamento dos maciços até a elevação 1069,0 m.

Em termos gerais, a remoção prevista no projeto será realizada em três etapas macro compreendendo:

- **Etapa 1** - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) a partir do 11º alteamento até o 8º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.109,0 m, correspondendo a um rebaixamento de aproximadamente 18,0 m;

    - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 463.643.m^3;
    - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 103.200.m^3.
    - Volume total de remoção da etapa: 566.843 m³

- **Etapa 2** - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 7º alteamento e do 6º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.093,3 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 15,7 m; e,

    - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 368.276.m^3;
    - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 82.498.m^3.
    - Volume total de remoção da etapa: 450.774 m³

- **Etapa 3** – Última etapa prevista, remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 5º alteamento ao 2º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.069,0 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 24,3 m.

    - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 386.202.m^3;
    - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 83.889.m^3.
    - Volume total de remoção da etapa: 470.091 m³

Com base na taxa de escavação média entre 2.800 e 3.100 m³ por dia, fornecida pela MMI, cada etapa está prevista para ser executada em um período seco (ciclo de 6 meses, de abril a setembro), podendo ser estendido ou antecipado em função do regime de chuvas e data de início das obras.

Os taludes de escavação terão inclinação de 3H:1V, quando for executado em rejeito disposto no reservatório, e 2H:1V, quando resultantes das escavações em rejeito dos maciços compactados. A Figura 5.1 e a Figura 5.2 apresentam o resumo da sequência construtiva de remoção do rejeito em camadas.

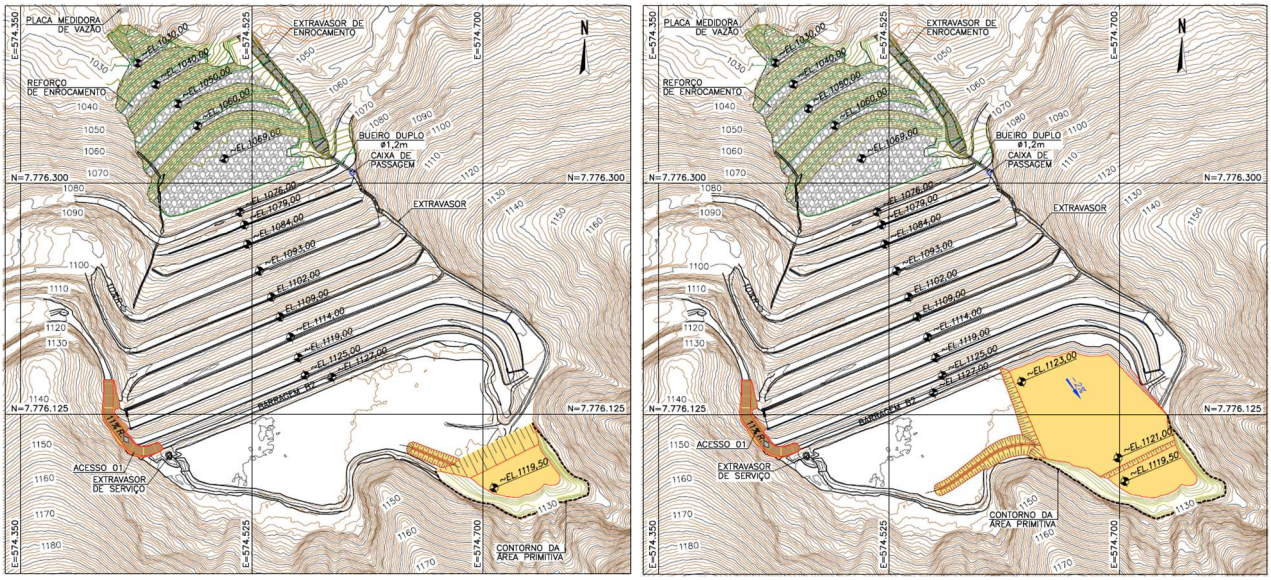


Figura 5.1 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente à primeira fase.

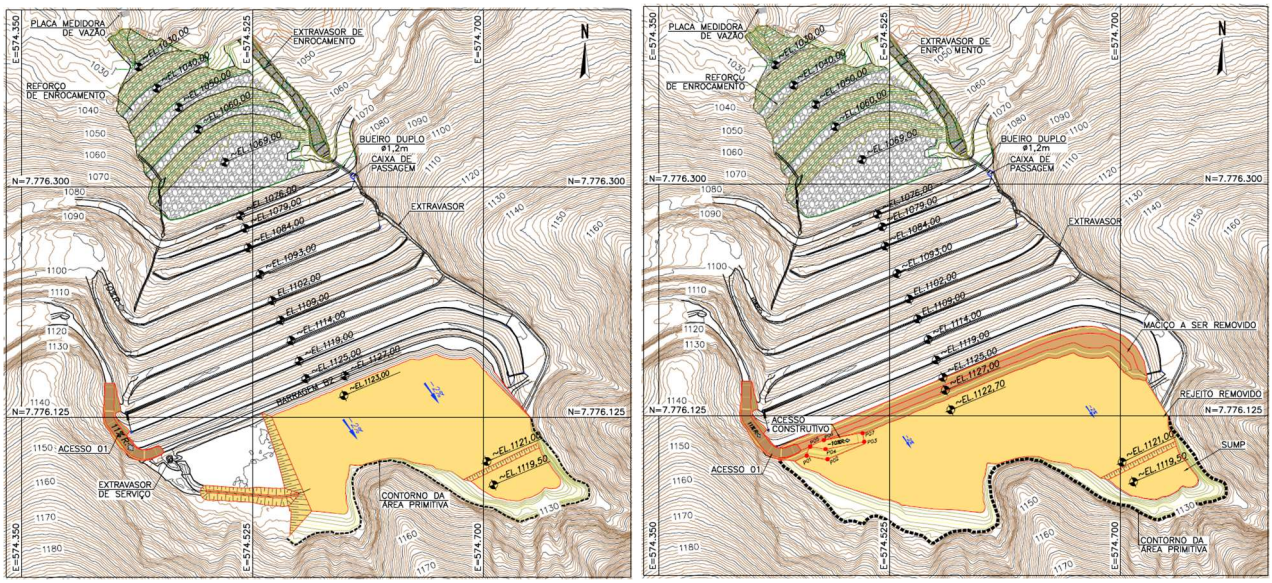


Figura 5.2 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente à primeira fase.

Ao término das obras, com a remoção dos rejeitos e maciços de alteamentos até a elevação final de projeto, será realizada a regularização da superfície do reservatório escavada com declividade de 2% para montante. Após essa regularização, será implantada camada de impermeabilização da superfície do reservatório com solo argiloso compactado. Com a conclusão da regularização e impermeabilização do reservatório remanescente, será executado canal de contorno com revestimento em enrocamento, em que toda a base do canal deverá receber camada de geomembrana, de forma a reduzir a percolação, além de proteção com geotêxtil antes de receber os blocos.

Também faz parte das obras a adequação do emboque do sistema extravasor de emergência, em todas as fases de remoção intermediária da barragem.

A execução das obras deverá cumprir com as diretrizes apresentadas na especificação técnica, nos desenhos de projeto e no relatório técnico do projeto executivo. Ressalta-se que as especificações detalhadas no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.677 poderão ser ajustadas conforme experiência adquirida em campo durante a execução das obras, desde que aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

Durante a execução de todas as fases deverá ser realizada a remoção e limpeza dos rejeitos do reservatório e alteamentos / maciços até o terreno natural nos encontros com as ombreiras e encosta natural a montante.

As áreas expostas do terreno natural deverão receber recomposição vegetal como forma de proteção contra erosões/ravinamento, sendo que os talvegues remanescentes da limpeza no meio do vale deverão receber proteção com enrocamentos.

O volume a ser escavado de rejeitos no reservatório será de aproximadamente 1.218.122 m³. O volume a ser escavado de aterros compactados dos alteamentos da barragem, também executados com rejeitos, será de aproximadamente 269.587 m³. A soma de todos os materiais a serem removidos durante as obras de descaracterização totalizam aproximadamente 1.487.708 m³.

A seguir são apresentadas figuras representativas das etapas macro de execução do projeto de descaracterização.

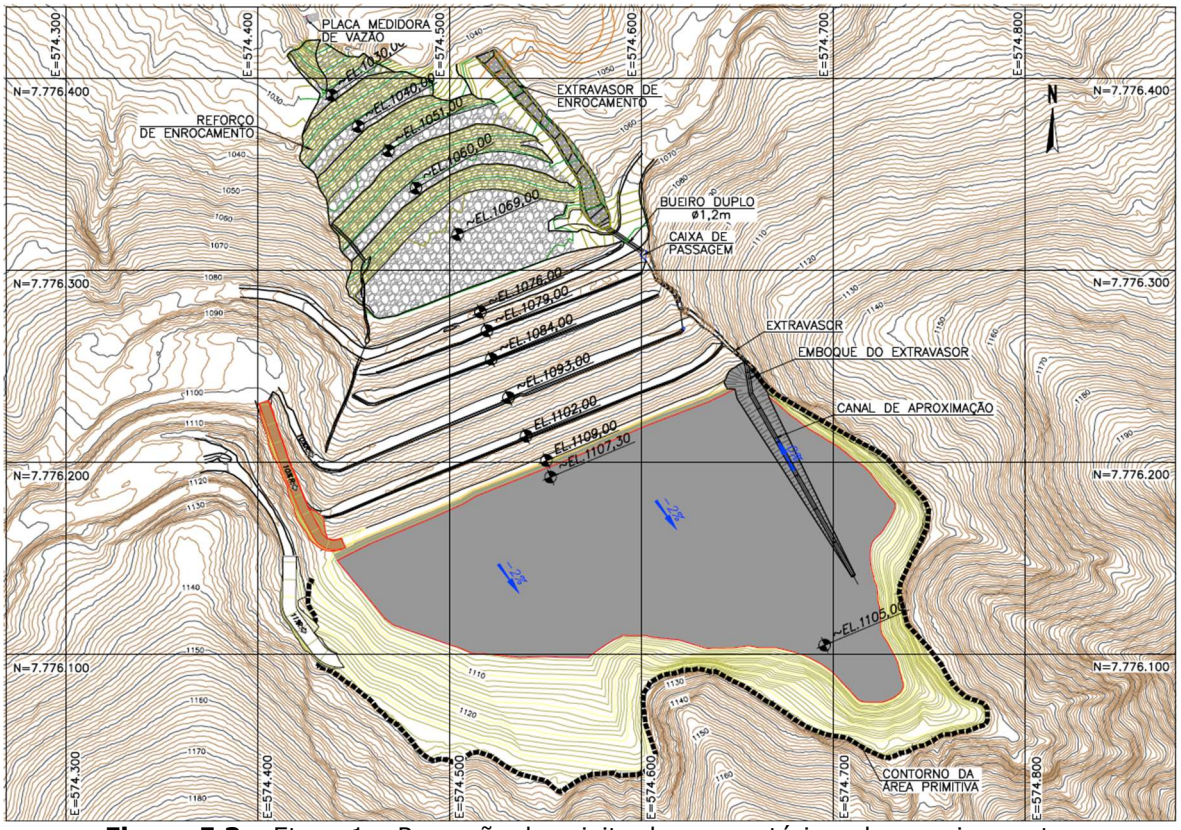


Figura 5.3 – Etapa 1 – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços entre o 11º e 8º alteamentos por montante.

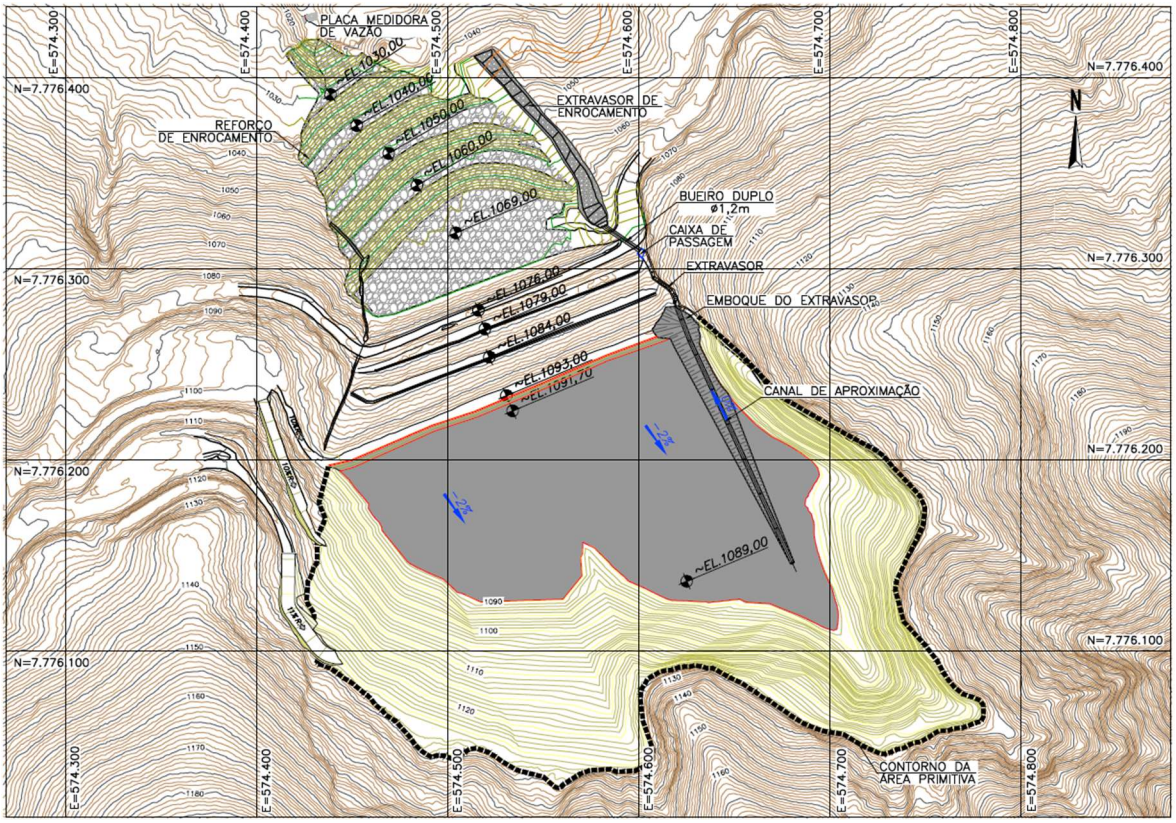


Figura 5.4 – Etapa 2 – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços do 7º e 6º alteamentos por montante.

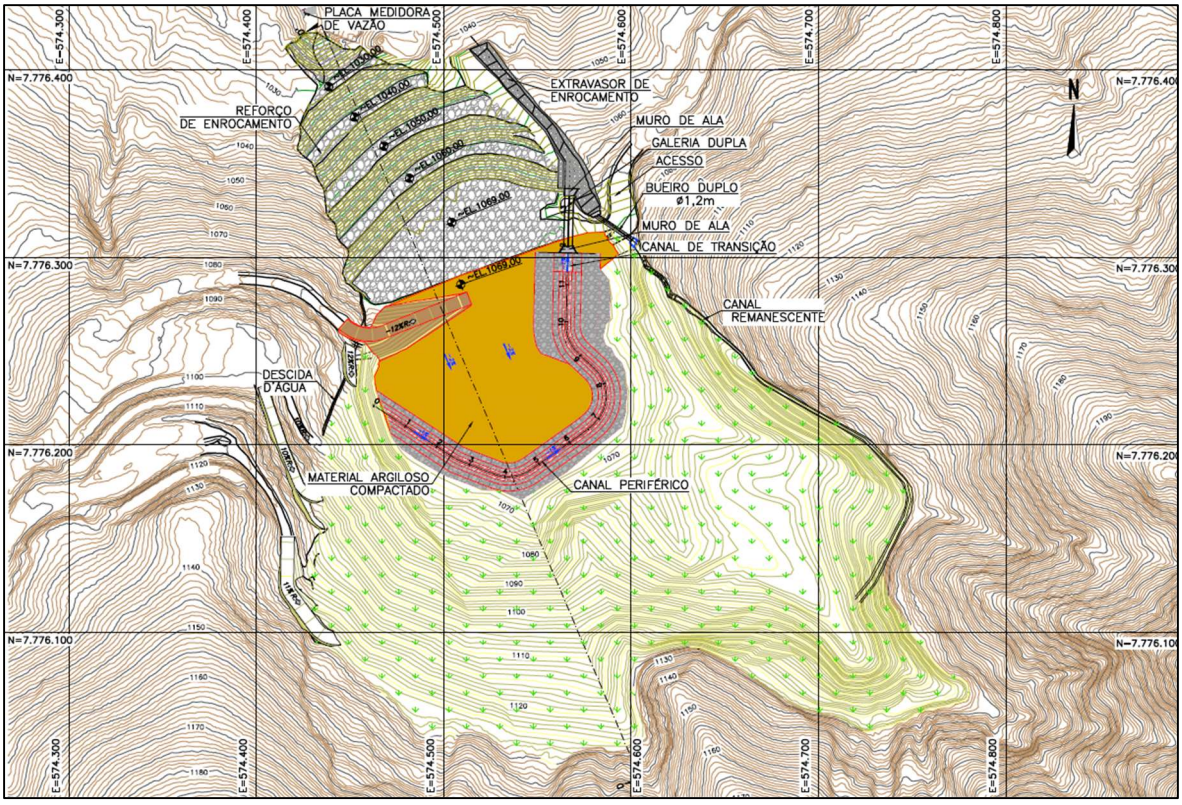


Figura 5.5 – Etapa 3 (Condição Final) – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços entre o 5º e o 2º alteamentos por montante.

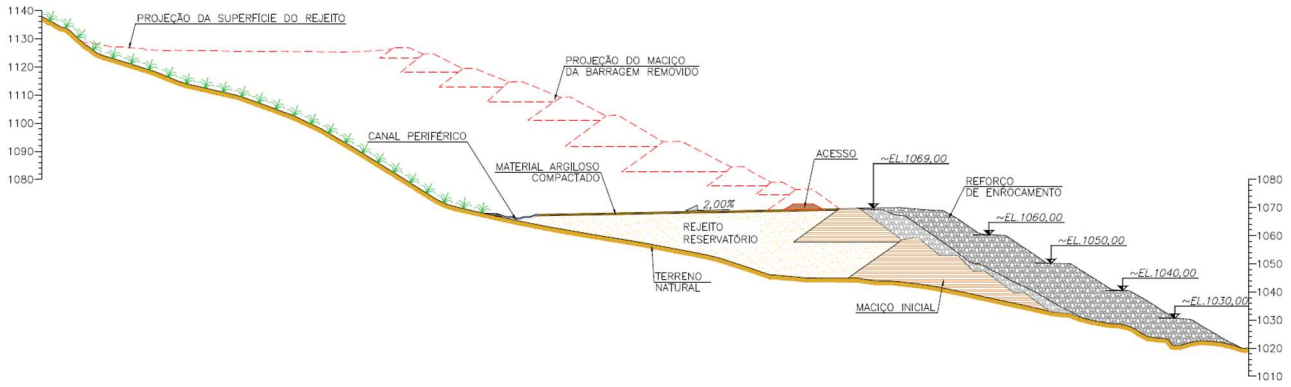


Figura 5.6 – Seção transversal D-D' passando pelo vale após a conclusão da Etapa 3.

5.2 Alterações de Projeto

A seguir são apresentadas as alterações de projeto emitidas durante o período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024):

5.2.1 Canal de Conexão com Extravasor de Emergência – Etapa 1 - Fase 1

Em agosto de 2024, foi necessária a elaboração de uma Nota de Alteração de Projeto (NAP), de modo a considerar um canal de conexão entre o *sump* e o extravasor de emergência, considerando a configuração da obra na Etapa 1 – Fase 1, de modo a reduzir possíveis acúmulos de água no reservatório.

A seguir são apresentados detalhes do canal de conexão em planta (Figura 5.7), seção longitudinal (Figura 5.8) e seção transversal (Figura 5.9), conforme o documento IPE.OP.DE.8000.GT.20.1011.



Figura 5.7 – Canal de conexão com extravasor de emergência (Etapa 1 – Fase 1) - Planta (Fonte: IPE.OP.DE.8000.GT.20.1011).

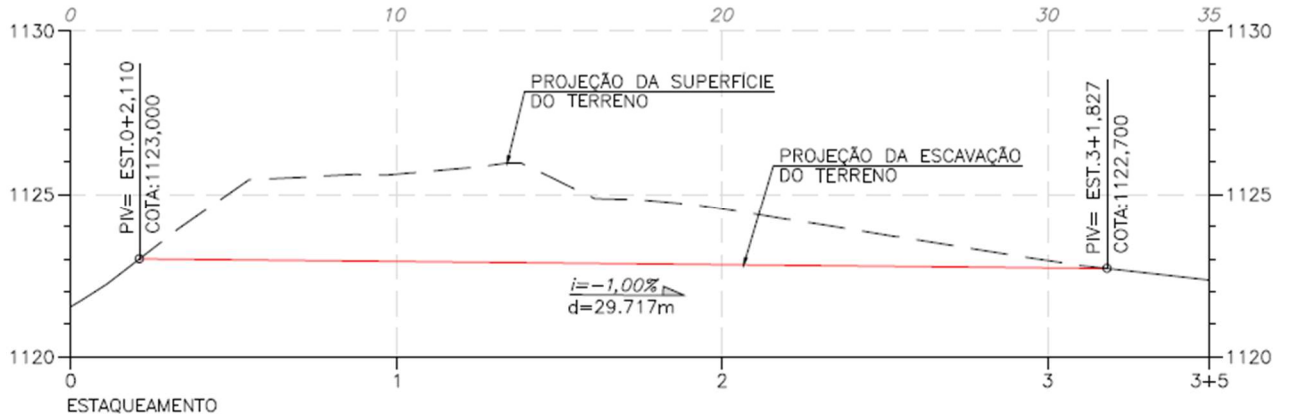


Figura 5.8 – Canal de conexão com extravasor de emergência (Etapa 1 – Fase 1) – Seção Longitudinal (Fonte: IPE.OP.DE.8000.GT.20.1011).

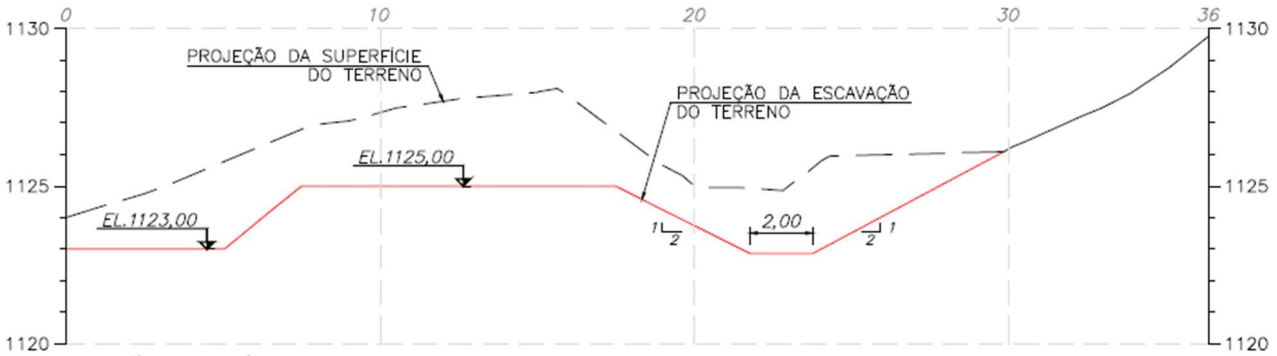


Figura 5.9 – Canal de conexão com extravasor de emergência (Etapa 1 – Fase 1) – Seção Transversal (Fonte: IPE.OP.DE.8000.GT.20.1011).

5.2.2 Delimitação da Escavação do Reservatório Junto à Berma de Equilíbrio

Com a execução da berma equilíbrio para estabilização da encosta localizada na ombreira esquerda, viu-se a necessidade de manter uma distância de segurança da escavação do reservatório de modo a manter a estabilidade local. Dessa forma, em resposta à SIT 01, foi necessária a elaboração de uma Nota de Alteração de Projeto (NAP), de modo a considerar uma limitação da escavação na região visando garantir estabilidade do enrocamento até que se tenha maior conhecimento da abrangência da ocupação do reservatório por rejeitos nessa área.

A seguir são apresentados detalhes da locação em planta (Figura 5.10), e seção transversal (Figura 5.11), conforme o documento IPE.OP.DE.8000.GT.20.1012.

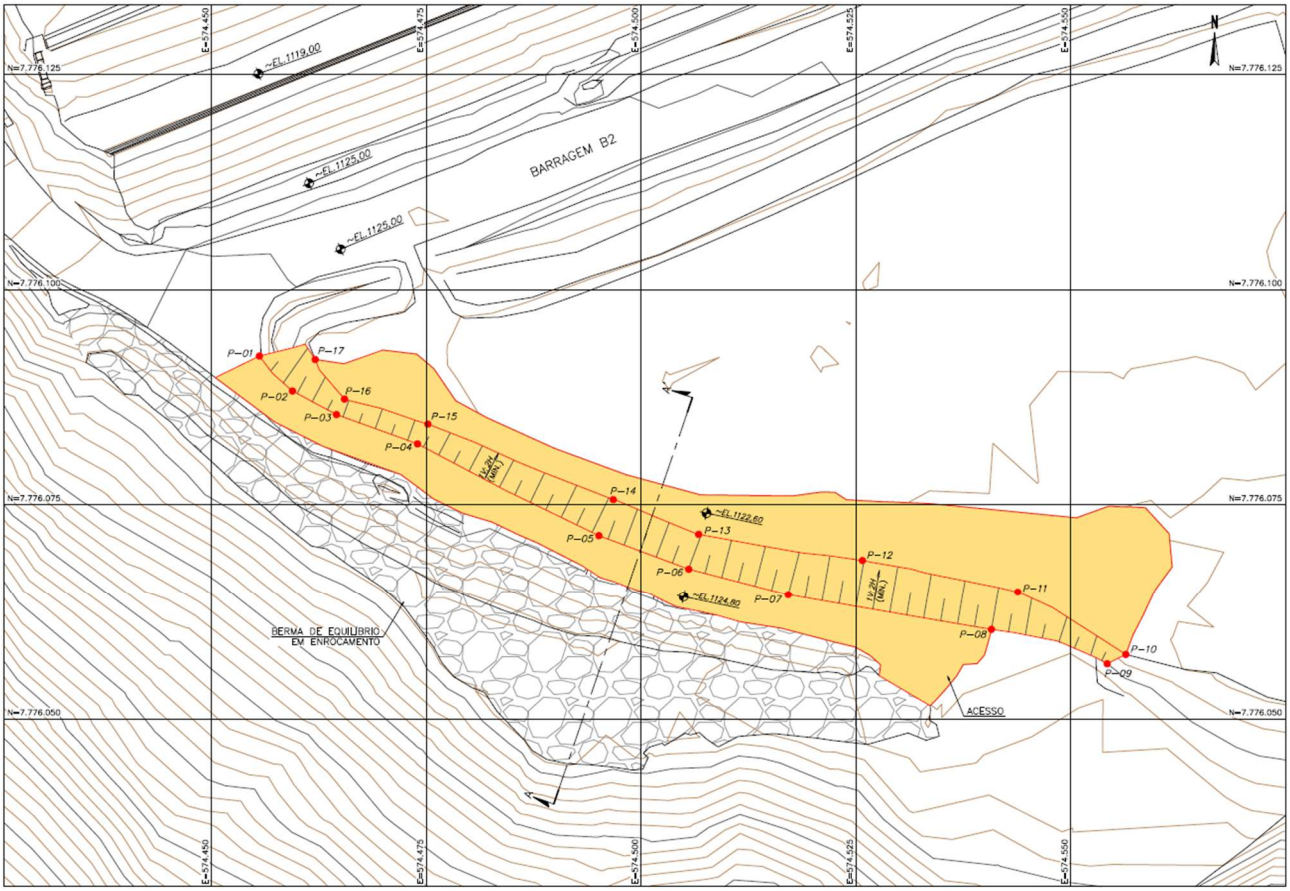


Figura 5.10 – Limites escavação próximo à berma de equilíbrio - Planta
(Fonte: IPE.OP.DE.8000.GT.20.1012).

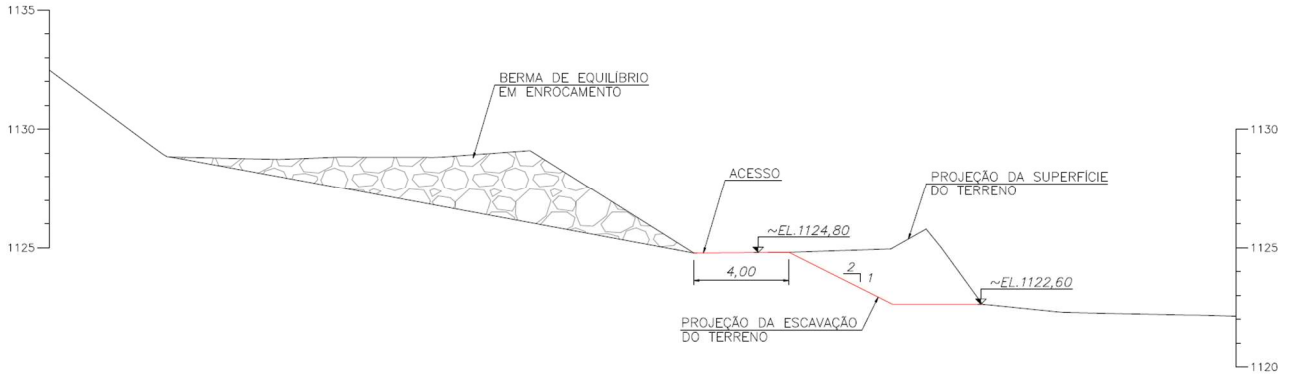


Figura 5.11 – Limites escavação próximo à berma de equilíbrio – Seção Transversal
(Fonte: IPE.OP.DE.8000.GT.20.1011).

5.2.3 Canal de Conexão com Extravasor de Emergência – Etapa 1 - Fase 2

No sequenciamento construtivo apresentado no projeto executivo de descaracterização, foi considerada a conexão do reservatório remanescente com o canal extravasor de emergência no final de cada etapa intermediária, condição de paralização da obra e para passar pelo período chuvoso. Devido ao atraso para o início das obras, não foi possível concluir a Etapa 1 antes do início das chuvas, dessa forma, em resposta à SIT 02, foi necessária a elaboração de uma Nota

de Alteração de Projeto (NAP), de modo a adequar um canal de conexão entre o reservatório e o extravasor de emergência, considerando a configuração atual da obra.

A seguir são apresentados detalhes do canal de conexão em planta (Figura 5.12), seção longitudinal (Figura 5.13) e seção transversal (Figura 5.14), conforme o documento IPE.OP.DE.8000.GT.20.1013.

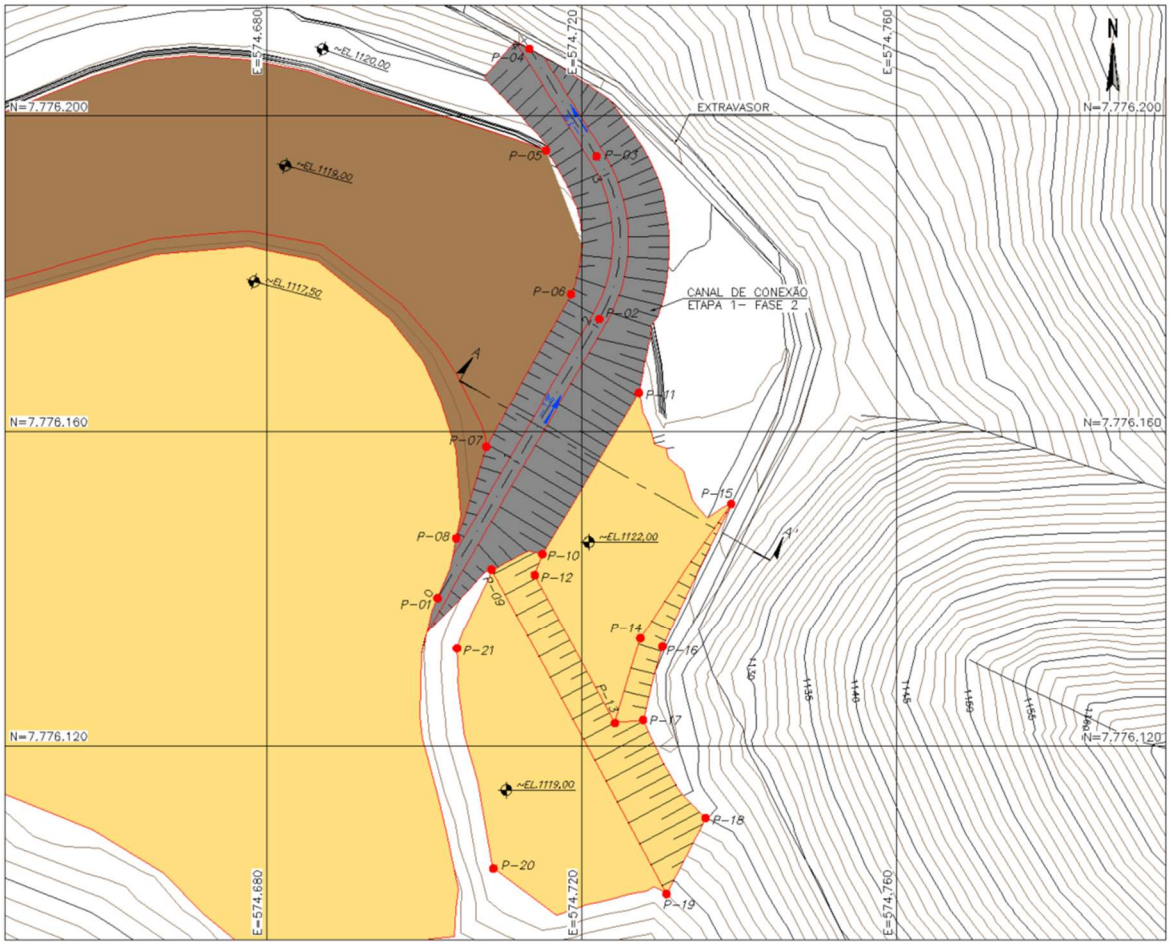


Figura 5.12 – Canal de conexão com extravasor de emergência (Etapa 1 – Fase 2) - Planta (Fonte: IPE.OP.DE.8000.GT.20.1013).

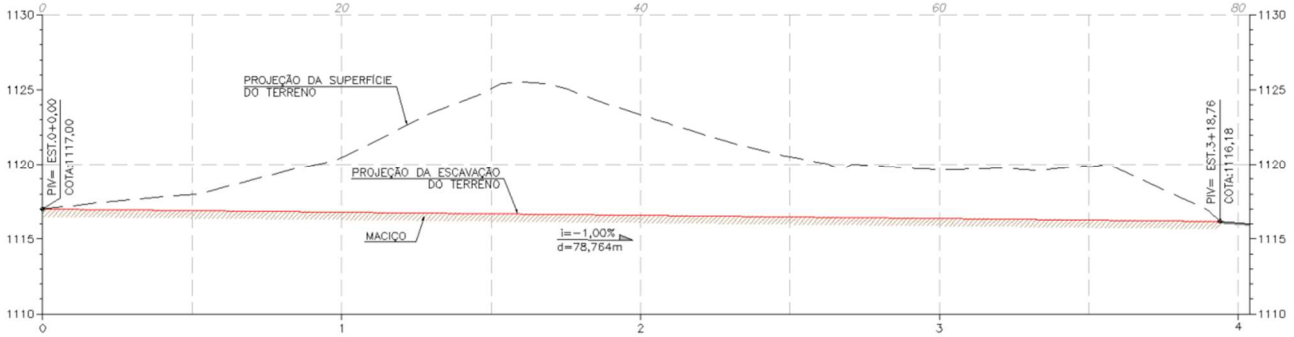


Figura 5.13 – Canal de conexão com extravasor de emergência (Etapa 1 – Fase 2) – Seção Longitudinal (Fonte: IPE.OP.DE.8000.GT.20.1013).

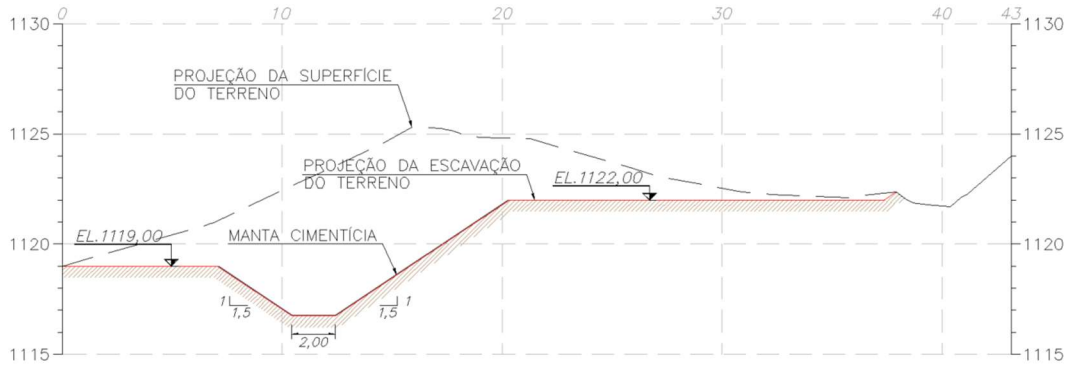


Figura 5.14 – Canal de conexão com extravasor de emergência (Etapa 1 – Fase 2) – Seção Transversal (Fonte: IPE.OP.DE.8000.GT.20.1013).

5.2.4 Canal de Drenagem Central no Reservatório

Para elaboração do projeto executivo de descaracterização, foi necessário estimar a topografia primitiva a partir de sondagens e interpolações, devido à falta de informações acerca da condição prévia do terreno. Com o avanço das obras de descaracterização, verificou-se que a configuração do terreno natural não condizia com a estimativa considerada em projeto, interferindo diretamente na drenagem do reservatório. Dessa forma, em resposta à SIT 03, foi elaborada uma Nota de Alteração de Projeto (NAP) para evitar pontos de acúmulo de água no reservatório remanescente e direcionar o fluxo para o *sump.*

A seguir são apresentados detalhes do canal de drenagem central no reservatório em planta (Figura 5.15), e seção transversal (Figura 5.16), conforme o documento IPE.OP.DE.8000.GT.20.1026.

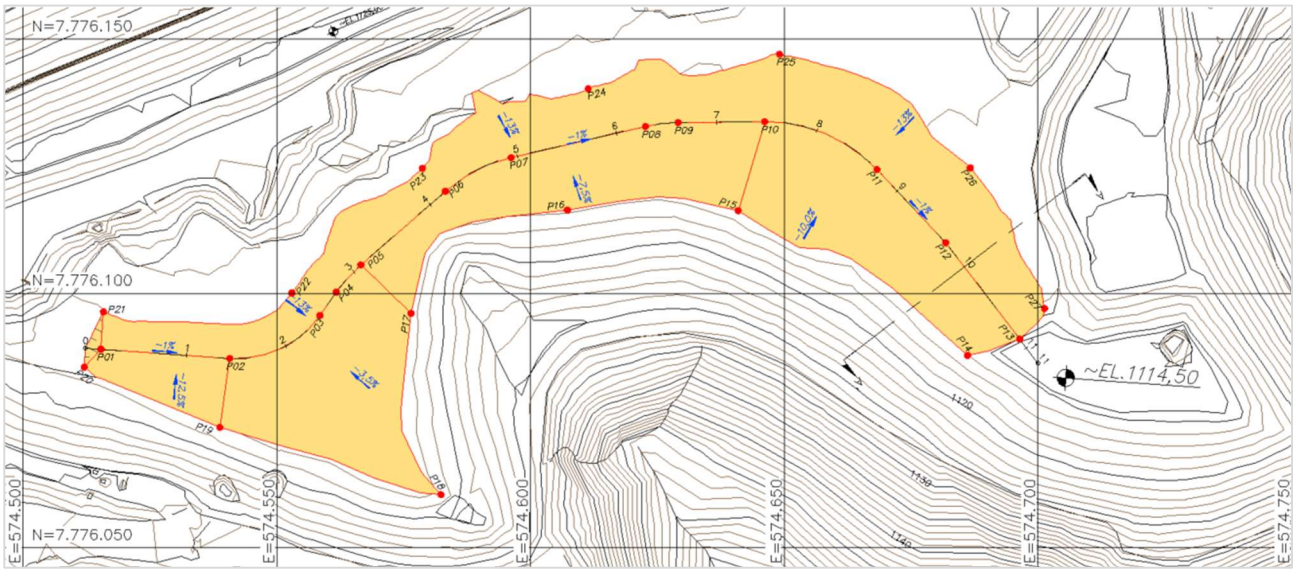


Figura 5.15 – Canal central do reservatório - Planta (Fonte: IPE.OP.DE.8000.GT.20.1026).

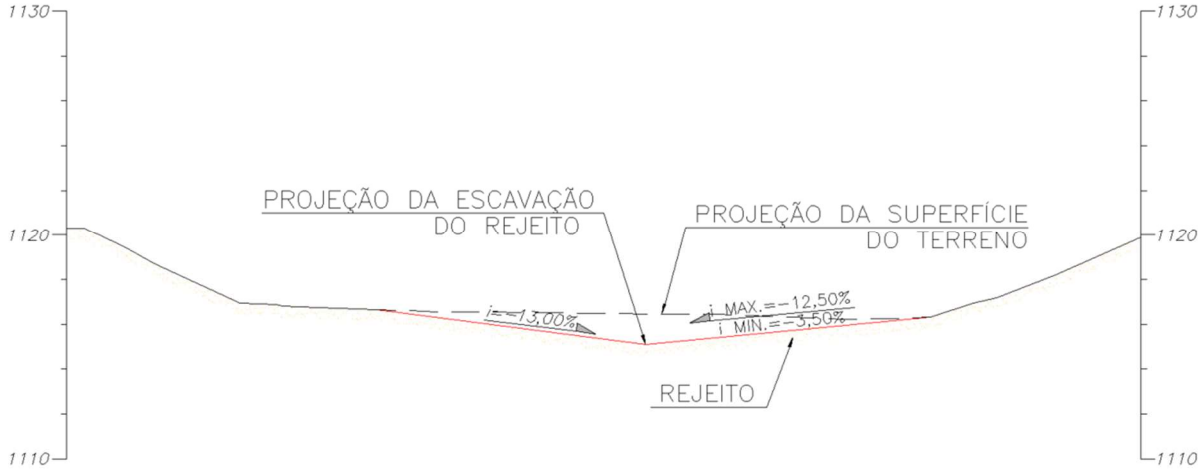


Figura 5.16 – Canal central do reservatório – Seção Transversal
(Fonte: IPE.OP.DE.8000.GT.20.1026).

5.2.5 Substituição do Material de Revestimento do Reservatório

Foi feita uma solicitação por parte da MMI, para utilizar lona de polietileno de baixa densidade (PEBD) no revestimento do reservatório para o período chuvoso em substituição à geomembrana PEAD, material este indicado em projeto para impermeabilização do reservatório durante o período de paralização das obras.

Em resposta à SIT 04, a projetista entende que com essa alteração, o objetivo da cobertura do reservatório, que é a redução de infiltração de água, não será prejudicado. Porém, deve-se atentar que será necessário maior atenção a possíveis manutenções. De acordo com a MMI, o PEBD possui uma maior facilidade de implantação e menor custo. Além disso, trata-se de revestimento temporário, já que será removido para a retomada das obras no próximo período seco.

5.3 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Em função do desconhecimento do "as built" das diversas etapas construtivas dos alteamentos da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, não se pode garantir que a topografia primitiva reconstituída, apresentada no desenho IPE.OP.DE.8000.GT.20.709, inferida a partir de furos de sondagem, representa fidedignamente a morfologia da encosta natural final após as intervenções para a remoção dos rejeitos dispostos e dos maciços dos alteamentos.

Desta forma, os eventuais efeitos do desconfinamento ou até mesmo devido a escavações realizadas na época de construção da barragem para ampliar o reservatório ou como área de empréstimo local poderão exigir projetos específicos e obras complementares de estabilização.

Atualmente, existe uma superfície de escorregamento, do tipo circular, aberta na encosta natural situada a montante do reservatório da barragem, na sua margem esquerda. No local ocorrem os filitos cinza prateado, com lentes de quartzito ferruginoso (Figura 5.17).



Figura 5.17 – Filito da Formação Cercadinho no local do escorregamento.

A direção dos planos de xistosidade é, aproximadamente, leste – oeste, com mergulho de cerca de 50° a 60° para sul, ou seja, para dentro da encosta (montante).

A cunha de escorregamento é superficial, pouco profunda, e provavelmente ocorreu devido à escavação de um acesso no pé da encosta, circundando o reservatório, com taludes muito íngremes, o que provocou a instabilização.



Figura 5.18 – Vista do escorregamento situado na encosta a montante do reservatório.



Figura 5.19 – Imagem de satélite delimitando a área onde se desenvolveu a superfície de escorregamento.

Durante o mês de julho/2024 foi executada uma berma de equilíbrio em enrocamento (Foto 5.1) e de forma a estabilizar a massa rompida localizada na encosta a montante próximo a ombreira esquerda. Em outubro de 2024, a berma foi ampliada até os pontos da descida da drenagem superficial de modo a proteger o ponto de deságue (Foto 5.2).

Além da berma, em outubro foi concluída a instalação de dispositivos de drenagem superficial (Foto 5.3 e Foto 5.4) no contato entre a cunha de ruptura e o terreno natural de forma a reduzir a infiltração de água e assim reduzir a saturação do material e consequentemente, possíveis movimentações.



Foto 5.1 – Berma de equilíbrio em enrocamento na encosta próxima a ombreira esquerda.



Foto 5.2 – Ampliação da berma de equilíbrio em enrocamento na encosta da ombreira esquerda.



Foto 5.3 – Conclusão da instalação de dispositivos de drenagem superficial no contato da cunha com o terreno natural, na ombreira esquerda.



Foto 5.4 – Conclusão da instalação de dispositivos de drenagem superficial no contato da cunha com o terreno natural, na ombreira esquerda.

A região segue monitorada através de 13 marcos de controle. Com o avanço das obras e remoção do maciço do 11º alteamento, foi necessário realocar o marco de referência e realizar novo cadastro dos prismas no dia 21/09/2024. Não foi possível a realização do recadastro do MS-12 e consequentemente, não foram realizadas leituras do marco. A localização desses marcos pode ser verificada na Figura 5.20 e as coordenadas de cadastro na Tabela 5.1.



Figura 5.20 – Localização dos Marcos de Monitoramento da Encosta.

Tabela 5.1 – Coordenadas de cadastro dos Marcos de Monitoramento da Encosta.

TIPO	INSTRUMENTO	COORDENADAS DE INSTALAÇÃO (SIRGAS2000)		
		E	N	ELEVAÇÃO (m)
Marco de Referência	MMI 0004	574.488,314	7.776.124,298	1.124,609
Marco de Monitoramento	MS-01	574.474,484	7.776.057,739	1.130,158
	MS-02	574.460,063	7.776.065,595	1.132,010
	MS-03	574.451,540	7.776.074,400	1.130,075
	MS-04	574.441,128	7.776.084,429	1.130,595
	MS-05	574.431,806	7.776.079,376	1.134,263
	MS-06	574.446,850	7.776.070,912	1.134,383
	MS-07	574.455,707	7.776.060,640	1.136,581
	MS-08	574.474,006	7.776.041,715	1.137,554
	MS-09	574.474,301	7.776.029,840	1.143,168
	MS-10	574.450,856	7.776.051,760	1.141,309
	MS-11	574.429,235	7.776.071,076	1.139,695
	MS-12*	-	-	-
	MS-13	574.455,798	7.776.037,727	1.147,165

*Não foi possível a realização do recadastro no dia 21/09/2024.

A seguir são apresentados o histórico de deslocamentos dos marcos de monitoramento da encosta, a partir do recadastro realizado no dia 21/09/2024.

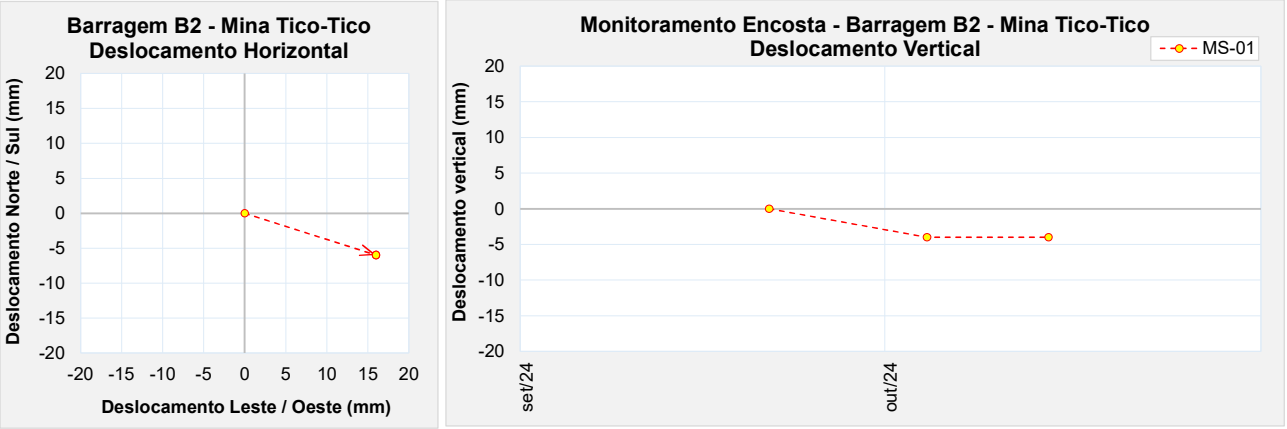


Figura 5.21 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-01.

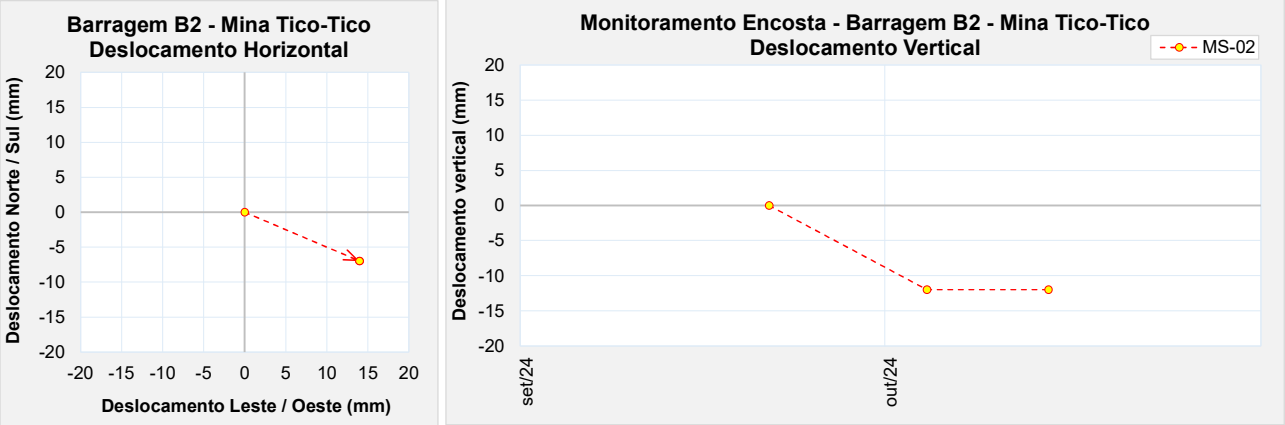


Figura 5.22 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-02.

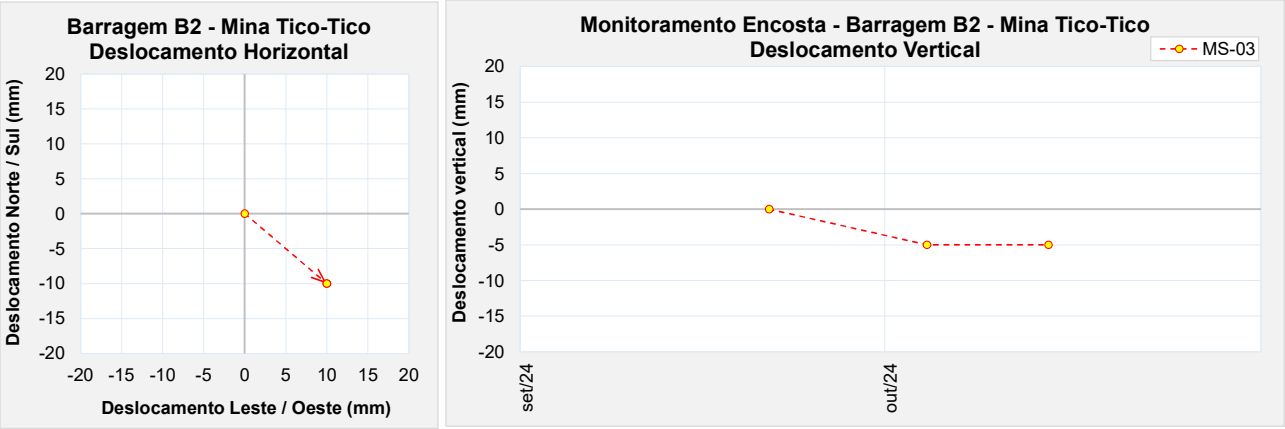


Figura 5.23 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-03.

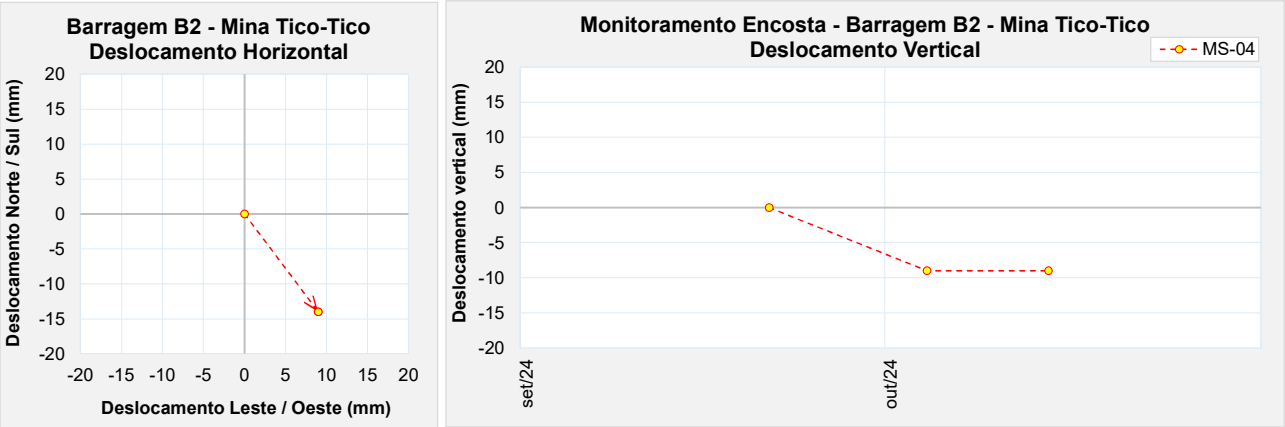


Figura 5.24 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-04.

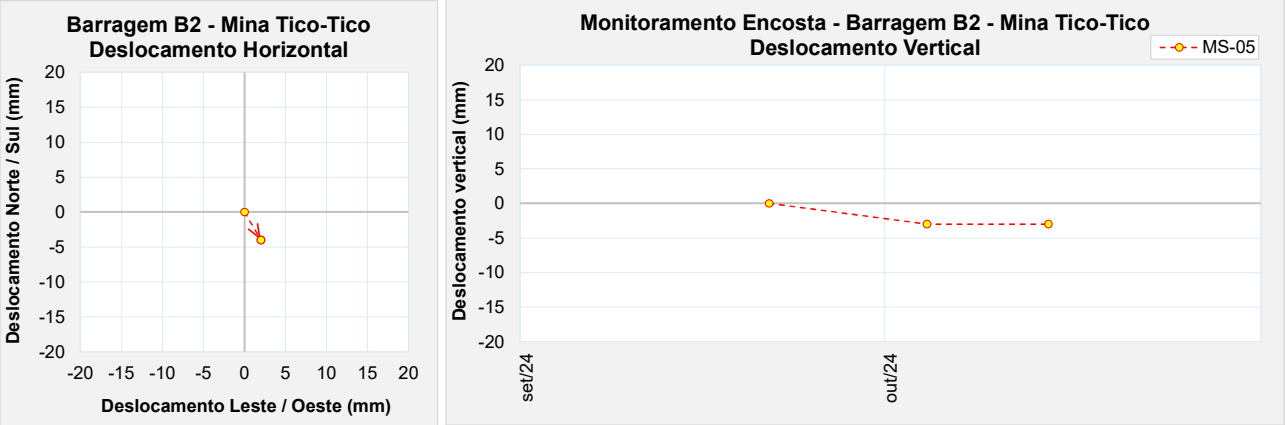


Figura 5.25 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-05.

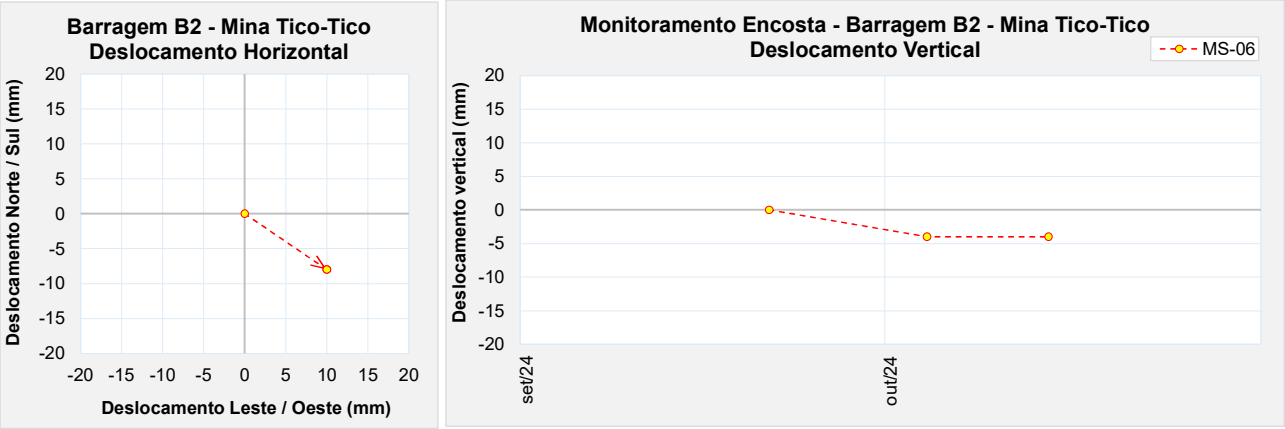


Figura 5.26 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-06.

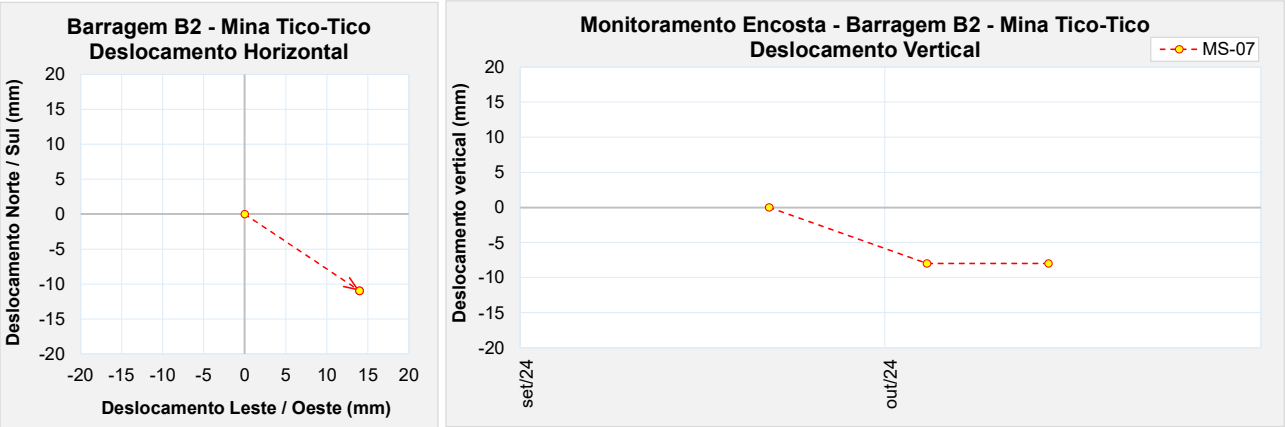


Figura 5.27 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-07.

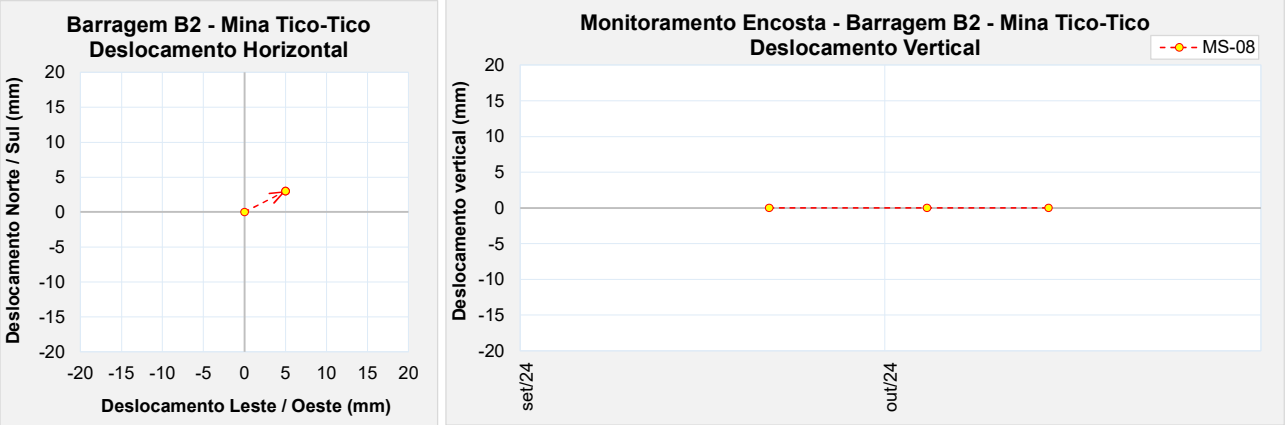


Figura 5.28 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-08.

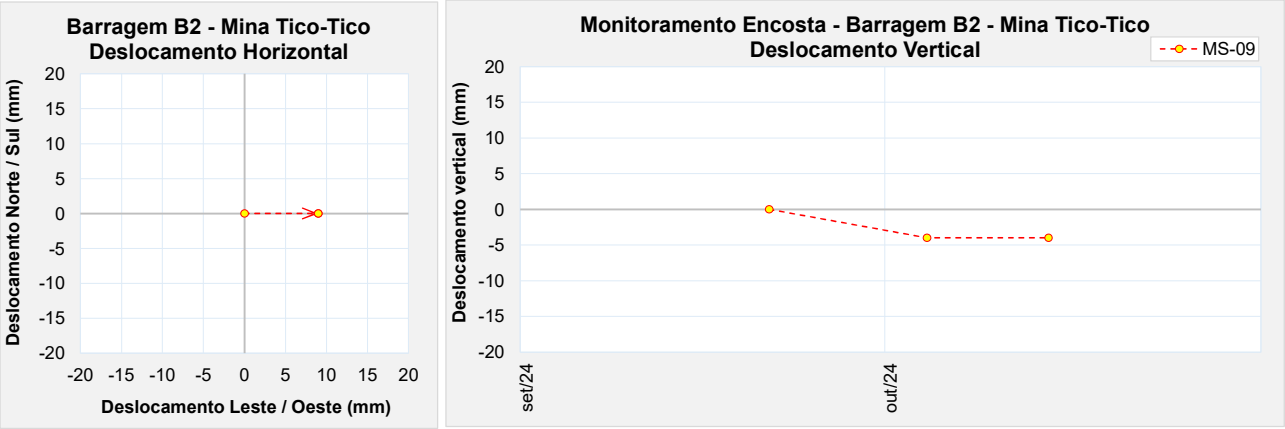


Figura 5.29 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-09.

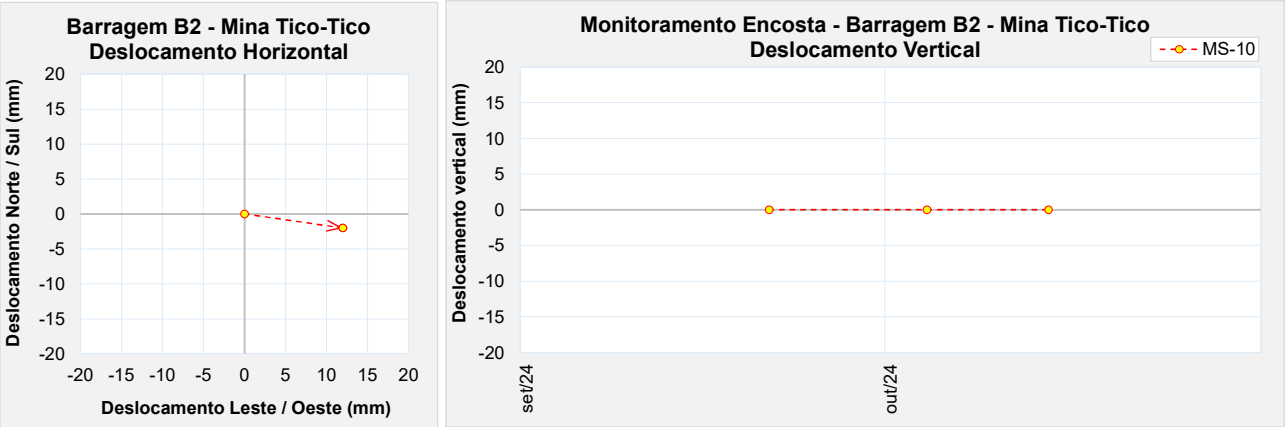


Figura 5.30 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-10.

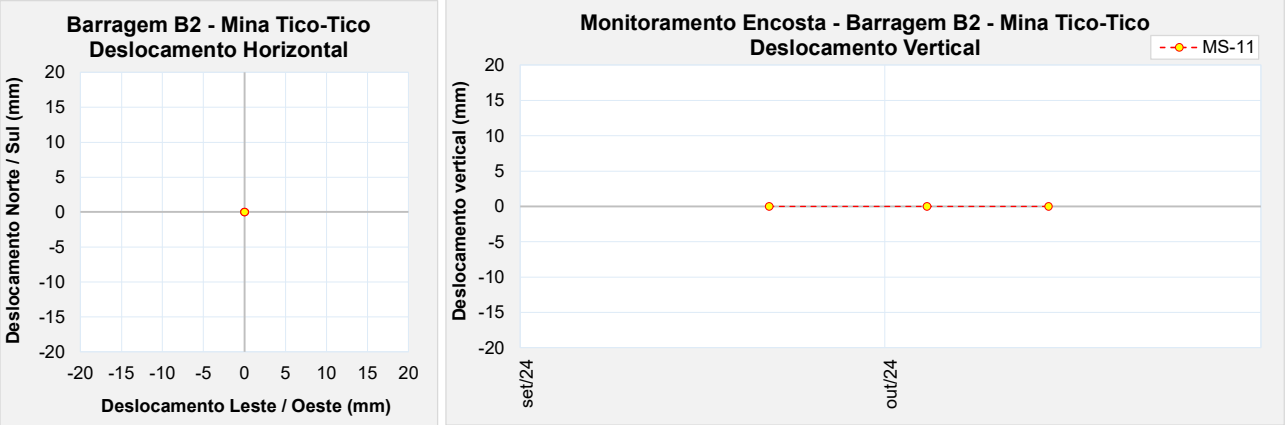


Figura 5.31 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-11.

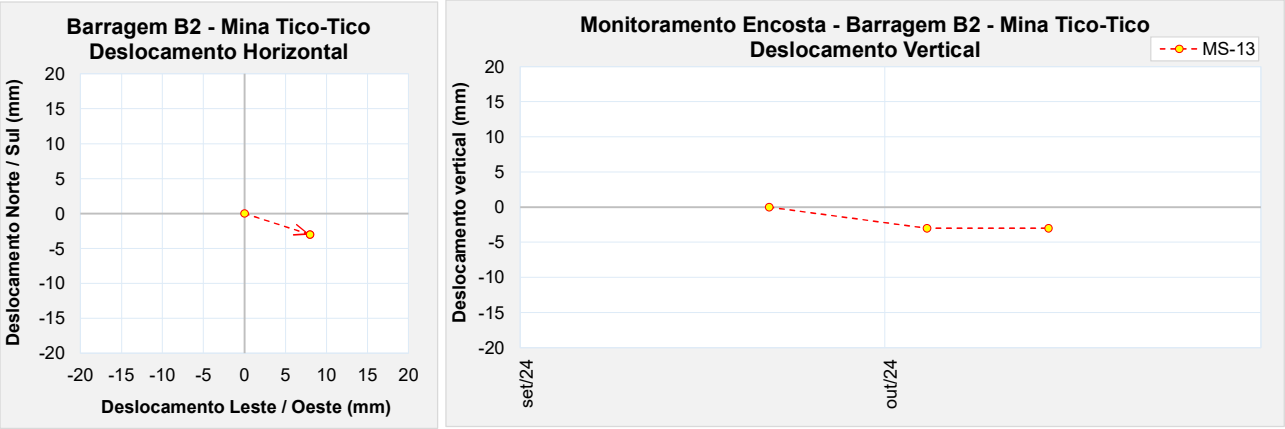


Figura 5.32 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-13.

A partir da análise das leituras dos marcos de monitoramento da encosta, percebe-se um comportamento similar aos apresentados pelos marcos instalados no maciço da estrutura, verificando movimentações verticais e horizontais pequenas. Os valores acumulados observados até 14/10/2024, horizontais menores que 18 mm, predominantemente na direção SE, e verticais menores que 12 mm, são em parte devidos, provavelmente, aos erros normais de leitura ("serrilhado"), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão.

Outro ponto de atenção é a estabilização da encosta na ombreira esquerda, próximo ao extravasor de emergência. Ainda não foram iniciadas as obras de estabilização da região, pois está sendo aguardado o avanço das obras, de maneira que permita melhor acesso ao local. Enquanto isso, algumas atividades preparatórias estão sendo executadas, como medidas de proteção do canal extravasor, caso ocorra o escorregamento das sacarias.

Durante o mês de outubro de 2024, foram removidos os andaimes que estavam no canal extravasor próximo à encosta (Foto 5.5 e Foto 5.6) e foram instaladas grades metálicas (Foto 5.7 e Foto 5.8) sobre o canal extravasor de emergência, como medida preventiva contra uma

possível obstrução do canal, caso ocorra movimentação de material da encosta durante o período chuvoso.



Foto 5.5 – Remoção dos andaimes no canal extravasor próximo à encosta da ombreira direita.



Foto 5.6 – Remoção dos andaimes no canal extravasor próximo à encosta da ombreira direita.



Foto 5.7 – Instalação de grades metálicas sobre o canal extravasor de emergência.



Foto 5.8 – Instalação de grades metálicas sobre o canal extravasor de emergência.

6. Obras de Descaracterização

As obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico foram iniciadas em 28/06/2024, com o acompanhamento das obras em um primeiro momento realizado pela própria equipe de geotecnia da MMI até a conclusão da mobilização do ATO da projetista. Em 07/08/24, o acompanhamento das obras passou a ser realizado pelo engenheiro civil/geotécnico Robert Adriano de Souza, da Terracota Consultoria e Projetos Ltda. O registro dos serviços está sendo realizado por meio de relatório diário de obra (RDO) com descrição das atividades e imagens ilustrativas.

Como pode ser verificado nas imagens apresentadas no item 6.1, as obras estão sendo executadas com escavadeiras, caminhões e, eventualmente, um rompedor, devido à quantidade de blocos de grandes dimensões presentes no reservatório.

Os materiais removidos estão sendo enviados para a planta de beneficiamento da Mina Tico-Tico para serem reprocessados, o trajeto é apresentado na Figura 6.1.



Figura 6.1 – Rota entre a Barragem B2 – Mina Tico-Tico e a Planta Tico-Tico.

O ATO da Terracota realizou o acompanhamento das obras durante os meses de avaliação (agosto/2024 a outubro/2024) e ao final de cada mês, foi emitido relatório mensal de acompanhamento técnico das obras, apresentando uma compilação dos relatórios diários de obra e discretizando as atividades realizadas no período avaliado.

6.1 Memorial Descritivo

Durante o período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024), foram executadas as seguintes etapas de projeto: Etapa 1 – Fase 1, Etapa 1 – Fase 2A e Etapa 1 – Fase 2B (parcialmente). Sendo removido o rejeito do reservatório referente às estas etapas, além da remoção do maciço do 11º alteamento e de parte do 10º alteamento.

6.1.1 Acompanhamento das Obras

A seguir é apresentado um resumo dos RDOs emitidos com indicação do período de execução de cada atividade.

Tabela 6.1 – Resumo dos RDOs – período entre agosto/2024 e outubro/2024.

PERÍODO		SERVIÇOS
INÍCIO	FIM	
07/08/24	26/08/24	Escavação parcial do rejeito do reservatório, referente à Etapa 1 - Fase 1B;
09/08/24	26/08/24	Escavação parcial do rejeito do reservatório, referente à Etapa 1 - Fase 1C;
19/08/24	29/08/24	Escavação parcial do rejeito do reservatório, referente à Etapa 1 - Fase 1D;
20/08/24	22/08/24	Desmonte dos blocos presentes na base da escavação;
24/08/24	24/08/24	Realização de sondagem com escavadeira na base da escavação referente à Etapa 1 - Fase 1C, para verificação de contato com a encosta;
26/08/24	26/08/24	Rebaixamento parcial do *sump*, referente à Etapa 1 - Fase 2;
26/08/24	26/08/24	Rebaixamento parcial dos instrumentos INA-33 e INA-34, localizados no reservatório;
29/08/24	30/08/24	Adequação do emboque do sistema extravasor de emergência para a condição verificada no reservatório ao final da Etapa 1 – Fase 1;
29/08/24	13/09/24	Remoção do maciço do 11º alteamento, referente à Etapa 1 - Fase 1E;
03/09/24	17/10/24	Escavação parcial do rejeito do reservatório e no contato com o talude de montante, referente à Etapa 1 - Fase 2A;
03/09/24	03/09/24	Rebaixamento parcial da tubulação do extravasor operacional;
17/09/24	20/09/24	Execução de lastro para acesso ao reservatório e região do s*ump;*
23/09/24	24/09/24	Rebaixamento do *sump*, referente à Etapa 1 - Fase 2;
02/10/24	22/10/24	Remoção da leira localizada na crista atual - El 1.125,0 m;
03/10/24	08/10/24	Remoção parcial do maciço do 10º alteamento, referente à Etapa 1 - Fase 2B;

PERÍODO		SERVIÇOS
INÍCIO	FIM	
03/10/24	16/10/24	Execução de lastro no reservatório para acesso de caminhões e equipamentos;
08/10/24	11/10/24	Escavação do canal de conexão ao extravasor de emergência;
14/10/24	17/10/24	Regularização da escavação do canal de conexão;
18/10/24	18/10/24	Realizada conexão do acesso principal à berma Elev. 1.119,0 m;
18/10/24	22/10/24	Revestimento do canal de conexão, com lonas PEBD nos taludes e manta cimentícia, na base;
19/10/24	19/10/24	Instalação de sistema de bombeamento no *sump* do reservatório;
21/10/24	21/10/24	Execução de canal central no reservatório;
22/10/24	Em andamento	Revestimento do reservatório da estrutura com a lona PEBD (Polietileno de Baixa Densidade);
23/10/24	23/10/24	Limpeza no entorno do extravasor operacional.

6.1.2 Sequência Construtiva e Detalhamento das Obras Realizadas

A seguir é apresentada a cronologia de execução das atividades executadas, bem como imagens referentes aos serviços.

Tabela 6.2 – Cronologia das atividades executadas – período entre agosto/2024 e outubro/2024.

MÊS	ATIVIDADES REALIZADAS
Agosto 2024	Escavação parcial do rejeito do reservatório, referente à Etapa 1 - Fase 1B;
	Escavação parcial do rejeito do reservatório, referente à Etapa 1 - Fase 1C;
	Escavação parcial do rejeito do reservatório, referente à Etapa 1 - Fase 1D;
	Desmonte dos blocos presentes na base da escavação;
	Realização de sondagem com escavadeira na base da escavação referente à Etapa 1 - Fase 1C, para verificação de contato com a encosta;
	Rebaixamento parcial do *sump*, referente à Etapa 1 - Fase 2;
	Rebaixamento parcial dos instrumentos INA-33 e INA-34, localizados no reservatório;
	Adequação do emboque do sistema extravasor de emergência para a condição verificada no reservatório ao final da Etapa 1 - Fase1;
Setembro 2024	Remoção do maciço do 11º alteamento, referente à Etapa 1 - Fase 1E;
	Escavação parcial do rejeito do reservatório, referente à Etapa 1 - Fase 2A;
	Rebaixamento parcial da tubulação do extravasor operacional;
	Execução de lastro para acesso ao reservatório e região do *sump;*
	Rebaixamento do *sump*, referente à Etapa 1 - Fase 2;

MÊS	ATIVIDADES REALIZADAS
Outubro 2024	Escavação parcial do rejeito do reservatório e no contato com o talude de montante, referente à Etapa 1 - Fase 2A;
	Remoção da leira localizada na crista atual - El 1.125,0 m;
	Remoção parcial do maciço do 10º alteamento, referente à Etapa 1 - Fase 2B;
	Execução de lastro no reservatório para acesso de caminhões e equipamentos;
	Escavação do canal de conexão ao extravasor de emergência;
	Regularização da escavação do canal de conexão;
	Realizada conexão do acesso principal à berma Elev. 1.119,0 m;
	Revestimento do canal de conexão, com lonas PEBD nos taludes e manta cimentícia, na base;
	Instalação de sistema de bombeamento no *sump* do reservatório;
	Execução de canal central no reservatório;
	Limpeza no entorno do extravasor operacional.
	Revestimento do reservatório da estrutura com a lona PEBD (Polietileno de Baixa Densidade);*

*Atividade em andamento

6.1.2.1 Escavação Parcial do Rejeito do Reservatório - Etapa 1 - Fase 1B



Foto 6.1 – Escavação do rejeito do reservatório – Etapa 1 – Fase 1B.



Foto 6.2 – Escavação do rejeito no contato com o talude de montante – Etapa 1 – Fase 1B.



Foto 6.3 – Escavação do rejeito do reservatório – Etapa 1 – Fase 1B.



Foto 6.4 – Ajuste na declividade do acesso à crista da barragem.

6.1.2.2 Escavação Parcial do Rejeito do Reservatório - Etapa 1 - Fase 1C



Foto 6.5 – Escavação do rejeito do reservatório – Etapa 1 – Fase 1C.



Foto 6.6 – Escavação do rejeito no contato com o talude de montante – Etapa 1 – Fase 1C.



Foto 6.7 – Escavação do rejeito do reservatório – Etapa 1 – Fase 1C.



Foto 6.8 – Escavação do rejeito do reservatório – Etapa 1 – Fase 1C.

6.1.2.3 Escavação Parcial do Rejeito do Reservatório - Etapa 1 - Fase 1D



Foto 6.9 – Escavação do rejeito no contato com o talude de montante – Etapa 1 – Fase 1D.



Foto 6.10 – Escavação do rejeito do reservatório – Etapa 1 – Fase 1D.



Foto 6.11 – Locação do offset final da Etapa 1 – Fase 1D pela equipe da topografia da MMI.



Foto 6.12 – Locação do offset final da Etapa 1 – Fase 1D pela equipe da topografia da MMI.

6.1.2.4 Desmonte dos Blocos Presentes na Base da Escavação



Foto 6.13 – Blocos presentes na base da escavação – Etapa 1 – Fase 1B.



Foto 6.14 – Desmonte dos blocos presentes na base da escavação – Etapa 1 – Fase 1B.

6.1.2.5 Sondagem com Escavadeira na Base da Escavação - Etapa 1 - Fase 1C



Foto 6.15 – Escavação no contato com a encosta na margem esquerda – Etapa 1 – Fase 1C.



Foto 6.16 – Sondagem na base da escavação no contato com a encosta, com escavadeira.

6.1.2.6 Rebaixamento Parcial dos Instrumentos INA-33 e INA-34



Foto 6.17 – Rebaixamento do instrumento INA-33.



Foto 6.18 – Rebaixamento do instrumento INA-34.

6.1.2.7 Adequação do Emboque do Sistema Extravasor - Etapa 1 - Fase1



Foto 6.19 – Adequação do canal extravasor de emergência - Etapa 1 – Fase 1.



Foto 6.20 – Adequação do canal extravasor de emergência - Etapa 1 – Fase 1.



Foto 6.21 – Canal de aproximação do sistema extravasor de emergência - Etapa 1 – Fase 1.



Foto 6.22 – Canal de aproximação do sistema extravasor de emergência - Etapa 1 – Fase 1.

6.1.2.8 Remoção do Maciço do 11º Alteamento - Etapa 1 - Fase 1E



Foto 6.23 – Remoção do maciço do 11º alteamento – Etapa 1 – Fase 1E.



Foto 6.24 – Remoção do maciço do 11º alteamento – Etapa 1 – Fase 1E.



Foto 6.25 – Conclusão da Etapa 1 – Fase 1.



Foto 6.26 – Conclusão da Etapa 1 – Fase 1.

6.1.2.9 Escavação Parcial do Rejeito do Reservatório - Etapa 1 - Fase 2A



Foto 6.27 – Escavação do rejeito do reservatório – Etapa 1 – Fase 2A (El 1.117,00 m).



Foto 6.28 – Demarcação para escavação do rejeito do reservatório – Etapa 1 – Fase 2A.



Foto 6.29 – Escavação do rejeito do reservatório referente à Etapa 1 - Fase 2A.



Foto 6.30 – Escavação do rejeito do reservatório referente à Etapa 1 - Fase 2A.



Foto 6.31 – Escavação do rejeito do reservatório referente à Etapa 1 - Fase 2A.



Foto 6.32 – Escavação do rejeito do reservatório referente à Etapa 1 - Fase 2A.



Foto 6.33 – Vista aérea da escavação do reservatório Etapa 1 - Fase 2A.



Foto 6.34 – Escavação do rejeito do reservatório referente à Etapa 1 - Fase 2A.



Foto 6.35 – Escavação do rejeito do reservatório referente à Etapa 1 - Fase 2A.



Foto 6.36 – Escavação do rejeito do reservatório referente à Etapa 1 - Fase 2A.



Foto 6.37 – Escavação do rejeito do reservatório referente à Etapa 1 - Fase 2A.



Foto 6.38 – Escavação do rejeito do reservatório referente à Etapa 1 - Fase 2A.

6.1.2.10 Rebaixamento Parcial da Tubulação do Extravasor Operacional



Foto 6.39 – Rebaixamento da tubulação do extravasor operacional.



Foto 6.40 – Rebaixamento da tubulação do extravasor operacional.

6.1.2.11 Execução de Lastro para Acesso ao Reservatório e Região do *Sump*



Foto 6.41 – Execução de lastro para acesso ao reservatório e *sump*.



Foto 6.42 – Execução de lastro para acesso ao reservatório e *sump*.

6.1.2.12 Rebaixamento do *Sump* - Etapa 1 - Fase 2



Foto 6.43 – Rebaixamento do *sump* - Etapa 1 – Fase 2 (Elev. 1.114,00 m).



Foto 6.44 – Rebaixamento do *sump* - Etapa 1 – Fase 2 (Elev. 1.114,00 m).

6.1.2.13 Remoção da Leira Localizada na Crista Atual - El 1.125,0 m



Foto 6.45 – Remoção da leira localizada na crista atual – El. 1.125,0 m.



Foto 6.46 – Remoção da leira localizada na crista atual – El. 1.125,0 m.

6.1.2.14 Remoção Parcial do Maciço do 10º Alteamento - Etapa 1 - Fase 2B



Foto 6.47 – Remoção parcial do maciço do 10º alteamento - Etapa 1 – Fase 2B.



Foto 6.48 – Remoção parcial do maciço do 10º alteamento - Etapa 1 – Fase 2B.



Foto 6.49 – Remoção parcial do maciço do 10º alteamento - Etapa 1 – Fase 2B.



Foto 6.50 – Remoção parcial do maciço do 10º alteamento - Etapa 1 – Fase 2B.

6.1.2.15 Execução de Lastro no Reservatório para Acesso de Equipamentos



Foto 6.51 – Execução de lastro no reservatório para acesso de caminhões e equipamentos.



Foto 6.52 – Execução de lastro no reservatório para acesso de caminhões e equipamentos.

6.1.2.16 Escavação do Canal de Conexão ao Extravasor de Emergência



Foto 6.53 – Demarcação da escavação do canal de conexão ao extravasor de emergência.



Foto 6.54 – Escavação do canal de conexão ao extravasor de emergência.

6.1.2.17 Regularização da Escavação do Canal de Conexão



Foto 6.55 – Regularização da escavação do canal de conexão.



Foto 6.56 – Regularização da escavação do canal de conexão.

6.1.2.18 Conexão do Acesso Principal à Berma Elev. 1.119,0 m



Foto 6.57 – Conexão do acesso principal à berma El. 1.119,0 m.



Foto 6.58 – Conexão do acesso principal à berma El. 1.119,0 m.

6.1.2.19 Revestimento do Canal de Conexão



Foto 6.59 – Revestimento do canal com PEBD (taludes) e manta cimentícia (base).



Foto 6.60 – Revestimento do canal com PEBD (taludes) e manta cimentícia (base).

6.1.2.20 Instalação de Sistema de Bombeamento no Sump do Reservatório



Foto 6.61 – Bomba instalada no sump do reservatório.



Foto 6.62 – Bomba instalada no sump do reservatório.

6.1.2.21 Execução de Canal Central no Reservatório



Foto 6.63 – Execução de canal central no reservatório.



Foto 6.64 – Execução de canal central no reservatório.

6.1.2.22 Limpeza no Entorno do Extravasor Operacional



Foto 6.65 – Limpeza no entorno do extravasor operacional.



Foto 6.66 – Limpeza no entorno do extravasor operacional.

6.1.2.23 Revestimento do Reservatório com Lona PEBD (Em andamento)



Foto 6.67 – Revestimento do reservatório com lona PEBD (polietileno de baixa densidade).



Foto 6.68 – Revestimento do reservatório com lona PEBD (polietileno de baixa densidade).



Foto 6.69 – Revestimento do reservatório e face do talude de montante com PEBD.



Foto 6.70 – Revestimento do reservatório e face do talude de montante com PEBD.

6.1.3 Anomalias Verificadas

Durante o período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024), verificou-se em alguns pontos anomalias decorrentes da obra de descaracterização que devem ser corrigidas ou até já foram sanadas. A seguir são apresentados alguns pontos de atenção e caso já tenham sido tratados, também é mostrada a imagem com a correção.

6.1.3.1 Material Oriundo da Escavação do Maciço do 11º Alteamento contaminando a face do talude de jusante



Foto 6.71 – Material oriundo da escavação do maciço e do reservatório contaminando a face do talude de jusante.



Foto 6.72 – Material oriundo da escavação do maciço e do reservatório contaminando a face do talude de jusante.

6.1.3.2 Assoreamento de Dispositivos de Drenagem Superficial



Foto 6.73 – Carreamento de material para dentro do dispositivo de drenagem superficial.



Foto 6.74 – Carreamento de material para dentro do dispositivo de drenagem superficial.

6.1.3.3 Dispositivos de Drenagem Superficial Danificados



Foto 6.75 – Dispositivo de drenagem superficial danificado, localizado na berma El. 1.119,00 m.



Foto 6.76 – Dispositivo de drenagem superficial, danificado, localizado na berma El. 1.119,00 m.

6.1.3.4 Dispositivo de Drenagem Superficial Obstruído e Alagado (corrigido)



Foto 6.77 – Drenagem superficial da berma El. 1.119,00 obstruída e alagada.



Foto 6.78 – Drenagem superficial da berma El. 1.119,00 desobstruída.

6.1.3.5 Deságue Inadequado da Drenagem Superficial (corrigido)



Foto 6.79 – Deságue inadequado da drenagem superficial na face do talude do canal de conexão.



Foto 6.80 – Instalada manta cimentícia no deságue da drenagem superficial.

6.1.3.6 Ancoragem Inadequada do Revestimento do Reservatório



Foto 6.81 – Ancoragem inadequada do PEBD na crista e na face do talude de montante.



Foto 6.82 – Transpasse inadequado do PEBD na face do talude de montante.

6.1.3.7 Revestimento Inadequado dos Taludes do Canal de Conexão



Foto 6.83 – Necessidade de substituição do revestimento dos taludes por manta cimentícia.



Foto 6.84 – Necessidade de substituição do revestimento dos taludes por manta cimentícia.

6.1.3.8 Falta de Proteção e Identificação de Instrumento no Reservatório



Foto 6.85 – Instrumento INA-33 sem proteção e não identificado no reservatório.



Foto 6.86 – Instrumento INA-33 identificado pela topografia no reservatório.

6.1.4 Não Conformidades

No mês de outubro de 2024, foi emitido um relatório de Não Conformidade (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1055) devido a discrepâncias no traçado do canal de conexão executado e aquele definido em Nota de Alteração de Projeto (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1013).

Conforme descrição apresentada no relatório de não conformidade, a escavação do canal de conexão foi iniciada no sábado (12/10/2024), sem acompanhamento do ATO da Projetista, atingindo cota abaixo do definido em projeto no início do trecho a ser escavado. A partir desse rebaixamento, o alinhamento do canal precisou ser adequado de modo a manter a declividade considerada no dimensionamento do canal, conforme pode ser verificado na Figura 6.2 e Figura **6.3**.

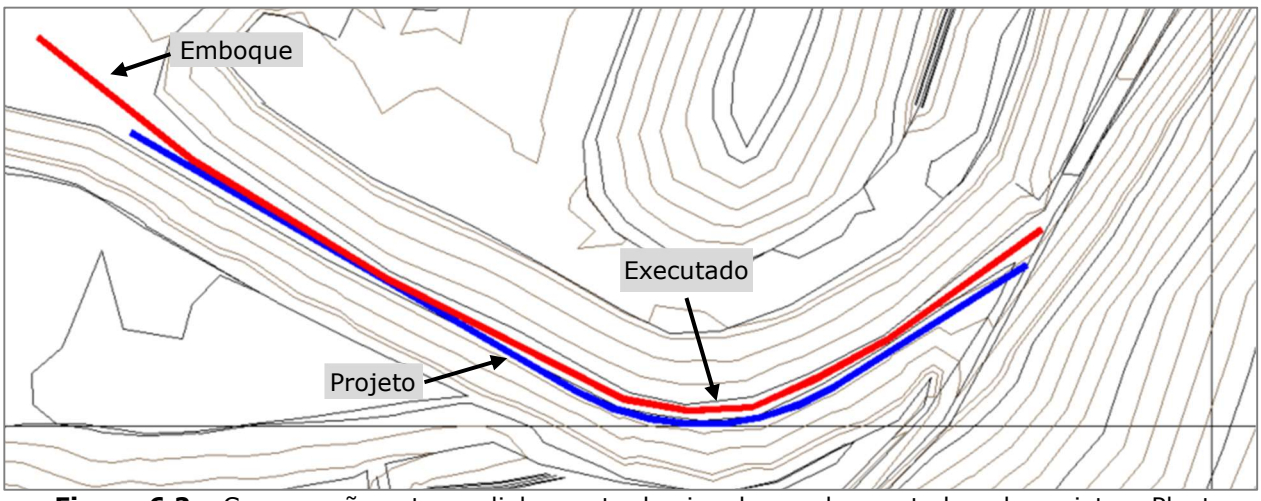


Figura 6.2 – Comparação entre o alinhamento do eixo do canal executado e de projeto – Planta. (Fonte: IPE.OP.DE.8000.GT.20.1055).

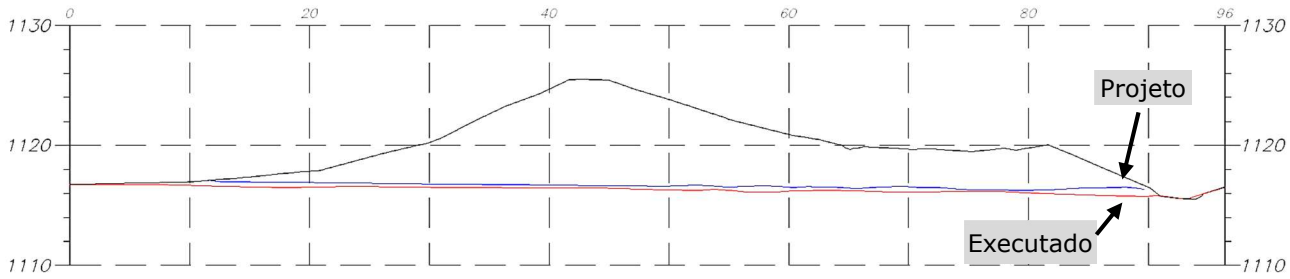


Figura 6.3 – Comparação entre a declividade do eixo do canal executado e de projeto – Seção Longitudinal. (Fonte: IPE.OP.DE.8000.GT.20.1055).

Após verificada essa discrepância, foi realizado o estudo de trânsito de cheias (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1066) com a geometria implantada, de modo a avaliar se essa alteração influenciou nos resultados previamente obtidos.

O estudo indicou uma variação na vazão efluente de projeto, mas que foi comportada pela estrutura. O resumo dos resultados é apresentado na Figura 6.4 e Tabela 6.3.

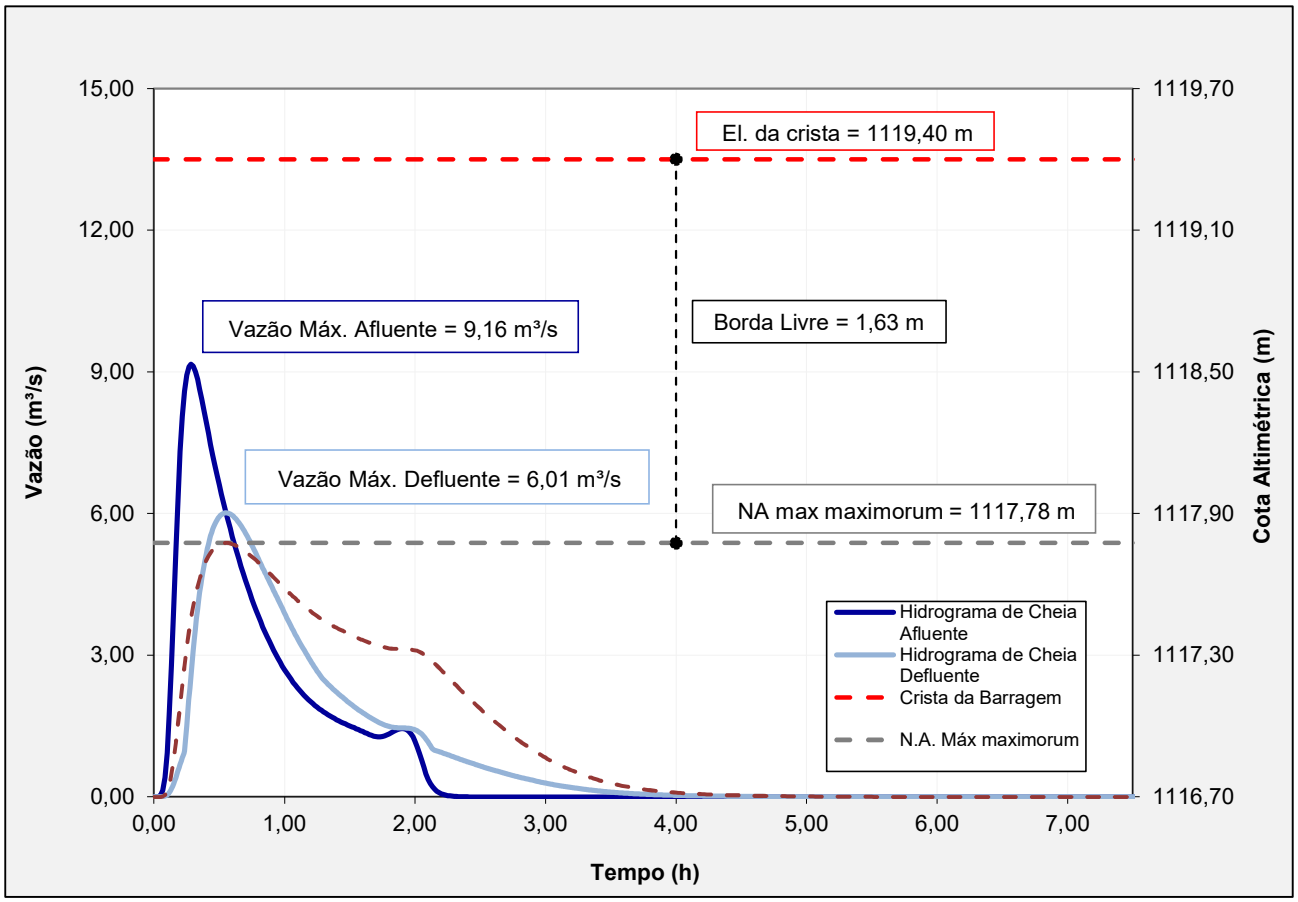


Figura 6.4 – Hidrograma do trânsito de cheias para PMP – 2h.

Tabela 6.3 – Resultados do trânsito de cheias – Barragem B2 - Mina Tico-Tico.

Variável	PMP
Duração crítica	2h
Altura da chuva crítica (mm)	256,70
Vazão Máxima Afluente (m³/s)	9,16
Vazão Máxima Defluente (m³/s)	6,01
Volume de amortecimento (m³)	25.892,40
Elevação da Crista (m)	1.119,40
Elevação da Soleira (m)	1.116,70
BLN (N.A. Operacional) (m)	2,70
N.A. *max. maximorum* (m)	1.117,78
BLM (N.A. *max. maximorum*) (m)	1,63
Altura máxima da Onda Eólica (m)	0,26

6.1.5 Projeto

Considerando o avanço das obras até o presente momento, a situação atual da obra se encontra na Etapa 1 – Fase 2, com a pendência de remoção do maciço do 10º alteamento. Conforme verificado na sequência construtiva presente no relatório do projeto executivo (IPE.OP.RL.8000.GT.20.676), os serviços até então realizados foram:

Serviços Preliminares

- Instalação e operação de poço de rebaixamento seguindo orientações da empresa Water Services que desenvolveu os estudos hidrogeológicos;
- Estabilização da encosta próximo ao extravasor de serviço (ombreira esquerda);
- Remoção da geomembrana de impermeabilização do reservatório;
- Locação e demarcação da Fase 1 das obras de descaracterização;

Etapa 1 - Fase 1 – Remoção Parcial do Rejeito do Reservatório e do Maciço do 11º Alteamento

- Execução de *sump* operacional, locado na porção de montante do reservatório, próximo ao sistema extravasor de emergência localizado na ombreira direita, com fundo na elevação 1.123,00 m e aprofundando até a elevação 1.119,00 m;
- Remoção do rejeito do reservatório em camadas de aproximadamente 2,0 m de espessura, com avanços a partir do *sump* em direção à ombreira esquerda até o local do extravasor de serviço (ombreira esquerda). A declividade da superfície da escavação deve ser direcionada no sentido para montante e com platô final na elevação média 1.121,0 m;
- Adequação do emboque do extravasor de emergência (ombreira direita) para a nova

condição do reservatório;

- Remoção completa do maciço do 11º alteamento;
- Relocação do *sump* para a fase seguinte das obras.

Etapa 1 - Fase 2 – Remoção Parcial do Rejeito do Reservatório e do Maciço do 10º Alteamento

- Aprofundamento do *sump* existente em 2,0 m;
- Remoção do rejeito do reservatório em camadas de aproximadamente 2,0 m de espessura seguindo os mesmos procedimentos da fase anterior até a elevação do pé de montante do maciço do 10º alteamento (El. média 1.116,00 m);
- Adequação do emboque do extravasor de emergência (ombreira direita) para a nova condição do reservatório;
- Remoção parcial do maciço do 10º alteamento
- Impermeabilização do reservatório.

A seguir são apresentadas figuras referentes a Etapa 1 - Fase 2 do projeto de descaracterização da Barragem B2-Mina Tico-Tico.

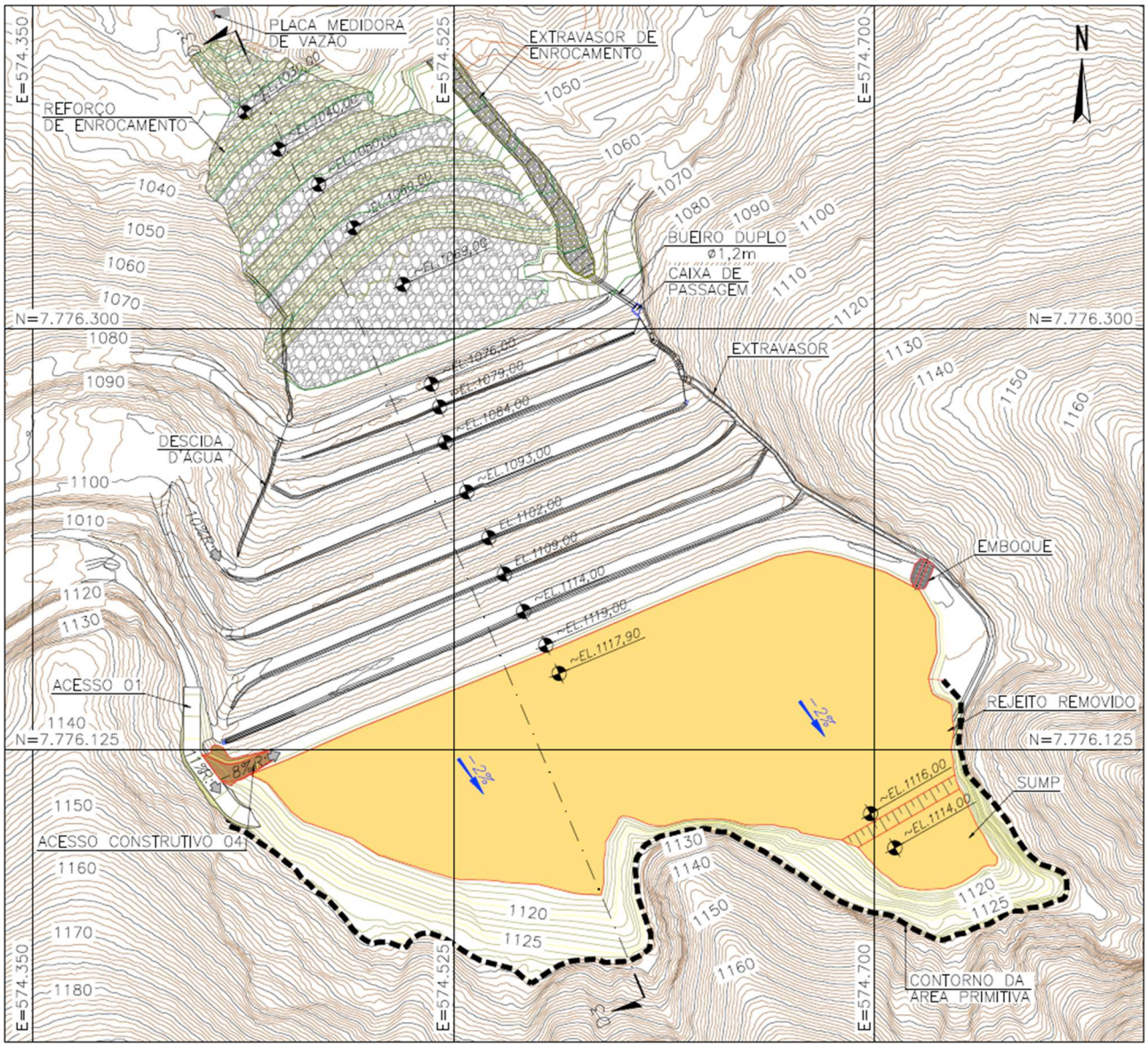


Figura 6.5 – Sequência Construtiva – Planta – Etapa 1-Fase 2B (IPE.OP.DE.8000.GT.20.746).

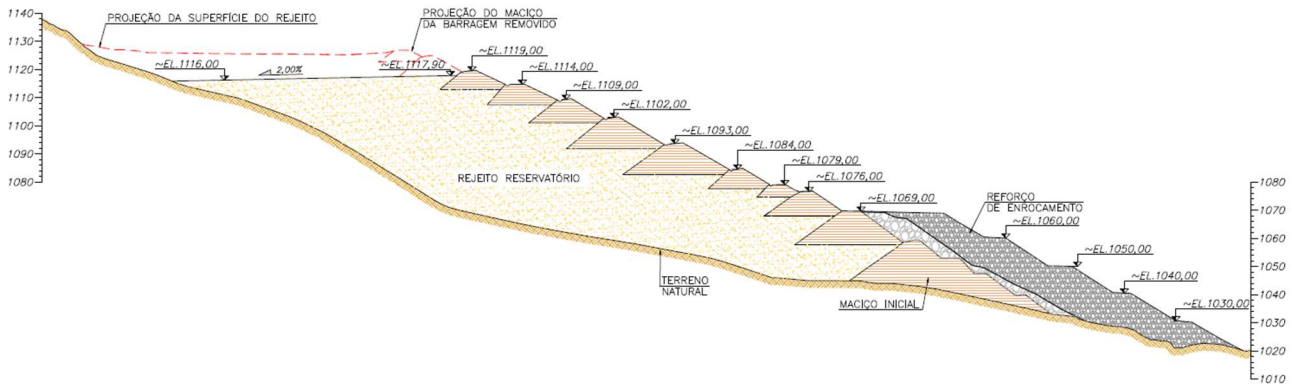


Figura 6.6 – Sequência Construtiva – Seção D-D' – Etapa 1 - Fase 2B.

6.1.6 Levantamento Topográfico – Obras Executadas

Os levantamentos topográficos e ortofotos de acompanhamento das obras estão sendo realizados pela MMI com frequência quase diária, de modo a se registro e controle das obras. A seguir é apresentado o levantamento realizado pela MMI em 31/10/2024 (ACAD_ATUALIZACAO_GERAL_MMI_31OUT24.dwg) e ortofoto apresentando a condição do reservatório no dia 30/10/2024.

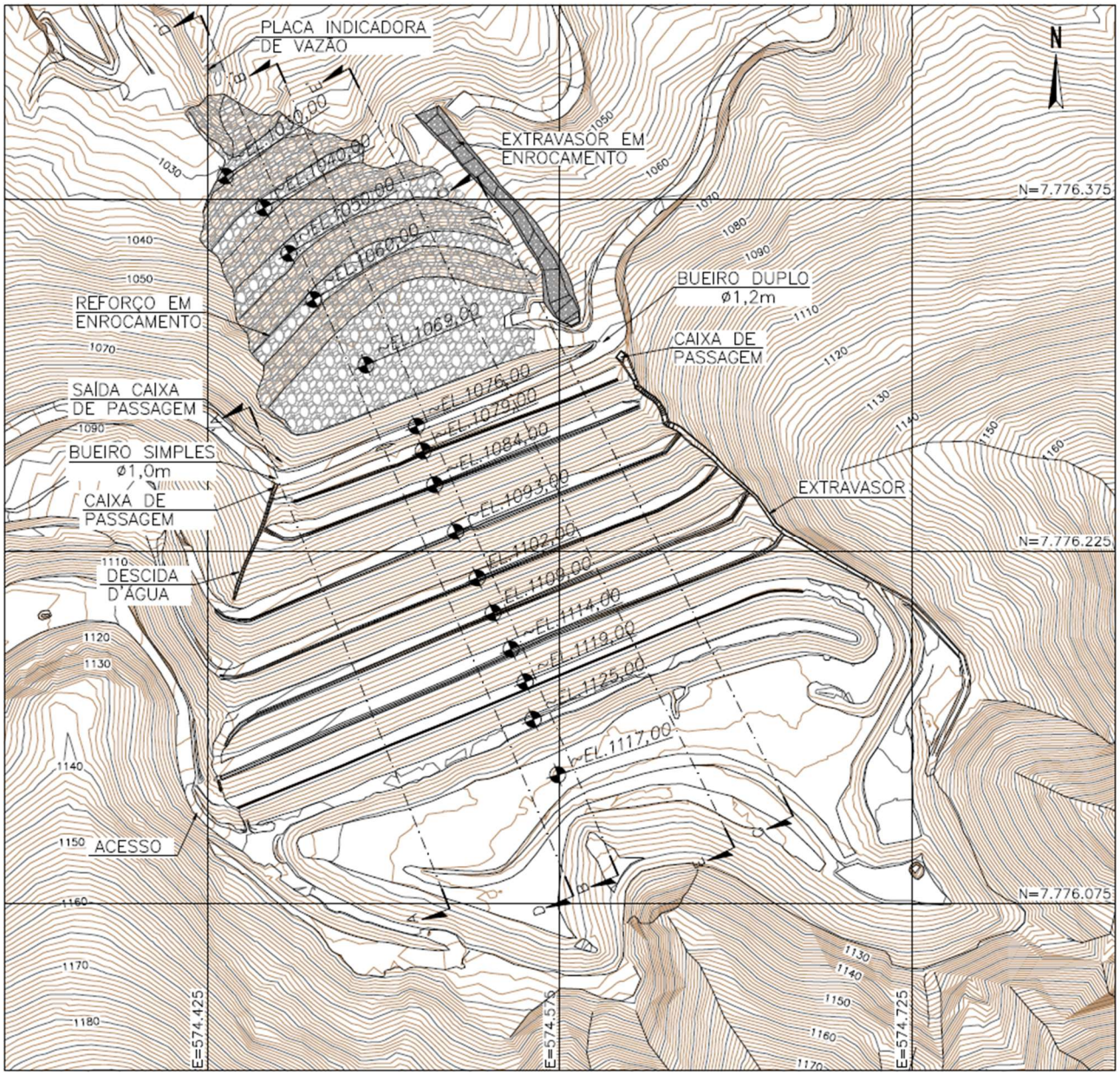


Figura 6.7 – Levantamento topográfico 31/10/24 – Obras Executadas - Planta.



Figura 6.8 –Barragem B2 – Mina Tico-Tico. (Fonte: Ortofoto MMI – outubro/2024).

A partir do levantamento topográfico (ACAD_ATUALIZACAO_GERAL_MMI_31OUT24.dwg) enviado pela MMI, verifica-se que até o momento (31/10/2024) foi removido aproximadamente 185.000 m³ de rejeitos. A curva elevação x volume da escavação executada é apresentada na Figura 6.9.

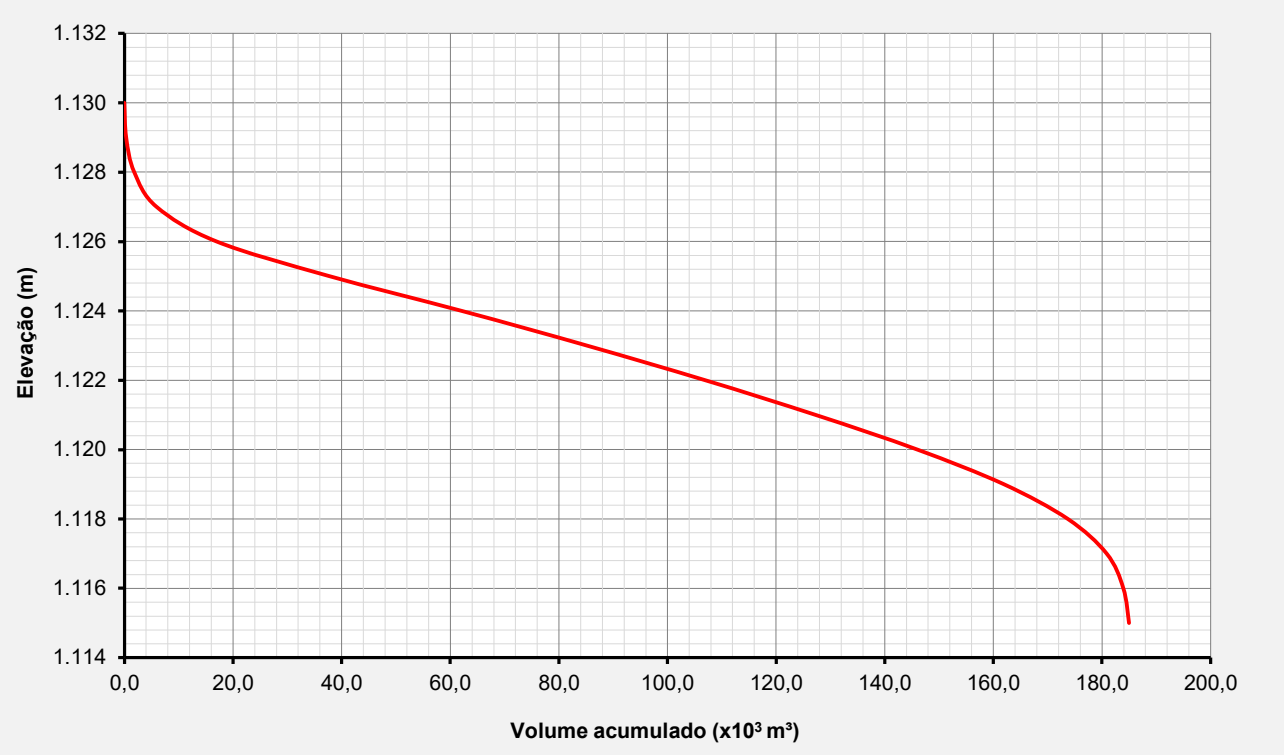


Figura 6.9 – Curva elevação x volume – Remoção Executada.

6.1.7 Comparativo Projeto x Executado

A seguir é apresentado um comparativo de modo a verificar a aderência entre o projeto (Etapa 1 – Fase 2B) e o que foi executado até o momento.

As geometrias de projeto são apresentadas em linhas tracejadas em vermelho.

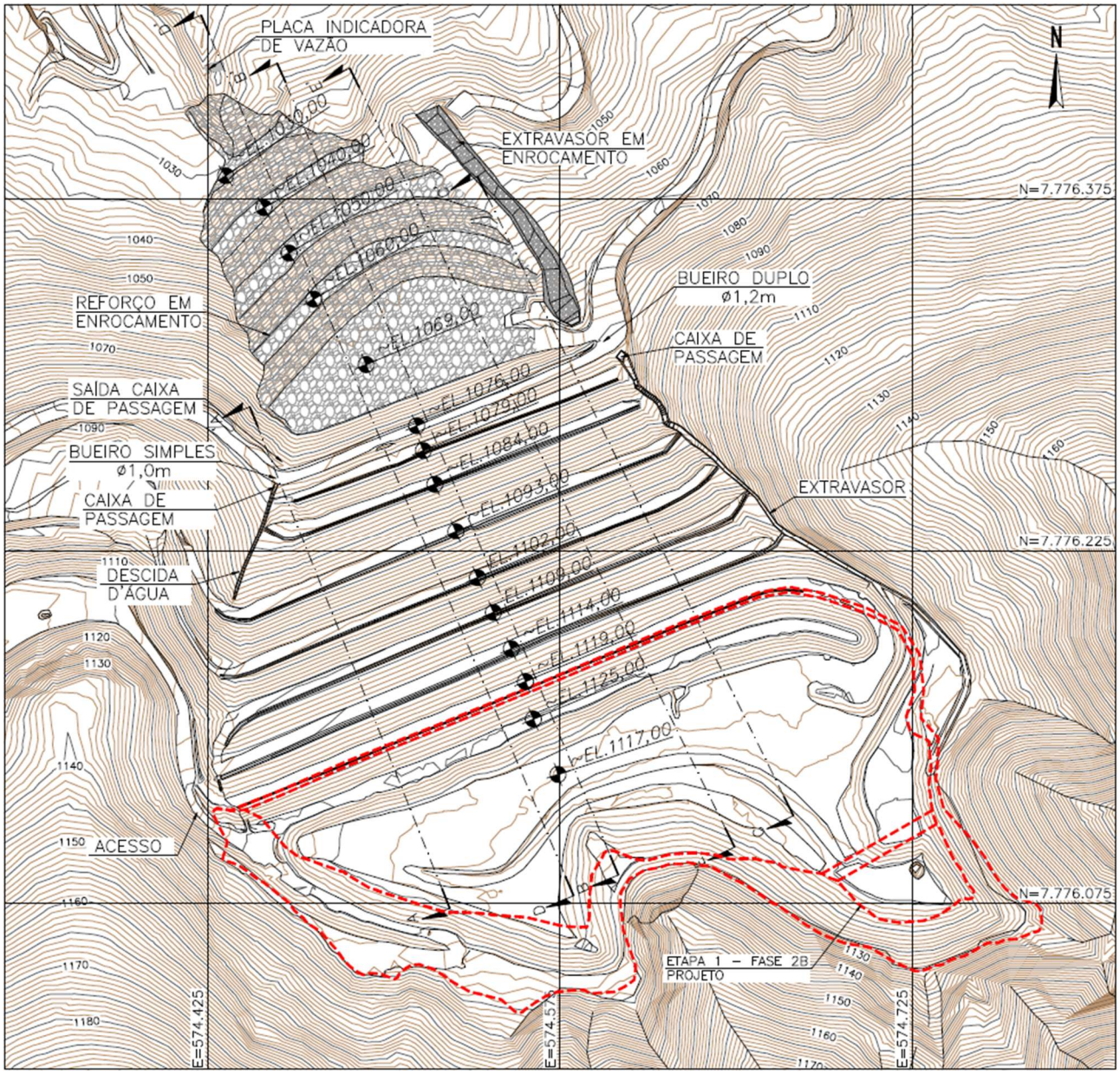


Figura 6.10 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 2B) x Executado – Planta.

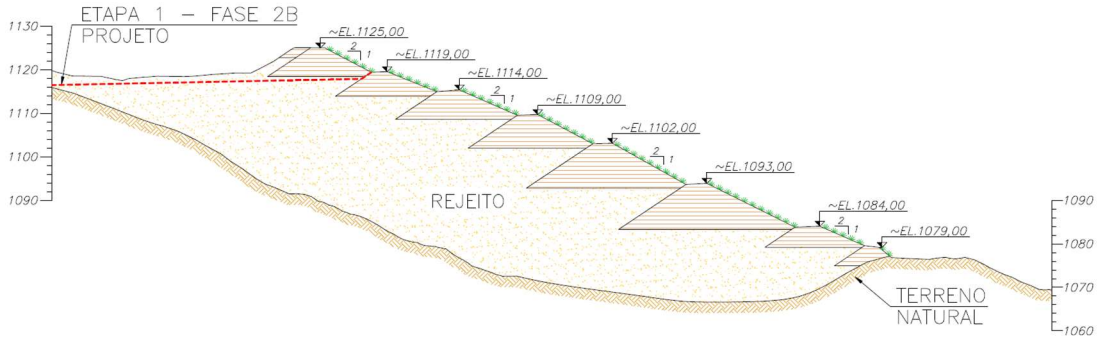


Figura 6.11 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 2B) x Executado – Seção A-A'.

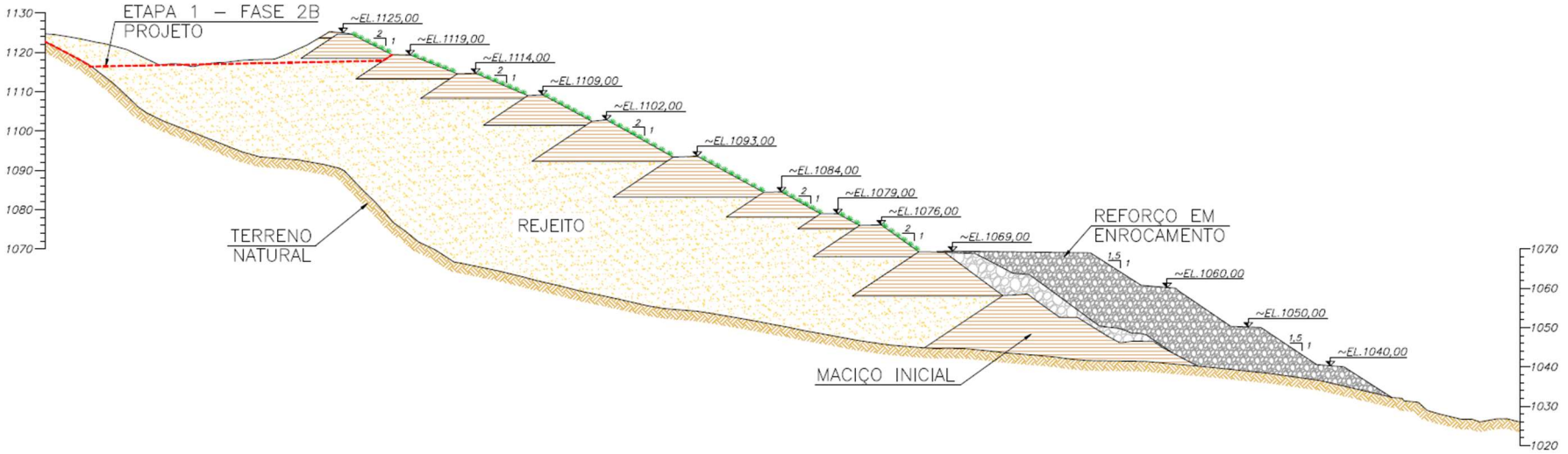


Figura 6.12 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 2B) x Executado – Seção B-B'.

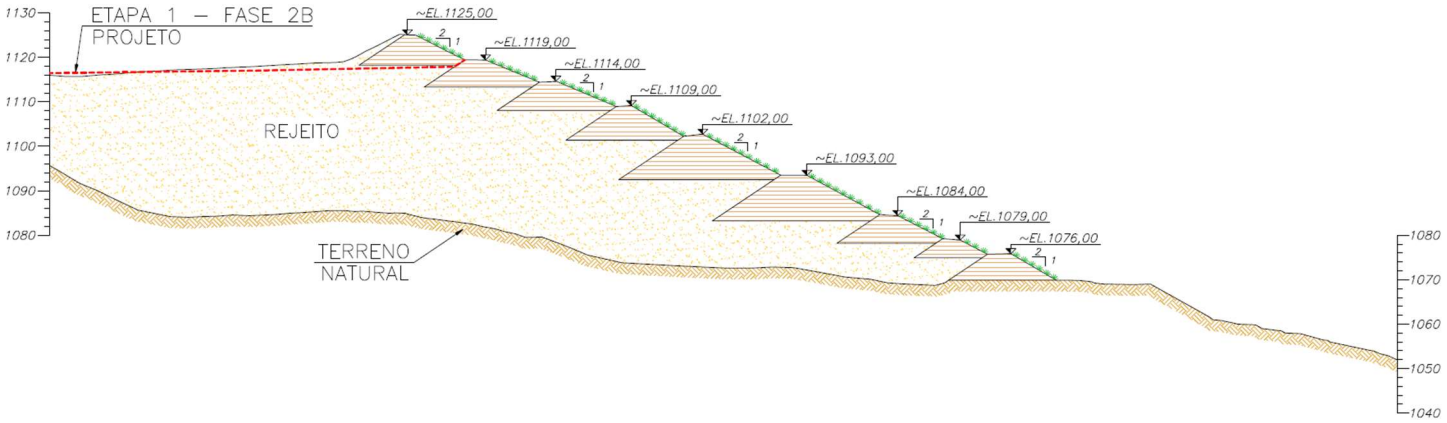


Figura 6.13 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 2B) x Executado – Seção C-C'.

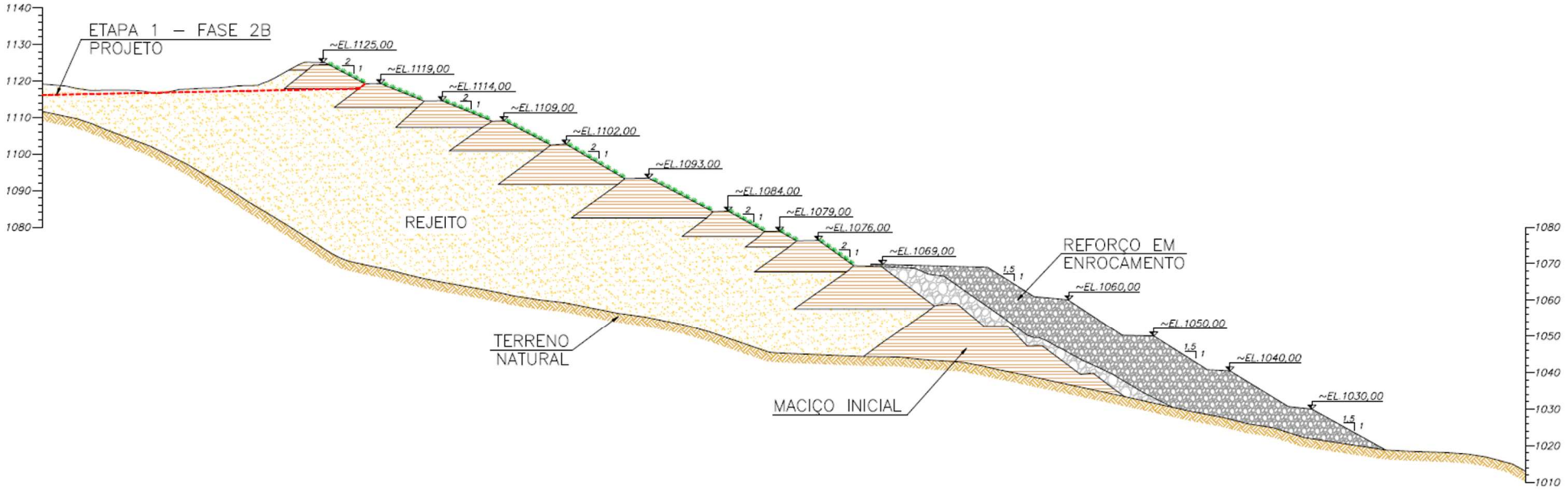


Figura 6.14 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 2B) x Executado – Seção D-D'.

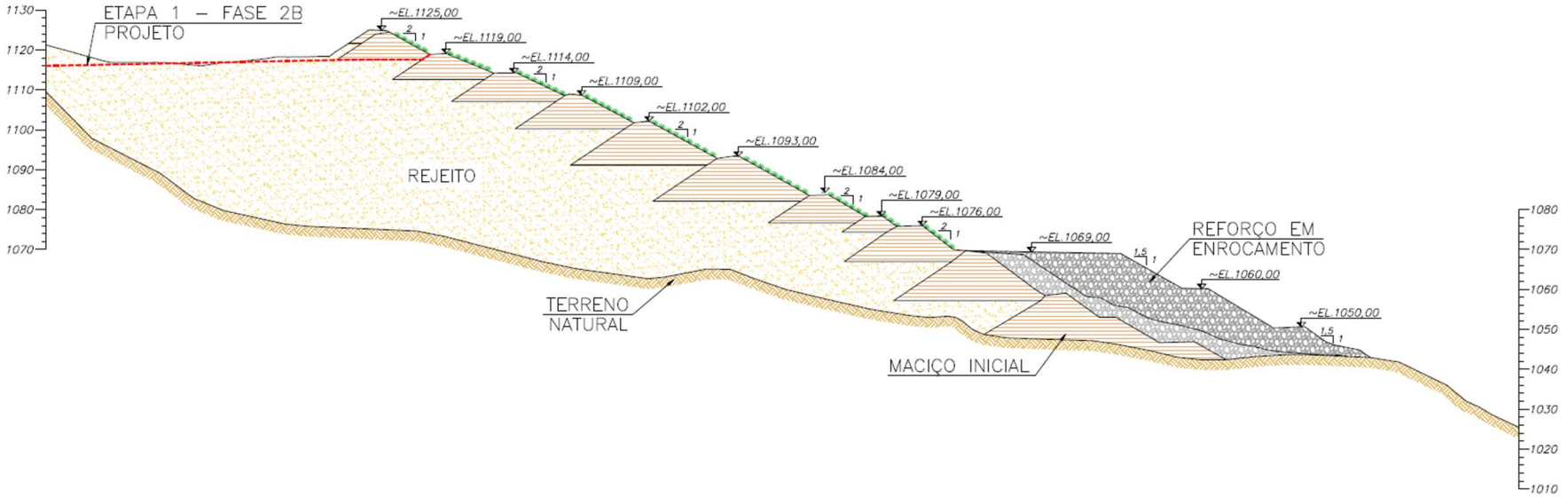


Figura 6.15 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 2B) x Executado – Seção E-E'.

Verifica-se que os serviços executados ficaram bem próximos do projetado, com pequenas discrepâncias, possivelmente, devido a questões verificadas em campo em relação ao levantamento topográfico primitivo utilizado no projeto e para um melhor ajuste em decorrência da fase da obra. Como pendência para a conclusão da Etapa 1 – Fase 2, faltou a conclusão da remoção do maciço do 10º alteamento.

De forma a acompanhar o andamento das obras, é apresentada a seguir uma curva elevação-volume indicando:

- a remoção total (considerada em projeto);
- a remoção executada (obtida a partir do levantamento topográfico atualizado);
- a remoção a ser executada (diferença entre a total e a executada).

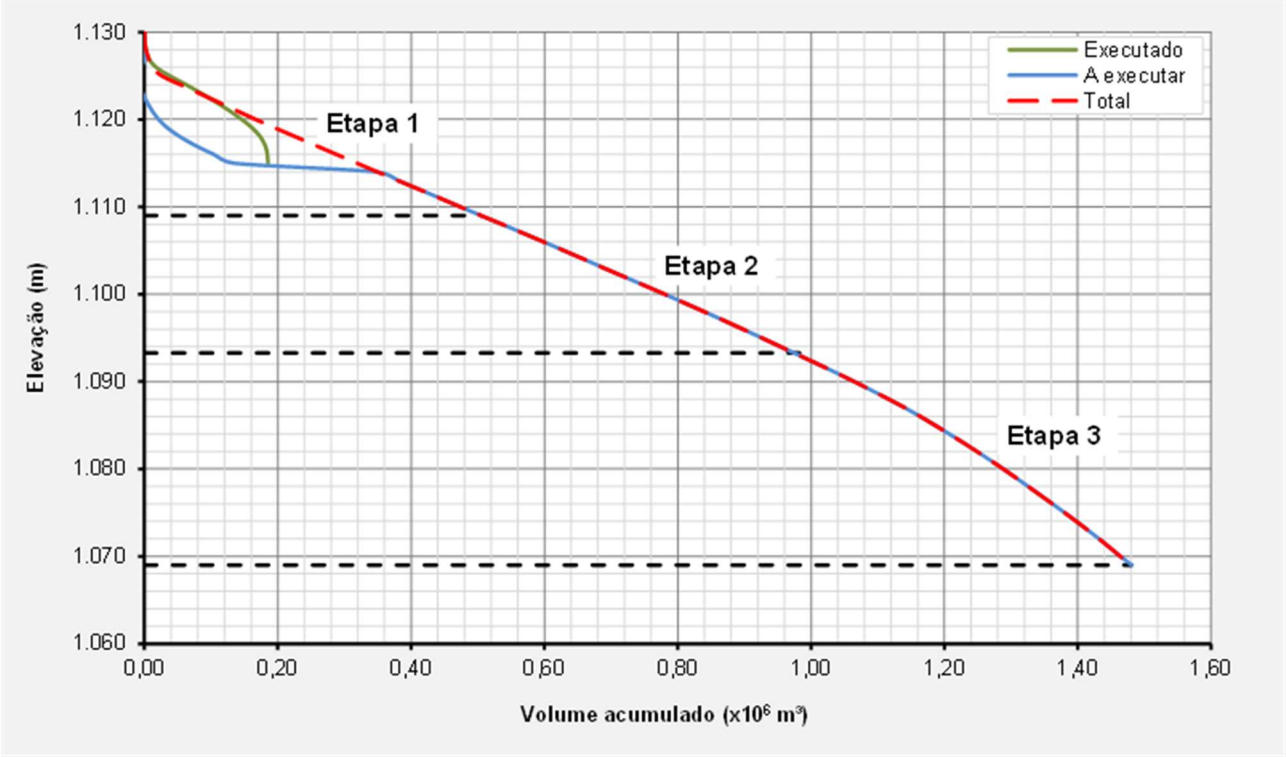


Figura 6.16 – Curva elevação-volume – Comparativo andamento das obras.

6.2 Condição da Estrutura no Período Avaliado

Atualmente o fator de segurança não-drenado liquefeito é superior ao valor mínimo recomendado pela TR FEAM de descaracterização (1,1), em todas as seções avaliadas. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura em relação às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

6.2.1 Inspeções de Campo

As obras foram acompanhadas diariamente no período avaliado pelo ATO da MMI e quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de avaliação quinzenal de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, indicação das anomalias verificadas e análises de estabilidade da estrutura.

6.2.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (agosto/2024 a outubro/2024).

Tabela 6.4 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B2 – Mina Tico-Tico – 1ª quinzena de ago./2024 a 2ª quinzena de out./2024.

ID	ANOMALIA	Maio/24		Junho/24		Julho/24	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS NO TALUDE DE JUSANTE						
11	SUPERFÍCIE DE RUPTURA IDENTIFICADA NA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO, PRÓXIMA AO EXTRAVASOR OPERACIONAL						
14	PRESENÇA E/OU CIRCULAÇÃO DE ANIMAIS NO MACIÇO DA ESTRUTURA.						
20	ACÚMULO DE ÁGUA NO ACESSO AO PÉ DA ESTRUTURA.	-	-	-	-	-	
28	DESABAMENTO DA CONTENÇÃO JUNTO AO CANAL DO EXTRAVASOR.						
32	INSTRUMENTO DE MONITORAMENTO SEM IDENTIFICAÇÃO						
38	CANALETA DE BERMA DANIFICADA.	-	-	-	-	-	
42	PRESENÇA DE TOCAS DE ANIMAIS NO TALUDE DE JUSANTE			-	-		
43	CANALETAS DAS BERMAS OBSTRUÍDAS E COM ACÚMULO DE ÁGUA.						
44	MATERIAL DE REMOÇÃO DE LEIRA DO COROAMENTO LANÇADO SOLTO NO TALUDE DE MONTANTE.						
45	TALUDES DO CANAL DE CONEXÃO SEM REVESTIMENTO ADEQUADO						

LEGENDA:

ANOMALIA VERIFICADA — ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO — ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA

ANOMALIA AGRAVADA — ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA

6.2.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle da barragem é composta por 35 (trinta e cinco) indicadores de nível d'água com leitura manual; 2 (dois) indicadores de nível d'água automatizados, 16 (dezessete) piezômetros de tubo aberto do tipo Casagrande e 8 (oito) piezômetros automatizados, 05 (cinco) marcos superficiais, 01 (um) indicador de vazão e 04 (quatro) sismógrafos, distribuídos em 05 (cinco) seções transversais de monitoramento.

O PZ-07 precisou ser removido e o PZ-13 está sem acesso devido ao avanço das obras de descaracterização.

Os níveis de controle dos instrumentos instalados na Barragem B2 – Mina Tico-Tico foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico do rejeito do reservatório localizado abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível de atenção**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível de Atenção:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,30 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
2- **Nível de Alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,20 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,00 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 3).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.553, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em novembro/2024.

A Figura 6.17, Figura 6.18 e Figura 6.19 apresentam a locação em planta dos instrumentos e da Figura 6.20 a Figura 6.24 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 6.5 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

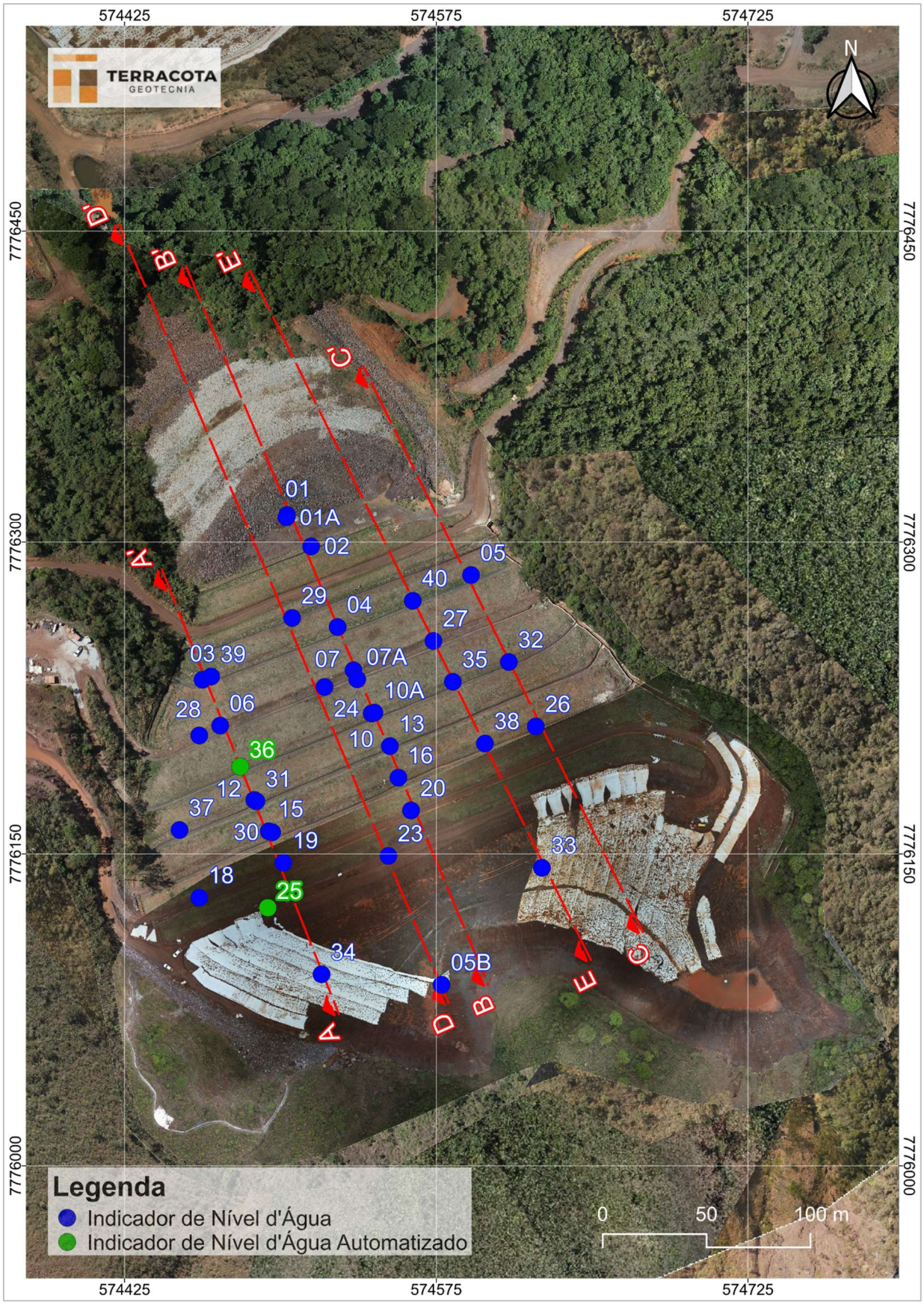


Figura 6.17 – Locação dos indicadores de nível d'água.

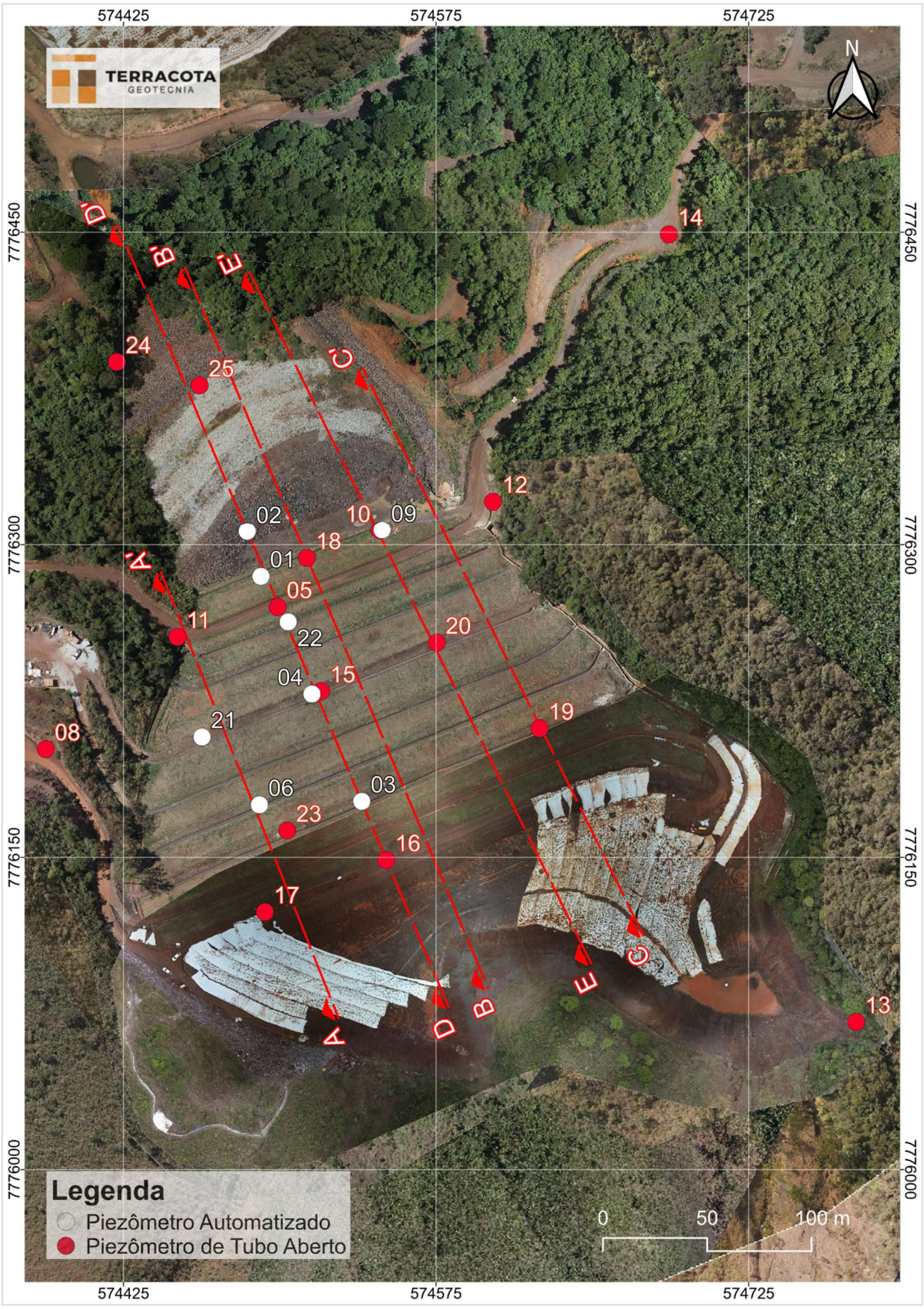


Figura 6.18 – Locação dos piezômetros.

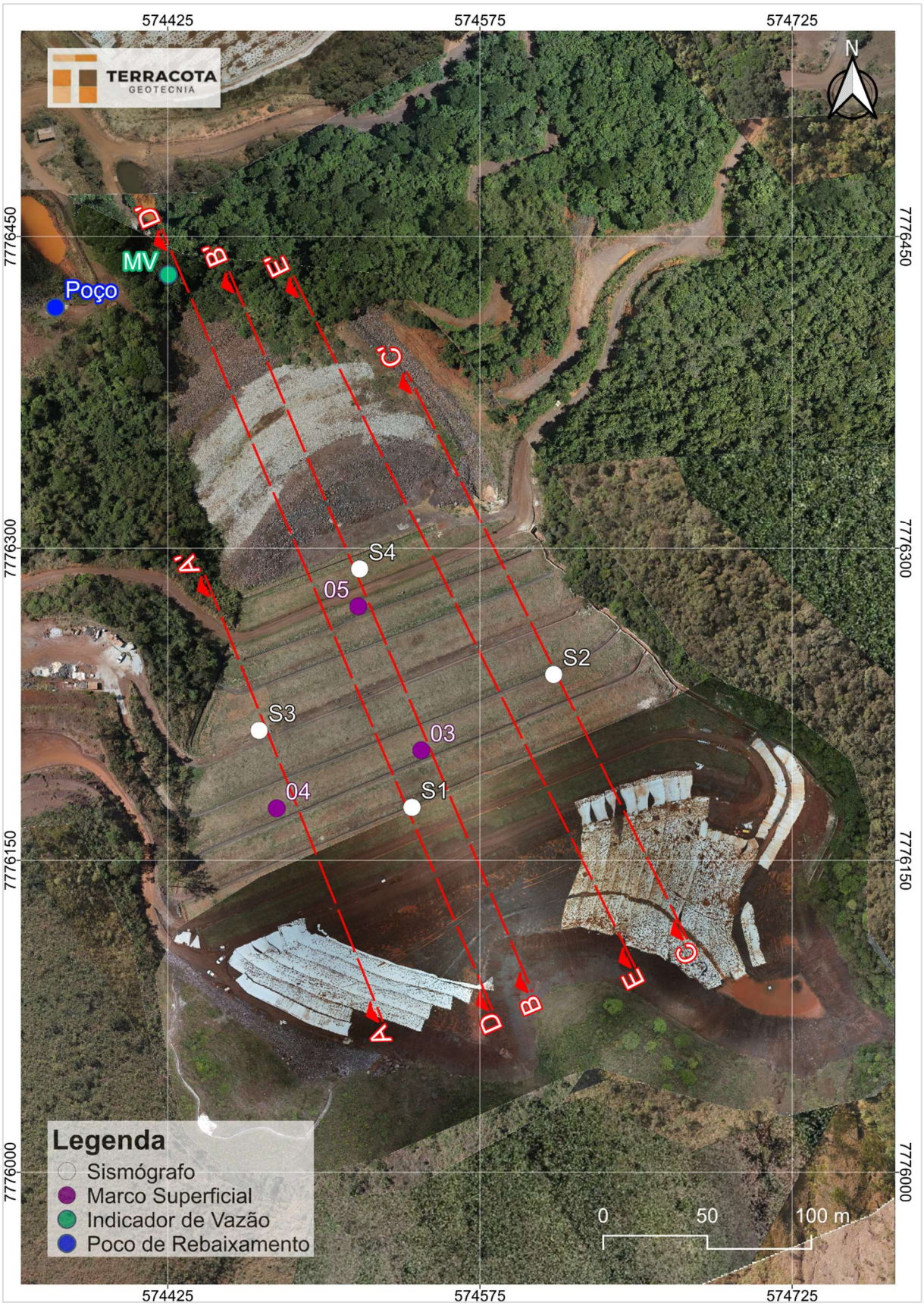


Figura 6.19 – Locação dos marcos superficiais, sismógrafos, indicador de vazão e poço de rebaixamento.

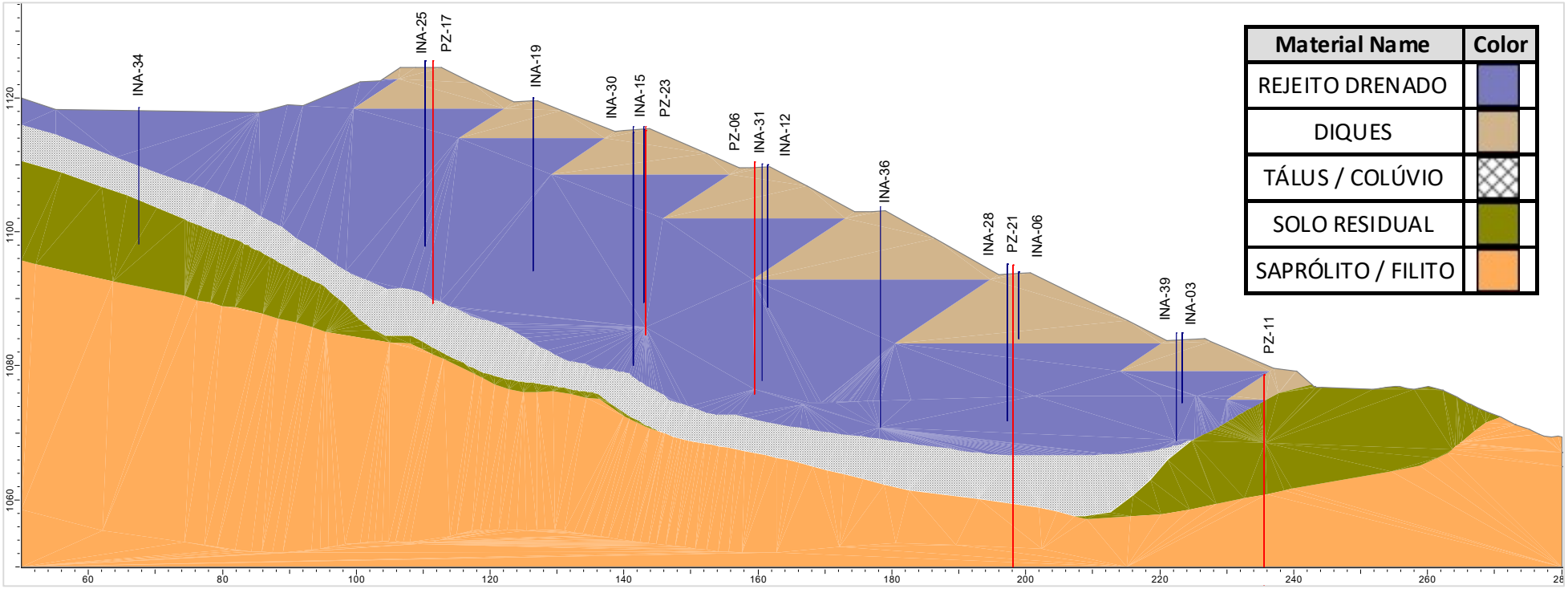


Figura 6.20 – Seção transversal de controle A-A' (Condição em 31/10/2024).

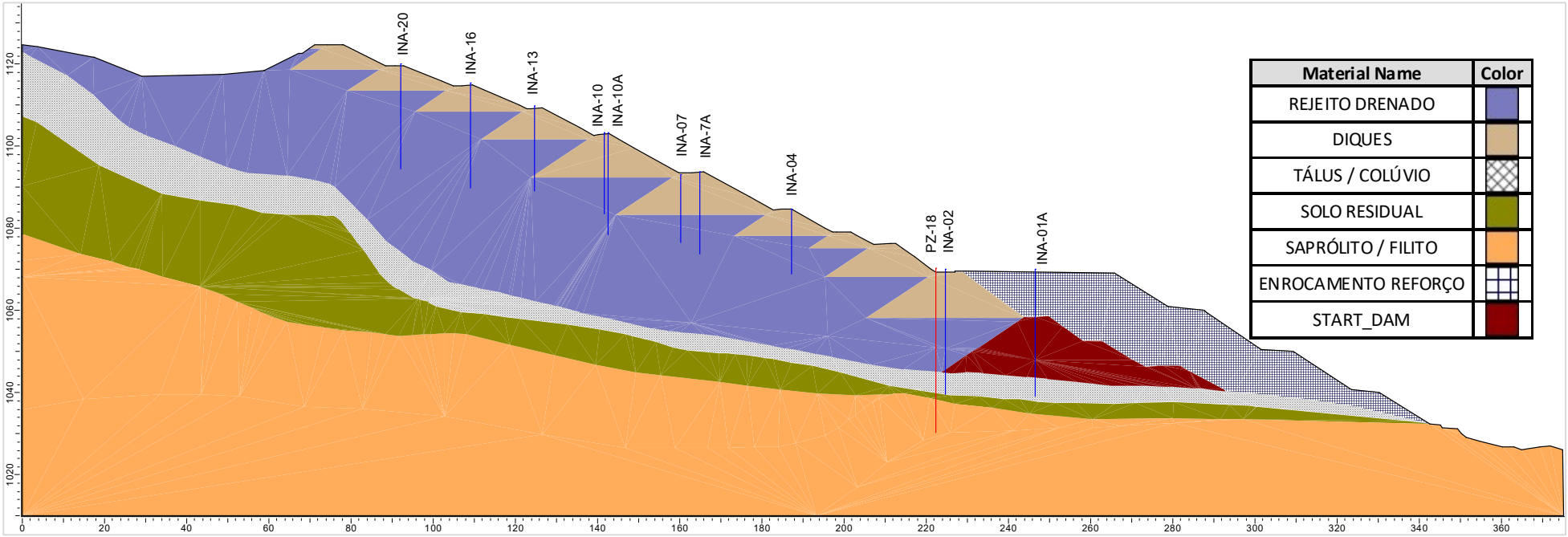


Figura 6.21 – Seção transversal de controle B-B' (Condição em 31/10/2024).

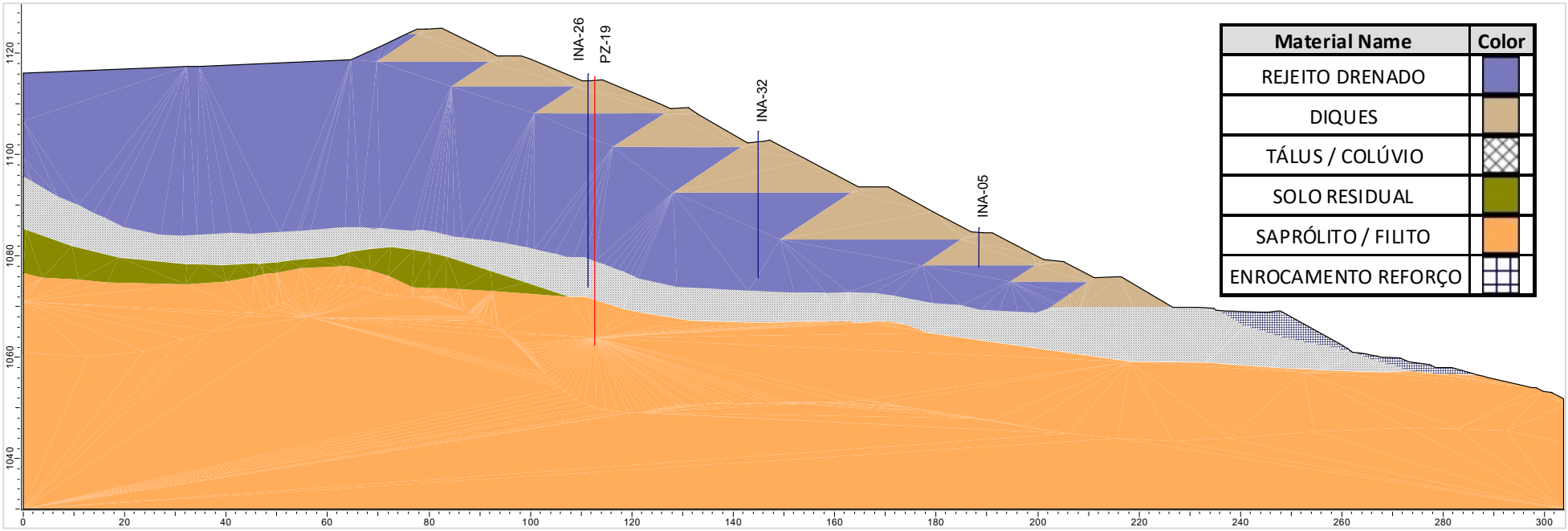


Figura 6.22 – Seção transversal de controle C-C' (Condição em 31/10/2024).

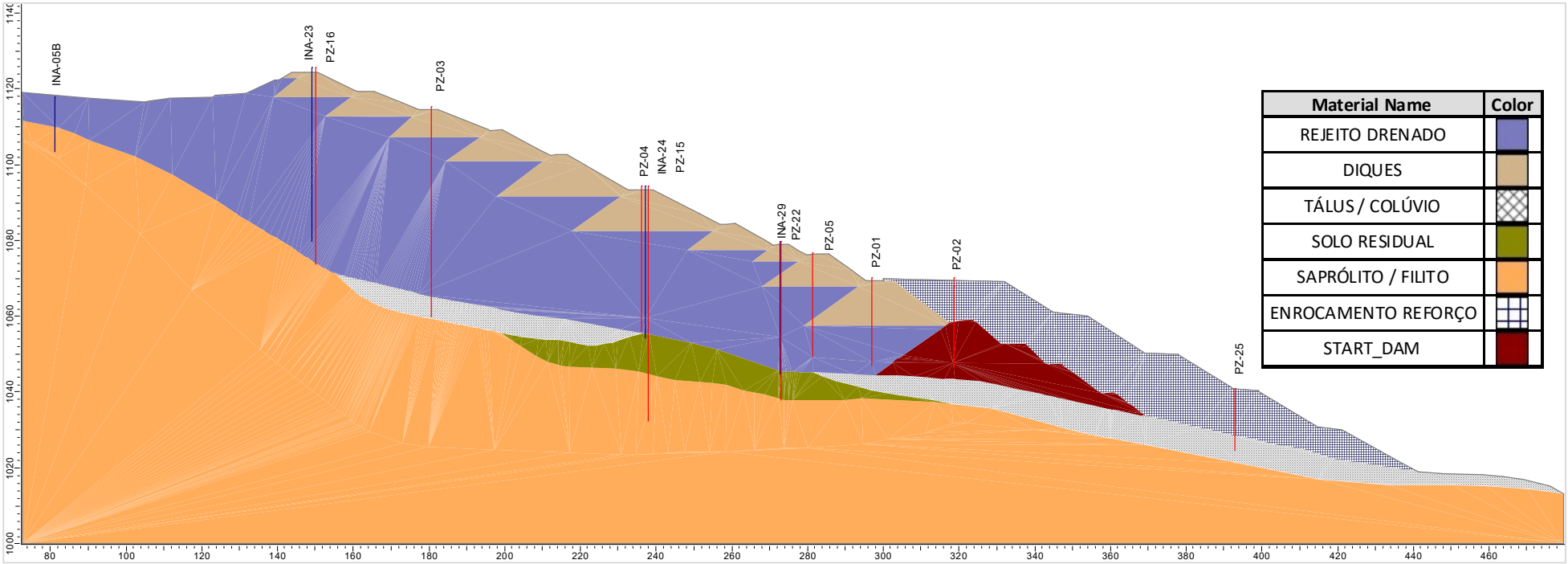


Figura 6.23 – Seção transversal de controle D-D' (Condição em 31/10/2024).

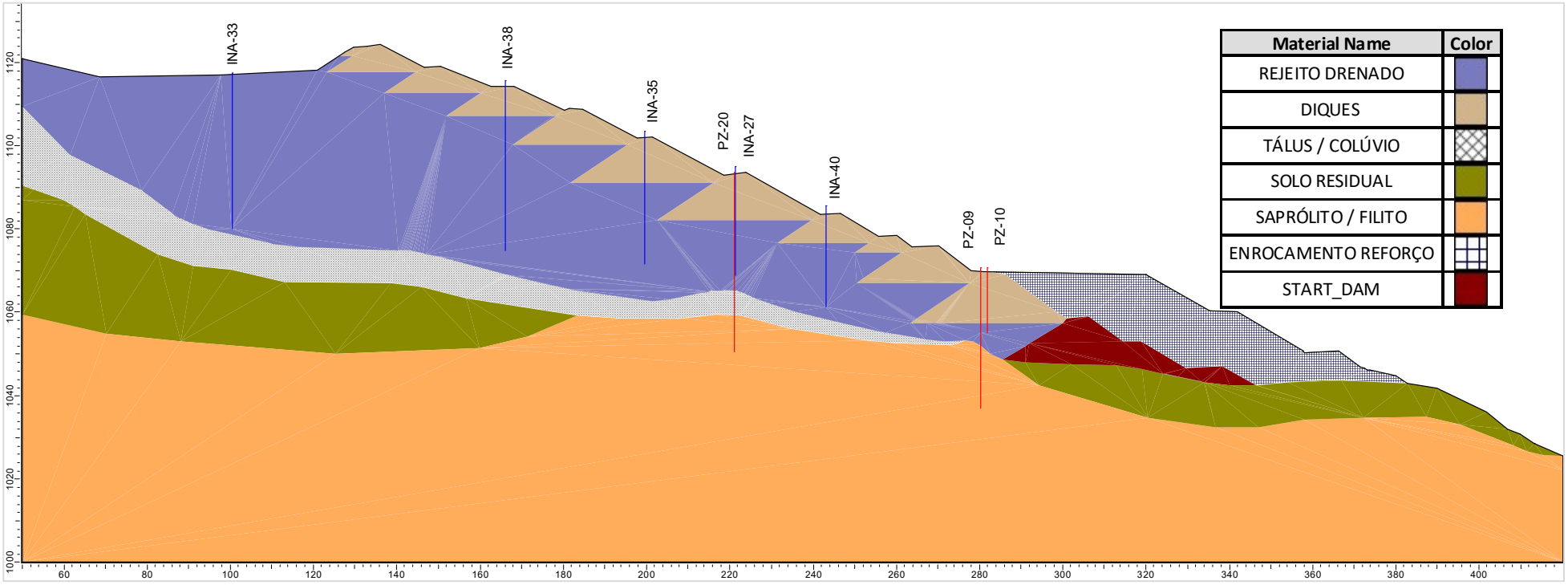


Figura 6.24 – Seção transversal de controle E-E' (Condição em 31/10/2024).

Tabela 6.5 – Locação, características, leitura (30/10/2024) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/10/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A’	INA-34	574.519,824	7.776.092,184	1.118,54	1.098,14	20,40	SECO	1.102,00	1.103,00	1.104,00
	INA-25 (1)	574.493,944	7.776.124,174	1.125,51	1.098,78	26,73	1.098,56 (2)	1.098,28	1.098,58	1.098,78
	PZ-17	574.492,893	7.776.123,796	1.125,52	1.090,42	35,10	SECO	1.093,50	1.095,00	1.096,00
	INA-19	574.501,437	7.776.145,795	1.119,96	1.094,19	25,77	SECO	1.094,69	1.094,99	1.095,19
	INA-30	574.496,028	7.776.160,454	1.115,90	1.079,93	35,97	SECO	1.092,50	1.093,00	1.094,00
	INA-15	574.494,387	7.776.160,916	1.115,20	1.089,51	25,69	SECO	1.092,50	1.093,00	1.094,00
	PZ-23	574.503,574	7.776.162,871	1.115,96	1.085,13	30,83	1.085,75	1.092,50	1.093,00	1.094,00
	PZ-06 (1)	574.490,218	7.776.175,201	1.110,33	1.075,80	34,53	1.076,41	1.090,00	1.091,00	1.092,00
	INA-31	574.488,447	7.776.175,368	1.110,33	1.077,72	32,61	SECO	1.090,00	1.091,00	1.092,00
	INA-12	574.487,432	7.776.175,985	1.109,95	1.088,36	21,59	1.088,52	1.090,00	1.091,00	1.092,00
	INA-36 (1)	574.480,696	7.776.192,019	1.103,90	1.070,80	33,10	1.070,44	1.082,50	1.083,25	1.084,00
	INA-28	574.460,943	7.776.207,008	1.095,14	1.071,74	23,40	SECO	1.076,50	1.078,00	1.079,00
	PZ-21 (1)	574.462,687	7.776.207,739	1.095,07	1.048,93	46,14	1.058,27	1.066,00	1.068,00	1.071,00
	INA-06	574.471,040	7.776.211,750	1.094,03	1.083,39	10,64	SECO	1.084,57	1.084,87	1.085,07
	INA-03	574.462,517	7.776.233,802	1.084,82	1.074,42	10,40	SECO	1.074,92	1.075,22	1.076,30
	INA-39	574.466,682	7.776.235,354	1.084,90	1.068,82	16,08	SECO	1.073,00	1.073,75	1.076,50
	PZ-11	574.450,970	7.776.255,740	1.078,64	1.027,24	51,40	1.042,62	1.063,00	1.065,00	1.067,00
B-B’	INA-20	574.562,876	7.776.170,936	1.119,96	1.094,24	25,72	SECO	1.094,74	1.095,04	1.095,24
	INA-16	574.556,831	7.776.186,690	1.115,27	1.089,62	25,65	SECO	1.090,12	1.090,42	1.090,62

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/10/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
B-B′	INA-13	574.552,708	7.776.201,867	1.109,66	1.089,05	20,61	SECO	1.089,55	1.089,85	1.090,05
	INA-10	574.543,939	7.776.217,594	1.103,16	1.078,29	24,87	SECO	1.078,79	1.079,09	1.079,29
	INA-10A	574.545,267	7.776.217,956	1.103,23	1.083,16	20,07	SECO	1.083,96	1.084,26	1.084,46
	INA-07	574.535,188	7.776.238,345	1.093,66	1.072,72	20,94	SECO	1.074,06	1.074,36	1.078,00
	INA-07A	574.536,982	7.776.234,018	1.093,64	1.076,94	16,70	SECO	1.077,44	1.077,74	1.078,00
	INA-04	574.527,552	7.776.259,135	1.084,46	1.068,65	15,81	SECO	1.069,15	1.069,45	1.071,00
	INA-02	574.514,796	7.776.297,920	1.068,65	1.038,74	29,91	SECO	1.054,50	1.056,50	1.061,00
	PZ-18	574.513,017	7.776.293,664	1.070,12	1.030,04	40,08	1.037,00	1.054,50	1.056,50	1.061,00
	INA-01	574.503,220	7.776.313,342	1.070,11	1.038,92	31,19	DANIFICADO	1.050,00	1.052,50	1.055,00
	INA-01A	574.502,899	7.776.311,911	1.070,11	1.043,38	26,73	1.047,80	1.050,00	1.052,50	1.055,00
C-C′	INA-26	574.622,923	7.776.211,341	1.115,50	1.073,07	42,43	SECO	1.080,50	1.082,50	1.087,00
	PZ-19	574.624,640	7.776.211,878	1.115,34	1.062,12	53,22	1.063,85	1.080,50	1.082,50	1.087,00
	INA-32	574.609,982	7.776.242,314	1.103,39	1.075,61	27,78	SECO	1.077,50	1.079,50	1.084,00
	INA-05	574.591,761	7.776.284,132	1.084,49	1.075,62	8,87	SECO	1.077,15	1.077,45	1.077,65
D-D′	INA-05B	574.577,560	7.776.087,144	1.117,91	1.103,52	14,39	SECO	1.111,50	1.112,50	1.114,50
	INA-23	574.552,009	7.776.149,087	1.125,75	1.079,61	46,14	SECO	1.080,11	1.080,41	1.082,00
	PZ-16	574.551,073	7.776.148,709	1.125,58	1.073,54	52,04	SECO	1.075,50	1.077,75	1.083,25
	PZ-03 (1)	574.539,333	7.776.176,864	1.115,36	1.059,83	55,53	1.059,78	1.061,50	1.063,00	1.066,00
	PZ-04 (1)	574.515,454	7.776.228,365	1.094,40	1.056,08	38,32	1.058,79	1.068,00	1.072,00	1.076,00
	INA-24	574.521,245	7.776.230,297	1.094,38	1.054,17	40,21	1.059,45	1.068,00	1.072,00	1.076,00

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/10/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
D-D’	PZ-15	574.519,798	7.776.229,746	1.094,39	1.032,37	62,02	1.044,24	1.053,50	1.055,00	1.057,50
	INA-29	574.505,661	7.776.263,490	1.079,74	1.045,99	33,75	1.054,43	1.061,00	1.065,00	1.070,00
	PZ-22 (1)	574.504,016	7.776.262,970	1.079,71	1.037,71	42,00	1.041,42	1.045,00	1.047,00	1.048,00
	PZ-05	574.499,050	7.776.270,044	1.076,62	1.048,81	27,81	SECO	1.059,00	1.063,00	1.068,00
	PZ-01 (1)	574.490,976	7.776.284,809	1.069,15	1.046,85	22,30	1.047,84	1.056,00	1.058,50	1.062,50
	PZ-02 (1)	574.484,379	7.776.306,479	1.070,34	1.046,63	23,71	1.047,54	1.052,00	1.054,00	1.056,00
	PZ-25	574.461,511	7.776.376,685	1.040,83	1.024,53	16,30	1.027,87	1.029,00	1.030,25	1.032,75
E-E’	INA-33	574.625,885	7.776.143,361	1.117,32	1.079,98	37,34	SECO	1.085,00	1.087,00	1.092,00
	INA-38	574.598,447	7.776.203,110	1.115,64	1.074,80	40,84	SECO	1.079,00	1.080,50	1.084,50
	INA-35	574.583,022	7.776.232,800	1.103,43	1.071,60	31,83	SECO	1.074,50	1.075,00	1.079,50
	PZ-20	574.575,328	7.776.253,021	1.094,52	1.051,32	43,20	SECO	1.070,00	1.071,50	1.076,50
	INA-27	574.573,684	7.776.252,453	1.094,57	1.068,47	26,10	SECO	1.070,00	1.071,50	1.076,50
	INA-40	574.563,720	7.776.271,753	1.085,49	1.061,34	24,15	SECO	1.065,00	1.067,50	1.072,00
	PZ-09 (1)	574.549,100	7.776.307,150	1.070,61	1.037,00	33,61	1.041,18	1.058,00	1.060,00	1.064,00
	PZ-10	574.547,874	7.776.306,960	1.070,54	1.054,87	15,67	SECO	1.058,00	1.060,00	1.064,00
Instrumentos fora de seção de controle	INA-18	574.460,928	7.776.129,034	1.120,04	1.109,60	10,44	SECO	Próximo à ombreira esquerda		
	INA-37	574.451,457	7.776.161,553	1.110,82	1.076,31	34,51	SECO	Próximo à ombreira esquerda		
	PZ-07	574.726,619	7.776.093,729	1.129,25	1.078,67	50,58	REMOVIDO	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-08	574.387,740	7.776.201,920	1.116,25	1.053,22	63,03	1.057,32	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-12	574.602,350	7.776.320,922	1.075,37	1.022,70	52,67	1.043,49	Monitoramento hidrogeológico		

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/10/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
	PZ-13	574.776,640	7.776.071,051	1.130,75	1.068,75	62,00	SEM ACESSO	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-14	574.686,697	7.776.449,072	1.056,05	1.004,72	51,33	1.036,84	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-24	574.421,807	7.776.387,927	1.037,65	1.033,76	3,89	SECO	Monitoramento hidrogeológico		
A-A’	MS-01	574.500,555	7.776.121,056	1.126,906	-	-	-	Não aplicável		
B-B’	MS-02	574.569,932	7.776.149,552	1.127,284	-	-	-	Não aplicável		
B-B’	MS-03	574.546,808	7.776.202,950	1.109,409	-	-	-	Não aplicável		
B-B’	MS-04	574.477,353	7.776.175,052	1.109,710	-	-	-	Não aplicável		
A-A’	MS-05	574.516,529	7.776.272,078	1.079,063	-	-	-	Não aplicável		
Não aplicável	B2-S1	574.542,368	7.776.175,486	1.114,879	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S2	574.610,429	7.776.239,295	1.102,956	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S3	574.468,902	7.776.212,427	1.094,197	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S4	574.517,197	7.776.290,024	1.071,274	-	-	-	Não aplicável		
	MV	574.425,322	7.776.431,715	1.013,211	-	-	-	Não aplicável		

1- Instrumentos automatizados.
2- Leitura automatizada abaixo da cota de fundo, considerado seco.

6.2.3.1 Leituras Instrumentação

As leituras dos níveis nos INA's e PZ's eram realizadas semanalmente e passaram a ser a cada dois dias após o início das obras de descaracterização da estrutura. Os deslocamentos dos Marcos Superficiais são aferidos quinzenalmente. Já os piezômetros automatizados realizam um monitoramento constante com registro de leituras a cada 2 horas. As leituras na placa indicadora de vazão são realizadas diariamente.

- **Indicadores de Nível d'Água e Piezômetros**

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para cada instrumento abrangendo dois anos hidrológicos, no período entre 10/2022 e 10/2024, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Ressalta-se que o reservatório se encontra sem lago. Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

a) Referências do topo e base de cada instrumento;
b) Leituras do nível de água do instrumento;
c) Pluviometria mensal na região da barragem;
d) Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições de atenção, alerta e emergência.

De acordo com os registros quinzenais de monitoramento dos INA's e PZ's, a freática está em geral, deprimida na região do reservatório da barragem desde meados do ano de 2016. Com a impermeabilização do reservatório e instalação dos dispositivos formais de drenagem superficial nas bermas, pode-se observar uma redução das leituras verificadas na instrumentação na estrutura durante o ano de 2023 até meados de 2024, quando foi removida a geomembrana do reservatório para dar início às obras de descaracterização da estrutura.

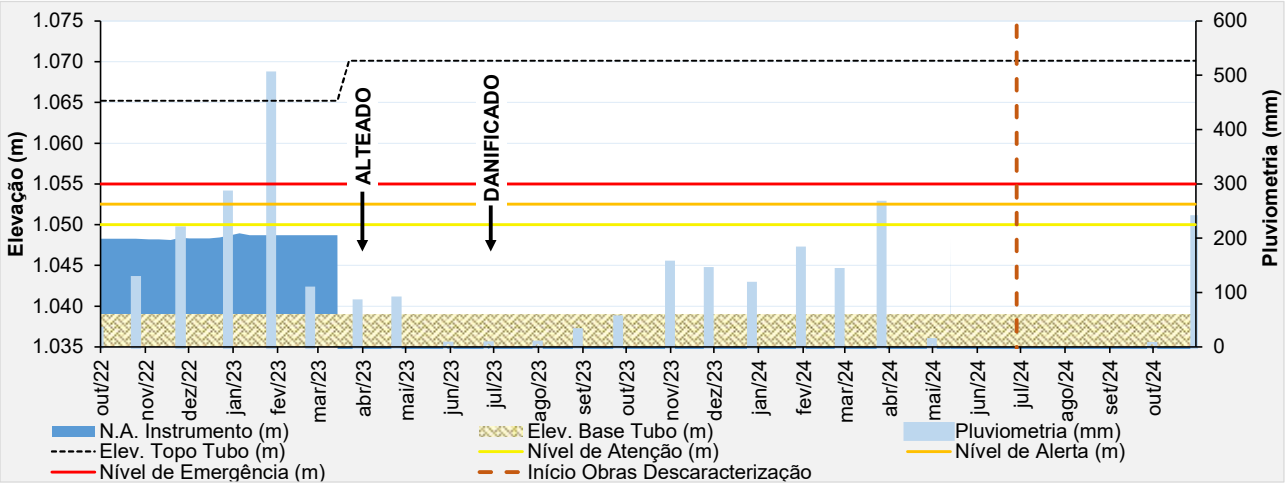


Figura 6.25 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01 (Danificado).

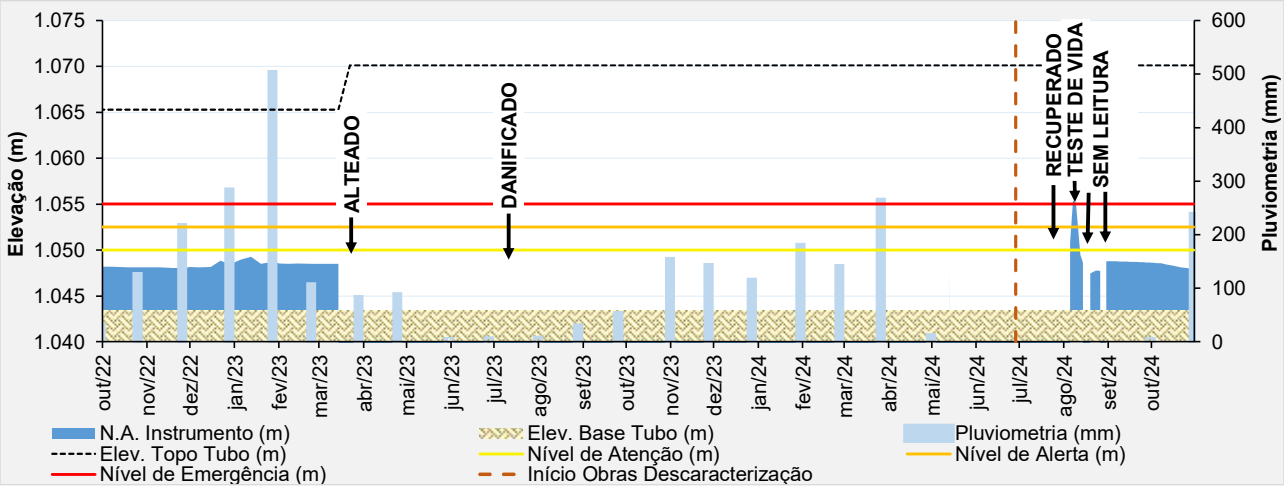


Figura 6.26 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01A.

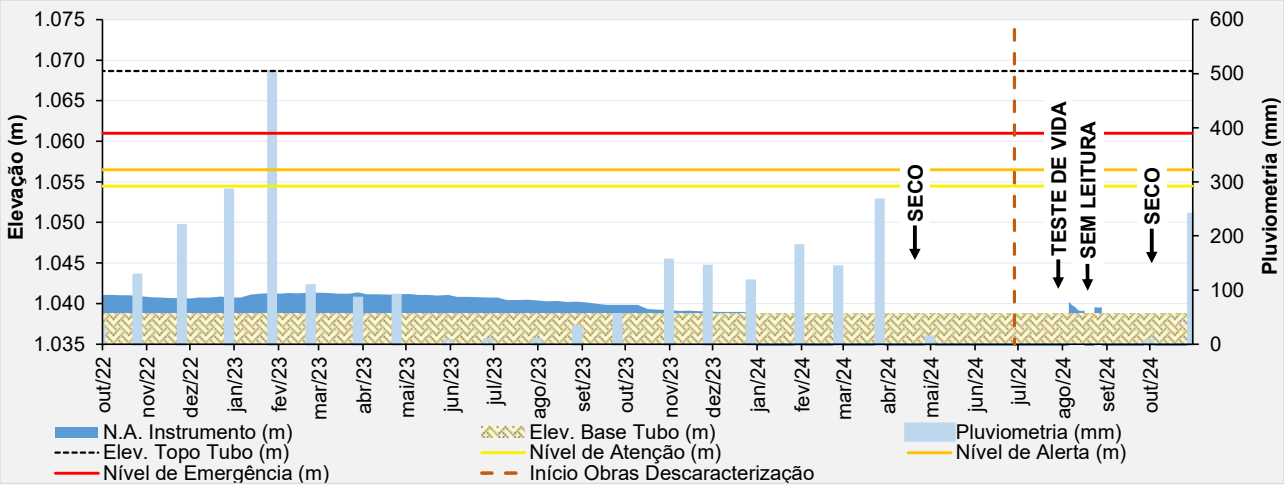


Figura 6.27 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-02.

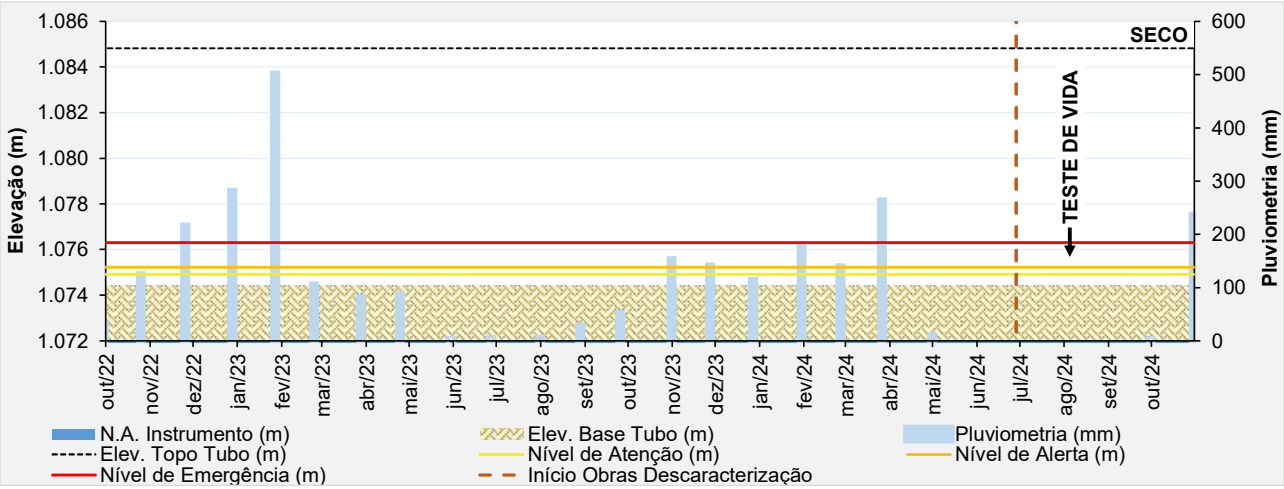


Figura 6.28 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03.

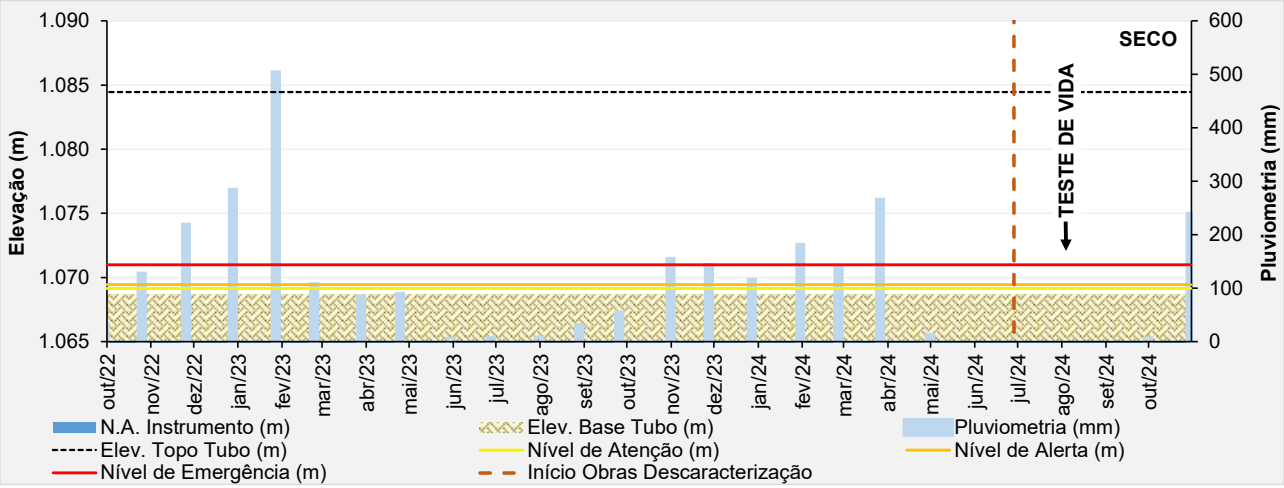


Figura 6.29 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-04.

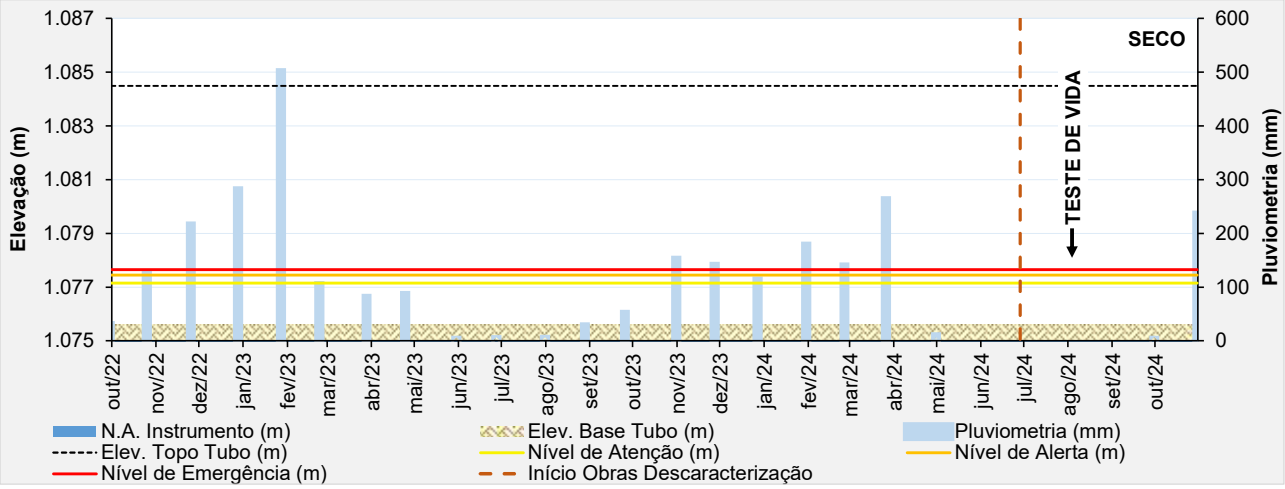


Figura 6.30 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05.

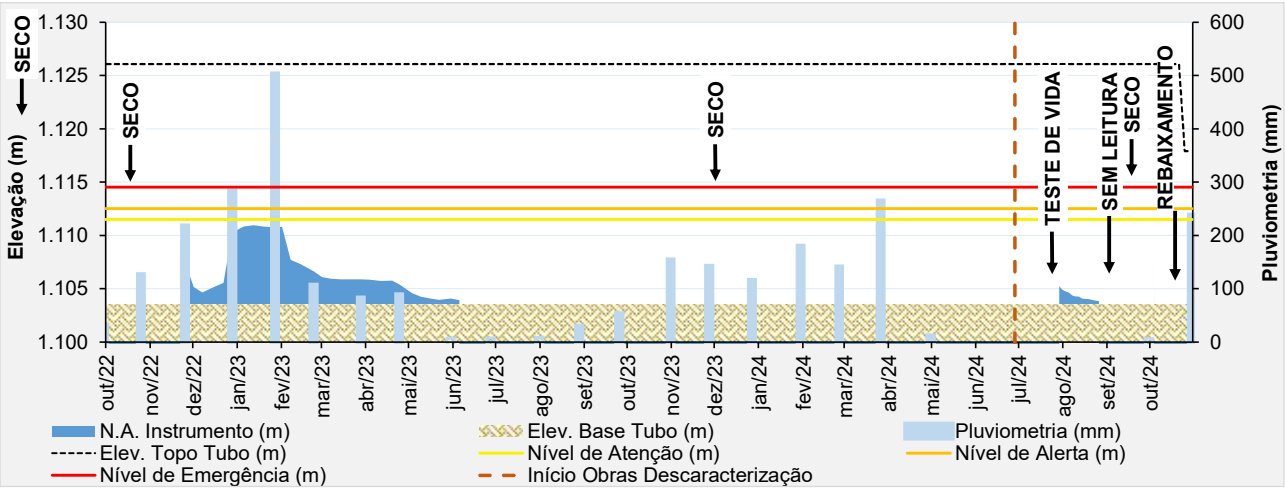


Figura 6.31 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05B.

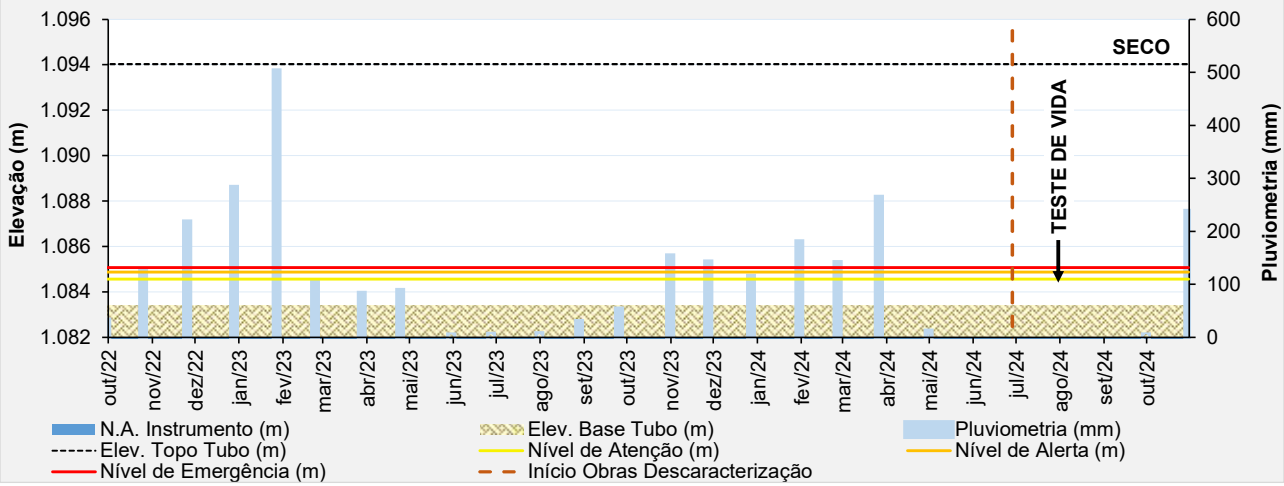


Figura 6.32 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-06.

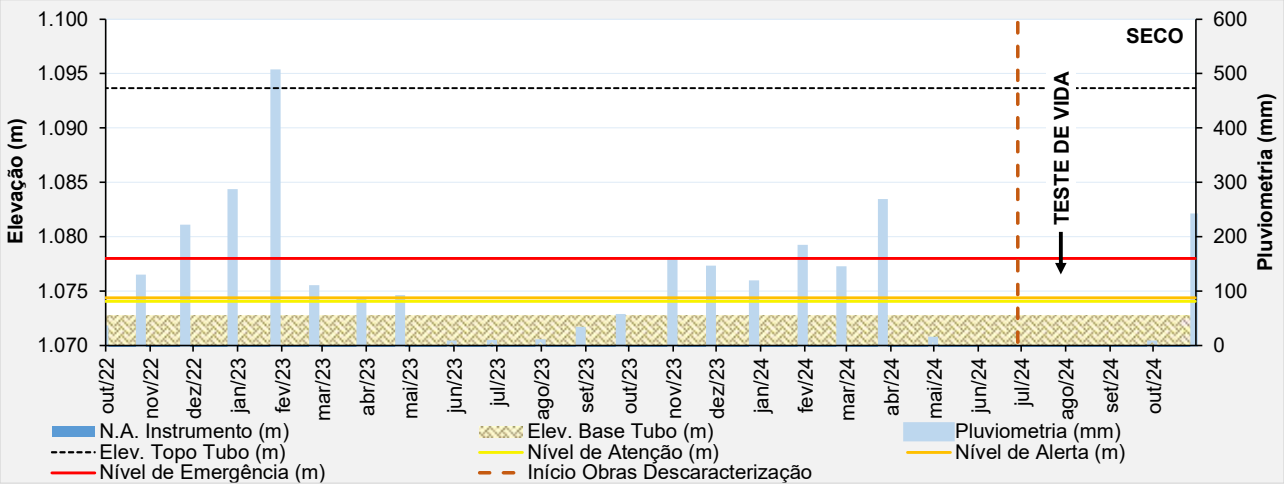


Figura 6.33 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07.

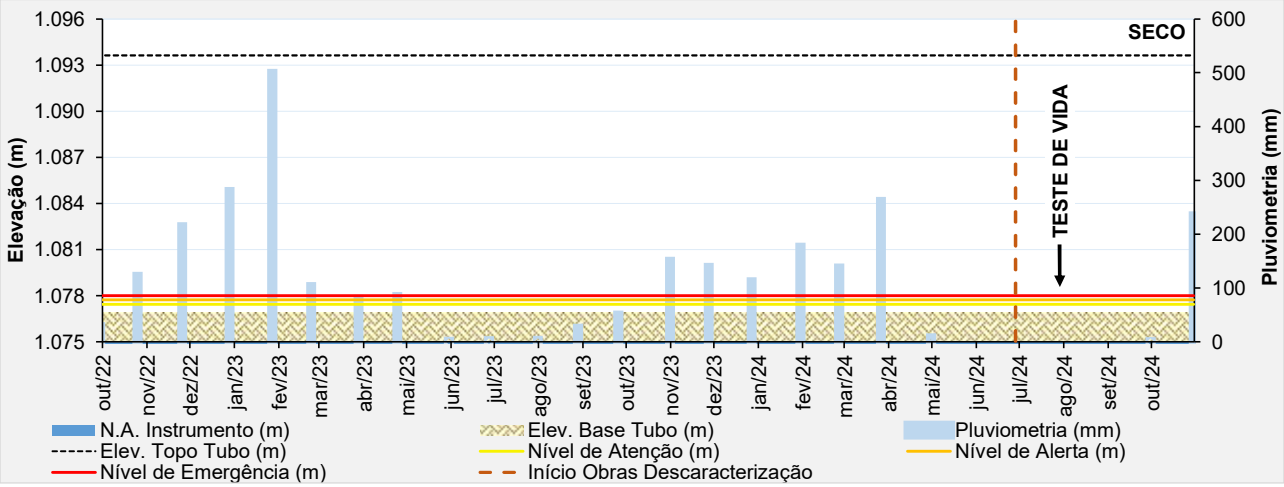


Figura 6.34 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07A.

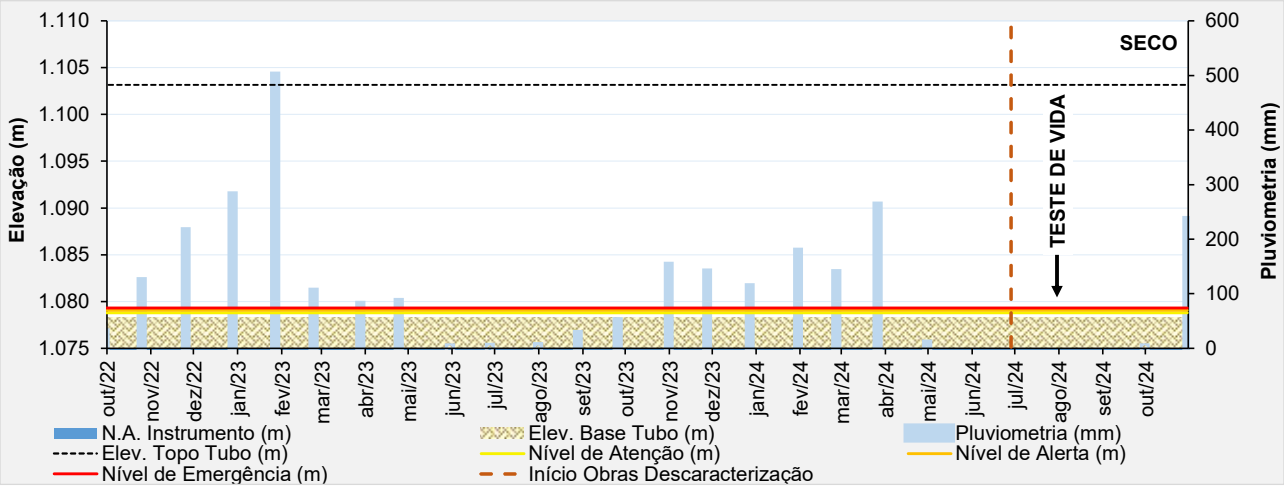


Figura 6.35 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10.

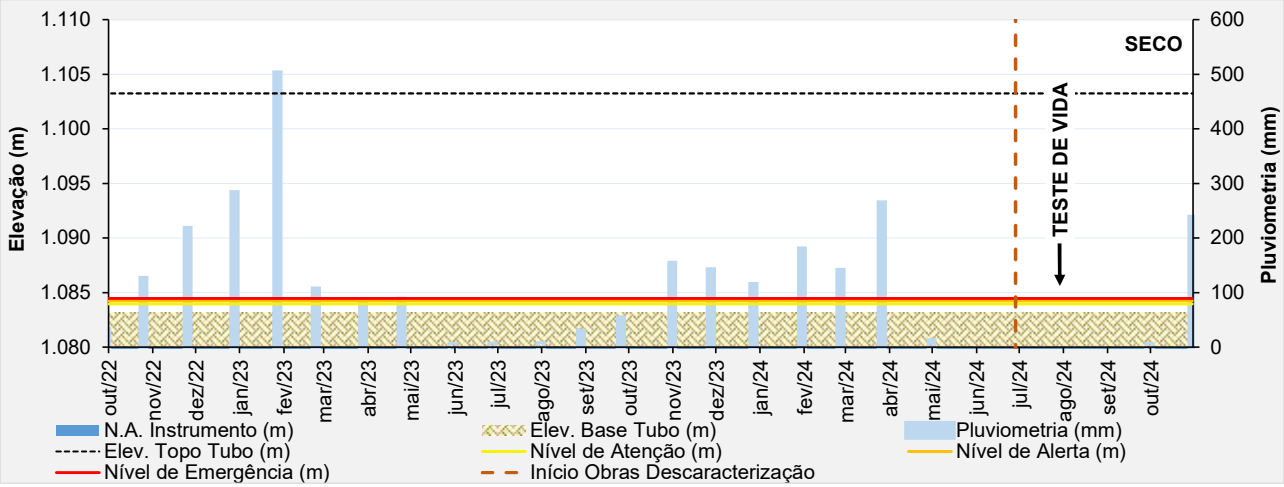


Figura 6.36 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10A.

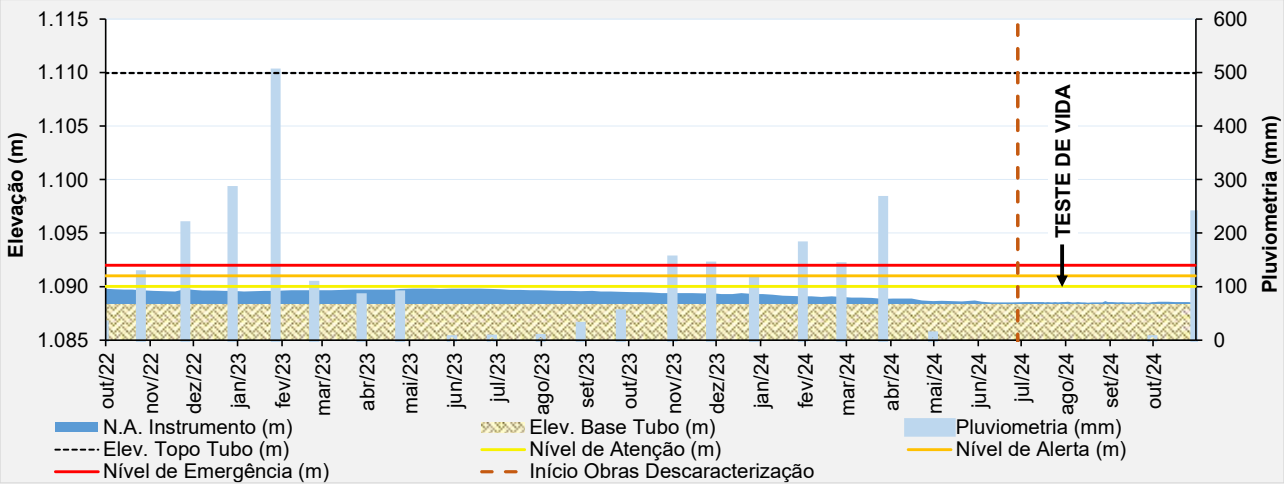


Figura 6.37 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-12.

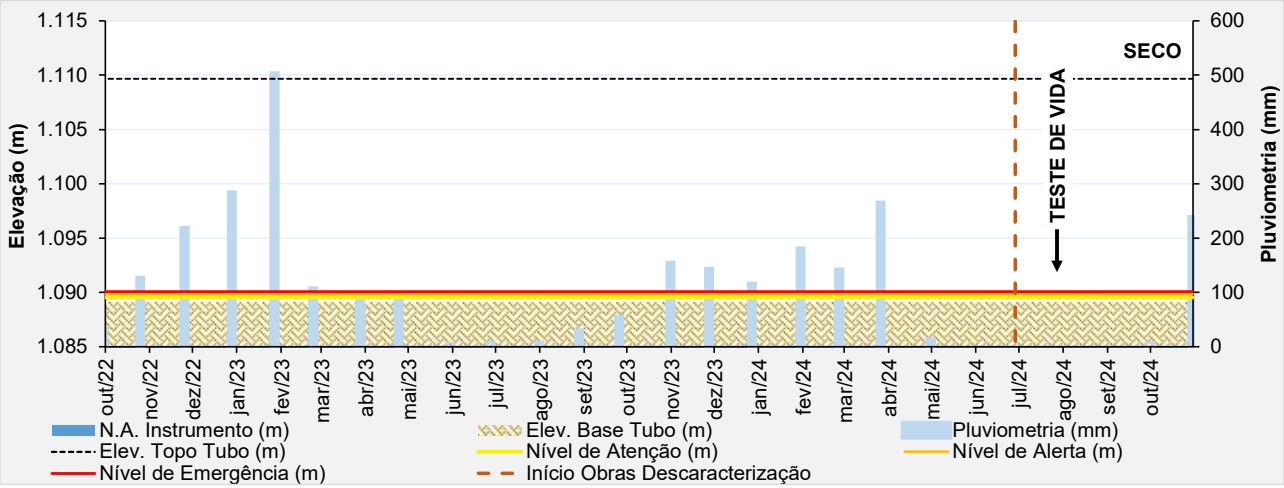


Figura 6.38 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-13.

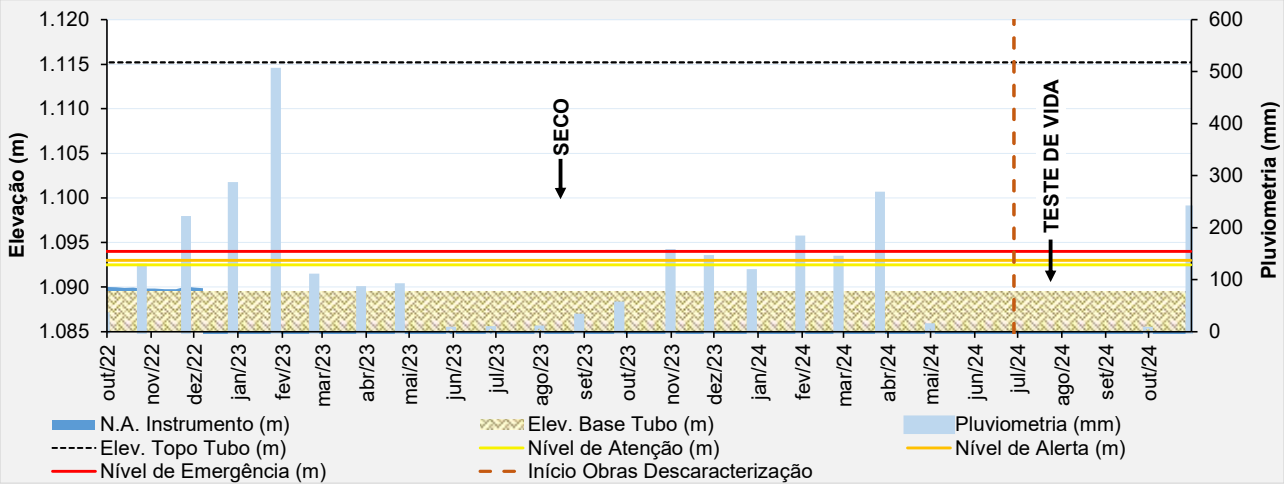


Figura 6.39 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-15.

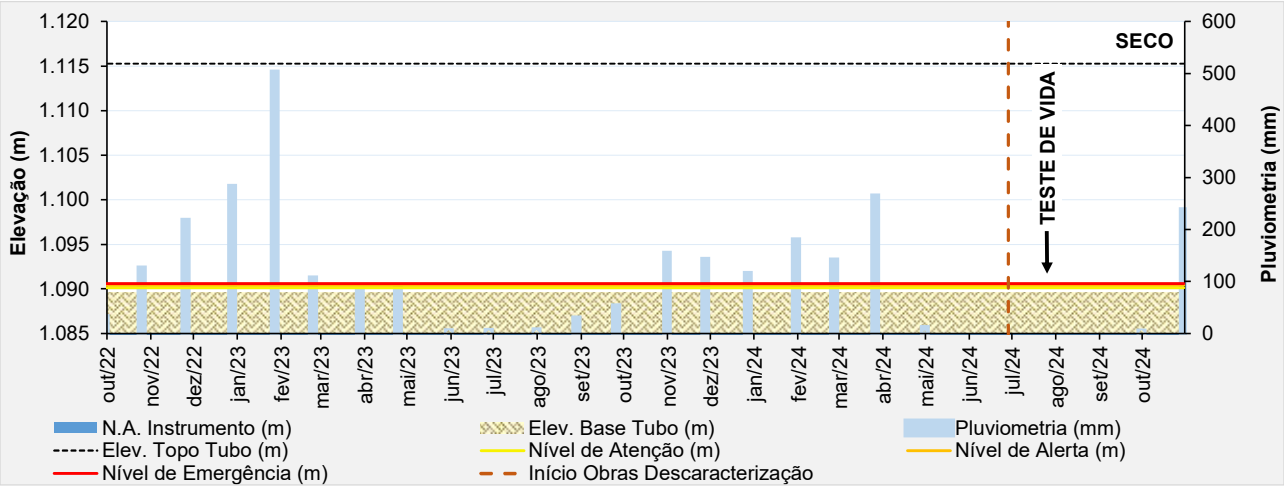


Figura 6.40 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-16.

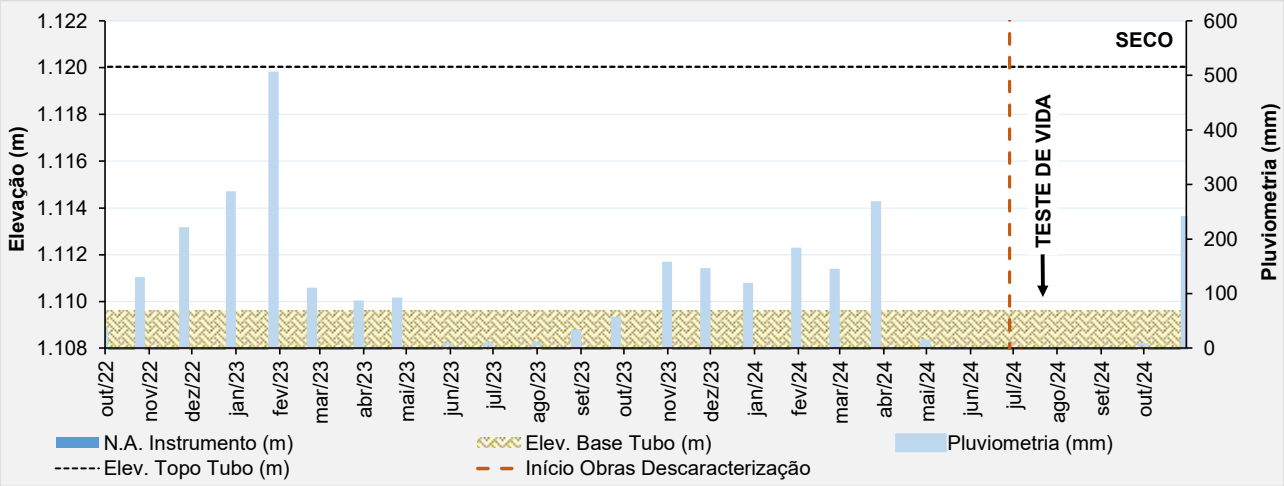


Figura 6.41 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-18.

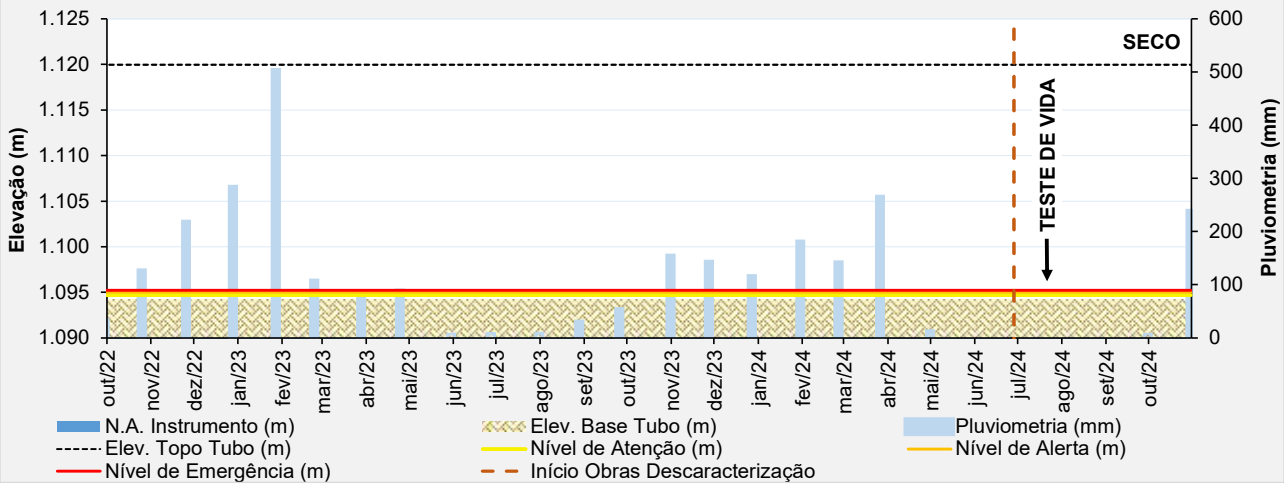


Figura 6.42 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-19.

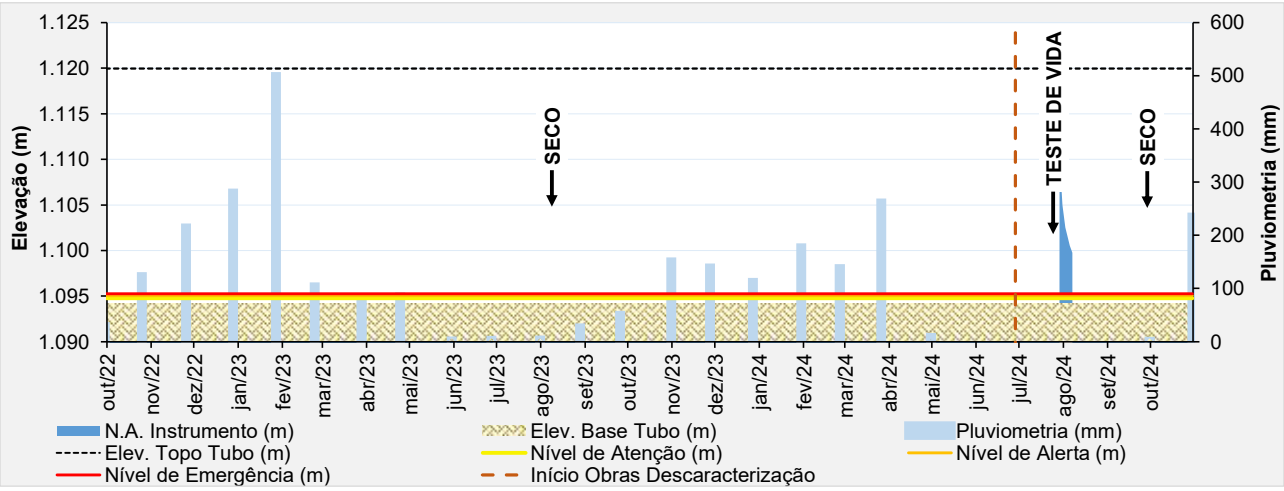


Figura 6.43 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-20.

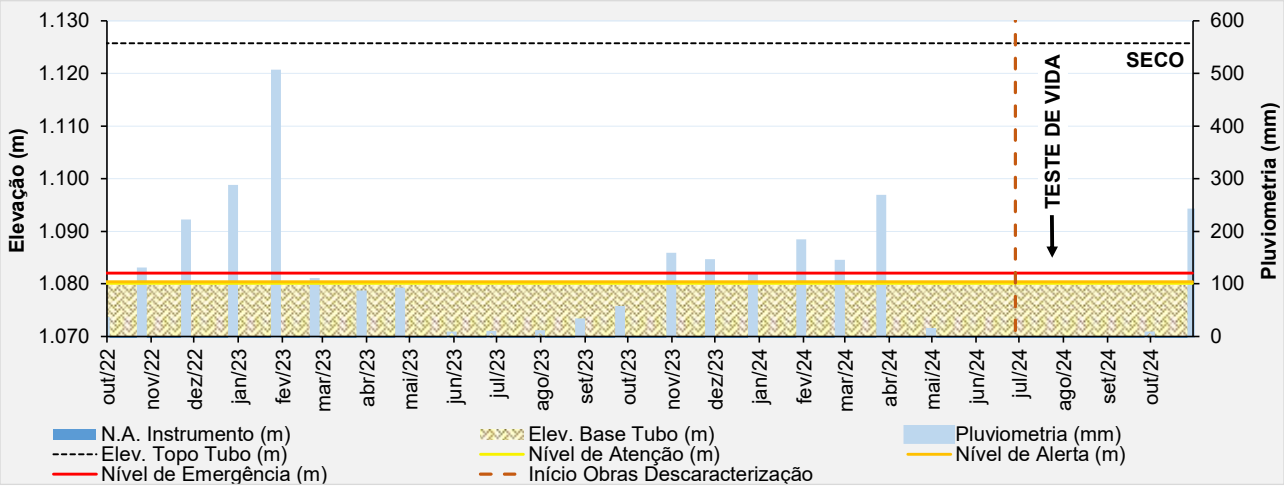


Figura 6.44 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-23.

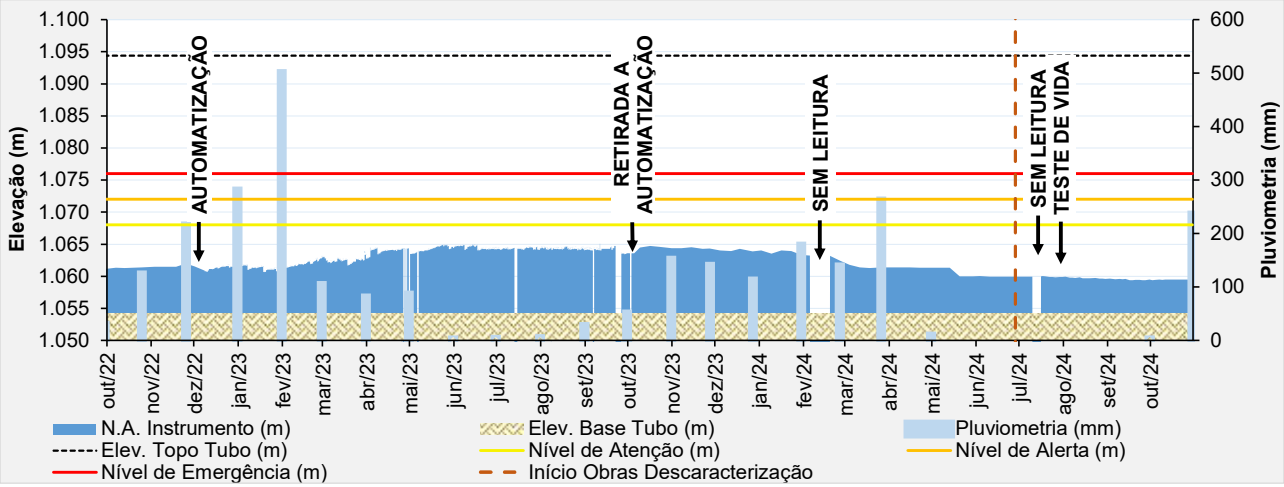


Figura 6.45 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-24.

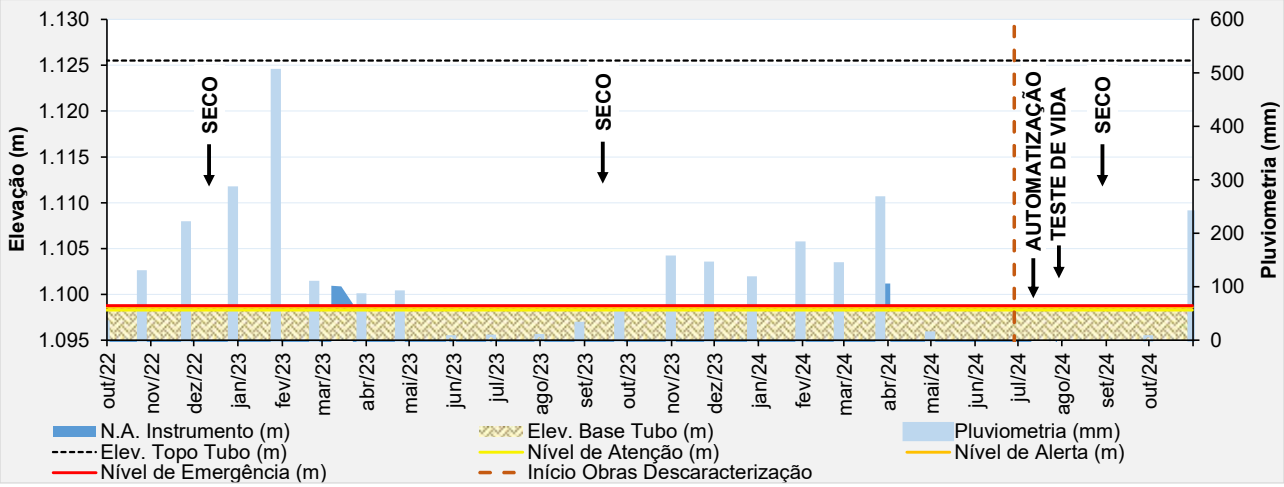


Figura 6.46 – Desempenho do indicador de nível d'água automatizado – INA-25.

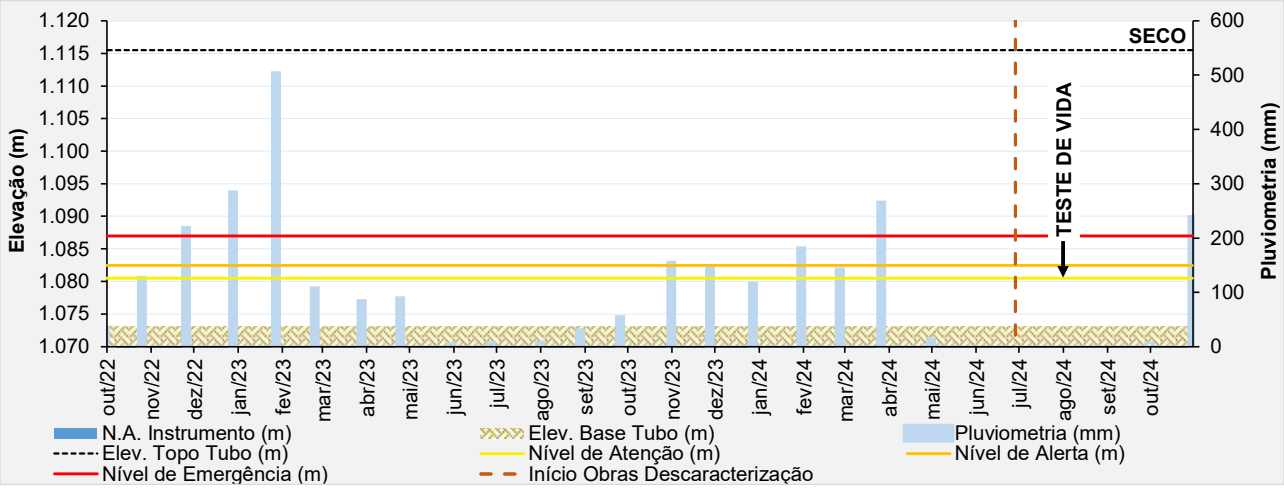


Figura 6.47 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-26.

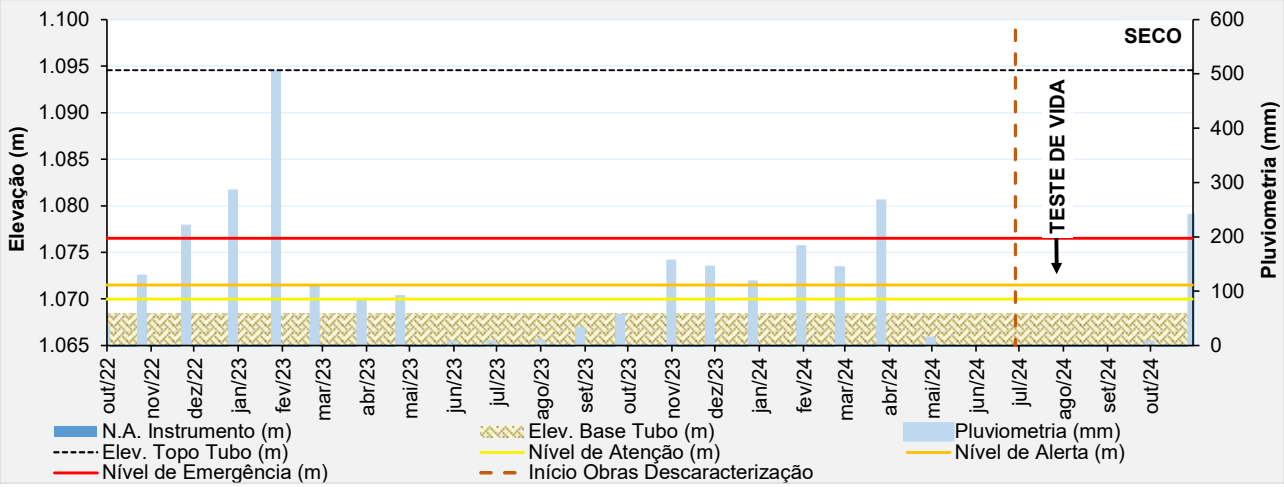


Figura 6.48 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-27.

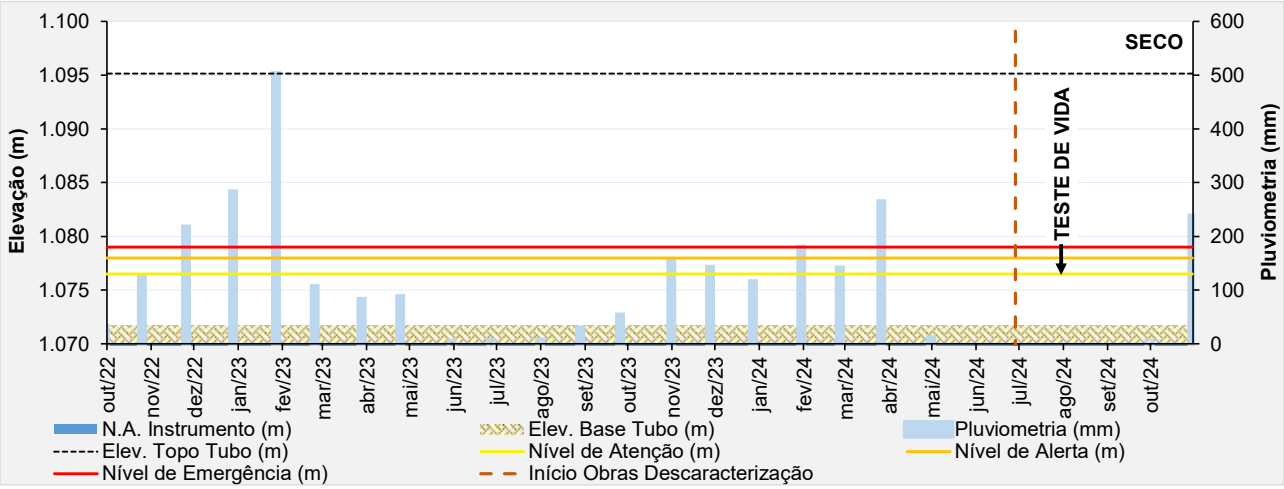


Figura 6.49 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-28.

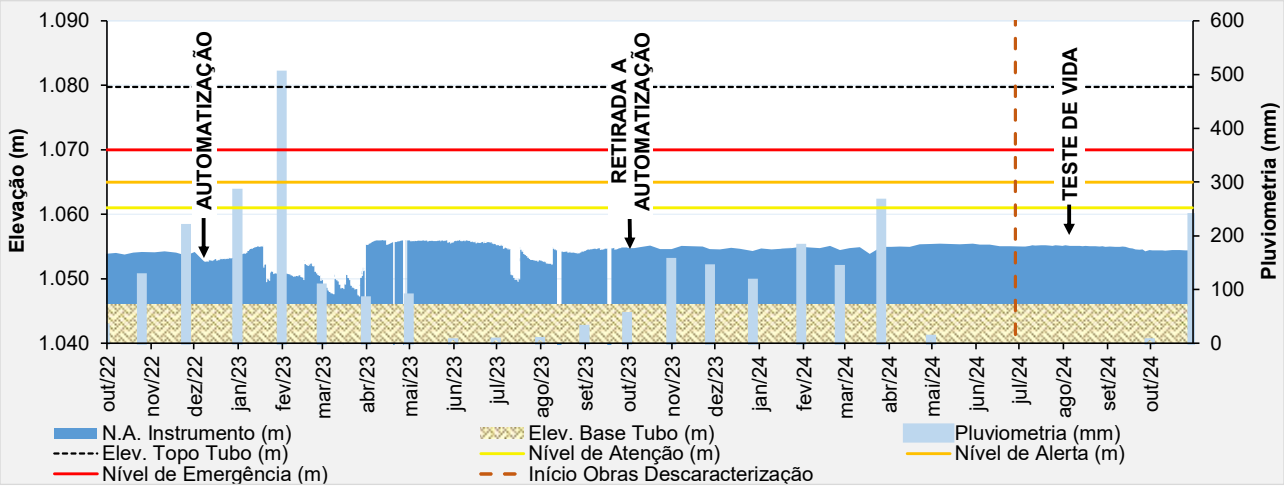


Figura 6.50 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-29.

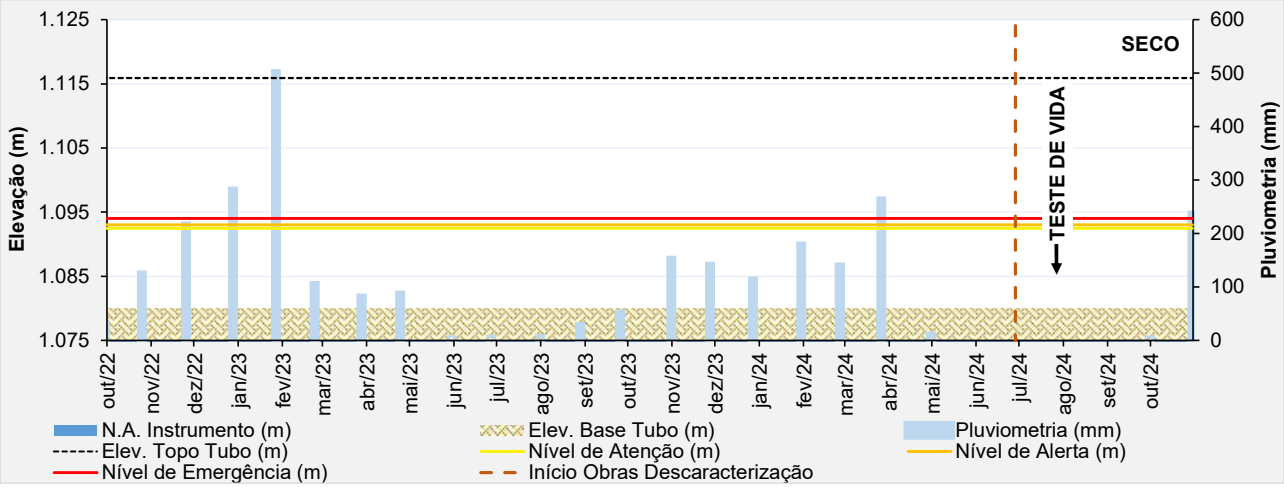


Figura 6.51 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-30.

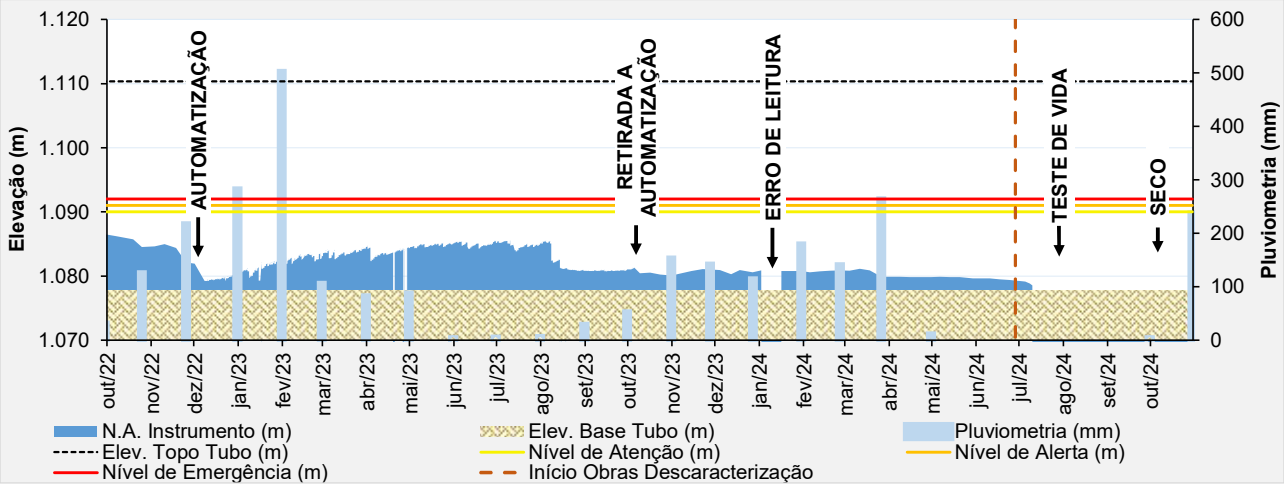


Figura 6.52 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-31.

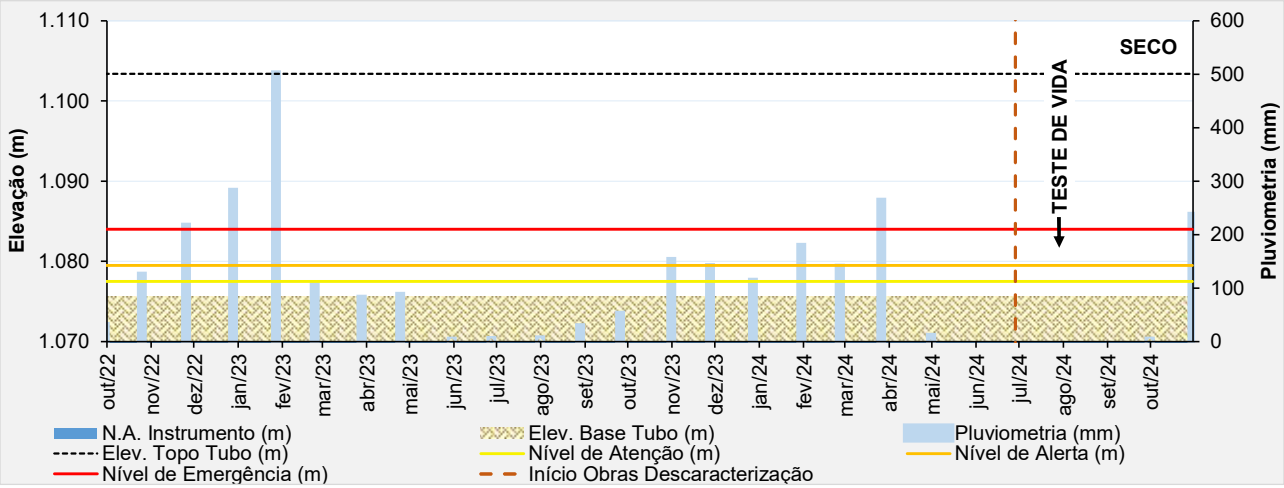


Figura 6.53 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-32.

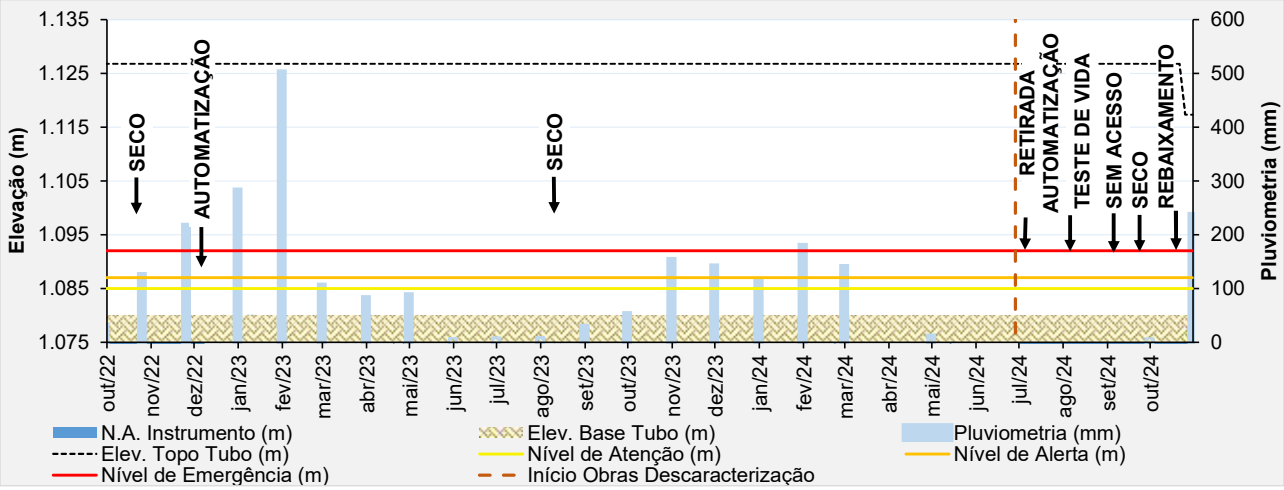


Figura 6.54 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-33.

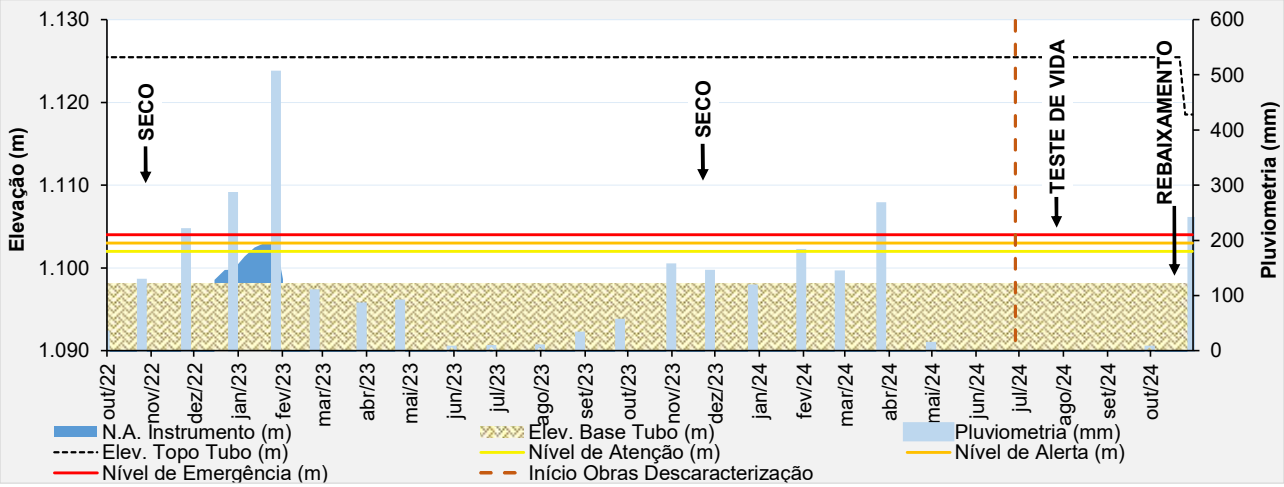


Figura 6.55 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-34.

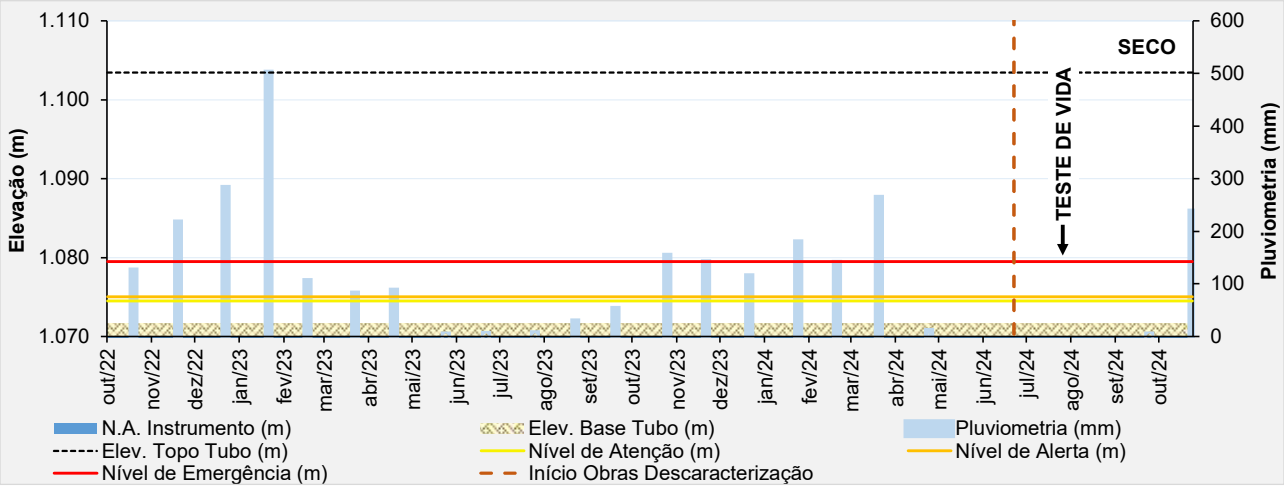


Figura 6.56 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-35.

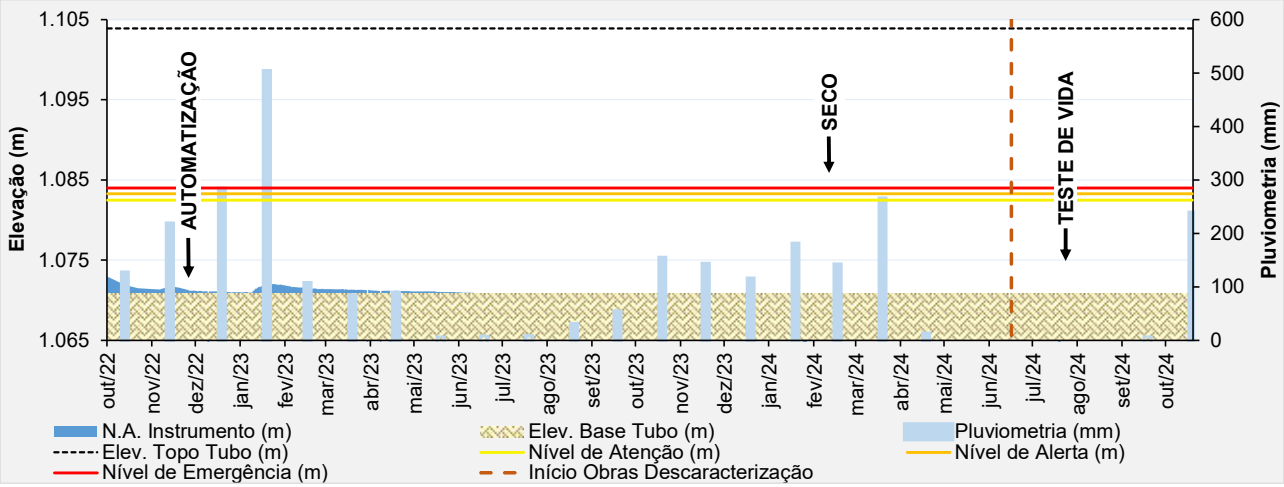


Figura 6.57 – Desempenho do indicador de nível d'água autmoatizado – INA-36.

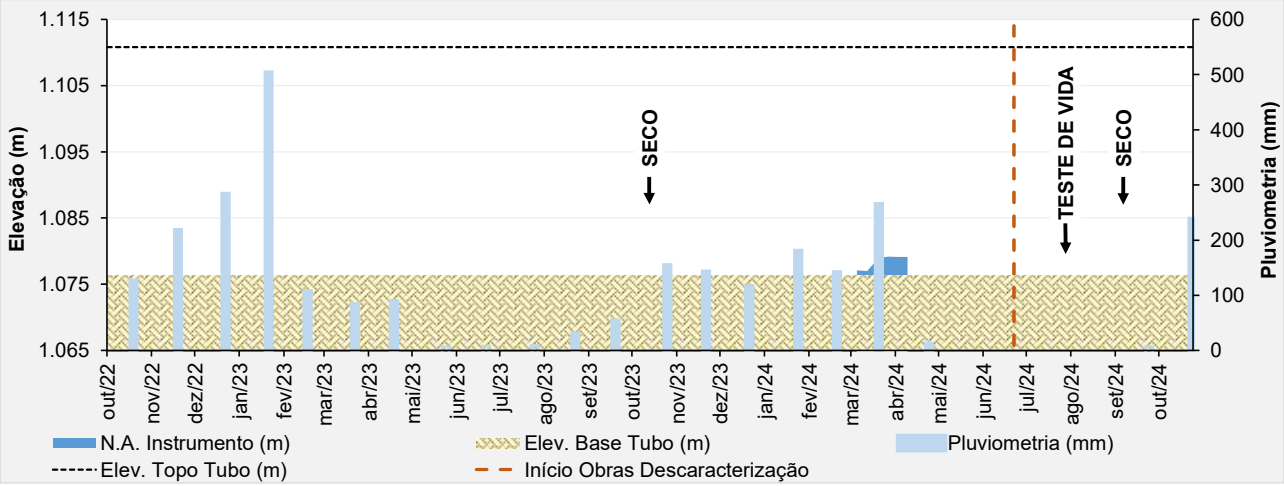


Figura 6.58 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-37.

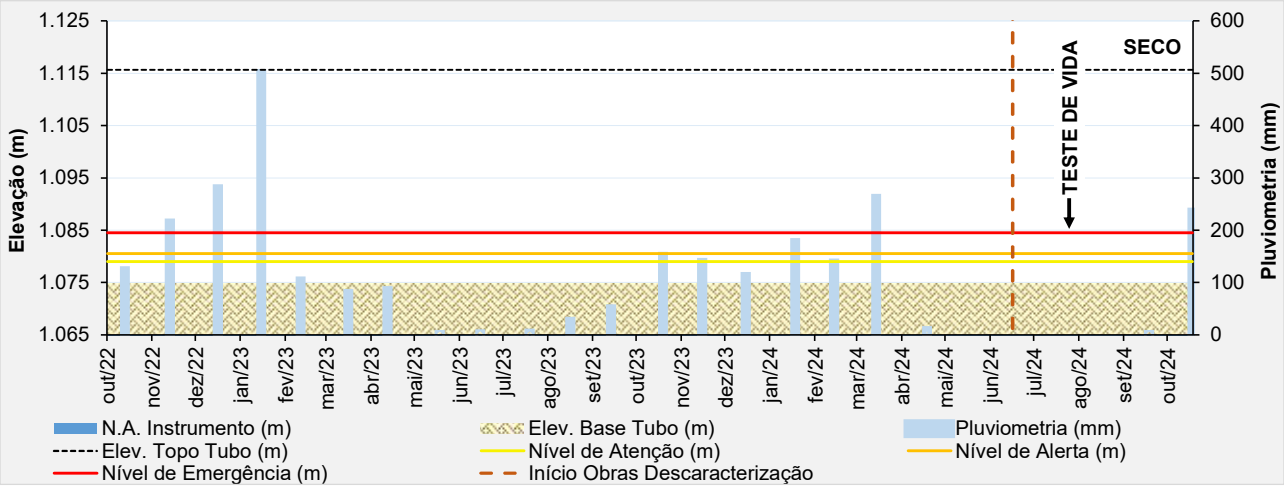


Figura 6.59 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-38.

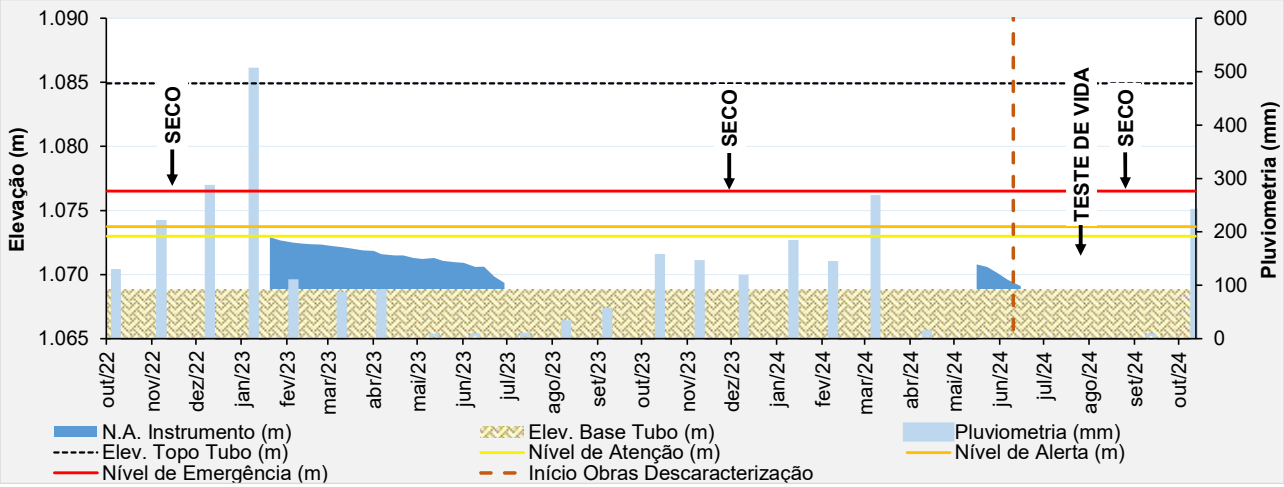


Figura 6.60 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-39.

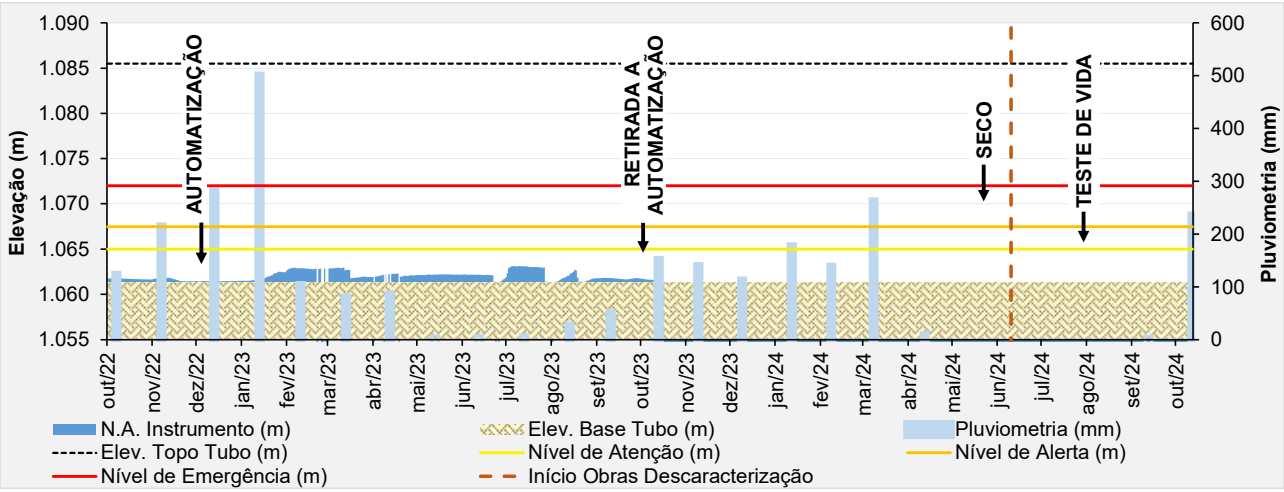


Figura 6.61 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-40.

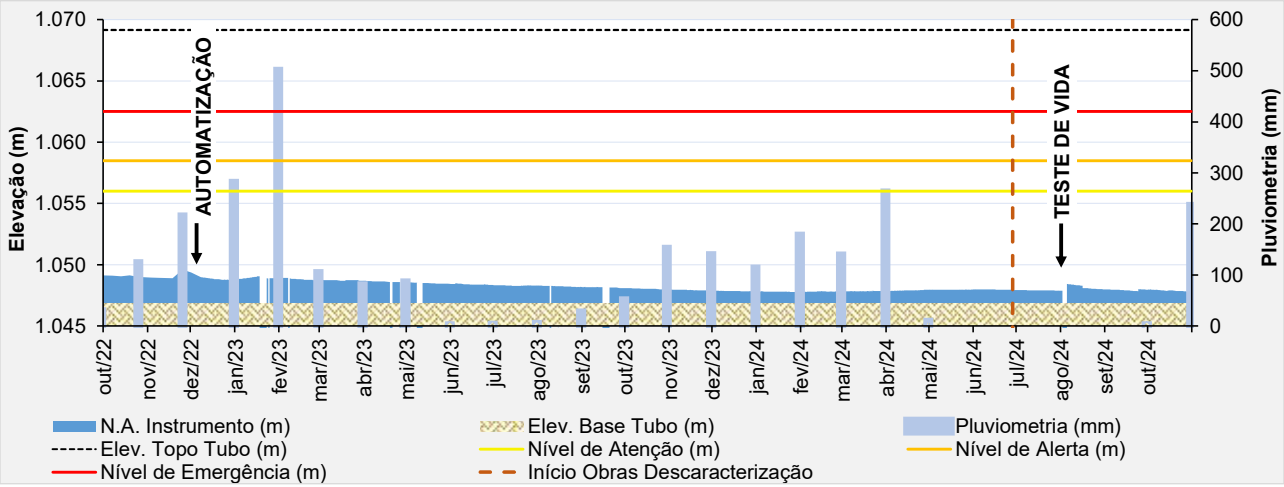


Figura 6.62 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-01.

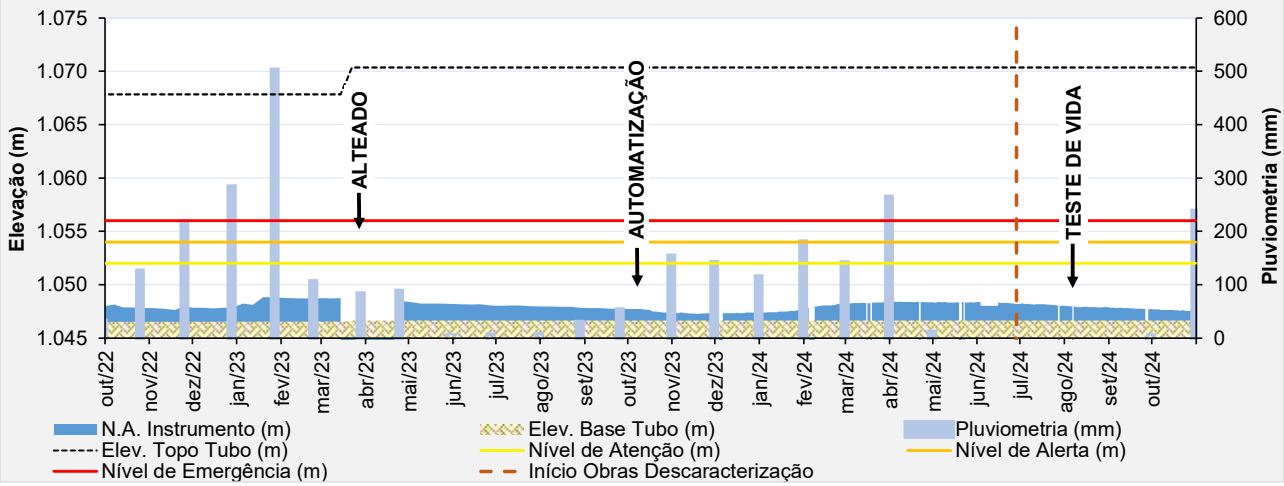


Figura 6.63 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-02.

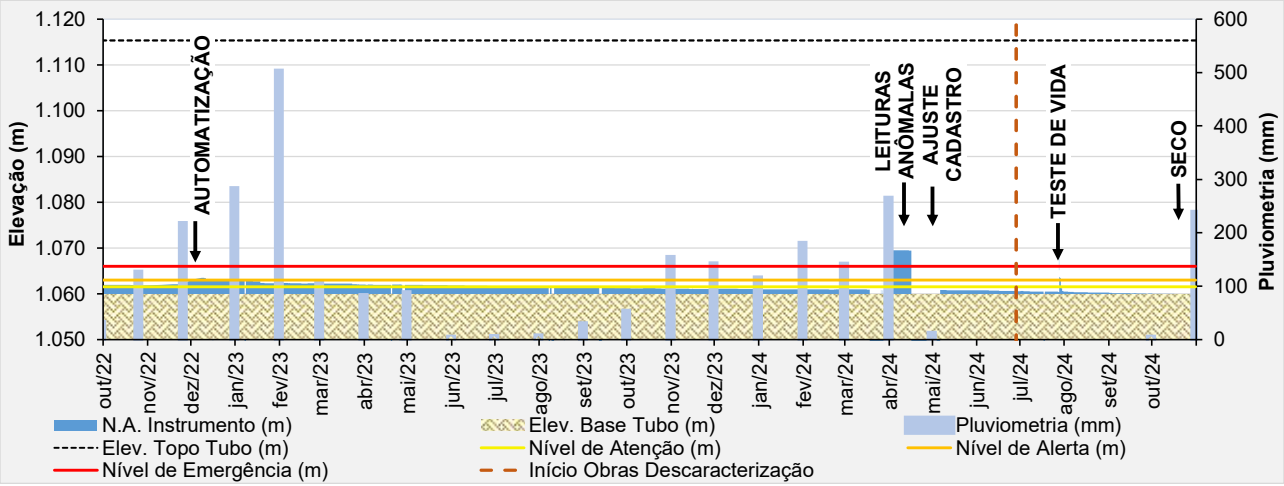


Figura 6.64 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-03.

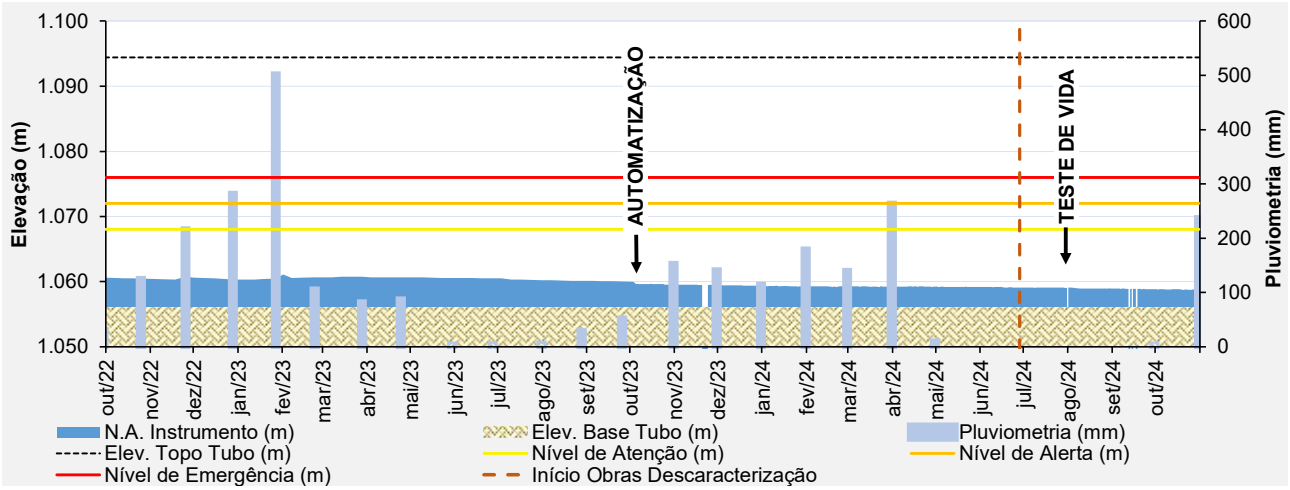


Figura 6.65 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-04.

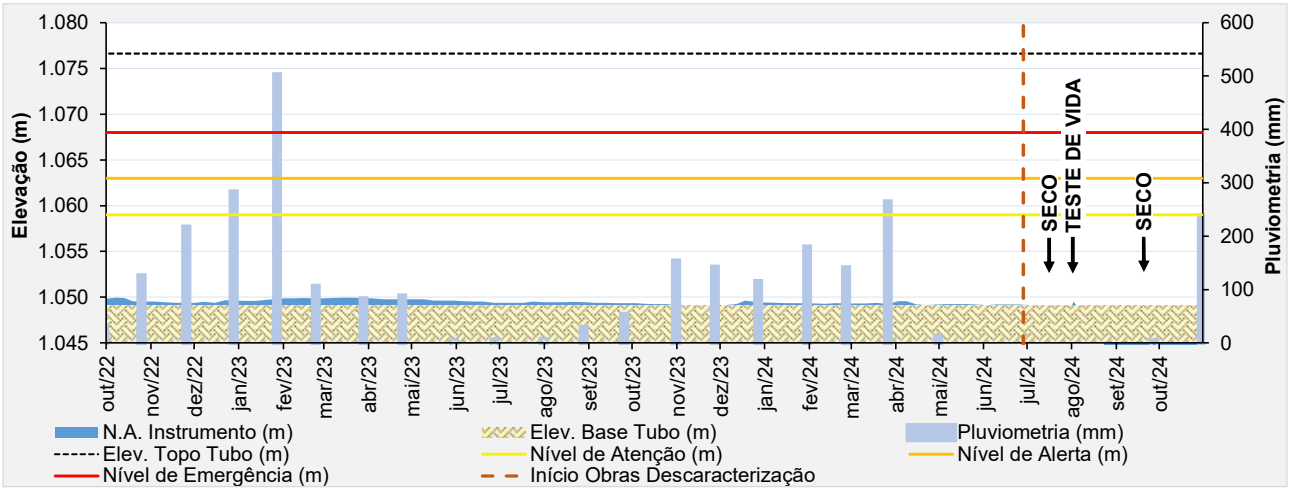


Figura 6.66 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-05.

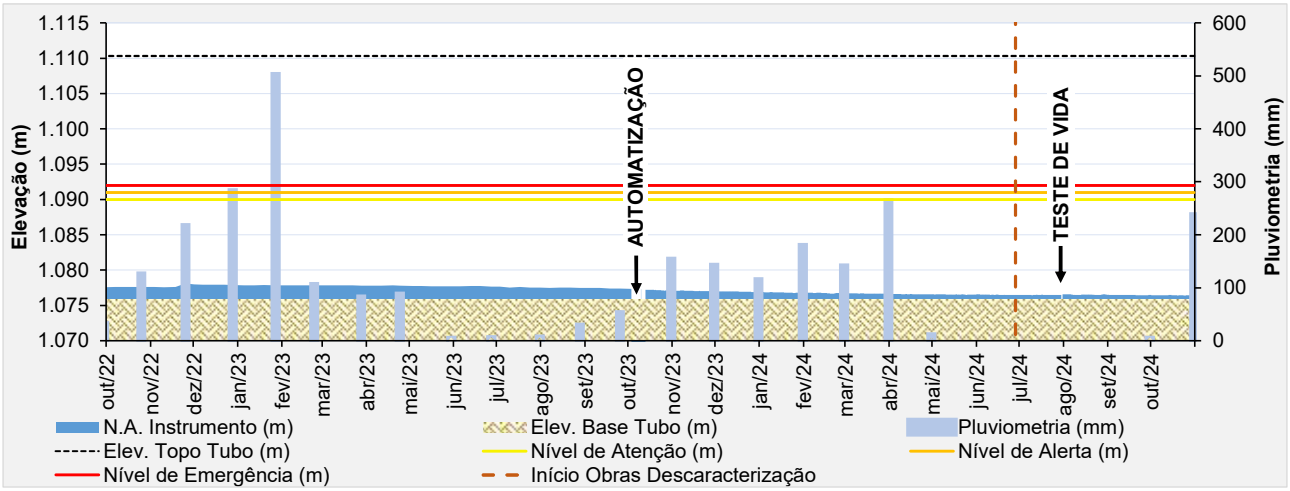


Figura 6.67 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-06.

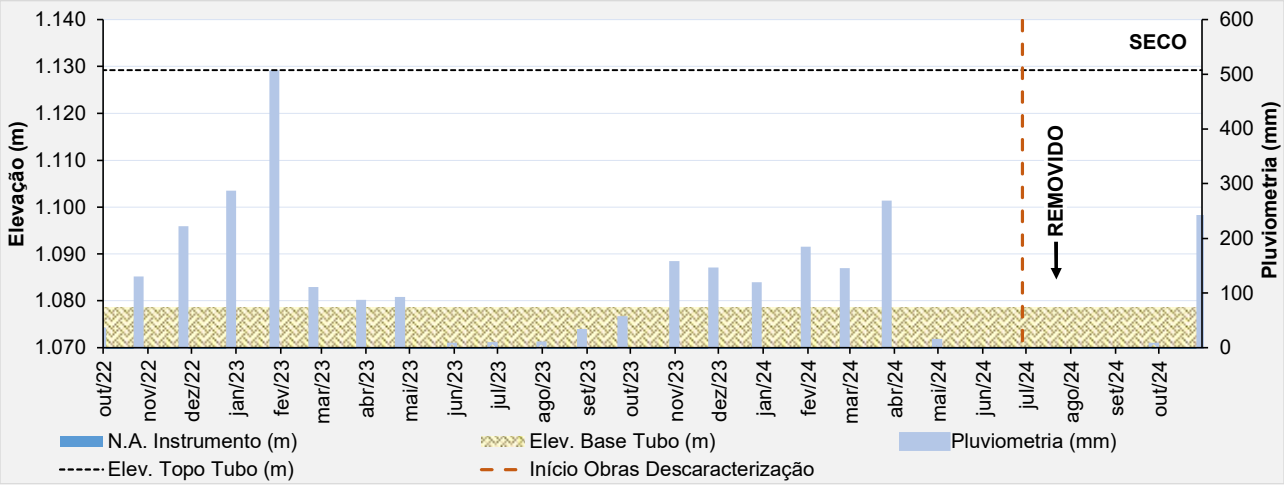


Figura 6.68 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-07 (removido).

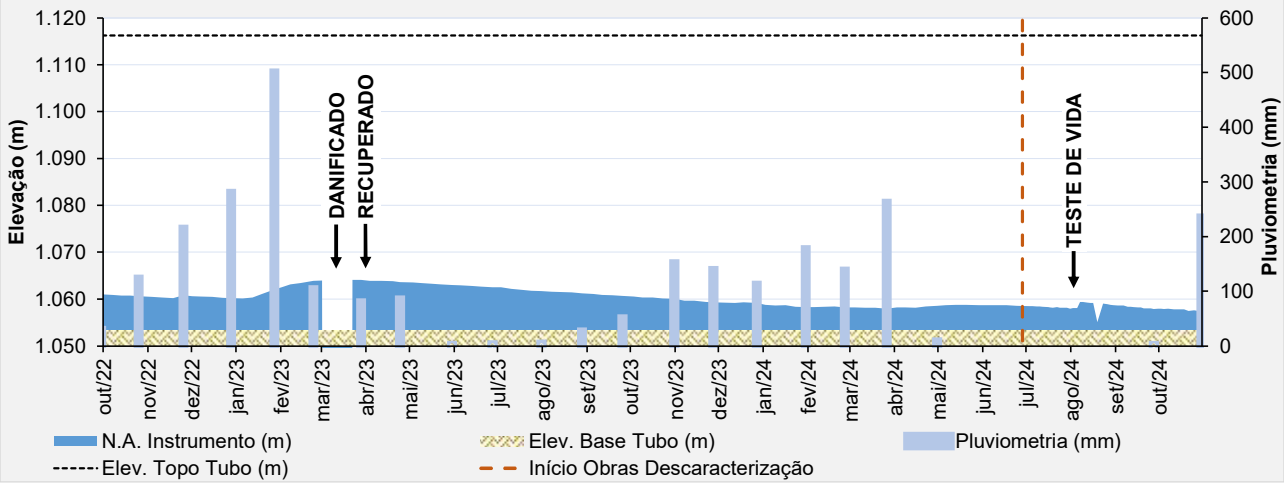


Figura 6.69 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-08.

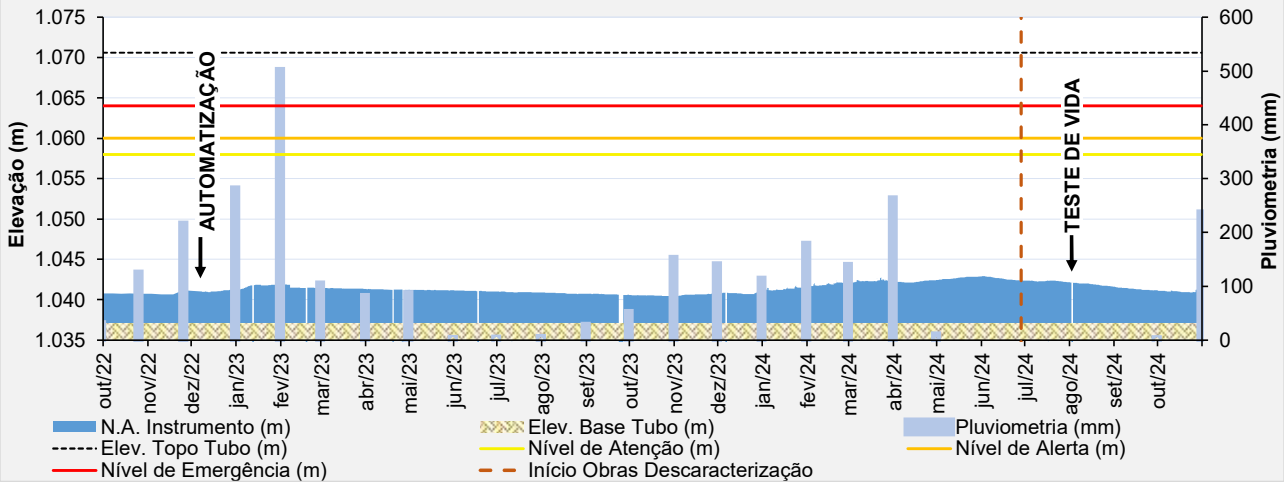


Figura 6.70 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-09.

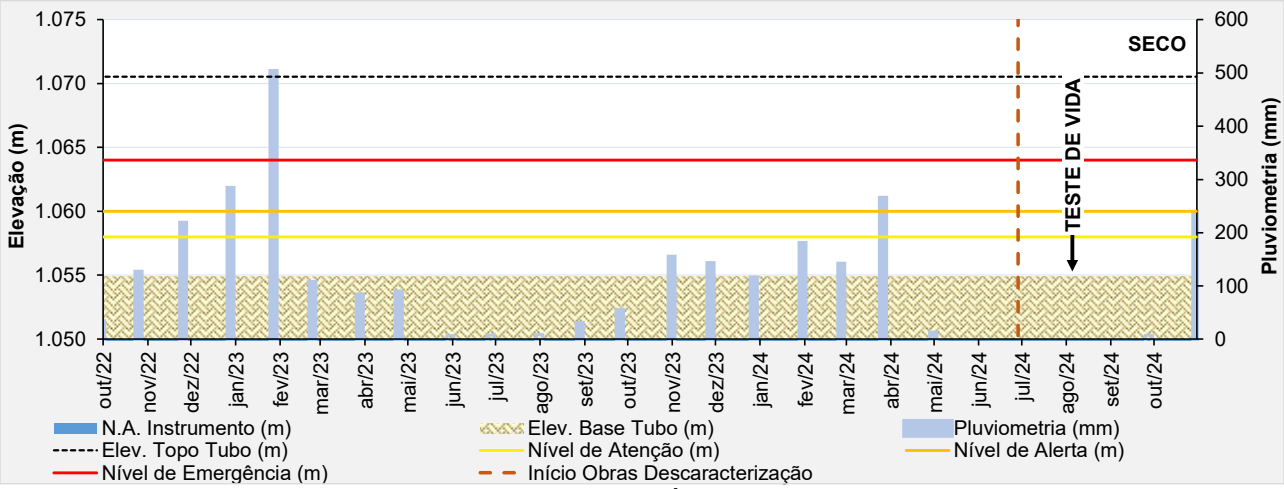


Figura 6.71 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-10.

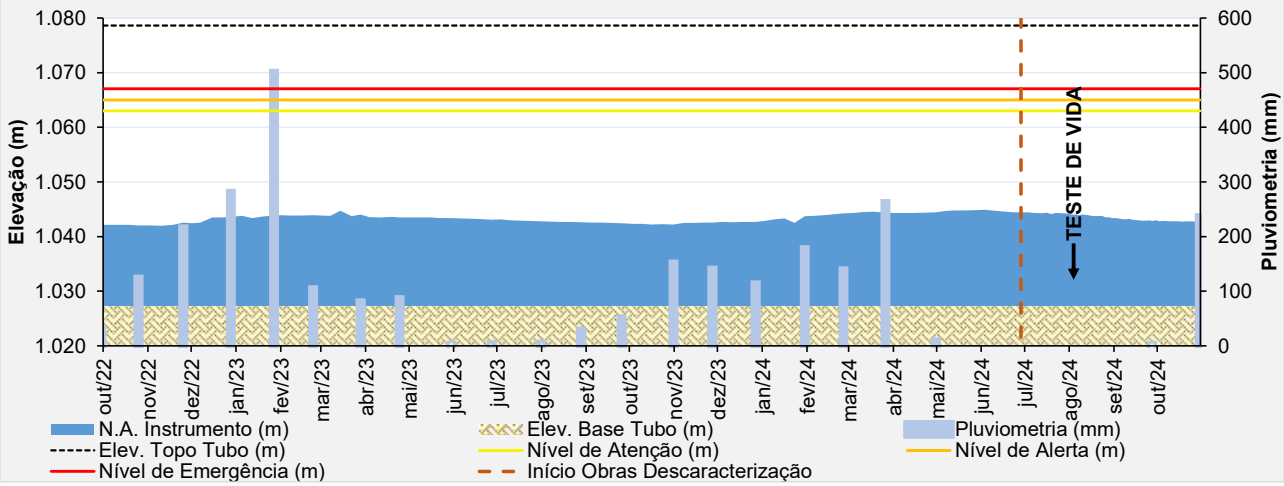


Figura 6.72 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-11.

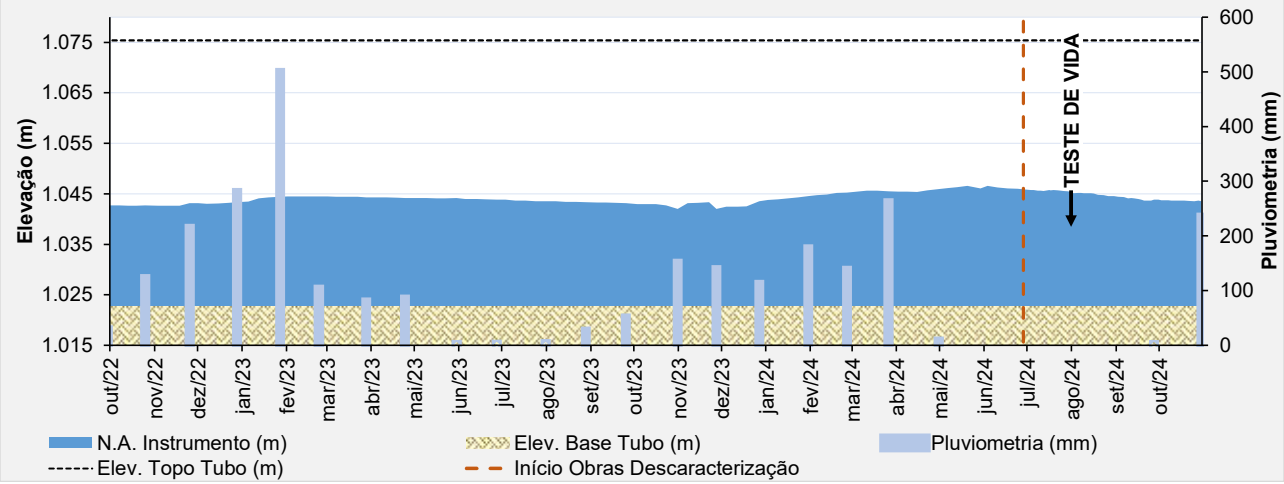


Figura 6.73 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-12.

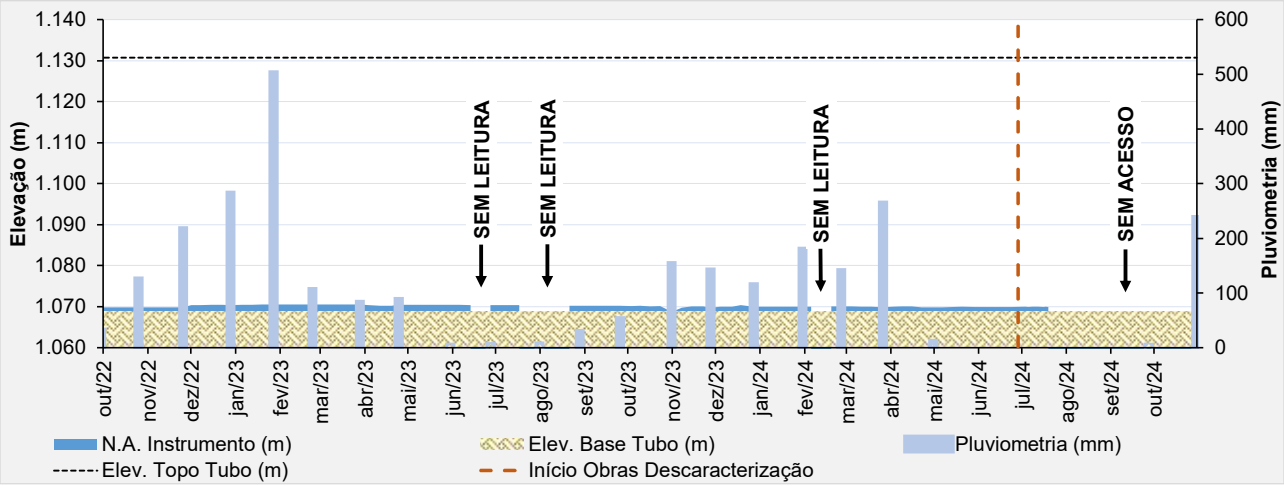


Figura 6.74 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-13 (sem acesso).

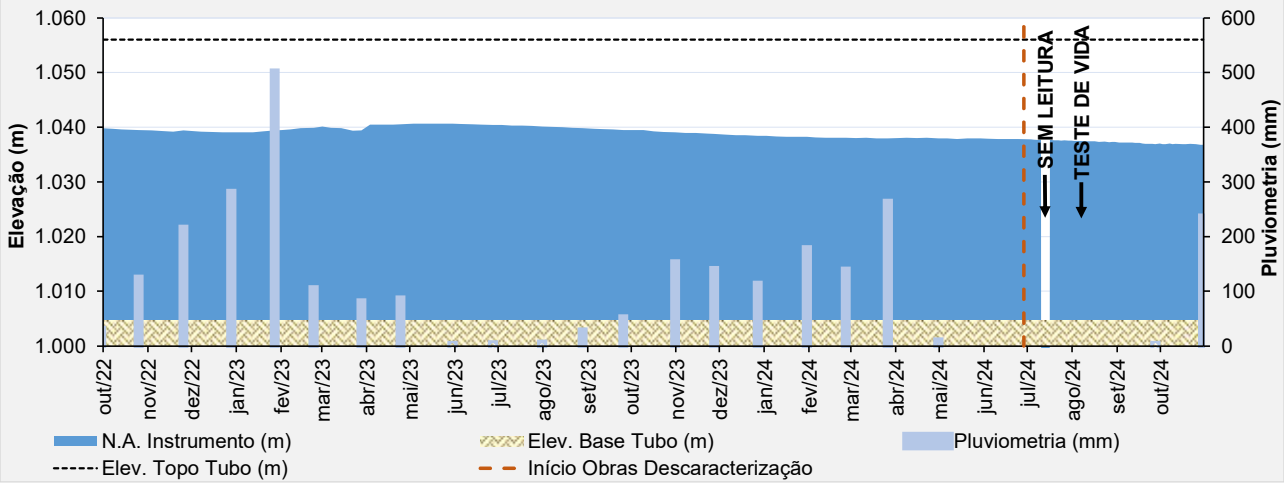


Figura 6.75 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-14.

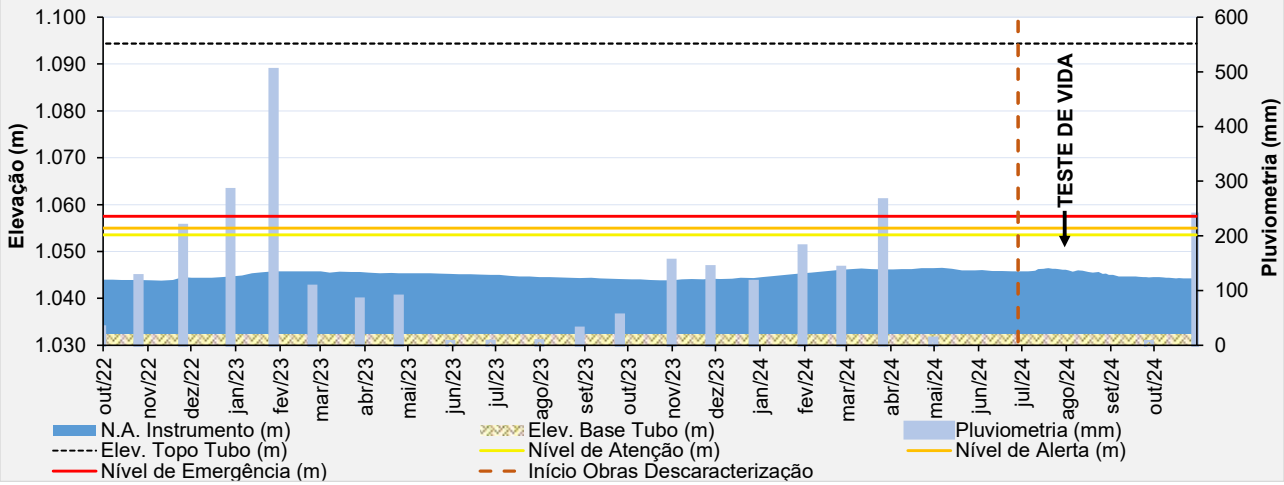


Figura 6.76 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-15.

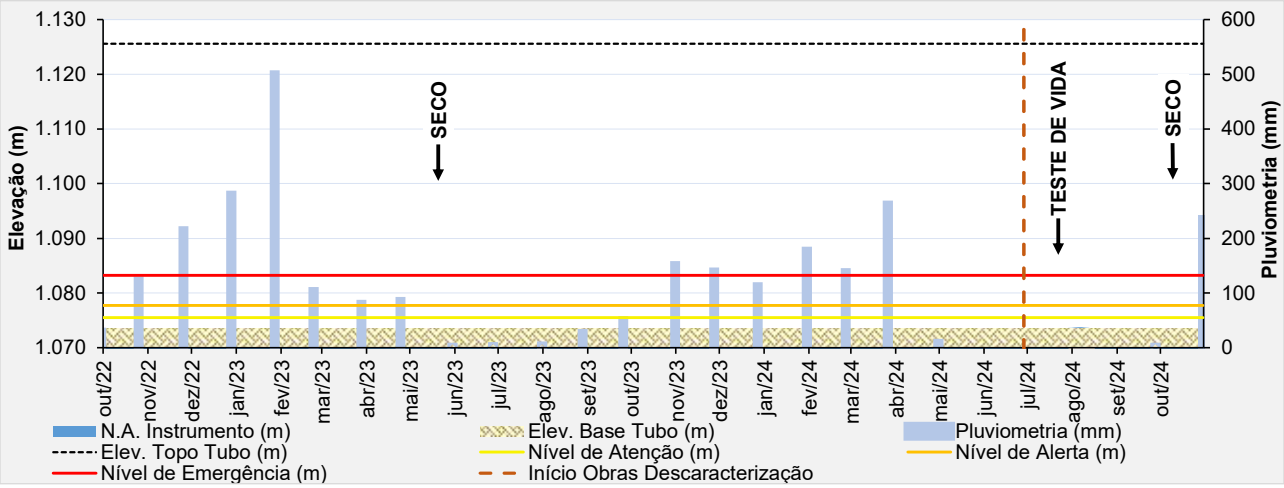


Figura 6.77 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-16.

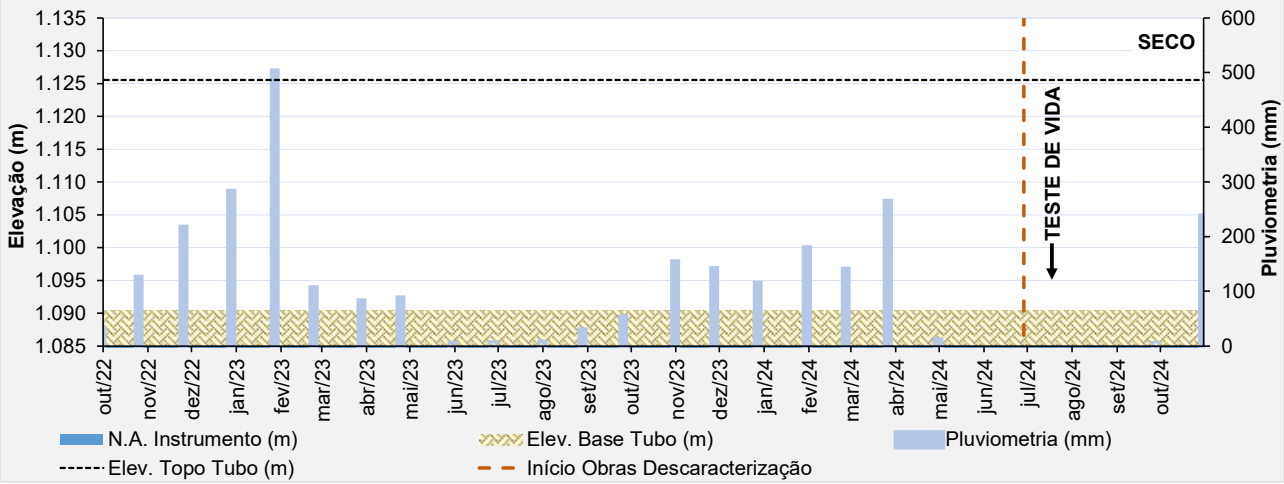


Figura 6.78 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-17.

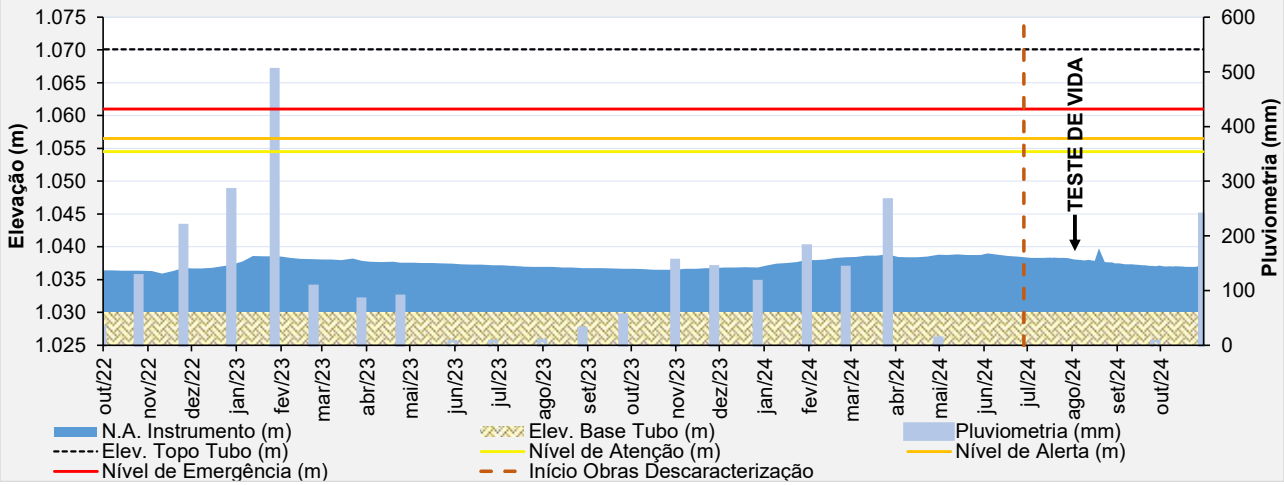


Figura 6.79 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-18.

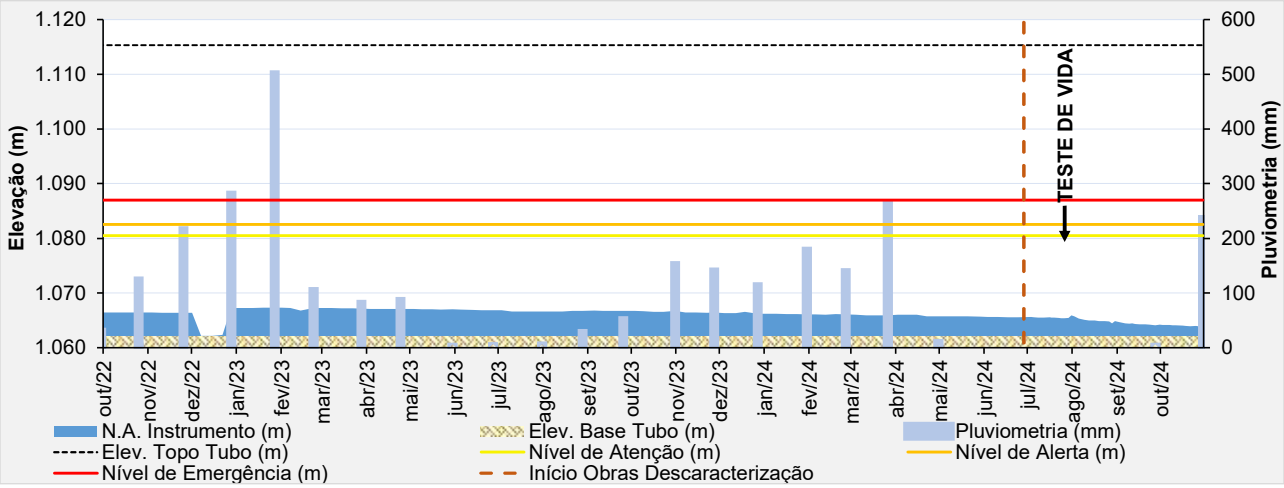


Figura 6.80 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-19.

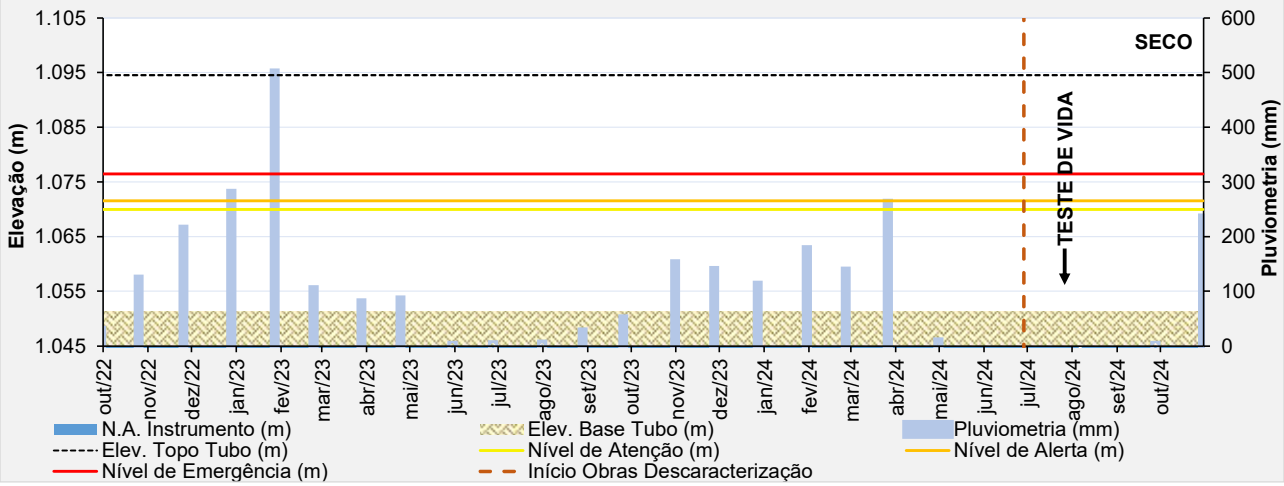


Figura 6.81 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-20.

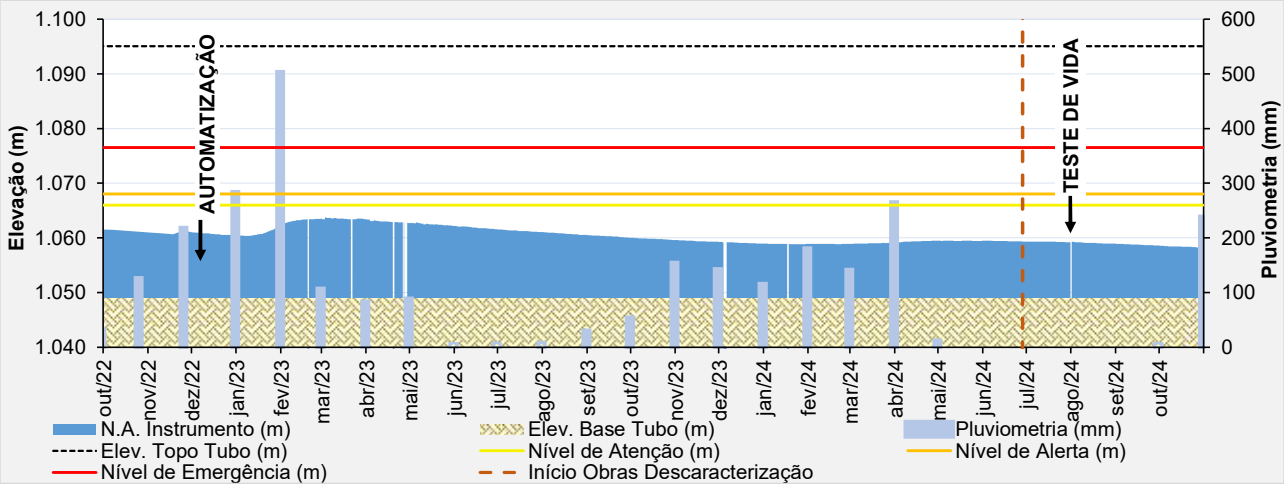


Figura 6.82 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-21.

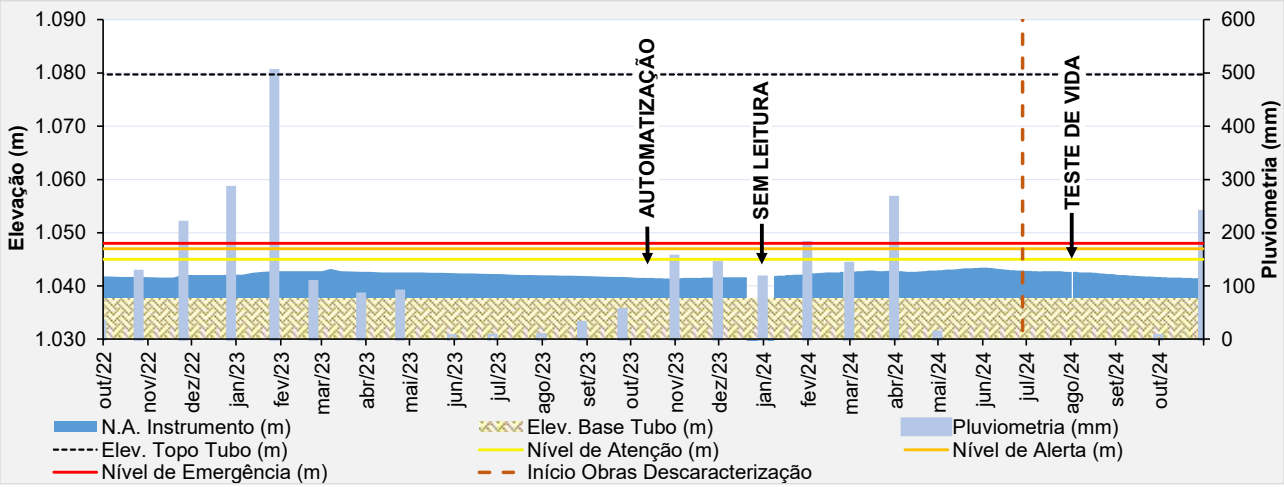


Figura 6.83 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-22.

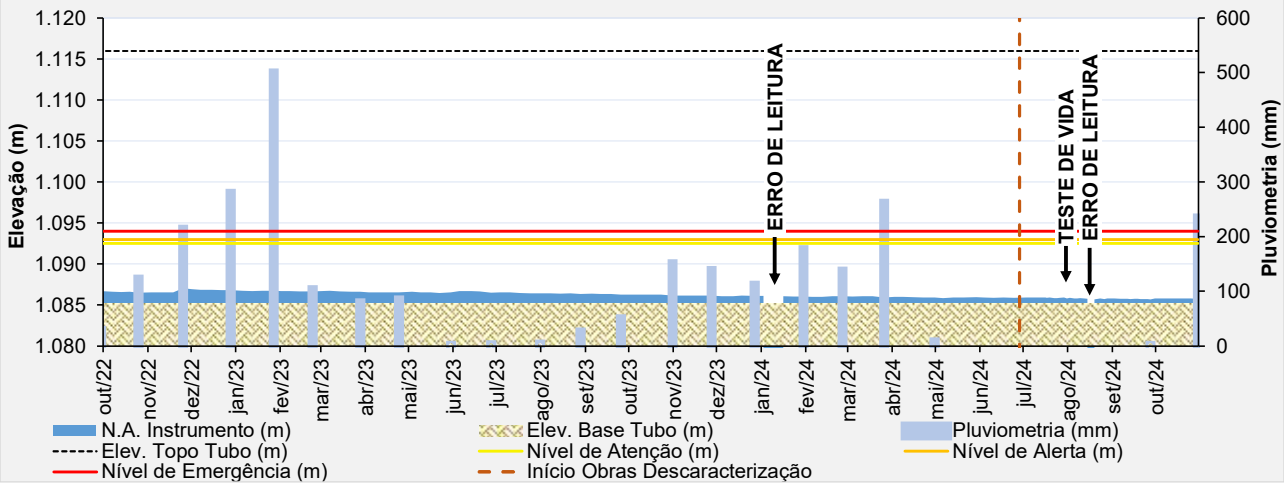


Figura 6.84 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-23.

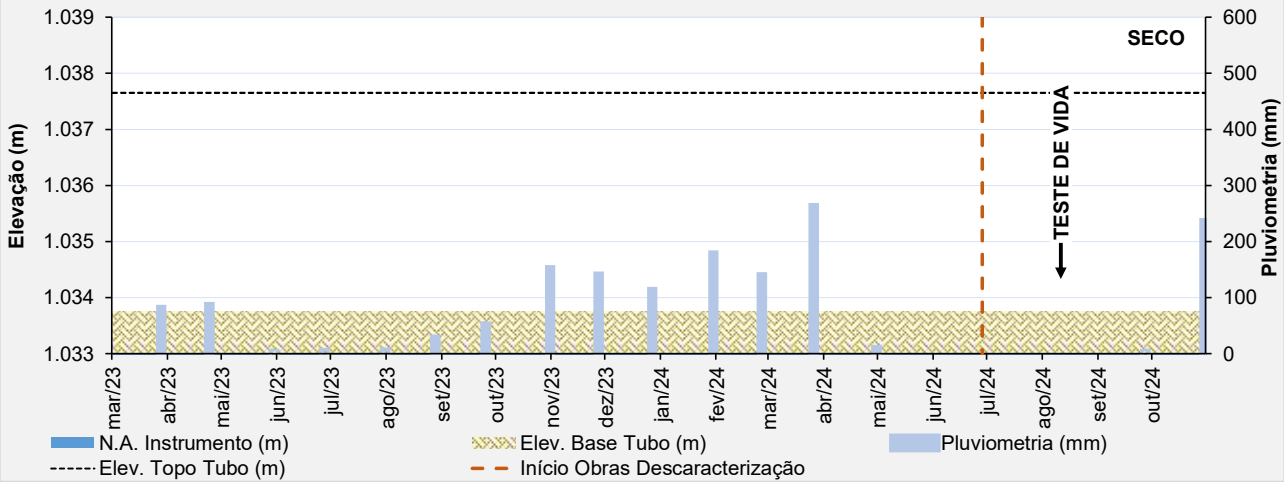


Figura 6.85 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-24.

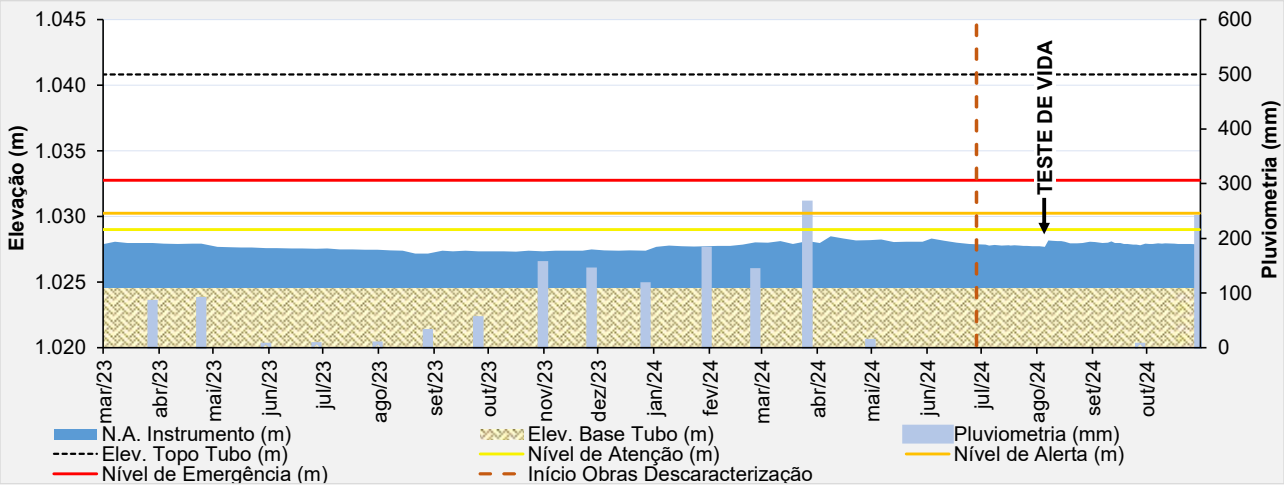


Figura 6.86 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-25.

- **Placa Indicadora de Vazão**

O monitoramento de vazão percolada da barragem era realizado por 2 (dois) indicadores de vazão da drenagem interna. Os dispositivos foram removidos em função das obras de ampliação da berma de reforço da barragem.

A MMI concluiu a instalação da nova placa indicadora de vazão e iniciou o monitoramento das vazões a partir do dia 02/03/2023, conforme apresentado na Figura 6.87. No período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024), obteve-se uma vazão média de 2,77 m³/h, com leituras variando de 1,61 m³/h até 4,26 m³/h.

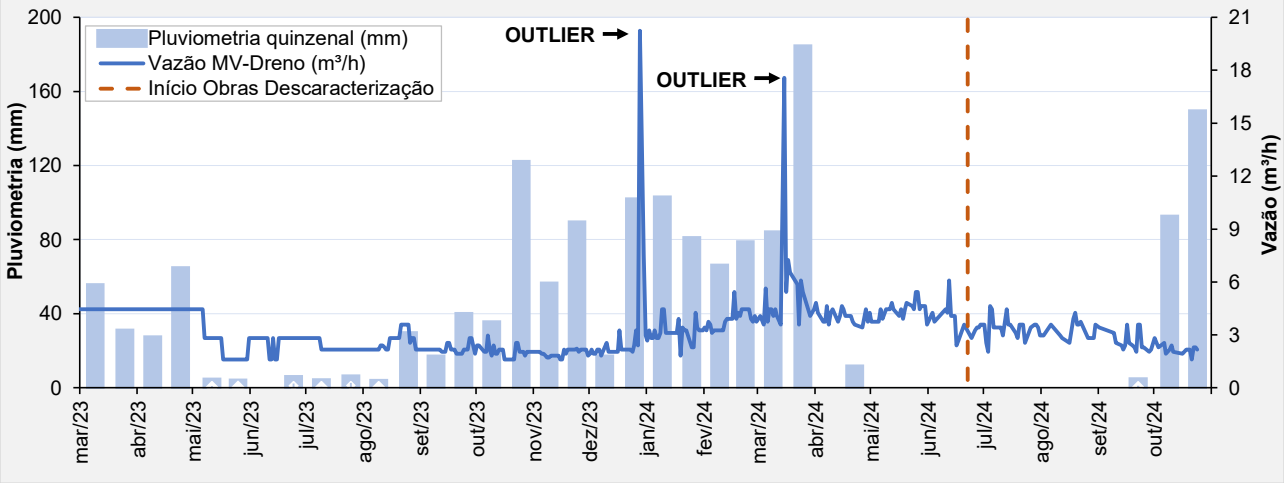


Figura 6.87 – Vazão – MV-Dreno – Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

- **Marcos de Controle de Deformação**

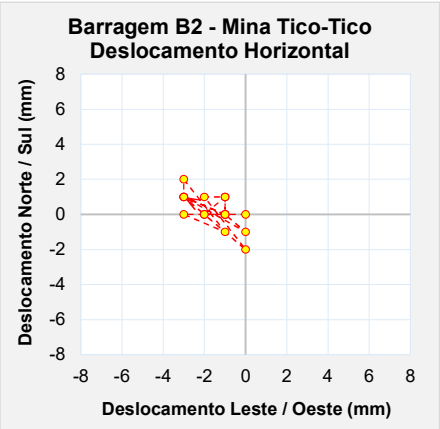
Atualmente na barragem existem 5 marcos de controle de deslocamento instalados como pode ser verificado na Tabela 6.5.

Na 1ª quinzena de outubro de 2023, a equipe de topografia da MMI informou que foi realizada a calibração das estações totais e dessa forma foi necessário o recadastramento das hastes com as leituras do dia 11/10/2023.

Os marcos MS-01 e MS-02 foram removidos no início do mês de setembro de 2024, durante a remoção do 11º alteamento, Etapa 1 – Fase 1E da obra de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

A partir da análise das leituras dos marcos de controle pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Os valores acumulados observados, horizontais menores que 5 mm e verticais menores que 5 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura (“serrilhado”), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão. A última leitura dos deslocamentos dos marcos superficiais no período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024) foi realizada no dia 31/10/2024.

A seguir são apresentados gráficos com o histórico dos deslocamentos horizontais e verticais dos marcos, em relação aos dados cadastrais verificados na última calibração realizada.



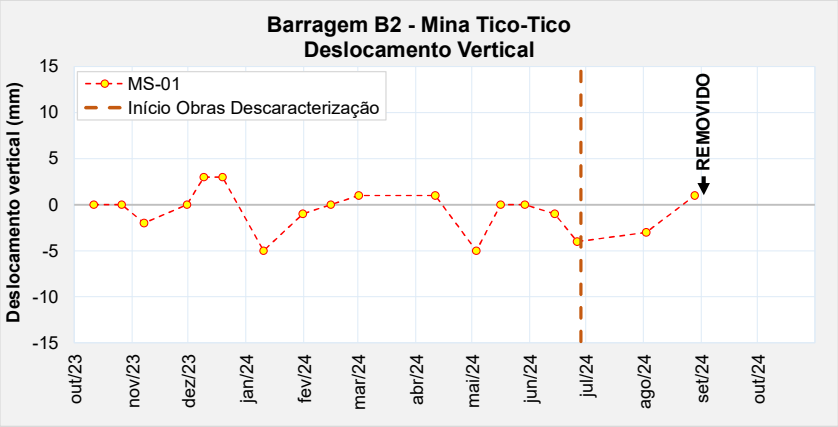
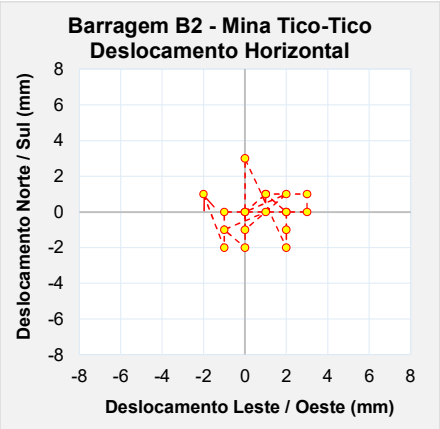


Figura 6.88 – Marco de controle de deformação – MS-01.



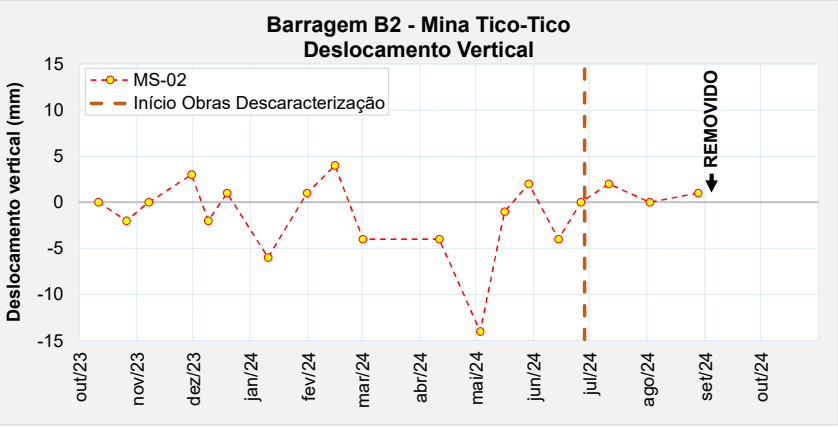
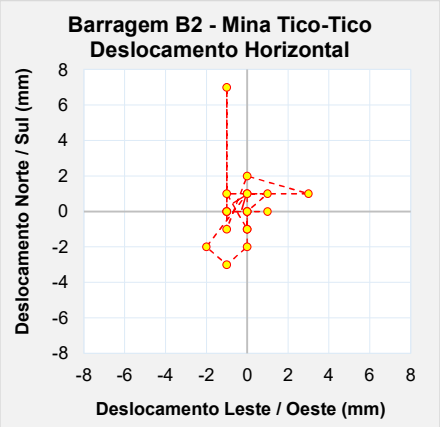


Figura 6.89 – Marco de controle de deformação – MS-02.



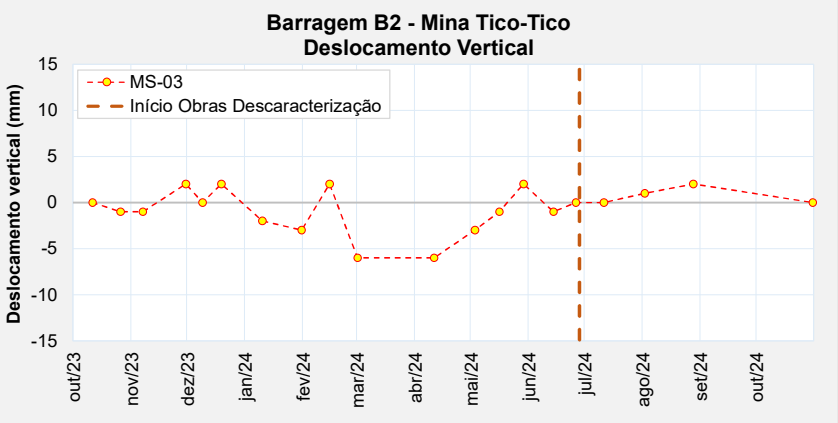
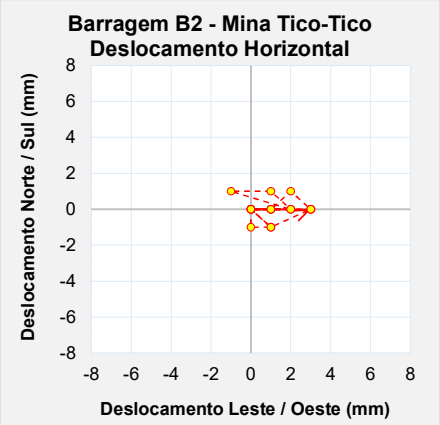


Figura 6.90 – Marco de controle de deformação – MS-03.



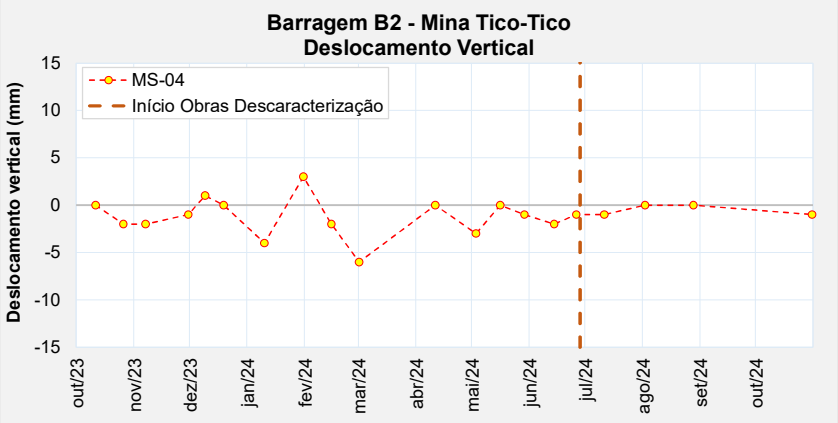
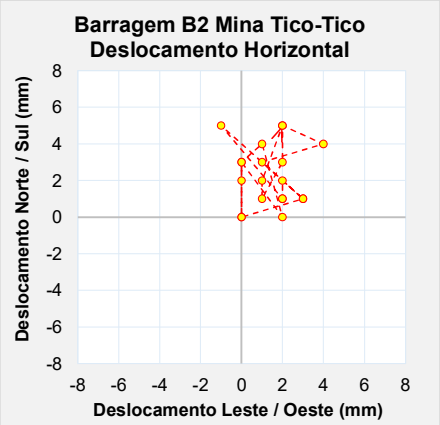


Figura 6.91 – Marco de controle de deformação – MS-04.



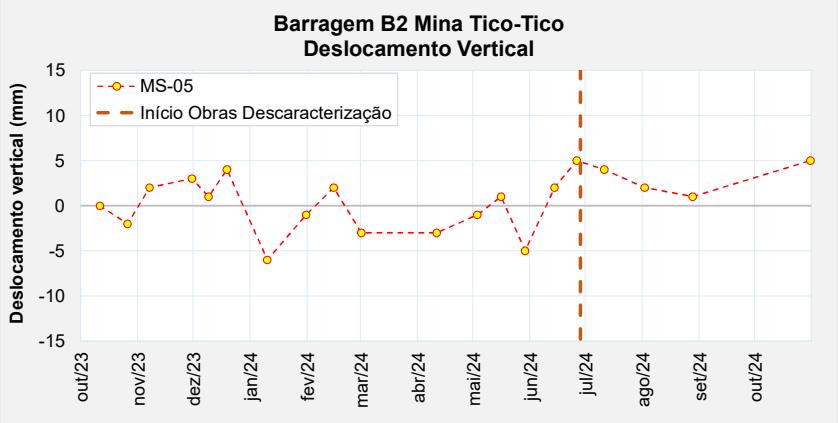


Figura 6.92 – Marco de controle de deformação – MS-05.

6.2.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024).

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2017, a partir do software Slide da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

Na Figura 6.93 é apresentada a locação em planta das seções e instrumentação de controle utilizadas nas análises de estabilidade.

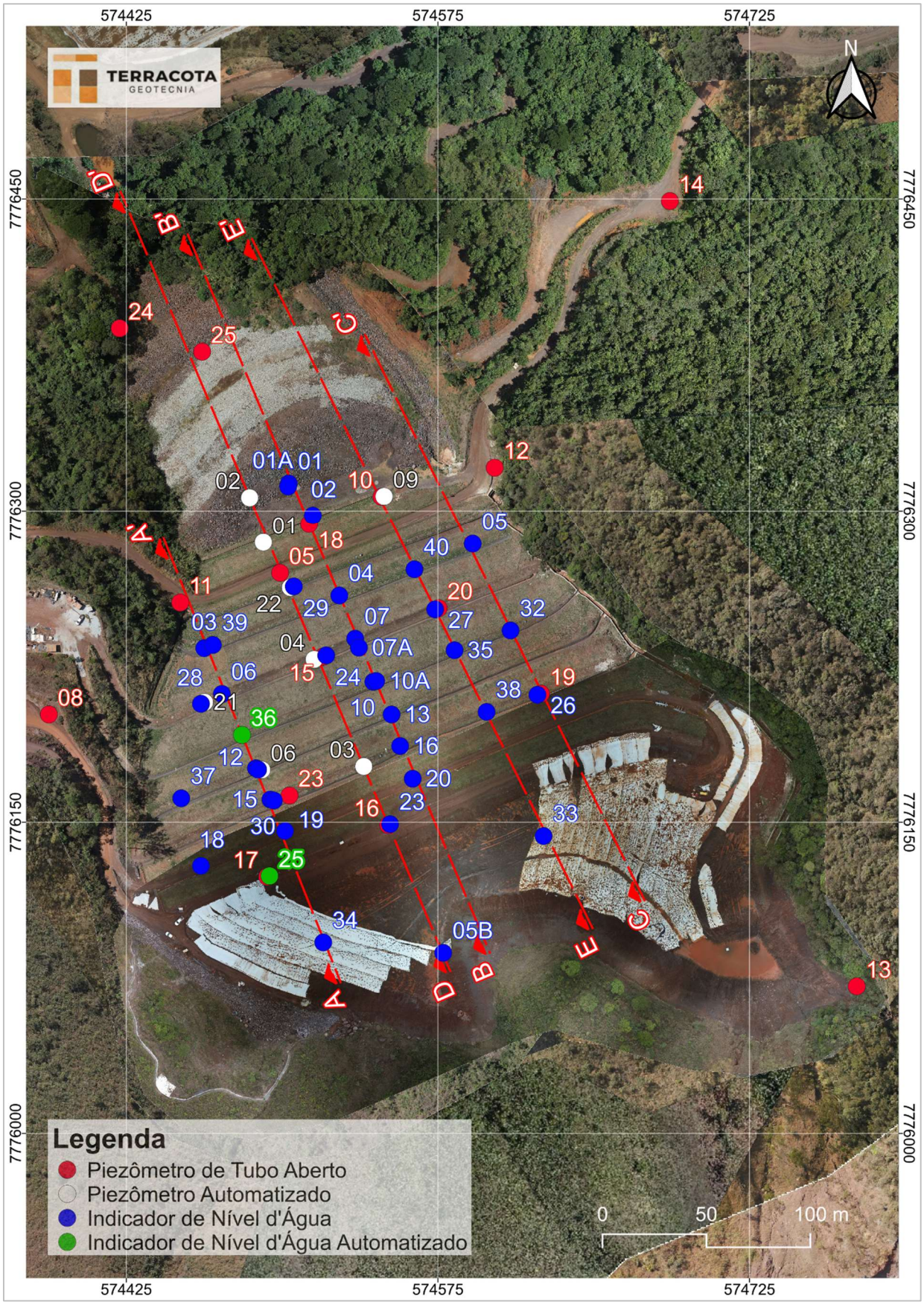


Figura 6.93 – Seções Instrumentadas Barragem B2 – Mina Tico-Tico – Planta.

6.2.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas para 05 (cinco) seções instrumentadas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, considerando a geometria atual da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico.

A linha freática no interior do reservatório e barramento foi definida a partir da leitura da instrumentação instalada na estrutura.

O fator de segurança ao escorregamento foi calculado considerando a condição de carregamento drenado e a condição de carregamento não drenado. Para condição de carregamento não drenado, o rejeito foi modelado a partir de seu parâmetro não drenado de pico e liquefeito, de forma a simular uma condição hipotética de liquefação do material do reservatório. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram atribuídos apenas para a parcela do material em condição 100% saturada, ou seja, localizada abaixo da linha freática de análise.

O comportamento contrátil do rejeito e seus parâmetros geotécnicos para condições não drenadas foram estudados a partir da análise de ensaios CPTu realizados na estrutura em três campanhas executadas entre 2018 e 2022. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram determinados a partir do método de Olson (2021), no caso do parâmetro de pico e pelo método de Robertson (2021), no caso do parâmetro liquefeito.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução nº 95 de 07 de fevereiro/2022 da ANM (**FS ≥ 1,3**);
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS ≥ 1,0**) e NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,1**);
- Análises não drenadas com parâmetro de liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 6.6 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 6.6 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Sismo (Pseudo-estática)	1,0 a 1,1	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada e condições com sismo (pseudo-estática) atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2017 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

6.2.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do *peak ground acceleration* (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento dinâmico (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da

Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 6.94 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 6.94 – Rede sismológica brasileira (http://www.rsbr.gov.br).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 6.7 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Tabela 6.7 – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

Modelo	Valores máximos por período de retorno (anos)					Máximo absoluto
	500	1.000	2.500	5.000	10.000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	**9.7%**	**9.5%**	**13.4%**	**16.0%**	**18.3%**	**18.3%**
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo *"Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment"* publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 6.95).

A localização da barragem no mapa de Assumpção et al. fornece valor de PGA em torno de 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR.

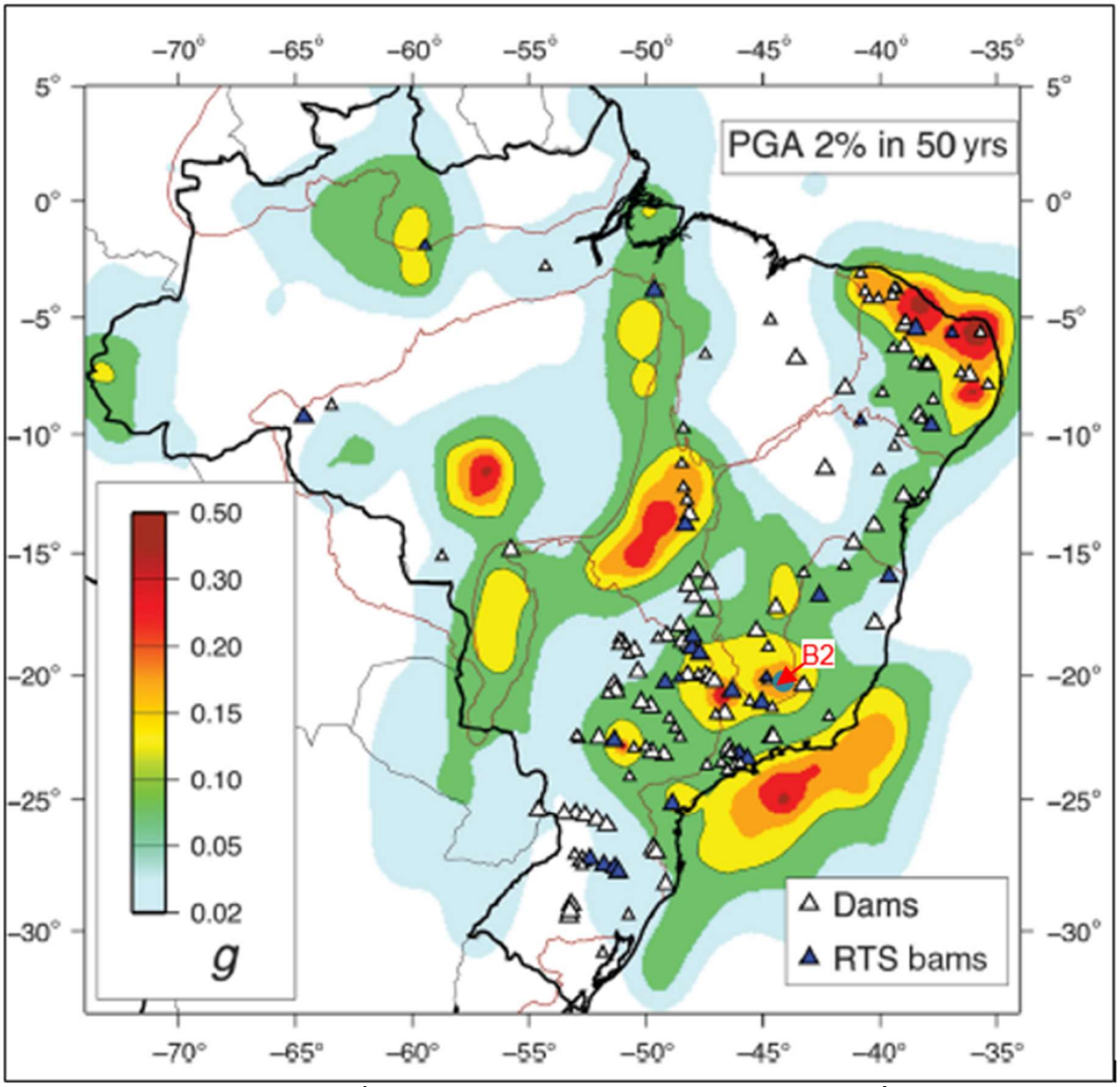


Figura 6.95 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Assumpção Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, considerando a contribuição do efeito sísmico, utilizou-se como premissa a norma técnica elaborada pela Canadian Dam Association (CDA) – *"Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams"* (2014), em conformidade ao recomendado pela NBR 13.028/2017 no seu tópico 5.3.6, o qual faz referência aos estudos sísmicos.

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados a infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 6.8.

Tabela 6.8 – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

Classificação da Barragem	População em Risco (Nota 1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (Nota 2)	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixo	Nenhum	0	Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativo	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
			Apenas perdas marginais do habitat.	
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	
Extrema	**Permanente**	**Mais de 100**	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição impossível.	

Nota 1. Definições para população em risco:

Nenhum – Não há população identificável em risco, portanto não há possibilidade de perda de vida a não ser devido ao acaso imprevisível.

Temporário – As pessoas estão apenas temporariamente na zona de inundação do rompimento da barragem (por exemplo, uso sazonal de casas de campo, passagem em rotas de transporte, participação em atividades recreativas).

Permanente – A população em risco normalmente está localizada na zona de inundação da ruptura da barragem (como residentes permanentes); são propostas três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) para permitir estimativas mais detalhadas da potencial perda de vidas (para auxiliar na tomada de decisões se for realizada a análise apropriada).

Nota 2. Definições para população em risco:

Não especificado – O nível apropriado de segurança exigido em uma barragem onde as pessoas estão temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, da natureza de sua atividade e de outras condições.

De acordo com os critérios da Tabela 6.8, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.9 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Extrema**. A partir desta classificação, seguindo as

premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 6.9, o PGA de 0,183g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com período de retorno de 10.000 anos.

Tabela 6.9 – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

Classe da Barragem	Probabilidade Anual de Excedência (PAE) – Terremotos (Nota 1)
Baixa	1/1000
Significativo	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/2.475 (Nota 2)
Muito Alta	1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3)
Extrema	**1/10.000 ou SMP (Nota 3)**

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).
Nota 1. Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (Dam Safety Guidelines - CDA 2013).
Nota 2. Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no National Building Code of Canada (Código Nacional de Construção do Canadá).
Nota 3. SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação "*Rationalizing the Seismic Coefficient Method"* (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,092g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Para a componente vertical adota-se um valor correspondente a 60% da componente horizontal, seguindo proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003), resultando num valor igual a 0,055g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

No estudo de Hynes-Griffin & Franklin (1984), recomenda-se que nas análises pseudo-estáticas seja realizada a redução em 20% da resistência dos materiais da fundação que apresentarem comportamento não-drenado nos ensaios executados.

Conforme projeto de descaracterização da estrutura, a Barragem B2 - Mina Tico-Tico deverá ser parcialmente removida nos próximos três anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida útil da estrutura

igual a 3 anos. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de aproximadamente 150 anos.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{t}\right)^n$$

Em que:

- P é a probabilidade de excedência do sismo;
- t é o período de retorno;
- n é o tempo de vida útil da estrutura.

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 2.500 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,12%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 6.7, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,067g e uma componente vertical igual a 0,040g.

6.2.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada nas análises de estabilidade foram considerados os instrumentos existentes ao longo das seções de análise, instalados no maciço, fundação e reservatório da Barragem B2 - Mina Tico-Tico.

A Tabela 6.10 e Tabela 6.11 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 6.10 – Instrumentação – Freática atuante no rejeito - Valores lidos (30/10/2024) e adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A’	INA-25 (6)	1.098,78	1.098,56 (3)	1.088,90 (1)
	INA-19	1.094,19	Seco	1.087,53 (1)
	INA-30	1.079,93	Seco	1.085,96 (1)
	INA-15	1.089,51	Seco	1.085,75 (1)
	PZ-23	1.085,13	1.085,75	1.085,75
	INA-31	1.074,93	Seco	1.076,41 (1)
	PZ-06 (4)	1.075,80	1.076,41	1.076,41
	INA-12	1.088,77	1.088,52	1.076,41 (1)
	INA-36 (2)	1.070,80	1.070,44 (3)	1.070,80
	INA-28	1.071,74	Seco	1.069,95 (1)
	INA-06	1.084,07	Seco	1.069,95 (1)
	INA-39	1.068,90	Seco	1.068,90
	INA-03	1.074,42	Seco	1.068,90 (1)

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
B-B'	INA-20	1.094,24	Seco	1.062,92 (1)
	INA-16	1.089,62	Seco	1.061,70 (1)
	INA-13	1.089,05	Seco	1.060,40 (1)
	INA-10	1.078,29	Seco	1.058,75 (1)
	INA-10A	1.083,46	Seco	1.058,75 (1)
	INA-07	1.073,56	Seco	1.056,81 (1)
	INA-07A	1.076,94	Seco	1.056,81 (1)
	INA-04	1.068,65	Seco	1.054,44 (1)
	PZ-18	1.030,04	1.037,00	1.050,90 (1)
	INA-02	1.038,74	Seco	1.050,70 (1)
	INA-01	1.038,92	Danificado	1.047,80 (1)
	INA-01A	1.043,38	1.047,80	1.047,80
C-C'	INA-26	1.073,07	Seco	1.063,85 (1)
	PZ-19	1.062,12	1.063,85	1.063,85
	INA-32	1.075,61	Seco	1.062,36 (1)
	INA-05	1.076,65	Seco	1.060,37 (1)
D-D'	INA-23	1.079,61	Seco	1.065,91 (1)
	INA-24	1.054,17	1.059,45	1.059,45
	PZ-04 (4)	1.056,08	1.058,79	1.059,45 (1)
	INA-29	1.044,74	1.054,43	1.054,43
	PZ-05	1.048,81	Seco	1.049,09
	PZ-01 (2)	1.046,85	1.047,84	1.047,84
	PZ-02 (5)	1.046,53	1.047,54	1.047,54
E-E'	INA-33	1.079,98	Seco	1.079,98
	INA-38	1.074,80	Seco	1.071,41 (1)
	INA-35	1.071,60	Seco	1.067,05 (1)
	INA-27	1.068,47	Seco	1.064,21 (1)
	PZ-20	1.051,50	Seco	1.064,21 (1)
	INA-40	1.061,34	Seco	1.061,34
	PZ-09 (2)	1.037,00	1.041,18	1.055,07 (1)
	PZ-10	1.055,07	Seco	1.055,07

1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
2- Instrumentos automatizados em 08/12/2022;
3- Leitura abaixo da cota de fundo do instrumento. Adotada leitura seca;
4- Instrumentos automatizados em 05/10/2022;
5- Instrumento automatizado em 19/10/2022;
6- Instrumento automatizado em 09/07/2024.

Tabela 6.11 – Instrumentação – Freática atuante na fundação - Valores lidos (30/10/2024) e adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	INA-34	1.098,14	Seco	1.098,14
	PZ-17	1.089,35	Seco	1.085,00 (1)
	PZ-21 (2)	1.048,93	1.058,27	1.058,27
	PZ-11	1.028,64	1.042,62	1.058,00 (1)

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
D-D'	INA-05B	1.103,52	Seco	1.103,52
	PZ-16	1.073,54	Seco	1.070,00 (1)
	PZ-03 (2)	1.059,83	1.059,78	1.059,78
	PZ-15	1.032,37	1.044,24	1.044,24
	PZ-22 (3)	1.037,71	1.041,42	1.041,42

1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
2- Instrumentos automatizados em 08/12/2022;
3- Instrumentos automatizados em 05/10/2022;

6.2.4.4 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados para as várias camadas foram consolidados no âmbito do relatório de consolidação de dados da estrutura (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.536).

Na Tabela 6.12 apresentam-se os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

Tabela 6.12 – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material		Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros de Resistência							Referência
				Parâmetros Efetivos		Parâmetros Totais					
							Obtidos		Adotados(1)		
				c' (kPa)	ϕ' (°)	Razão de resistência não drenada Su/σ'v (kPa)	c (kPa)	ϕ (°)	c (kPa)	ϕ (°)	
Rejeito	Drenado		28,0	0	38,0	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
	Não Drenado - Pico			-	-	0,26	-	-	-	-	Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,06	-	-	-	-	
Solo Residual de Filito (1)			16,0	10,0	33,0	-	68,0	21,9	54,4	17,5	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Aterro Compactado			21,5	10,5	37,5	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Tálus / colúvio			21,0	26,5	35,0	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório (2) (Barragem B1-Auxiliar)
Saprolito de Filito			20,0	15,0	45,0	-	-	-	-	-	Correlação com N_{SPT}
Enrocamento Reforço			23,0	Envoltória intermediária de Leps (1970)			-	-	-	-	Estimativa bibliografia/ projetistas

(1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984)
(2) Ensaios executados na matriz siltosa. Parâmetros majorados em 10% para contabilizar presença de blocos..

6.2.4.5 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 6.96 a Figura 6.128, destacando-se as superfícies de ruptura global e local que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 6.13 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 6.13 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A'	30/10/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,16
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	2,10
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,83
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,47 (sismo ↑)
					1,48 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,58 (sismo ↑)
					1,56 (sismo ↓)
B-B'	30/10/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,81
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,81
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,32
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,09 (sismo ↑)
					1,11 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,18 (sismo ↑)
					1,20 (sismo ↓)
C-C'(1)	30/10/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,14
		Drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Parâmetro Efetivo	1,00	1,66 (sismo ↑)
					1,69 (sismo ↓)
		Drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Parâmetro Efetivo	1,10	1,77 (sismo ↑)
					1,79 (sismo ↓)
D-D'	30/10/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,92
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,92

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
D-D'	30/10/2024	Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,25
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,35 (sismo ↑)
					1,36 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,47 (sismo ↑)
					1,45 (sismo ↓)
E-E'	30/10/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,77
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,38
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,28 (sismo ↑)
					1,30 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,38 (sismo ↑)
					1,37 (sismo ↓)

(1) Na seção C-C' não há rejeito localizado abaixo da linha freática, não sendo aplicável a utilização de parâmetro não drenado.
(2) Carregamento pseudo-estático considerando critérios do Canadian Dam Association (CDA, 2014);
(3) Carregamento pseudo-estático considerando Probabilidade de Excedência de 0,2% relativo à vida útil remanescente da estrutura de 3 anos até sua completa remoção e Período de Retorno de 2.500 anos.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38	Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5	Piezometric Line 1
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35	Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33	Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45	Piezometric Line 1

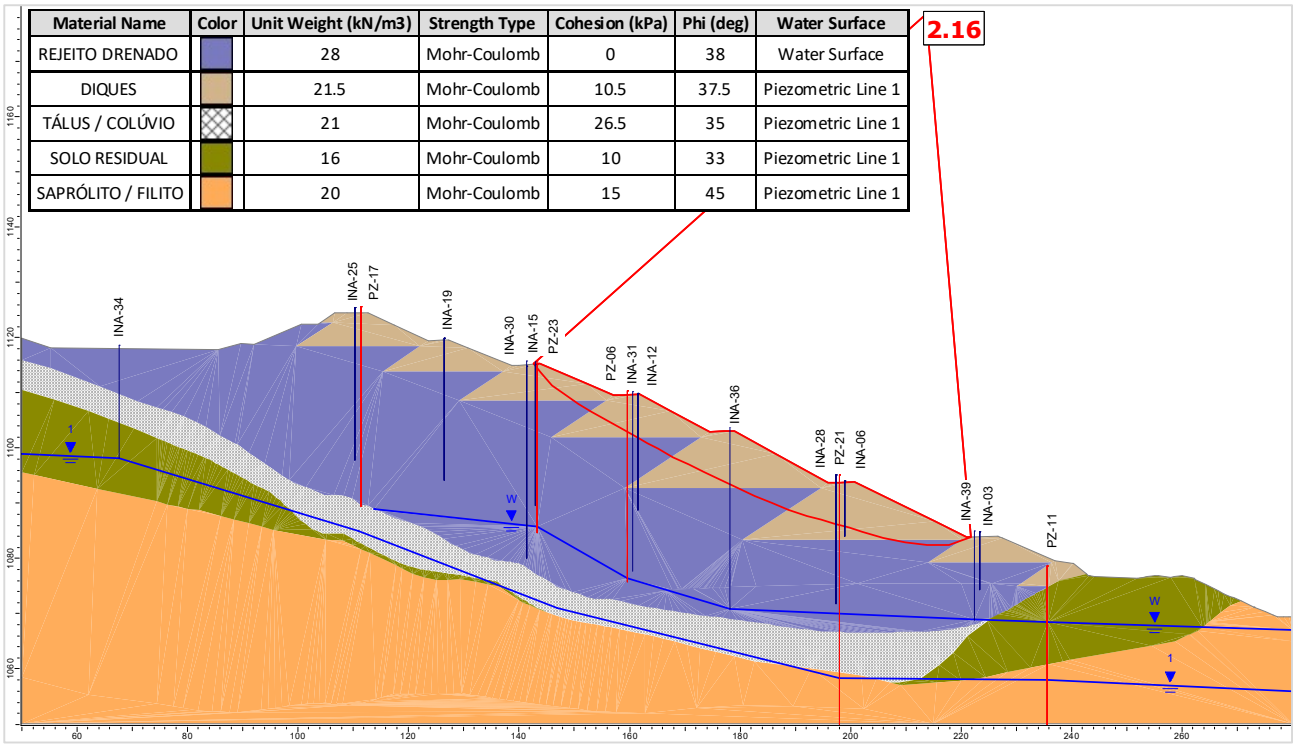


Figura 6.96 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface

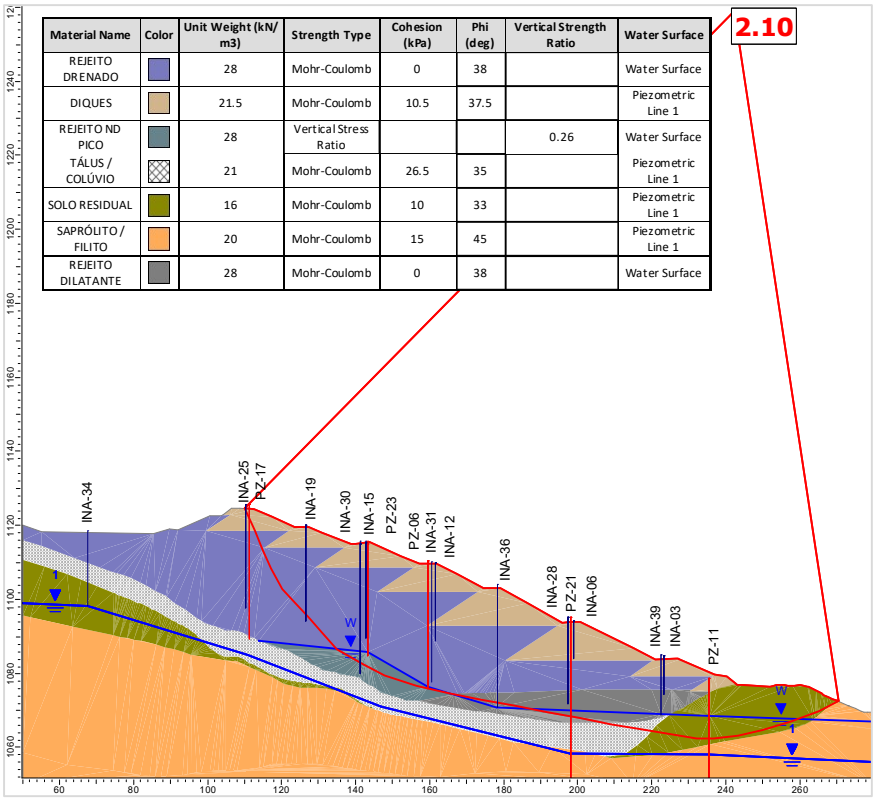
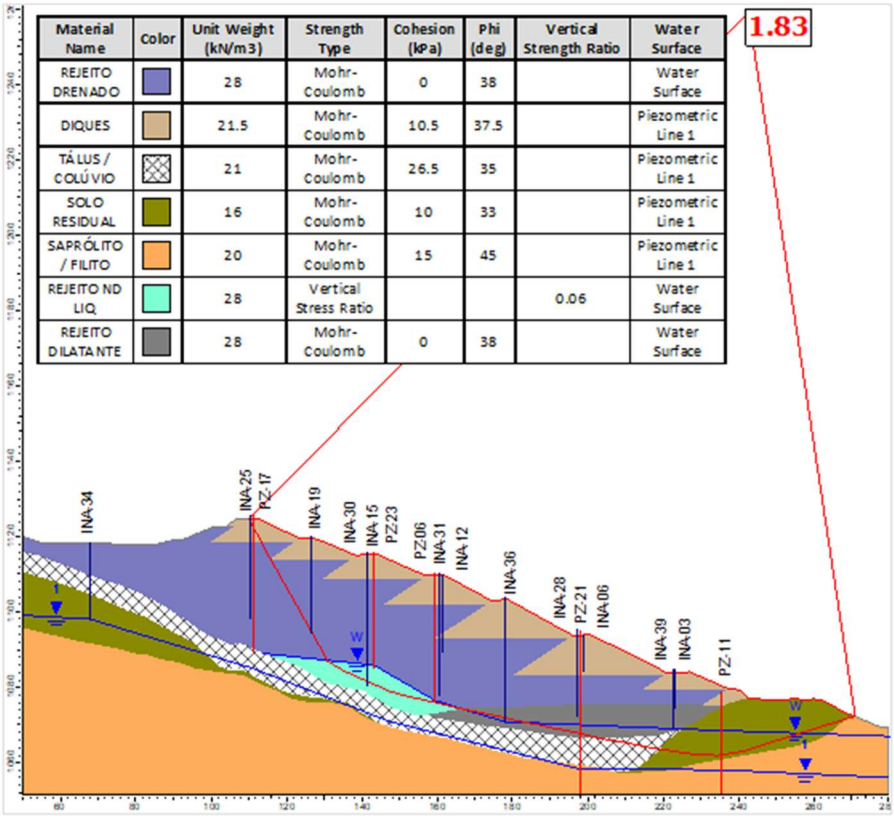
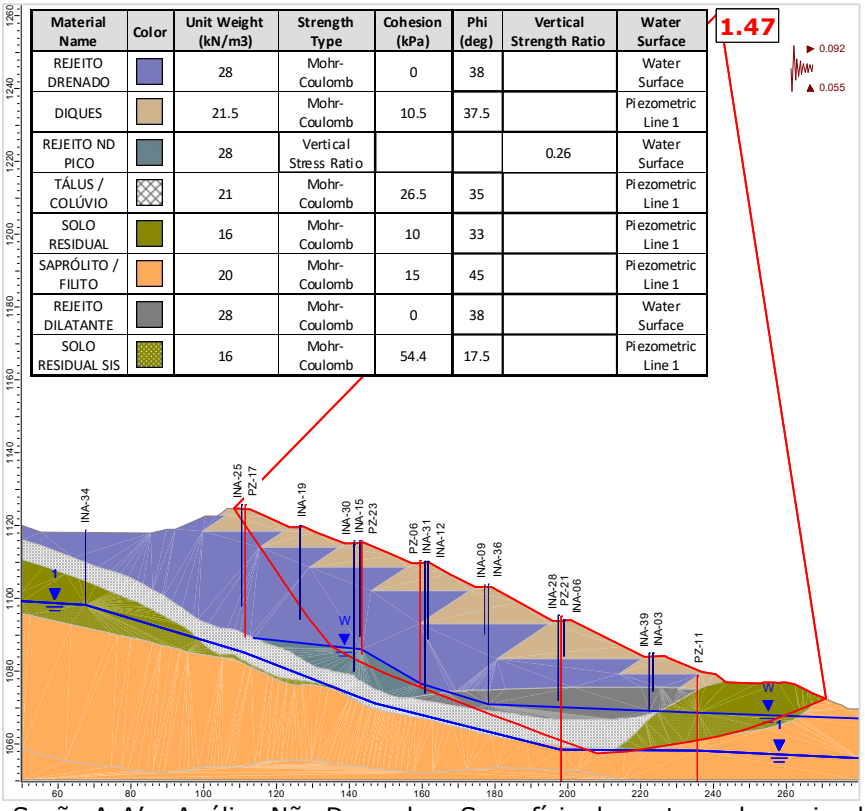


Figura 6.97 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



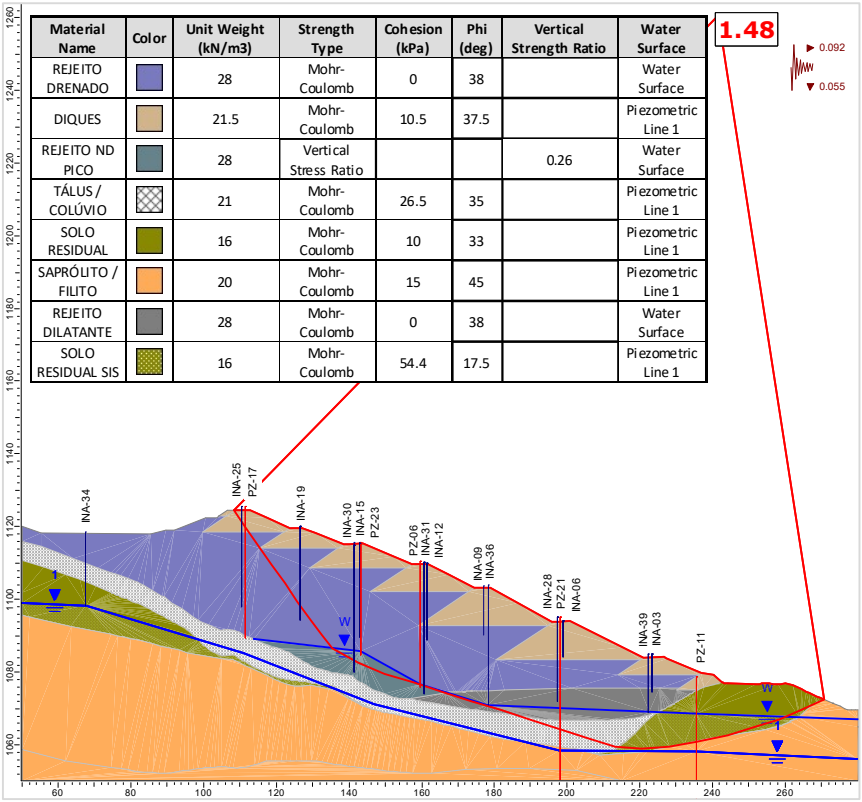
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO ND LIQ		28	Vertical Stress Ratio			0.06	Water Surface
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface

Figura 6.98 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



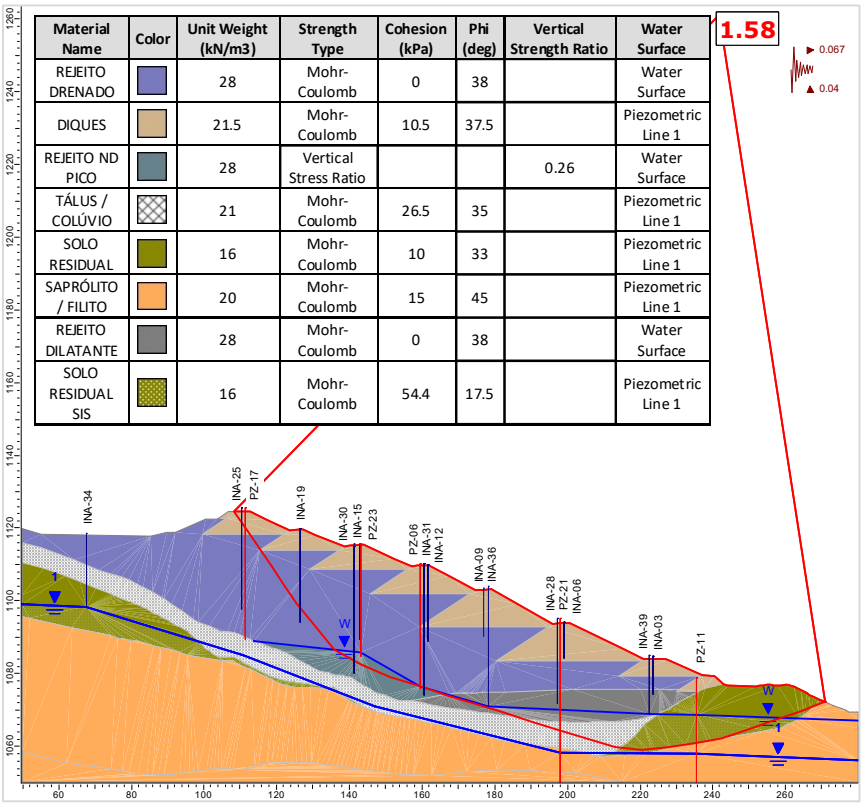
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5		Piezometric Line 1

Figura 6.99 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



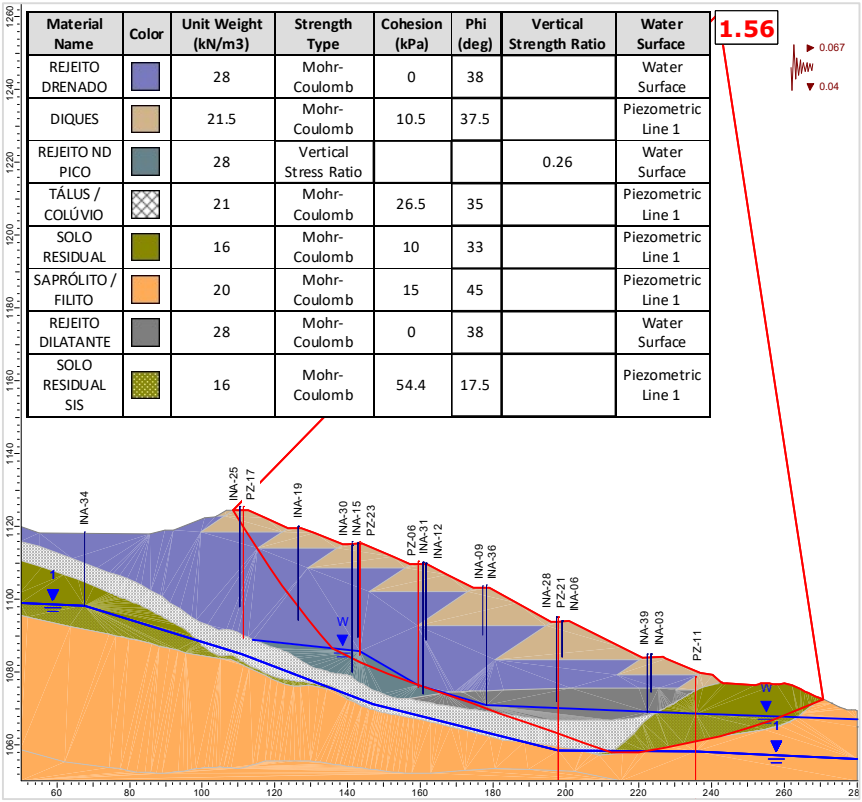
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5		Piezometric Line 1

Figura 6.100 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



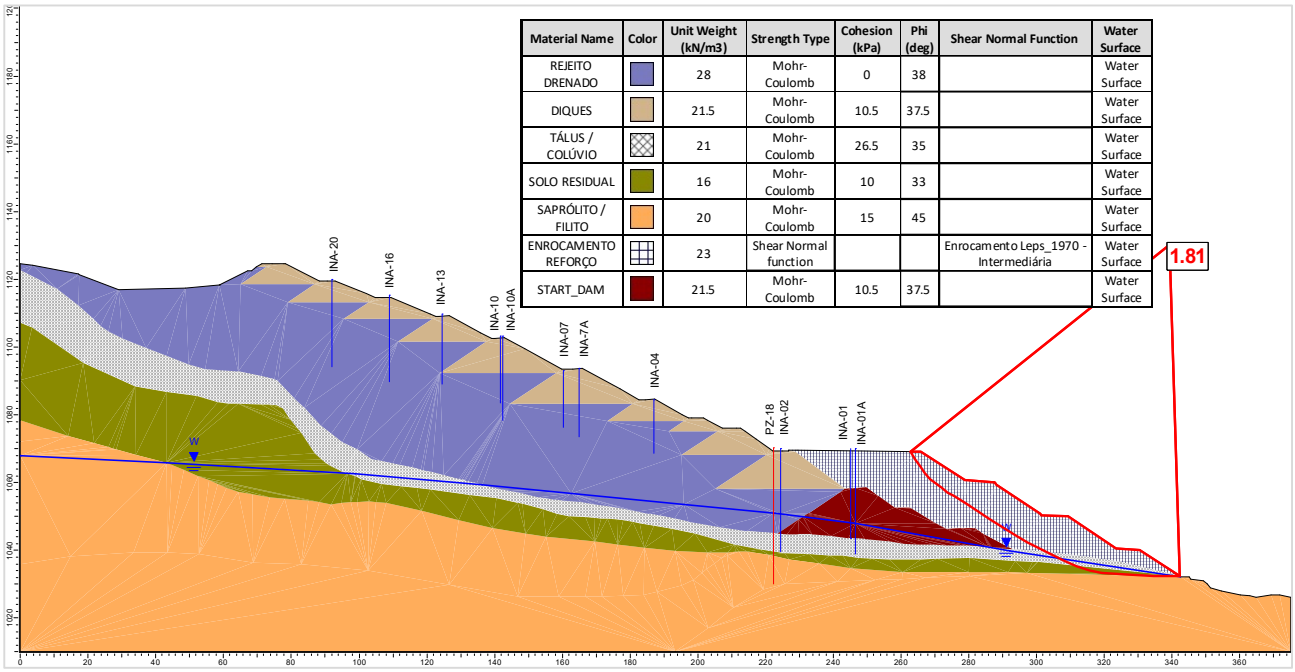
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5		Piezometric Line 1

Figura 6.101 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5		Piezometric Line 1

Figura 6.102 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface

Figura 6.103 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024.

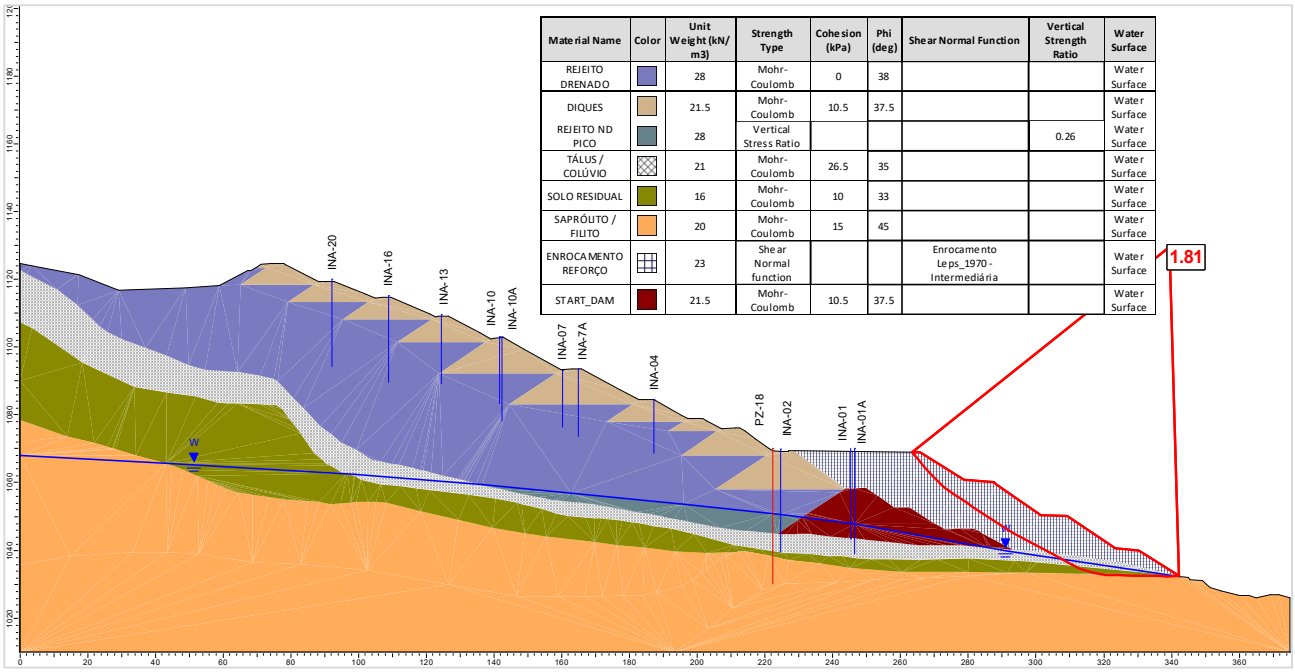


Figura 6.104 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

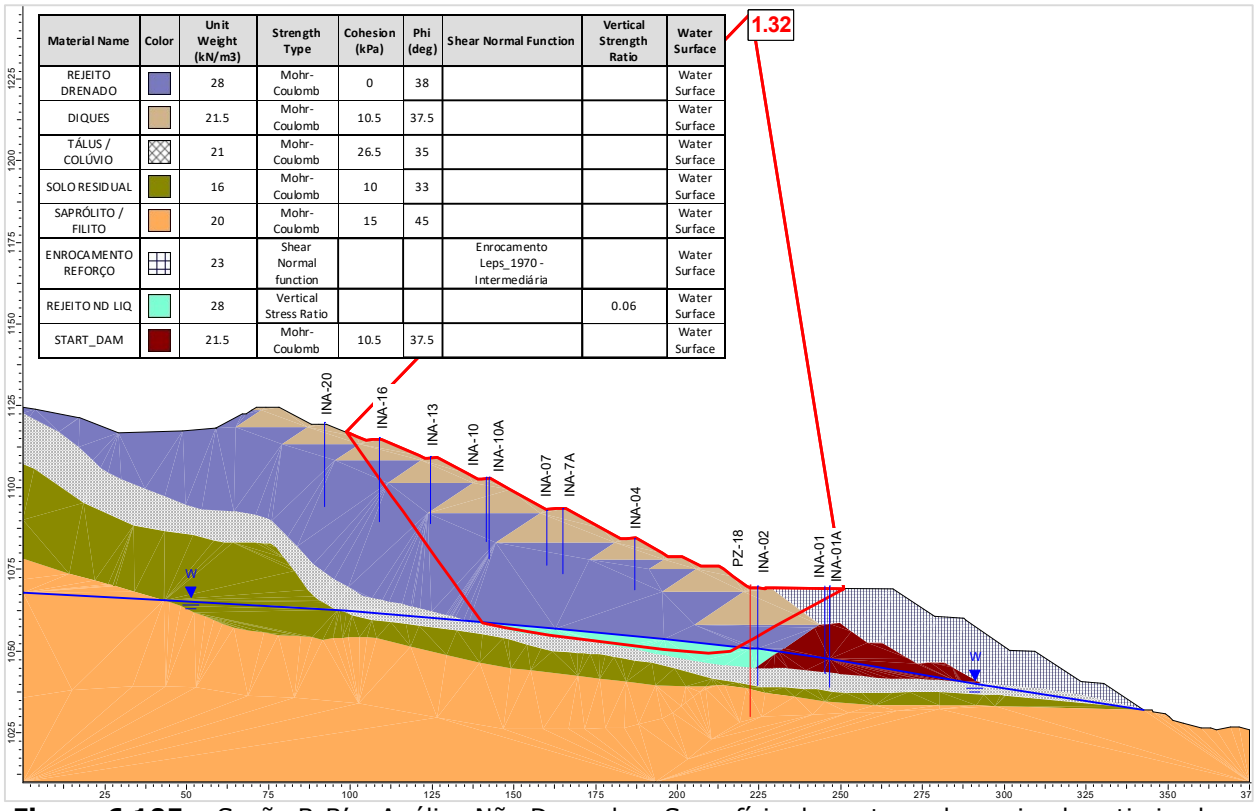
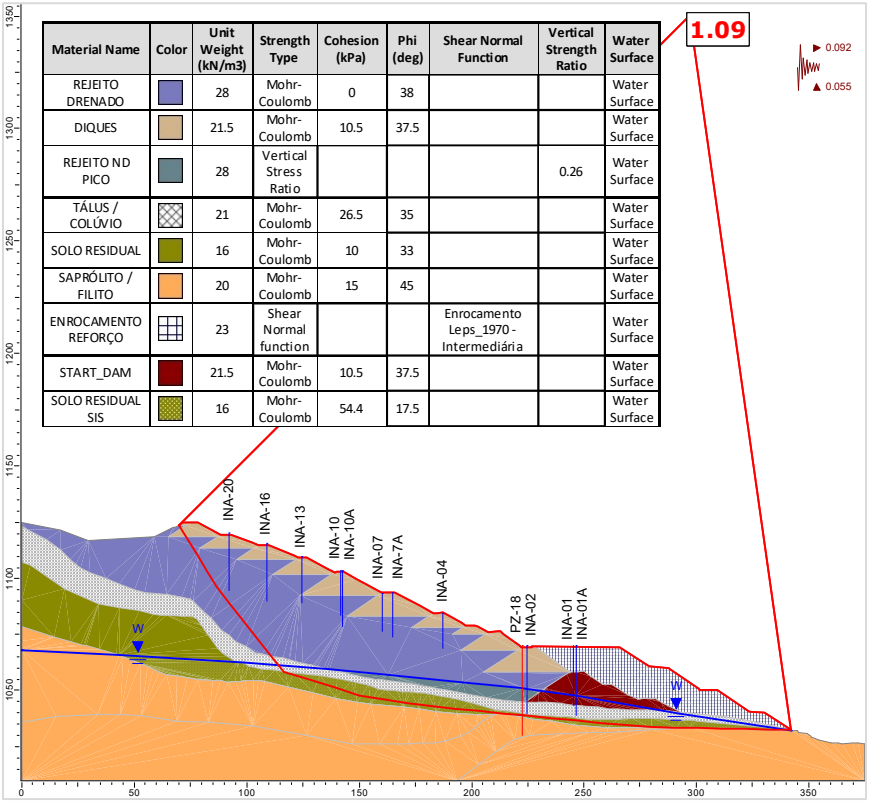
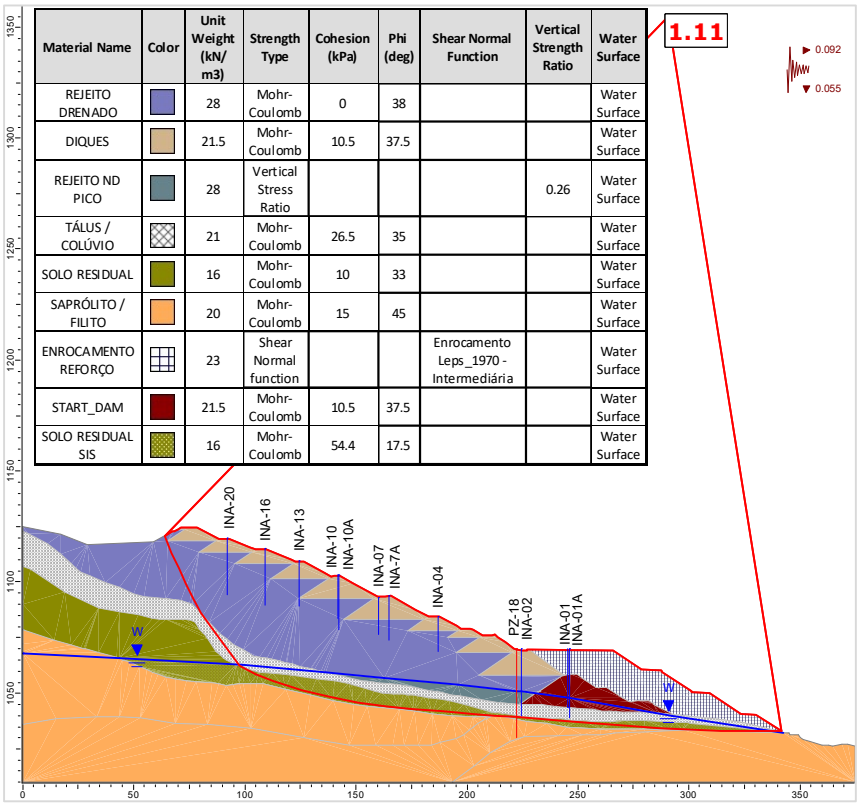


Figura 6.105 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



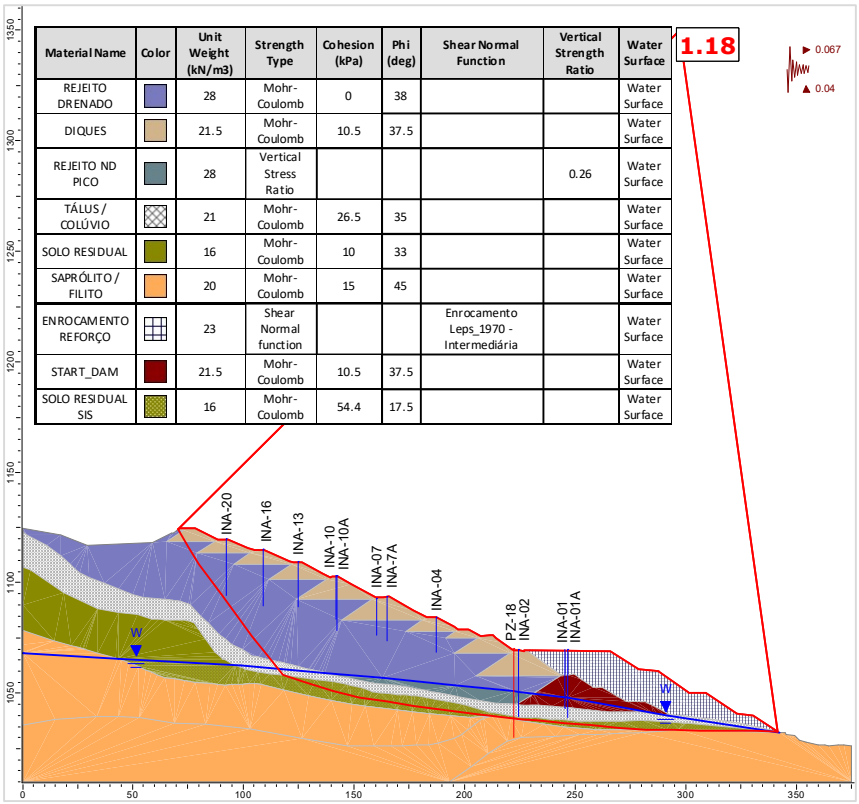
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.106 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



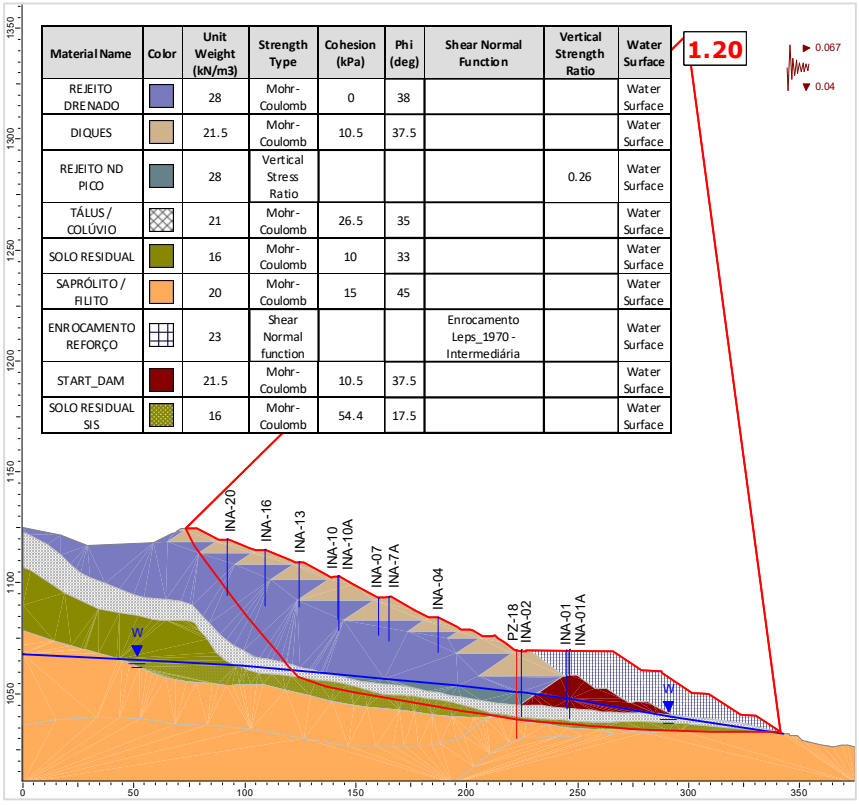
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.107 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.108 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.109 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

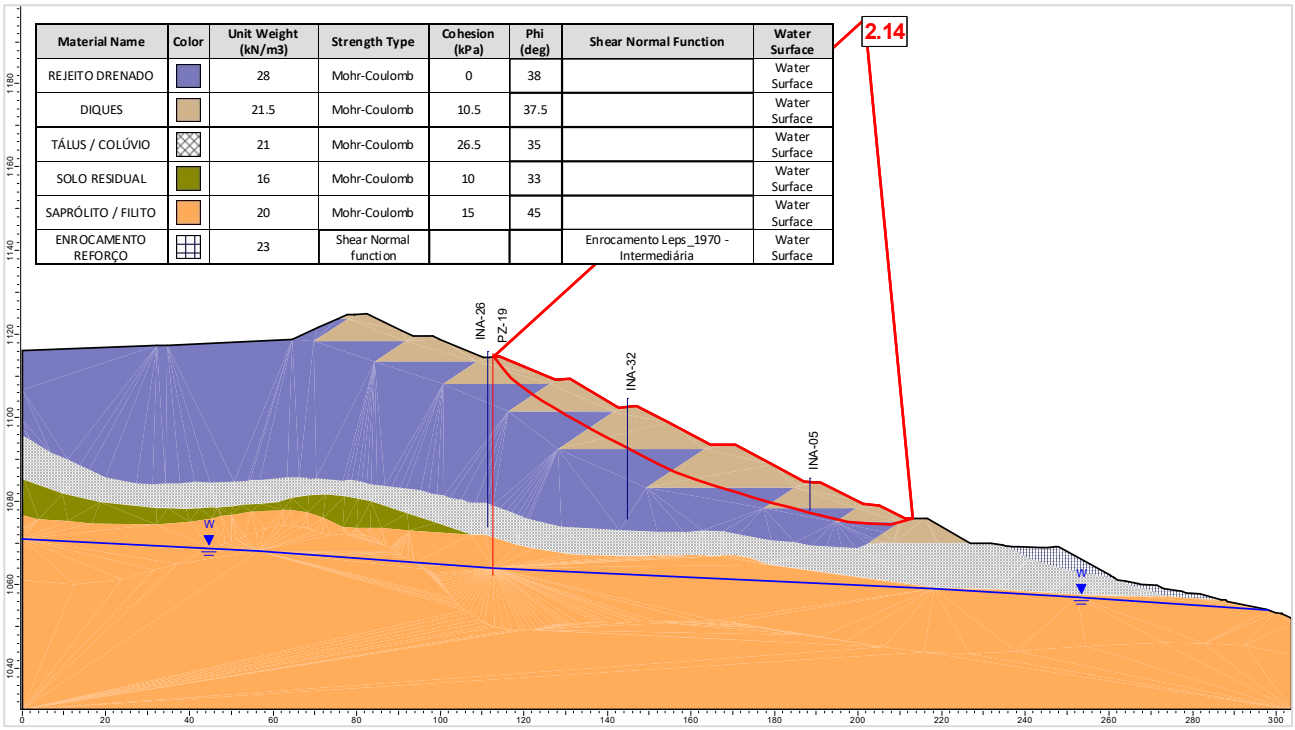


Figura 6.110 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024.

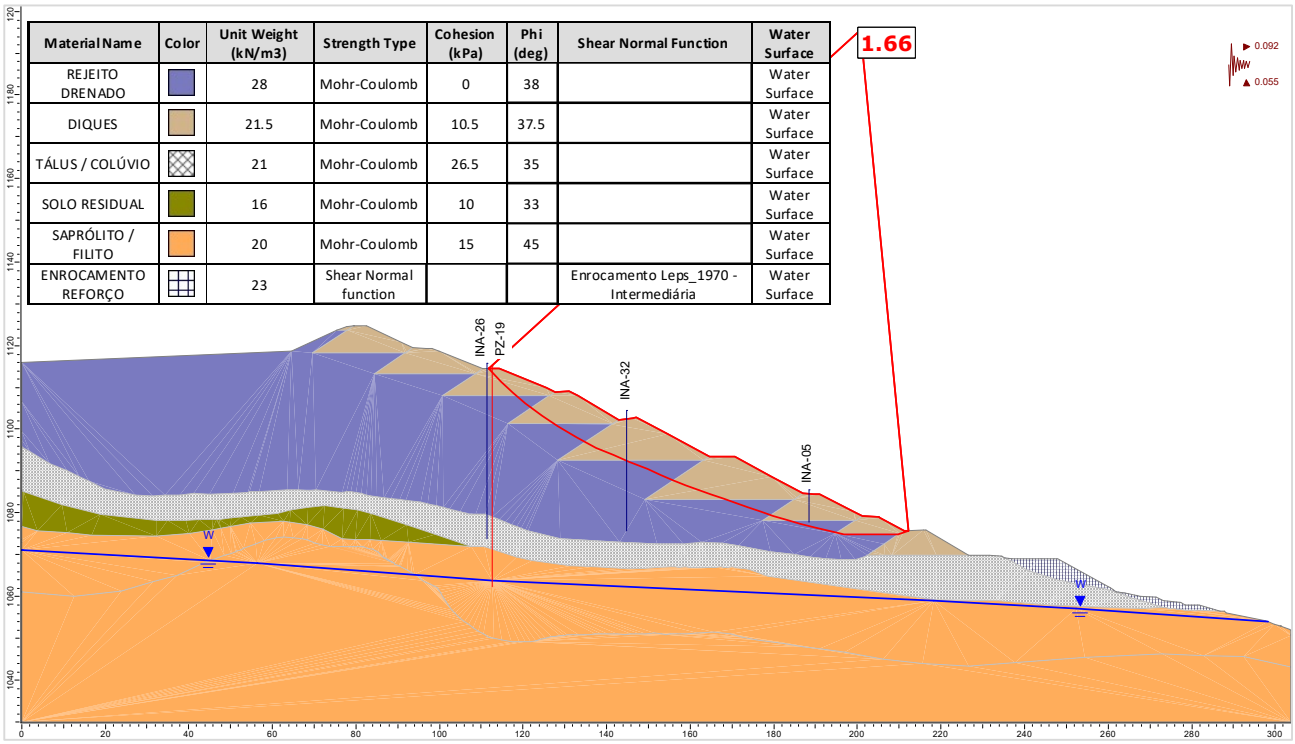


Figura 6.111 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Carregamento sísmico ↑ (critério CDA).

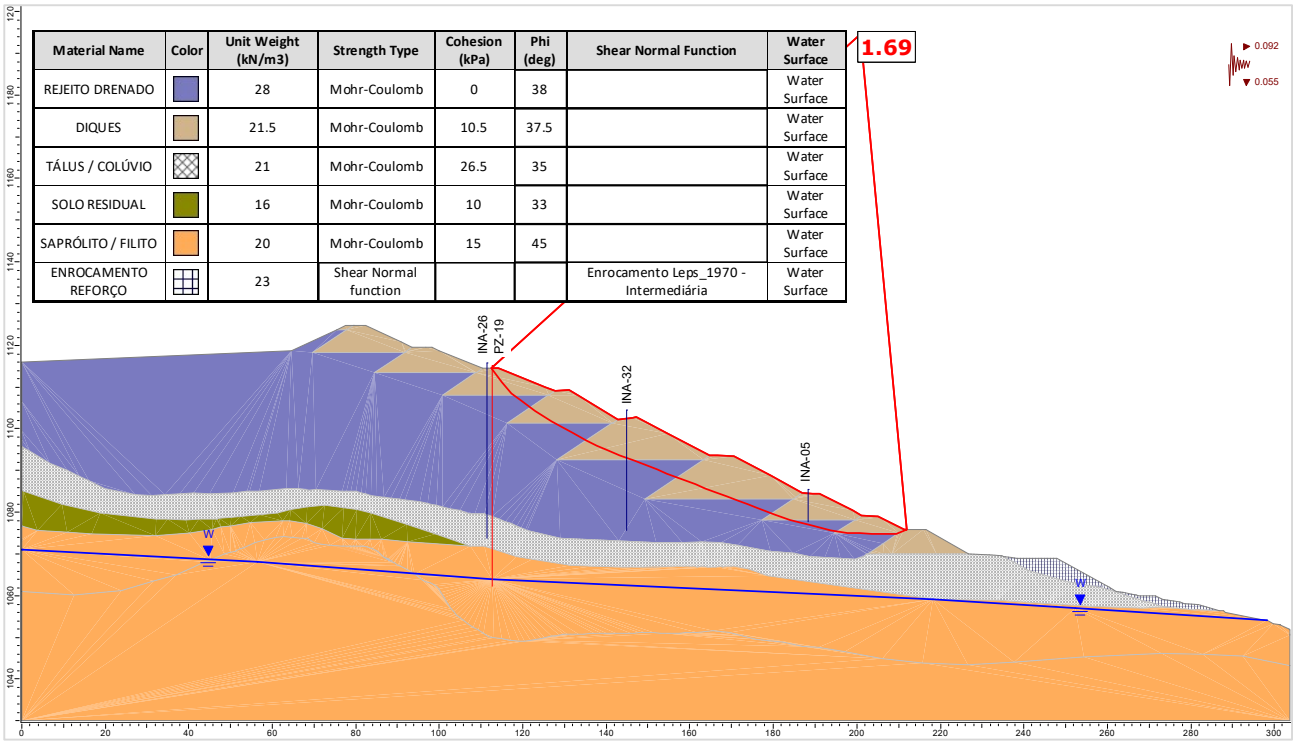


Figura 6.112 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Carregamento sísmico ↓ (critério CDA).

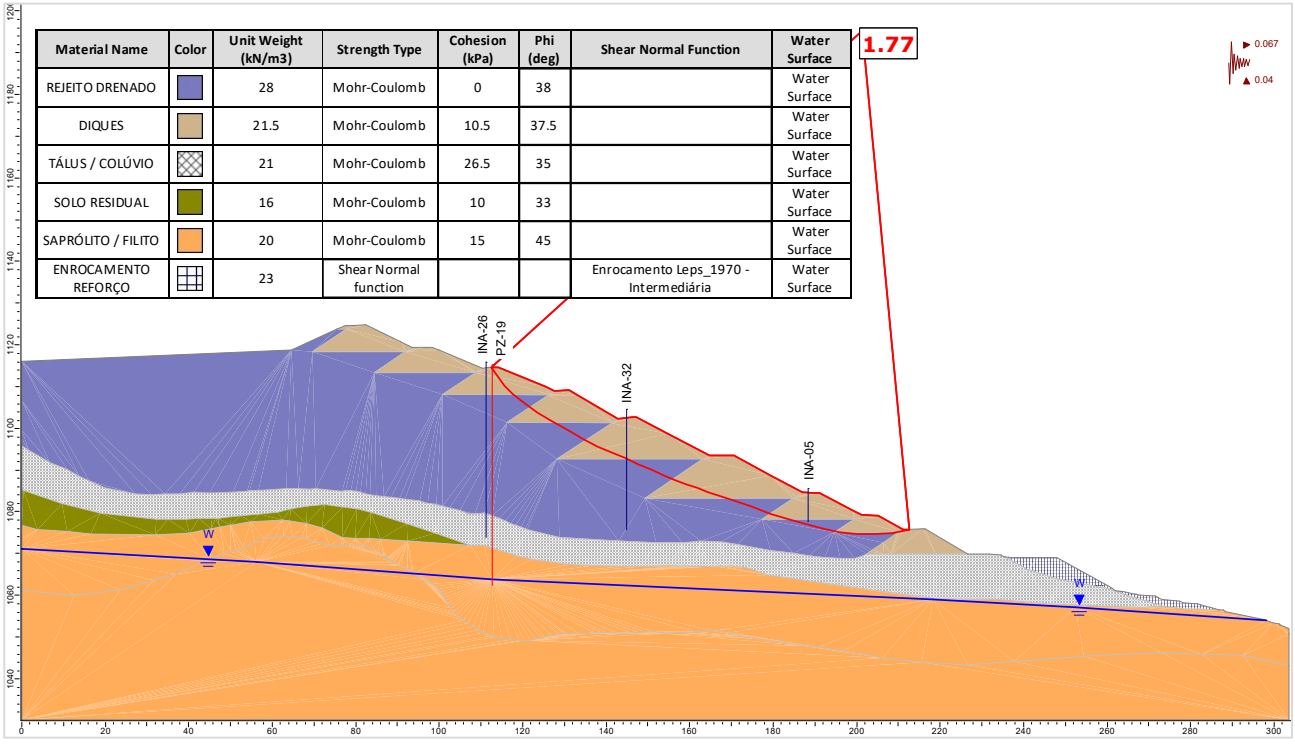


Figura 6.113 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Carregamento sísmico ↑ (critério vida útil).

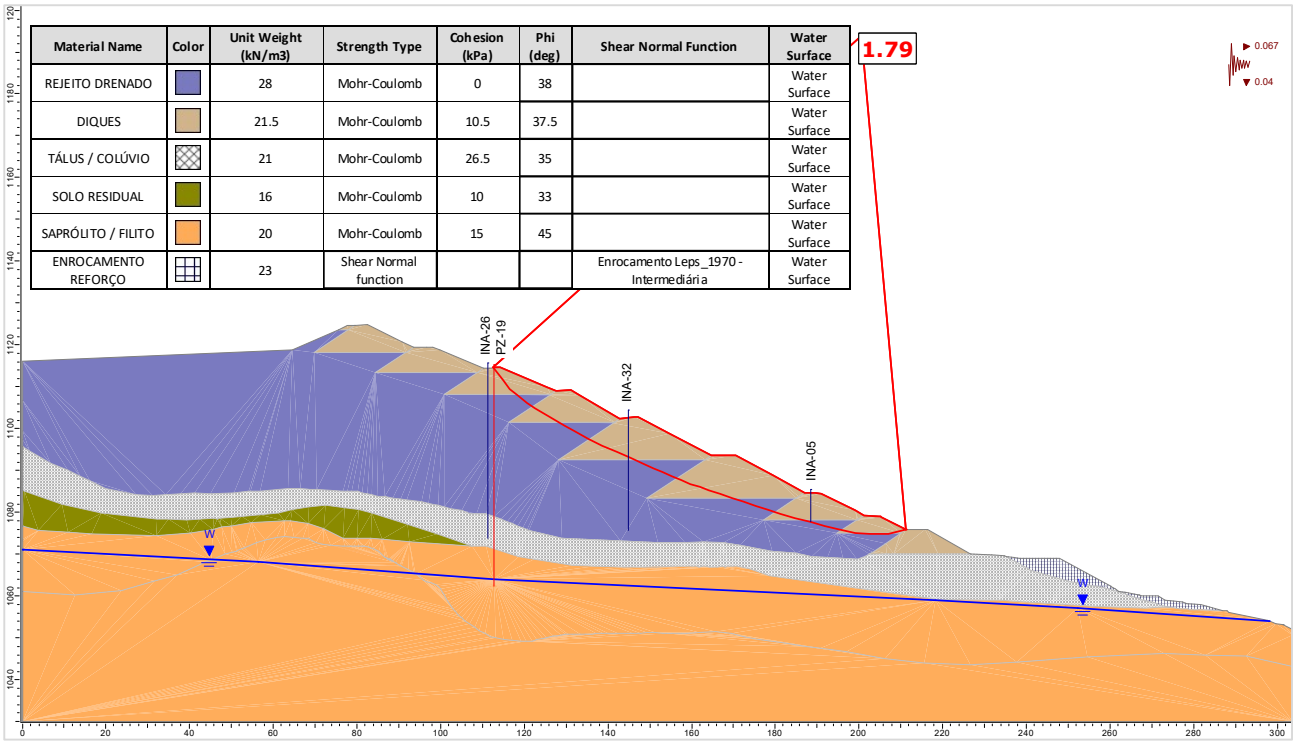


Figura 6.114 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Carregamento sísmico ↓ (critério vida útil).

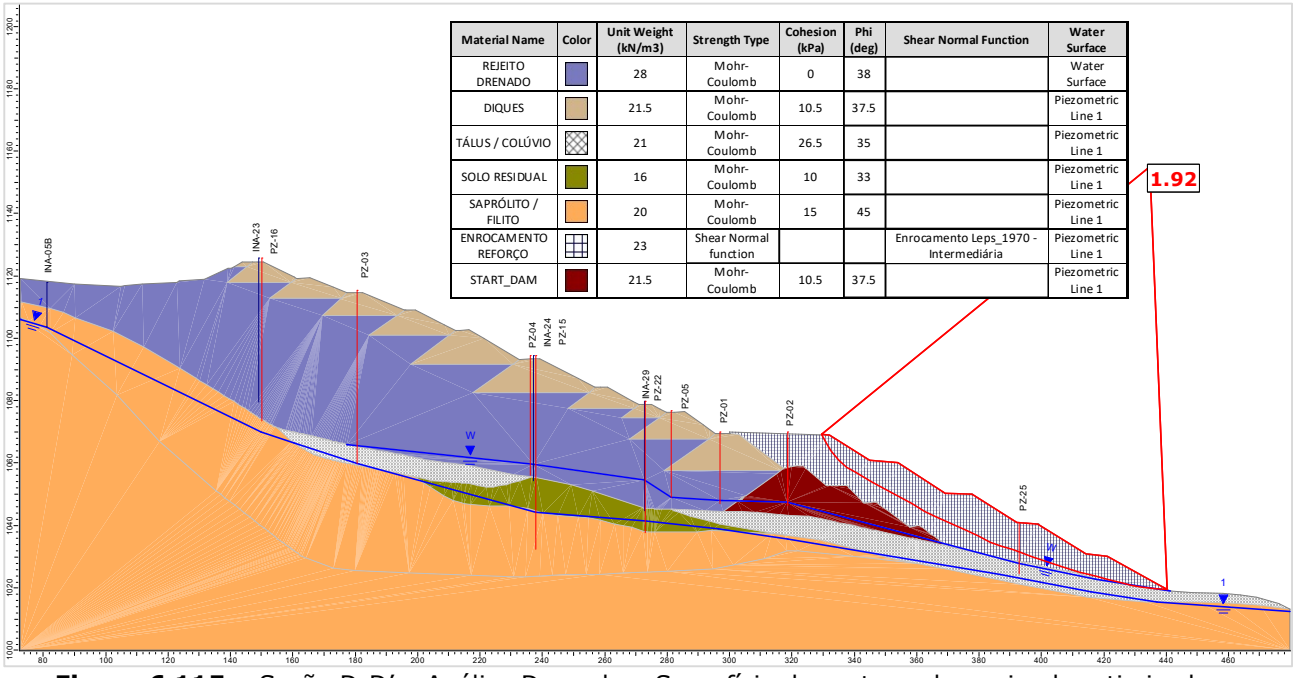
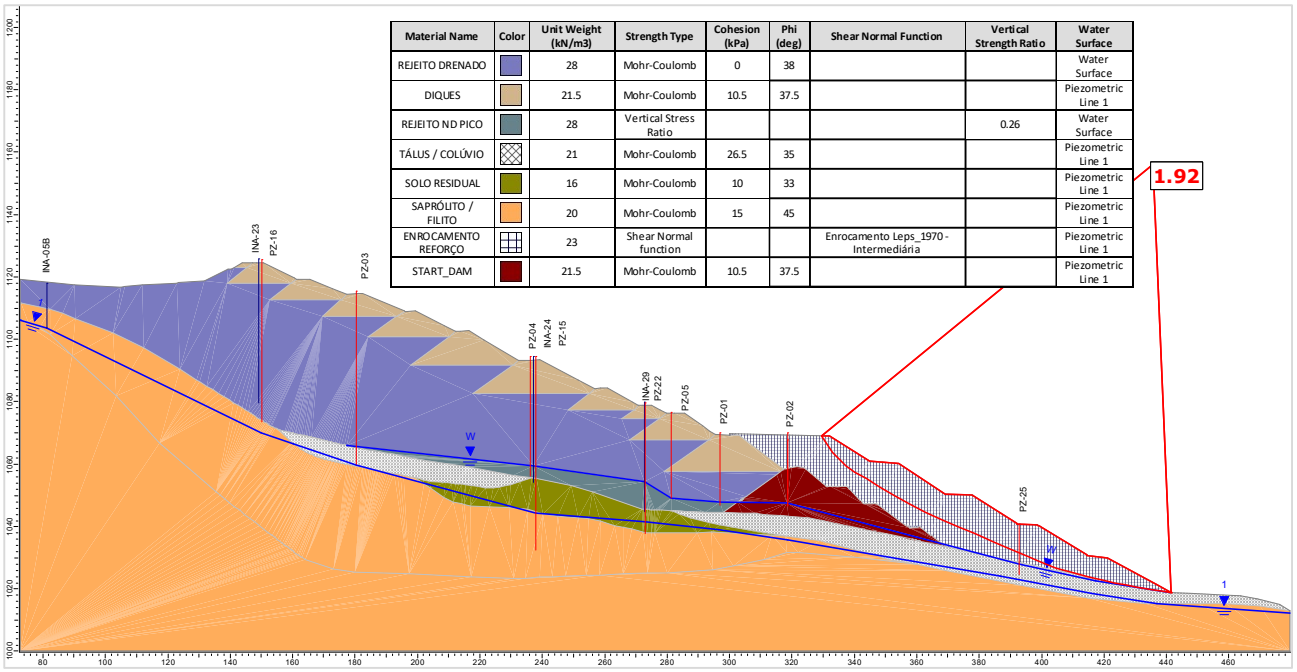
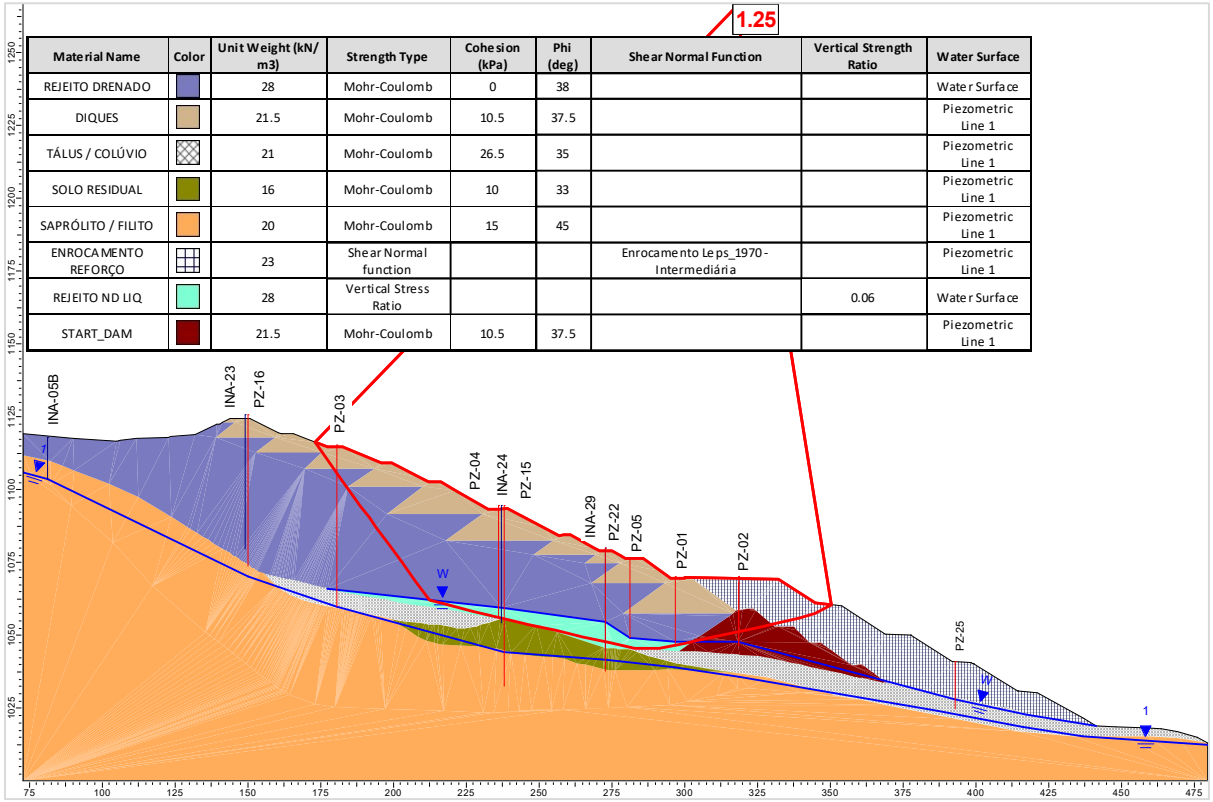


Figura 6.115 – Seção D-D' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024.



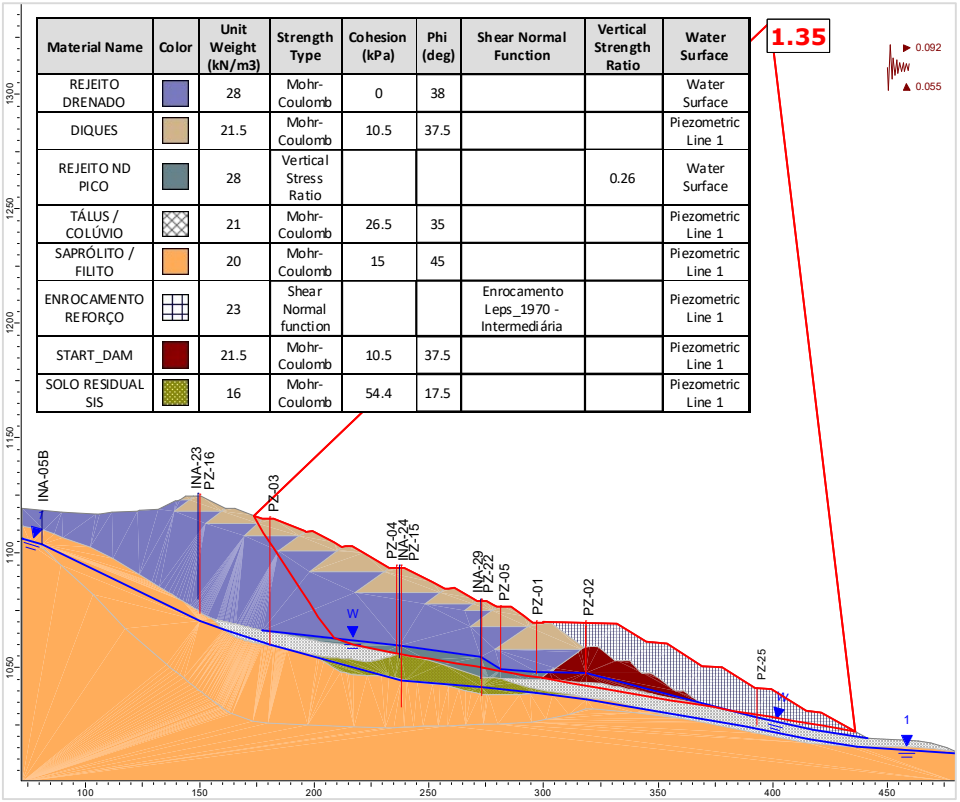
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1

Figura 6.116 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



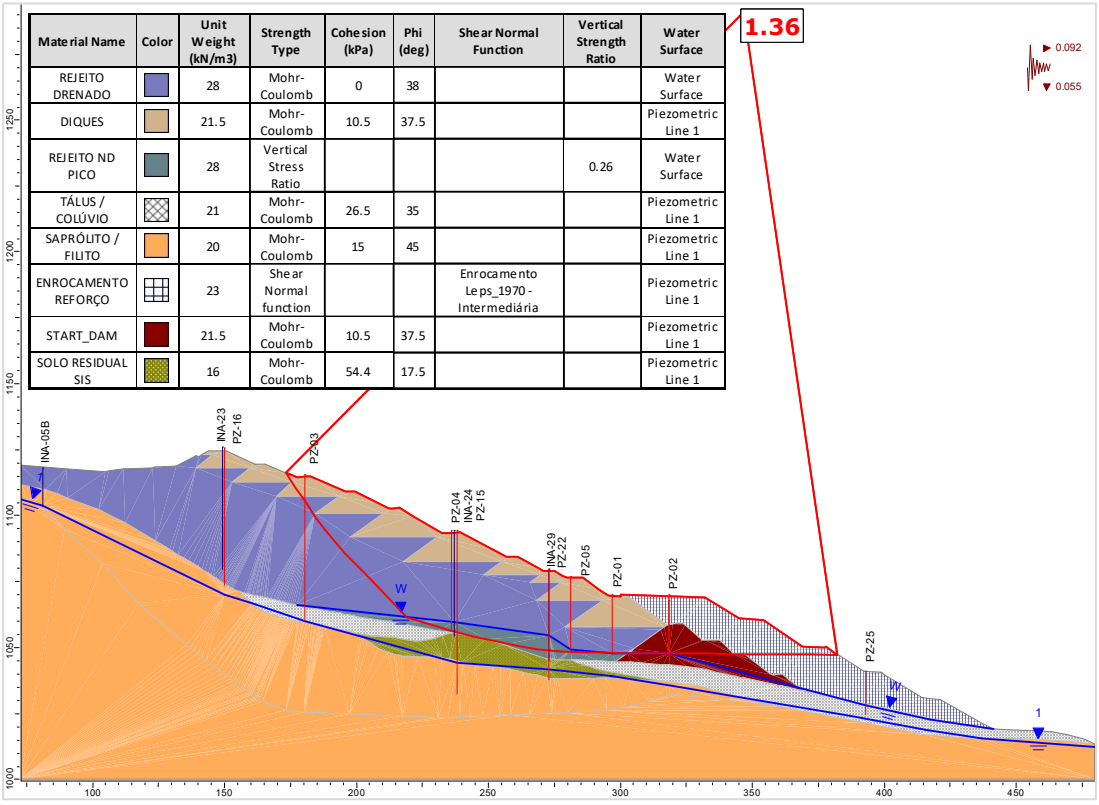
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
REJEITO ND LIQ		28	Vertical Stress Ratio				0.06	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1

Figura 6.117 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



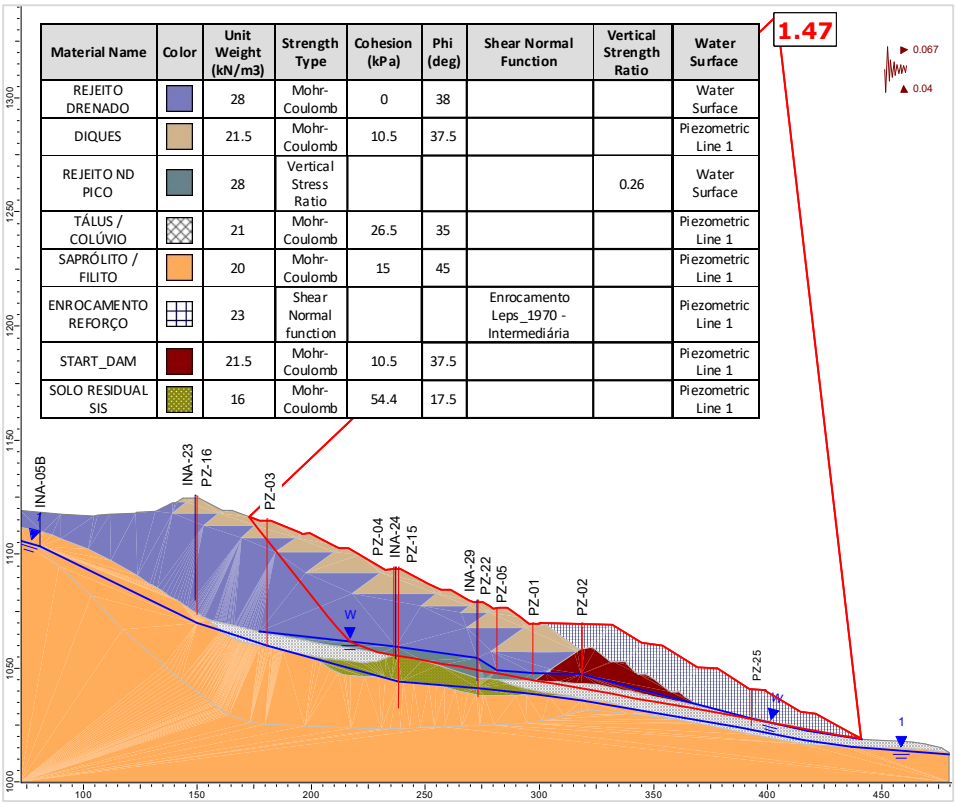
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Piezometric Line 1

Figura 6.118 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



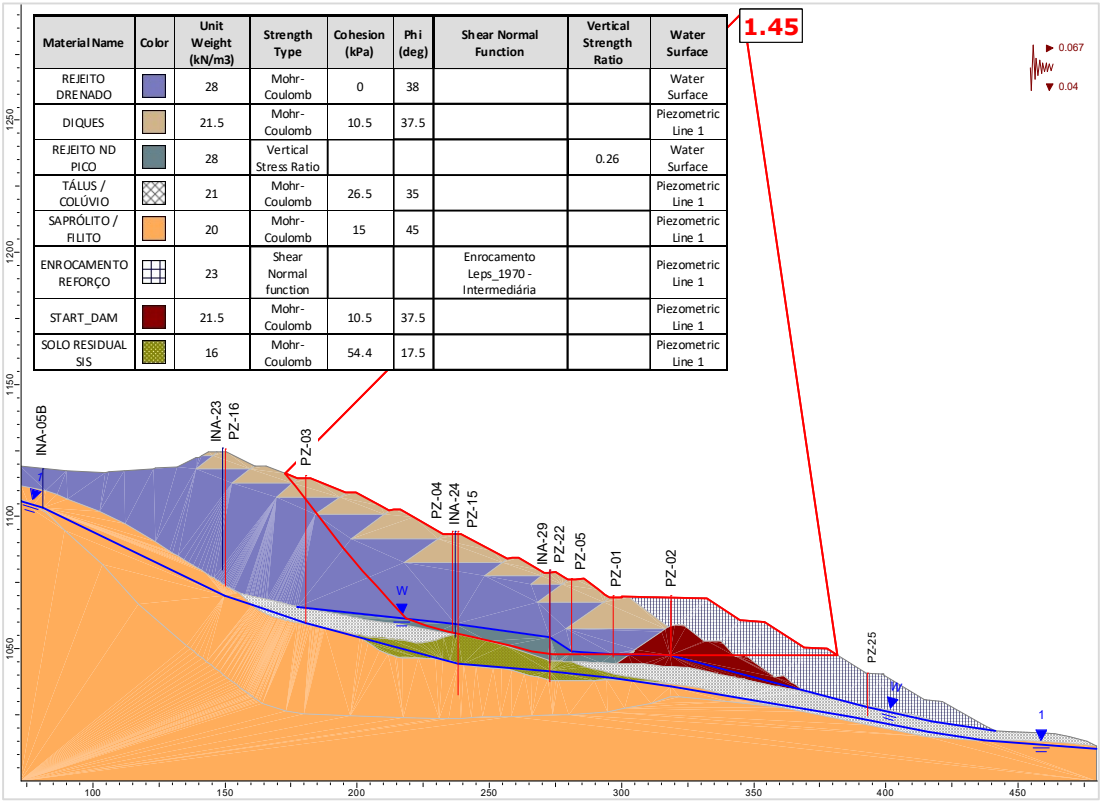
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Piezometric Line 1

Figura 6.119 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Piezometric Line 1

Figura 6.120 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Piezometric Line 1

Figura 6.121 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

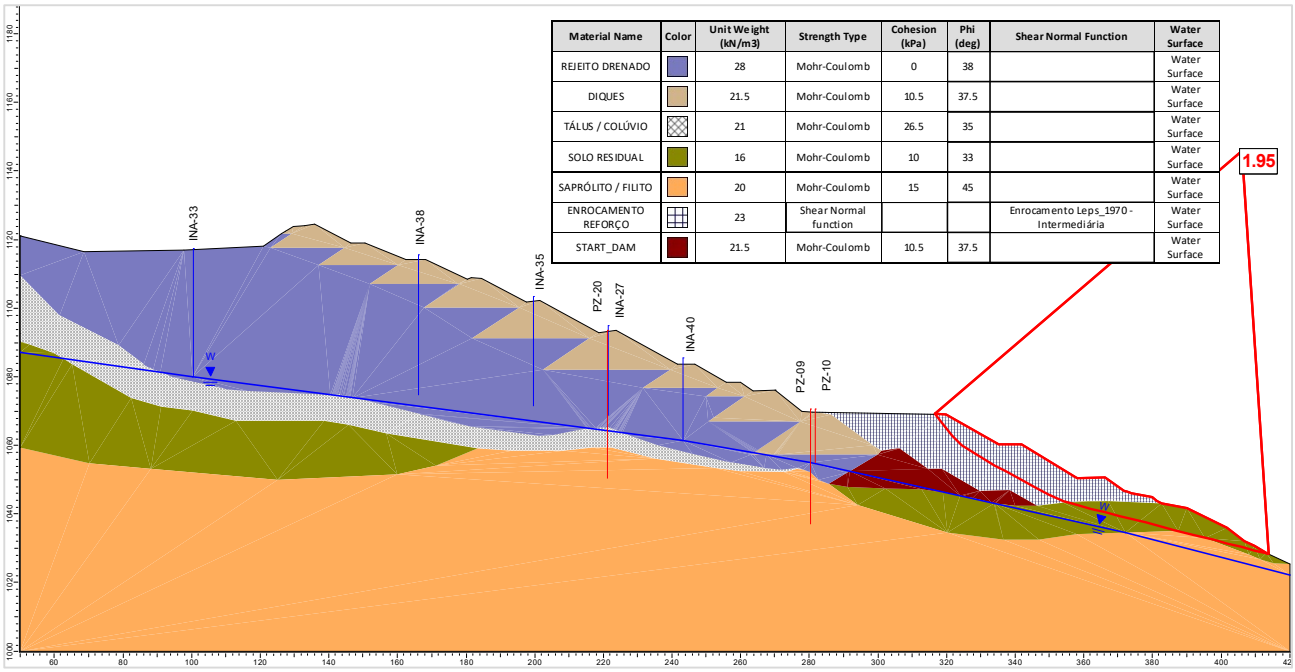


Figura 6.122 – Seção E-E' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024.

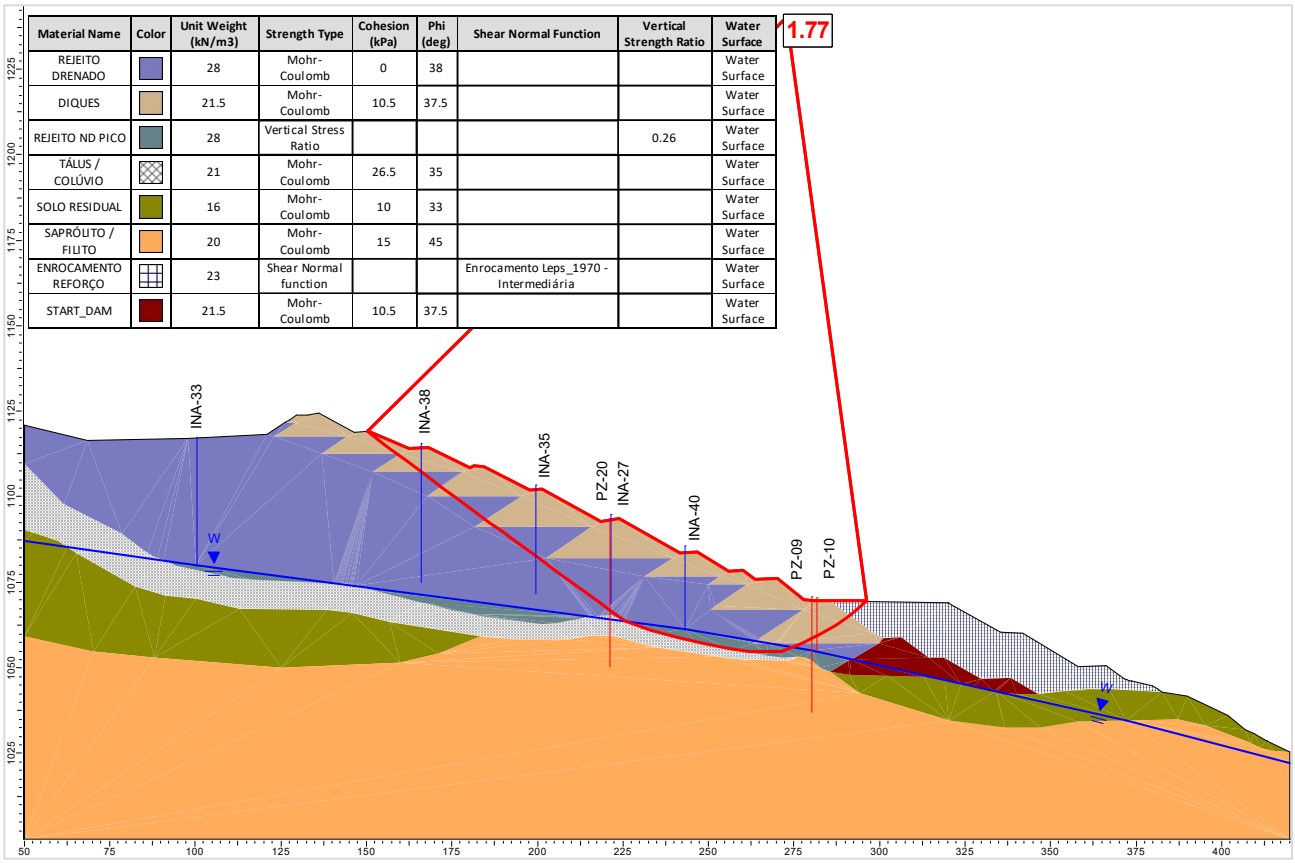


Figura 6.123 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

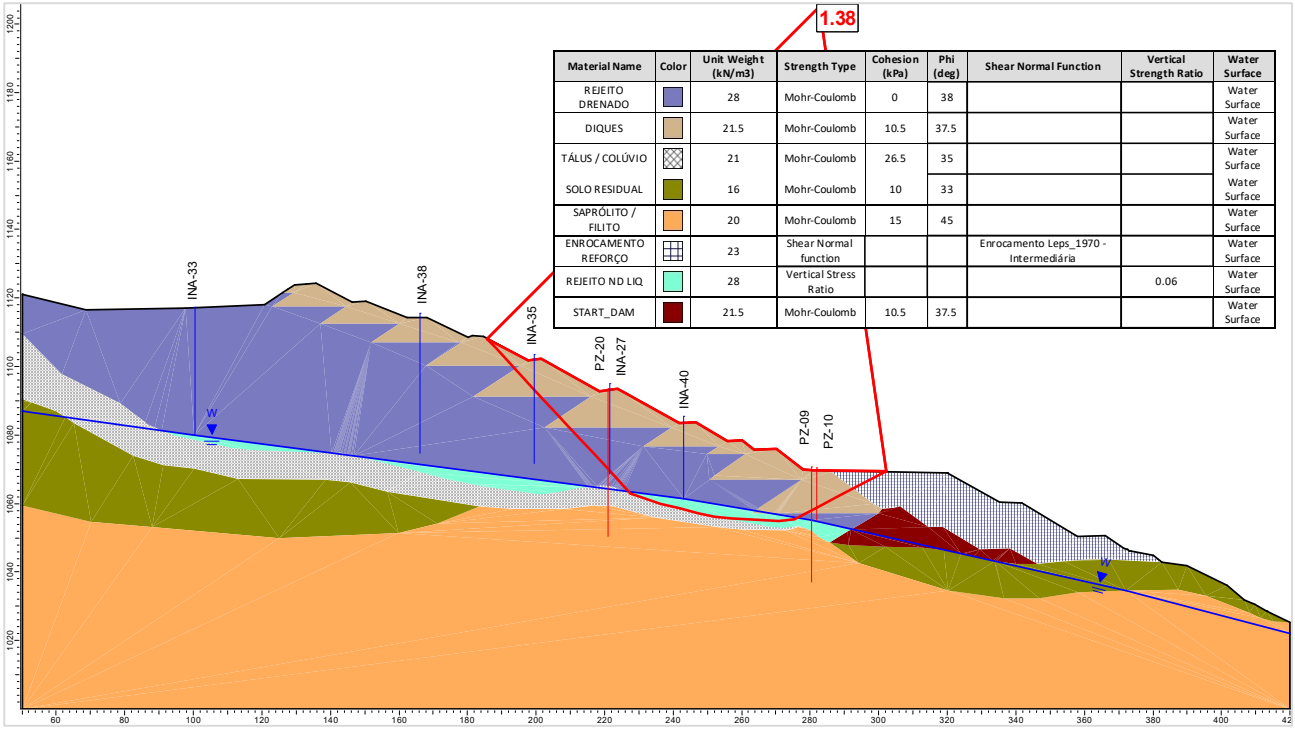


Figura 6.124 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

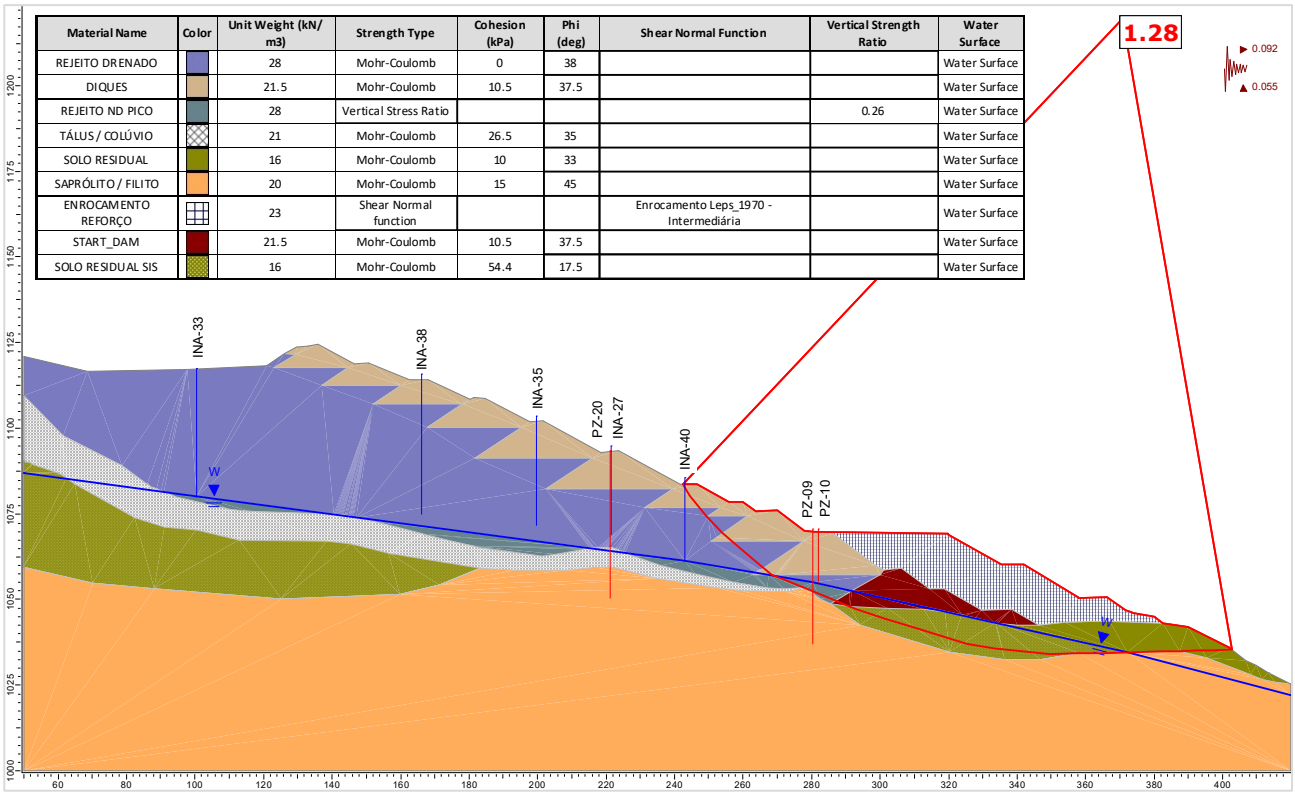
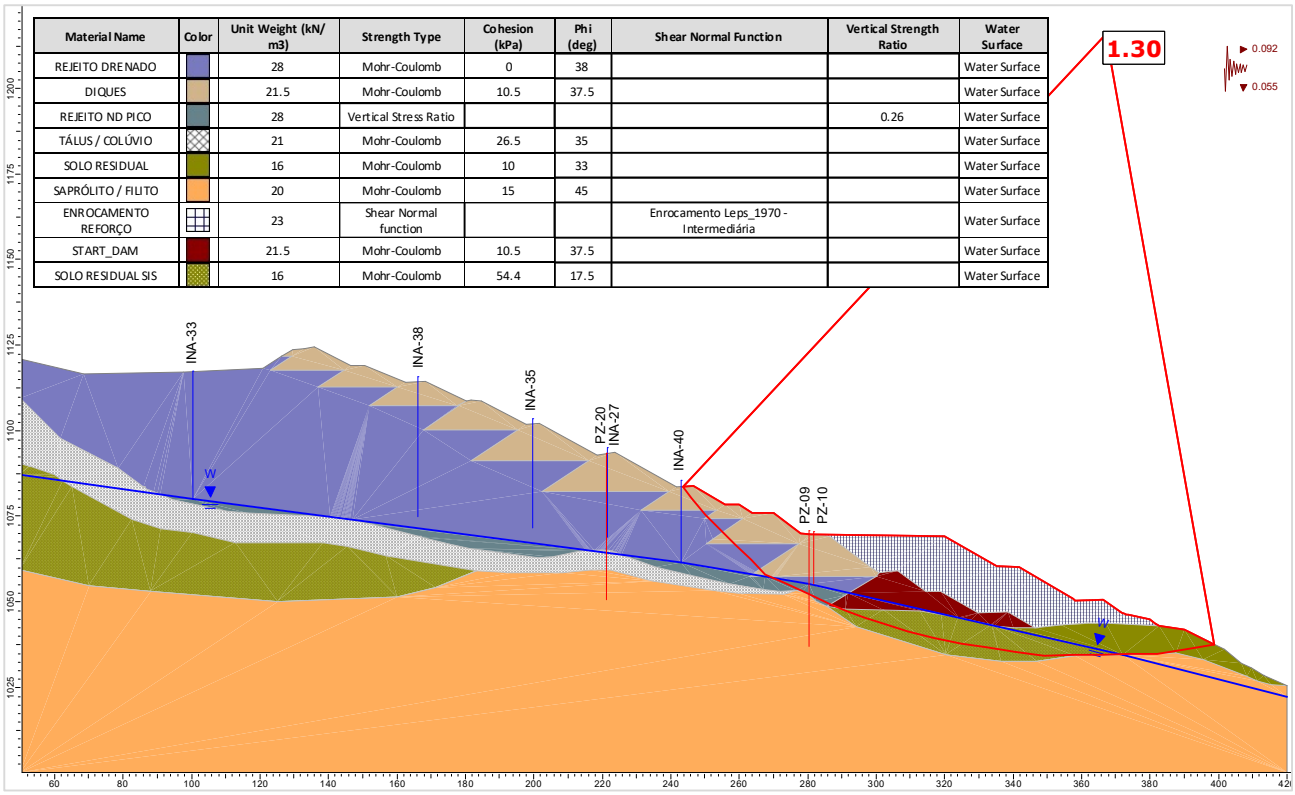
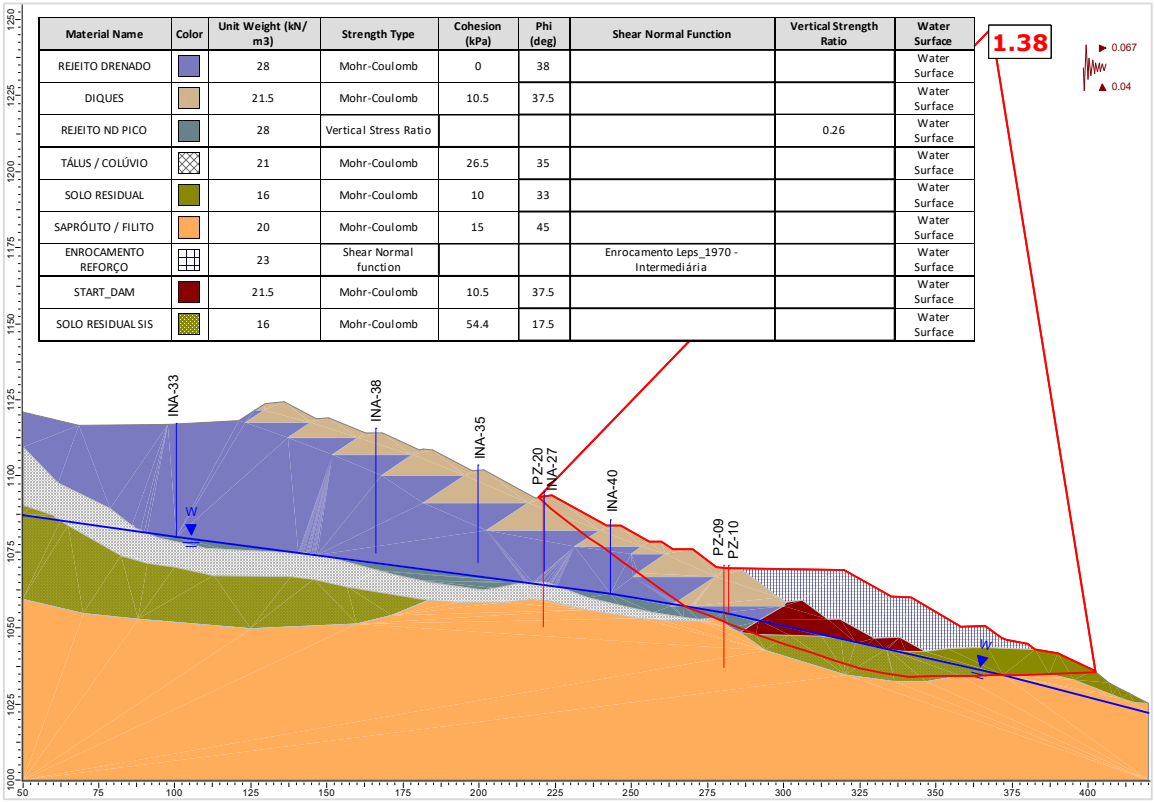


Figura 6.125 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



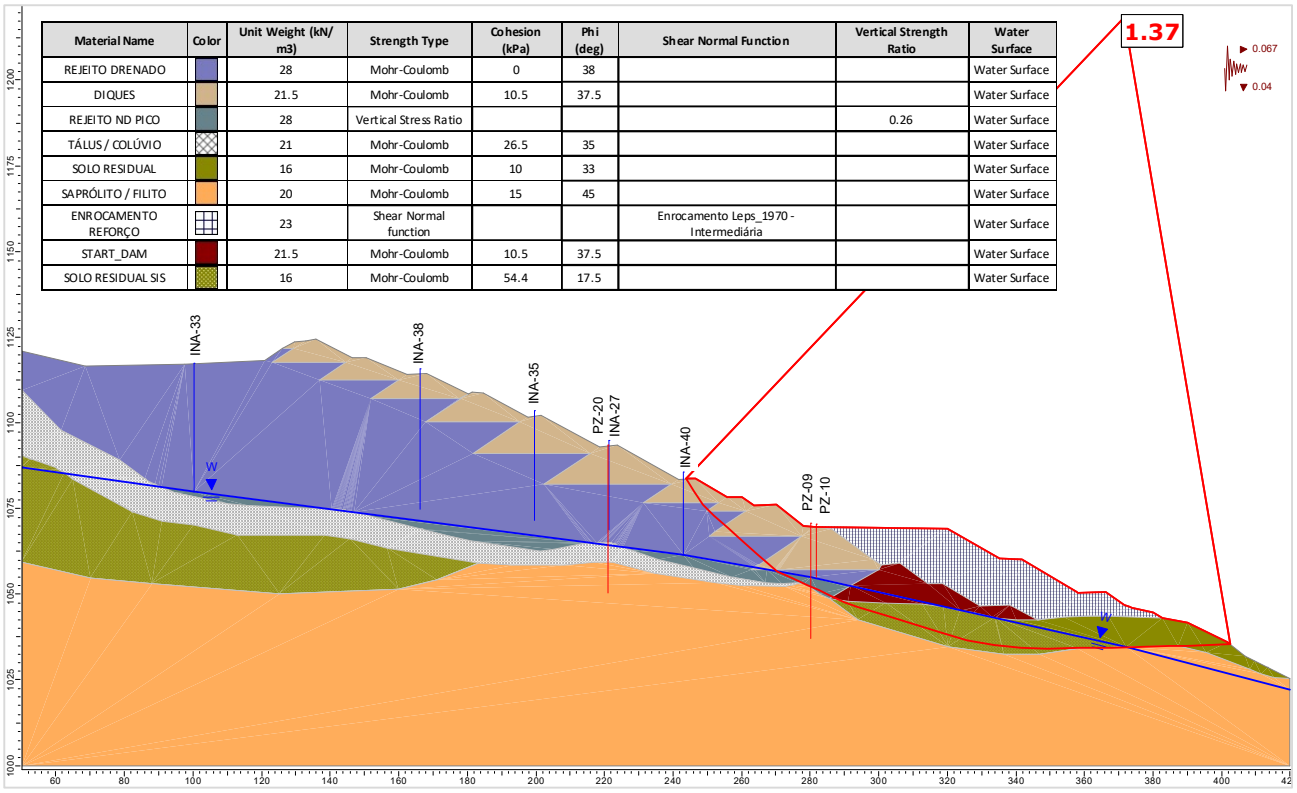
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.126 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.127 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.128 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, no período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024).

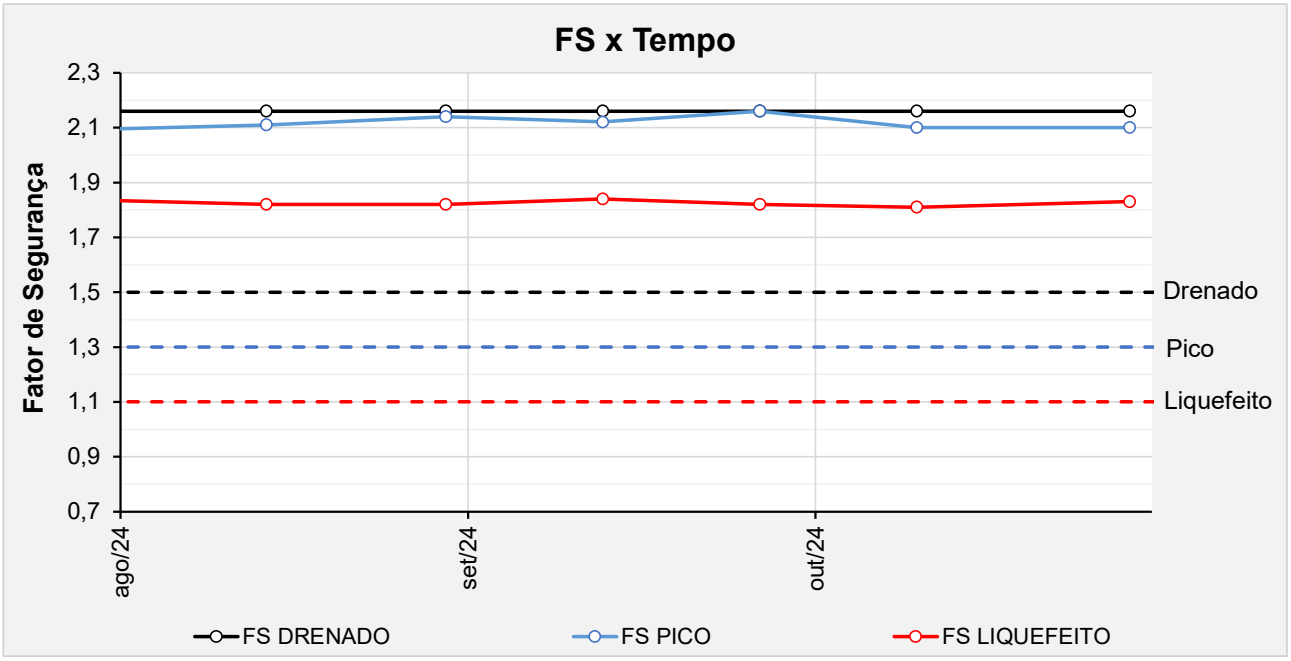


Figura 6.129 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

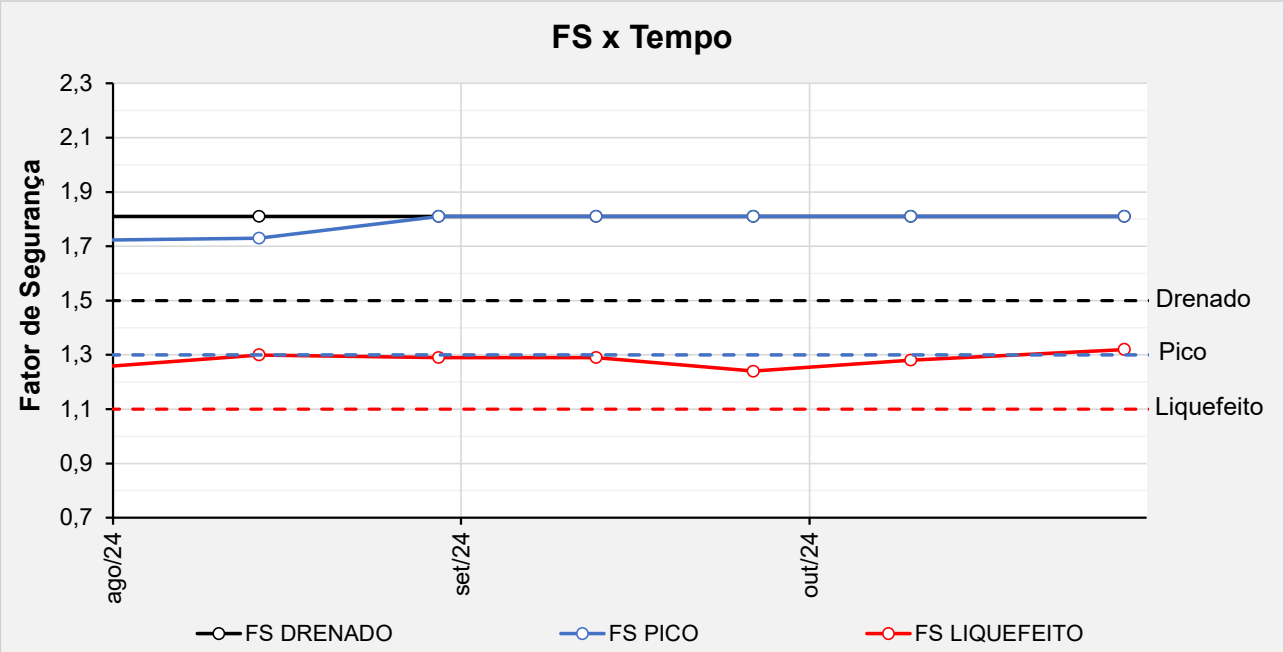


Figura 6.130 – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

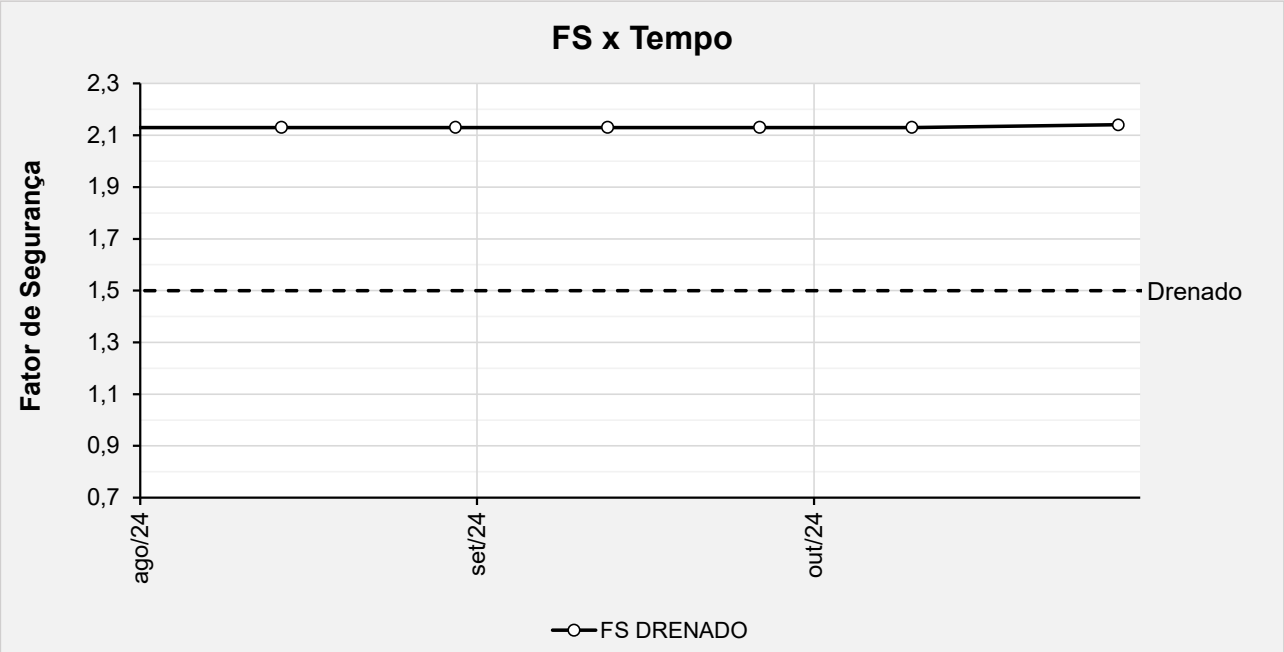


Figura 6.131 – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

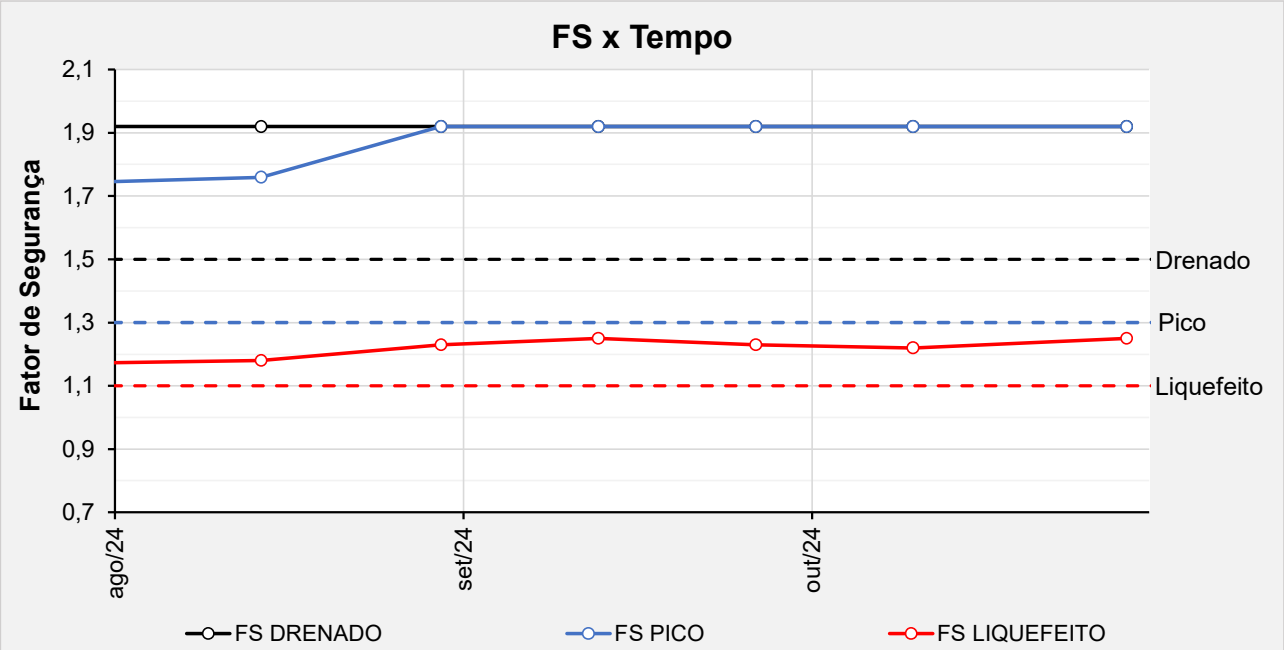


Figura 6.132 – Seção D-D' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

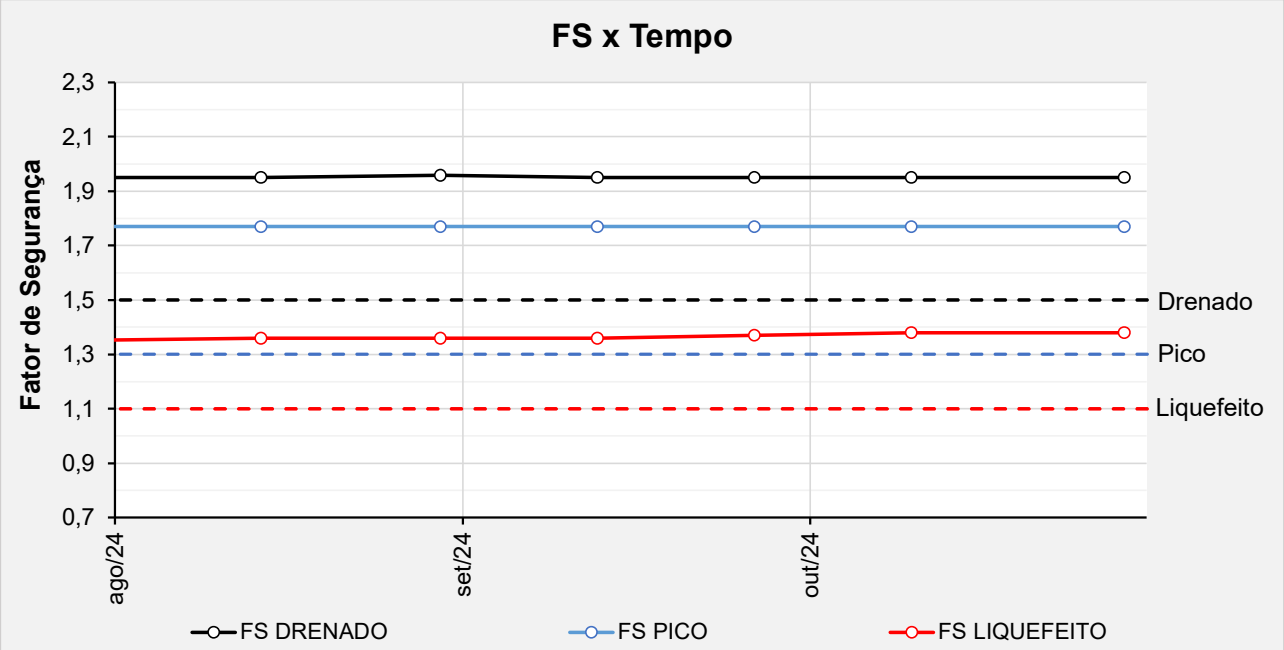


Figura 6.133 – Seção E-E' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

6.3 Controle do Nível Freático no Reservatório

Durante o mês de julho/2024 foi executada a Fase 1A do Projeto de Descaracterização da Barragem B2-Mina Tico-Tico em que parte consiste na construção de um *sump,* no fundo do reservatório, a ser utilizado para o acúmulo de água resultante de deságue do rejeito ou de chuvas eventuais e retenção de sedimentos gerados durante a execução das obras.

O *sump* está sendo rebaixado de acordo com o avanço da remoção dos rejeitos do reservatório e atualmente se encontra próximo da elevação 1.114,00. No *sump* foram instalados um sistema de bombeamento principal e um sobressalente, em caso de falha do primeiro, com capacidade para direcionar as águas para o sistema extravasor. Ainda se encontra pendente a instalação de dispositivo de acionamento automatizado do sistema de bombeamento.



Foto 6.87 – Bomba principal instalada no *sump* do reservatório.



Foto 6.88 – Bomba sobressalente instalada no *sump* do reservatório.

Considera-se também que, ao fim das etapas intermediárias, o reservatório receberá revestimento impermeabilizante, de forma a reduzir a infiltração e saturação da estrutura remanescente. Por conta do início do período chuvoso, foi necessário realizar a impermeabilização em uma etapa anterior à etapa intermediária programada em projeto. Ao final do período avaliado (agosto/2024 a outubro/2024) se encontrava em execução o revestimento do reservatório com lona dupla termoplástica HALS R-105 FORTE PB da fabricante NORTENE, fornecida em bobinas com as seguintes características:

- Cor: Branco/preto
- Gramatura: 140 g/m²
- Comprimento: 100 m
- Largura: 8 m



Foto 6.89 – Revestimento do reservatório e face do talude de montante.



Foto 6.90 – Revestimento do reservatório e face do talude de montante.

6.4 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

A seguir são apresentados os monitoramentos realizados na região a que a Barragem B2 – Mina Tico-Tico está inserida, conforme informações disponibilizadas pela Mineração Morro do Ipê.

6.4.1 Controle de Emissão de Materiais Particulados para a Atmosfera

O trânsito de caminhões, veículos e máquinas por vias de acessos e áreas não pavimentadas é responsável pela geração de emissões atmosféricas constituídas por material particulado (poeira) que entra em suspensão com relativa facilidade ao ser revolvido pela movimentação das máquinas, geralmente pneus e esteiras dos equipamentos.

O controle dessas emissões é feito pela umidificação das pistas em uso, utilizando-se caminhão-pipa, através de aspersão forçada por bomba com a formação de um leque de aspersão de água.

Aliado à aspersão de vias, a própria passagem do pneu molhado faz com que haja um espalhamento da umidade, permitindo a homogeneização da superfície umidificada.

A umectação nas vias não pavimentadas é realizada por jato d'água proveniente de um caminhão-pipa, trafegando a uma velocidade máxima de 15 km/h, na 1ª ou 2ª marcha, ou parado quando for usado o canhão aspersor.

A frequência de umectação depende de diversos fatores como: temperatura e umidade. Normalmente a eficiência permanece por um período de 30 minutos a 12 horas. A determinação da frequência é um processo por tentativas. Inicia-se com uma determinada frequência de umectação até se chegar à frequência de umectação ideal que cumpra os dois objetivos: controlar adequadamente as emissões de material particulado e não prejudicar as atividades que deverão ser desenvolvidas. Nos períodos de seca, através de inspeção visual, a frequência poderá ser ajustada para melhorar a eficiência do procedimento.

A perda de umidade após a evaporação da água faz com que o material das vias se torne poeira novamente. A fim de evitar esse efeito indesejado, a MMI buscou no mercado formas alternativas de supressão dos particulados e optou pelo uso de supressores químicos. Estes supressores são soluções capazes de modificar características físicas das vias não pavimentadas. Isso as torna semelhantes às vias com pavimentação, requerendo assim, umectações menos frequentes.

O uso desses supressores acarreta a formação de uma camada superficial proveniente da agregação de particulados maiores. Além de reduzir os níveis de poeira, proporciona maior segurança no transporte de pessoas e equipamentos.

Desde junho de 2022, a MMI tem usado supressor de poeira na aspersão de suas vias. O produto é comercializado pela empresa BMA Ambiental Ltda, que oferece várias opções de supressores de poeira provenientes de misturas atóxicas que são biodegradáveis, visto que a maioria é composta por polímeros orgânicos e que proporcionam uma economia de água de no mínimo 30%. Dentre as opções oferecidas pela empresa, a mais adequada ao uso pretendido foi o Bioaglopar RDC Primer, originado de uma mistura balanceada de polímeros naturais derivados de lipídios e hidrocarbonetos, ideal para controlar poeira em estradas pavimentadas e não pavimentadas, uma vez que preserva a umidade da via sem torná-la escorregadia e insegura para o tráfego.

As fotos a seguir ilustram a execução da aspersão das vias da Mineração Morro do Ipê.



Foto 6.91 – Mosaico da aspersão das vias na Mineração Morro do Ipê.



Foto 6.92 – Mosaico da aspersão das vias na Mineração Morro do Ipê.

Como forma de aferir a eficácia das ações de mitigação da emissão de particulados a Mineração Morro do Ipê realiza o monitoramento da qualidade do ar. Tal monitoramento possibilita a correção de não conformidades, caso estas ocorram.

Há 4 pontos de monitoramento, conforme determinado no Plano de Controle Ambiental (PCA). As estações de monitoramento atuais estão localizadas nos seguintes pontos:

Tabela 6.14 – Pontos de monitoramento da qualidade do ar.

PONTO	REFERÊNCIA	COORDENADAS UTM SIRGAS2000 (m)	
		E	N
P-01	Casa do Sr. Ronaldo	575.253,879	7.778.440,799
P-02	Sítio do Sr. Ronaldo	571.565,955	7.774.038,958
P-03	Casa do Sr. Rogério*	574.279,947	7.777.260,587
P-04	Casa do Sr. Antônio	569.641,544	7.776.764,686

* O terreno onde se encontra a casa do sr. Rogério foi adquirido pela Mineração Morro do Ipê e por questões de segurança e ausência de ponto de energia está o monitoramento está suspenso desde abril de 2024. A equipe de meio ambiente segue em tratativa para realocação do ponto para uma escola na mesma região, sem interferir no arranjo da rede de monitoramento.



Figura 6.134 – Ponto P-01 – Casa do Sr. Ronaldo.



Figura 6.135 – Ponto P-02 – Sítio do Sr. Ronaldo.



Figura 6.136 – Ponto P-03 – Casa do Sr. Rogério.



Figura 6.137 – Ponto P-04 – Casa do Sr. Antônio.

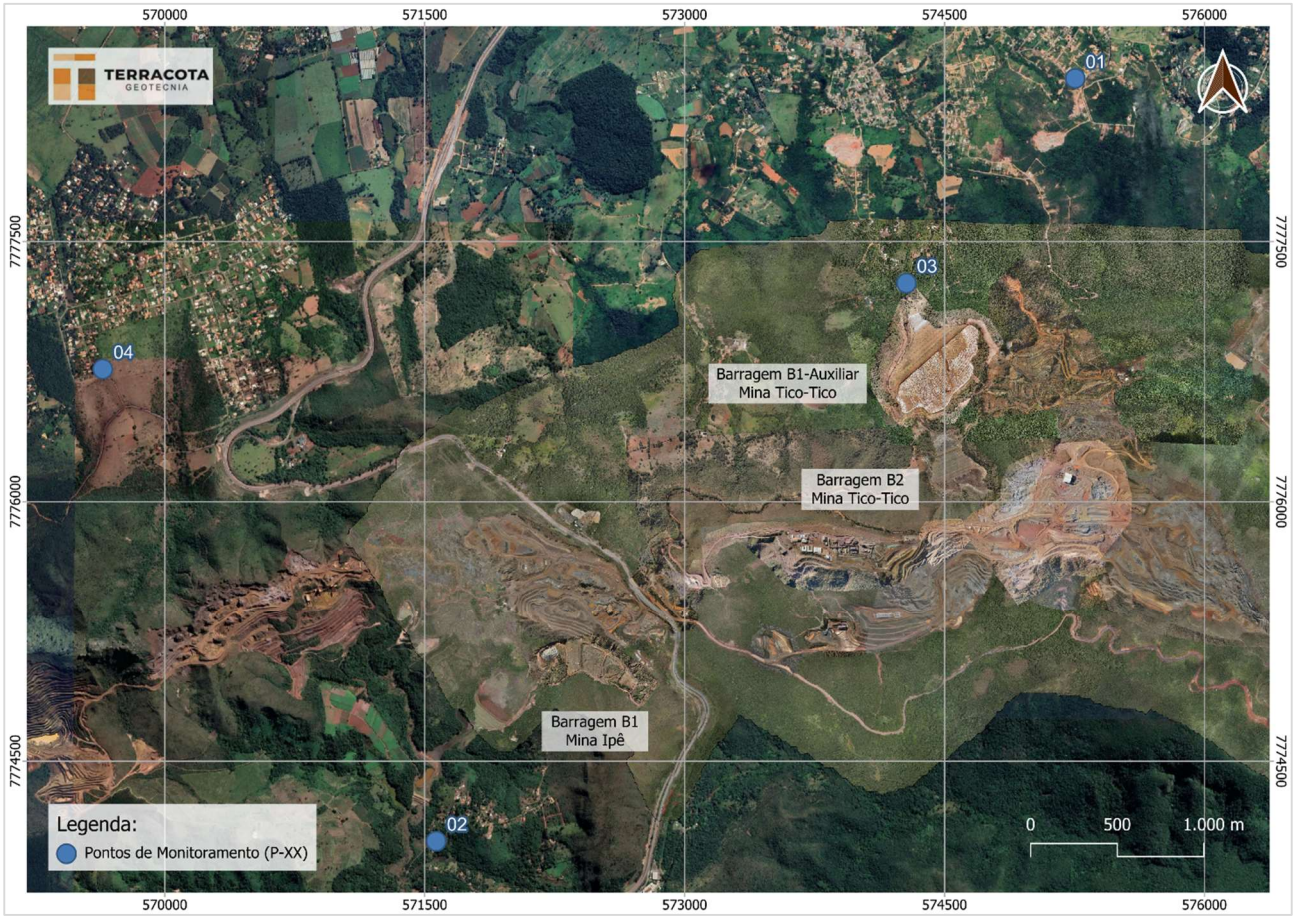


Figura 6.138 – Localização dos pontos de monitoramento de qualidade do ar.

6.4.2 Controle de Emissão de Gases Poluentes

6.4.2.1 Controle das Emissões Geradas pelo Funcionamento de Motor a Diesel

As emissões atmosféricas geradas pela combustão dos motores a diesel de equipamentos e veículos tem como ação de controle, a manutenção preventiva que irá atuar nas fontes de emissão, ainda que indiretamente.

6.4.2.2 Monitoramento de Fumaça Preta

Atualmente o monitoramento dessas emissões é realizado por meio da verificação visual periódica, com utilização da escala Ringelmann. Essa escala consiste, conforme definição da ABNT, em uma escala gráfica para avaliação calorimétrica visual constituída de um cartão com tonalidades de cinza, correspondentes aos padrões de 1 a 5.

Certa de que o uso de opacímetros permite um resultado mais preciso e objetivo, a forma como o monitoramento é executado na Mineração Morro do Ipê encontra-se em transição. A Empresa já adquiriu 2 opacímetros, que estão sendo utilizados em áreas-piloto, enquanto o software dos equipamentos é homologado pelo departamento de Tecnologia da Informação.



Foto 6.93 – Monitoramento em equipamento com escala.



Foto 6.94 – Monitoramento utilizando o opacímetro.

A Mineração Morro do Ipê possui em seu sistema de gestão um procedimento para o monitoramento de fumaça preta. Esse procedimento determina que as empresas contratadas e subcontratadas enviem à equipe de Meio Ambiente da MMI trimestralmente a relação de equipamentos utilizados na área da empresa com o resultado dos monitoramentos realizados no período.

É importante salientar que caso o resultado do monitoramento de fumaça preta exceda o valor de 2 unidades na escala de Ringelmann, o veículo/máquina/equipamento está inapto a continuar suas atividades e deve ser encaminhado para a manutenção. O veículo/máquina/equipamento só estará apto a retornar as suas atividades após a realização de um novo teste por um dos técnicos do departamento de Meio Ambiente.

6.4.3 Controle de Emissão de Ruídos Ambientais

Visto que a atividade de mineração implica na utilização de maquinário de grande porte na fase de operação, bem como a execução de fragmentações, a MMI possui um programa que busca apresentar recomendações e medidas que mitiguem este impacto (alteração nos níveis de pressão sonora e vibração na área de influência). Estes impactos podem causar incômodos em receptores localizados na área de influência direta – População residente no entorno da área da Mineração Morro do Ipê.

Esse programa tem por objetivo o monitoramento e acompanhamento dos níveis atuais de ruído e vibração, bem como a comparação com os valores de referência pertinentes, permitindo averiguar se de fato eles provocam incômodos aos receptores humanos presentes nas imediações do empreendimento. Além de garantir que os níveis de ruído e vibração em decorrência das atividades do empreendimento causem o menor impacto possível no seu entorno, pois, a partir dos monitoramentos é possível avaliar a necessidade de adoção de medidas complementares de atenuação sonora.

Todas as medições são realizadas simultaneamente para ruído e vibração do solo no mesmo ponto com tempo adequado para averiguação de dados, ou seja, sem presença de chuvas, ventos fortes, trovões e demais interferências audíveis advindas de fenômenos da natureza e que possam interferir nas medições.

As campanhas de medição são realizadas mensalmente, conforme determina a legislação, com medições no período diurno (06:00 às 22:00h) e noturno (22:00 às 06:00h).

Os procedimentos de medição são realizados em conformidade com as normas NBR 10.151/2000, "Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade", NBR 7731/1983 "Guia para execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação dos seusefeitos sobre o homem" e normas ISO 1996, Partes 1 e 2, "*Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise*", 2003, 1987.

As medições de vibração seguem a metodologia descrita no Anexo da Decisão de Diretoria da CETESB nº 215/2007/E. Considerando que este documento determina que a avaliação deva ser feita diferenciadamente para os planos horizontal e vertical, o monitoramento deve ser realizado com um acelerômetro triaxial, de modo a se obter, concomitantemente, os níveis de vibração no eixo vertical e em dois eixos horizontais.

A Tabela 6.15 apresenta as coordenadas dos pontos de monitoramento de ruído e vibração.

Tabela 6.15 – Pontos de monitoramento de ruído e vibração.

PONTO	REFERÊNCIA	CLASSIFICAÇÃO	COORDENADAS UTM SIRGAS2000 (m)	
			E	N
RV-01	Vale dos Quéias	Área de sítios e fazendas	572.029,962	7.774.647,940
RV-02	Em frente à Porteira da Fazenda.	Área de sítios e fazendas	572.968,023	7.777.743,004
RV-03	Rua Mário Menezes, esquina com Rua Alevato	Área predominantemente residencial	574.433,981	7.777.514,028
RV-04	Ponto Interno	Área predominantemente industrial	576.207,002	7.776.576,957
RV-05	Rua Zequita em frente à residência 46	Área predominantemente residencial	574.107,051	7.778.323,974
RV-06	Bairro Candelária	Área de sítios e fazendas	574.278,033	7.777.252,959
RV-07	Próximo à residência do Sr. Ronaldo	Área de sítios e fazendas	575.232,026	7.778.489,035
RV-08	Ao lado da Igreja Batista da Paz	Área predominantemente residencial	578.124,971	7.777.373,039
RV-09	Rua Hesebe em frente à residência nº 10	Área predominantemente residencial	578.235,037	7.777.228,009

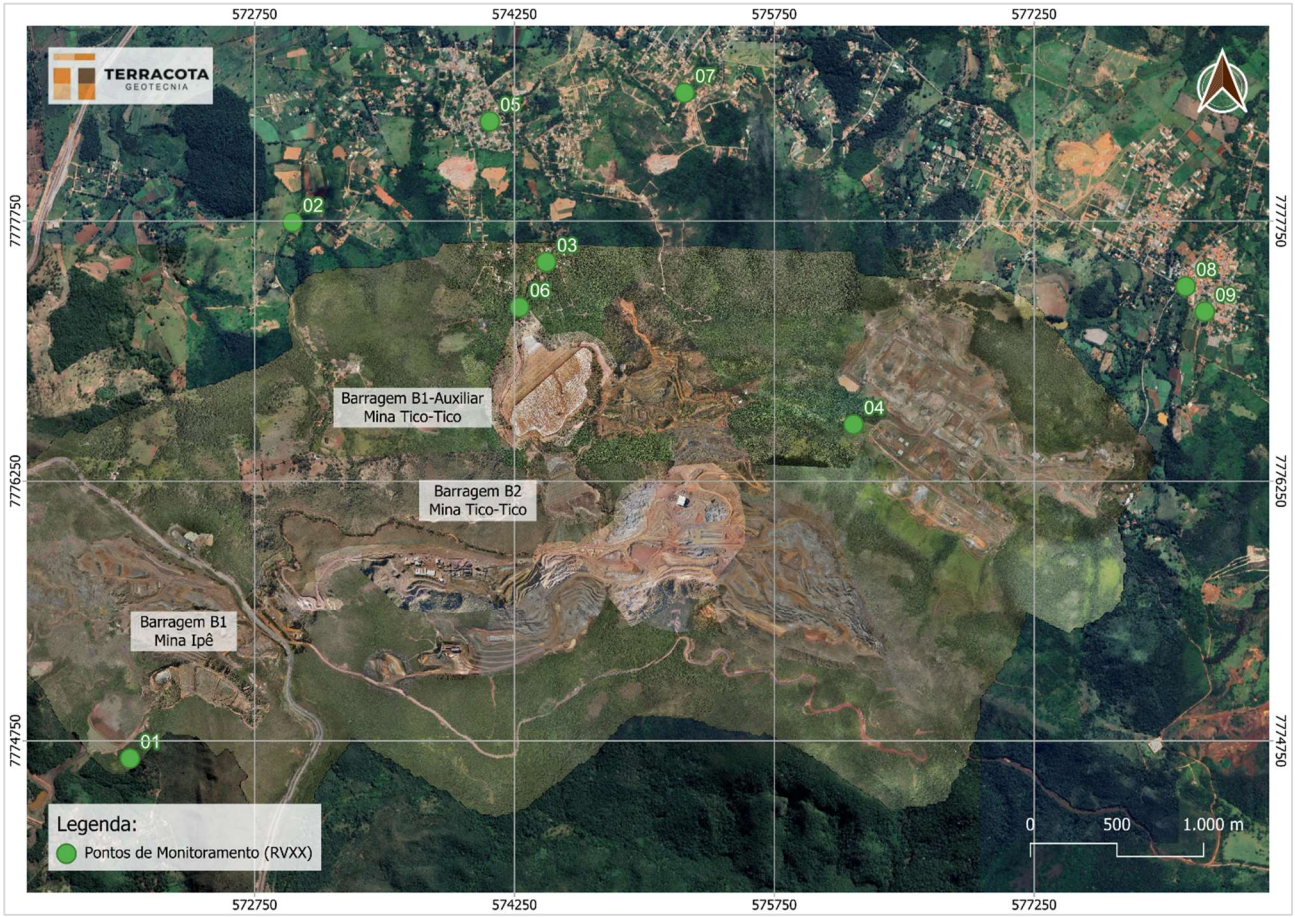


Figura 6.139 – Localização dos pontos de monitoramento de qualidade do ar.

6.4.4 Controle de Alteração da Dinâmica de Drenagem de Águas Pluviais

O Programa de Monitoramento Hidrogeológico e de Qualidade das Águas Subterrâneas prevê o monitoramento de possíveis alterações na disponibilidade hídrica subterrânea, observando eventuais variações nos níveis monitorados e a manutenção da qualidade ambiental dos aquíferos subjacentes à Serra das Farofas.

O monitoramento das águas subterrâneas vem sendo realizado por meio da coleta de água em nascentes, considerando os diferentes aquíferos. Cabe apontar que a execução do Programa teve início em junho de 2020 e as campanhas trimestrais de monitoramento ocorrem de acordo com o proposto no PCA nos meses de março, junho, setembro e dezembro.

Os pontos foram selecionados considerando a localização das cavas e estruturas do empreendimento e visando a definição da filiação hidrogeoquímica das águas subterrâneas.

6.4.5 Gestão de Resíduos Sólidos

O Programa de Gestão dos Resíduos estabelece as diretrizes para a classificação, segregação, armazenamento e destinação dos resíduos sólidos gerados durante toda vida útil do Projeto Morro do Ipê. São objetivos específicos do programa:

- Garantir que a geração, segregação, coleta, transporte e disposição final dos resíduos inerentes às atividades do empreendimento sejam realizados de forma controlada, por meio de procedimentos operacionais definidos;
- Aumentar a eficiência da recuperação reuso e reciclagem de resíduos;
- Minimizar os impactos ambientais, garantindo o tratamento e disposição final de resíduos sólidos de forma adequada, o que se traduz em atendimento à legislação aplicável.

A partir de agosto de 2019, foi iniciada a utilização do Sistema MTR Online, da SEMAD-MG. Neste sistema, as disposições de resíduos são registradas atualmente.

A Gestão de Resíduos da Mineração Morro do Ipê é realizada conjuntamente entre as Minas Ipê e Tico-Tico. Para tal, a empresa possui um procedimento que descreve todas as responsabilidades da Mineração Morro do Ipê e contratadas com relação à geração e gestão dos seus resíduos.

As diretrizes que norteiam a aplicação desse procedimento dizem respeito ao gerenciamento dos resíduos sólidos oriundos dos processos produtivos e prédios administrativos, obras, terceirizadas priorizando o princípio da não geração de resíduos, a minimização da geração de

resíduos na fonte, sua reutilização, recuperação e reciclagem. Estabelece ações e diretrizes para orientar os envolvidos na geração, classificação, recolhimento, transporte, armazenagem e destinação em todas as áreas da empresa, incluindo prestadores de serviços.

O fluxograma apresentado a seguir descreve as etapas do gerenciamento de resíduos na Mineração Morro do Ipê.

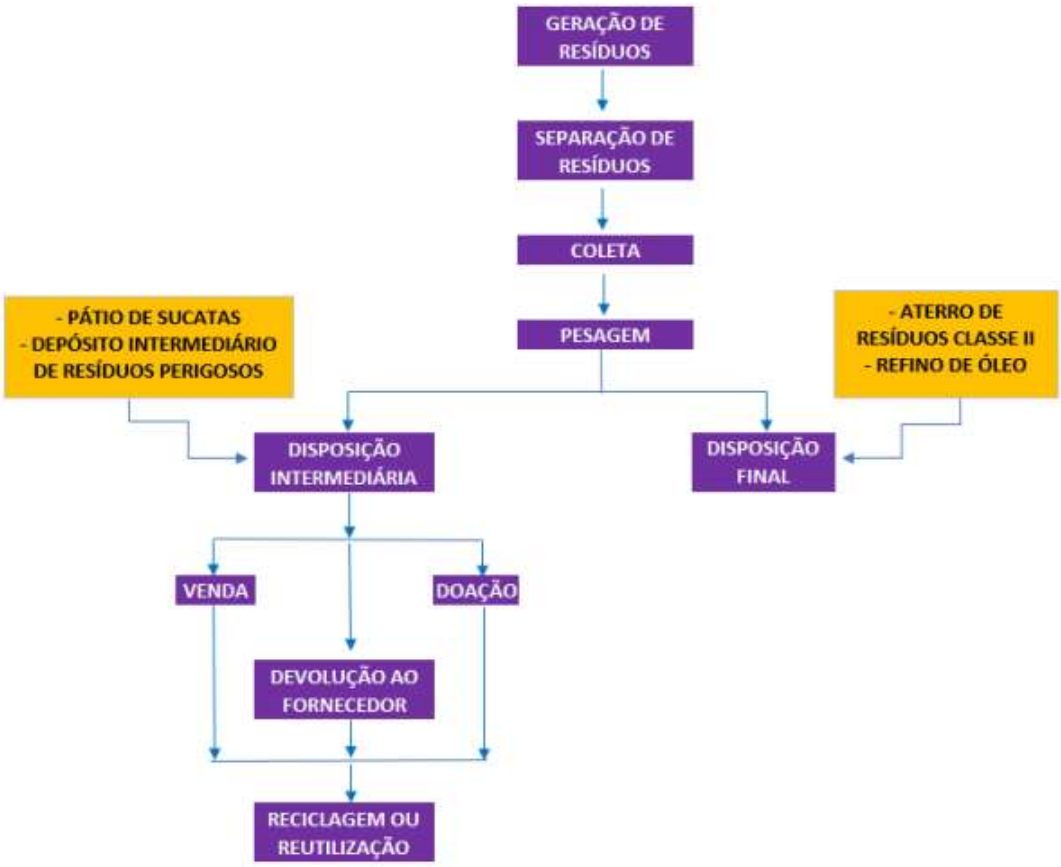


Figura 6.140 – Fluxograma de gerenciamento de resíduos.

Os resíduos gerados em cada área são separados para que, posteriormente, seja realizada a coleta conforme programação, seguida de disposição em local adequado com inspeção periódica.

Os resíduos gerados nos canteiros de obra são recolhidos em caçambas (resíduos gerados em maior volume) ou em coletores (resíduos recicláveis e gerados em menor quantidade). As caçambas são retiradas quando se encontram cheias. Os resíduos com menor geração são levados para os Depósitos Intermediários de Resíduos (DIR), construídos em cada canteiro e depois são coletados pela empresa responsável pelo gerenciamento de resíduos e levados para a Central de Material Descartado (CMD). A implantação do DIR, bem como sua organização fica a cargo da empresa contratada responsável pelo canteiro de obras.

6.4.6 Supressão Vegetal – perda de Habitat para Fauna

O Programa de Resgate de Flora da Mineração Morro do Ipê visa acompanhar o processo de supressão da vegetação, sendo realizado o resgate de flora e fauna em todos os locais nos períodos pré-supressão e durante a supressão, nos locais autorizados.

Para as obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico foram suprimidos dois Eucalyptus sp. localizados dentro da ADA da MMI, sem ter ninho ou vestígio de que os espécimes eram usados como refúgio ou habitat provisório de fauna.



Figura 6.141 – Localização das árvores removidas.



Foto 6.95 – Árvore removida.



Foto 6.96 – Árvore removida.

6.5 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B2 – Mina Tico-Tico será fundamental para as obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto estão sendo monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação do nível e pressão da água e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos.

Conforme discutido em itens anteriores, o material contido no reservatório da Barragem B2 – Mina Tico-Tico é composto por rejeito que foi caracterizado como material contrátil a partir da análise de ensaios CPTu realizados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Os fatores de segurança atuais, obtidos nas análises de estabilidade para a condição não drenada liquefeita, são superiores aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020, ou seja, se encontram acima de 1,1.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, verifica-se que as condições determinadas para executar as obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico são atendidas e podem prosseguir desde que obedecidas as seguintes condicionantes:

a) Análise de estabilidade atualizada que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles obtidos na fase de diagnóstico;
b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima semanal;
c) Realização de análises de estabilidade quinzenal;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição

anterior, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista que permita autorizar o retorno das atividades.

6.6 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura nas análises de estabilidade com carregamento não drenado e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e a empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura e que são lidos manualmente deverá ser verificado no mínimo uma vez por semana durante o período de execução das obras. Caso os instrumentos indiquem que a superfície freática se encontra abaixo do nível verificado na fase de diagnóstico, a obra poderá prosseguir normalmente. Caso contrário, a equipe da MMI ou outra equipe com profissionais qualificados deverá realizar uma análise de estabilidade para verificação do fator de segurança referente à freática medida.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B2 – Mina Tico-Tico. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados bem como o técnico responsável pela leitura manual deverá reportar imediatamente qualquer anomalia nas leituras realizadas.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O fator de segurança avaliado com os dados atualizados da instrumentação não atender aos critérios mínimos descritos nesse projeto;
- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
- O profissional de campo identificar sinais/evidências de deformação nos taludes das ombreiras e áreas adjacentes;
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista.

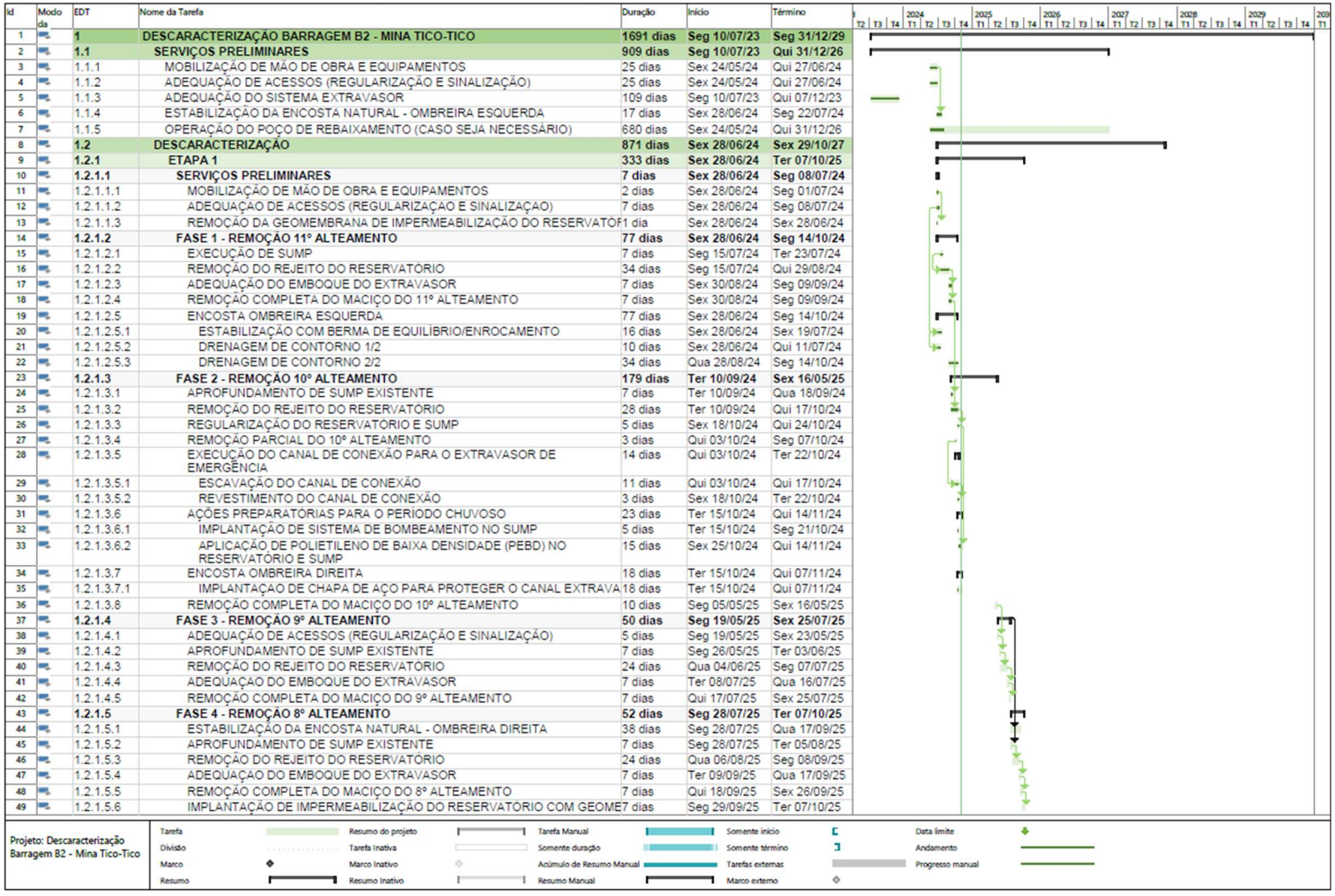
6.7 Cronograma

Na Figura 6.142 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico considerando desde os serviços preliminares até as obras de descaracterização propriamente dito.

Este cronograma foi inicialmente elaborado considerando três etapas macro a serem realizadas em período seco, conforme premissas do projeto, porém teve sua data ajustada conforme o início das obras e assim deverá ser atualizado de acordo com o andamento real dos serviços.

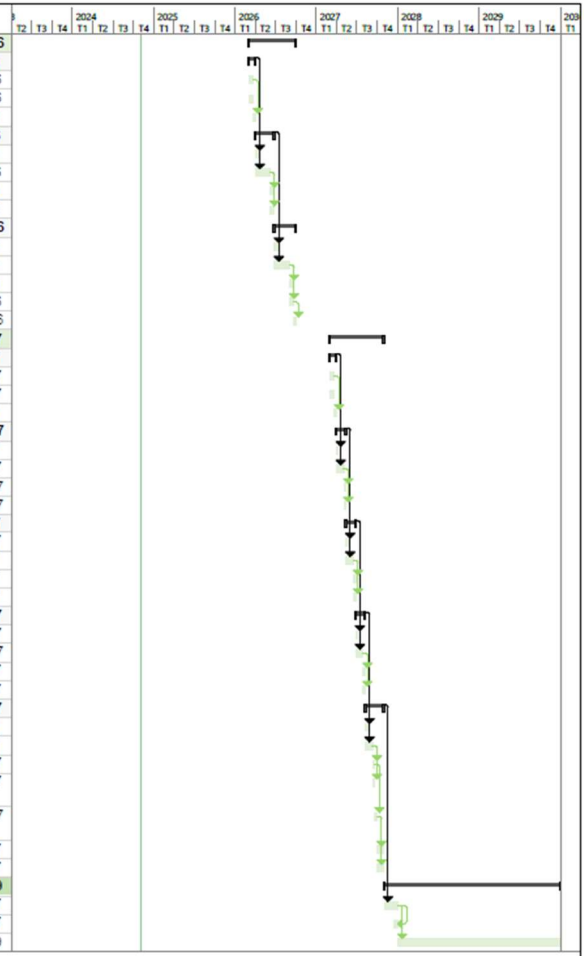
As obras de descaracterização começaram em julho de 2024, acarretando um prazo reduzido do período seco para executar todas as fases da Etapa 1 de projeto. Dessa forma, foi necessário redistribuir as fases não executadas para a etapa seguinte que se inicia no período seco de 2025. Essas alterações de prazo poderão exigir adequações do projeto, de forma a manter a segurança da estrutura.

Figura 6.142 – Cronograma das obras de descaracterização.



Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1		1	DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO	1691 dias	Seg 10/07/23	Seg 31/12/29
2		1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	909 dias	Seg 10/07/23	Qui 31/12/26
3		1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	25 dias	Sex 24/05/24	Qui 27/06/24
4		1.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	25 dias	Sex 24/05/24	Qui 27/06/24
5		1.1.3	ADEQUAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR	109 dias	Seg 10/07/23	Qui 07/12/23
6		1.1.4	ESTABILIZAÇÃO DA ENCOSTA NATURAL - OMBREIRA ESQUERDA	17 dias	Sex 28/06/24	Seg 22/07/24
7		1.1.5	OPERAÇÃO DO POÇO DE REBAIXAMENTO (CASO SEJA NECESSÁRIO)	680 dias	Sex 24/05/24	Qui 31/12/26
8		1.2	DESCARACTERIZAÇÃO	871 dias	Sex 28/06/24	Sex 29/10/27
9		1.2.1	ETAPA 1	333 dias	Sex 28/06/24	Ter 07/10/25
10		1.2.1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	7 dias	Sex 28/06/24	Seg 08/07/24
11		1.2.1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	2 dias	Sex 28/06/24	Seg 01/07/24
12		1.2.1.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇAO E SINALIZAÇAO)	7 dias	Sex 28/06/24	Seg 08/07/24
13		1.2.1.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓF	1 dia	Sex 28/06/24	Sex 28/06/24
14		1.2.1.2	FASE 1 - REMOÇÃO 11° ALTEAMENTO	77 dias	Sex 28/06/24	Seg 14/10/24
15		1.2.1.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	7 dias	Seg 15/07/24	Ter 23/07/24
16		1.2.1.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	34 dias	Seg 15/07/24	Qui 29/08/24
17		1.2.1.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Sex 30/08/24	Seg 09/09/24
18		1.2.1.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 11° ALTEAMENTO	7 dias	Sex 30/08/24	Seg 09/09/24
19		1.2.1.2.5	ENCOSTA OMBREIRA ESQUERDA	77 dias	Sex 28/06/24	Seg 14/10/24
20		1.2.1.2.5.1	ESTABILIZAÇÃO COM BERMA DE EQUILÍBRIO/ENROCAMENTO	16 dias	Sex 28/06/24	Sex 19/07/24
21		1.2.1.2.5.2	DRENAGEM DE CONTORNO 1/2	10 dias	Sex 28/06/24	Qui 11/07/24
22		1.2.1.2.5.3	DRENAGEM DE CONTORNO 2/2	34 dias	Qua 28/08/24	Seg 14/10/24
23		1.2.1.3	FASE 2 - REMOÇÃO 10° ALTEAMENTO	179 dias	Ter 10/09/24	Sex 16/05/25
24		1.2.1.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Ter 10/09/24	Qua 18/09/24
25		1.2.1.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATORIO	28 dias	Ter 10/09/24	Qui 17/10/24
26		1.2.1.3.3	REGULARIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO E SUMP	5 dias	Sex 18/10/24	Qui 24/10/24
27		1.2.1.3.4	REMOÇÃO PARCIAL DO 10° ALTEAMENTO	3 dias	Qui 03/10/24	Seg 07/10/24
28		1.2.1.3.5	EXECUÇÃO DO CANAL DE CONEXÃO PARA O EXTRAVASOR DE EMERGÊNCIA	14 dias	Qui 03/10/24	Ter 22/10/24
29		1.2.1.3.5.1	ESCAVAÇÃO DO CANAL DE CONEXÃO	11 dias	Qui 03/10/24	Qui 17/10/24
30		1.2.1.3.5.2	REVESTIMENTO DO CANAL DE CONEXÃO	3 dias	Sex 18/10/24	Ter 22/10/24
31		1.2.1.3.6	AÇÕES PREPARATÓRIAS PARA O PERÍODO CHUVOSO	23 dias	Ter 15/10/24	Qui 14/11/24
32		1.2.1.3.6.1	IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE BOMBEAMENTO NO SUMP	5 dias	Ter 15/10/24	Seg 21/10/24
33		1.2.1.3.6.2	APLICAÇÃO DE POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD) NO RESERVATÓRIO E SUMP	15 dias	Sex 25/10/24	Qui 14/11/24
34		1.2.1.3.7	ENCOSTA OMBREIRA DIREITA	18 dias	Ter 15/10/24	Qui 07/11/24
35		1.2.1.3.7.1	IMPLANTAÇAO DE CHAPA DE AÇO PARA PROTEGER O CANAL EXTRAVA	18 dias	Ter 15/10/24	Qui 07/11/24
36		1.2.1.3.8	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 10° ALTEAMENTO	10 dias	Seg 05/05/25	Sex 16/05/25
37		1.2.1.4	FASE 3 - REMOÇÃO 9° ALTEAMENTO	50 dias	Seg 19/05/25	Sex 25/07/25
38		1.2.1.4.1	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	5 dias	Seg 19/05/25	Sex 23/05/25
39		1.2.1.4.2	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Seg 26/05/25	Ter 03/06/25
40		1.2.1.4.3	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 04/06/25	Seg 07/07/25
41		1.2.1.4.4	ADEQUAÇAO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 08/07/25	Qua 16/07/25
42		1.2.1.4.5	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 9° ALTEAMENTO	7 dias	Qui 17/07/25	Sex 25/07/25
43		1.2.1.5	FASE 4 - REMOÇÃO 8° ALTEAMENTO	52 dias	Seg 28/07/25	Ter 07/10/25
44		1.2.1.5.1	ESTABILIZAÇÃO DA ENCOSTA NATURAL - OMBREIRA DIREITA	38 dias	Seg 28/07/25	Qua 17/09/25
45		1.2.1.5.2	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Seg 28/07/25	Ter 05/08/25
46		1.2.1.5.3	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 06/08/25	Seg 08/09/25
47		1.2.1.5.4	ADEQUAÇAO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 09/09/25	Qua 17/09/25
48		1.2.1.5.5	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 8° ALTEAMENTO	7 dias	Qui 18/09/25	Sex 26/09/25
49		1.2.1.5.6	IMPLANTAÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM GEOME	7 dias	Seg 29/09/25	Ter 07/10/25

Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
50		1.2.2	**ETAPA 2**	**152 dias**	**Ter 03/03/26**	**Qua 30/09/26**
51		1.2.2.1	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**21 dias**	**Ter 03/03/26**	**Ter 31/03/26**
52		1.2.2.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Ter 03/03/26	Seg 23/03/26
53		1.2.2.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Ter 03/03/26	Seg 23/03/26
54		1.2.2.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓF	6 dias	Ter 24/03/26	Ter 31/03/26
55		1.2.2.2	**FASE 5 - REMOÇÃO 7° ALTEAMENTO**	**62 dias**	**Qua 01/04/26**	**Qui 25/06/26**
56		1.2.2.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	15 dias	Qua 01/04/26	Ter 21/04/26
57		1.2.2.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	48 dias	Qua 01/04/26	Sex 05/06/26
58		1.2.2.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Seg 08/06/26	Ter 16/06/26
59		1.2.2.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 7° ALTEAMENTO	14 dias	Seg 08/06/26	Qui 25/06/26
60		1.2.2.3	**FASE 6 - REMOÇÃO 6° ALTEAMENTO**	**69 dias**	**Sex 26/06/26**	**Qua 30/09/26**
61		1.2.2.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	15 dias	Sex 26/06/26	Qui 16/07/26
62		1.2.2.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	48 dias	Sex 26/06/26	Ter 01/09/26
63		1.2.2.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qua 02/09/26	Qui 10/09/26
64		1.2.2.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 6° ALTEAMENTO	14 dias	Qua 02/09/26	Seg 21/09/26
65		1.2.2.3.5	IMPLANTAÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM GEOME	7 dias	Ter 22/09/26	Qua 30/09/26
66		1.2.3	**ETAPA 3**	**174 dias**	**Ter 02/03/27**	**Sex 29/10/27**
67		1.2.3.1	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**21 dias**	**Ter 02/03/27**	**Ter 30/03/27**
68		1.2.3.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Ter 02/03/27	Seg 22/03/27
69		1.2.3.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Ter 02/03/27	Seg 22/03/27
70		1.2.3.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓF	6 dias	Ter 23/03/27	Ter 30/03/27
71		1.2.3.2	**FASE 7 - REMOÇÃO 5° ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Qua 31/03/27**	**Qua 12/05/27**
72		1.2.3.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	7 dias	Qua 31/03/27	Qui 08/04/27
73		1.2.3.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 31/03/27	Seg 03/05/27
74		1.2.3.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 04/05/27	Qua 12/05/27
75		1.2.3.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 5° ALTEAMENTO	7 dias	Ter 04/05/27	Qua 12/05/27
76		1.2.3.3	**FASE 8 - REMOÇÃO 4° ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Qui 13/05/27**	**Qui 24/06/27**
77		1.2.3.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qui 13/05/27	Sex 21/05/27
78		1.2.3.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qui 13/05/27	Ter 15/06/27
79		1.2.3.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qua 16/06/27	Qui 24/06/27
80		1.2.3.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 4° ALTEAMENTO	7 dias	Qua 16/06/27	Qui 24/06/27
81		1.2.3.4	**FASE 9 - REMOÇÃO 3° ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Sex 25/06/27**	**Sex 06/08/27**
82		1.2.3.4.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Sex 25/06/27	Seg 05/07/27
83		1.2.3.4.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Sex 25/06/27	Qua 28/07/27
84		1.2.3.4.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qui 29/07/27	Sex 06/08/27
85		1.2.3.4.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 3° ALTEAMENTO	7 dias	Qui 29/07/27	Sex 06/08/27
86		1.2.3.5	**FASE 10 (FINAL) - REMOÇÃO 2° ALTEAMENTO**	**60 dias**	**Seg 09/08/27**	**Sex 29/10/27**
87		1.2.3.5.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Seg 09/08/27	Ter 17/08/27
88		1.2.3.5.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Seg 09/08/27	Qui 09/09/27
89		1.2.3.5.3	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 2° ALTEAMENTO	7 dias	Sex 10/09/27	Seg 20/09/27
90		1.2.3.5.4	REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE ESCAVADA COM DECLIVIDADE DE 2% NA DIREÇÃO DO MACIÇO PARA MONTANTE	7 dias	Sex 10/09/27	Seg 20/09/27
91		1.2.3.5.5	IMPLANTAÇÃO DE CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓRIO COM SOLO ARGILOSO COMPACTADO	7 dias	Ter 21/09/27	Qua 29/09/27
92		1.2.3.5.6	IMPLANTAÇÃO DE CANAL DE CONTORNO	22 dias	Qui 30/09/27	Sex 29/10/27
93		1.2.3.5.7	INSTALAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE	22 dias	Qui 30/09/27	Sex 29/10/27
94		1.3	**PÓS-OBRA**	**566 dias**	**Seg 01/11/27**	**Seg 31/12/29**
95		1.3.1	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	45 dias	Seg 01/11/27	Sex 31/12/27
96		1.3.2	DESMOBILIZAÇÃO	15 dias	Seg 13/12/27	Sex 31/12/27
97		1.3.3	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	521 dias	Seg 03/01/28	Seg 31/12/29



Projeto: Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico

Tarefa · Divisão · Marco · Resumo · Resumo do projeto · Tarefa Inativa · Marco Inativo · Resumo Inativo · Tarefa Manual · Somente início · Somente duração · Acúmulo de Resumo Manual · Somente término · Tarefas externas · Resumo Manual · Marco externo · Data limite · Andamento · Progresso manual

7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 7.1 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
VII. Apresentar o andamento das obras para: a) Remoção das infraestruturas associadas à barragem, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;	Não aplicável. As infraestruturas associadas à barragem já foram removidas.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	Não aplicável. O TR de descaracterização de barragens alteadas pelo método de montante não exige protocolo para garantir a segurança dos trabalhadores da obra para barragens com declaração de condição de estabilidade garantida, caso da Barragem B2 – Mina Tico-Tico. O projeto atende ao exposto no item 3.3.1 do TR. Tal protocolo é exigido apenas para estruturas que se encontram em nível de alerta. De qualquer forma o projeto trata de critérios de inspeção e monitoramento para paralisação das obras conforme apresentado no Capítulo 13, mais específico no item 13.3 do Relatório de Descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.676).

8. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:

Elias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

- Responsável técnico pela elaboração do relatório de acompanhamento do processo de descaracterização:

Guilherme de Freitas Roriz Lima

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1015708625 (CREA-GO)

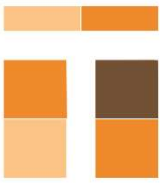
- Responsável técnico pela barragem e pelo acompanhamento técnico das obras:

Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

9. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



TERRACOTA
GEOTECNIA

Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243525023

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

GUILHERME DE FREITAS RORIZ LIMA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1015708625**
Registro: **318094MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **CMS000526**

Celebrado em: **01/08/2022**

Valor: **R$ 16.420,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **IGARAPÉ**

UF: **MG**

CEP: **32900000**

Data de Início: **01/11/2024**

Previsão de término: **06/12/2024**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS TÉCNICOS DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1062) E DA BARRAGEM B1-AUXILIAR - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1063), REFERENTE AO TRIMESTRE AGOSTO DE 2024 A OUTUBRO DE 2024, EM ATENDIMENTO AO TERMO DE COMPROMISSO - TC (MPF, MPMG, SEMAD/FEAM, ANM).

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

gov.br
Documento assinado digitalmente
GUILHERME DE FREITAS RORIZ LIMA
Data: 27/11/2024 15:22:13-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Brumadinho, 27 de Novembro de 2024

Local data

GUILHERME DE FREITAS RORIZ LIMA - CPF: 032.735.701-05

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243525023

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

10. Valor

Valor da ART: **R$ 262,55** Registrada em: **27/11/2024** Valor pago: **R$ 262,55** Nosso Número: **8606145045**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: D1W8B
Impresso em: 27/11/2024 às 15:17:15 por: , ip: 200.97.244.84

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12824-R-BA-RL-23-GE_r0

AGOSTO 2024

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12824-R-BA-RL-23-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.1025

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00				
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X					26	X					51	X					76	X				
2	X					27	X					52	X					77	X				
3	X					28	X					53	X					78	X				
4	X					29	X					54	X					79	X				
5	X					30	X					55	X					80	X				
6	X					31	X					56	X					81	X				
7	X					32	X					57	X					82	X				
8	X					33	X					58	X					83	X				
9	X					34	X					59	X					84	X				
10	X					35	X					60	X					85	X				
11	X					36	X					61	X					86	X				
12	X					37	X					62	X					87	X				
13	X					38	X					63	X					88	X				
14	X					39	X					64	X					89	X				
15	X					40	X					65	X					90	X				
16	X					41	X					66	X					91	X				
17	X					42	X					67	X					92	X				
18	X					43	X					68	X					93	X				
19	X					44	X					69	X					94	X				
20	X					45	X					70	X					95	X				
21	X					46	X					71	X					96	X				
22	X					47	X					72	X					97	X				
23	X					48	X					73	X					98	X				
24	X					49	X					74	X					99	X				
25	X					50	X					75	X					100	X				

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	29/08/2024						
EXECUTADO	GFL / EJC						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12824-R-BA-RL-23-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.1025

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc						Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
101	X					126	X					151						176					
102	X					127						152						177					
103	X					128						153						178					
104	X					129						154						179					
105	X					130						155						180					
106	X					131						156						181					
107	X					132						157						182					
108	X					133						158						183					
109	X					134						159						184					
110	X					135						160						185					
111	X					136						161						186					
112	X					137						162						187					
113	X					138						163						188					
114	X					139						164						189					
115	X					140						165						190					
116	X					141						166						191					
117	X					142						167						192					
118	X					143						168						193					
119	X					144						169						194					
120	X					145						170						195					
121	X					146						171						196					
122	X					147						172						197					
123	X					148						173						198					
124	X					149						174						199					
125	X					150						175						200					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS.

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	29/08/2024						
EXECUTADO	GFL / EJC						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

SUMÁRIO

1. Introdução 5
2. Documentos de referência 6
3. Códigos e Normas 7
4. Ficha Técnica do Empreendimento 8
4.1 Identificação do Empreendedor 8
4.2 Identificação do Empreendimento 8
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 8
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 8
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 8
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.8 Responsável temporário pelo Acompanhamento das Obras de Descaracterização 9
4.9 Localização da Barragem 10
4.10 Função atual 10
4.11 Características Gerais 11
4.12 Classificação da Barragem 16
5. Projeto de Descaracterização 21
5.1 Descrição do Projeto 22
5.2 Alterações de Projeto 27
5.3 Atividades Preparatórias 27
5.3.1 Remoção da Impermeabilização do Reservatório 28
5.3.2 Regularização das Vias de Acesso 28
5.3.3 Estabilização da Encosta – Berma de Equilíbrio em Enrocamento 28
5.4 Riscos Geológicos-Geotécnicos 29
6. Obras de Descaracterização 37
6.1 Memorial Descritivo 37
6.1.1 Projeto 39
6.1.2 Levantamento Topográfico – Obras Executadas 41
6.1.3 Comparativo Projeto x Executado 43
6.2 Condição da Estrutura no Período Avaliado 45
6.2.1 Inspeções de Campo 45
6.2.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções 45
6.2.3 Instrumentação Instalada na Barragem 47
6.2.3.1 Leituras Instrumentação 60
6.2.4 Análise de Estabilidade 84

6.2.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações 86
6.2.4.2 Sismicidade do Local da Barragem 87
6.2.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática 93
6.2.4.4 Parâmetros de Resistência 95
6.2.4.5 Resultados 97
6.3 Controle do Nível Freático no Reservatório 117
6.4 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 118
6.5 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 118
6.6 Rotina de Monitoramento 119
6.7 Cronograma 120
7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 124
8. Assinaturas 125
9. Anexos 126

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B2 - Mina Tico-Tico**, referente ao trimestre de Maio/2024 a Julho/2024, elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B2 - Mina Tico-Tico, o qual foi emitido em maio de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- "RMO_Julho2024_B2TT.docx" - Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico – Relatório Mensal de Acompanhamento Técnico de Obra. Mineração Morro do Ipê. Agosto/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.674_r2 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Abril/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.675_r2 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Abril/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.676_r2 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Abril/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.677_r2 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Especificações Técnicas Construtivas. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Abril/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.678_r2 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.708_r2 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.756_r2, IPE.OP.DE.8000.GT.20.813_r0 e IPE.OP.DE.8000.GT.20.814_r0 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Abril/2024.
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.908_r1 - Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragens – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – FEAM – 1º Semestre de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Março/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.553_r2 – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023.

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784/2019 - Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2017 – dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração, visando atender às condições de segurança, operacionalidade, economicidade e desativação, minimizando os impactos ao meio ambiente.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

4.8 Responsável temporário pelo Acompanhamento das Obras de Descaracterização

Nome: Welington Pereira Maximiano
Formação: Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional: 1411469151 (CREA-MG)
Cargo: Coordenador de Geotecnia
Telefone: (31) 3614-1840
E-mail: welington.maximiano@ipemineracao.com

4.9 Localização da Barragem

A Barragem B2 – Mina Tico-Tico localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Igarapé-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 574.570m E e 7.776.150m N à montante da estrutura descaracterizada da Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico e da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

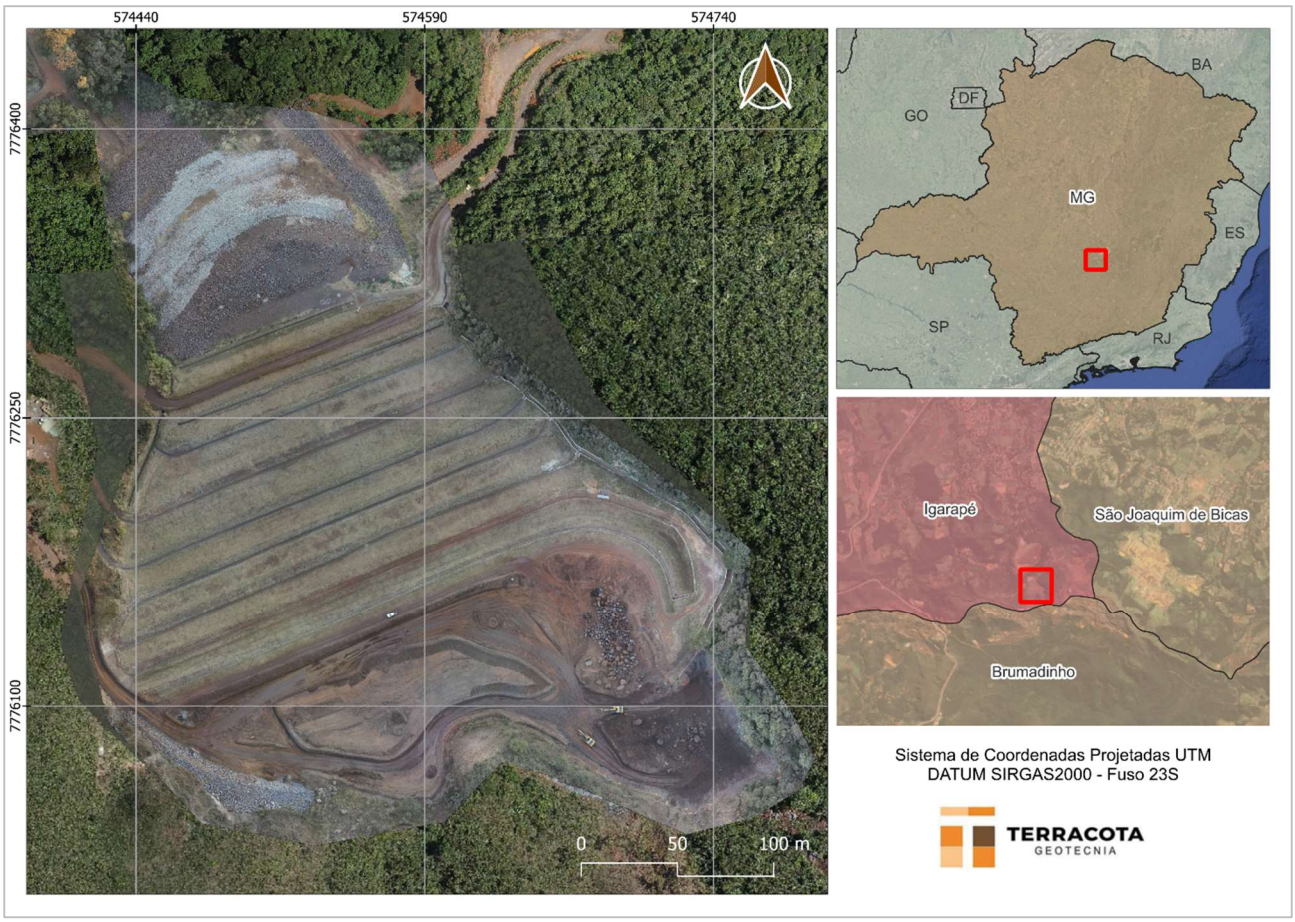


Figura 4.1 – Localização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

4.10 Função atual

As funções da barragem englobaram: a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte, conforme amostragem e ensaios de solubilização e de lixiviação realizados pela empresa Terra Consultoria e Análises Ambientais Ltda. e apresentados nos Relatórios de Ensaios nº 8062/2021, 8070/2021 e 8078/2021.

O lançamento de rejeitos na barragem foi encerrado no ano de 2007, estando a barragem na condição descomissionada e desativada, conforme definição da Resolução ANM 95/2022, Art. 2º VIII.a e IX e definição do Art. 1º do Decreto 48.140/2021.

4.11 Características Gerais

A Barragem B2 – Mina Tico-Tico foi construída em 12 etapas, sendo o maciço inicial e onze alteamentos a montante até a elevação final 1.127,00 m.

Devido ao fato de a barragem ter sido construída e operada entre os anos de 1990 e 2006 não foram encontrados documentos relacionados às obras de construção inicial e das etapas de alteamento da barragem tais como registros fotográficos, ensaios dos materiais, controle de compactação do aterro e os documentos "como construído" das diversas etapas de operação da barragem.

A Tabela 4.1 abaixo apresenta a relação das etapas construtivas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Tabela 4.1 – Etapas construtivas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Etapa	Elevação Atual Aproximada (m)
Dique de Partida	1.060,0
1º Alteamento	1.069,0
2º Alteamento	1.076,0
3º Alteamento	1.079,0
4º Alteamento	1.084,3
5º Alteamento	1.093,5
6º Alteamento	1.102,5
7º Alteamento	1.109,0
8º Alteamento	1.115,0
9º Alteamento	1.119,5
10º Alteamento	1.124,3
11º Alteamento	1.127,0

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.2, sendo as informações existentes atualizadas a partir dos levantamentos topográficos de 2022 (IPE.OP.DE.8000.GT.20.455.dwg), de 2020 (IPE.OP.DF.8000.GT.20.019.J - 06/10/20 - ERG

Engenharia dwg) e o levantamento cadastral após obra de ampliação do reforço e adequação do canal extravasor (CAD_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B2_TT_16DEZ23.dwg).

Na Figura 4.2 é apresentada uma imagem de satélite da estrutura e a Figura 4.3 apresenta a seção D-D' de maior altura da barragem.

Tabela 4.2 – Principais características da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B2 – Mina Tico-Tico
Código FEAM	406
Localização	Mina Tico-Tico – Igarapé/MG
Coordenadas geográficas do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'37.550" Longitude: -44°17'12.020"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	574.570m E / 7.776.150m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	1990
Ano de Início de Operação	1990
Ano de Término de Operação	2007
Ano de Término de Descaracterização	Sem previsão
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (obras)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total – maciços + reservatório + amortecimento (m³)	1.800.173 (*)
Volume Total de maciços (m³)	442.916 (*)
Capacidade total do reservatório (m³)	1.357.257 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	1.344.347 (*)
Volume de amortecimento (m³)	19.207
Área do reservatório (m²)	18.519
Elevação do coroamento (m)	1.127,0
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	1.016,0
Altura atual da barragem (m);	111,0
Extensão do coroamento (m)	320,0
Largura do coroamento (m)	4,5
Largura das bermas (m)	5,0
Alteamentos realizados e seus métodos empregados	Alteamentos a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6º)
Inclinação talude de montante	1,6(H):1(V) (32º)
Elevação do NA normal do reservatório (m)	1.125,20
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.126,48
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.126,74
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,52

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,26
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	1,44
Descarga do vertedouro (PMP) (m³/s)	3,78
Capacidade de descarga do vertedouro (m³/s)	9,60
Área da bacia de contribuição (km²)	0,129

(*) Volumes obtidos a partir da reinterpretação da topografia primitiva do vale e levantamento topográfico cadastral.



Figura 4.2 – Imagem da Barragem B2 – Mina Tico-Tico. (Fonte: Ortofoto MMI – Julho/2024).

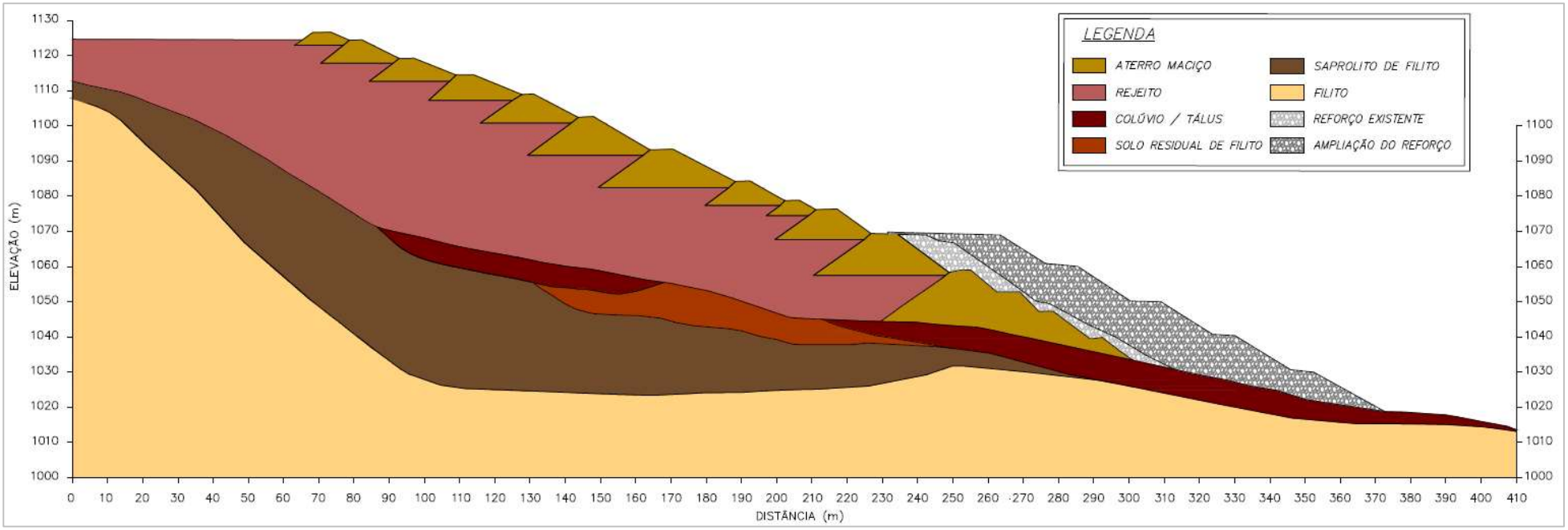


Figura 4.3 – Seção de maior altura (D-D') da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

4.12 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B2 – Mina Tico-Tico** foi classificada, conforme RTESB referente ao 1º semestre/2024 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.908), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.3 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	3
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**22**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥ 65 ou EC*=10
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.4 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	5
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**23**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.5 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Tabela 4.8 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 3				

Tabela 4.9 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO **(Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
PDA = Σ (a até d) =23			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de remoção parcial dos rejeitos dispostos no reservatório, além dos maciços até o nível do coroamento do 1º alteamento de montante, em torno da elevação 1.069,0 m, nível este correspondente ao topo do aterro de reforço executado com enrocamento;
- O projeto de descaracterização será concebido para ser executado em três etapas macro de remoção (três períodos secos), sendo a primeira com remoção dos rejeitos do reservatório e alteamentos a montante até a elevação 1.109,0 m, a segunda removendo os materiais até a elevação 1.093,3 m e a terceira e última etapa, concluindo a remoção, até o nível do topo da estrutura de reforço na elevação 1.069,0 m;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos, com duração mínima de 6 meses (abril a setembro), podendo se estender em função das condições climáticas desde que haja tempo hábil para atender as premissas de conclusão de etapa e executar os serviços para a passagem do período chuvoso. Mesmo assim, o projeto contempla a escavação de sumps próximo ao emboque do sistema extravasor para contenção de água e sedimentos nos casos de chuvas eventuais;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada em camadas de espessura média de 2,0 m, que poderá ser ajustada em campo, condicionada à capacidade de suporte do material, podendo ser necessária a execução de valas drenantes para deságue do rejeito saturado com o objetivo de garantir condições de segurança e operação para trafegabilidade dos equipamentos durante a atividade de lavra. Nos casos em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro com rejeito seco (aterro de conquista) de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;
- O volume total geométrico de remoção previsto, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.487.709 m³;
- A superfície final do reservatório deverá receber camada impermeabilizante (selo) de solo argiloso, preferencialmente laterítico, compactado em camadas de no máximo 25 cm de material solto até obter espessura final mínima de 50 cm, grau de compactação de 98% do PN e ter declividade de 2% para montante de forma a direcionar os fluxos incidentes nesta superfície para o canal de contorno;
- Deverá ser realizada a recomposição vegetal da área do terreno natural exposta pelas

escavações após remoção dos rejeitos e maciços, com utilização de materiais apropriados. Conforme item 3.6 da TR de Descaracterização da FEAM, a técnica será determinada com embasamento no diagnóstico da área pós-descaracterização à medida que avançam as obras e se tenha as reais condições da superfície exposta com objetivo final de reintrodução da área ao contexto da paisagem local.

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B2 – Mina tico-Tico é composto por 03 (três) etapas macro, conforme descrito no relatório do projeto (IPE.OP.RL.8000.GT.20.676): a Etapa 1 contempla as escavações dos rejeitos dispostos no reservatório até a elevação 1.104,0 m e o rebaixamento dos maciços dos alteamentos até a elevação 1.109,0 m; já a Etapa 2, abrange a remoção dos rejeitos até a elevação 1089,0 m e rebaixamento dos maciços até a elevação 1093,3 m; e, finalizando com a remoção dos rejeitos até a elevação 1068,0 m e rebaixamento dos maciços até a elevação 1069,0 m.

Em termos gerais, a remoção prevista no projeto será realizada em três etapas macro compreendendo:

- **Etapa 1** - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) a partir do 11º alteamento até o 8º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.109,0 m, correspondendo a um rebaixamento de aproximadamente 18,0 m;

    - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 463.643.m^3;
    - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 103.200.m^3.
    - Volume total de remoção da etapa: 566.843 m³

- **Etapa 2** - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 7º alteamento e do 6º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.093,3 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 15,7 m; e,

    - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 368.276.m^3;
    - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 82.498.m^3.
    - Volume total de remoção da etapa: 450.774 m³

- **Etapa 3** – Última etapa prevista, remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 5º alteamento ao 2º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.069,0 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 24,3 m.

    - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 386.202.m^3;
    - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 83.889.m^3.
    - Volume total de remoção da etapa: 470.091 m³

Com base na taxa de escavação média entre 2.800 e 3.100 m³ por dia, fornecida pela MMI, cada etapa está prevista para ser executada em um período seco (ciclo de 6 meses, de abril a setembro), podendo ser estendido ou antecipado em função do regime de chuvas e data de início das obras.

Os taludes de escavação terão inclinação de 3H:1V, quando for executado em rejeito disposto no reservatório, e 2H:1V, quando resultantes das escavações em rejeito dos maciços compactados. A Figura 5.1 e a Figura 5.2 apresentam o resumo da sequência construtiva de remoção do rejeito em camadas.

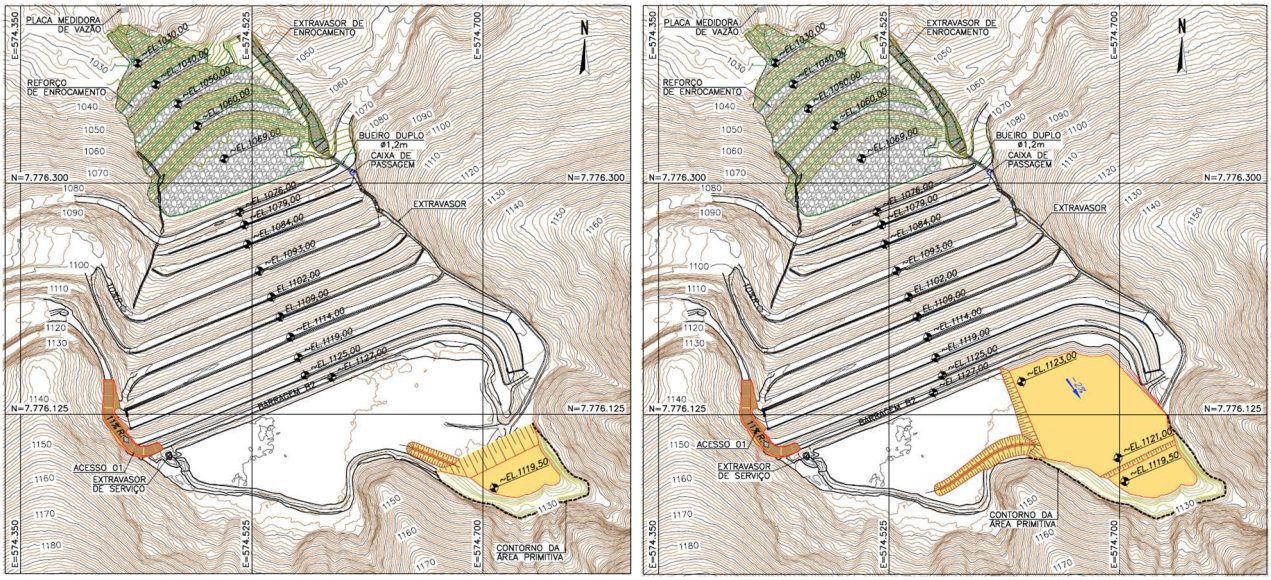


Figura 5.1 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente à primeira fase.

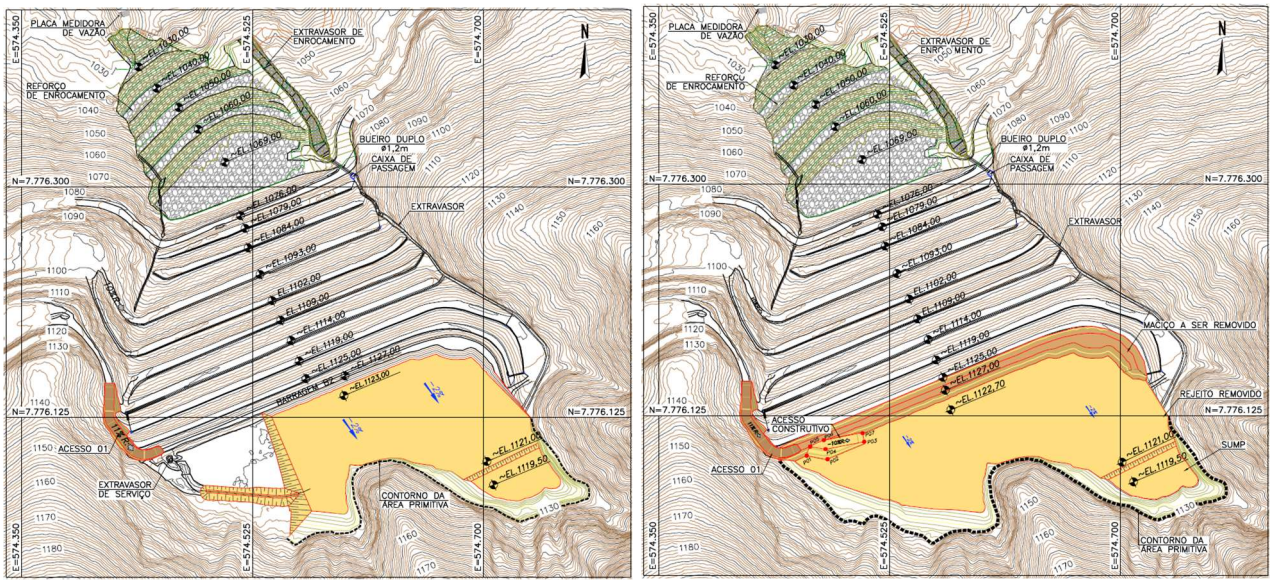


Figura 5.2 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente à primeira fase.

Ao término das obras, com a remoção dos rejeitos e maciços de alteamentos até a elevação final de projeto, será realizada a regularização da superfície do reservatório escavada com declividade de 2% para montante. Após essa regularização, será implantada camada de impermeabilização da superfície do reservatório com solo argiloso compactado. Com a conclusão da regularização e impermeabilização do reservatório remanescente, será executado canal de contorno com revestimento em enrocamento, em que toda a base do canal deverá receber camada de geomembrana, de forma a reduzir a percolação, além de proteção com geotêxtil antes de receber os blocos.

Também faz parte das obras a adequação do emboque do sistema extravasor de emergência, em todas as fases de remoção intermediária da barragem.

A execução das obras deverá cumprir com as diretrizes apresentadas na especificação técnica, nos desenhos de projeto e no relatório técnico do projeto executivo. Ressalta-se que as especificações detalhadas no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.677 poderão ser ajustadas conforme experiência adquirida em campo durante a execução das obras, desde que aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

Durante a execução de todas as fases deverá ser realizada a remoção e limpeza dos rejeitos do reservatório e alteamentos / maciços até o terreno natural nos encontros com as ombreiras e encosta natural a montante.

As áreas expostas do terreno natural deverão receber recomposição vegetal como forma de proteção contra erosões/ravinamento, sendo que os talvegues remanescentes da limpeza no meio do vale deverão receber proteção com enrocamentos.

O volume a ser escavado de rejeitos no reservatório será de aproximadamente 1.218.122 m³. O volume a ser escavado de aterros compactados dos alteamentos da barragem, também executados com rejeitos, será de aproximadamente 269.587 m³. A soma de todos os materiais a serem removidos durante as obras de descaracterização totalizam aproximadamente 1.487.708 m³.

A seguir são apresentadas figuras representativas das etapas macro de execução do projeto de descaracterização.

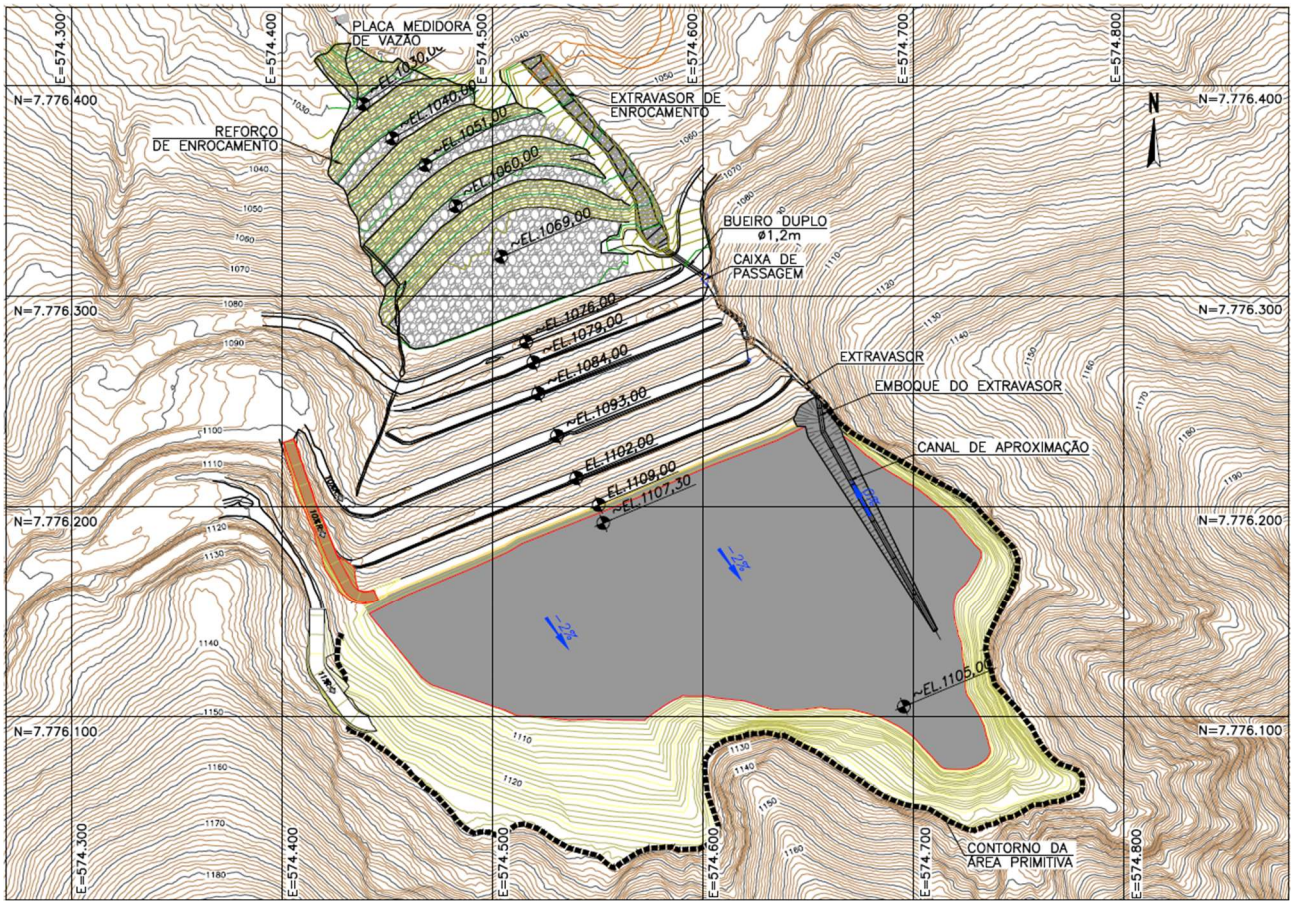


Figura 5.3 – Etapa 1 – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços entre o 11º e 8º alteamentos por montante.

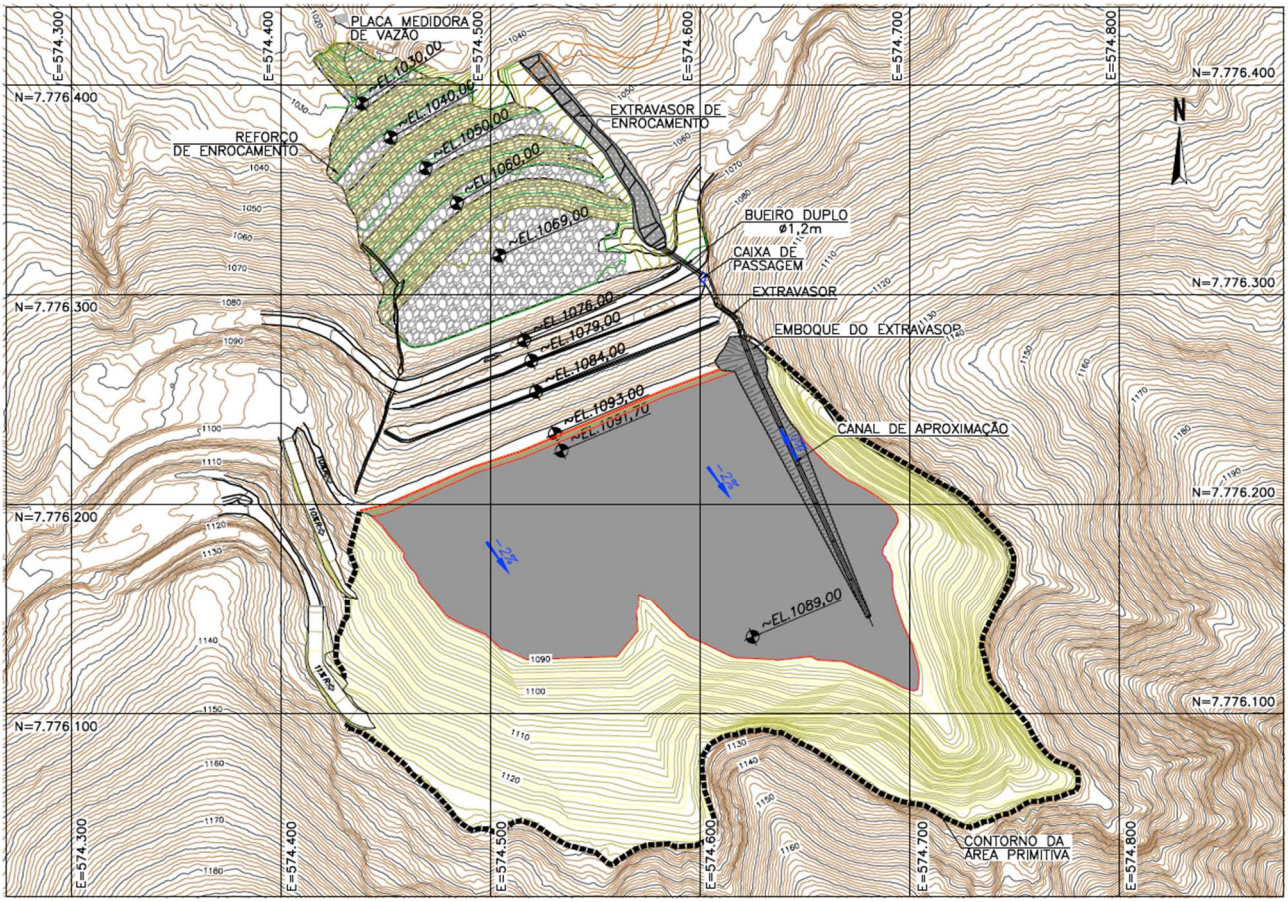


Figura 5.4 – Etapa 2 – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços do 7º e 6º alteamentos por montante.

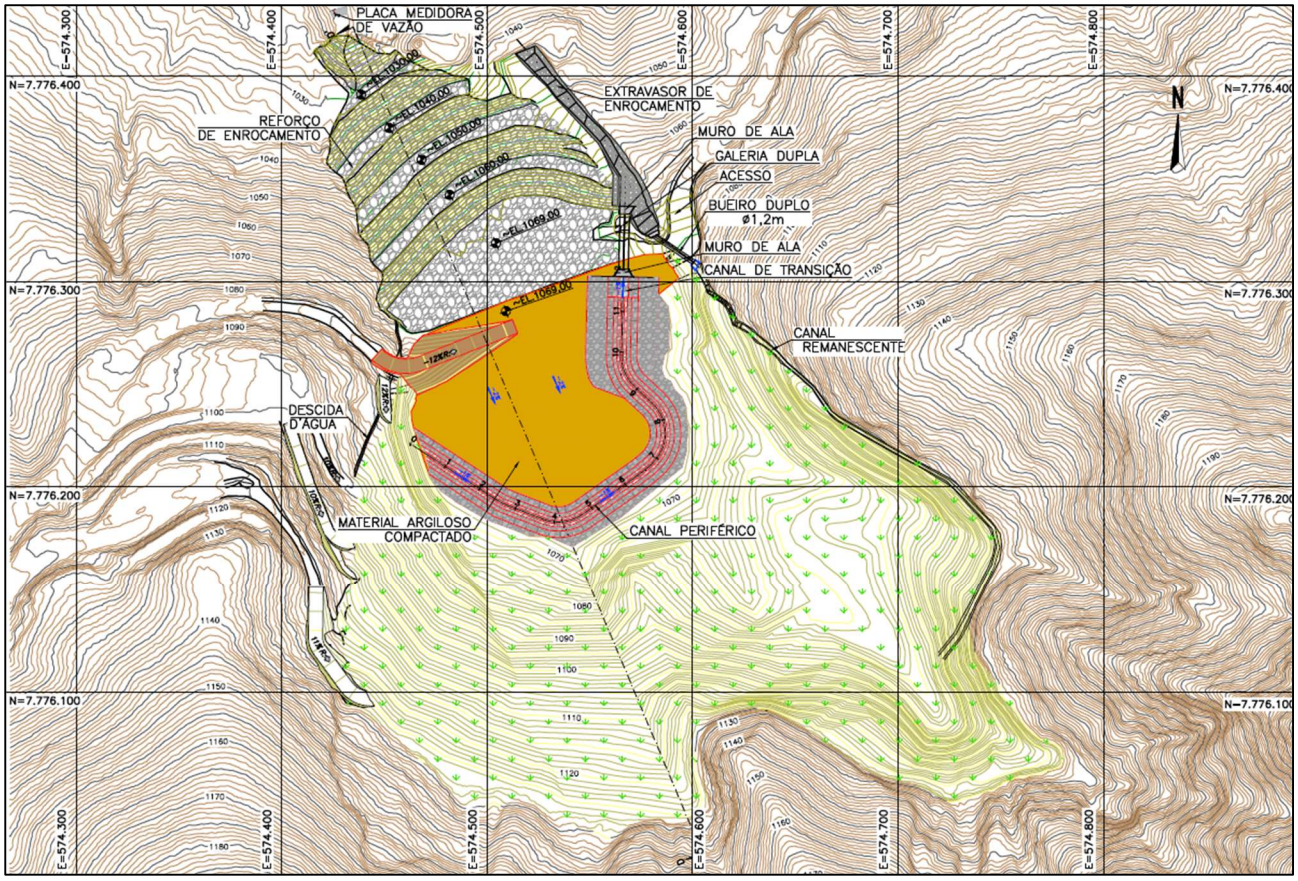


Figura 5.5 – Etapa 3 (Condição Final) – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços entre o 5º e o 2º alteamentos por montante.

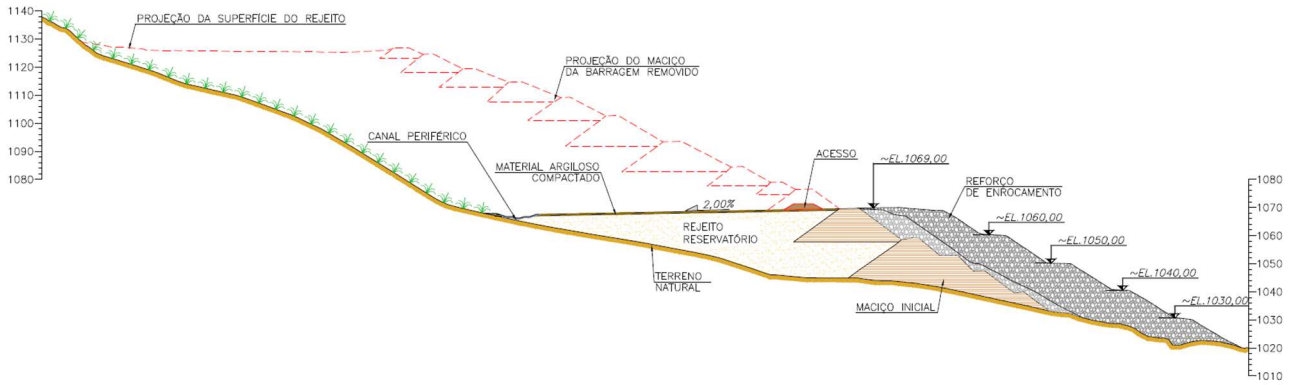


Figura 5.6 – Seção transversal D-D' passando pelo vale após a conclusão da Etapa 3.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização.

5.3 Atividades Preparatórias

A seguir são apresentadas as atividades preparatórias para início da obra de descaracterização executadas durante o período avaliado.

5.3.1 Remoção da Impermeabilização do Reservatório

No período entre a 2ª quinzena de junho de 2024 e a 1ª quinzena de julho/2024 foi realizada a remoção da impermeabilização do reservatório, como parte dos serviços de preparação para o início das obras de descaracterização. As geomembranas foram retiradas de modo a serem preservadas pois serão reutilizadas em etapas intermediárias para selamento do reservatório em fases intermediárias.



Foto 5.1 – Reservatório da barragem. (Remoção da geomembrana em andamento)



Foto 5.2 – Reservatório da barragem. (Remoção da geomembrana em andamento)

5.3.2 Regularização das Vias de Acesso

Também no período entre a 2ª quinzena de junho de 2024 e a 1ª quinzena de julho/2024 foi realizada a adequação das vias de acesso entre a barragem e a planta de beneficiamento, para que possibilitasse o início das obras de descaracterização da estrutura.



Foto 5.3 – Obra de ajuste da via de acesso à barragem.



Foto 5.4 – Obra de ajuste da via de acesso à barragem.

5.3.3 Estabilização da Encosta – Berma de Equilíbrio em Enrocamento

Durante o mês de julho/2024 foi executada uma berma de equilíbrio em enrocamento (Foto 5.5 e Foto 5.6) de forma a estabilizar a massa rompida localizada na encosta a montante próximo a ombreira esquerda. Além da berma, está em processo de instalação de dispositivos de drenagem superficial (Foto 5.7 e Foto 5.8) no contato entre a cunha e o terreno natural de forma a reduzir

a infiltração de água e assim reduzir a saturação do material e consequentemente, possíveis movimentações.



Foto 5.5 – Berma de equilíbrio em enrocamento na encosta próxima a ombreira esquerda.



Foto 5.6 – Berma de equilíbrio em enrocamento na encosta próxima a ombreira esquerda.



Foto 5.7 – Instalação de dispositivos de drenagem superficial no contato da cunha com o terreno.



Foto 5.8 – Instalação de dispositivos de drenagem superficial no contato da cunha com o terreno.

5.4 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Em função do desconhecimento do "as built" das diversas etapas construtivas dos alteamentos da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, não se pode garantir que a topografia primitiva reconstituída, apresentada no desenho IPE.OP.DE.8000.GT.20.709, inferida a partir de furos de sondagem, representa fidedignamente a morfologia da encosta natural final após as intervenções para a remoção dos rejeitos dispostos e dos maciços dos alteamentos.

Desta forma, os eventuais efeitos do desconfinamento ou até mesmo devido a escavações realizadas na época de construção da barragem para ampliar o reservatório ou como área de empréstimo local poderão exigir projetos específicos e obras complementares de estabilização.

Atualmente, existe uma superfície de escorregamento, do tipo circular, aberta na encosta natural situada a montante do reservatório da barragem, na sua margem esquerda. No local ocorrem os filitos cinza prateado, com lentes de quartzito ferruginoso (Figura 5.7).



Figura 5.7 – Filito da Formação Cercadinho no local do escorregamento.

A direção dos planos de xistosidade é, aproximadamente, leste – oeste, com mergulho de cerca de 50° a 60° para sul, ou seja, para dentro da encosta (montante).

A cunha de escorregamento é superficial, pouco profunda, e provavelmente ocorreu devido à escavação de um acesso no pé da encosta, circundando o reservatório, com taludes muito íngremes, o que provocou a instabilização.



Figura 5.8 – Vista do escorregamento situado na encosta a montante do reservatório.



Figura 5.9 – Imagem de satélite delimitando a área onde se desenvolveu a superfície de escorregamento.

Conforme apresentado no subitem 5.3.3, foi executada uma berma de equilíbrio em enrocamento de forma a estabilizar a encosta. A região segue monitorada através de 13 marcos de controle, a localização desses marcos pode ser verificada na Figura 5.10 e as coordenadas de instalação na Tabela 5.1.

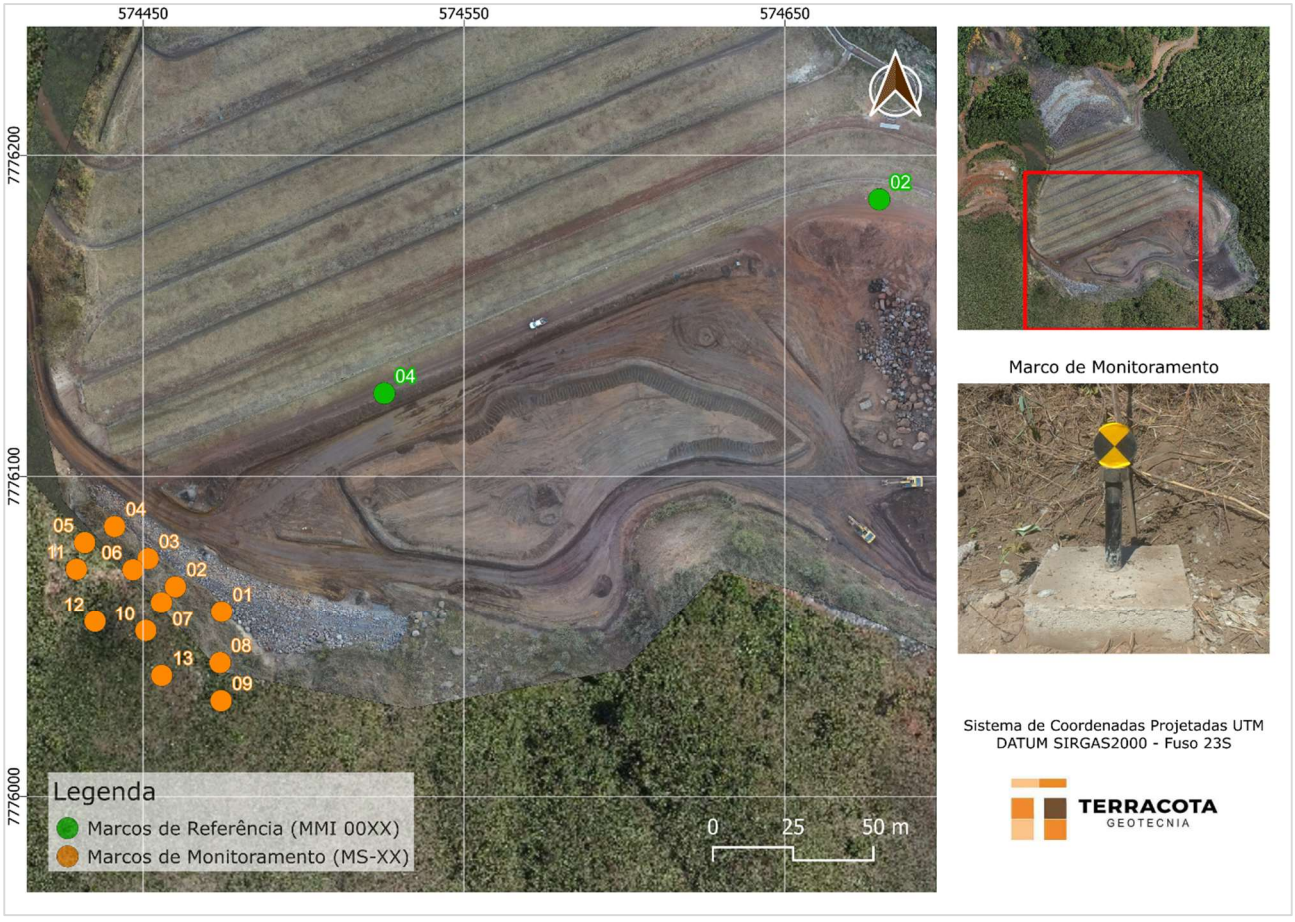


Figura 5.10 – Localização dos Marcos de Monitoramento da Encosta.

Tabela 5.1 – Coordenadas de instalação dos Marcos de Monitoramento da Encosta.

TIPO	INSTRUMENTO	COORDENADAS DE INSTALAÇÃO (SIRGAS2000)		
		E	N	ELEVAÇÃO (m)
Marco de Referência	MMI 0002	574.679,468	7.776.186,272	1.127,265
	MMI 0004	574.525,188	7.776.125,877	1.126,784
Marco de Monitoramento	MS-01	574.474,498	7.776.057,729	1.130,151
	MS-02	574.460,073	7.776.065,584	1.131,997
	MS-03	574.451,548	7.776.074,386	1.130,069
	MS-04	574.441,136	7.776.084,414	1.130,585
	MS-05	574.431,812	7.776.079,372	1.134,258
	MS-06	574.446,855	7.776.070,898	1.134,377
	MS-07	574.455,717	7.776.060,624	1.136,573
	MS-08	574.474,005	7.776.041,703	1.137,554
	MS-09	574.474,309	7.776.029,832	1.143,163
	MS-10	574.450,865	7.776.051,753	1.141,307
	MS-11	574.429,233	7.776.071,074	1.139,692
	MS-12	574.435,039	7.776.054,629	1.146,037
	MS-13	574.455,801	7.776.037,717	1.147,163

A seguir são apresentados o histórico de deslocamentos dos marcos de monitoramento da encosta.

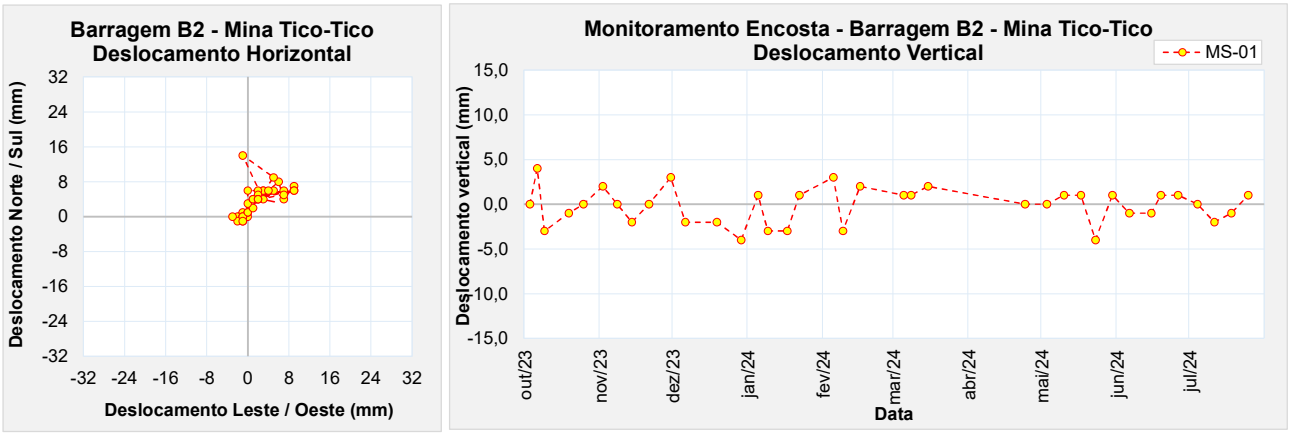


Figura 5.11 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-01.

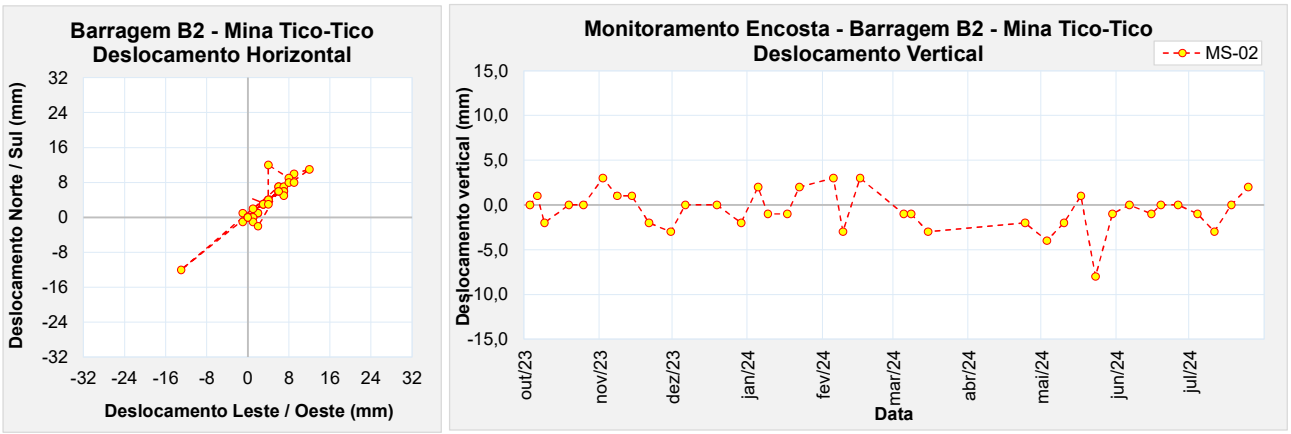


Figura 5.12 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-02.

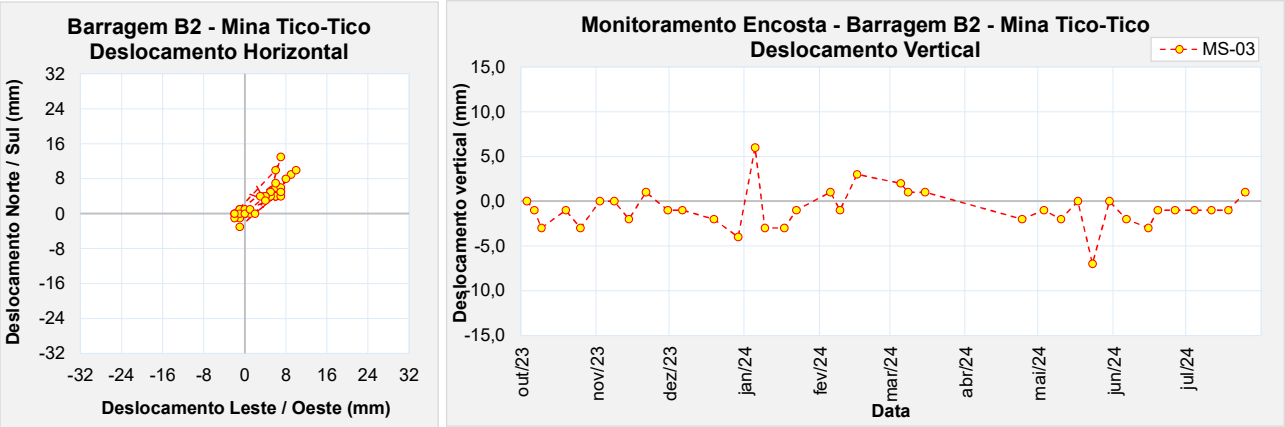


Figura 5.13 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-03.

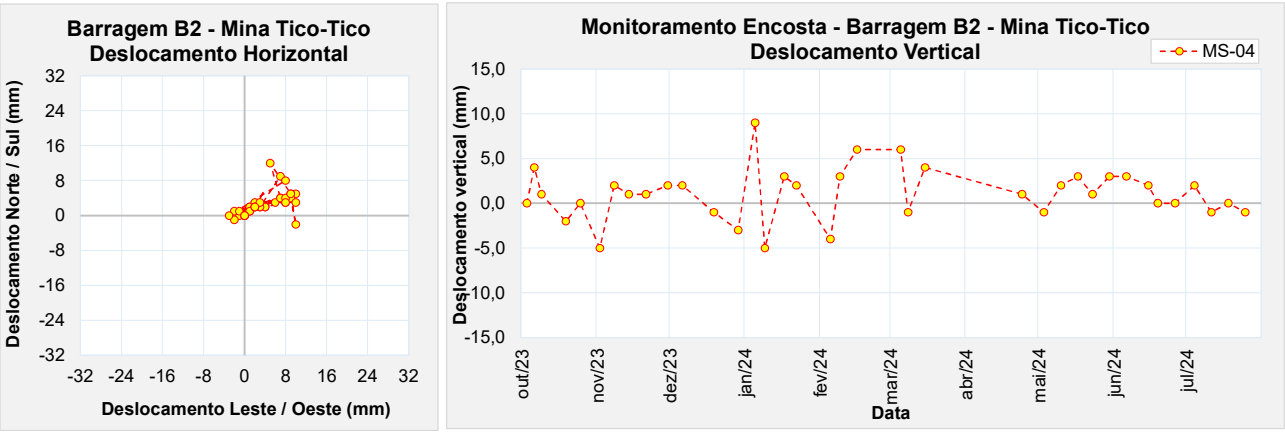


Figura 5.14 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-04.

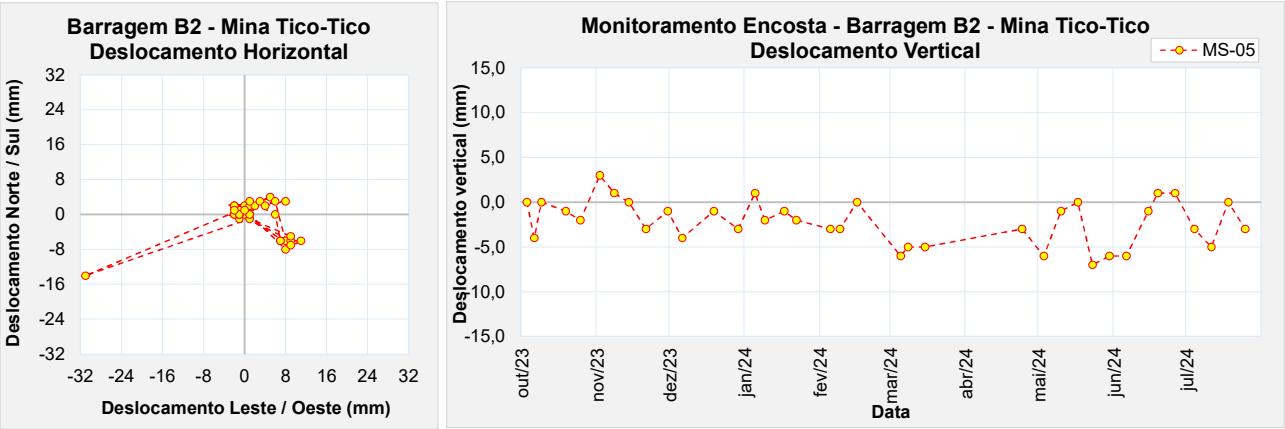


Figura 5.15 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-05.

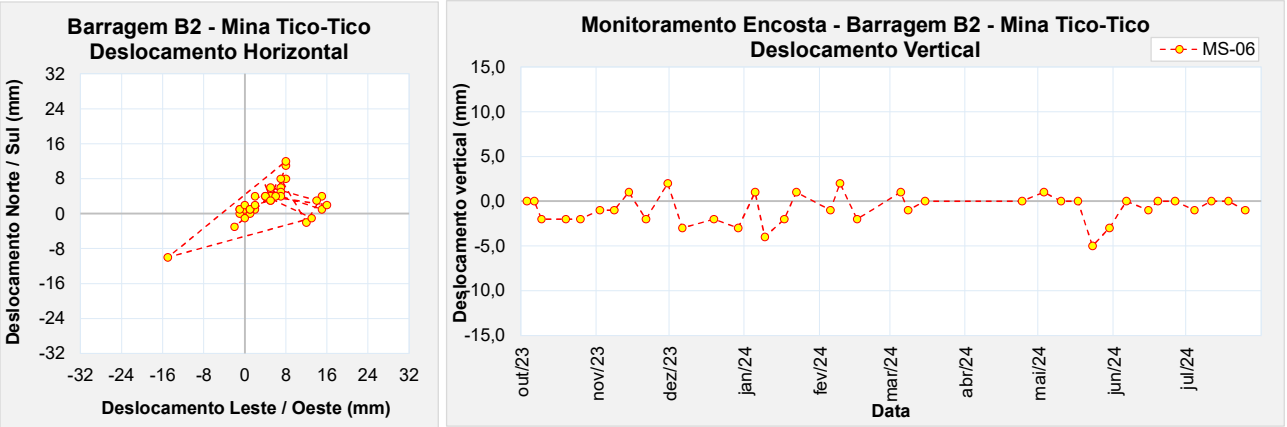


Figura 5.16 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-06.

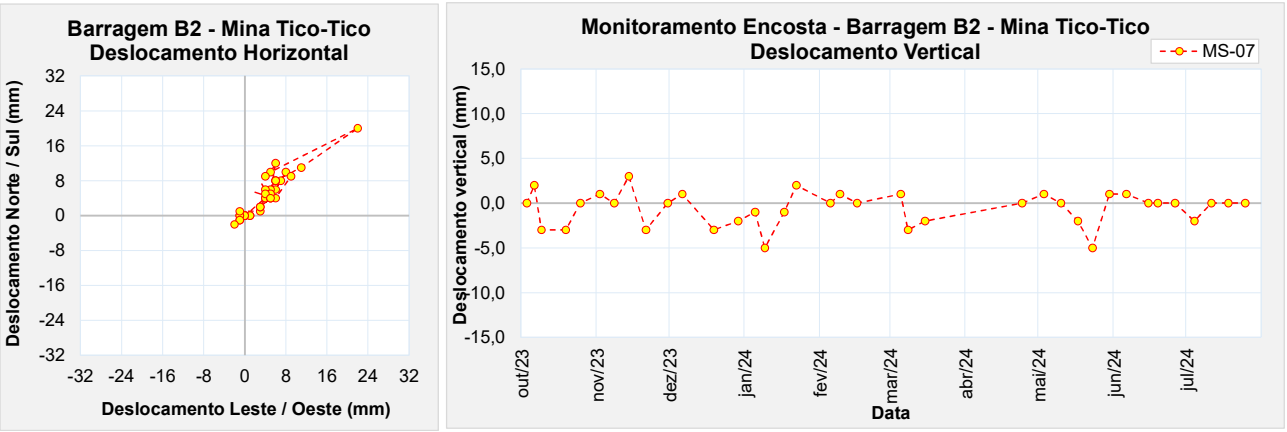


Figura 5.17 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-07.

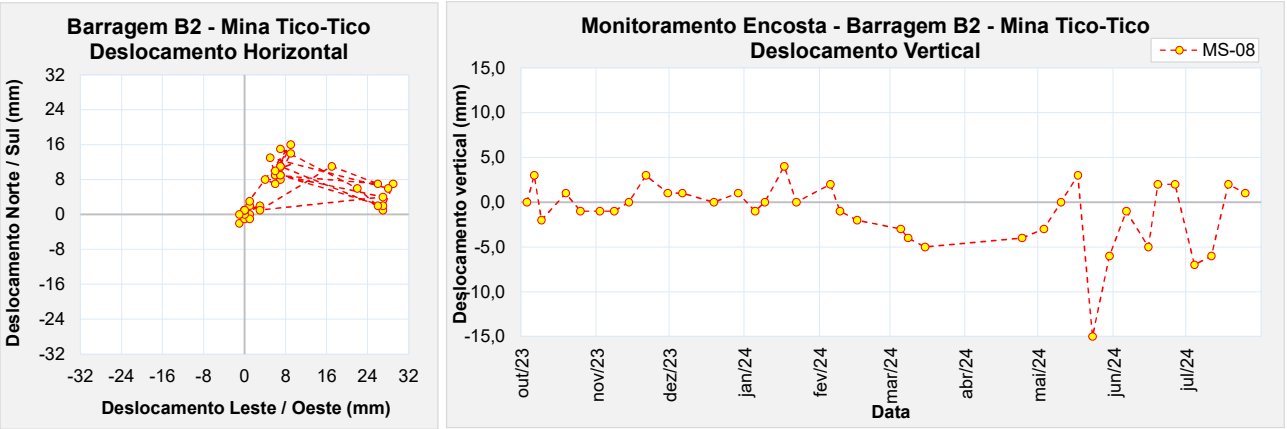


Figura 5.18 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-08.

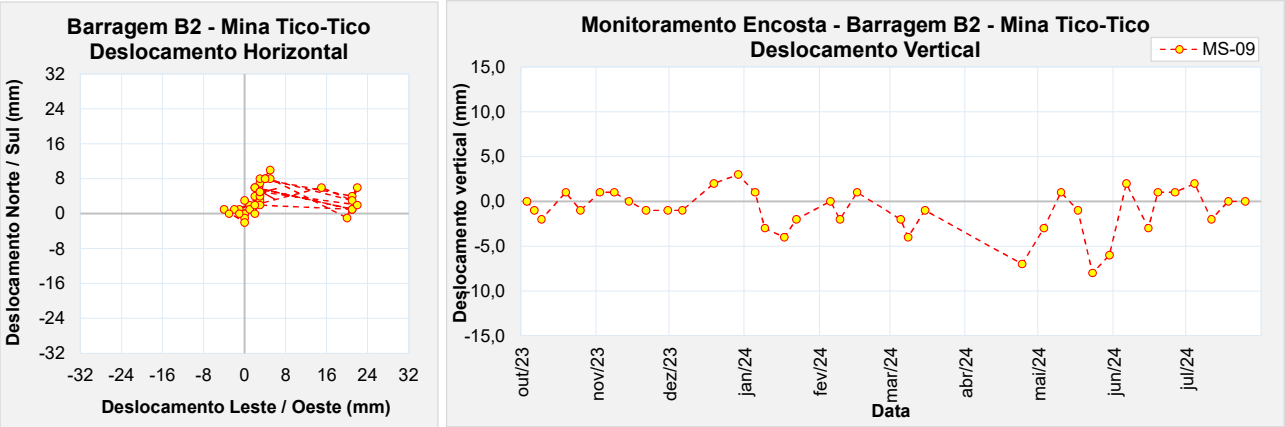


Figura 5.19 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-09.

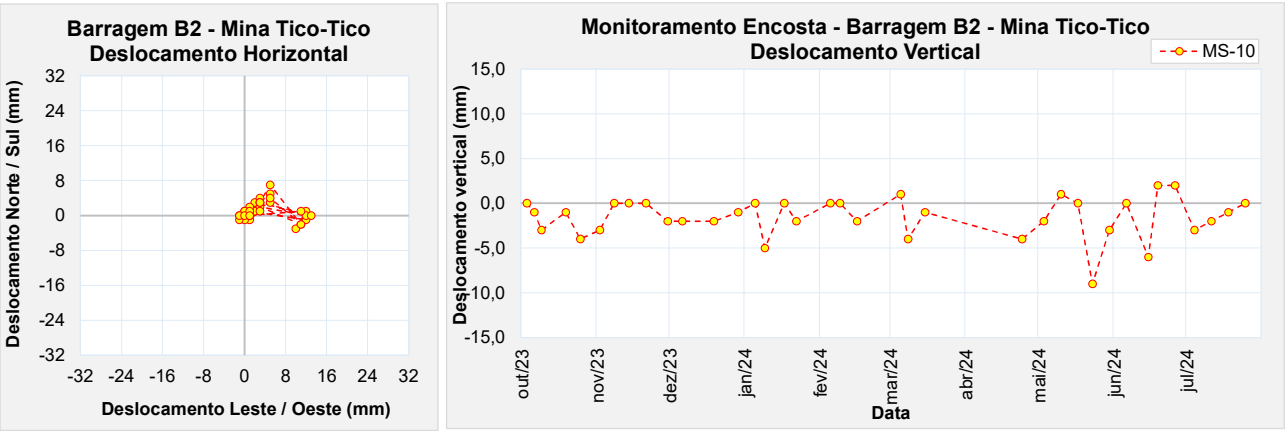


Figura 5.20 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-10.

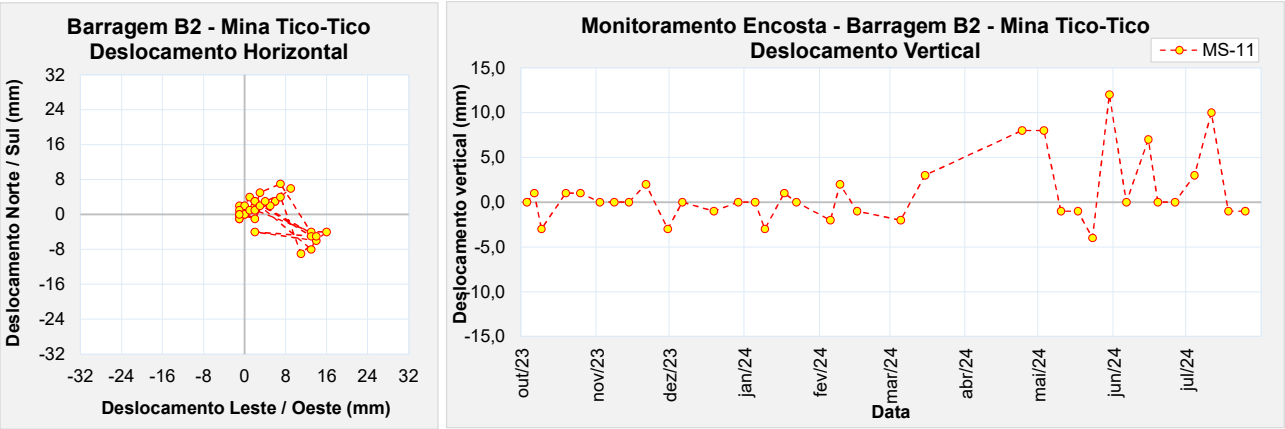


Figura 5.21 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-11.

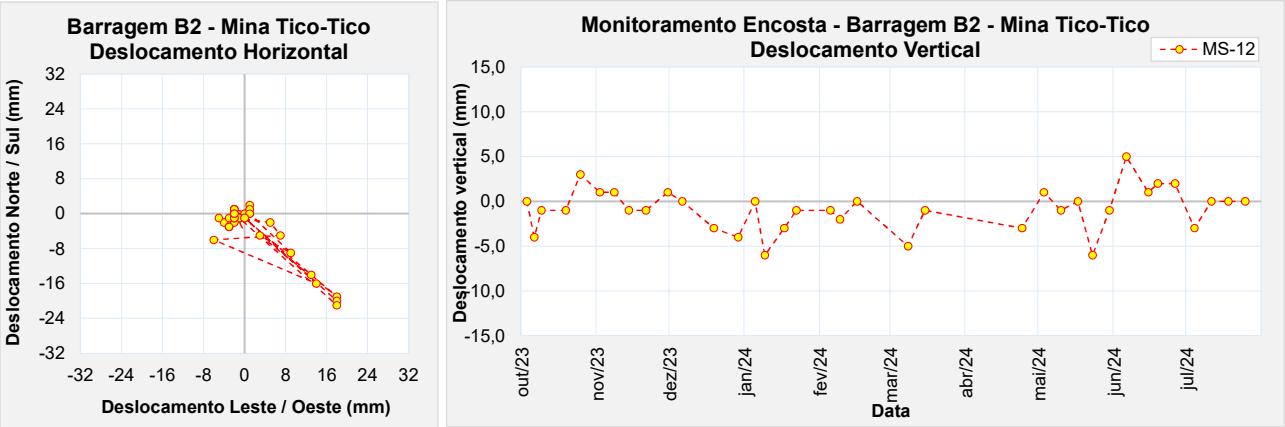


Figura 5.22 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-12.

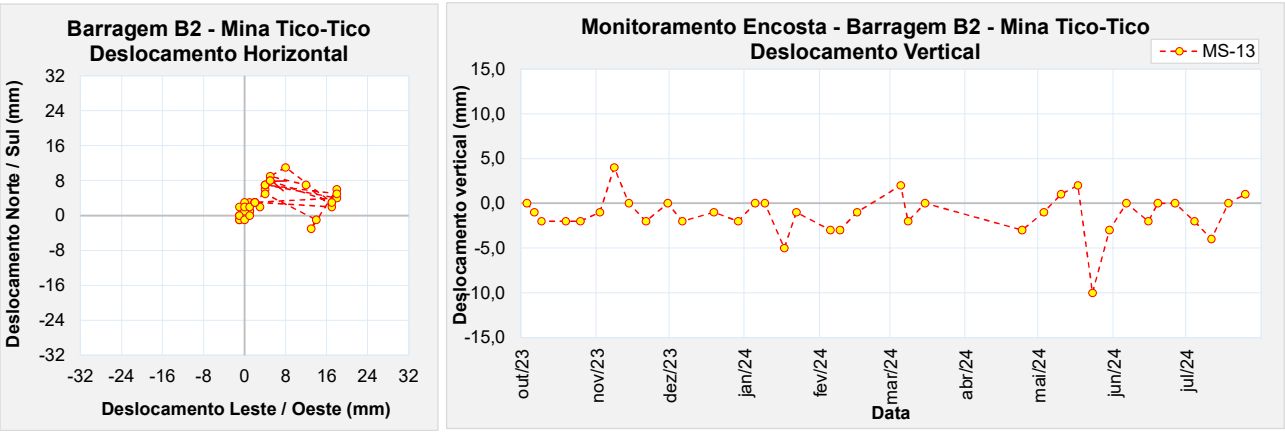


Figura 5.23 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-13.

A partir da análise das leituras dos marcos de monitoramento da encosta, percebe-se um comportamento similar aos apresentados pelos marcos instalados no maciço da estrutura, verificando movimentações verticais e horizontais muito pequenas. Os valores acumulados observados até 25/07/2024, horizontais menores que 12 mm, predominantemente na direção NE, e verticais menores que 3 mm, são em parte devidos, provavelmente, aos erros normais de leitura (“serrilhado”), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão.

6. Obras de Descaracterização

As obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico foram iniciadas em 28/06/2024, com o acompanhamento das obras em um primeiro momento realizado pela própria equipe de geotecnia da MMI até a conclusão da mobilização do ATO da Projetista.

6.1 Memorial Descritivo

Durante o mês de julho/2024 foi executada a Fase 1A do projeto de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, com ajustes na declividade do acesso à crista da barragem (Foto 6.1 e Foto 6.2), regularização do reservatório (Foto 6.3 e Foto 6.4) e execução do *SUMP* (Foto 6.5 e Foto 6.6) para o acúmulo de sedimentos durante as obras, localizado no fundo do reservatório, próximo ao emboque do extravasor de emergência.



Foto 6.1 – Ajuste na declividade do acesso à crista da barragem.



Foto 6.2 – Ajuste na declividade do acesso à crista da barragem.



Foto 6.3 – Regularização do reservatório.



Foto 6.4 – Regularização do reservatório.



Foto 6.5 – Execução do *sump* no fundo do reservatório.



Foto 6.6 – Execução do *sump* no fundo do reservatório.

Como pode ser verificado nestas imagens, as obras estão sendo executadas com escavadeiras, caminhões e, eventualmente, um rompedor, devido à quantidade de blocos de grandes dimensões presentes no reservatório.

Os materiais removidos estão sendo enviados para a planta de beneficiamento da Mina Tico-Tico para serem reprocessados, o trajeto é apresentado na Figura 6.1.



Figura 6.1 – Rota entre a Barragem B2 – Mina Tico-Tico e a Planta Tico-Tico.

A equipe da MMI realizou o acompanhamento das obras durante o mês de julho e emitiu um relatório mensal de acompanhamento técnico obras (RMO_Julho2024_B2TT), apresentando uma compilação dos relatórios diários de obra e discretizando as atividades realizadas no período avaliado.

6.1.1 Projeto

Conforme apresentado no desenho IPE.OP.DE.8000.GT.20.711, os serviços presentes na Fase 1A correspondem a:

- Execução do acesso 01;
- Execução de *Sump* com base na elevação 1.119,5 m com inclinação 3(H):1(V);
- Execução da vala de drenagem com dimensão 2 m de base, 2m de altura e inclinação 2(H):1(V), caso necessário.

A seguir são apresentadas figuras referentes a Fase 1A do projeto de descaracterização da Barragem B2-Mina Tico-Tico.

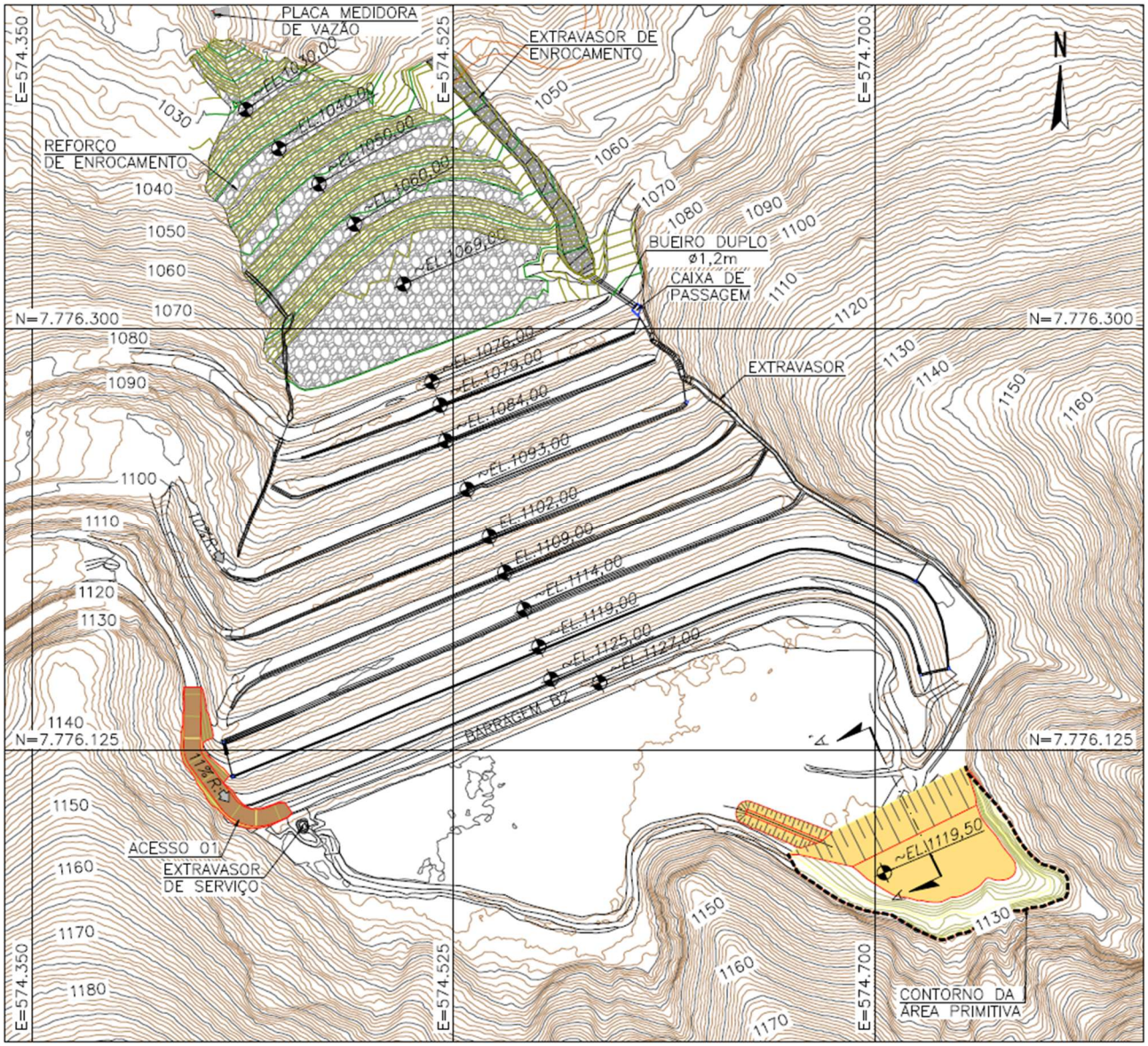


Figura 6.2 – Sequência Construtiva – Planta - Fase 1A.

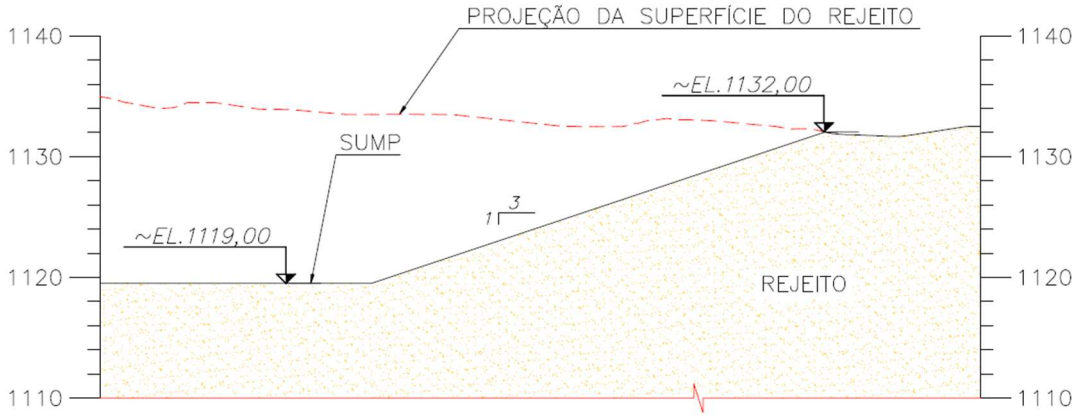


Figura 6.3 – Sequência Construtiva – Seção A-A' (*Sump*) - Fase 1A.

6.1.2 Levantamento Topográfico – Obras Executadas

Os levantamentos topográficos e ortofotos de acompanhamento das obras estão sendo realizados pela MMI com frequência quase diária, de modo a se registro e controle das obras. A seguir é apresentado o levantamento realizado pela MMI em 01/08/2024 (ACAD_ATUALIZACAO_GERAL_MMI_01AGO24.dwg) e ortofoto com a conclusão da Fase 1A.

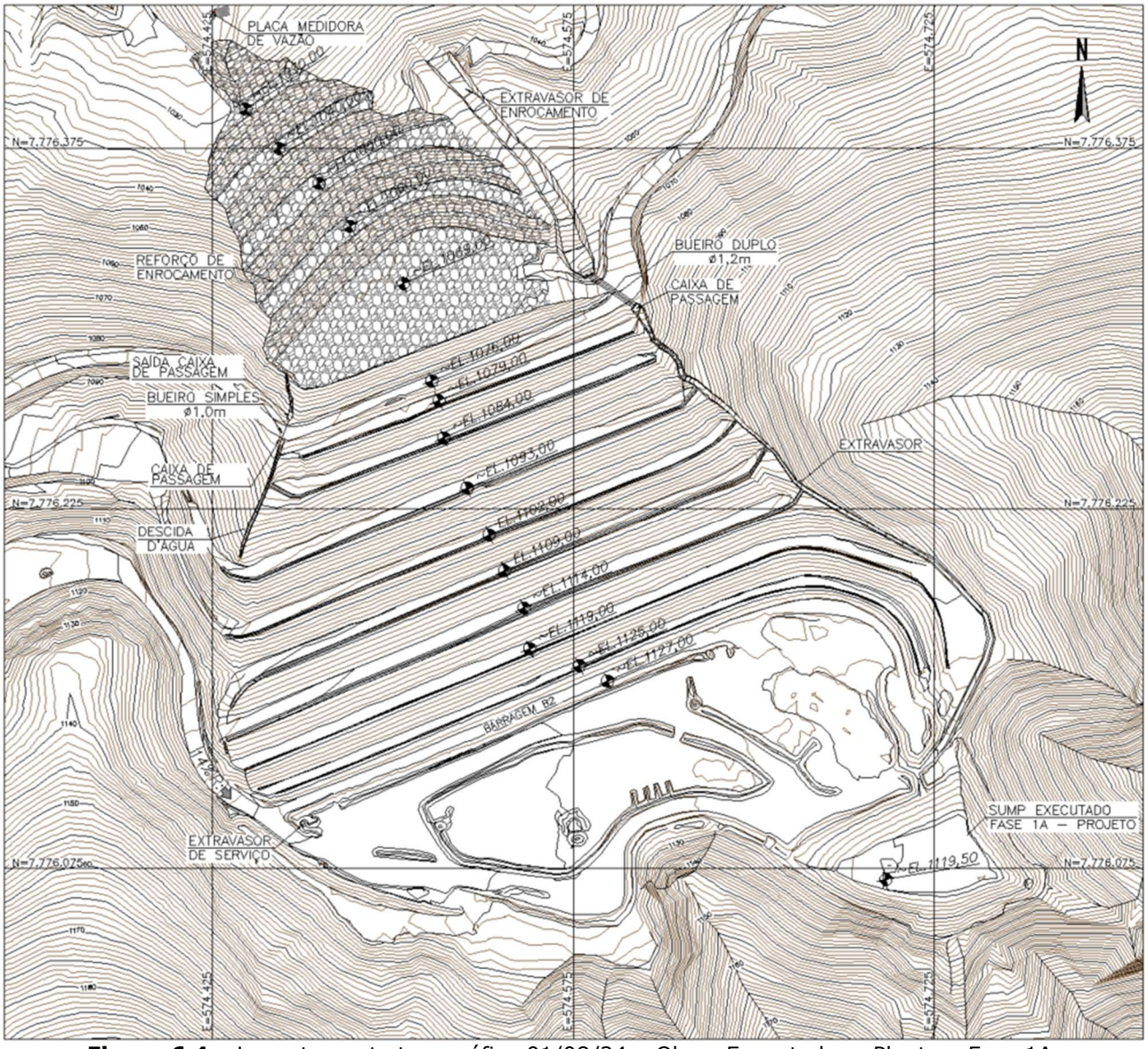


Figura 6.4 – Levantamento topográfico 01/08/24 – Obras Executadas - Planta – Fase 1A.



Figura 6.5 –Barragem B2 – Mina Tico-Tico. (Fonte: Ortofoto MMI – "BARRAGEM_B2_TT_25JUL24.jpg").

A partir do levantamento topográfico (ACAD_ATUALIZACAO_GERAL_MMI_01AGO24.dwg) enviado pela MMI, verifica-se que para a execução do *Sump* da Fase 1A foi removido aproximadamente 24.400 m³ de rejeitos. A curva elevação x volume da escavação da região do *Sump* é apresentada na Figura 6.6.

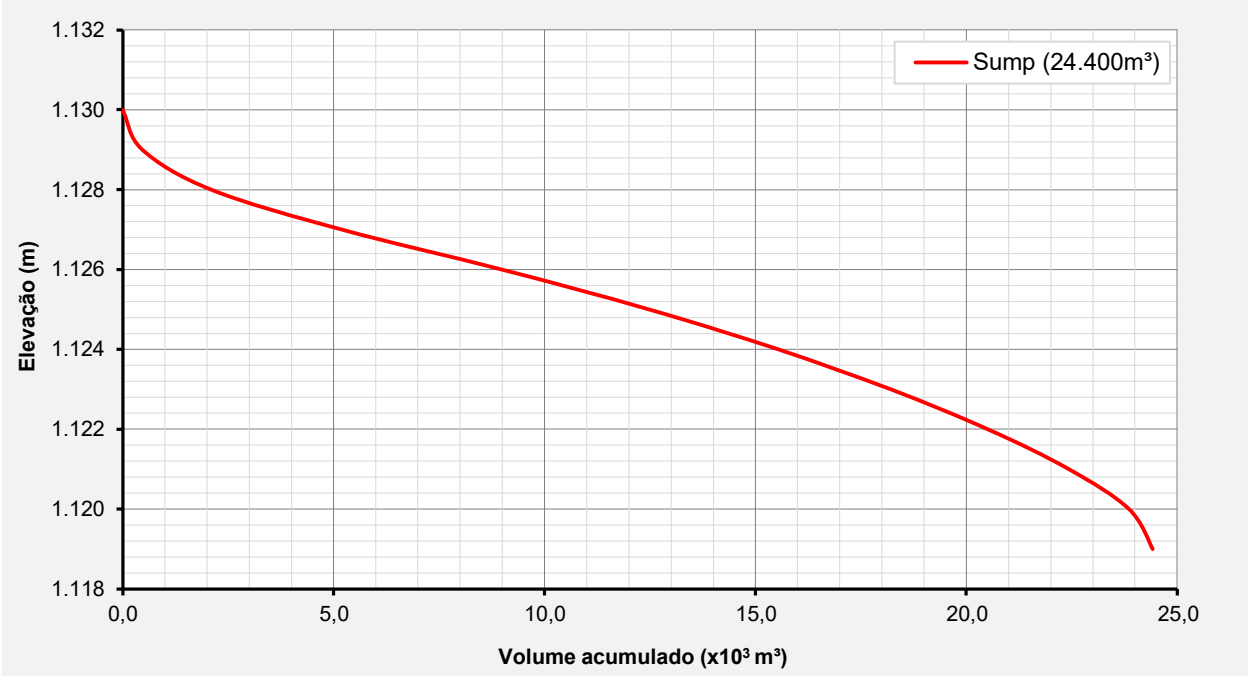


Figura 6.6 – Curva elevação x volume - *Sump* – Fase 1A.

6.1.3 Comparativo Projeto x Executado

A seguir é apresentado um comparativo de modo a verificar a aderência entre o projeto e o que foi executado.

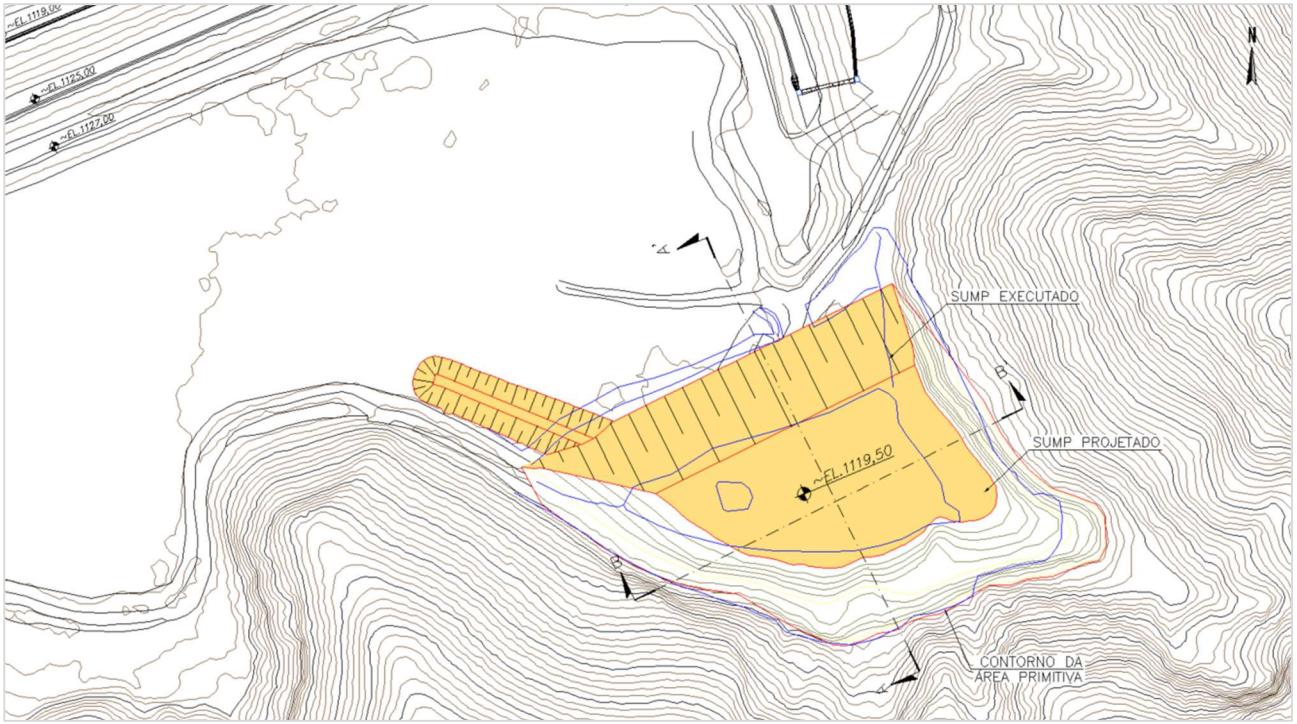


Figura 6.7 – Comparativo Projeto x Executado - Planta (*Sump*)– Fase 1A.

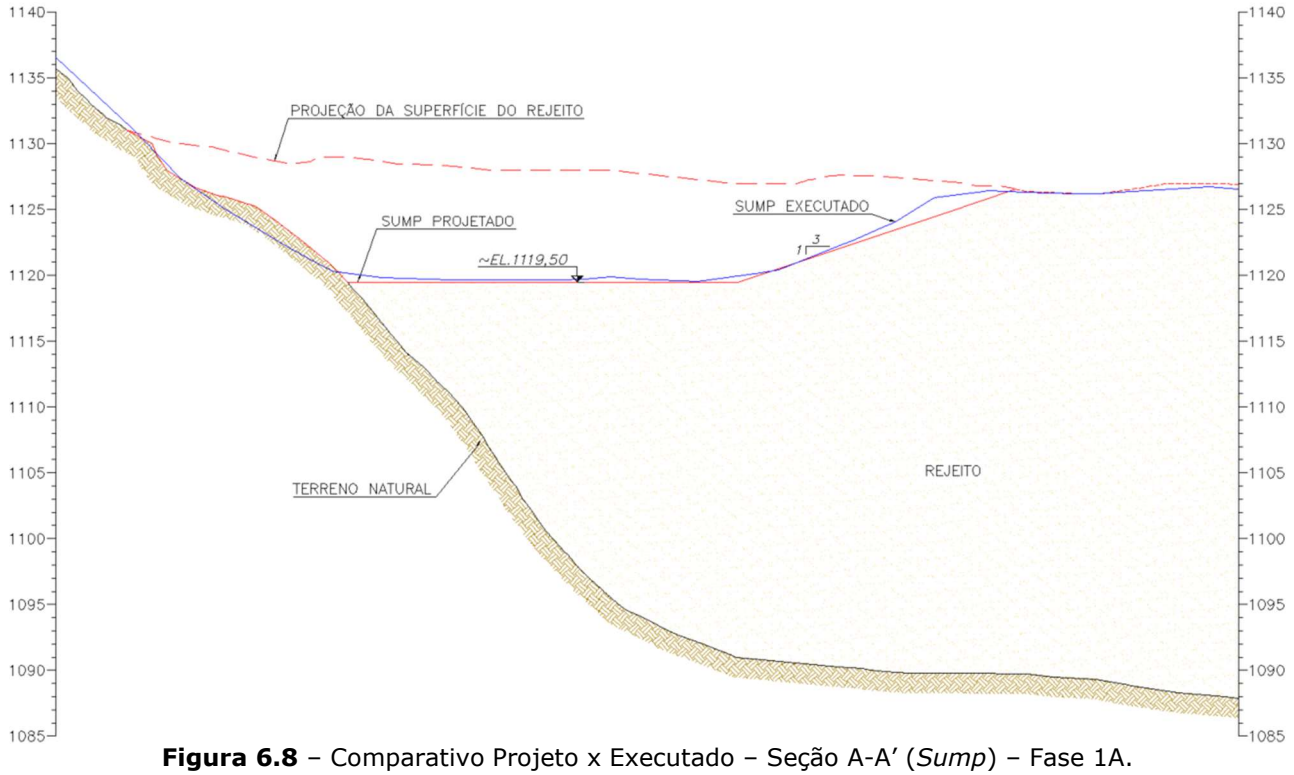


Figura 6.8 – Comparativo Projeto x Executado – Seção A-A' (*Sump*) – Fase 1A.

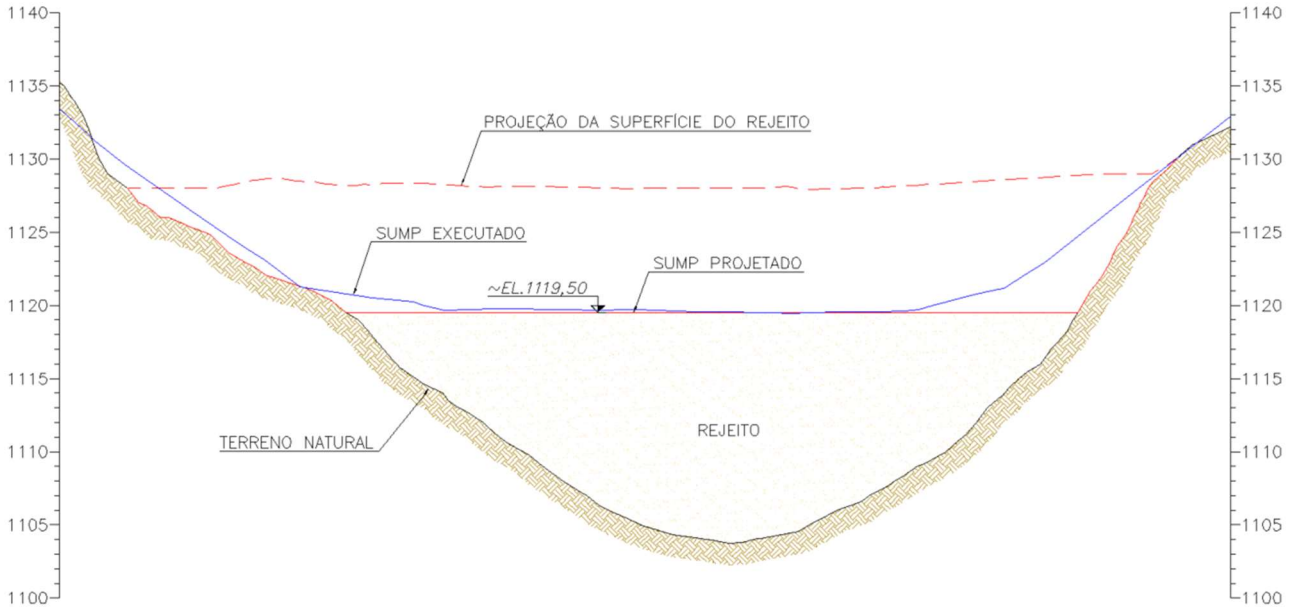


Figura 6.9 – Comparativo Projeto x Executado – Seção B-B' (*Sump*) – Fase 1A.

Verifica-se que o executado ficou bem próximo do projetado, com pequenas discrepâncias, possivelmente, devido a questões verificadas em campo em relação ao levantamento topográfico primitivo utilizado no projeto e para um melhor ajuste em decorrência da fase da obra.

De forma a acompanhar o andamento das obras, é apresentada a seguir uma curva elevação-volume indicando:

- a remoção total (considerada em projeto);
- a remoção executada (obtida a partir do levantamento topográfico atualizado);
- a remoção a ser executada (diferença entre a total e a executada).

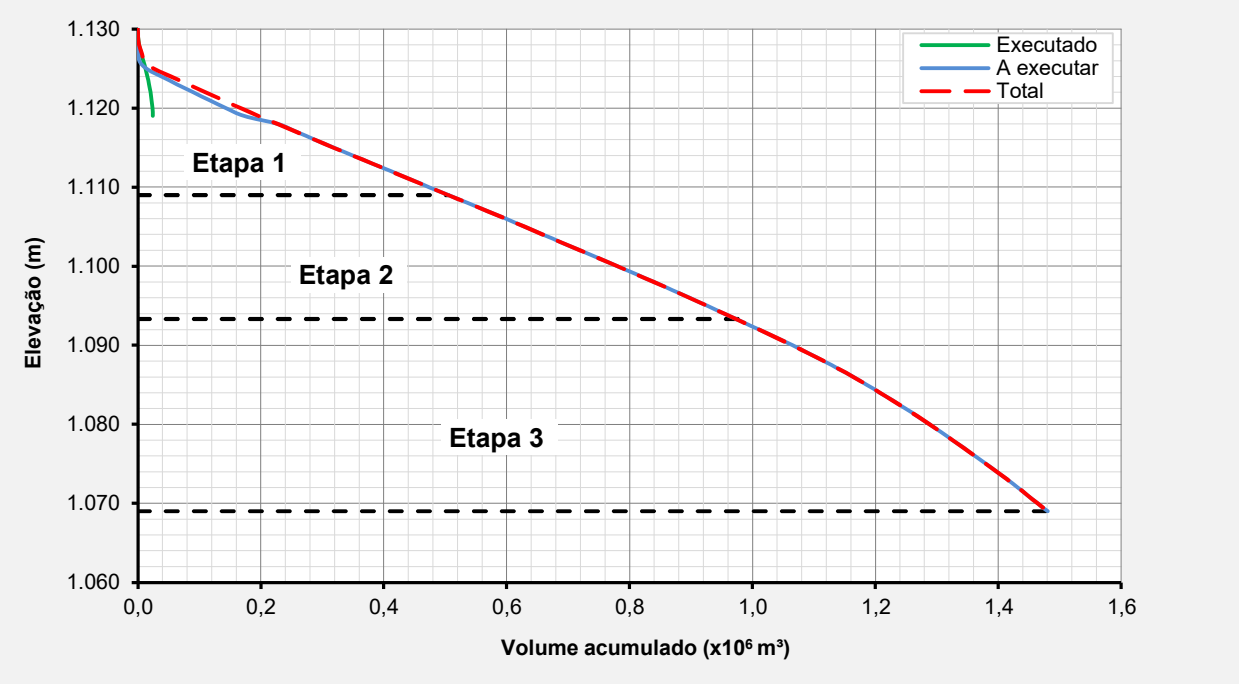


Figura 6.10 – Curva elevação-volume – Comparativo andamento das obras.

6.2 Condição da Estrutura no Período Avaliado

Atualmente o fator de segurança não-drenado liquefeito é superior ao valor mínimo recomendado pela TR FEAM de descaracterização (1,1), em todas as seções avaliadas. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura em relação às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

6.2.1 Inspeções de Campo

As obras foram acompanhadas diariamente no período avaliado pelo ATO da MMI e quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de avaliação quinzenal de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, indicação das anomalias verificadas e análises de estabilidade da estrutura.

6.2.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (maio/2024 a julho/2024).

Tabela 6.1 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B2 – Mina Tico-Tico – 1ª quinzena de mai./2024 a 2ª quinzena de jul./2024.

ID	ANOMALIA	Maio/24		Junho/24		Julho/24	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS NO TALUDE DE JUSANTE						
06	VEGETAÇÃO ALTA NO TALUDE DE JUSANTE			-	-	-	-
11	SUPERFÍCIE DE RUPTURA IDENTIFICADA NA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO, PRÓXIMA AO EXTRAVASOR OPERACIONAL						
14	PRESENÇA DE ANIMAIS NO MACIÇO DA ESTRUTURA.				-		
28	DESABAMENTO DA CONTENÇÃO JUNTO AO CANAL DO EXTRAVASOR.						
32	INSTRUMENTO DE MONITORAMENTO SEM IDENTIFICAÇÃO						
37	BLOCOS OBSTRUINDO A CANALETA LOCALIZADA NA BERMA EL. 1.108 PRÓXIMA A OMBREIRA DIREITA.	-	-	-	-		
38	CANALETA DE BERMA DANIFICADA.		-	-	-	-	-
41	PRESENÇA DE VEGETAÇÃO E ENTULHOS NO INÍCIO DO TRECHO EM ENROCAMENTO DO SISTEMA EXTRAVASOR DE EMERGÊNCIA.						
42	PRESENÇA DE TOCAS DE ANIMAIS NO TALUDE DE JUSANTE						

LEGENDA:

ANOMALIA VERIFICADA
ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO
ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA
ANOMALIA AGRAVADA
ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA

6.2.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle da barragem é composta por 35 (trinta e cinco) indicadores de nível d'água com leitura manual; 2 (dois) indicadores de nível d'água automatizados, 16 (dezessete) piezômetros de tubo aberto do tipo Casagrande e 8 (oito) piezômetros automatizados, 05 (cinco) marcos superficiais, 01 (um) indicador de vazão e 04 (quatro) sismógrafos, distribuídos em 05 (cinco) seções transversais de monitoramento.

O PZ-07 precisou ser removido e o PZ-13 está sem acesso devido ao avanço das obras de descaracterização.

Os níveis de controle dos instrumentos instalados na Barragem B2 – Mina Tico-Tico foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico do rejeito do reservatório localizado abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível normal**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível normal:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,3 (FS mínimo para análise não drenada de pico);
2- **Nível de alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,2 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,0 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.553, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em setembro/2023.

A Figura 6.11, Figura 6.12 e Figura 6.13 apresentam a locação em planta dos instrumentos e da Figura 6.14 a Figura 6.18 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 6.2 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

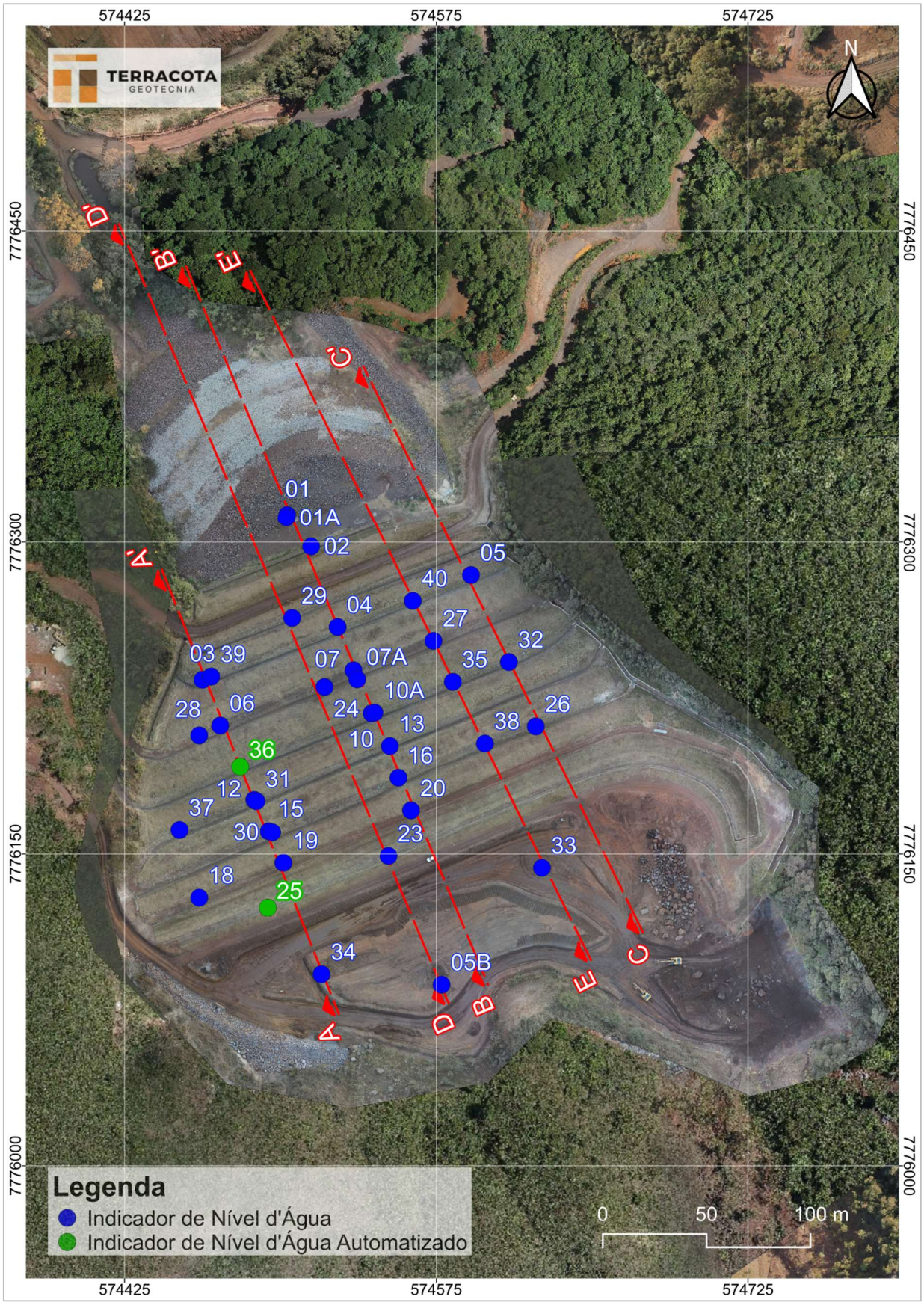


Figura 6.11 – Locação dos indicadores de nível d'água.

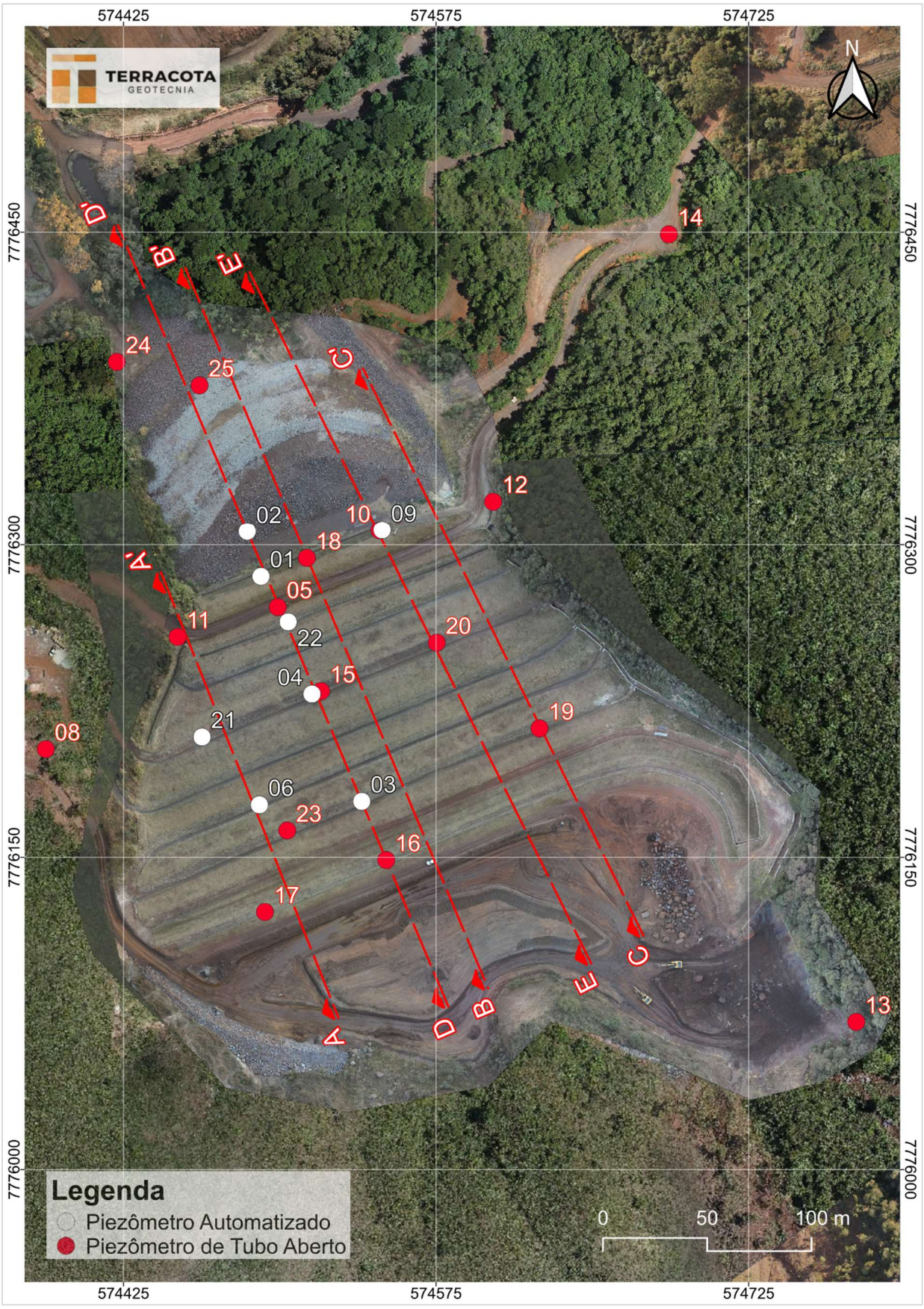


Figura 6.12 – Locação dos piezômetros.

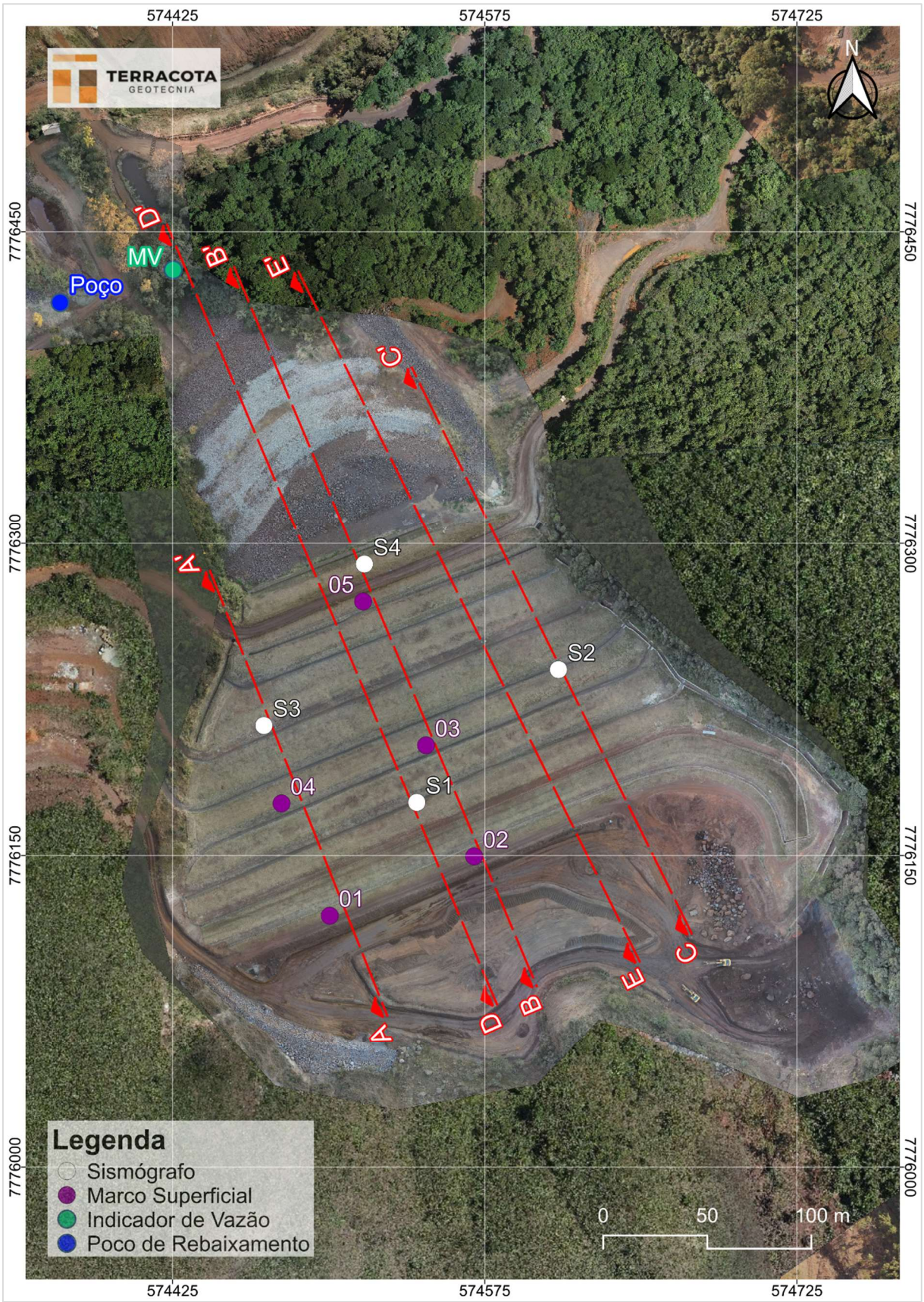


Figura 6.13 – Locação dos marcos superficiais, sismógrafos, indicador de vazão e poço de rebaixamento.

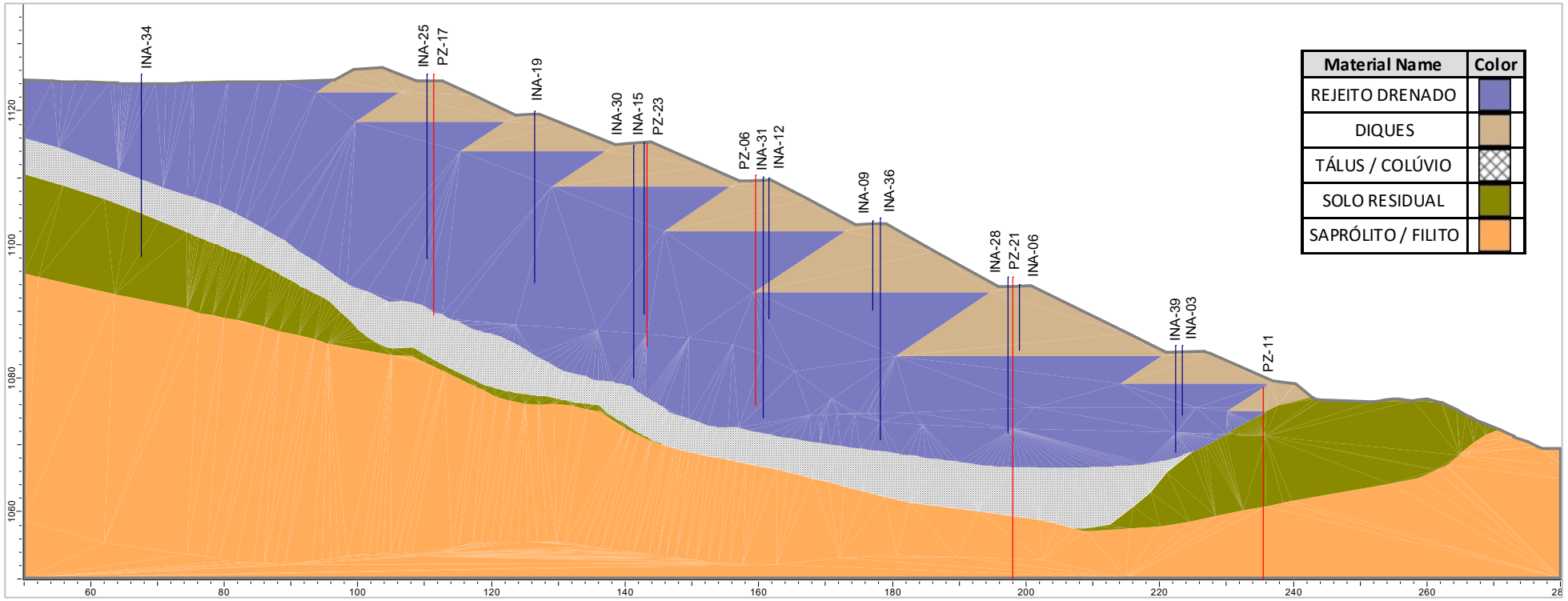


Figura 6.14 – Seção transversal de controle A-A'.

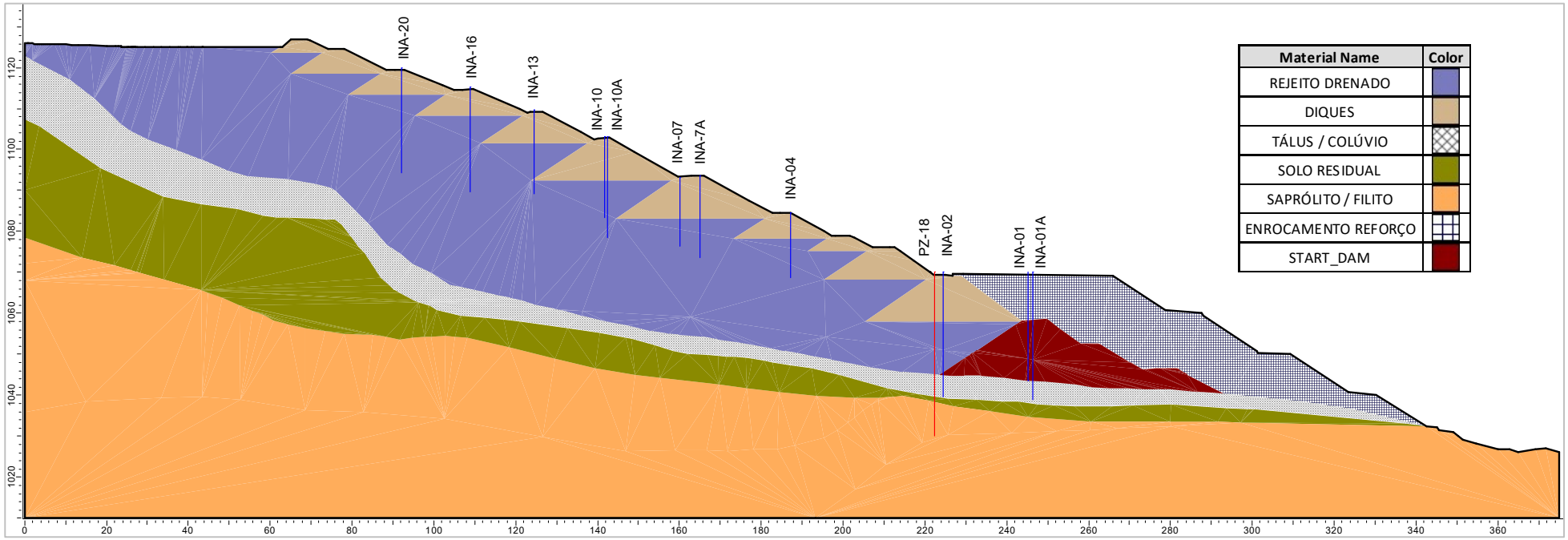


Figura 6.15 – Seção transversal de controle B-B'.

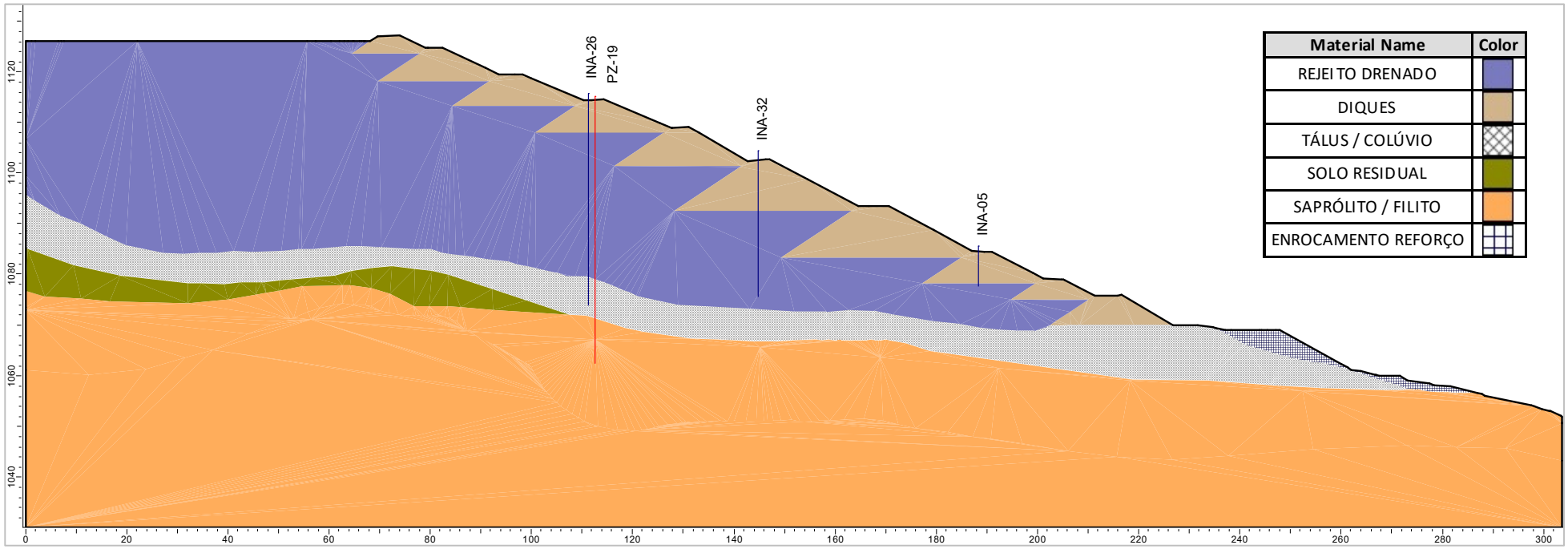


Figura 6.16 – Seção transversal de controle C-C'.

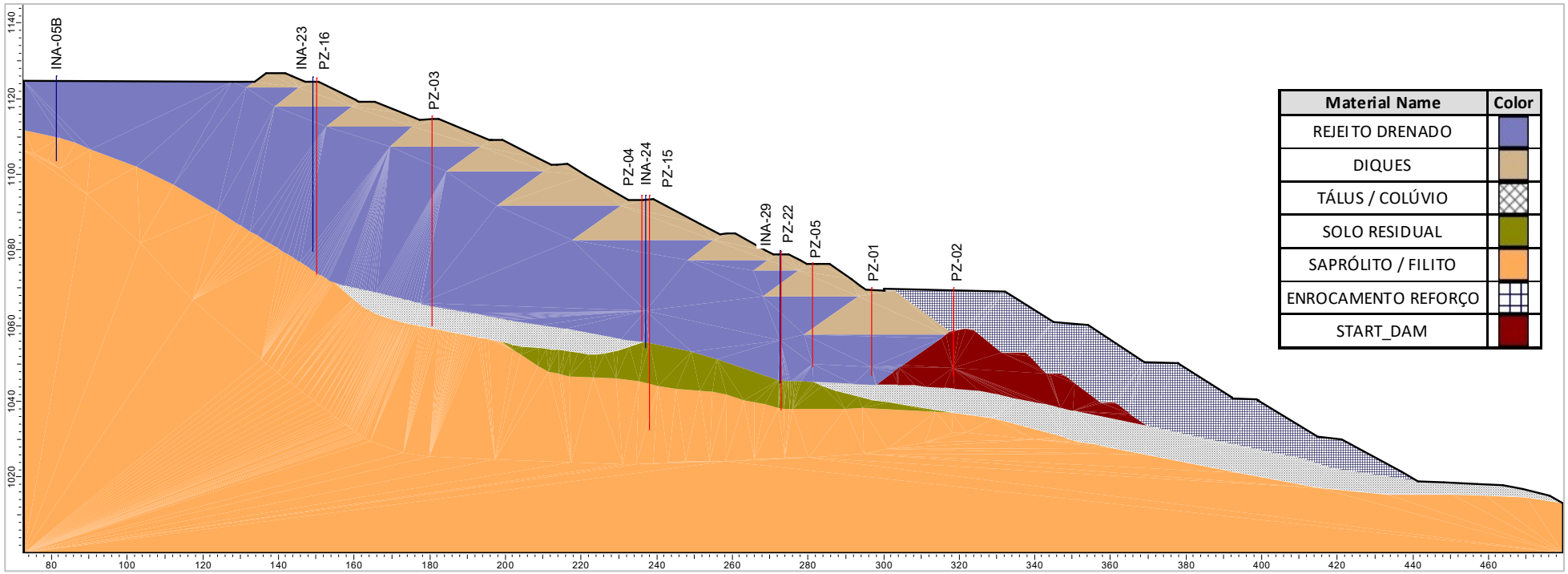


Figura 6.17 – Seção transversal de controle D-D'.

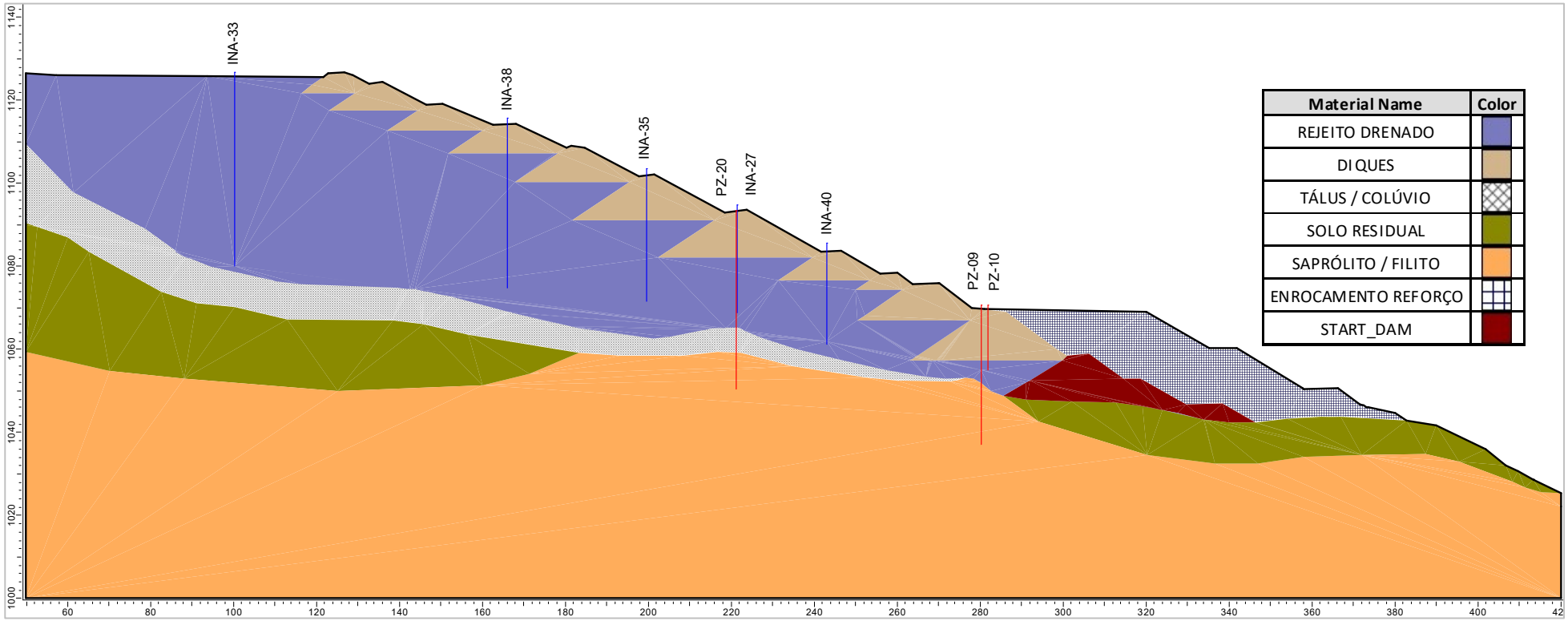


Figura 6.18 – Seção transversal de controle E-E'.

Tabela 6.2 – Locação, características, leitura (26/07/2024) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (26/07/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A'	INA-34	574.519,824	7.776.092,184	1.125,46	1.098,14	27,32	SECO	1.102,00	1.103,00	1.104,00
	INA-25 (1)	574.493,944	7.776.124,174	1.125,51	1.098,78	26,73	SECO (2)	1.099,28	1.099,58	1.099,78
	PZ-17	574.492,893	7.776.123,796	1.125,52	1.090,42	35,10	SECO	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	INA-19	574.501,437	7.776.145,795	1.119,96	1.094,19	25,77	SECO	1.094,69	1.094,99	1.095,19
	INA-30	574.496,028	7.776.160,454	1.115,90	1.079,93	35,97	SECO	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	INA-15	574.494,387	7.776.160,916	1.115,20	1.089,51	25,69	SECO	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	PZ-23	574.503,574	7.776.162,871	1.115,96	1.085,13	30,83	1.085,87	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	PZ-06 (1)	574.490,218	7.776.175,201	1.110,33	1.075,80	34,53	1.076,49	1.089,00	1.091,00	1.092,00
	INA-31	574.488,447	7.776.175,368	1.110,33	1.077,72	32,61	SECO	1.089,00	1.091,00	1.092,00
	INA-12	574.487,432	7.776.175,985	1.109,95	1.088,36	21,59	1.088,52	1.089,00	1.091,00	1.092,00
	INA-36 (1)	574.480,696	7.776.192,019	1.103,90	1.070,80	33,10	1.070,56	1.082,25	1.083,50	1.084,25
	INA-28	574.460,943	7.776.207,008	1.095,14	1.071,74	23,40	SECO	1.076,00	1.076,50	1.077,00
	PZ-21 (1)	574.462,687	7.776.207,739	1.095,07	1.048,93	46,14	1.059,24	1.066,00	1.068,00	1.070,00
	INA-06	574.471,040	7.776.211,750	1.094,03	1.083,39	10,64	SECO	1.084,57	1.084,87	1.085,07
	INA-03	574.462,517	7.776.233,802	1.084,82	1.074,42	10,40	SECO	1.074,92	1.075,22	1.076,30
	INA-39	574.466,682	7.776.235,354	1.084,90	1.068,82	16,08	SECO	1.072,75	1.073,50	1.076,50
	PZ-11	574.450,970	7.776.255,740	1.078,64	1.027,24	51,40	1.044,26	1.063,00	1.065,00	1.067,00
B-B'	INA-20	574.562,876	7.776.170,936	1.119,96	1.094,24	25,72	SECO	1.094,74	1.095,04	1.095,24
	INA-16	574.556,831	7.776.186,690	1.115,27	1.089,62	25,65	SECO	1.090,12	1.090,42	1.090,62

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (26/07/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
B-B′	INA-13	574.552,708	7.776.201,867	1.109,66	1.089,05	20,61	SECO	1.089,55	1.089,85	1.090,05
	INA-10	574.543,939	7.776.217,594	1.103,16	1.078,29	24,87	SECO	1.078,79	1.079,09	1.079,29
	INA-10A	574.545,267	7.776.217,956	1.103,23	1.083,16	20,07	SECO	1.083,96	1.084,26	1.084,46
	INA-07	574.535,188	7.776.238,345	1.093,66	1.072,72	20,94	SECO	1.074,06	1.074,36	1.074,56
	INA-07A	574.536,982	7.776.234,018	1.093,64	1.076,94	16,70	SECO	1.077,44	1.077,74	1.077,94
	INA-04	574.527,552	7.776.259,135	1.084,46	1.068,65	15,81	SECO	1.069,15	1.069,45	1.069,65
	INA-02	574.514,796	7.776.297,920	1.068,65	1.038,74	29,91	SECO	1.052,00	1.053,50	1.057,50
	PZ-18	574.513,017	7.776.293,664	1.070,12	1.030,04	40,08	1.038,29	1.052,00	1.053,50	1.057,50
	INA-01	574.503,220	7.776.313,342	1.070,11	1.038,92	31,19	SEM LEITURA	1.049,00	1.050,00	1.053,75
	INA-01A	574.502,899	7.776.311,911	1.070,11	1.043,38	26,73	SEM LEITURA	1.049,00	1.050,00	1.053,75
C-C′	INA-26	574.622,923	7.776.211,341	1.115,50	1.073,07	42,43	SECO	1.081,00	1.083,00	1.089,00
	PZ-19	574.624,640	7.776.211,878	1.115,34	1.062,12	53,22	1.065,40	1.081,00	1.083,00	1.089,00
	INA-32	574.609,982	7.776.242,314	1.103,39	1.075,61	27,78	SECO	1.077,00	1.079,00	1.081,00
	INA-05	574.591,761	7.776.284,132	1.084,49	1.075,62	8,87	SECO	1.077,15	1.077,45	1.077,65
D-D′	INA-05B	574.577,560	7.776.087,144	1.126,06	1.103,52	22,54	SECO	1.111,50	1.112,50	1.114,50
	INA-23	574.552,009	7.776.149,087	1.125,75	1.079,61	46,14	SECO	1.080,11	1.080,41	1.081,00
	PZ-16	574.551,073	7.776.148,709	1.125,58	1.073,54	52,04	SECO	1.074,50	1.075,00	1.076,00
	PZ-03 (1)	574.539,333	7.776.176,864	1.115,36	1.059,83	55,53	1.060,46	1.063,00	1.064,50	1.066,00
	PZ-04 (1)	574.515,454	7.776.228,365	1.094,40	1.056,08	38,32	1.059,08	1.065,25	1.070,00	1.072,00
	INA-24	574.521,245	7.776.230,297	1.094,38	1.054,17	40,21	1.059,84	1.065,25	1.070,00	1.072,00

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (26/07/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
D-D'	PZ-15	574.519,798	7.776.229,746	1.094,39	1.032,37	62,02	1.046,26	1.053,50	1.055,00	1.057,50
	INA-29	574.505,661	7.776.263,490	1.079,74	1.045,99	33,75	1.055,16	1.057,00	1.059,00	1.061,00
	PZ-22 (1)	574.504,016	7.776.262,970	1.079,71	1.037,71	42,00	1.042,71	1.045,00	1.046,00	1.047,00
	PZ-05	574.499,050	7.776.270,044	1.076,62	1.048,81	27,81	1.049,03	1.055,00	1.056,00	1.058,00
	PZ-01 (1)	574.490,976	7.776.284,809	1.069,15	1.046,85	22,30	1.047,91	1.052,00	1.053,00	1.055,00
	PZ-02 (1)	574.484,379	7.776.306,479	1.070,34	1.046,63	23,71	1.048,07	1.048,00	1.049,00	1.052,00
E-E'	INA-33	574.625,885	7.776.143,361	1.126,80	1.079,98	46,82	SECO	1.084,00	1.085,00	1.086,00
	INA-38	574.598,447	7.776.203,110	1.115,64	1.074,80	40,84	SECO	1.075,30	1.076,00	1.081,00
	INA-35	574.583,022	7.776.232,800	1.103,43	1.071,60	31,83	SECO	1.072,10	1.073,50	1.078,00
	PZ-20	574.575,328	7.776.253,021	1.094,52	1.051,32	43,20	SECO	1.068,50	1.069,50	1.076,00
	INA-27	574.573,684	7.776.252,453	1.094,57	1.068,47	26,10	SECO	1.068,97	1.069,50	1.076,00
	INA-40	574.563,720	7.776.271,753	1.085,49	1.061,34	24,15	SECO	1.063,00	1.064,50	1.069,50
	PZ-09 (1)	574.549,100	7.776.307,150	1.070,61	1.037,00	33,61	1.042,26	1.055,50	1.056,00	1.060,00
	PZ-10	574.547,874	7.776.306,960	1.070,54	1.054,87	15,67	SECO	1.055,50	1.056,00	1.060,00
Instrumentos fora de seção de controle	INA-18	574.460,928	7.776.129,034	1.120,04	1.109,60	10,44	SECO	Próximo à ombreira esquerda		
	INA-37	574.451,457	7.776.161,553	1.110,82	1.076,31	34,51	SECO	Próximo à ombreira esquerda		
	PZ-07	574.726,619	7.776.093,729	1.129,25	1.078,67	50,58	REMOVIDO	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-08	574.387,740	7.776.201,920	1.116,25	1.053,22	63,03	1.058,15	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-12	574.602,350	7.776.320,922	1.075,37	1.022,70	52,67	1.045,56	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-13	574.776,640	7.776.071,051	1.130,75	1.068,75	62,00	SEM ACESSO	Monitoramento hidrogeológico		

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (26/07/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
	PZ-14	574.686,697	7.776.449,072	1.056,05	1.004,72	51,33	1.037,60	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-24	574.421,807	7.776.387,927	1.037,65	1.033,76	3,89	SECO	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-25	574.461,511	7.776.376,685	1.040,83	1.024,53	16,30	1.027,75	Monitoramento hidrogeológico		
A-A’	MS-01	574.500,555	7.776.121,056	1.126,906	-	-	-	Não aplicável		
B-B’	MS-02	574.569,932	7.776.149,552	1.127,284	-	-	-	Não aplicável		
B-B’	MS-03	574.546,808	7.776.202,950	1.109,409	-	-	-	Não aplicável		
B-B’	MS-04	574.477,353	7.776.175,052	1.109,710	-	-	-	Não aplicável		
A-A’	MS-05	574.516,529	7.776.272,078	1.079,063	-	-	-	Não aplicável		
Não aplicável	B2-S1	574.542,368	7.776.175,486	1.114,879	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S2	574.610,429	7.776.239,295	1.102,956	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S3	574.468,902	7.776.212,427	1.094,197	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S4	574.517,197	7.776.290,024	1.071,274	-	-	-	Não aplicável		
	MV	574.425,322	7.776.431,715	1.013,211	-	-	-	Não aplicável		

1- Instrumentos automatizados.
2- Leitura automatizada abaixo da cota de fundo, considerado seco.

6.2.3.1 Leituras Instrumentação

As leituras dos níveis nos INA's e PZ's eram realizadas semanalmente e passaram a ser a cada dois dias após o início das obras de descaracterização da estrutura. Os deslocamentos dos Marcos Superficiais são aferidos quinzenalmente. Já os piezômetros automatizados realizam um monitoramento constante com registro de leituras a cada 2 horas. As leituras na placa indicadora de vazão são realizadas diariamente.

- **Indicadores de Nível d'Água e Piezômetros**

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para cada instrumento abrangendo dois anos hidrológicos, no período entre 10/2021 e 07/2024, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

a) Nível de água do reservatório – seco (sem lago) no período avaliado;
b) Referências do topo e base de cada instrumento;
c) Leituras do nível de água do instrumento;
d) Pluviometria mensal na região da barragem;
e) Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições normal, alerta e emergência.

De acordo com os registros quinzenais de monitoramento dos INA's e PZ's, a freática está em geral, deprimida na região do reservatório da barragem desde meados do ano de 2016. Com a impermeabilização do reservatório e instalação dos dispositivos formais de drenagem superficial nas bermas, pode-se observar uma redução das leituras verificadas na instrumentação na estrutura durante o ano de 2023 até o momento.

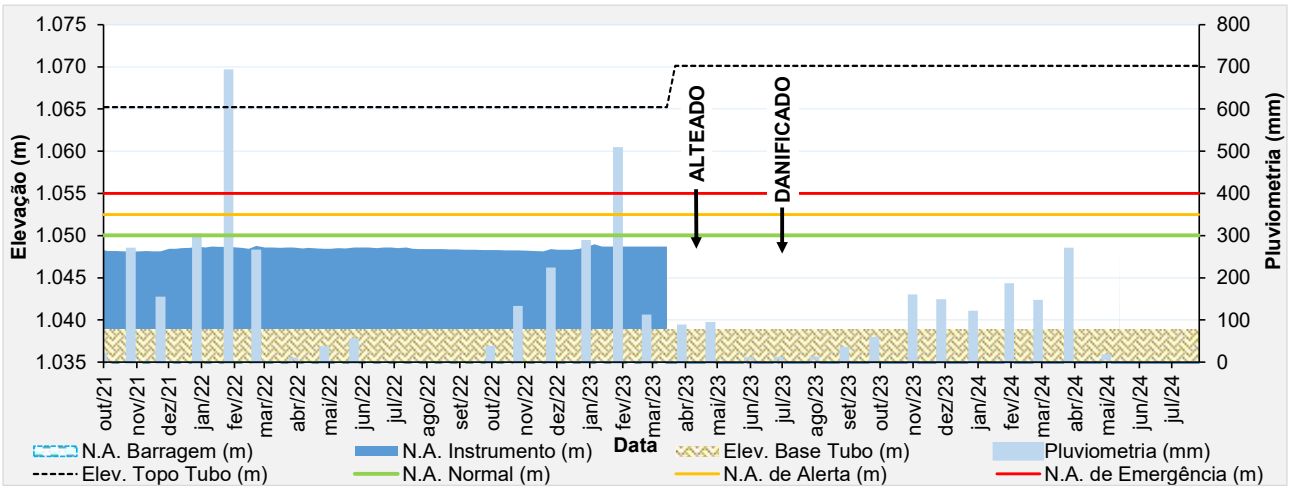


Figura 6.19 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01.

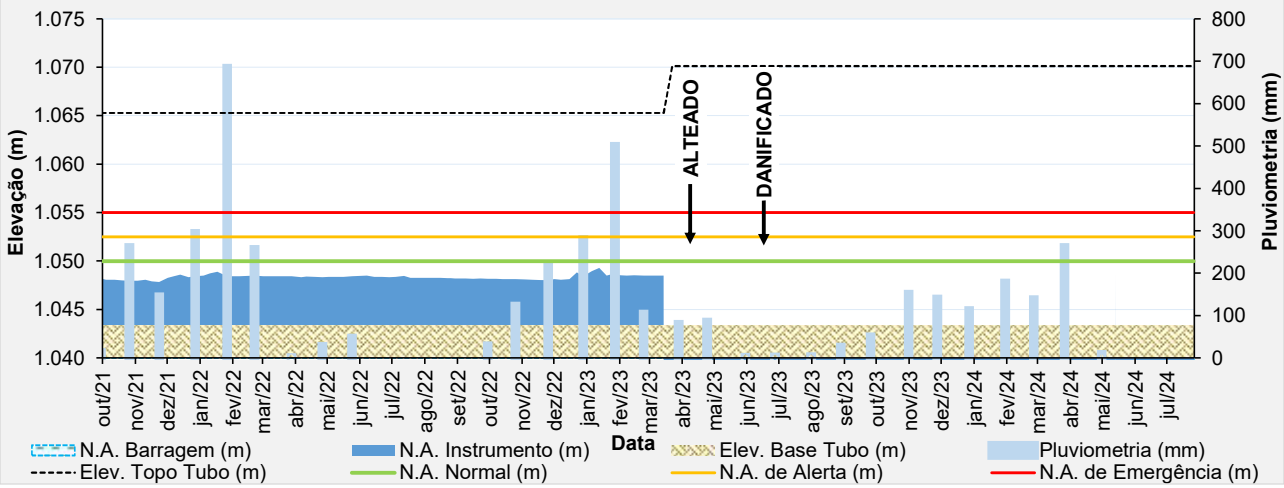


Figura 6.20 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01A.

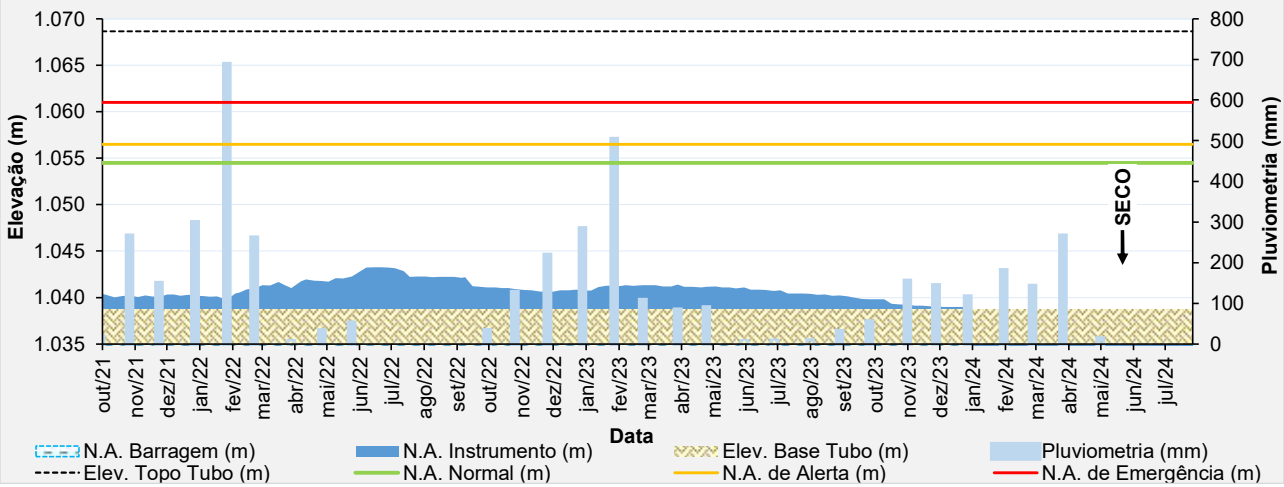


Figura 6.21 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-02.

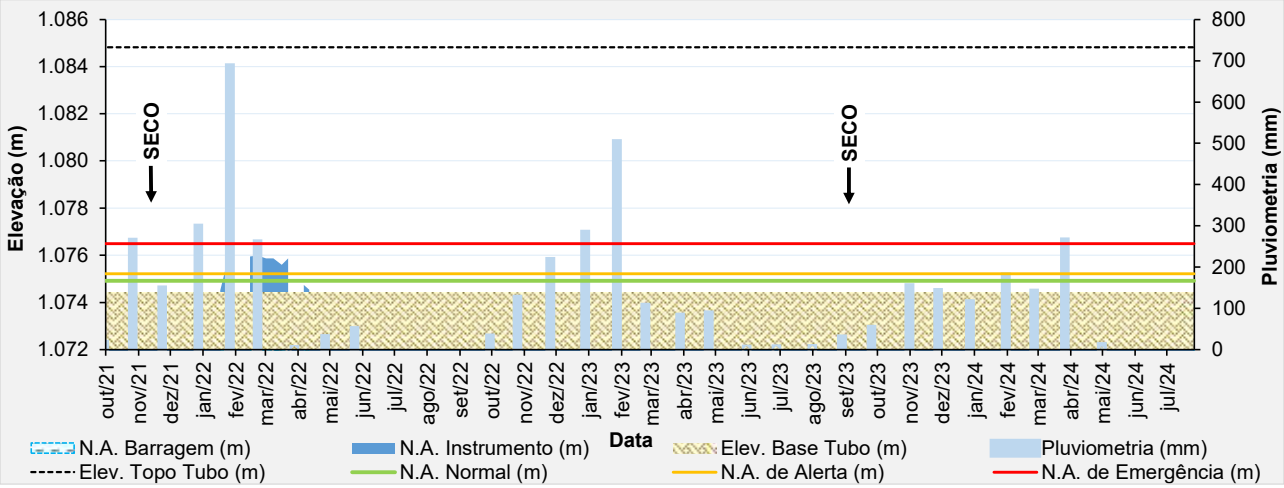


Figura 6.22 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03.

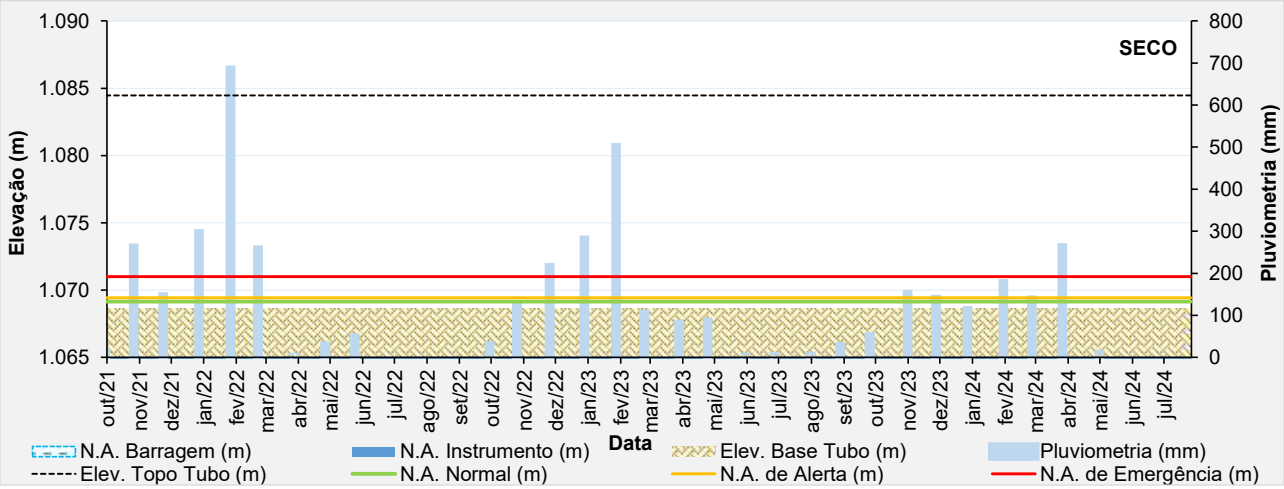


Figura 6.23 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-04.

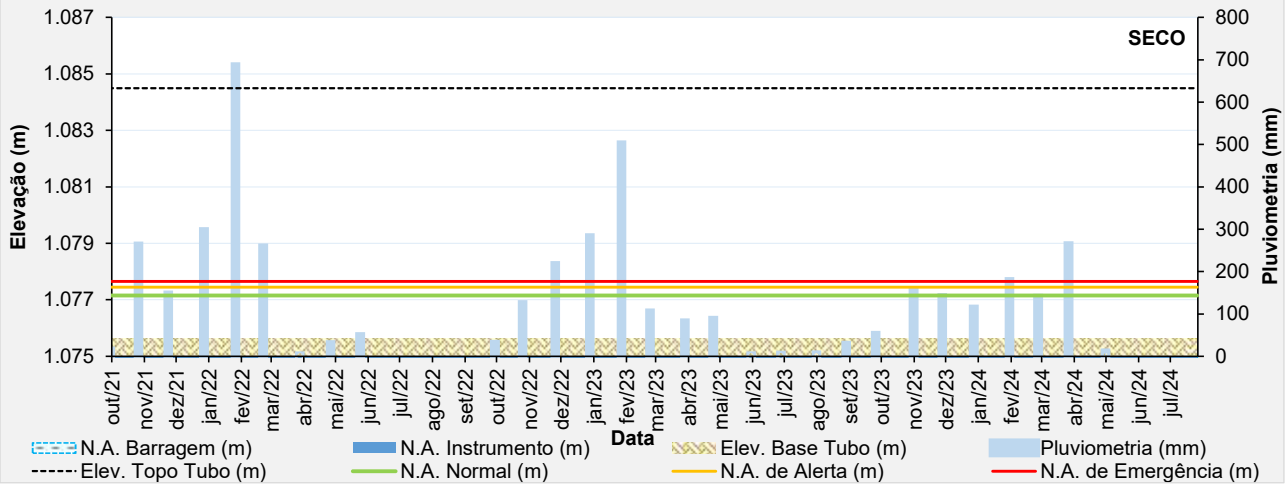


Figura 6.24 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05.

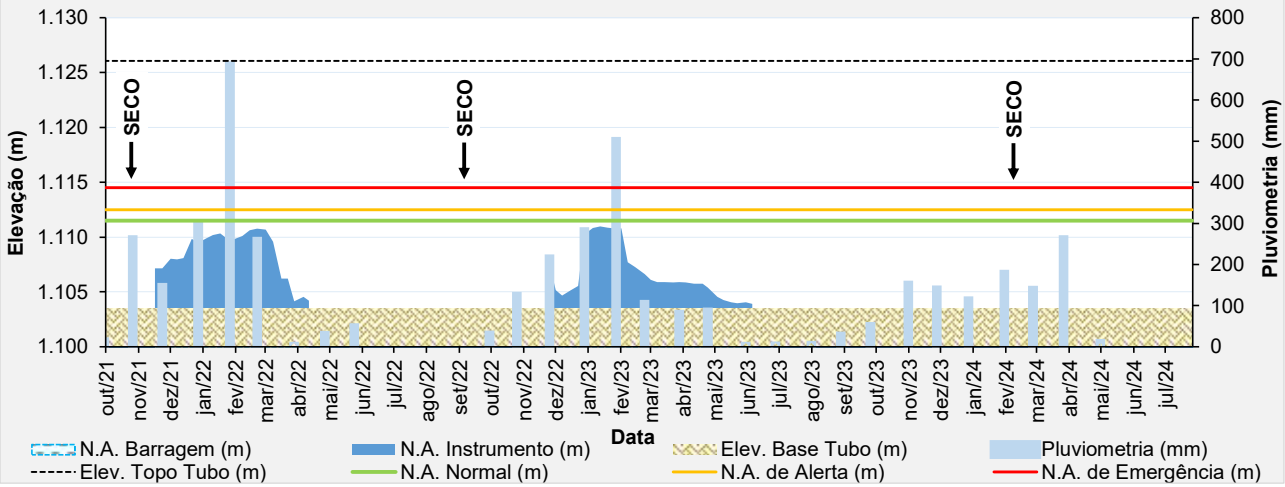


Figura 6.25 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05B.

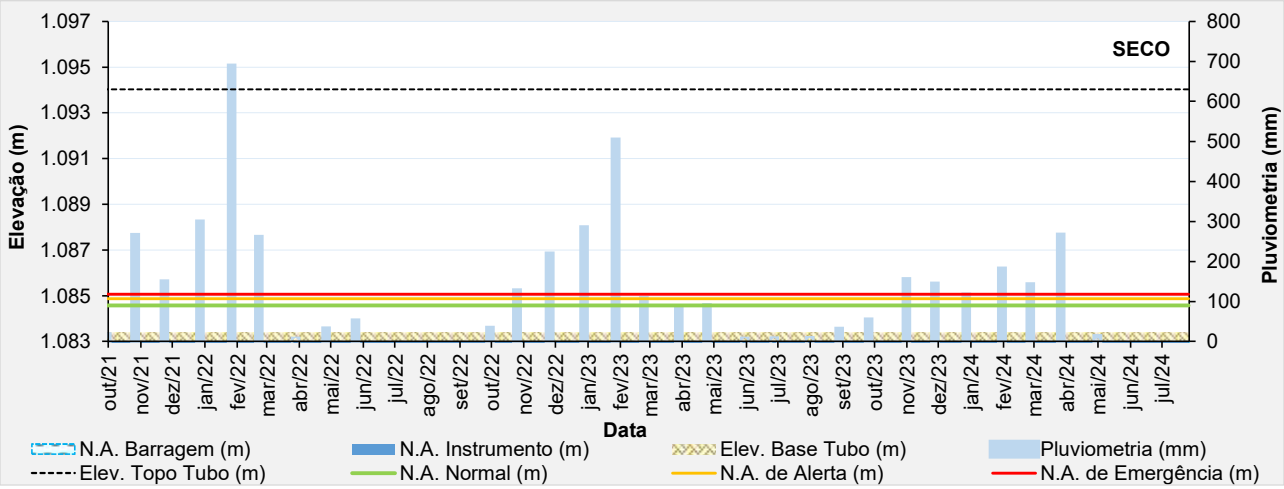


Figura 6.26 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-06.

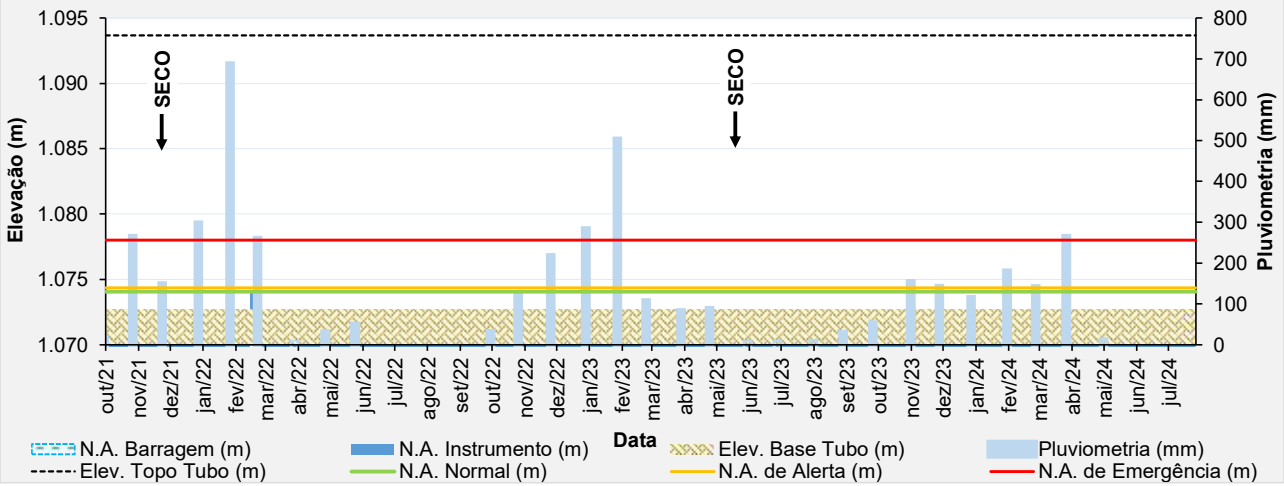


Figura 6.27 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07.

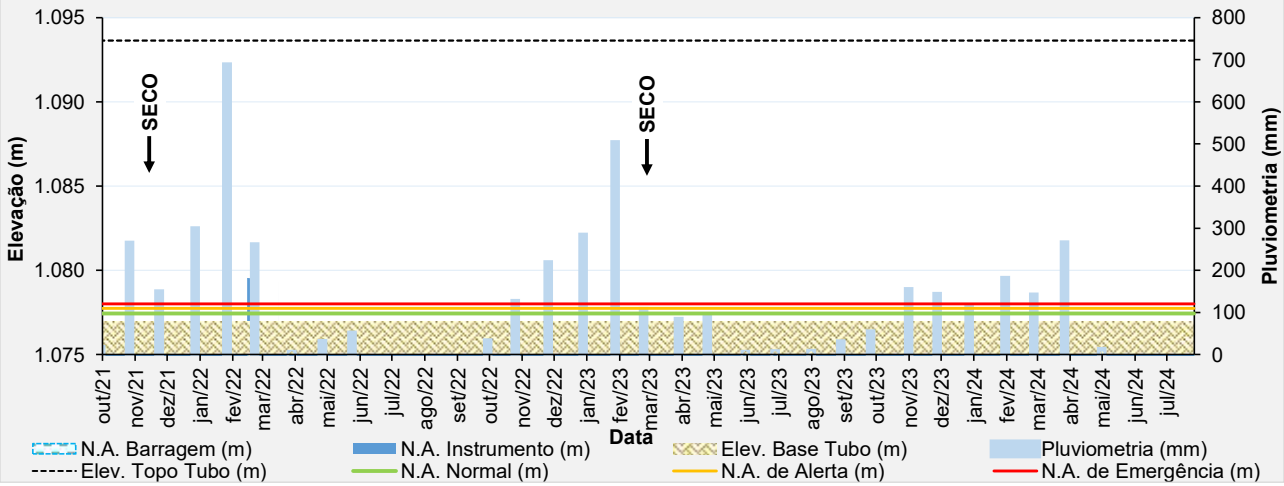


Figura 6.28 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07A.

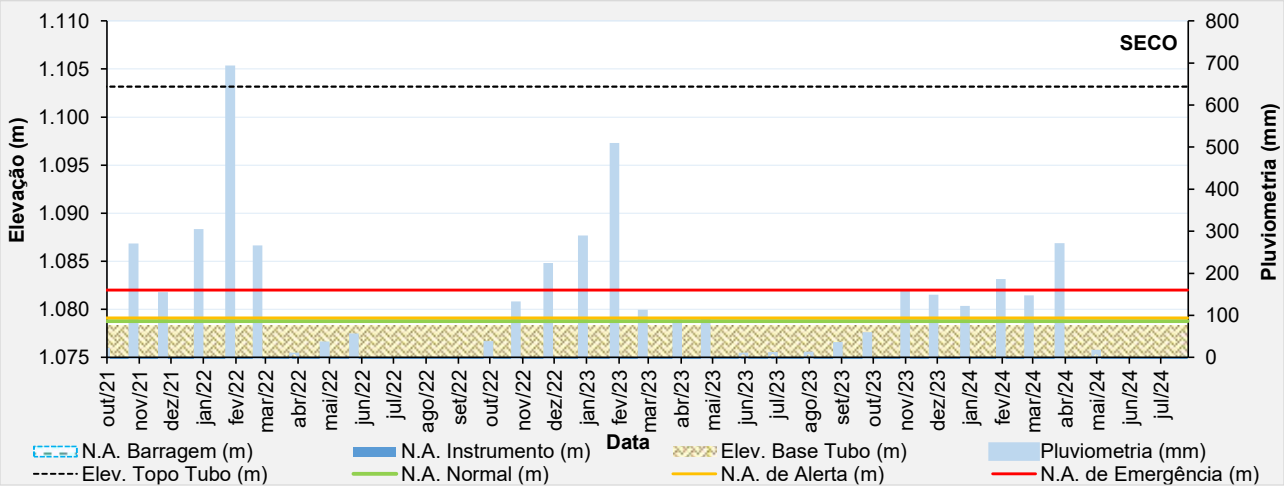


Figura 6.29 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10.

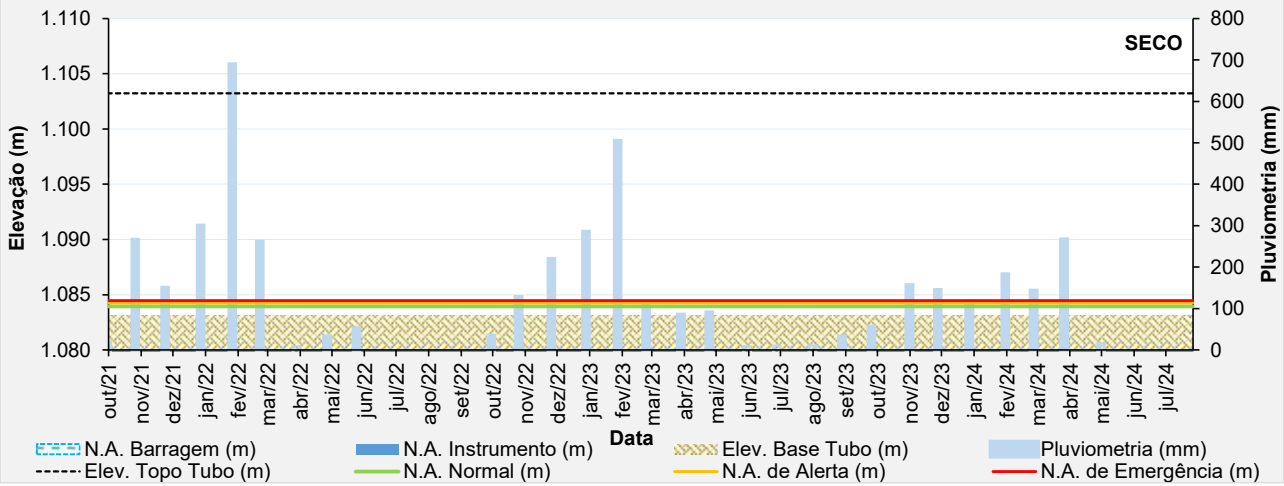


Figura 6.30 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10A.

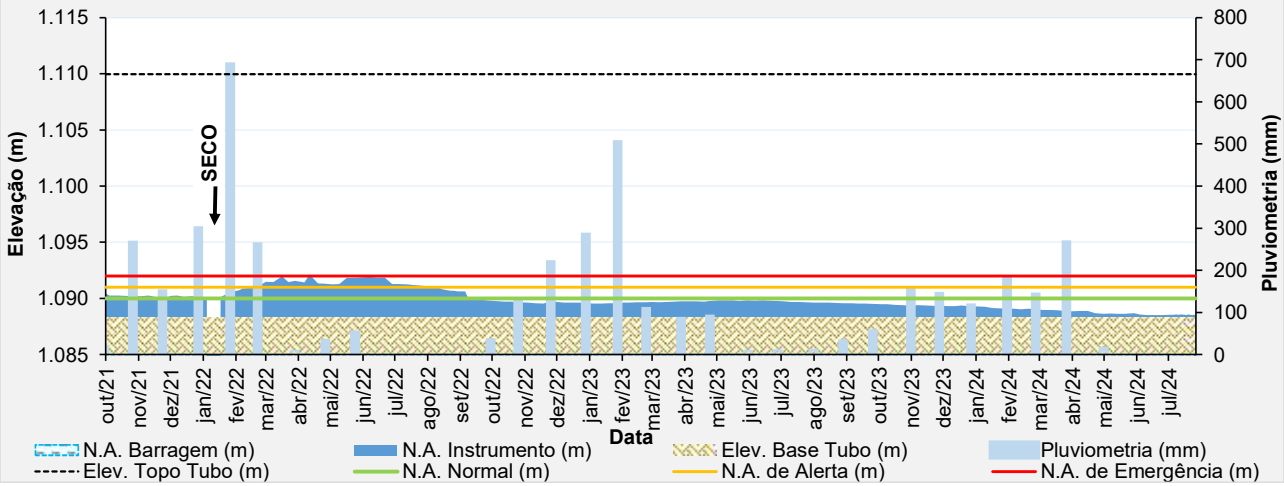


Figura 6.31 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-12.

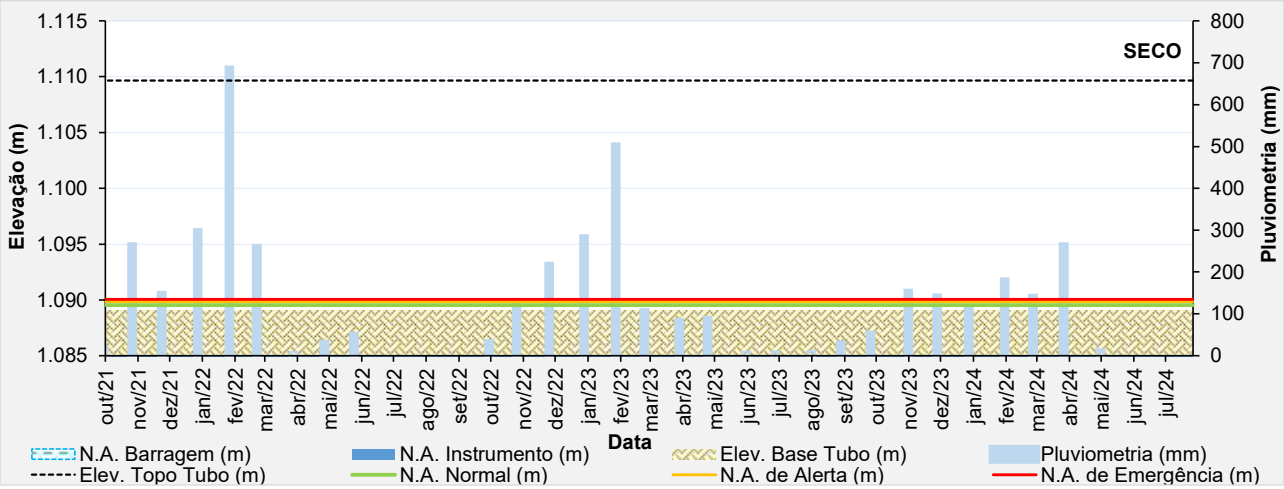


Figura 6.32 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-13.

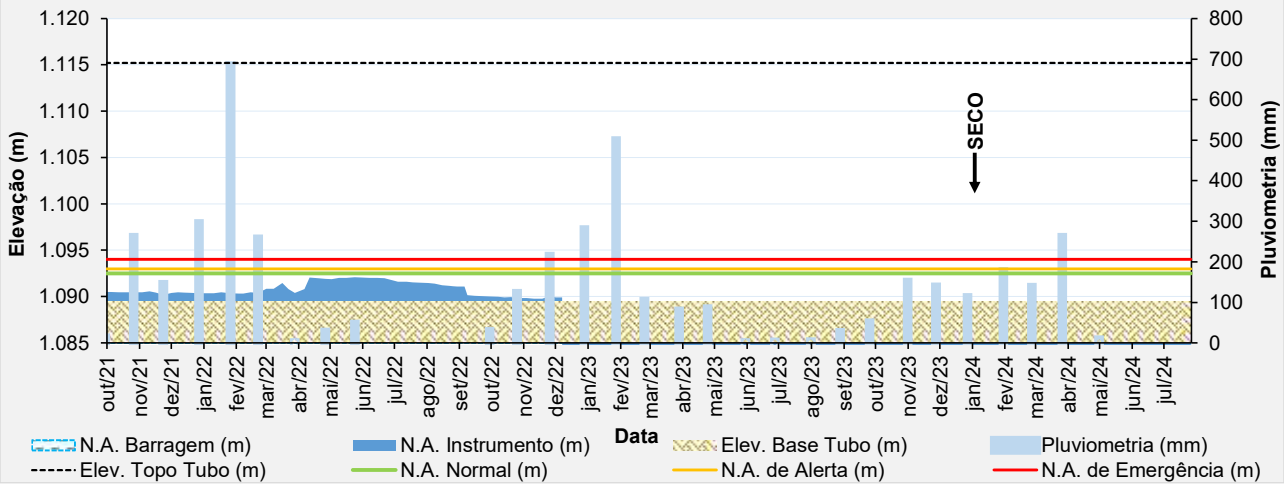


Figura 6.33 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-15.

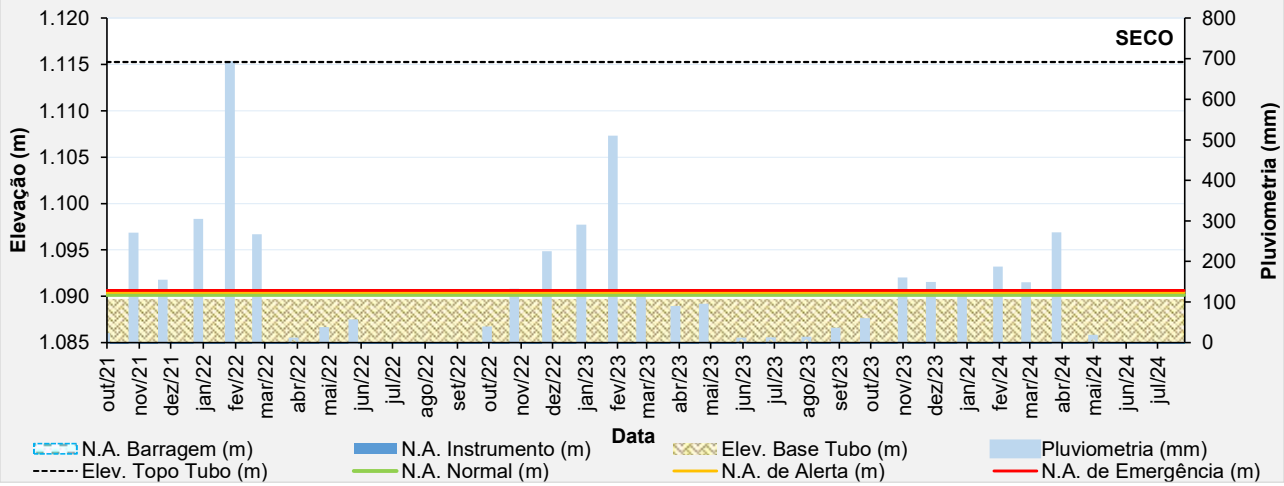


Figura 6.34 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-16.

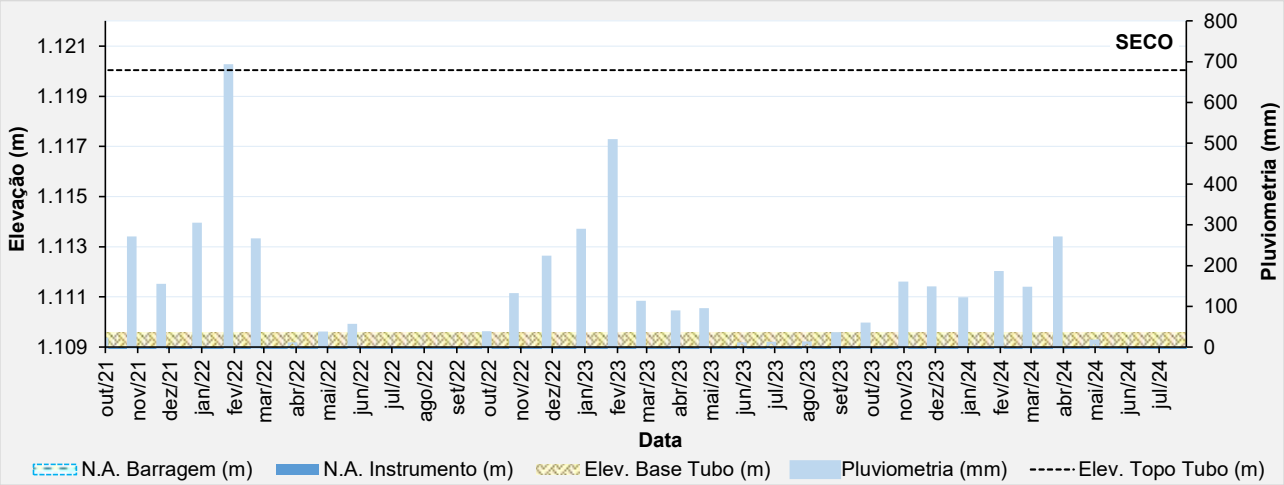


Figura 6.35 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-18.

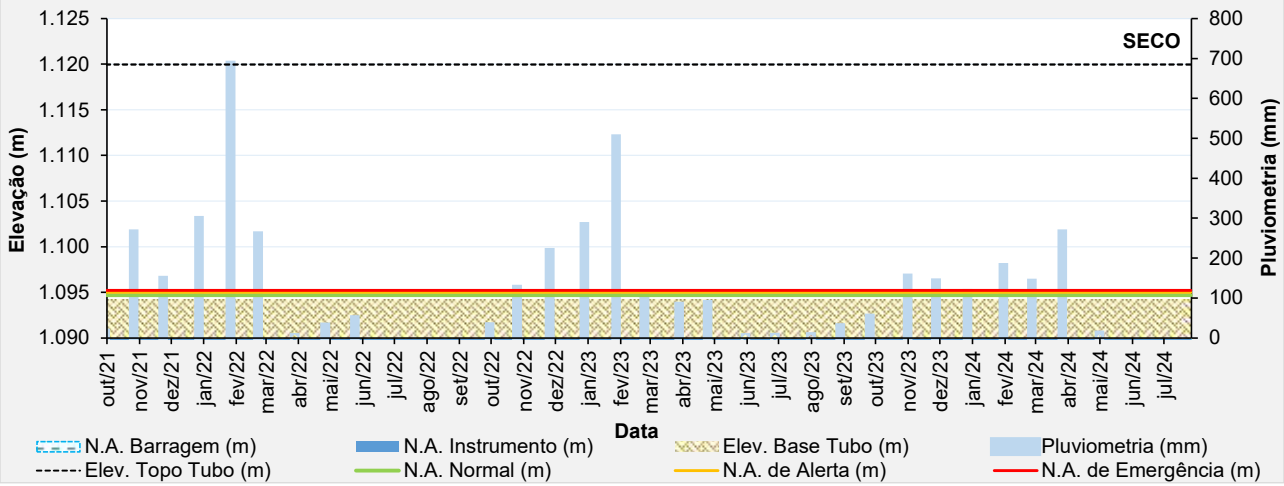


Figura 6.36 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-19.

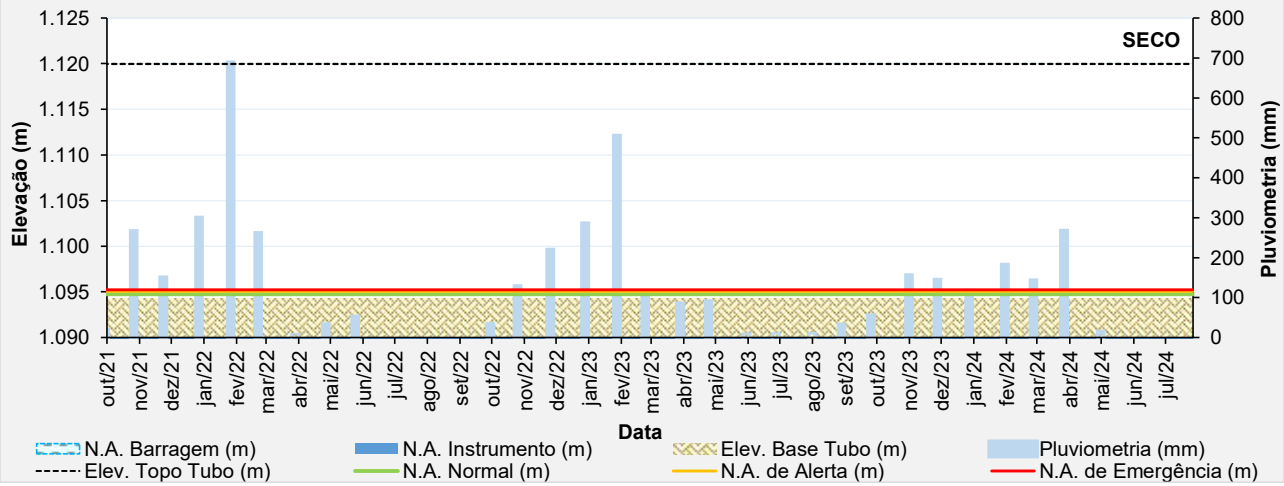


Figura 6.37 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-20.

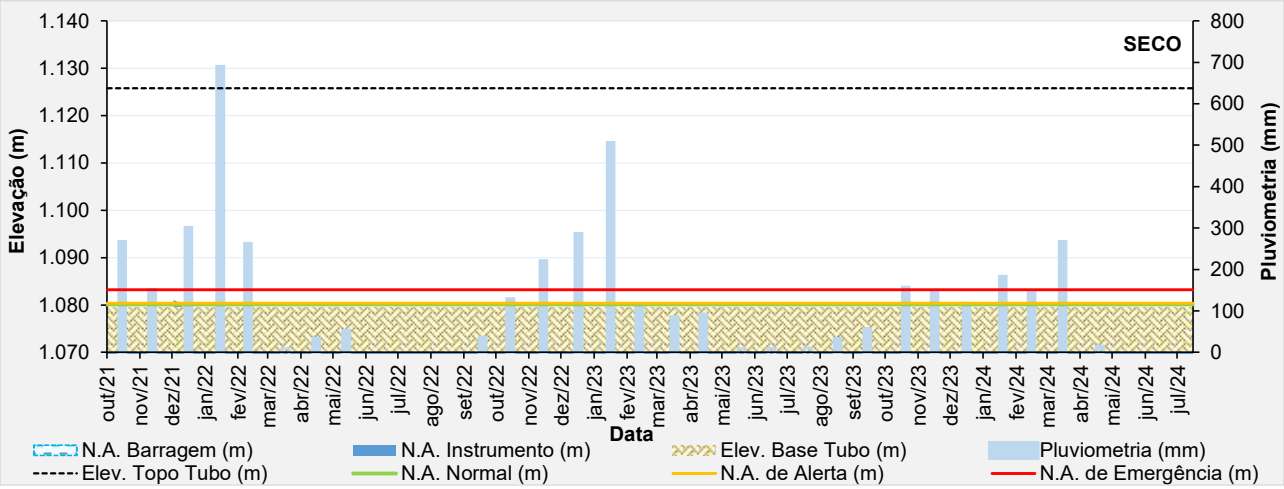


Figura 6.38 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-23.

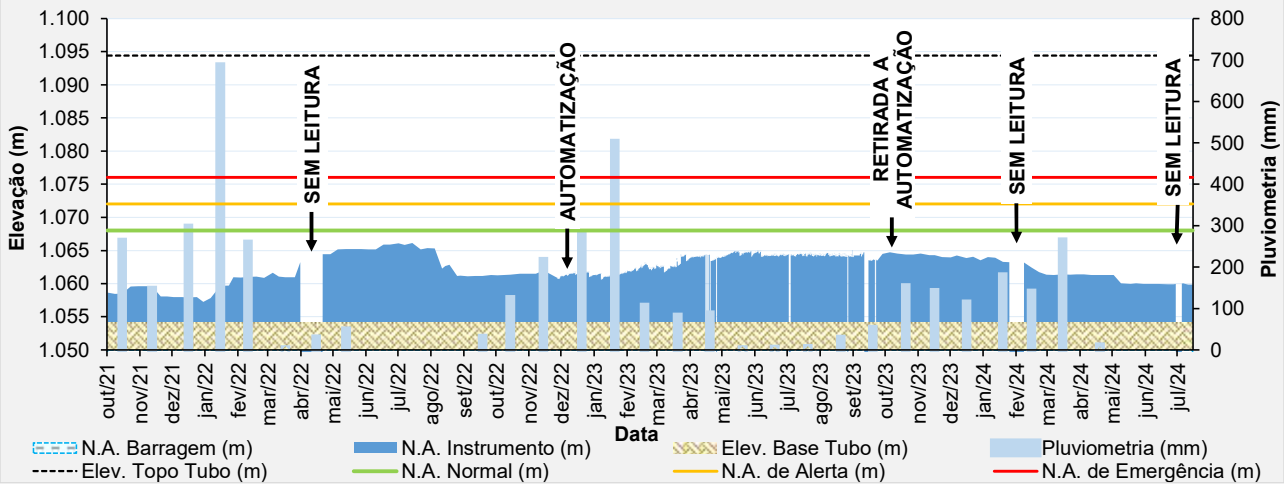


Figura 6.39 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-24.

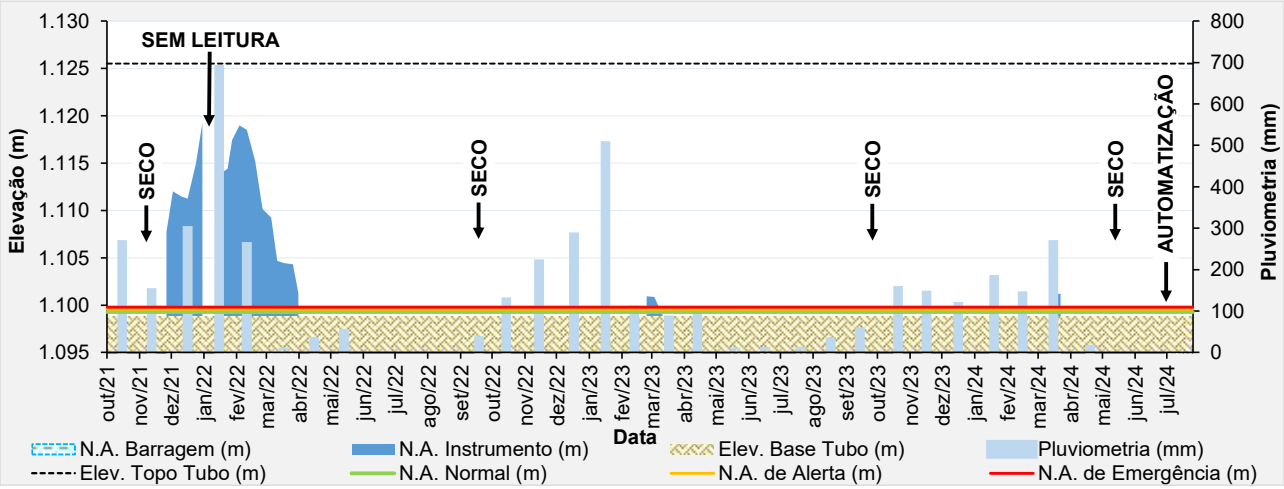


Figura 6.40 – Desempenho do indicador de nível d'água automatizado – INA-25.

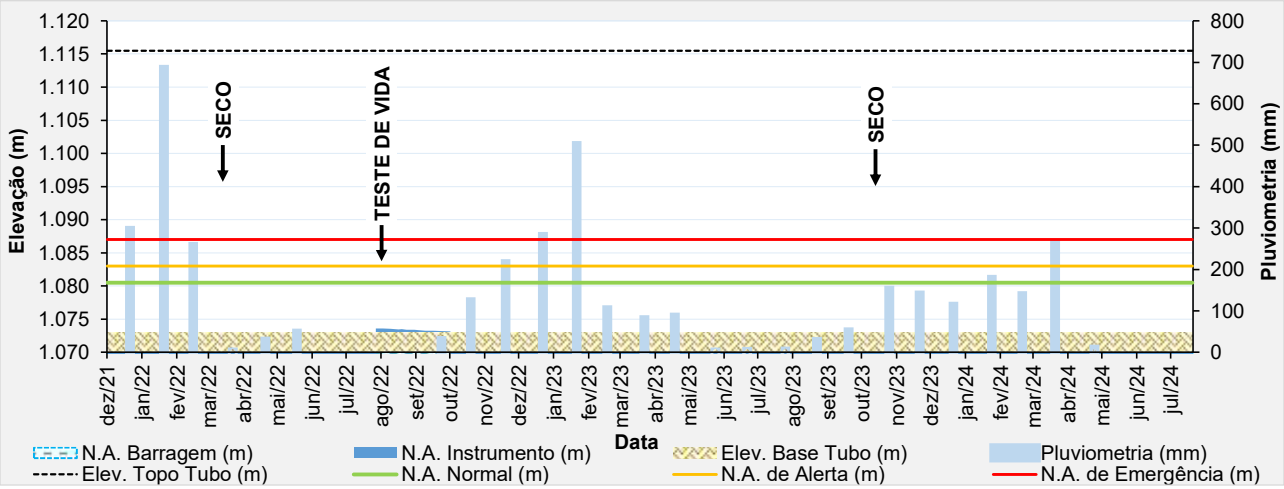


Figura 6.41 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-26.

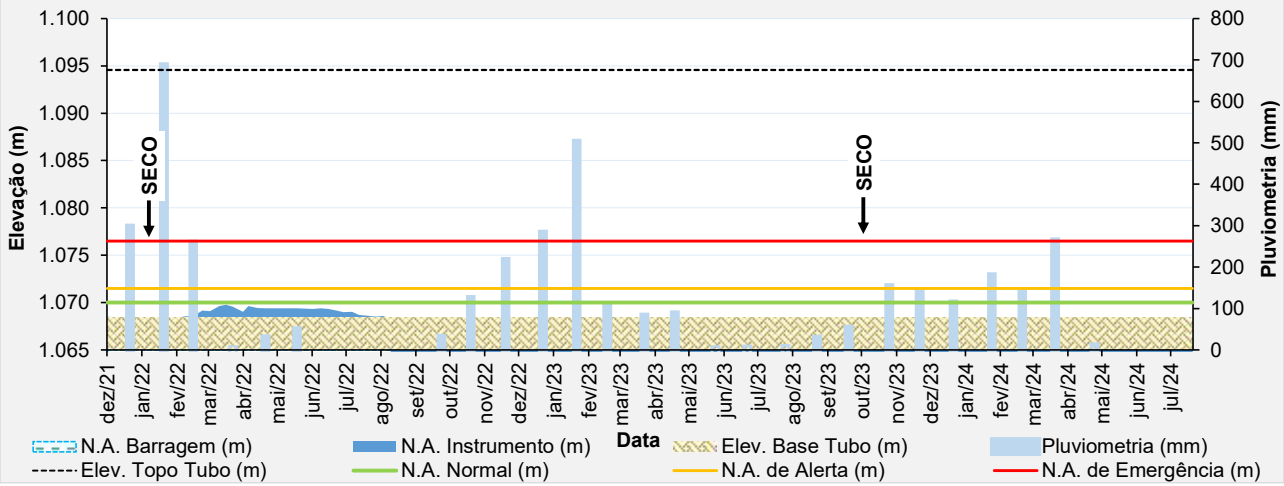


Figura 6.42 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-27.

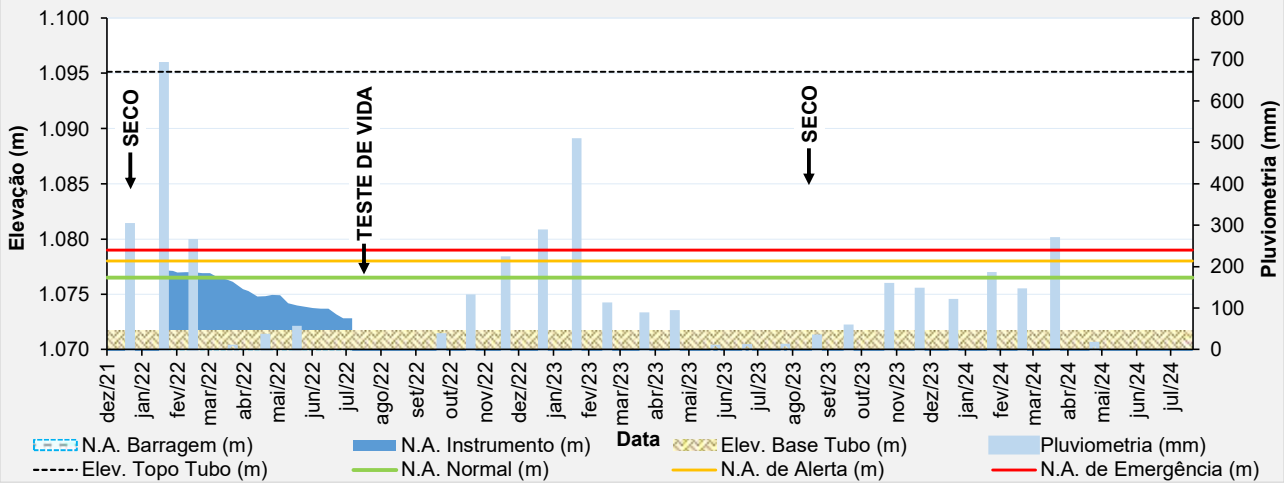


Figura 6.43 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-28.

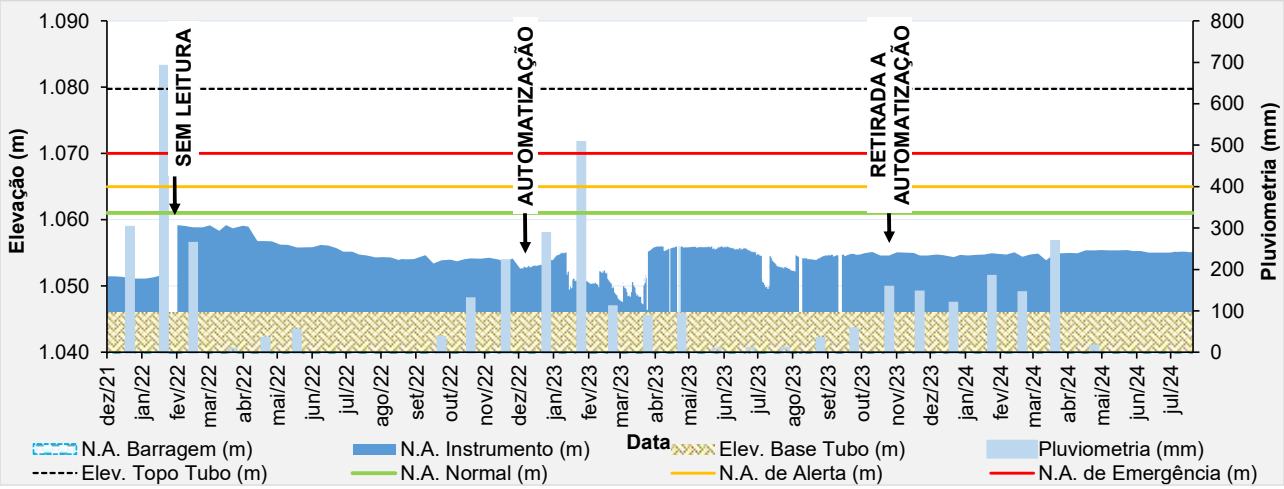


Figura 6.44 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-29.

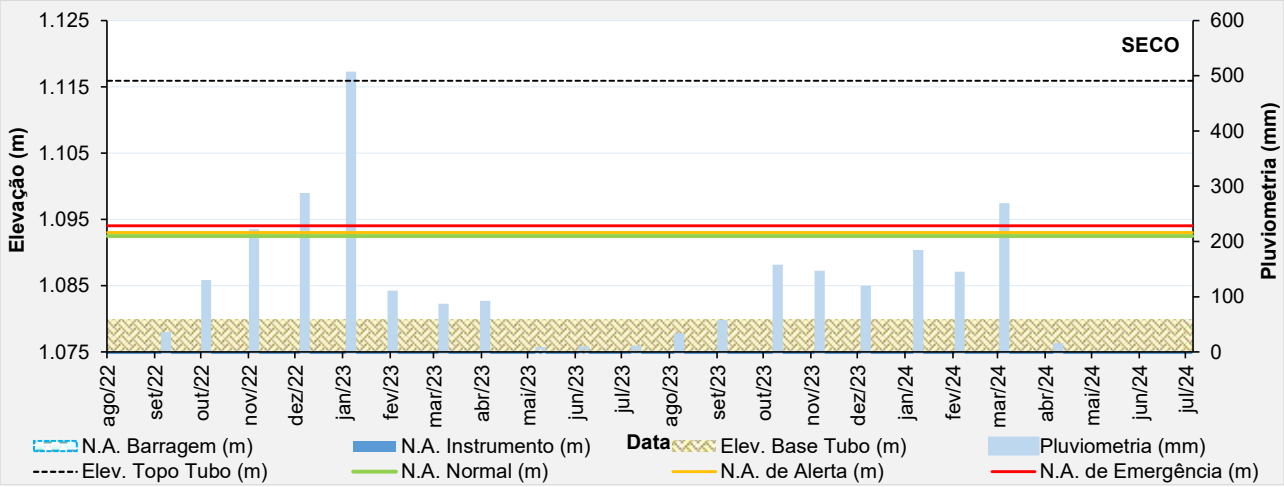


Figura 6.45 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-30.

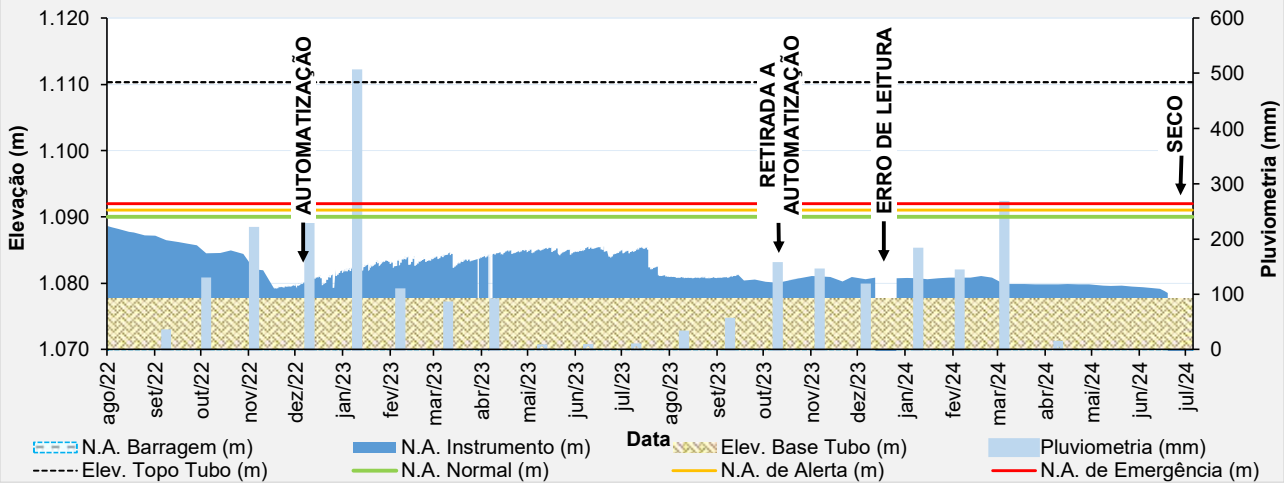


Figura 6.46 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-31.

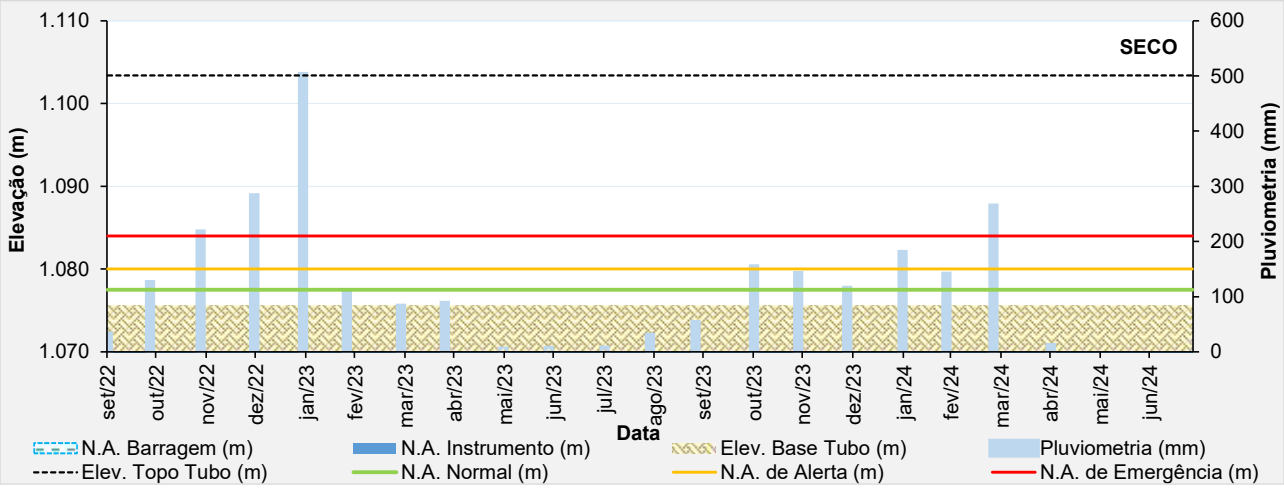


Figura 6.47 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-32.

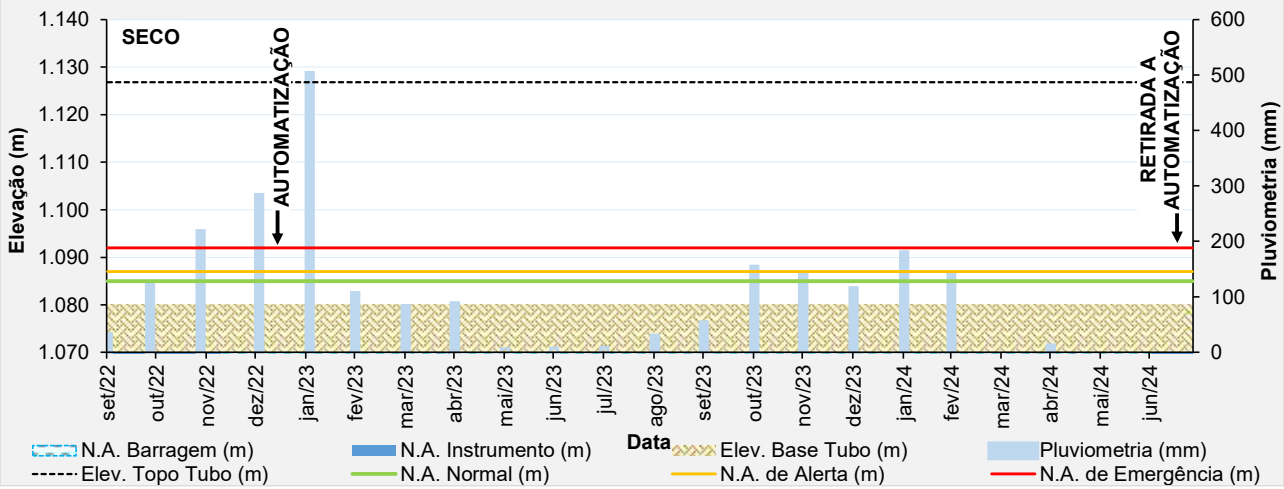


Figura 6.48 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-33.

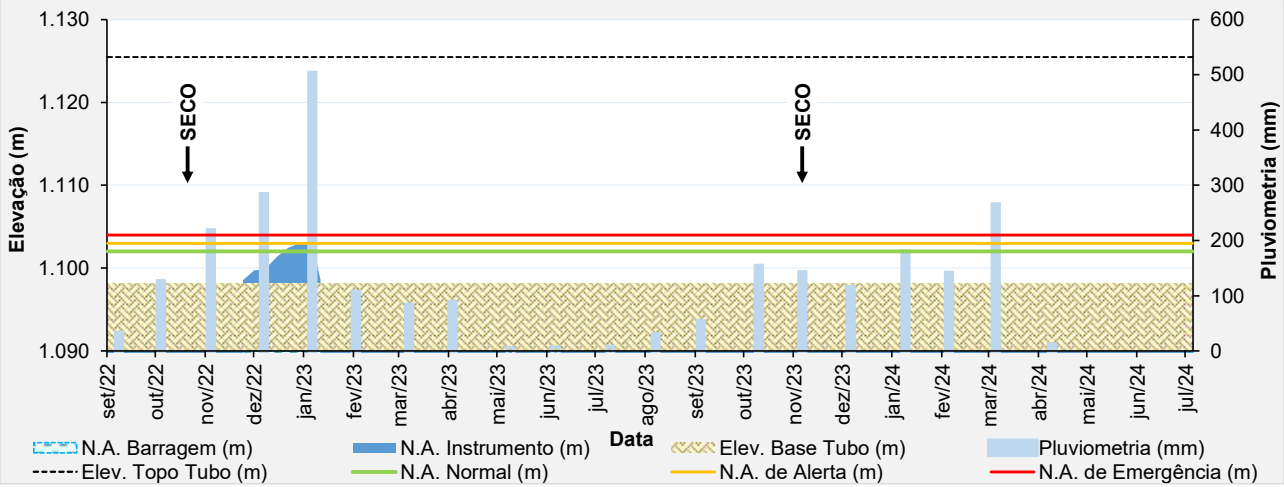


Figura 6.49 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-34.

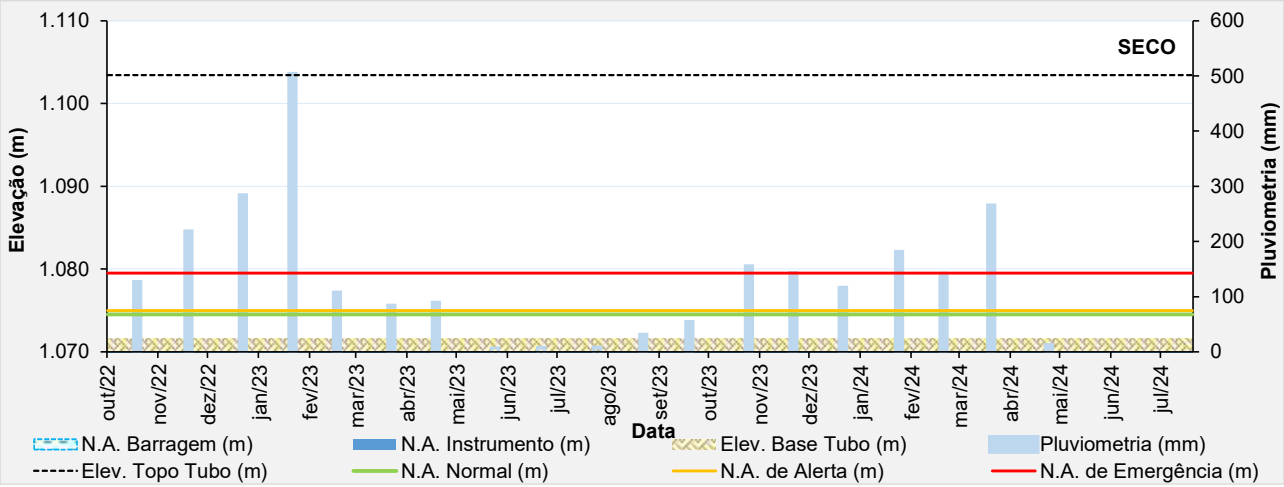


Figura 6.50 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-35.

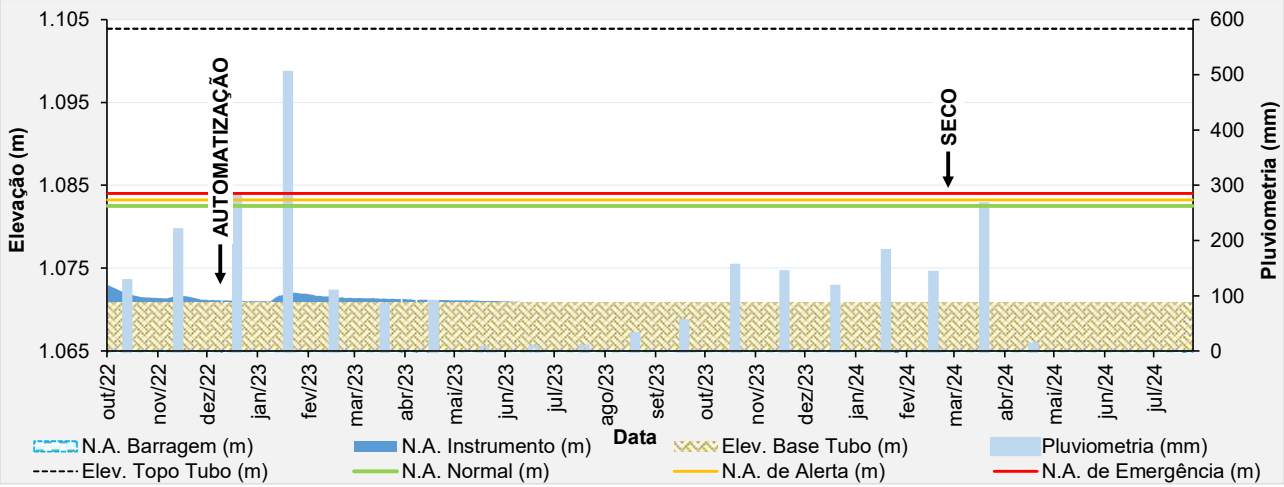


Figura 6.51 – Desempenho do indicador de nível d'água autmoatizado – INA-36.

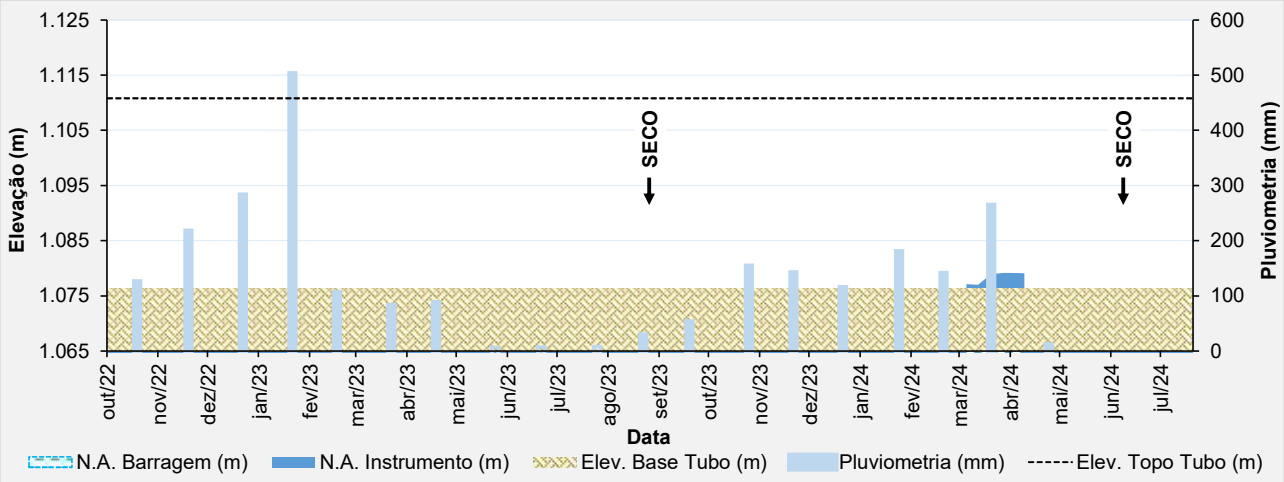


Figura 6.52 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-37.

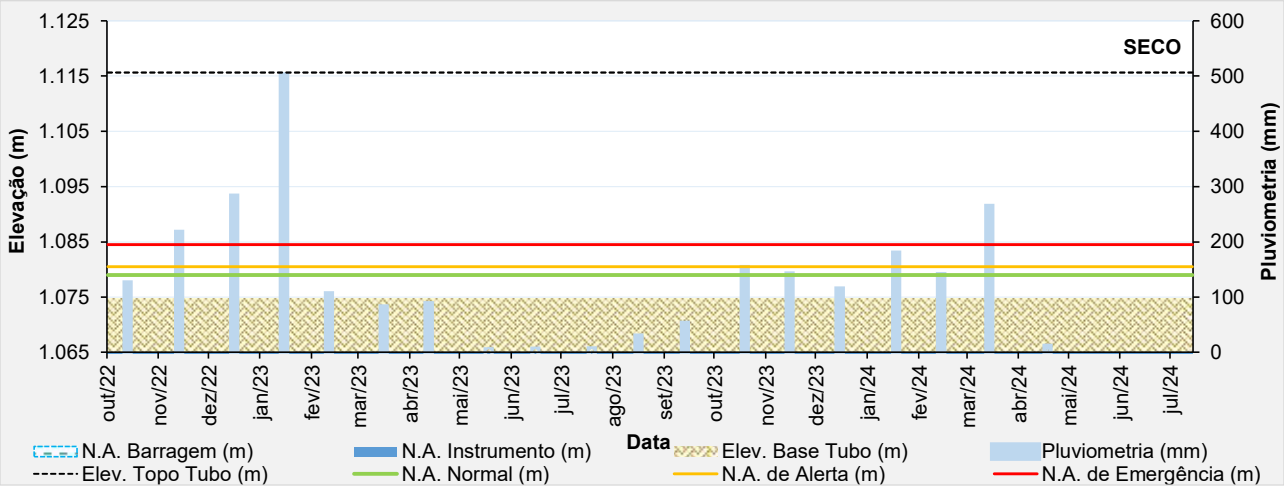


Figura 6.53 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-38.

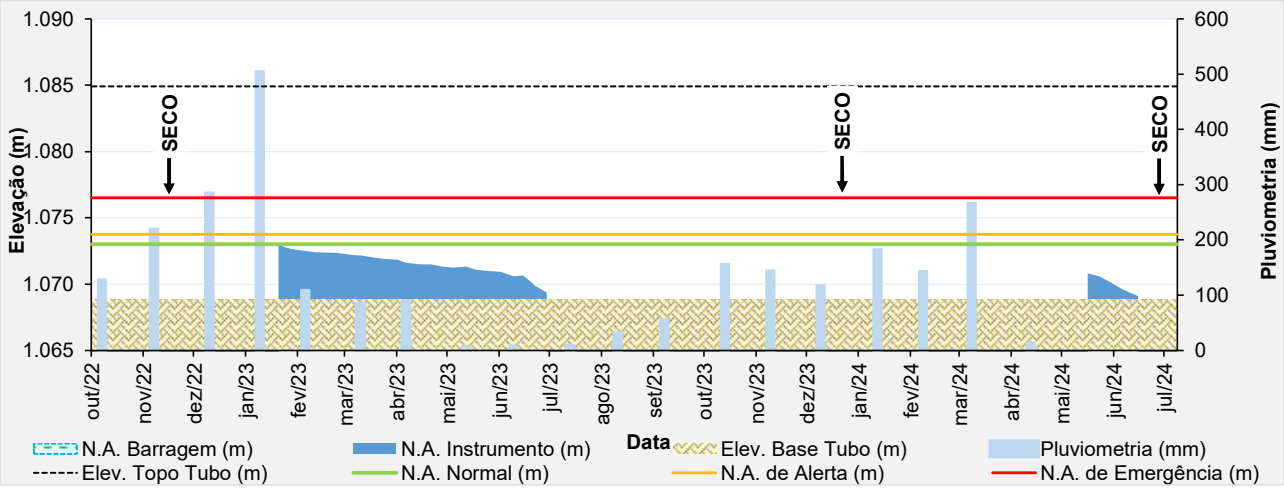


Figura 6.54 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-39.

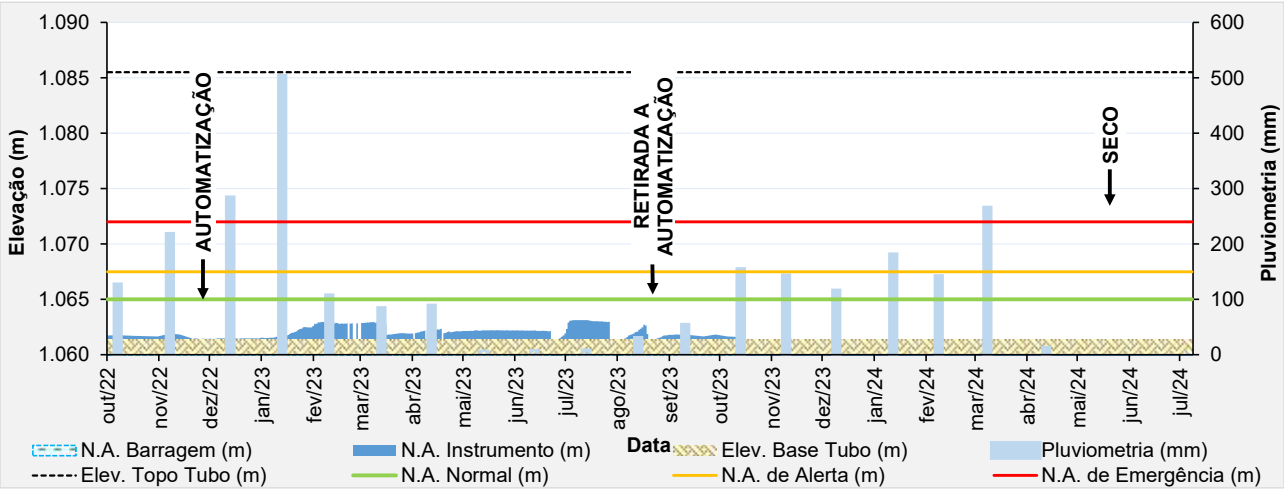


Figura 6.55 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-40.

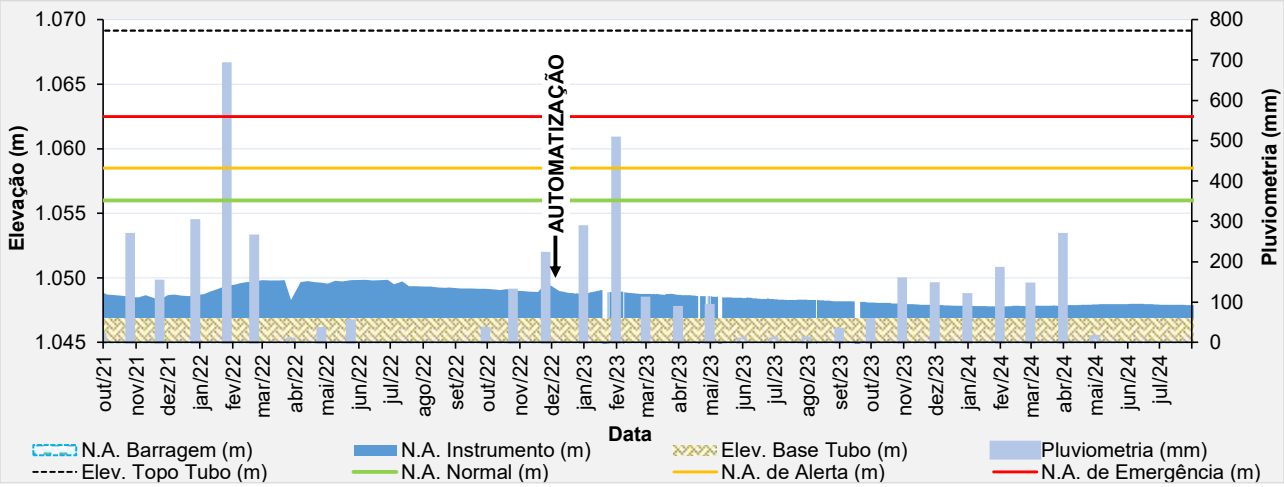


Figura 6.56 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-01.

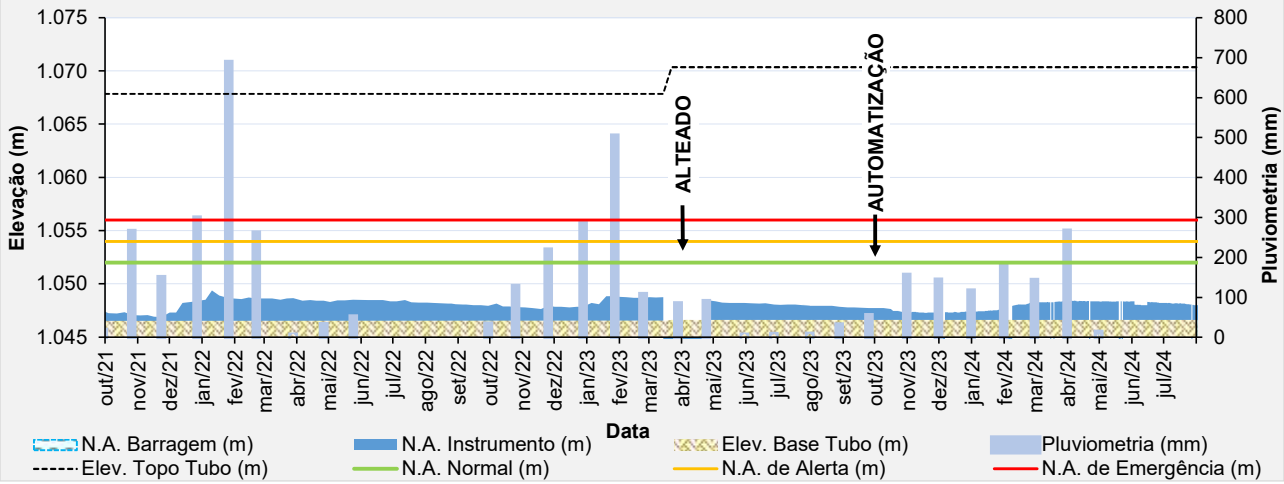


Figura 6.57 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-02.

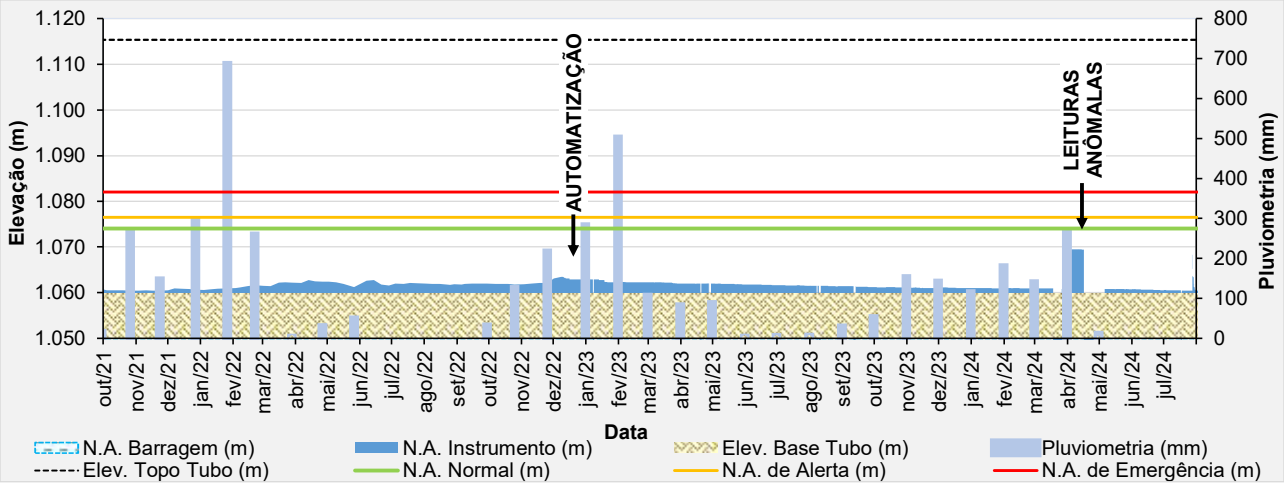


Figura 6.58 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-03.

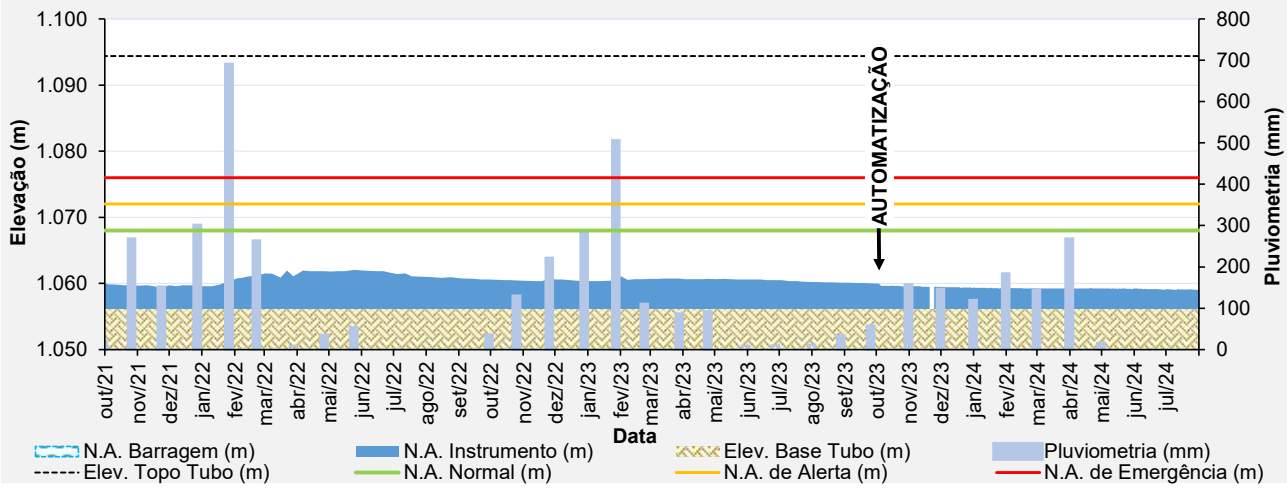


Figura 6.59 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-04.

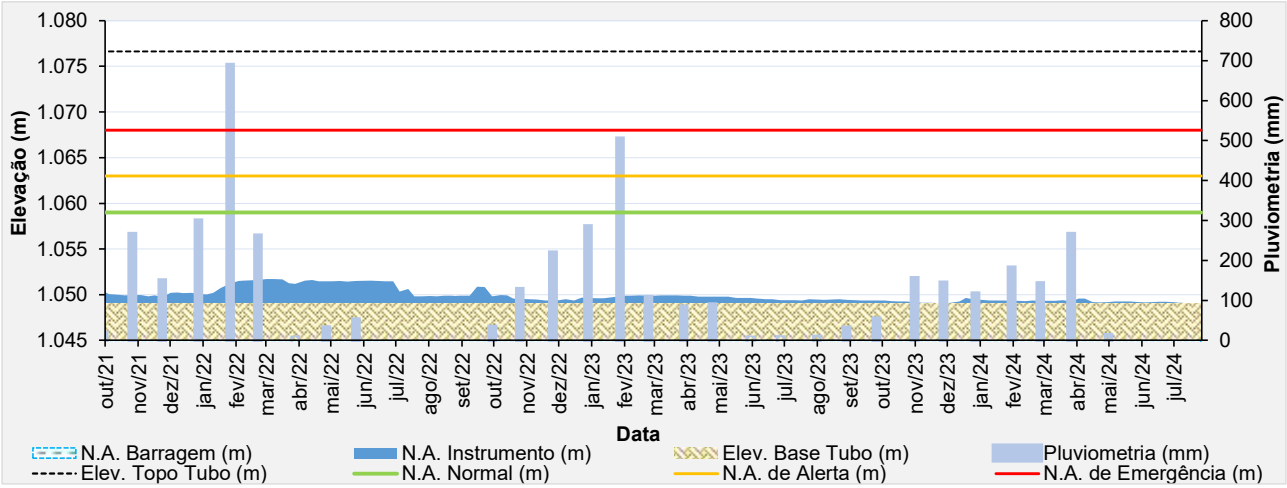


Figura 6.60 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-05.

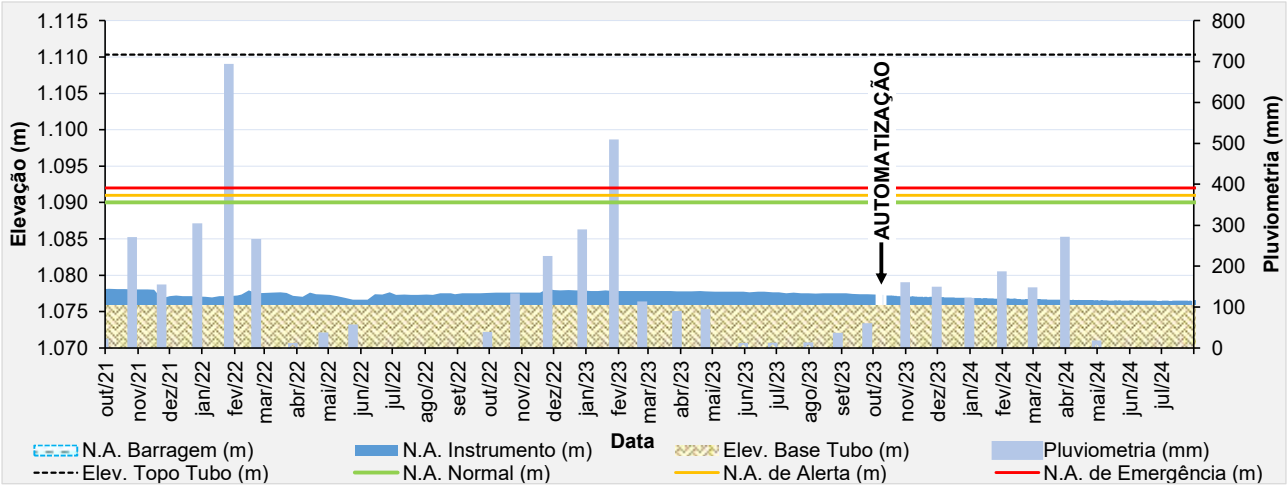


Figura 6.61 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-06.

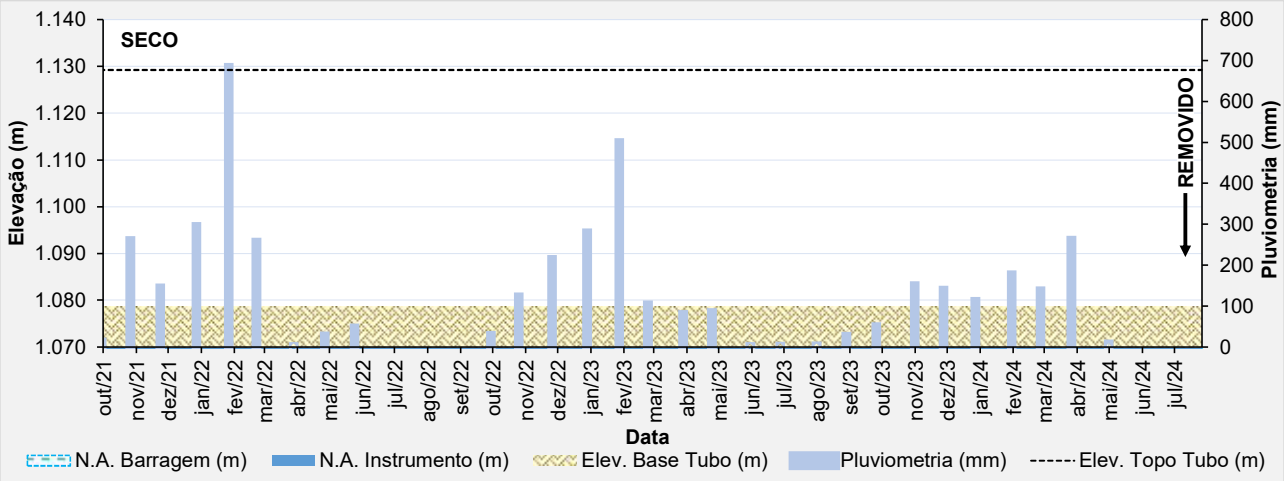


Figura 6.62 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-07 (removido).

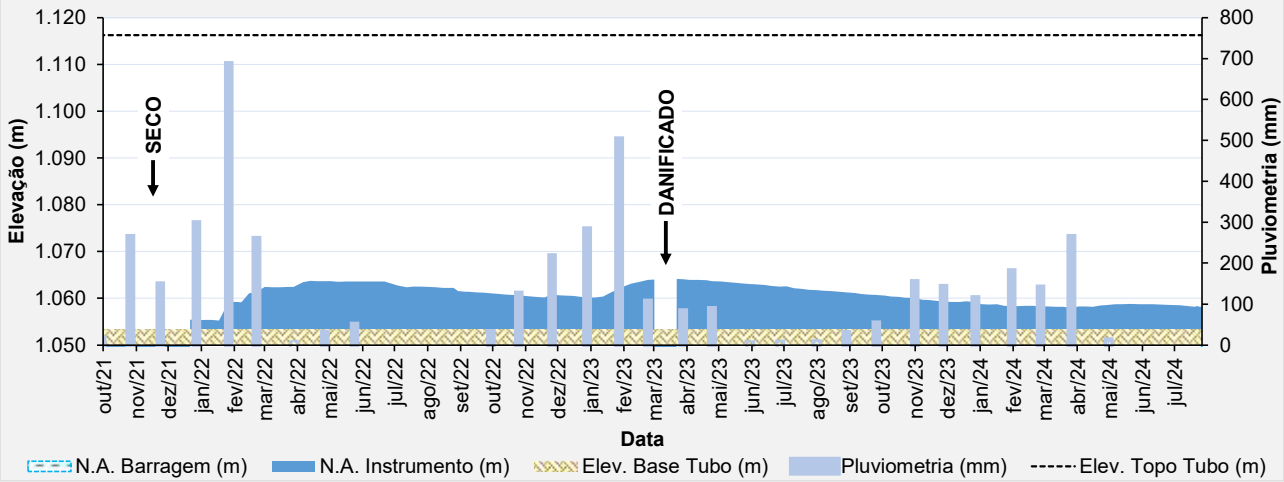


Figura 6.63 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-08.

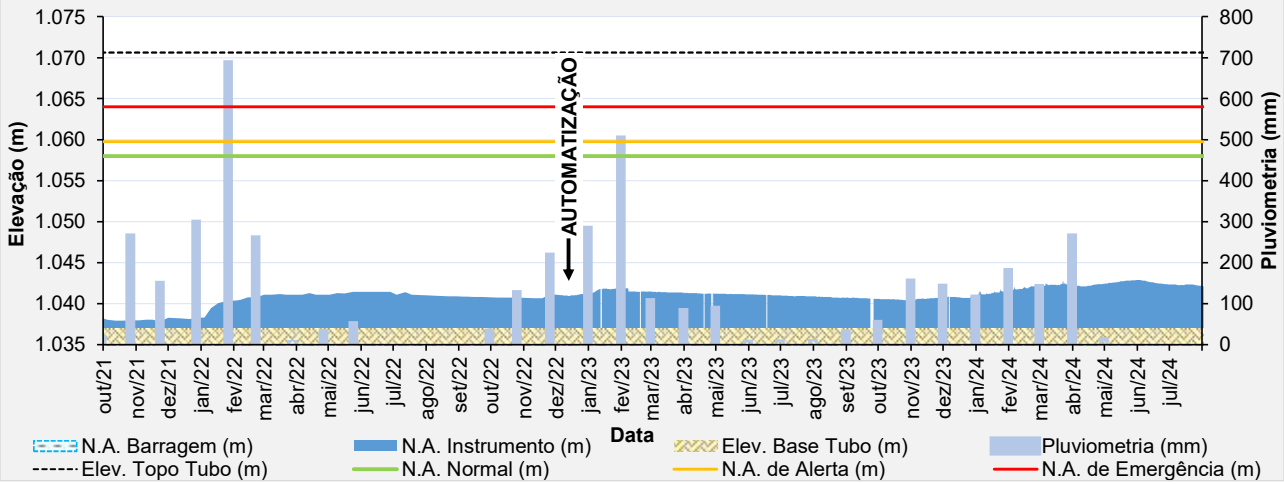


Figura 6.64 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-09.

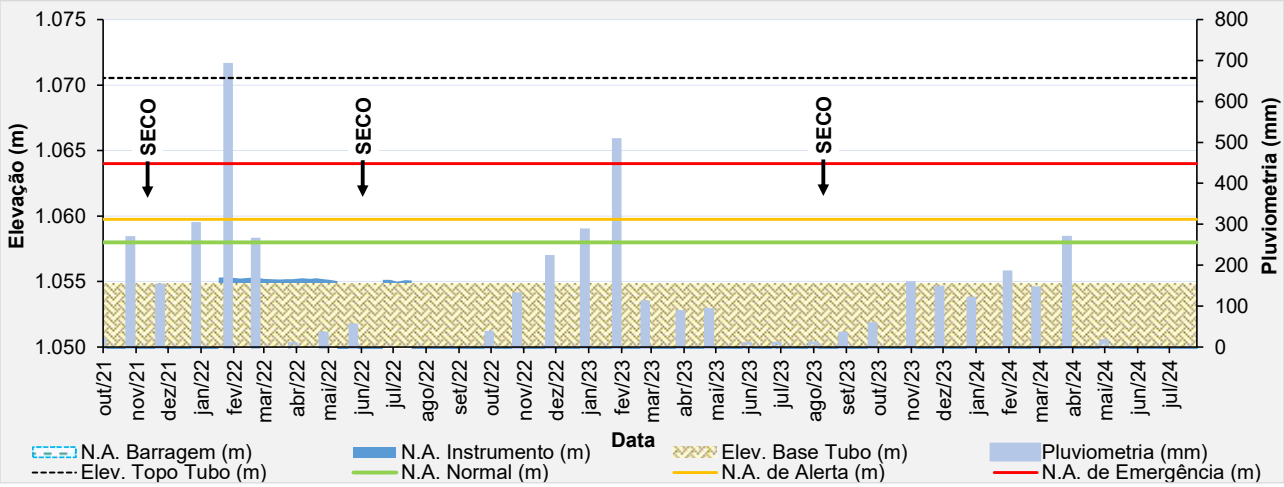


Figura 6.65 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-10.

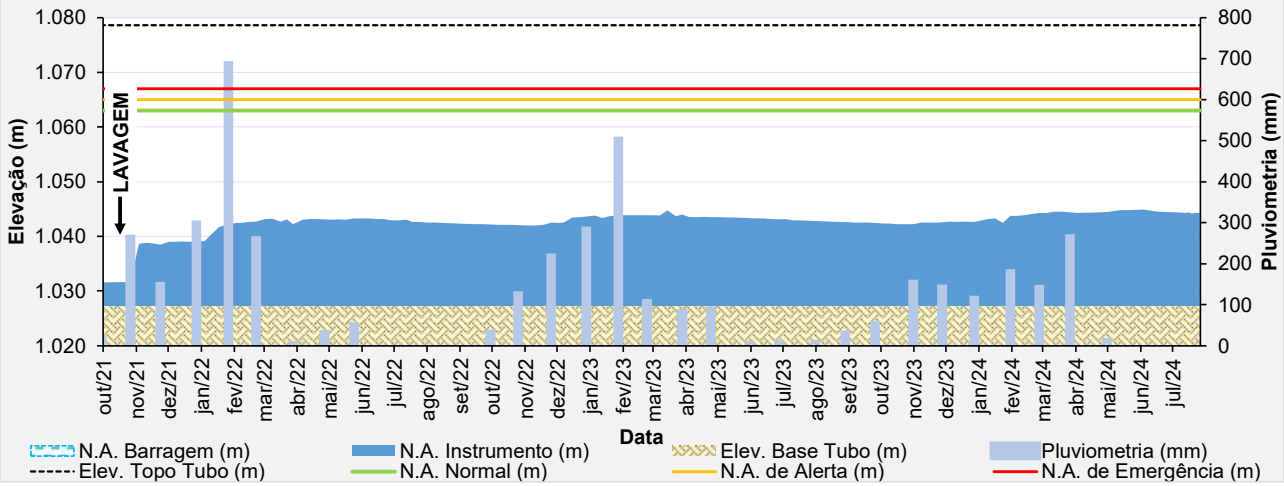


Figura 6.66 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-11.

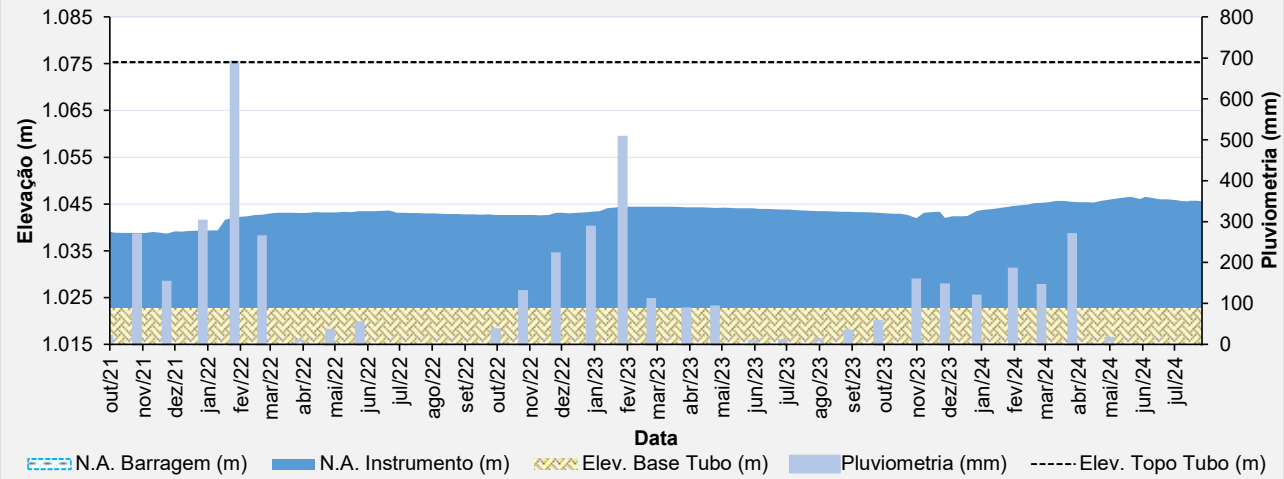


Figura 6.67 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-12.

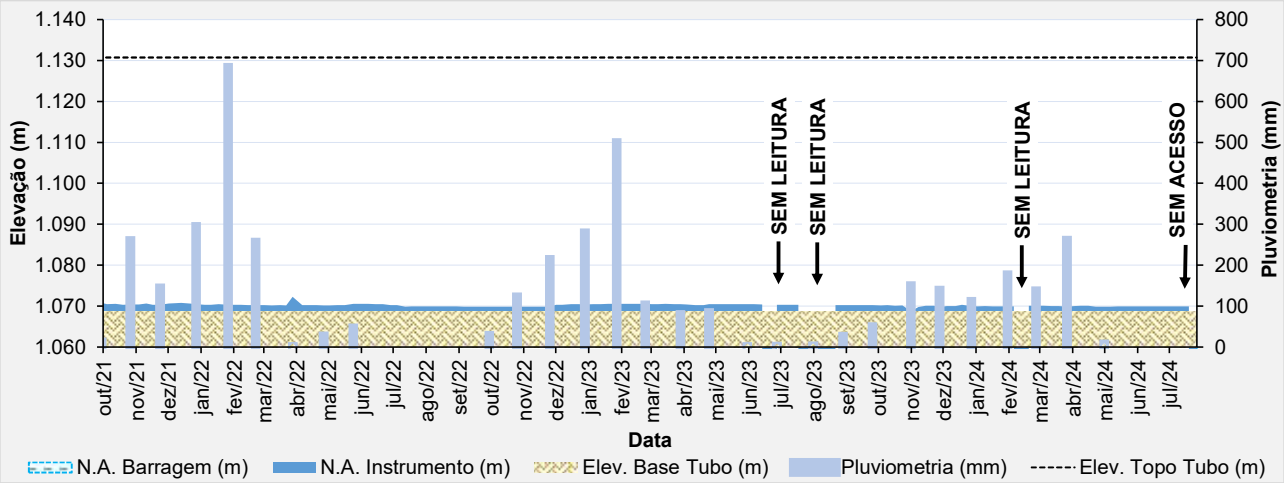


Figura 6.68 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-13 (sem acesso).

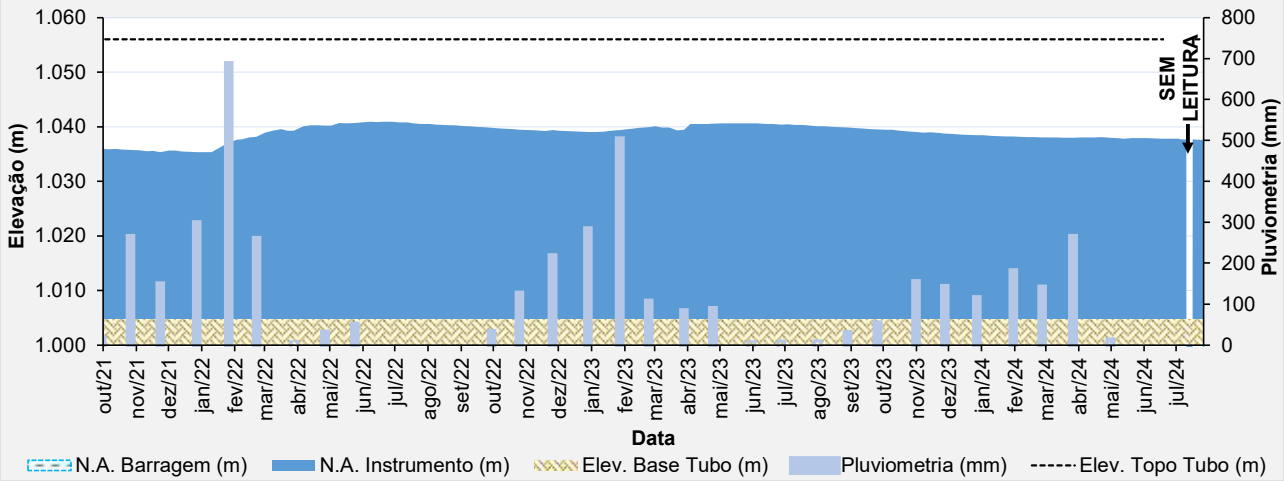


Figura 6.69 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-14.

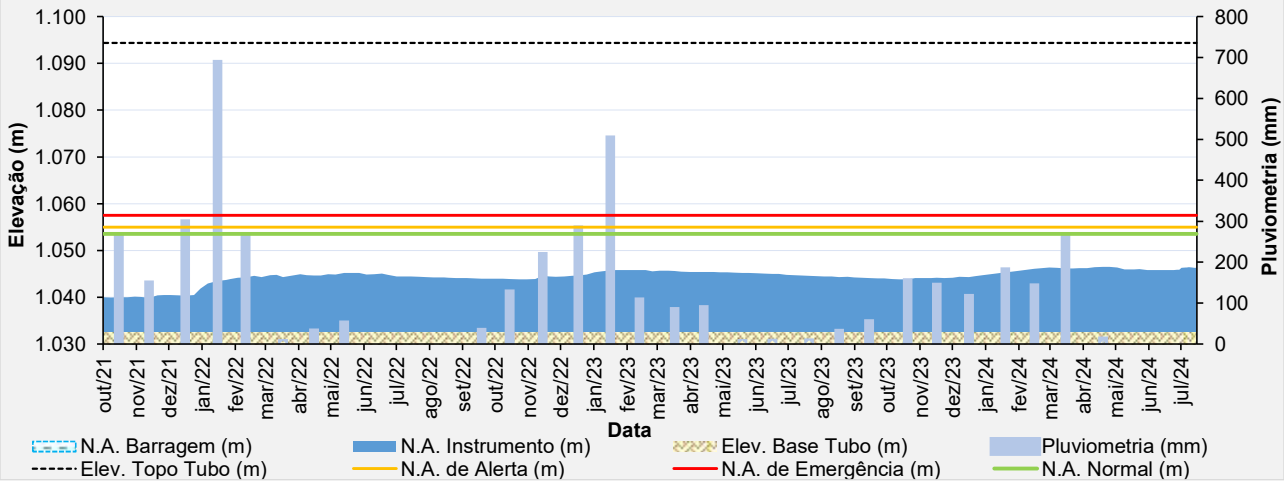


Figura 6.70 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-15.

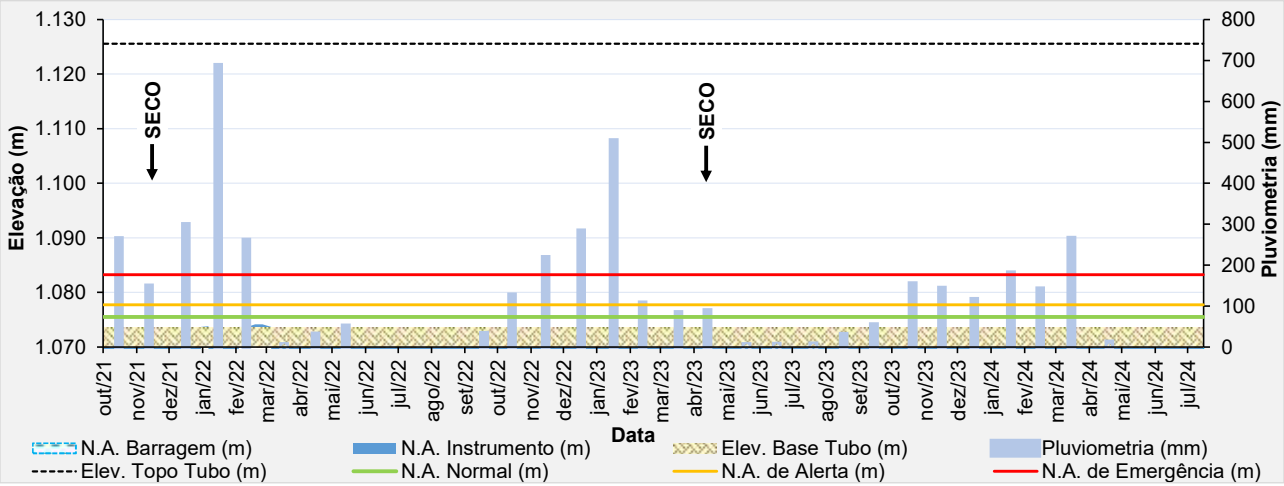


Figura 6.71 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-16.

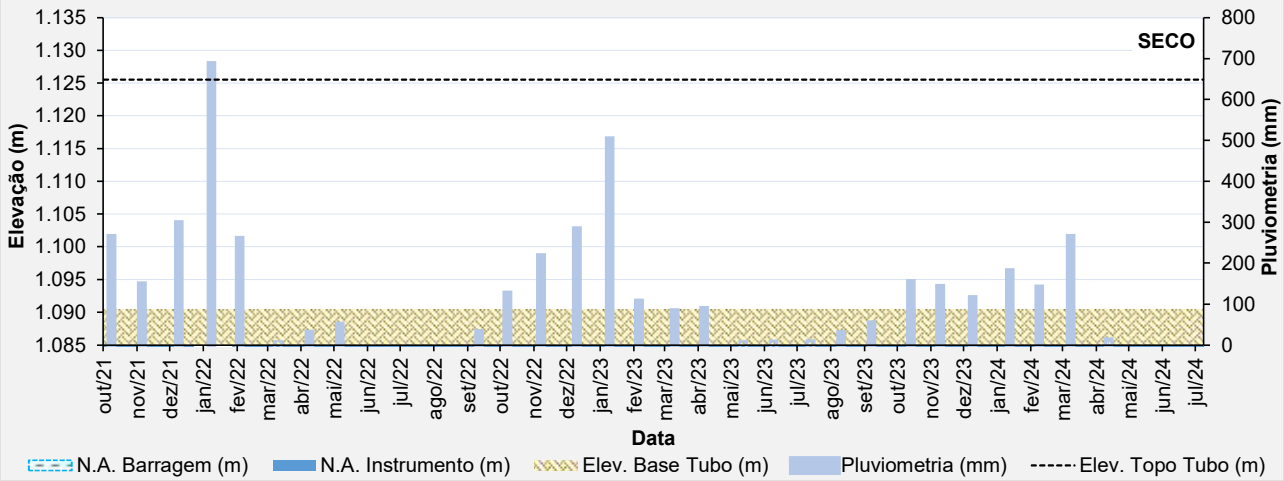


Figura 6.72 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-17.

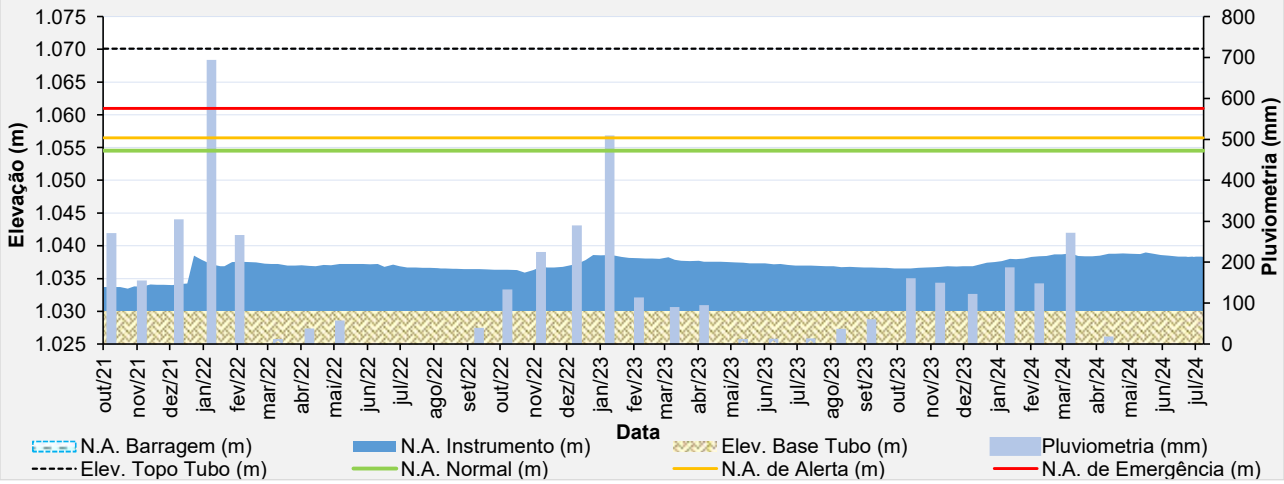


Figura 6.73 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-18.

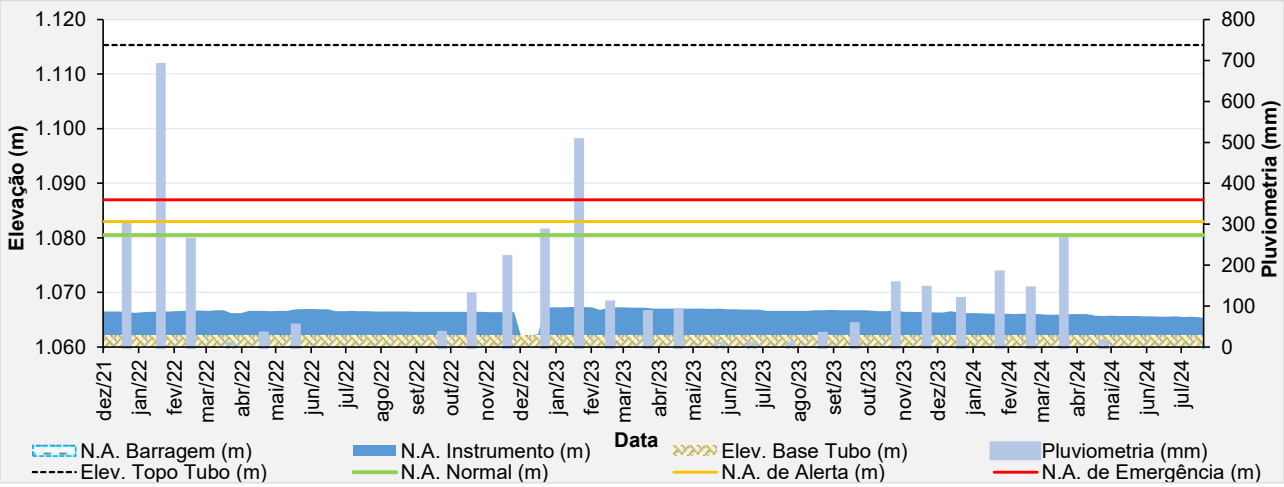


Figura 6.74 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-19.

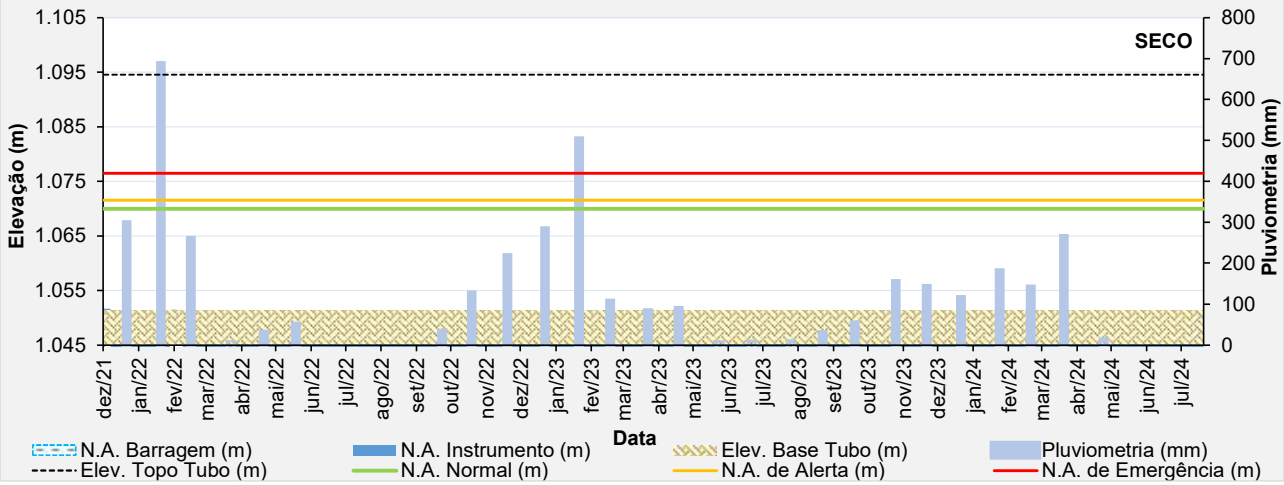


Figura 6.75 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-20.

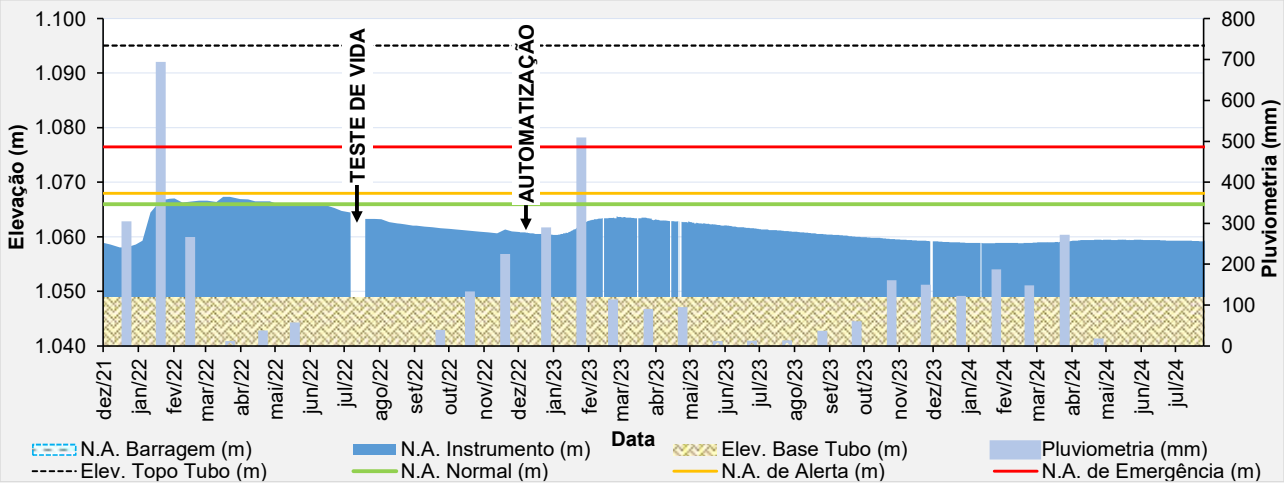


Figura 6.76 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-21.

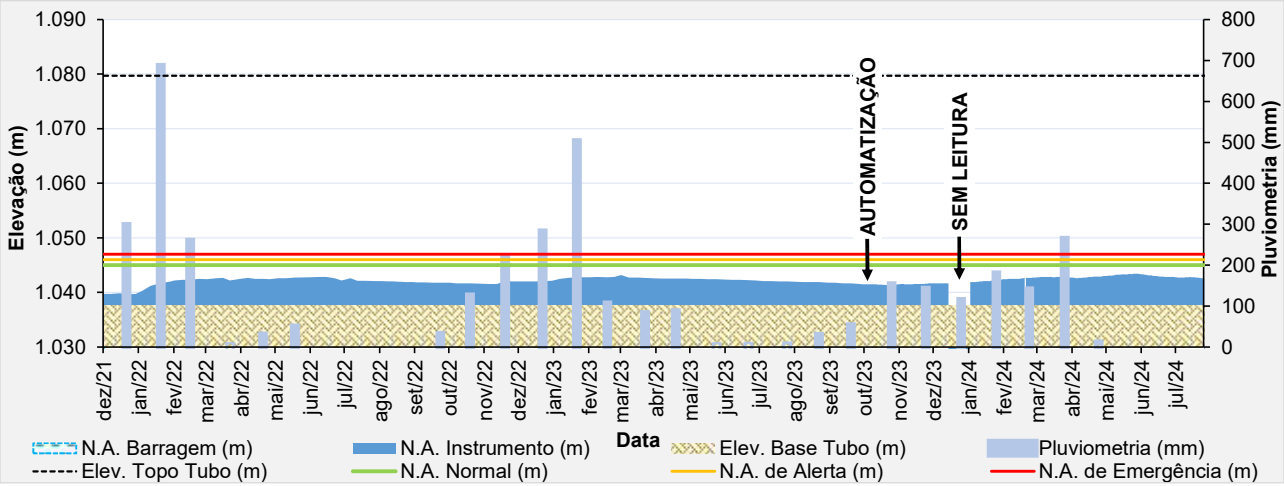


Figura 6.77 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-22.

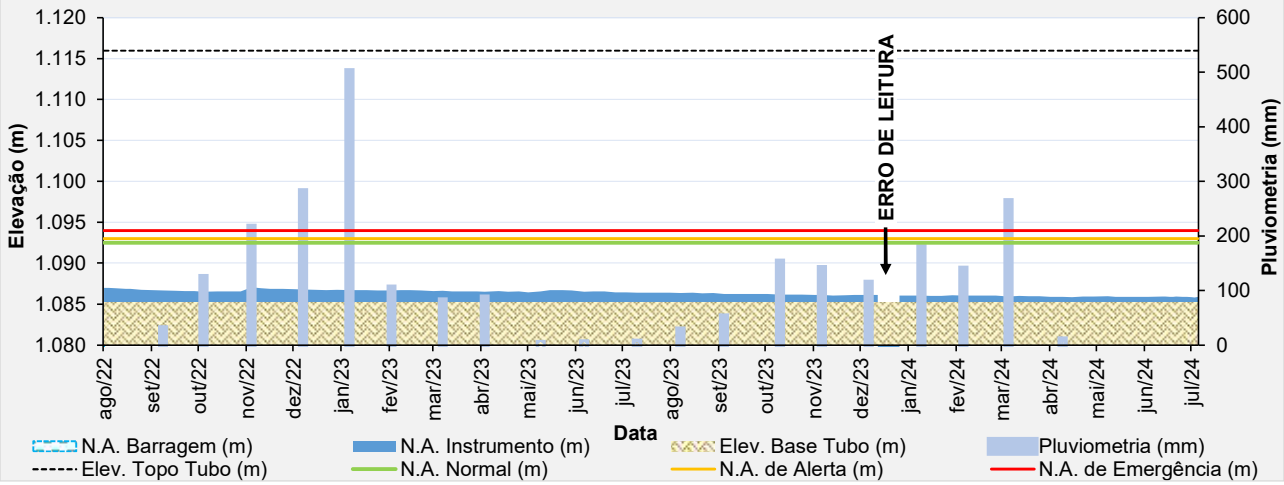


Figura 6.78 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-23.

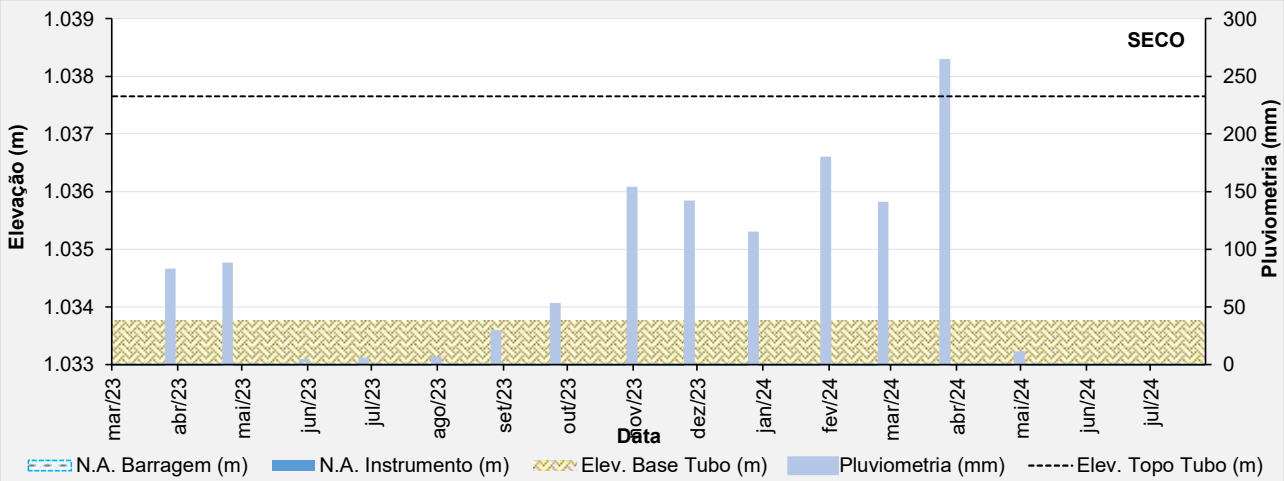


Figura 6.79 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-24.

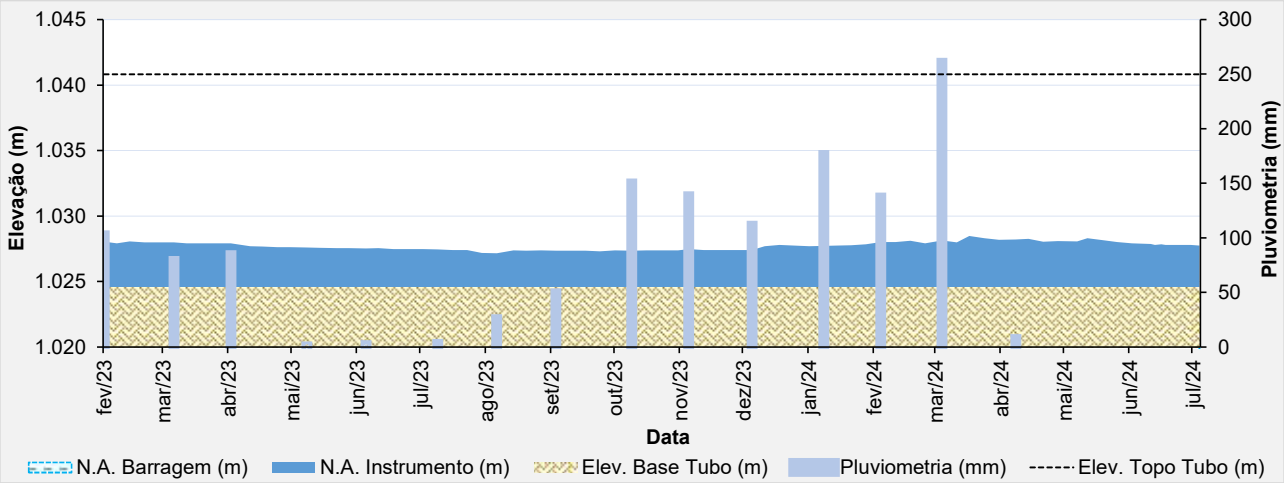


Figura 6.80 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-25.

- **Placa Indicadora de Vazão**

O monitoramento de vazão percolada da barragem era realizado por 2 (dois) indicadores de vazão da drenagem interna. Os dispositivos foram removidos em função das obras de ampliação da berma de reforço da barragem.

A MMI concluiu a instalação da nova placa indicadora de vazão e iniciou o monitoramento das vazões a partir do dia 02/03/2023, conforme apresentado na Figura 6.81. No período avaliado (maio/2024 a julho/2024), obteve-se uma vazão média de 3,93 m³/h, com leituras variando de 2,05 m³/h até 6,08 m³/h.

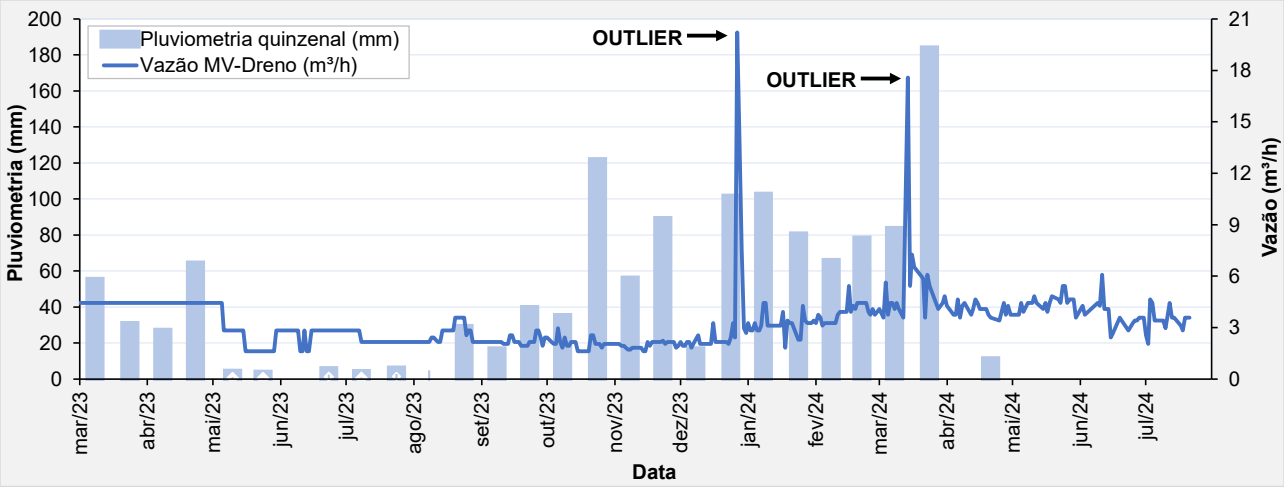


Figura 6.81 – Vazão – MV-Dreno – Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

- **Marcos de Controle de Deformação**

Atualmente na barragem existem 5 marcos de controle de deslocamento instalados como pode ser verificado na Tabela 6.2.

Na 1ª quinzena de outubro de 2023, a equipe de topografia da MMI informou que foi realizada a calibração das estações totais e dessa forma foi necessário o recadastramento das hastes com as leituras do dia 11/10/2023.

A partir da análise das leituras dos marcos de controle pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Os valores acumulados observados, horizontais menores que 2 mm e verticais menores que 6 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura ("serrilhado"), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão. A última leitura dos deslocamentos dos marcos superficiais no período avaliado (maio/2024 a julho/2024) foi realizada no dia 11/07/2024. Não foi realizada a aferição do marco MS-01 no dia 11/07/2024 devido à falta de visibilidade do marco a partir do ponto de referência.

A seguir são apresentados gráficos com o histórico dos deslocamentos horizontais e verticais dos marcos, em relação aos dados cadastrais verificados na última calibração realizada.

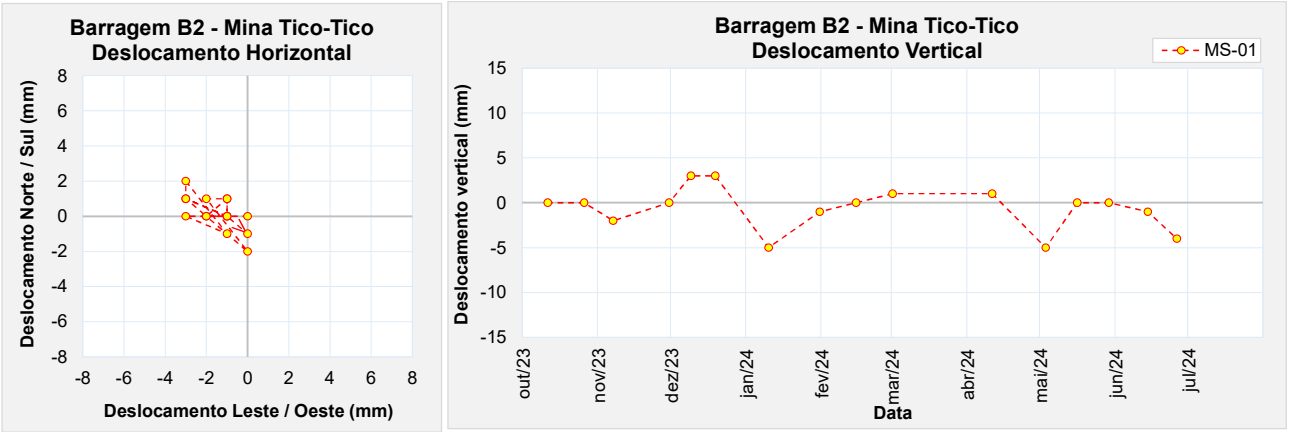


Figura 6.82 – Marco de controle de deformação – MS-01.

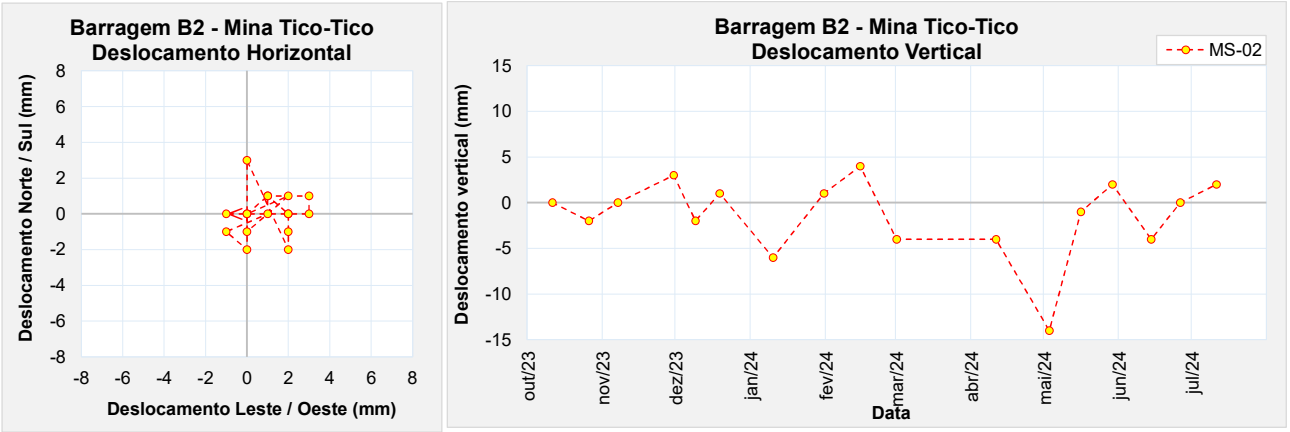


Figura 6.83 – Marco de controle de deformação – MS-02.

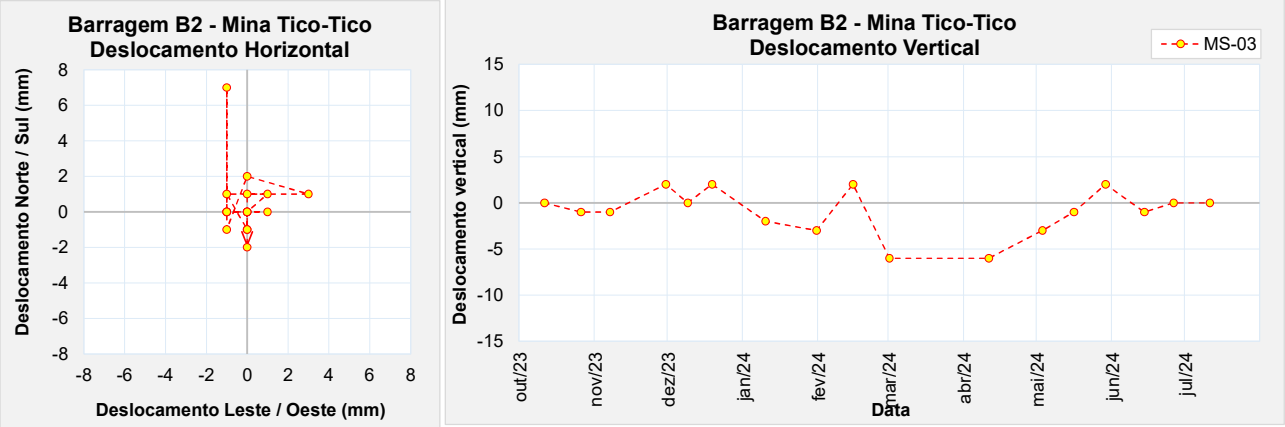


Figura 6.84 – Marco de controle de deformação – MS-03.

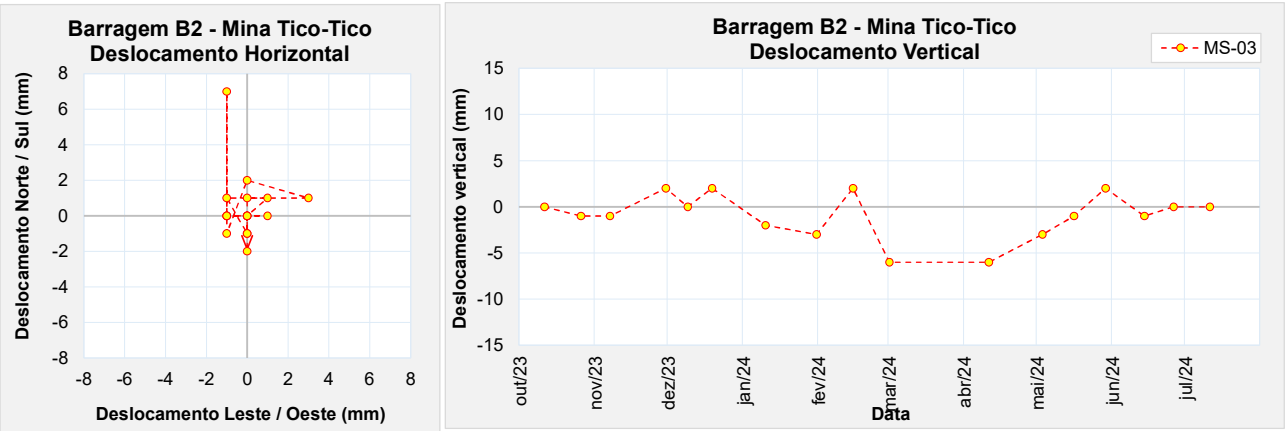


Figura 6.85 – Marco de controle de deformação – MS-04.

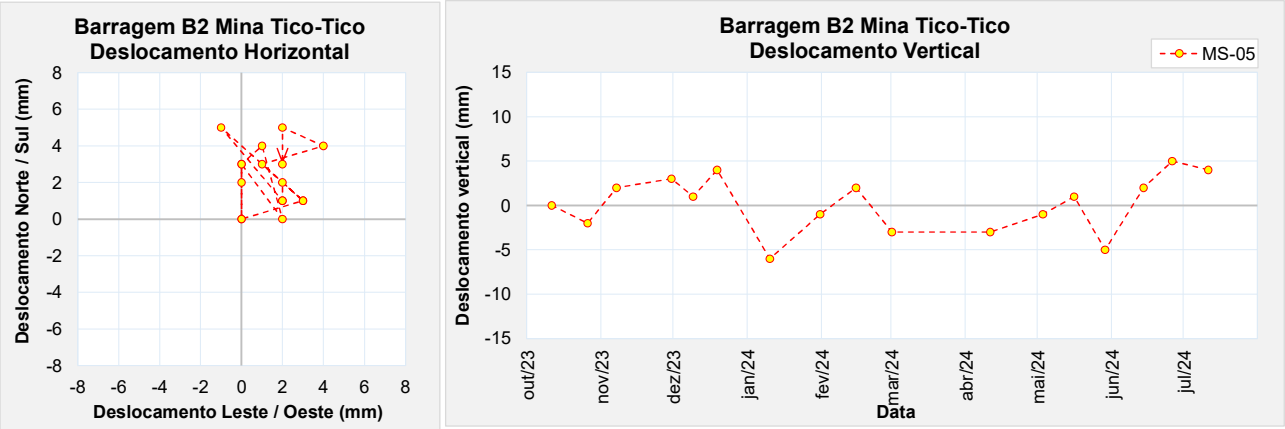


Figura 6.86 – Marco de controle de deformação – MS-05.

6.2.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (maio/2024 a julho/2024).

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2017, a partir do software Slide da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

Na Figura 6.87 é apresentada a locação em planta das seções e instrumentação de controle utilizadas nas análises de estabilidade.

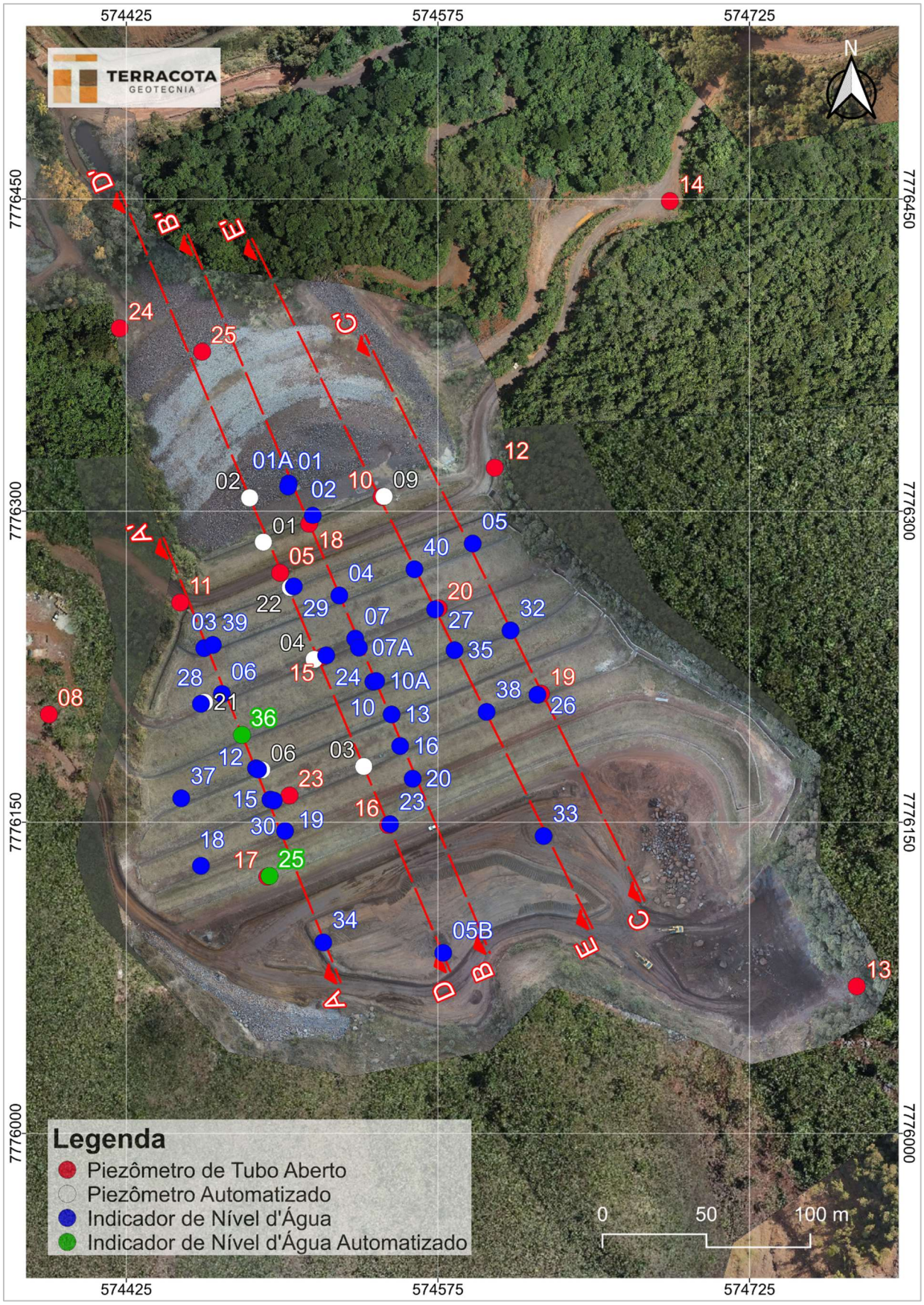


Figura 6.87 – Seções Instrumentadas Barragem B2 – Mina Tico-Tico– Planta.

6.2.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas para 05 (cinco) seções instrumentadas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, considerando a geometria atual da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico.

A linha freática no interior do reservatório e barramento foi definida a partir da leitura da instrumentação instalada na estrutura.

O fator de segurança ao escorregamento foi calculado considerando a condição de carregamento drenado e a condição de carregamento não drenado. Para condição de carregamento não drenado, o rejeito foi modelado a partir de seu parâmetro não drenado de pico e liquefeito, de forma a simular uma condição hipotética de liquefação do material do reservatório. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram atribuídos apenas para a parcela do material em condição 100% saturada, ou seja, localizada abaixo da linha freática de análise.

O comportamento contrátil do rejeito e seus parâmetros geotécnicos para condições não drenadas foram estudados a partir da análise de ensaios CPTu realizados na estrutura em três campanhas executadas entre 2018 e 2022. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram determinados a partir do método de Olson (2021), no caso do parâmetro de pico e pelo método de Robertson (2021), no caso do parâmetro liquefeito.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução nº 95 de 07 de fevereiro/2022 da ANM (**FS ≥ 1,3**);
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS ≥ 1,0**) e NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,1**);
- Análises não drenadas com parâmetro de liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 6.3 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 6.3 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Sismo (Pseudo-estática)	1,0 a 1,1	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada e condições com sismo (pseudo-estática) atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2017 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

6.2.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do *peak ground acceleration* (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento dinâmico (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da

Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 6.88 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 6.88 – Rede sismológica brasileira (http://www.rsbr.gov.br).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 6.4 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Tabela 6.4 – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

Modelo	Valores máximos por período de retorno (anos)					Máximo absoluto
	500	1.000	2.500	5.000	10.000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	**9.7%**	**9.5%**	**13.4%**	**16.0%**	**18.3%**	**18.3%**
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo *"Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment"* publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 6.89).

A localização da barragem no mapa de Assumpção et al. fornece valor de PGA em torno de 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR.

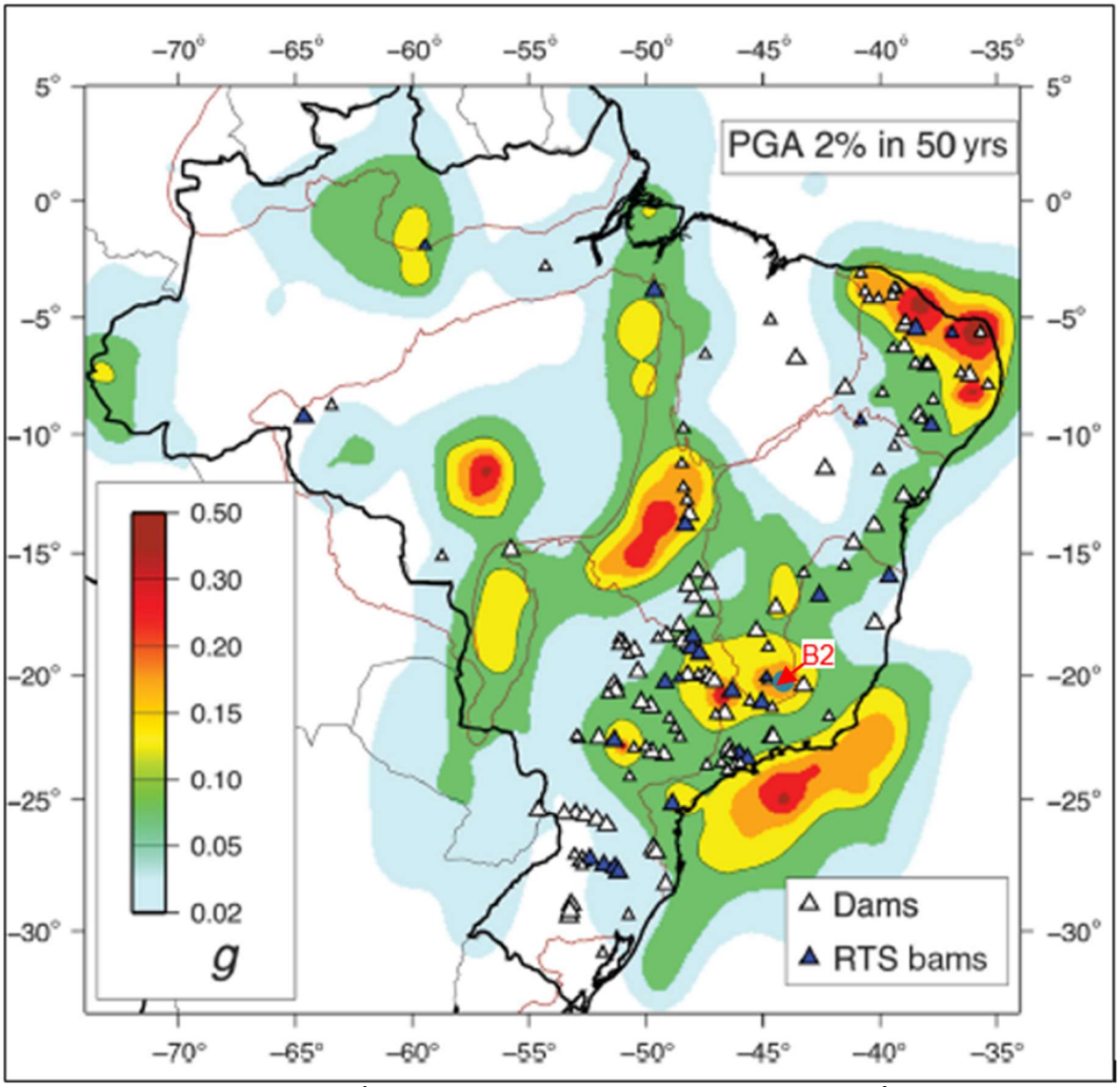


Figura 6.89 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Assumpção Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, considerando a contribuição do efeito sísmico, utilizou-se como premissa a norma técnica elaborada pela Canadian Dam Association (CDA) – *"Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams"* (2014), em conformidade ao recomendado pela NBR 13.028/2017 no seu tópico 5.3.6, o qual faz referência aos estudos sísmicos.

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados a infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 6.5.

Tabela 6.5 – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

Classificação da Barragem	População em Risco (Nota 1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (Nota 2)	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixo	Nenhum	0	Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativo	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
			Apenas perdas marginais do habitat.	
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	
Extrema	**Permanente**	**Mais de 100**	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição impossível.	

Nota 1. Definições para população em risco:

Nenhum – Não há população identificável em risco, portanto não há possibilidade de perda de vida a não ser devido ao acaso imprevisível.

Temporário – As pessoas estão apenas temporariamente na zona de inundação do rompimento da barragem (por exemplo, uso sazonal de casas de campo, passagem em rotas de transporte, participação em atividades recreativas).

Permanente – A população em risco normalmente está localizada na zona de inundação da ruptura da barragem (como residentes permanentes); são propostas três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) para permitir estimativas mais detalhadas da potencial perda de vidas (para auxiliar na tomada de decisões se for realizada a análise apropriada).

Nota 2. Definições para população em risco:

Não especificado – O nível apropriado de segurança exigido em uma barragem onde as pessoas estão temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, da natureza de sua atividade e de outras condições.

De acordo com os critérios da Tabela 6.5, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.9 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Extrema**. A partir desta classificação, seguindo as

premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 6.6, o PGA de 0,183g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com período de retorno de 10.000 anos.

Tabela 6.6 – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

Classe da Barragem	Probabilidade Anual de Excedência (PAE) – Terremotos (Nota 1)
Baixa	1/1000
Significativo	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/2.475 (Nota 2)
Muito Alta	1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3)
Extrema	**1/10.000 ou SMP (Nota 3)**

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).
Nota 1. Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (Dam Safety Guidelines - CDA 2013).
Nota 2. Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no National Building Code of Canada (Código Nacional de Construção do Canadá).
Nota 3. SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação "*Rationalizing the Seismic Coefficient Method"* (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,092g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Para a componente vertical adota-se um valor correspondente a 60% da componente horizontal, seguindo proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003), resultando num valor igual a 0,055g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

No estudo de Hynes-Griffin & Franklin (1984), recomenda-se que nas análises pseudo-estáticas seja realizada a redução em 20% da resistência dos materiais da fundação que apresentarem comportamento não-drenado nos ensaios executados.

Conforme projeto de descaracterização da estrutura, a Barragem B2 - Mina Tico-Tico deverá ser parcialmente removida nos próximos três anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida útil da estrutura

igual a 3 anos. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de aproximadamente 150 anos.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{t}\right)^n$$

Em que:

- P é a probabilidade de excedência do sismo;
- t é o período de retorno;
- n é o tempo de vida útil da estrutura.

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 2.500 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,12%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 6.4, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,067g e uma componente vertical igual a 0,040g.

6.2.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada nas análises de estabilidade foram considerados os instrumentos existentes ao longo das seções de análise, instalados no maciço, fundação e reservatório da Barragem B2 - Mina Tico-Tico.

A Tabela 6.7 e Tabela 6.8 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 6.7 – Instrumentação – Freática atuante no rejeito - Valores lidos (26/07/2024) e adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A’	INA-25	1.098,78	Seco	-
	INA-19	1.094,19	Seco	-
	INA-30	1.079,93	Seco	1.085,87 (1)
	INA-15	1.089,51	Seco	-
	PZ-23	1.085,13	1.085,87	1.085,87
	INA-31	1.074,93	Seco	1.076,49 (1)
	PZ-06 (5)	1.075,80	1.076,49	1.076,49
	INA-12	1.088,77	1.088,52	-
	INA-36 (2)	1.070,80	1.070,56 (3)	1.070,80
	INA-28	1.071,74	Seco	-
	INA-06	1.084,07	Seco	-
	INA-39	1.068,90	Seco	1.068,90
	INA-03	1.074,42	Seco	-

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
B-B'	INA-20	1.094,24	Seco	-
	INA-16	1.089,62	Seco	-
	INA-13	1.089,05	Seco	-
	INA-10	1.078,29	Seco	-
	INA-10A	1.083,46	Seco	-
	INA-07	1.073,56	Seco	-
	INA-07A	1.076,94	Seco	-
	INA-04	1.068,65	Seco	-
	PZ-18	1.030,04	1.038,29	1.051,50 (1)
	INA-02	1.038,74	Seco	1.051,30 (1)
	INA-01	1.038,92	1.048,16 (6)	1.048,70 (1)
	INA-01A	1.043,38	1.048,50 (6)	1.048,50
C-C'	INA-26	1.073,07	Seco	-
	PZ-19	1.062,12	1.065,40	1.065,40
	INA-32	1.075,61	Seco	-
	INA-05	1.076,65	Seco	-
D-D'	INA-23	1.079,61	Seco	-
	INA-24	1.054,17	1.059,84	1.059,84
	PZ-04 (4)	1.056,08	1.059,08	1.059,84 (1)
	INA-29	1.044,74	1.055,16	1.055,16
	PZ-05	1.048,81	1.049,03	1.049,03
	PZ-01 (2)	1.046,85	1.047,91	1.048,75 (1)
	PZ-02 (5)	1.046,53	1.048,07	1.048,07
E-E'	INA-33	1.079,98	Seco	1.079,98
	INA-38	1.074,80	Seco	-
	INA-35	1.071,60	Seco	-
	INA-27	1.068,47	Seco	-
	PZ-20	1.051,50	Seco	-
	INA-40	1.061,34	Seco	1.061,34
	PZ-09 (2)	1.037,00	1.042,26	1.055,07 (1)
	PZ-10	1.055,07	Seco	1.055,07

1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
2- Instrumentos automatizados em 08/12/2022;
3- Leitura abaixo da cota de fundo do instrumento;
4- Instrumentos automatizados em 05/10/2022;
5- Instrumento automatizado em 19/10/2022;
6- Sem leitura nesta quinzena. Utilizada a última leitura registrada.
7- Instrumento automatizado em 09/07/2024.

Tabela 6.8 – Instrumentação – Freática atuante na fundação - Valores lidos (30/04/2024) e adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	INA-34	1.098,14	Seco	1.098,14
	PZ-17	1.089,35	Seco	-
	PZ-21 (2)	1.048,93	1.059,24	1.059,24
	PZ-11	1.028,64	1.044,26	1.058,00 (1)

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
D-D’	INA-05B	1.103,52	Seco	1.103,52
	PZ-16	1.073,54	Seco	-
	PZ-03 (2)	1.059,83	1.060,46	1.060,46
	PZ-15	1.032,37	1.046,26	1.046,26
	PZ-22 (3)	1.037,71	1.042,71	1.042,71

1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
2- Instrumentos automatizados em 08/12/2022;
3- Instrumentos automatizados em 05/10/2022;

6.2.4.4 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados para as várias camadas foram consolidados no âmbito do relatório de consolidação de dados da estrutura (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.536).

Na Tabela 6.9 apresentam-se os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

Tabela 6.9 – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material		Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros de Resistência							Referência
				Parâmetros Efetivos		Parâmetros Totais					
							Obtidos		Adotados(1)		
				c' (kPa)	ϕ' (°)	Razão de resistência não drenada Su/σ'v (kPa)	c (kPa)	ϕ (°)	c (kPa)	ϕ (°)	
Rejeito	Drenado		28,0	0	38,0	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
	Não Drenado - Pico			-	-	0,26	-	-	-	-	Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
	Não Drenado - Liquefeito			-	-	0,06	-	-	-	-	
Solo Residual de Filito (1)			16,0	10,0	33,0	-	68,0	21,9	54,4	17,5	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Aterro Compactado			21,5	10,5	37,5	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Tálus / colúvio			21,0	26,5	35,0	-	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório (2) (Barragem B1-Auxiliar)
Saprolito de Filito			20,0	15,0	45,0	-	-	-	-	-	Correlação com N_{SPT}
Enrocamento Reforço			23,0	Envoltória intermediária de Leps (1970)			-	-	-	-	Estimativa bibliografia/ projetistas

(1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984)
(2) Ensaios executados na matriz siltosa. Parâmetros majorados em 10% para contabilizar presença de blocos..

6.2.4.5 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 6.90 a Figura 6.122, destacando-se as superfícies de ruptura global e local que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 6.10 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 6.10 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A'	26/07/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,16
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	2,09
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,84
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,48 (sismo ↑)
					1,48 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,58 (sismo ↑)
					1,57 (sismo ↓)
B-B'	26/07/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,81
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,72
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,24
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,08 (sismo ↑)
					1,11 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,17 (sismo ↑)
					1,18 (sismo ↓)
C-C'(1)	26/07/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,13
		Drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Parâmetro Efetivo	1,00	1,67 (sismo ↑)
					1,69 (sismo ↓)
		Drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Parâmetro Efetivo	1,10	1,77 (sismo ↑)
					1,79 (sismo ↓)
D-D'	26/07/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,92
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,74

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
D-D’	26/07/2024	Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,17
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,36 (sismo ↑)
					1,33 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,45 (sismo ↑)
					1,42 (sismo ↓)
E-E’	26/07/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,77
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,35
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,28 (sismo ↑)
					1,29 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,37 (sismo ↑)
					1,37 (sismo ↓)

(1) Na seção C-C’ não há rejeito localizado abaixo da linha freática, não sendo aplicável a utilização de parâmetro não drenado.
(2) Carregamento pseudo-estático considerando critérios do Canadian Dam Association (CDA, 2014);
(3) Carregamento pseudo-estático considerando Probabilidade de Excedência de 0,2% relativo à vida útil remanescente da estrutura de 3 anos até sua completa remoção e Período de Retorno de 2.500 anos.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38	Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5	Piezometric Line 1
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35	Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33	Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45	Piezometric Line 1

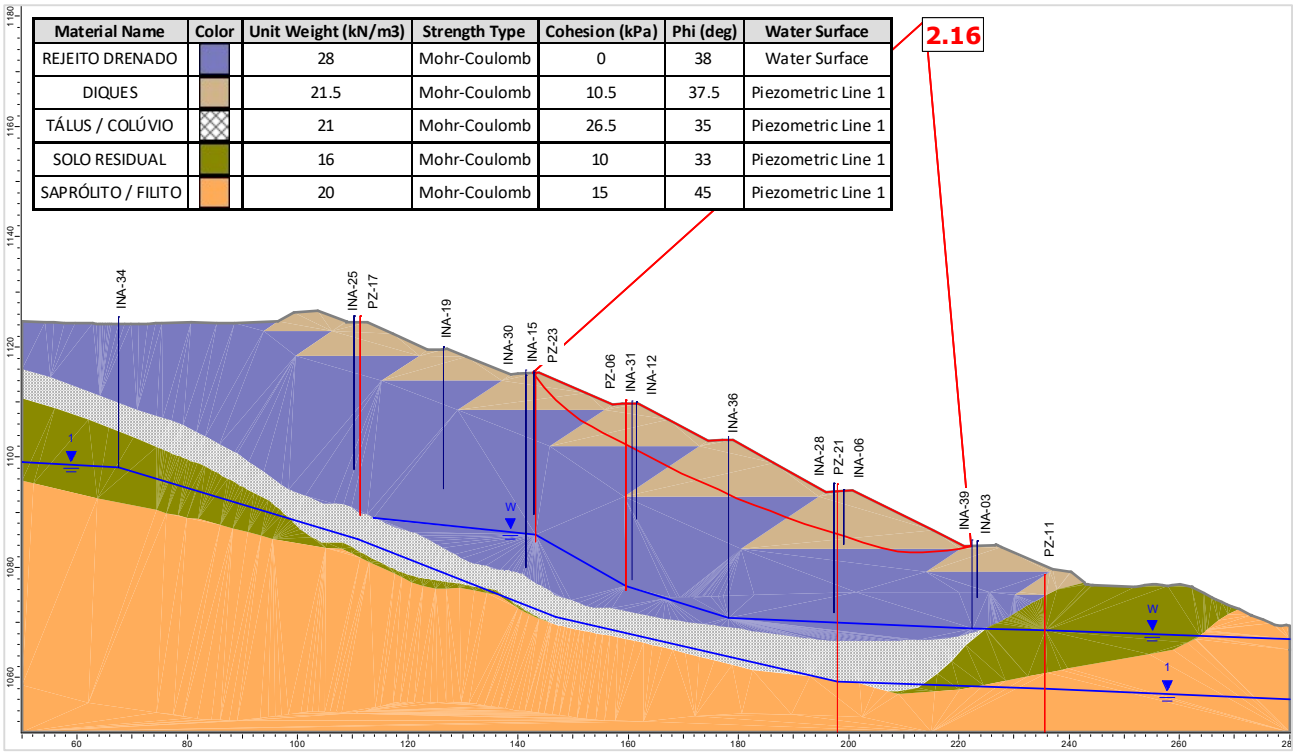


Figura 6.90 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface

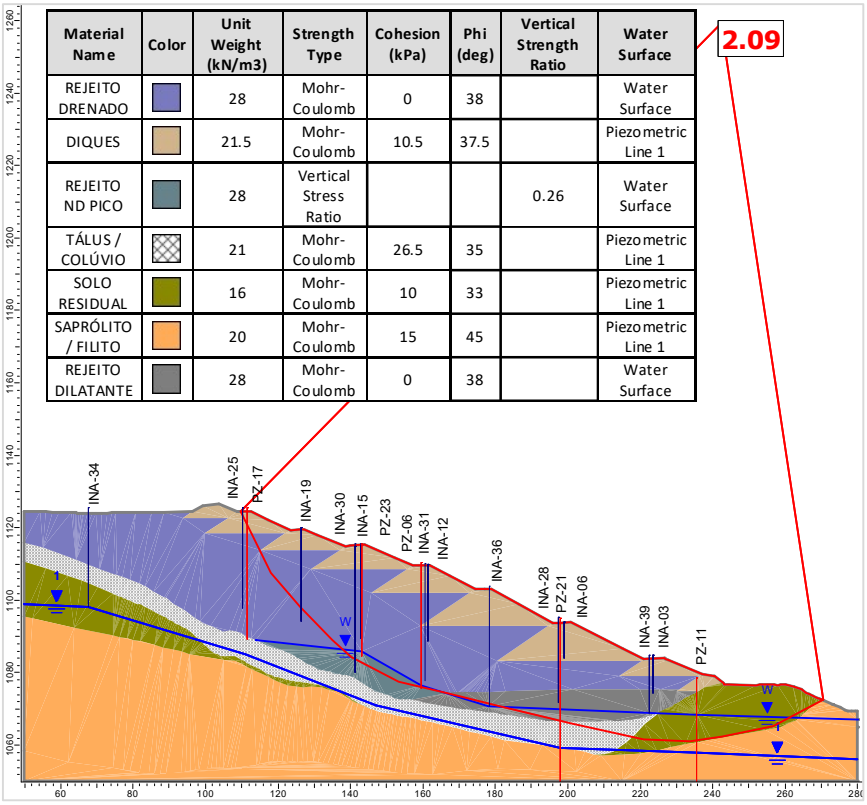


Figura 6.91 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

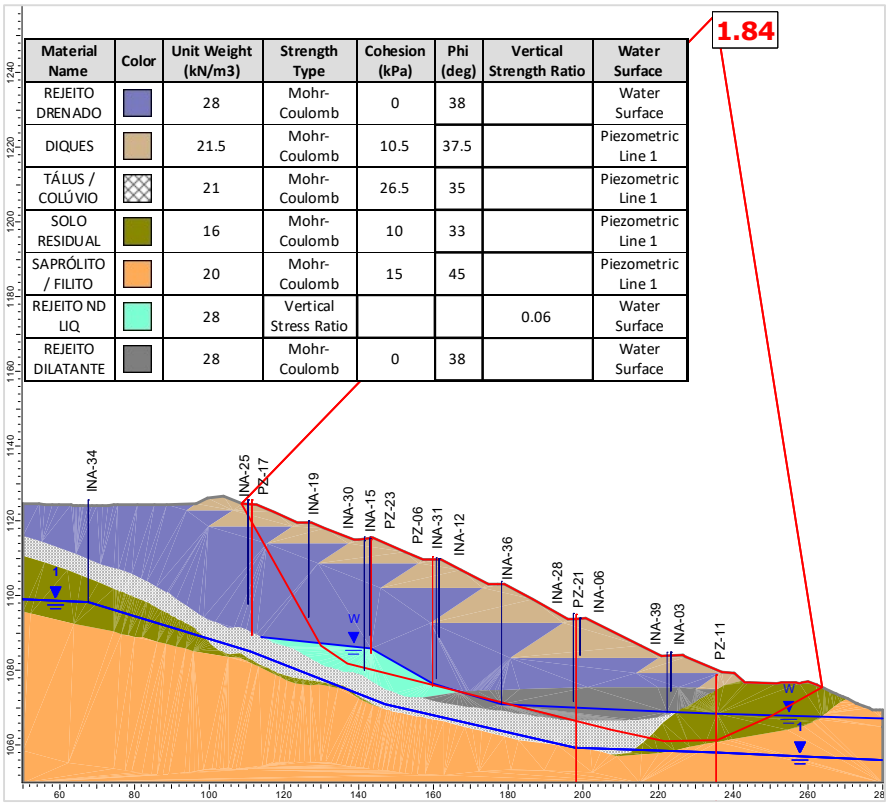


Figura 6.92 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

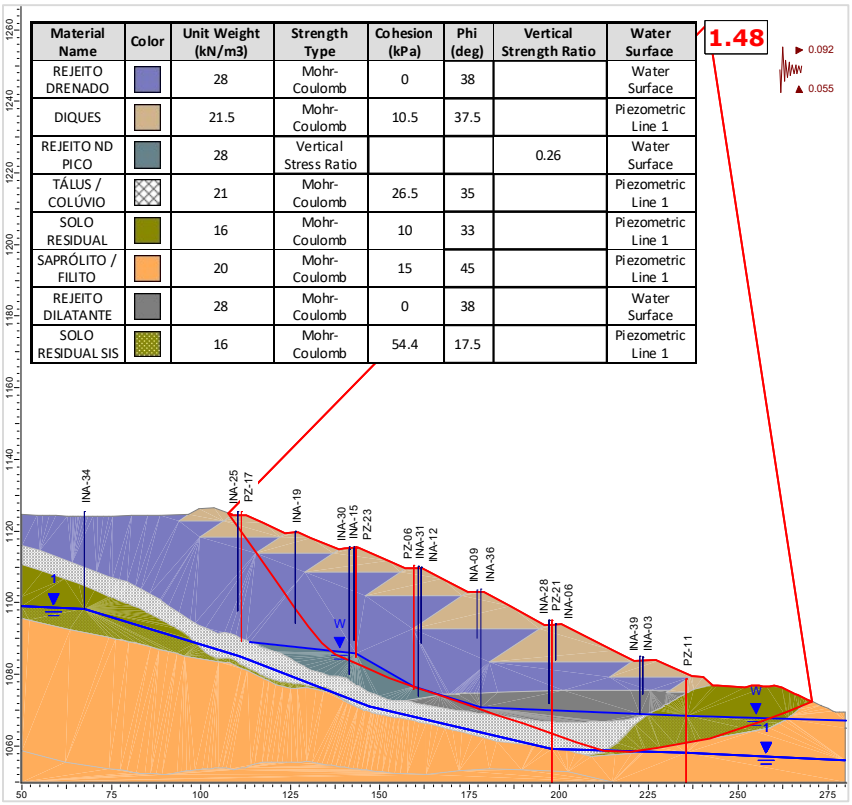
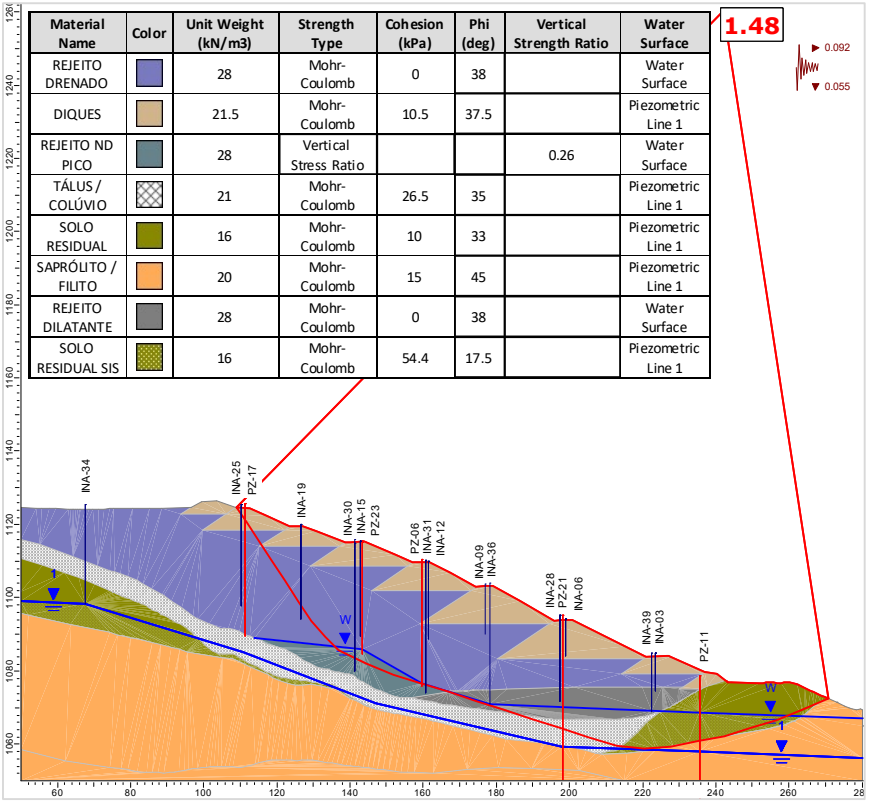
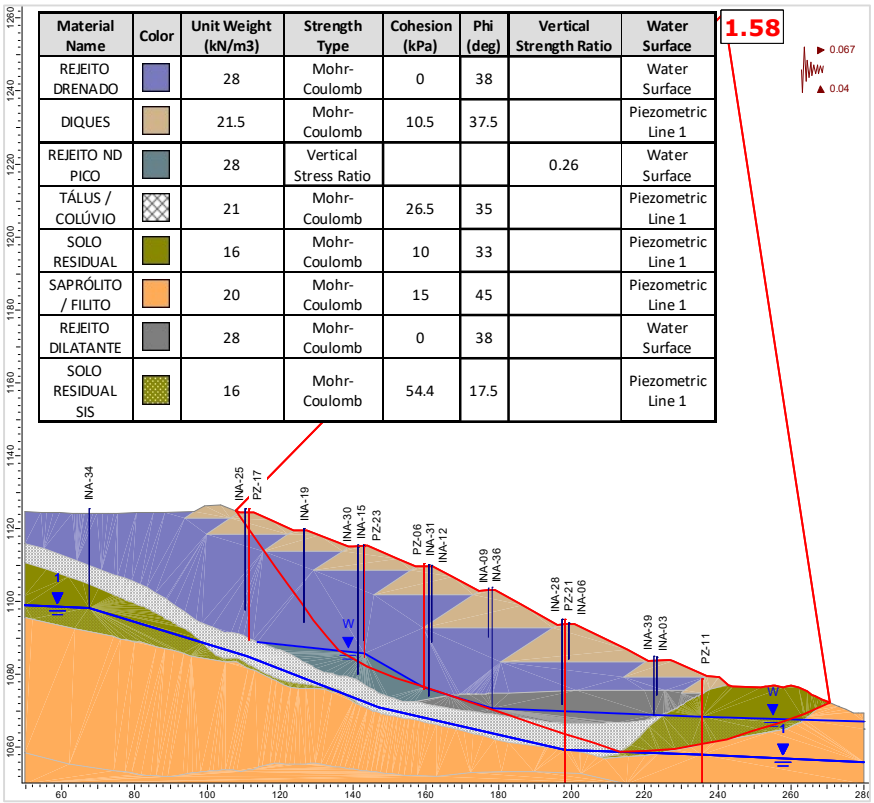


Figura 6.93 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



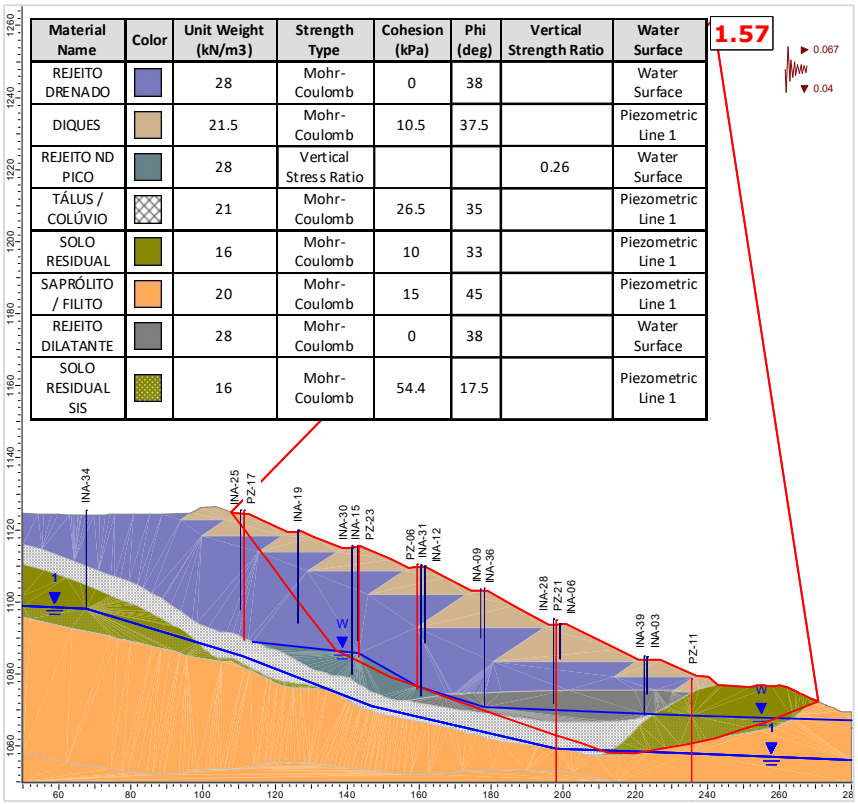
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5		Piezometric Line 1

Figura 6.94 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



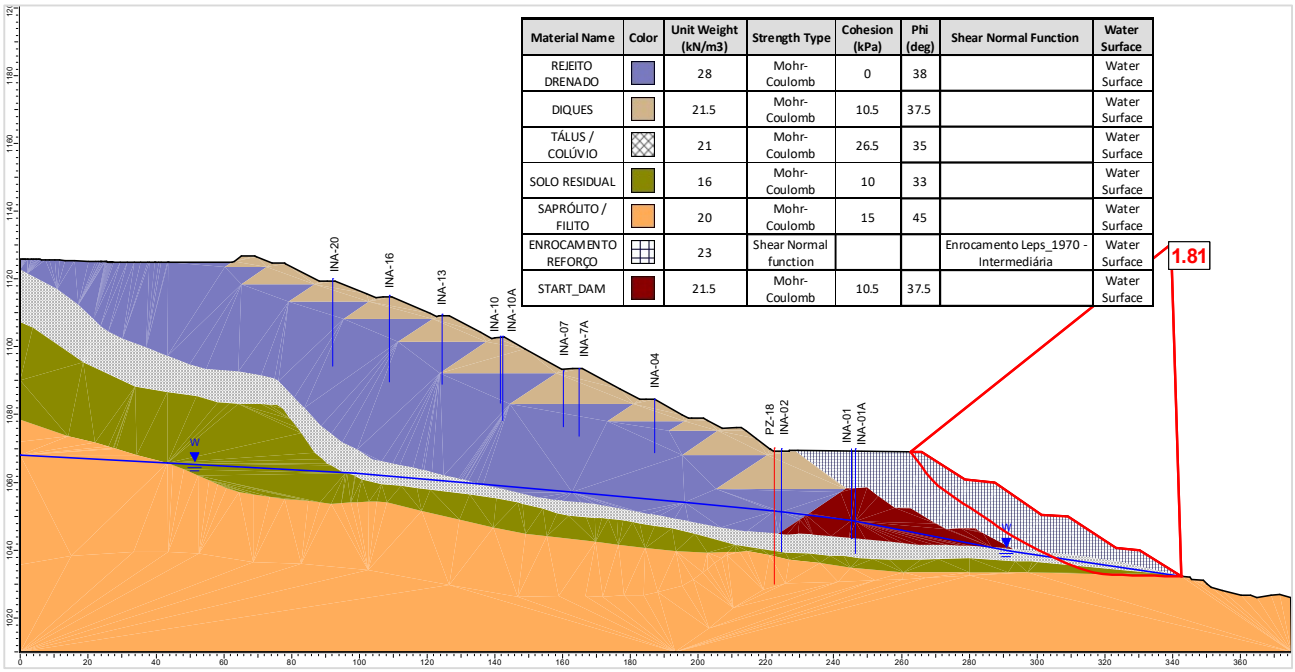
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5		Piezometric Line 1

Figura 6.95 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5		Piezometric Line 1

Figura 6.96 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface

Figura 6.97 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024.

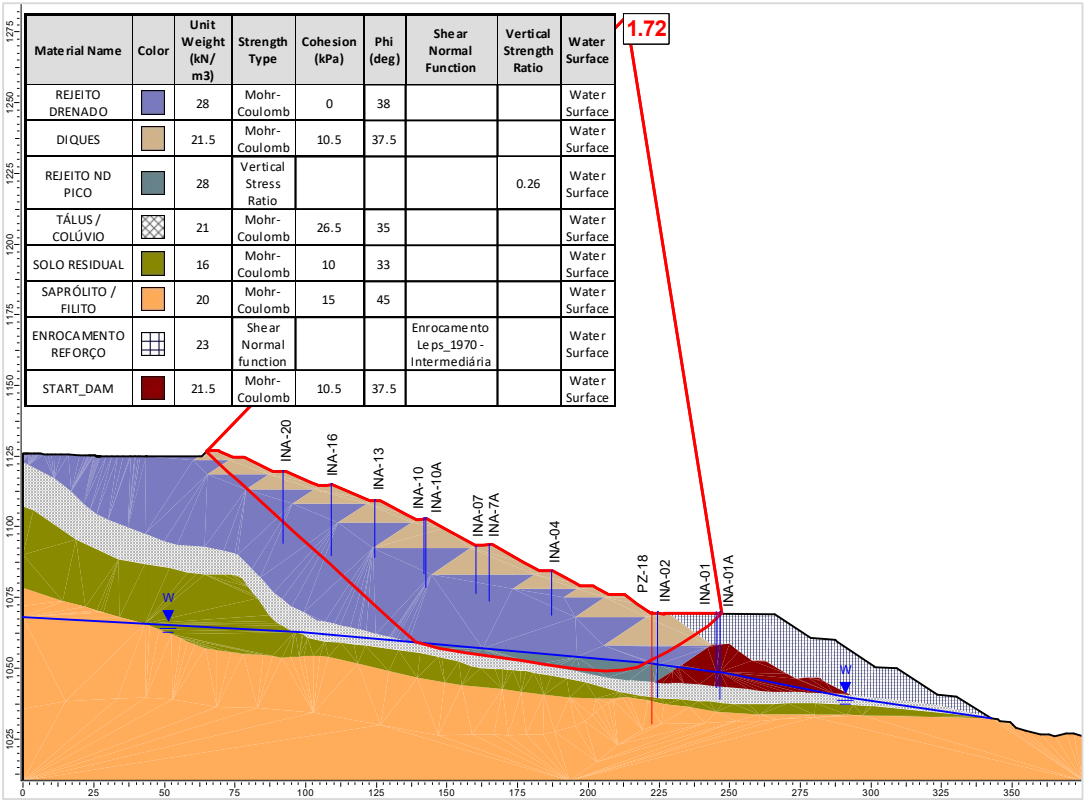


Figura 6.98 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

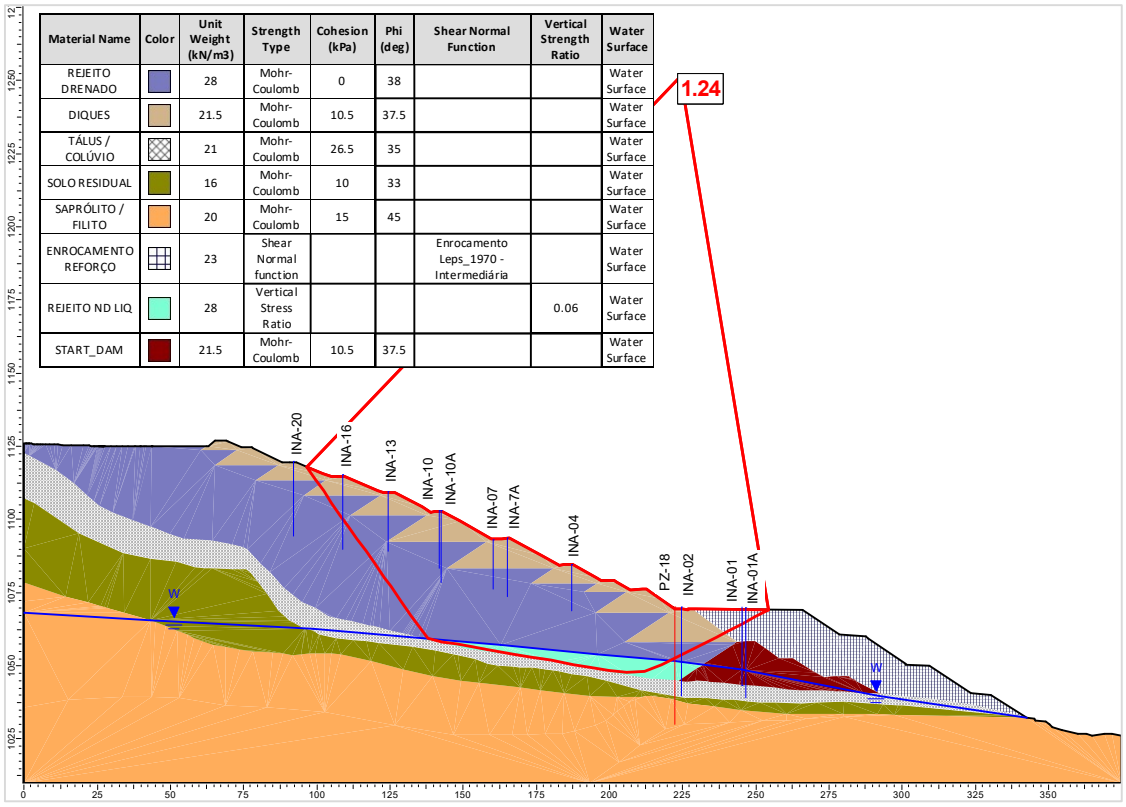
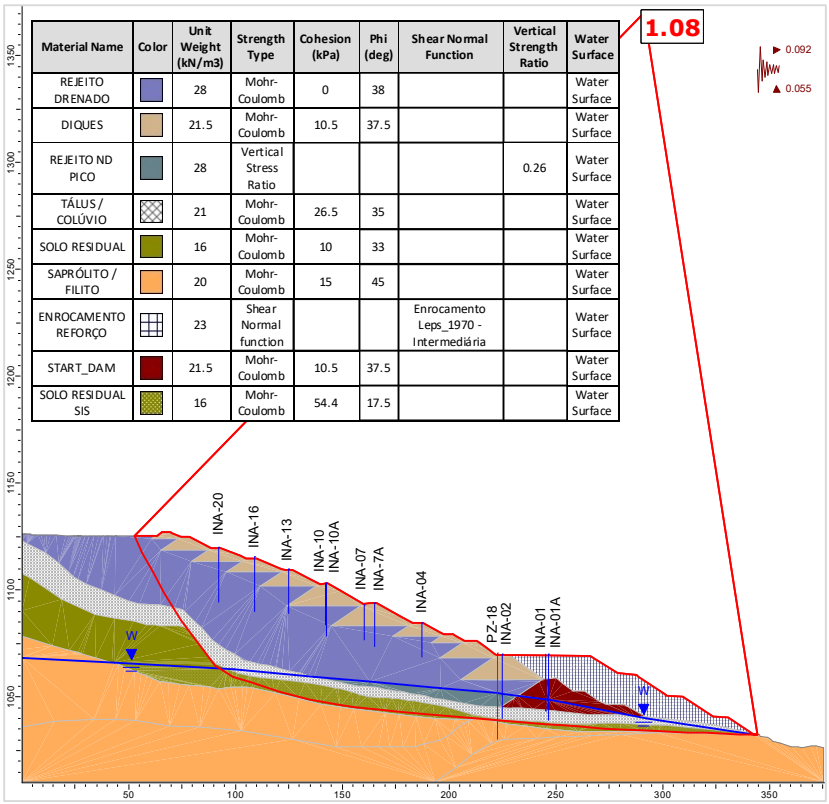
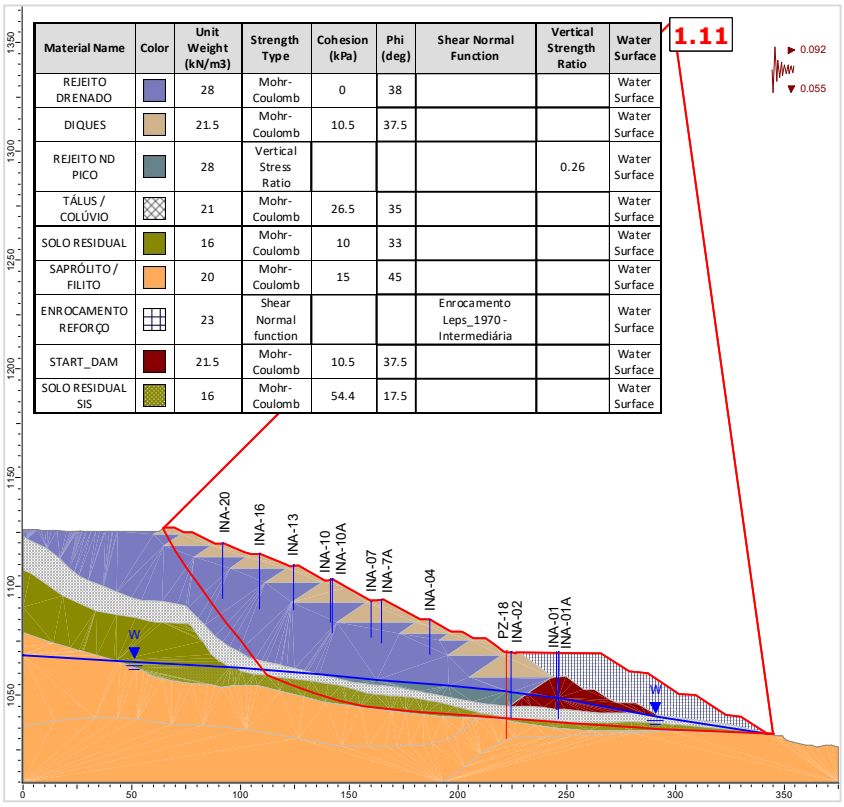


Figura 6.99 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



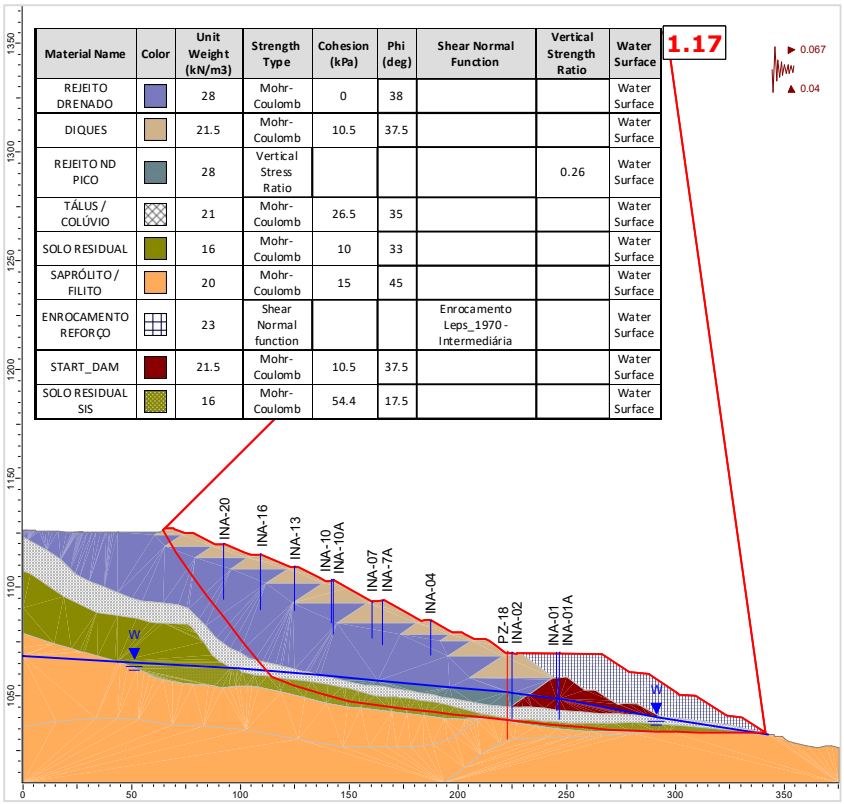
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.100 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



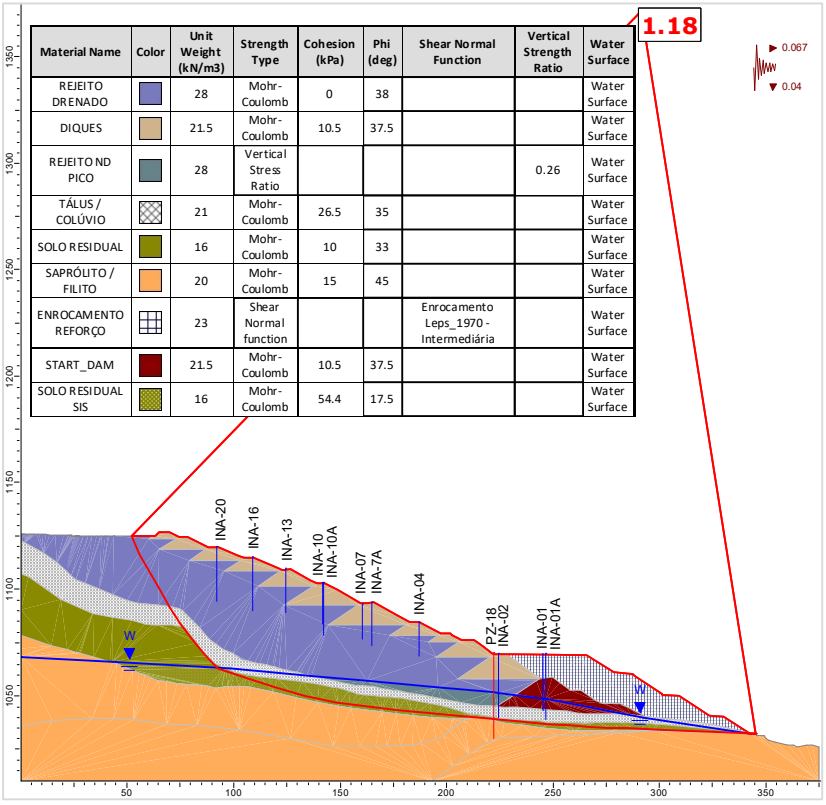
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.101 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.102 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.103 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

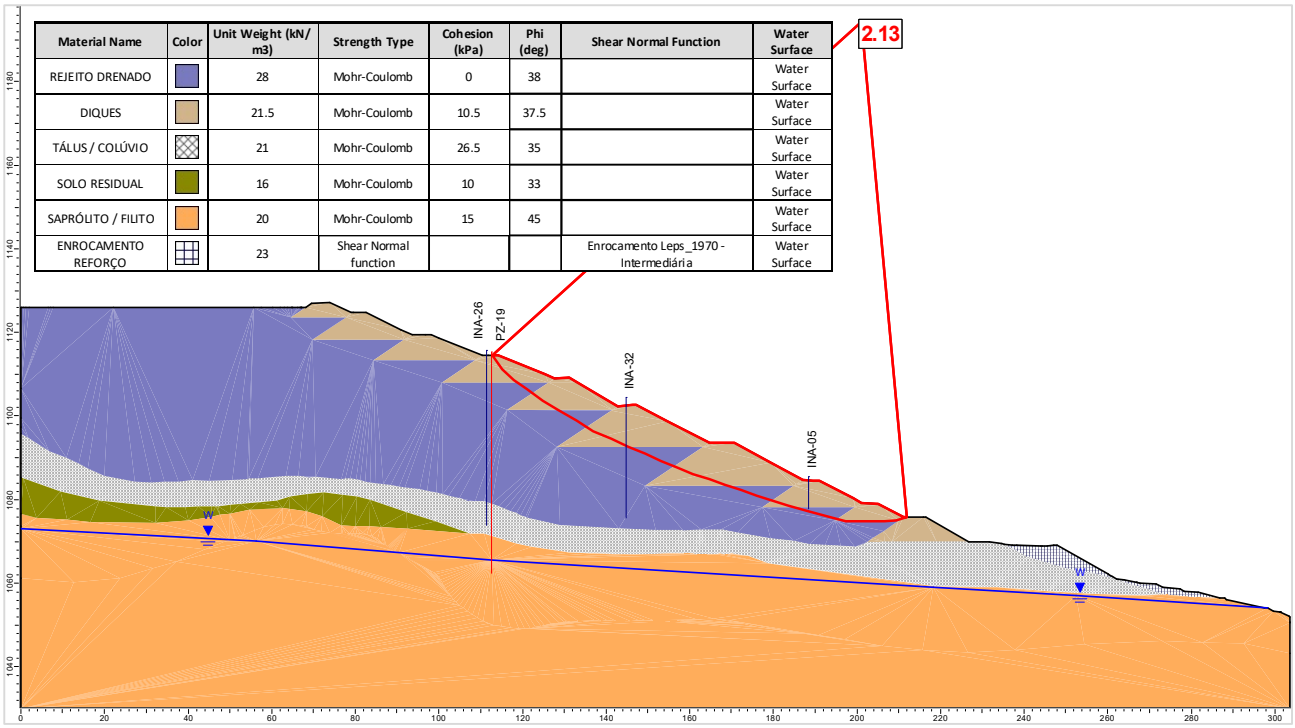


Figura 6.104 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024.

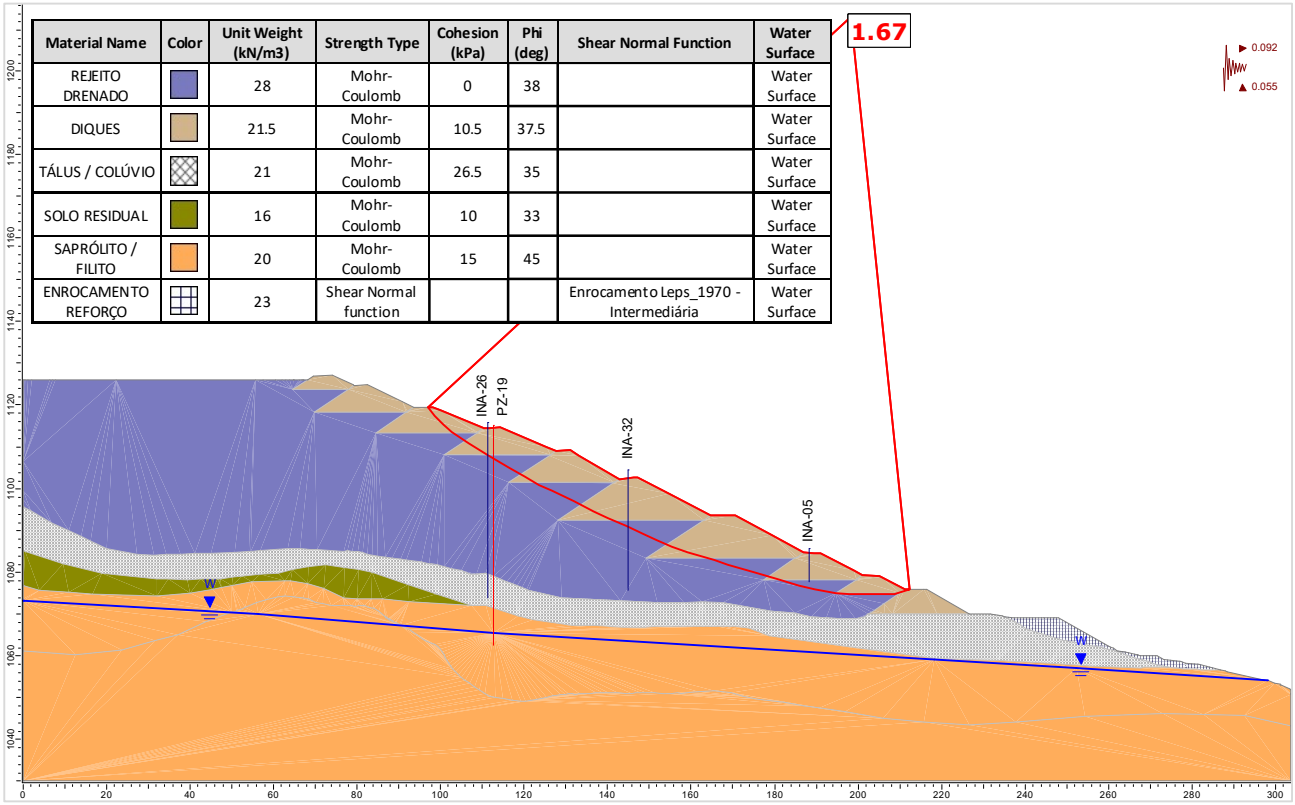


Figura 6.105 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Carregamento sísmico ↑ (critério CDA).

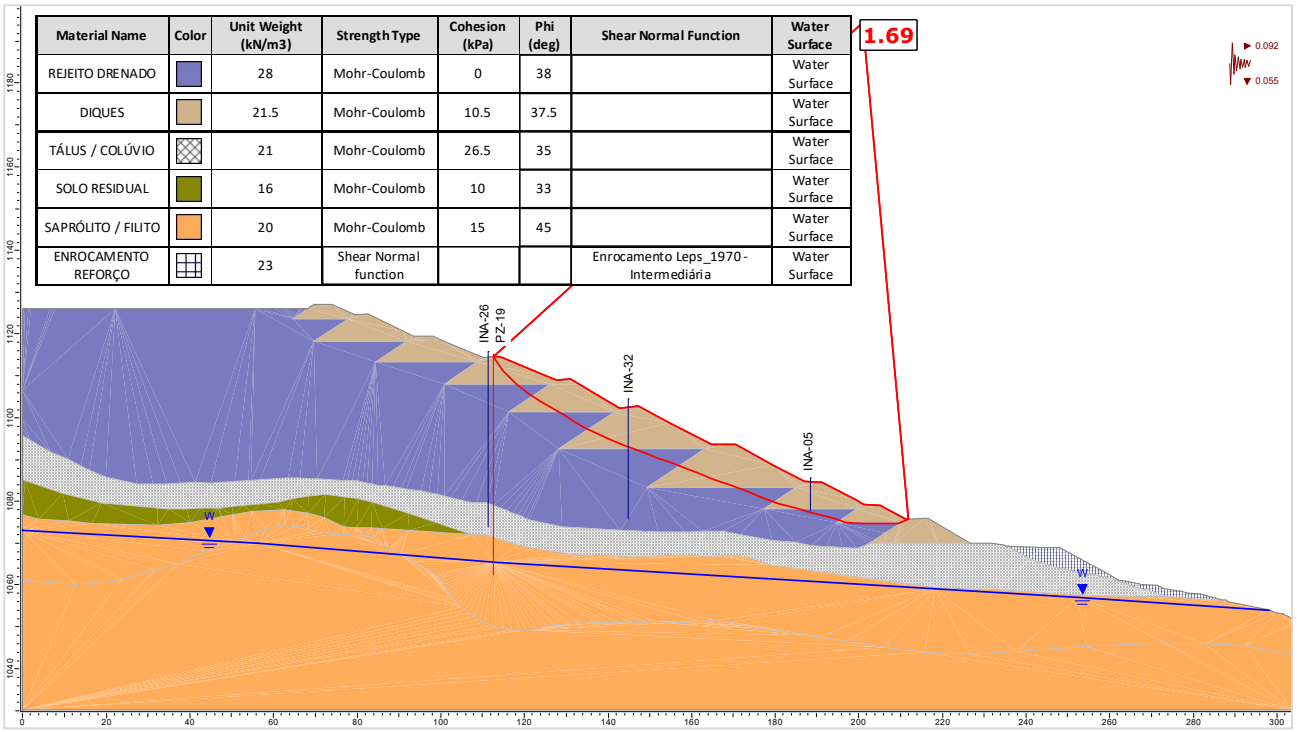


Figura 6.106 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Carregamento sísmico ↓ (critério CDA).

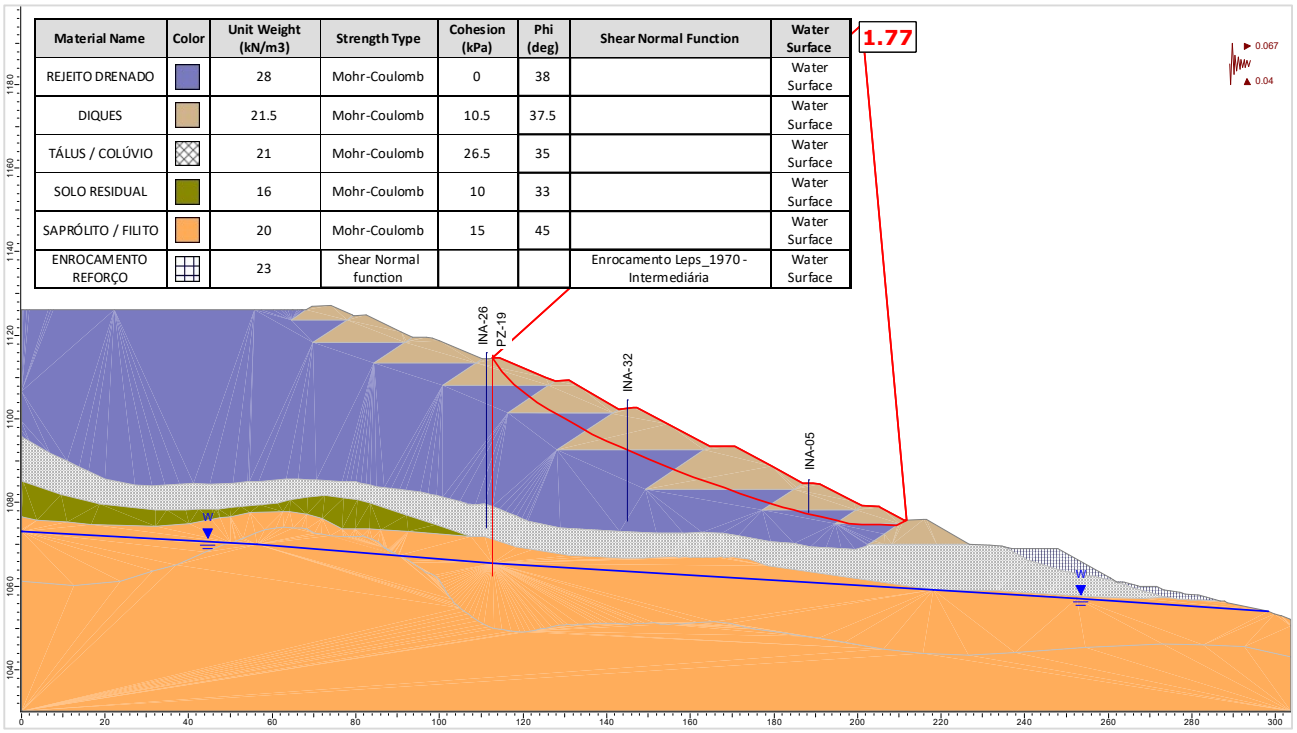
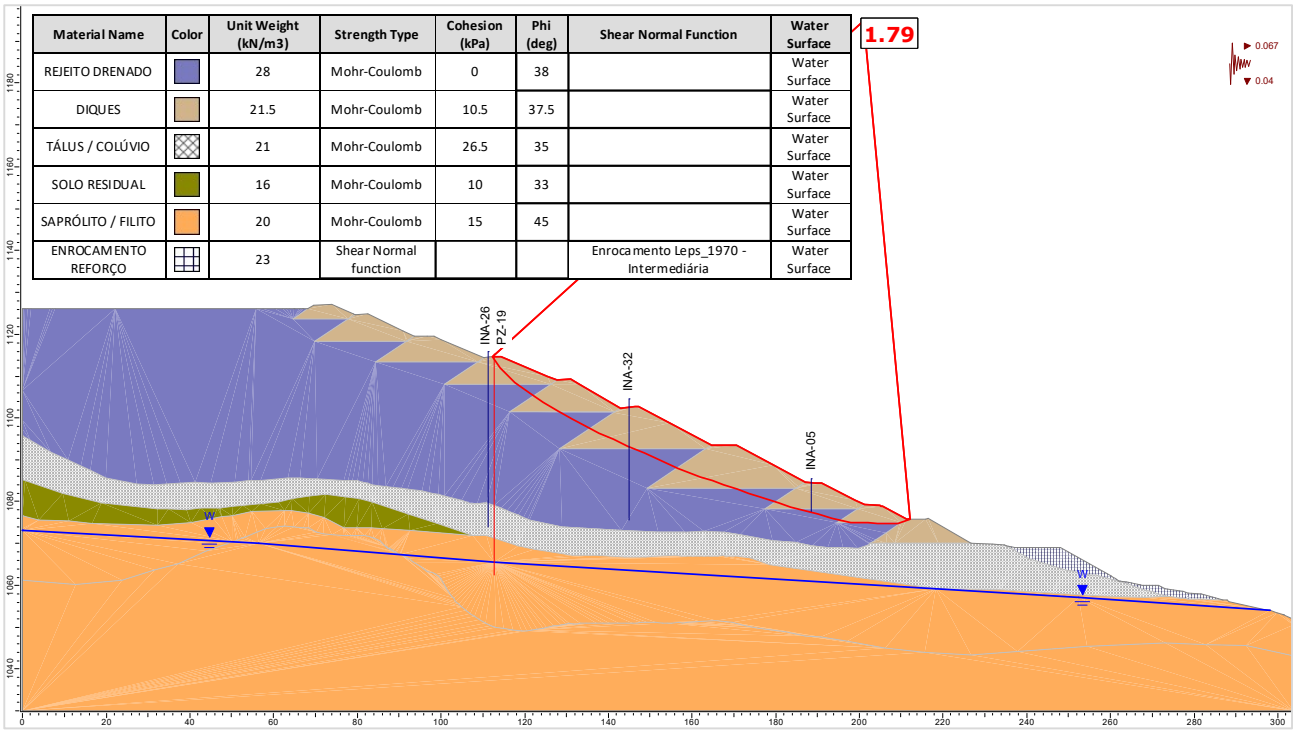
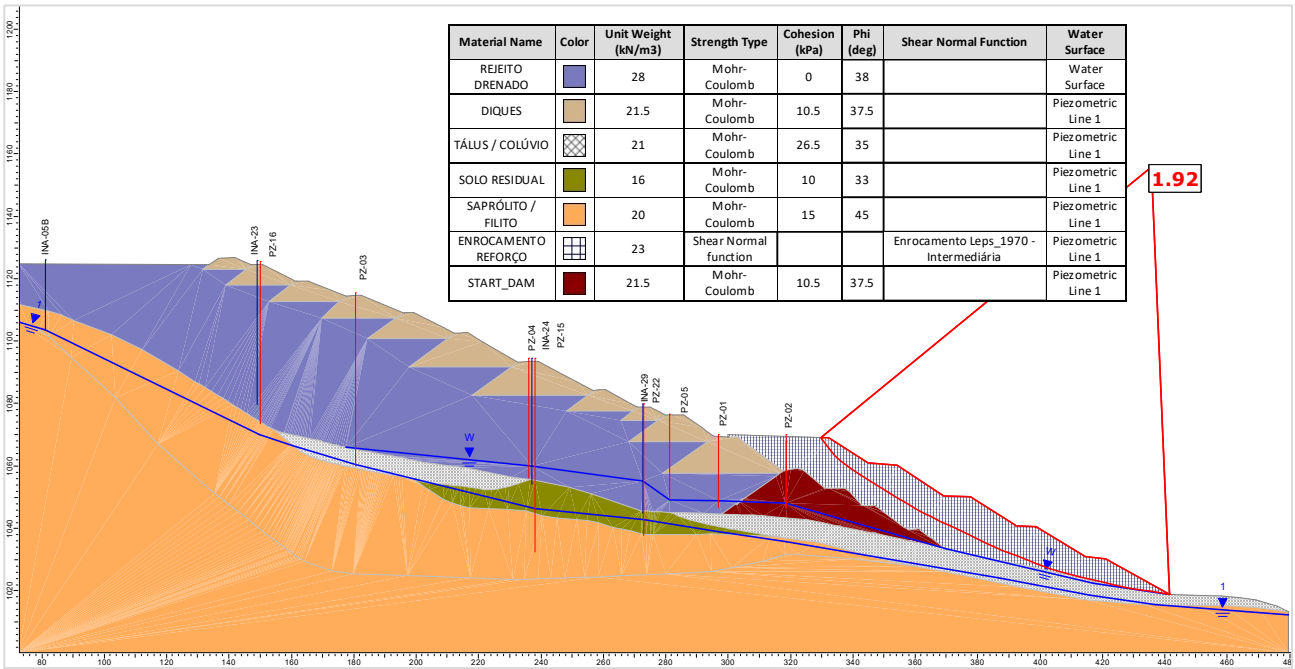


Figura 6.107 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Carregamento sísmico ↑ (critério vida útil).



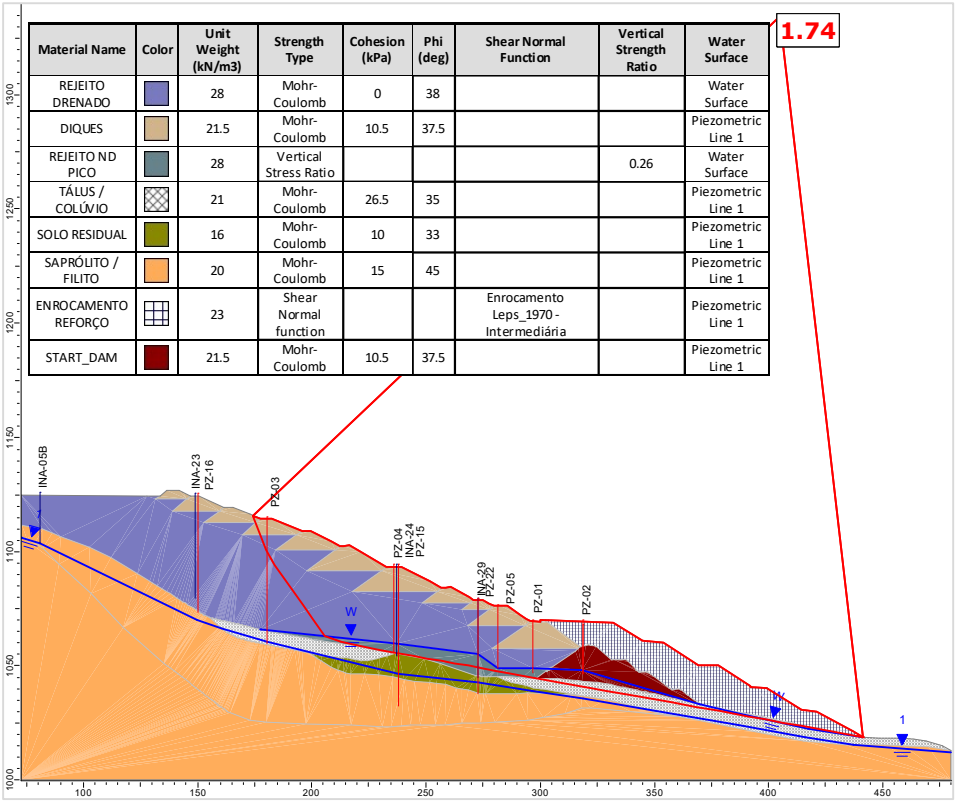
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface

Figura 6.108 – Seção C-C’ – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Carregamento sísmico ↓ (critério vida útil).



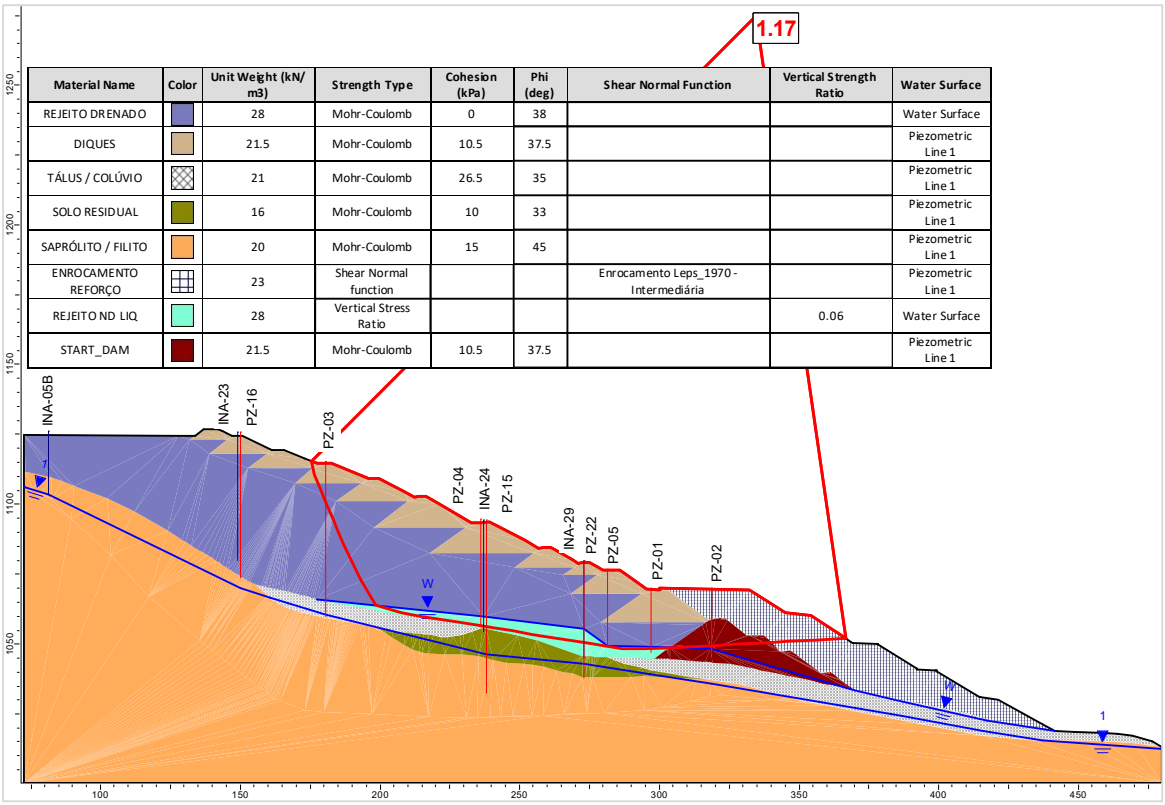
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1

Figura 6.109 – Seção D-D’ – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024.



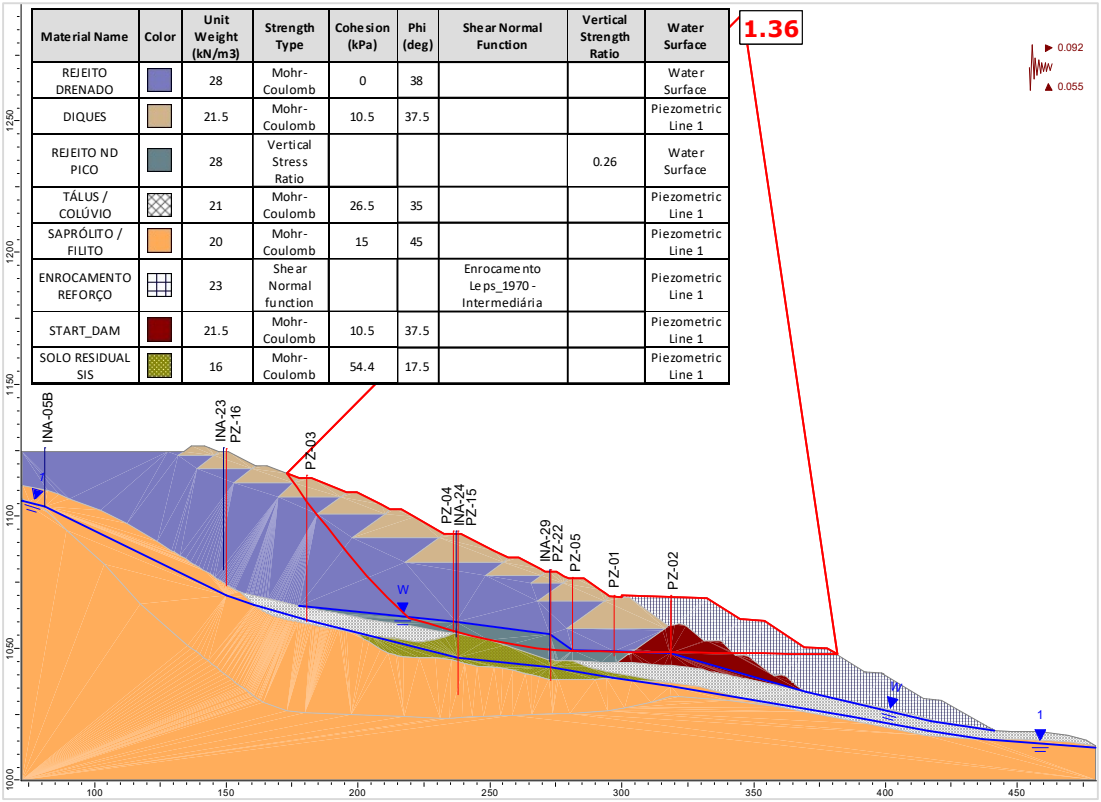
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1

Figura 6.110 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



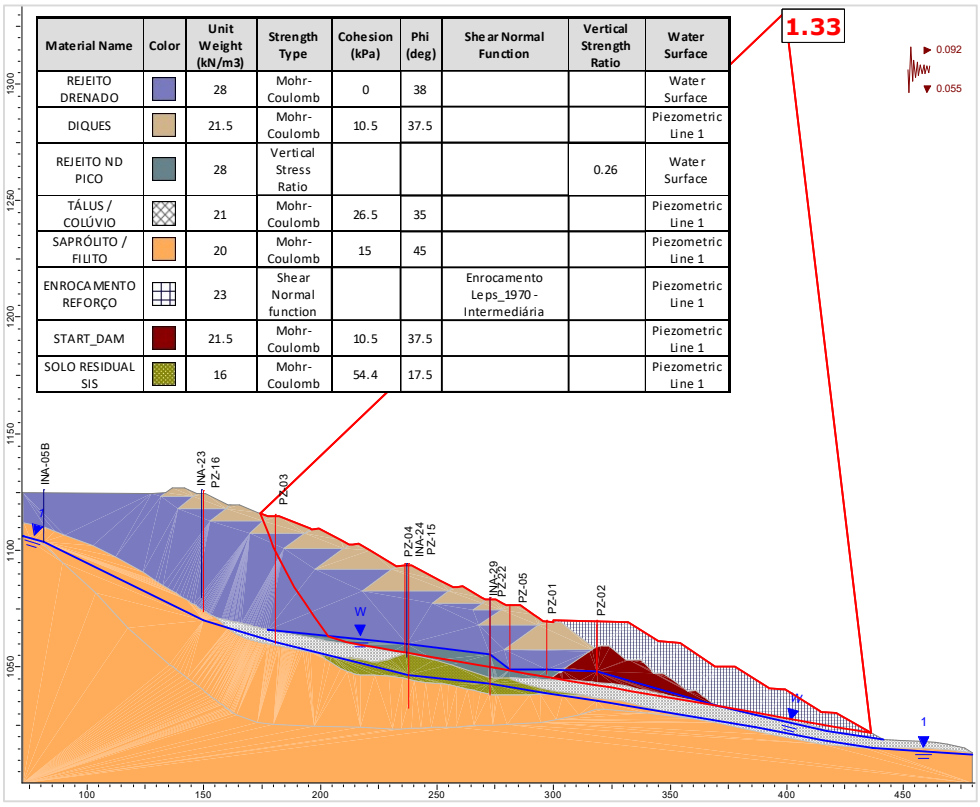
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
REJEITO ND LIQ		28	Vertical Stress Ratio				0.06	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1

Figura 6.111 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



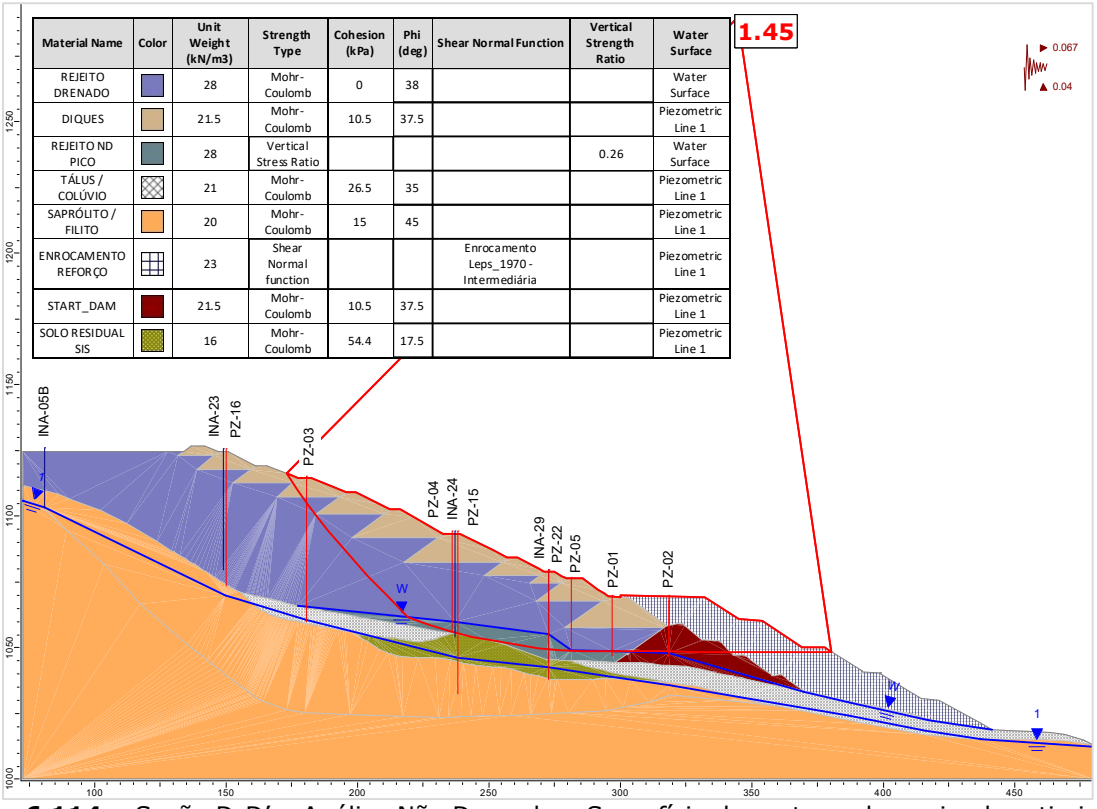
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Piezometric Line 1

Figura 6.112 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



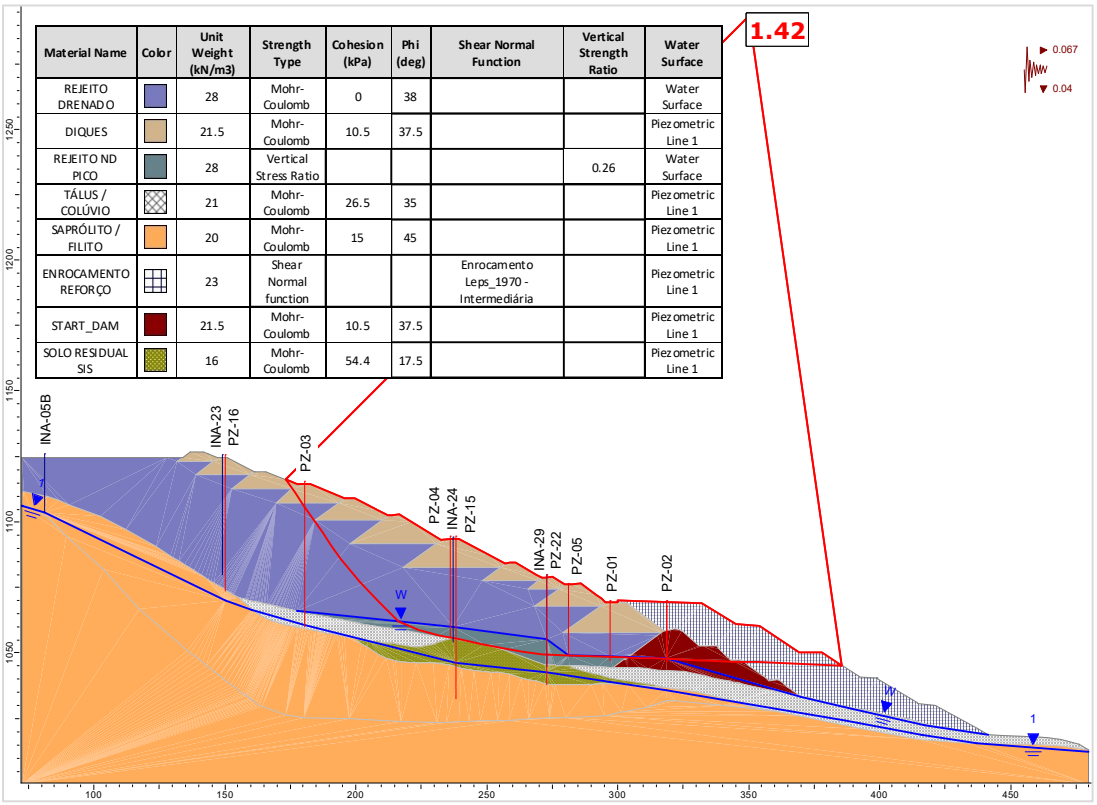
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Piezometric Line 1

Figura 6.113 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Piezometric Line 1

Figura 6.114 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Piezometric Line 1

Figura 6.115 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

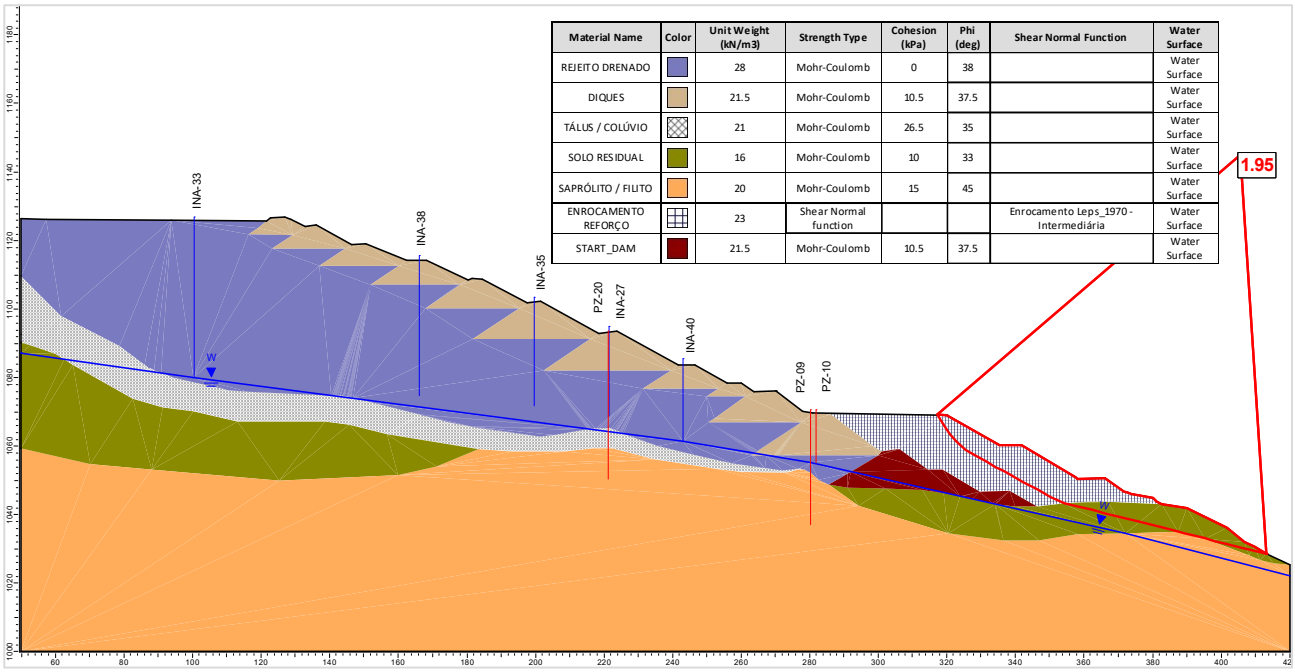


Figura 6.116 – Seção E-E' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024.

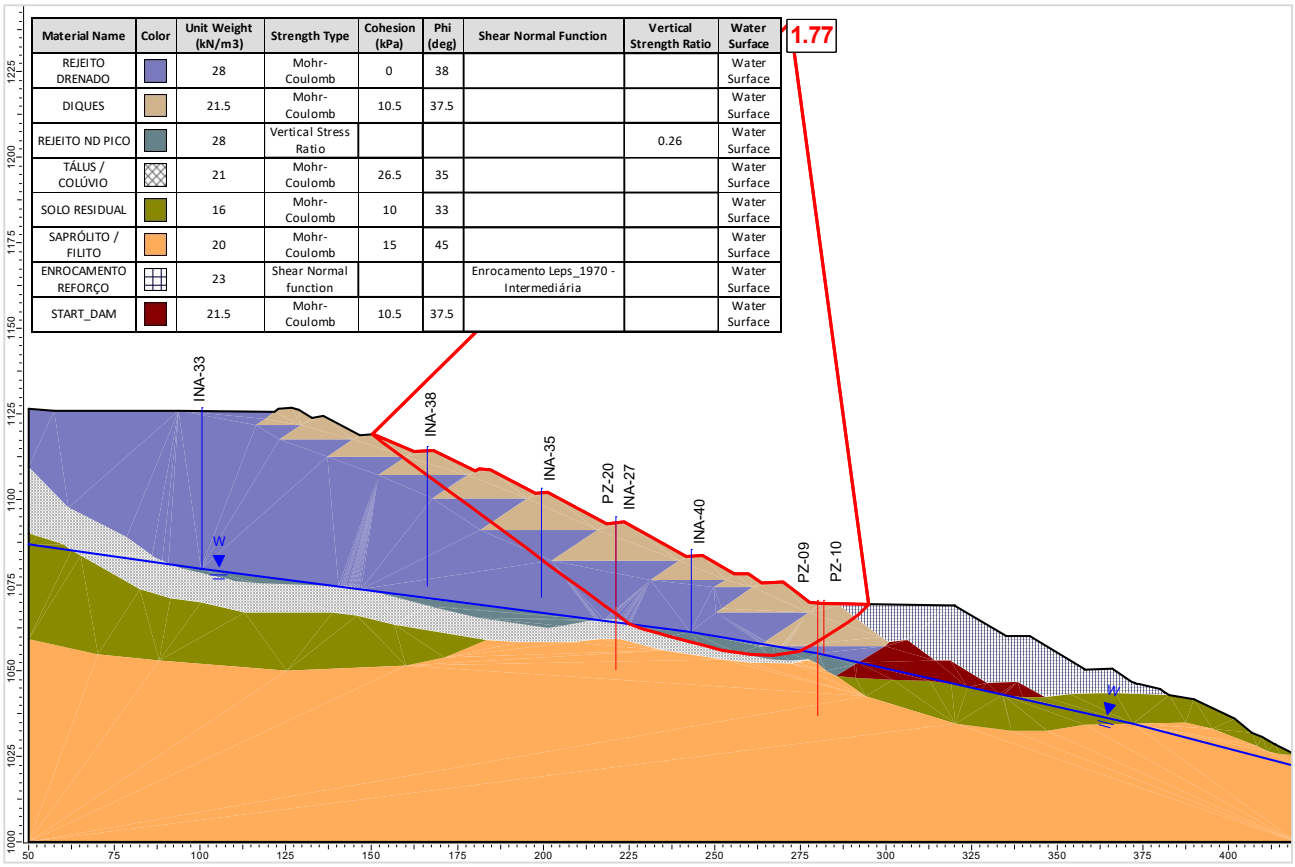
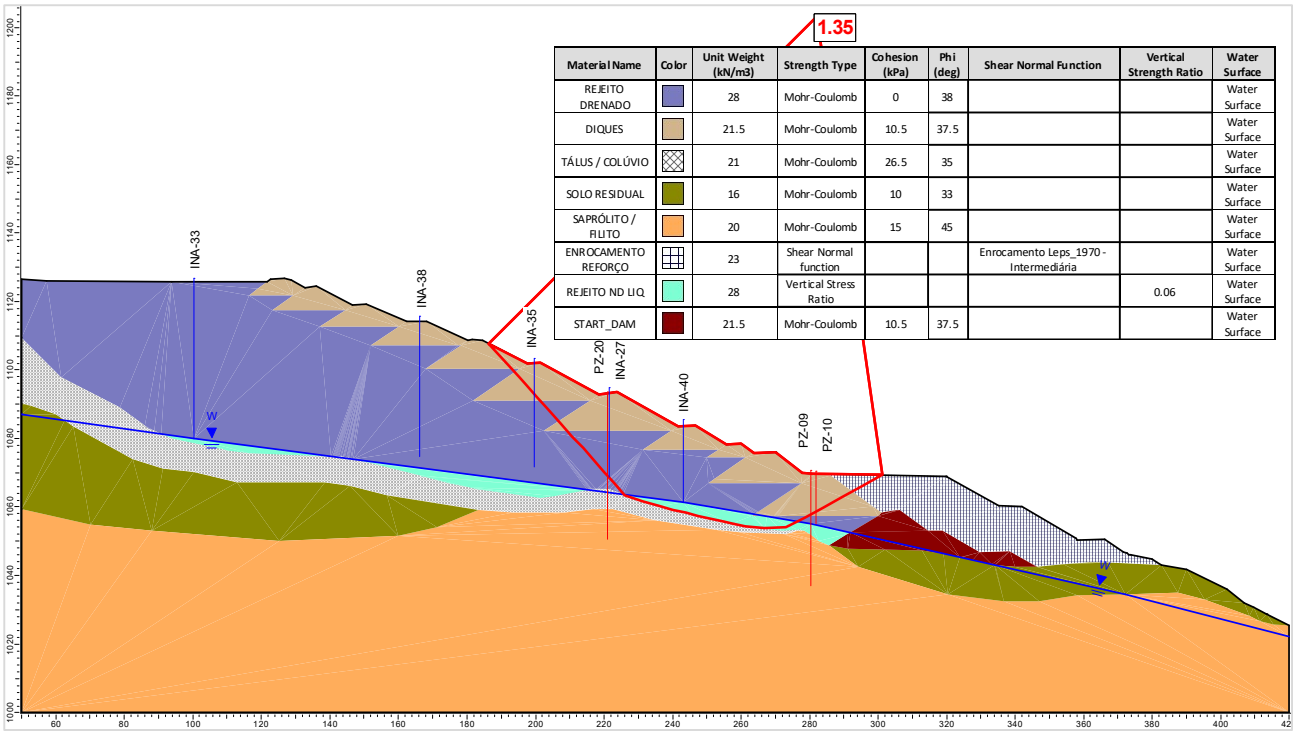
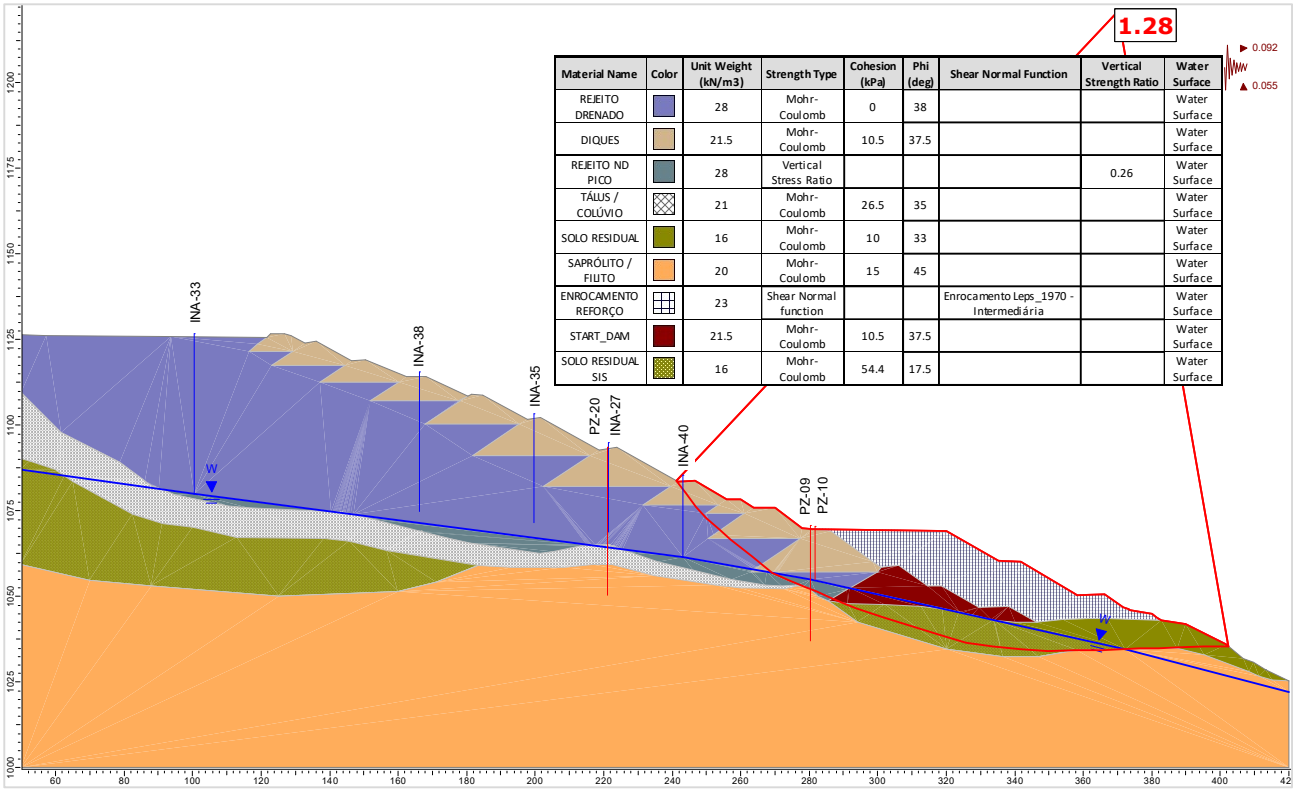


Figura 6.117 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
REJEITO ND LIQ		28	Vertical Stress Ratio				0.06	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface

Figura 6.118 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 6.119 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

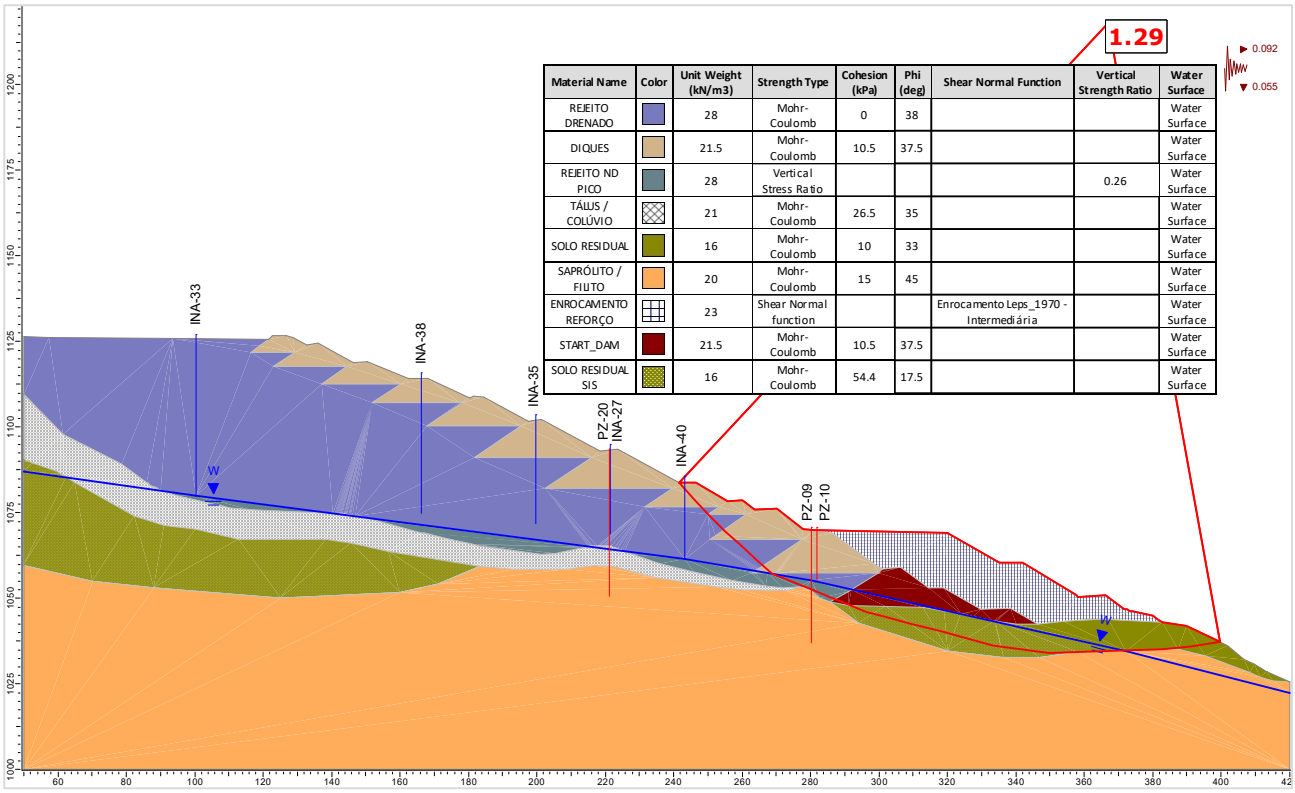


Figura 6.120 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

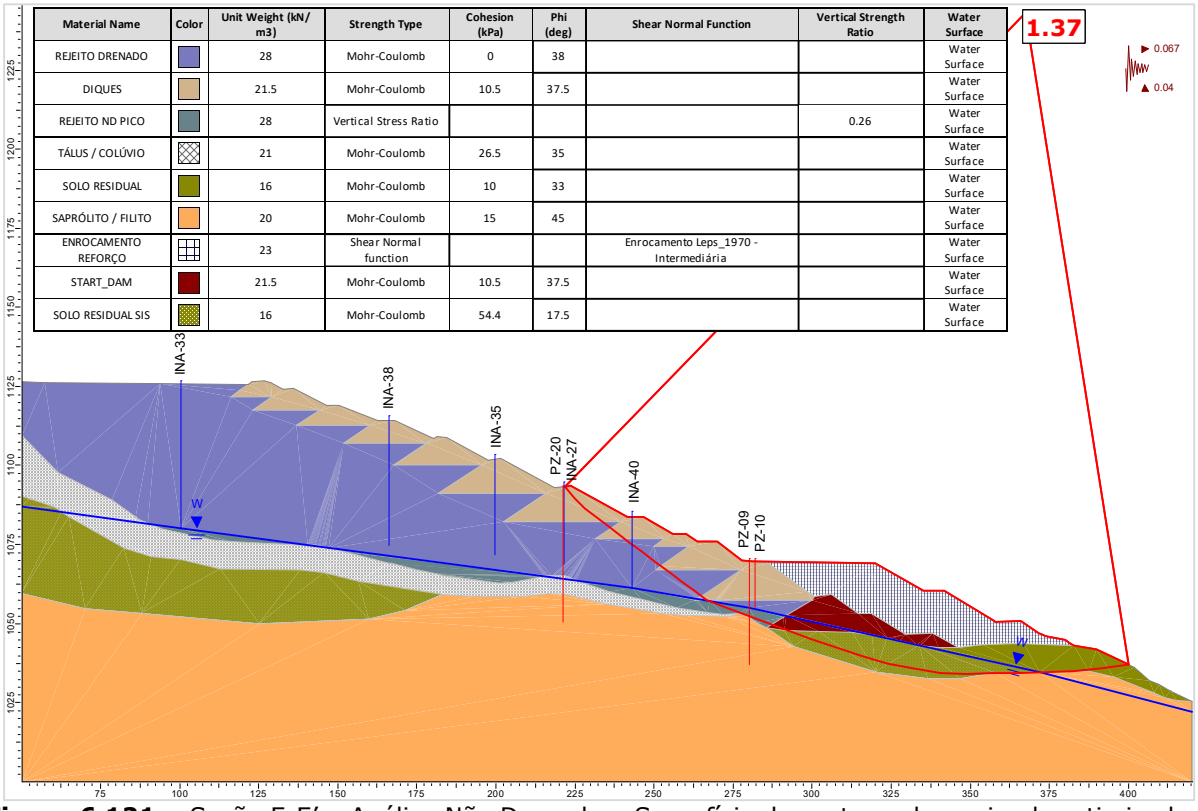


Figura 6.121 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

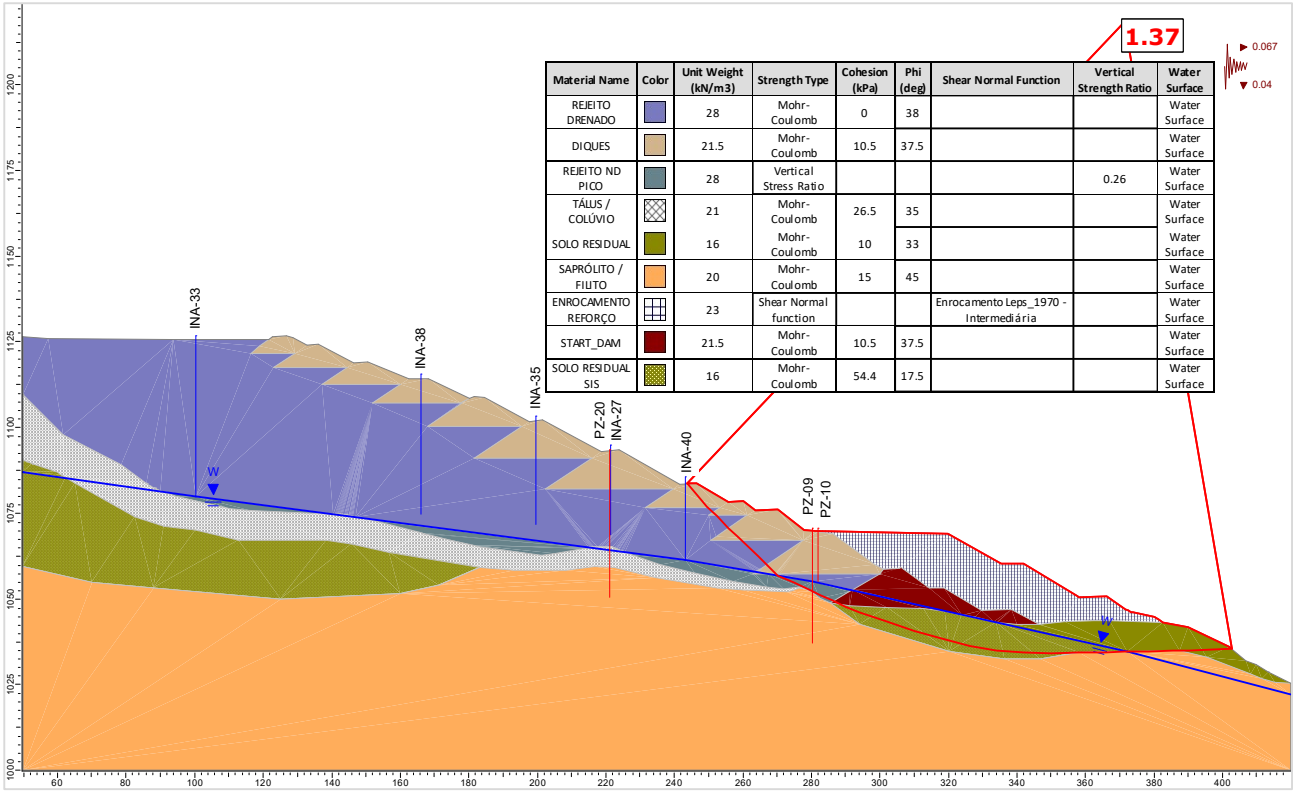


Figura 6.122 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 26/07/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, no período avaliado (maio/2024 a julho/2024).

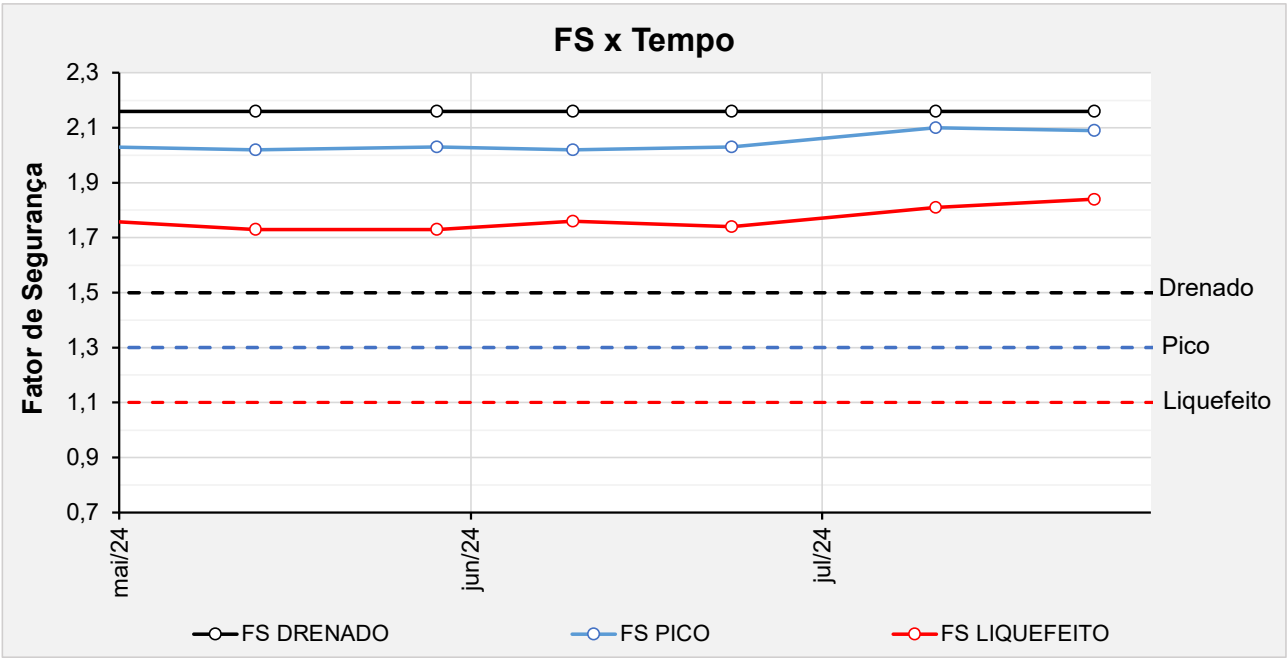


Figura 6.123 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

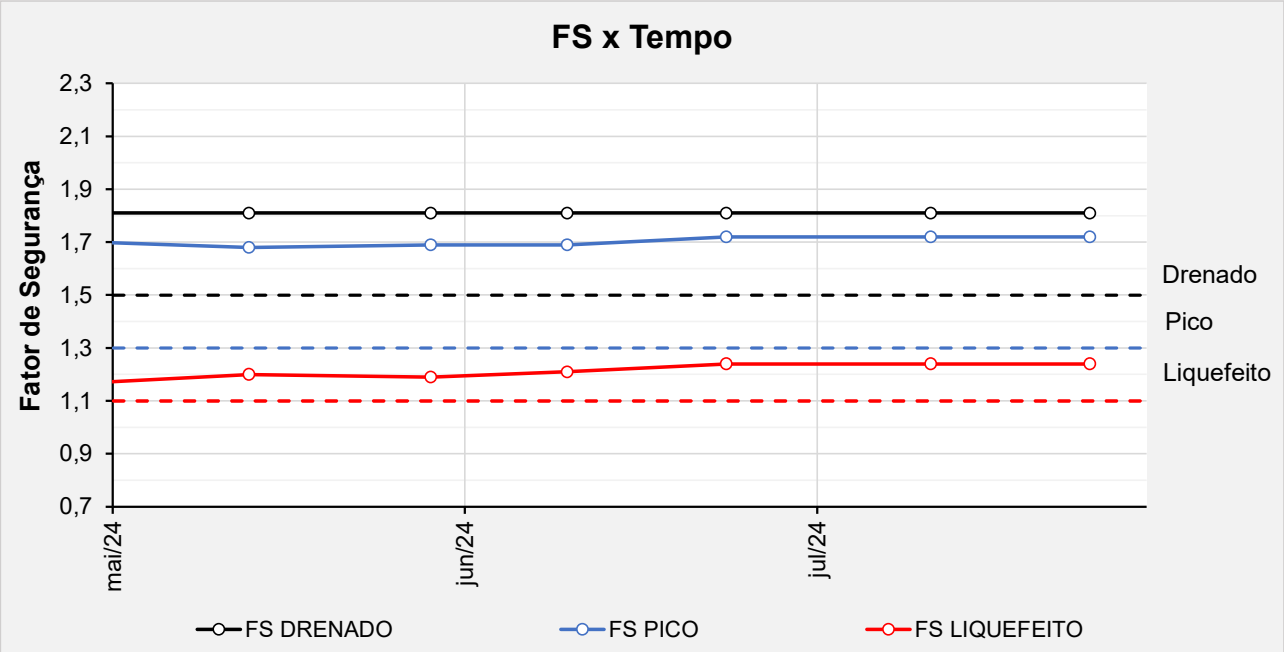


Figura 6.124 – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

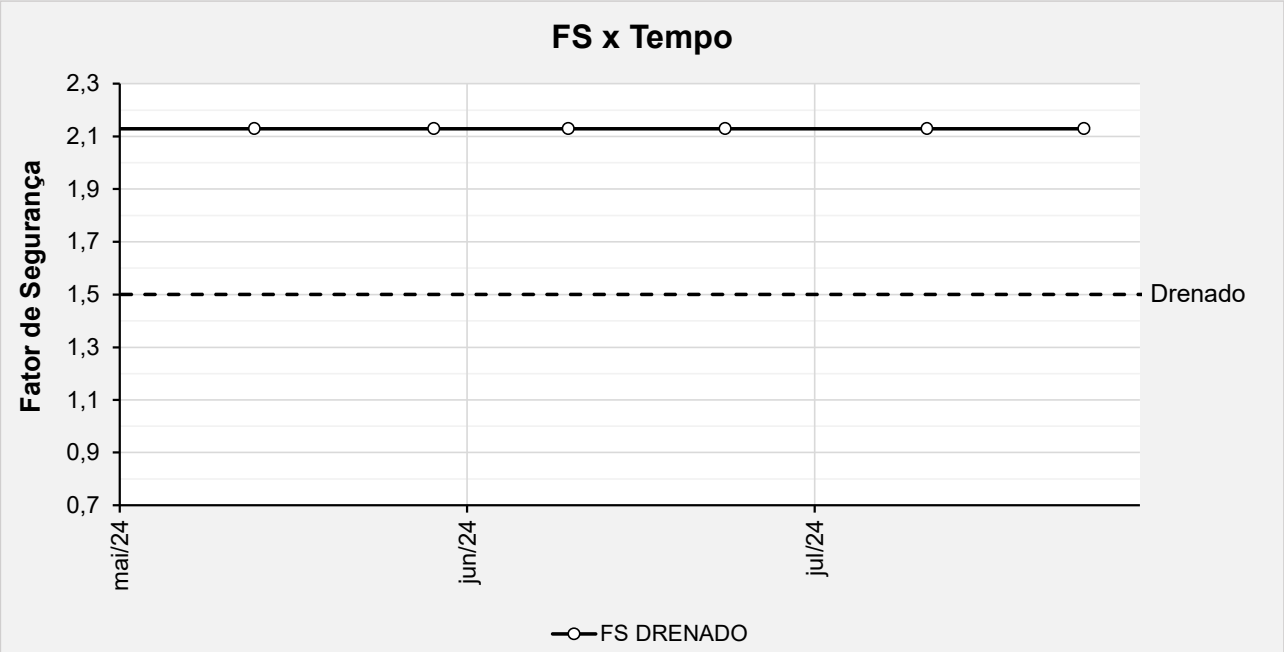


Figura 6.125 – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

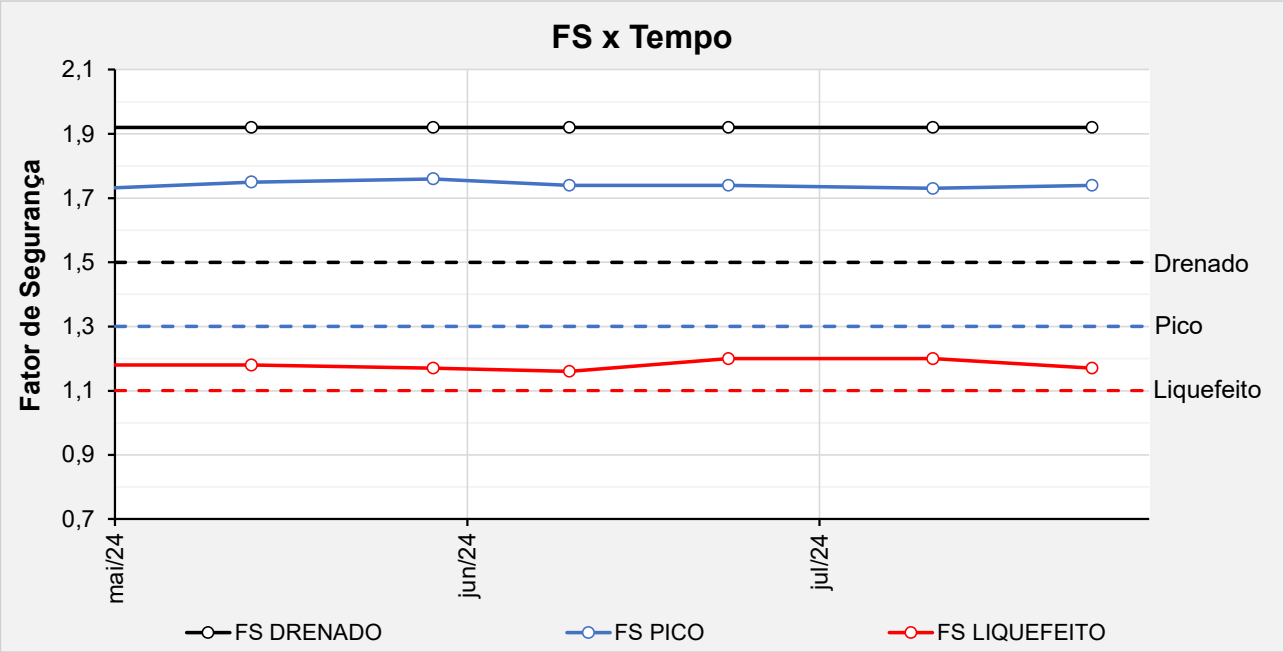


Figura 6.126 – Seção D-D' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

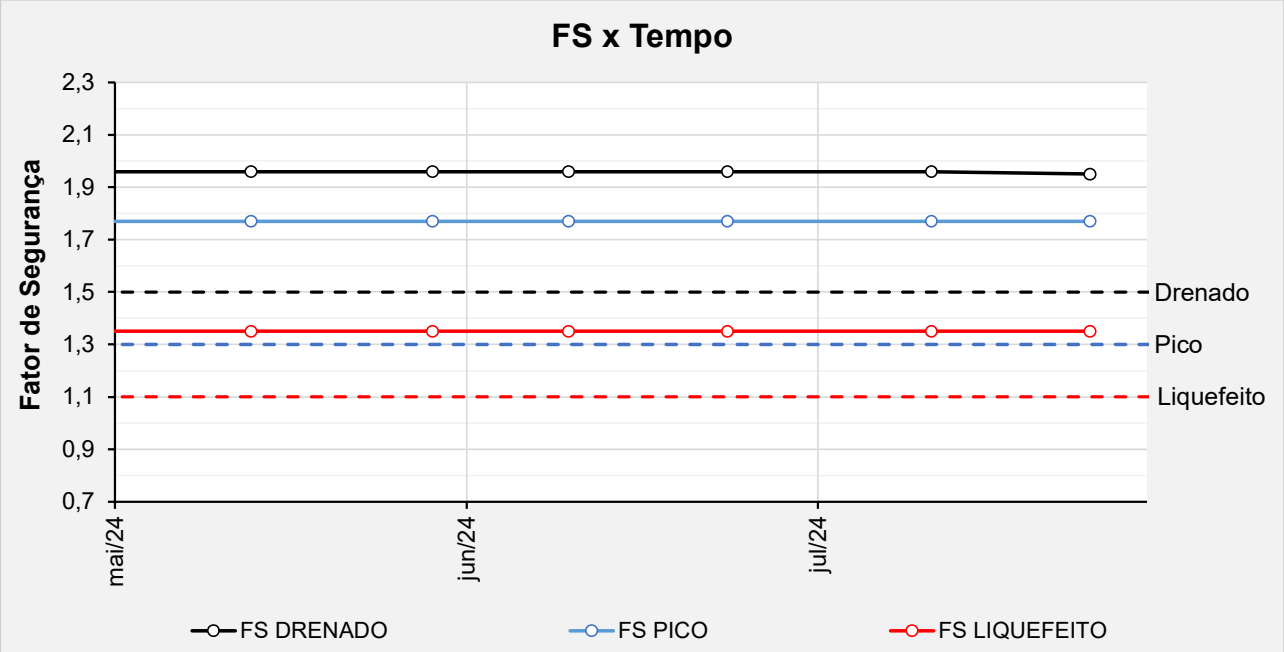


Figura 6.127 – Seção E-E' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

6.3 Controle do Nível Freático no Reservatório

Durante o mês de julho/2024 foi executada a Fase 1A do Projeto de Descaracterização da Barragem B2-Mina Tico-Tico em que parte consiste na construção de um *sump,* no fundo do reservatório, a ser utilizado para o acúmulo de água resultante de deságue do rejeito ou de chuvas eventuais e retenção de sedimentos gerados durante a execução das obras. Neste sump deverá ser instalado um sistema de bombeamento com capacidade para direcionar as águas

para o sistema extravasor.

Considera-se também que, ao fim das etapas intermediárias, o reservatório receberá revestimento impermeabilizante com geomembrana (Nortene com espessura de 1 mm ou similar), com reaproveitamento do material removido no início das obras, de forma a reduzir a infiltração e saturação da estrutura remanescente.

6.4 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

6.5 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B2 – Mina Tico-Tico será fundamental para as obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação do nível e pressão da água e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos.

Conforme discutido em itens anteriores, o material contido no reservatório da Barragem B2 – Mina Tico-Tico é composto por rejeito que foi caracterizado como material contrátil a partir da análise de ensaios CPTu realizados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Os fatores de segurança atuais, obtidos nas análises de estabilidade para a condição não drenada liquefeita, são superiores aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020, ou seja, se encontram acima de 1,1.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, verifica-se que as condições determinadas para dar continuidade às obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico são atendidas e podem prosseguir desde que sejam atendidas as seguintes condicionantes:

a) Análise de estabilidade atualizada que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles obtidos na fase de diagnóstico;
b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima semanal;
c) Realização de análises de estabilidade semanal;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição anterior, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista que permita autorizar o retorno das atividades.

6.6 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura nas análises de estabilidade com carregamento não drenado e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e a empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura e que são lidos manualmente deverá ser verificado no mínimo uma vez por semana durante o período de execução das obras. Caso os instrumentos indiquem que a superfície freática se encontra abaixo do nível verificado na fase de diagnóstico, a obra poderá prosseguir normalmente. Caso contrário, a equipe da MMI ou outra equipe com profissionais qualificados deverá realizar uma análise de estabilidade para verificação do fator de segurança referente à freática medida.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento

com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B2 – Mina Tico-Tico. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados bem como o técnico responsável pela leitura manual deverá reportar imediatamente qualquer anomalia nas leituras realizadas.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O fator de segurança avaliado com os dados atualizados da instrumentação não atender aos critérios mínimos descritos nesse projeto;
- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
- O profissional de campo identificar sinais/evidências de deformação nos taludes das ombreiras e áreas adjacentes;
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista.

6.7 Cronograma

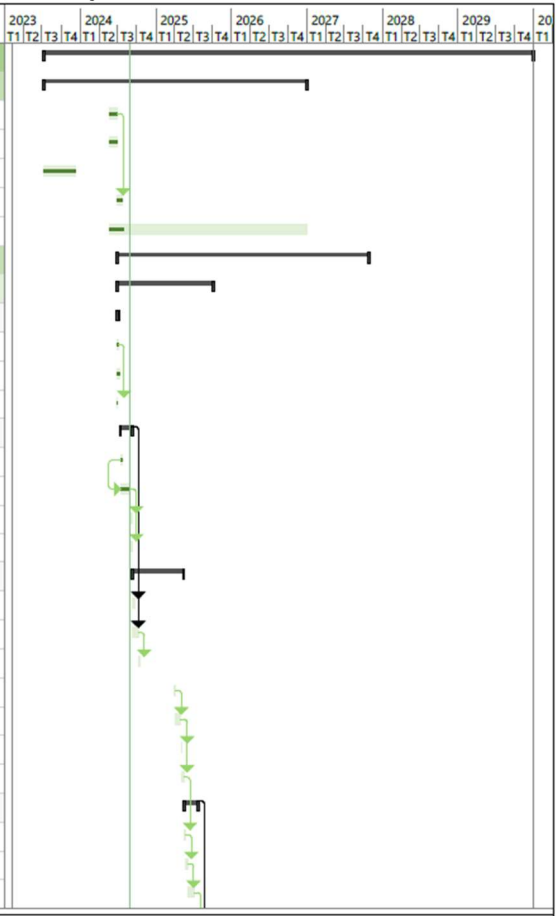
Na Figura 6.128 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico considerando desde os serviços preliminares e as obras de descaracterização propriamente dito.

Este cronograma foi inicialmente elaborado considerando três etapas macro a serem realizadas em período seco, conforme premissas do projeto, porém teve sua data ajustada conforme o início das obras e assim deverá ser atualizado de acordo com o andamento real dos serviços.

As obras de descaracterização começaram em julho de 2024, acarretando um prazo reduzido do período seco para executar todas as fases da Etapa 1 de projeto. Dessa forma, será necessário redistribuir as fases não executadas para a etapa seguinte que se inicia no período seco de 2025. Essas alterações de prazo poderão exigir adequações do projeto, de forma a manter a segurança da estrutura.

Figura 6.128 – Cronograma das obras de descaracterização.

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1	**DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO**	**1691 dias**	**Seg 10/07/23**	**Seg 31/12/29**
2	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**909 dias**	**Seg 10/07/23**	**Qui 31/12/26**
3	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	25 dias	Sex 24/05/24	Qui 27/06/24
4	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	25 dias	Sex 24/05/24	Qui 27/06/24
5	ADEQUAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR	109 dias	Seg 10/07/23	Qui 07/12/23
6	ESTABILIZAÇÃO DA ENCOSTA NATURAL - OMBREIRA ESQUERDA	17 dias	Sex 28/06/24	Seg 22/07/24
7	OPERAÇÃO DO POÇO DE REBAIXAMENTO (CASO SEJA NECESSÁRIO)	680 dias	Sex 24/05/24	Qui 31/12/26
8	**DESCARACTERIZAÇÃO**	**871 dias**	**Sex 28/06/24**	**Sex 29/10/27**
9	**ETAPA 1**	**333 dias**	**Sex 28/06/24**	**Ter 07/10/25**
10	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**7 dias**	**Sex 28/06/24**	**Seg 08/07/24**
11	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	2 dias	Sex 28/06/24	Seg 01/07/24
12	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	7 dias	Sex 28/06/24	Seg 08/07/24
13	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO	1 dia	Sex 28/06/24	Sex 28/06/24
14	**FASE 1 - REMOÇÃO 11° ALTEAMENTO**	**41 dias**	**Seg 15/07/24**	**Seg 09/09/24**
15	EXECUÇÃO DE SUMP	7 dias	Seg 15/07/24	Ter 23/07/24
16	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	34 dias	Seg 15/07/24	Qui 29/08/24
17	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Sex 30/08/24	Seg 09/09/24
18	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 11° ALTEAMENTO	7 dias	Sex 30/08/24	Seg 09/09/24
19	**FASE 2 - REMOÇÃO 10° ALTEAMENTO**	**179 dias**	**Ter 10/09/24**	**Sex 16/05/25**
20	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Ter 10/09/24	Qua 18/09/24
21	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO 1/2	20 dias	Ter 10/09/24	Seg 07/10/24
22	IMPLANTAÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM GEOMEMBRANA	7 dias	Ter 08/10/24	Qua 16/10/24
23	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO	5 dias	Seg 31/03/25	Sex 04/04/25
24	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO 2/2	20 dias	Seg 07/04/25	Sex 02/05/25
25	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	3 dias	Seg 05/05/25	Qua 07/05/25
26	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 10° ALTEAMENTO	10 dias	Seg 05/05/25	Sex 16/05/25
27	**FASE 3 - REMOÇÃO 9° ALTEAMENTO**	**50 dias**	**Seg 19/05/25**	**Sex 25/07/25**
28	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	5 dias	Seg 19/05/25	Sex 23/05/25
29	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Seg 26/05/25	Ter 03/06/25
30	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 04/06/25	Seg 07/07/25

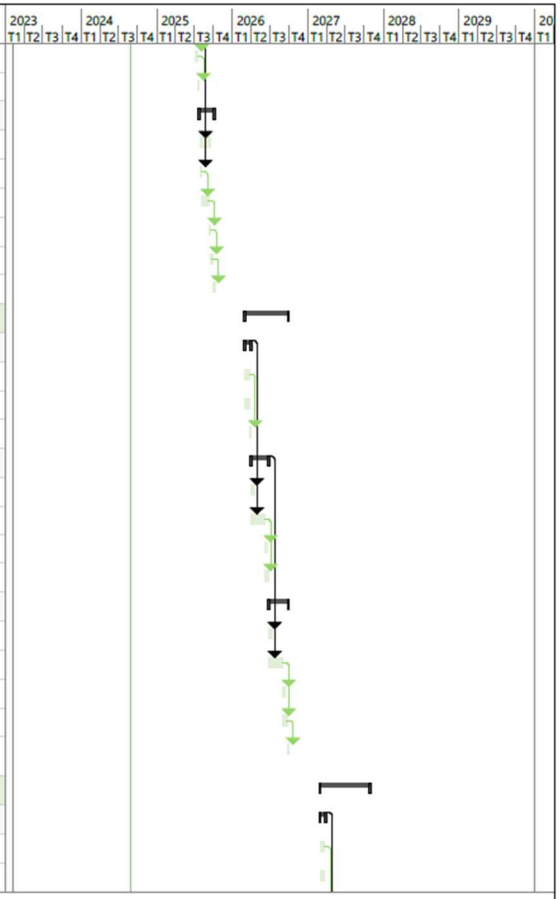


Projeto: Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico

TERRACOTA GEOTECNIA

Tarefa
Divisão
Marco
Resumo
Resumo do projeto
Tarefa Inativa
Marco Inativo
Resumo Inativo
Tarefa Manual
Somente duração
Acúmulo de Resumo Manual
Resumo Manual
Somente início
Somente término
Tarefas externas
Marco externo
Data limite
Andamento
Progresso manual

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
31	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 08/07/25	Qua 16/07/25
32	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 9º ALTEAMENTO	7 dias	Qui 17/07/25	Sex 25/07/25
33	**FASE 4 - REMOÇÃO 8º ALTEAMENTO**	**52 dias**	**Seg 28/07/25**	**Ter 07/10/25**
34	ESTABILIZAÇÃO DA ENCOSTA NATURAL - OMBREIRA DIREITA	38 dias	Seg 28/07/25	Qua 17/09/25
35	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Seg 28/07/25	Ter 05/08/25
36	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 06/08/25	Seg 08/09/25
37	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 09/09/25	Qua 17/09/25
38	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 8º ALTEAMENTO	7 dias	Qui 18/09/25	Sex 26/09/25
39	IMPLANTAÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM GEOMEMBRANA	7 dias	Seg 29/09/25	Ter 07/10/25
40	**ETAPA 2**	**152 dias**	**Ter 03/03/26**	**Qua 30/09/26**
41	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**21 dias**	**Ter 03/03/26**	**Ter 31/03/26**
42	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Ter 03/03/26	Seg 23/03/26
43	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Ter 03/03/26	Seg 23/03/26
44	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO	6 dias	Ter 24/03/26	Ter 31/03/26
45	**FASE 5 - REMOÇÃO 7º ALTEAMENTO**	**62 dias**	**Qua 01/04/26**	**Qui 25/06/26**
46	EXECUÇÃO DE SUMP	15 dias	Qua 01/04/26	Ter 21/04/26
47	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	48 dias	Qua 01/04/26	Sex 05/06/26
48	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Seg 08/06/26	Ter 16/06/26
49	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 7º ALTEAMENTO	14 dias	Seg 08/06/26	Qui 25/06/26
50	**FASE 6 - REMOÇÃO 6º ALTEAMENTO**	**69 dias**	**Sex 26/06/26**	**Qua 30/09/26**
51	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	15 dias	Sex 26/06/26	Qui 16/07/26
52	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	48 dias	Sex 26/06/26	Ter 01/09/26
53	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qua 02/09/26	Qui 10/09/26
54	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 6º ALTEAMENTO	14 dias	Qua 02/09/26	Seg 21/09/26
55	IMPLANTAÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM GEOMEMBRANA	7 dias	Ter 22/09/26	Qua 30/09/26
56	**ETAPA 3**	**174 dias**	**Ter 02/03/27**	**Sex 29/10/27**
57	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**21 dias**	**Ter 02/03/27**	**Ter 30/03/27**
58	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Ter 02/03/27	Seg 22/03/27
59	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Ter 02/03/27	Seg 22/03/27

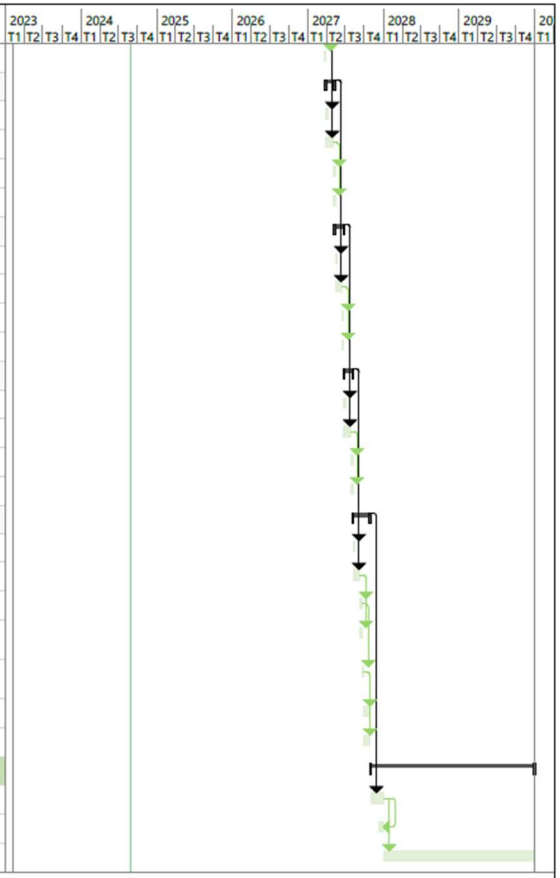


Projeto: Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico

TERRACOTA GEOTECNIA

Tarefa	Tarefa Inativa	Acúmulo de Resumo Manual	Marco externo
Divisão	Marco Inativo	Resumo Manual	Data limite
Marco	Resumo Inativo	Somente início	Andamento
Resumo	Tarefa Manual	Somente término	Progresso manual
Resumo do projeto	Somente duração	Tarefas externas	

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
60	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO	6 dias	Ter 23/03/27	Ter 30/03/27
61	**FASE 7 - REMOÇÃO 5º ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Qua 31/03/27**	**Qua 12/05/27**
62	EXECUÇÃO DE SUMP	7 dias	Qua 31/03/27	Qui 08/04/27
63	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 31/03/27	Seg 03/05/27
64	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 04/05/27	Qua 12/05/27
65	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 5º ALTEAMENTO	7 dias	Ter 04/05/27	Qua 12/05/27
66	**FASE 8 - REMOÇÃO 4º ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Qui 13/05/27**	**Qui 24/06/27**
67	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qui 13/05/27	Sex 21/05/27
68	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qui 13/05/27	Ter 15/06/27
69	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qua 16/06/27	Qui 24/06/27
70	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 4º ALTEAMENTO	7 dias	Qua 16/06/27	Qui 24/06/27
71	**FASE 9 - REMOÇÃO 3º ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Sex 25/06/27**	**Sex 06/08/27**
72	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Sex 25/06/27	Seg 05/07/27
73	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Sex 25/06/27	Qua 28/07/27
74	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qui 29/07/27	Sex 06/08/27
75	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 3º ALTEAMENTO	7 dias	Qui 29/07/27	Sex 06/08/27
76	**FASE 10 (FINAL) - REMOÇÃO 2º ALTEAMENTO**	**60 dias**	**Seg 09/08/27**	**Sex 29/10/27**
77	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Seg 09/08/27	Ter 17/08/27
78	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Seg 09/08/27	Qui 09/09/27
79	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 2º ALTEAMENTO	7 dias	Sex 10/09/27	Seg 20/09/27
80	REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE ESCAVADA COM DECLIVIDADE DE 2% NA DIREÇÃO DO MACIÇO PARA MONTANTE	7 dias	Sex 10/09/27	Seg 20/09/27
81	IMPLANTAÇÃO DE CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓRIO COM SOLO ARGILOSO COMPACTADO	7 dias	Ter 21/09/27	Qua 29/09/27
82	IMPLANTAÇÃO DE CANAL DE CONTORNO	22 dias	Qui 30/09/27	Sex 29/10/27
83	INSTALAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE	22 dias	Qui 30/09/27	Sex 29/10/27
84	**PÓS-OBRA**	**566 dias**	**Seg 01/11/27**	**Seg 31/12/29**
85	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	45 dias	Seg 01/11/27	Sex 31/12/27
86	DESMOBILIZAÇÃO	15 dias	Seg 13/12/27	Sex 31/12/27
87	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	521 dias	Seg 03/01/28	Seg 31/12/29



Projeto: Descaracterização
Barragem B2 - Mina Tico-Tico

TERRACOTA GEOTECNIA

Tarefa	Tarefa Inativa	Acúmulo de Resumo Manual	Marco externo
Divisão	Marco Inativo	Resumo Manual	Data limite
Marco	Resumo Inativo	Somente início	Andamento
Resumo	Tarefa Manual	Somente término	Progresso manual
Resumo do projeto	Somente duração	Tarefas externas	

7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 7.1 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
VII. Apresentar o andamento das obras para: a) Remoção das infraestruturas associadas à barragem, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;	Não aplicável. As infraestruturas associadas à barragem já foram removidas.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	Não aplicável. O TR de descaracterização de barragens alteadas pelo método de montante não exige protocolo para garantir a segurança dos trabalhadores da obra para barragens com declaração de condição de estabilidade garantida, caso da Barragem B2 – Mina Tico-Tico. O projeto atende ao exposto no item 3.3.1 do TR. Tal protocolo é exigido apenas para estruturas que se encontram em nível de alerta. De qualquer forma o projeto trata de critérios de inspeção e monitoramento para paralisação das obras conforme apresentado no Capítulo 13, mais específico no item 13.3 do Relatório de Descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.676).

8. Assinaturas

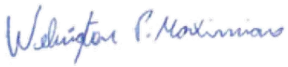
- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:



Elias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

- Responsável técnico pela barragem e pelo acompanhamento técnico das obras:

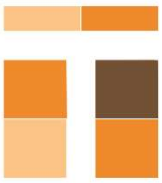


Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

9. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



TERRACOTA
GEOTECNIA

Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232097039

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em: **09/01/2023**

Valor: **R$ 260.000,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520

Nº: **00**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **IGARAPÉ**

UF: **MG**

CEP: **32900000**

Data de Início: **03/04/2023**

Previsão de término: **31/07/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.05.29 19:49:13 -03'00'

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Dados: 2023.05.30 11:00:56 -03'00'

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

BELO HORIZONTE, 29 de MAIO de 2023
Local data

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 254,59** Registrada em: **29/05/2023** Valor pago: **R$ 254,59** Nosso Número: **8601679206**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: Z6Z6a
Impresso em: 29/05/2023 às 19:45:46 por: , ip: 200.25.56.74

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243273936

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à MG20221553989

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1403750408**

Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **CMS000481**

Celebrado em: **17/07/2023**

Valor: **R$ 16.420,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520

Nº: **00**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **IGARAPÉ**

UF: **MG**

CEP: **32900000**

Data de Início: **01/08/2024**

Previsão de término: **31/08/2024**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS TÉCNICOS DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1025) E DA BARRAGEM B1-AUXILIAR - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1030), REFERENTE AO TRIMESTRE MAIO DE 2024 A JULHO DE 2024, EM ATENDIMENTO AO TERMO DE COMPROMISSO - TC (MPF, MPMG, SEMAD/FEAM, ANM).

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2024.08.29 22:19:55 -03'00'

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

Brumadinho, 27 de agosto de 2024

Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243273936

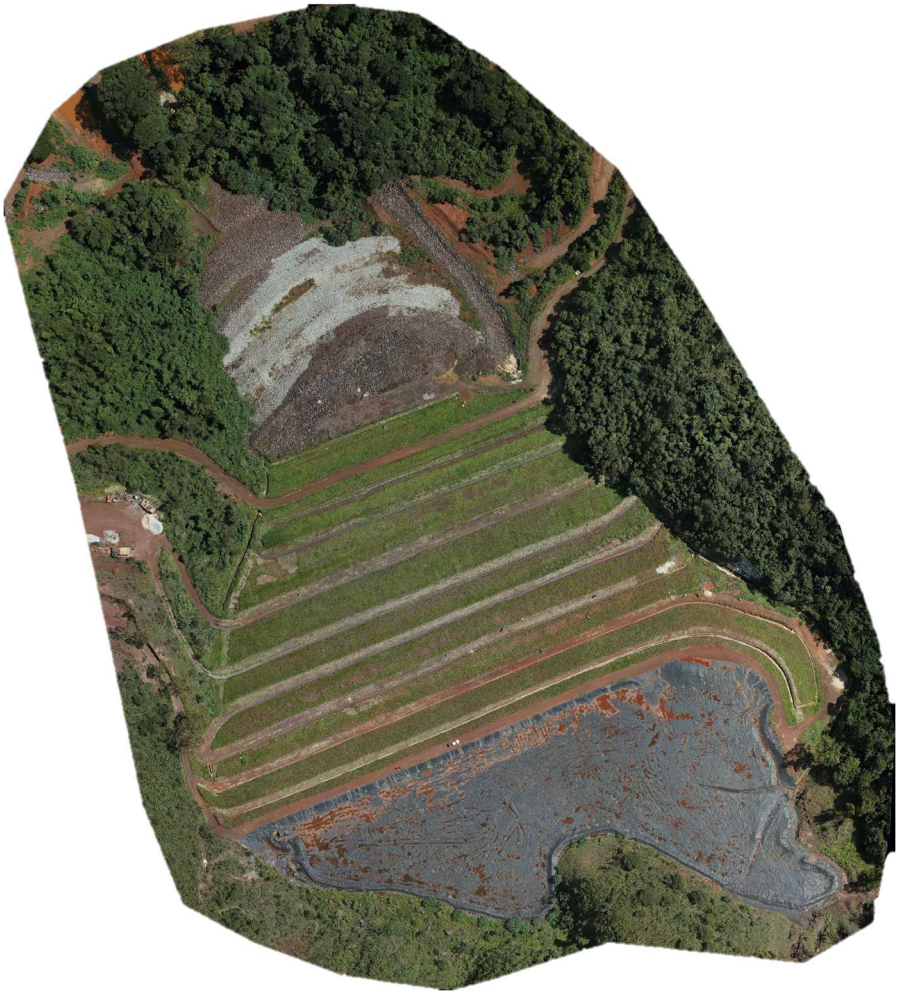
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à
MG20221553989

10. Valor

Valor da ART: **R$ 99,64** Registrada em: **27/08/2024** Valor pago: **R$ 99,64** Nosso Número: **8605555034**

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12822-R-BA-RL-14-GE_r0

MAIO

2024

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12822-R-BA-RL-14-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.961

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00				
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X					26	X					51	X					76	X				
2	X					27	X					52	X					77	X				
3	X					28	X					53	X					78	X				
4	X					29	X					54	X					79	X				
5	X					30	X					55	X					80	X				
6	X					31	X					56	X					81	X				
7	X					32	X					57	X					82	X				
8	X					33	X					58	X					83	X				
9	X					34	X					59	X					84	X				
10	X					35	X					60	X					85	X				
11	X					36	X					61	X					86	X				
12	X					37	X					62	X					87	X				
13	X					38	X					63	X					88	X				
14	X					39	X					64	X					89	X				
15	X					40	X					65	X					90	X				
16	X					41	X					66	X					91	X				
17	X					42	X					67	X					92	X				
18	X					43	X					68	X					93	X				
19	X					44	X					69	X					94	X				
20	X					45	X					70	X					95	X				
21	X					46	X					71	X					96	X				
22	X					47	X					72	X					97	X				
23	X					48	X					73	X					98	X				
24	X					49	X					74	X					99	X				
25	X					50	X					75	X					100	X				

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	27/05/2024						
EXECUTADO	GFL / EJC						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12822-R-BA-RL-14-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.961

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc						Rev doc						Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
101	X					126						151						176					
102	X					127						152						177					
103	X					128						153						178					
104	X					129						154						179					
105	X					130						155						180					
106	X					131						156						181					
107	X					132						157						182					
108	X					133						158						183					
109	X					134						159						184					
110	X					135						160						185					
111	X					136						161						186					
112	X					137						162						187					
113	X					138						163						188					
114	X					139						164						189					
115	X					140						165						190					
116	X					141						166						191					
117	X					142						167						192					
118	X					143						168						193					
119	X					144						169						194					
120						145						170						195					
121						146						171						196					
122						147						172						197					
123						148						173						198					
124						149						174						199					
125						150						175						200					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS.

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	27/05/2024						
EXECUTADO	GFL / EJC						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

SUMÁRIO

1. Introdução 5
2. Documentos de referência 6
3. Códigos e Normas 7
4. Ficha Técnica do Empreendimento 8
4.1 Identificação do Empreendedor 8
4.2 Identificação do Empreendimento 8
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 8
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 8
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 8
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.8 Localização da Barragem 9
4.9 Função atual 10
4.10 Características Gerais 10
4.11 Classificação da Barragem 15
5. Projeto de Descaracterização 20
5.1 Descrição do Projeto 21
5.2 Alterações de Projeto 26
5.3 Atividades Preparatórias 27
5.3.1 Poço de Bombeamento 27
5.3.2 Caixa de Passagem a Jusante da Estrutura 28
5.4 Cronograma 28
5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos 33
5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado 40
5.6.1 Inspeções de Campo 40
5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções 40
5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem 42
5.6.3.1 Leituras Instrumentação 55
5.6.4 Análise de Estabilidade 79
5.6.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações 81
5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem 82
5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática 88
5.6.4.4 Parâmetros de Resistência 90
5.6.4.5 Resultados 90
5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 111

5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 111
5.9 Rotina de Monitoramento 112
6. Obras de Descaracterização 113
7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 114
8. Assinaturas 118
9. Anexos 119

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B2 - Mina Tico-Tico**, referente ao trimestre de Fevereiro/2024 a Abril/2024, elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B2 - Mina Tico-Tico, o qual foi emitido em maio de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

Apesar de o projeto executivo ter sido emitido em maio de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico não foram iniciadas até o momento.

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.674_r2 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Abril/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.675_r2 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Abril/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.676_r2 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Abril/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.677_r2 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Especificações Técnicas Construtivas. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Abril/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.678_r2 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.708_r2 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.756_r2, IPE.OP.DE.8000.GT.20.813_r0 e IPE.OP.DE.8000.GT.20.814_r0 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Abril/2024.
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.908_r1 - Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragens – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – FEAM – 1º Semestre de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Março/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.553_r2 – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023.

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784/2019 - Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2017 – dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração, visando atender às condições de segurança, operacionalidade, economicidade e desativação, minimizando os impactos ao meio ambiente.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

4.8 Localização da Barragem

A Barragem B2 – Mina Tico-Tico localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Igarapé-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 574.570m E e 7.776.150m N à montante da estrutura descaracterizada da Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico e da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

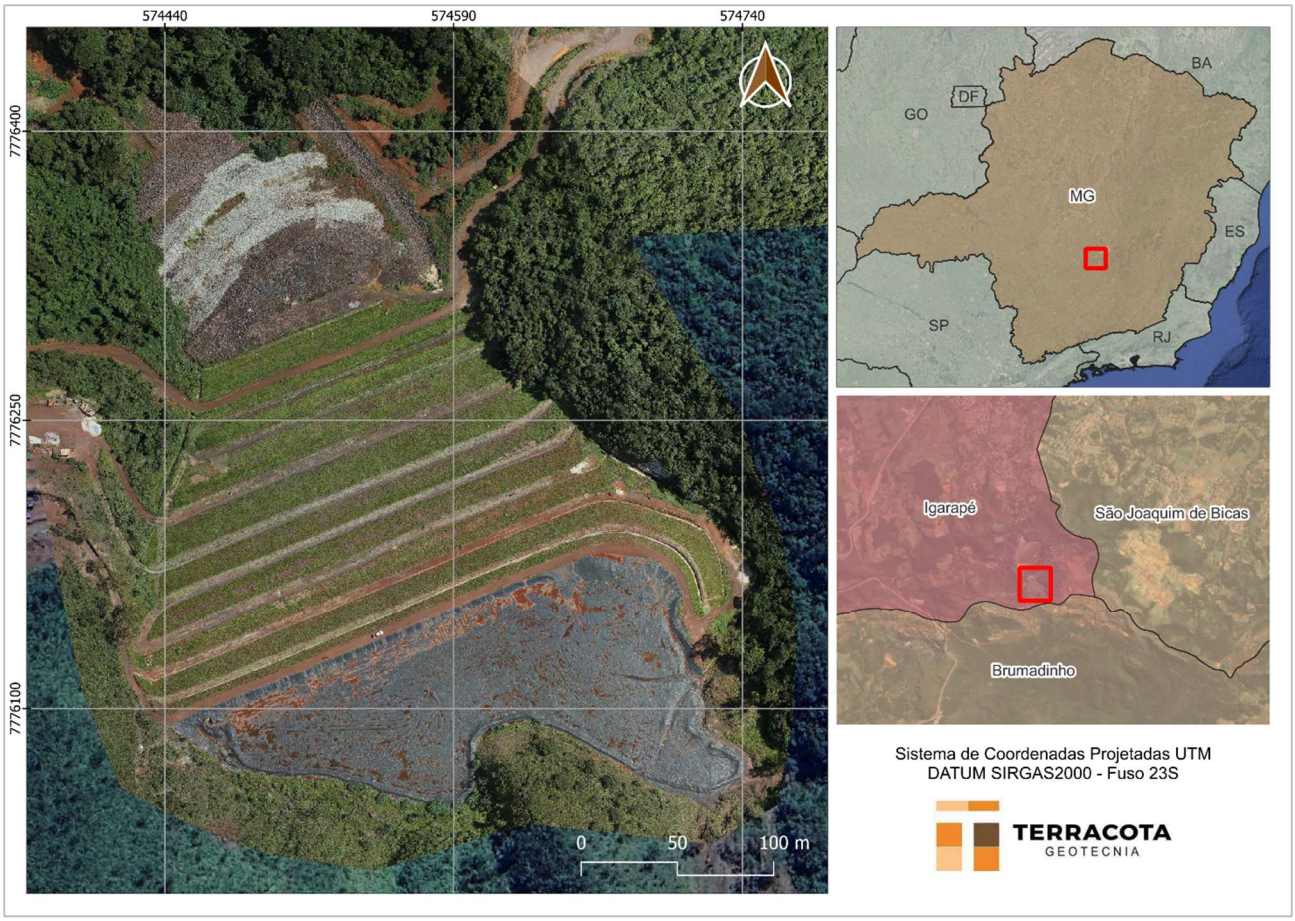


Figura 4.1 – Localização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

4.9 Função atual

As funções da barragem englobaram: a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte.

O lançamento de rejeitos na barragem foi encerrado no ano de 2007, estando a barragem na condição descomissionada e desativada, conforme definição da Resolução ANM 95/2022, Art. 2º VIII.a e IX e definição do Art. 1º do Decreto 48.140/2021.

4.10 Características Gerais

A Barragem B2 – Mina Tico-Tico foi construída em 12 etapas, sendo o maciço inicial e onze alteamentos a montante até a elevação final 1.127,00 m.

Devido ao fato de a barragem ter sido construída e operada entre os anos de 1990 e 2006 não foram encontrados documentos relacionados às obras de construção inicial e das etapas de alteamento da barragem tais como registros fotográficos, ensaios dos materiais, controle de

compactação do aterro e os documentos "como construído" das diversas etapas de operação da barragem.

A Tabela 4.1 abaixo apresenta a relação das etapas construtivas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Tabela 4.1 – Etapas construtivas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Etapa	Elevação Atual Aproximada (m)
Dique de Partida	1.060,0
1º Alteamento	1.069,0
2º Alteamento	1.076,0
3º Alteamento	1.079,0
4º Alteamento	1.084,3
5º Alteamento	1.093,5
6º Alteamento	1.102,5
7º Alteamento	1.109,0
8º Alteamento	1.115,0
9º Alteamento	1.119,5
10º Alteamento	1.124,3
11º Alteamento	1.127,0

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.2, sendo as informações existentes atualizadas a partir dos levantamentos topográficos de 2022 (IPE.OP.DE.8000.GT.20.455.dwg), de 2020 (IPE.OP.DF.8000.GT.20.019.J - 06/10/20 - ERG Engenharia dwg) e o levantamento cadastral após obra de ampliação do reforço e adequação do canal extravasor (CAD_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B2_TT_16DEZ23.dwg).

Na Figura 4.2 é apresentada uma imagem de satélite da estrutura e a Figura 4.3 apresenta a seção D-D' de maior altura da barragem.

Tabela 4.2 – Principais características da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B2 – Mina Tico-Tico
Código FEAM	406
Localização	Mina Tico-Tico – Igarapé/MG
Coordenadas geográficas do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'37.550" Longitude: -44°17'12.020"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	574.570m E / 7.776.150m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	1990
Ano de Início de Operação	1990
Ano de Término de Operação	2007
Ano de Término de Descaracterização	Sem previsão
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (projeto)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total – maciços + reservatório + amortecimento (m³)	1.800.173 (*)
Volume Total de maciços (m³)	442.916 (*)
Capacidade total do reservatório (m³)	1.357.257 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	1.344.347 (*)
Volume de amortecimento (m³)	19.207
Área do reservatório (m²)	18.519
Elevação do coroamento (m)	1.127,0
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	1.016,0
Altura atual da barragem (m);	111,0
Extensão do coroamento (m)	320,0
Largura do coroamento (m)	4,5
Largura das bermas (m)	5,0
Alteamentos realizados e seus métodos empregados	Alteamentos a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6º)
Inclinação talude de montante	1,6(H):1(V) (32º)
Elevação do NA normal do reservatório (m)	1.125,20
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.126,48
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.126,74
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,52
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,26
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	1,44
Descarga do vertedouro (PMP) (m³/s)	3,78
Capacidade de descarga do vertedouro (m³/s)	9,60
Área da bacia de contribuição (km²)	0,129

(*) Volumes obtidos a partir da reinterpretação da topografia primitiva do vale e levantamento topográfico cadastral.

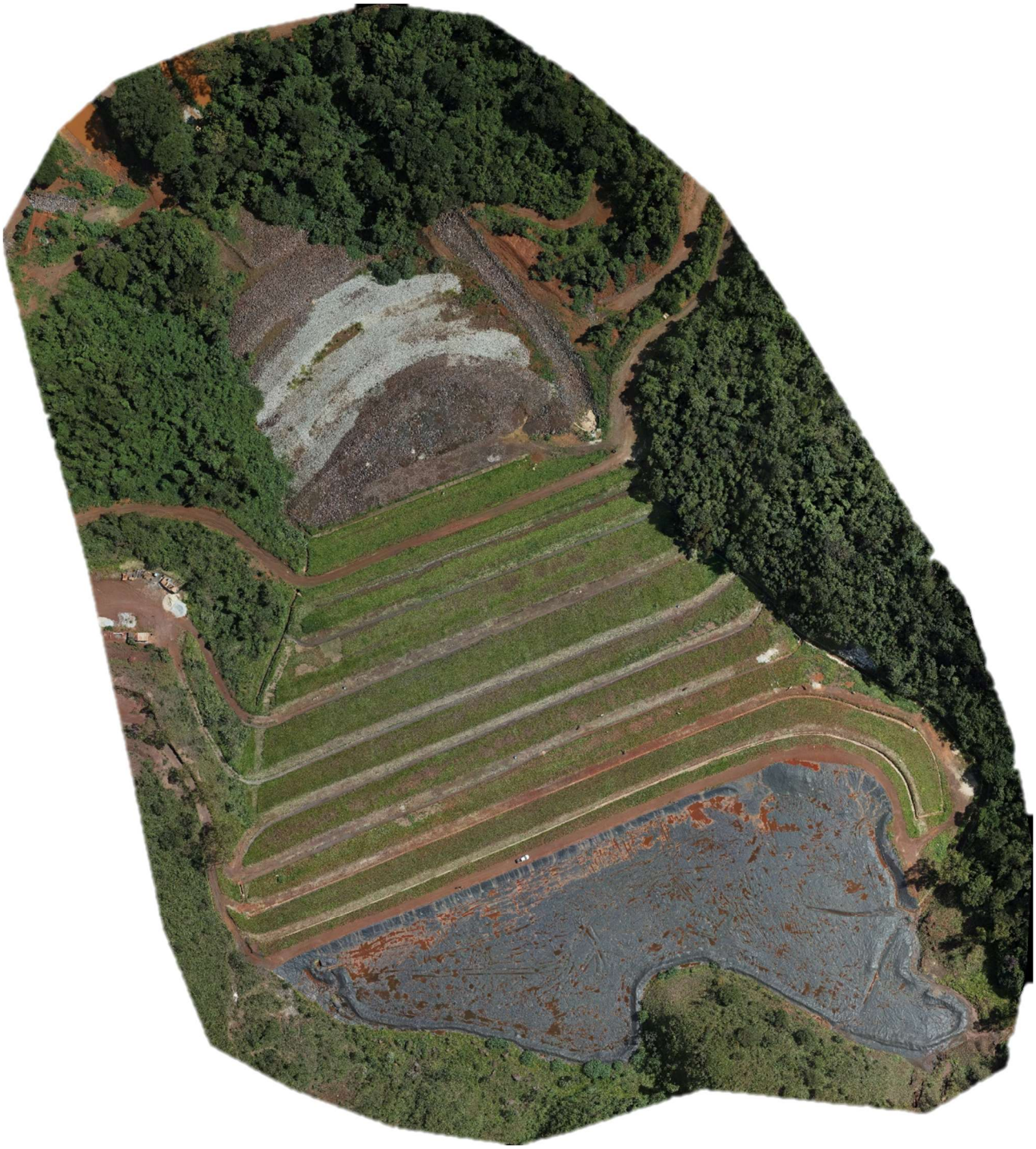


Figura 4.2 – Imagem da Barragem B2 – Mina Tico-Tico. (Fonte: Ortofoto MMI – Março/2024).

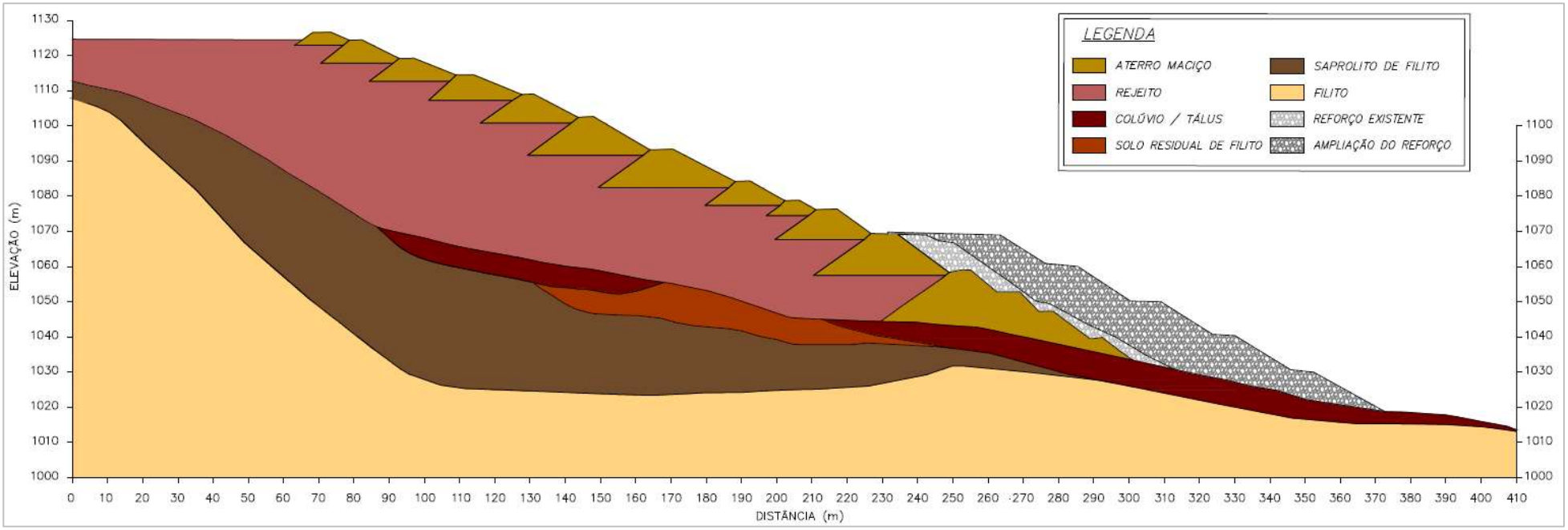


Figura 4.3 – Seção de maior altura (D-D') da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B2 – Mina Tico-Tico** foi classificada, conforme RTESB referente ao 1º semestre/2024 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.908), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.3 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	3
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**22**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥ 65 ou EC*=10
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.4 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	5
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**23**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.5 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	**Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)**
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 0			

Tabela 4.8 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 3				

Tabela 4.9 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanen-temente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de insta-lações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO **(Existe alta concentração de instalações residen-ciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
PDA = Σ (a até d) =23			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de remoção parcial dos rejeitos dispostos no reservatório, além dos maciços até o nível do coroamento do 1º alteamento de montante, em torno da elevação 1.069,0 m, nível este correspondente ao topo do aterro de reforço executado com enrocamento;
- O projeto de descaracterização será concebido para ser executado em três etapas macro de remoção (três períodos secos), sendo a primeira com remoção dos rejeitos do reservatório e alteamentos a montante até a elevação 1.109,0 m, a segunda removendo os materiais até a elevação 1.093,3 m e a terceira e última etapa, concluindo a remoção, até o nível do topo da estrutura de reforço na elevação 1.069,0 m;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos, com duração mínima de 6 meses (abril a setembro), podendo se estender em função das condições climáticas desde que haja tempo hábil para atender as premissas de conclusão de etapa e executar os serviços para a passagem do período chuvoso. Mesmo assim, o projeto contempla a escavação de sumps próximo ao emboque do sistema extravasor para contenção de água e sedimentos nos casos de chuvas eventuais;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada em camadas de espessura média de 2,0 m, que poderá ser ajustada em campo, condicionada à capacidade de suporte do material, podendo ser necessária a execução de valas drenantes para deságue do rejeito saturado com o objetivo de garantir condições de segurança e operação para trafegabilidade dos equipamentos durante a atividade de lavra. Nos casos em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro com rejeito seco (aterro de conquista) de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;
- O volume total geométrico de remoção previsto, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.487.709 m³;
- A superfície final do reservatório deverá receber camada impermeabilizante (selo) de solo argiloso, preferencialmente laterítico, compactado em camadas de no máximo 25 cm de material solto até obter espessura final mínima de 50 cm, grau de compactação de 98% do PN e ter declividade de 2% para montante de forma a direcionar os fluxos incidentes nesta superfície para o canal de contorno;
- Deverá ser realizada a recomposição vegetal da área do terreno natural exposta pelas

escavações após remoção dos rejeitos e maciços, com utilização de materiais apropriados. Conforme item 3.6 da TR de Descaracterização da FEAM, a técnica será determinada com embasamento no diagnóstico da área pós-descaracterização à medida que avançam as obras e se tenha as reais condições da superfície exposta com objetivo final de reintrodução da área ao contexto da paisagem local.

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B2 – Mina tico-Tico é composto por 03 (três) etapas macro, conforme descrito no relatório do projeto (IPE.OP.RL.8000.GT.20.676): a Etapa 1 contempla as escavações dos rejeitos dispostos no reservatório até a elevação 1.104,0 m e o rebaixamento dos maciços dos alteamentos até a elevação 1.109,0 m; já a Etapa 2, abrange a remoção dos rejeitos até a elevação 1089,0 m e rebaixamento dos maciços até a elevação 1093,3 m; e, finalizando com a remoção dos rejeitos até a elevação 1068,0 e rebaixamento dos maciços até a elevação 1069,0 m.

Em termos gerais, a remoção prevista no projeto será realizada em três etapas macro compreendendo:

- **Etapa 1** - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) a partir do 11º alteamento até o 8º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.109,0 m, correspondendo a um rebaixamento de aproximadamente 18,0 m;

    - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 463.643.m^3;
    - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 103.200.m^3.
    - Volume total de remoção da etapa: 566.843 m³

- **Etapa 2** - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 7º alteamento e do 6º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.093,3 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 15,7 m; e,

    - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 368.276.m^3;
    - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 82.498.m^3.
    - Volume total de remoção da etapa: 450.774 m³

- **Etapa 3** – Última etapa prevista, remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 5º alteamento ao 2º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.069,0 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 24,3 m.

    - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 386.202.m^3;
    - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 83.889.m^3.
    - Volume total de remoção da etapa: 470.091 m³

Com base na taxa de escavação média entre 2.800 e 3.100 m³ por dia, fornecida pela MMI, cada etapa está prevista para ser executada em um período seco (ciclo de 6 meses, de abril a setembro), podendo ser estendido ou antecipado em função do regime de chuvas e data de início das obras.

Os taludes de escavação terão inclinação de 3H:1V, quando for executado em rejeito disposto no reservatório, e 2H:1V, quando resultantes das escavações em rejeito dos maciços compactados. A Figura 5.1 e a Figura 5.2 apresentam o resumo da sequência construtiva de remoção do rejeito em camadas.

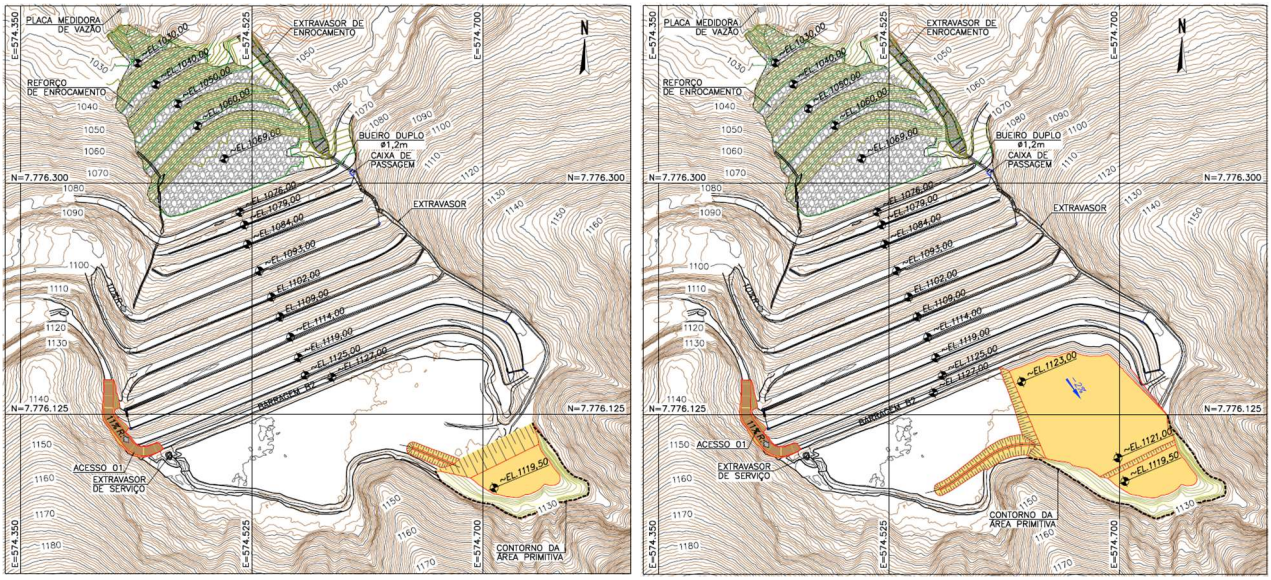


Figura 5.1 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente à primeira fase.

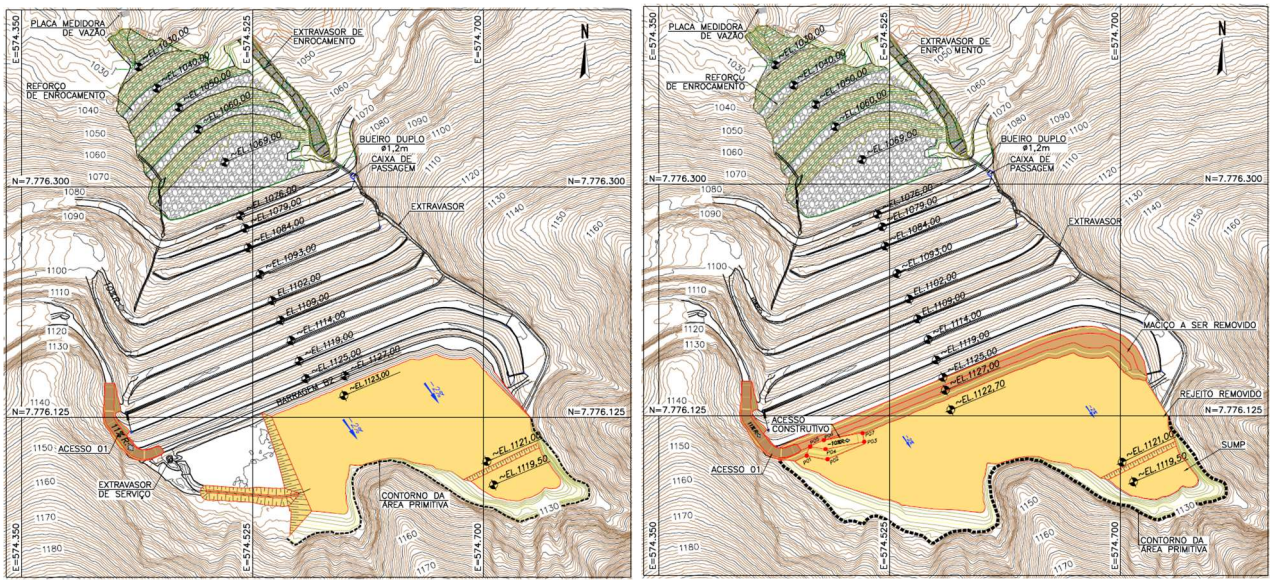


Figura 5.2 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente à primeira fase.

Ao término das obras, com a remoção dos rejeitos e maciços de alteamentos até a elevação final de projeto, será realizada a regularização da superfície do reservatório escavada com declividade de 2% para montante. Após essa regularização, será implantada camada de impermeabilização da superfície do reservatório com solo argiloso compactado. Com a conclusão da regularização e impermeabilização do reservatório remanescente, será executado canal de contorno com revestimento em enrocamento, em que toda a base do canal deverá receber camada de geomembrana, de forma a reduzir a percolação, além de proteção com geotêxtil antes de receber os blocos.

Também faz parte das obras a adequação do emboque do sistema extravasor de emergência, em todas as fases de remoção intermediária da barragem.

A execução das obras deverá cumprir com as diretrizes apresentadas na especificação técnica, nos desenhos de projeto e no relatório técnico do projeto executivo. Ressalta-se que as especificações detalhadas no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.677 poderão ser ajustadas conforme experiência adquirida em campo durante a execução das obras, desde que aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

Durante a execução de todas as fases deverá ser realizada a remoção e limpeza dos rejeitos do reservatório e alteamentos / maciços até o terreno natural nos encontros com as ombreiras e encosta natural a montante.

As áreas expostas do terreno natural deverão receber recomposição vegetal como forma de proteção contra erosões/ravinamento, sendo que os talvegues remanescentes da limpeza no meio do vale deverão receber proteção com enrocamentos.

O volume a ser escavado de rejeitos no reservatório será de aproximadamente 1.218.122 m³. O volume a ser escavado de aterros compactados dos alteamentos da barragem, também executados com rejeitos, será de aproximadamente 269.587 m³. A soma de todos os materiais a serem removidos durante as obras de descaracterização totalizam aproximadamente 1.487.708 m³.

A seguir são apresentadas figuras representativas das etapas macro de execução do projeto de descaracterização.

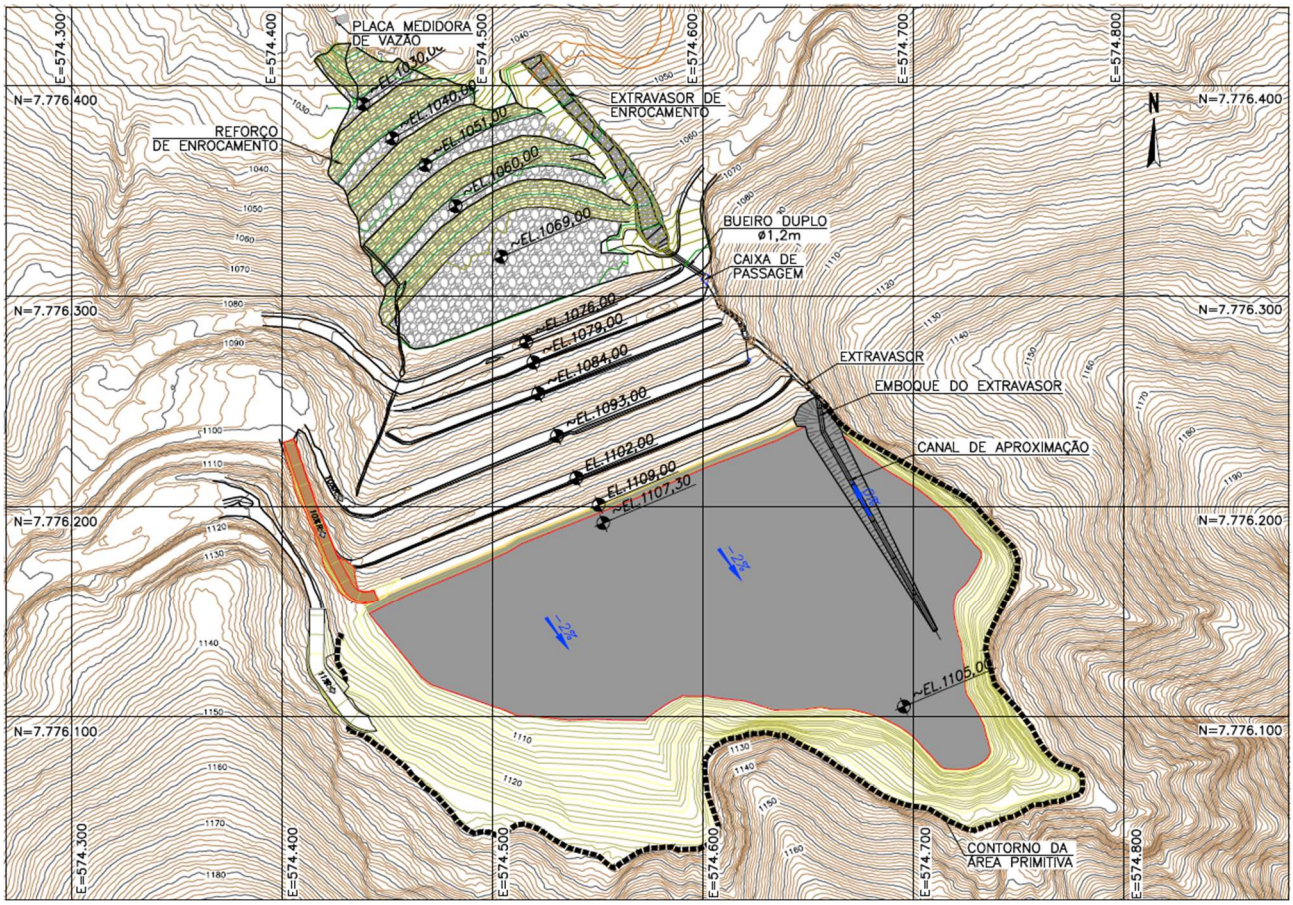


Figura 5.3 – Etapa 1 – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços entre o 11º e 8º alteamentos por montante.

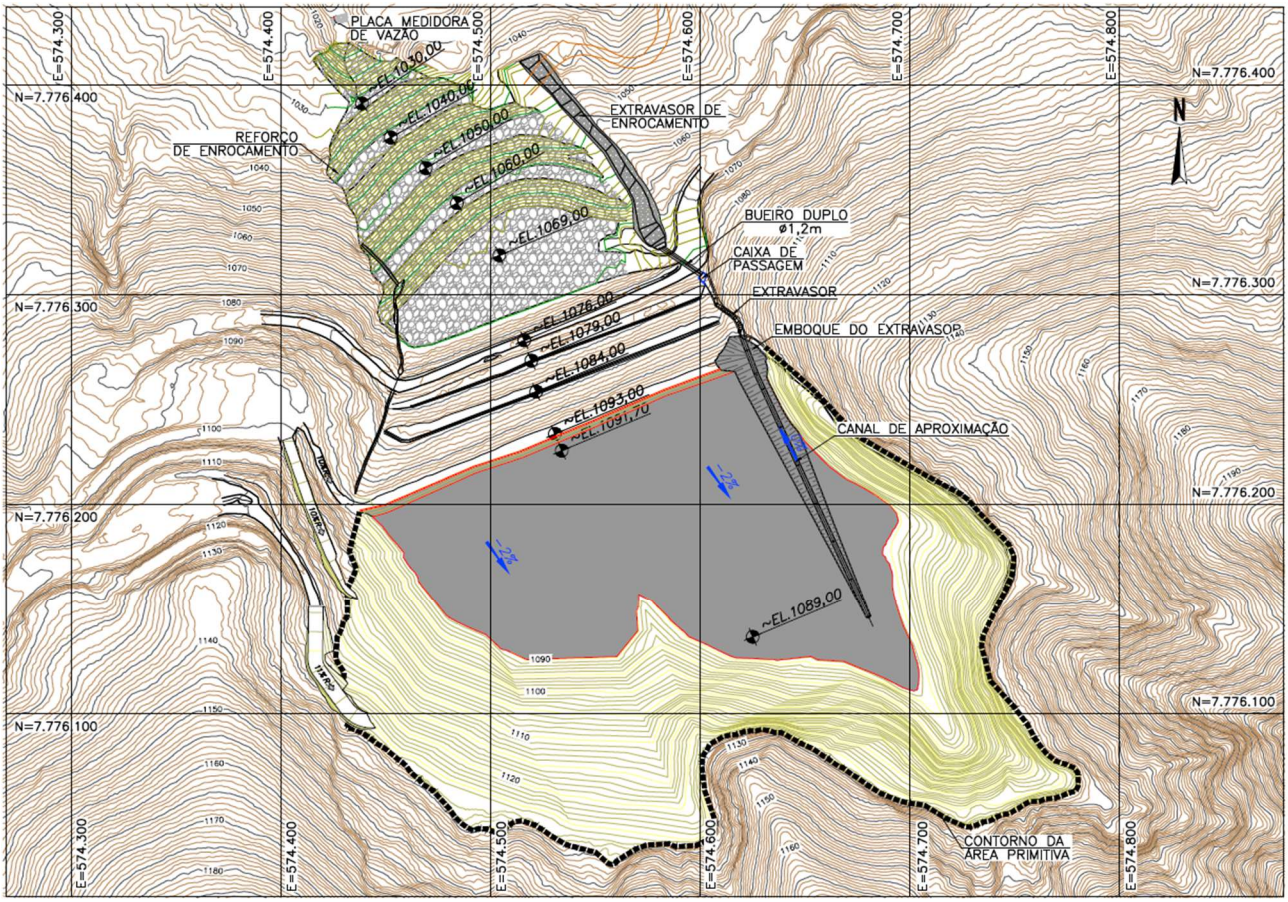


Figura 5.4 – Etapa 2 – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços do 7º e 6º alteamentos por montante.

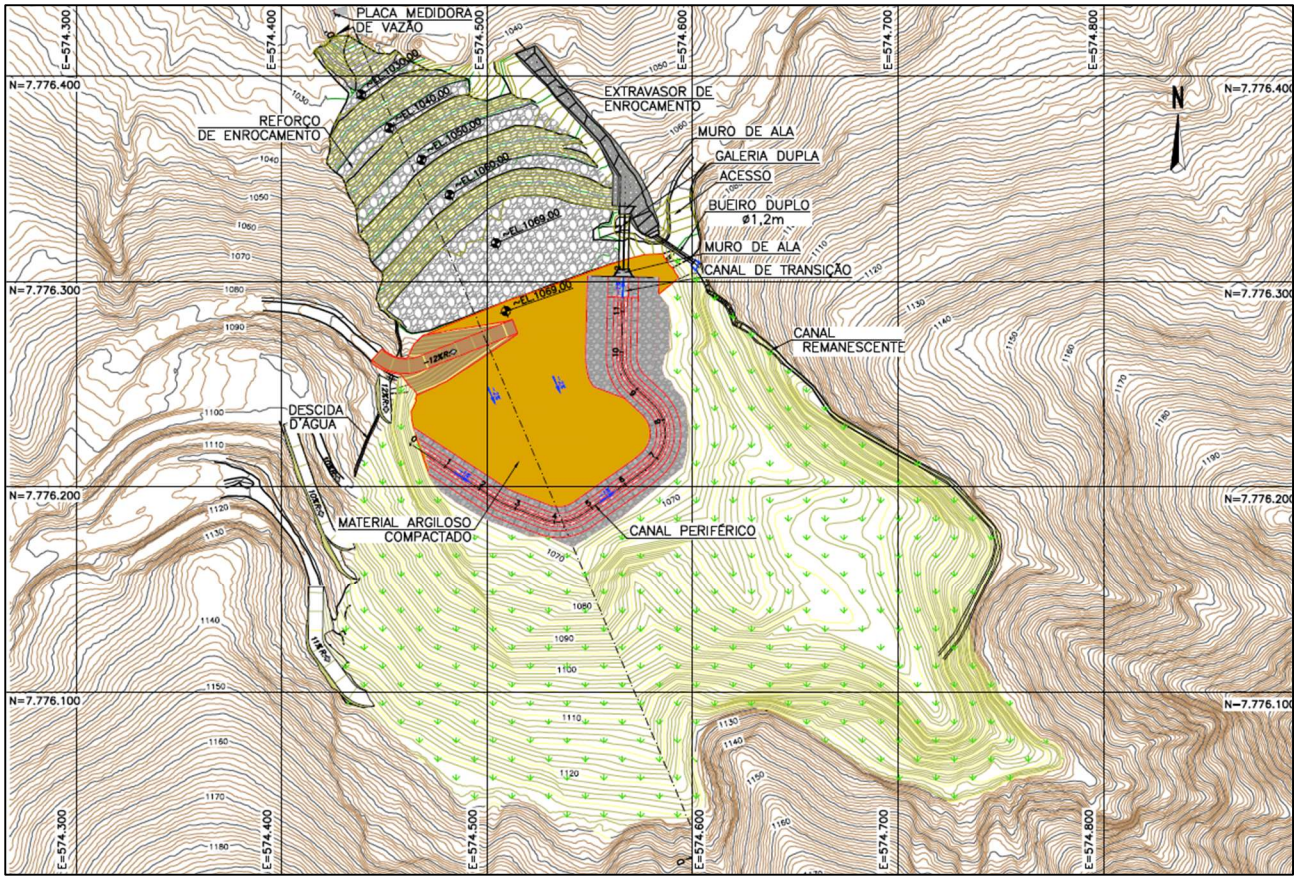


Figura 5.5 – Etapa 3 (Condição Final) – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços entre o 5º e o 2º alteamentos por montante.

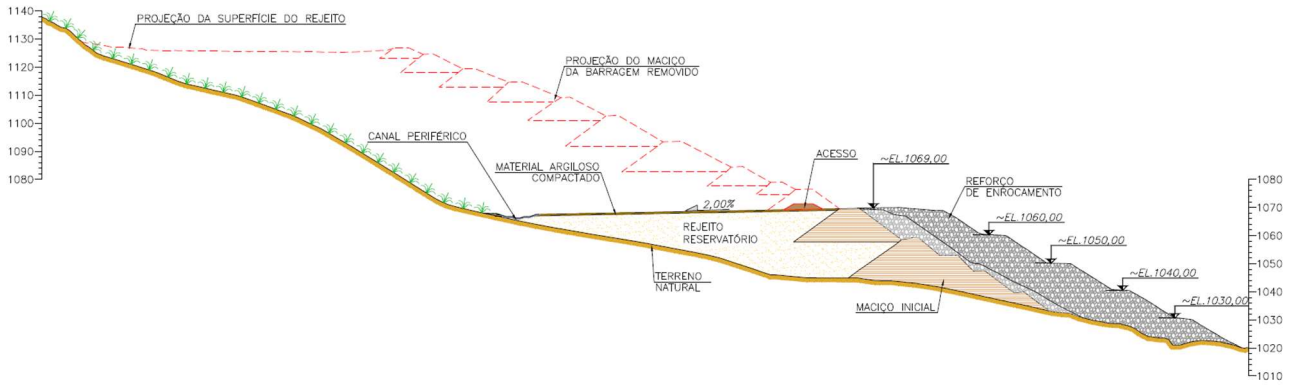


Figura 5.6 – Seção transversal D-D' passando pelo vale após a conclusão da Etapa 3.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização, porém os documentos passaram por revisão de modo a atender comentários e contemplar as adequações realizadas no extravasor de emergência para atendimento da legislação vigente (Resolução 95/2022 ANM), os quais foram emitidos em abril de 2024.

5.3 Atividades Preparatórias

A seguir são apresentadas as atividades preparatórias para início da obra de descaracterização executadas durante o período avaliado.

5.3.1 Poço de Bombeamento

Em maio de 2023, foi executado pela empresa Master Poços um poço de rebaixamento (PT-03), com aproximadamente 152 m de profundidade, a jusante da Barragem B2-Mina Tico-Tico, com intuito de auxiliar no controle da superfície freática no período das obras de descaracterização. Após a conclusão do poço (Foto 5.1) foi realizada a instalação da bomba (Motobomba Leão 4SD28 450 - 10 CV - 440 Trifásica).

Em abril de 2024, com previsão do início das obras de descaracterização nos meses seguintes, foi realizada a instalação do quadro elétrico (Foto 5.2) para que seja possível a operação do bombeamento do poço PT-03 e assim poder avaliar a influência real do bombeamento na superfície freática atuante na estrutura.



Foto 5.1 – Vista do poço de bombeamento PT-03.



Foto 5.2 – Quadro de comando do poço PT-03.

A MMI iniciou a instalação de uma caixa d'água do tipo taça próximo ao acesso pela ombreira direita da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico, para que seja direcionado o fluxo proveniente do poço PT-03, e desta, disponibilizar para a comunidade a jusante da barragem.



Foto 5.3 – Execução da base da caixa d'água.



Foto 5.4 – Caixa d'água (taça) fixada à base.

5.3.2 Caixa de Passagem a Jusante da Estrutura

No período entre fevereiro e março de 2024, foi construída uma caixa de passagem (Foto 5.5) a jusante da estrutura para coleta dos fluxos provenientes da nascente na ombreira esquerda e da drenagem interna (Foto 5.6), de forma a direcioná-los para o extravasor operacional da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. A ligação entre a caixa e o extravasor ainda não foi concluída.



Foto 5.5 – Canaleta e caixa de passagem para coleta do fluxo da nascente e da drenagem interna.



Foto 5.6 – Coleta dos fluxos da nascente na ombreira esquerda e da drenagem interna.

5.4 Cronograma

Na Figura 5.7 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico considerando desde os serviços preliminares e as obras de descaracterização propriamente dito.

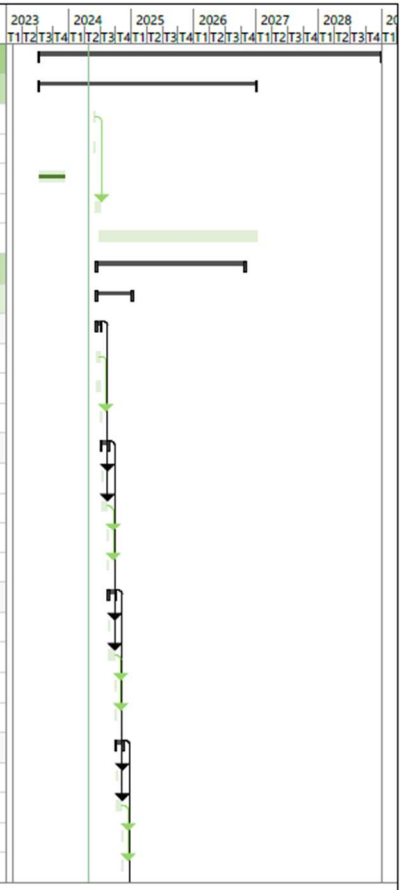
Este cronograma foi inicialmente elaborado considerando três etapas macro a serem realizadas em período seco, conforme premissas do projeto, porém teve sua data de início ajustada

conforme previsão do início das obras informada pela MMI. Assim, deverá ser atualizado de acordo com o andamento real dos serviços.

Atualmente, o início das obras está previsto para julho de 2024, acarretando um prazo reduzido do período seco para executar todas as fases da Etapa 1 de projeto. Dessa forma, a obra será executada parcialmente durante o período chuvoso 2024/2025, ou deverá ser executada com remoção de volumes médios diários maiores do que os considerados no projeto, reduzindo o prazo total da Etapa 1, ou será necessário redistribuir as fases não executadas para a etapa seguinte que se inicia no período seco de 2025. Essas alterações de prazo poderão exigir adequações do projeto, de forma a manter a segurança da estrutura.

Figura 5.7 – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.

Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1		1	DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO	1430 dias	Seg 10/07/23	Sex 29/12/28
2		1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	909 dias	Seg 10/07/23	Qui 31/12/26
3		1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	7 dias	Sex 24/05/24	Seg 03/06/24
4		1.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	7 dias	Sex 24/05/24	Seg 03/06/24
5		1.1.3	ADEQUAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR	109 dias	Seg 10/07/23	Qui 07/12/23
6		1.1.4	ESTABILIZAÇÃO DA ENCOSTA NATURAL - OMBREIRA ESQUERDA	20 dias	Ter 04/06/24	Seg 01/07/24
7		1.1.5	OPERAÇÃO DO POÇO DE REBAIXAMENTO (CASO SEJA NECESSÁRIO)	655 dias	Sex 28/06/24	Qui 31/12/26
8		1.2	DESCARACTERIZAÇÃO	624 dias	Seg 10/06/24	Qui 29/10/26
9		1.2.1	ETAPA 1	152 dias	Seg 10/06/24	Ter 07/01/25
10		1.2.1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	21 dias	Seg 10/06/24	Seg 08/07/24
11		1.2.1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 10/06/24	Sex 28/06/24
12		1.2.1.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Seg 10/06/24	Sex 28/06/24
13		1.2.1.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO	6 dias	Seg 01/07/24	Seg 08/07/24
14		1.2.1.2	FASE 1 - REMOÇÃO 11º ALTEAMENTO	31 dias	Ter 09/07/24	Ter 20/08/24
15		1.2.1.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	7 dias	Ter 09/07/24	Qua 17/07/24
16		1.2.1.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Ter 09/07/24	Sex 09/08/24
17		1.2.1.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Seg 12/08/24	Ter 20/08/24
18		1.2.1.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 11º ALTEAMENTO	7 dias	Seg 12/08/24	Ter 20/08/24
19		1.2.1.3	FASE 2 - REMOÇÃO 10º ALTEAMENTO	31 dias	Qua 21/08/24	Qua 02/10/24
20		1.2.1.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qua 21/08/24	Qui 29/08/24
21		1.2.1.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 21/08/24	Seg 23/09/24
22		1.2.1.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 24/09/24	Qua 02/10/24
23		1.2.1.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 10º ALTEAMENTO	7 dias	Ter 24/09/24	Qua 02/10/24
24		1.2.1.4	FASE 3 - REMOÇÃO 9º ALTEAMENTO	31 dias	Qui 03/10/24	Qui 14/11/24
25		1.2.1.4.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qui 03/10/24	Sex 11/10/24
26		1.2.1.4.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qui 03/10/24	Ter 05/11/24
27		1.2.1.4.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qua 06/11/24	Qui 14/11/24
28		1.2.1.4.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 9º ALTEAMENTO	7 dias	Qua 06/11/24	Qui 14/11/24

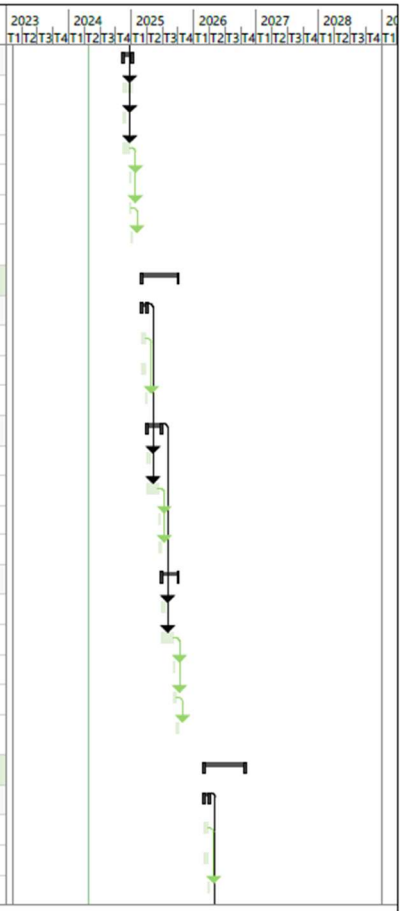


Projeto: Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico

TERRACOTA GEOTECNIA

Tarefa	Tarefa Inativa	Acúmulo de Resumo Manual	Marco externo
Divisão	Marco Inativo	Resumo Manual	Data limite
Marco	Resumo Inativo	Somente início	Andamento
Resumo	Tarefa Manual	Somente término	Progresso manual
Resumo do projeto	Somente duração	Tarefas externas	

Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
29		**1.2.1.5**	**FASE 4 - REMOÇÃO 8° ALTEAMENTO**	**38 dias**	**Sex 15/11/24**	**Ter 07/01/25**
30		1.2.1.5.1	ESTABILIZAÇÃO DA ENCOSTA NATURAL - OMBREIRA DIREITA	38 dias	Sex 15/11/24	Ter 07/01/25
31		1.2.1.5.2	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Sex 15/11/24	Seg 25/11/24
32		1.2.1.5.3	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Sex 15/11/24	Qua 18/12/24
33		1.2.1.5.4	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qui 19/12/24	Sex 27/12/24
34		1.2.1.5.5	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 8° ALTEAMENTO	7 dias	Qui 19/12/24	Sex 27/12/24
35		1.2.1.5.6	IMPLANTAÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM GEOMEMBRANA	7 dias	Seg 30/12/24	Ter 07/01/25
36		**1.2.2**	**ETAPA 2**	**152 dias**	**Seg 03/03/25**	**Ter 30/09/25**
37		**1.2.2.1**	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**21 dias**	**Seg 03/03/25**	**Seg 31/03/25**
38		1.2.2.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 03/03/25	Sex 21/03/25
39		1.2.2.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Seg 03/03/25	Sex 21/03/25
40		1.2.2.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO	6 dias	Seg 24/03/25	Seg 31/03/25
41		**1.2.2.2**	**FASE 5 - REMOÇÃO 7° ALTEAMENTO**	**62 dias**	**Ter 01/04/25**	**Qua 25/06/25**
42		1.2.2.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	15 dias	Ter 01/04/25	Seg 21/04/25
43		1.2.2.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	48 dias	Ter 01/04/25	Qui 05/06/25
44		1.2.2.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Sex 06/06/25	Seg 16/06/25
45		1.2.2.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 7° ALTEAMENTO	14 dias	Sex 06/06/25	Qua 25/06/25
46		**1.2.2.3**	**FASE 6 - REMOÇÃO 6° ALTEAMENTO**	**69 dias**	**Qui 26/06/25**	**Ter 30/09/25**
47		1.2.2.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	15 dias	Qui 26/06/25	Qua 16/07/25
48		1.2.2.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	48 dias	Qui 26/06/25	Seg 01/09/25
49		1.2.2.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 02/09/25	Qua 10/09/25
50		1.2.2.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 6° ALTEAMENTO	14 dias	Ter 02/09/25	Sex 19/09/25
51		1.2.2.3.5	IMPLANTAÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM GEOMEMBRANA	7 dias	Seg 22/09/25	Ter 30/09/25
52		**1.2.3**	**ETAPA 3**	**174 dias**	**Seg 02/03/26**	**Qui 29/10/26**
53		**1.2.3.1**	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**21 dias**	**Seg 02/03/26**	**Seg 30/03/26**
54		1.2.3.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 02/03/26	Sex 20/03/26
55		1.2.3.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Seg 02/03/26	Sex 20/03/26
56		1.2.3.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO	6 dias	Seg 23/03/26	Seg 30/03/26

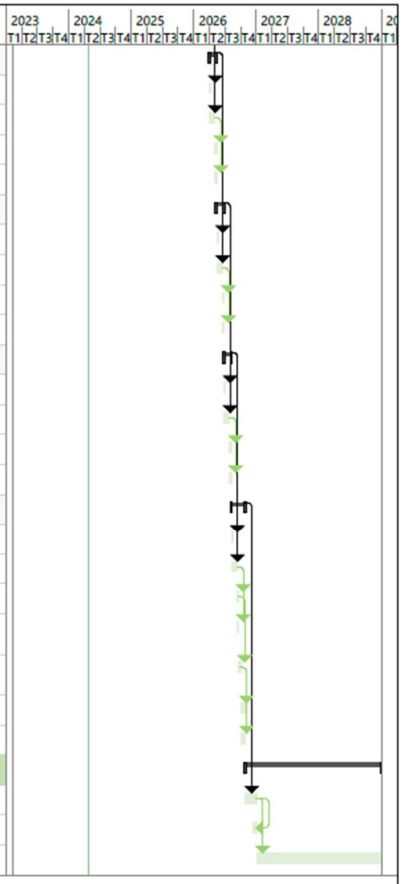


Projeto: Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico

TERRACOTA GEOTECNIA

Tarefa	Tarefa Inativa	Acúmulo de Resumo Manual	Marco externo
Divisão	Marco Inativo	Resumo Manual	Data limite
Marco	Resumo Inativo	Somente início	Andamento
Resumo	Tarefa Manual	Somente término	Progresso manual
Resumo do projeto	Somente duração	Tarefas externas	

Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
57		1.2.3.2	**FASE 7 - REMOÇÃO 5º ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Ter 31/03/26**	**Ter 12/05/26**
58		1.2.3.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	7 dias	Ter 31/03/26	Qua 08/04/26
59		1.2.3.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Ter 31/03/26	Sex 01/05/26
60		1.2.3.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Seg 04/05/26	Ter 12/05/26
61		1.2.3.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 5º ALTEAMENTO	7 dias	Seg 04/05/26	Ter 12/05/26
62		1.2.3.3	**FASE 8 - REMOÇÃO 4º ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Qua 13/05/26**	**Qua 24/06/26**
63		1.2.3.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qua 13/05/26	Qui 21/05/26
64		1.2.3.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 13/05/26	Seg 15/06/26
65		1.2.3.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 16/06/26	Qua 24/06/26
66		1.2.3.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 4º ALTEAMENTO	7 dias	Ter 16/06/26	Qua 24/06/26
67		1.2.3.4	**FASE 9 - REMOÇÃO 3º ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Qui 25/06/26**	**Qui 06/08/26**
68		1.2.3.4.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qui 25/06/26	Sex 03/07/26
69		1.2.3.4.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qui 25/06/26	Ter 28/07/26
70		1.2.3.4.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qua 29/07/26	Qui 06/08/26
71		1.2.3.4.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 3º ALTEAMENTO	7 dias	Qua 29/07/26	Qui 06/08/26
72		1.2.3.5	**FASE 10 (FINAL) - REMOÇÃO 2º ALTEAMENTO**	**60 dias**	**Sex 07/08/26**	**Qui 29/10/26**
73		1.2.3.5.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Sex 07/08/26	Seg 17/08/26
74		1.2.3.5.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Sex 07/08/26	Qua 09/09/26
75		1.2.3.5.3	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 2º ALTEAMENTO	7 dias	Qui 10/09/26	Sex 18/09/26
76		1.2.3.5.4	REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE ESCAVADA COM DECLIVIDADE DE 2% NA DIREÇÃO DO MACIÇO PARA MONTANTE	7 dias	Qui 10/09/26	Sex 18/09/26
77		1.2.3.5.5	IMPLANTAÇÃO DE CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓRIO COM SOLO ARGILOSO COMPACTADO	7 dias	Seg 21/09/26	Ter 29/09/26
78		1.2.3.5.6	IMPLANTAÇÃO DE CANAL DE CONTORNO	22 dias	Qua 30/09/26	Qui 29/10/26
79		1.2.3.5.7	INSTALAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE	22 dias	Qua 30/09/26	Qui 29/10/26
80		1.3	**PÓS-OBRA**	**566 dias**	**Sex 30/10/26**	**Sex 29/12/28**
81		1.3.1	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	45 dias	Sex 30/10/26	Qui 31/12/26
82		1.3.2	DESMOBILIZAÇÃO	15 dias	Sex 11/12/26	Qui 31/12/26
83		1.3.3	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	521 dias	Sex 01/01/27	Sex 29/12/28



Projeto: Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico

TERRACOTA GEOTECNIA

Tarefa		Tarefa Inativa		Acúmulo de Resumo Manual		Marco externo	
Divisão		Marco Inativo		Resumo Manual		Data limite	
Marco		Resumo Inativo		Somente início		Andamento	
Resumo		Tarefa Manual		Somente término		Progresso manual	
Resumo do projeto		Somente duração		Tarefas externas			

5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Em função do desconhecimento do "as built" das diversas etapas construtivas dos alteamentos da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, não se pode garantir que a topografia primitiva reconstituída, apresentada no desenho IPE.OP.DE.8000.GT.20.709, inferida a partir de furos de sondagem, representa fidedignamente a morfologia da encosta natural final após as intervenções para a remoção dos rejeitos dispostos e dos maciços dos alteamentos.

Desta forma, os eventuais efeitos do desconfinamento ou até mesmo devido a escavações realizadas na época de construção da barragem para ampliar o reservatório ou como área de empréstimo local poderão exigir projetos específicos e obras complementares de estabilização.

Atualmente, existe uma superfície de escorregamento, do tipo circular, aberta na encosta natural situada a montante do reservatório da barragem, na sua margem esquerda. No local ocorrem os filitos cinza prateado, com lentes de quartzito ferruginoso (Figura 5.8).



Figura 5.8 – Filito da Formação Cercadinho no local do escorregamento.

A direção dos planos de xistosidade é, aproximadamente, leste – oeste, com mergulho de cerca de 50° a 60° para sul, ou seja, para dentro da encosta (montante).

A cunha de escorregamento é superficial, pouco profunda, e provavelmente ocorreu devido à escavação de um acesso no pé da encosta, circundando o reservatório, com taludes muito íngremes, o que provocou a instabilização.



Figura 5.9 – Vista do escorregamento situado na encosta a montante do reservatório.



Figura 5.10 – Imagem de satélite delimitando a área onde se desenvolveu a superfície de escorregamento.

Atualmente, a cunha encontra-se aparentemente estabilizada, mas em situação de equilíbrio limite.

Uma solução para a estabilização pode ser a de se deixar uma berma no pé da cunha de escorregamento, quando da escavação para remoção do rejeito depositado no reservatório. Essa berma pode ser aumentada com a execução de pequeno aterro em contrapilhamento na encosta.

A simples remoção do rejeito, diretamente junto à encosta, certamente irá provocar a movimentação da cunha e este processo pode remontar na encosta, vindo a provocar um incremento da área afetada.

A MMI informou que um projeto de estabilização está sendo elaborado paralelamente a este projeto de descaracterização.

Atualmente, a região é monitorada através de 13 marcos de controle, a localização desses marcos pode ser verificada na Figura 5.11 e as coordenadas de instalação na Tabela 5.1.



Figura 5.11 – Localização dos Marcos de Monitoramento da Encosta.

Tabela 5.1 – Coordenadas de instalação dos Marcos de Monitoramento da Encosta.

INSTRUMENTO	COORDENADAS DE INSTALAÇÃO (m)		
	E	N	ELEVAÇÃO
MS-01	574.474,498	7.776.057,729	1.130,151
MS-02	574.460,073	7.776.065,584	1.131,997
MS-03	574.451,548	7.776.074,386	1.130,069
MS-04	574.441,136	7.776.084,414	1.130,585
MS-05	574.431,812	7.776.079,372	1.134,258
MS-06	574.446,855	7.776.070,898	1.134,377
MS-07	574.455,717	7.776.060,624	1.136,573
MS-08	574.474,005	7.776.041,703	1.137,554
MS-09	574.474,309	7.776.029,832	1.143,163
MS-10	574.450,865	7.776.051,753	1.141,307
MS-11	574.429,233	7.776.071,074	1.139,692
MS-12	574.435,039	7.776.054,629	1.146,037
MS-13	574.455,801	7.776.037,717	1.147,163

A seguir são apresentados o histórico de deslocamentos dos marcos de monitoramento da encosta.

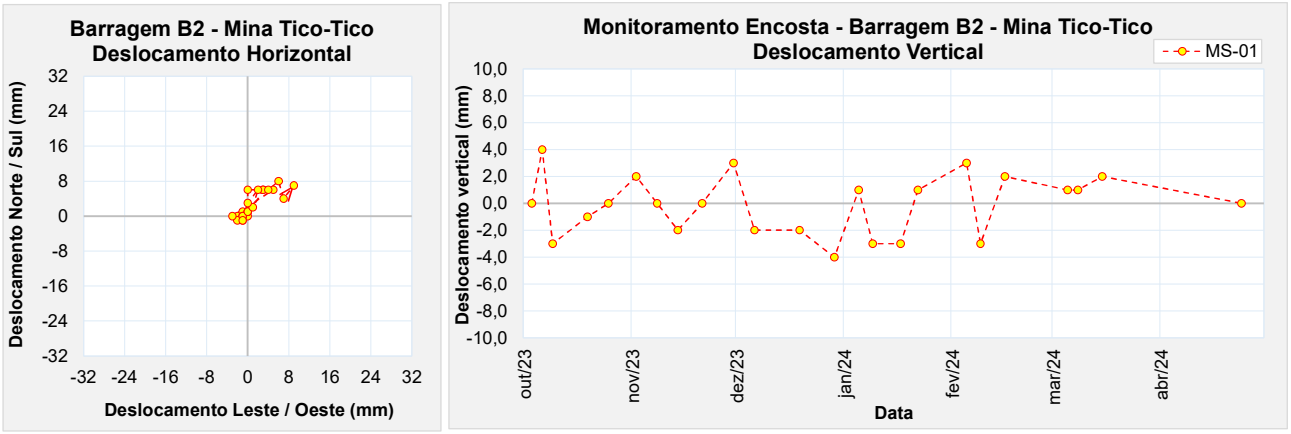


Figura 5.12 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-01.

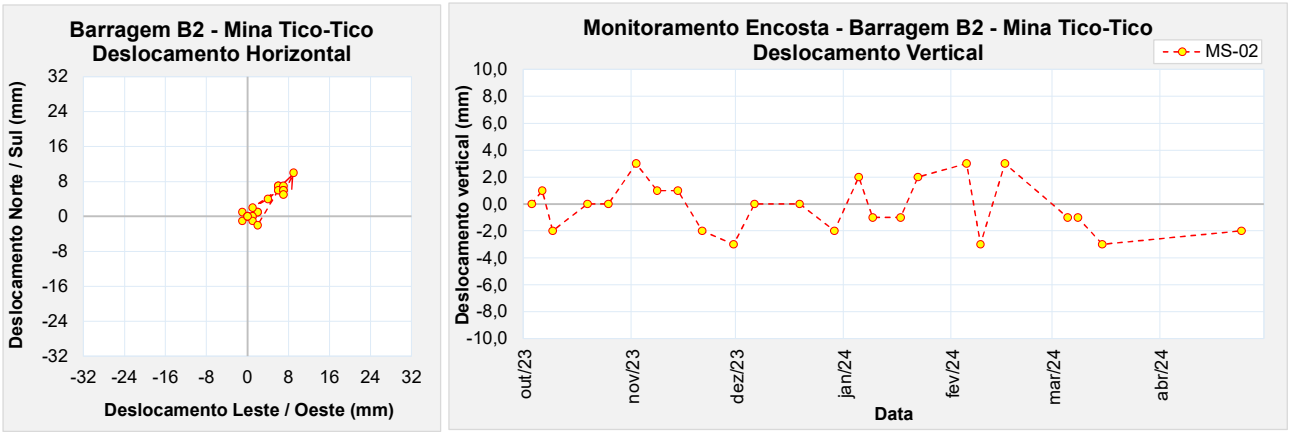


Figura 5.13 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-02.

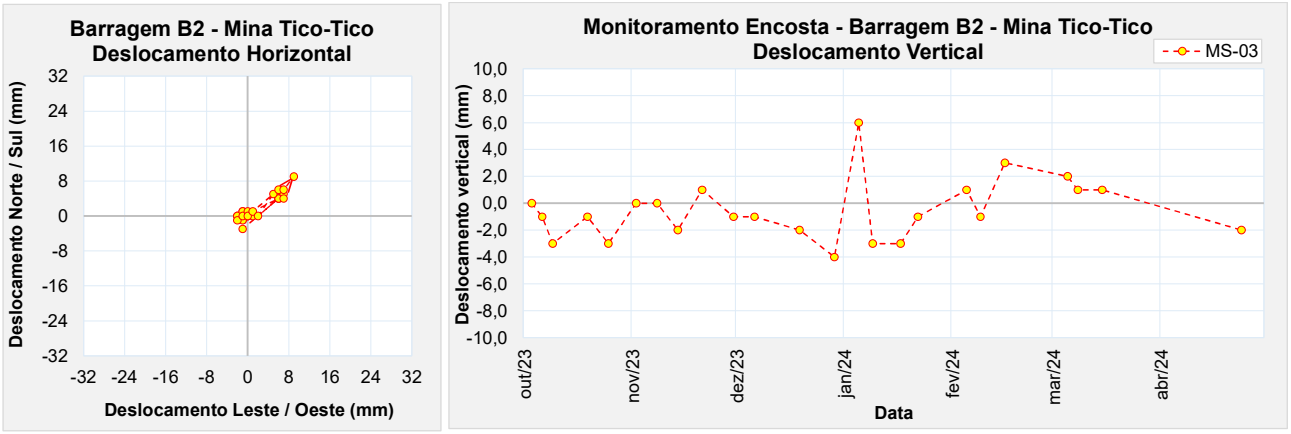


Figura 5.14 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-03.

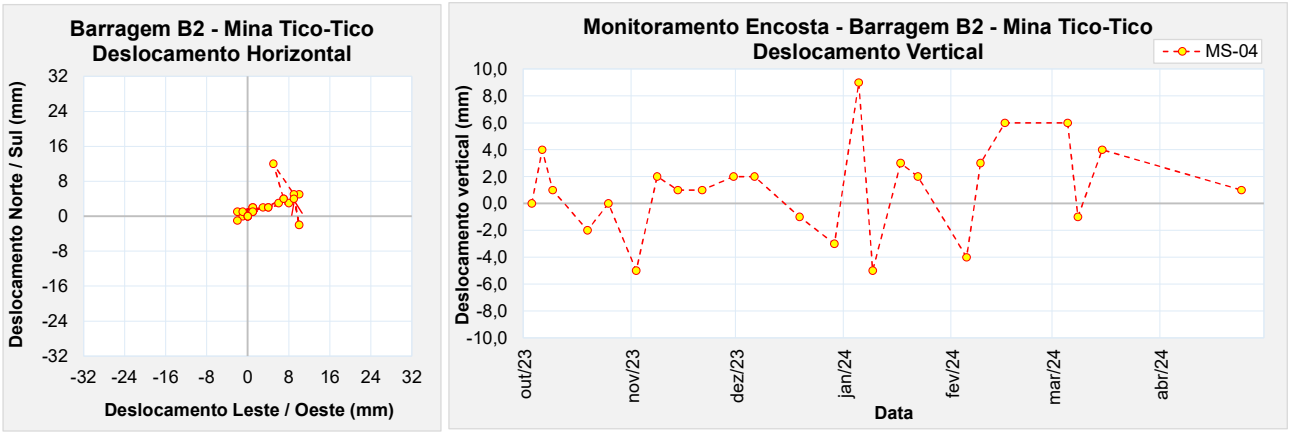


Figura 5.15 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-04.

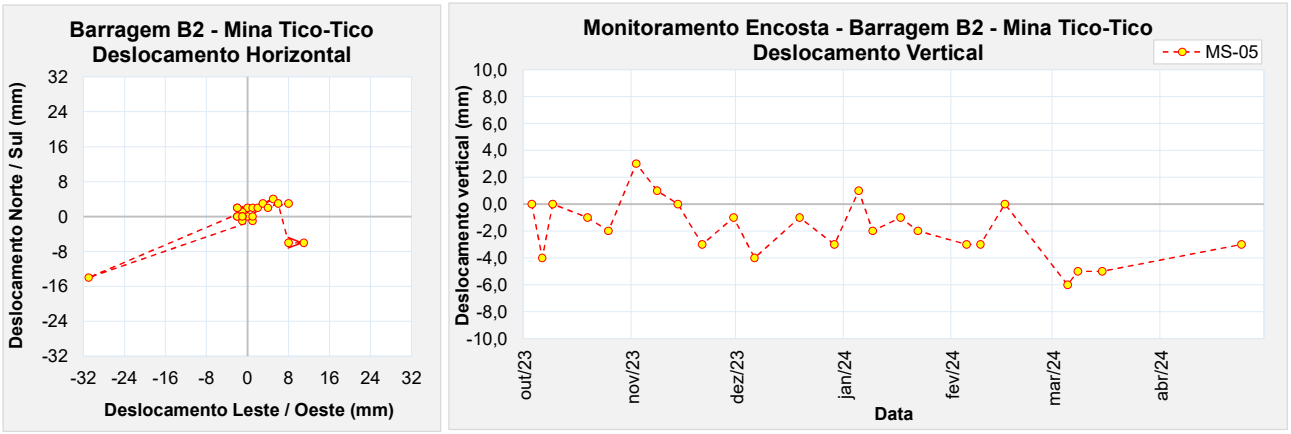


Figura 5.16 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-05.

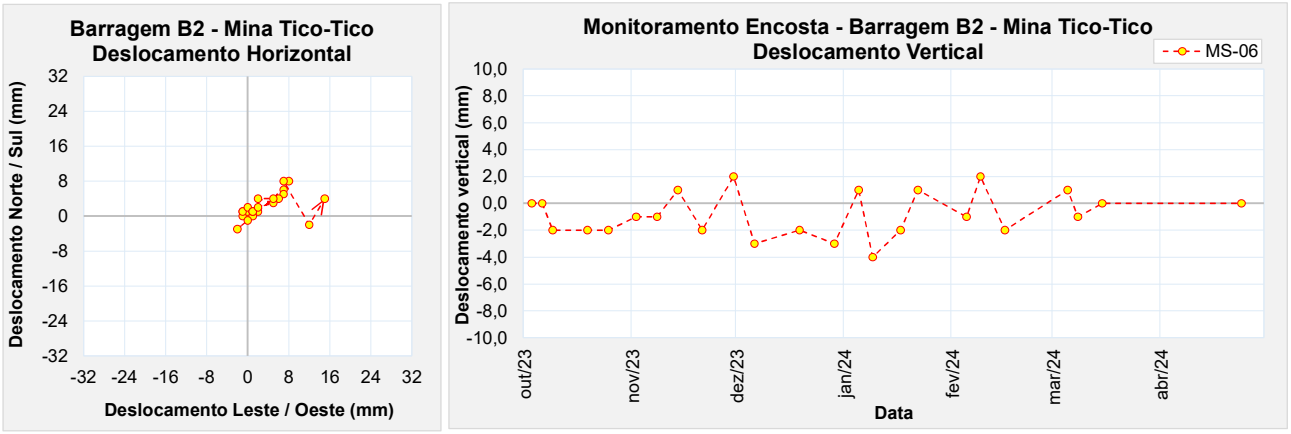


Figura 5.17 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-06.

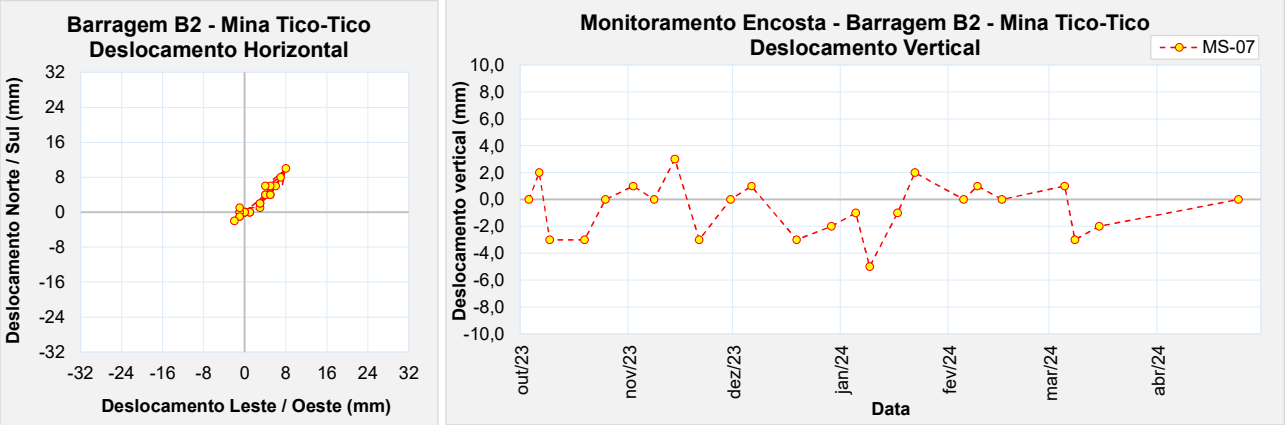


Figura 5.18 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-07.

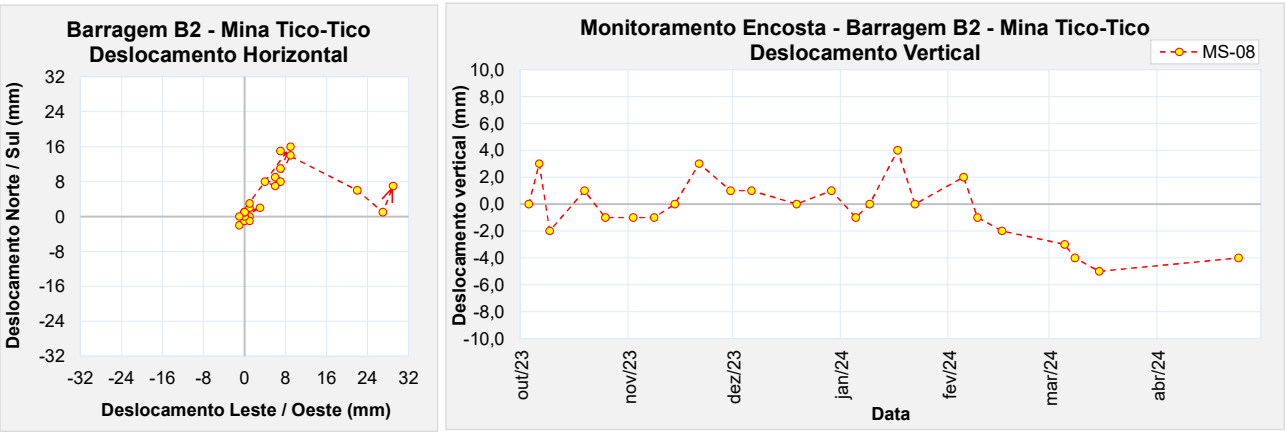


Figura 5.19 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-08.

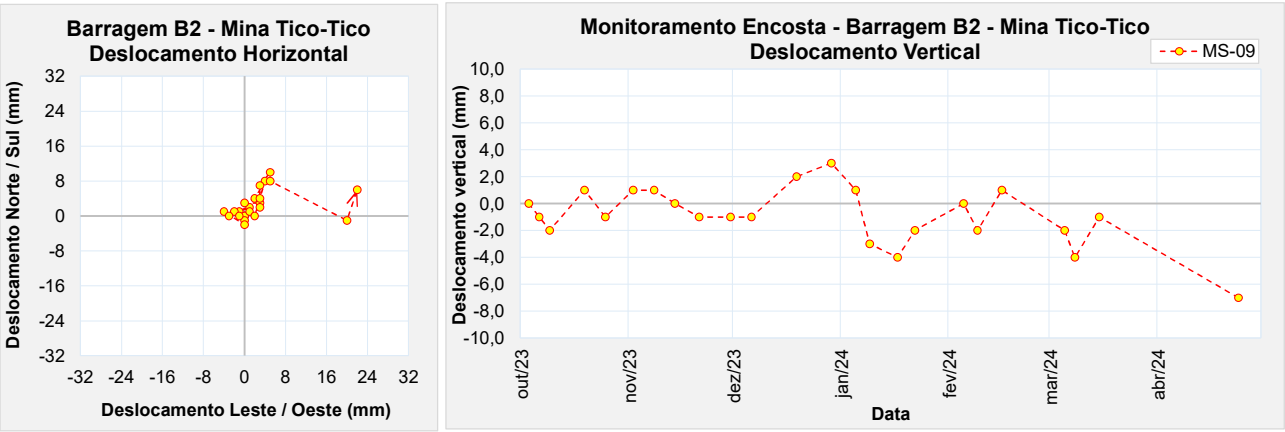


Figura 5.20 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-09.

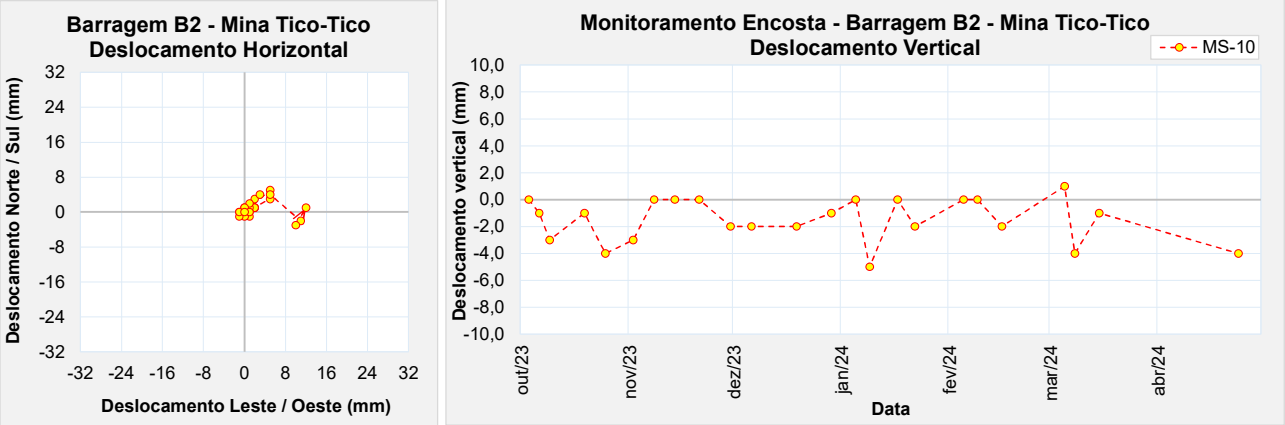


Figura 5.21 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-10.

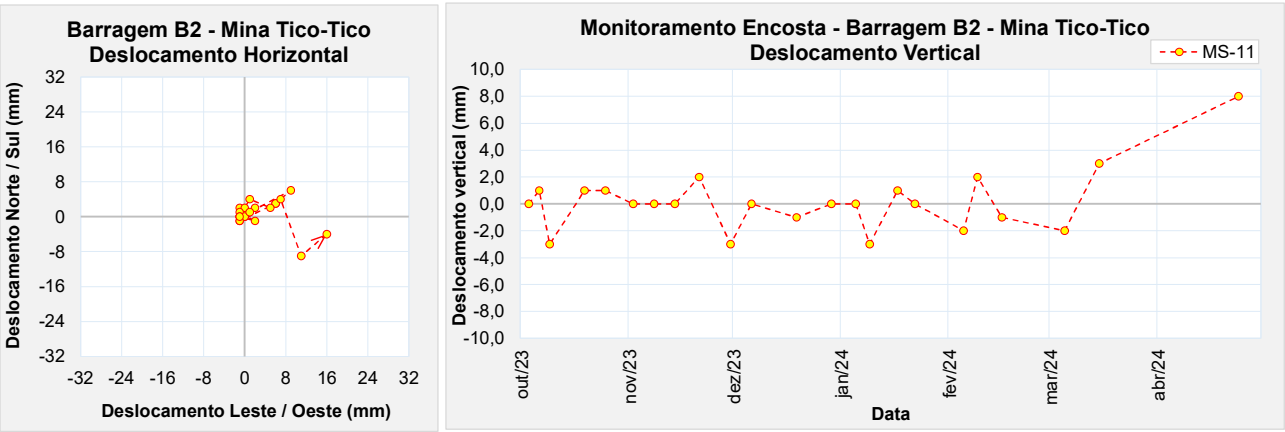


Figura 5.22 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-11.

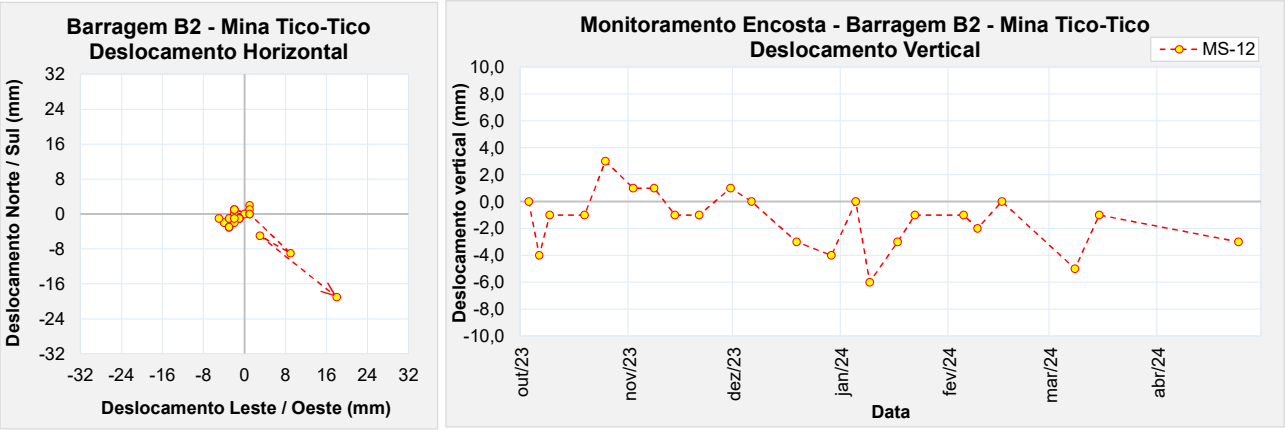


Figura 5.23 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-12.

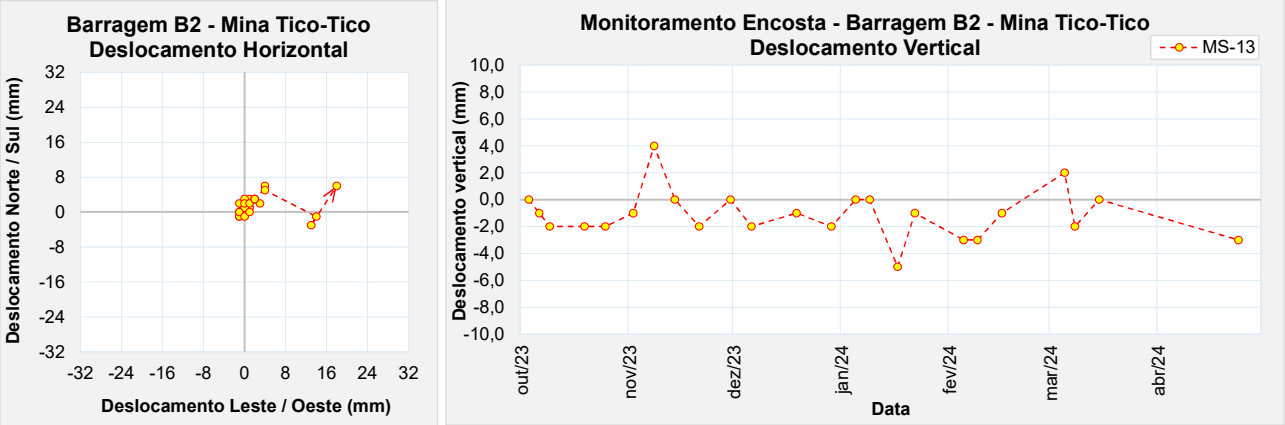


Figura 5.24 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-13.

A partir da análise das leituras dos marcos de monitoramento da encosta, percebe-se um comportamento similar aos apresentados pelos marcos instalados no maciço da estrutura, verificando movimentações verticais e horizontais muito pequenas. Os valores acumulados observados até 30/04/2024, horizontais menores que 30 mm, predominantemente na direção NE, e verticais menores que 8 mm, são em parte devidos, provavelmente, aos erros normais de leitura ("serrilhado"), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão.

5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, aguardando avaliação e aprovação do projeto pela FEAM e empresas parceiras. Atualmente o fator de segurança não-drenado liquefeito é superior ao valor mínimo recomendado pela TR FEAM de descaracterização (1,1), em todas as seções avaliadas. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura em relação às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

5.6.1 Inspeções de Campo

Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de avaliação quinzenal de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, indicação das anomalias verificadas e análises de estabilidade da estrutura.

5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (fevereiro/2024 a abril/2024).

Tabela 5.2 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B2 – Mina Tico-Tico – 1ª quinzena de fev./2024 a 2ª quinzena de abr./2024.

ID	ANOMALIA	Fevereiro/24		Março/24		Abril/24	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS NO TALUDE DE JUSANTE						
06	VEGETAÇÃO ALTA NO TALUDE DE JUSANTE						-
11	SUPERFÍCIE DE RUPTURA IDENTIFICADA NA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO, PRÓXIMA AO EXTRAVASOR OPERACIONAL						
20	ACÚMULO DE ÁGUA NO ACESSO AO PÉ DA ESTRUTURA.			-	-	-	-
22	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM DAS BERMAS		-	-	-	-	-
28	DESABAMENTO DA CONTENÇÃO JUNTO AO CANAL DO EXTRAVASOR.						
29	ASSOREAMENTO DA CAIXA DA PLACA INDICADORA DE VAZÃO		-	-	-	-	-
30	FALHA NO REVESTIMENTO NO FUNDO DO CANAL EXTRAVASOR	-			-		
31	MATERIAL PROVENIENTE DA LIMPEZA DE CANALETA DEPOSITADO NAS BERMAS	-					-
32	INSTRUMENTO DE MONITORAMENTO SEM IDENTIFICAÇÃO	-					
33	MATERIAL DE CONSTRUÇÃO REMANESCENTE DEPOSITADO JUNTO À BERMA EL. 1.114	-				-	-
34	PRESENÇA DE VEGETAÇÃO NO FUNDO DO CANAL EXTRAVASOR	-				-	-
35	SACARIA OBSTRUINDO PARCIALMENTE TRECHO DO CANAL EXTRAVASOR	-	-	-			-
37	BLOCOS OBSTRUINDO A CANALETA LOCALIZADA NA BERMA EL. 1.108 PRÓXIMA A OMBREIRA DIREITA.	-	-	-			-
38	CANALETA DE BERMA DANIFICADA.	-	-	-			
39	DRENAGEM SUPERFICIAL DANIFICADA JUNTO AO ACESSO NA OMBREIRA ESQUERDA.	-	-	-			
40	VEGETAÇÃO OBSTRUINDO PARCIALMENTE A DESCIDA DO CANAL EXTRAVASOR	-	-	-			-

LEGENDA:

ANOMALIA VERIFICADA — ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO — ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA

ANOMALIA AGRAVADA — ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA

5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle da barragem é composta por 35 (trinta e cinco) indicadores de nível d'água com leitura manual; 2 (dois) indicadores de nível d'água automatizados, 17 (dezessete) piezômetros de tubo aberto do tipo Casagrande e 8 (oito) piezômetros automatizados, 05 (cinco) marcos superficiais, 01 (um) indicador de vazão e 04 (quatro) sismógrafos, distribuídos em 05 (cinco) seções transversais de monitoramento.

Os níveis de controle dos instrumentos instalados na Barragem B2 – Mina Tico-Tico foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico do rejeito do reservatório localizado abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível normal**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível normal:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,3 (FS mínimo para análise não drenada de pico);
2- **Nível de alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,2 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,0 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.553, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em setembro/2023.

A Figura 5.25, Figura 5.26 e Figura 5.27 apresentam a locação em planta dos instrumentos e da Figura 5.28 a Figura 5.32 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 5.3 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

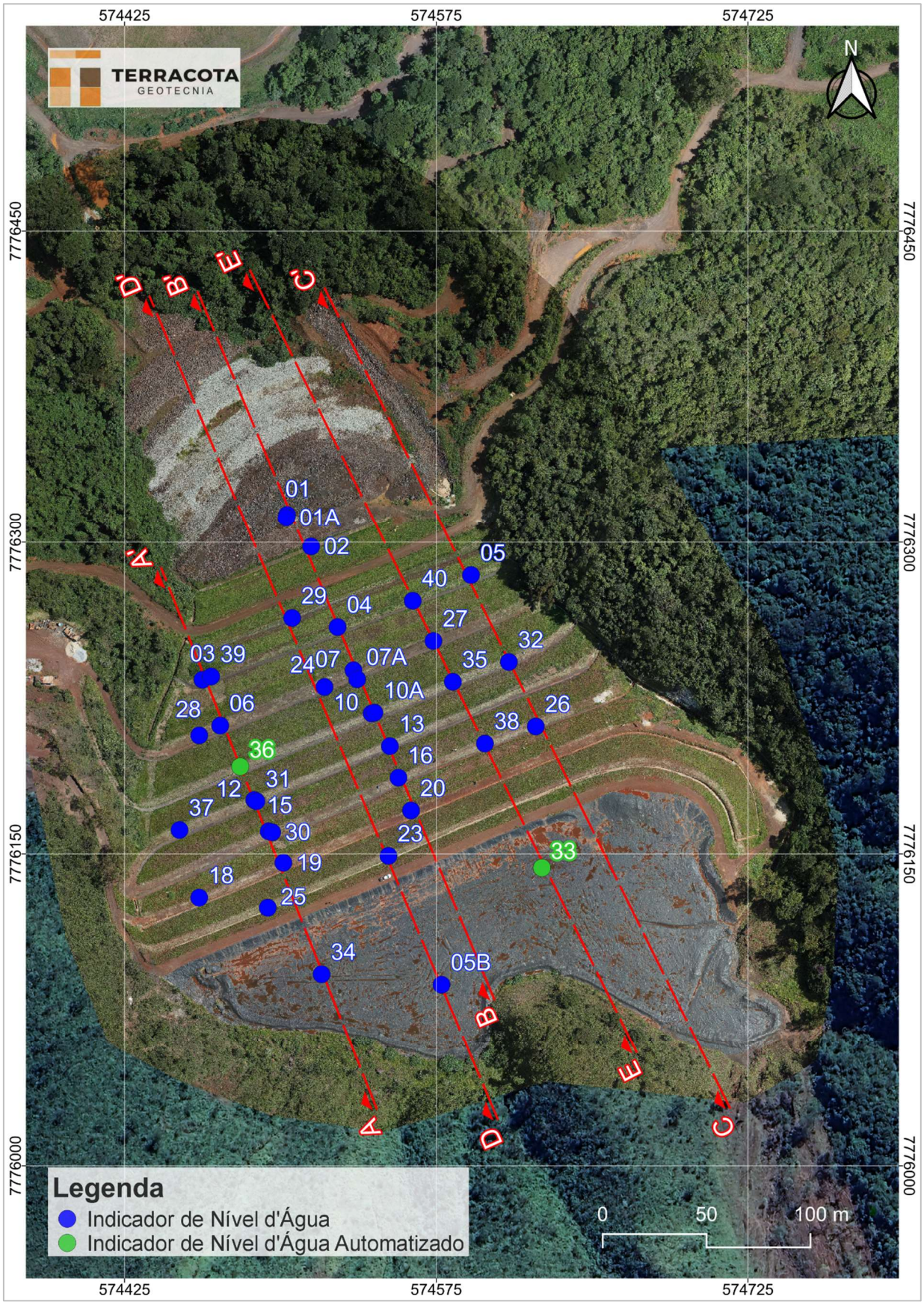


Figura 5.25 – Locação dos indicadores de nível d'água.

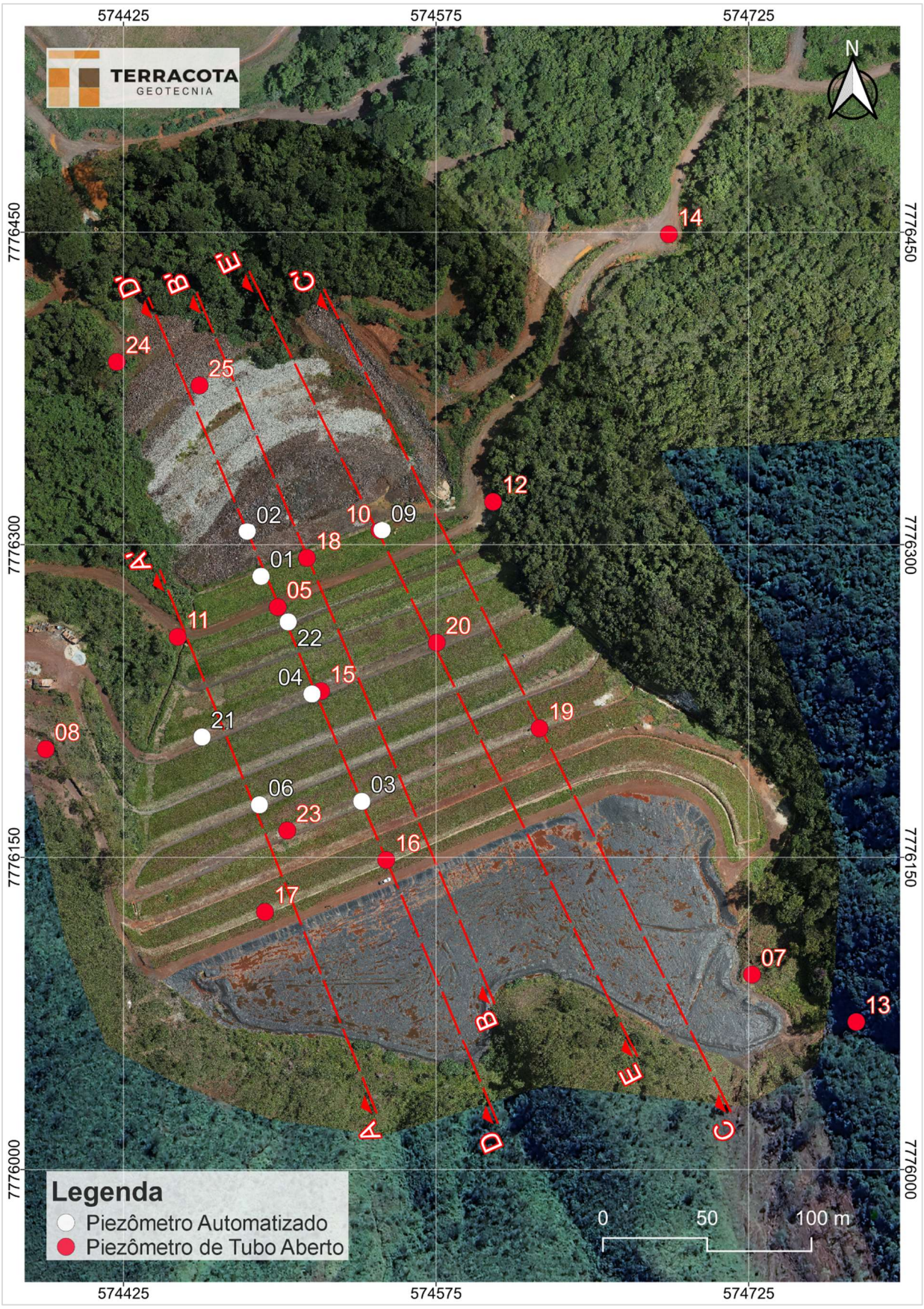


Figura 5.26 – Locação dos piezômetros.

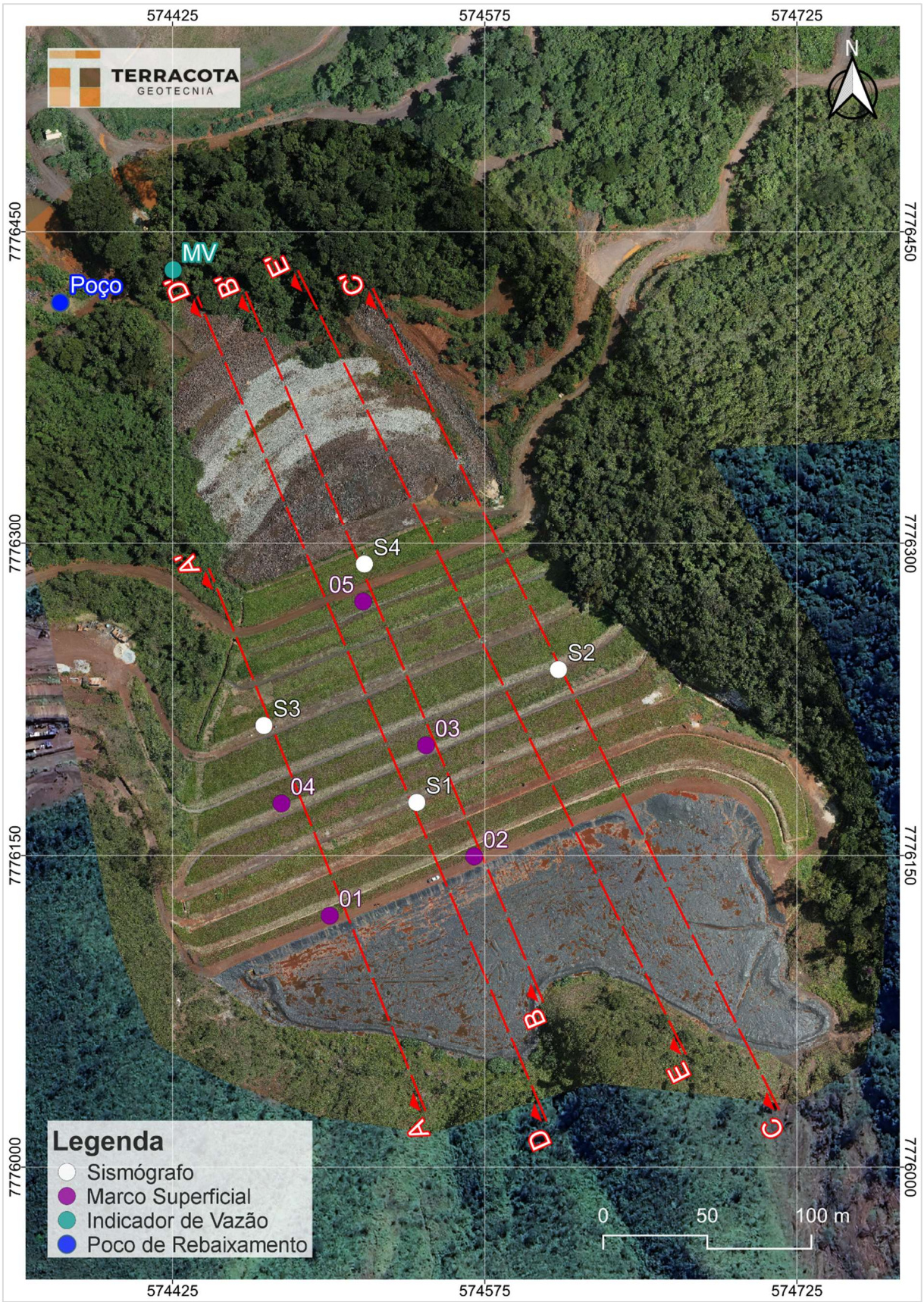


Figura 5.27 – Locação dos marcos superficiais, sismógrafos, indicador de vazão e poço de rebaixamento.

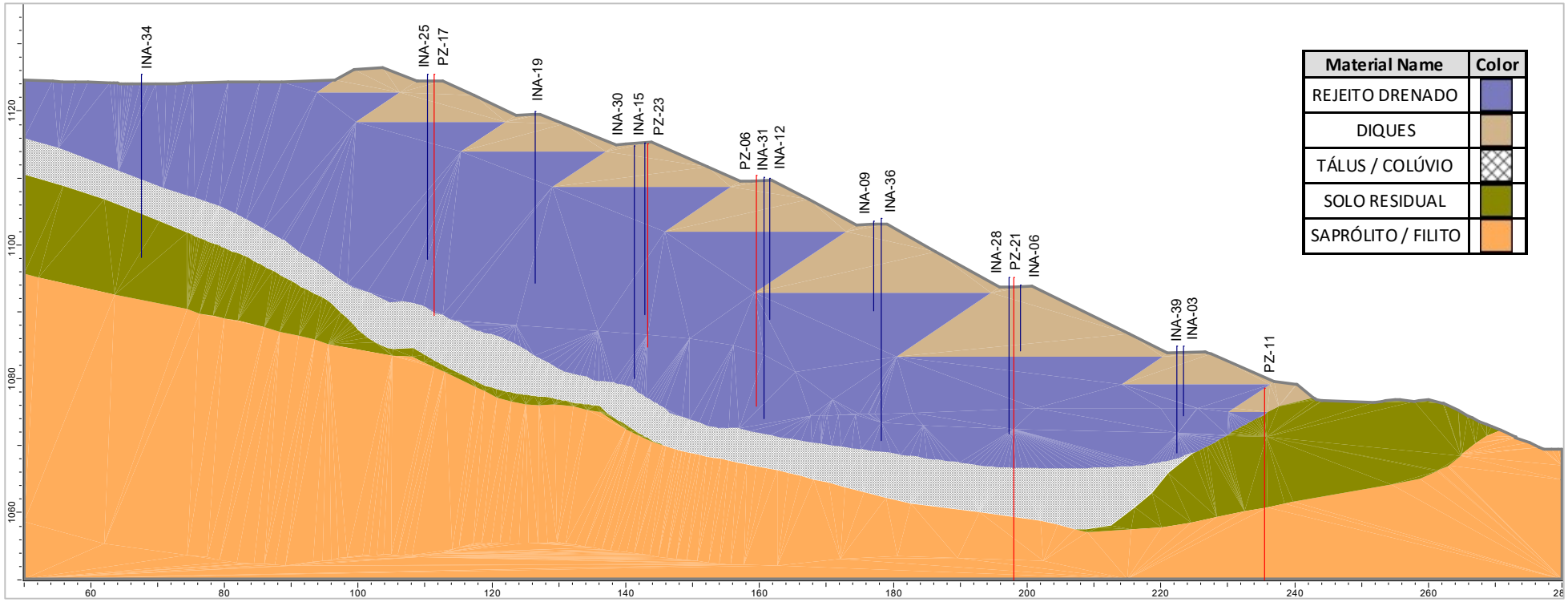


Figura 5.28 – Seção transversal de controle A-A'.

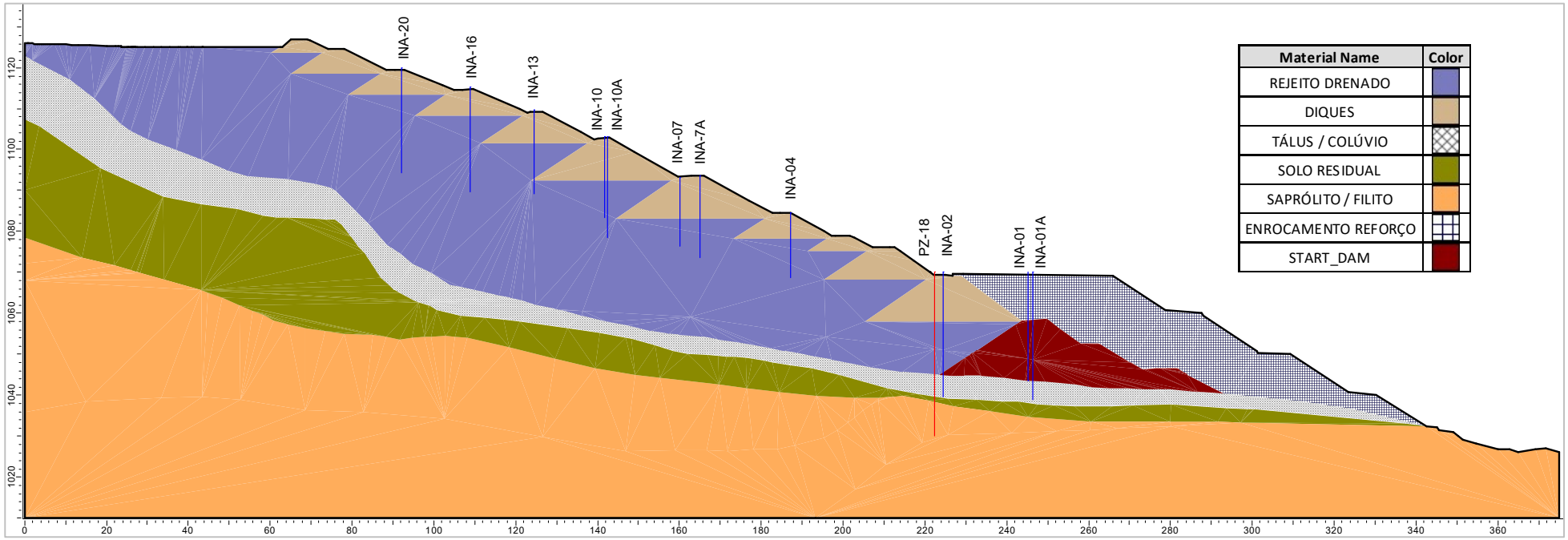


Figura 5.29 – Seção transversal de controle B-B'.

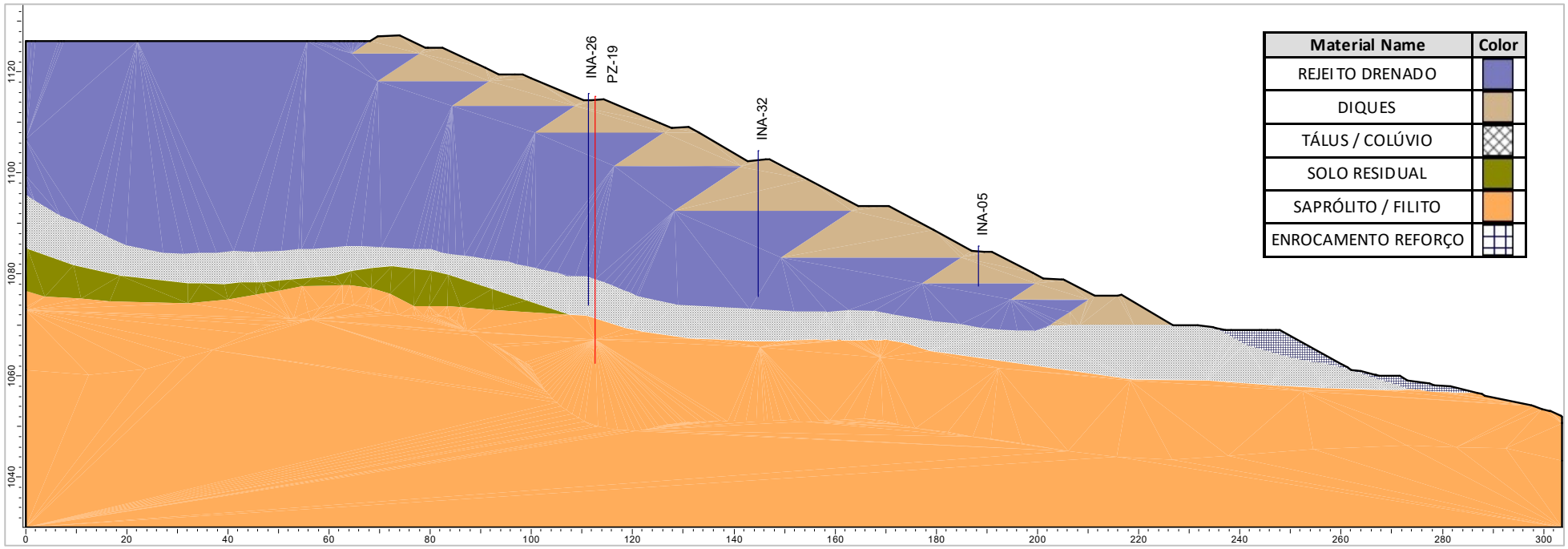


Figura 5.30 – Seção transversal de controle C-C'.

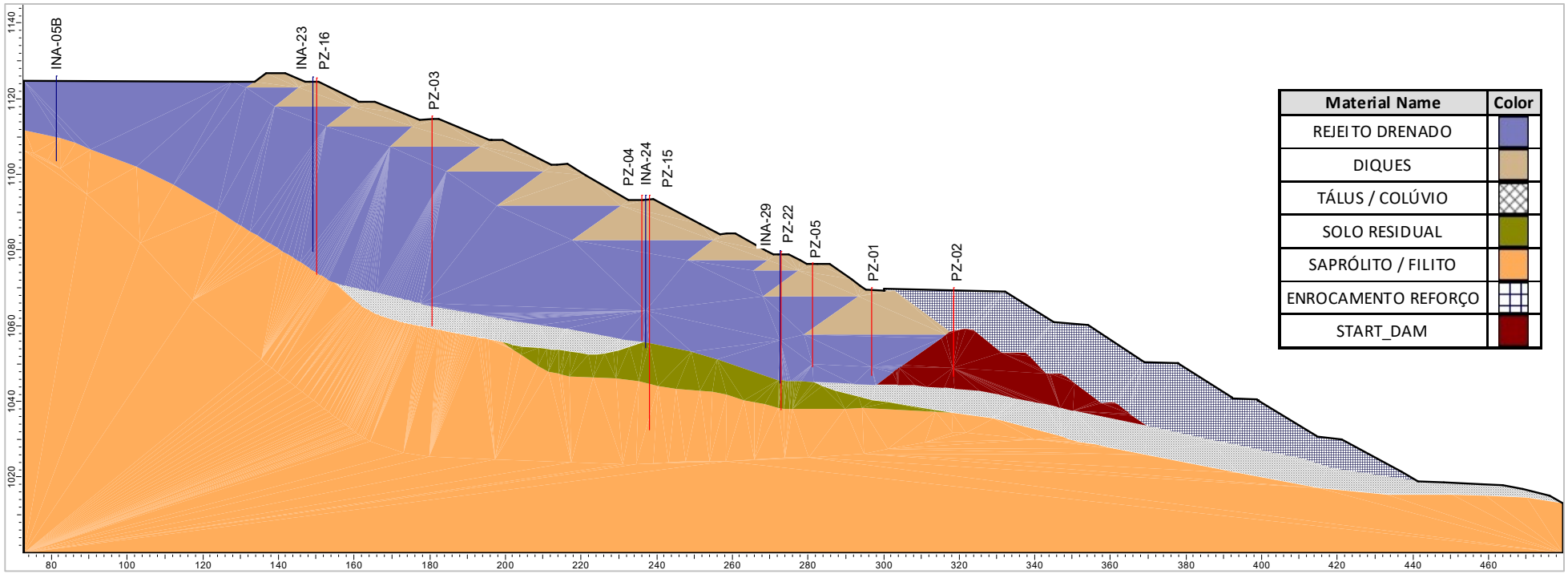


Figura 5.31 – Seção transversal de controle D-D'.

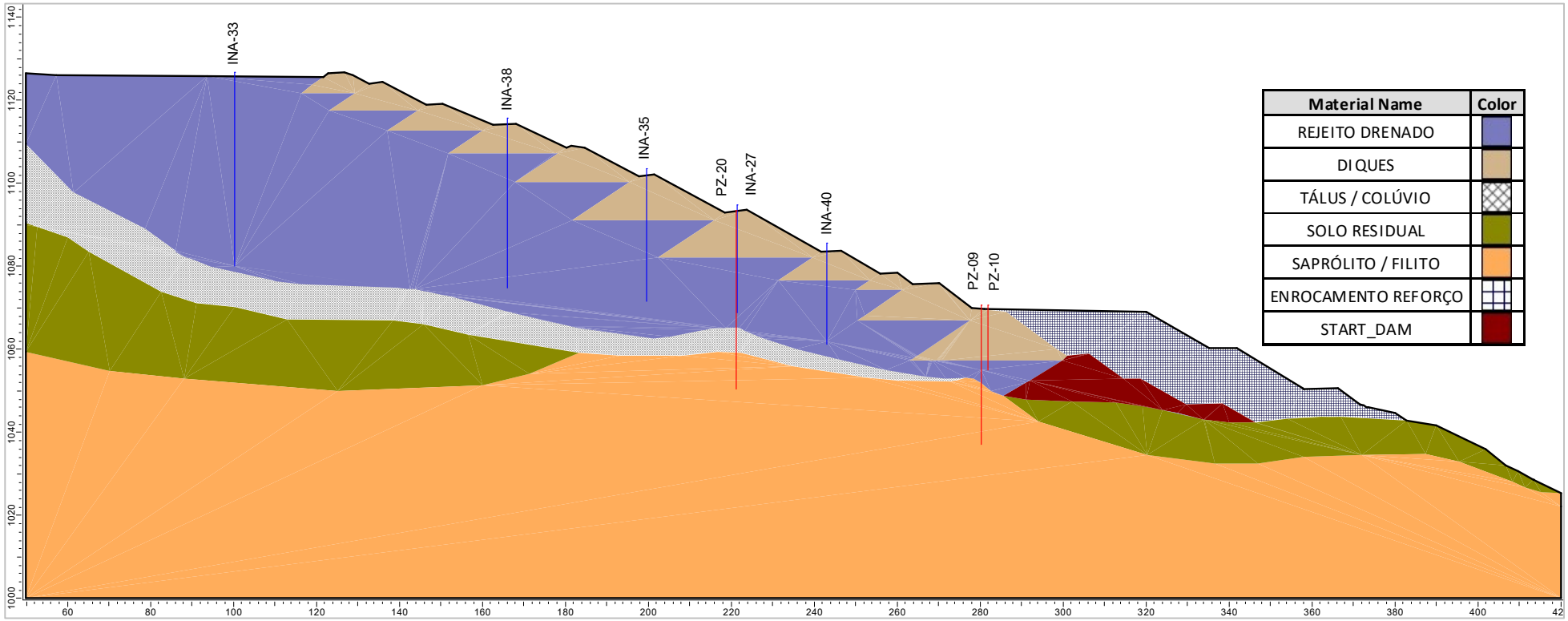


Figura 5.32 – Seção transversal de controle E-E'.

Tabela 5.3 – Locação, características, leitura (30/01/2024) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/04/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A'	INA-34	574.519,824	7.776.092,184	1.125,46	1.098,14	27,32	SECO	1.102,00	1.103,00	1.104,00
	INA-25	574.493,944	7.776.124,174	1.125,51	1.097,78	27,73	SECO	1.098,28	1.098,58	1.098,78
	PZ-17	574.492,893	7.776.123,796	1.125,52	1.090,42	35,10	SECO	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	INA-19	574.501,437	7.776.145,795	1.119,96	1.094,19	25,77	SECO	1.094,69	1.094,99	1.095,19
	INA-30	574.496,028	7.776.160,454	1.115,90	1.079,93	35,97	SECO	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	INA-15	574.494,387	7.776.160,916	1.115,20	1.089,51	25,69	SECO	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	PZ-23	574.503,574	7.776.162,871	1.115,96	1.085,13	30,83	1.085,89	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	PZ-06 (1)	574.490,218	7.776.175,201	1.110,33	1.075,80	34,53	1.076,57	1.089,00	1.091,00	1.092,00
	INA-31	574.488,447	7.776.175,368	1.110,33	1.077,72	32,61	1.079,84	1.089,00	1.091,00	1.092,00
	INA-12	574.487,432	7.776.175,985	1.109,95	1.088,36	21,59	1.088,65	1.089,00	1.091,00	1.092,00
	INA-36 (1)	574.480,696	7.776.192,019	1.103,90	1.070,80	33,10	1.070,63	1.082,25	1.083,50	1.084,25
	INA-28	574.460,943	7.776.207,008	1.095,14	1.071,74	23,40	SECO	1.076,00	1.076,50	1.077,00
	PZ-21 (1)	574.462,687	7.776.207,739	1.095,07	1.048,93	46,14	1.059,46	1.066,00	1.068,00	1.070,00
	INA-06	574.471,040	7.776.211,750	1.094,03	1.083,39	10,64	SECO	1.084,57	1.084,87	1.085,07
	INA-03	574.462,517	7.776.233,802	1.084,82	1.074,42	10,40	SECO	1.074,92	1.075,22	1.076,30
	INA-39	574.466,682	7.776.235,354	1.084,90	1.068,82	16,08	SECO	1.072,75	1.073,50	1.076,50
	PZ-11	574.450,970	7.776.255,740	1.078,64	1.027,24	51,40	1.044,44	1.063,00	1.065,00	1.067,00
B-B'	INA-20	574.562,876	7.776.170,936	1.119,96	1.094,24	25,72	SECO	1.094,74	1.095,04	1.095,24
	INA-16	574.556,831	7.776.186,690	1.115,27	1.089,62	25,65	SECO	1.090,12	1.090,42	1.090,62

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/04/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
B-B’	INA-13	574.552,708	7.776.201,867	1.109,66	1.089,05	20,61	SECO	1.089,55	1.089,85	1.090,05
	INA-10	574.543,939	7.776.217,594	1.103,16	1.078,29	24,87	SECO	1.078,79	1.079,09	1.079,29
	INA-10A	574.545,267	7.776.217,956	1.103,23	1.083,16	20,07	SECO	1.083,96	1.084,26	1.084,46
	INA-07	574.535,188	7.776.238,345	1.093,66	1.072,72	20,94	SECO	1.074,06	1.074,36	1.074,56
	INA-07A	574.536,982	7.776.234,018	1.093,64	1.076,94	16,70	SECO	1.077,44	1.077,74	1.077,94
	INA-04	574.527,552	7.776.259,135	1.084,46	1.068,65	15,81	SECO	1.069,15	1.069,45	1.069,65
	INA-02	574.514,796	7.776.297,920	1.068,65	1.038,74	29,91	SECO	1.052,00	1.053,50	1.057,50
	PZ-18	574.513,017	7.776.293,664	1.070,12	1.030,04	40,08	1.038,79	1.052,00	1.053,50	1.057,50
	INA-01	574.503,220	7.776.313,342	1.070,11	1.038,92	31,19	DANIFICADO	1.049,00	1.050,00	1.053,75
	INA-01A	574.502,899	7.776.311,911	1.070,11	1.043,38	26,73	DANIFICADO	1.049,00	1.050,00	1.053,75
C-C’	INA-26	574.622,923	7.776.211,341	1.115,50	1.073,07	42,43	SECO	1.081,00	1.083,00	1.089,00
	PZ-19	574.624,640	7.776.211,878	1.115,34	1.062,12	53,22	1.065,71	1.081,00	1.083,00	1.089,00
	INA-32	574.609,982	7.776.242,314	1.103,39	1.075,61	27,78	SECO	1.077,00	1.079,00	1.081,00
	INA-05	574.591,761	7.776.284,132	1.084,49	1.075,62	8,87	SECO	1.077,15	1.077,45	1.077,65
D-D’	INA-05B	574.577,560	7.776.087,144	1.126,06	1.103,52	22,54	SECO	1.111,50	1.112,50	1.114,50
	INA-23	574.552,009	7.776.149,087	1.125,75	1.079,61	46,14	SECO	1.080,11	1.080,41	1.081,00
	PZ-16	574.551,073	7.776.148,709	1.125,58	1.073,54	52,04	SECO	1.074,50	1.075,00	1.076,00
	PZ-03 (1)	574.539,333	7.776.176,864	1.115,36	1.059,83	55,53	1.060,78	1.063,00	1.064,50	1.066,00
	PZ-04 (1)	574.515,454	7.776.228,365	1.094,40	1.056,08	38,32	1.059,24	1.065,25	1.070,00	1.072,00
	INA-24	574.521,245	7.776.230,297	1.094,38	1.054,17	40,21	1.061,32	1.065,25	1.070,00	1.072,00

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/04/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
D-D'	PZ-15	574.519,798	7.776.229,746	1.094,39	1.032,37	62,02	1.046,49	1.053,50	1.055,00	1.057,50
	INA-29	574.505,661	7.776.263,490	1.079,74	1.045,99	33,75	1.055,38	1.057,00	1.059,00	1.061,00
	PZ-22 (1)	574.504,016	7.776.262,970	1.079,71	1.037,71	42,00	1.042,91	1.045,00	1.046,00	1.047,00
	PZ-05	574.499,050	7.776.270,044	1.076,62	1.049,09	27,53	1.049,19	1.055,00	1.056,00	1.058,00
	PZ-01 (1)	574.490,976	7.776.284,809	1.069,15	1.046,85	22,30	1.047,95	1.052,00	1.053,00	1.055,00
	PZ-02 (1)	574.484,379	7.776.306,479	1.070,34	1.046,63	23,71	1.048,36	1.048,00	1.049,00	1.052,00
E-E'	INA-33 (1)	574.625,885	7.776.143,361	1.126,80	1.079,98	46,82	SECO	1.084,00	1.085,00	1.086,00
	INA-38	574.598,447	7.776.203,110	1.115,64	1.074,80	40,84	SECO	1.075,30	1.076,00	1.081,00
	INA-35	574.583,022	7.776.232,800	1.103,43	1.071,60	31,83	SECO	1.072,10	1.073,50	1.078,00
	PZ-20	574.575,328	7.776.253,021	1.094,52	1.051,32	43,20	SECO	1.068,50	1.069,50	1.076,00
	INA-27	574.573,684	7.776.252,453	1.094,57	1.068,47	26,10	SECO	1.068,97	1.069,50	1.076,00
	INA-40	574.563,720	7.776.271,753	1.085,49	1.061,34	24,15	SECO	1.063,00	1.064,50	1.069,50
	PZ-09 (1)	574.549,100	7.776.307,150	1.070,61	1.037,00	33,61	1.042,44	1.055,50	1.056,00	1.060,00
	PZ-10	574.547,874	7.776.306,960	1.070,54	1.054,87	15,67	SECO	1.055,50	1.056,00	1.060,00
Instrumentos fora de seção de controle	INA-18	574.460,928	7.776.129,034	1.120,04	1.109,60	10,44	SECO	Próximo à ombreira esquerda		
	INA-37	574.451,457	7.776.161,553	1.110,82	1.076,31	34,51	SECO	Próximo à ombreira esquerda		
	PZ-07	574.726,619	7.776.093,729	1.129,25	1.078,67	50,58	SECO	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-08	574.387,740	7.776.201,920	1.116,25	1.053,22	63,03	1.058,59	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-12	574.602,350	7.776.320,922	1.075,37	1.022,70	52,67	1.045,95	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-13	574.776,640	7.776.071,051	1.130,75	1.068,75	62,00	1.069,84	Monitoramento hidrogeológico		

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/04/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
	PZ-14	574.686,697	7.776.449,072	1.056,05	1.004,72	51,33	1.037,98	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-24	574.421,807	7.776.387,927	1.037,65	1.033,76	3,89	SECO	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-25	574.461,511	7.776.376,685	1.040,83	1.024,53	16,30	1.028,21	Monitoramento hidrogeológico		
A-A’	MS-01	574.500,555	7.776.121,056	1.126,906	-	-	-	Não aplicável		
B-B’	MS-02	574.569,932	7.776.149,552	1.127,284	-	-	-	Não aplicável		
B-B’	MS-03	574.546,808	7.776.202,950	1.109,409	-	-	-	Não aplicável		
B-B’	MS-04	574.477,353	7.776.175,052	1.109,710	-	-	-	Não aplicável		
A-A’	MS-05	574.516,529	7.776.272,078	1.079,063	-	-	-	Não aplicável		
Não aplicável	B2-S1	574.542,368	7.776.175,486	1.114,879	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S2	574.610,429	7.776.239,295	1.102,956	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S3	574.468,902	7.776.212,427	1.094,197	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S4	574.517,197	7.776.290,024	1.071,274	-	-	-	Não aplicável		
	MV	574.425,322	7.776.431,715	1.013,211	-	-	-	Não aplicável		

1- Instrumentos automatizados.

5.6.3.1 Leituras Instrumentação

A MMI realiza leituras semanais dos níveis nos INA's e PZ's e quinzenais dos deslocamentos nos Marcos Superficiais. Já os piezômetros automatizados realizam um monitoramento constante com registro de leituras a cada 2 horas. As leituras na placa indicadora de vazão são realizadas diariamente.

- **Indicadores de Nível d'Água e Piezômetros**

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para cada instrumento abrangendo dois anos hidrológicos, no período entre 10/2021 e 04/2024, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

a) Nível de água do reservatório – seco (sem lago) no período avaliado;
b) Referências do topo e base de cada instrumento;
c) Leituras do nível de água do instrumento;
d) Pluviometria mensal na região da barragem;
e) Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições normal, alerta e emergência.

De acordo com os registros quinzenais de monitoramento dos INA's e PZ's, a freática está em geral, deprimida na região do reservatório da barragem desde meados do ano de 2016. Com a impermeabilização do reservatório e instalação dos dispositivos formais de drenagem superficial nas bermas, pode-se observar uma redução das leituras verificadas na instrumentação na estrutura durante o ano de 2023 até o momento.

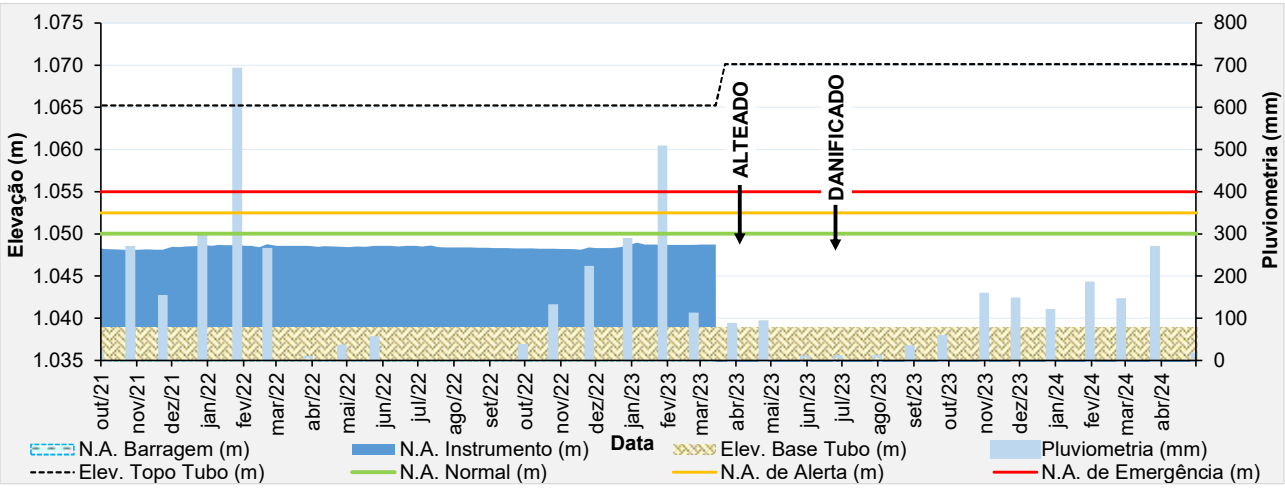


Figura 5.33 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01.

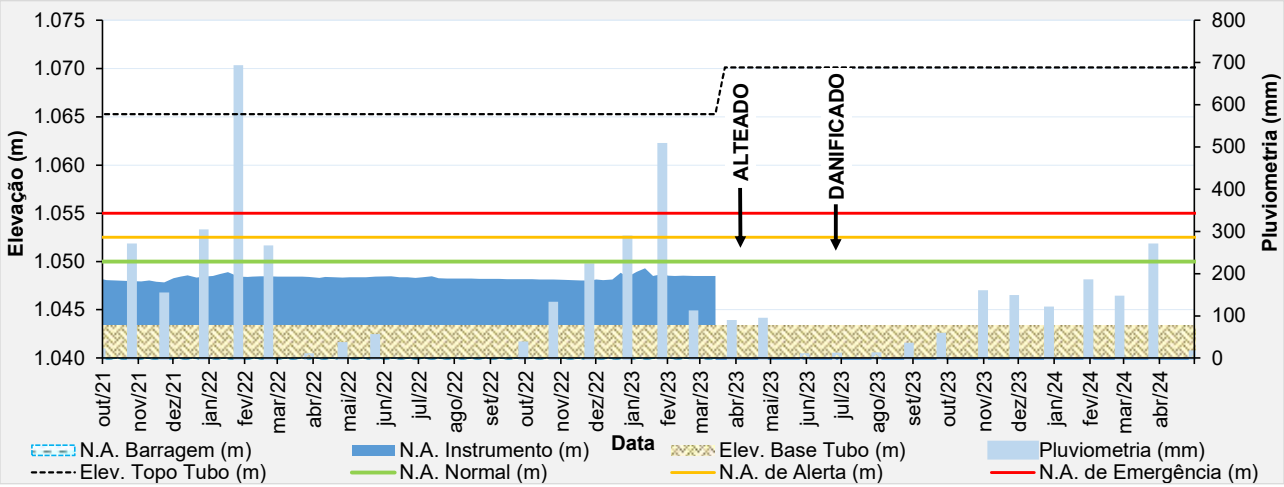


Figura 5.34 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01A.

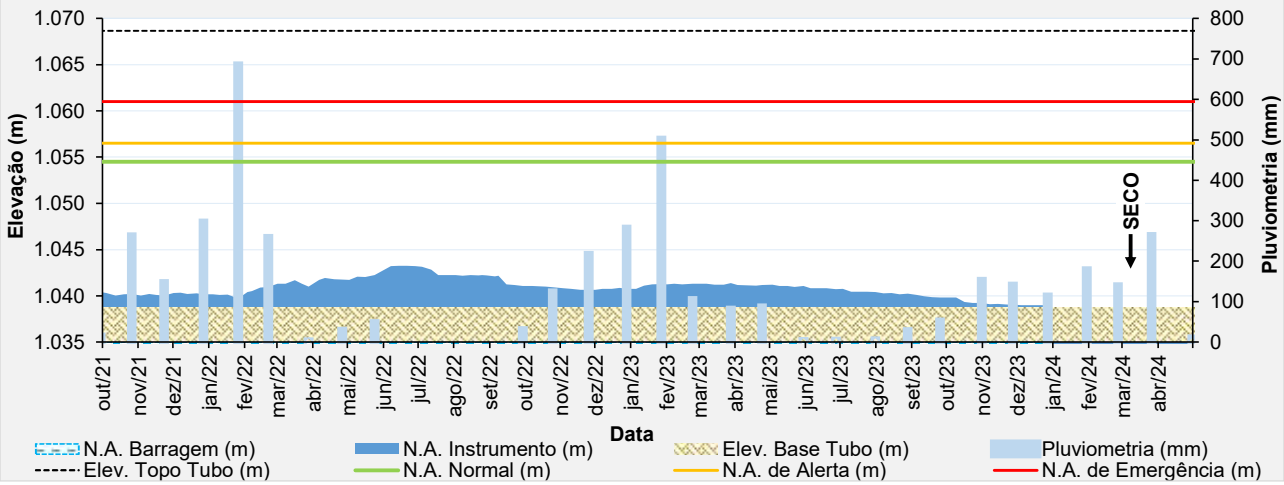


Figura 5.35 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-02.

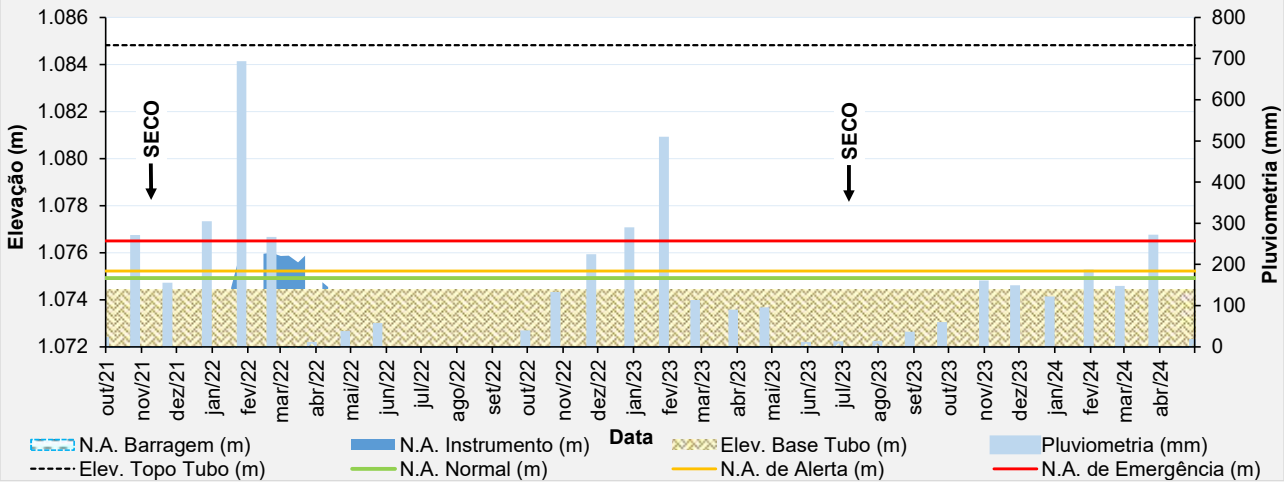


Figura 5.36 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03.

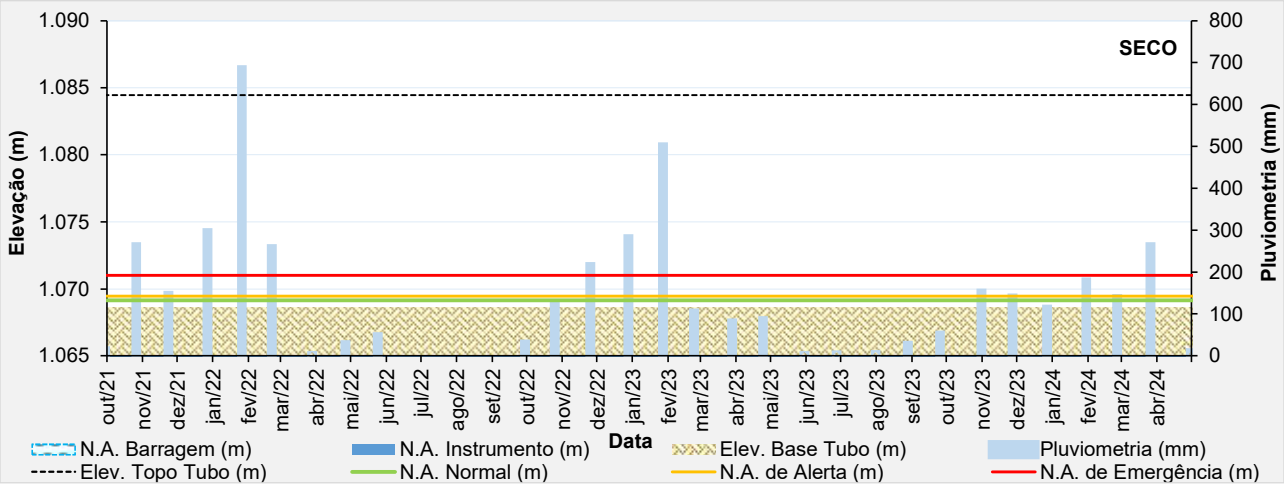


Figura 5.37 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-04.

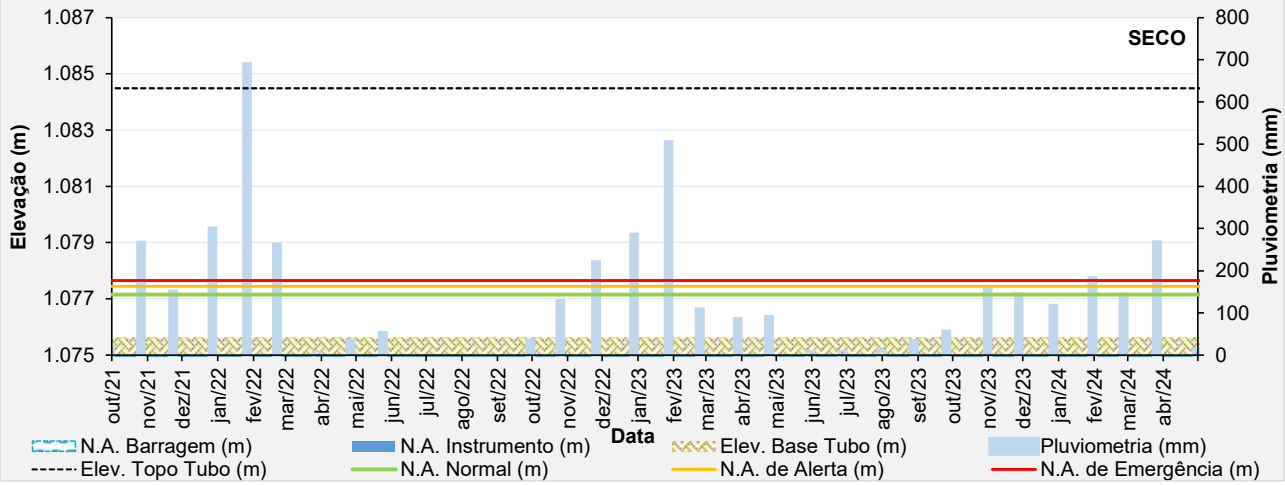


Figura 5.38 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05.

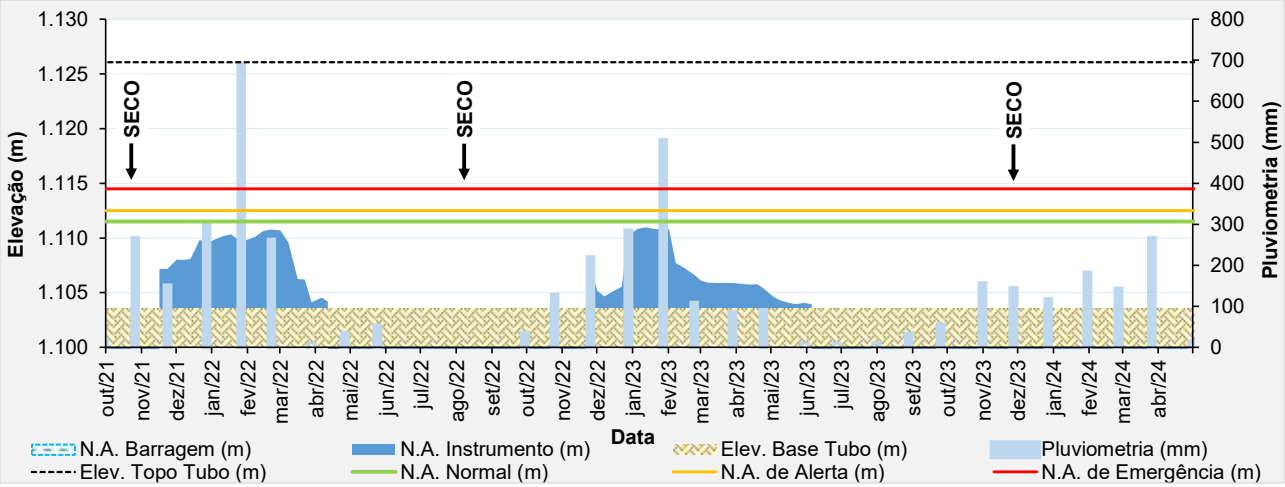


Figura 5.39 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05B.

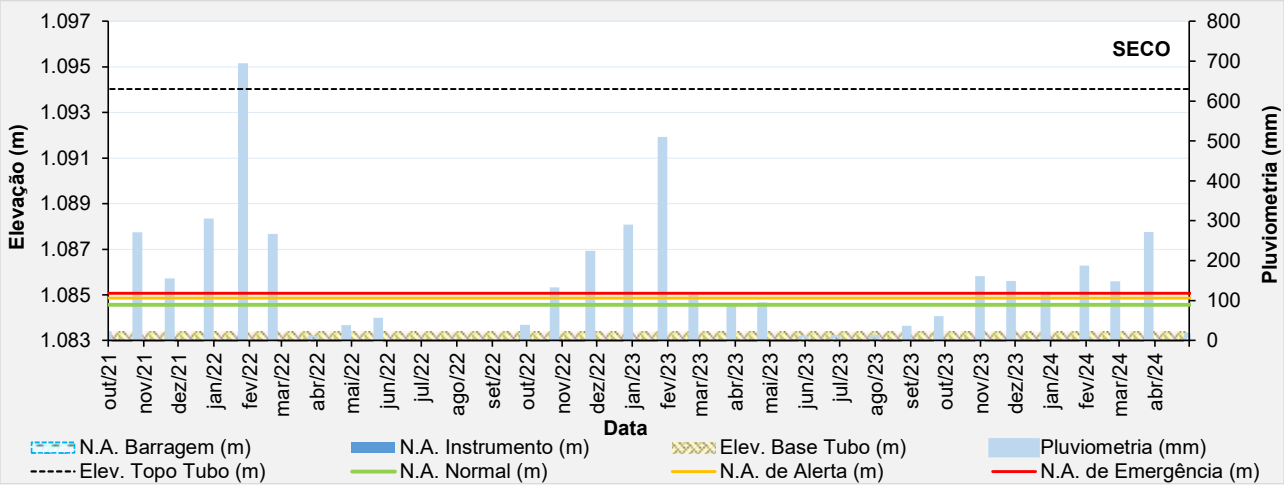


Figura 5.40 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-06.

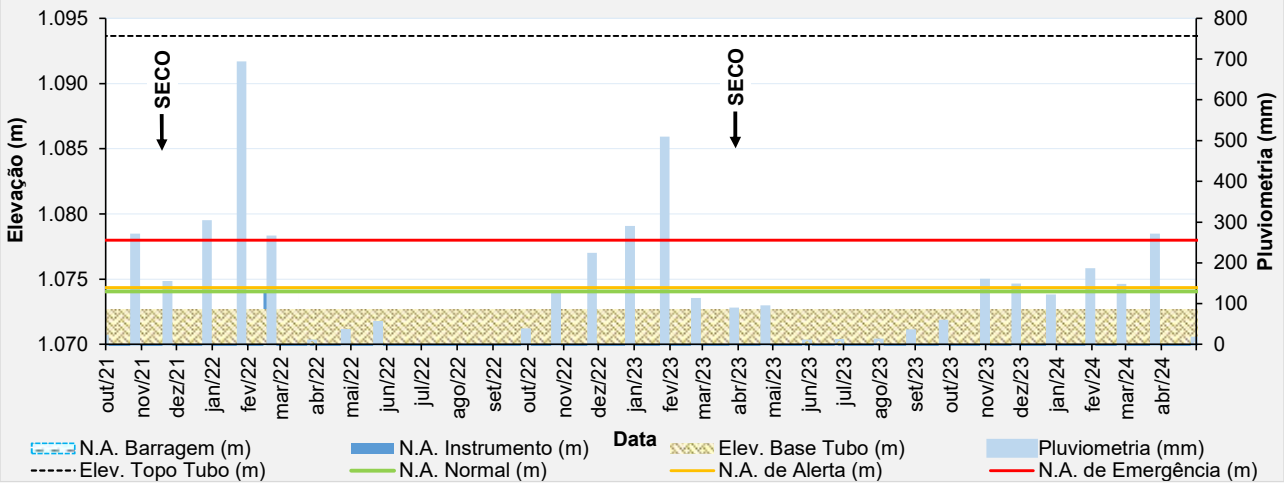


Figura 5.41 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07.

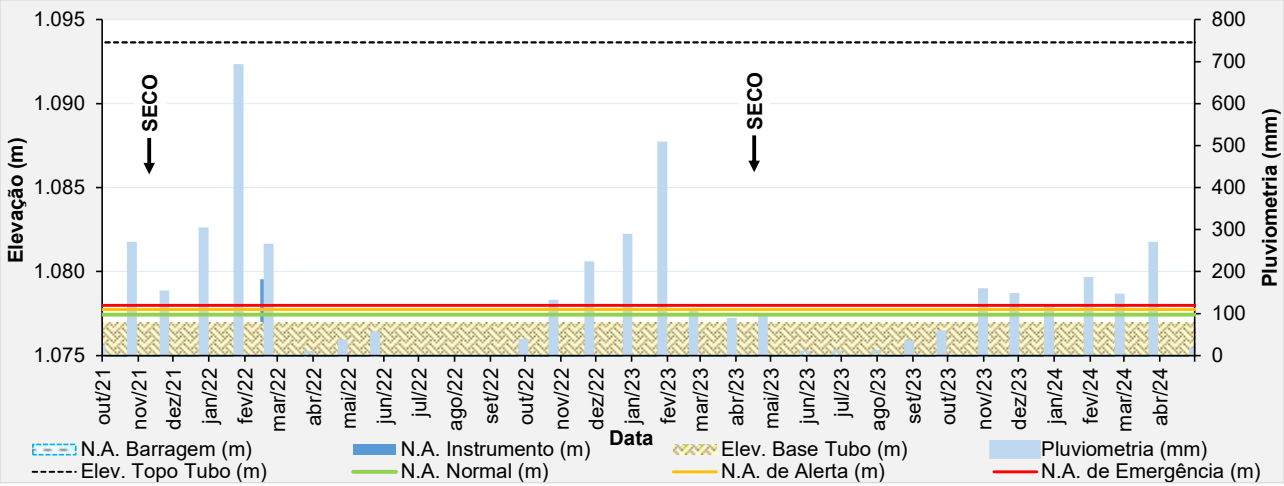


Figura 5.42 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07A.

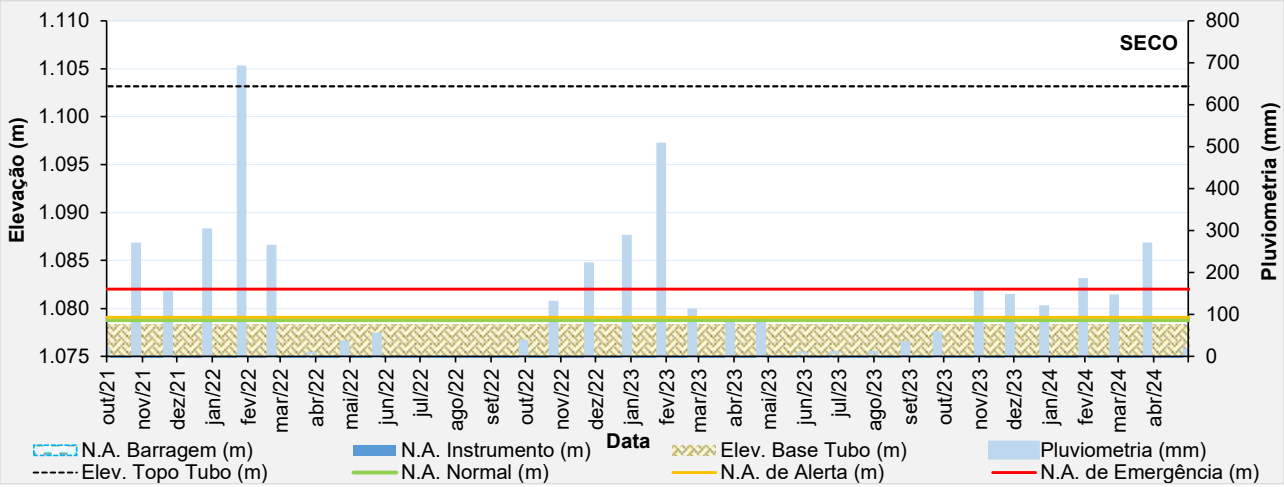


Figura 5.43 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10.

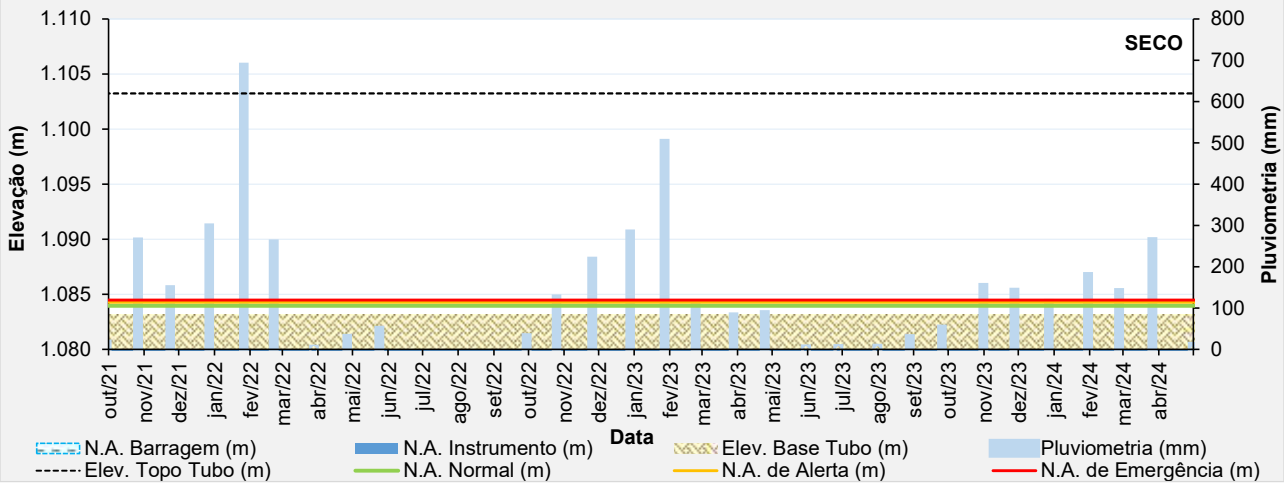


Figura 5.44 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10A.

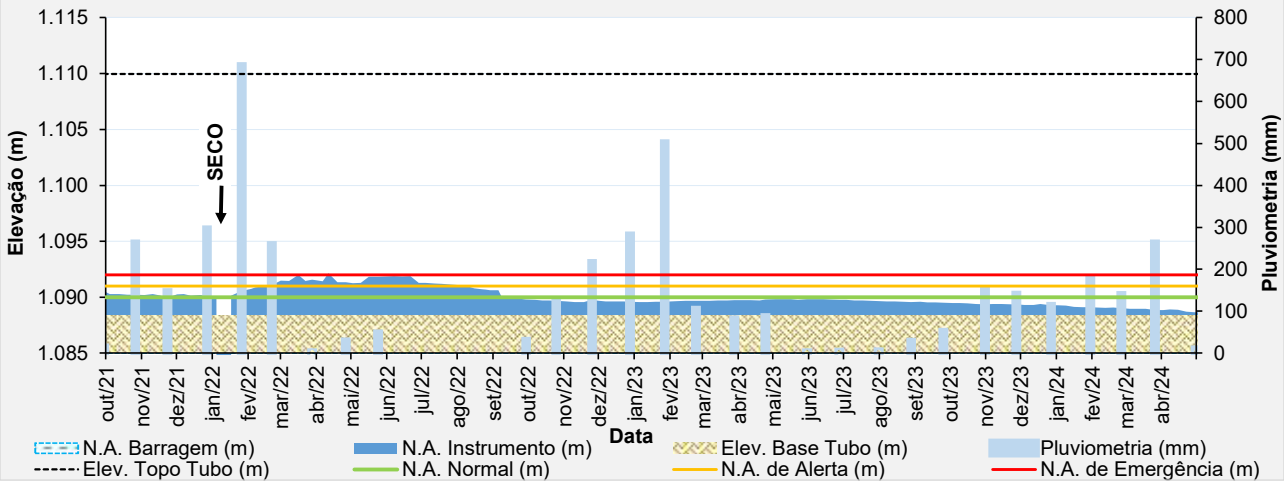


Figura 5.45 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-12.

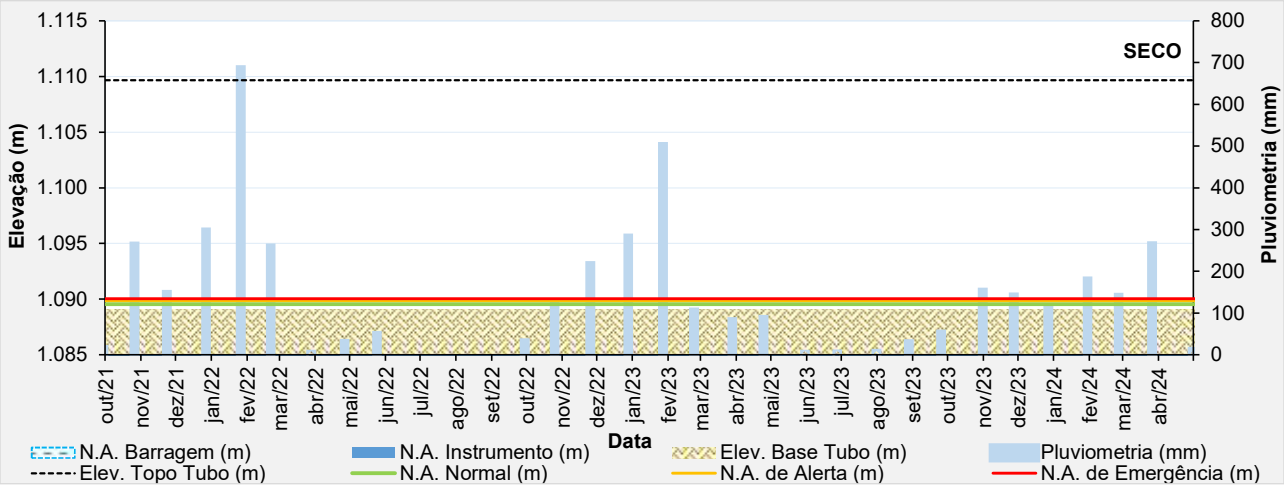


Figura 5.46 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-13.

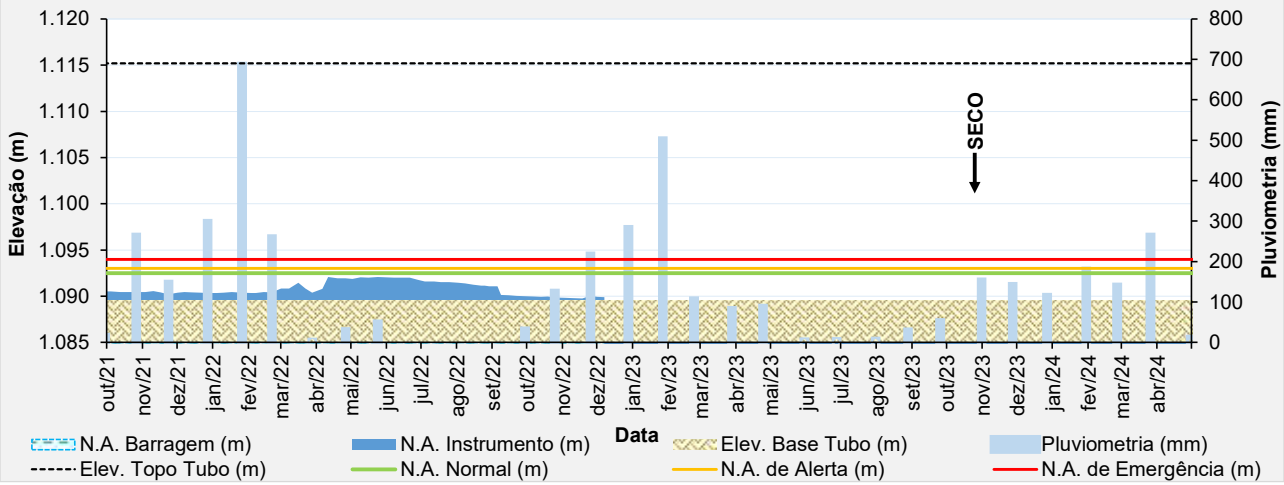


Figura 5.47 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-15.

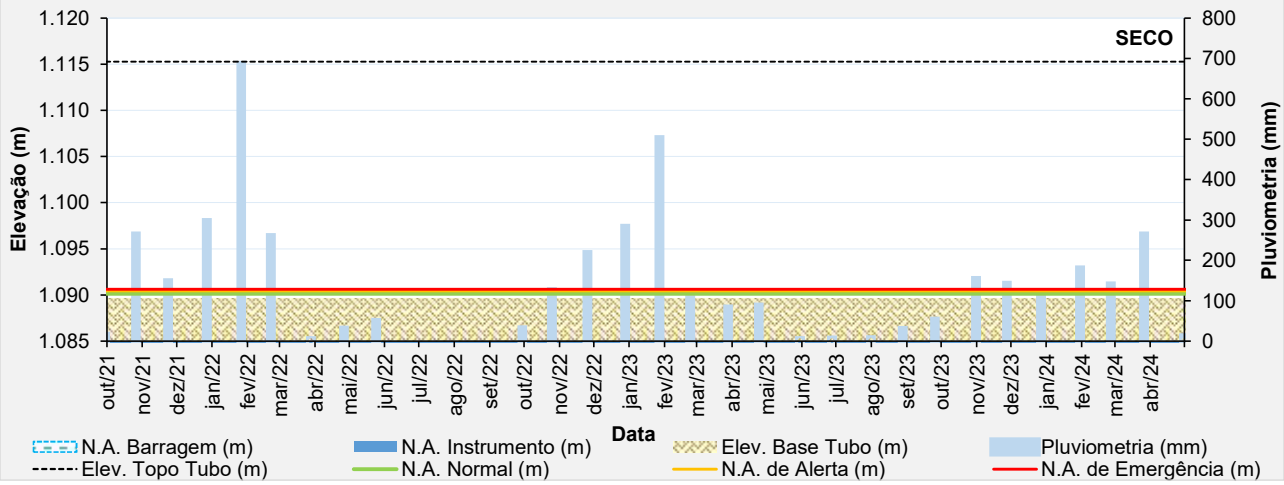


Figura 5.48 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-16.

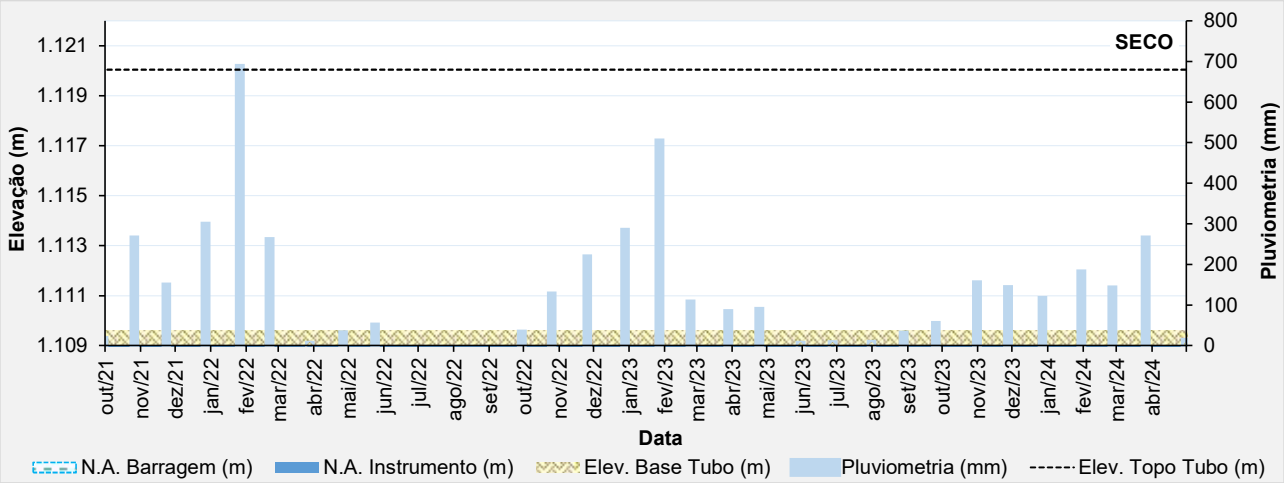


Figura 5.49 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-18.

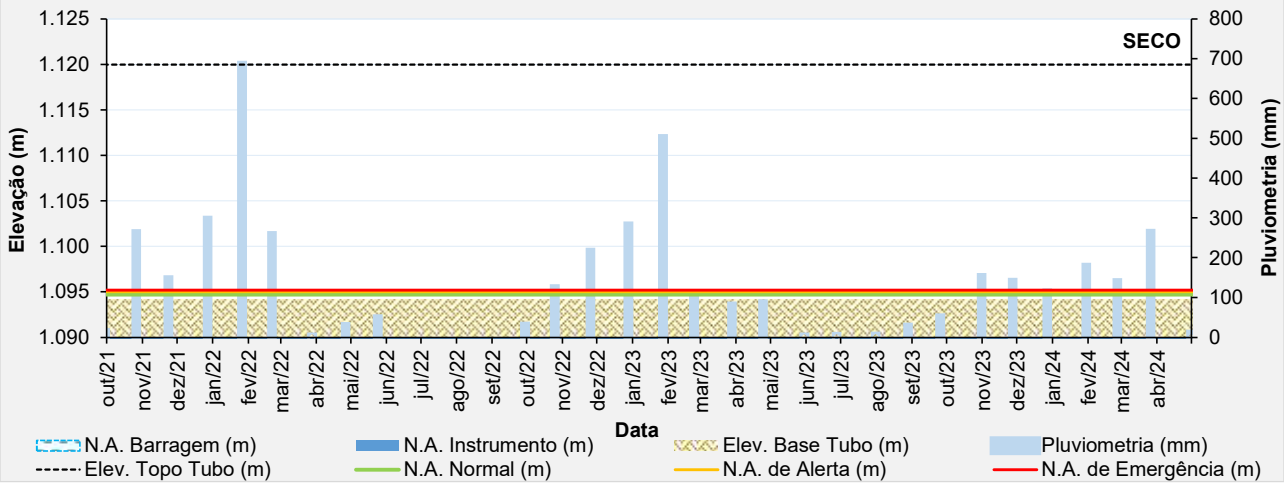


Figura 5.50 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-19.

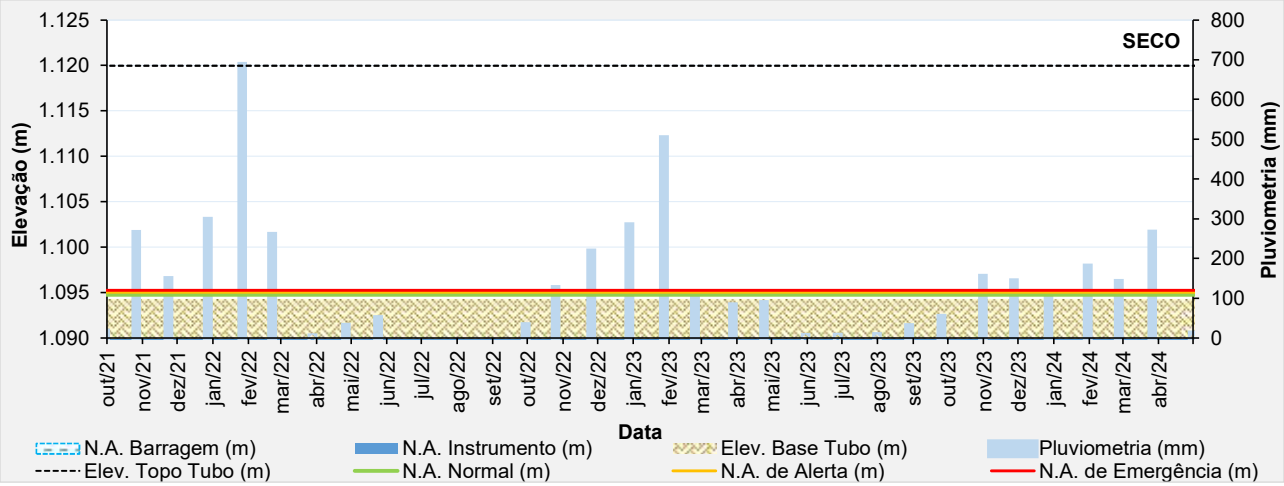


Figura 5.51 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-20.

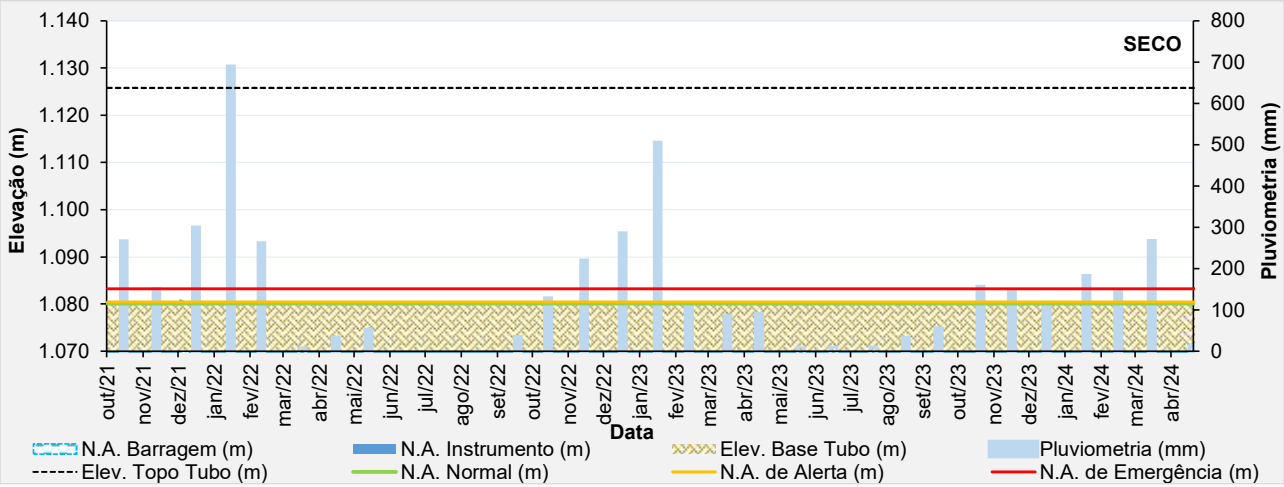


Figura 5.52 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-23.

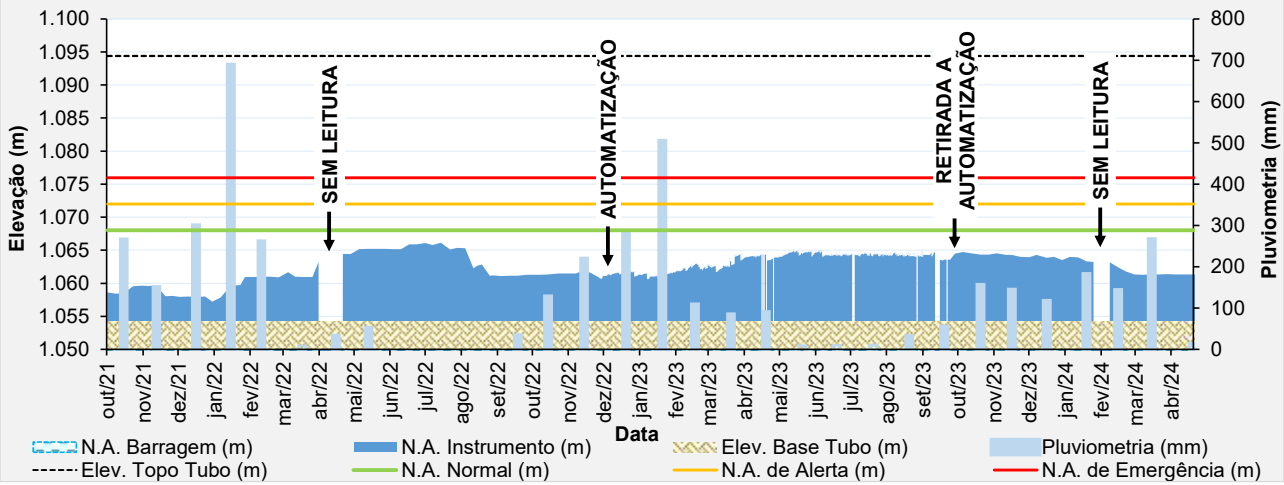


Figura 5.53 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-24.

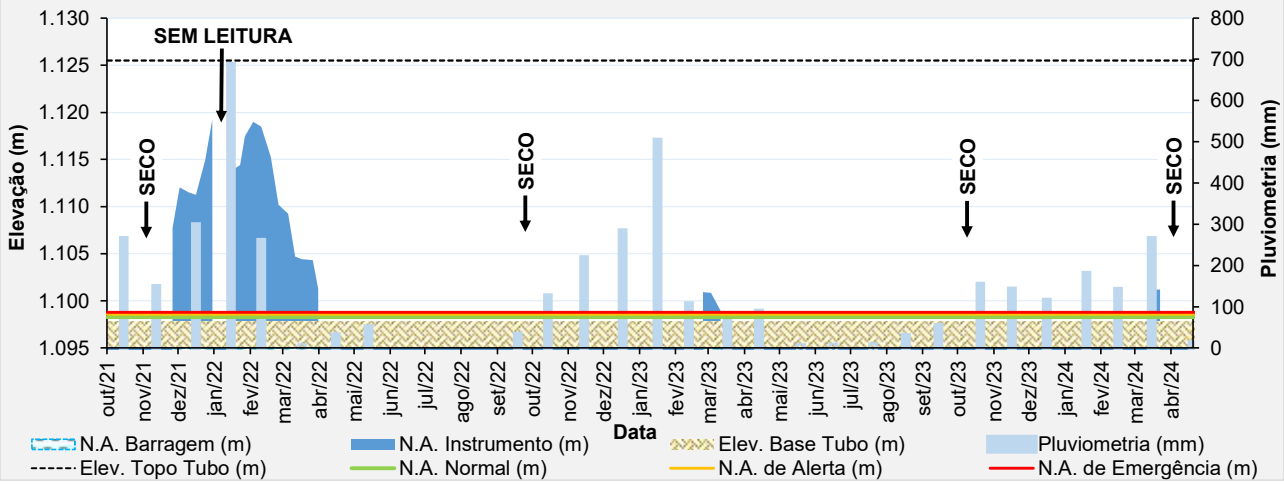


Figura 5.54 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-25.

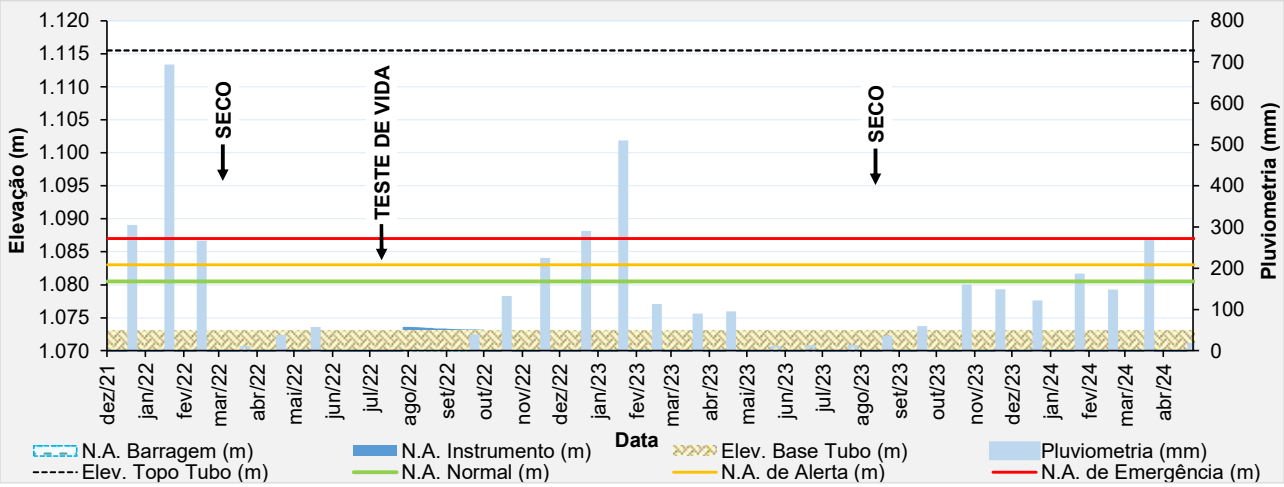


Figura 5.55 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-26.

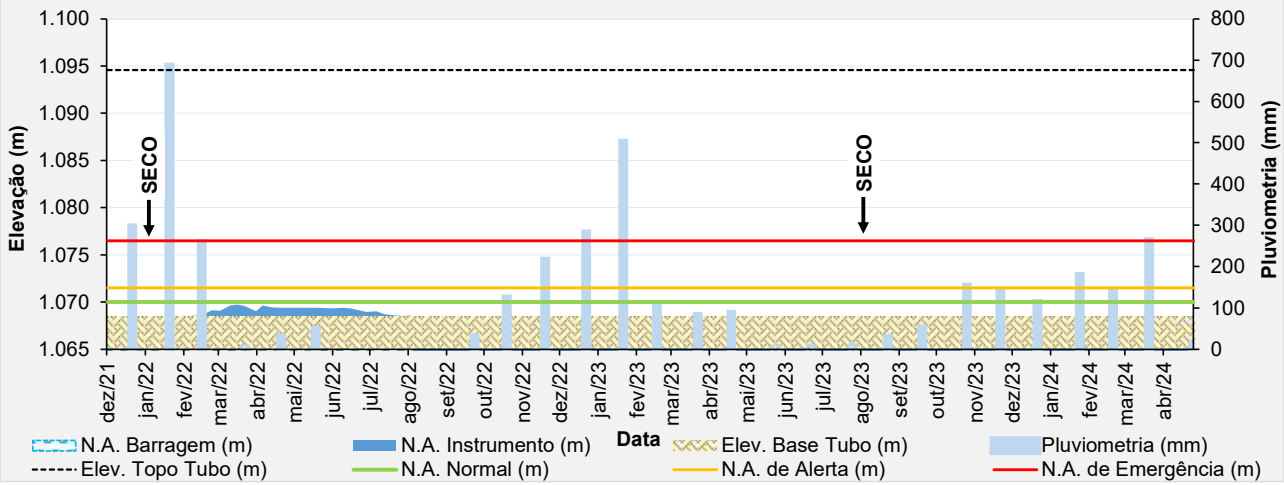


Figura 5.56 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-27.

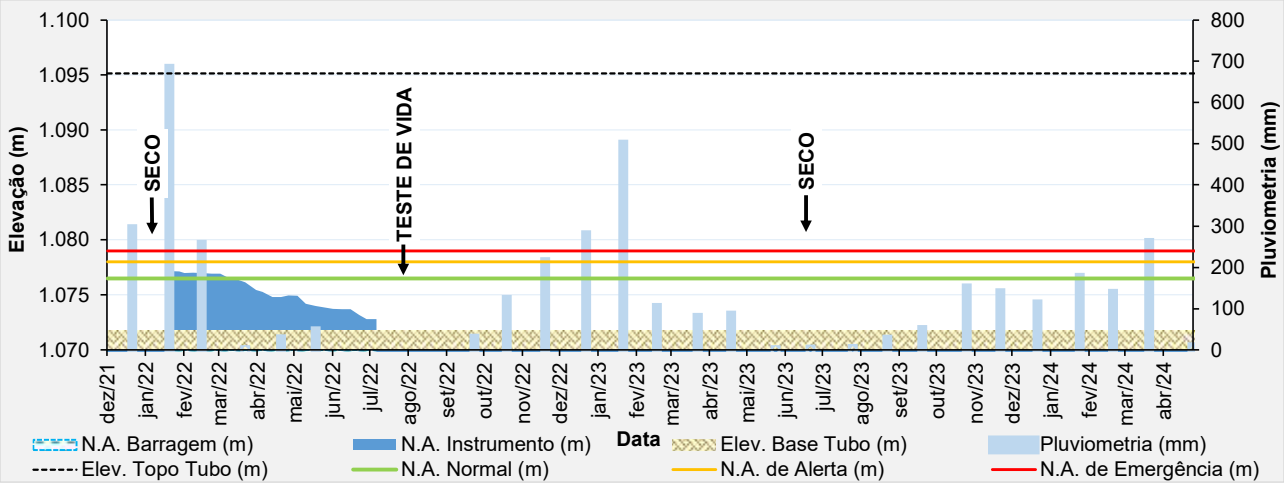


Figura 5.57 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-28.

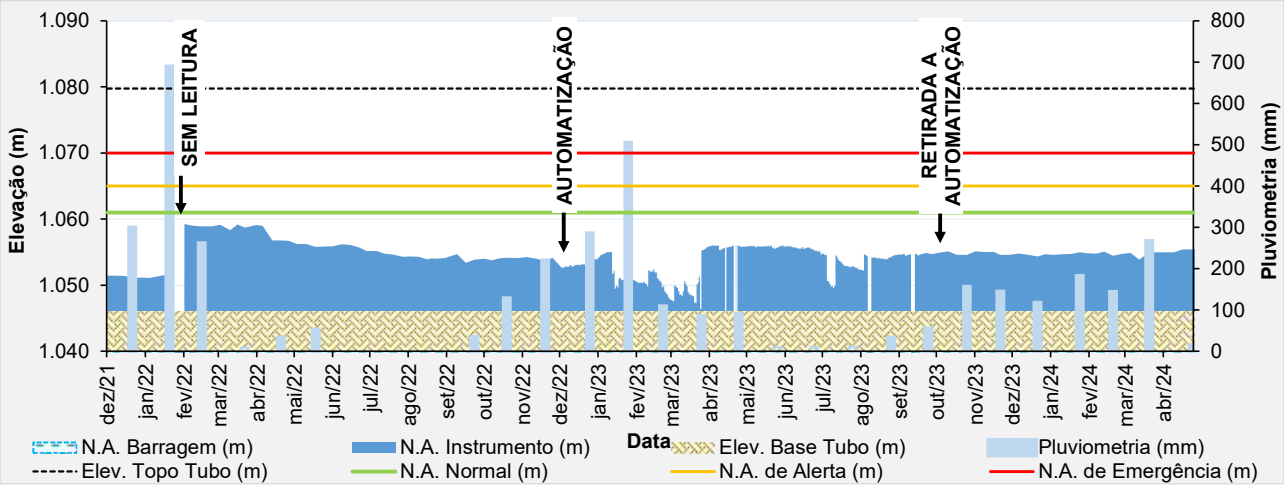


Figura 5.58 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-29.

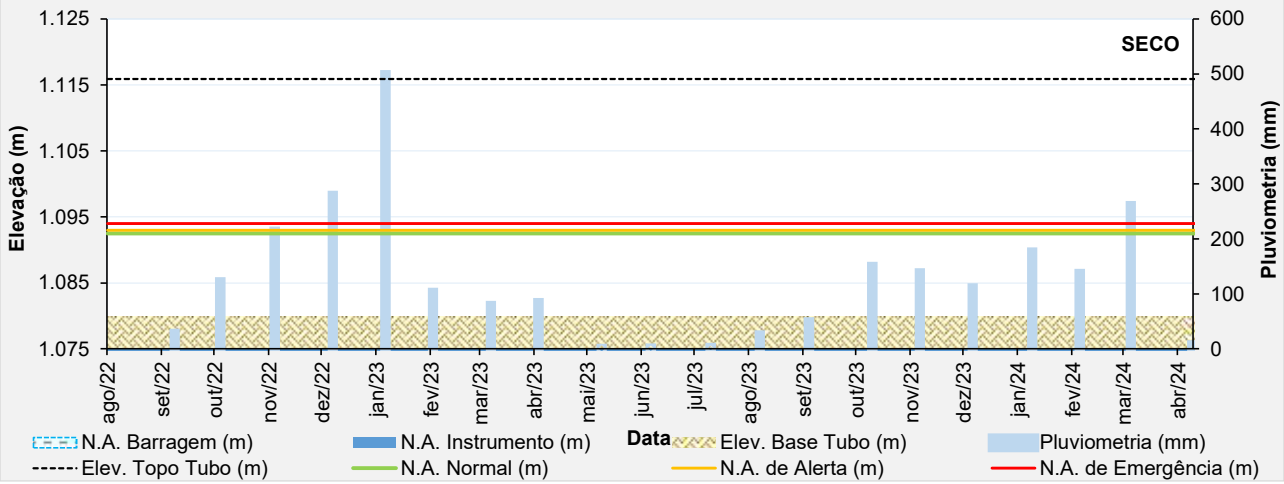


Figura 5.59 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-30.

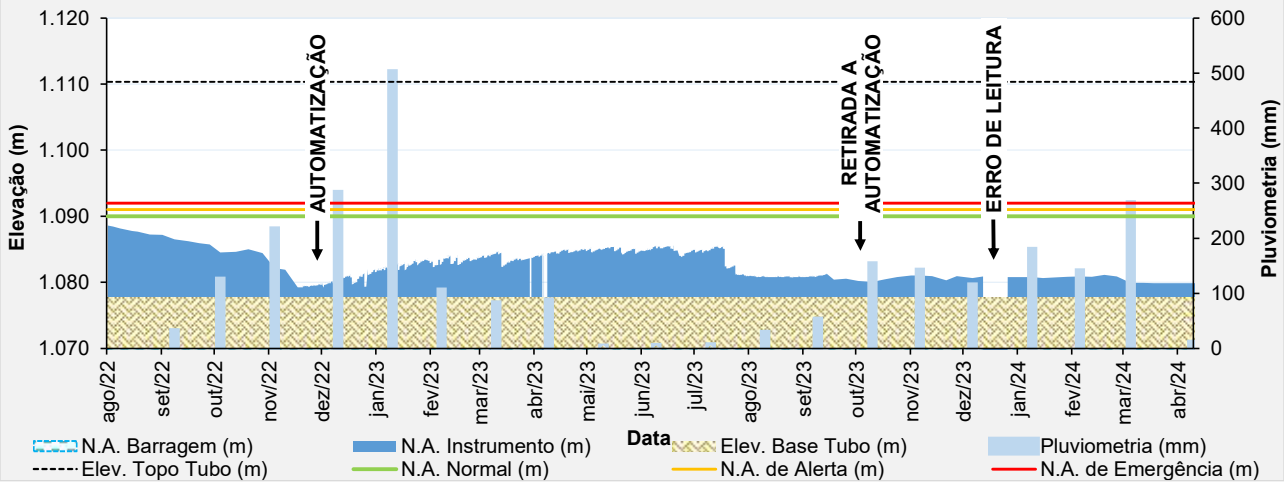


Figura 5.60 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-31.

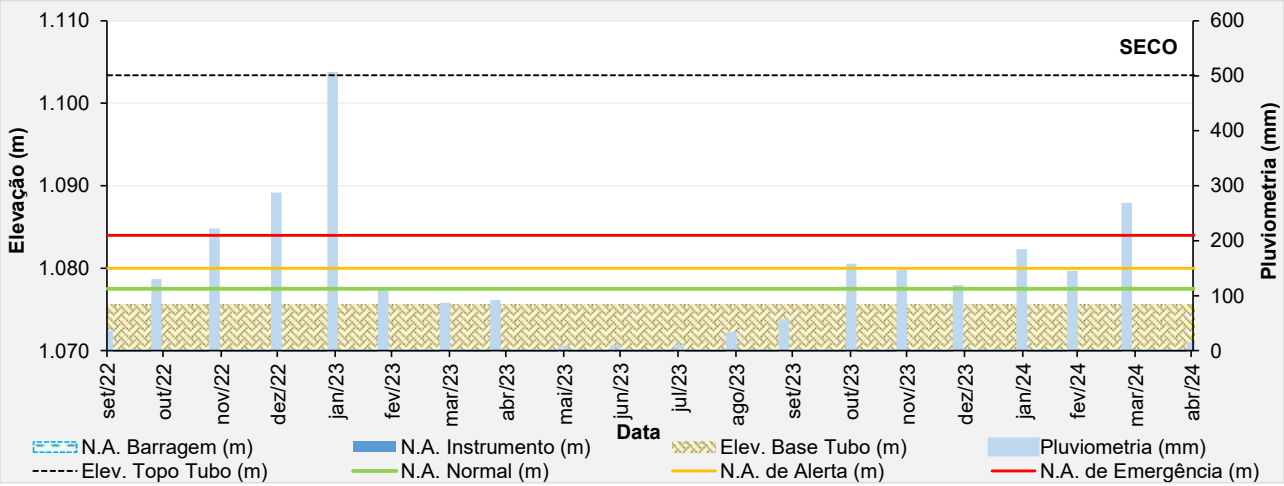


Figura 5.61 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-32.

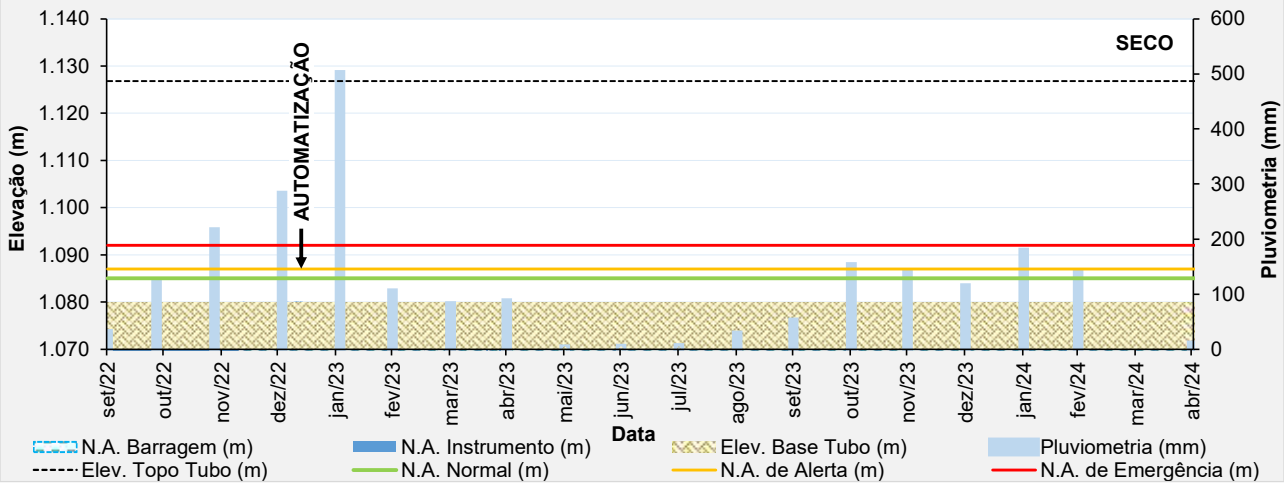


Figura 5.62 – Desempenho do indicador de nível d'água automatizado – INA-33.

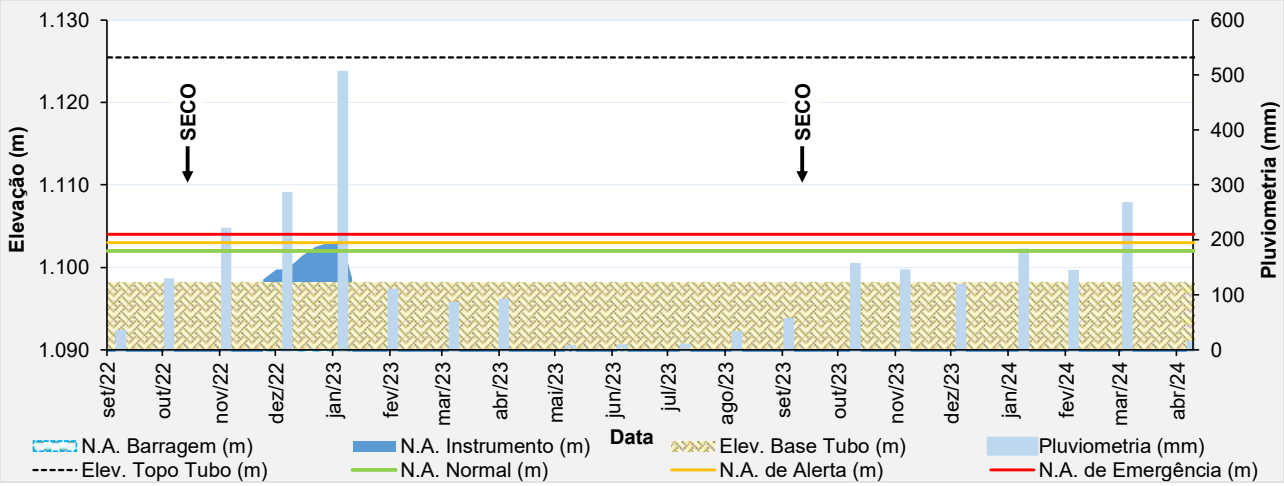


Figura 5.63 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-34.

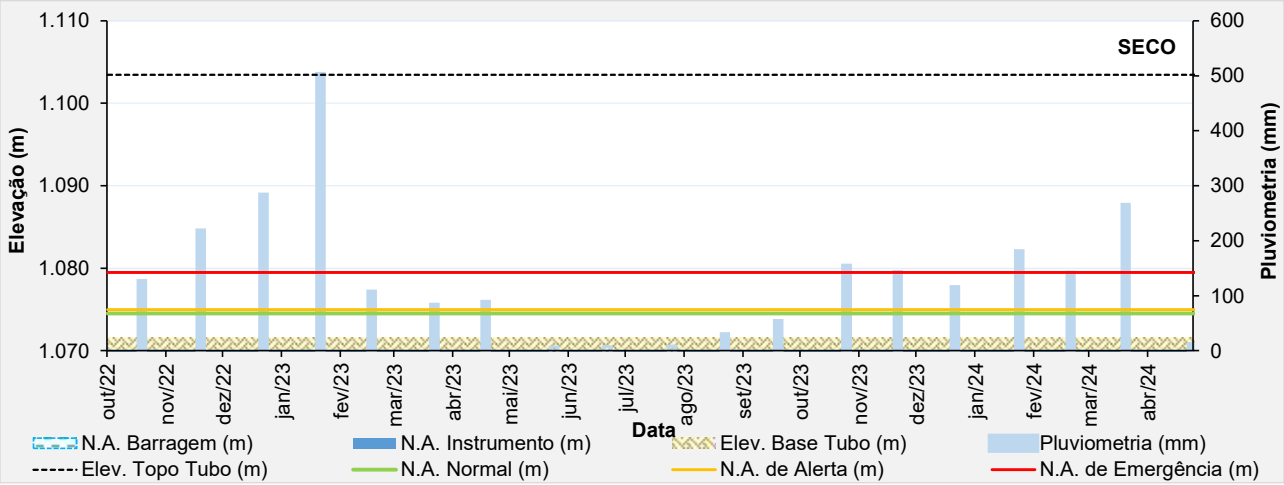


Figura 5.64 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-35.

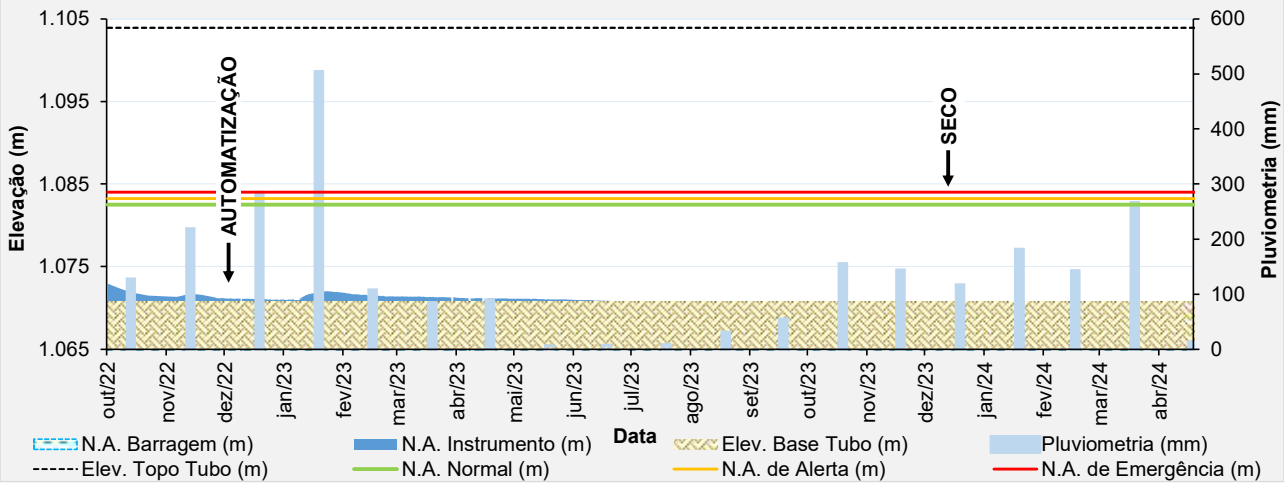


Figura 5.65 – Desempenho do indicador de nível d'água autmoatizado – INA-36.

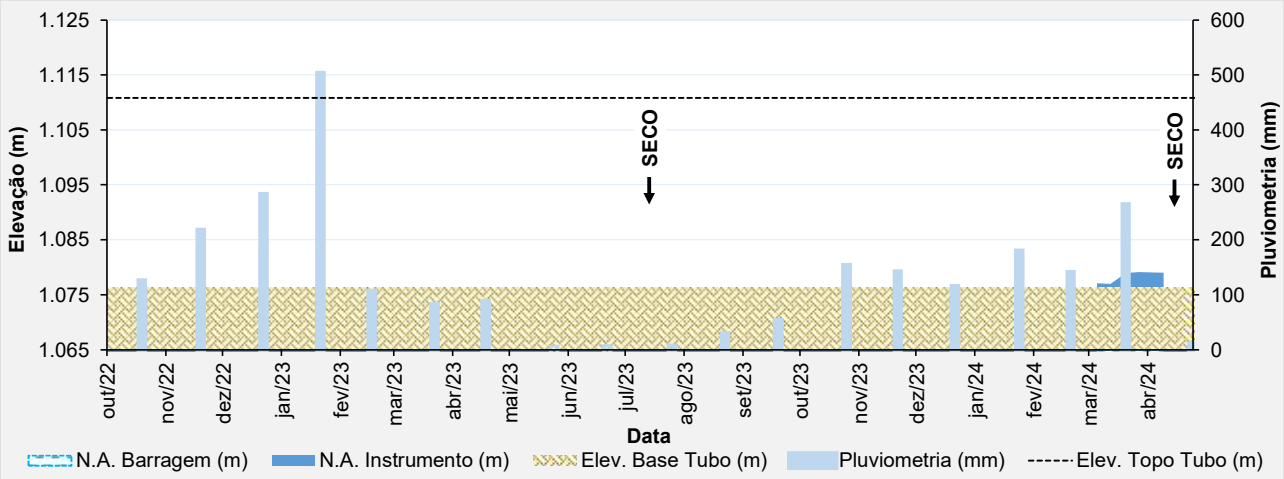


Figura 5.66 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-37.

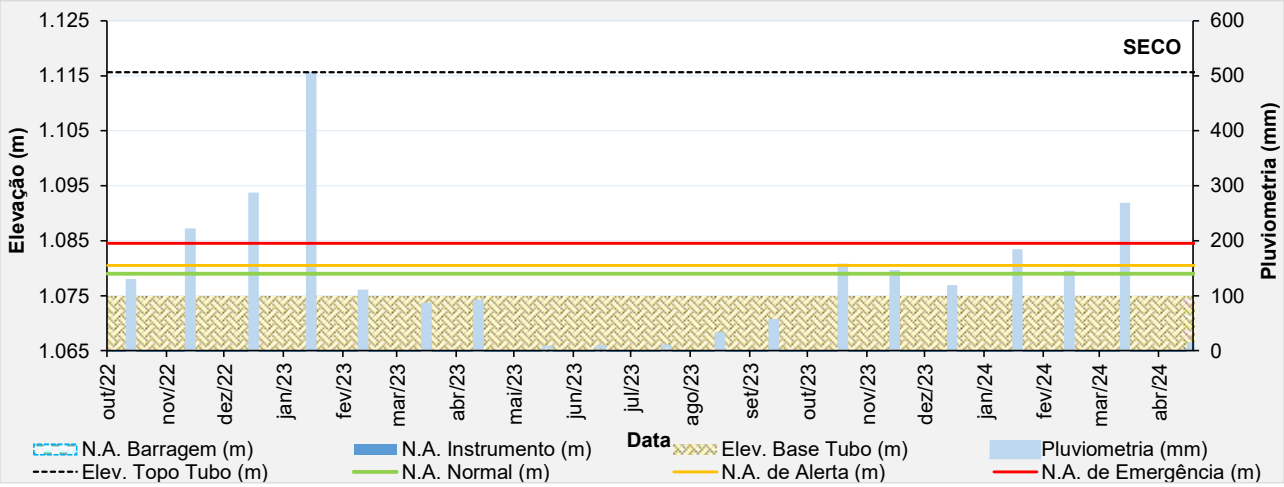


Figura 5.67 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-38.

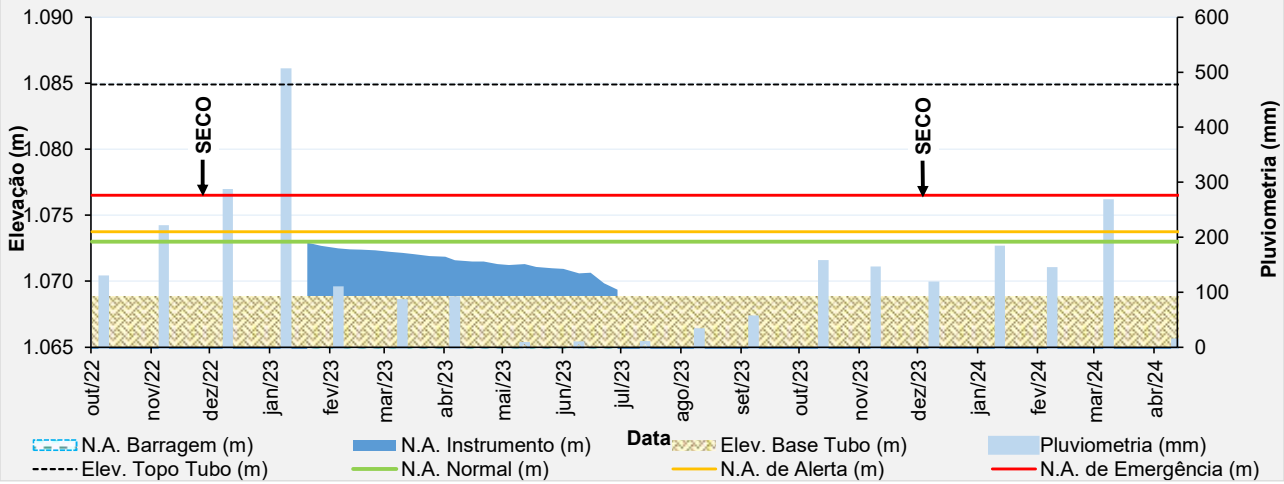


Figura 5.68 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-39.

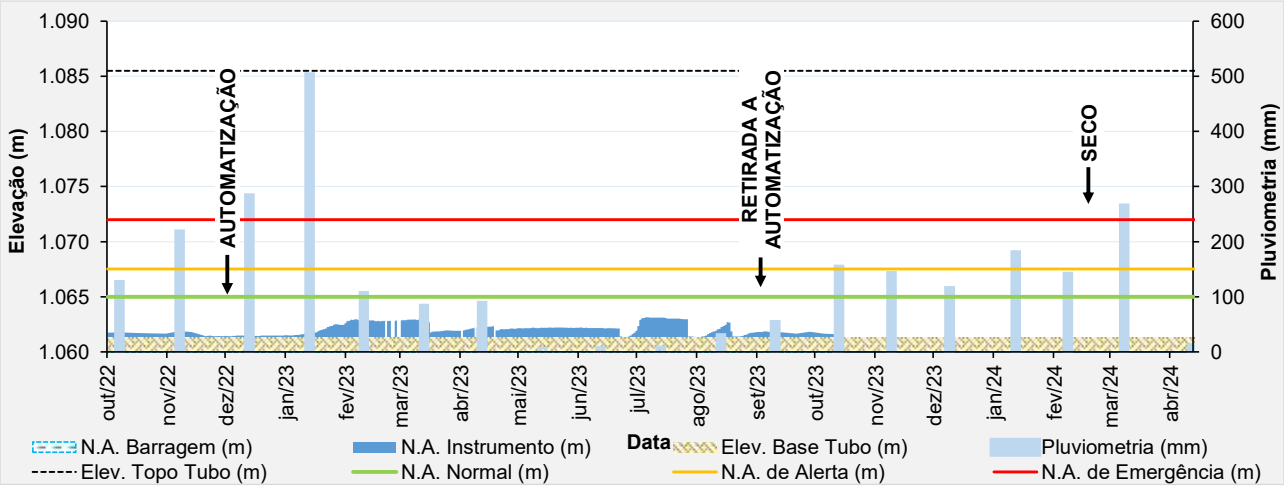


Figura 5.69 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-40.

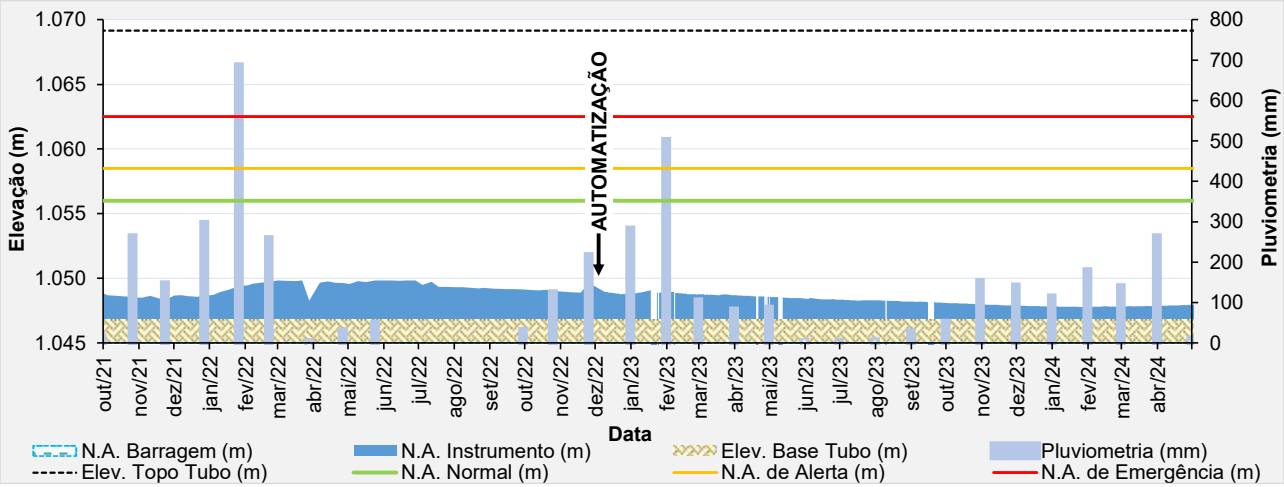


Figura 5.70 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-01.

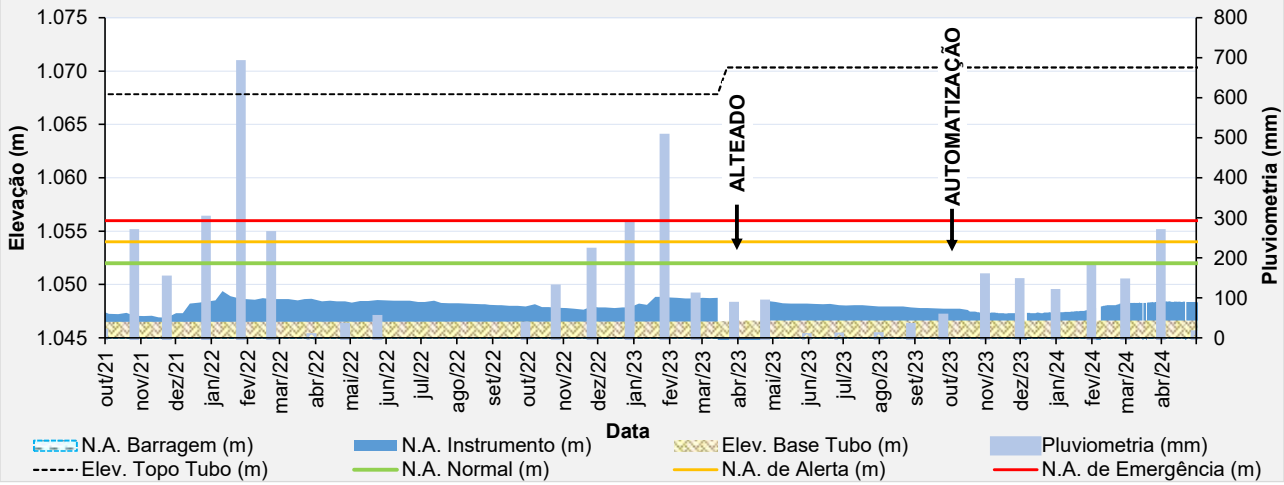


Figura 5.71 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-02.

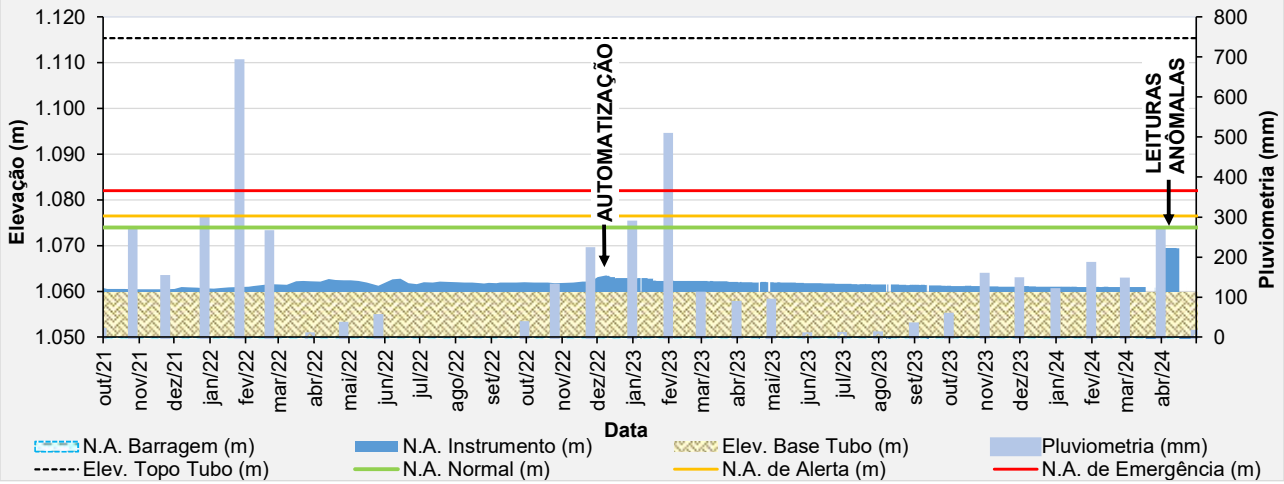


Figura 5.72 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-03.

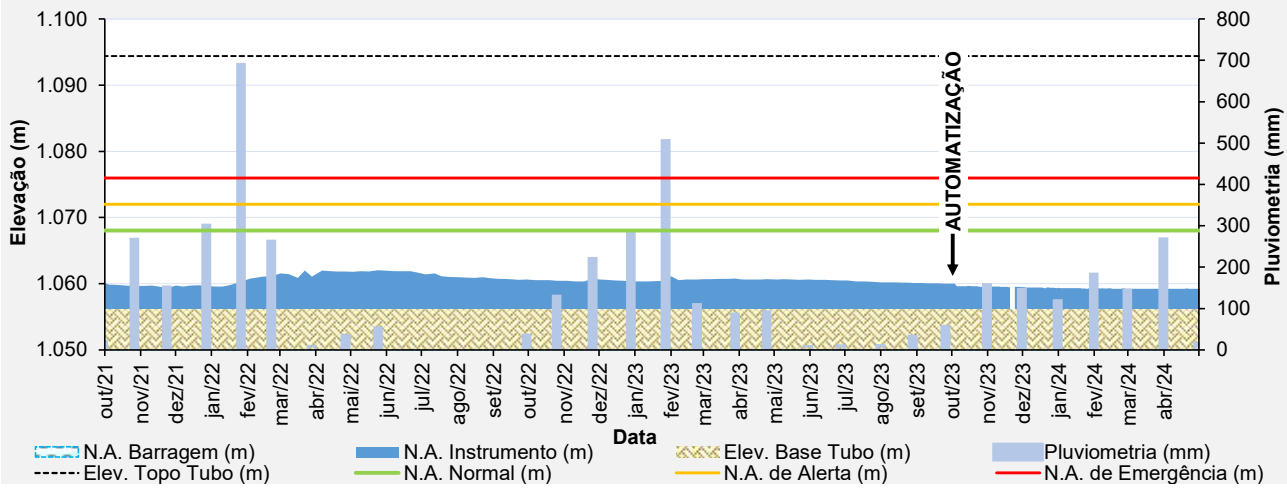


Figura 5.73 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-04.

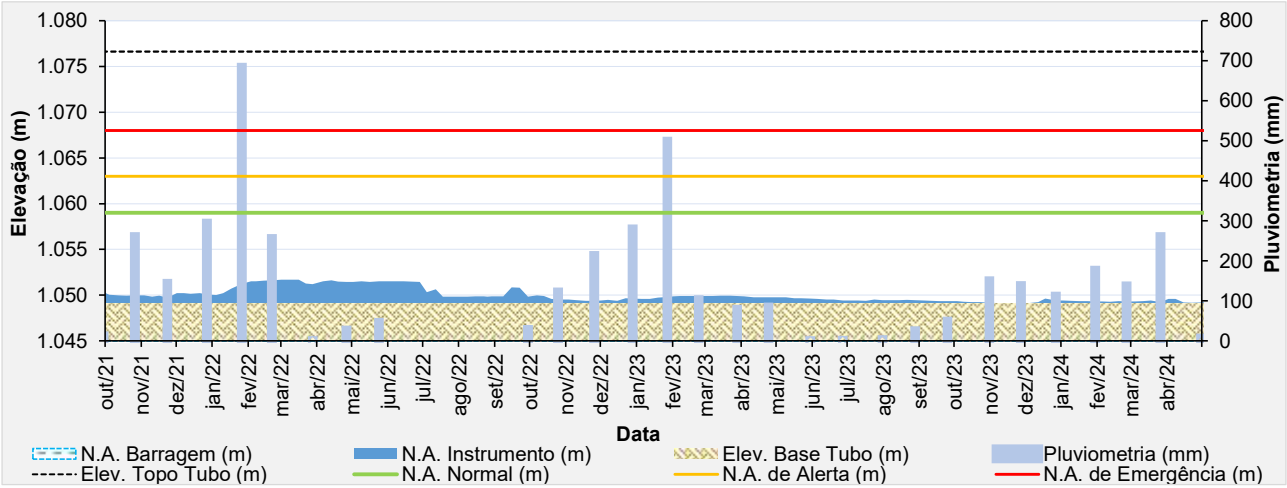


Figura 5.74 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-05.

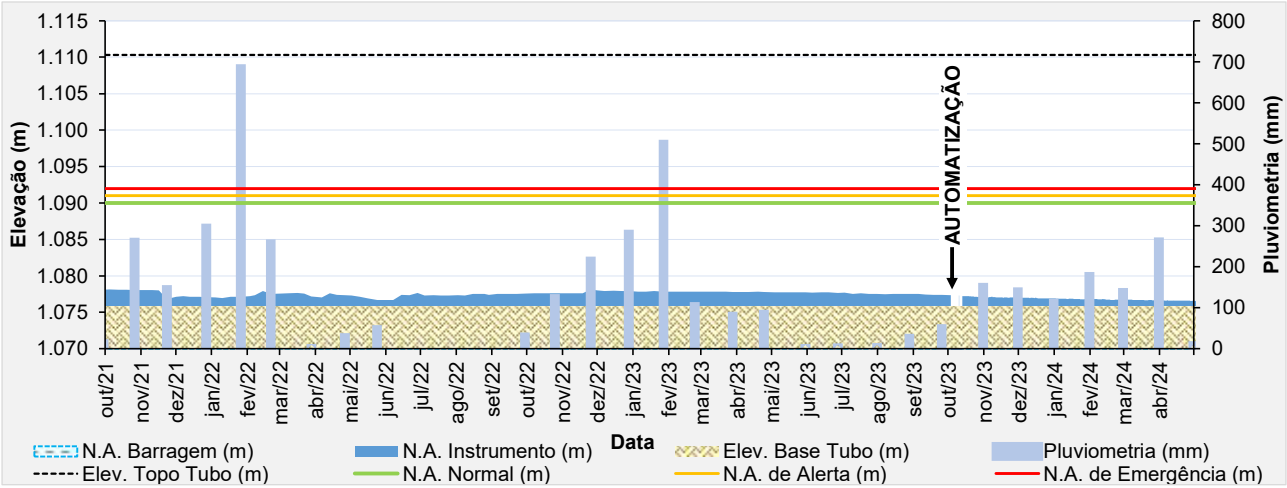


Figura 5.75 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-06.

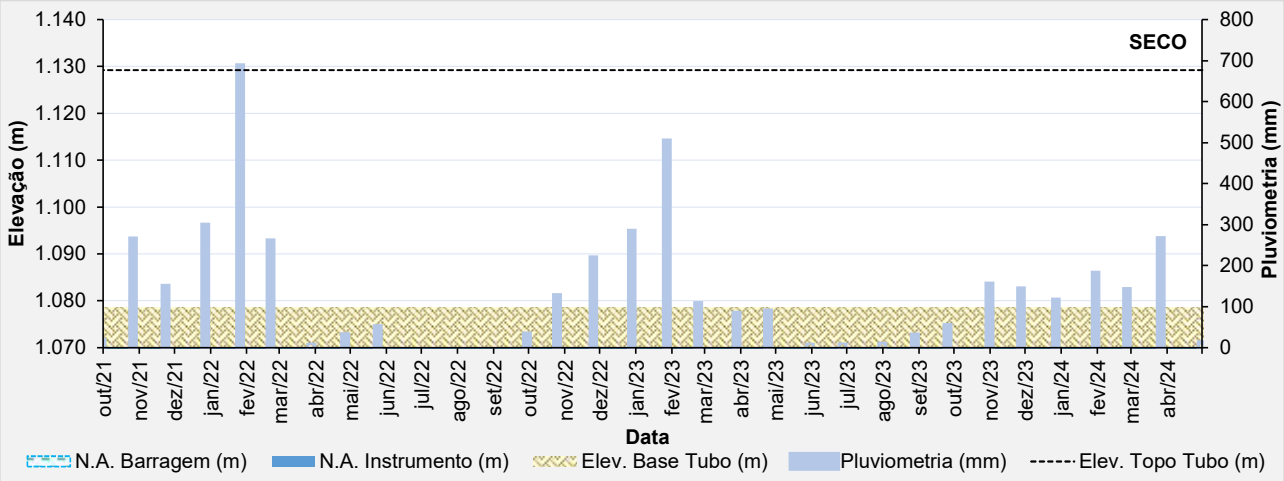


Figura 5.76 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-07.

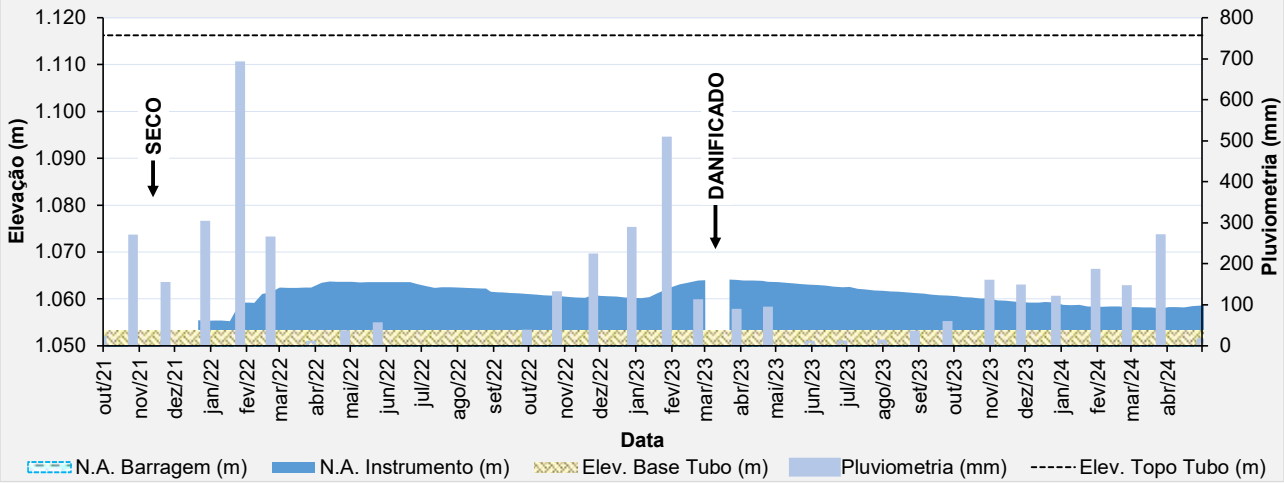


Figura 5.77 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-08.

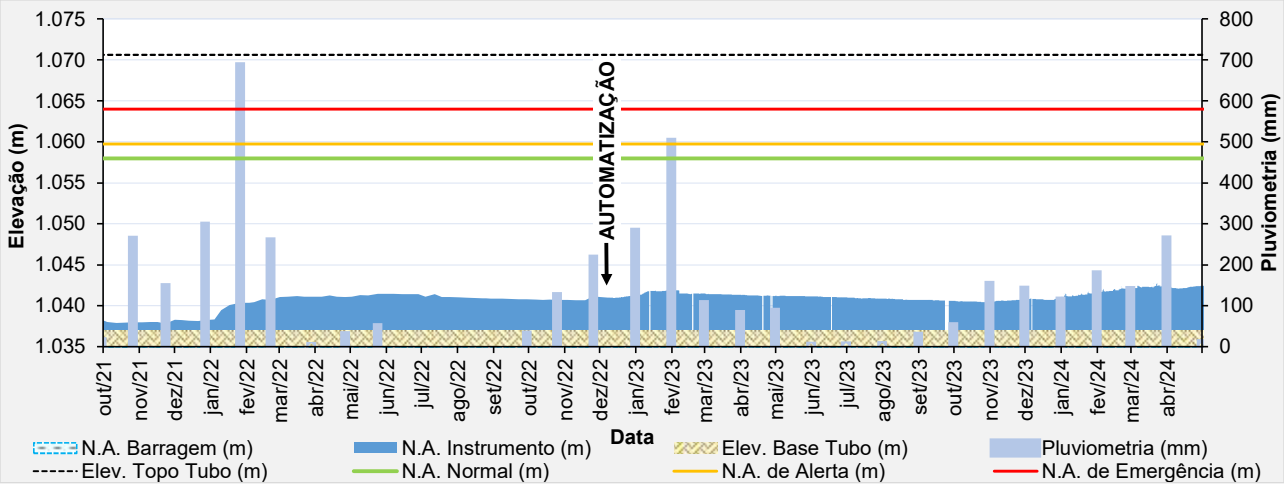


Figura 5.78 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-09.

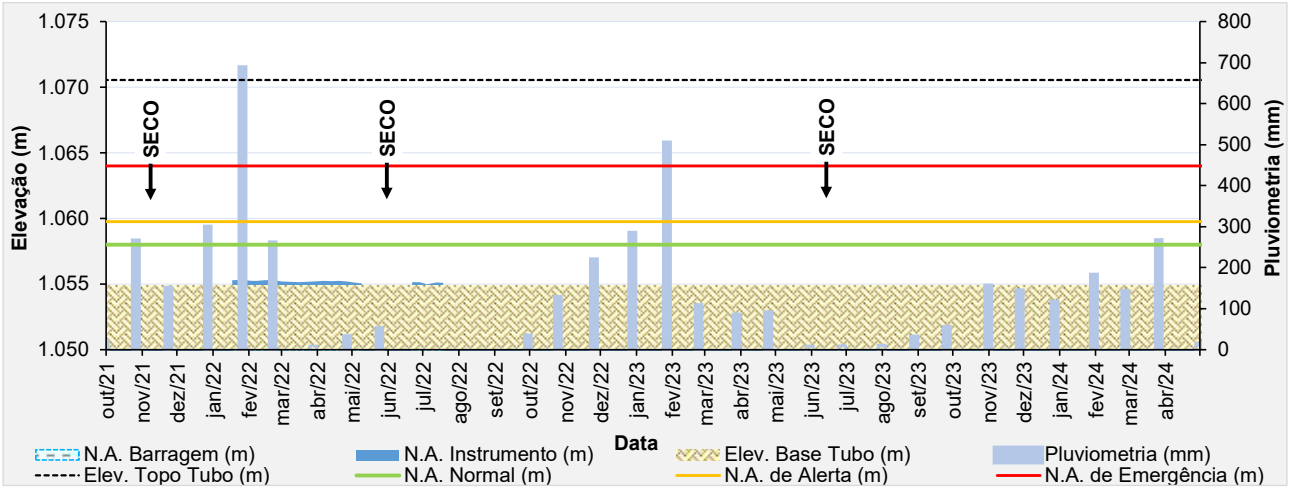


Figura 5.79 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-10.

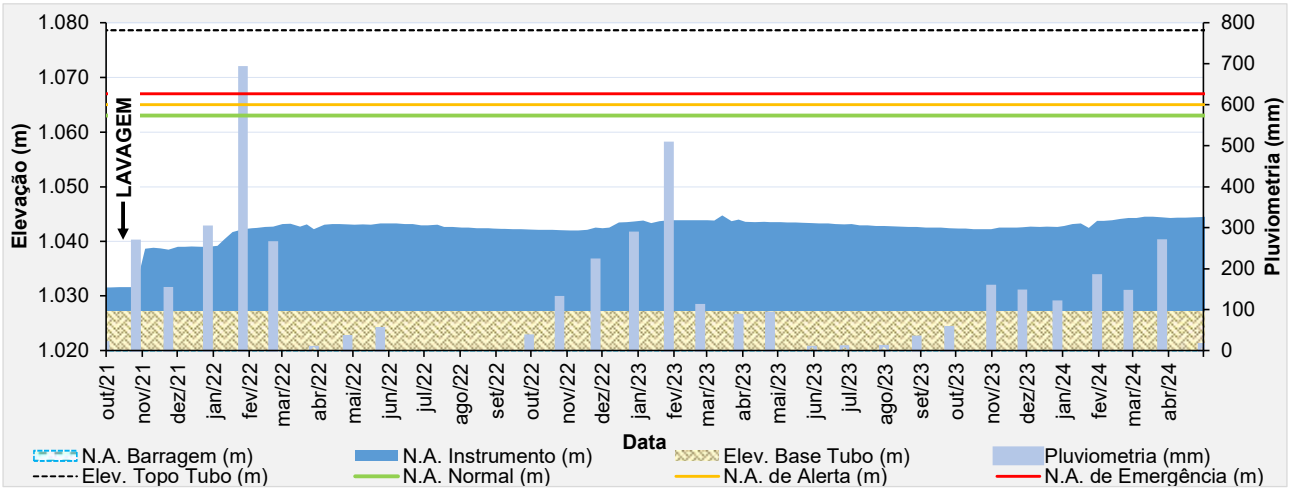


Figura 5.80 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-11.

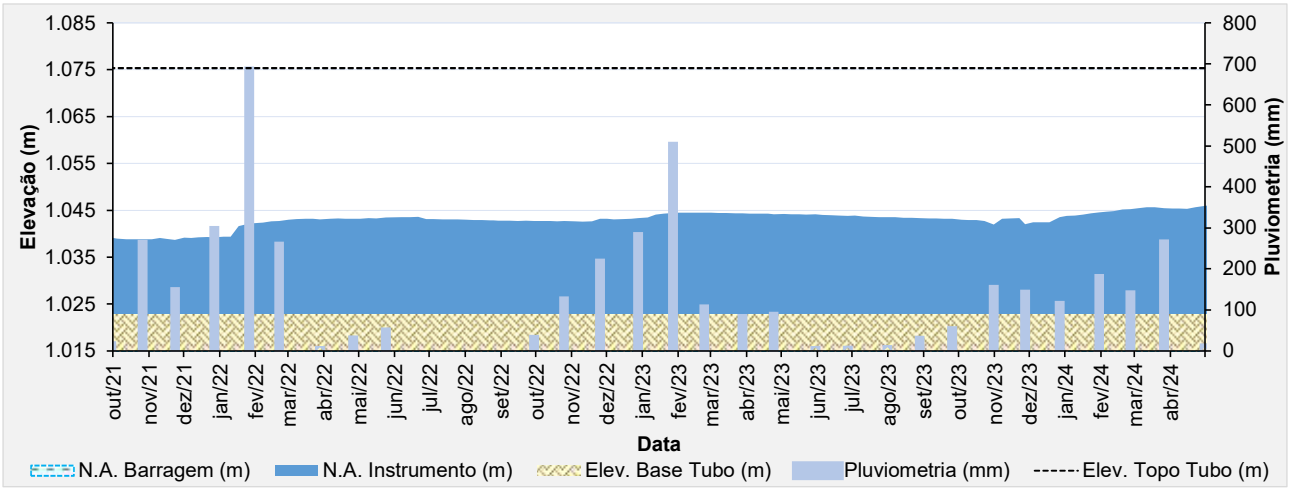


Figura 5.81 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-12.

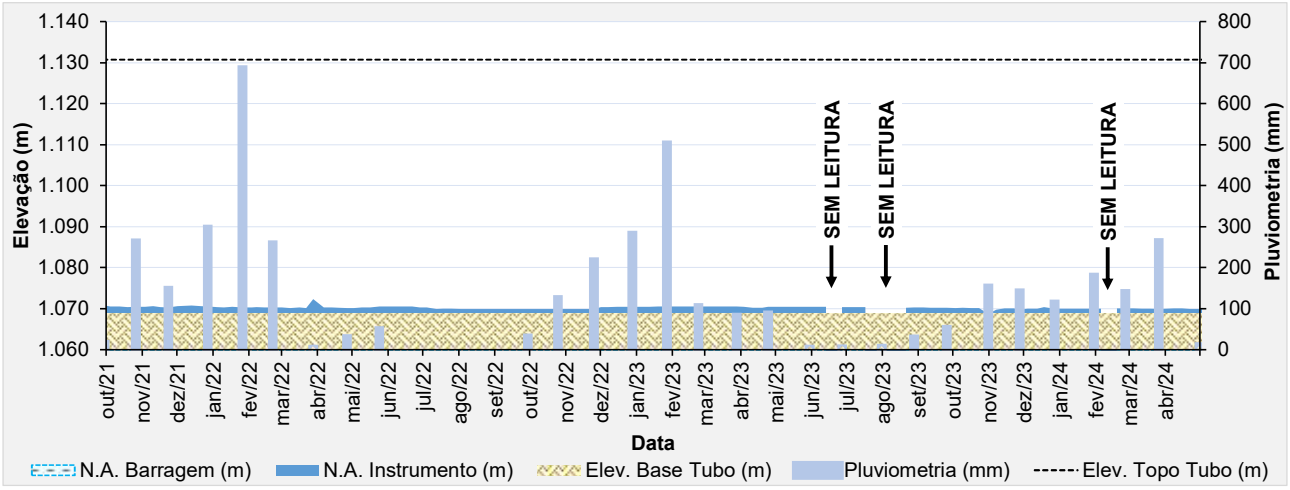


Figura 5.82 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-13.

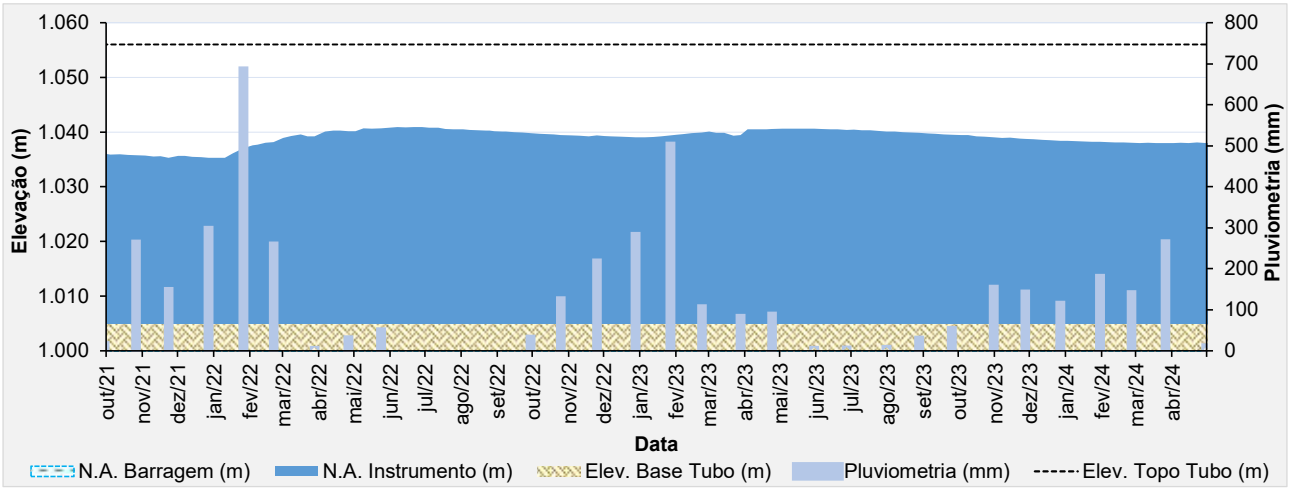


Figura 5.83 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-14.

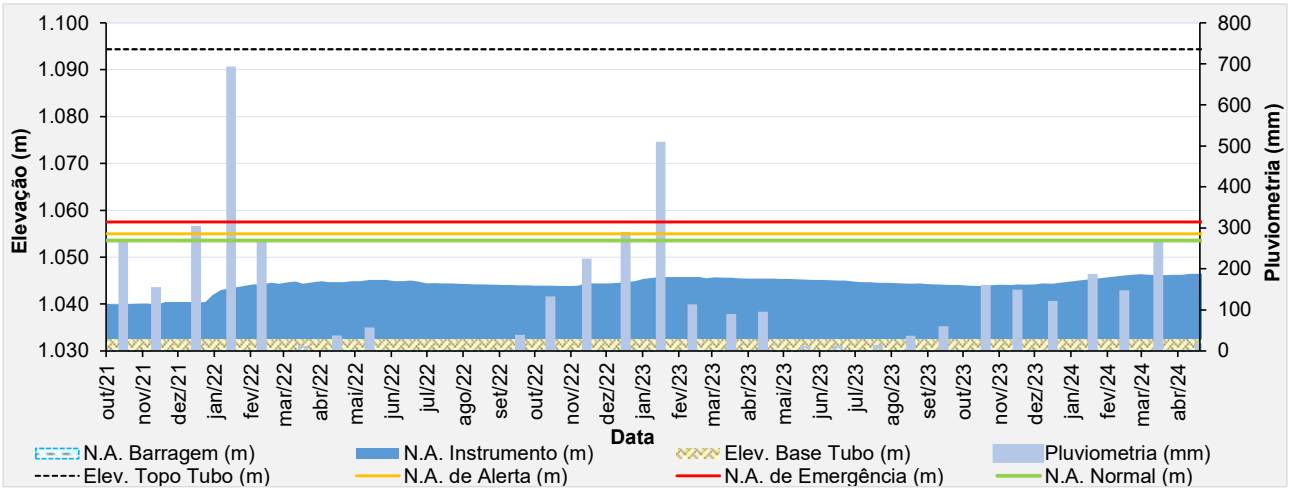


Figura 5.84 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-15.

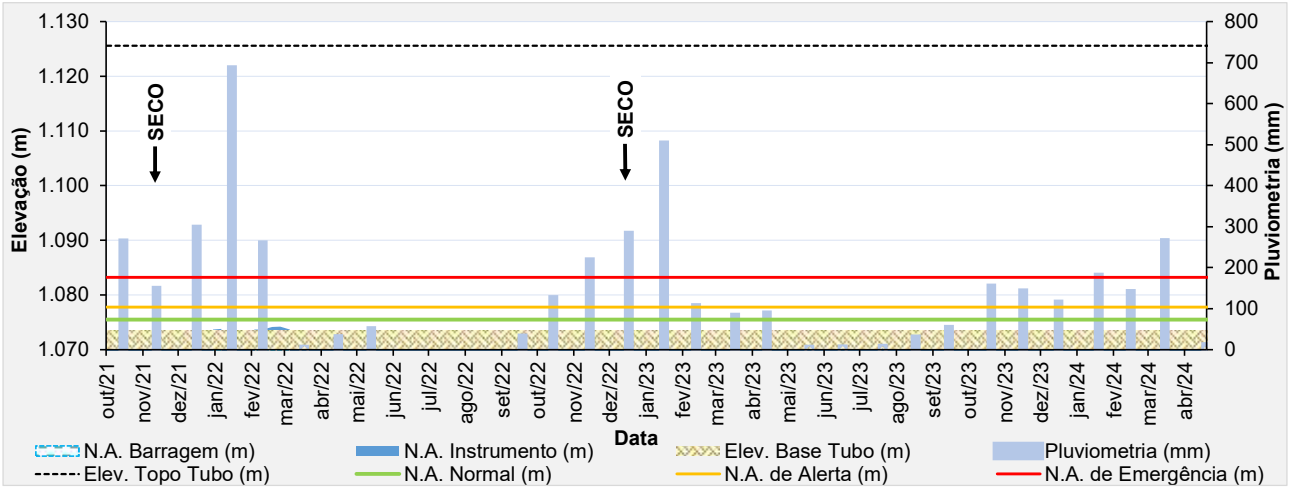


Figura 5.85 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-16.

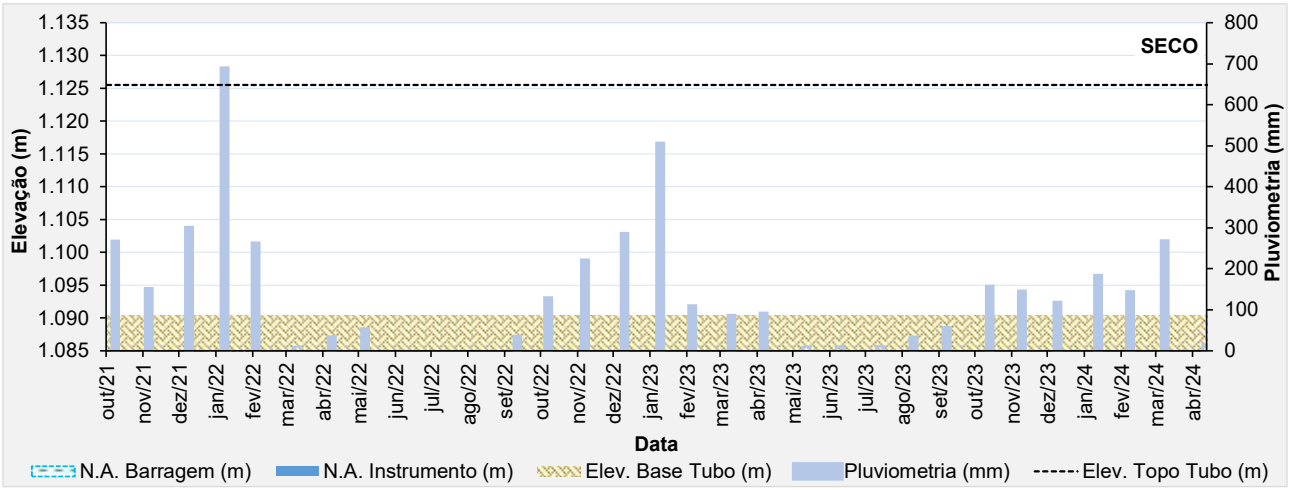


Figura 5.86 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-17.

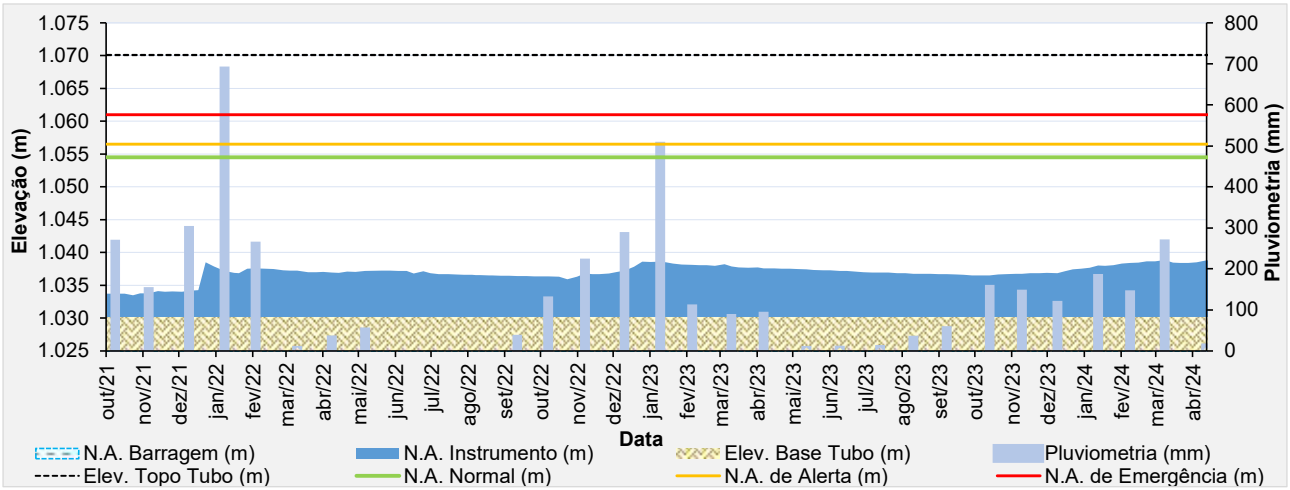


Figura 5.87 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-18.

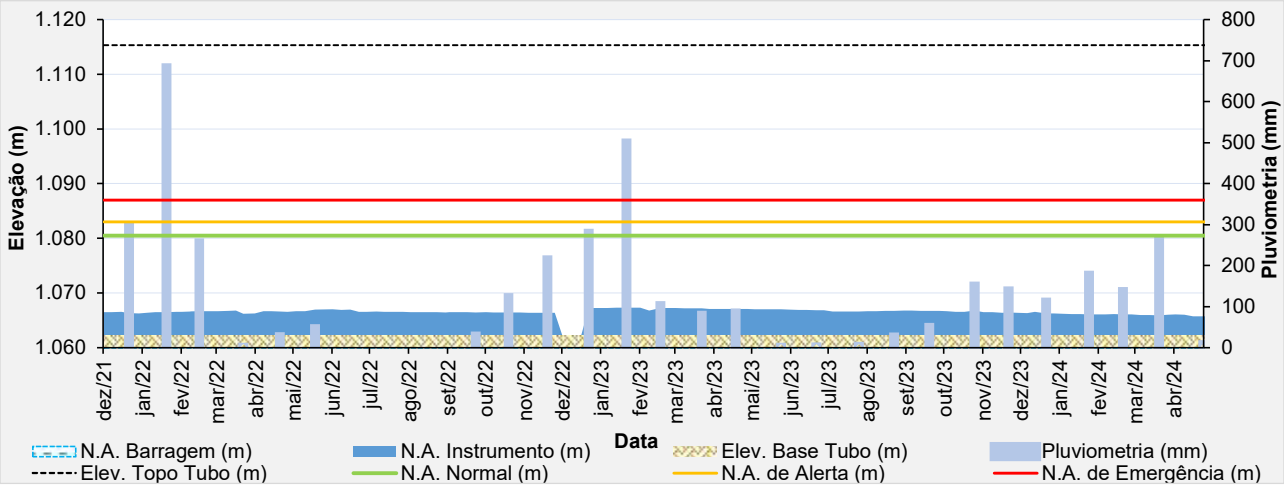


Figura 5.88 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-19.

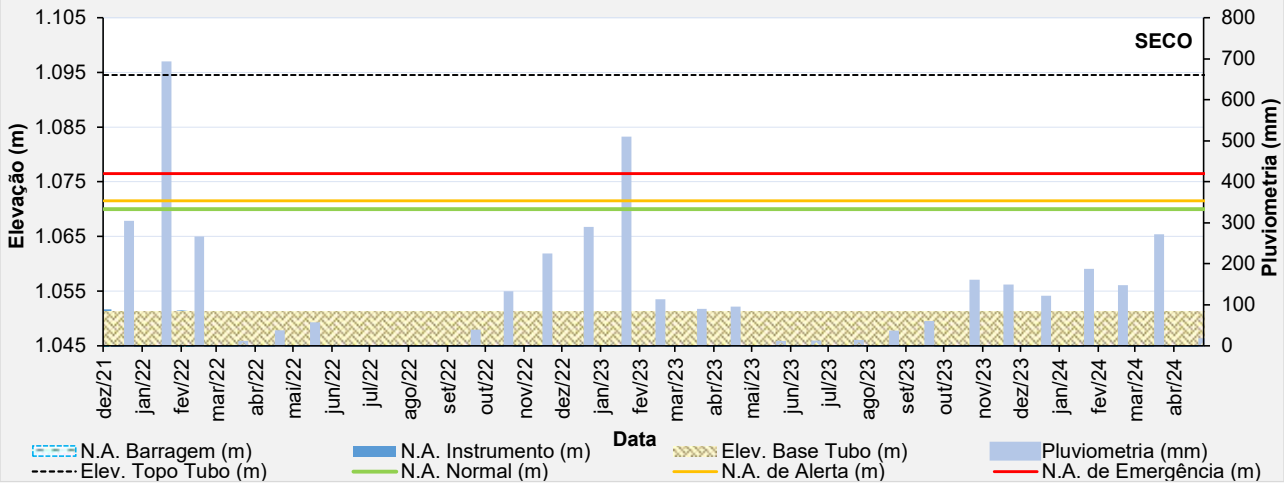


Figura 5.89 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-20.

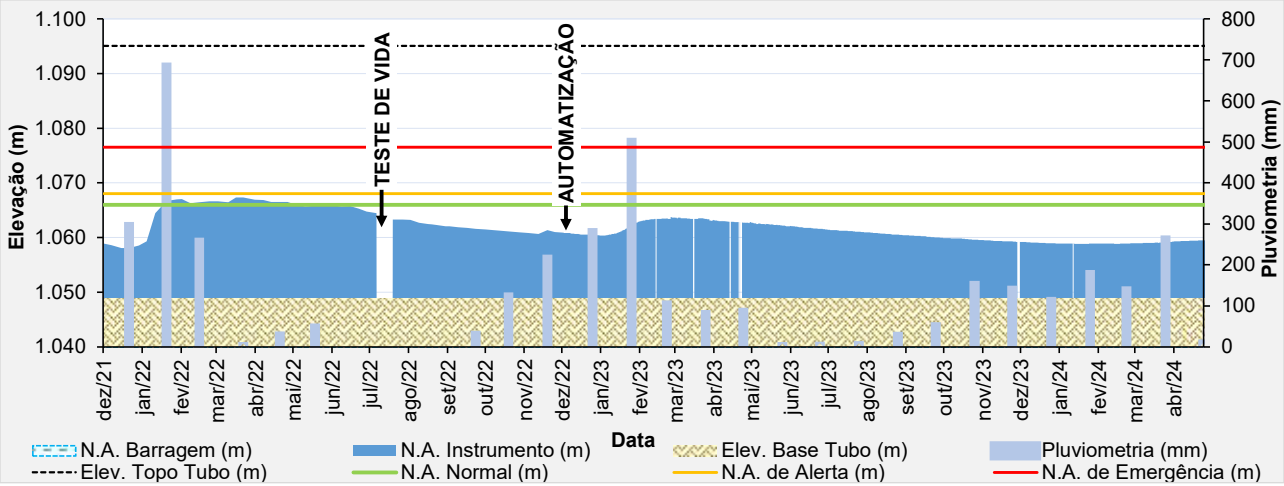


Figura 5.90 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-21.

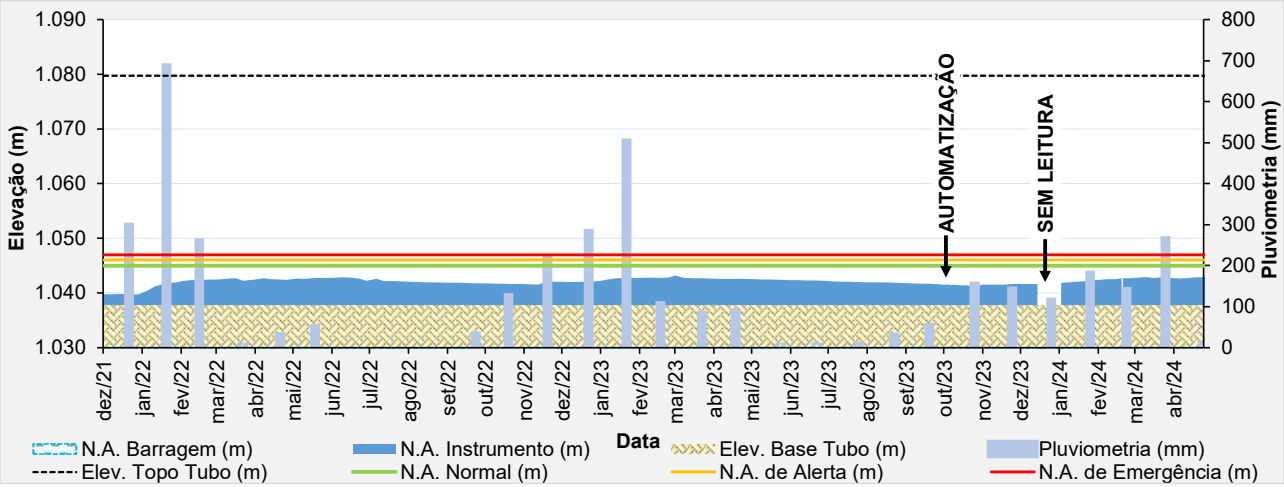


Figura 5.91 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-22.

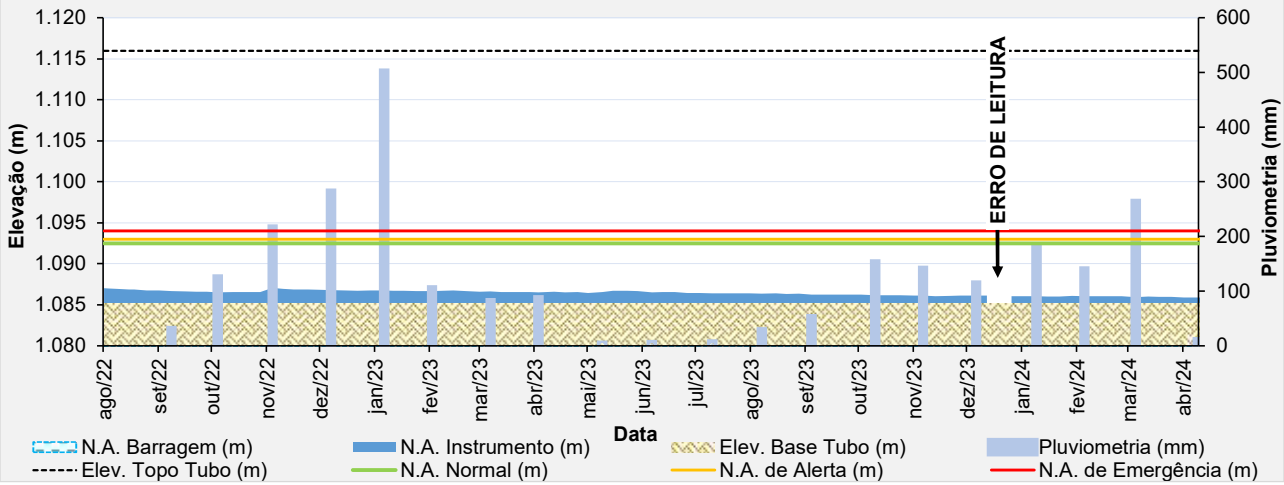


Figura 5.92 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-23.

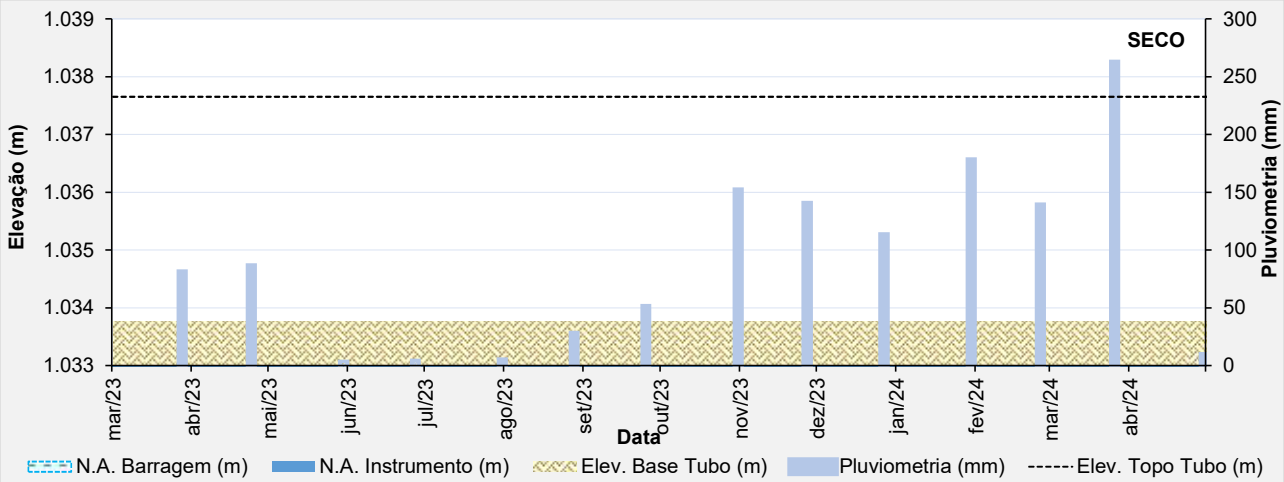


Figura 5.93 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-24.

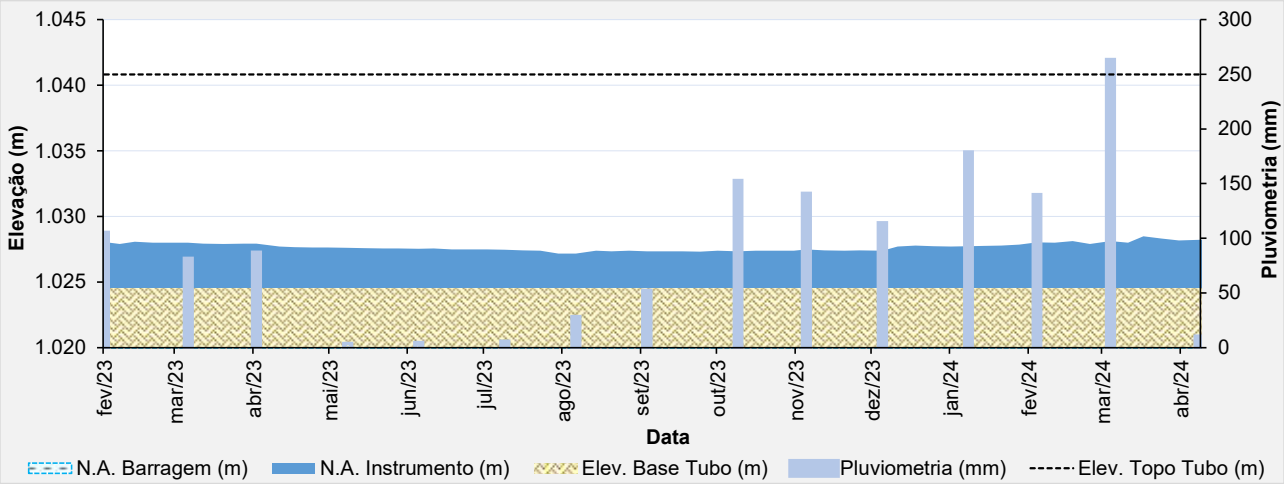


Figura 5.94 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-25.

- **Placa Indicadora de Vazão**

O monitoramento de vazão percolada da barragem era realizado por 2 (dois) indicadores de vazão da drenagem interna. Os dispositivos foram removidos em função das obras de ampliação da berma de reforço da barragem.

A MMI concluiu a instalação da nova placa indicadora de vazão e iniciou o monitoramento das vazões a partir do dia 02/03/2023, conforme apresentado na Figura 5.95. De acordo com o histórico de vazões verificadas, nota-se um pico de leitura no dia 03/01/2024 (20,23 m³/h). No período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024), obteve-se uma vazão média de 4,30 m³/h, com leituras variando de 2,29 m³/h até 17,58 m³/h.

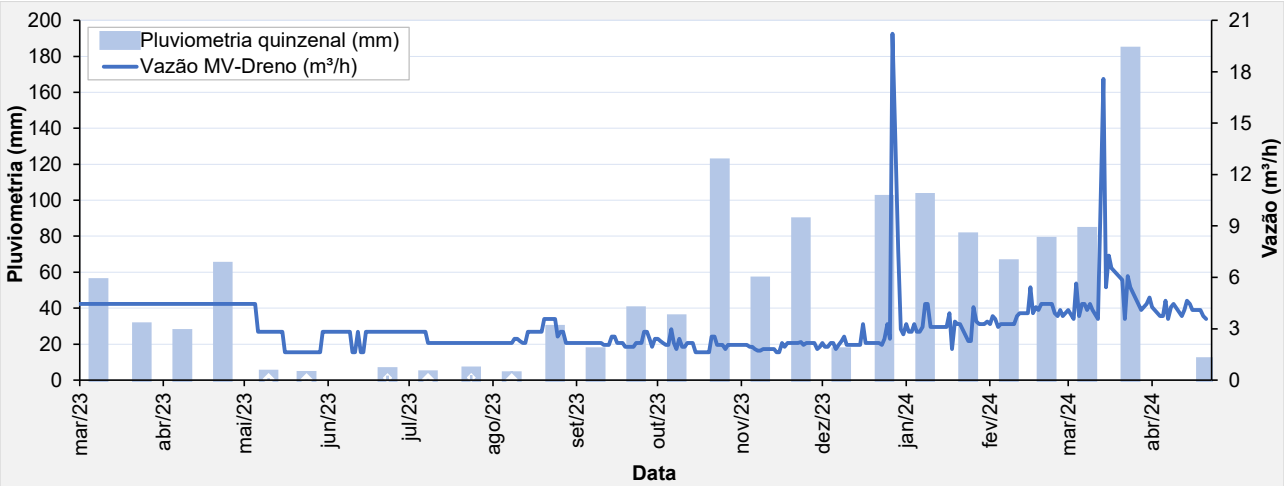


Figura 5.95 – Vazão – MV-Dreno – Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

- **Marcos de Controle de Deformação**

Atualmente na barragem existem 5 marcos de controle de deslocamento instalados como pode ser verificado na Tabela 5.3.

Na 1ª quinzena de outubro de 2023, a equipe de topografia da MMI informou que foi realizada a calibração das estações totais e dessa forma foi necessário o recadastramento das hastes com as leituras do dia 11/10/2023.

A partir da análise das leituras dos marcos de controle pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Os valores acumulados observados, horizontais menores que 2 mm e verticais menores que 6 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura ("serrilhado"), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão.

A seguir são apresentados gráficos com o histórico dos deslocamentos horizontais e verticais dos marcos, em relação aos dados cadastrais verificados na última calibração realizada.

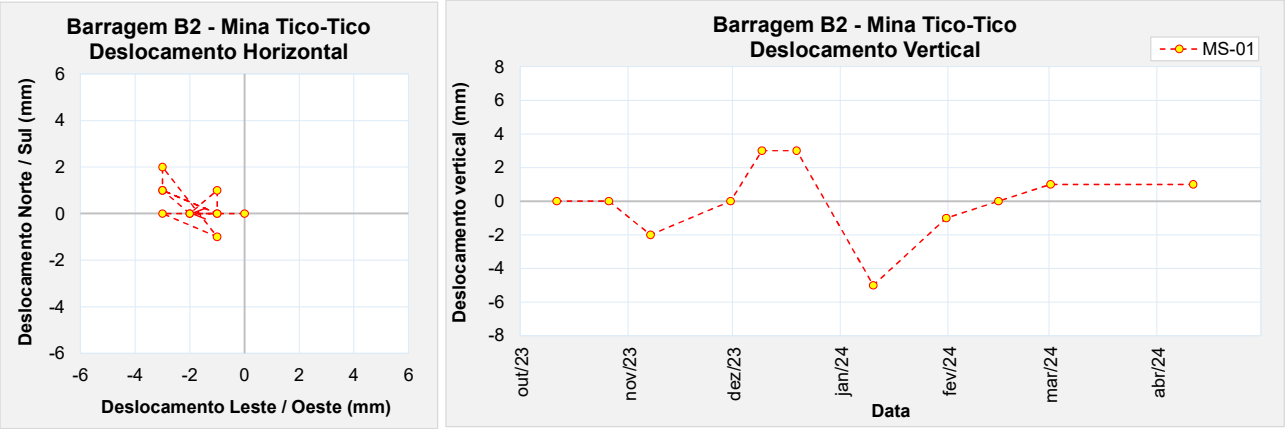


Figura 5.96 – Marco de controle de deformação – MS-01.

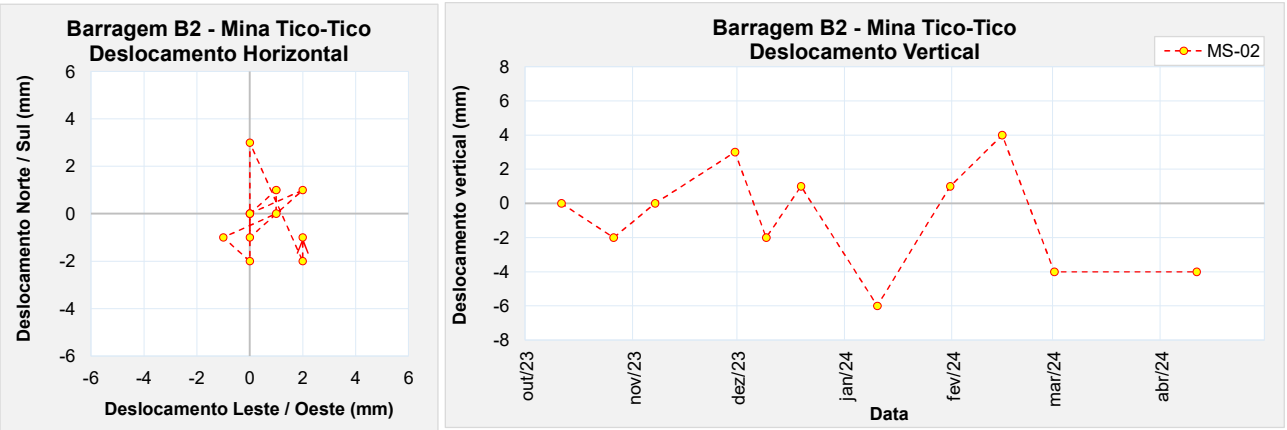


Figura 5.97 – Marco de controle de deformação – MS-02.

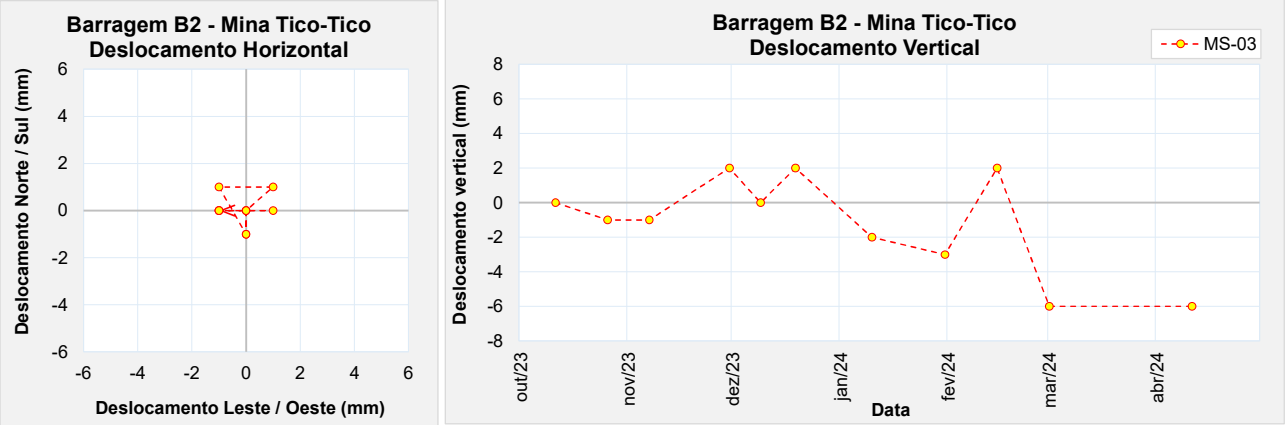


Figura 5.98 – Marco de controle de deformação – MS-03.

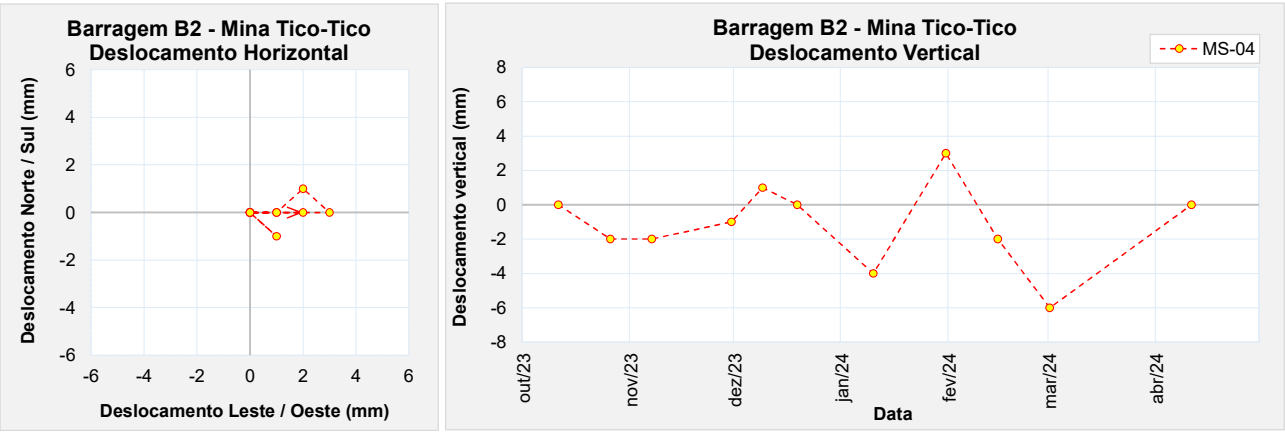


Figura 5.99 – Marco de controle de deformação – MS-04.

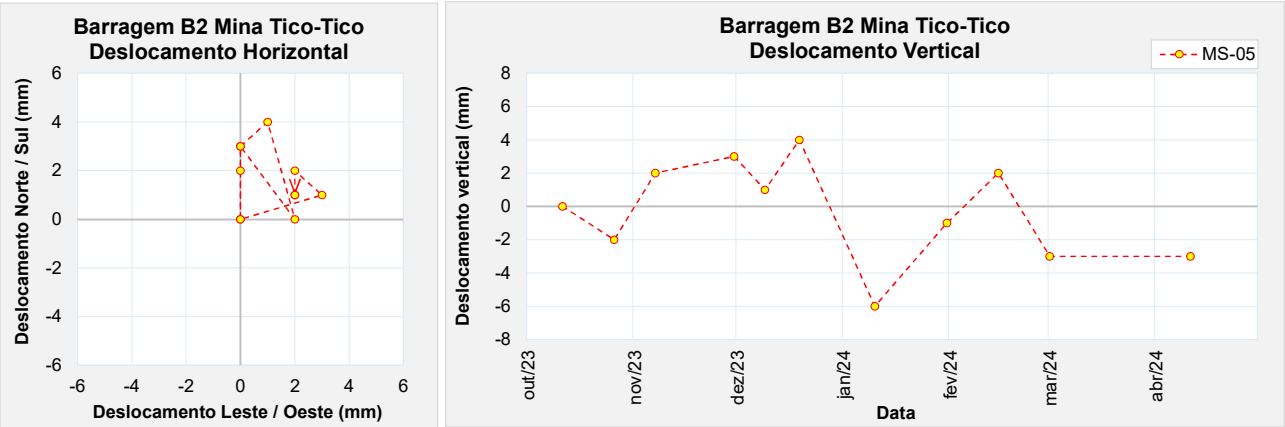


Figura 5.100 – Marco de controle de deformação – MS-05.

5.6.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024).

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2017, a partir do software Slide da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

Na Figura 5.101 é apresentada a locação em planta das seções e instrumentação de controle utilizadas nas análises de estabilidade.

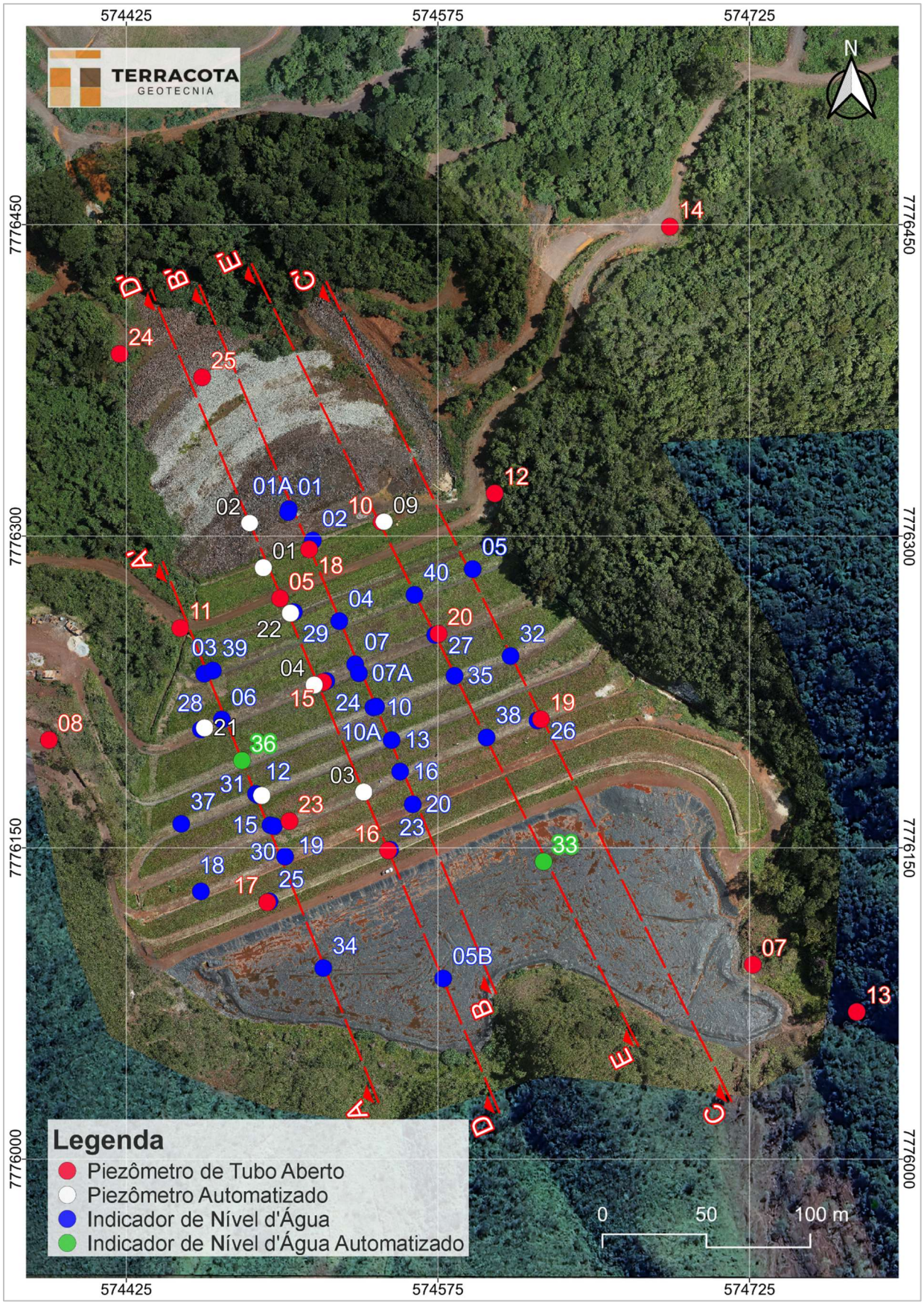


Figura 5.101 – Seções Instrumentadas Barragem B2 – Mina Tico-Tico– Planta.

5.6.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas para 05 (cinco) seções instrumentadas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, considerando a geometria atual da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico.

A linha freática no interior do reservatório e barramento foi definida a partir da leitura da instrumentação instalada na estrutura.

O fator de segurança ao escorregamento foi calculado considerando a condição de carregamento drenado e a condição de carregamento não drenado. Para condição de carregamento não drenado, o rejeito foi modelado a partir de seu parâmetro não drenado de pico e liquefeito, de forma a simular uma condição hipotética de liquefação do material do reservatório. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram atribuídos apenas para a parcela do material em condição 100% saturada, ou seja, localizada abaixo da linha freática de análise.

O comportamento contrátil do rejeito e seus parâmetros geotécnicos para condições não drenadas foram estudados a partir da análise de ensaios CPTu realizados na estrutura em três campanhas executadas entre 2018 e 2022. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram determinados a partir do método de Olson (2021), no caso do parâmetro de pico e pelo método de Robertson (2021), no caso do parâmetro liquefeito.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução nº 95 de 07 de fevereiro/2022 da ANM (**FS ≥ 1,3**);
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS ≥ 1,0**) e NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,1**);
- Análises não drenadas com parâmetro de liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 5.4 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 5.4 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Sismo (Pseudo-estática)	1,0 a 1,1	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada e condições com sismo (pseudo-estática) atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2017 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do *peak ground acceleration* (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento dinâmico (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da

Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 5.102 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 5.102 – Rede sismológica brasileira (http://www.rsbr.gov.br).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 5.5 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Tabela 5.5 – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

Modelo	Valores máximos por período de retorno (anos)					Máximo absoluto
	500	1.000	2.500	5.000	10.000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	**9.7%**	**9.5%**	**13.4%**	**16.0%**	**18.3%**	**18.3%**
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo *"Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment"* publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 5.103).

A localização da barragem no mapa de Assumpção et al. fornece valor de PGA em torno de 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR.

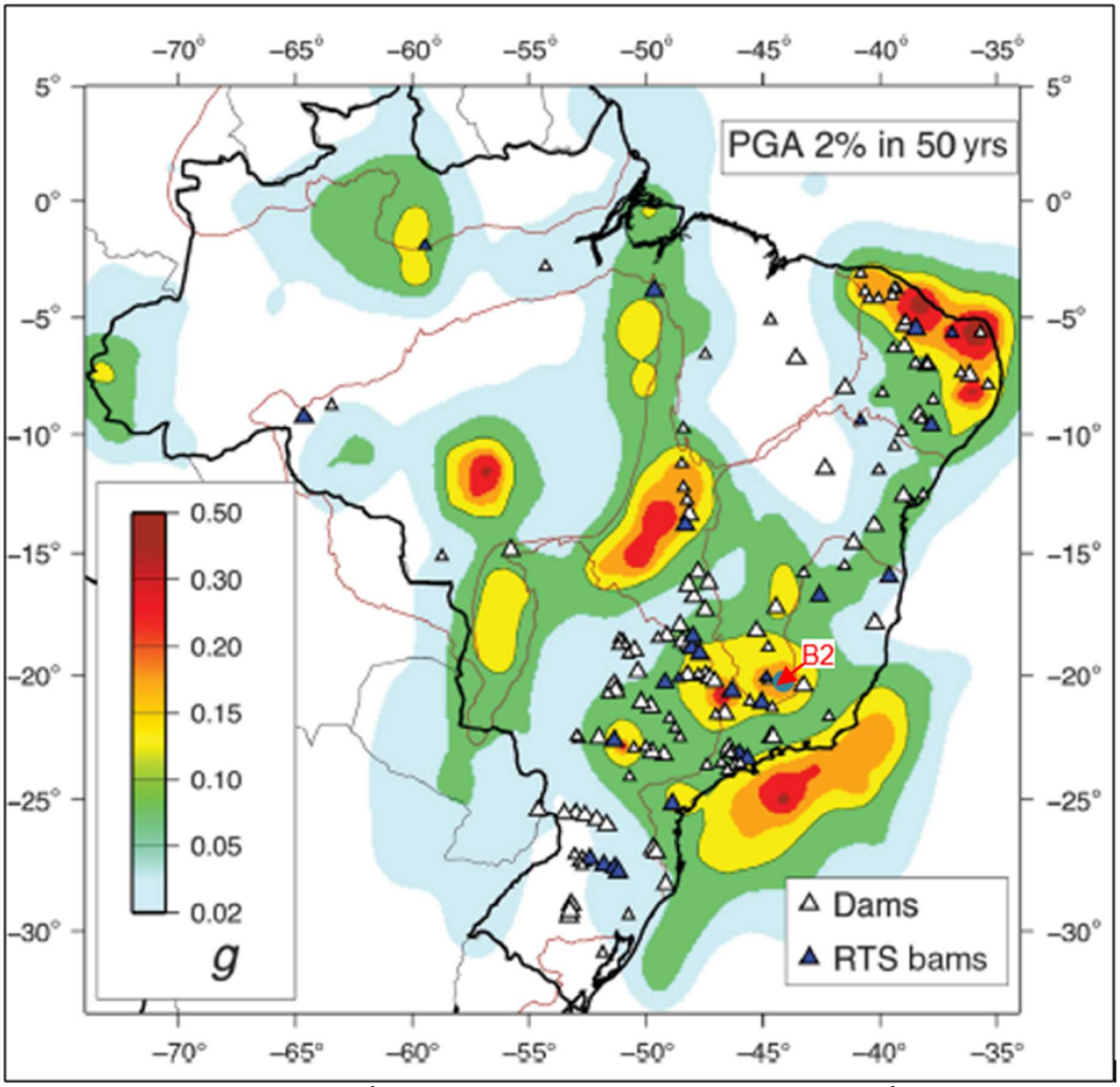


Figura 5.103 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Assumpção Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, considerando a contribuição do efeito sísmico, utilizou-se como premissa a norma técnica elaborada pela Canadian Dam Association (CDA) – *"Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams"* (2014), em conformidade ao recomendado pela NBR 13.028/2017 no seu tópico 5.3.6, o qual faz referência aos estudos sísmicos.

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados a infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

Classificação da Barragem	População em Risco (Nota 1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (Nota 2)	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixo	Nenhum	0	Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativo	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
			Apenas perdas marginais do habitat.	
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	
Extrema	**Permanente**	**Mais de 100**	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição impossível.	

Nota 1. Definições para população em risco:

Nenhum – Não há população identificável em risco, portanto não há possibilidade de perda de vida a não ser devido ao acaso imprevisível.

Temporário – As pessoas estão apenas temporariamente na zona de inundação do rompimento da barragem (por exemplo, uso sazonal de casas de campo, passagem em rotas de transporte, participação em atividades recreativas).

Permanente – A população em risco normalmente está localizada na zona de inundação da ruptura da barragem (como residentes permanentes); são propostas três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) para permitir estimativas mais detalhadas da potencial perda de vidas (para auxiliar na tomada de decisões se for realizada a análise apropriada).

Nota 2. Definições para população em risco:

Não especificado – O nível apropriado de segurança exigido em uma barragem onde as pessoas estão temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, da natureza de sua atividade e de outras condições.

De acordo com os critérios da Tabela 5.6, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.9 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Extrema**. A partir desta classificação, seguindo as

premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 5.7, o PGA de 0,183g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com período de retorno de 10.000 anos.

Tabela 5.7 – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

Classe da Barragem	Probabilidade Anual de Excedência (PAE) – Terremotos (Nota 1)
Baixa	1/1000
Significativo	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/2.475 (Nota 2)
Muito Alta	1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3)
Extrema	**1/10.000 ou SMP (Nota 3)**

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).
Nota 1. Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (Dam Safety Guidelines - CDA 2013).
Nota 2. Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no National Building Code of Canada (Código Nacional de Construção do Canadá).
Nota 3. SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação "*Rationalizing the Seismic Coefficient Method"* (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,092g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Para a componente vertical adota-se um valor correspondente a 60% da componente horizontal, seguindo proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003), resultando num valor igual a 0,055g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

Conforme projeto de descaracterização da estrutura, a Barragem B2 - Mina Tico-Tico deverá ser parcialmente removida nos próximos três anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida útil da estrutura igual a 3 anos, utilizando a Equação 5.1. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de aproximadamente 150 anos.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{t}\right)^{n}$$ Equação 5.1

Em que:

- P é a probabilidade de excedência do sismo;
- t é o período de retorno;
- n é o tempo de vida útil da estrutura.

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 2.500 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,12%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 5.5, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,067g e uma componente vertical igual a 0,040g.

5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada nas análises de estabilidade foram considerados os instrumentos existentes ao longo das seções de análise, instalados no maciço, fundação e reservatório da Barragem B2 - Mina Tico-Tico.

A Tabela 5.8 e Tabela 5.9 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 5.8 – Instrumentação – Freática atuante no rejeito - Valores lidos (30/04/2024) e adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A’	INA-25	1.097,78	Seco	-
	INA-19	1.094,19	Seco	-
	INA-30	1.079,93	Seco	1.085,89 (1)
	INA-15	1.089,51	Seco	-
	PZ-23	1.085,13	1.085,89	1.085,89
	INA-31	1.074,93	1.079,84	1.079,84
	PZ-06 (5)	1.075,80	1.076,57	1.079,84 (1)
	INA-12	1.088,77	1.088,65	-
	INA-36 (2)	1.070,80	1.070,63 (4)	1.070,80
	INA-28	1.071,74	Seco	-
	INA-06	1.084,07	Seco	-
	INA-39	1.068,90	Seco	1.068,90
	INA-03	1.074,42	Seco	-
B-B’	INA-20	1.094,24	Seco	-
	INA-16	1.089,62	Seco	-
	INA-13	1.089,05	Seco	-

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
	INA-10	1.078,29	Seco	-
	INA-10A	1.083,46	Seco	-
	INA-07	1.073,56	Seco	-
	INA-07A	1.076,94	Seco	-
	INA-04	1.068,65	Seco	-
	PZ-18	1.030,04	1.038,79	1.051,30 (1)
	INA-02	1.039,52	Seco	1.051,10 (1)
	INA-01	1.038,92	1.048,72 (3)	1.048,72
	INA-01A	1.043,38	1.048,50 (3)	1.048,50
C-C’	INA-26	1.073,07	Seco	-
	PZ-19	1.062,12	1.065,71	1.065,71
	INA-32	1.075,61	Seco	-
	INA-05	1.076,65	Seco	-
D-D’	INA-23	1.079,61	Seco	-
	INA-24	1.054,17	1.061,32	1.061,32
	PZ-04 (5)	1.056,08	1.059,24	1.061,32 (1)
	INA-29	1.044,74	1.055,38	1.055,38
	PZ-05	1.049,09	1.049,19	1.049,19
	PZ-01 (2)	1.046,85	1.047,95	1.048,50 (1)
	PZ-02 (6)	1.046,53	1.048,36	1.048,36
E-E’	INA-33 (2)	1.079,98	1.079,87 (4)	1.079,98
	INA-38	1.074,80	Seco	-
	INA-35	1.071,60	Seco	-
	INA-27	1.068,47	Seco	-
	PZ-20	1.051,50	Seco	-
	INA-40	1.061,34	Seco	1.061,34
	PZ-09 (2)	1.037,00	1.042,44	1.055,07 (1)
	PZ-10	1.055,07	Seco	1.055,07

1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
2- Instrumentos automatizados em 08/12/2022;
3- Instrumentos danificados, adotada última leitura válida (14/03/2023);
4- Leitura abaixo da cota de fundo do instrumento. Cota de fundo do instrumento adotada como nível d’água;
5- Instrumentos automatizados em 05/10/2022;
6- Instrumento automatizado em 19/10/2022.

Tabela 5.9 – Instrumentação – Freática atuante na fundação - Valores lidos (30/04/2024) e adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A’	INA-34	1.098,14	Seco	1.098,14
	PZ-17	1.089,35	Seco	-
	PZ-21 (2)	1.048,93	1.059,46	1.059,46
	PZ-11	1.028,64	1.044,44	1.058,00 (1)
D-D’	INA-05B	1.103,52	Seco	1.103,52
	PZ-16	1.073,54	Seco	-
	PZ-03 (2)	1.059,83	1.060,78	1.060,78
	PZ-15	1.032,37	1.046,49	1.046,49
	PZ-22 (5)	1.037,71	1.042,91	1.042,91

1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
2- Instrumentos automatizados em 08/12/2022;
3- Instrumentos automatizados em 05/10/2022;

5.6.4.4 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados para as várias camadas foram consolidados no âmbito do relatório de consolidação de dados da estrutura (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.536).

Na Tabela 5.10 apresentam-se os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

Tabela 5.10 – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material	Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros Efetivos		Referência
			c' (kPa)	ϕ' (°)	
Rejeito		28,0	0	38,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Solo Residual de Filito (1)		16,0	10,0	33,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Aterro Compactado		21,5	10,5	37,5	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Tálus / colúvio		21,0	26,5	35,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório (Barragem B1 Aux.) (2)
Saprolito de Filito		20,0	15,0	45,0	Correlação com N_{SPT}
Enrocamento Reforço		23,0	Envoltória intermediária de Leps (1970)		

Material	Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros Totais	Referência
			Razão de resistência não drenada (s_u/σ'_v)	
Rejeito Pico		28,0	0,26	Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
Rejeito Liquefeito		28,0	0,06	

(1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984), resultando em c=54,4 kPa e Ø=17,5º.
(2) Ensaios executados na matriz siltosa. Parâmetros majorados em 10% para contabilizar presença de blocos.

5.6.4.5 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 5.104 a Figura 5.136, destacando-se as superfícies de ruptura global e local que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 5.11 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 5.11 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A’	30/04/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,16
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	2,03
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,76
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,45 (sismo ↑)
					1,45 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,54 (sismo ↑)
					1,55 (sismo ↓)
B-B’	30/04/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,81
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,70
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,17
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,07 (sismo ↑)
					1,12 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,18 (sismo ↑)
					1,19 (sismo ↓)
C-C’(1)	30/04/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,13
		Drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Parâmetro Efetivo	1,00	1,67 (sismo ↑)
					1,69 (sismo ↓)
		Drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Parâmetro Efetivo	1,10	1,77 (sismo ↑)
					1,79 (sismo ↓)
D-D	30/04/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,92
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,73
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,18
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,34 (sismo ↑)
					1,32 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,44 (sismo ↑)
					1,41 (sismo ↓)

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
E-E'	30/04/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,96
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,77
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,35
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,28 (sismo ↑)
					1,28 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,37 (sismo ↑)
					1,37 (sismo ↓)

(1) Na seção C-C' não há rejeito localizado abaixo da linha freática, não sendo aplicável a utilização de parâmetro não drenado.
(2) Carregamento pseudo-estático considerando critérios do Canadian Dam Association (CDA, 2014);
(3) Carregamento pseudo-estático considerando Probabilidade de Excedência de 0,2% relativo à vida útil remanescente da estrutura de 3 anos até sua completa remoção e Período de Retorno de 2.500 anos.

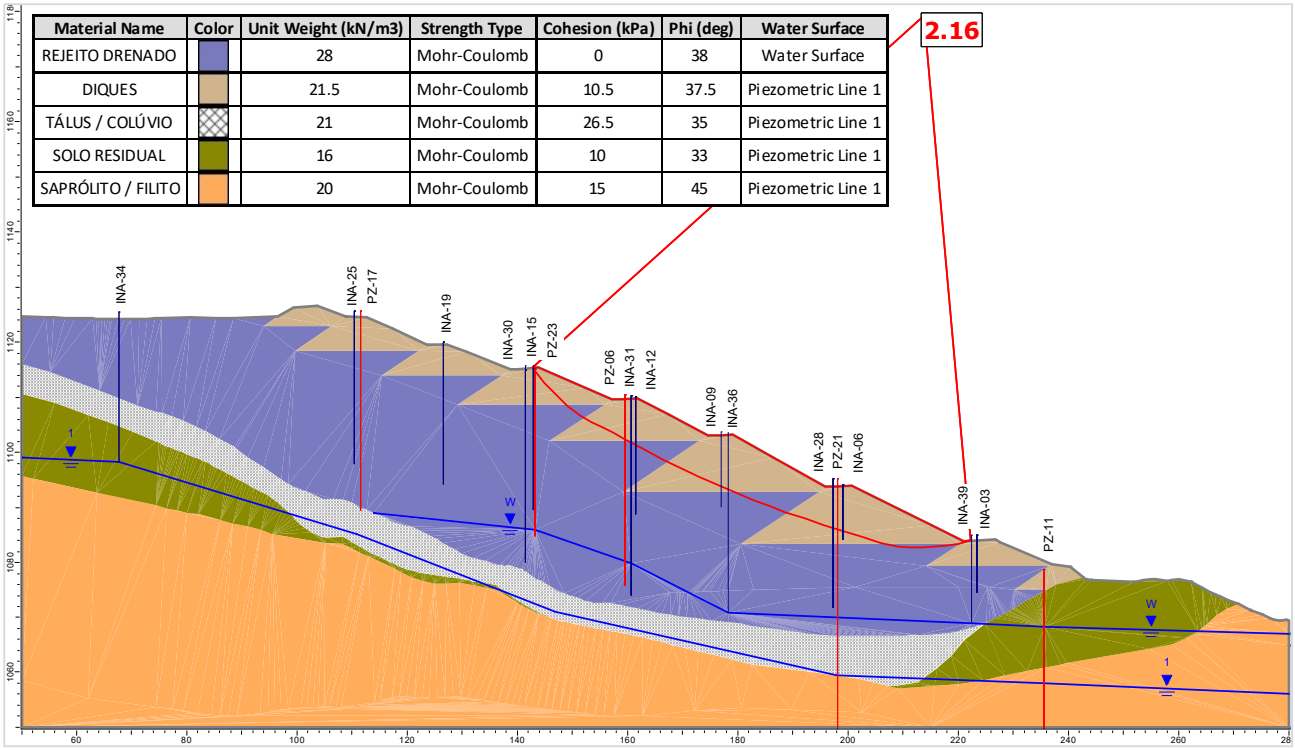


Figura 5.104 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.

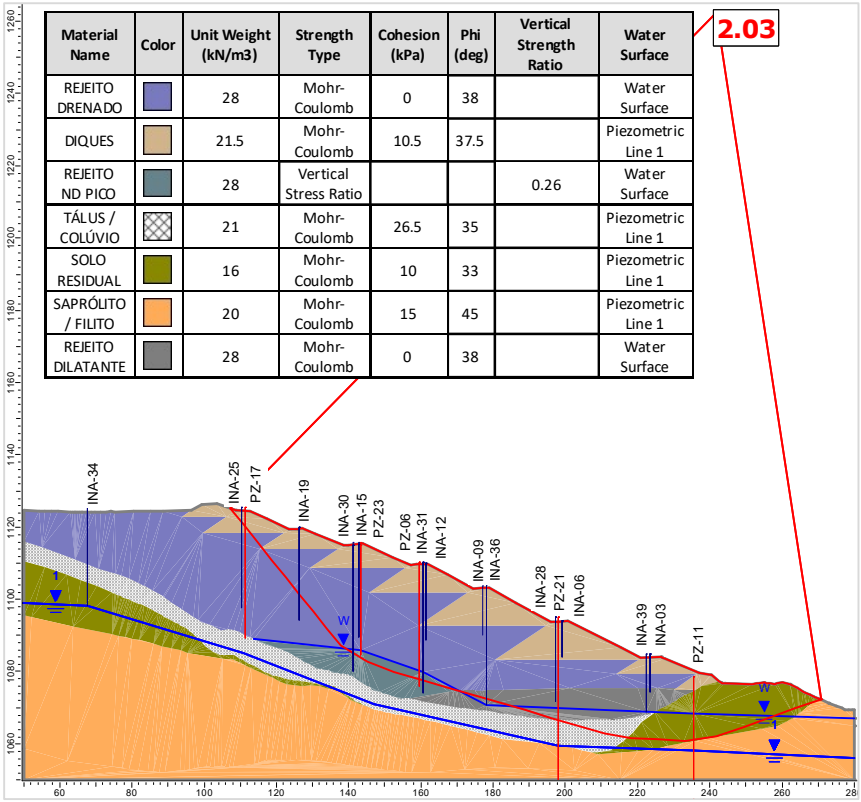


Figura 5.105 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

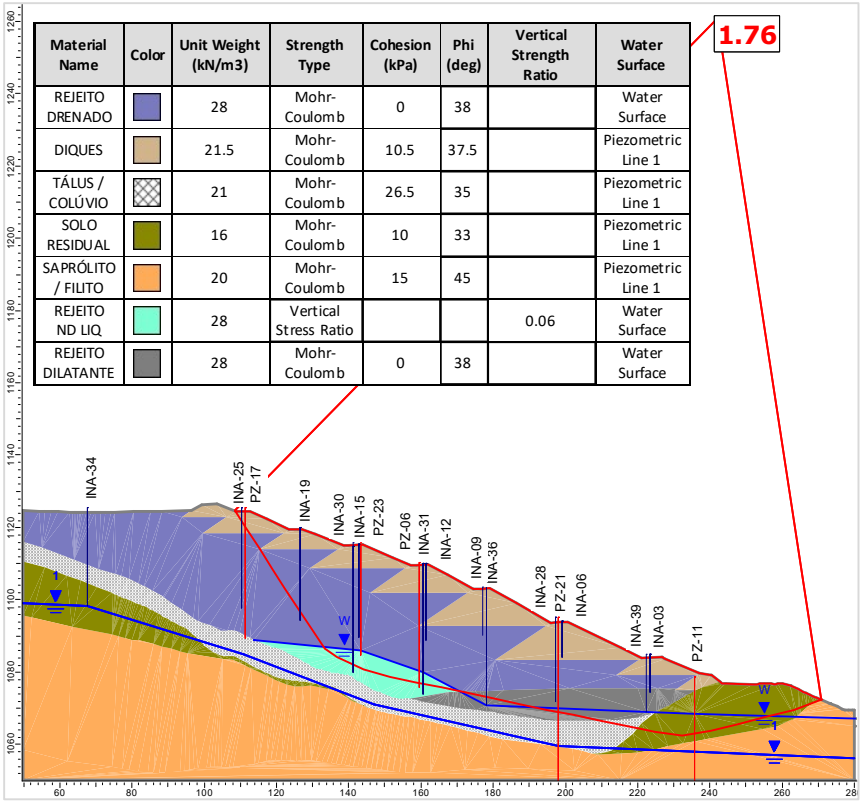


Figura 5.106 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

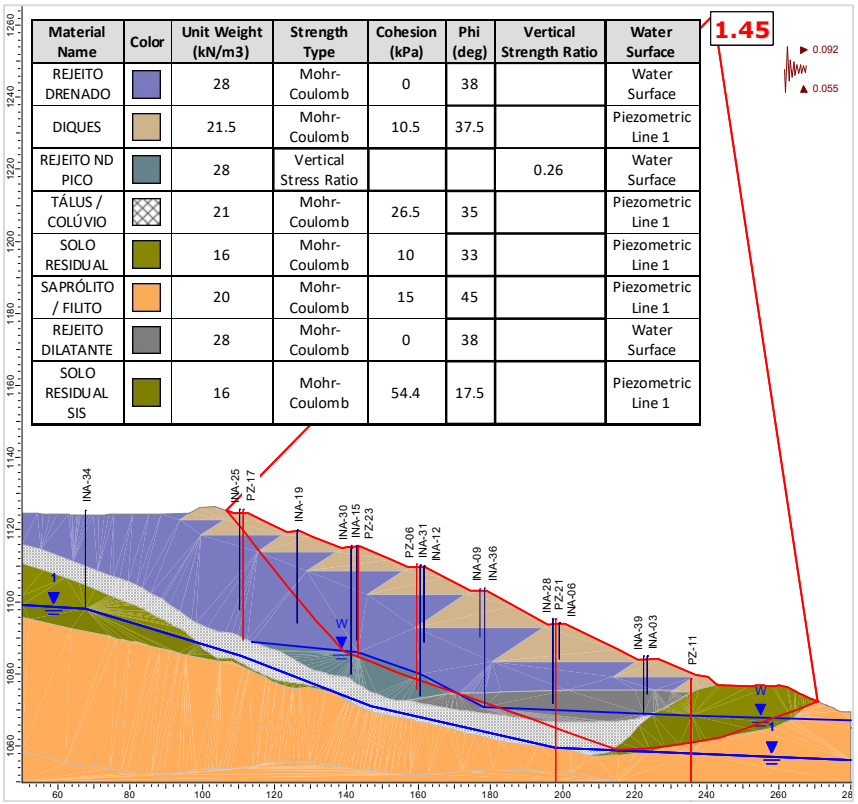


Figura 5.107 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

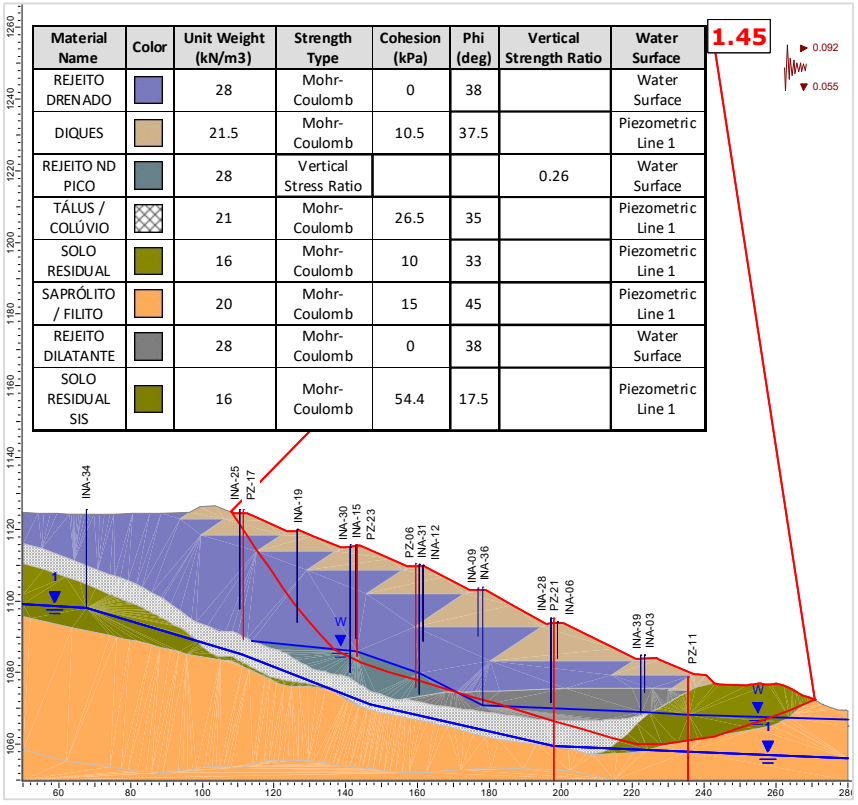
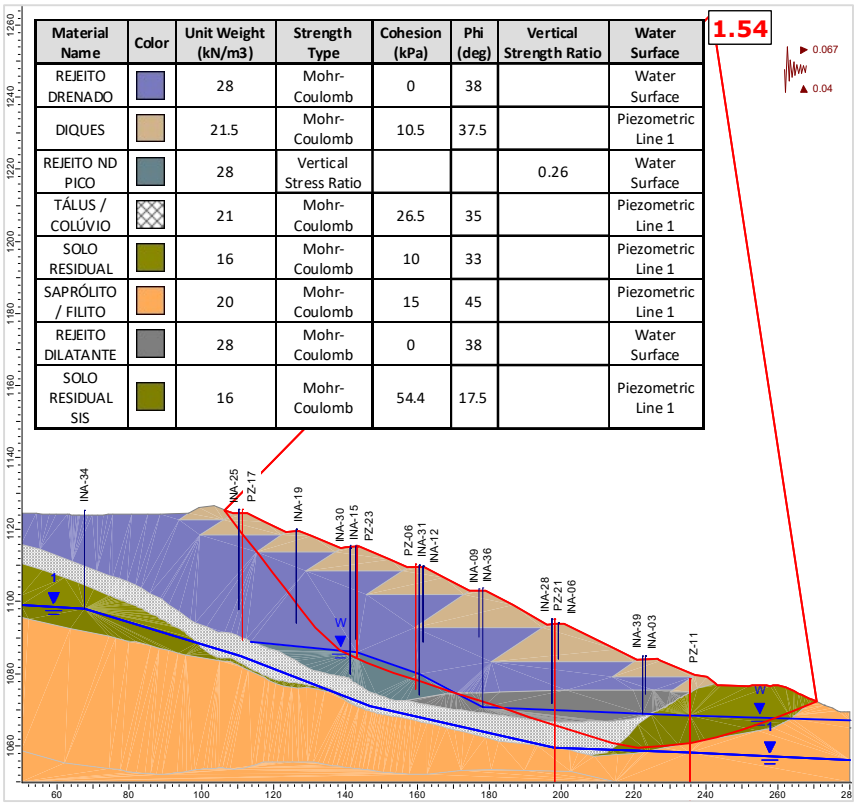
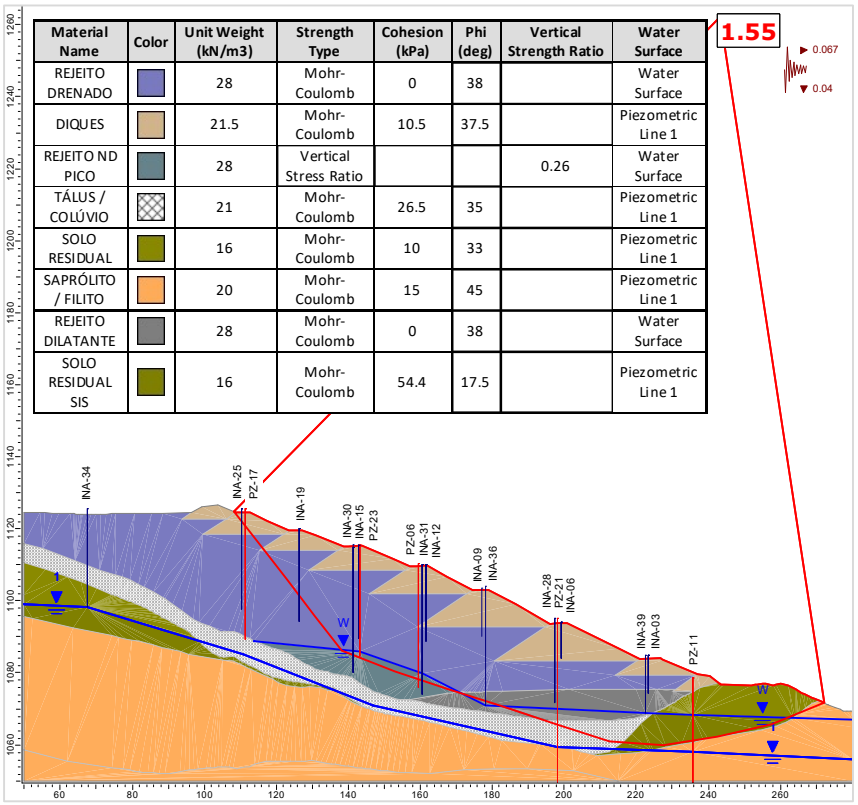


Figura 5.108 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5		Piezometric Line 1

Figura 5.109 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5		Piezometric Line 1

Figura 5.110 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

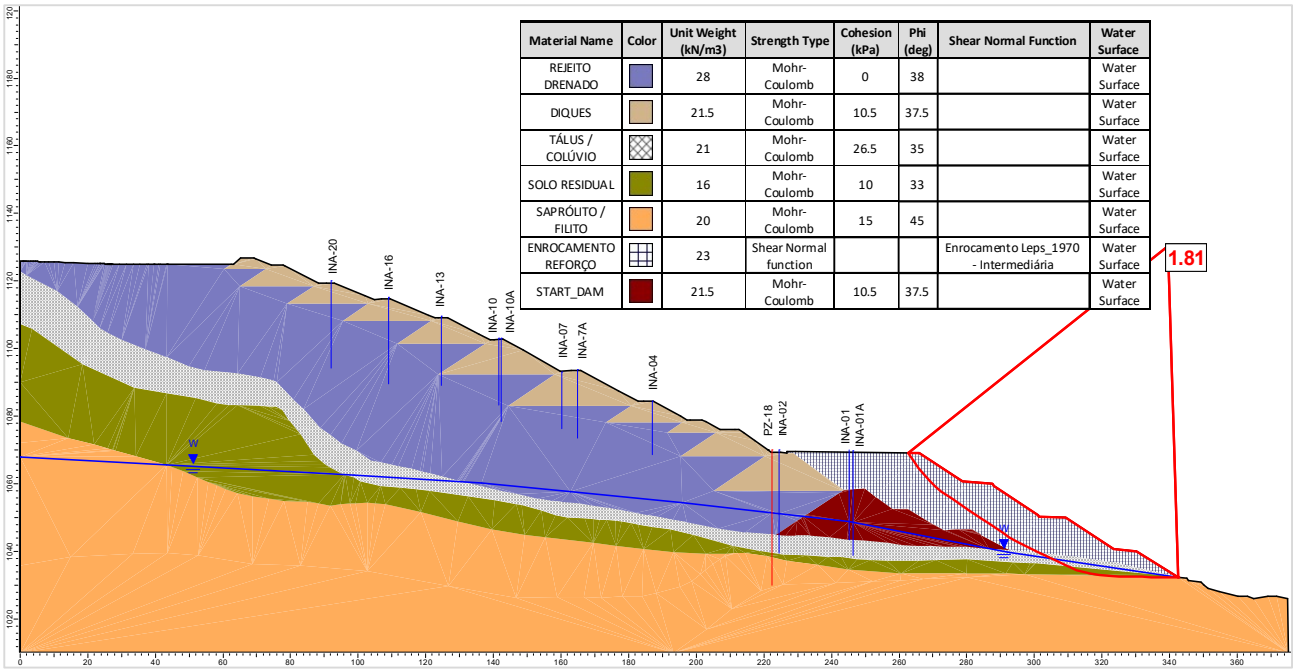


Figura 5.111 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.

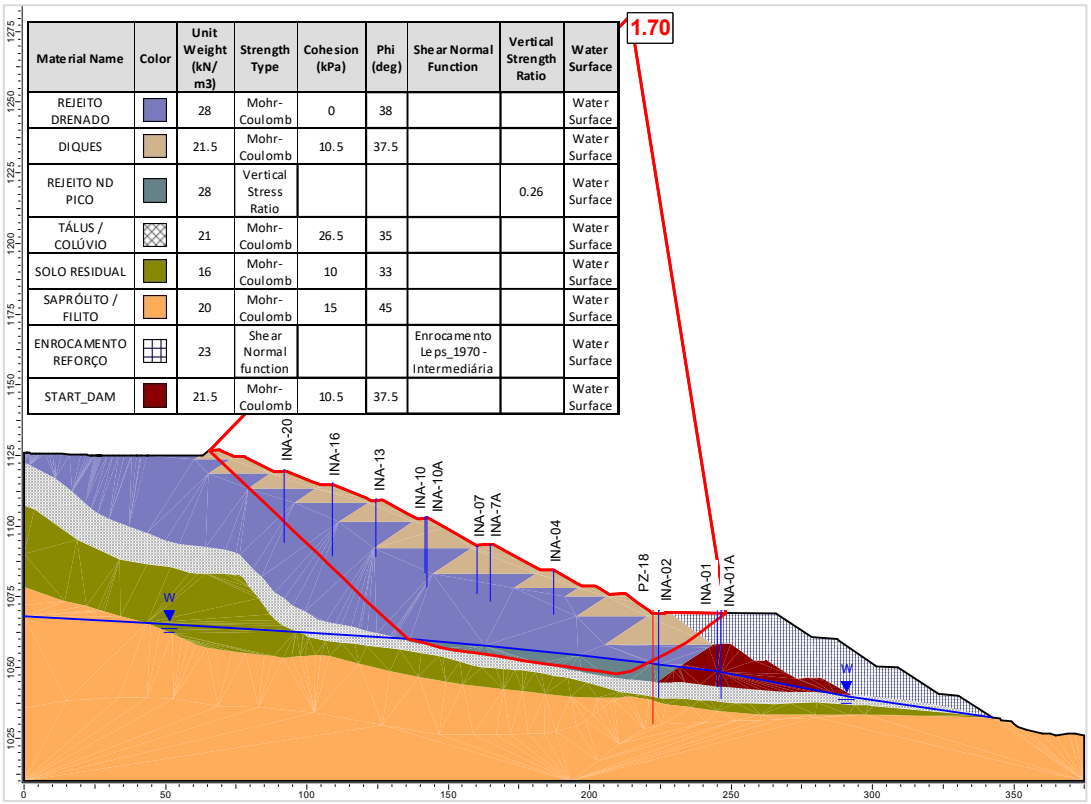
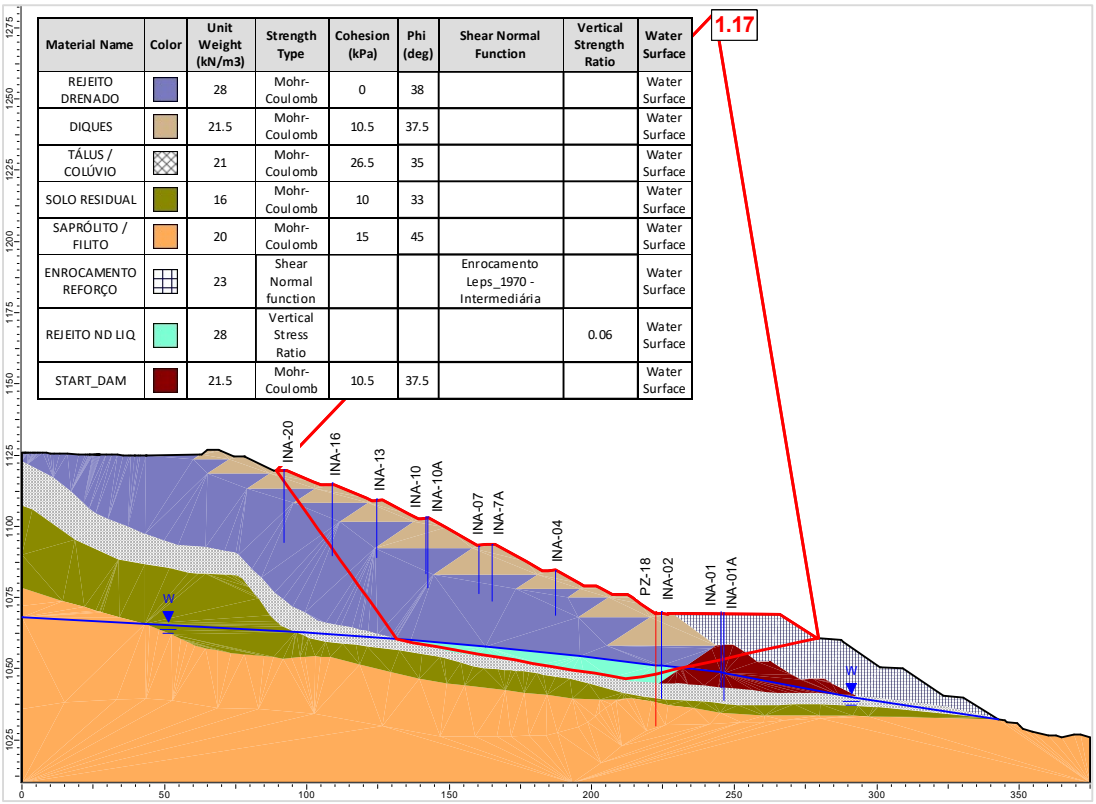
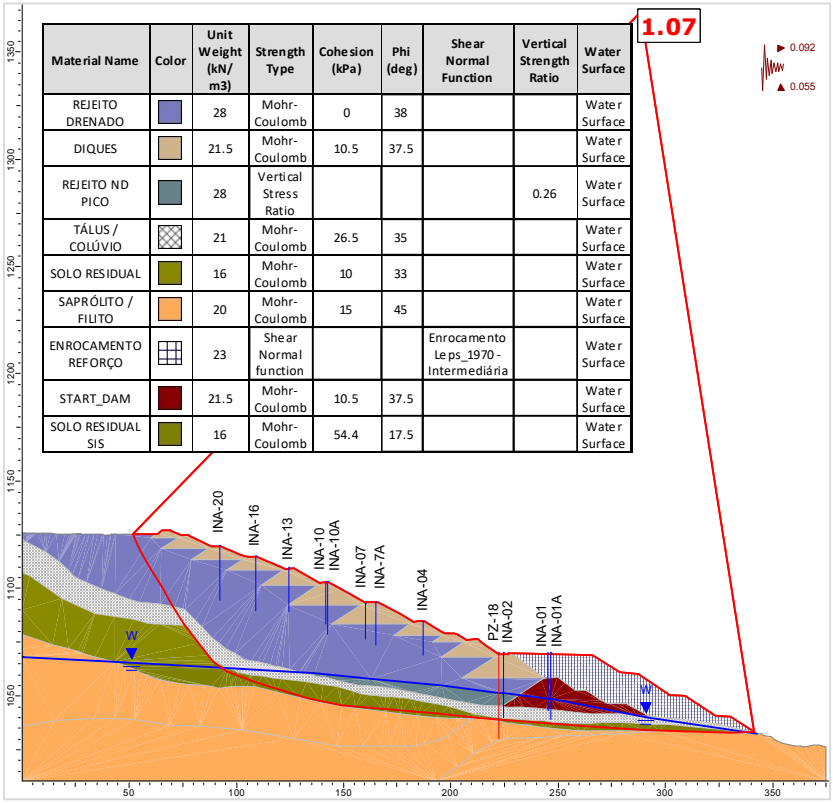


Figura 5.112 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



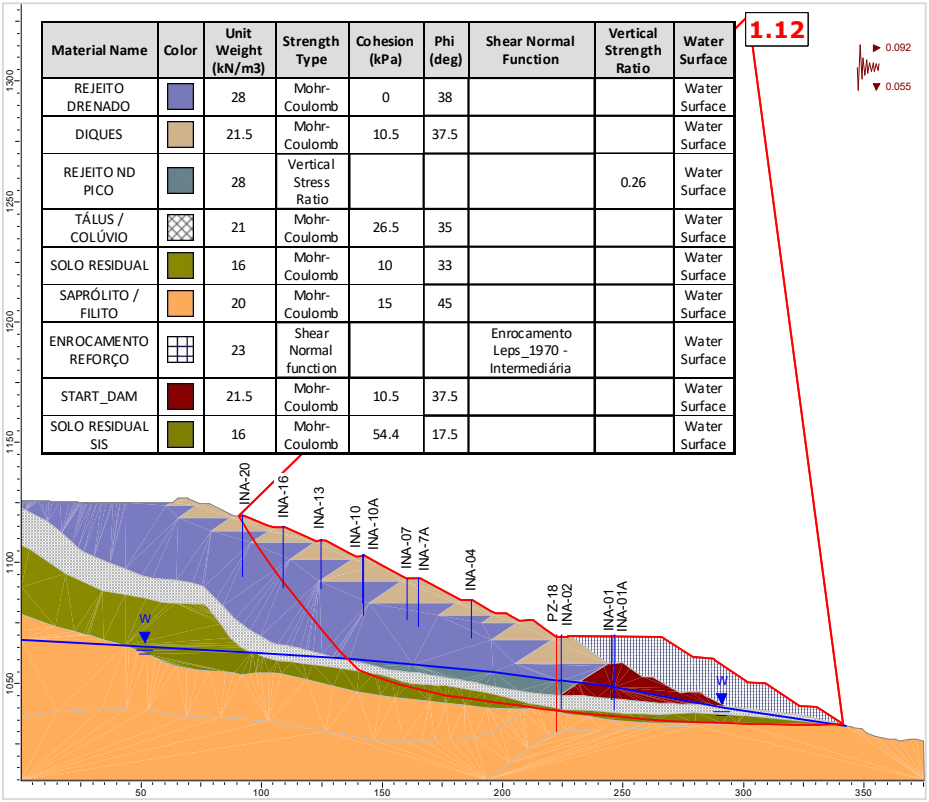
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
REJEITO ND LIQ		28	Vertical Stress Ratio				0.06	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface

Figura 5.113 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



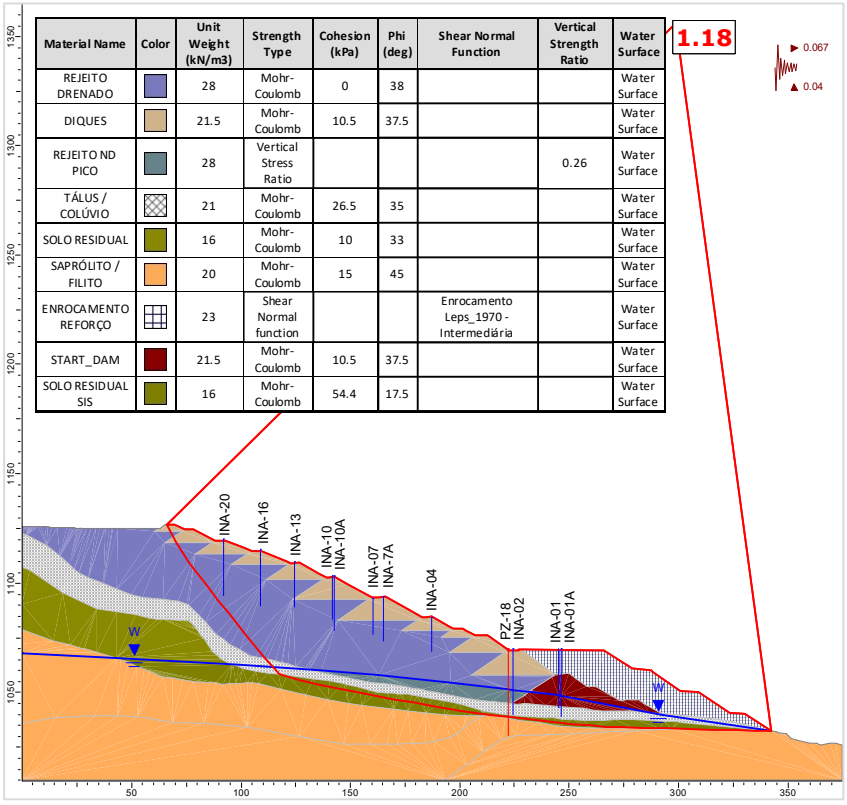
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 5.114 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



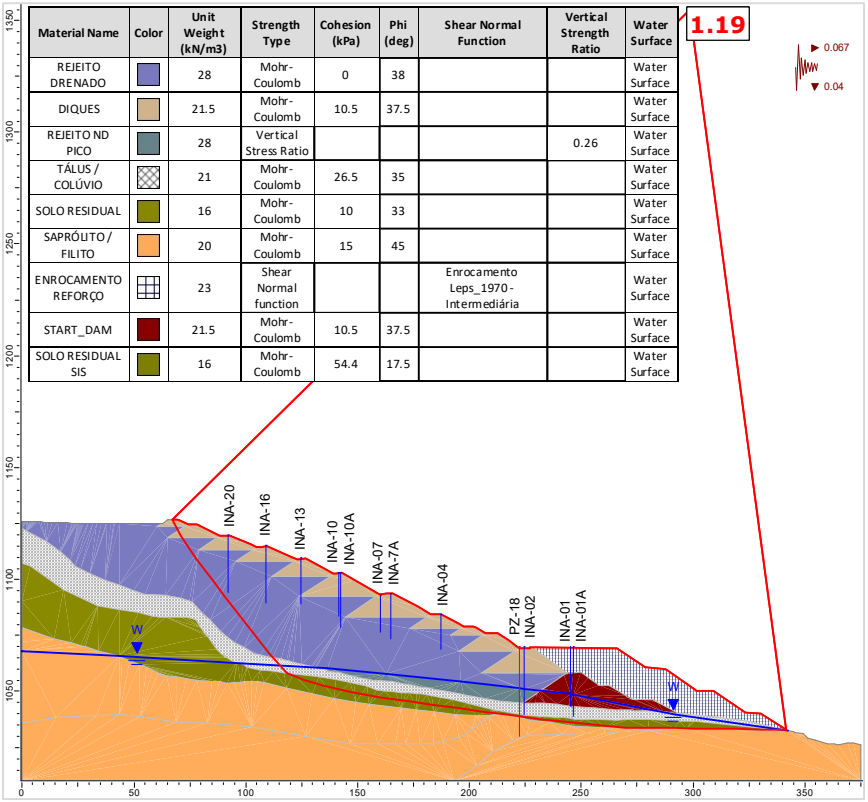
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 5.115 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



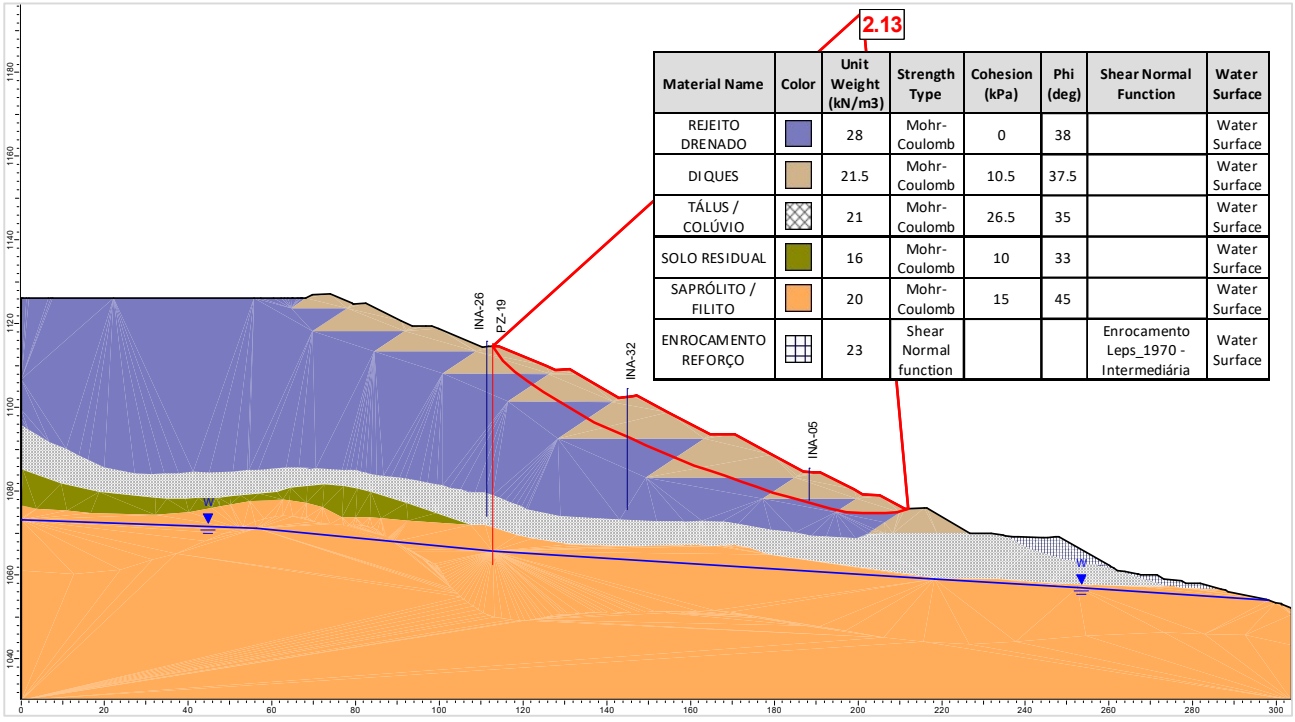
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 5.116 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



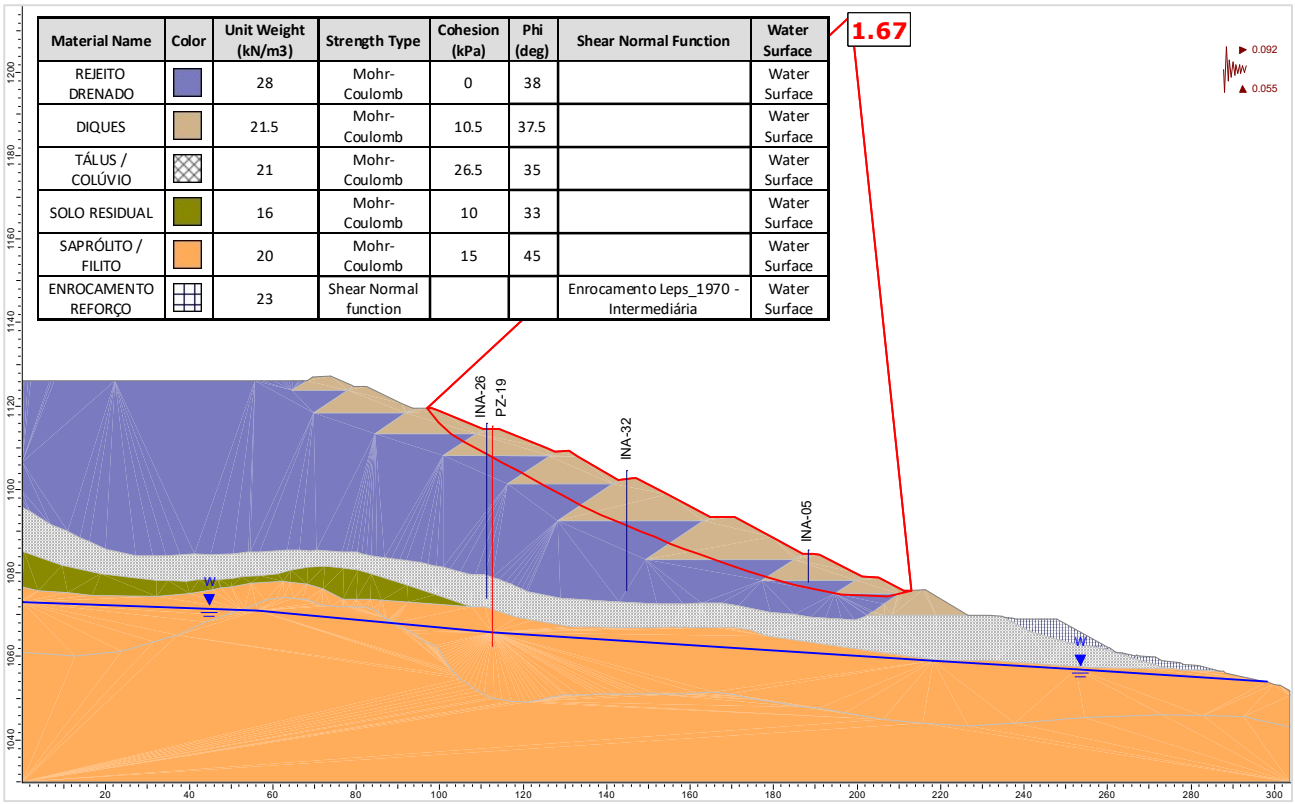
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 5.117 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



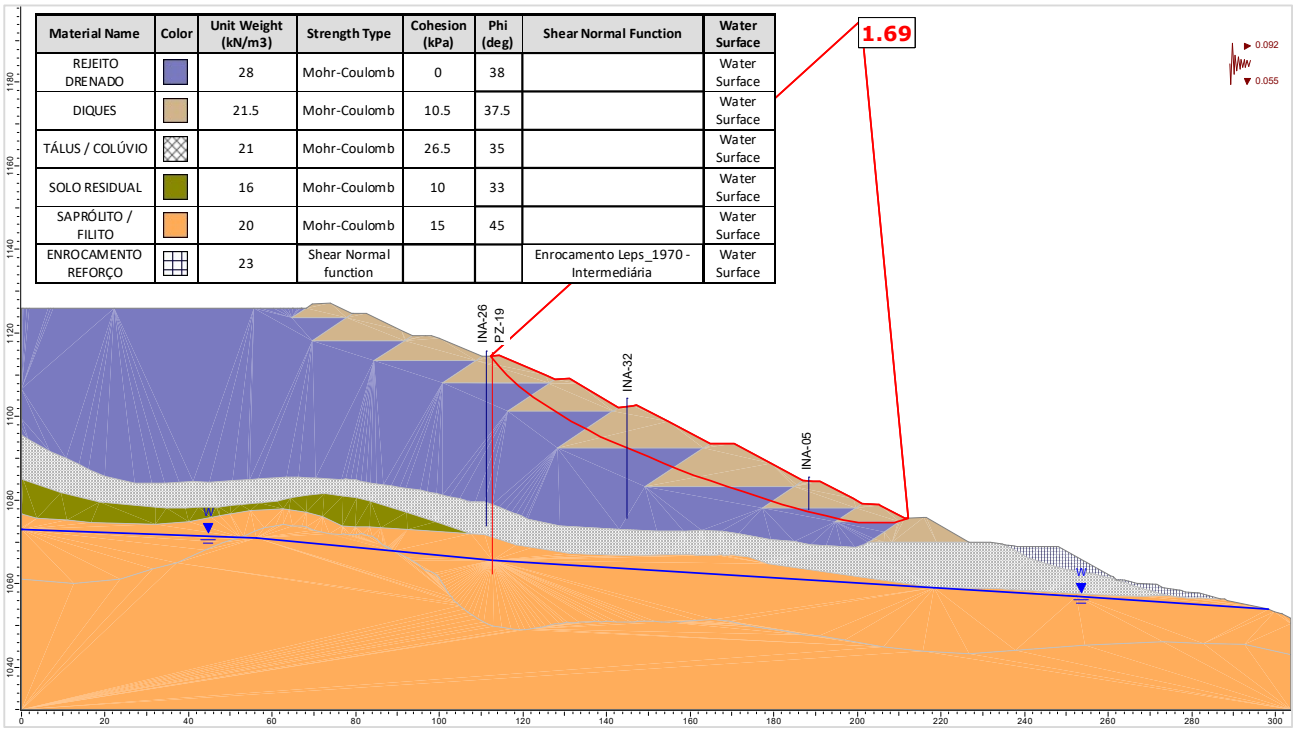
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface

Figura 5.118 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.



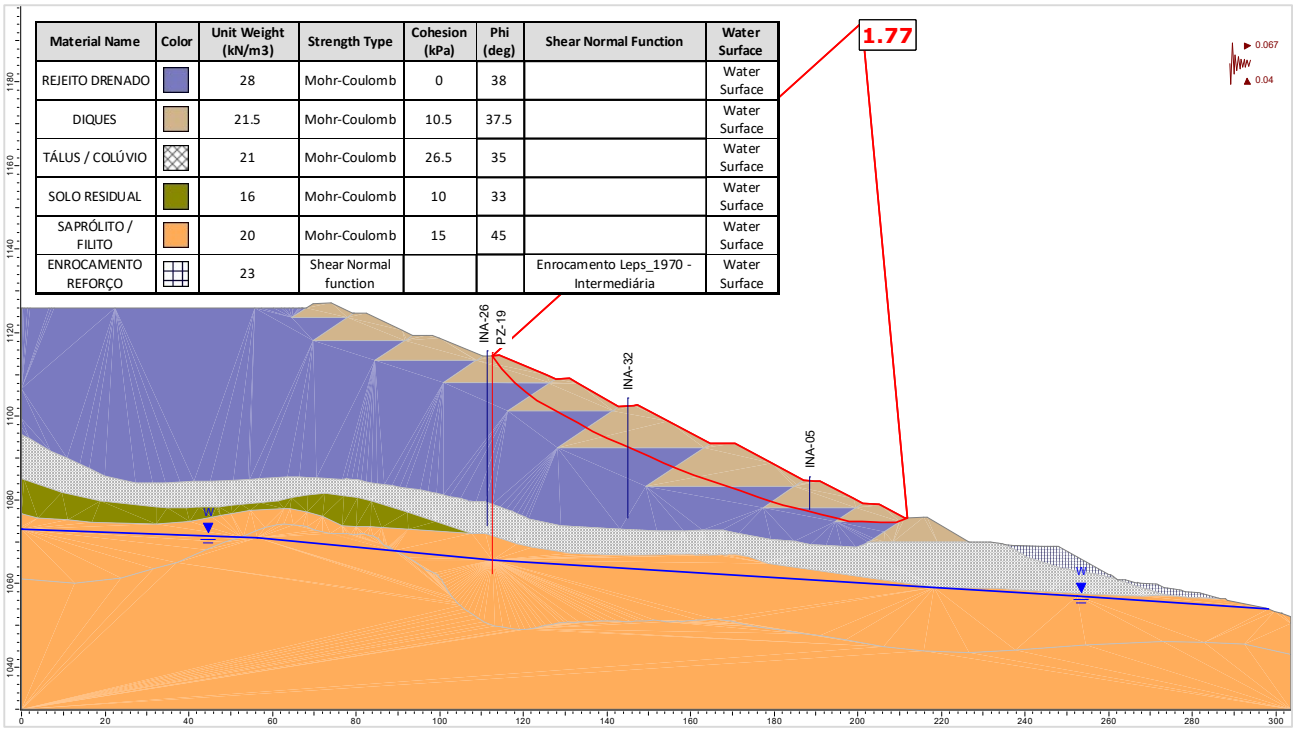
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface

Figura 5.119 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Carregamento sísmico ↑ (critério CDA).



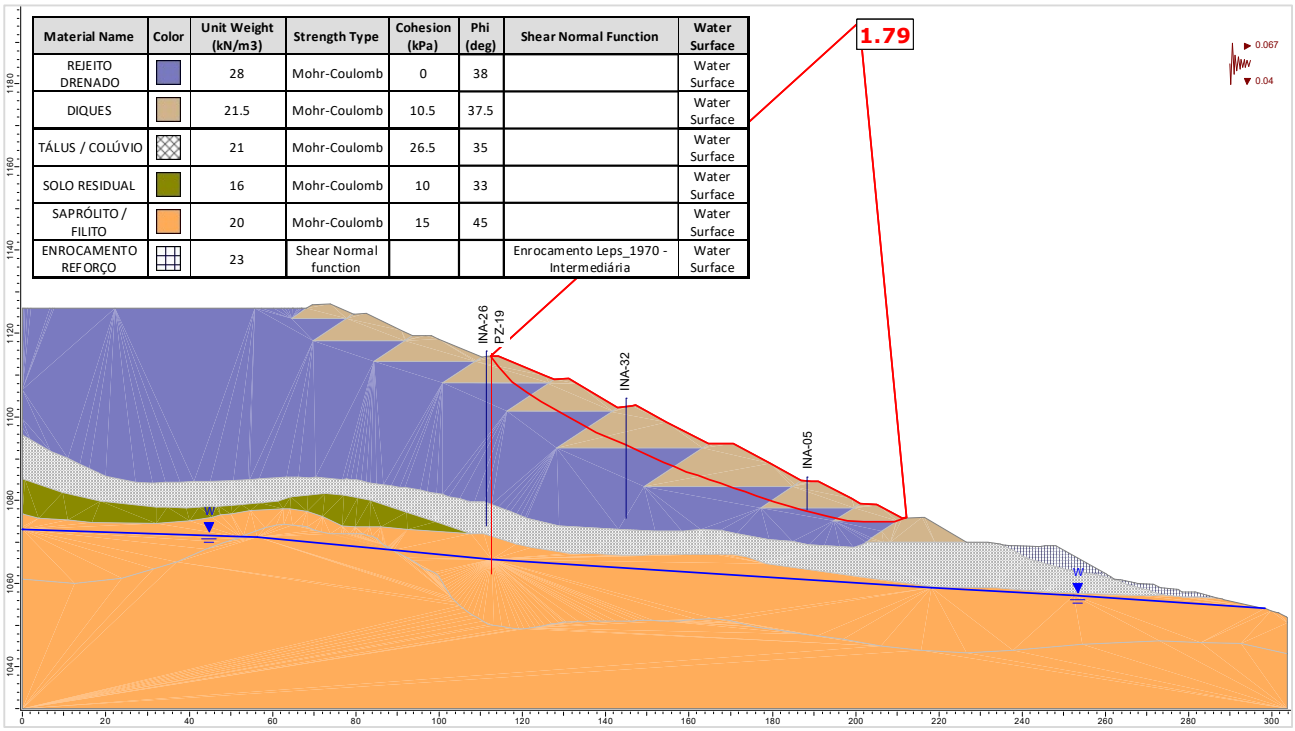
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface

Figura 5.120 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Carregamento sísmico ↓ (critério CDA).



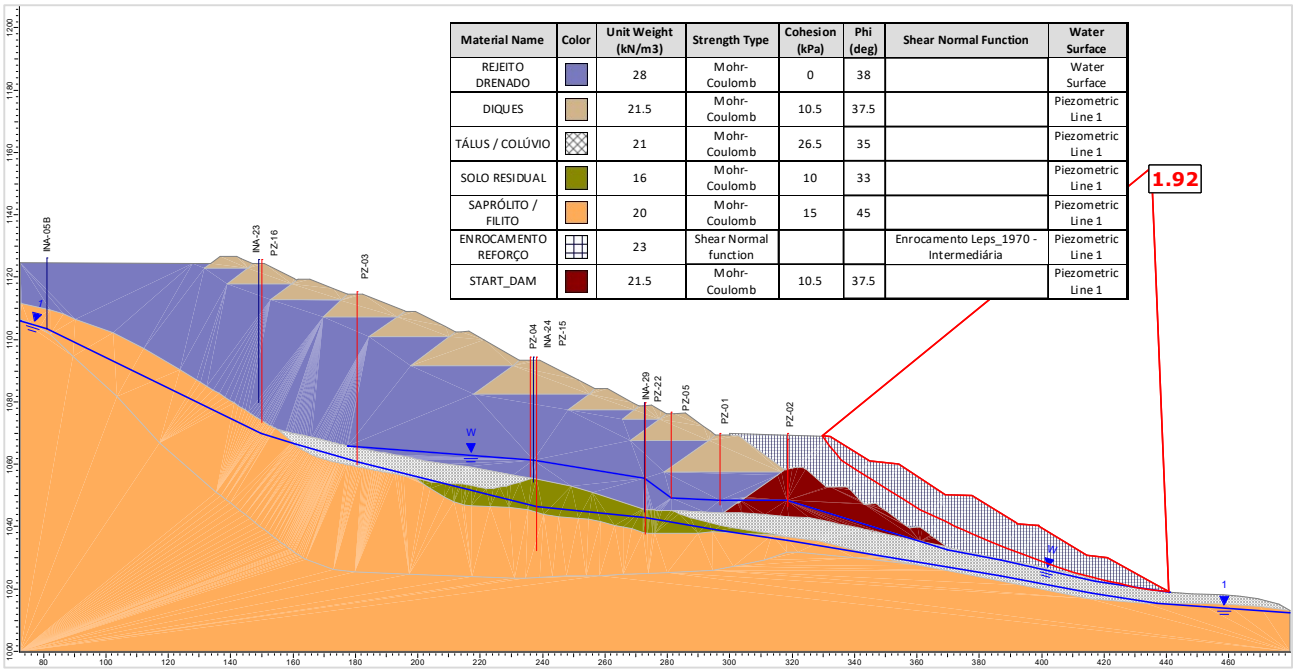
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface

Figura 5.121 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Carregamento sísmico ↑ (critério vida útil).



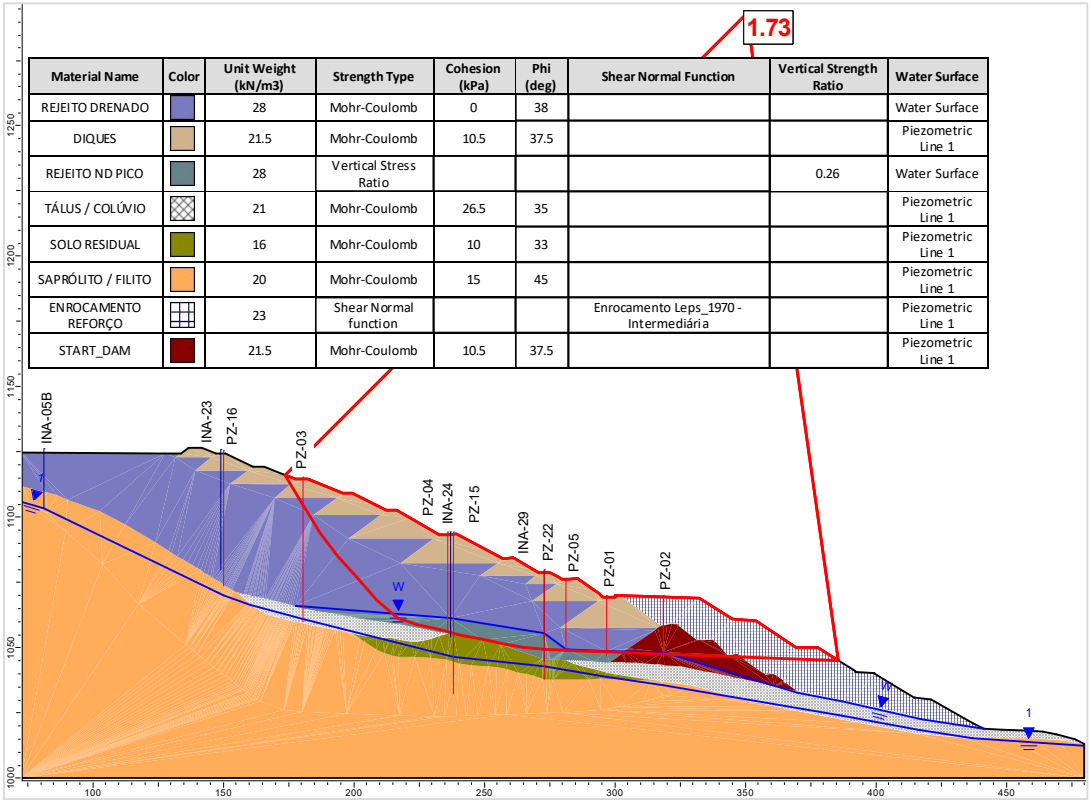
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface

Figura 5.122 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Carregamento sísmico ↓ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1

Figura 5.123 – Seção D-D’ – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1

Figura 5.124 – Seção D-D’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

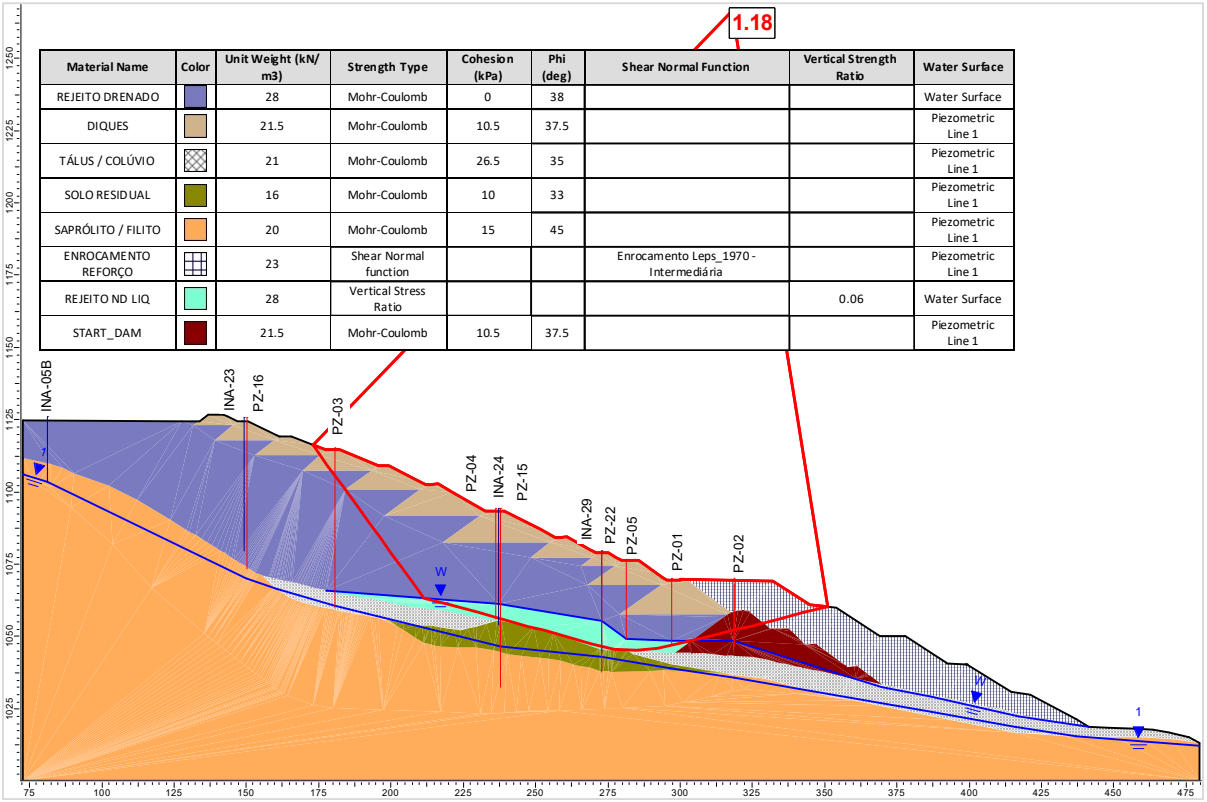


Figura 5.125 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

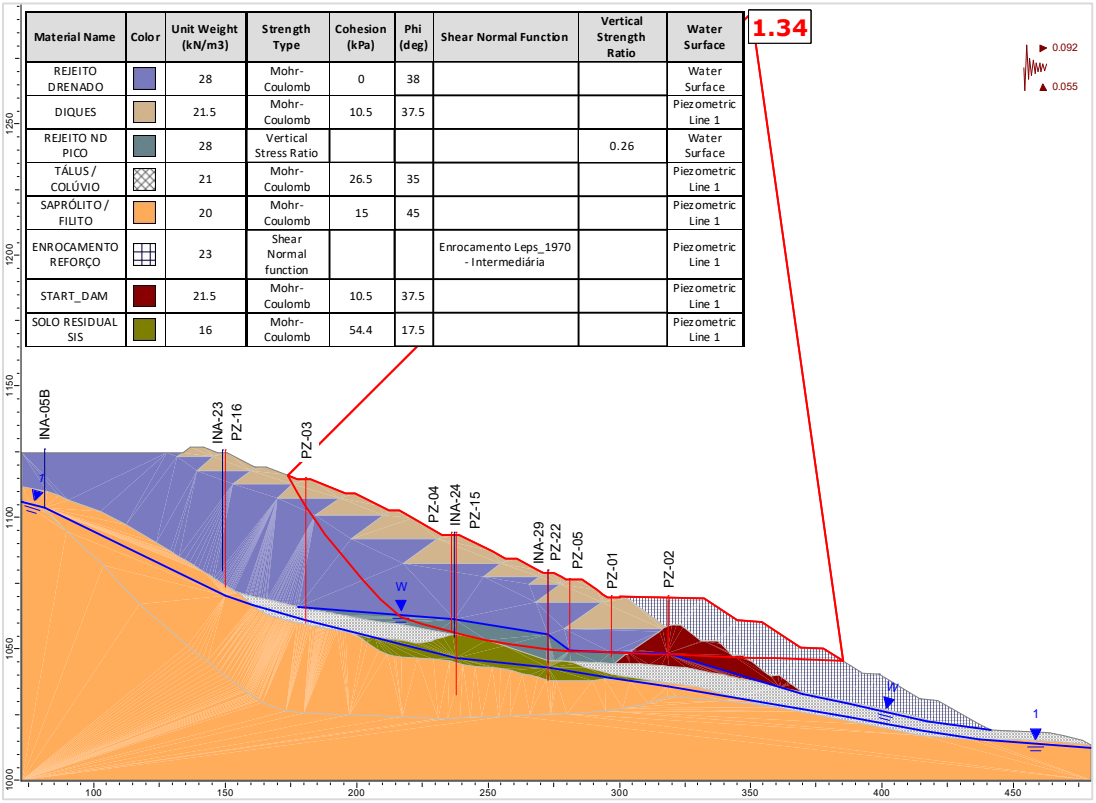
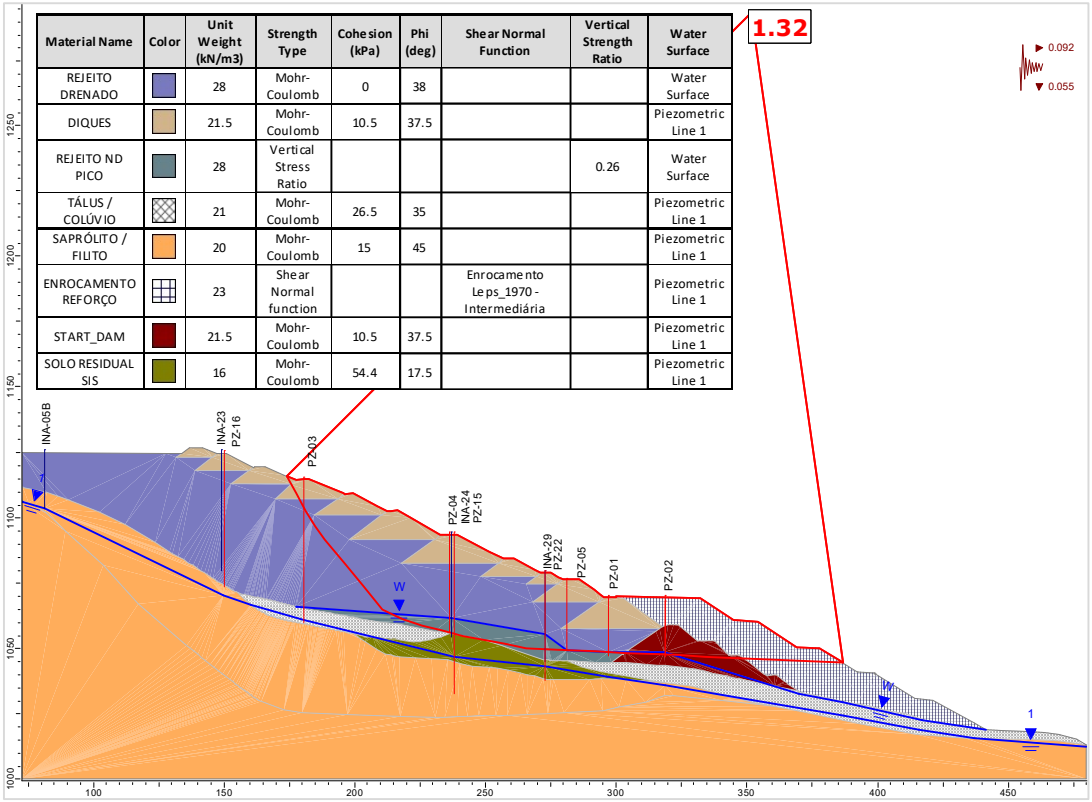
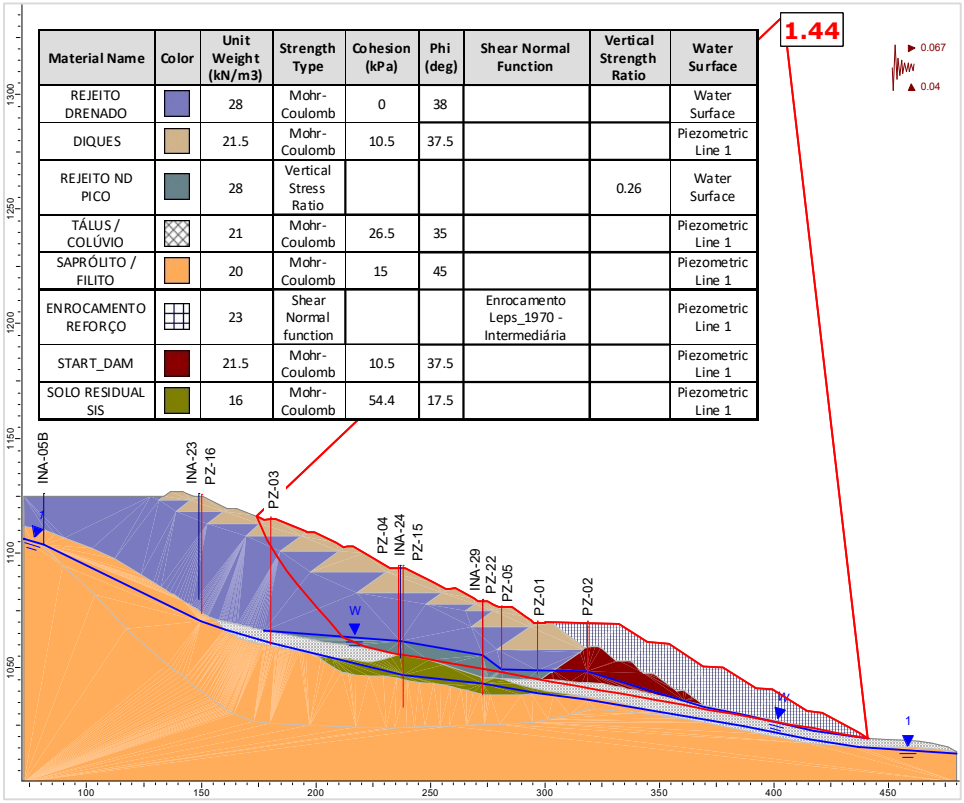


Figura 5.126 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



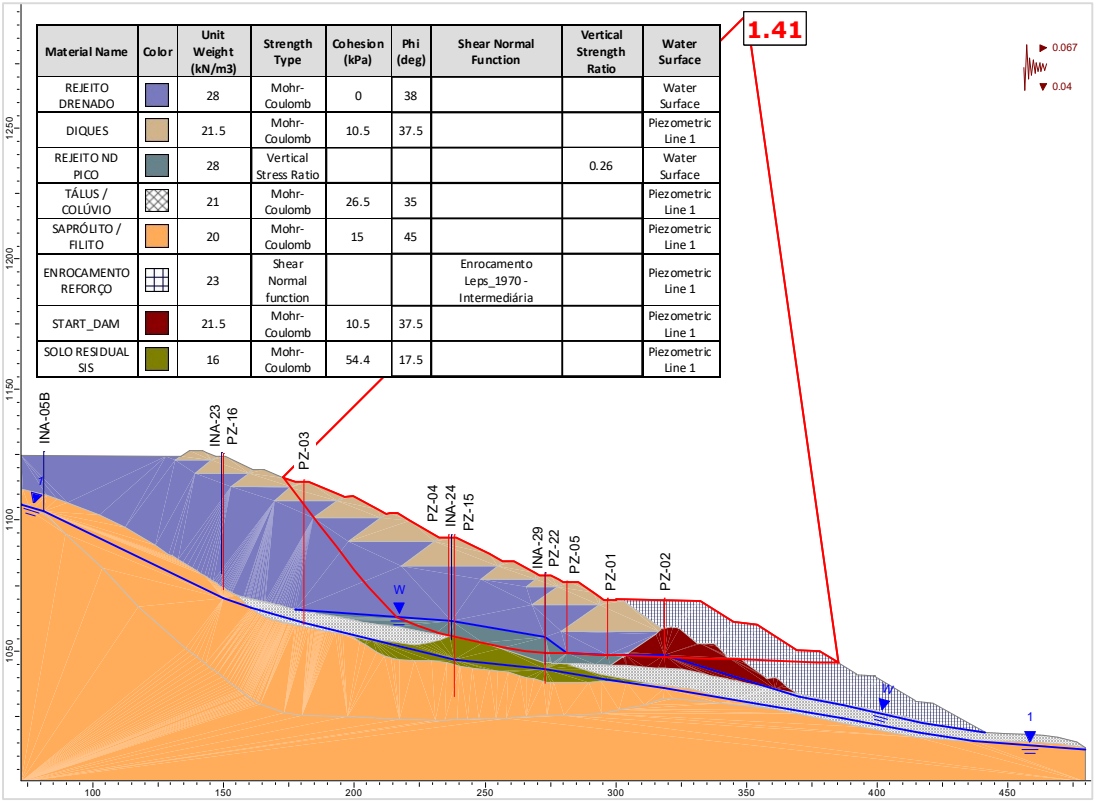
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Piezometric Line 1

Figura 5.127 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



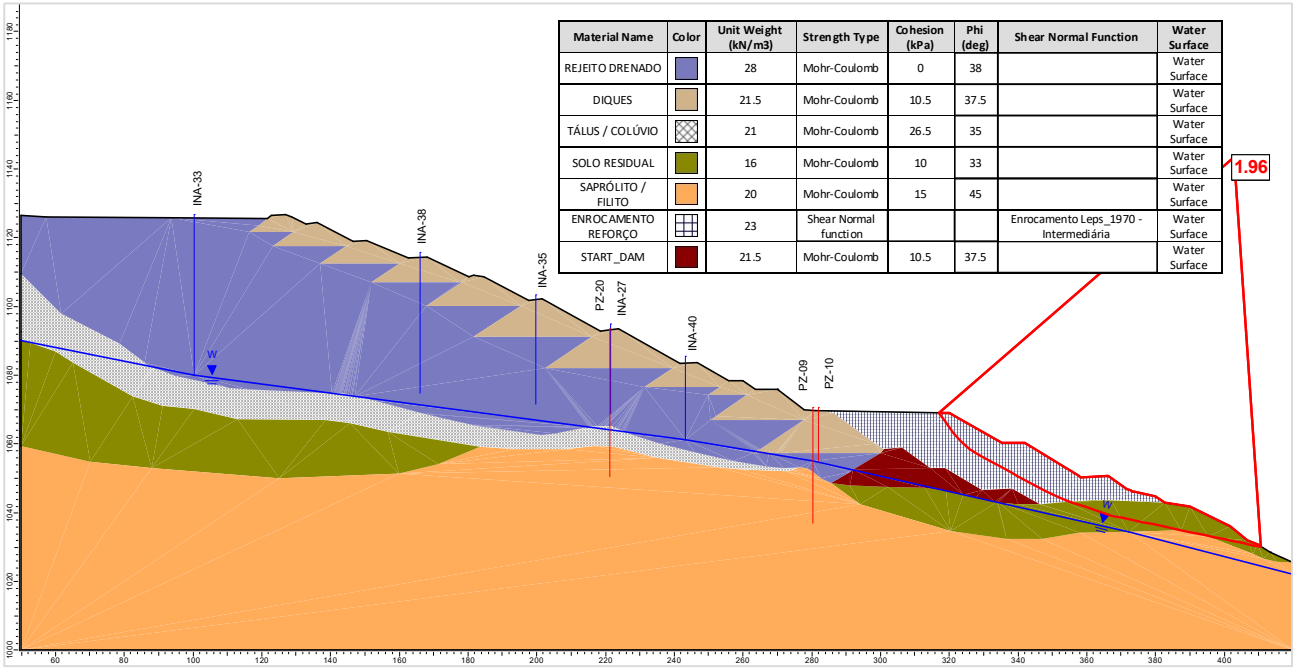
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Piezometric Line 1

Figura 5.128 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



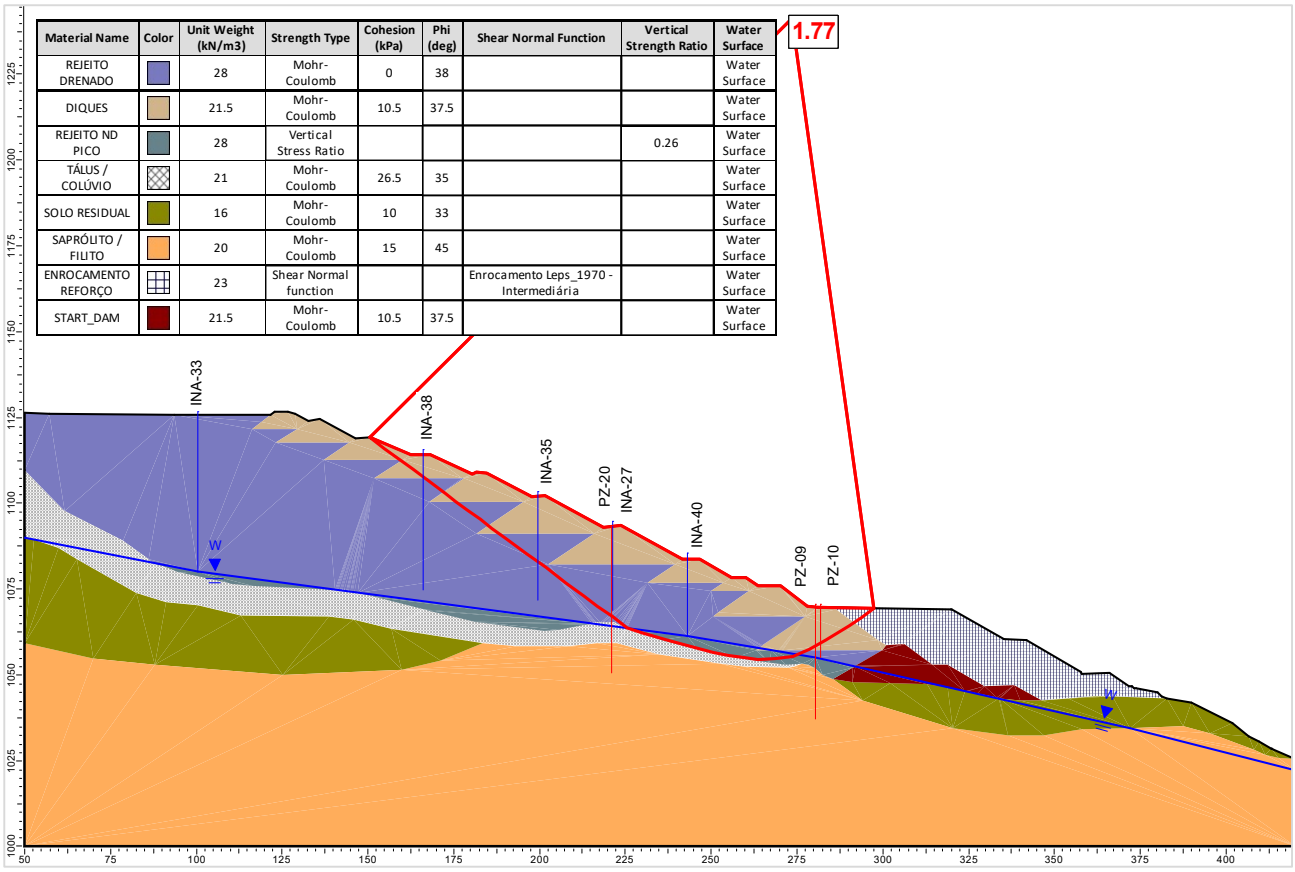
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Piezometric Line 1

Figura 5.129 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



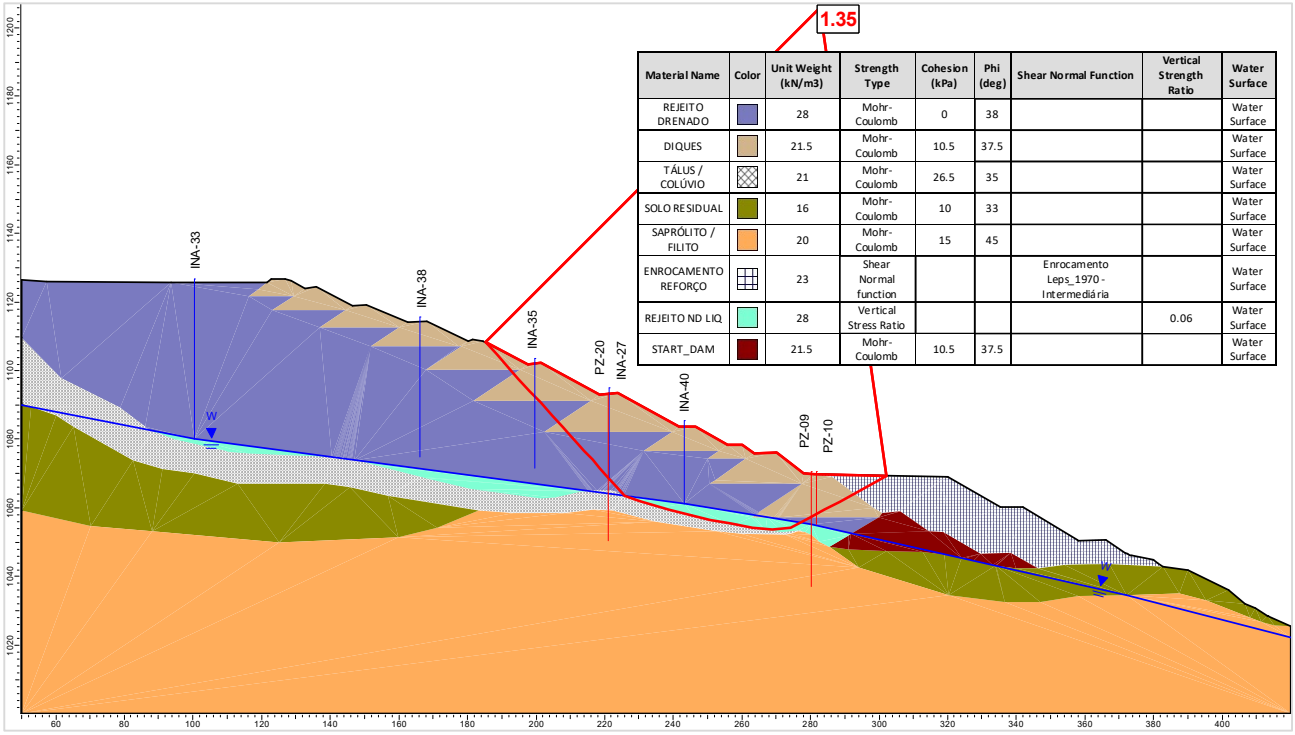
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface

Figura 5.130 – Seção E-E' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.



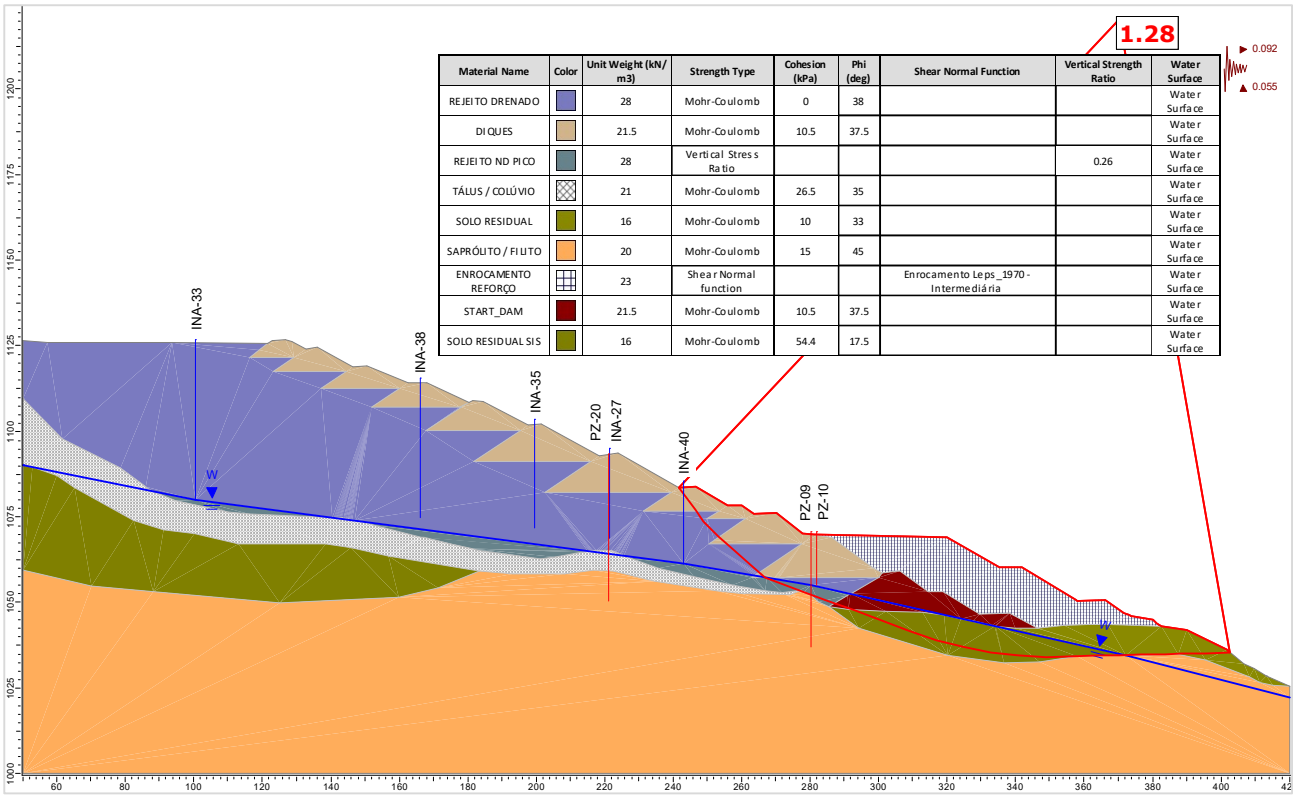
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface

Figura 5.131 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



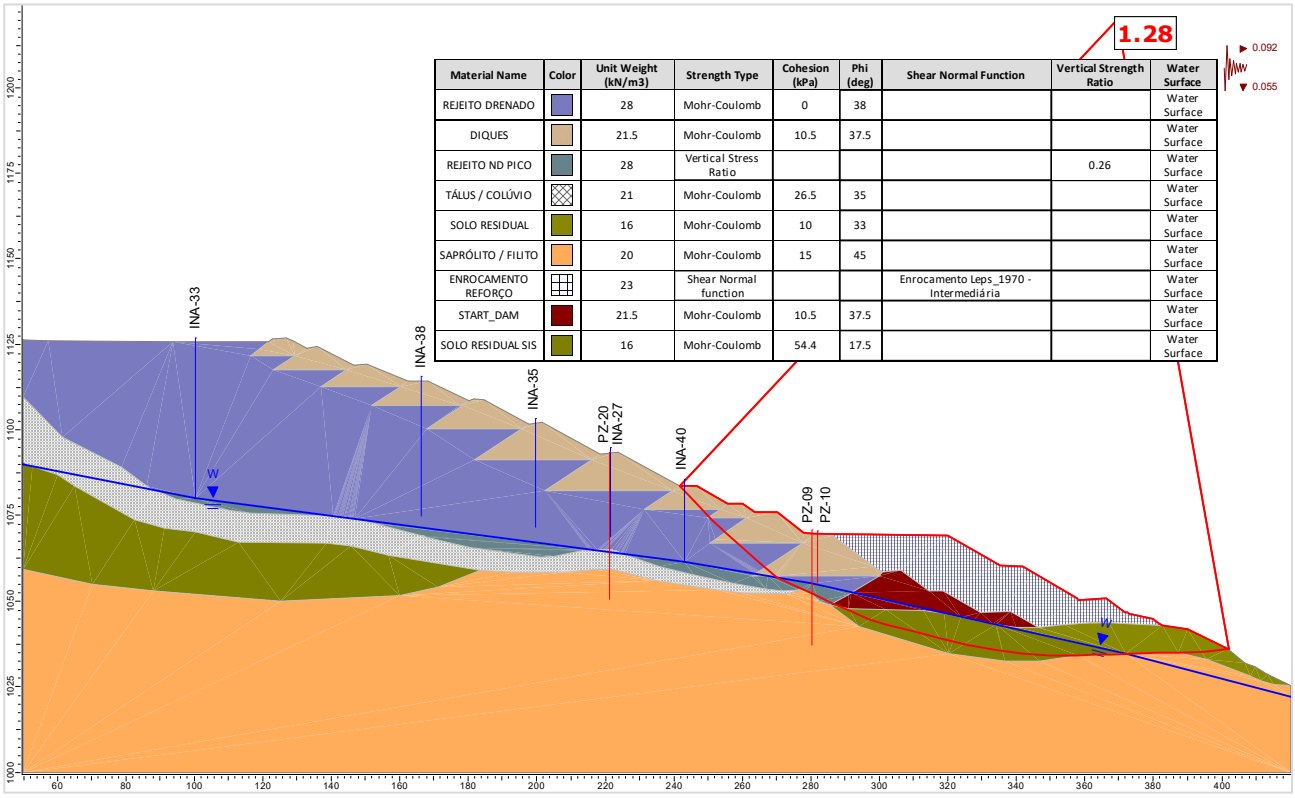
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
REJEITO ND LIQ		28	Vertical Stress Ratio				0.06	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface

Figura 5.132 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



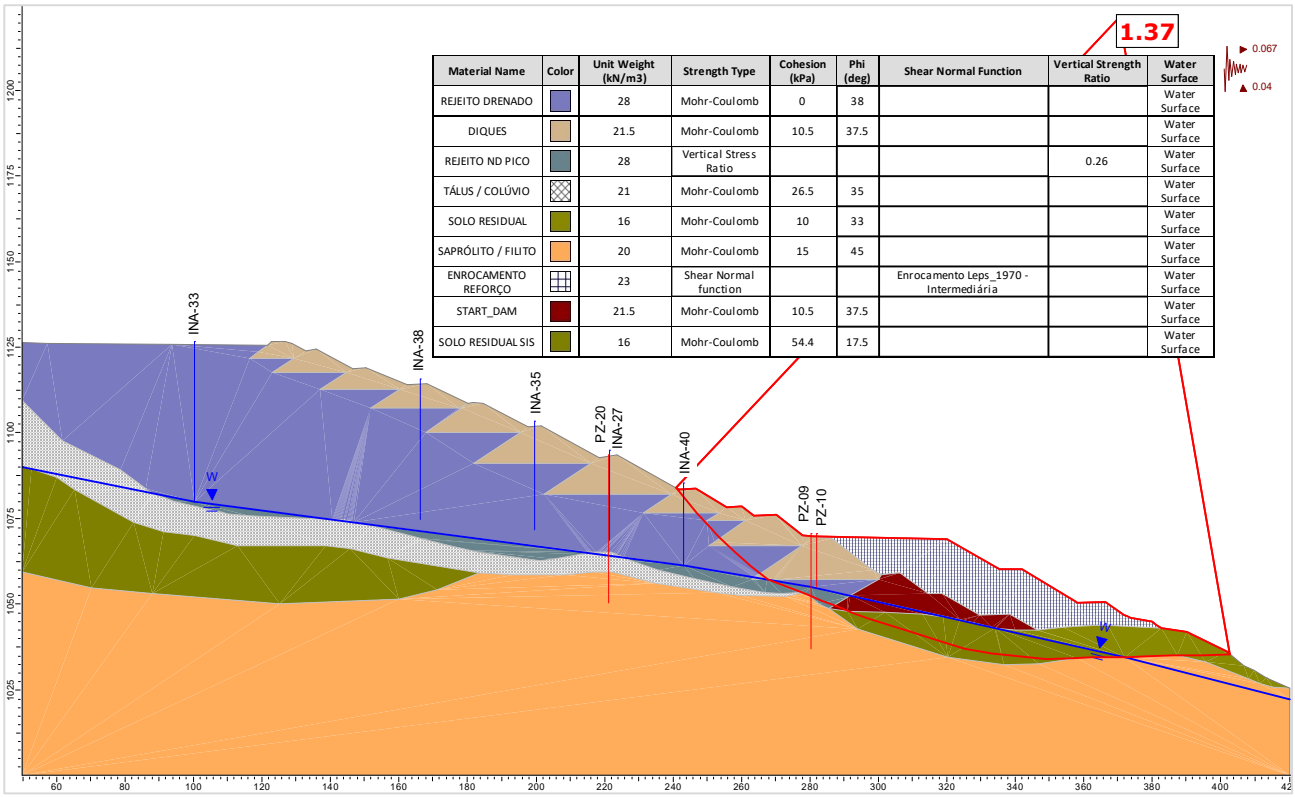
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 5.133 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



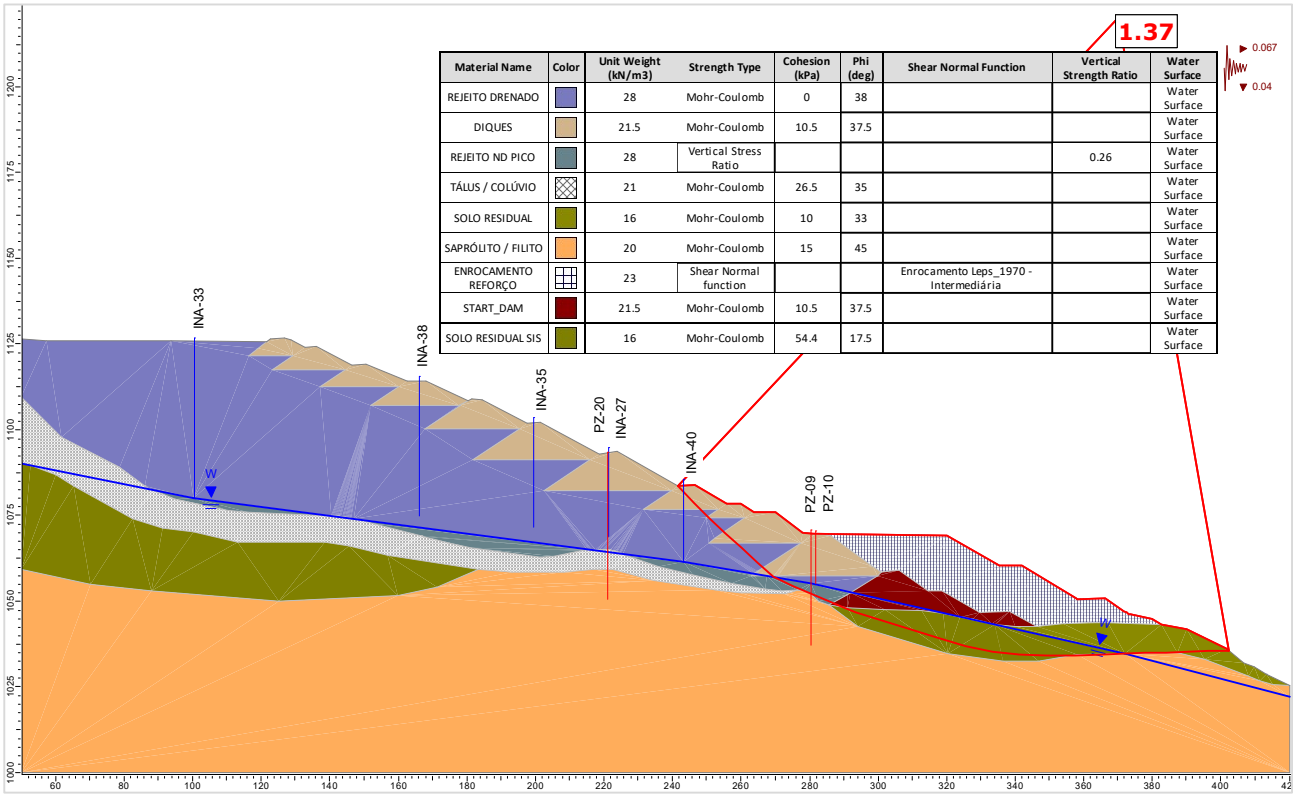
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 5.134 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 5.135 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 5.136 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, no período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024).

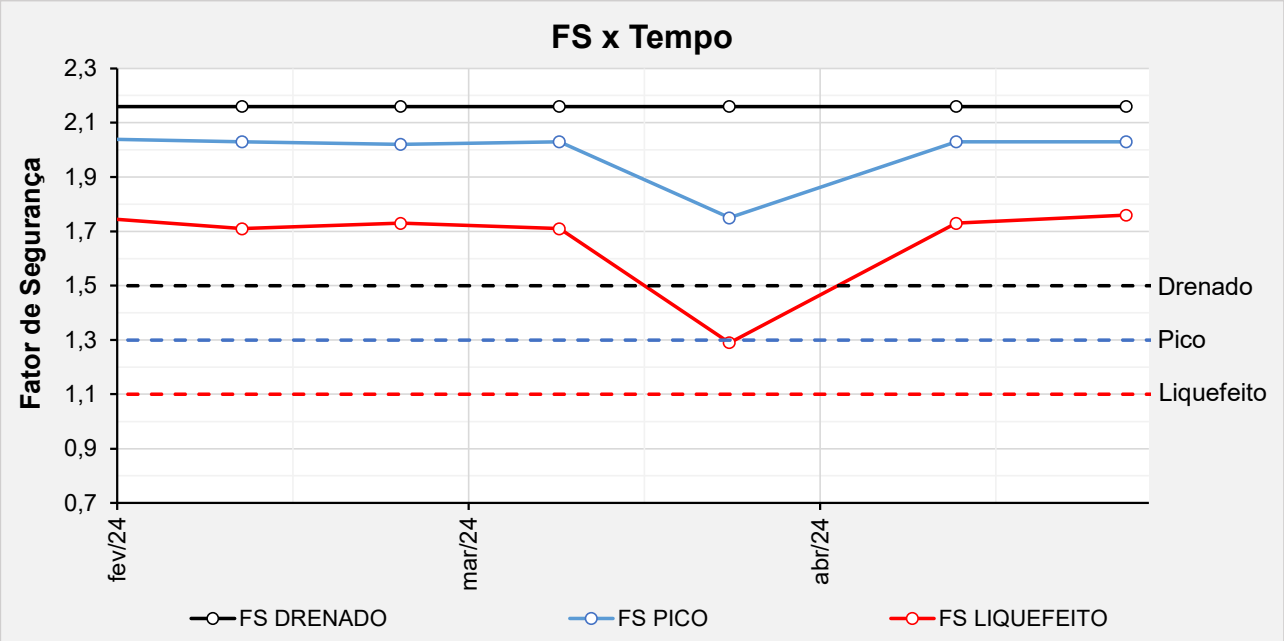


Figura 5.137 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

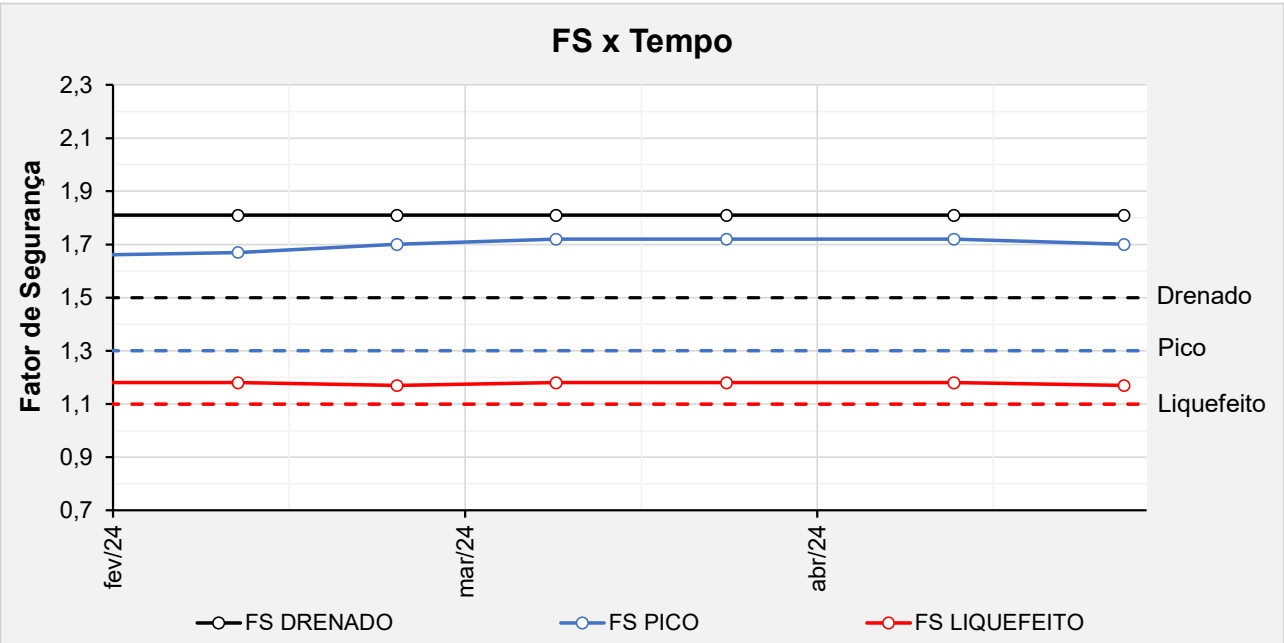


Figura 5.138 – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

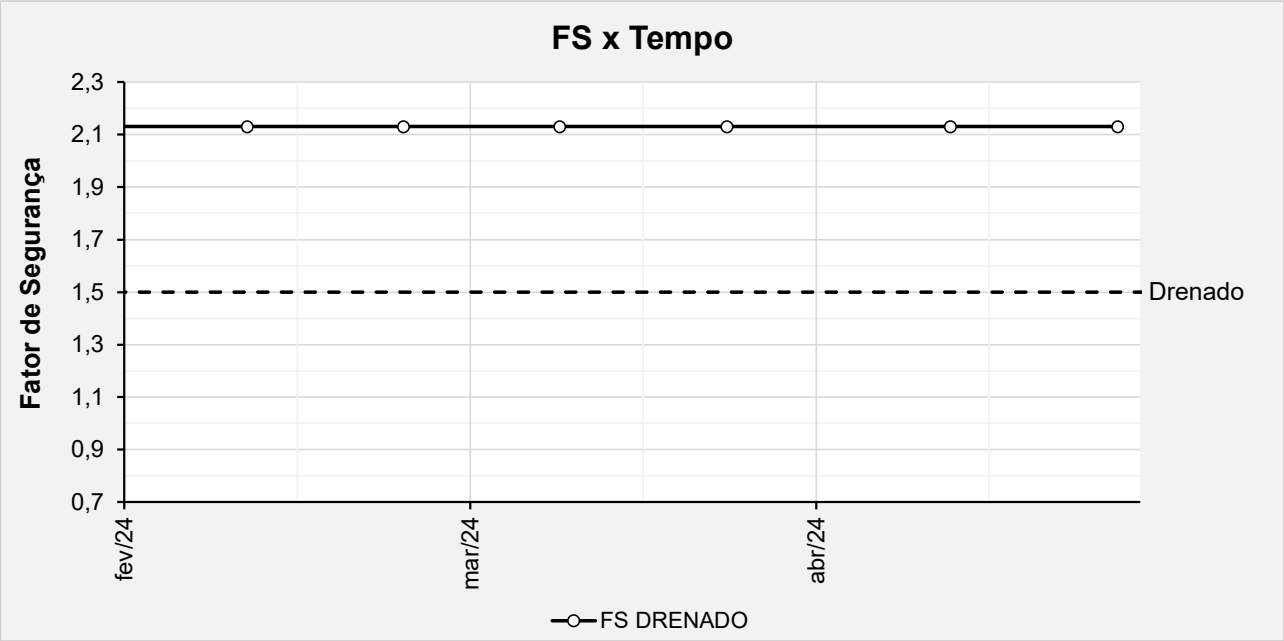


Figura 5.139 – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

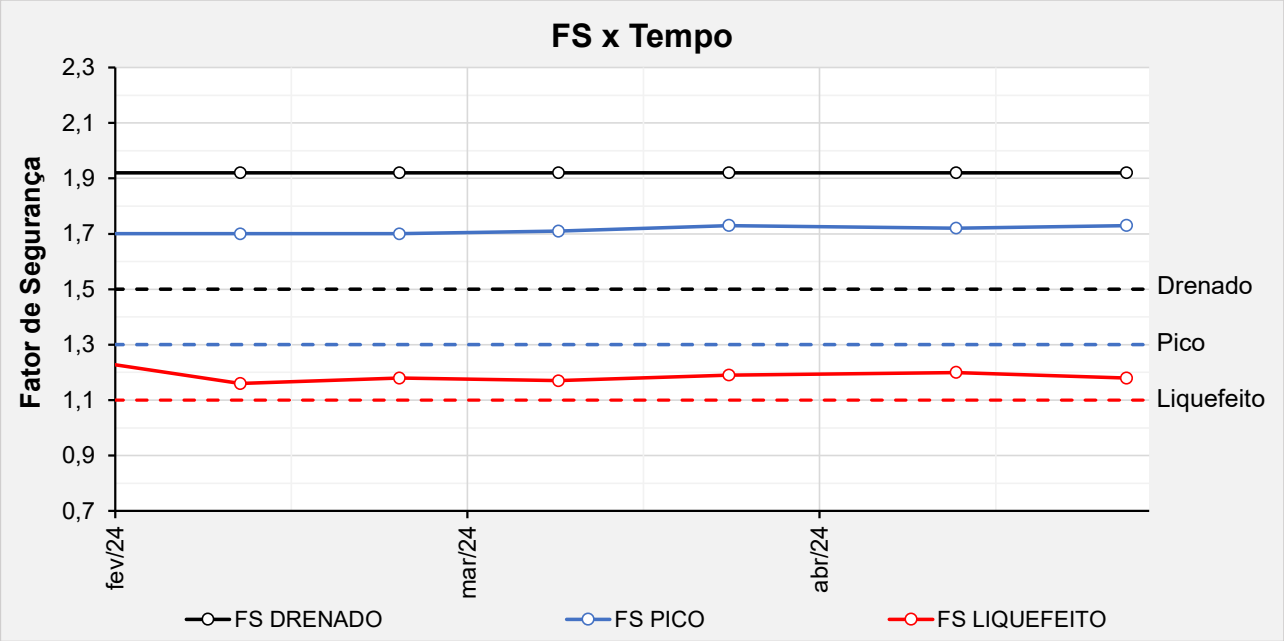


Figura 5.140 – Seção D-D' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

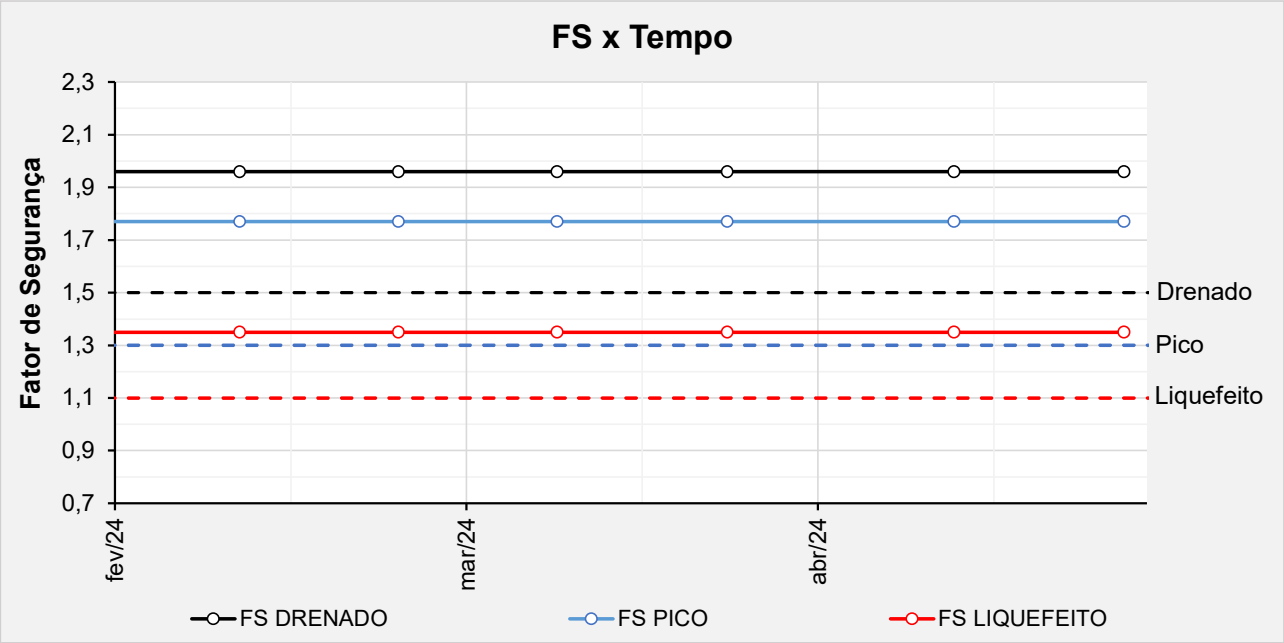


Figura 5.141 – Seção E-E' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B2 – Mina Tico-Tico será fundamental para o início e para continuidade das obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação do nível e pressão da água e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos.

Conforme discutido em itens anteriores, o material contido no reservatório da Barragem B2 – Mina Tico-Tico é composto por rejeito que foi caracterizado como material contrátil a partir da análise de ensaios CPTu realizados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Os fatores de segurança atuais, obtidos nas análises de estabilidade para a condição não drenada liquefeita, são superiores aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020, ou seja, se encontram acima de 1,1.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, considera-se que é possível dar início às obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico desde que sejam atendidas as seguintes condicionantes:

a) Análise de estabilidade atualizada que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles obtidos na fase de diagnóstico;
b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima semanal;
c) Realização de análises de estabilidade semanal;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição anterior, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista que permita autorizar o retorno das atividades.

5.9 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura nas análises de estabilidade com carregamento não drenado e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e a empresa responsável pela realização das obras

deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura e que são lidos manualmente deverá ser verificado no mínimo uma vez por semana durante o período de execução das obras. Caso os instrumentos indiquem que a superfície freática se encontra abaixo do nível verificado na fase de diagnóstico, a obra poderá prosseguir normalmente. Caso contrário, a equipe da MMI ou outra equipe com profissionais qualificados deverá realizar uma análise de estabilidade para verificação do fator de segurança referente à freática medida.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B2 – Mina Tico-Tico. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados bem como o técnico responsável pela leitura manual deverá reportar imediatamente qualquer anomalia nas leituras realizadas.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O fator de segurança avaliado com os dados atualizados da instrumentação não atender aos critérios mínimos descritos nesse projeto;
- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
- O profissional de campo identificar sinais/evidências de deformação nos taludes das ombreiras e áreas adjacentes;
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista.

6. Obras de Descaracterização

Este item não é aplicável, já que o projeto executivo de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico ainda não foi aprovado pela FEAM e empresas parceiras.

7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 7.1 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.1 IDENTIFICAÇÃO	
VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: a) Memorial descritivo e desenhos das estruturas implantadas, removidas ou modificadas, ou informações equivalentes, bem como dispositivos de proteção ambiental;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: c) Descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: d) Descrição das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. No caso de remoção do maciço e do reservatório, apresentar as medidas adotadas para a execução deste procedimento e um quantitativo dos materiais retirados;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Apresentar as medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório, quando couber, bem como informar o seu nível no estágio atual das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
V. Apresentar análises de estabilidade nas condições drenada e não drenada, e levando em consideração as solicitações sísmicas que possam atuar sobre a estrutura, avaliando as resistências de pico e residual para a geometria da barragem na atual etapa da obra;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas análises de estabilidade da condição atual
VI. Apresentar o andamento das medidas de estabilização e/ou reforço para atingir no mínimo os fatores de segurança estabelecidos no item V, bem como das medidas de contingência adotadas caso a estabilidade da estrutura durante as obras não possa ser garantida;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
VII. Apresentar o andamento das obras para: a) Remoção das infraestruturas associadas à barragem, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;	Não aplicável. As infraestruturas associadas à barragem já foram removidas.
VII. Apresentar o andamento das obras para: b) Reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Reservatório Impermeabilizado, com o fluxo sendo direcionado pelo canal de cintura para o extravasor de emergência e de serviço operacional.
VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
VIII. Apresentar a análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções; • Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para corrigir as anomalias registradas durante as inspeções visuais, inclusive daquelas iniciadas em períodos anteriores ao do relatório apresentado até sua finalização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IX. Apresentar as leituras da instrumentação instalada na barragem, informando a periodicidade adotada para as leituras e a relação dos níveis registrados pelos instrumentos com os Níveis de Controle de Segurança estabelecidos para a estrutura	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Foram apresentadas leituras da instrumentação atualizada com histórico de dois anos hidrológicos.
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	Não aplicável.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. O TR de descaracterização de barragens alteadas pelo método de montante não exige protocolo para garantir a segurança dos trabalhadores da obra para barragens com declaração de condição de estabilidade garantida, caso da Barragem B2 – Mina Tico-Tico. O projeto atende ao exposto no item 3.3.1 do TR. Tal protocolo é exigido apenas para estruturas que se encontram em nível de alerta. De qualquer forma o projeto trata de critérios de inspeção e monitoramento para paralisação das obras conforme apresentado no Capítulo 13, mais específico no item 13.3 do Relatório de Descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.676).
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Registros fotográficos da condição atual da estrutura são apresentados quinzenalmente nos relatórios de performance geotécnica.
1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: a) Informar ações executadas do programa de manejo do patrimônio espeleológico na área afetada pelas obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: b) Informar as ações executadas ações de resgate da fauna e da flora na área afetadas, se couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: c) Deverão ser apresentadas as ações para controle de supressão vegetal e de processos erosivos na área afetada pelas obras de descaracterização, bem como os comprovantes de regularização ambiental da atividade;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: d) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para acompanhamento e controle dos índices de qualidade do ar na área afetada pelas obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: e) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para gestão de efluentes líquidos e resíduos sólidos na área afetada pelas obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Para obras em estágio de finalização, apresentar as medidas adotadas para o manejo e a proteção do solo, dos recursos hídricos, para garantir a estabilidade geotécnica da área descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.5 ASSINATURAS	
Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.
1.6 ANEXO	
Apresentar as anotações de responsabilidade técnica – ART do projeto, do acompanhamento das obras e do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.

8. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:



Elias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

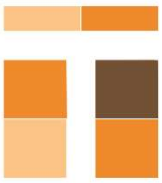
- Responsável técnico pela barragem:

Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

9. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



TERRACOTA
GEOTECNIA

Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232097039

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em: **09/01/2023**

Valor: **R$ 260.000,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520

Nº: **00**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **IGARAPÉ**

UF: **MG**

CEP: **32900000**

Data de Início: **03/04/2023**

Previsão de término: **31/07/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.05.29 19:49:13 -03'00'

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Dados: 2023.05.30 11:00:56 -03'00'

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

BELO HORIZONTE, 29 de MAIO de 2023
Local data

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 254,59** Registrada em: **29/05/2023** Valor pago: **R$ 254,59** Nosso Número: **8601679206**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: Z6Z6a
Impresso em: 29/05/2023 às 19:45:46 por: , ip: 200.25.56.74

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243023009

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à MG20221553989

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1403750408**

Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **CMS000481**

Celebrado em: **17/07/2023**

Valor: **R$ 16.420,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520

Nº: **00**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **IGARAPÉ**

UF: **MG**

CEP: **32900000**

Data de Início: **02/05/2024**

Previsão de término: **31/05/2024**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS TÉCNICOS DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.961) E DA BARRAGEM B1-AUXILIAR - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.962), REFERENTE AO TRIMESTRE FEVEREIRO DE 2024 A ABRIL DE 2024, EM ATENDIMENTO AO TERMO DE COMPROMISSO - TC (MPF, MPMG, SEMAD/FEAM, ANM).

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243023009

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à
MG20221553989

Assinado de forma digital por
ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2024.05.27 11:28:40 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

BELO HORIZONTE, 27 de MAIO de 2024

Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 99,64** Registrada em: **27/05/2024** Valor pago: **R$ 99,64** Nosso Número: **8604836901**

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12822-R-BA-RL-09-GE_r1

FEVEREIRO 2024

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12822-R-BA-RL-09-GE_r1

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.921

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00	01				Rev doc	00	01				Rev doc	00	01				Rev doc	00	01			
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X	X				26	X	X				51	X	X				76	X	X			
2	X	X				27	X	X				52	X	X				77	X	X			
3	X	X				28	X	X				53	X	X				78	X	X			
4	X	X				29	X	X				54	X	X				79	X	X			
5	X	X				30	X	X				55	X	X				80	X	X			
6	X	X				31	X	X				56	X	X				81	X	X			
7	X	X				32	X	X				57	X	X				82	X	X			
8	X	X				33	X	X				58	X	X				83	X	X			
9	X	X				34	X	X				59	X	X				84	X	X			
10	X	X				35	X	X				60	X	X				85	X	X			
11	X	X				36	X	X				61	X	X				86	X	X			
12	X	X				37	X	X				62	X	X				87	X	X			
13	X	X				38	X	X				63	X	X				88	X	X			
14	X	X				39	X	X				64	X	X				89	X	X			
15	X	X				40	X	X				65	X	X				90	X	X			
16	X	X				41	X	X				66	X	X				91	X	X			
17	X	X				42	X	X				67	X	X				92	X	X			
18	X	X				43	X	X				68	X	X				93	X	X			
19	X	X				44	X	X				69	X	X				94	X	X			
20	X	X				45	X	X				70	X	X				95	X	X			
21	X	X				46	X	X				71	X	X				96	X	X			
22	X	X				47	X	X				72	X	X				97	X	X			
23	X	X				48	X	X				73	X	X				98	X	X			
24	X	X				49	X	X				74	X	X				99	X	X			
25	X	X				50	X	X				75	X	X				100	X	X			

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS
01	I	APROVADO

TIPO DE EMISSÃO		
(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV. 01	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	27/02/2024	29/02/2024					
EXECUTADO	GFL / EJC	GFL / EJC					
VERIFICADO	EJC	EJC					
APROVADO	EJC	EJC					

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12822-R-BA-RL-09-GE_r1

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.921

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00	01				Rev doc						Rev doc						Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
101	X	X				126						151						176					
102	X	X				127						152						177					
103	X	X				128						153						178					
104	X	X				129						154						179					
105	X	X				130						155						180					
106	X	X				131						156						181					
107	X	X				132						157						182					
108	X	X				133						158						183					
109	X	X				134						159						184					
110	X	X				135						160						185					
111	X	X				136						161						186					
112	X	X				137						162						187					
113	X	X				138						163						188					
114	X	X				139						164						189					
115	X	X				140						165						190					
116	X	X				141						166						191					
117	X	X				142						167						192					
118	X	X				143						168						193					
119	X	X				144						169						194					
120						145						170						195					
121						146						171						196					
122						147						172						197					
123						148						173						198					
124						149						174						199					
125						150						175						200					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS.
01	I	APROVADO.

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV. 01	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	27/02/2024	29/02/2024					
EXECUTADO	GFL / EJC	GFL / EJC					
VERIFICADO	EJC	EJC					
APROVADO	EJC	EJC					

SUMÁRIO

1. Introdução 5
2. Documentos de referência 6
3. Códigos e Normas 7
4. Ficha Técnica do Empreendimento 8
4.1 Identificação do Empreendedor 8
4.2 Identificação do Empreendimento 8
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 8
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 8
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 8
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 9
4.8 Localização da Barragem 9
4.9 Função atual 10
4.10 Características Gerais 10
4.11 Classificação da Barragem 15
5. Projeto de Descaracterização 20
5.1 Descrição do Projeto 21
5.2 Alterações de Projeto 27
5.3 Atividades Preparatórias 27
5.3.1 Sistema Extravasor de Emergência (Ombreira Direita) 27
5.3.2 Contenção (proteção) em sacaria na ombreira direita 28
5.4 Cronograma 30
5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos 34
5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado 40
5.6.1 Inspeções de Campo 40
5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções 40
5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem 42
5.6.3.1 Leituras Instrumentação 55
5.6.4 Análise de Estabilidade 79
5.6.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações 81
5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem 82
5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática 88
5.6.4.4 Parâmetros de Resistência 90

5.6.4.5 Resultados 90
5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 111
5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 111
5.9 Rotina de Monitoramento 113
6. Obras de Descaracterização 114
7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 114
8. Assinaturas 118
9. Anexos 119

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B2 - Mina Tico-Tico**, referente ao trimestre (Novembro/2023 a Janeiro/2024), elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B2 - Mina Tico-Tico, o qual foi emitido em maio de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

Apesar de o projeto executivo ter sido emitido em maio de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico não foram iniciadas até o momento.

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.553_r2 – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023.
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.715_r1 - Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragens – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – FEAM – 2º Semestre de 2023. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Agosto/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.674_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.675_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.676_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.677_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Especificações Técnicas Construtivas. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.678_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.708_r1 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.757_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023.

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2017 – dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

4.8 Localização da Barragem

A Barragem B2 – Mina Tico-Tico localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Igarapé-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 574.570m E e 7.776.150m N à montante da estrutura descaracterizada da Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico e da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

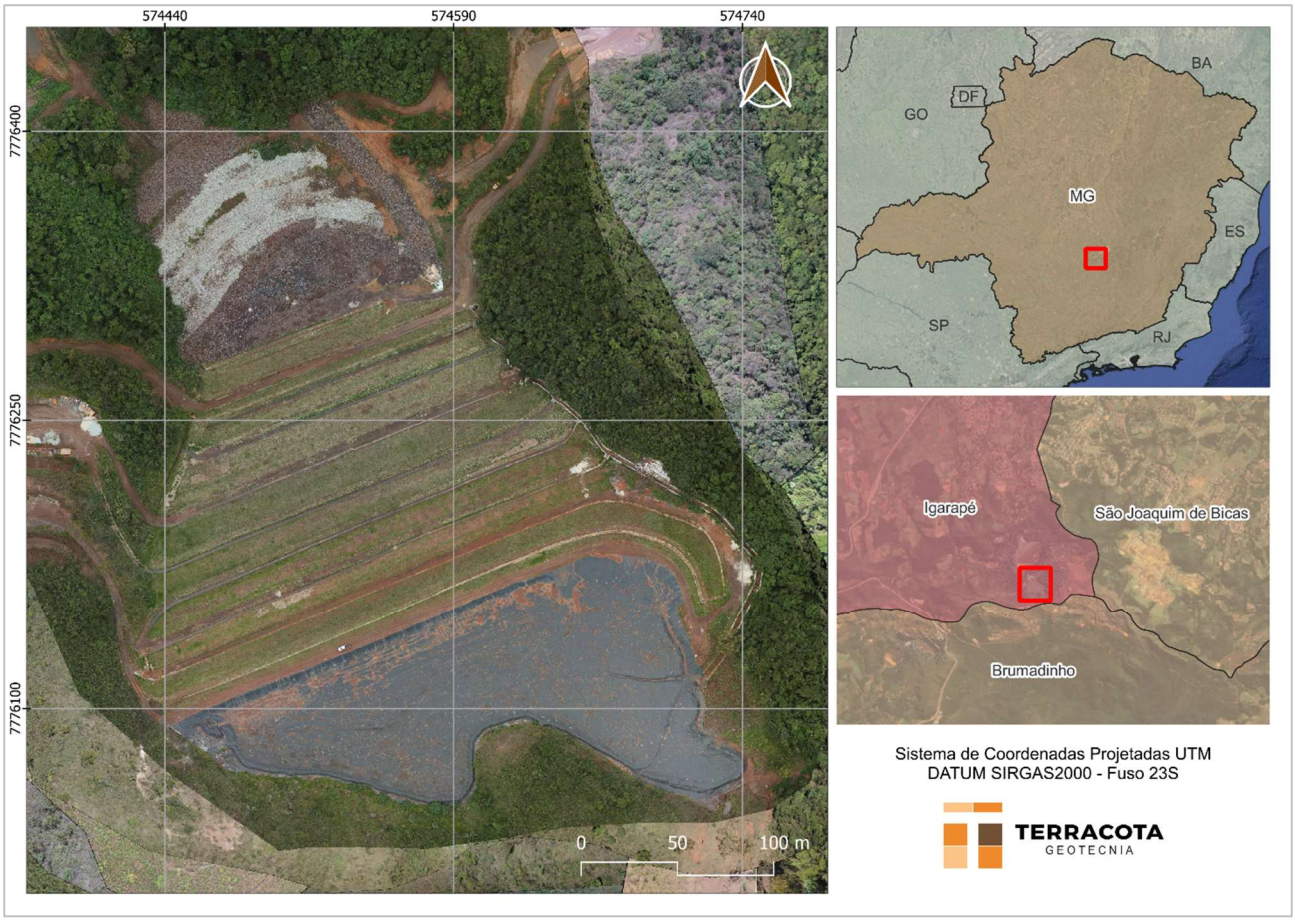


Figura 4.1 – Localização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

4.9 Função atual

As funções da barragem englobaram: a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte.

O lançamento de rejeitos na barragem foi encerrado no ano de 2007, estando a barragem na condição descomissionada e desativada, conforme definição da Resolução ANM 95/2022, Art. 2º VIII.a e IX e definição do Art. 1º do Decreto 48.140/2021.

4.10 Características Gerais

A Barragem B2 – Mina Tico-Tico foi construída em 12 etapas, sendo o maciço inicial e onze alteamentos a montante até a elevação final 1.127,00 m.

Devido ao fato de a barragem ter sido construída e operada entre os anos de 1990 e 2006 não foram encontrados documentos relacionados às obras de construção inicial e das etapas de alteamento da barragem tais como registros fotográficos, ensaios dos materiais, controle de

compactação do aterro e os documentos "como construído" das diversas etapas de operação da barragem.

A Tabela 4.1 abaixo apresenta a relação das etapas construtivas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Tabela 4.1 – Etapas construtivas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Etapa	Elevação Atual Aproximada (m)
Dique de Partida	1.060,0
1º Alteamento	1.069,0
2º Alteamento	1.076,0
3º Alteamento	1.079,0
4º Alteamento	1.084,3
5º Alteamento	1.093,5
6º Alteamento	1.102,5
7º Alteamento	1.109,0
8º Alteamento	1.115,0
9º Alteamento	1.119,5
10º Alteamento	1.124,3
11º Alteamento	1.127,0

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.2, sendo as informações existentes atualizadas a partir dos levantamentos topográficos de 2022 (IPE.OP.DE.8000.GT.20.455.dwg), de 2020 (IPE.OP.DF.8000.GT.20.019.J - 06/10/20 - ERG Engenharia dwg) e o levantamento cadastral após obra de ampliação do reforço e adequação do canal extravasor (CAD_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B2_TT_16DEZ23.dwg).

Na Figura 4.2 é apresentada uma imagem de satélite da estrutura e a Figura 4.3 apresenta a seção D-D' de maior altura da barragem.

Tabela 4.2 – Principais características da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B2 – Mina Tico-Tico
Código FEAM	406
Localização	Mina Tico-Tico – Igarapé/MG
Coordenadas geográficas do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'37.550" Longitude: -44°17'12.020"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	574.570m E / 7.776.150m N

DADOS GERAIS	
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	1990
Ano de Início de Operação	1990
Ano de Término de Operação	2007
Ano de Término de Descaracterização	Sem previsão
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (projeto)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total – maciços + reservatório + amortecimento (m³)	1.800.173 (*)
Volume Total de maciços (m³)	442.916 (*)
Capacidade total do reservatório (m³)	1.357.257 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	1.344.347 (*)
Volume de amortecimento (m³)	19.207
Área do reservatório (m²)	18.519
Elevação do coroamento (m)	1.127,0
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	1.016,0
Altura atual da barragem (m);	111,0
Extensão do coroamento (m)	320,0
Largura do coroamento (m)	4,5
Largura das bermas (m)	5,0
Alteamentos realizados e seus métodos empregados	Alteamentos a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6º)
Inclinação talude de montante	1,6(H):1(V) (32º)
Elevação do NA normal do reservatório (m)	1.125,20
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.126,48
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.126,74
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,52
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,26
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	1,44
Descarga do vertedouro (PMP) (m³/s)	3,78
Capacidade de descarga do vertedouro (m³/s)	9,60
Área da bacia de contribuição (km²)	0,129

(*) Volumes obtidos a partir da reinterpretação da topografia primitiva do vale e levantamento topográfico cadastral.

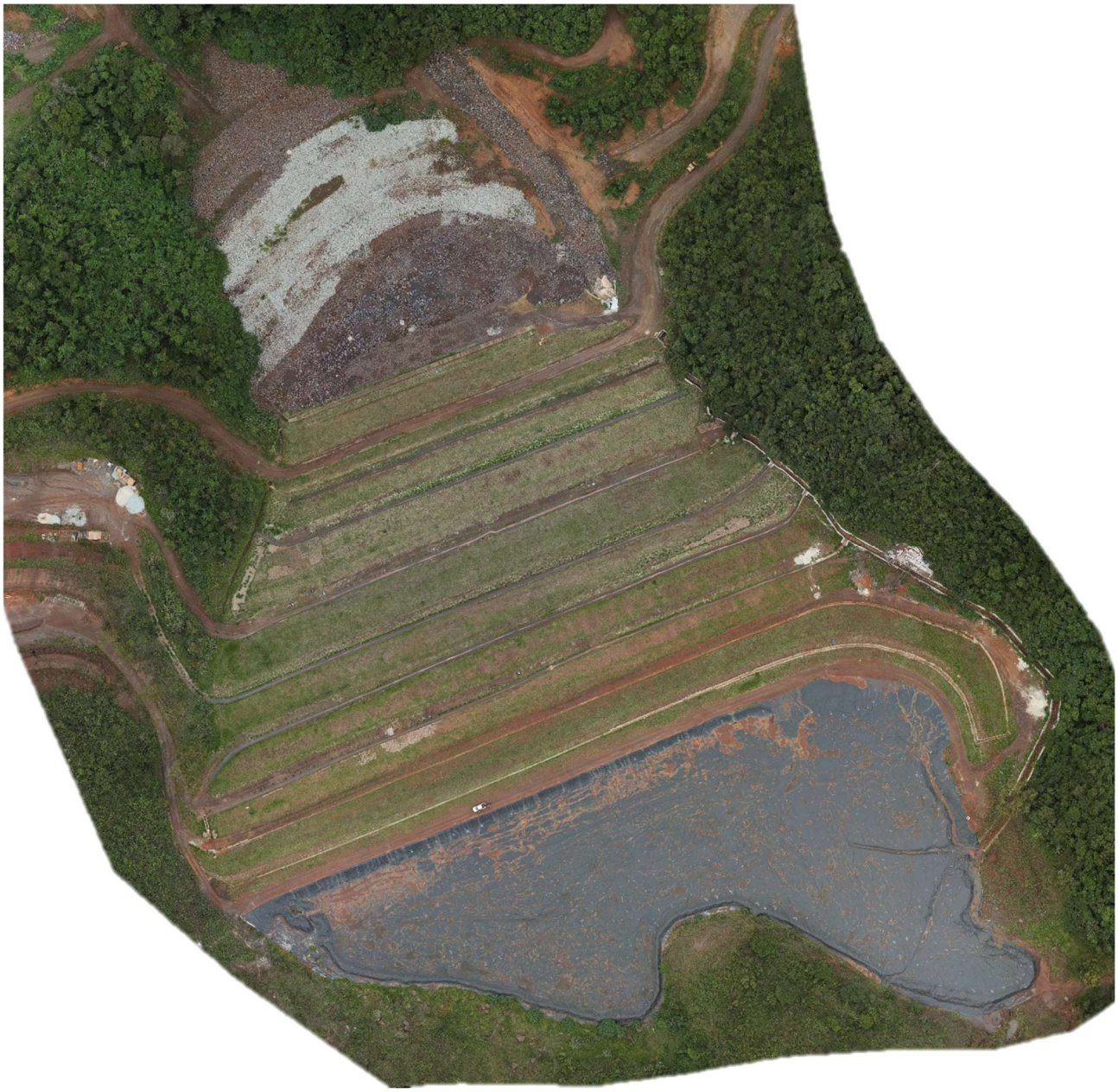


Figura 4.2 – Imagem da Barragem B2 – Mina Tico-Tico. (Fonte: Ortofoto MMI - Janeiro/2024).

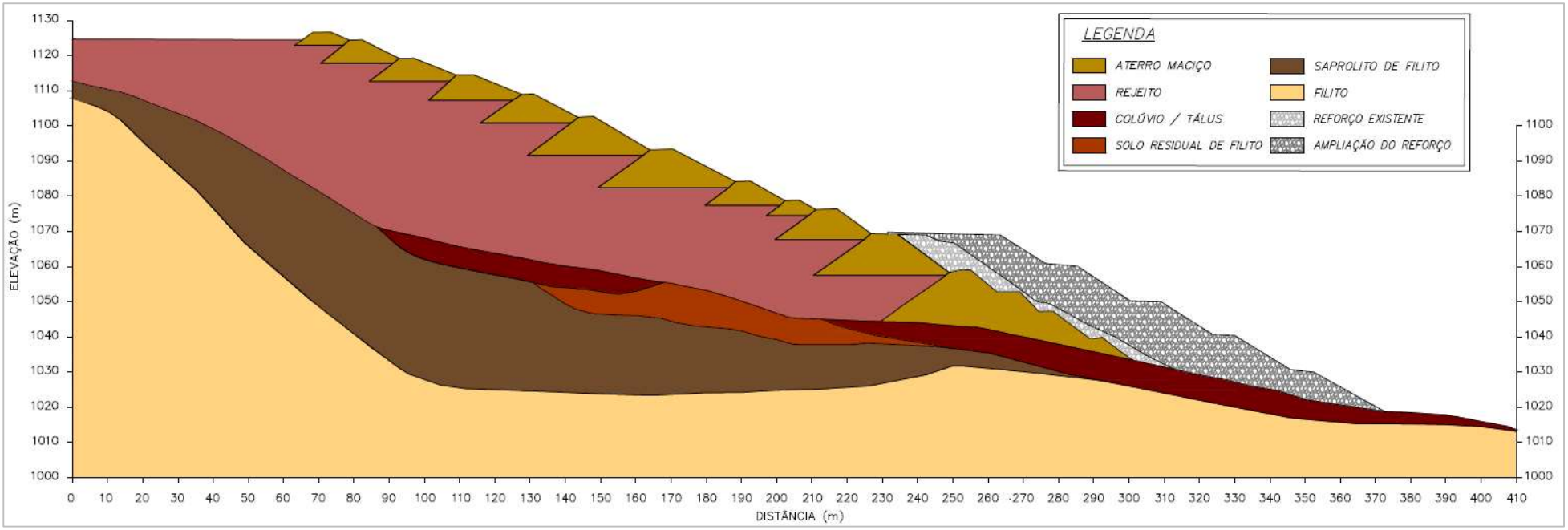


Figura 4.3 – Seção de maior altura (D-D') da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B2 – Mina Tico-Tico** foi classificada, conforme RTESB referente ao 2º semestre/2023 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.715), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.3 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	5
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	3
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**27**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥ 65 ou EC*=10
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.4 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	5
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**23**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.5 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	**Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)**
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 5			

Tabela 4.8 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 3				

Tabela 4.9 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO **(Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
PDA = Σ (a até d) =23			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de remoção parcial dos rejeitos dispostos no reservatório, além dos maciços até o nível do coroamento do 1º alteamento de montante, em torno da elevação 1.069,0 m, nível este correspondente ao topo do aterro de reforço executado com enrocamento;
- O projeto de descaracterização será concebido para ser executado em três etapas macro de remoção (três períodos secos), sendo a primeira com remoção dos rejeitos do reservatório e alteamentos a montante até a elevação 1.109,0 m, a segunda removendo os materiais até a elevação 1.093,3 m e a terceira e última etapa, concluindo a remoção, até o nível do topo da estrutura de reforço na elevação 1.069,0 m;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos, com duração mínima de 6 meses (abril a setembro), podendo se estender em função das condições climáticas desde que haja tempo hábil para atender as premissas de conclusão de etapa e executar os serviços para a passagem do período chuvoso. Mesmo assim, o projeto contempla a escavação de sumps próximo ao emboque do sistema extravasor para contenção de água e sedimentos nos casos de chuvas eventuais;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada em camadas de espessura média de 2,0 m, que poderá ser ajustada em campo, condicionada à capacidade de suporte do material, podendo ser necessária a execução de valas drenantes para deságue do rejeito saturado com o objetivo de garantir condições de segurança e operação para trafegabilidade dos equipamentos durante a atividade de lavra. Nos casos em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro (aterro de conquista) com rejeito seco de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;
- O volume total geométrico de remoção previsto, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.487.709 m³;
- A superfície final do reservatório deverá receber camada impermeabilizante (selo) de solo argiloso, preferencialmente laterítico, compactado em camadas de no máximo 25 cm de material solto até obter espessura final mínima de 50 cm, grau de compactação de 98% do PN e ter declividade de 2% para montante de forma a direcionar os fluxos incidentes nesta superfície para o canal de contorno;
- Deverá ser realizada a recomposição vegetal da área do terreno natural exposta pelas

escavações após remoção dos rejeitos e maciços, com utilização de materiais apropriados. Conforme item 3.6 da TR de Descaracterização da FEAM, a técnica será determinada com embasamento no diagnóstico da área pós-descaracterização à medida que avançam as obras e se tenha as reais condições da superfície exposta com objetivo final de reintrodução da área ao contexto da paisagem local.

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B2 – Mina tico-Tico é composto por 03 (três) etapas macro, conforme descrito no relatório do projeto (IPE.OP.RL.8000.GT.20.676): a Etapa 1 contempla as escavações dos rejeitos dispostos no reservatório até a elevação 1.104,0 m e o rebaixamento dos maciços dos alteamentos até a elevação 1.109,0 m; já a Etapa 2, abrange a remoção dos rejeitos até a elevação 1089,0 m e rebaixamento dos maciços até a elevação 1093,3 m; e, finalizando com a remoção dos rejeitos até a elevação 1068,0 e rebaixamento dos maciços até a elevação 1069,5 m.

Em termos gerais, a remoção prevista no projeto será realizada em três etapas macro compreendendo:

- **Etapa 1** - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) a partir do 11º alteamento até o 8º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.109,0 m, correspondendo a um rebaixamento de aproximadamente 17,6 m;
    - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 463.643.m^3;
    - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 103.200.m^3.
    - Volume total de remoção da etapa: 566.843 m³
- **Etapa 2** - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 7º alteamento e do 6º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.093,3 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 15,7 m; e,
    - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 368.276.m^3;
    - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 82.498.m^3.
    - Volume total de remoção da etapa: 450.774 m³
- **Etapa 3** – Última etapa prevista, remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 5º alteamento ao 2º alteamento por

montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.069,5 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 23,8 m.

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 386.202.m^3;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 83.889.m^3.
- Volume total de remoção da etapa: 470.091 m³

Com base na taxa de escavação média entre 2.800 e 3.100 m³ por dia, fornecida pela MMI, cada etapa está prevista para ser executada em um período seco (ciclo de 6 meses, de abril a setembro), podendo ser estendido ou antecipado em função do regime de chuvas.

Os taludes de escavação terão inclinação de 3H:1V, quando for executado em rejeito disposto no reservatório, e 2H:1V, quando resultantes das escavações em rejeito dos maciços compactados. A Figura 5.1 e a Figura 5.2 apresentam o resumo da sequência construtiva de remoção do rejeito em camadas.

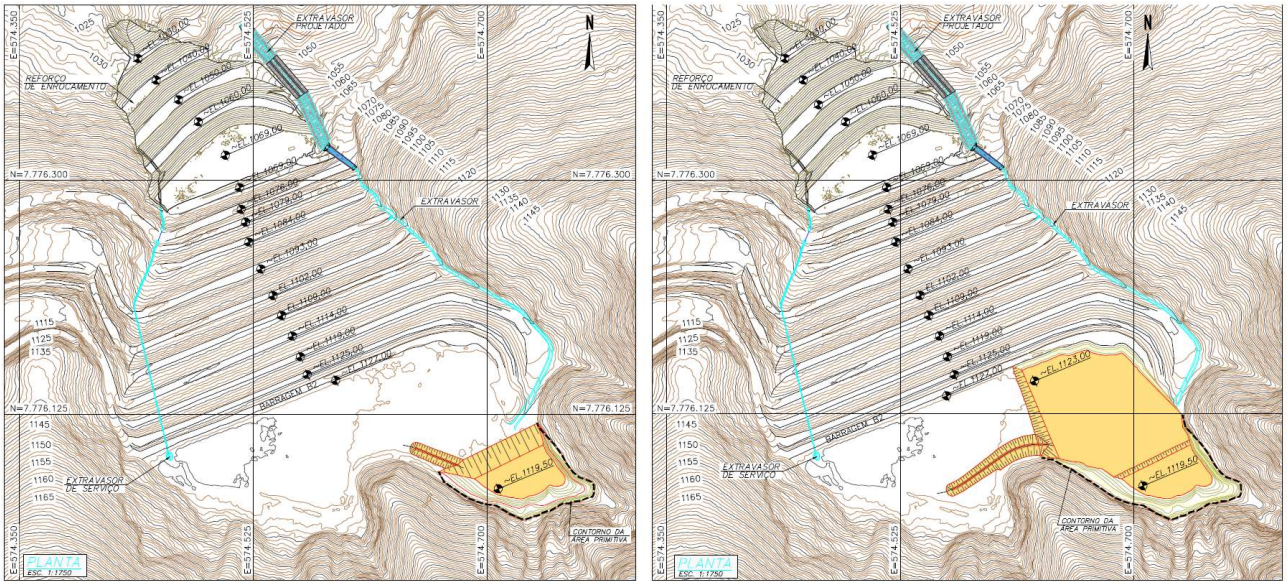


Figura 5.1 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente à primeira fase.

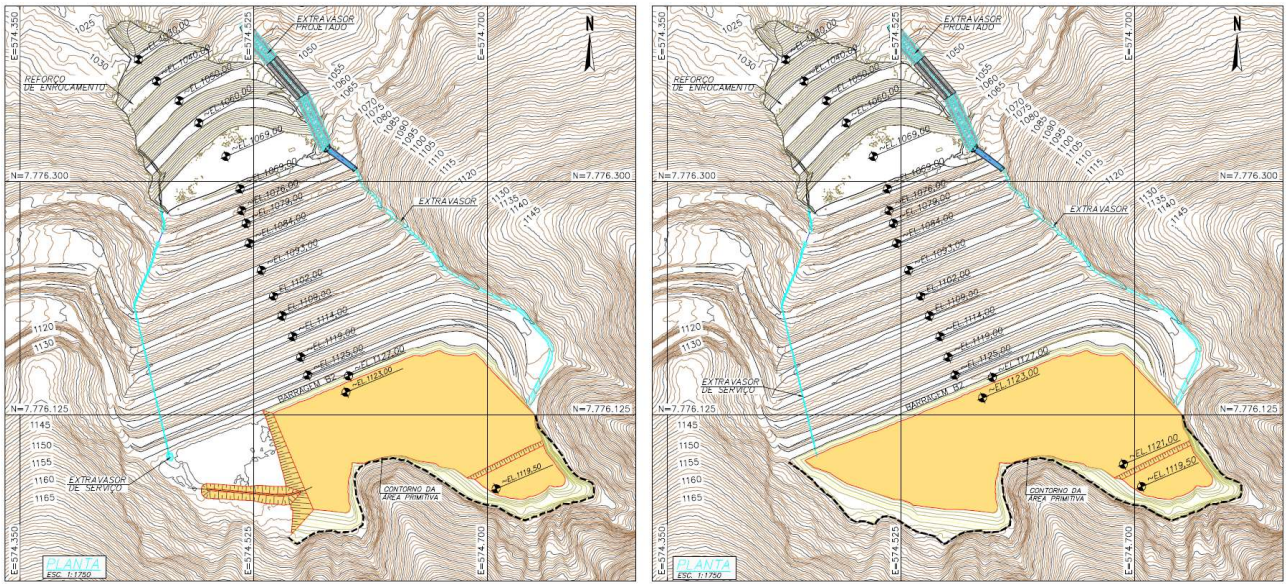


Figura 5.2 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente à primeira fase.

Ao término das obras, com a remoção dos rejeitos e maciços de alteamentos até a elevação final de projeto, será realizada a regularização da superfície do reservatório escavada com declividade de 2% para montante. Após essa regularização, será implantada camada de impermeabilização da superfície do reservatório com solo argiloso compactado. Com a conclusão da regularização e impermeabilização do reservatório remanescente, será executado canal de contorno com revestimento em enrocamento, em que toda a base do canal deverá receber camada de geomembrana, de forma a reduzir a percolação, além de proteção com geotêxtil antes de receber os blocos.

Também faz parte das obras a adequação do emboque do sistema extravasor de emergência, em todas as fases de remoção intermediária da barragem.

A execução das obras deverá cumprir com as diretrizes apresentadas nesta especificação técnica, nos desenhos de projeto e no relatório técnico do projeto executivo. Ressalta-se que as especificações detalhadas neste documento poderão ser ajustadas conforme experiência adquirida em campo durante a execução das obras, desde que aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

Durante a execução de todas as fases deverá ser realizada a remoção e limpeza dos rejeitos do reservatório e alteamentos / maciços até o terreno natural nos encontros com as ombreiras e encosta natural a montante.

As áreas expostas do terreno natural deverão receber recomposição vegetal como forma de proteção contra erosões/ravinamento, sendo que os talvegues remanescentes da limpeza no meio do vale deverão receber proteção com enrocamentos.

O volume a ser escavado de rejeitos no reservatório será de aproximadamente 1.218.122 m³. O volume a ser escavado de aterros compactados dos alteamentos da barragem, também executados com rejeitos, será de aproximadamente 269.587 m³. A soma de todos os materiais a serem removidos durante as obras de descaracterização totalizam aproximadamente 1.487.708 m³.

A seguir são apresentadas figuras representativas das etapas macro de execução do projeto de descaracterização.

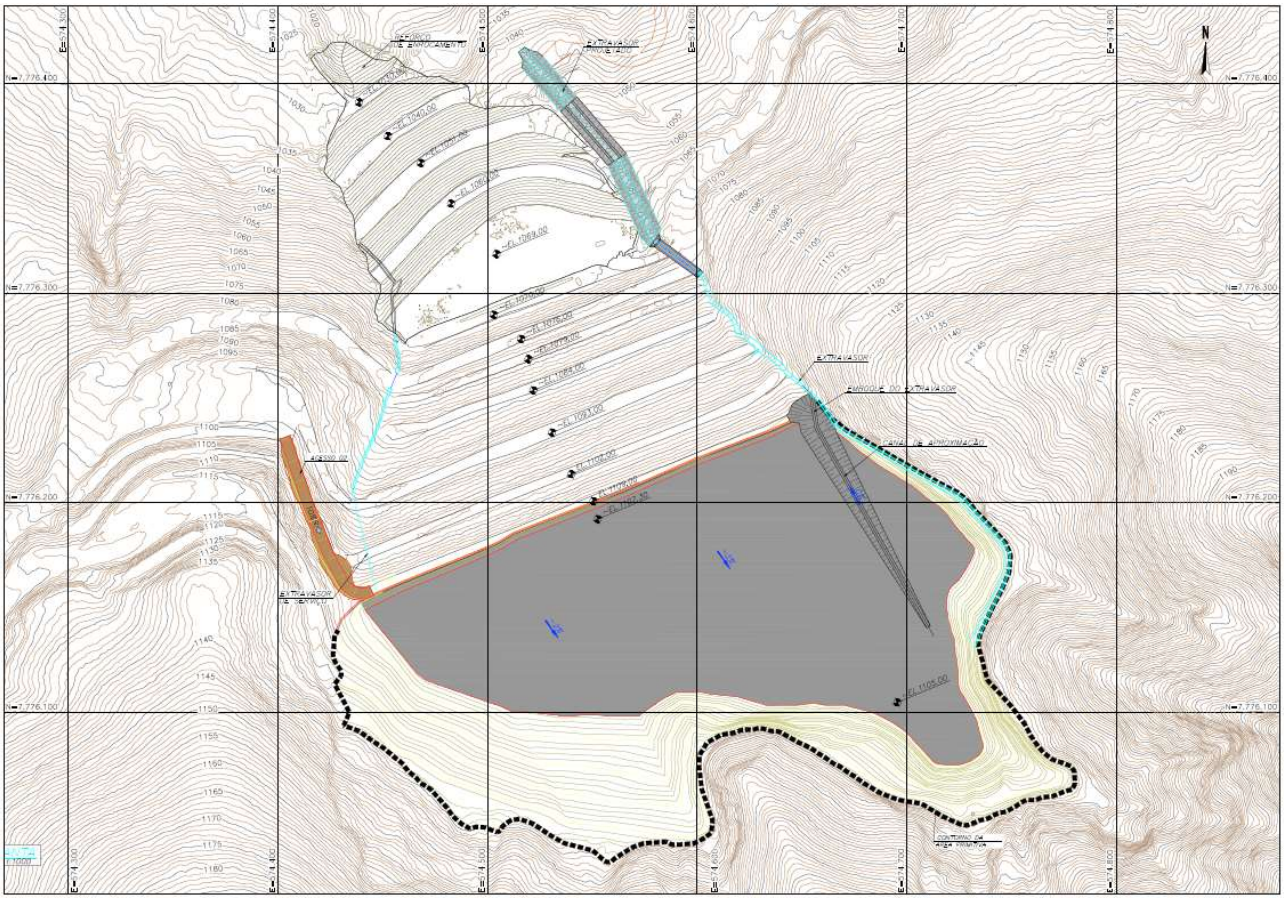


Figura 5.3 – Etapa 1 – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços entre o 11º e 8º alteamentos por montante.

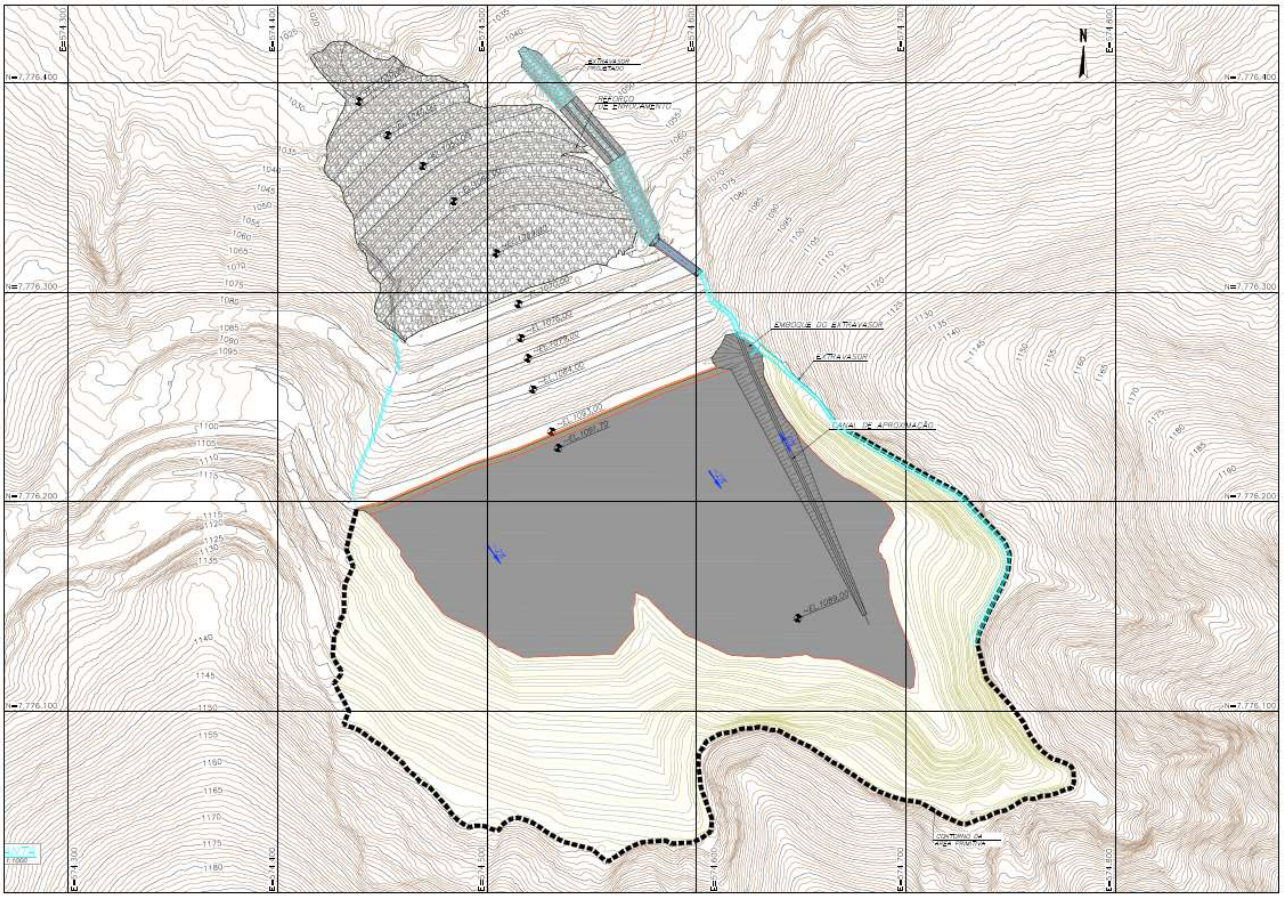


Figura 5.4 – Etapa 2 – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços do 7º e 6º alteamentos por montante.

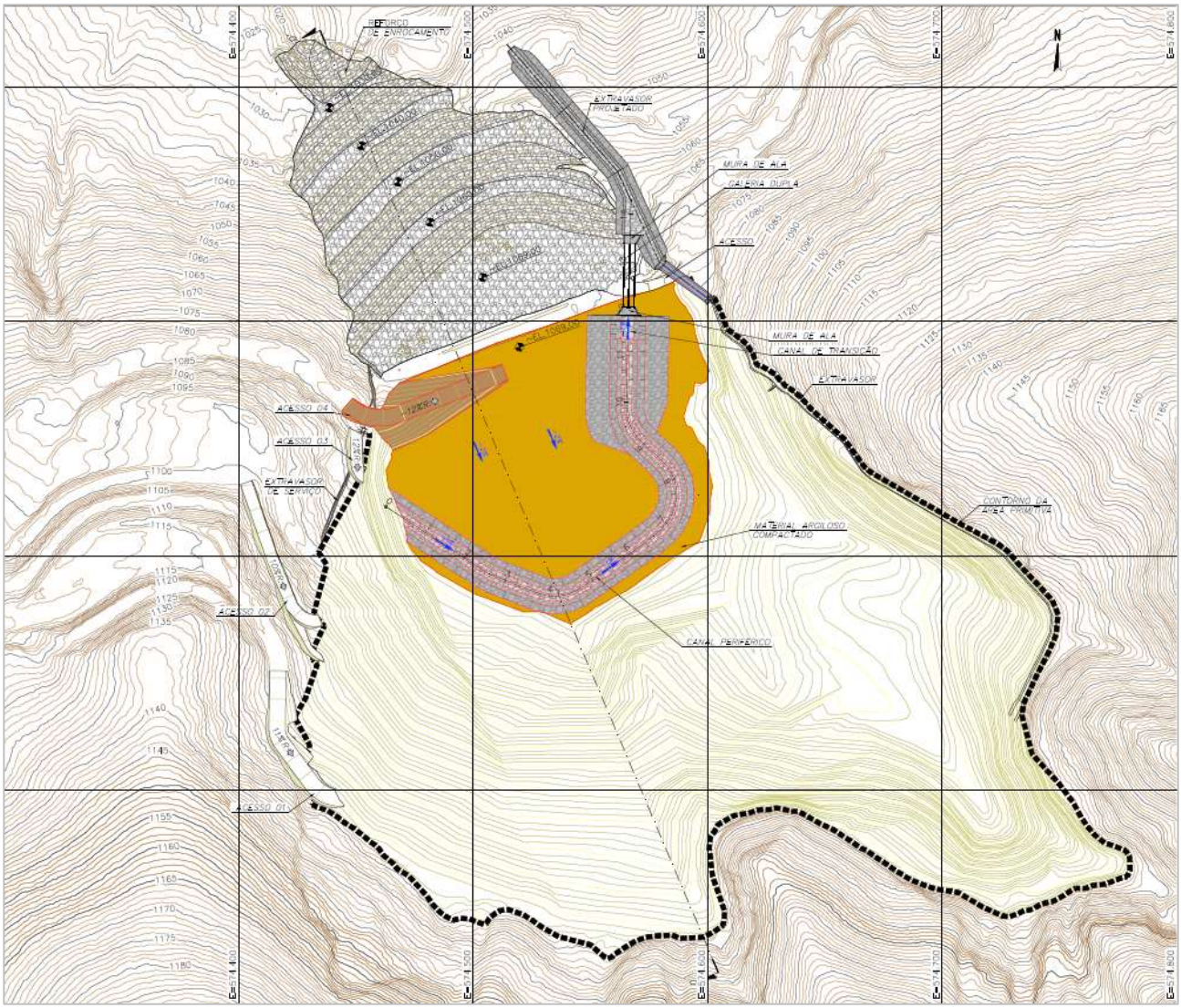


Figura 5.5 – Etapa 3 (Condição Final) – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços entre o 5º e o 2º alteamentos por montante.

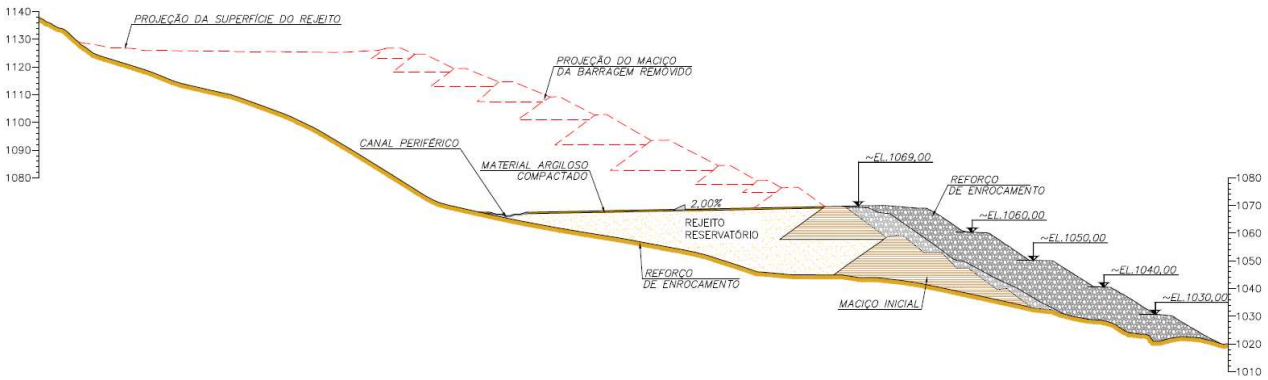


Figura 5.6 – Seção transversal D-D’ passando pelo vale após a conclusão da Etapa 3.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização, porém os documentos se encontram em processo de revisão.

5.3 Atividades Preparatórias

A seguir são apresentadas as atividades preparatórias para início da obra de descaracterização executadas durante o período avaliado.

5.3.1 Sistema Extravasor de Emergência (Ombreira Direita)

De acordo com os estudos apresentados no relatório de diagnóstico (IPE.OP.RL.8000.GT.20.675), para atender as determinações do art.24 da Resolução 95/2022 da ANM, o trecho do canal extravasor de emergência construído em pedra argamassada necessitaria receber adequações para ampliar a sua capacidade de escoamento de forma a garantir que os fluxos resultantes das cheias extremas de projeto (PMP) não transbordem a calha e provoquem erosão no maciço da barragem ou no terreno natural.

Tratando-se de condição temporária a ser atendida durante o período de obras, o projeto propunha o uso de sacaria revestida com manta de geocomposto cimentício ao longo do canal entre as estacas 2+5 e 10+15 e entre as estacas 12+05 e 12+15, com altura de 50 cm em ambas as laterais, conforme ilustrado na Figura 5.7.

Considerando a facilidade executiva, a MMI optou por realizar a adequação do canal utilizando pedra argamassada em todo o canal do sistema extravasor, não se atendo apenas aos trechos indicados no estudo. Imagens de segmentos da obra concluída pode ser verificada na Foto 5.1 e Foto 5.2.



Foto 5.1 – Detalhe do alteamento das paredes do canal extravasor de emergência.



Foto 5.2 – Detalhe do alteamento das paredes do canal extravasor de emergência.

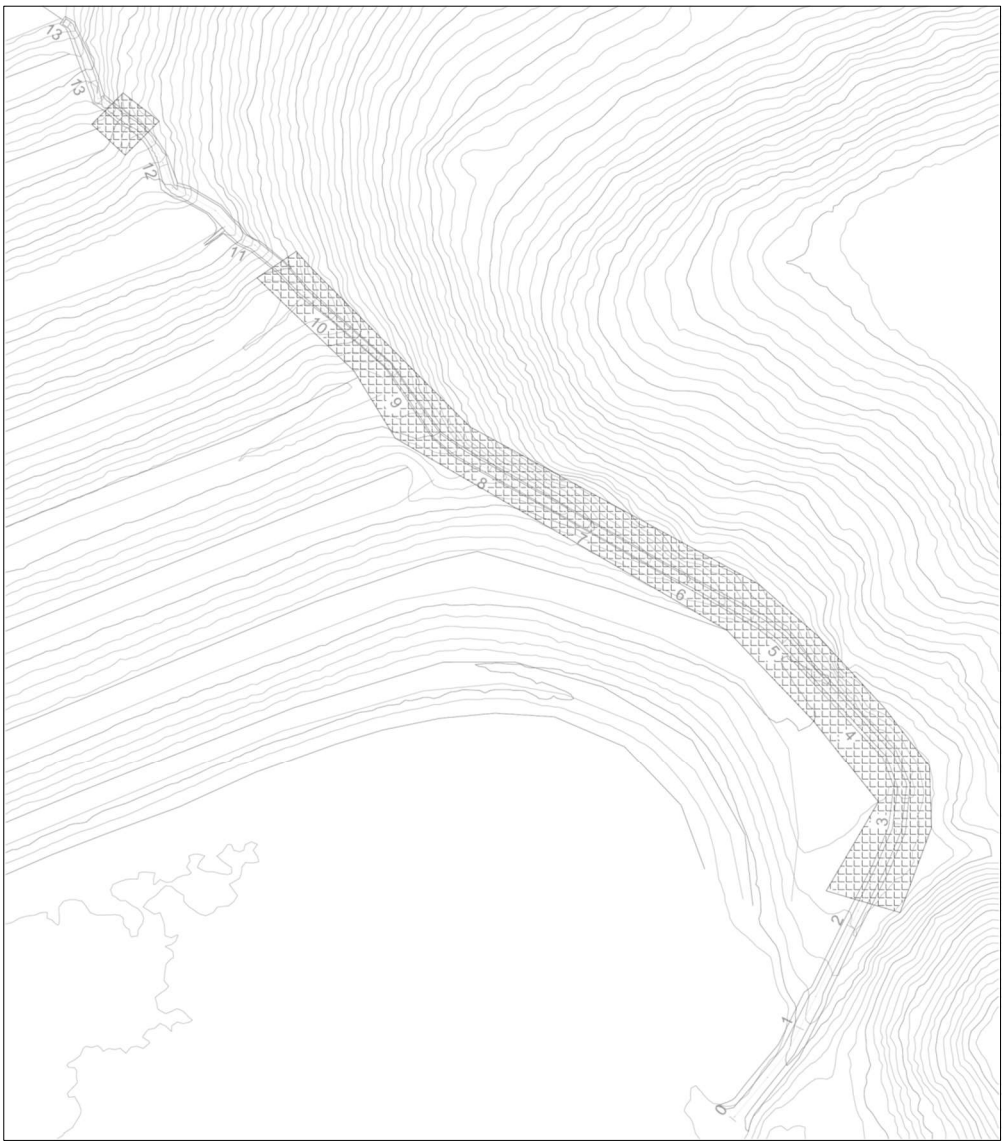


Figura 5.7 - Locais de extravasamento da seção transversal – PMP.
Estacas 2+5,00 a 10+15,00 m e 12+05,00 m a 12+15,00 m.

5.3.2 Contenção (proteção) em sacaria na ombreira direita

Devido às intensas chuvas de janeiro/2022, ocorreu a obstrução de trecho intermediário do canal extravasor devido ao deslocamento de material proveniente da ombreira direita. O extravasor foi desobstruído e a MMI decidiu por executar uma contenção (proteção superficial) em sacaria de solo-cimento no trecho do talude instável, junto ao canal extravasor na ombreira direita, de modo a prevenir contra novos possíveis deslizamentos.

Devido às condições locais que dificultavam o acesso de equipamentos, os trabalhos foram executados manualmente no período entre maio/2022 e dezembro/2023. Para tanto, para conclusão dos serviços, foi montado um andaime para permitir o acesso dos trabalhadores à parte mais alta da encosta.



Foto 5.3 – Execução de estrutura de contenção no talude instável na ombreira direita.



Foto 5.4 – Conclusão da contenção em sacaria de solo-cimento.

No início de janeiro/2024, após chuvas intensas, houve o desabamento de parte da estrutura de proteção em sacaria. Acredita-se que em função da declividade do terreno e a sacaria com material ainda fofo (não consolidado), ficou pouco apoiada, o que conduziu ao colapso do material.

O material rolado foi imediatamente removido de dentro do canal extravasor pela equipe da MMI, como pode ser vista Foto 5.7 e Foto 5.8.



Foto 5.5 – Estrutura de contenção colapsada.



Foto 5.6 – Estrutura de contenção colapsada.



Foto 5.7 – Canal extravasor desobstruído na região da estrutura de contenção.



Foto 5.8 – Canal extravasor desobstruído na região da estrutura de contenção.

5.4 Cronograma

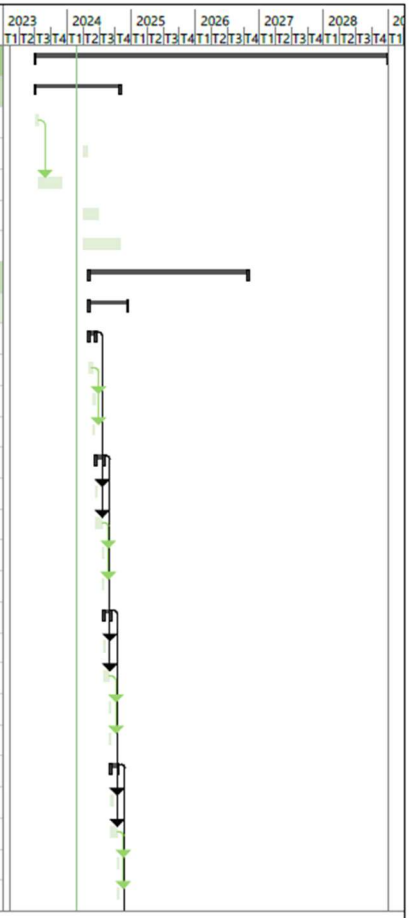
Na Figura 5.8 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico considerando desde os serviços preliminares e as obras de descaracterização propriamente dito.

Ressalta-se que foi considerado a operação do poço de rebaixamento no intervalo entre o início do período chuvoso 2023/2024 e a finalização da Etapa 1 quando se espera que o fator de segurança para o carregamento não drenado liquefeito já tenha atingido o valor de 1,1 exigido pela TR FEAM mesmo sem a operação desse poço. Destaca-se que atualmente os fatores de segurança obtidos nas análises com carregamento não-drenado liquefeito atingem valores superiores aos exigidos, conforme exposto no item 0.

Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.

Figura 5.8 – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.

Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1		1	DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO	1435 dias	Seg 03/07/23	Sex 29/12/28
2		1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	347 dias	Seg 03/07/23	Ter 29/10/24
3		1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 03/07/23	Sex 21/07/23
4		1.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Seg 01/04/24	Sex 19/04/24
5		1.1.3	ADEQUAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR	90 dias	Seg 24/07/23	Sex 24/11/23
6		1.1.4	ESTABILIZAÇÃO DA ENCOSTA NATURAL	60 dias	Seg 01/04/24	Sex 21/06/24
7		1.1.5	OPERAÇÃO DO POÇO DE REBAIXAMENTO	152 dias	Seg 01/04/24	Ter 29/10/24
8		1.2	DESCARACTERIZAÇÃO	652 dias	Qua 01/05/24	Qui 29/10/26
9		1.2.1	ETAPA 1	161 dias	Qua 01/05/24	Qua 11/12/24
10		1.2.1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	30 dias	Qua 01/05/24	Ter 11/06/24
11		1.2.1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Qua 01/05/24	Ter 21/05/24
12		1.2.1.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Qua 22/05/24	Ter 11/06/24
13		1.2.1.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓR	6 dias	Qua 22/05/24	Qua 29/05/24
14		1.2.1.2	FASE 1 - REMOÇÃO 11° ALTEAMENTO	31 dias	Qua 12/06/24	Qua 24/07/24
15		1.2.1.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	7 dias	Qua 12/06/24	Qui 20/06/24
16		1.2.1.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 12/06/24	Seg 15/07/24
17		1.2.1.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 16/07/24	Qua 24/07/24
18		1.2.1.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 11° ALTEAMENTO	7 dias	Ter 16/07/24	Qua 24/07/24
19		1.2.1.3	FASE 2 - REMOÇÃO 10° ALTEAMENTO	31 dias	Qui 25/07/24	Qui 05/09/24
20		1.2.1.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qui 25/07/24	Sex 02/08/24
21		1.2.1.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qui 25/07/24	Ter 27/08/24
22		1.2.1.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qua 28/08/24	Qui 05/09/24
23		1.2.1.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 10° ALTEAMENTO	7 dias	Qua 28/08/24	Qui 05/09/24
24		1.2.1.4	FASE 3 - REMOÇÃO 9° ALTEAMENTO	31 dias	Sex 06/09/24	Sex 18/10/24
25		1.2.1.4.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Sex 06/09/24	Seg 16/09/24
26		1.2.1.4.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Sex 06/09/24	Qua 09/10/24
27		1.2.1.4.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qui 10/10/24	Sex 18/10/24
28		1.2.1.4.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 9° ALTEAMENTO	7 dias	Qui 10/10/24	Sex 18/10/24

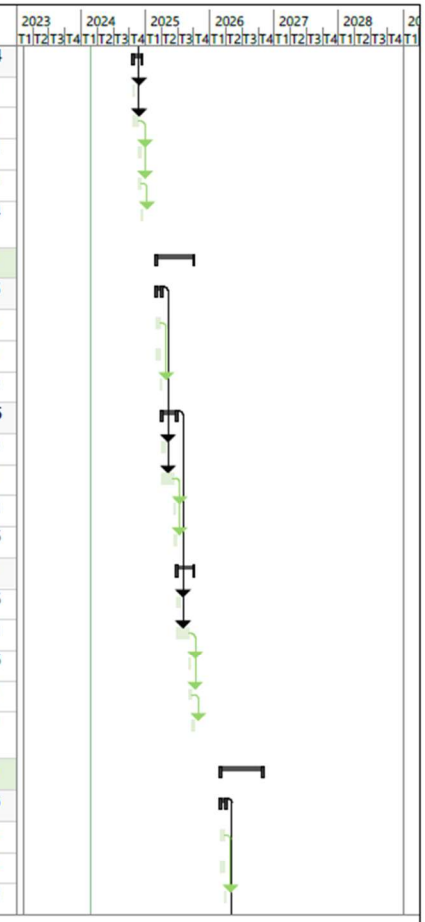


Projeto: Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico

TERRACOTA GEOTECNIA

Tarefa	Tarefa Inativa	Acúmulo de Resumo Manual	Marco externo
Divisão	Marco Inativo	Resumo Manual	Data limite
Marco	Resumo Inativo	Somente início	Andamento
Resumo	Tarefa Manual	Somente término	Progresso manual
Resumo do projeto	Somente duração	Tarefas externas	

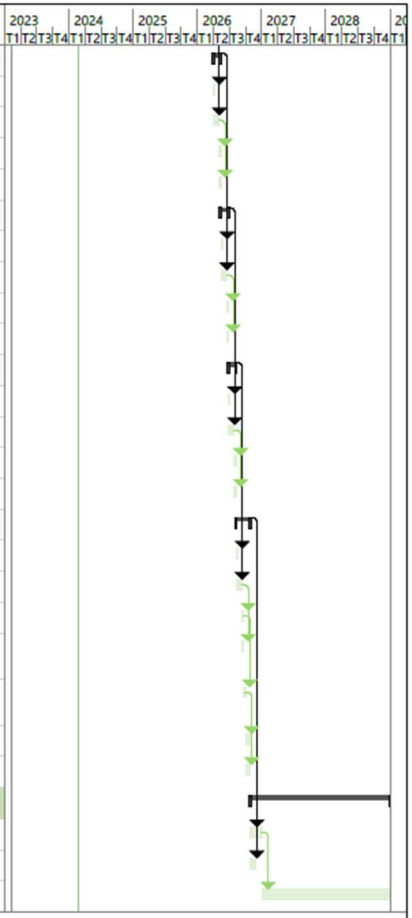
Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
29		**1.2.1.5**	**FASE 4 - REMOÇÃO 8° ALTEAMENTO**	**38 dias**	**Seg 21/10/24**	**Qua 11/12/24**
30		1.2.1.5.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Seg 21/10/24	Ter 29/10/24
31		1.2.1.5.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Seg 21/10/24	Qui 21/11/24
32		1.2.1.5.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Sex 22/11/24	Seg 02/12/24
33		1.2.1.5.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 8° ALTEAMENTO	7 dias	Sex 22/11/24	Seg 02/12/24
34		1.2.1.5.5	IMPLANTAÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM GEOMEMBRANA	7 dias	Ter 03/12/24	Qua 11/12/24
35		**1.2.2**	**ETAPA 2**	**152 dias**	**Seg 03/03/25**	**Ter 30/09/25**
36		**1.2.2.1**	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**21 dias**	**Seg 03/03/25**	**Seg 31/03/25**
37		1.2.2.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 03/03/25	Sex 21/03/25
38		1.2.2.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Seg 03/03/25	Sex 21/03/25
39		1.2.2.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓR	6 dias	Seg 24/03/25	Seg 31/03/25
40		**1.2.2.2**	**FASE 5 - REMOÇÃO 7° ALTEAMENTO**	**62 dias**	**Ter 01/04/25**	**Qua 25/06/25**
41		1.2.2.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	15 dias	Ter 01/04/25	Seg 21/04/25
42		1.2.2.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	48 dias	Ter 01/04/25	Qui 05/06/25
43		1.2.2.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Sex 06/06/25	Seg 16/06/25
44		1.2.2.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 7° ALTEAMENTO	14 dias	Sex 06/06/25	Qua 25/06/25
45		**1.2.2.3**	**FASE 6 - REMOÇÃO 6° ALTEAMENTO**	**69 dias**	**Qui 26/06/25**	**Ter 30/09/25**
46		1.2.2.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	15 dias	Qui 26/06/25	Qua 16/07/25
47		1.2.2.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	48 dias	Qui 26/06/25	Seg 01/09/25
48		1.2.2.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 02/09/25	Qua 10/09/25
49		1.2.2.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 6° ALTEAMENTO	14 dias	Ter 02/09/25	Sex 19/09/25
50		1.2.2.3.5	IMPLANTAÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM GEOMEMBRANA	7 dias	Seg 22/09/25	Ter 30/09/25
51		**1.2.3**	**ETAPA 3**	**174 dias**	**Seg 02/03/26**	**Qui 29/10/26**
52		**1.2.3.1**	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**21 dias**	**Seg 02/03/26**	**Seg 30/03/26**
53		1.2.3.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 02/03/26	Sex 20/03/26
54		1.2.3.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Seg 02/03/26	Sex 20/03/26
55		1.2.3.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓR	6 dias	Seg 23/03/26	Seg 30/03/26



Projeto: Descaracterização
Barragem B2 - Mina Tico-Tico

Tarefa	Tarefa Inativa	Acúmulo de Resumo Manual	Marco externo
Divisão	Marco Inativo	Resumo Manual	Data limite
Marco	Resumo Inativo	Somente início	Andamento
Resumo	Tarefa Manual	Somente término	Progresso manual
Resumo do projeto	Somente duração	Tarefas externas	

Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
56		**1.2.3.2**	**FASE 7 - REMOÇÃO 5° ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Ter 31/03/26**	**Ter 12/05/26**
57		1.2.3.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	7 dias	Ter 31/03/26	Qua 08/04/26
58		1.2.3.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Ter 31/03/26	Sex 01/05/26
59		1.2.3.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Seg 04/05/26	Ter 12/05/26
60		1.2.3.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 5° ALTEAMENTO	7 dias	Seg 04/05/26	Ter 12/05/26
61		**1.2.3.3**	**FASE 8 - REMOÇÃO 4° ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Qua 13/05/26**	**Qua 24/06/26**
62		1.2.3.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qua 13/05/26	Qui 21/05/26
63		1.2.3.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 13/05/26	Seg 15/06/26
64		1.2.3.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 16/06/26	Qua 24/06/26
65		1.2.3.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 4° ALTEAMENTO	7 dias	Ter 16/06/26	Qua 24/06/26
66		**1.2.3.4**	**FASE 9 - REMOÇÃO 3° ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Qui 25/06/26**	**Qui 06/08/26**
67		1.2.3.4.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qui 25/06/26	Sex 03/07/26
68		1.2.3.4.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qui 25/06/26	Ter 28/07/26
69		1.2.3.4.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qua 29/07/26	Qui 06/08/26
70		1.2.3.4.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 3° ALTEAMENTO	7 dias	Qua 29/07/26	Qui 06/08/26
71		**1.2.3.5**	**FASE 10 (FINAL) - REMOÇÃO 2° ALTEAMENTO**	**60 dias**	**Sex 07/08/26**	**Qui 29/10/26**
72		1.2.3.5.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Sex 07/08/26	Seg 17/08/26
73		1.2.3.5.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Sex 07/08/26	Qua 09/09/26
74		1.2.3.5.3	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 2° ALTEAMENTO	7 dias	Qui 10/09/26	Sex 18/09/26
75		1.2.3.5.4	REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE ESCAVADA COM DECLIVIDADE DE 2% NA DIREÇÃO DO MACIÇO PARA MONTANTE	7 dias	Qui 10/09/26	Sex 18/09/26
76		1.2.3.5.5	IMPLANTAÇÃO DE CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓRIO COM SOLO ARGILOSO COMPACTADO	7 dias	Seg 21/09/26	Ter 29/09/26
77		1.2.3.5.6	IMPLANTAÇÃO DE CANAL DE CONTORNO	22 dias	Qua 30/09/26	Qui 29/10/26
78		1.2.3.5.7	INSTALAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE	22 dias	Qua 30/09/26	Qui 29/10/26
79		**1.3**	**PÓS-OBRA**	**566 dias**	**Sex 30/10/26**	**Sex 29/12/28**
80		1.3.1	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	45 dias	Sex 30/10/26	Qui 31/12/26
81		1.3.2	DESMOBILIZAÇÃO	22 dias	Sex 30/10/26	Seg 30/11/26
82		1.3.3	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	521 dias	Sex 01/01/27	Sex 29/12/28



Projeto: Descaracterização
Barragem B2 - Mina Tico-Tico

TERRACOTA GEOTECNIA

Tarefa	Tarefa Inativa	Acúmulo de Resumo Manual	Marco externo
Divisão	Marco Inativo	Resumo Manual	Data limite
Marco	Resumo Inativo	Somente início	Andamento
Resumo	Tarefa Manual	Somente término	Progresso manual
Resumo do projeto	Somente duração	Tarefas externas	

5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Em função do desconhecimento do "as built" das diversas etapas construtivas dos alteamentos da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, não se pode garantir que a topografia primitiva reconstituída, apresentada no desenho IPE.OP.DE.8000.GT.20.709, inferida a partir de furos de sondagem, representa fidedignamente a morfologia da encosta natural final após as intervenções para a remoção dos rejeitos dispostos e dos maciços dos alteamentos.

Desta forma, os eventuais efeitos do desconfinamento ou até mesmo devido a escavações realizadas na época de construção da barragem para ampliar o reservatório ou como área de empréstimo local poderão exigir projetos específicos e obras complementares de estabilização.

Atualmente, uma porção da encosta na margem esquerda do reservatório da estrutura (Figura 5.9) apresenta cicatriz de movimentação e deve ser estabilizada antes das obras de descaracterização. Uma solução a ser considerada contempla descarregar a cunha de ruptura, executar um paramento de gabiões para contenção e proteger o restante da superfície exposta com aplicação de geomanta MacMat R3 ou similar e hidrossemeadura.



Figura 5.9 – Vista da encosta na margem esquerda do reservatório a ser estabilizada.

Atualmente, a região é monitorada através de marcos de controle, a localização desses marcos pode ser verificada na Figura 5.10 e as coordenadas de instalação na Tabela 5.1.

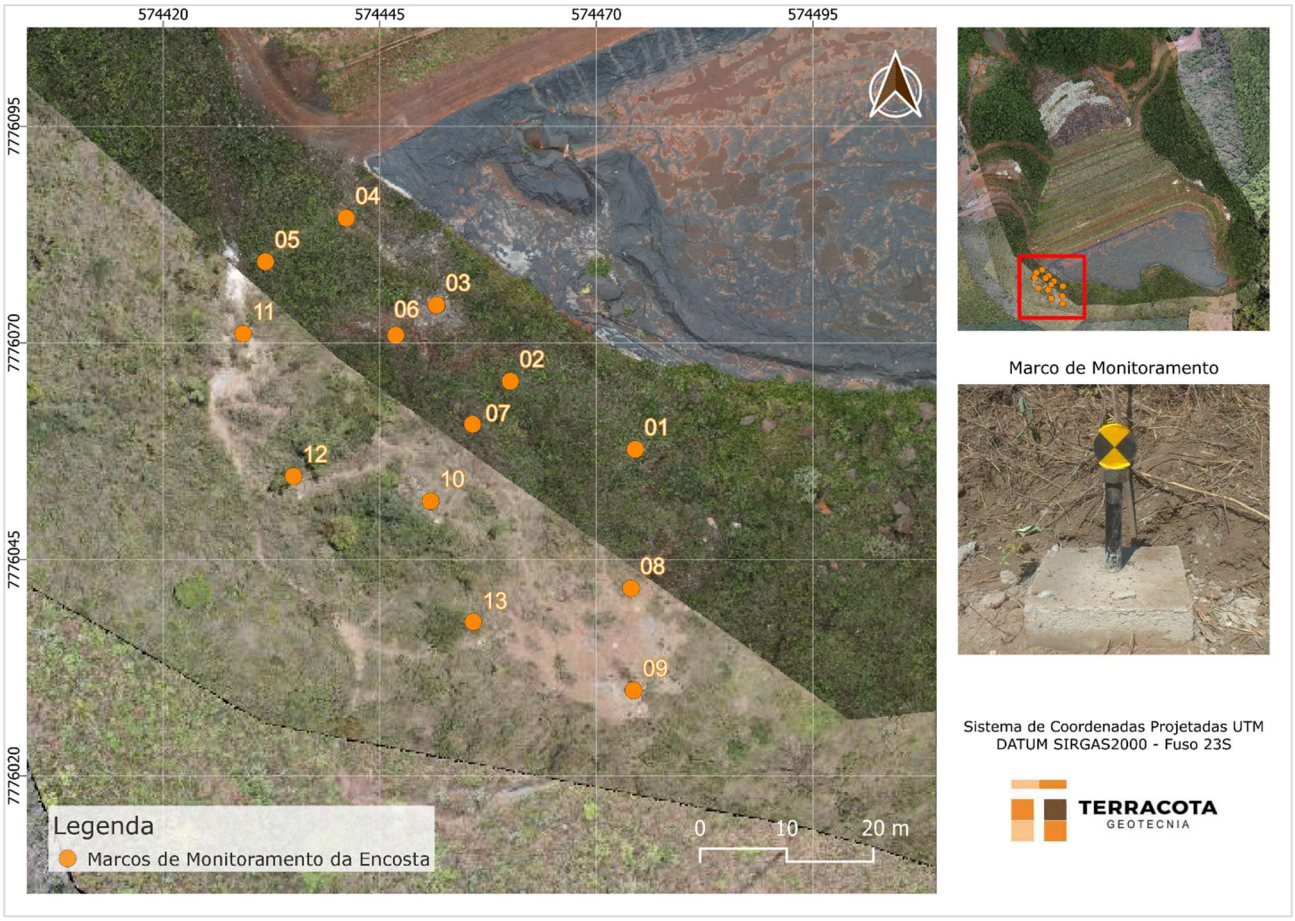


Figura 5.10 – Localização dos Marcos de Monitoramento da Encosta.

Tabela 5.1 – Coordenadas de instalação dos Marcos de Monitoramento da Encosta.

INSTRUMENTO	COORDENADAS DE INSTALAÇÃO (m)		
	E	N	ELEVAÇÃO
MS-01	574.474,498	7.776.057,729	1.130,151
MS-02	574.460,073	7.776.065,584	1.131,997
MS-03	574.451,548	7.776.074,386	1.130,069
MS-04	574.441,136	7.776.084,414	1.130,585
MS-05	574.431,812	7.776.079,372	1.134,258
MS-06	574.446,855	7.776.070,898	1.134,377
MS-07	574.455,717	7.776.060,624	1.136,573
MS-08	574.474,005	7.776.041,703	1.137,554
MS-09	574.474,309	7.776.029,832	1.143,163
MS-10	574.450,865	7.776.051,753	1.141,307
MS-11	574.429,233	7.776.071,074	1.139,692
MS-12	574.435,039	7.776.054,629	1.146,037
MS-13	574.455,801	7.776.037,717	1.147,163

A seguir são apresentados o histórico de deslocamentos dos marcos de monitoramento da encosta.

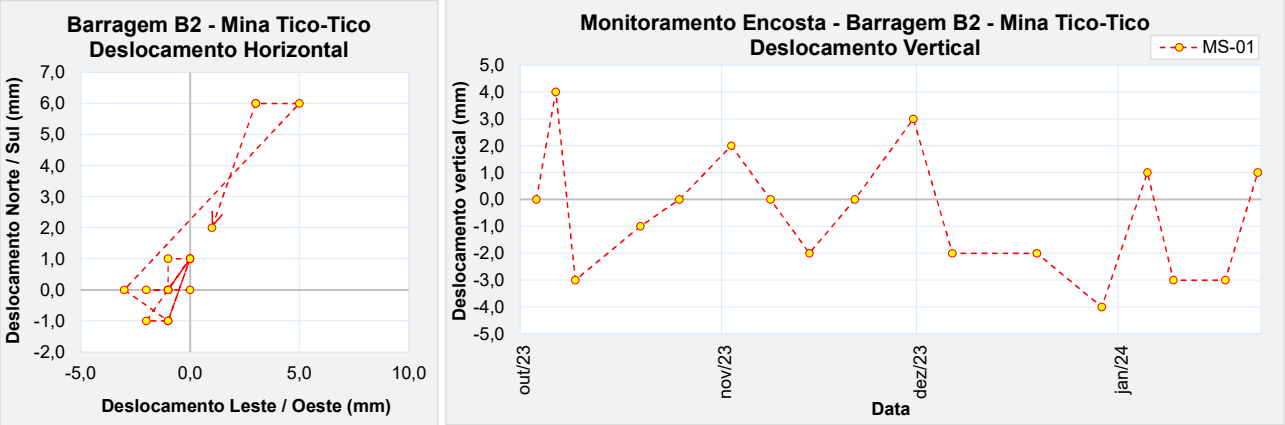


Figura 5.11 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-01.

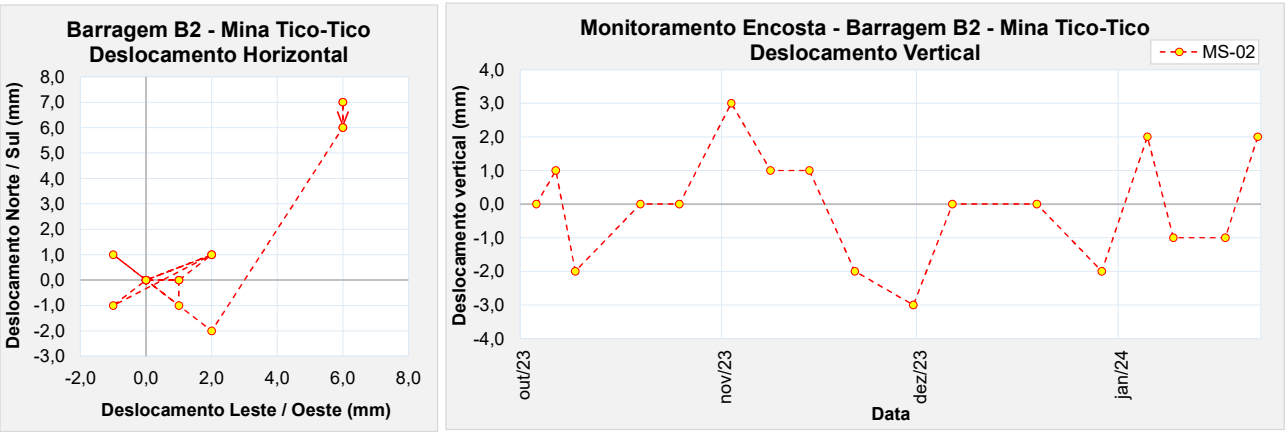


Figura 5.12 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-02.

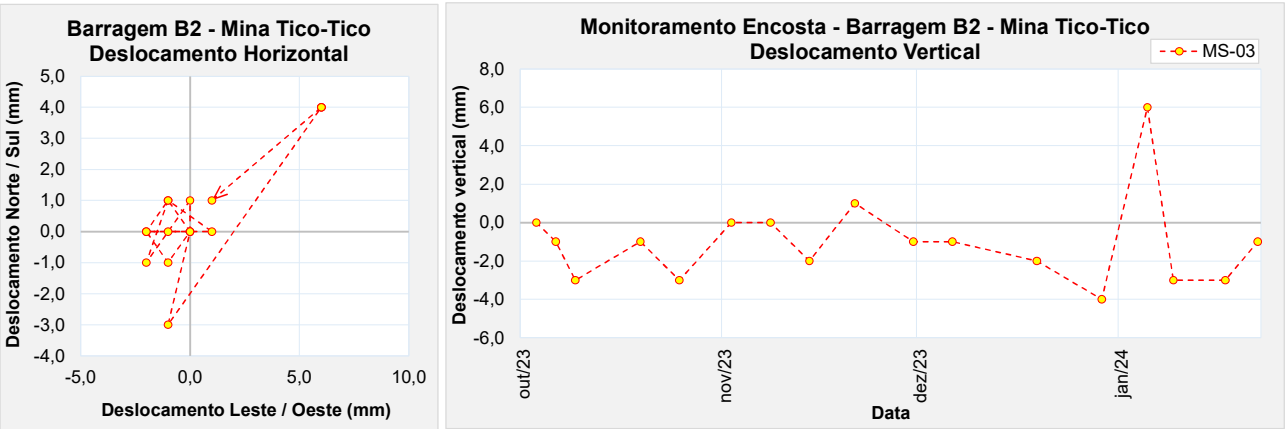
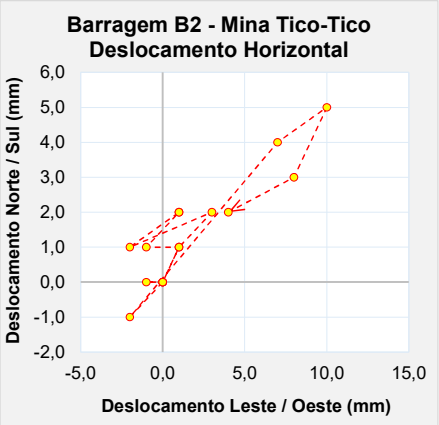


Figura 5.13 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-03.



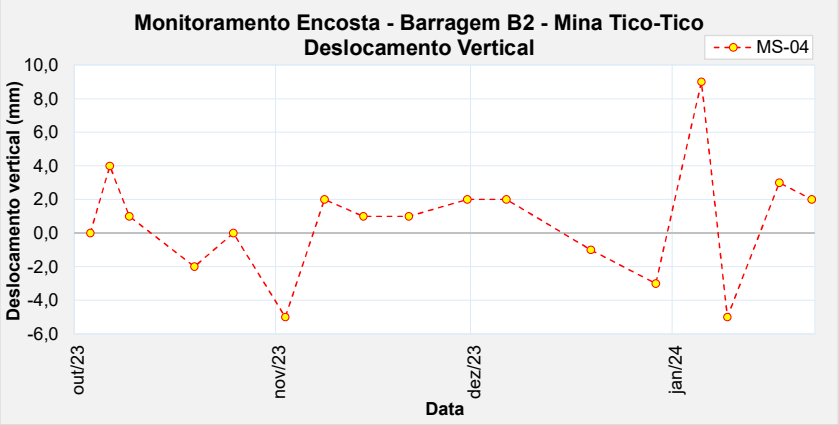
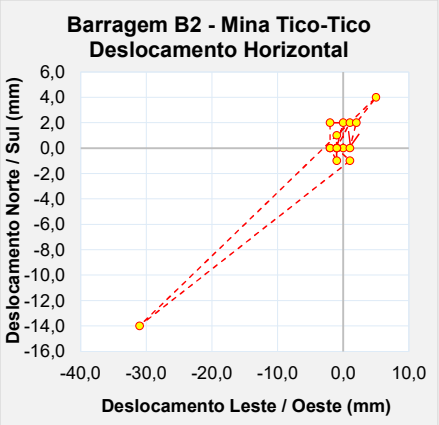


Figura 5.14 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-04.



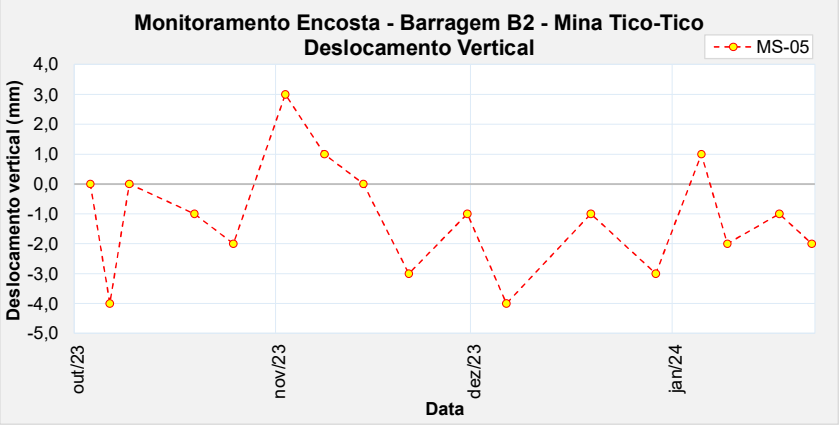
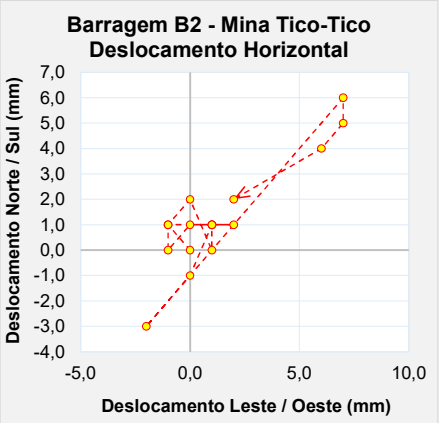


Figura 5.15 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-05.



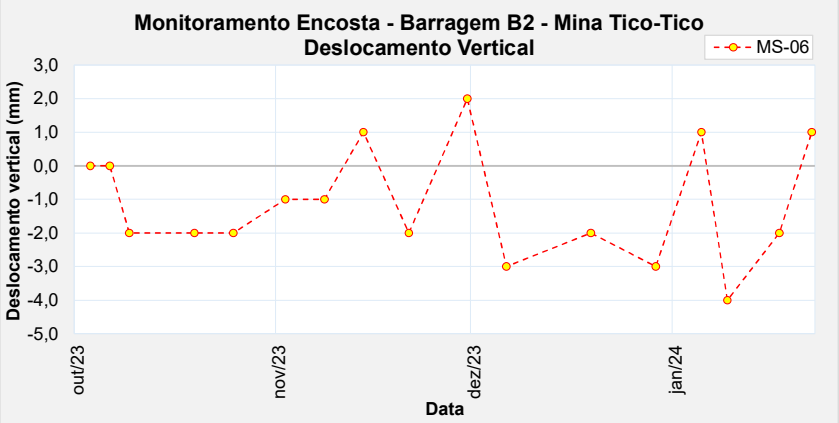
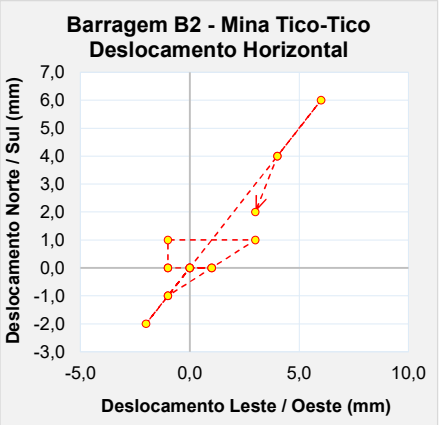


Figura 5.16 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-06.



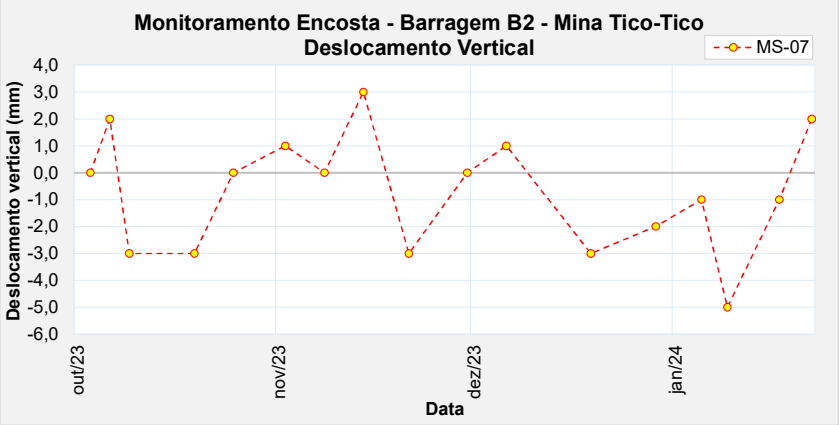
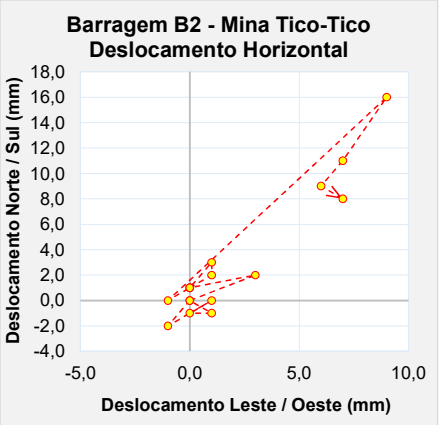


Figura 5.17 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-07.



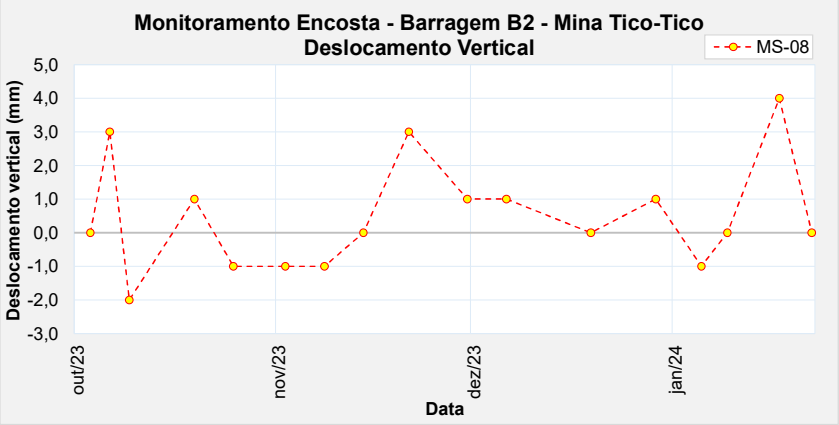
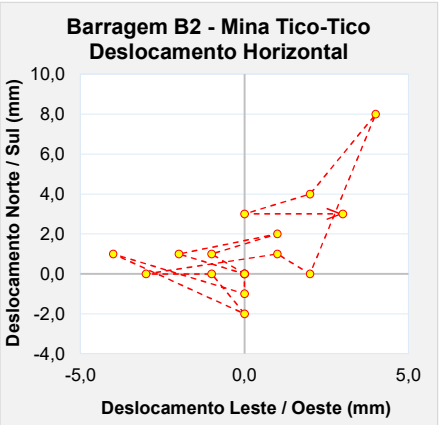


Figura 5.18 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-08.



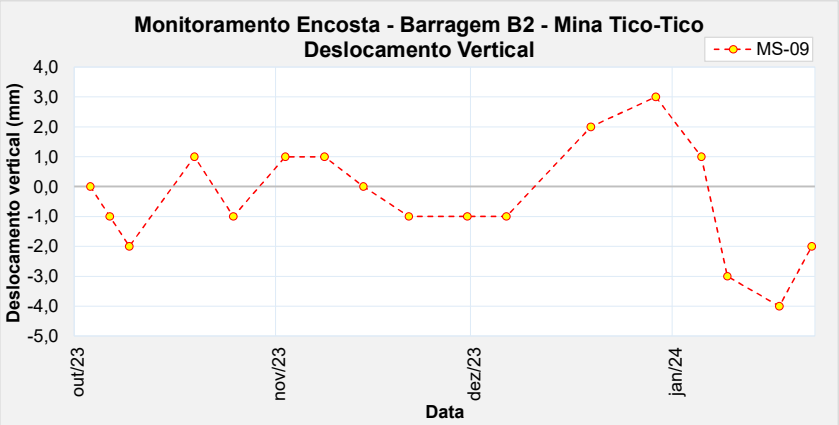


Figura 5.19 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-09.

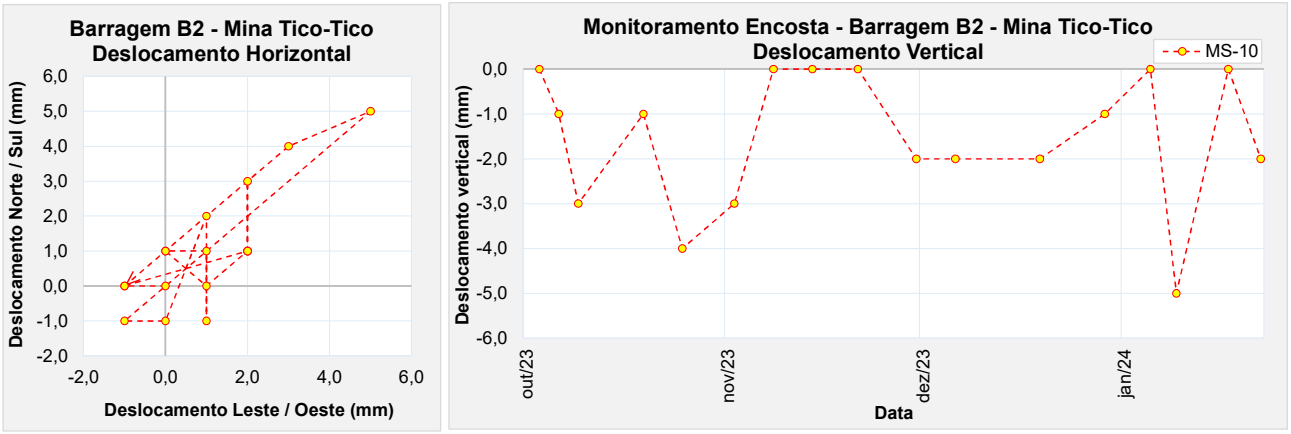


Figura 5.20 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-10.

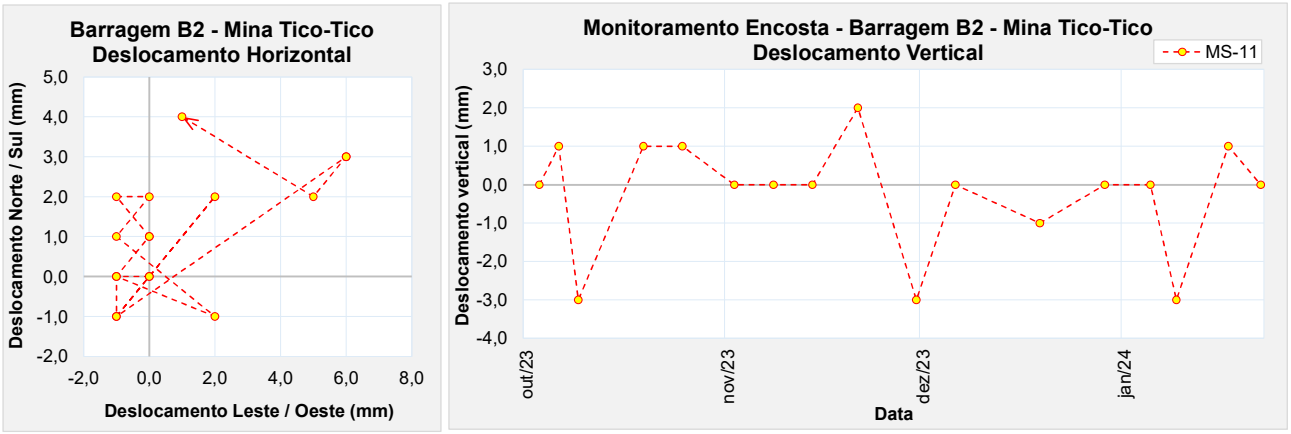


Figura 5.21 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-11.

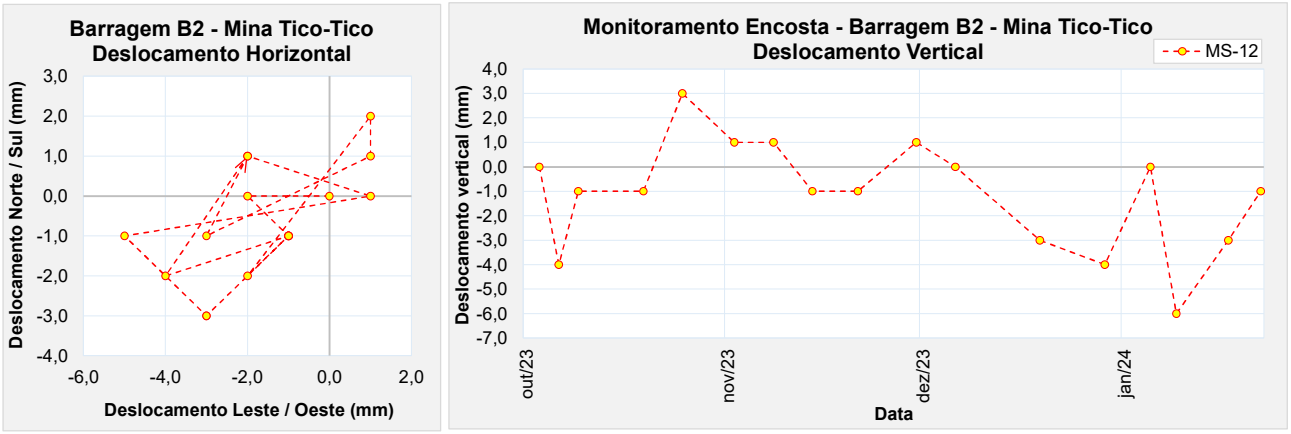


Figura 5.22 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-12.

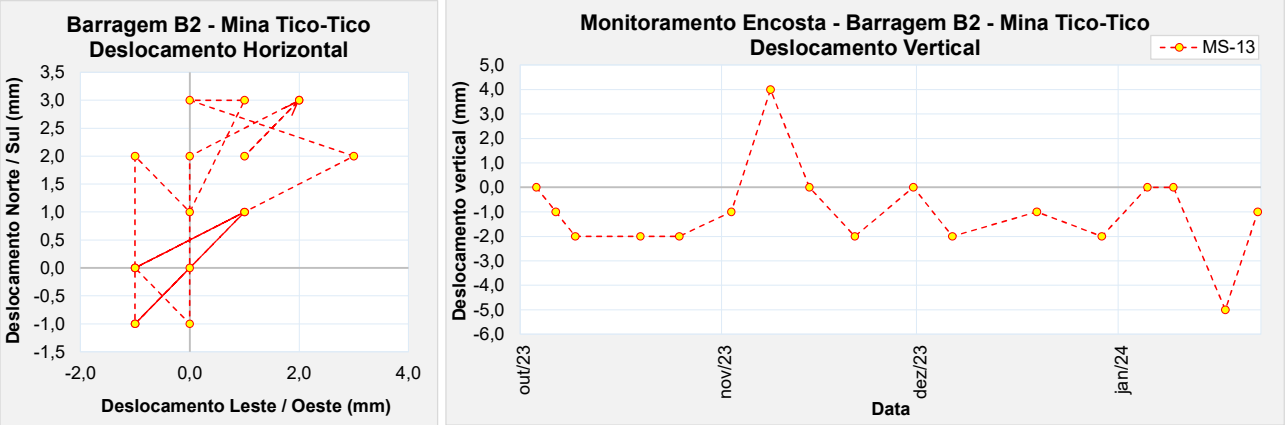


Figura 5.23 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-13.

5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, aguardando avaliação e aprovação do projeto pela FEAM e empresas parceiras. Atualmente o fator de segurança não-drenado liquefeito é superior ao valor mínimo recomendado pela TR FEAM de descaracterização (1,1), em todas as seções avaliadas. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura em relação às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

5.6.1 Inspeções de Campo

Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de avaliação quinzenal de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, indicação das anomalias verificadas e análises de estabilidade da estrutura.

5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (novembro/2023 a janeiro/2024).

Tabela 5.2 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B2 – Mina Tico-Tico – 1ª quinzena de nov./2023 a 2ª quinzena de jan./2024.

ID	ANOMALIA	Novembro/2023		Dezembro/2023		Janeiro/2024	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS NO TALUDE DE JUSANTE						
02	RAVINAMENTO NO TALUDE DE JUSANTE				-	-	-
03	VEGETAÇÃO ALTA NO TALUDE DE JUSANTE	-	-				
04	SUPERFÍCIE DE RUPTURA IDENTIFICADA NA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO, PRÓXIMA AO EXTRAVASOR OPERACIONAL						
05	TALUDE INSTÁVEL JUNTO AO CANAL DO EXTRAVASOR					-	-
06	PRESENÇA DE ANIMAIS NO MACIÇO DA ESTRUTURA	-	-			-	-
07	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM DAS BERMAS	-	-	-	-		
08	FALHA NA PROTEÇÃO VEGETAL NO TALUDE DE JUSANTE EM PONTO QUE FOI UTILIZADO COMO ACESSO OPERACIONAL				-	-	-
09	ACÚMULO DE ÁGUA NAS CANALETAS DAS BERMAS		-	-	-	-	-
10	MATERIAL REMANESCENTE DO PLANTIO DE GRAMÍNEAS SOLTO NA BERMA						-
11	DESABAMENTO DA CONTENÇÃO JUNTO AO CANAL DO EXTRAVASOR.						
12	ASSOREAMENTO DA CAIXA DA PLACA INDICADORA DE VAZÃO						

LEGENDA:

ANOMALIA VERIFICADA
ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO
ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA
ANOMALIA AGRAVADA
ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA

5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle da barragem é composta por 35 (trinta e cinco) indicadores de nível d'água com leitura manual; 2 (dois) indicadores de nível d'água automatizados, 17 (dezessete) piezômetros de tubo aberto do tipo Casagrande e 8 (oito) piezômetros automatizados, 05 (cinco) marcos superficiais, 01 (um) indicador de vazão e 04 (quatro) sismógrafos, distribuídos em 05 (cinco) seções transversais de monitoramento.

Os níveis de controle dos instrumentos instalados na Barragem B2 – Mina Tico-Tico foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico do rejeito do reservatório localizado abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível normal**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível normal:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,30 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
2- **Nível de alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,20 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,00 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 3).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.553, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em setembro/2023.

A Figura 5.24, Figura 5.25 e Figura 5.26 apresentam a locação em planta dos instrumentos e da Figura 5.27 a Figura 5.31 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 5.3 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

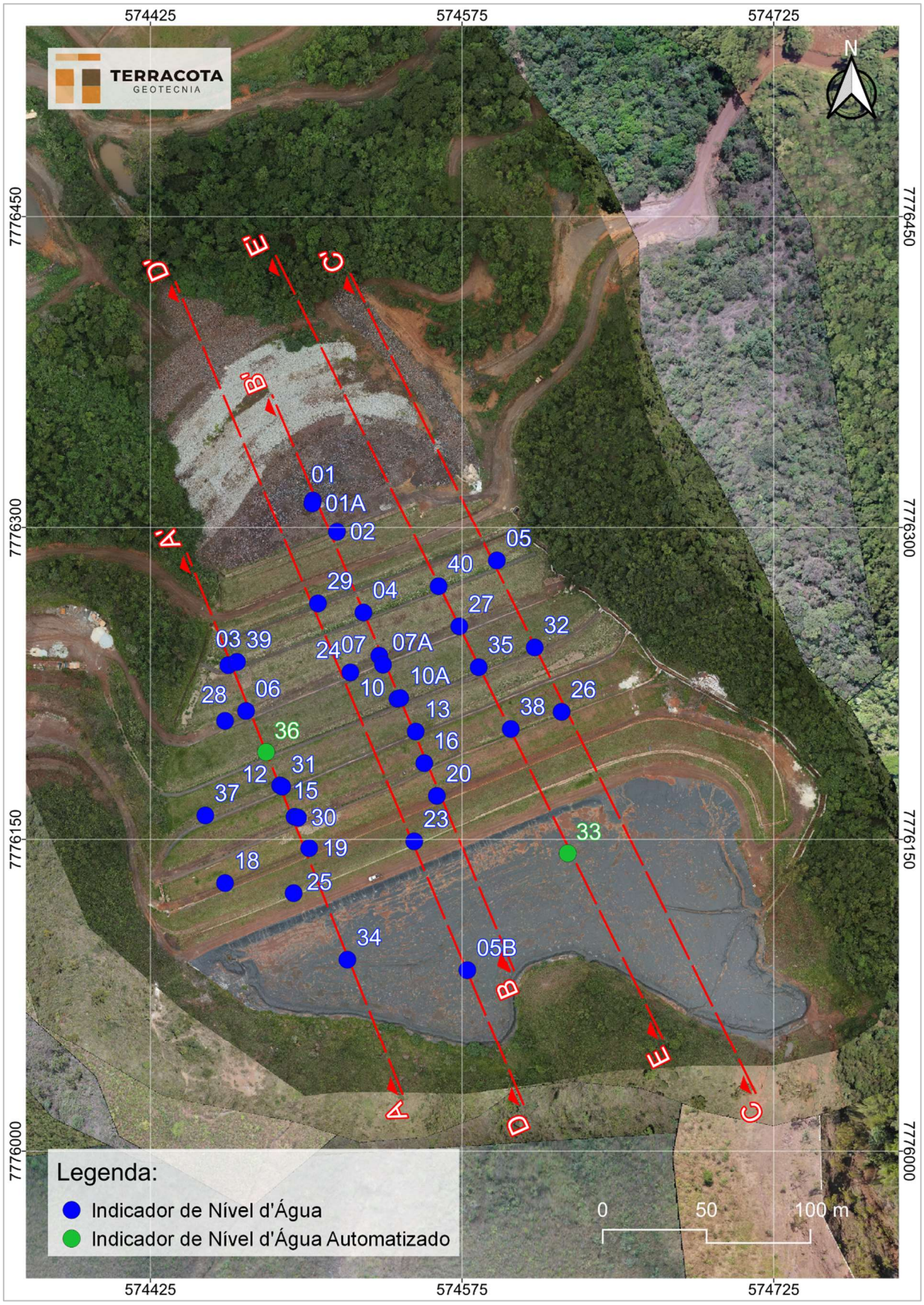


Figura 5.24 – Locação dos indicadores de nível d'água.

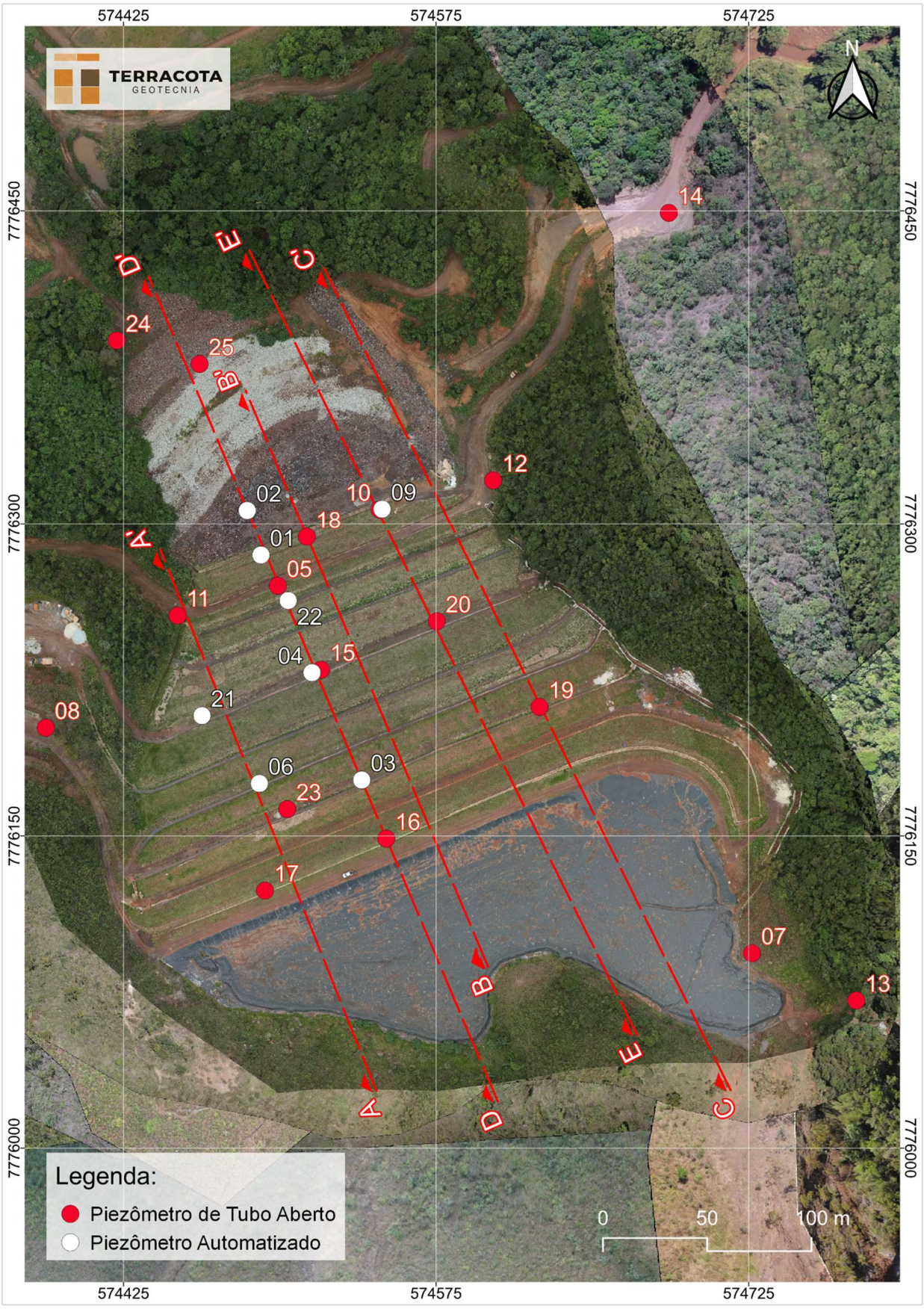


Figura 5.25 – Locação dos piezômetros.

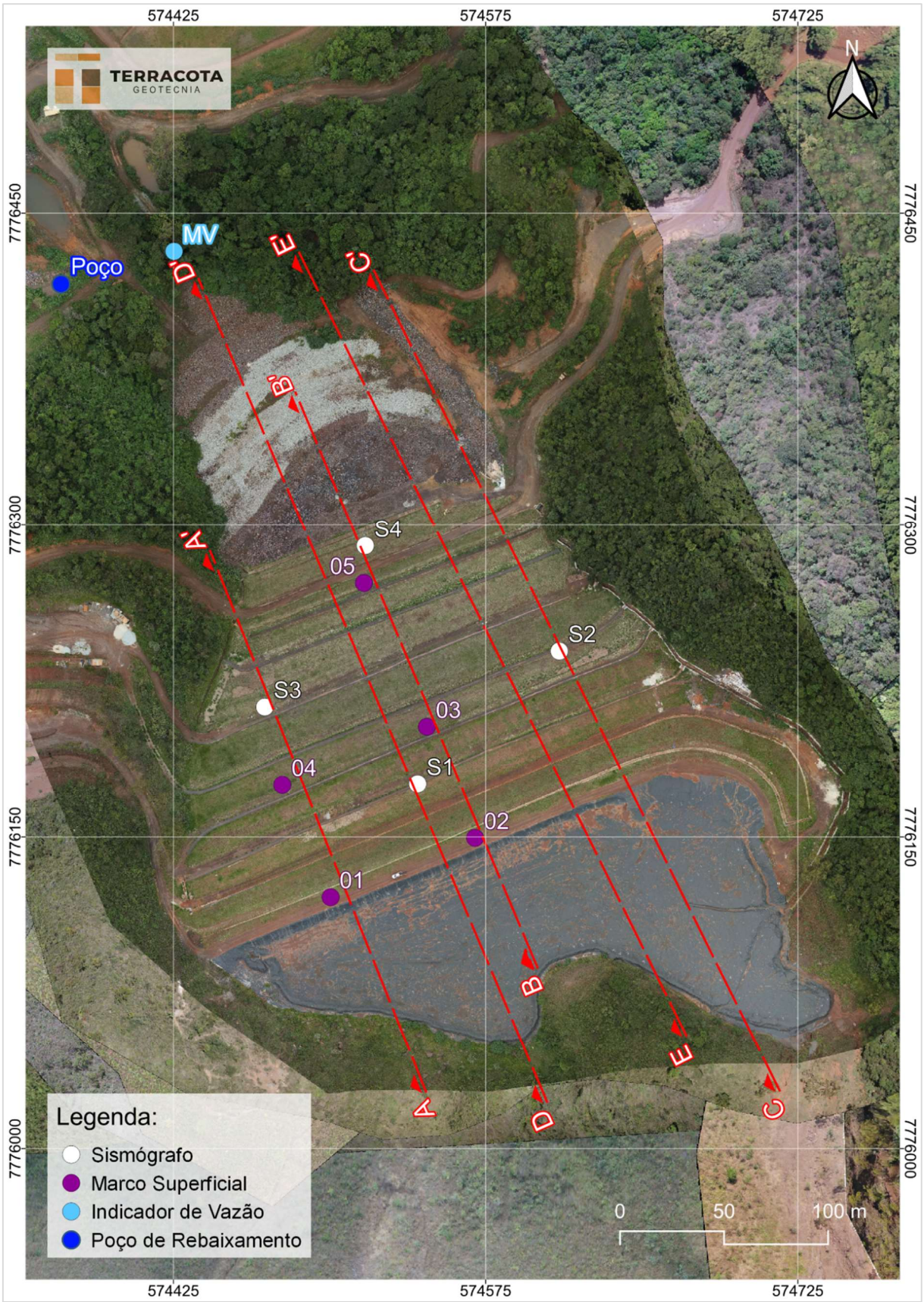


Figura 5.26 – Locação dos marcos superficiais, sismógrafos, indicador de vazão e poço de rebaixamento.

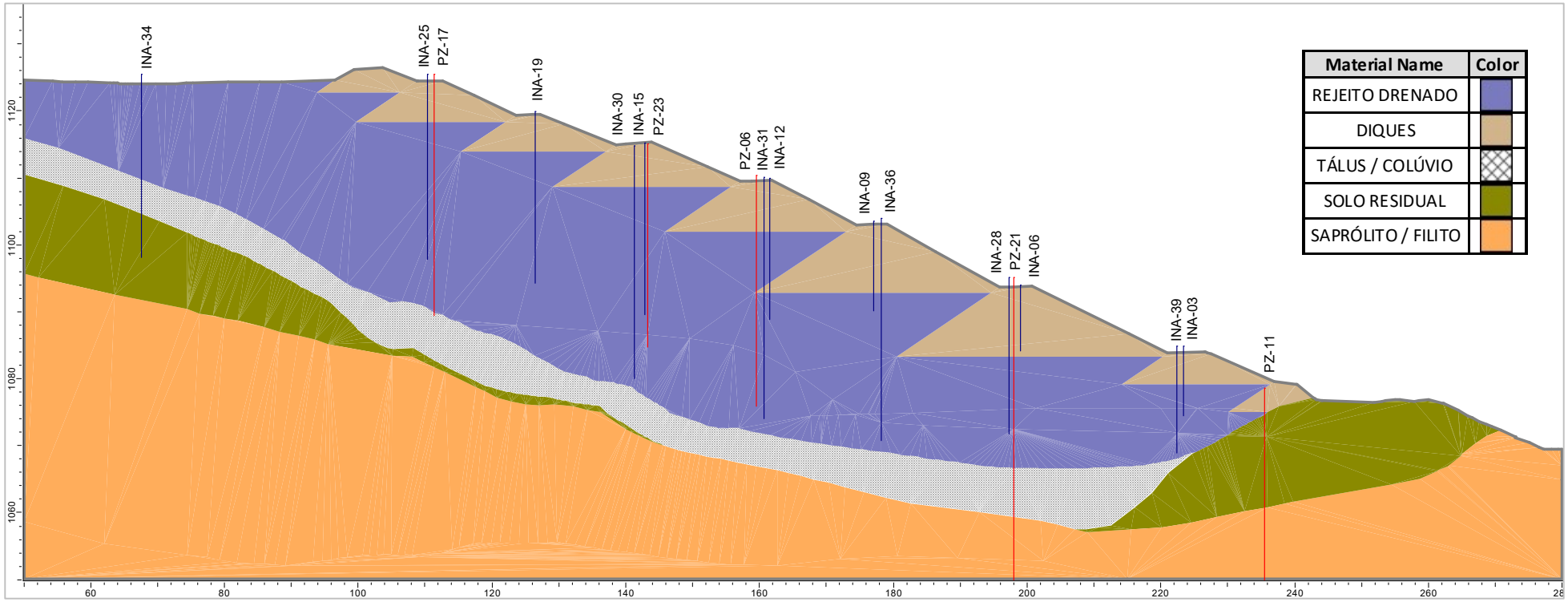


Figura 5.27 – Seção transversal de controle A-A'.

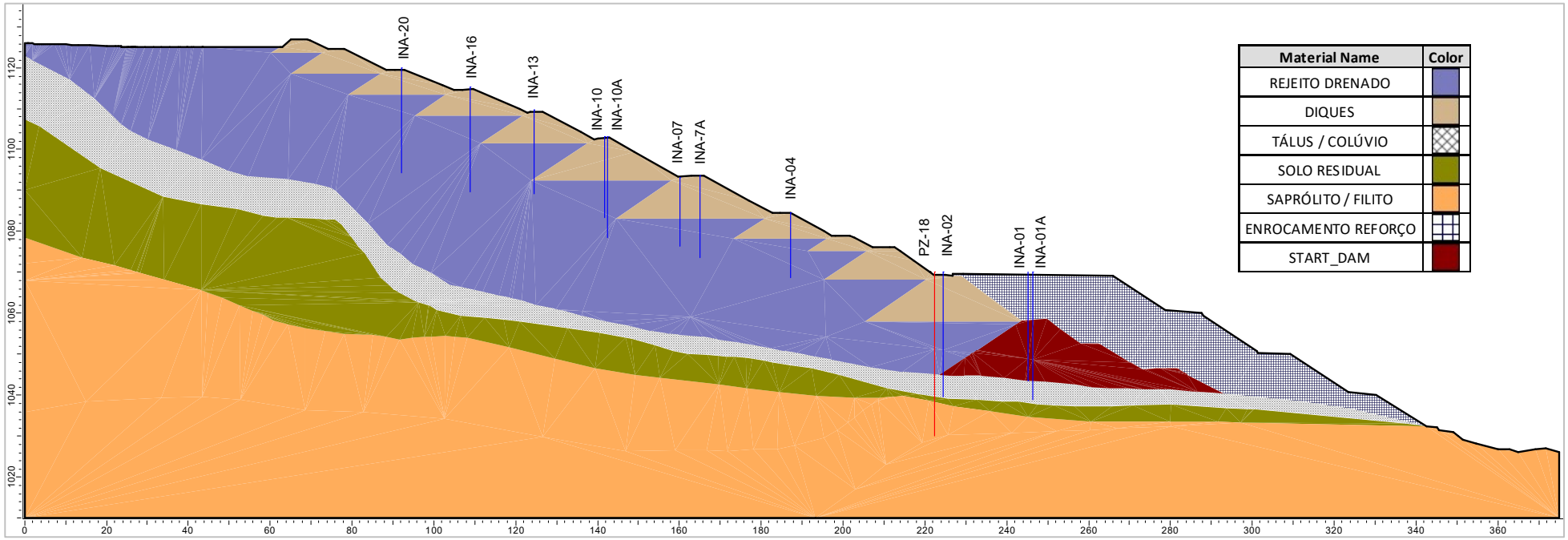


Figura 5.28 – Seção transversal de controle B-B'.

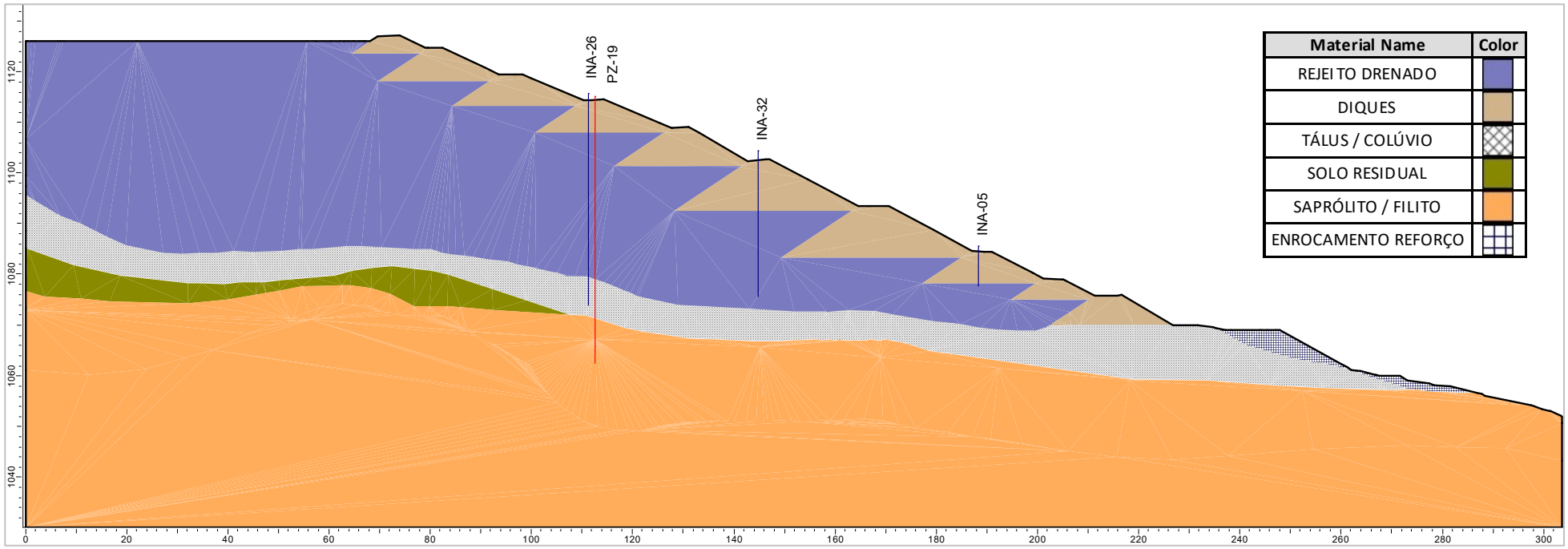


Figura 5.29 – Seção transversal de controle C-C'.

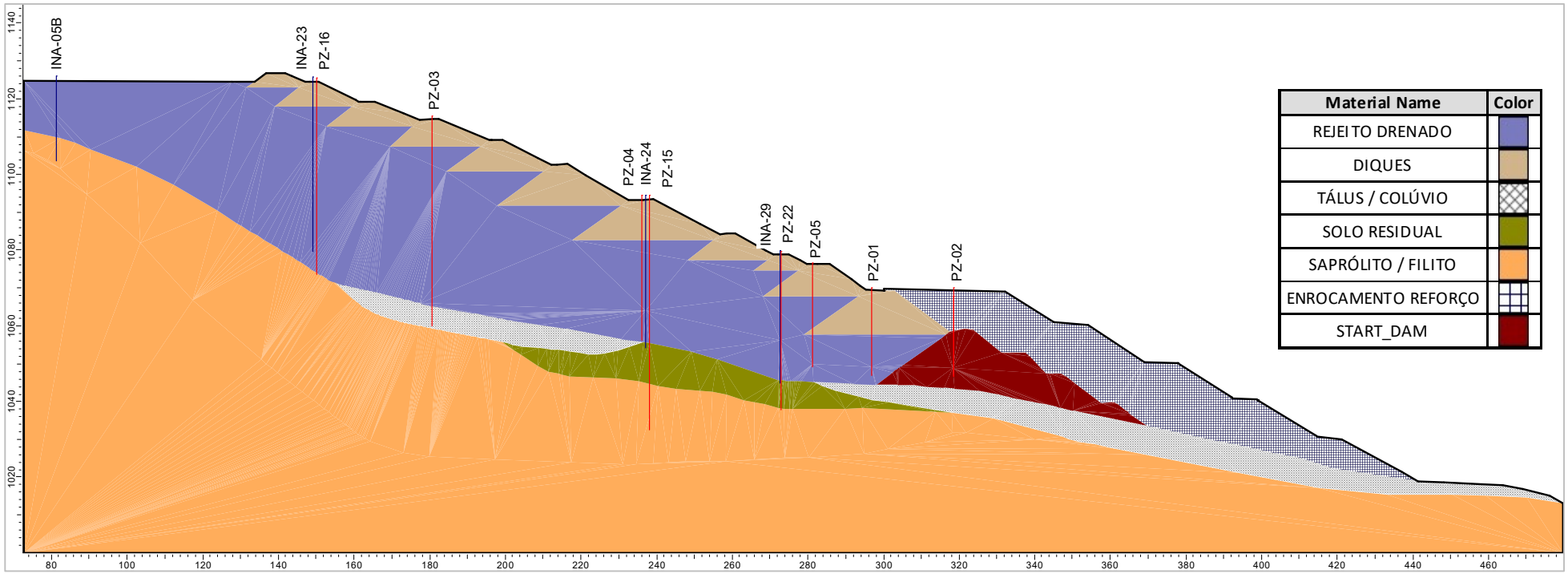


Figura 5.30 – Seção transversal de controle D-D'.

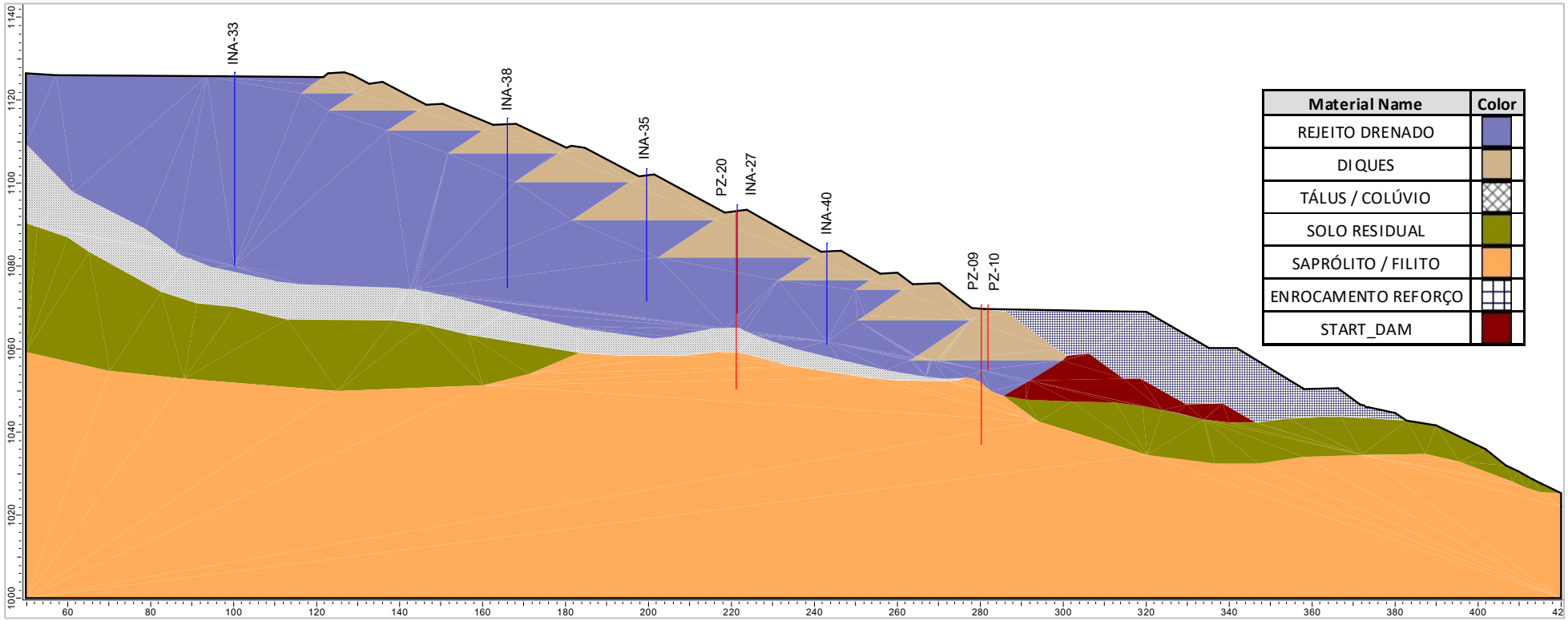


Figura 5.31 – Seção transversal de controle E-E'.

Tabela 5.3 – Locação, características, leitura (30/01/2024) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/01/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A'	INA-34	574.519,824	7.776.092,184	1.125,46	1.098,14	27,32	SECO	1.102,00	1.103,00	1.104,00
	INA-25	574.493,944	7.776.124,174	1.125,51	1.097,78	27,73	SECO	1.098,28	1.098,58	1.098,78
	PZ-17	574.492,893	7.776.123,796	1.125,52	1.090,42	35,10	SECO	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	INA-19	574.501,437	7.776.145,795	1.119,96	1.094,19	25,77	SECO	1.094,69	1.094,99	1.095,19
	INA-30	574.496,028	7.776.160,454	1.115,90	1.079,93	35,97	SECO	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	INA-15	574.494,387	7.776.160,916	1.115,20	1.089,51	25,69	SECO	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	PZ-23	574.503,574	7.776.162,871	1.115,96	1.085,13	30,83	1.086,03	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	PZ-06 (1)	574.490,218	7.776.175,201	1.110,33	1.075,80	34,53	1.076,80	1.089,00	1.091,00	1.092,00
	INA-31	574.488,447	7.776.175,368	1.110,33	1.077,72	32,61	1.080,78	1.089,00	1.091,00	1.092,00
	INA-12	574.487,432	7.776.175,985	1.109,95	1.088,77	21,18	1.089,11	1.089,00	1.091,00	1.092,00
	INA-36 (1)	574.480,696	7.776.192,019	1.103,90	1.070,80	33,10	1.070,65	1.082,25	1.083,50	1.084,25
	INA-28	574.460,943	7.776.207,008	1.095,14	1.071,74	23,40	SECO	1.076,00	1.076,50	1.077,00
	PZ-21 (1)	574.462,687	7.776.207,739	1.095,07	1.048,93	46,14	1.058,86	1.066,00	1.068,00	1.070,00
	INA-06	574.471,040	7.776.211,750	1.094,03	1.083,39	10,64	SECO	1.084,57	1.084,87	1.085,07
	INA-03	574.462,517	7.776.233,802	1.084,82	1.074,42	10,40	SECO	1.074,92	1.075,22	1.076,30
	INA-39	574.466,682	7.776.235,354	1.084,90	1.068,82	16,08	SECO	1.072,75	1.073,50	1.076,50
	PZ-11	574.450,970	7.776.255,740	1.078,64	1.027,24	51,40	1.043,74	1.063,00	1.065,00	1.067,00
B-B'	INA-20	574.562,876	7.776.170,936	1.119,96	1.094,24	25,72	SECO	1.094,74	1.095,04	1.095,24
	INA-16	574.556,831	7.776.186,690	1.115,27	1.089,62	25,65	SECO	1.090,12	1.090,42	1.090,62

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/01/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
B-B′	INA-13	574.552,708	7.776.201,867	1.109,66	1.089,05	20,61	SECO	1.089,55	1.089,85	1.090,05
	INA-10	574.543,939	7.776.217,594	1.103,16	1.078,29	24,87	SECO	1.078,79	1.079,09	1.079,29
	INA-10A	574.545,267	7.776.217,956	1.103,23	1.083,16	20,07	SECO	1.083,96	1.084,26	1.084,46
	INA-07	574.535,188	7.776.238,345	1.093,66	1.072,72	20,94	SECO	1.074,06	1.074,36	1.074,56
	INA-07A	574.536,982	7.776.234,018	1.093,64	1.076,94	16,70	SECO	1.077,44	1.077,74	1.077,94
	INA-04	574.527,552	7.776.259,135	1.084,46	1.068,65	15,81	SECO	1.069,15	1.069,45	1.069,65
	INA-02	574.514,796	7.776.297,920	1.068,65	1.038,74	29,91	SECO	1.052,00	1.053,50	1.057,50
	PZ-18	574.513,017	7.776.293,664	1.070,12	1.030,04	40,08	1.038,02	1.052,00	1.053,50	1.057,50
	INA-01	574.503,220	7.776.313,342	1.070,11	1.038,92	31,19	DANIFICADO	1.049,00	1.050,00	1.053,75
	INA-01A	574.502,899	7.776.311,911	1.070,11	1.043,38	26,73	DANIFICADO	1.049,00	1.050,00	1.053,75
C-C′	INA-26	574.622,923	7.776.211,341	1.115,50	1.073,07	42,43	SECO	1.081,00	1.083,00	1.089,00
	PZ-19	574.624,640	7.776.211,878	1.115,34	1.062,12	53,22	1.066,10	1.081,00	1.083,00	1.089,00
	INA-32	574.609,982	7.776.242,314	1.103,39	1.075,61	27,78	SECO	1.077,00	1.079,00	1.081,00
	INA-05	574.591,761	7.776.284,132	1.084,49	1.075,62	8,87	SECO	1.077,15	1.077,45	1.077,65
D-D′	INA-05B	574.577,560	7.776.087,144	1.126,06	1.103,52	22,54	SECO	1.111,50	1.112,50	1.114,50
	INA-23	574.552,009	7.776.149,087	1.125,75	1.079,61	46,14	SECO	1.080,11	1.080,41	1.081,00
	PZ-16	574.551,073	7.776.148,709	1.125,58	1.073,54	52,04	SECO	1.074,50	1.075,00	1.076,00
	PZ-03 (1)	574.539,333	7.776.176,864	1.115,36	1.059,83	55,53	1.060,97	1.063,00	1.064,50	1.066,00
	PZ-04 (1)	574.515,454	7.776.228,365	1.094,40	1.056,08	38,32	1.059,28	1.065,25	1.070,00	1.072,00
	INA-24	574.521,245	7.776.230,297	1.094,38	1.054,17	40,21	1.063,30	1.065,25	1.070,00	1.072,00

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/01/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
D-D'	PZ-15	574.519,798	7.776.229,746	1.094,39	1.032,37	62,02	1.045,36	1.053,50	1.055,00	1.057,50
	INA-29	574.505,661	7.776.263,490	1.079,74	1.045,99	33,75	1.054,95	1.057,00	1.059,00	1.061,00
	PZ-22 (1)	574.504,016	7.776.262,970	1.079,71	1.037,71	42,00	1.042,26	1.045,00	1.046,00	1.047,00
	PZ-05	574.499,050	7.776.270,044	1.076,62	1.049,09	27,53	1.049,32	1.055,00	1.056,00	1.058,00
	PZ-01 (1)	574.490,976	7.776.284,809	1.069,15	1.046,85	22,30	1.047,79	1.052,00	1.053,00	1.055,00
	PZ-02 (1)	574.484,379	7.776.306,479	1.070,34	1.046,63	23,71	1.047,67	1.048,00	1.049,00	1.052,00
E-E'	INA-33 (1)	574.625,885	7.776.143,361	1.126,80	1.079,98	46,82	SECO	1.084,00	1.085,00	1.086,00
	INA-38	574.598,447	7.776.203,110	1.115,64	1.074,80	40,84	SECO	1.075,30	1.076,00	1.081,00
	INA-35	574.583,022	7.776.232,800	1.103,43	1.071,60	31,83	SECO	1.072,10	1.073,50	1.078,00
	PZ-20	574.575,328	7.776.253,021	1.094,52	1.051,32	43,20	SECO	1.068,50	1.069,50	1.076,00
	INA-27	574.573,684	7.776.252,453	1.094,57	1.068,47	26,10	SECO	1.068,97	1.069,50	1.076,00
	INA-40	574.563,720	7.776.271,753	1.085,49	1.061,34	24,15	SECO	1.063,00	1.064,50	1.069,50
	PZ-09 (1)	574.549,100	7.776.307,150	1.070,61	1.037,00	33,61	1.041,61	1.055,50	1.056,00	1.060,00
	PZ-10	574.547,874	7.776.306,960	1.070,54	1.054,87	15,67	SECO	1.055,50	1.056,00	1.060,00
Instrumentos fora de seção de controle	INA-18	574.460,928	7.776.129,034	1.120,04	1.109,60	10,44	SECO	Próximo à ombreira esquerda		
	INA-37	574.451,457	7.776.161,553	1.110,82	1.076,31	34,51	SECO	Próximo à ombreira esquerda		
	PZ-07	574.726,619	7.776.093,729	1.129,25	1.078,67	50,58	SECO	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-08	574.387,740	7.776.201,920	1.116,25	1.053,22	63,03	1.058,33	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-12	574.602,350	7.776.320,922	1.075,37	1.022,70	52,67	1.044,56	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-13	574.776,640	7.776.071,051	1.130,75	1.068,75	62,00	1.069,97	Monitoramento hidrogeológico		

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/01/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
	PZ-14	574.686,697	7.776.449,072	1.056,05	1.004,72	51,33	1.038,25	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-24	574.421,807	7.776.387,927	1.037,65	1.033,76	3,89	SECO	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-25	574.461,511	7.776.376,685	1.040,83	1.024,53	16,30	1.027,72	Monitoramento hidrogeológico		
A-A’	MS-01	574.500,555	7.776.121,056	1.126,906	-	-	-	Não aplicável		
B-B’	MS-02	574.569,932	7.776.149,552	1.127,284	-	-	-	Não aplicável		
B-B’	MS-03	574.546,808	7.776.202,950	1.109,409	-	-	-	Não aplicável		
B-B’	MS-04	574.477,353	7.776.175,052	1.109,710	-	-	-	Não aplicável		
A-A’	MS-05	574.516,529	7.776.272,078	1.079,063	-	-	-	Não aplicável		
Não aplicável	B2-S1	574.542,368	7.776.175,486	1.114,879	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S2	574.610,429	7.776.239,295	1.102,956	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S3	574.468,902	7.776.212,427	1.094,197	-	-	-	Não aplicável		
	B2-S4	574.517,197	7.776.290,024	1.071,274	-	-	-	Não aplicável		
	MV	574.425,322	7.776.431,715	1.013,211	-	-	-	Não aplicável		

1- Instrumentos automatizados.

5.6.3.1 Leituras Instrumentação

A MMI realiza leituras semanais dos níveis nos INA's e PZ's e quinzenais dos deslocamentos nos Marcos Superficiais. Já os piezômetros automatizados realizam um monitoramento constante com registro de leituras a cada 2 horas. As leituras na placa indicadora de vazão são realizadas diariamente.

- **Indicadores de Nível d'Água e Piezômetros**

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para cada instrumento abrangendo dois anos hidrológicos, no período entre 10/2021 e 01/2024, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

a) Nível de água do reservatório – seco (sem lago) no período avaliado;
b) Referências do topo e base de cada instrumento;
c) Leituras do nível de água do instrumento;
d) Pluviometria mensal na região da barragem;
e) Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições normal, alerta e emergência.

De acordo com os registros quinzenais de monitoramento dos INA's e PZ's, a freática está em geral, deprimida na região do reservatório da barragem desde meados do ano de 2016. Com a impermeabilização do reservatório e instalação dos dispositivos formais de drenagem superficial nas bermas, pode-se observar uma redução das leituras verificadas na instrumentação na estrutura durante o ano de 2023 até o momento.

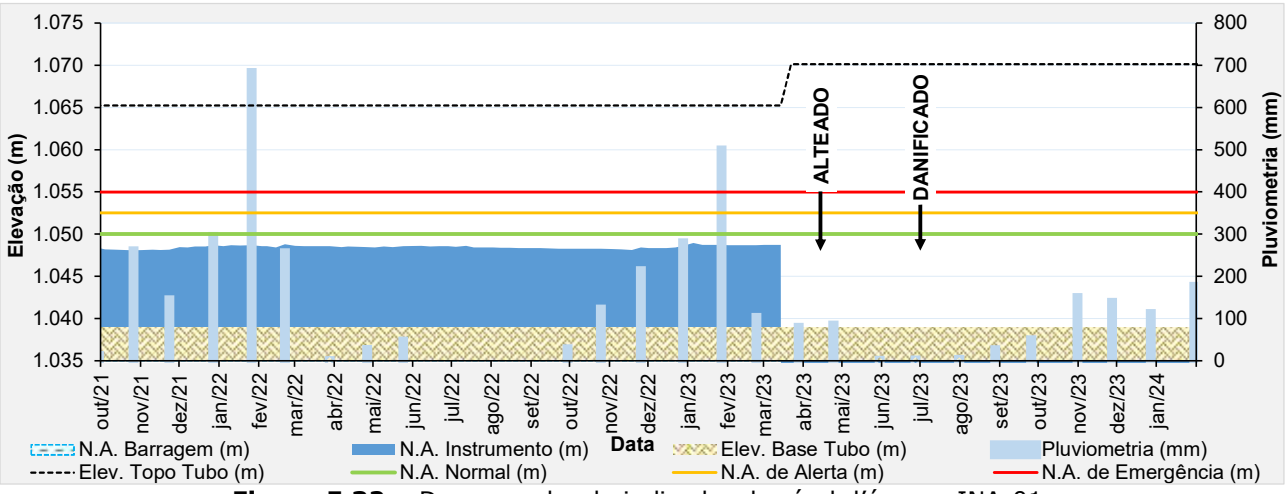


Figura 5.32 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01.

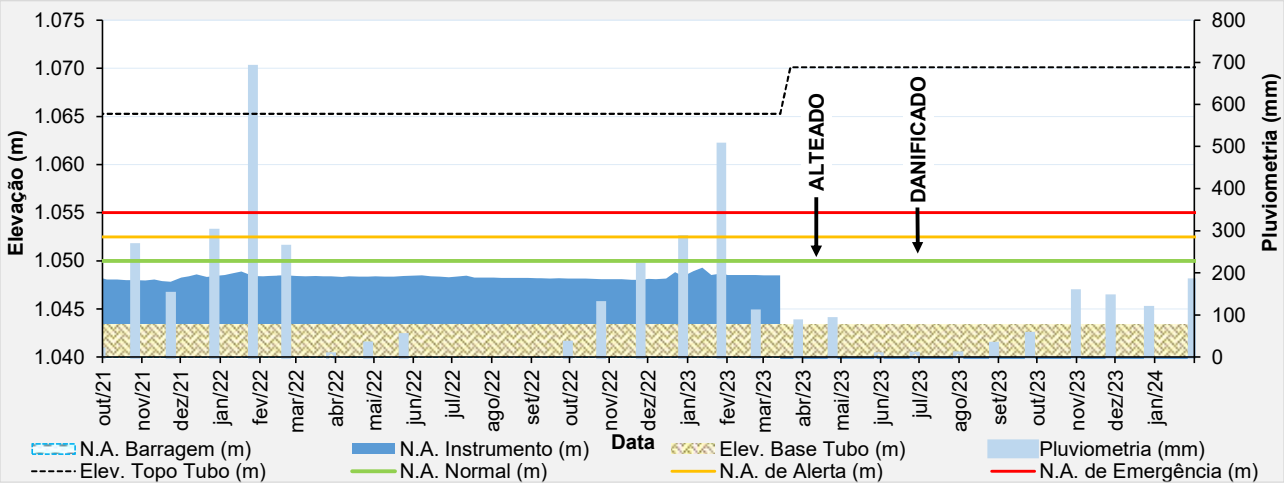


Figura 5.33 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01A.

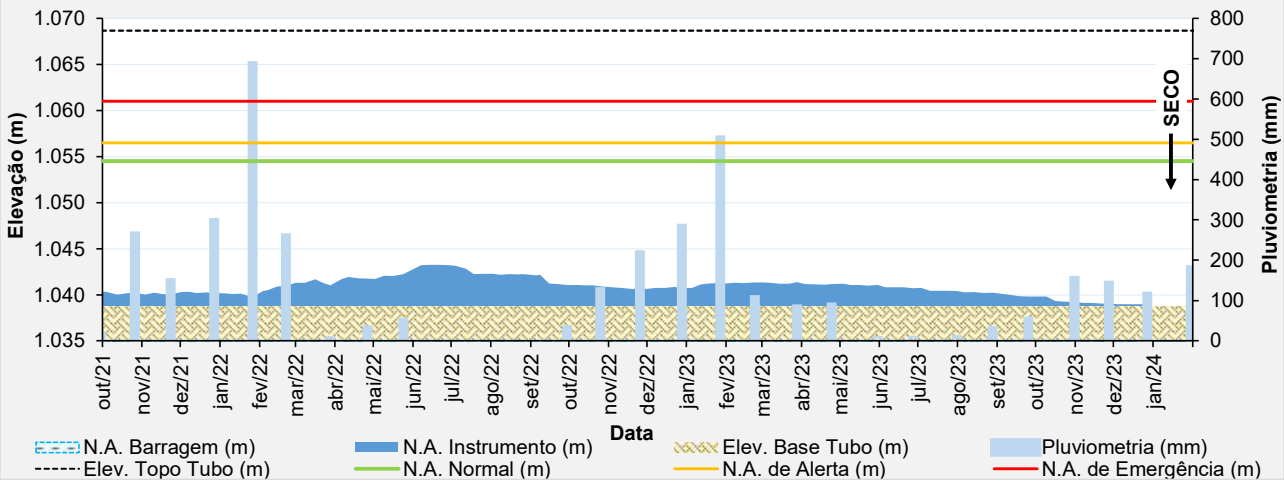


Figura 5.34 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-02.

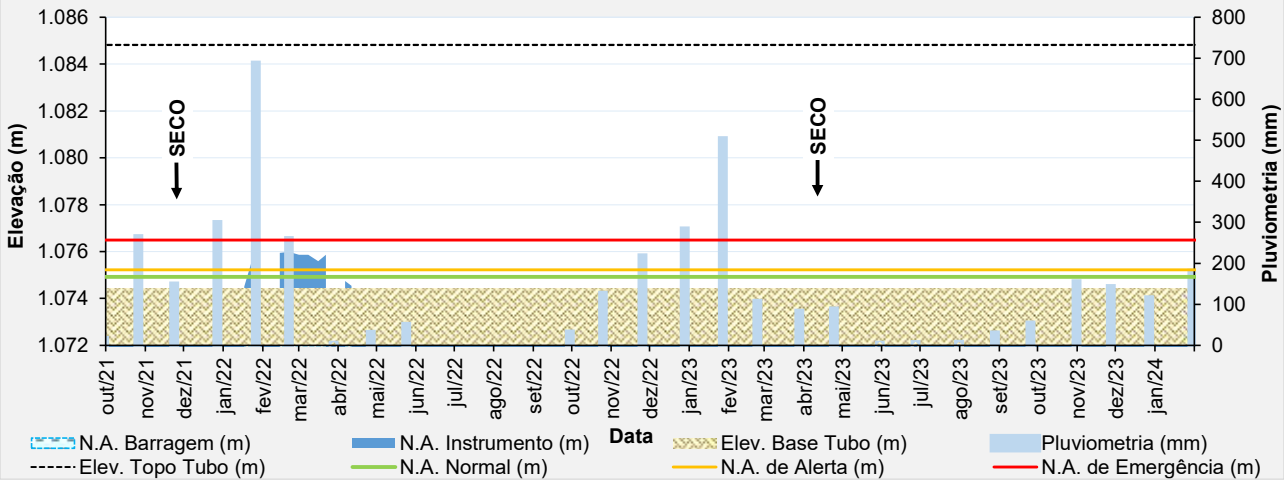


Figura 5.35 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03.

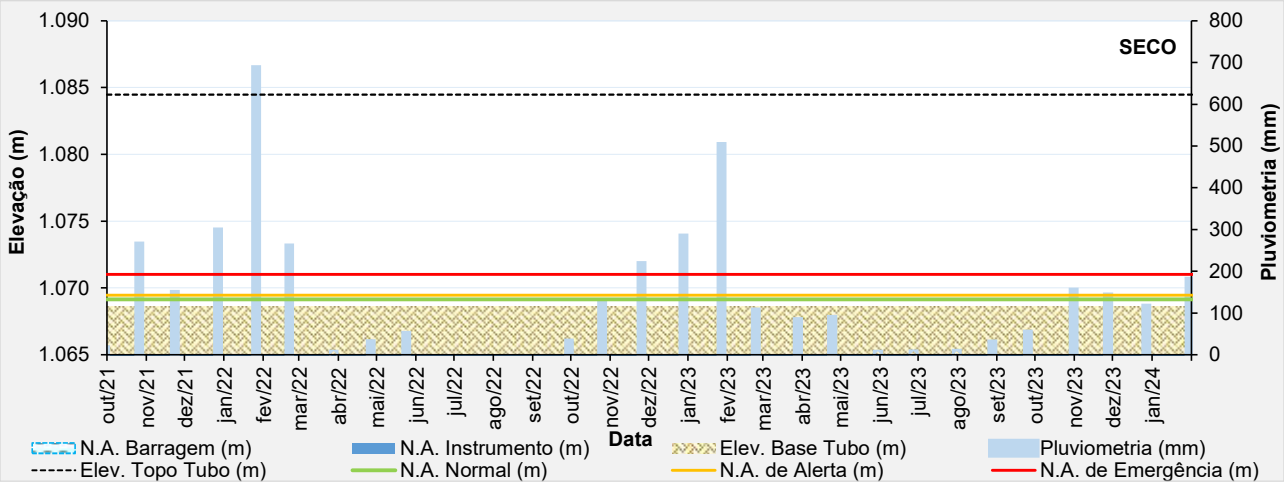


Figura 5.36 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-04.

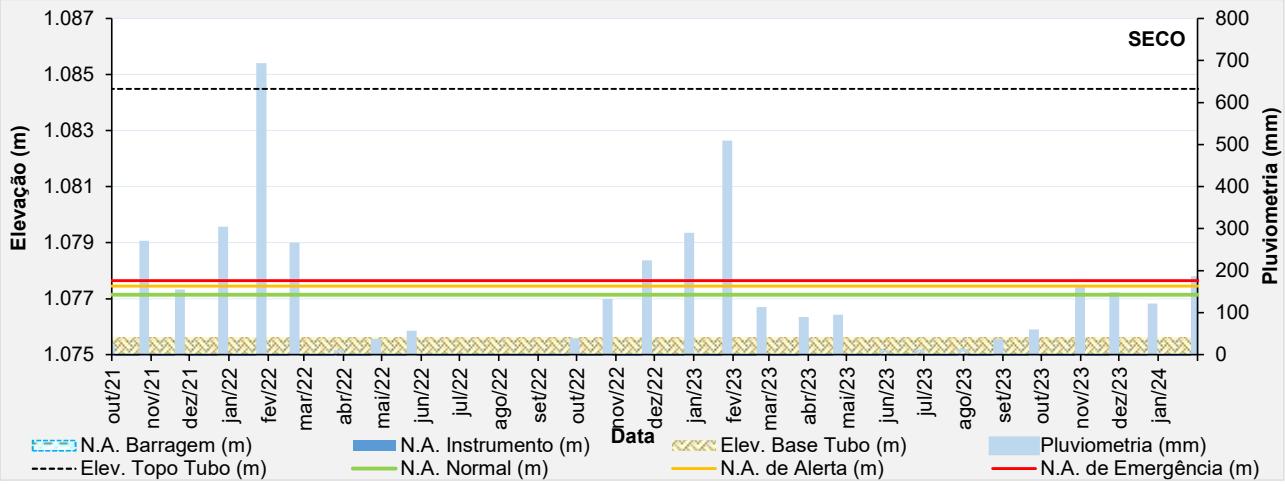


Figura 5.37 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05.

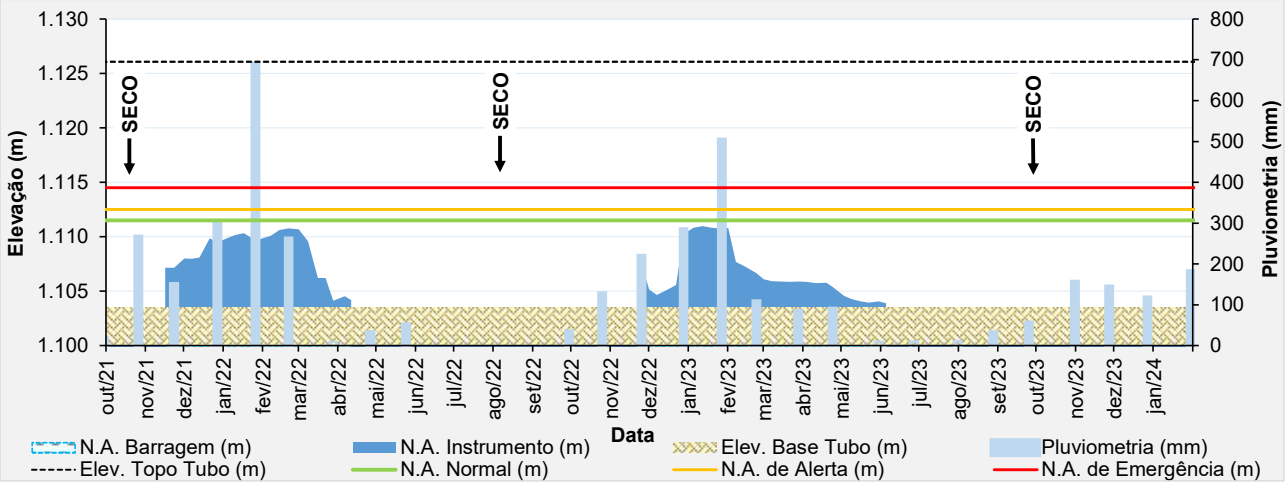


Figura 5.38 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05B.

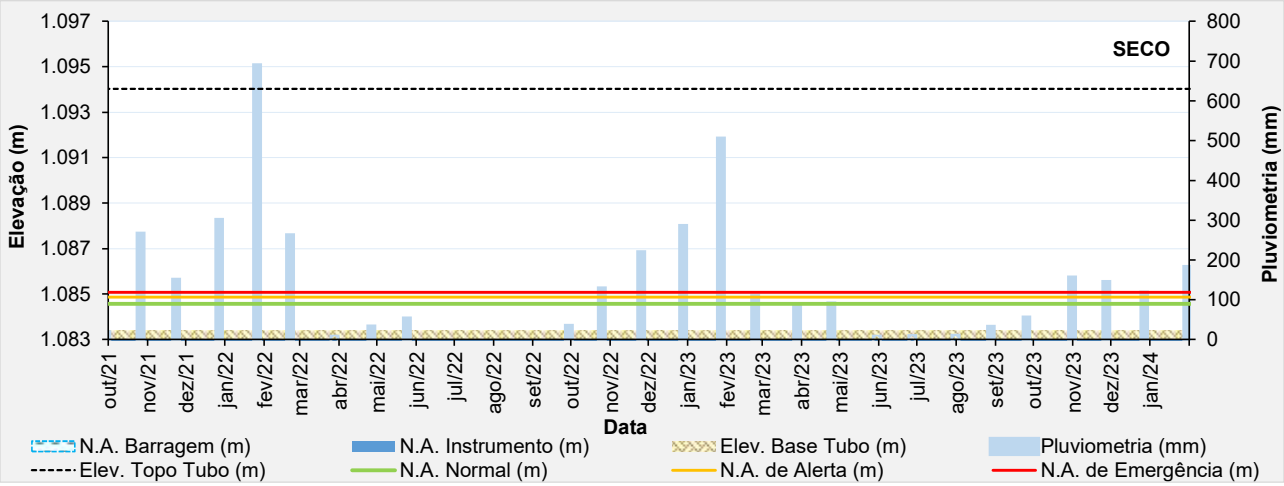


Figura 5.39 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-06.

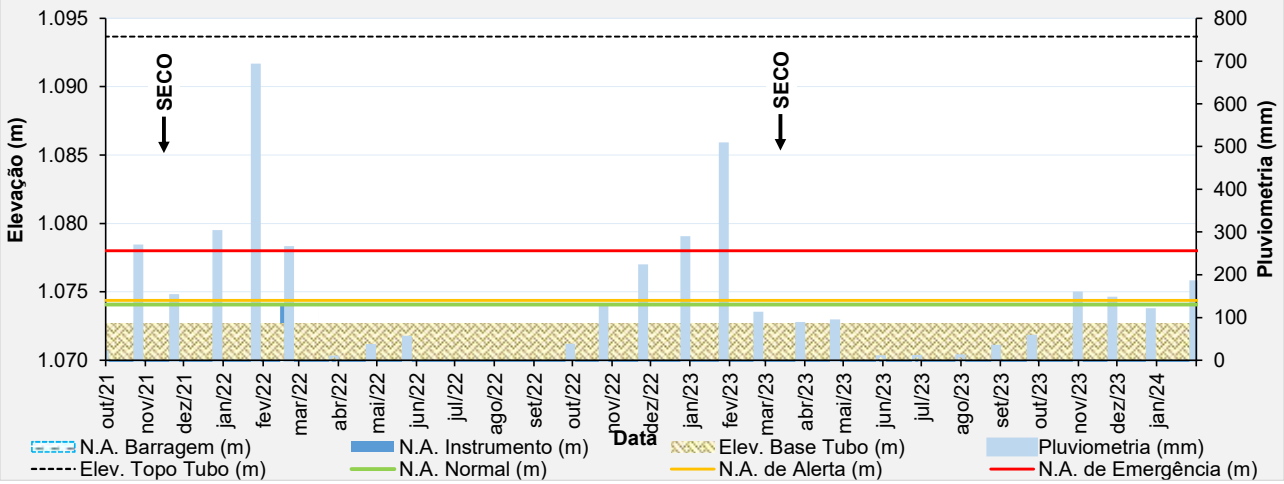


Figura 5.40 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07.

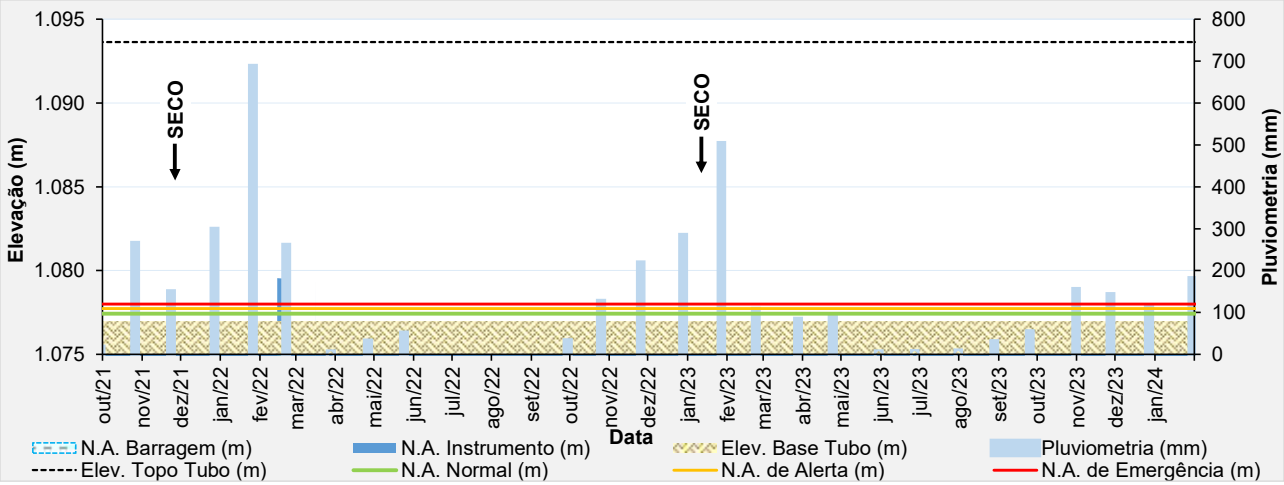


Figura 5.41 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07A.

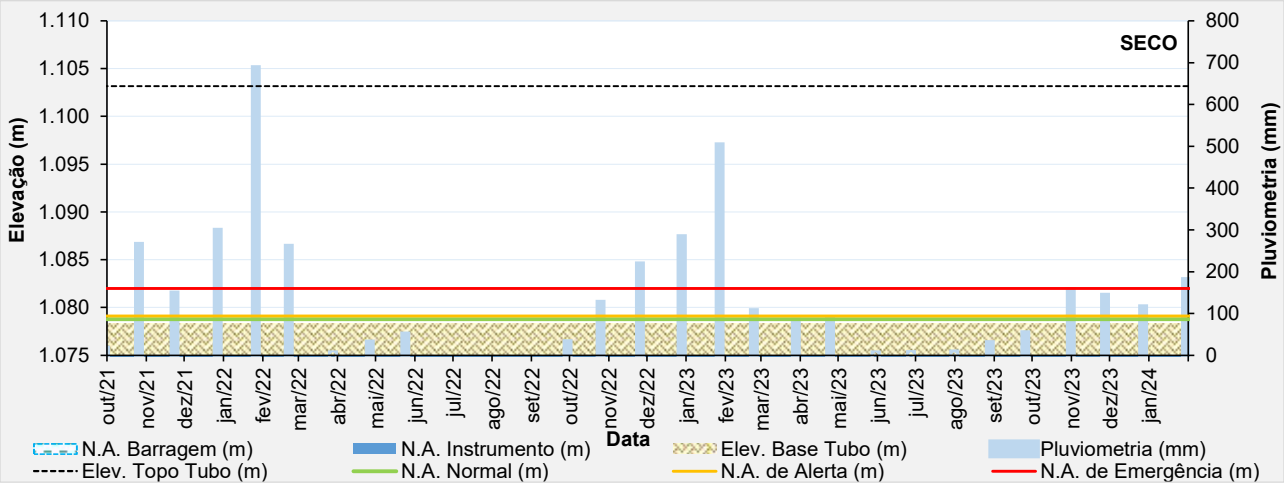


Figura 5.42 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10.

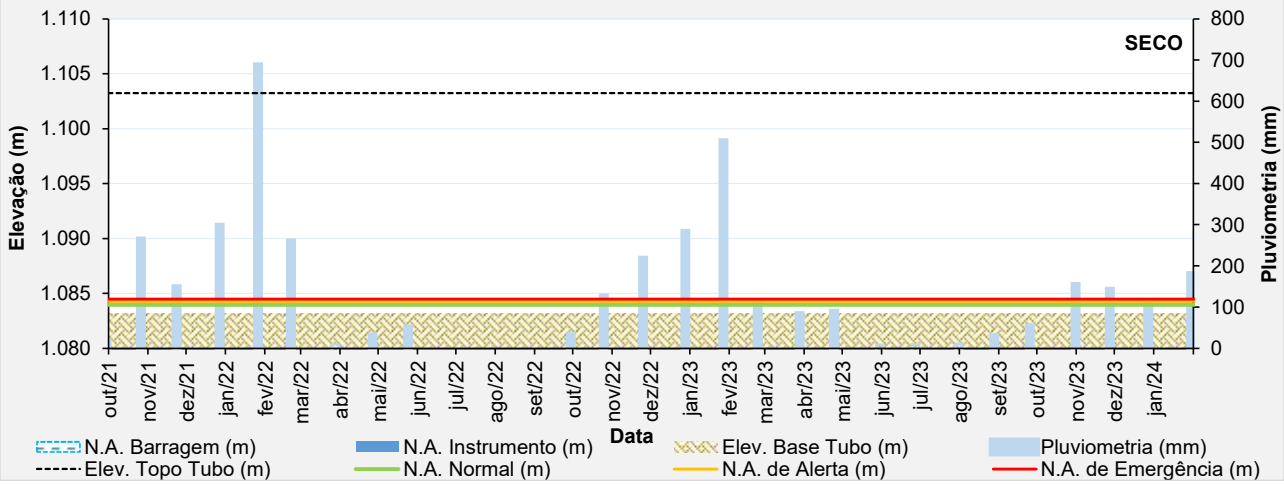


Figura 5.43 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10A.

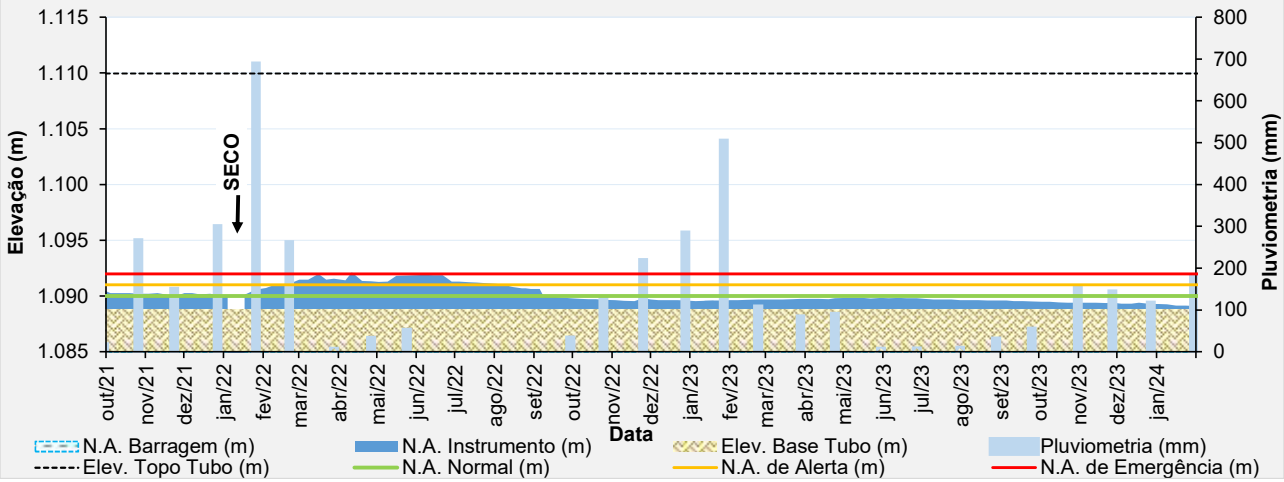


Figura 5.44 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-12.

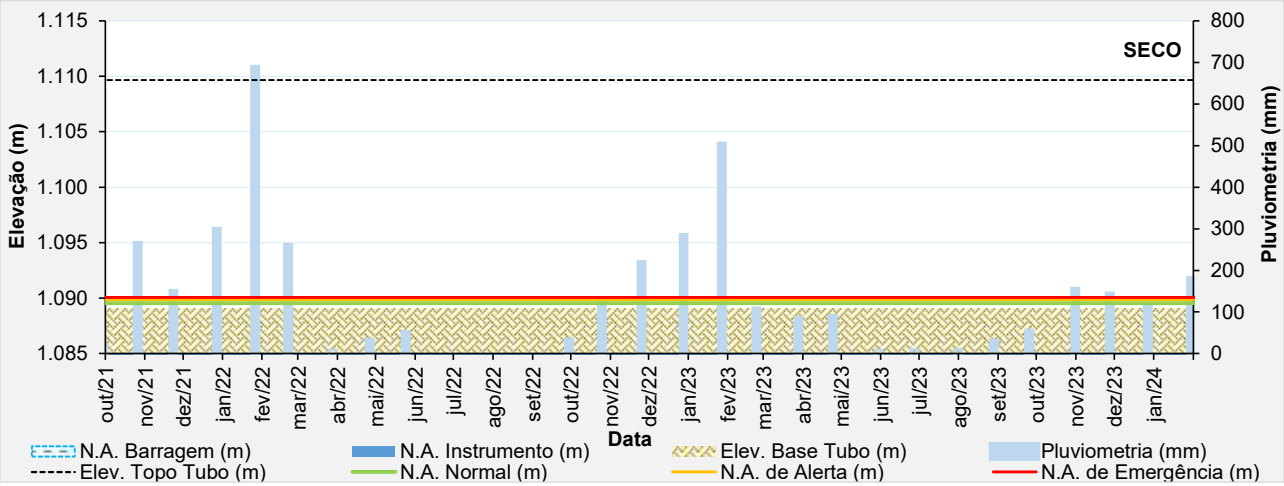


Figura 5.45 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-13.

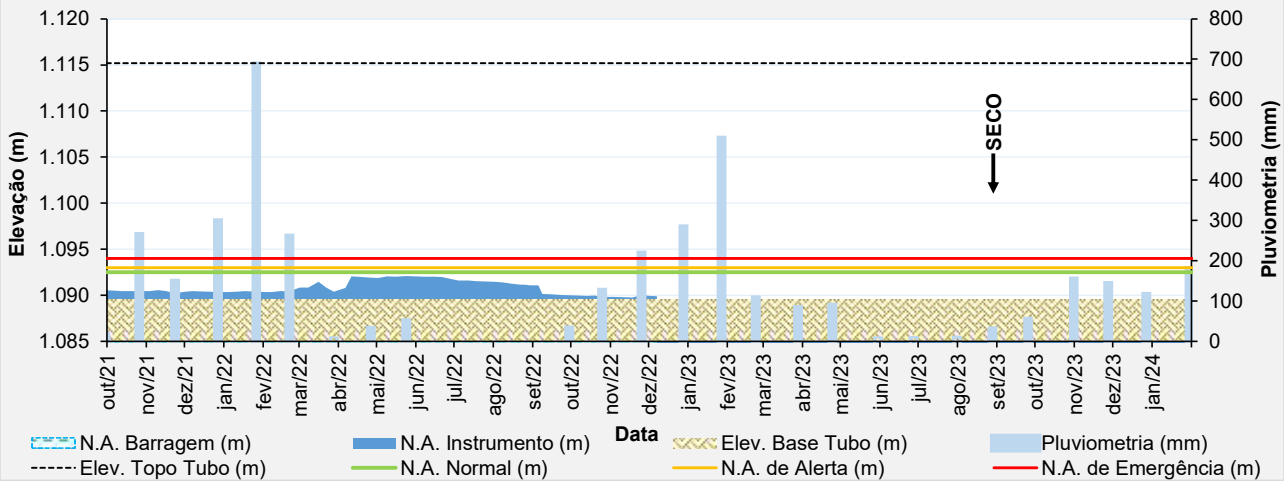


Figura 5.46 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-15.

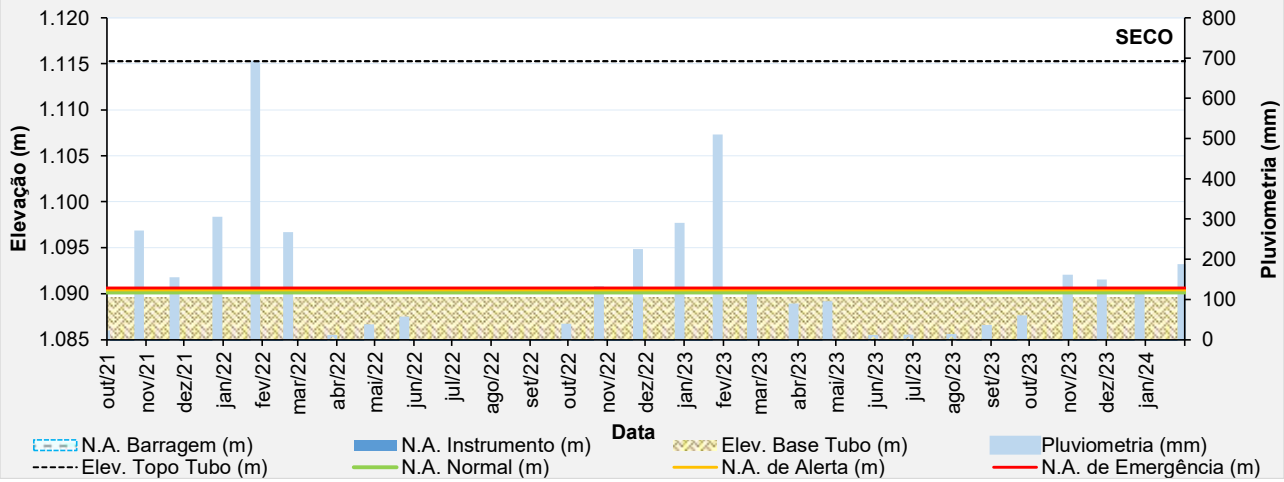


Figura 5.47 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-16.

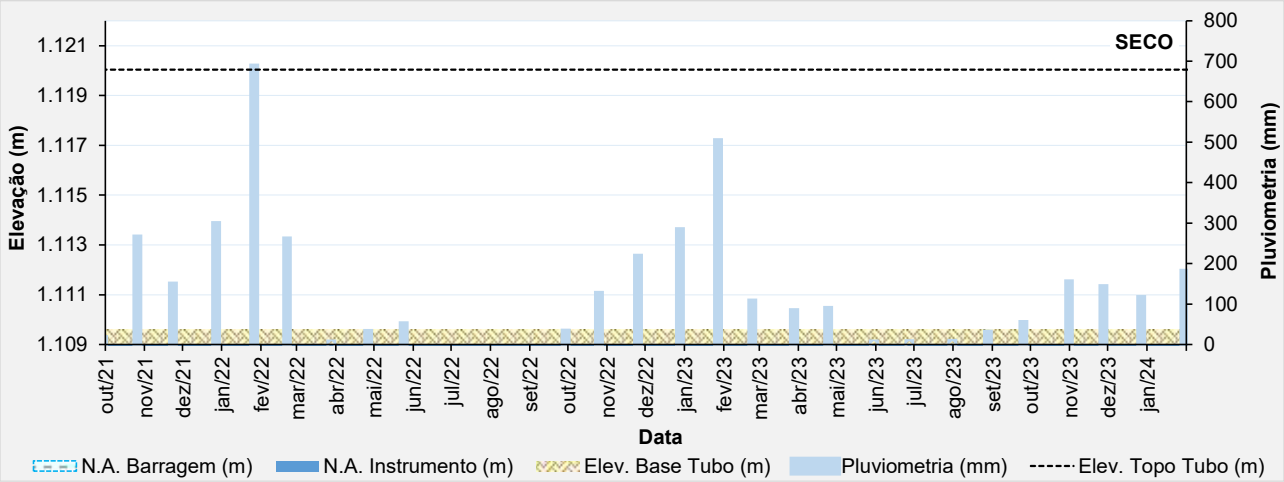


Figura 5.48 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-18.

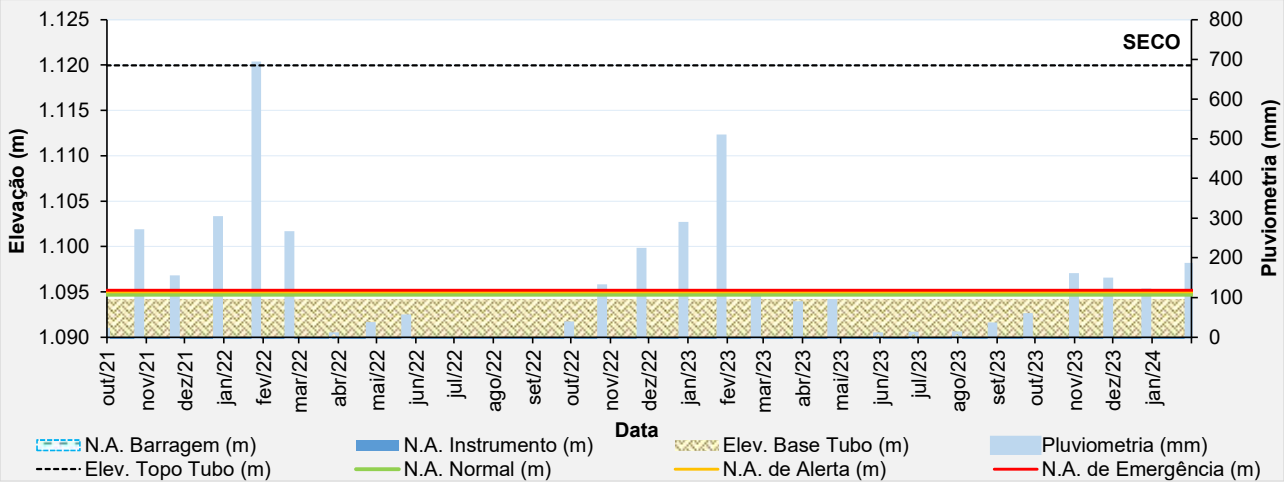


Figura 5.49 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-19.

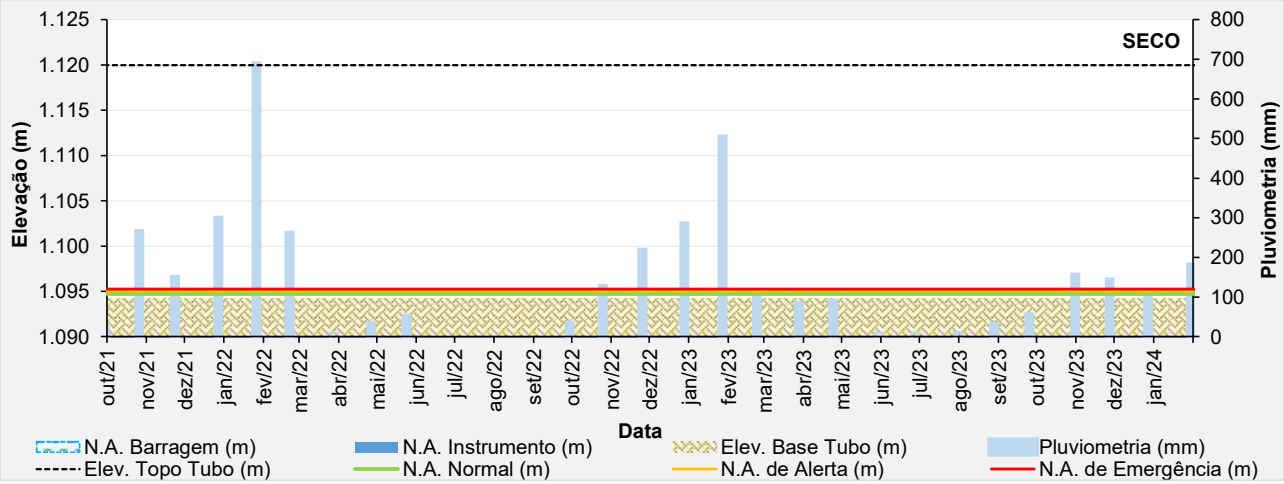


Figura 5.50 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-20.

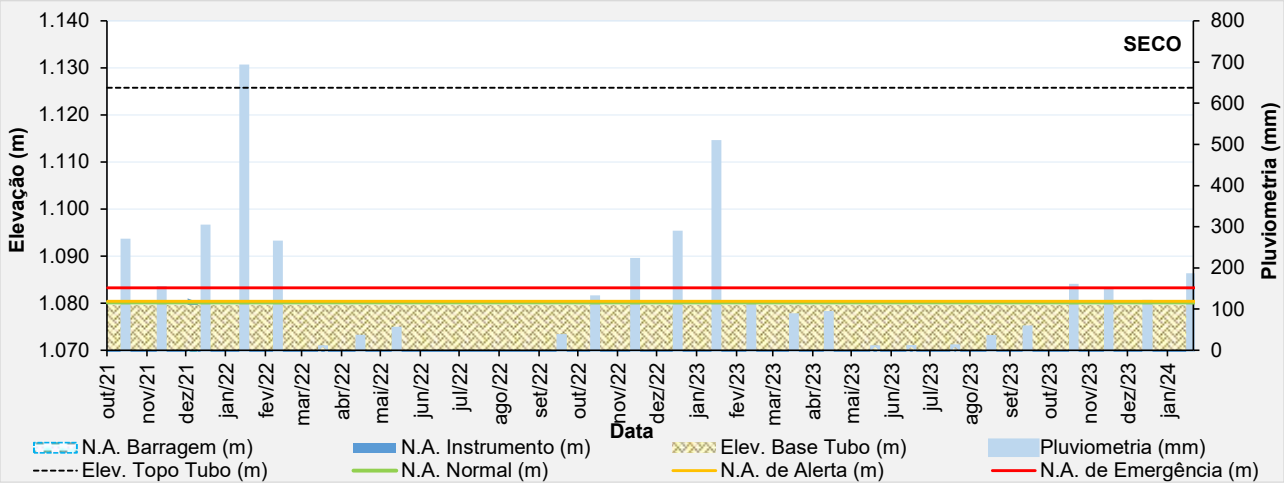


Figura 5.51 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-23.

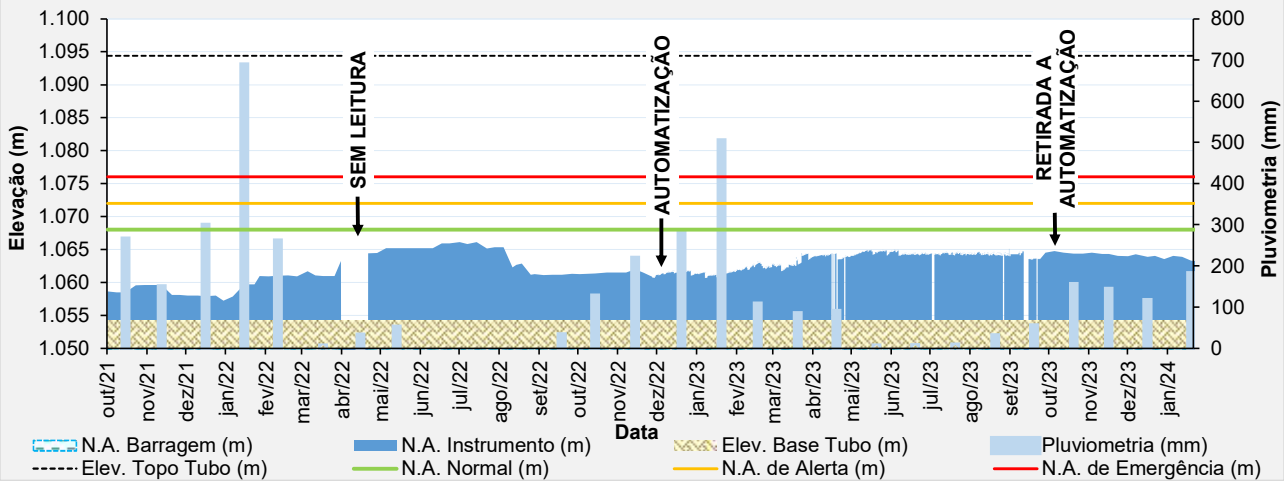


Figura 5.52 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-24.

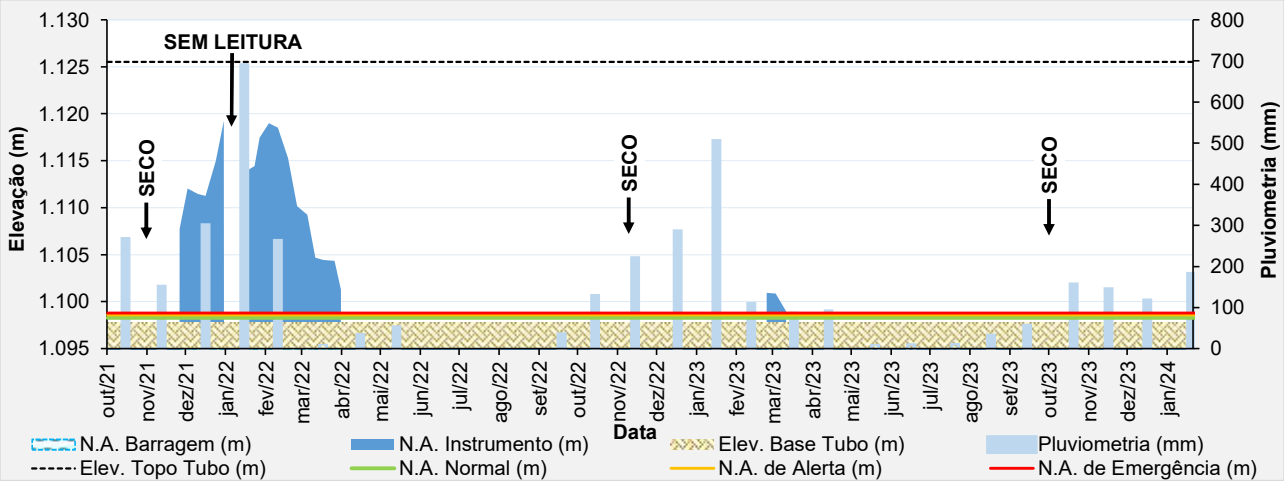


Figura 5.53 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-25.

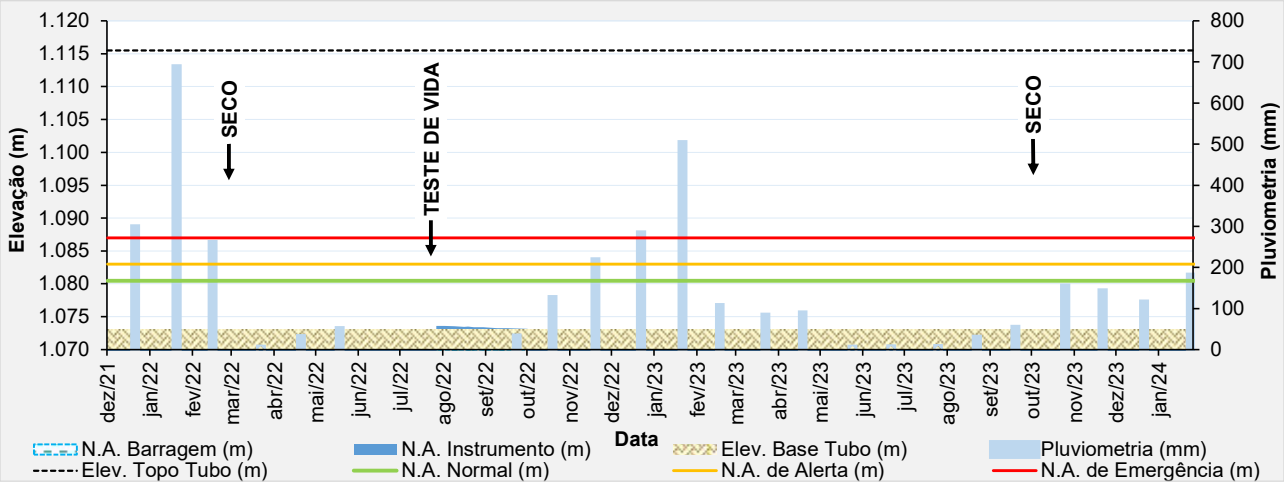


Figura 5.54 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-26.

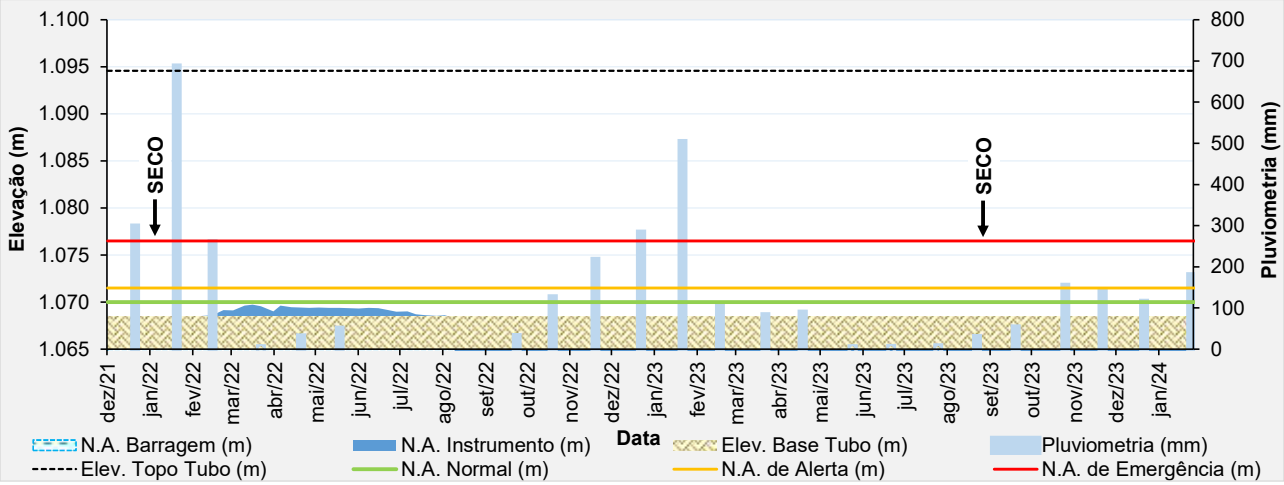


Figura 5.55 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-27.

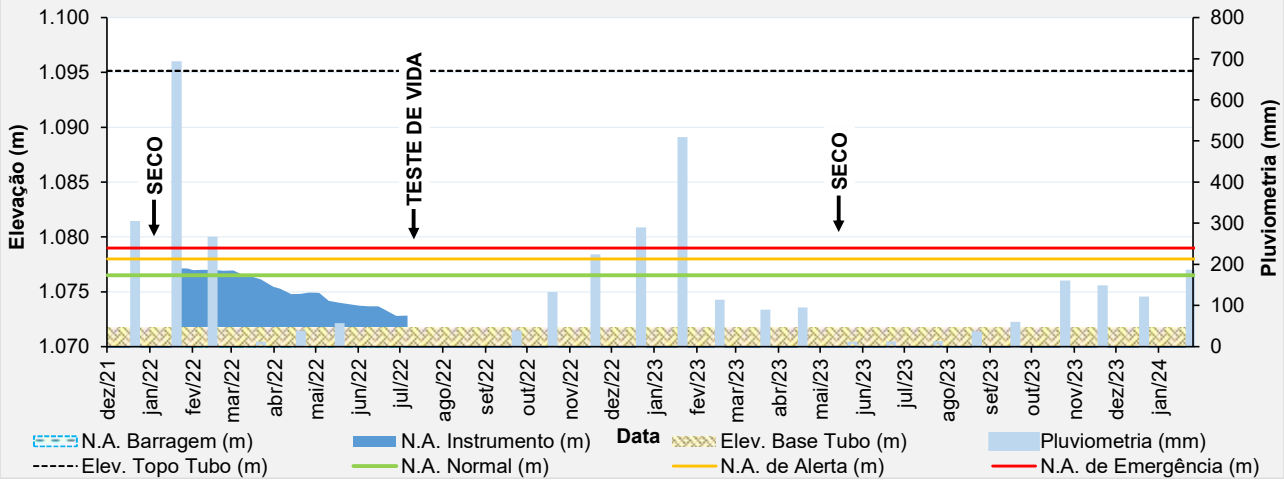


Figura 5.56 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-28.

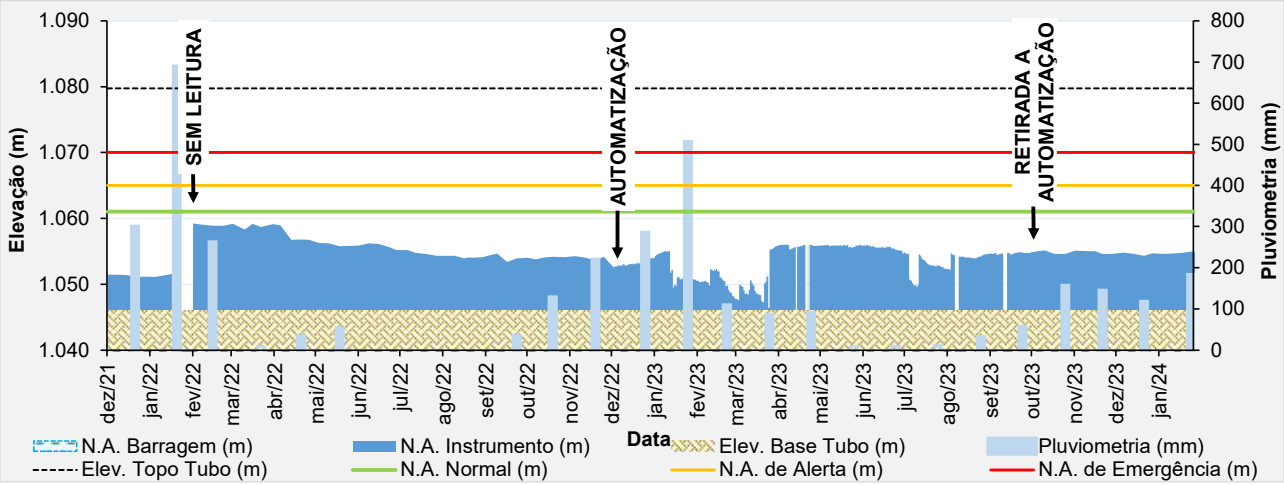


Figura 5.57 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-29.

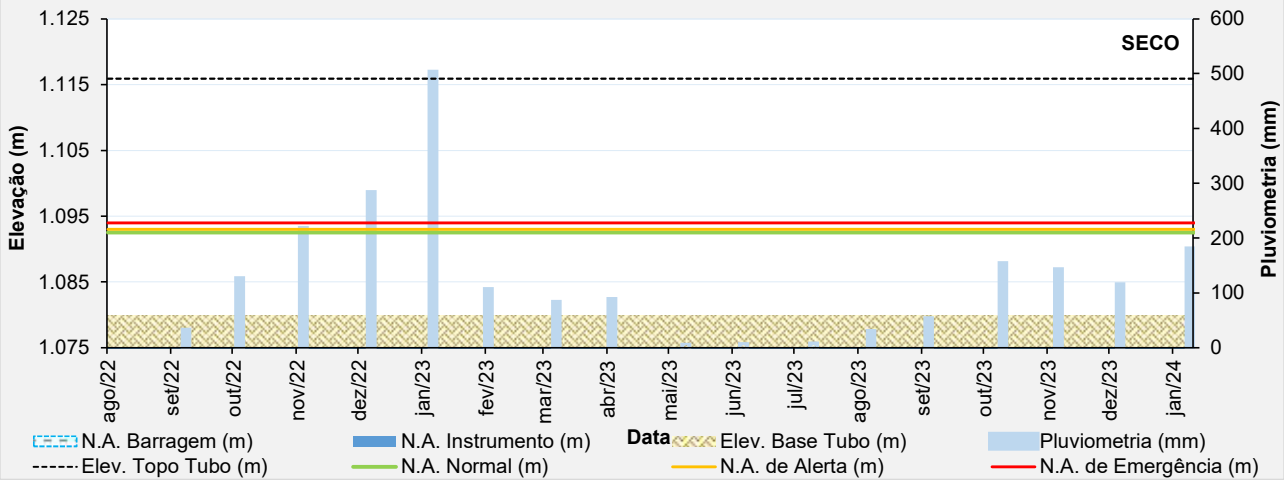


Figura 5.58 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-30.

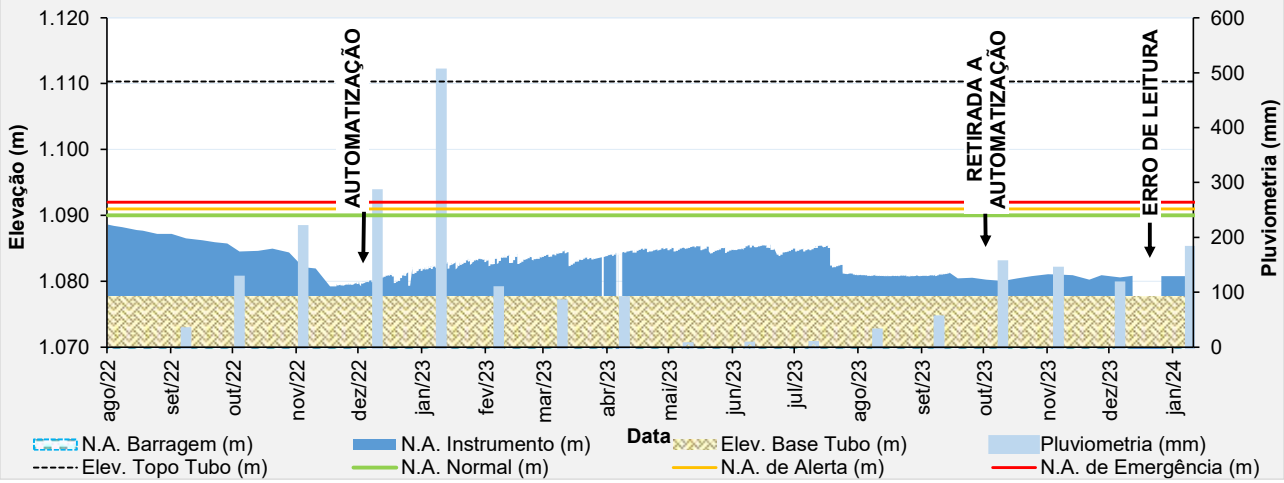


Figura 5.59 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-31.

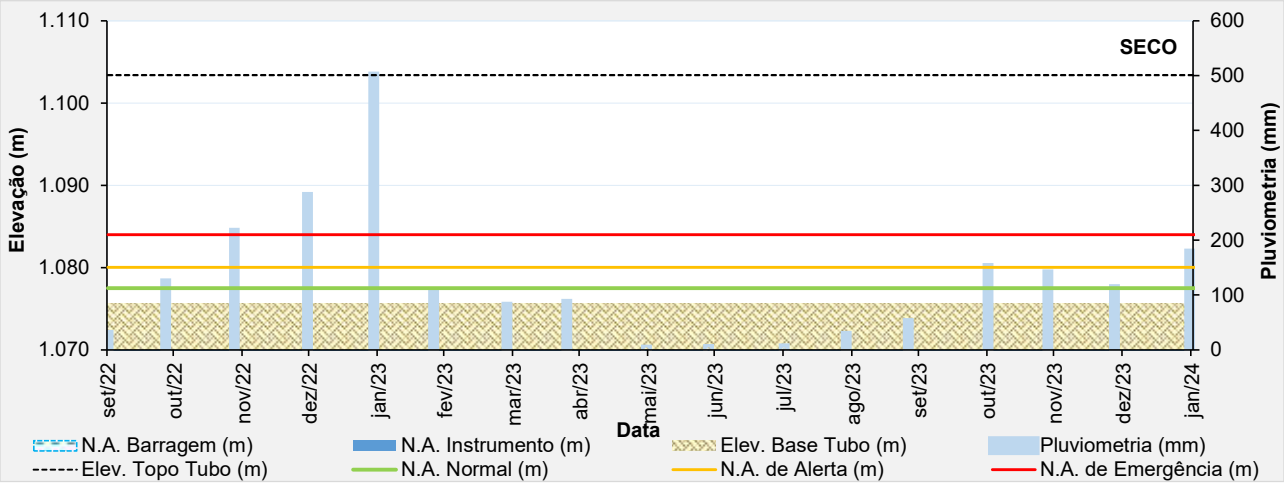


Figura 5.60 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-32.

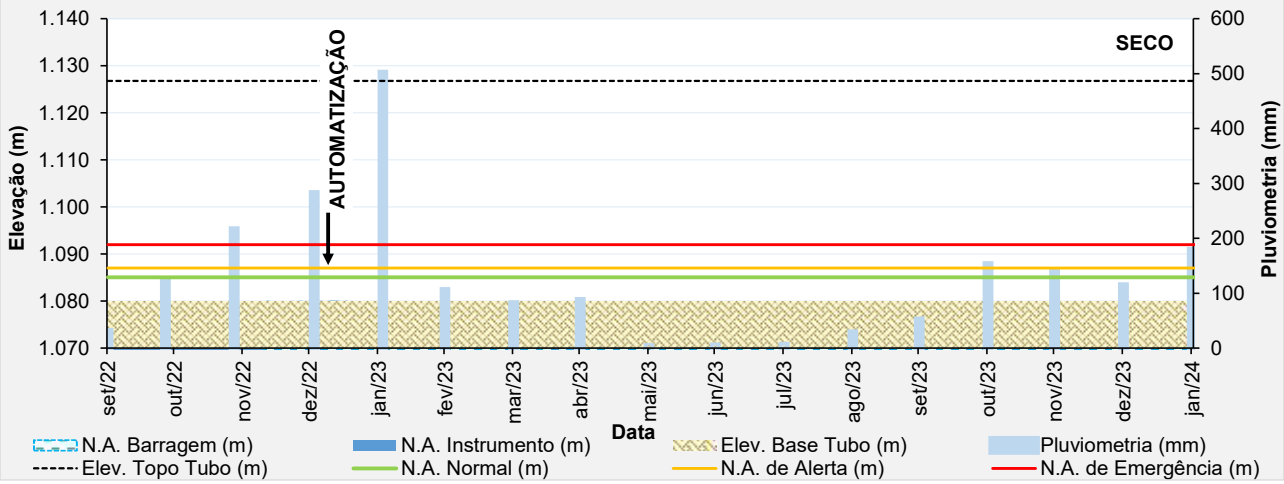


Figura 5.61 – Desempenho do indicador de nível d'água automatizado – INA-33.

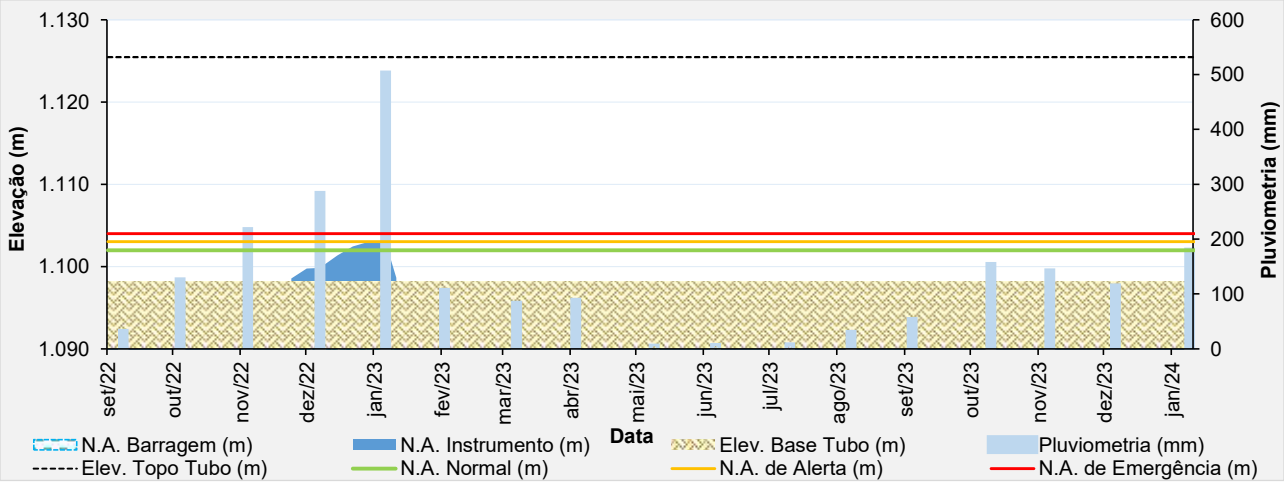


Figura 5.62 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-34.

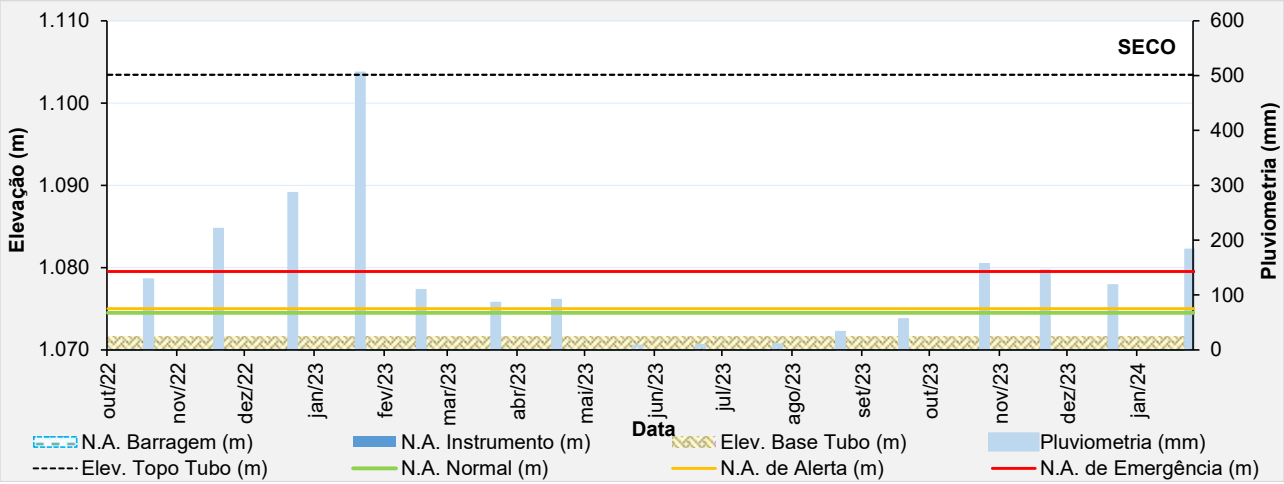


Figura 5.63 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-35.

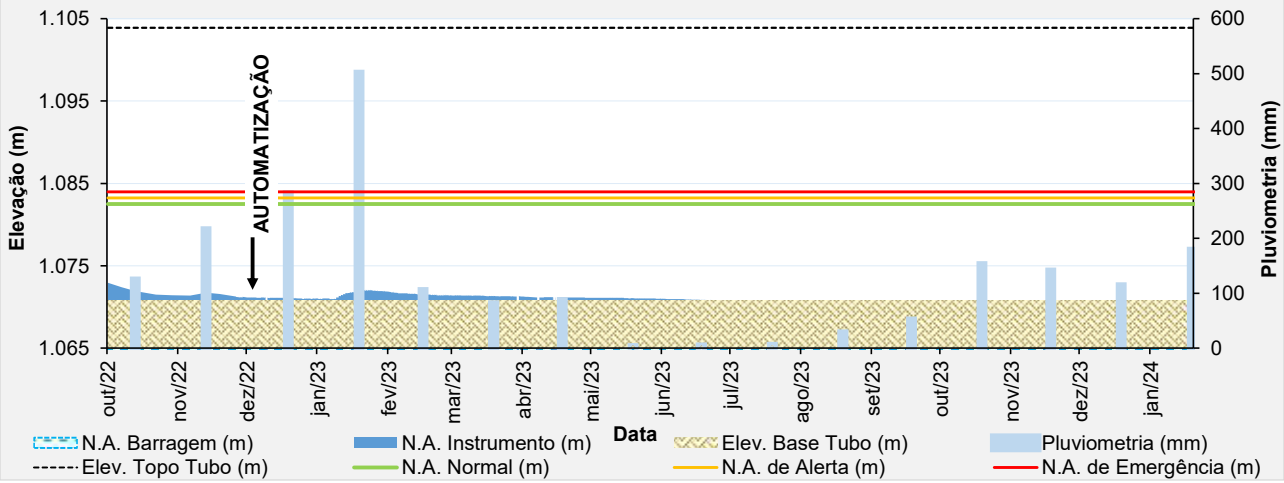


Figura 5.64 – Desempenho do indicador de nível d'água autmoatizado – INA-36.

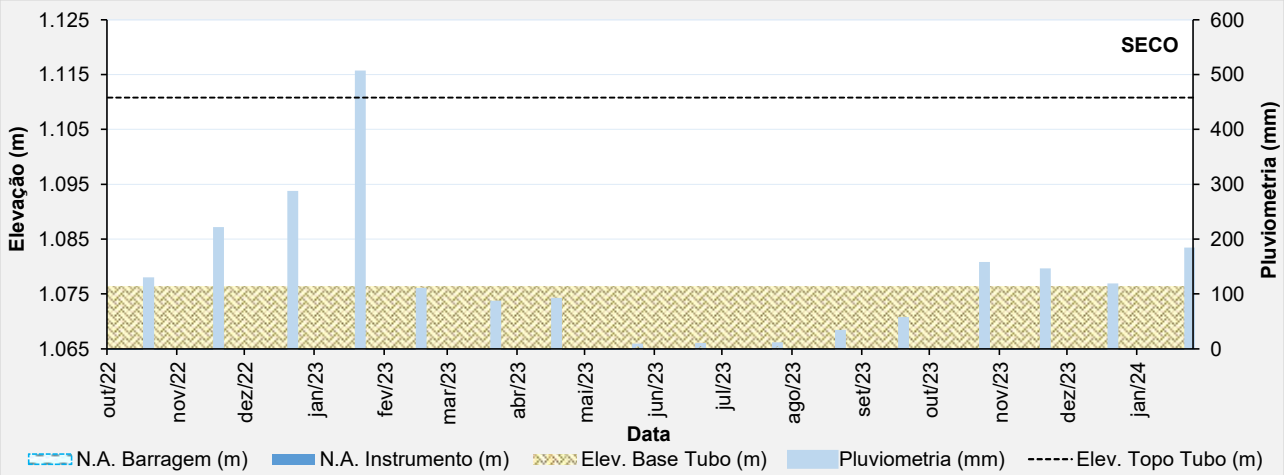


Figura 5.65 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-37.

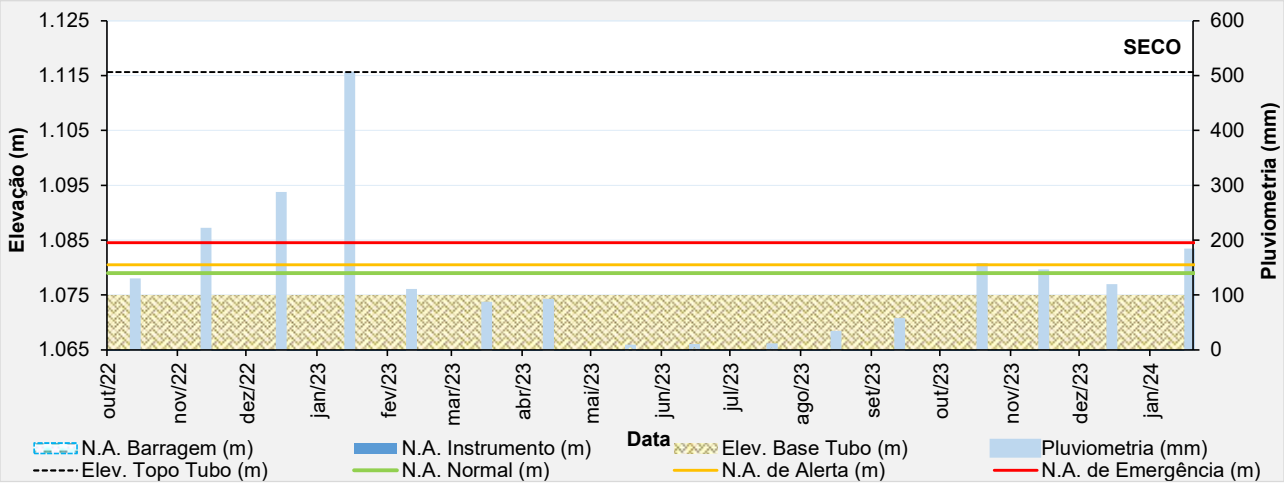


Figura 5.66 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-38.

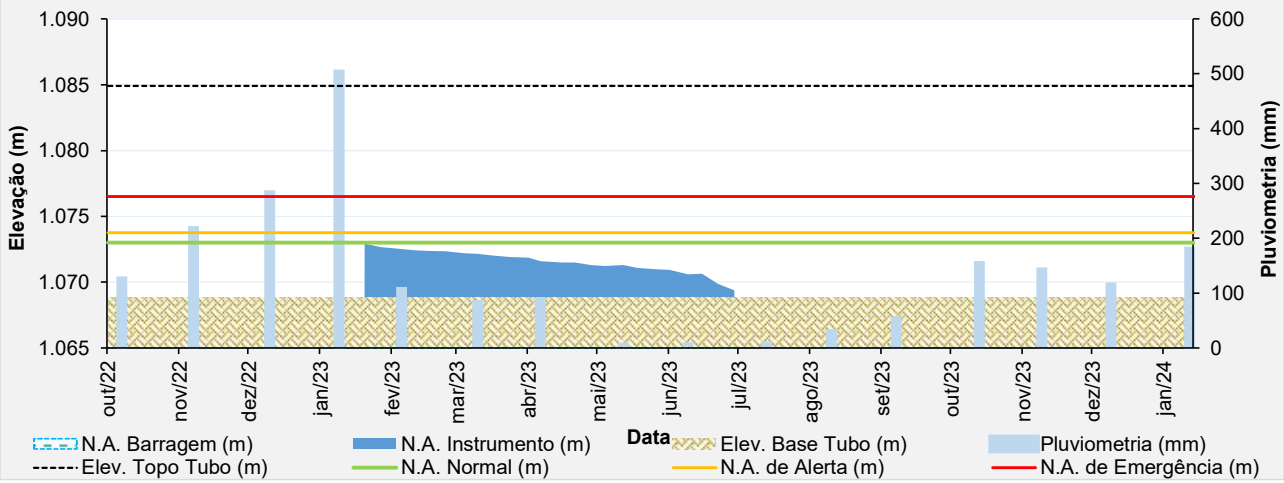


Figura 5.67 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-39.

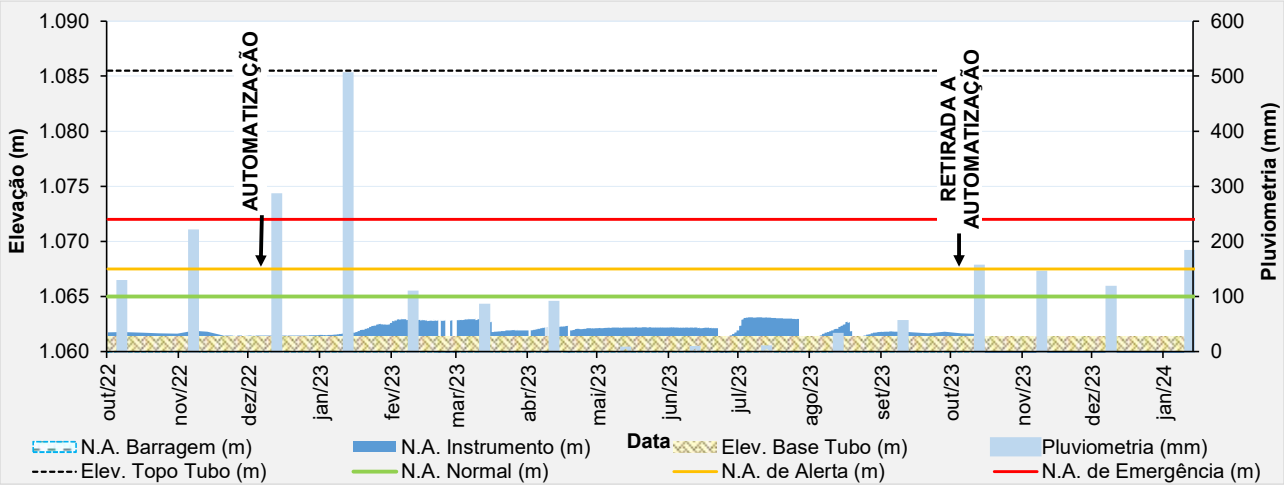


Figura 5.68 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-40.

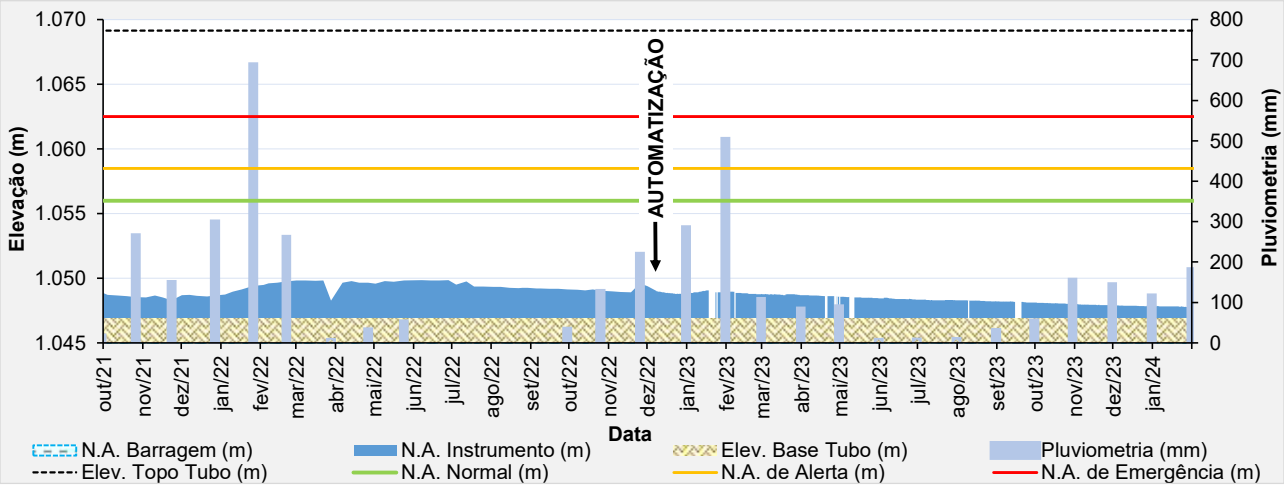


Figura 5.69 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-01.

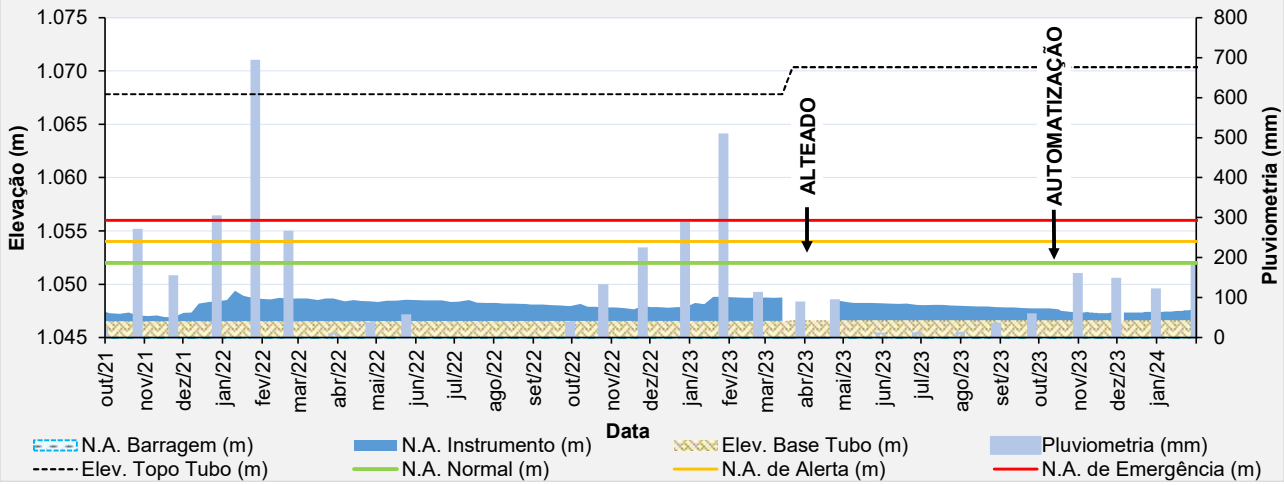


Figura 5.70 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-02.

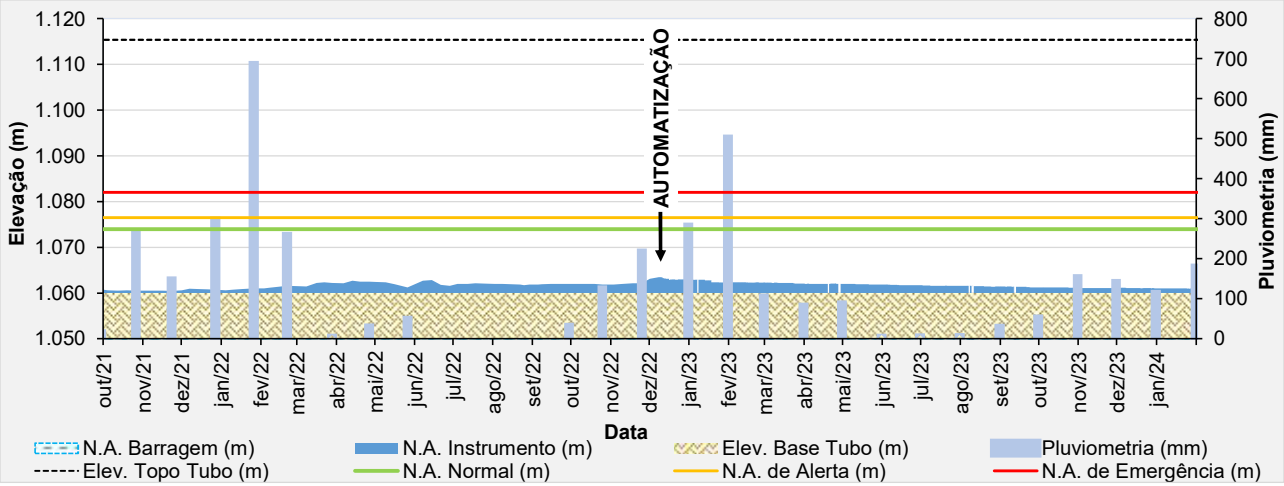


Figura 5.71 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-03.

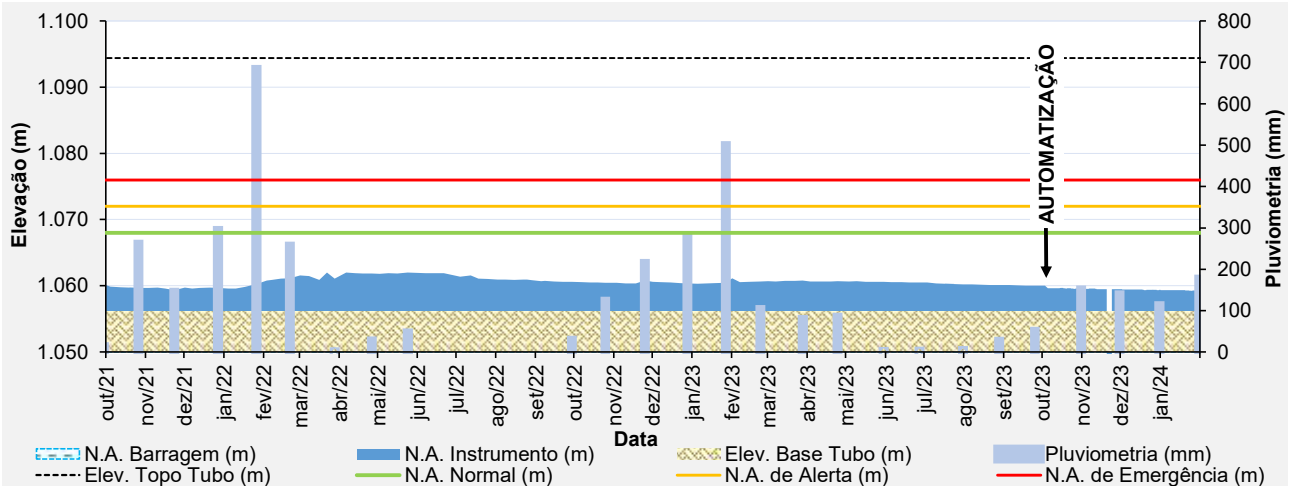


Figura 5.72 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-04.

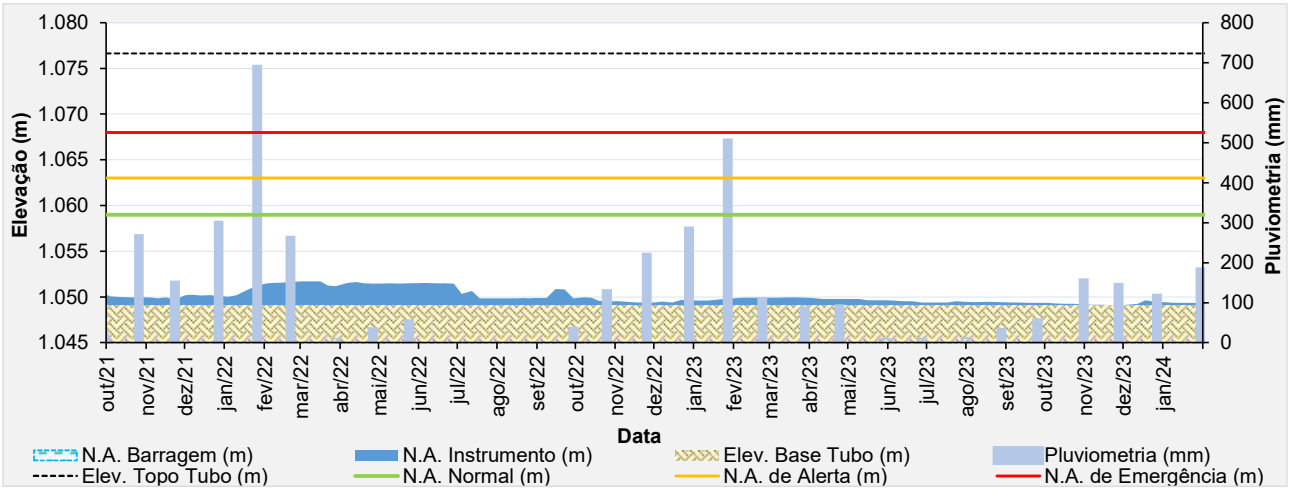


Figura 5.73 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-05.

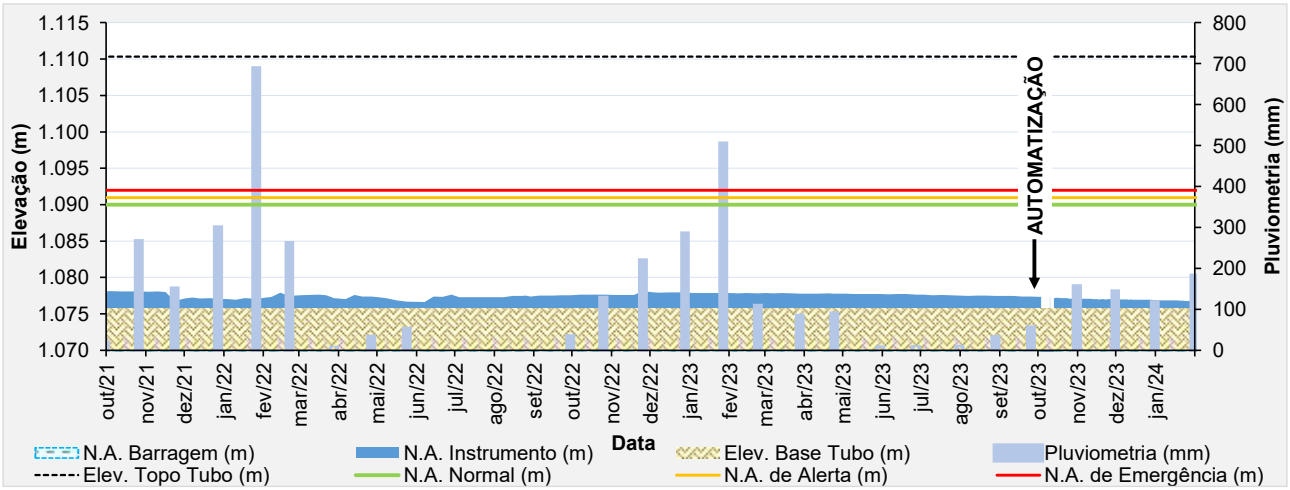


Figura 5.74 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-06.

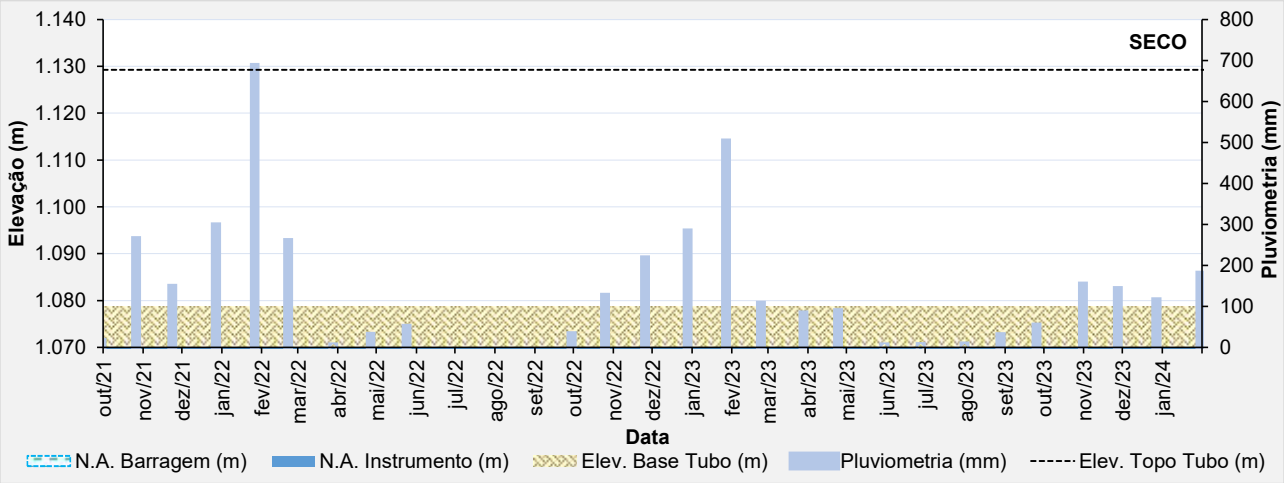


Figura 5.75 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-07.

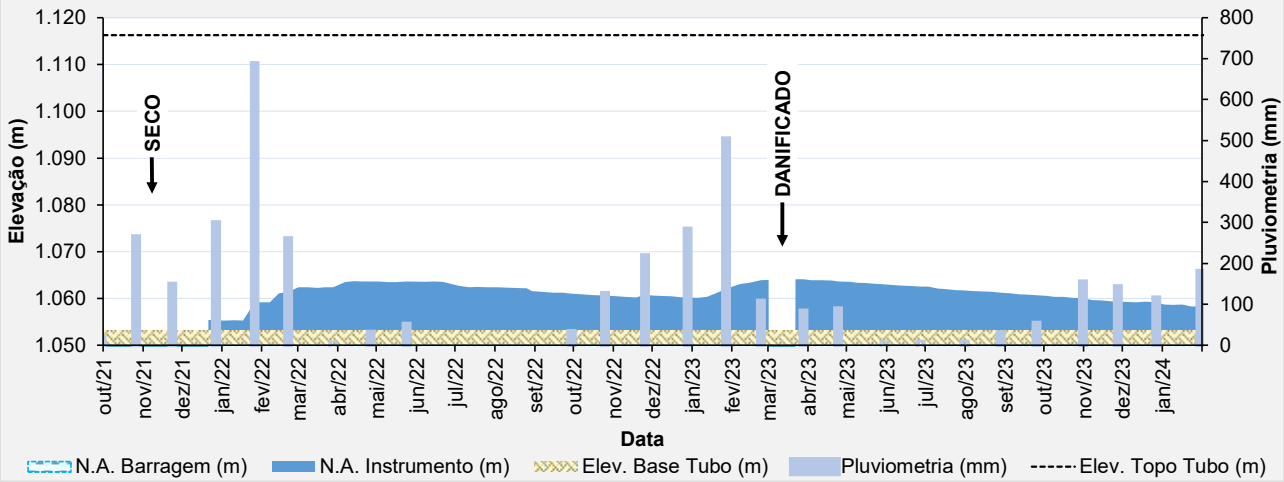


Figura 5.76 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-08.

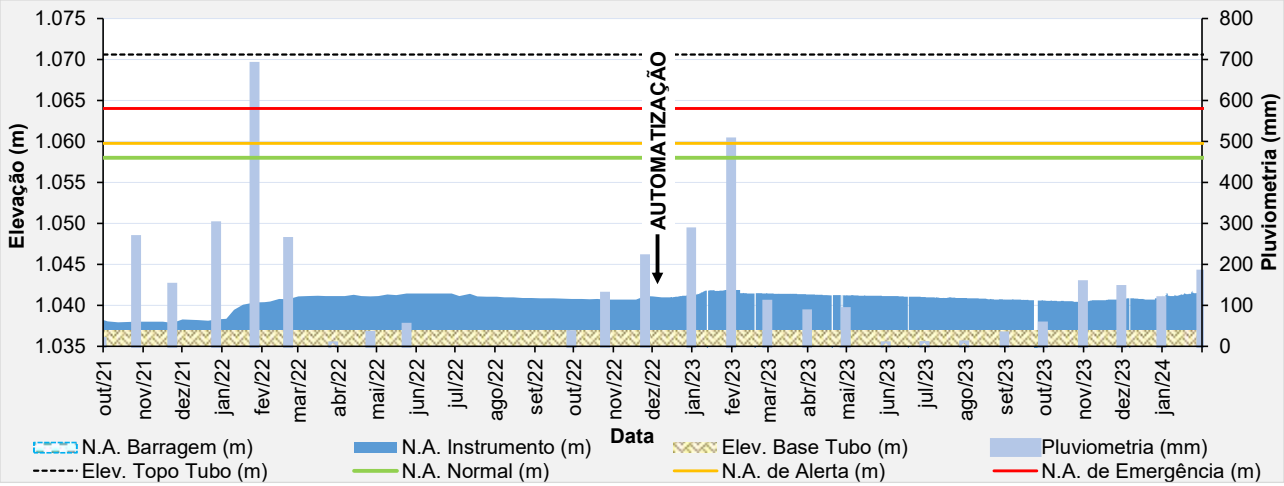


Figura 5.77 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-09.

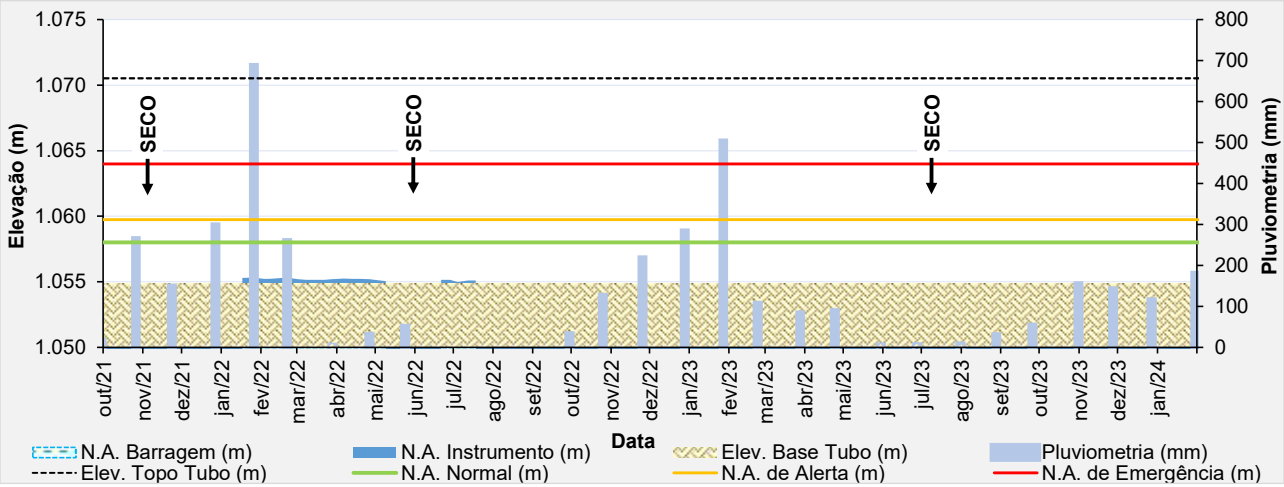


Figura 5.78 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-10.

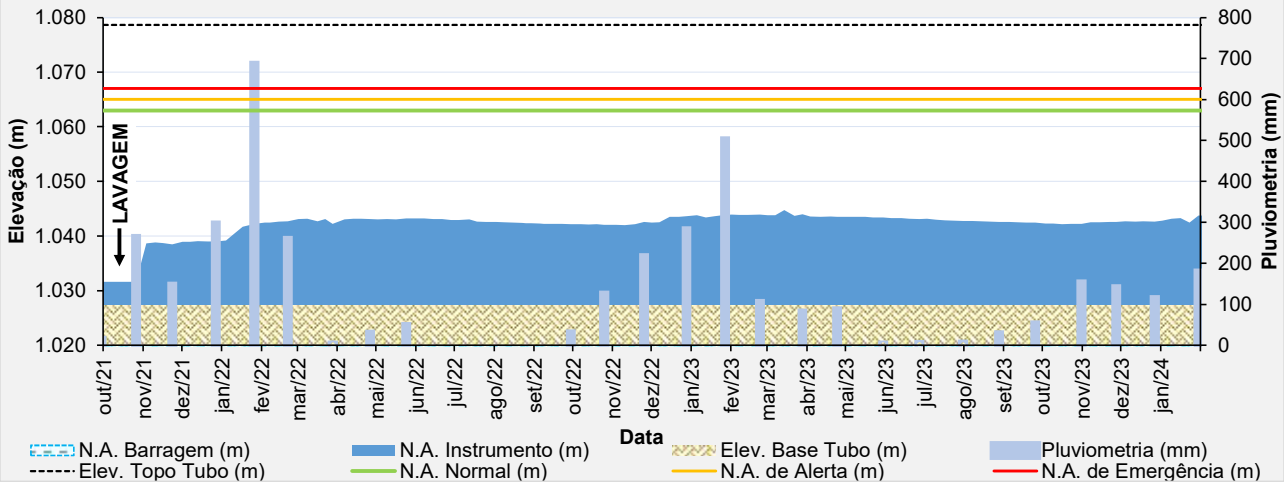


Figura 5.79 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-11.

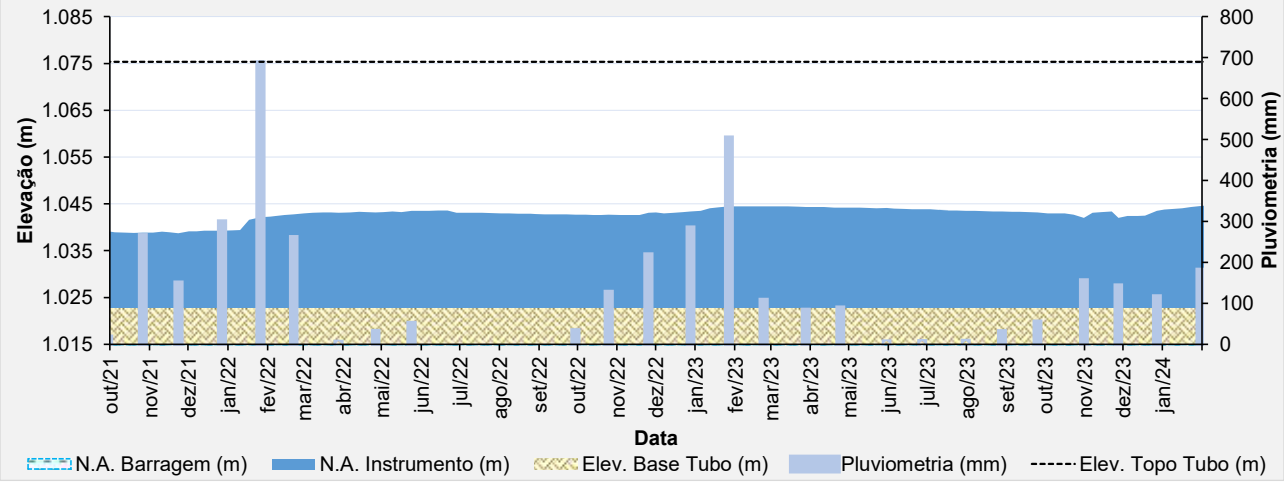


Figura 5.80 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-12.

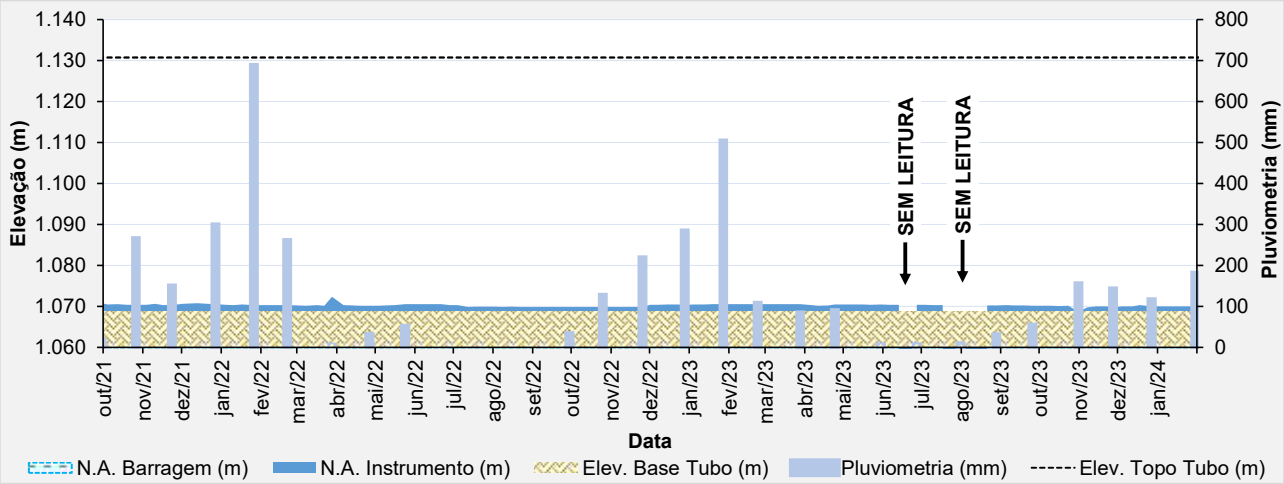


Figura 5.81 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-13.

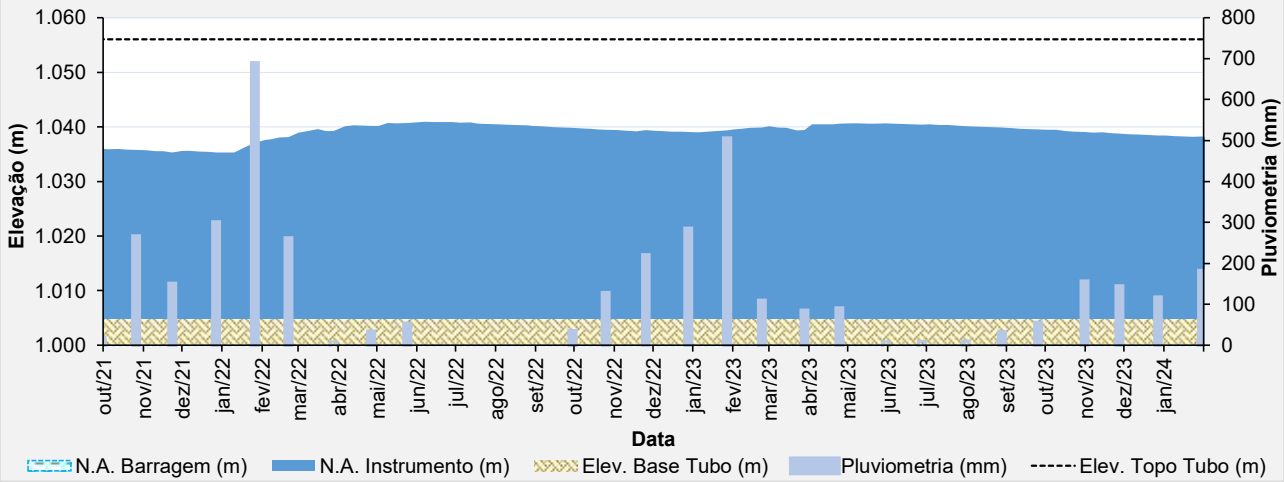


Figura 5.82 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-14.

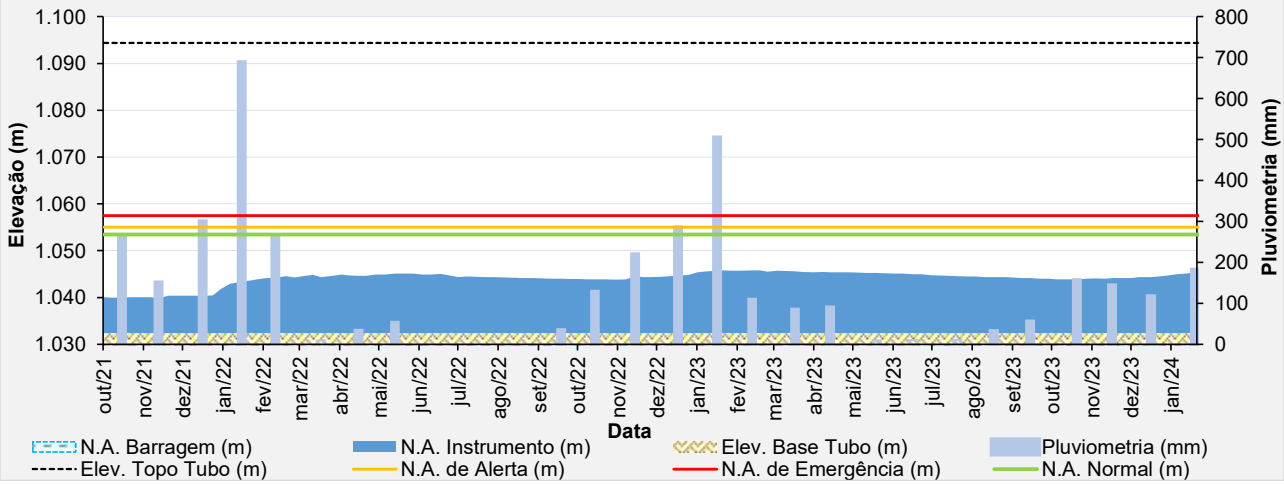


Figura 5.83 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-15.

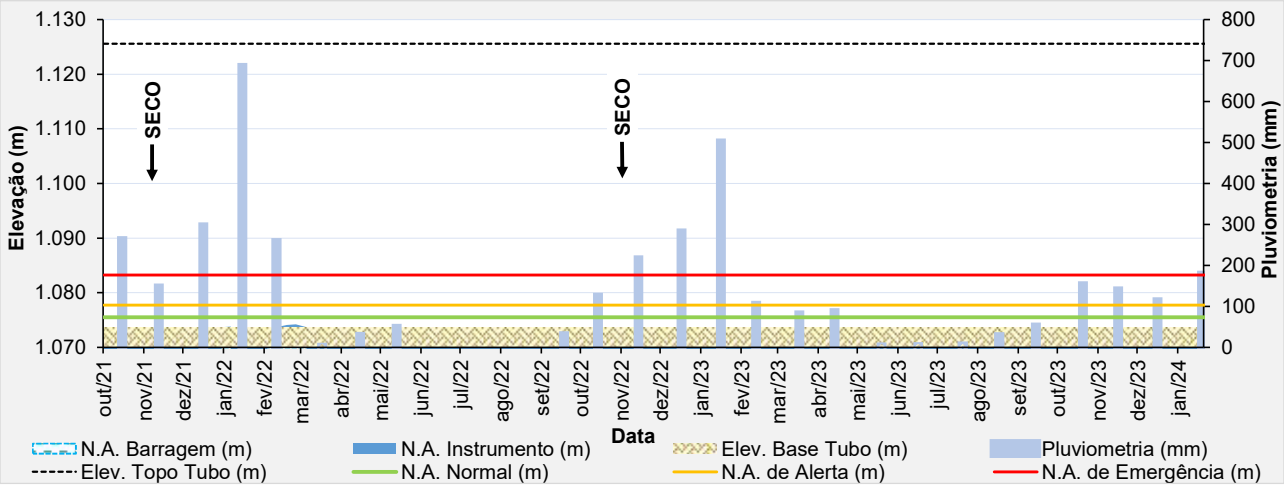


Figura 5.84 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-16.

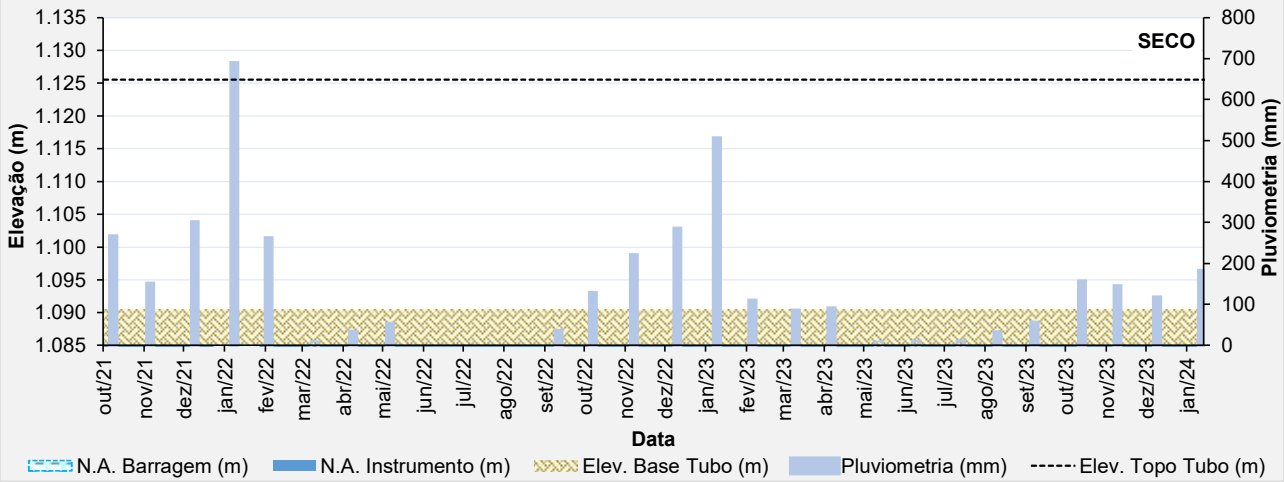


Figura 5.85 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-17.

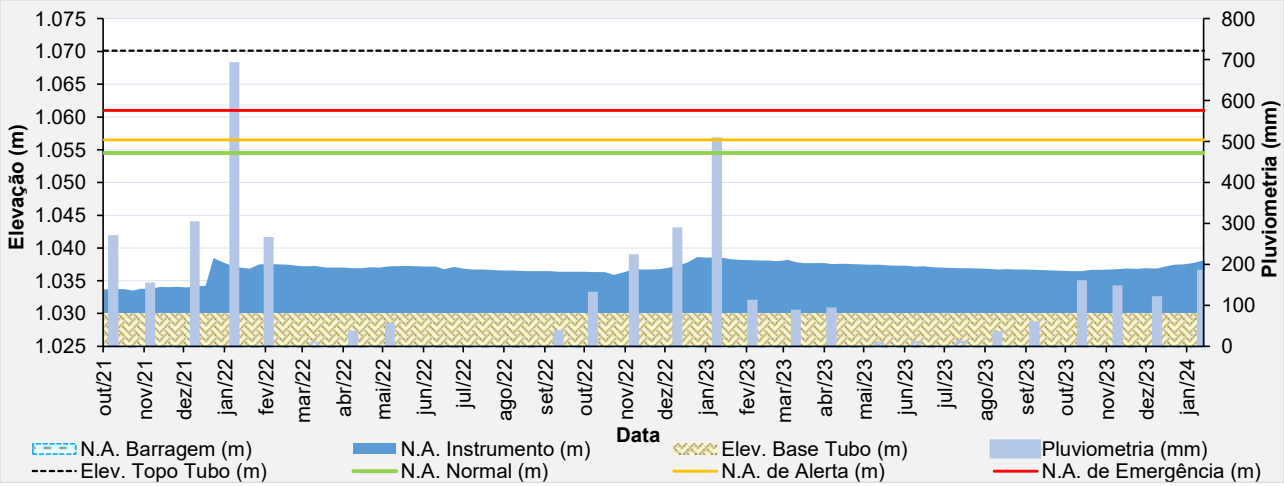


Figura 5.86 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-18.

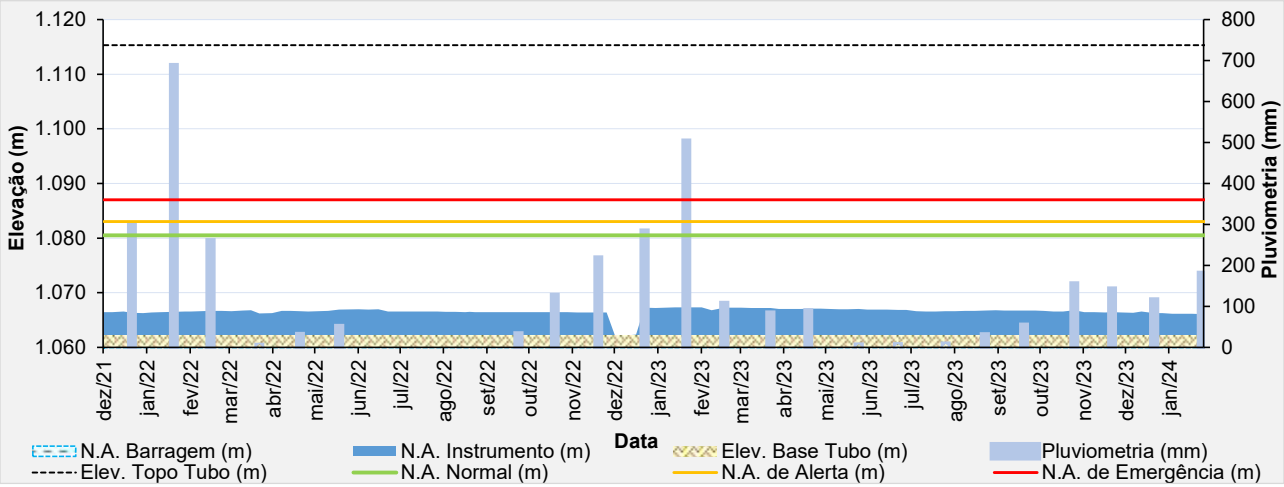


Figura 5.87 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-19.

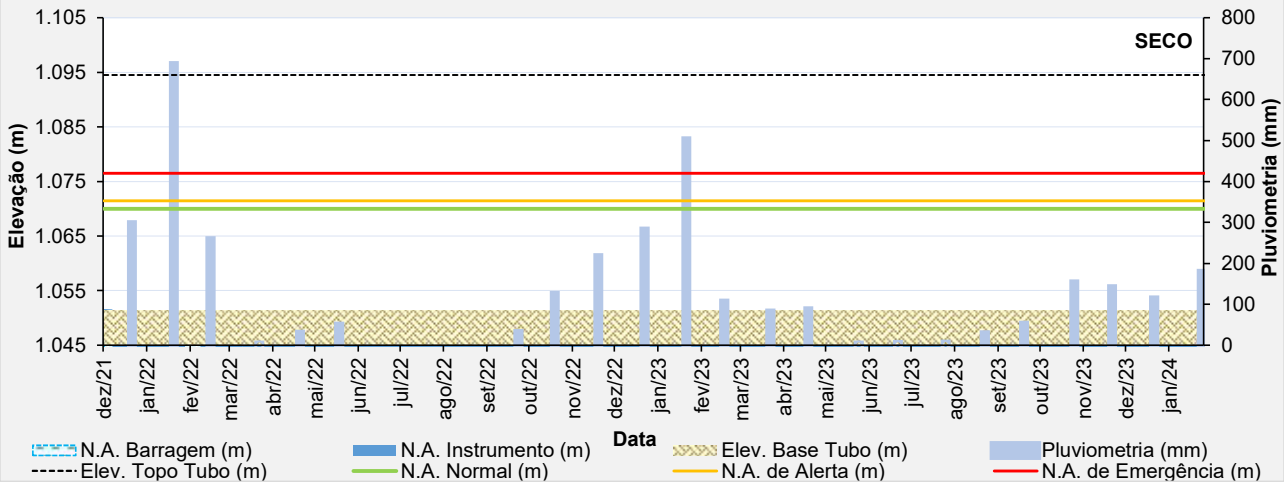


Figura 5.88 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-20.

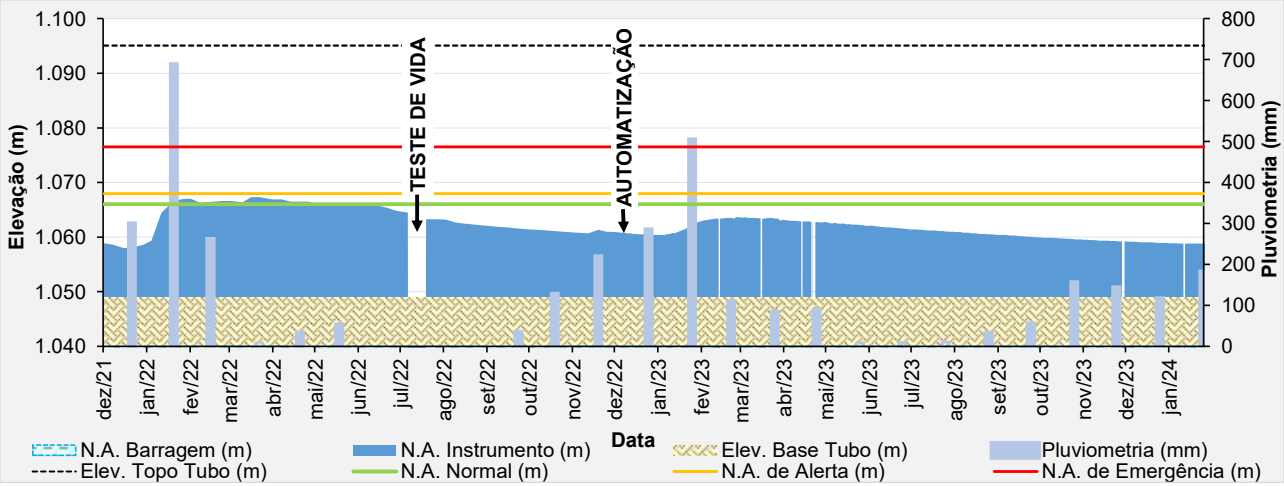


Figura 5.89 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-21.

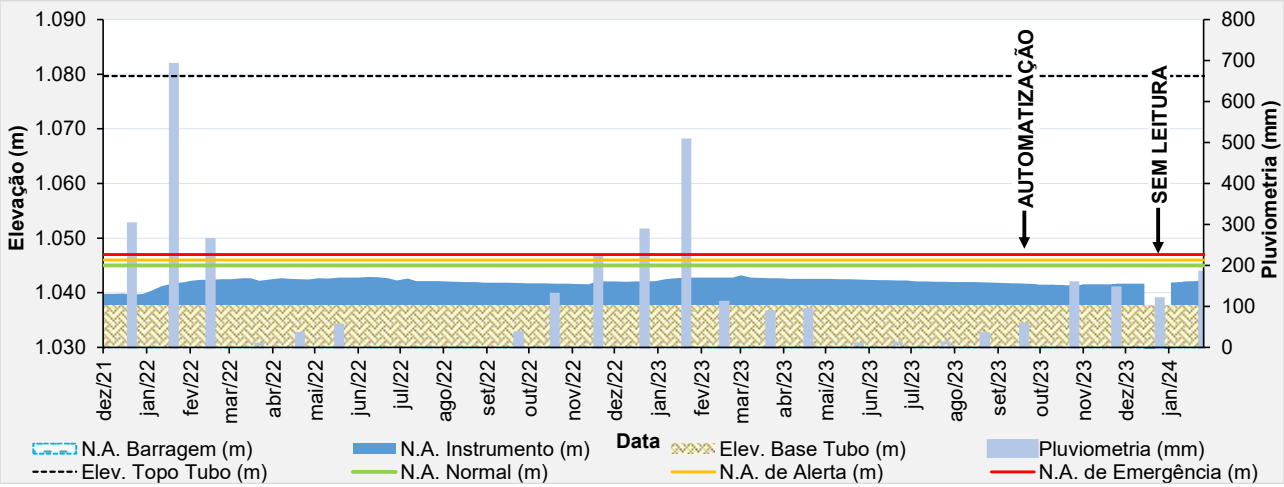


Figura 5.90 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-22.

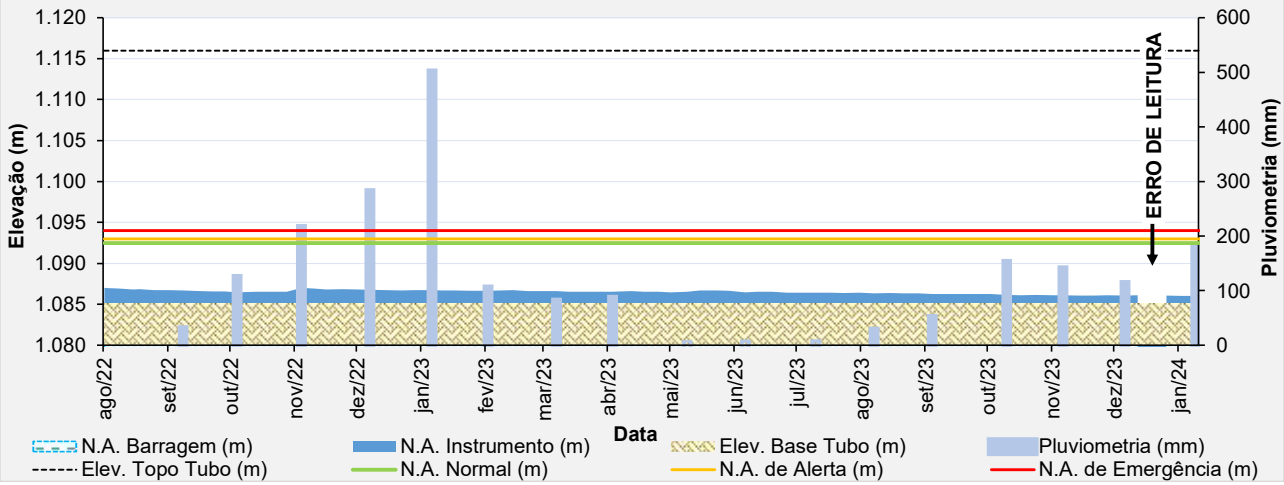


Figura 5.91 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-23.

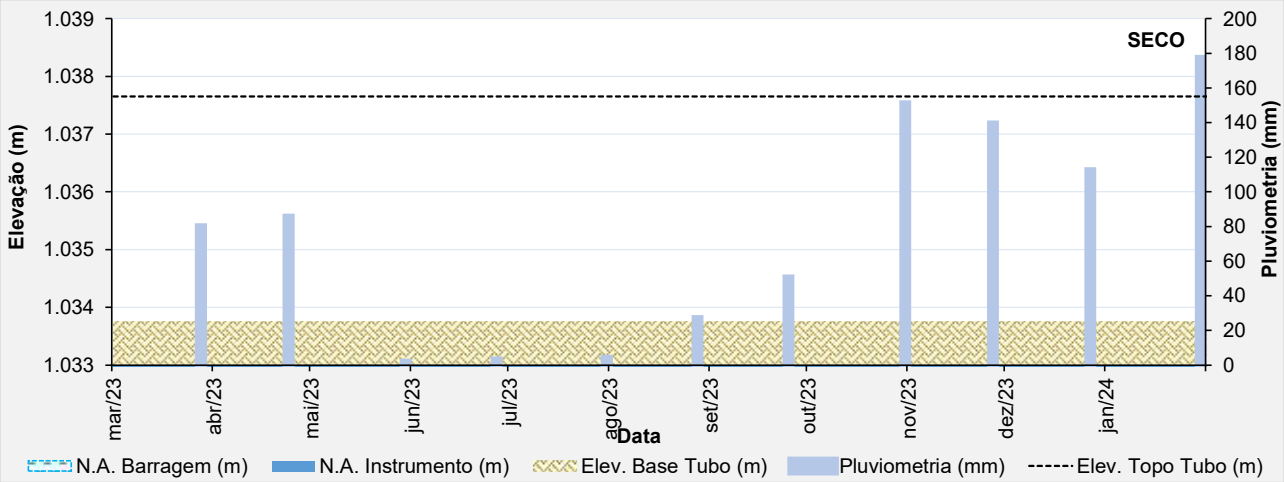


Figura 5.92 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-24.

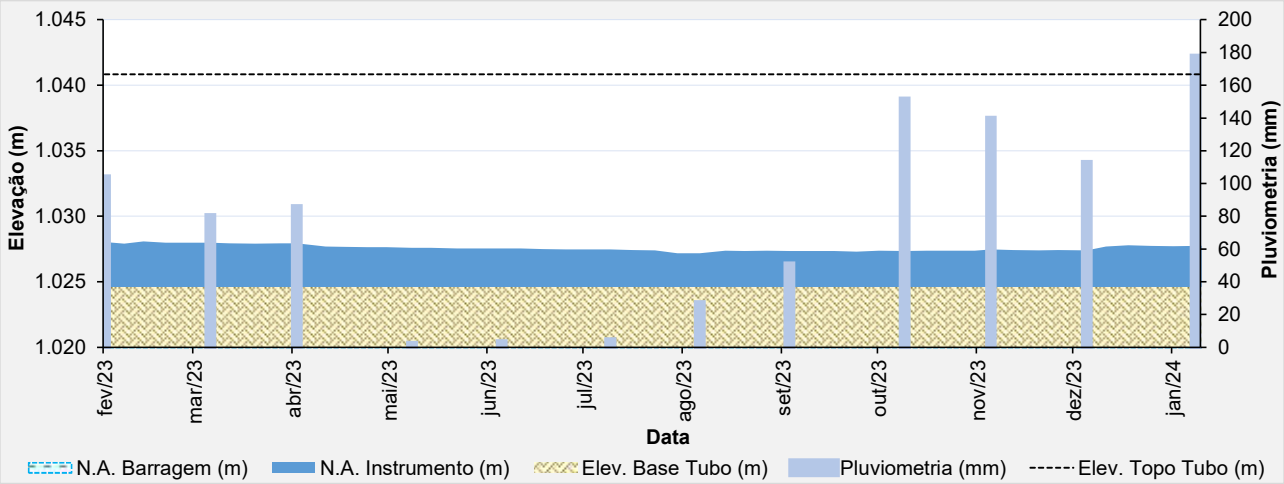


Figura 5.93 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-25.

- **Placa Indicadora de Vazão**

O monitoramento de vazão percolada da barragem era realizado por 2 (dois) indicadores de vazão da drenagem interna. Os dispositivos foram removidos em função das obras de ampliação da berma de reforço da barragem.

A MMI concluiu a instalação da nova placa indicadora de vazão e iniciou o monitoramento das vazões a partir do dia 02/03/2023, conforme apresentado na Figura 5.94. De acordo com o histórico de vazões verificadas, nota-se um pico de leitura no dia 03/01/2024 (20,23 m³/h). Analisando o período avaliado (novembro/2023 a janeiro/2024), obteve-se uma média das leituras de vazões igual a 2,84 m³/h.

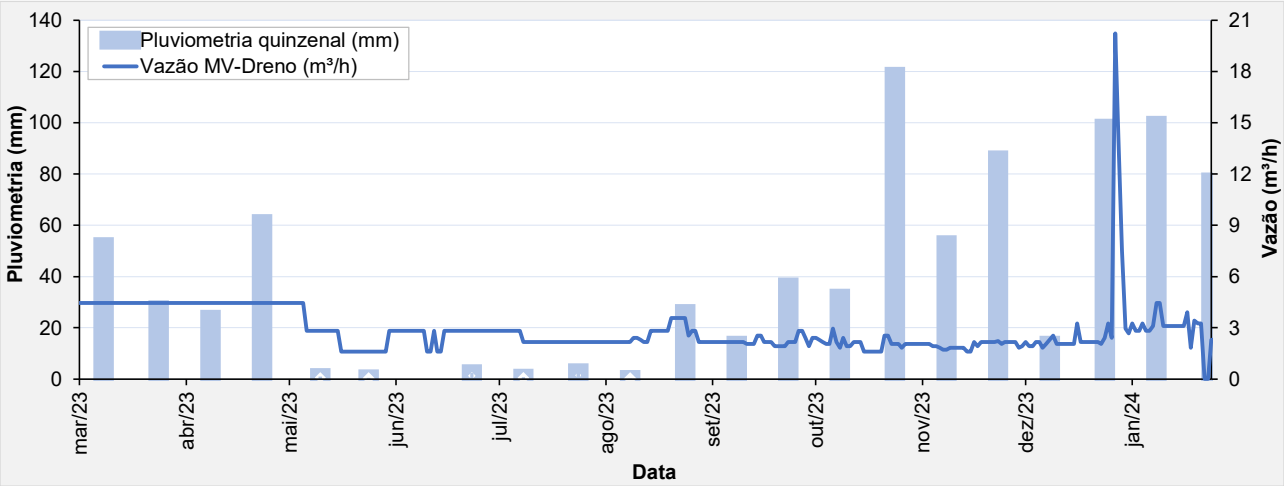


Figura 5.94 – Vazão – MV-Dreno – Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

- **Marcos de Controle de Deformação**

Atualmente na barragem existem 5 marcos de controle de deslocamento instalados como pode ser verificado na Tabela 5.3.

Na 1ª quinzena de outubro de 2023, a equipe de topografia da MMI informou que foi realizada a calibração das estações totais e dessa forma foi necessário o recadastramento das hastes com as leituras do dia 11/10/2023.

A partir da análise das leituras dos marcos de controle pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Os valores acumulados observados, horizontais e verticais menores que 3 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura ("serrilhado"), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão.

A seguir são apresentados gráficos com o histórico dos deslocamentos horizontais e verticais dos marcos, em relação aos dados cadastrais verificados na última calibração realizada.

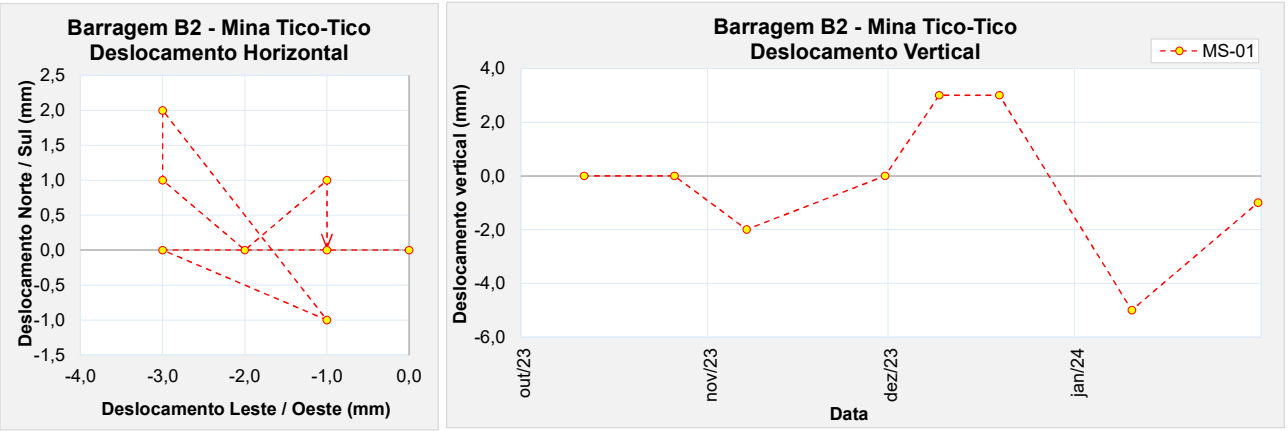


Figura 5.95 – Marco de controle de deformação – MS-01.

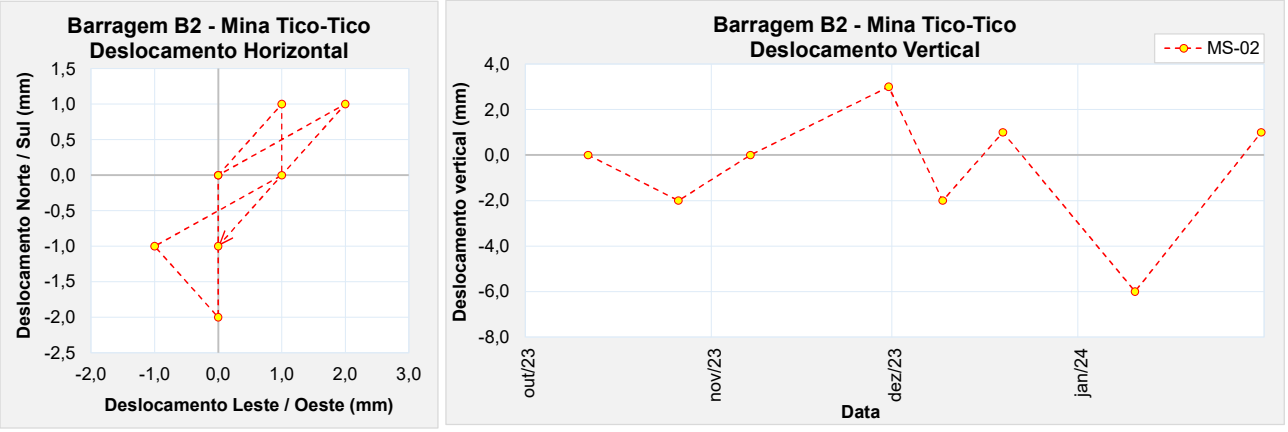
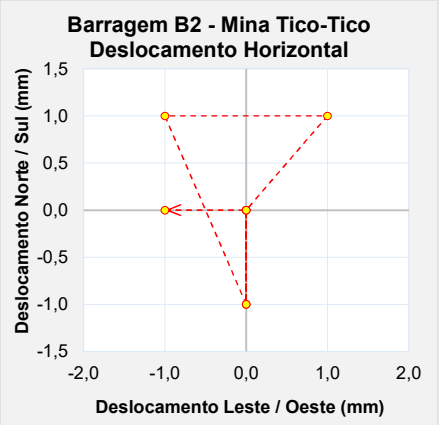


Figura 5.96 – Marco de controle de deformação – MS-02.



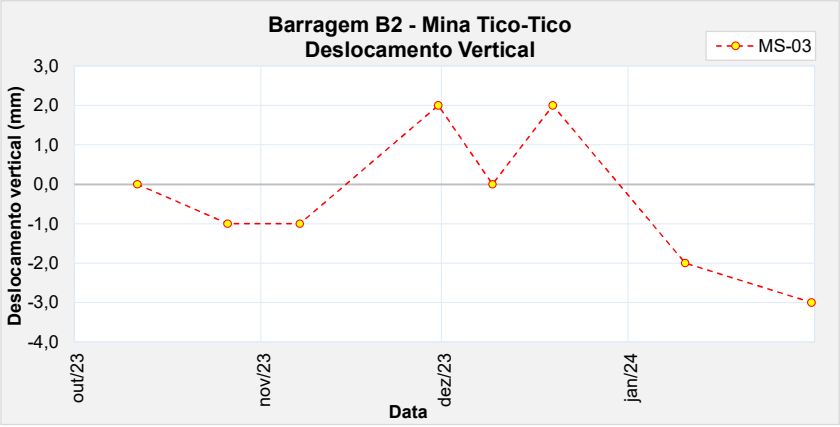
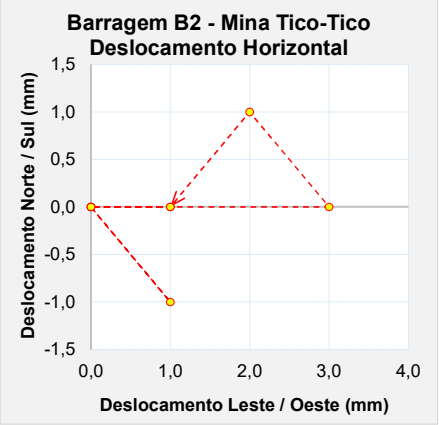


Figura 5.97 – Marco de controle de deformação – MS-03.



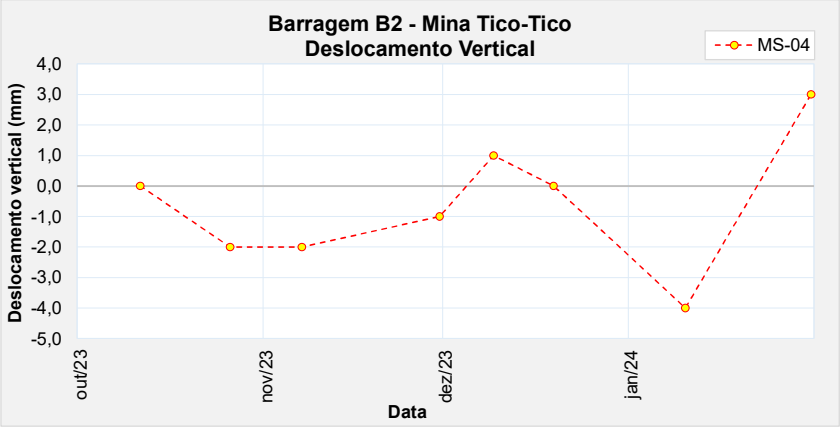
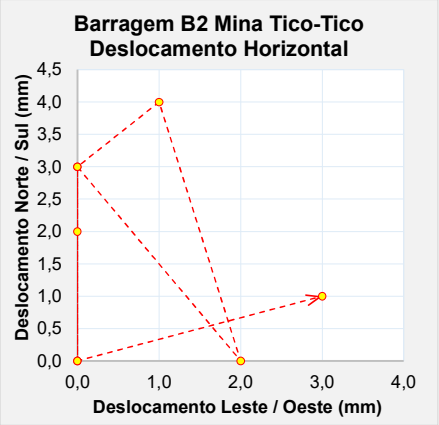


Figura 5.98 – Marco de controle de deformação – MS-04.



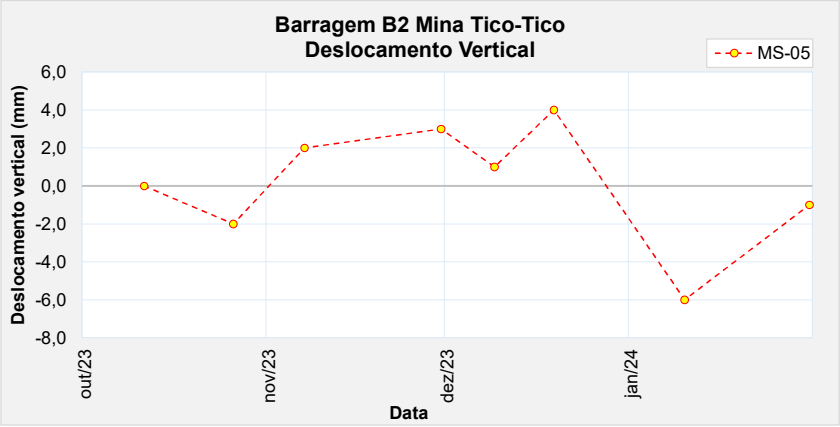


Figura 5.99 – Marco de controle de deformação – MS-05.

5.6.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (novembro/2023 a janeiro/2024).

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2017, a partir do software Slide da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

Na Figura 5.100 é apresentada a locação em planta das seções e instrumentação de controle utilizadas nas análises de estabilidade.

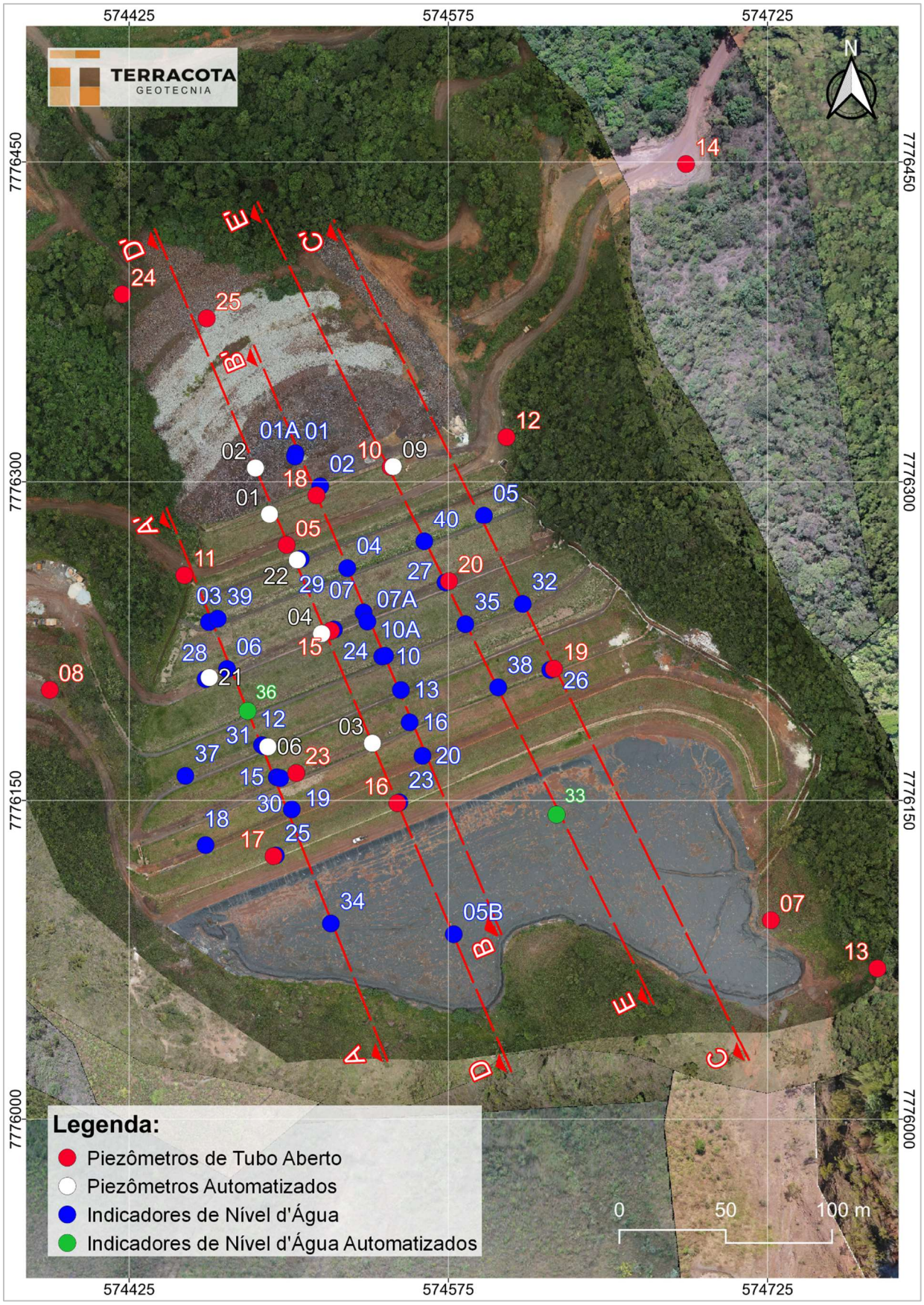


Figura 5.100 – Seções Instrumentadas Barragem B2 – Mina Tico-Tico– Planta.

5.6.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações

As análises aqui apresentadas foram elaboradas para 05 (cinco) seções instrumentadas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, considerando a geometria atual da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico.

A linha freática no interior do reservatório e barramento foi definida a partir da leitura da instrumentação instalada na estrutura.

O fator de segurança ao escorregamento foi calculado considerando a condição de carregamento drenado e a condição de carregamento não drenado. Para condição de carregamento não drenado, o rejeito foi modelado a partir de seu parâmetro não drenado de pico e liquefeito, de forma a simular uma condição hipotética de liquefação do material do reservatório. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram atribuídos apenas para a parcela do material em condição 100% saturada, ou seja, localizada abaixo da linha freática de análise.

O comportamento contrátil do rejeito e seus parâmetros geotécnicos para condições não drenadas foram estudados a partir da análise de ensaios CPTu realizados na estrutura em três campanhas executadas entre 2018 e 2022. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram determinados a partir do método de Olson (2021), no caso do parâmetro de pico e pelo método de Robertson (2021), no caso do parâmetro liquefeito.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução nº 95 de 07 de fevereiro/2022 da ANM (**FS ≥ 1,3**);
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS ≥ 1,0**) e NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,1**);
- Análises não drenadas com parâmetro de liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 5.4 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 5.4 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Sismo (Pseudo-estática)	1,0 a 1,1	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada e condições com sismo (pseudo-estática) atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2017 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do *peak ground acceleration* (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento dinâmico (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da

Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 5.101 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 5.101 – Rede sismológica brasileira (http://www.rsbr.gov.br).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 5.5 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Tabela 5.5 – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

Modelo	Valores máximos por período de retorno (anos)					Máximo absoluto
	500	1.000	2.500	5.000	10.000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	**9.7%**	**9.5%**	**13.4%**	**16.0%**	**18.3%**	**18.3%**
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo *"Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment"* publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 5.102).

A localização da barragem no mapa de Assumpção et al. fornece valor de PGA em torno de 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR.

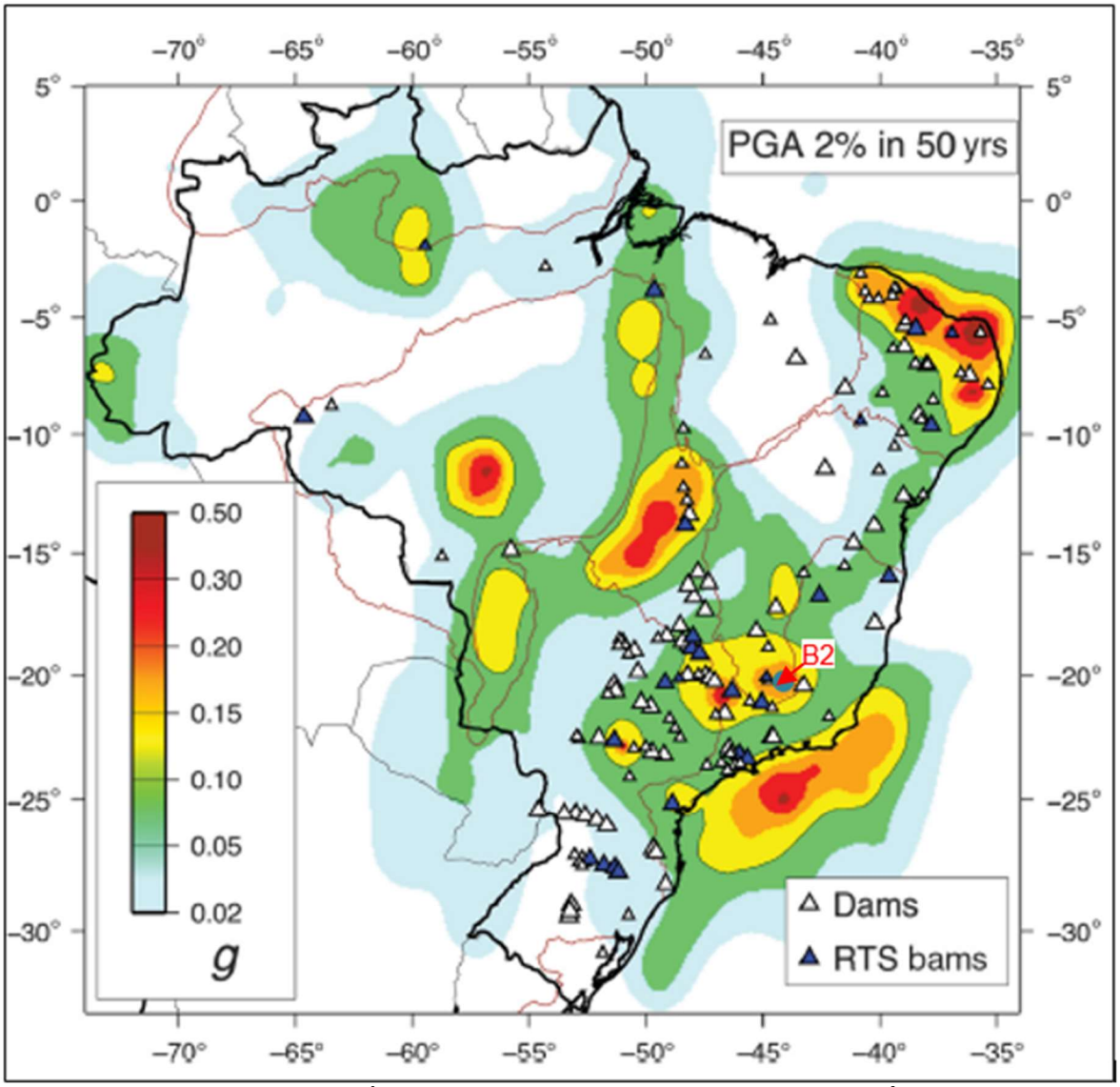


Figura 5.102 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Assumpção Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, considerando a contribuição do efeito sísmico, utilizou-se como premissa a norma técnica elaborada pela Canadian Dam Association (CDA) – *"Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams"* (2014), em conformidade ao recomendado pela NBR 13.028/2017 no seu tópico 5.3.6, o qual faz referência aos estudos sísmicos.

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados a infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

Classificação da Barragem	População em Risco (Nota 1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (Nota 2)	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixo	Nenhum	0	Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativo	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
			Apenas perdas marginais do habitat.	
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
			Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	
Extrema	**Permanente**	**Mais de 100**	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem.	Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).
			Restauração ou compensação da condição impossível.	

Nota 1. Definições para população em risco:

Nenhum – Não há população identificável em risco, portanto não há possibilidade de perda de vida a não ser devido ao acaso imprevisível.

Temporário – As pessoas estão apenas temporariamente na zona de inundação do rompimento da barragem (por exemplo, uso sazonal de casas de campo, passagem em rotas de transporte, participação em atividades recreativas).

Permanente – A população em risco normalmente está localizada na zona de inundação da ruptura da barragem (como residentes permanentes); são propostas três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) para permitir estimativas mais detalhadas da potencial perda de vidas (para auxiliar na tomada de decisões se for realizada a análise apropriada).

Nota 2. Definições para população em risco:

Não especificado – O nível apropriado de segurança exigido em uma barragem onde as pessoas estão temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, da natureza de sua atividade e de outras condições.

De acordo com os critérios da Tabela 5.6, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.9 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Extrema**. A partir desta classificação, seguindo as

premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 5.7, o PGA de 0,183g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com período de retorno de 10.000 anos.

Tabela 5.7 – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

Classe da Barragem	Probabilidade Anual de Excedência (PAE) – Terremotos (Nota 1)
Baixa	1/1000
Significativo	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/2.475 (Nota 2)
Muito Alta	1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3)
Extrema	**1/10.000 ou SMP (Nota 3)**

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).
Nota 1. Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (Dam Safety Guidelines - CDA 2013).
Nota 2. Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no National Building Code of Canada (Código Nacional de Construção do Canadá).
Nota 3. SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação "*Rationalizing the Seismic Coefficient Method"* (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,092g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Para a componente vertical adota-se um valor correspondente a 60% da componente horizontal, seguindo proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003), resultando num valor igual a 0,055g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

Conforme projeto de descaracterização da estrutura, a Barragem B2 - Mina Tico-Tico deverá ser parcialmente removida nos próximos três anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida útil da estrutura igual a 3 anos, utilizando a Equação 5.1. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de aproximadamente 150 anos.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{t}\right)^{n}$$ Equação 5.1

Em que:

- P é a probabilidade de excedência do sismo;
- t é o período de retorno;
- n é o tempo de vida útil da estrutura.

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 2.500 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,12%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 5.5, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,067g e uma componente vertical igual a 0,040g.

5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada nas análises de estabilidade foram considerados os instrumentos existentes ao longo das seções de análise, instalados no maciço, fundação e reservatório da Barragem B2 - Mina Tico-Tico.

A Tabela 5.8 e Tabela 5.9 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 5.8 – Instrumentação – Freática atuante no rejeito - Valores lidos (30/01/2024) e adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A’	INA-25	1.097,78	Seco	-
	INA-19	1.094,19	Seco	-
	INA-30	1.079,93	Seco	1.086,03 (1)
	INA-15	1.089,51	Seco	-
	PZ-23	1.085,13	1.086,03	1.086,03
	INA-31	1.074,93	1.080,78	1.080,78
	PZ-06 (5)	1.075,80	1.076,80	1.080,78 (1)
	INA-12	1.088,77	1.089,11	-
	INA-36 (2)	1.070,80	1.070,65 (4)	1.070,80
	INA-28	1.071,74	Seco	-
	INA-06	1.084,07	Seco	-
	INA-39	1.068,90	Seco	1.068,90
	INA-03	1.074,42	Seco	-
B-B’	INA-20	1.094,24	Seco	-
	INA-16	1.089,62	Seco	-
	INA-13	1.089,05	Seco	-

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
	INA-10	1.078,29	Seco	-
	INA-10A	1.083,46	Seco	-
	INA-07	1.073,56	Seco	-
	INA-07A	1.076,94	Seco	-
	INA-04	1.068,65	Seco	-
	PZ-18	1.030,04	1.038,02	1.051,30(1)
	INA-02	1.039,52	Seco	1.051,10(1)
	INA-01	1.038,92	1.048,72 (3)	1.048,72
	INA-01A	1.043,38	1.048,50 (3)	1.048,50
C-C’	INA-26	1.073,07	Seco	-
	PZ-19	1.062,12	1.066,10	1.066,10
	INA-32	1.075,61	Seco	-
	INA-05	1.076,65	Seco	-
D-D’	INA-23	1.079,61	Seco	-
	INA-24	1.054,17	1.063,30	1.063,30
	PZ-04 (5)	1.056,08	1.059,28	1.063,30 (1)
	INA-29	1.044,74	1.054,95	1.054,95
	PZ-05	1.049,09	1.049,32	1.049,32
	PZ-01 (2)	1.046,85	1.047,79	1.047,79
	PZ-02 (6)	1.046,53	1.047,67	1.047,67
E-E’	INA-33 (2)	1.079,98	1.079,77 (4)	1.079,98
	INA-38	1.074,80	Seco	-
	INA-35	1.071,60	Seco	-
	INA-27	1.068,47	Seco	-
	PZ-20	1.051,50	Seco	-
	INA-40	1.061,34	Seco	1.061,34
	PZ-09 (2)	1.037,00	1.041,61	1.055,07 (1)
	PZ-10	1.055,07	Seco	1.055,07

1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
2- Instrumentos automatizados em 08/12/2022;
3- Instrumentos danificados, adotada última leitura válida (14/03/2023);
4- Leitura abaixo da cota de fundo do instrumento. Cota de fundo do instrumento adotada como nível d’água;
5- Instrumentos automatizados em 05/10/2022;
6- Instrumento automatizado em 19/10/2022.

Tabela 5.9 – Instrumentação – Freática atuante na fundação - Valores lidos (30/01/2024) e adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A’	INA-34	1.098,14	Seco	1.098,14
	PZ-17	1.089,35	Seco	-
	PZ-21 (2)	1.048,93	1.058,86	1.058,86
	PZ-11	1.028,64	1.043,74	1.058,00 (1)
D-D’	INA-05B	1.103,52	Seco	1.103,52
	PZ-16	1.073,54	Seco	-
	PZ-03 (2)	1.059,83	1.060,97	1.060,97
	PZ-15	1.032,37	1.045,36	1.045,36
	PZ-22 (5)	1.037,71	1.042,26	1.042,26

1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
2- Instrumentos automatizados em 08/12/2022;
3- Instrumentos automatizados em 05/10/2022;

5.6.4.4 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados para as várias camadas foram consolidados no âmbito do relatório de consolidação de dados da estrutura (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.536).

Na Tabela 5.10 apresentam-se os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

Tabela 5.10 – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material	Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros Efetivos		Referência
			c' (kPa)	ϕ' (°)	
Rejeito		28,0	0	38,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Solo Residual de Filito (1)		16,0	10,0	33,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Aterro Compactado		21,5	10,5	37,5	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Tálus / colúvio		21,0	26,5	35,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório (Barragem B1 Aux.) (2)
Saprolito de Filito		20,0	15,0	45,0	Correlação com N_{SPT}
Enrocamento Reforço		23,0	Envoltória intermediária de Leps (1970)		

Material	Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros Totais	Referência
			Razão de resistência não drenada (s_u/σ'_v)	
Rejeito Pico		28,0	0,26	Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
Rejeito Liquefeito		28,0	0,06	

(1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984), resultando em c=54,4 kPa e Ø=17,5º.
(2) Ensaios executados na matriz siltosa. Parâmetros majorados em 10% para contabilizar presença de blocos.

5.6.4.5 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 5.103 a Figura 5.135, destacando-se as superfícies de ruptura global e local que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 5.11 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 5.11 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A’	30/01/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,16
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	2,04
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,75
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,43 (sismo ↑)
					1,44 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,52 (sismo ↑)
					1,52 (sismo ↓)
B-B’	30/01/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,81
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,66
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,18
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,07 (sismo ↑)
					1,12 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,18 (sismo ↑)
					1,20 (sismo ↓)
C-C’(1)	30/01/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,13
		Drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Parâmetro Efetivo	1,00	1,66 (sismo ↑)
					1,69 (sismo ↓)
		Drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Parâmetro Efetivo	1,10	1,77 (sismo ↑)
					1,79 (sismo ↓)
D-D	30/01/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,92
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,70
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,24
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,33 (sismo ↑)
					1,33 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,42 (sismo ↑)
					1,39 (sismo ↓)

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
E-E'	30/01/2024	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,96
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,77
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,35
		Não drenado pseudo-estático (2) a_h = 0,092g a_v = 0,055g	Resistência não drenada de pico	1,00	1,28 (sismo ↑)
					1,28 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático (3) a_h = 0,067g a_v = 0,040g	Resistência não drenada de pico	1,10	1,37 (sismo ↑)
					1,37 (sismo ↓)

(1) Na seção C-C' não há rejeito localizado abaixo da linha freática, não sendo aplicável a utilização de parâmetro não drenado.
(2) Carregamento pseudo-estático considerando critérios do Canadian Dam Association (CDA, 2014);
(3) Carregamento pseudo-estático considerando Probabilidade de Excedência de 0,2% relativo à vida útil remanescente da estrutura de 3 anos até sua completa remoção e Período de Retorno de 2.500 anos.

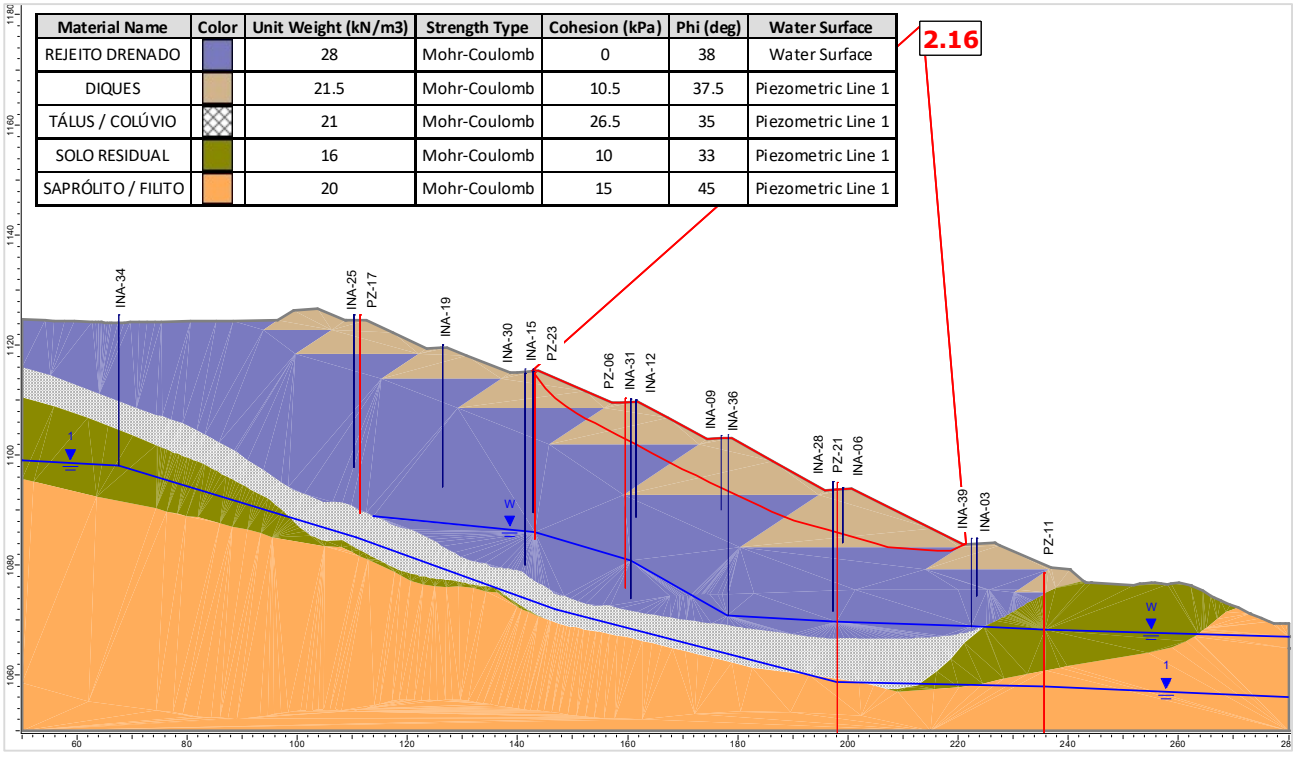


Figura 5.103 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024.

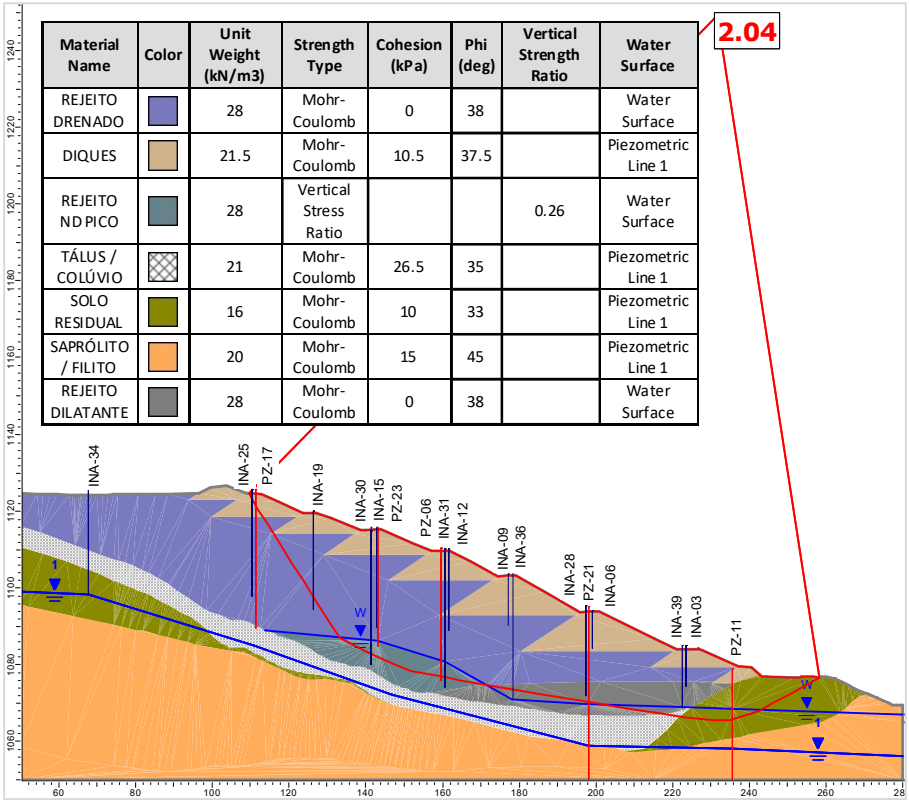


Figura 5.104 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

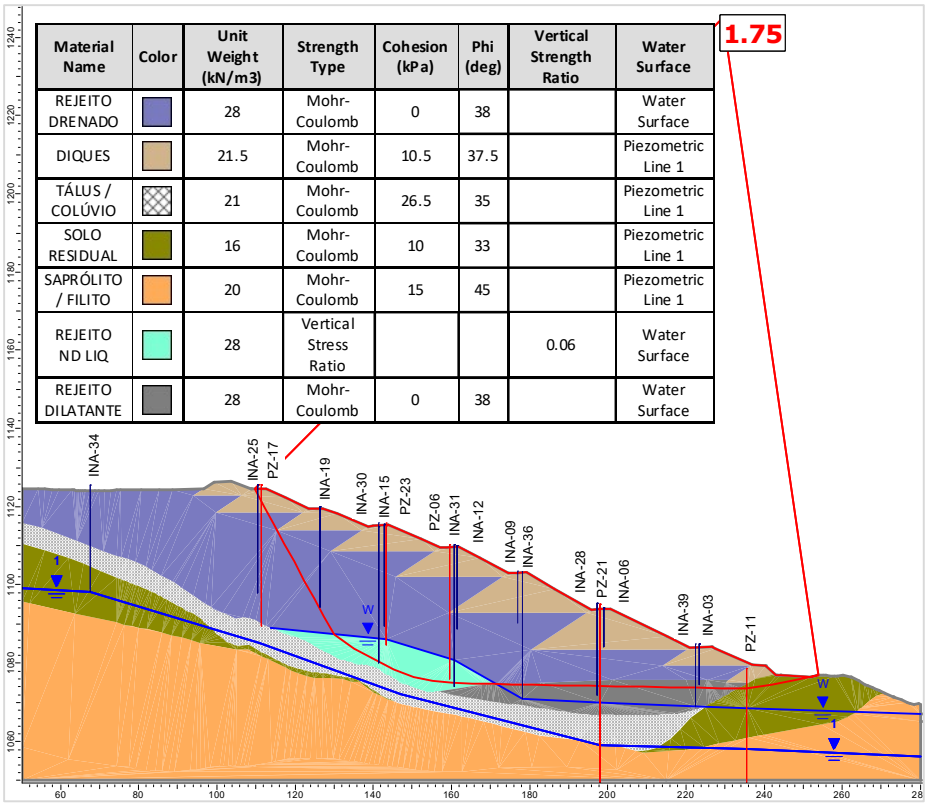
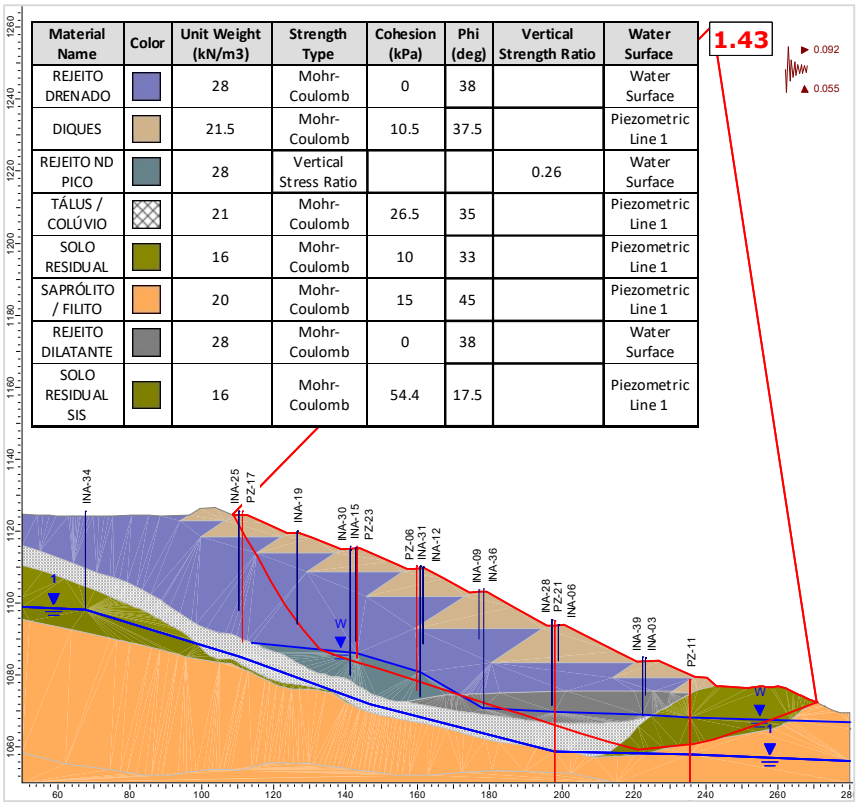
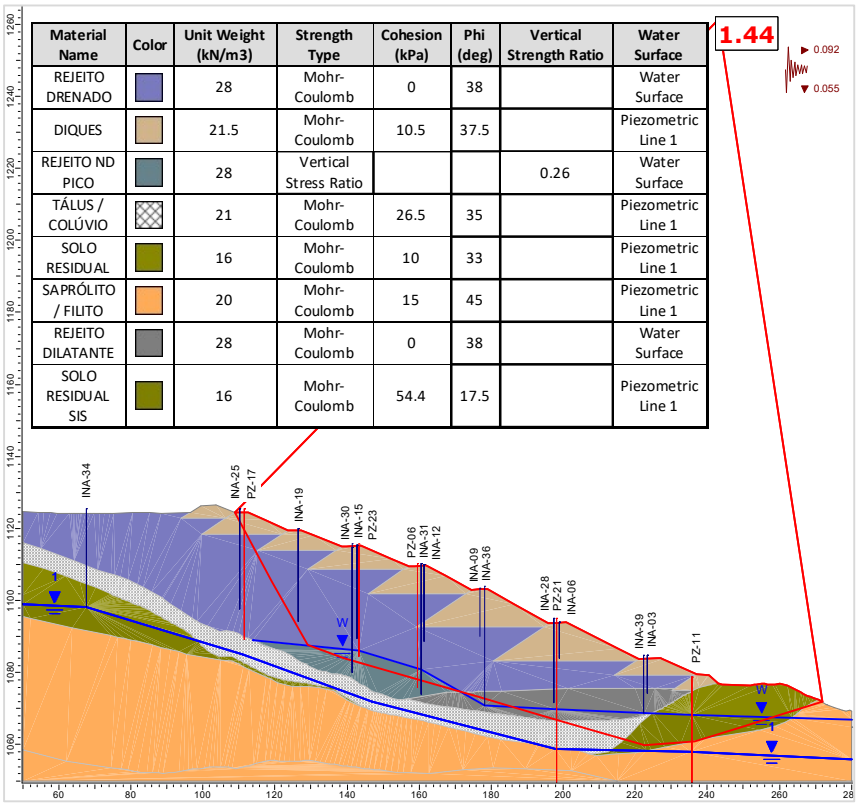


Figura 5.105 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



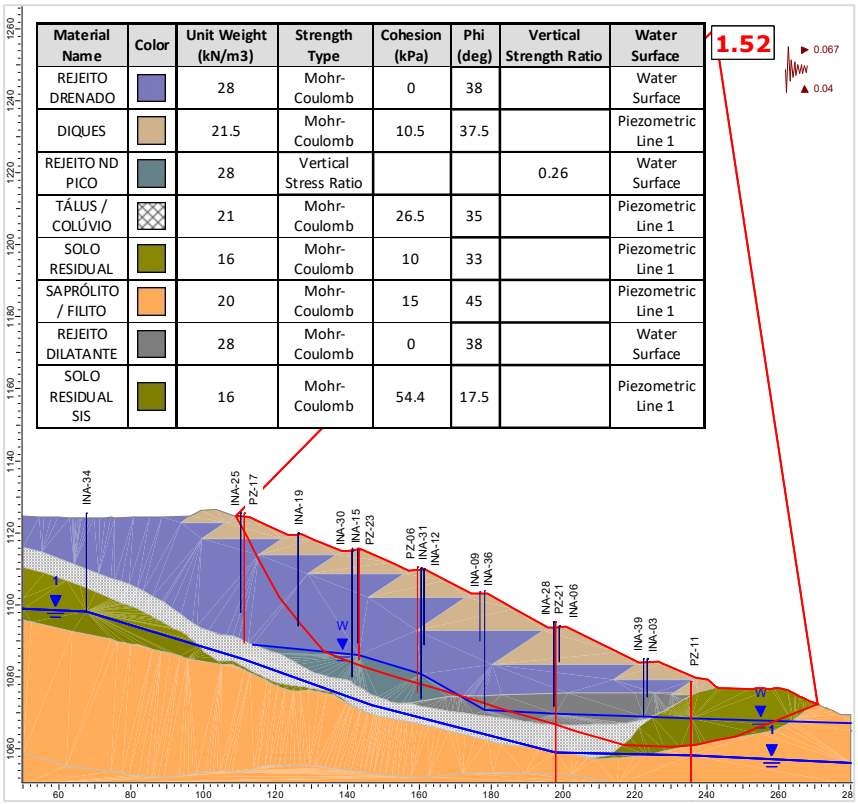
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5		Piezometric Line 1

Figura 5.106 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



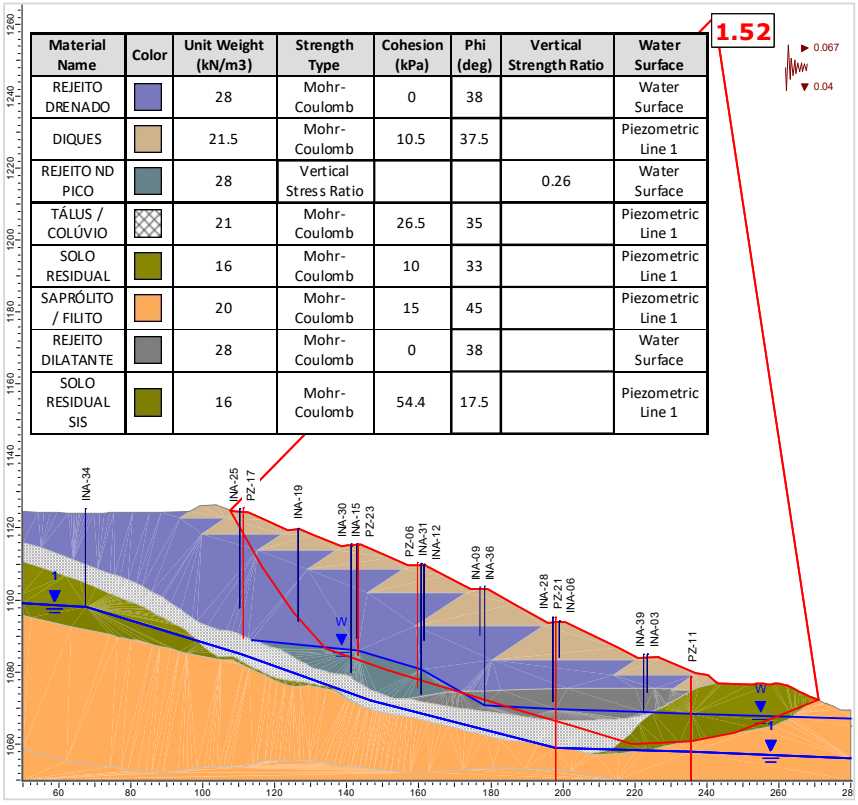
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5		Piezometric Line 1

Figura 5.107 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5		Piezometric Line 1

Figura 5.108 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5		Piezometric Line 1

Figura 5.109 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

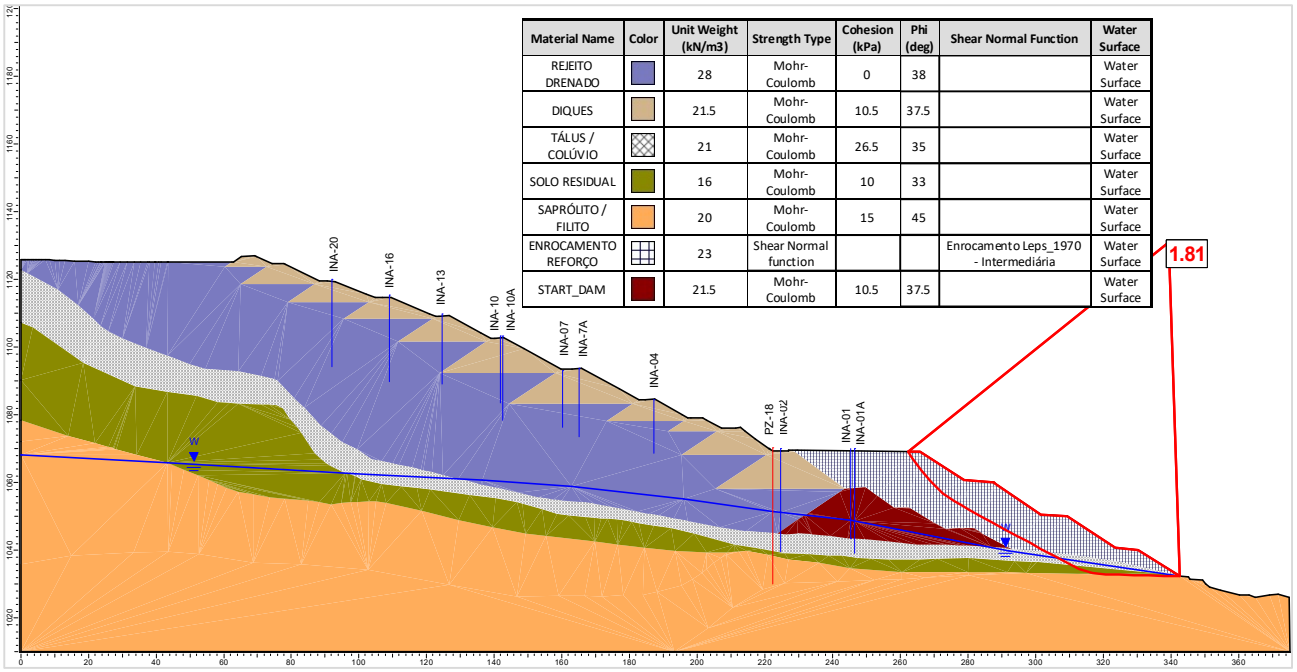


Figura 5.110 – Seção B-B’ – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024.

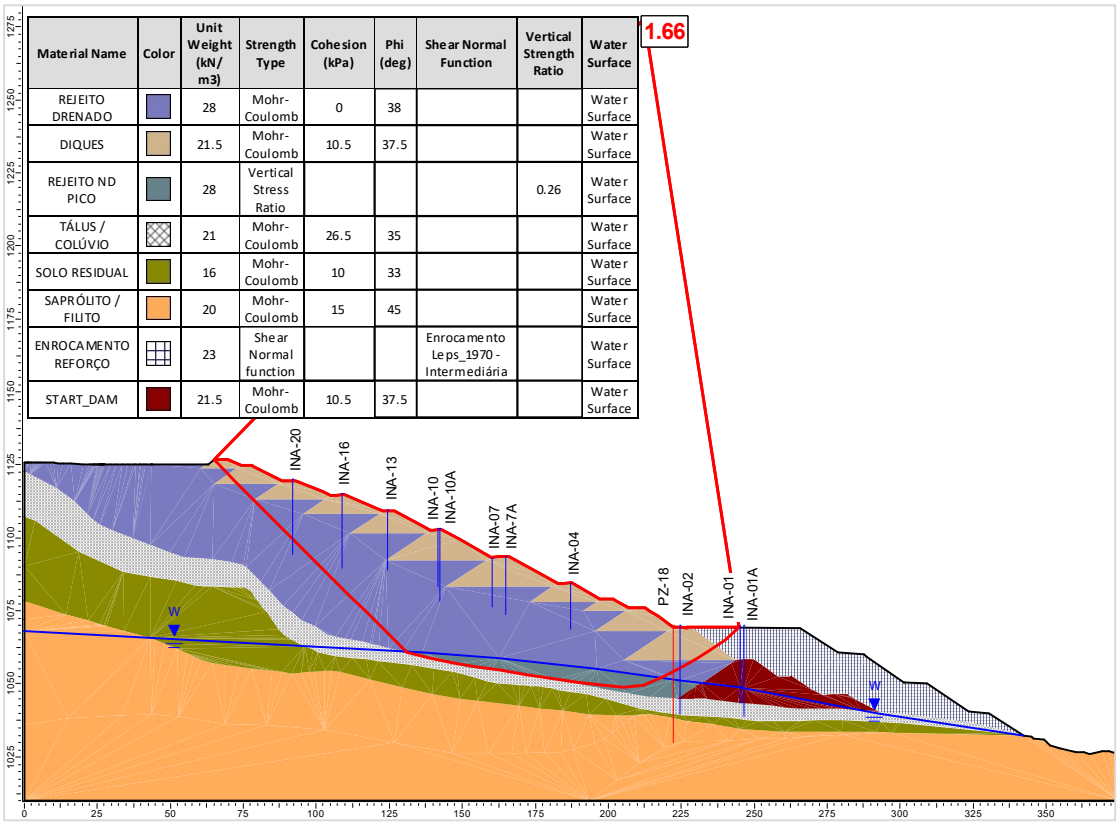
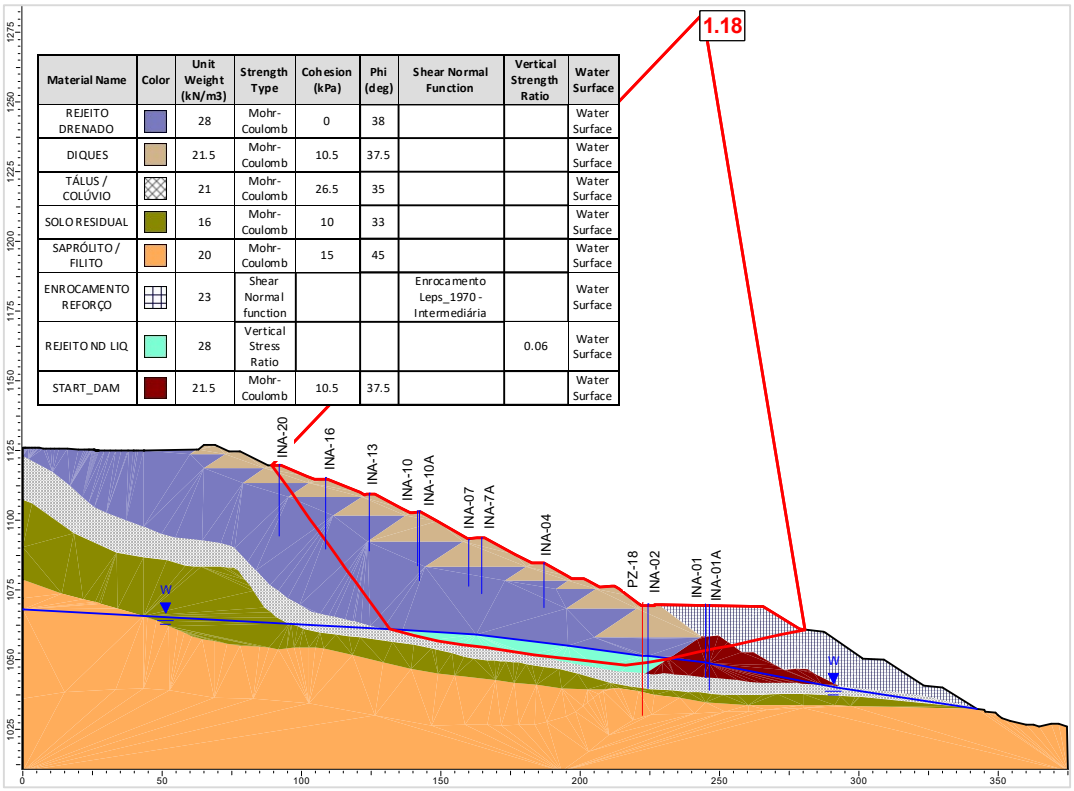
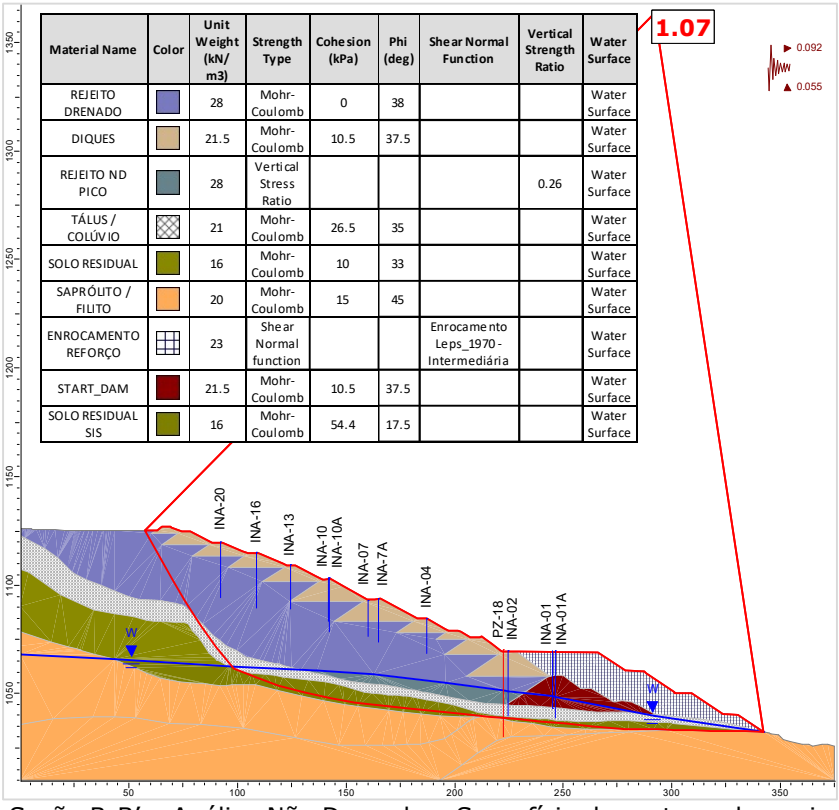


Figura 5.111 – Seção B-B’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



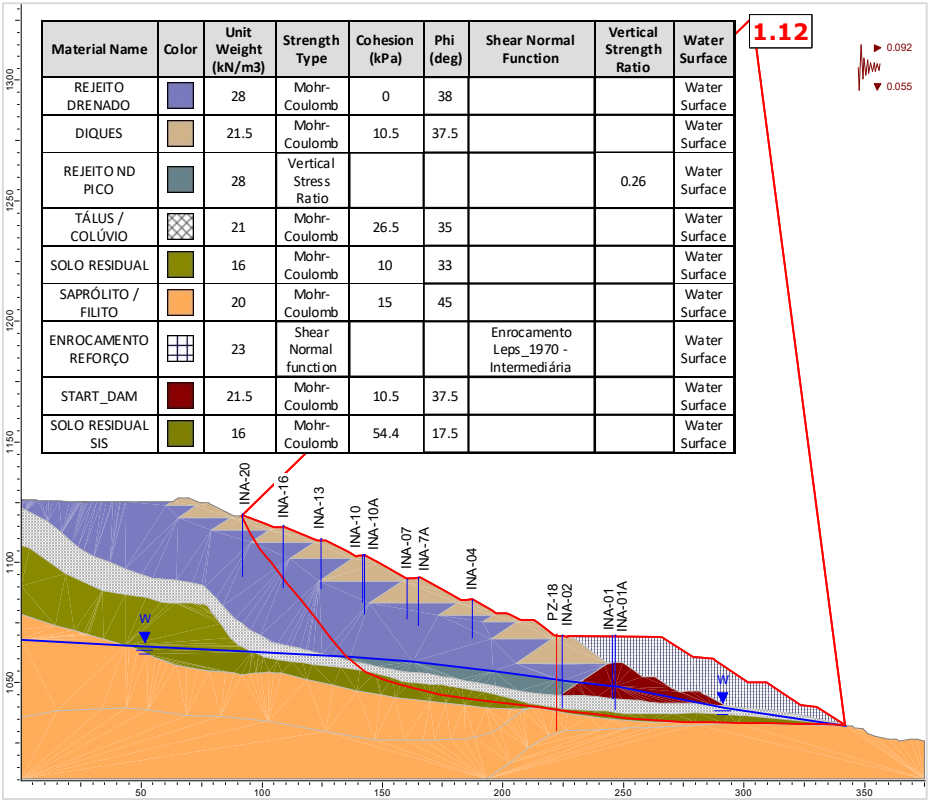
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
REJEITO ND LIQ		28	Vertical Stress Ratio				0.06	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface

Figura 5.112 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



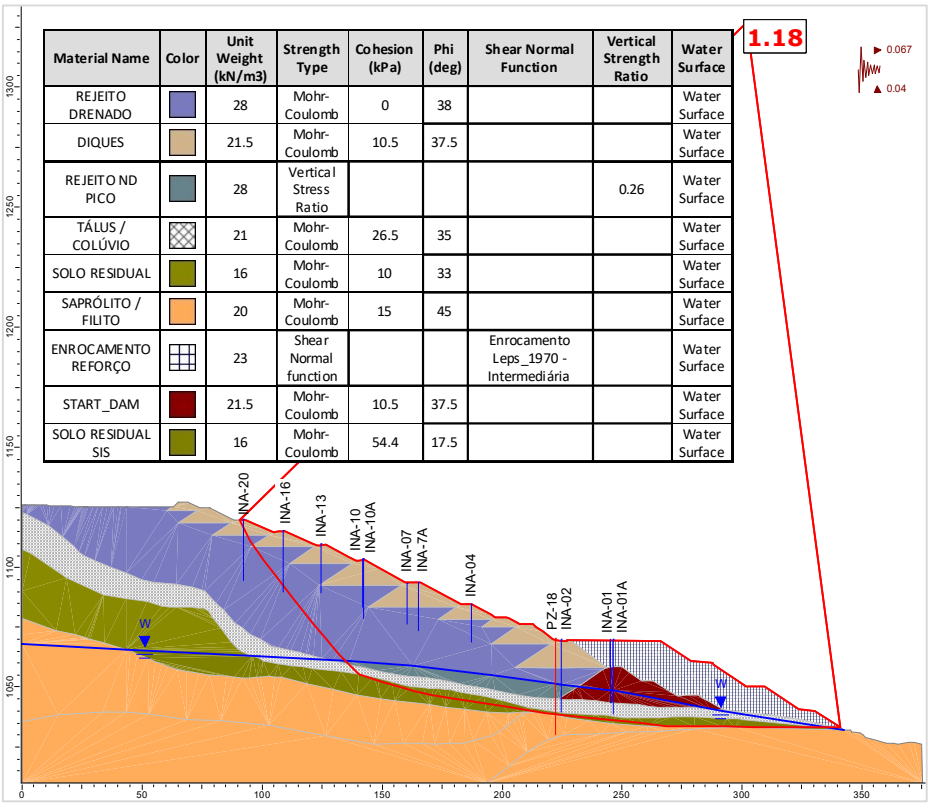
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 5.113 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



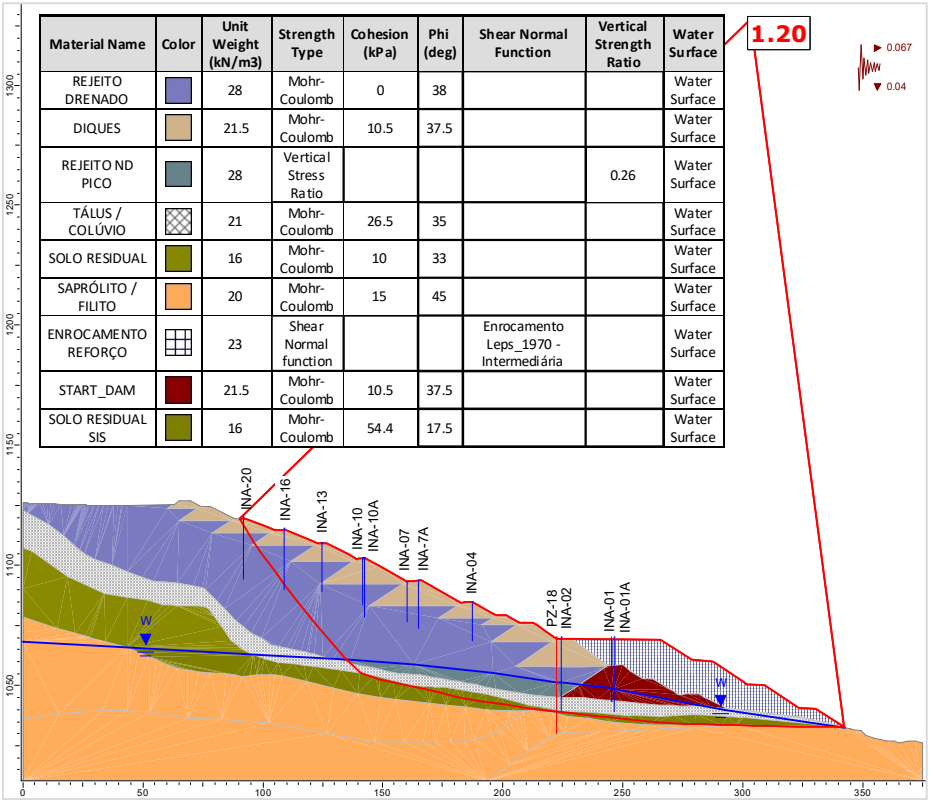
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 5.114 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



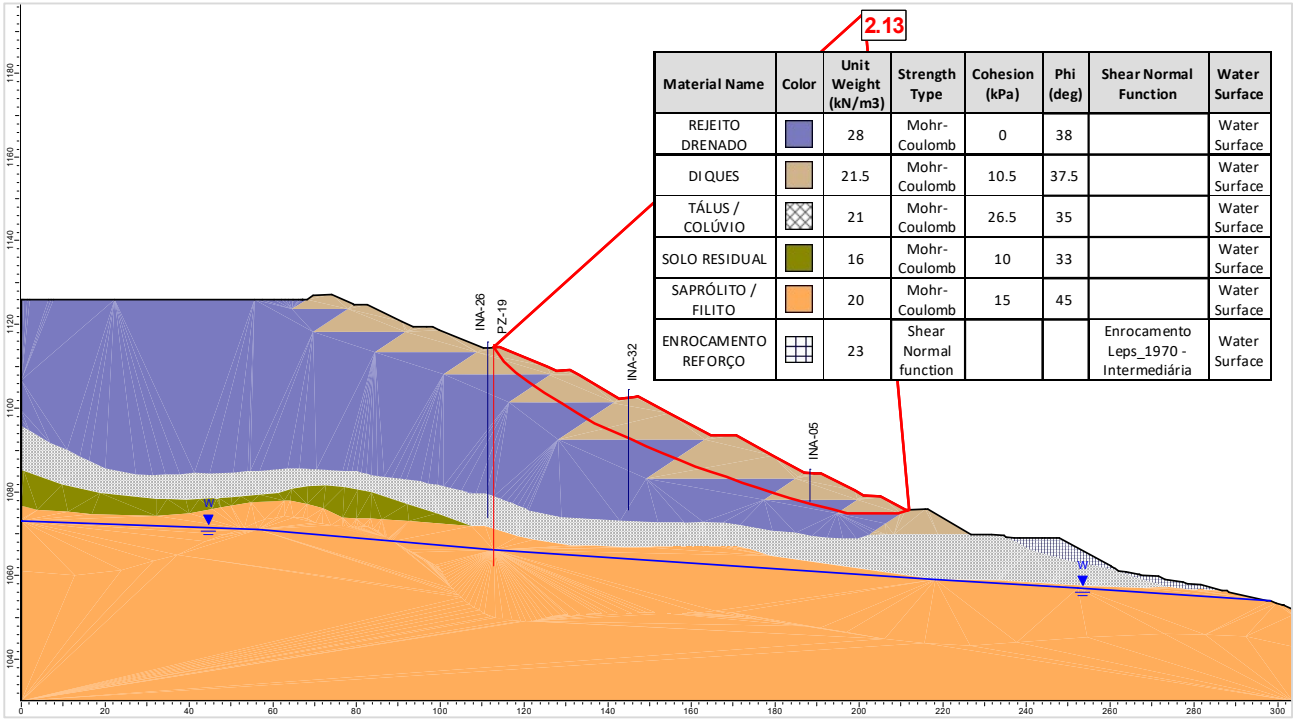
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 5.115 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 5.116 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface

Figura 5.117 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024.

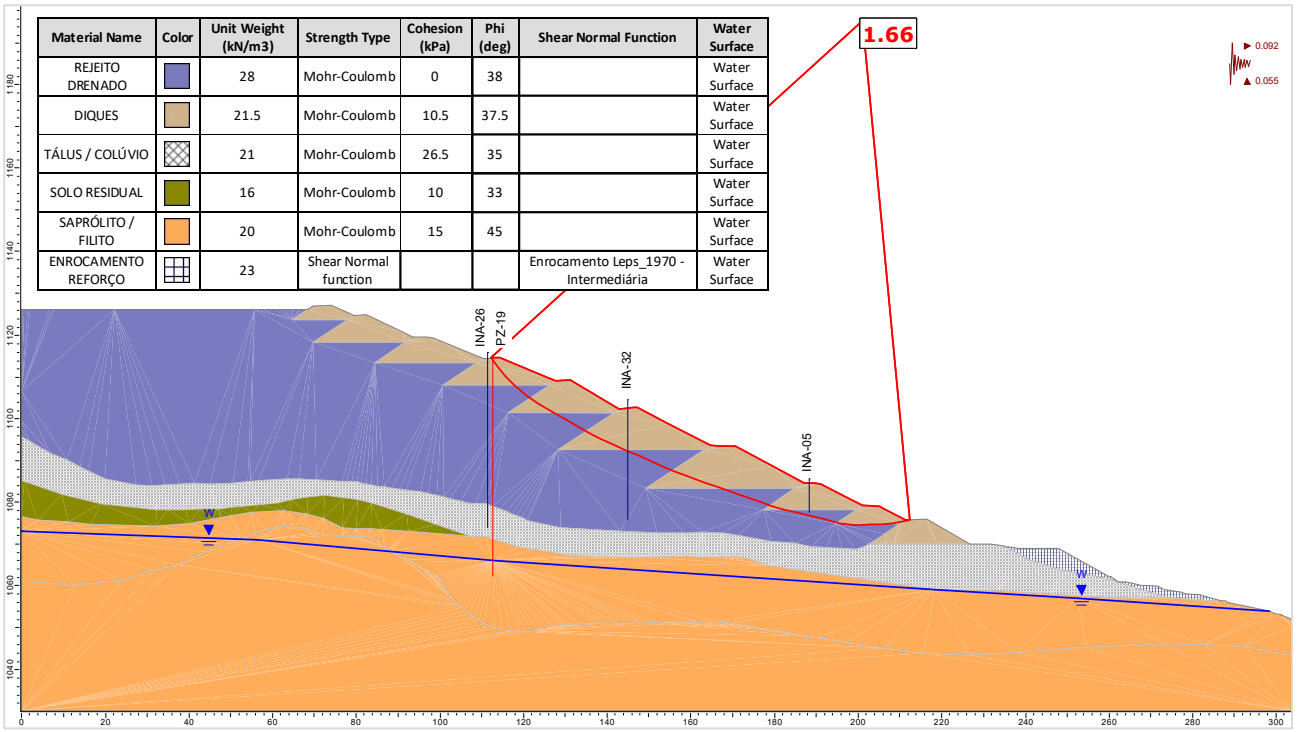


Figura 5.118 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Carregamento sísmico ↑ (critério CDA).

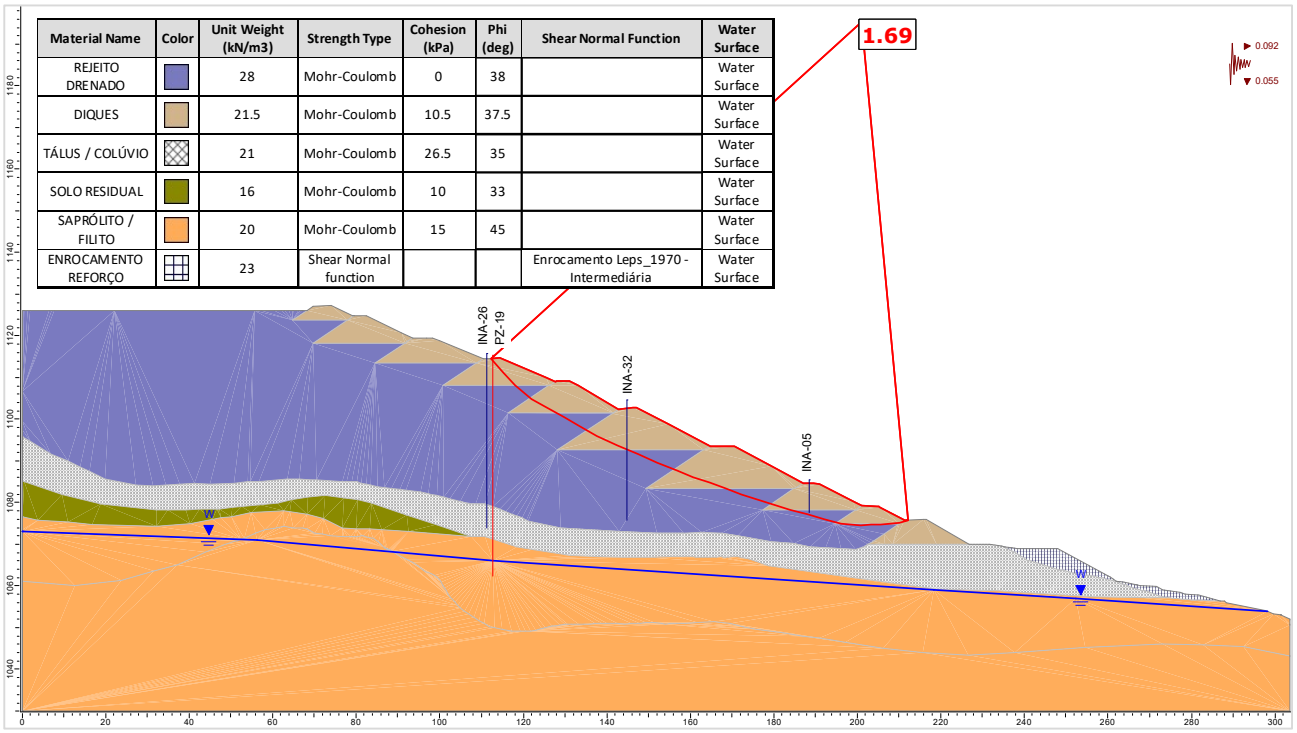
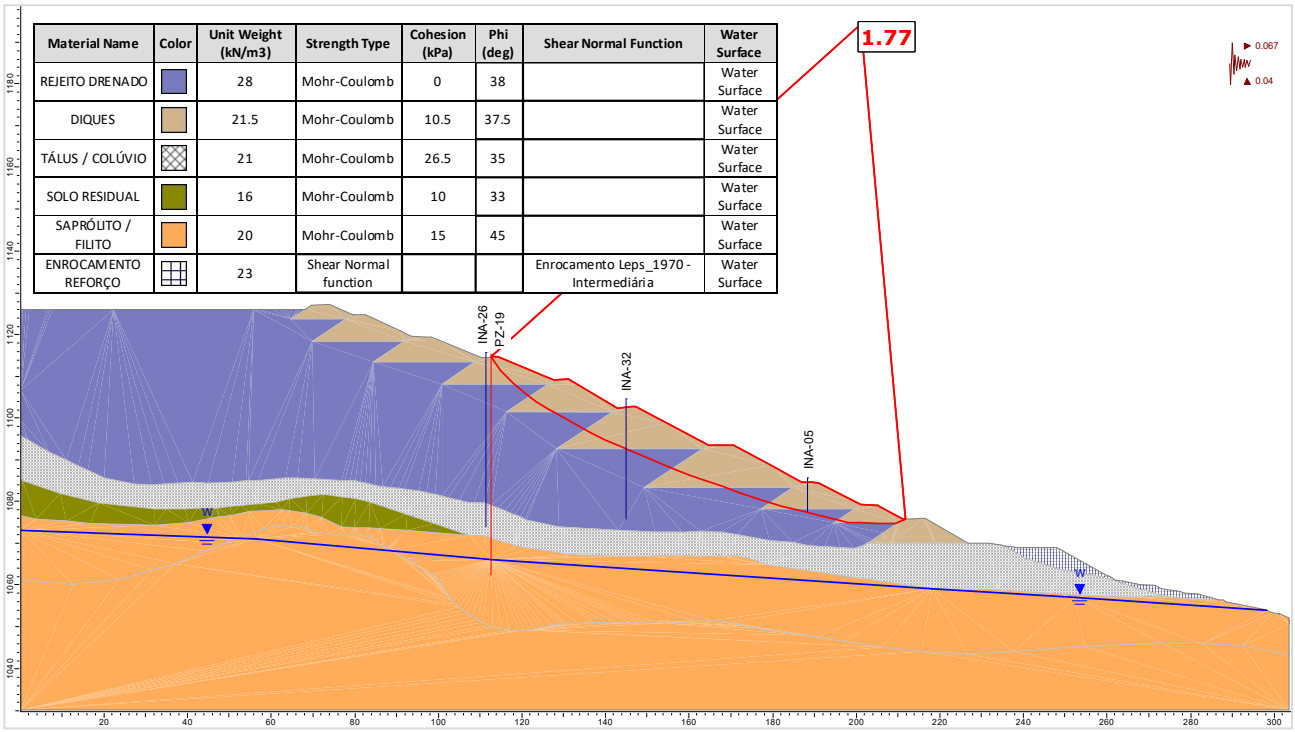
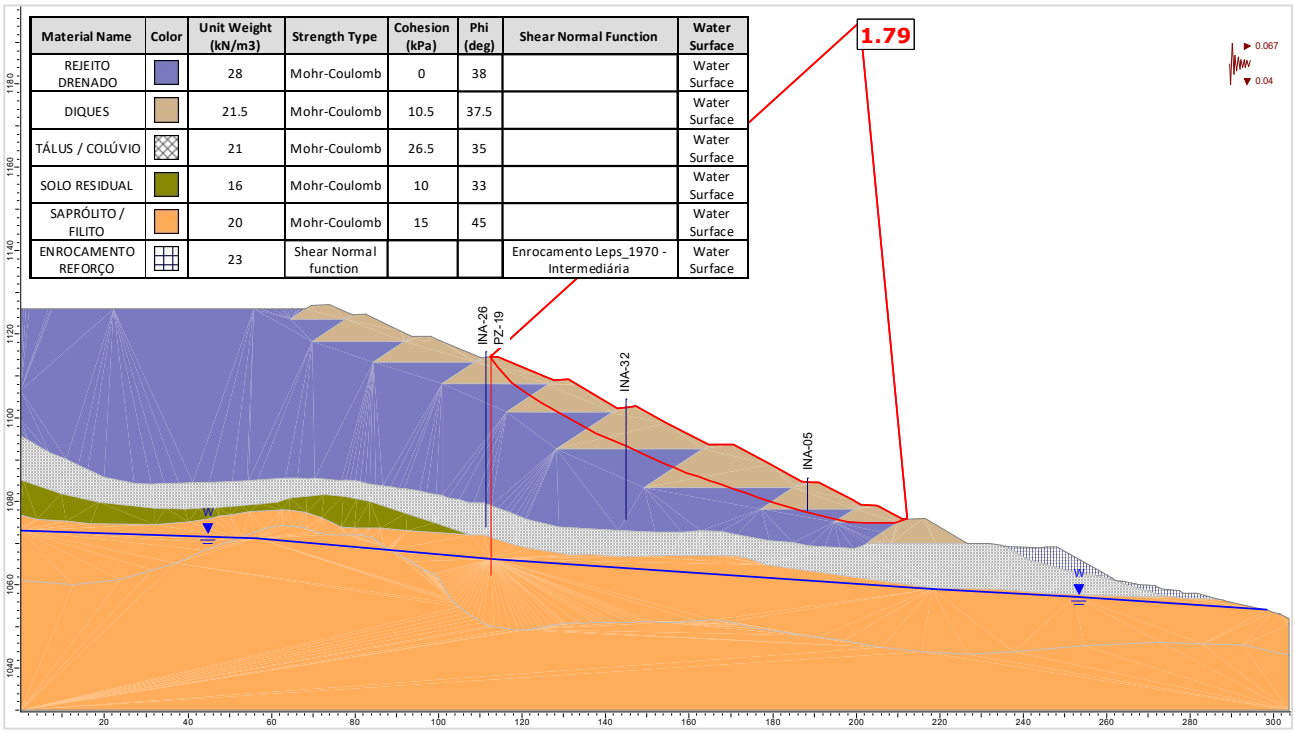


Figura 5.119 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Carregamento sísmico ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface

Figura 5.120 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Carregamento sísmico ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface

Figura 5.121 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Carregamento sísmico ↓ (critério vida útil).

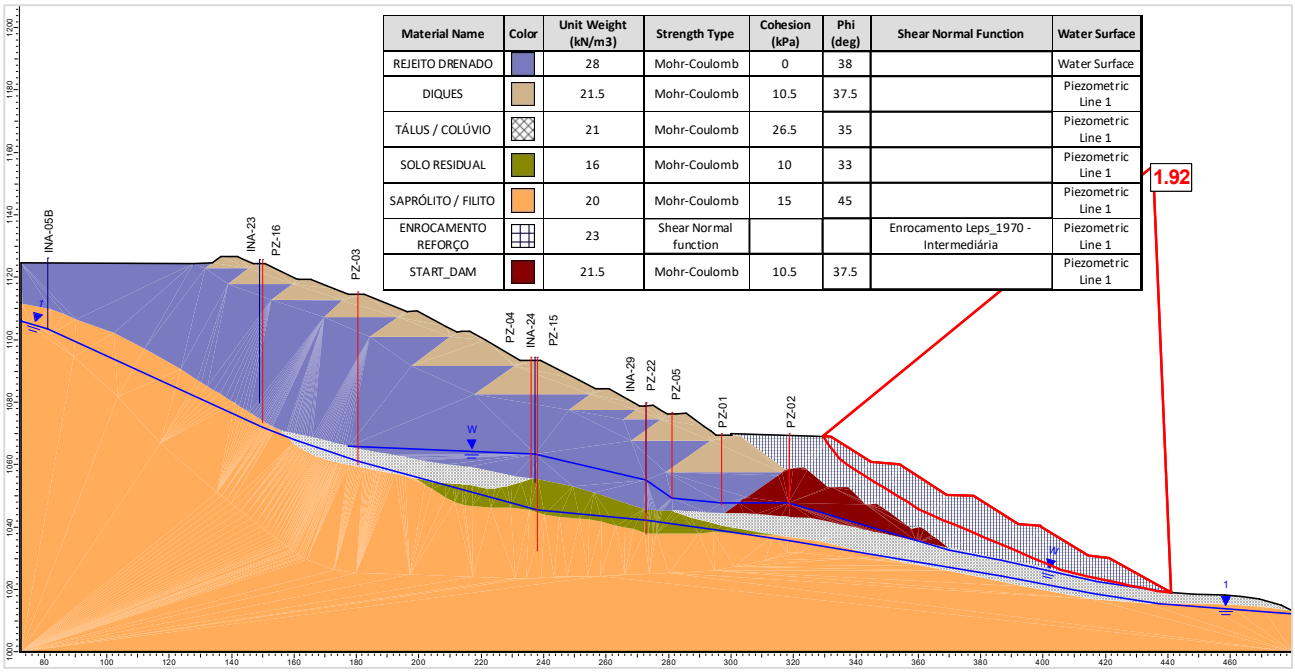


Figura 5.122 – Seção D-D' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024.

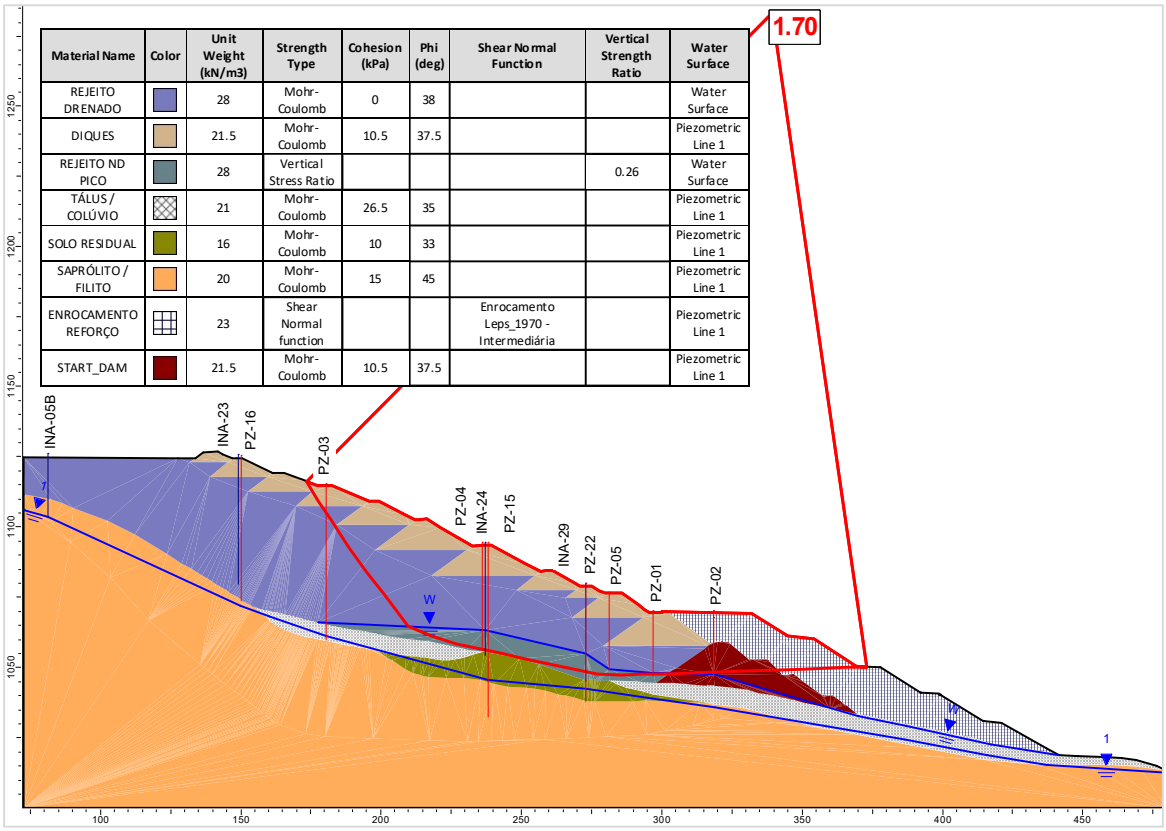


Figura 5.123 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

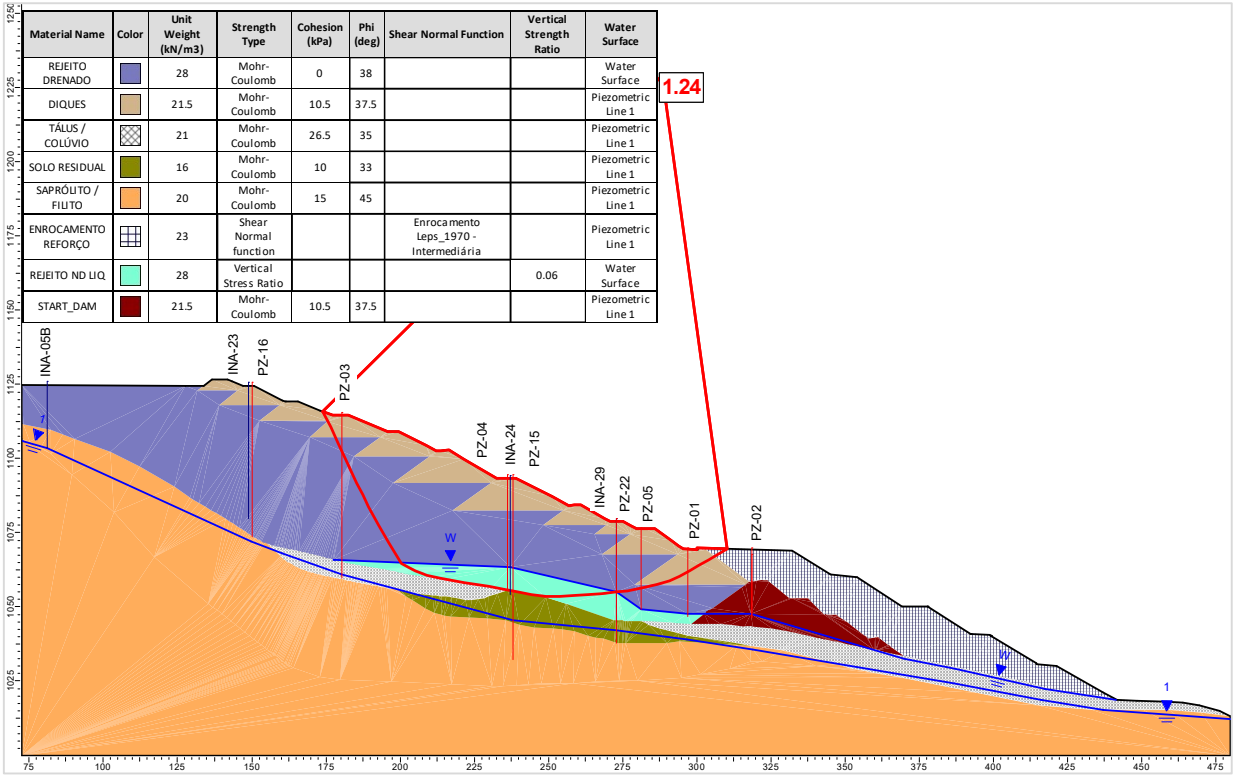


Figura 5.124 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

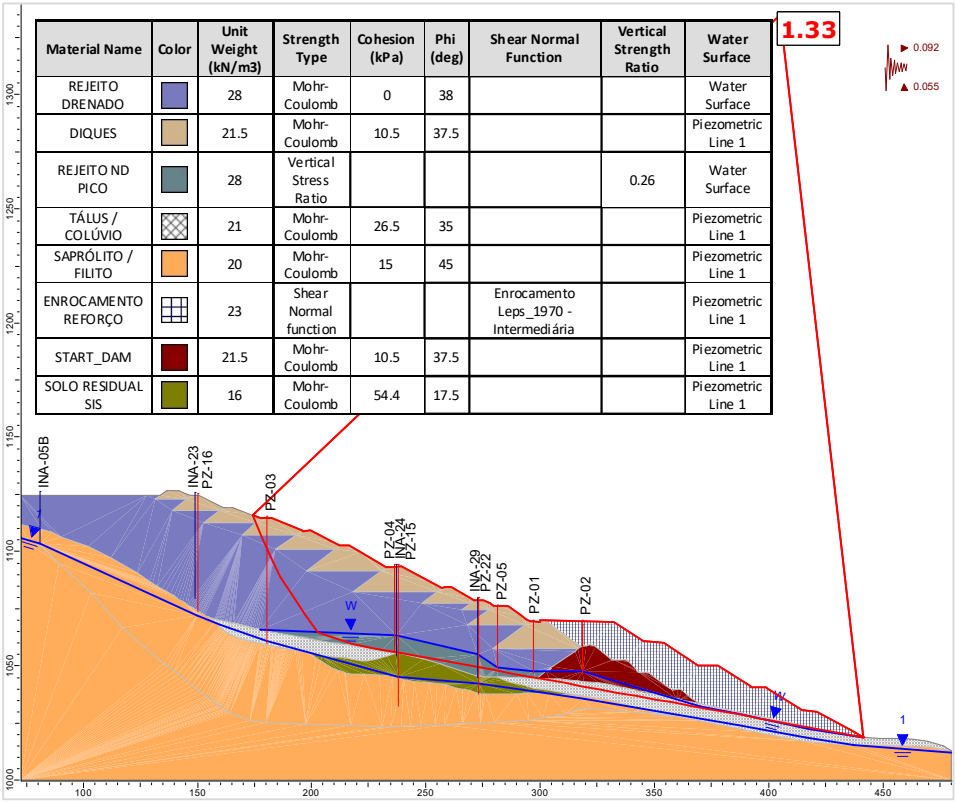
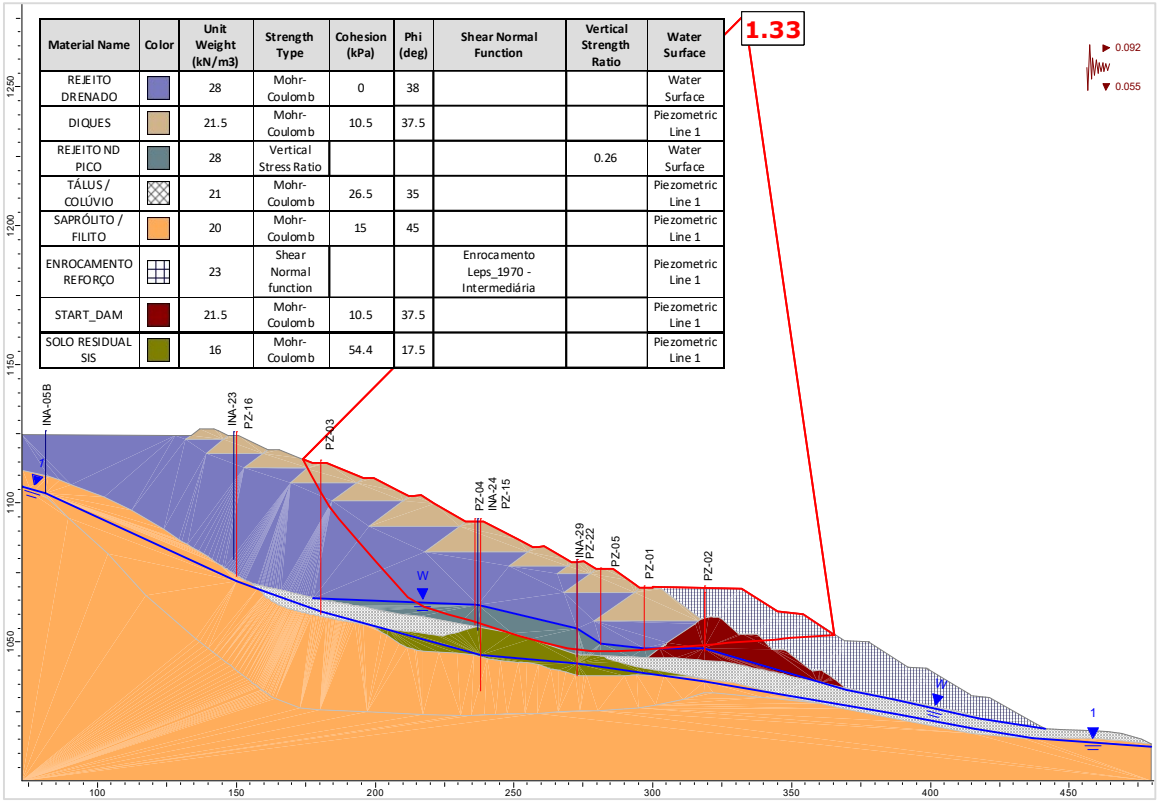
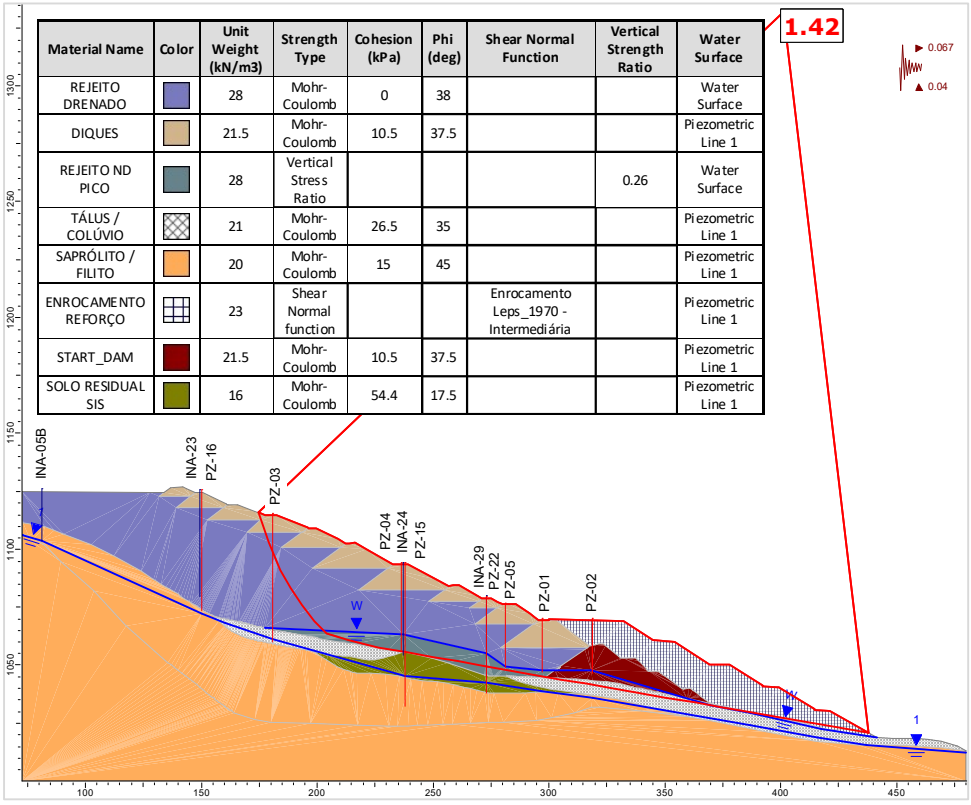


Figura 5.125 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



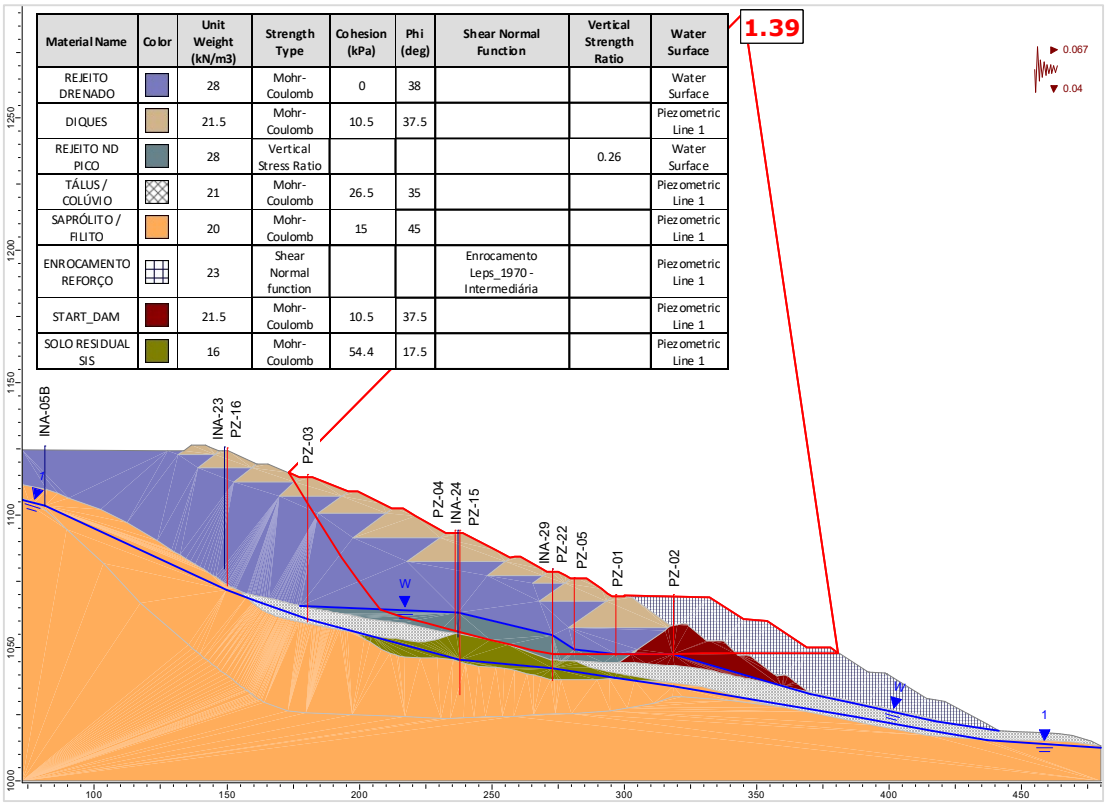
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Piezometric Line 1

Figura 5.126 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



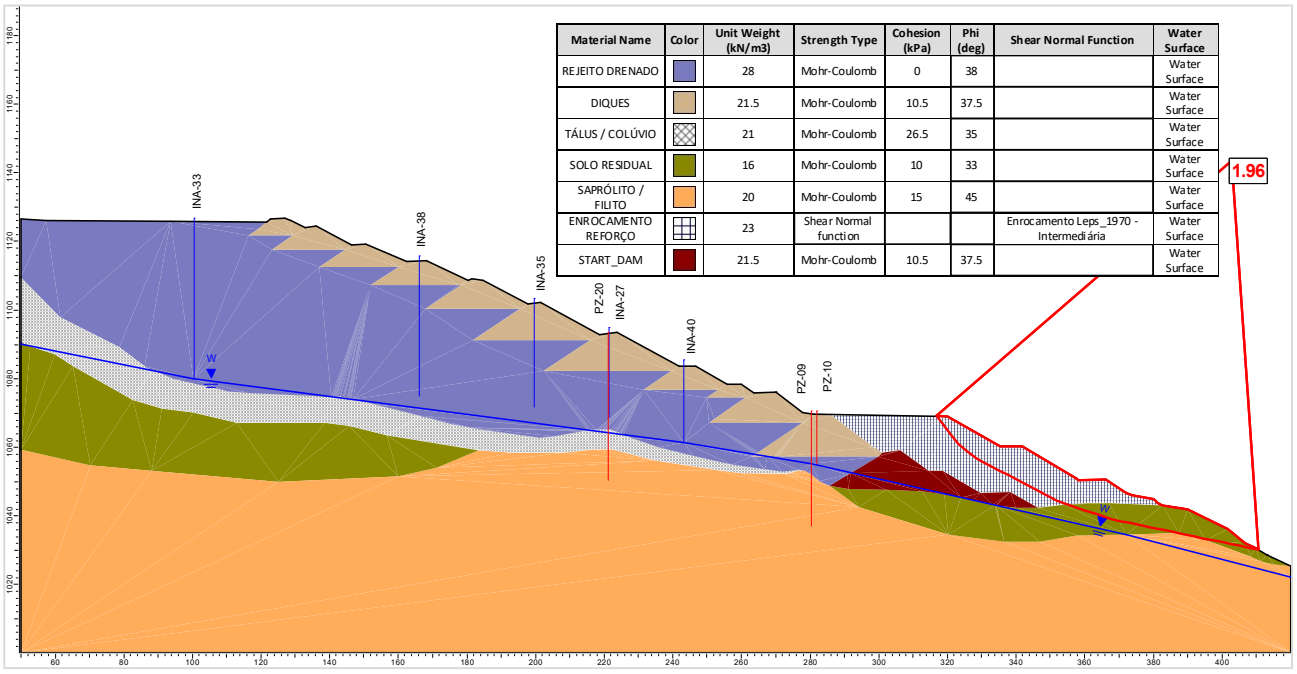
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Piezometric Line 1

Figura 5.127 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



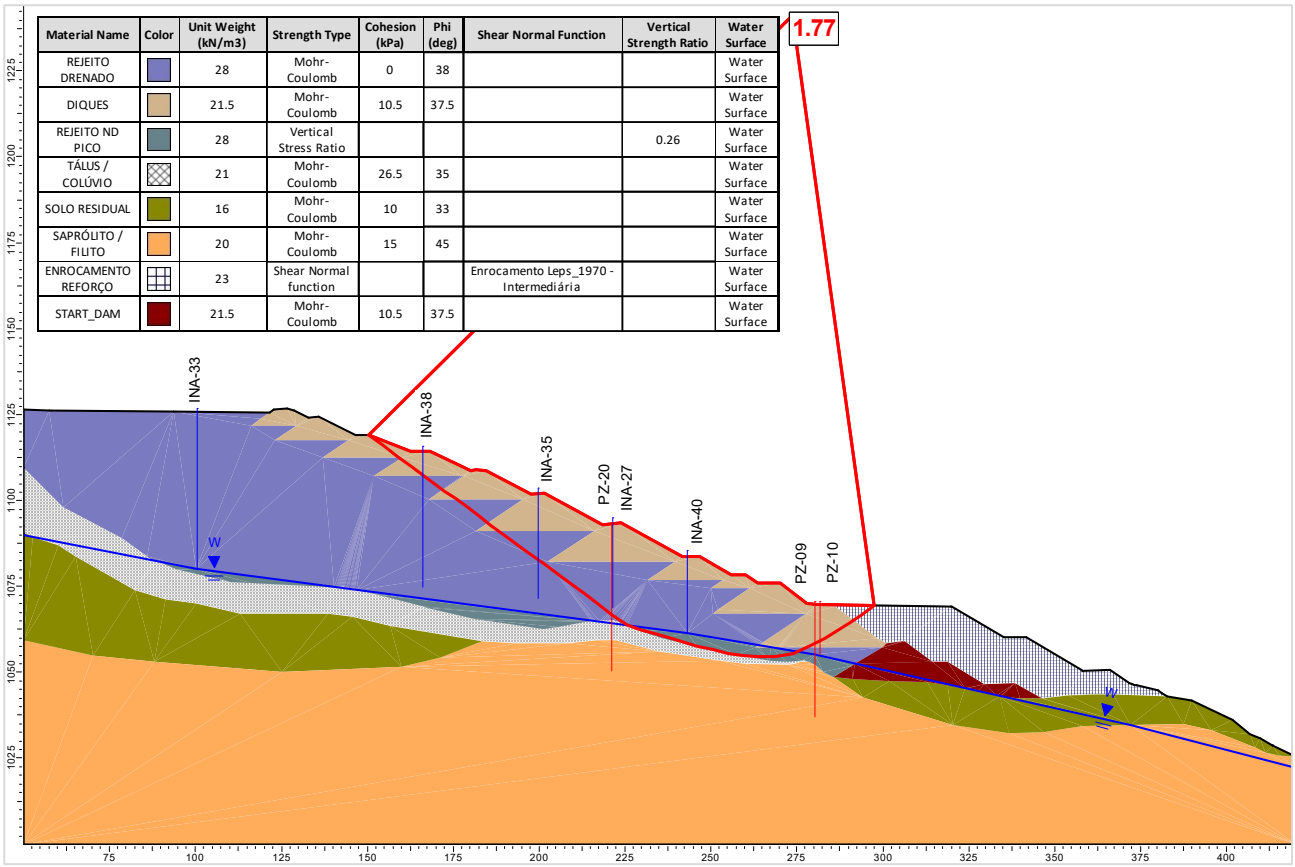
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Piezometric Line 1

Figura 5.128 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



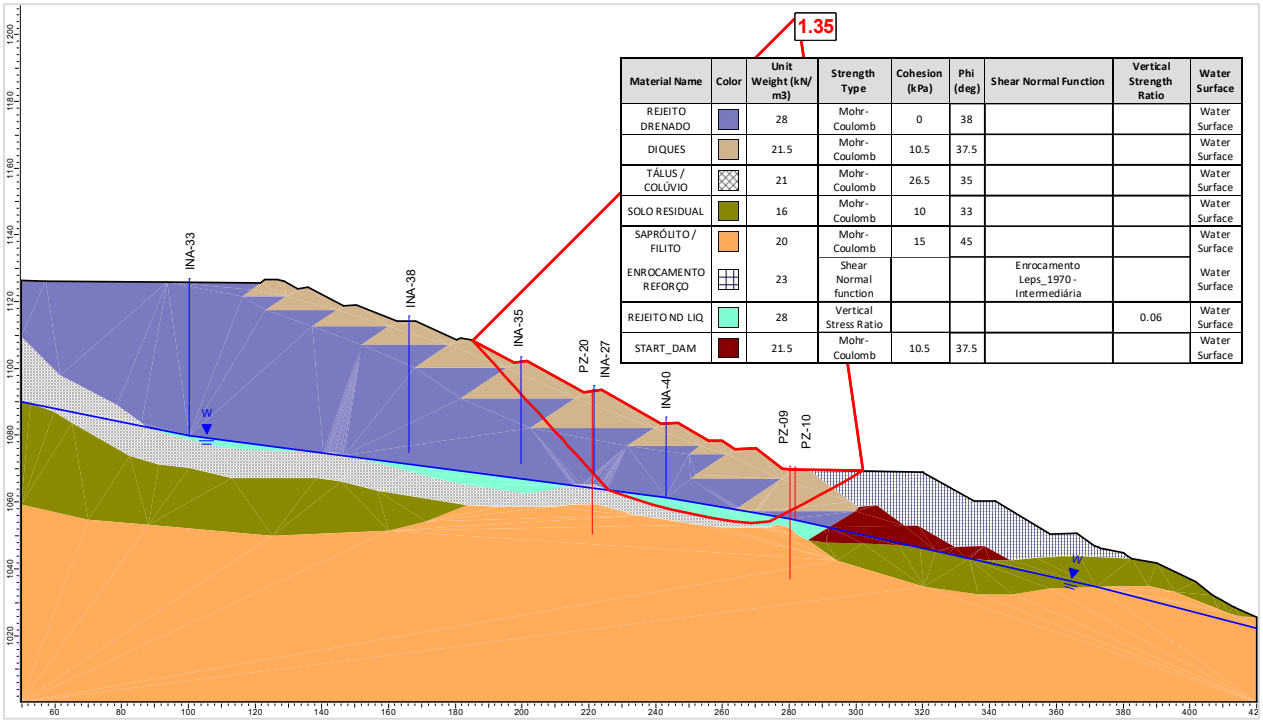
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface

Figura 5.129 – Seção E-E' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024.



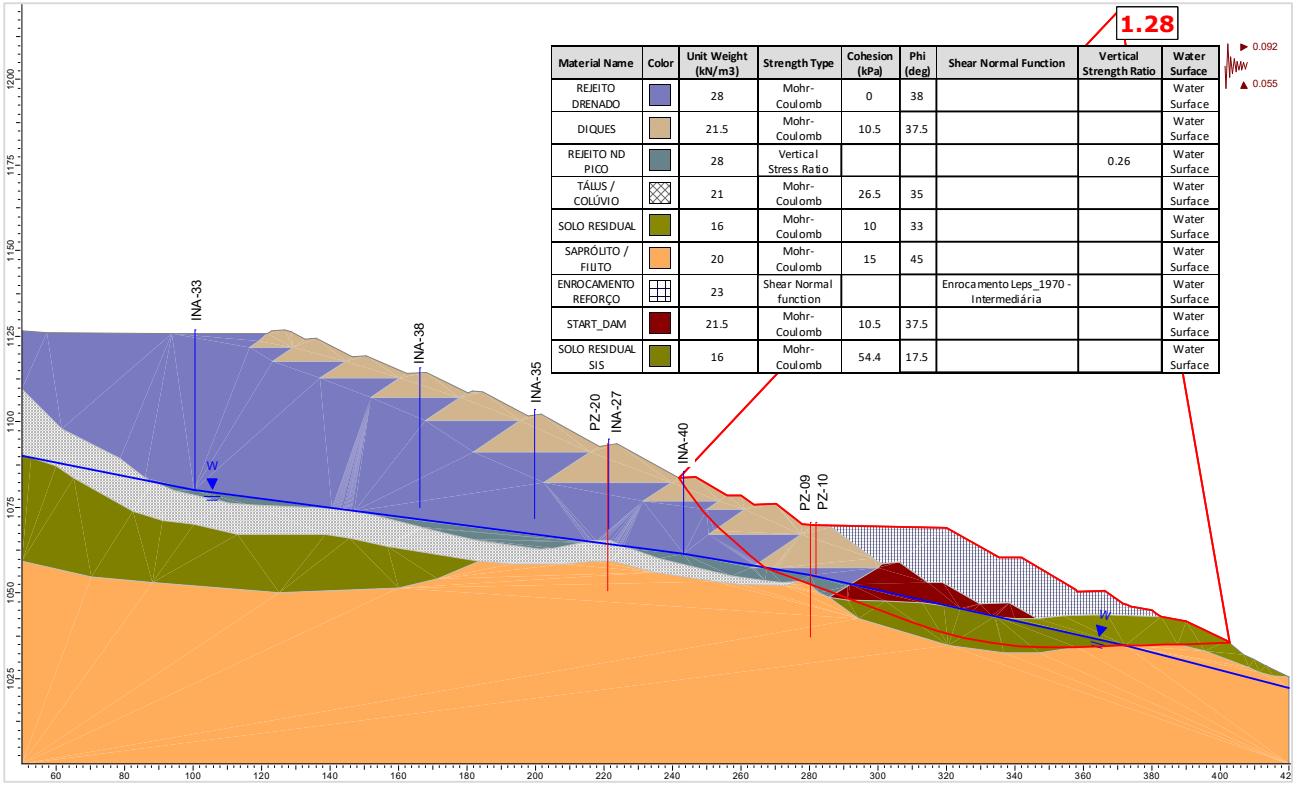
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface

Figura 5.130 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



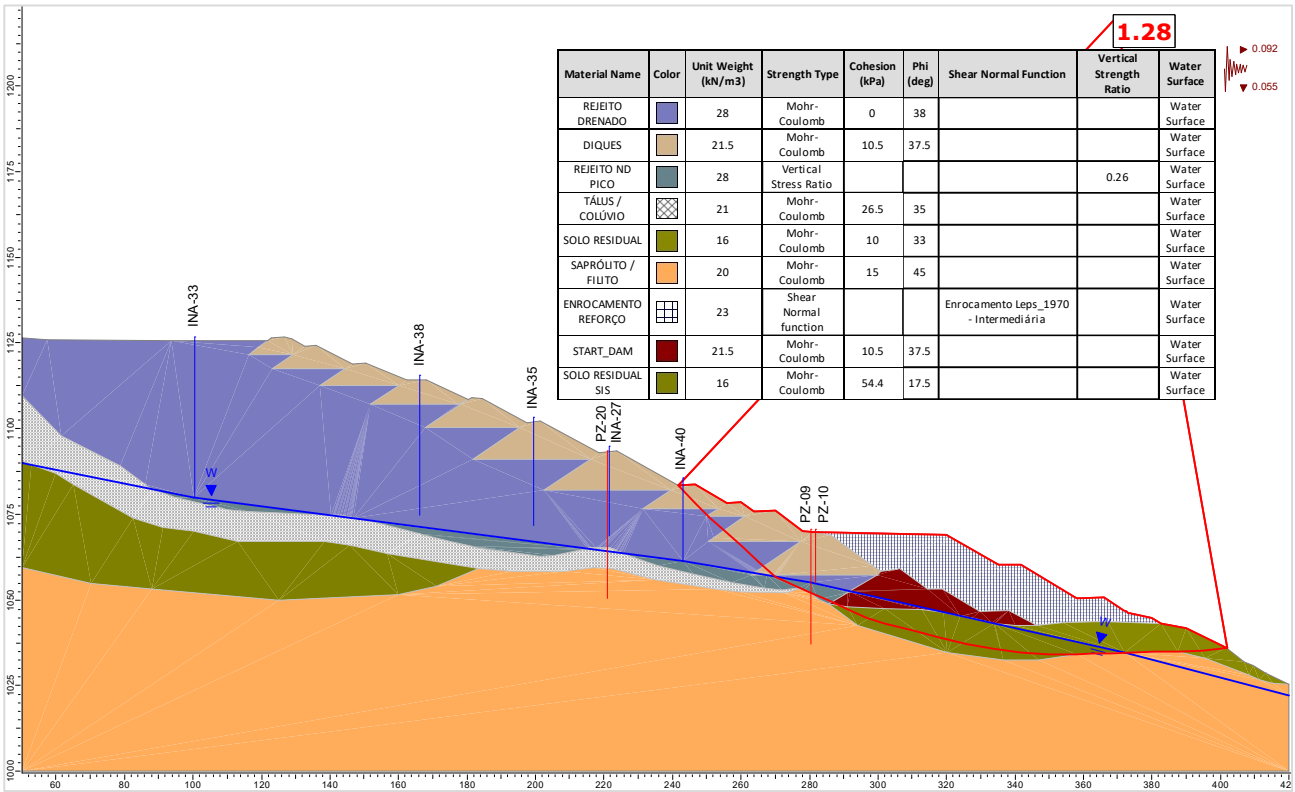
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
REJEITO ND LIQ		28	Vertical Stress Ratio				0.06	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface

Figura 5.131 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



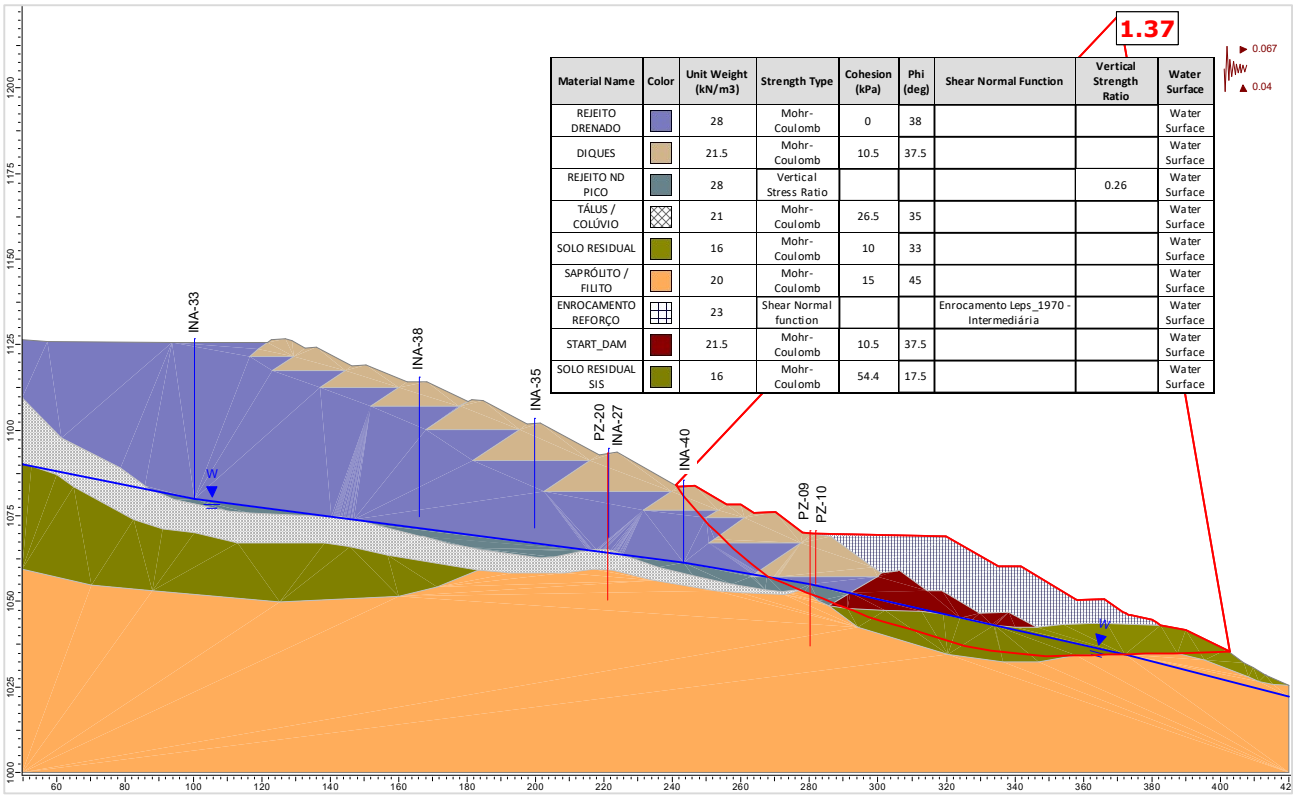
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 5.132 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



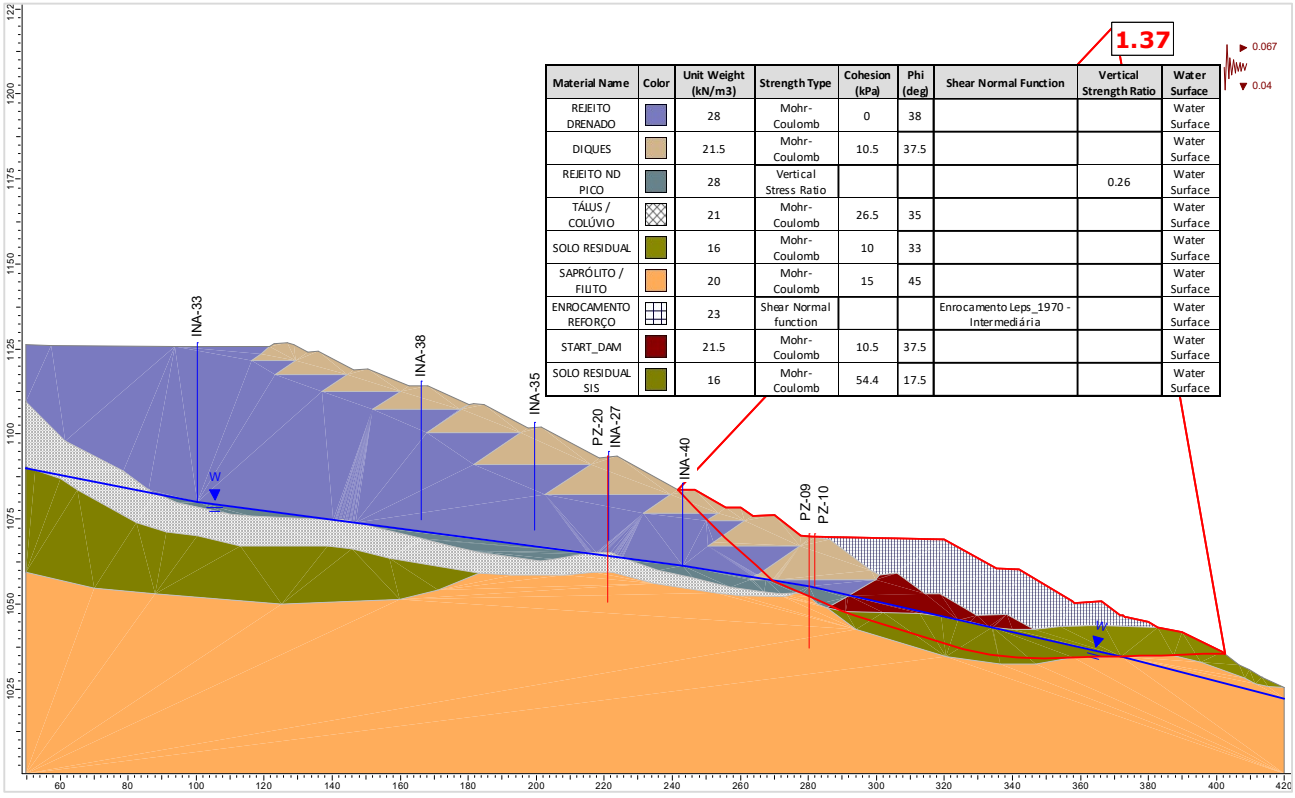
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 5.133 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 5.134 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
SOLO RESIDUAL SIS		16	Mohr-Coulomb	54.4	17.5			Water Surface

Figura 5.135 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/01/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, no período avaliado (novembro/2023 a janeiro/2024).

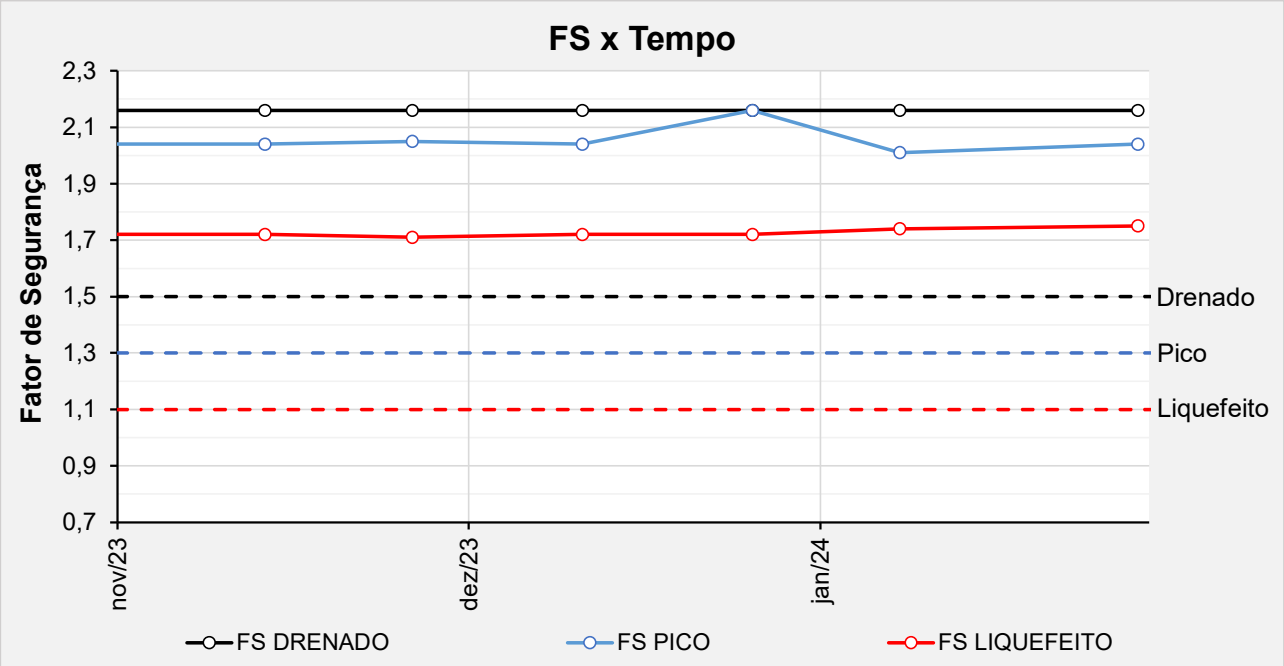


Figura 5.136 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

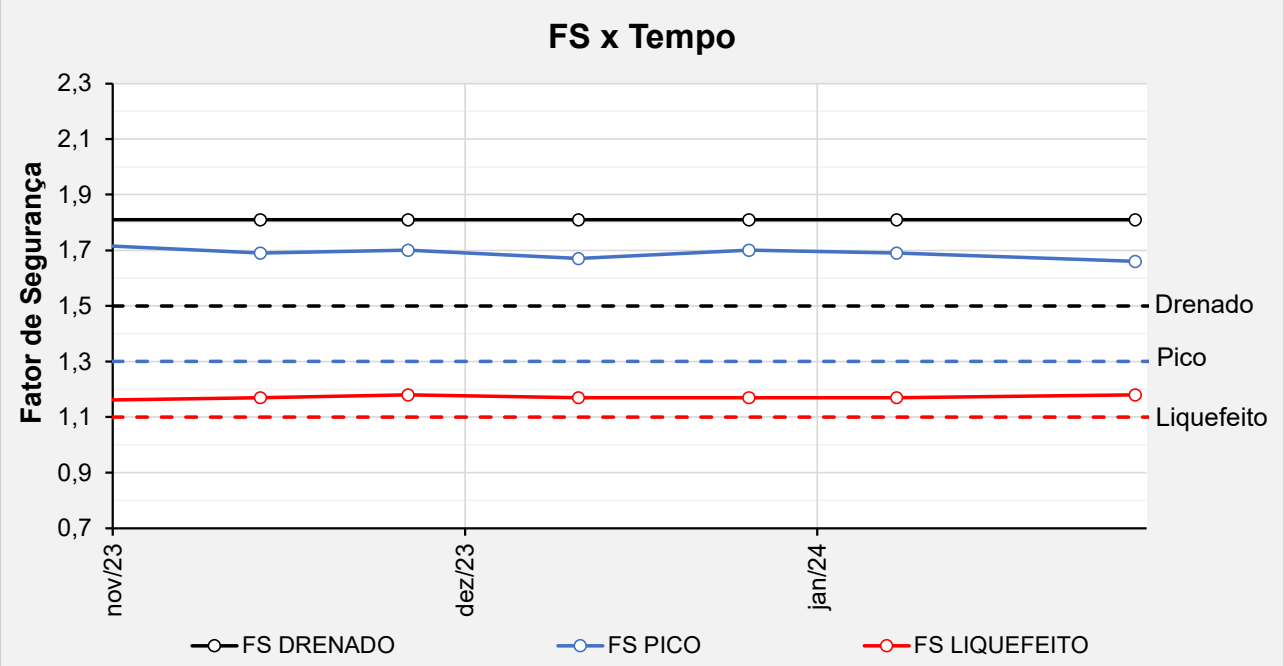


Figura 5.137 – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

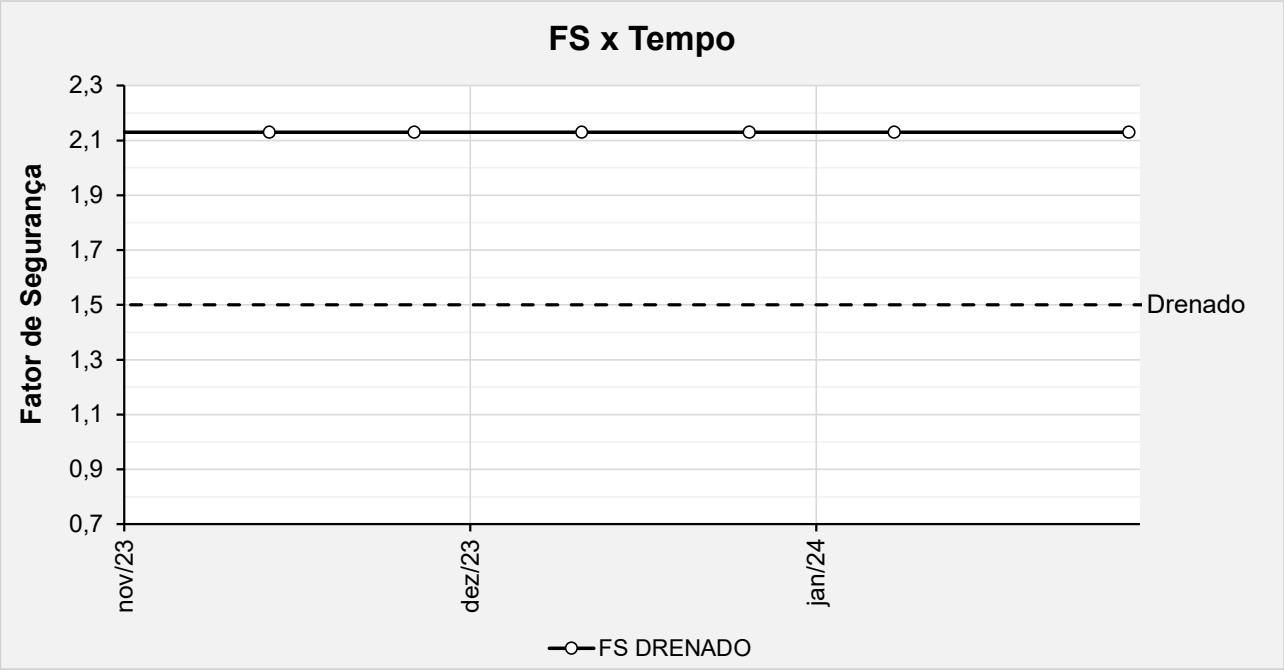


Figura 5.138 – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

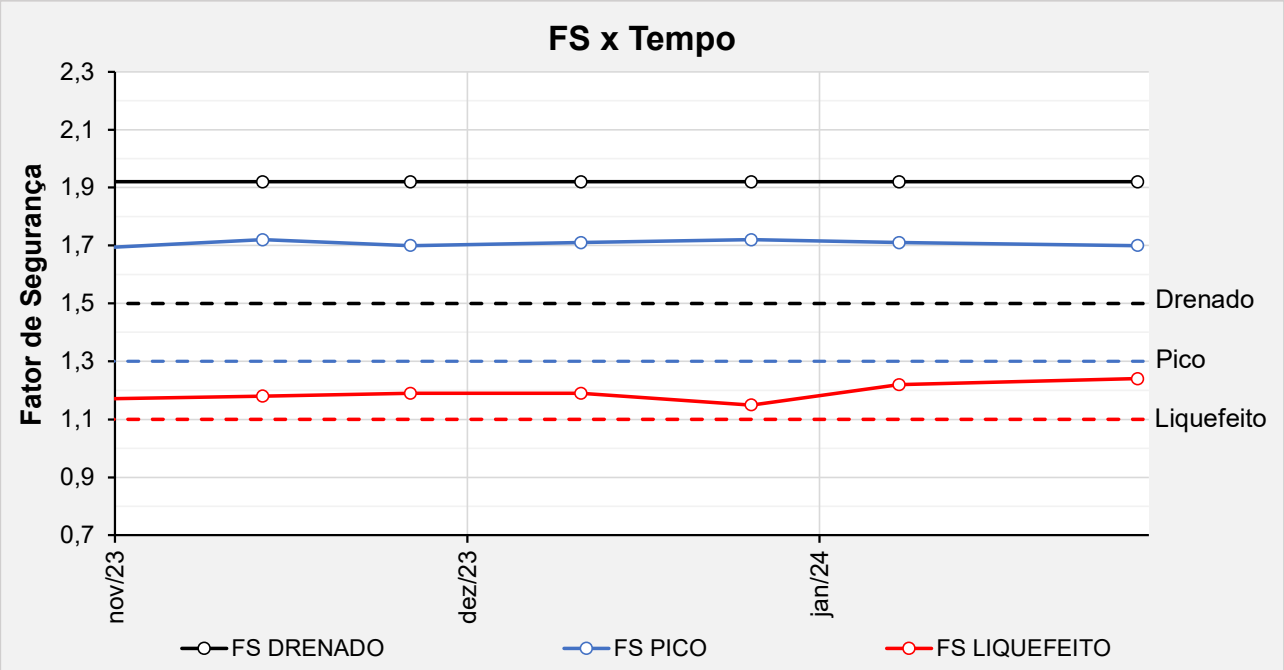


Figura 5.139 – Seção D-D' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

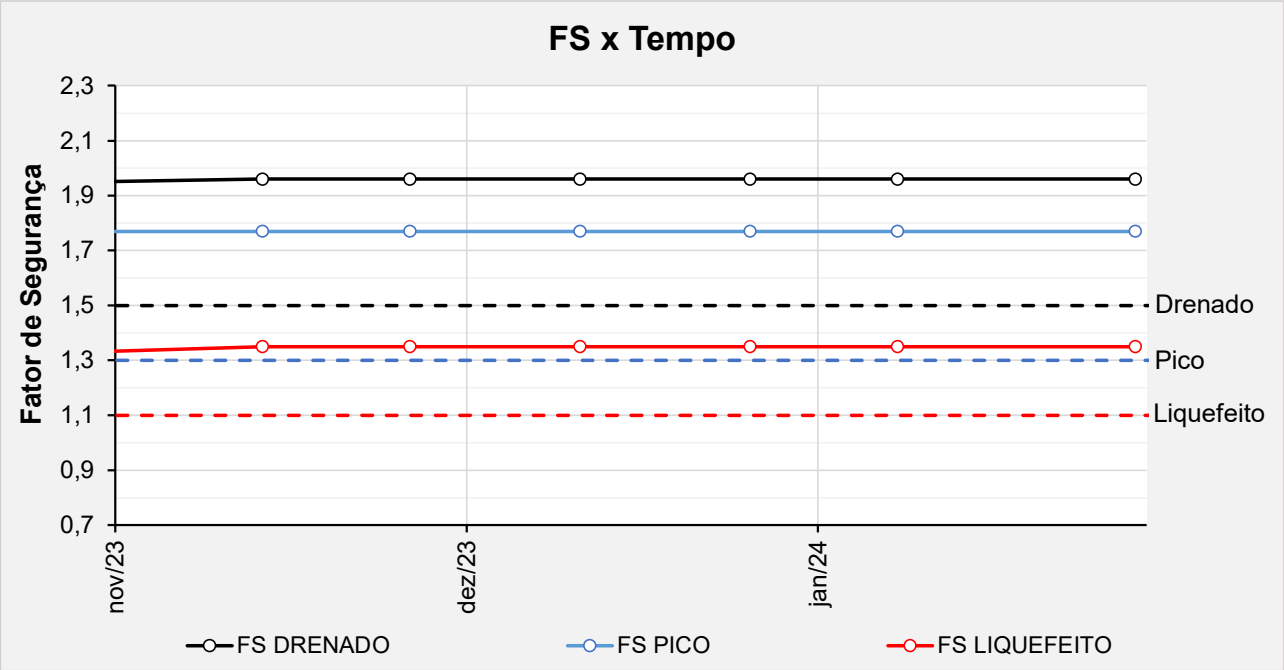


Figura 5.140 – Seção E-E' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

5.8 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B2 – Mina Tico-Tico será fundamental para o início e para continuidade das obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de

instrumentos para aferição da variação do nível e pressão da água e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos.

Conforme discutido em itens anteriores, o material contido no reservatório da Barragem B2 – Mina Tico-Tico é composto por rejeito que foi caracterizado como material contrátil a partir da análise de ensaios CPTu realizados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Os fatores de segurança atuais, obtidos nas análises de estabilidade para a condição não drenada liquefeita, são superiores aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020, ou seja, se encontram acima de 1,1.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, considera-se que é possível dar início às obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico desde que sejam atendidas as seguintes condicionantes:

a) Análise de estabilidade atualizada que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles obtidos na fase de diagnóstico;
b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima semanal;
c) Realização de análises de estabilidade semanal;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição anterior, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista que permita autorizar o retorno das atividades.

5.9 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura nas análises de estabilidade com carregamento não drenado e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e a empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura e que são lidos manualmente deverá ser verificado no mínimo uma vez por semana durante o período de execução das obras. Caso os instrumentos indiquem que a superfície freática se encontra abaixo do nível verificado na fase de diagnóstico, a obra poderá prosseguir normalmente. Caso contrário, a equipe da MMI ou outra equipe com profissionais qualificados deverá realizar uma análise de estabilidade para verificação do fator de segurança referente à freática medida.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B2 – Mina Tico-Tico. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados bem como o técnico responsável pela leitura manual deverá reportar imediatamente qualquer anomalia nas leituras realizadas.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O fator de segurança avaliado com os dados atualizados da instrumentação não atender aos critérios mínimos descritos nesse projeto;
- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
- O profissional de campo identificar sinais/evidências de deformação nos taludes das ombreiras e áreas adjacentes;
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista.

6. Obras de Descaracterização

Este item não é aplicável, já que o projeto executivo de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico ainda não foi aprovado pela FEAM e empresas parceiras.

7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 7.1 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.1 IDENTIFICAÇÃO	
VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: a) Memorial descritivo e desenhos das estruturas implantadas, removidas ou modificadas, ou informações equivalentes, bem como dispositivos de proteção ambiental;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: c) Descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: d) Descrição das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. No caso de remoção do maciço e do reservatório, apresentar as medidas adotadas para a execução deste procedimento e um quantitativo dos materiais retirados;	Não aplicável.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Apresentar as medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório, quando couber, bem como informar o seu nível no estágio atual das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
V. Apresentar análises de estabilidade nas condições drenada e não drenada, e levando em consideração as solicitações sísmicas que possam atuar sobre a estrutura, avaliando as resistências de pico e residual para a geometria da barragem na atual etapa da obra;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
VI. Apresentar o andamento das medidas de estabilização e/ou reforço para atingir no mínimo os fatores de segurança estabelecidos no item V, bem como das medidas de contingência adotadas caso a estabilidade da estrutura durante as obras não possa ser garantida;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
VII. Apresentar o andamento das obras para: a) Remoção das infraestruturas associadas à barragem, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;	Não aplicável. As infraestruturas associadas à barragem já foram removidas.
VII. Apresentar o andamento das obras para: b) Reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
VIII. Apresentar a análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções; • Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para corrigir as anomalias registradas durante as inspeções visuais, inclusive daquelas iniciadas em períodos anteriores ao do relatório apresentado até sua finalização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IX. Apresentar as leituras da instrumentação instalada na barragem, informando a periodicidade adotada para as leituras e a relação dos níveis registrados pelos instrumentos com os Níveis de Controle de Segurança estabelecidos para a estrutura	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	Não aplicável.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: a) Informar ações executadas do programa de manejo do patrimônio espeleológico na área afetada pelas obras de descaracterização, quando couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: b) Informar as ações executadas ações de resgate da fauna e da flora na área afetadas, se couber;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: c) Deverão ser apresentadas as ações para controle de supressão vegetal e de processos erosivos na área afetada pelas obras de descaracterização, bem como os comprovantes de regularização ambiental da atividade;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: d) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para acompanhamento e controle dos índices de qualidade do ar na área afetada pelas obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: e) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para gestão de efluentes líquidos e resíduos sólidos na área afetada pelas obras de descaracterização.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
IV. Para obras em estágio de finalização, apresentar as medidas adotadas para o manejo e a proteção do solo, dos recursos hídricos, para garantir a estabilidade geotécnica da área descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
1.5 ASSINATURAS	
Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.
1.6 ANEXO	
Apresentar as anotações de responsabilidade técnica – ART do projeto, do acompanhamento das obras e do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens no período avaliado.	Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.

8. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:



Elias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

- Responsável técnico pela barragem:

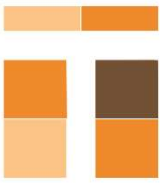


Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

9. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



TERRACOTA
GEOTECNIA

Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20242780617

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à MG20221553989

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1403750408**

Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **CMS000481**

Celebrado em: **17/07/2023**

Valor: **R$ 16.420,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520

Nº: **00**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **IGARAPÉ**

UF: **MG**

CEP: **32900000**

Data de Início: **05/02/2024**

Previsão de término: **29/02/2024**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS TÉCNICOS DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1-AUXILIAR - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.922) E DA BARRAGEN B2 - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.921), REFERENTE AO TRIMESTRE NOVEMBRO DE 2023 A JANEIRO 2024, EM ATENDIMENTO AO TERMO DE COMPROMISSO - TC (MPF, MPMG, SEMAD/FEAM, ANM).

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20242780617

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à MG20221553989

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2024.02.27 12:21:38 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

BELO HORIZONTE, 27 de FEVEREIRO de 2024
Local data

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 99,64** Registrada em: **27/02/2024** Valor pago: **R$ 99,64** Nosso Número: **8604040769**

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO

12822-R-BA-RL-06-GE_r0

NOVEMBRO 2023

TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
12822-R-BA-RL-06-GE_r0

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.786

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO
RELATÓRIO TÉCNICO
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X					26	X					51	X					76					
2	X					27	X					52	X					77					
3	X					28	X					53	X					78					
4	X					29	X					54	X					79					
5	X					30	X					55	X					80					
6	X					31	X					56	X					81					
7	X					32	X					57	X					82					
8	X					33	X					58	X					83					
9	X					34	X					59	X					84					
10	X					35	X					60	X					85					
11	X					36	X					61	X					86					
12	X					37	X					62	X					87					
13	X					38	X					63	X					88					
14	X					39	X					64	X					89					
15	X					40	X					65	X					90					
16	X					41	X					66	X					91					
17	X					42	X					67	X					92					
18	X					43	X					68	X					93					
19	X					44	X					69	X					94					
20	X					45	X					70						95					
21	X					46	X					71						96					
22	X					47	X					72						97					
23	X					48	X					73						98					
24	X					49	X					74						99					
25	X					50	X					75						100					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS

TIPO DE EMISSÃO			
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO

	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	29/11/2023						
EXECUTADO	GFL / EJC						
VERIFICADO	EJC						
APROVADO	EJC						

SUMÁRIO

1. Introdução 4
2. Documentos de referência 5
3. Códigos e Normas 6
4. Ficha Técnica do Empreendimento 7
4.1 Identificação do Empreendedor 7
4.2 Identificação do Empreendimento 7
4.3 Endereço para Envio de Correspondência 7
4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento 7
4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem 7
4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 8
4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização 8
4.8 Localização da Barragem 8
4.9 Função atual 9
4.10 Características Gerais 9
4.11 Classificação da Barragem 14
5. Projeto de Descaracterização 19
5.1 Descrição do Projeto 20
5.2 Alterações de Projeto 26
5.3 Atividades Preparatórias 26
5.3.1 Sistema Extravasor de Emergência (Ombreira Direita) 26
5.4 Cronograma 27
5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos 32
6. Obras de Descaracterização 33
6.1 Instrumentação Instalada na Barragem 33
6.1.1 Leituras Instrumentação 46
6.2 Análise de Estabilidade 47
6.2.1 Definição da Condição da Superfície Freática 50
6.2.2 Parâmetros de Resistência 52
6.2.3 Resultados 52
6.3 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização 62
6.4 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização 62
6.5 Rotina de Monitoramento 64
6.6 Situação atual dos demais itens do Termo de Referência 65

7. Assinaturas 68
8. Anexos 69

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B2 - Mina Tico-Tico**, referente ao trimestre (Agosto/2023 a Outubro/2023), elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B2 - Mina Tico-Tico, o qual foi emitido em maio de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1**: Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2**: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3**: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

Apesar de o projeto executivo ter sido emitido em maio de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico não foram iniciadas até o momento.

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.715 (18923-A-BA-RL-01-GE_r1) - Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragens – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – FEAM – 2º Semestre de 2023. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Agosto/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.754_r1 – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – Relatório técnico detalhado de equipamentos, tecnologias, pessoas e orçamento para a descaracterização da barragem. Geoprime Engenharia e Meio Ambiente Ltda. Agosto/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.674_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.675_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.676_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.677_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Especificações Técnicas Construtivas. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.678_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.708_r1 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.757_r1 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2023.

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei n° 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei n° 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 – Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) – Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2017 – dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Inscrição Estadual:	293732116
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social:	Mineração Morro do Ipê S.A.
CNPJ:	22.902.554/0001-17
Processo Administrativo COPAM nº:	37478/2016
Endereço:	Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº – Brumadinho – MG – 35460-000
Telefone:	(31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
E-mail:	casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário:	Welington Pereira Maximiano
Vínculo:	Coordenador de Geotecnia
Endereço:	Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome:	Cristiano Monteiro Parreiras
CPF:	030.102.416-23
Formação:	Advogado
Cargo/Função:	Diretor de Assuntos Corporativos
Telefone:	(31) 99194-8589
E-mail:	cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome:	Welington Pereira Maximiano
Formação:	Engenheiro Civil
Registro Nacional Profissional:	1411469151 (CREA-MG)
Cargo:	Coordenador de Geotecnia
Telefone:	(31) 3614-1840
E-mail:	welington.maximiano@ipemineracao.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização		
Razão social:	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
CNPJ:	29.794.420/0001-79	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização e se responsabiliza tecnicamente por suas respectivas áreas			
Profissional	**Formação**	**Nº Registro**	**Responsabilidade**
Elias Josafá Cota	Eng. Civil Geotécnico	1403750408	Coordenador e Revisor do Projeto
Guilherme Pereira Pinto	Eng. Civil Geotécnico	2014352674	Estudos geotécnicos
Mauro Sérgio Verassani	Eng. Ambiental Hidrólogo	1406671720	Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos
Roberto Rangel Silva	Eng. Civil Hidrólogo	1416269886	Estudos hidráulicos
José Carlos Possas	Geólogo	1406272221	Mapeamento de superfície e estudos geológicos
Guilherme de Freitas Roriz Lima	Eng. Civil Geotécnico	1015708625	Estudos geotécnicos e Edição do Relatório

4.8 Localização da Barragem

A Barragem B2 – Mina Tico-Tico localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Igarapé-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 574.570m E e 7.776.150m N à montante da estrutura descaracterizada da Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico e da Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico.

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

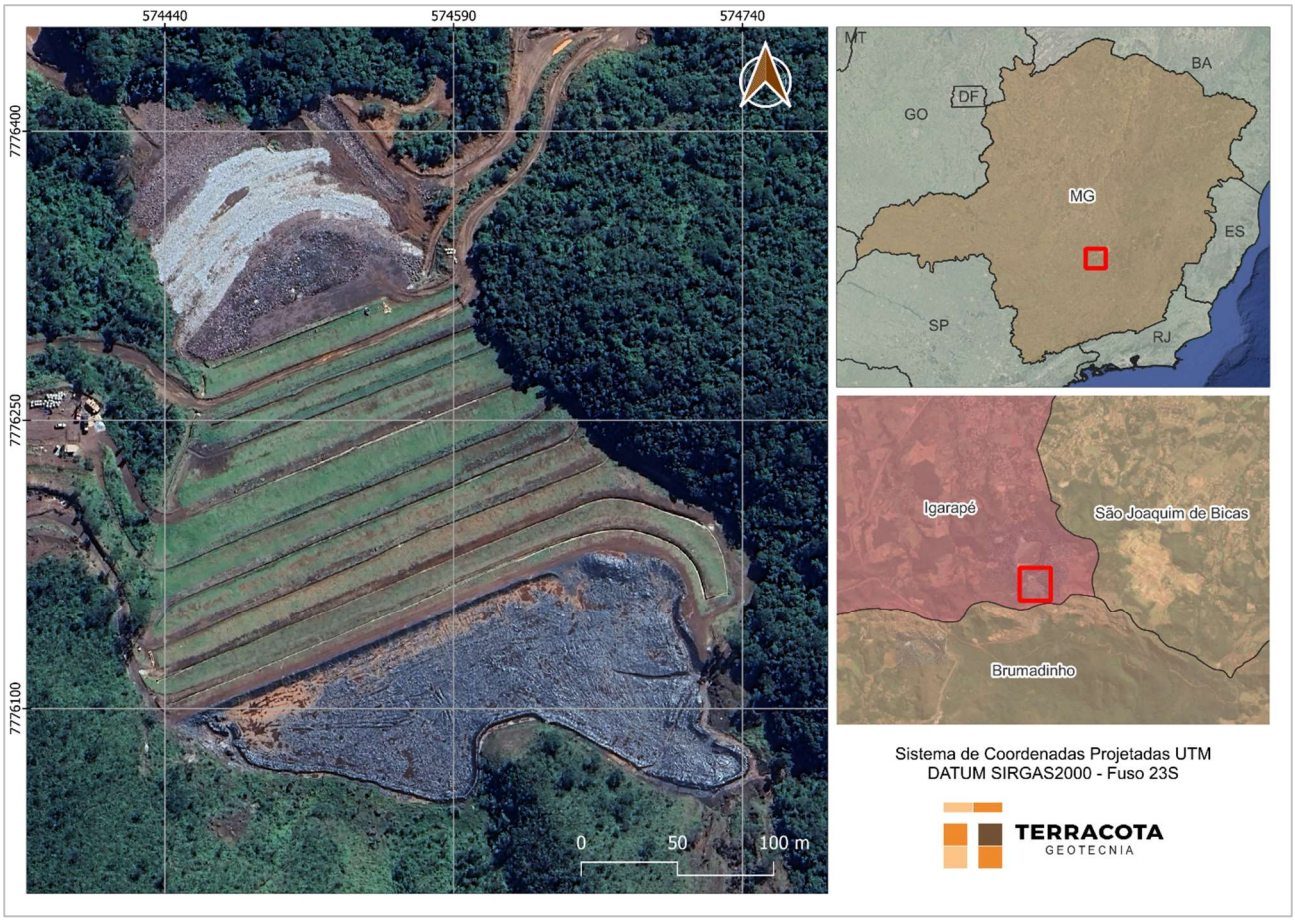


Figura 4.1 – Localização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

4.9 Função atual

As funções da barragem englobaram: a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como Classe II B – Resíduo Inerte.

O lançamento de rejeitos na barragem foi encerrado no ano de 2007, estando a barragem na condição descomissionada e desativada, conforme definição da Resolução ANM 95/2022, Art. 2º VIII.a e IX e definição do Art. 1º do Decreto 48.140/2021.

4.10 Características Gerais

A Barragem B2 – Mina Tico-Tico foi construída em 12 etapas, sendo o maciço inicial e onze alteamentos a montante até a elevação final 1.126,00 m.

Devido ao fato de a barragem ter sido construída e operada entre os anos de 1990 e 2006 não foram encontrados documentos relacionados às obras de construção inicial e das etapas de alteamento da barragem tais como registros fotográficos, ensaios dos materiais, controle de

compactação do aterro e os documentos "como construído" das diversas etapas de operação da barragem.

A Tabela 4.1 abaixo apresenta a relação das etapas construtivas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Tabela 4.1 – Etapas construtivas da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Etapa	Elevação Atual Aproximada (m)
Dique de Partida	1.060,0
1º Alteamento	1.069,0
2º Alteamento	1.076,0
3º Alteamento	1.079,0
4º Alteamento	1.084,3
5º Alteamento	1.093,5
6º Alteamento	1.102,5
7º Alteamento	1.109,0
8º Alteamento	1.115,0
9º Alteamento	1.119,5
10º Alteamento	1.124,3
11º Alteamento	1.126,0

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.2, sendo as informações existentes atualizadas a partir dos levantamentos topográficos de 2022 (IPE.OP.DE.8000.GT.20.455.dwg), de 2020 (IPE.OP.DF.8000.GT.20.019.J - 06/10/20 - ERG Engenharia dwg) e o levantamento da obra concluída de ampliação do reforço (CAD_REFORÇO_B2TT_14ABR23.dwg).

Na Figura 4.2 é apresentada uma imagem de satélite da estrutura e a Figura 4.3 apresenta a seção D-D' de maior altura da barragem.

Tabela 4.2 – Principais características da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B2 – Mina Tico-Tico
Código FEAM	406
Localização	Mina Tico-Tico – Igarapé/MG
Coordenadas geográficas do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'37.550" Longitude: -44°17'12.020"
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	574.570m E / 7.776.150m N

Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	1990
Ano de Início de Operação	1990
Ano de Término de Operação	2007
Ano de Término de Descaracterização	Sem previsão
Situação (status) de operação atual da barragem	Desativada
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total – maciços + reservatório + amortecimento (m³)	1.800.173 (*)
Volume Total de maciços (m³)	442.916 (*)
Capacidade total do reservatório (m³)	1.357.257 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	1.344.347 (*)
Volume de amortecimento (m³)	12.910
Área do reservatório (m²)	18.519
Elevação do coroamento (m)	1.126,1
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	1.016,0
Altura atual da barragem (m);	110,0
Extensão do coroamento (m)	320,0
Largura do coroamento (m)	4,5
Largura das bermas (m)	5,0
Alteamentos realizados e seus métodos empregados	11 alteamentos a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6º)
Inclinação talude de montante	1,6(H):1(V) (32º)
Elevação do NA normal do reservatório (m)	1.125,00
Nível d'água máximo maximorum (TR 1.000 anos) (m)	1.125,50
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.125,72
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.125,82
Borda livre mínima (TR 1.000 anos) (m)	0,60
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,38
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,28
Descarga do vertedouro (TR 1.000 anos) (m³/s)	1,69
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	4,08
Descarga do vertedouro (PMP) (m³/s)	5,20
Capacidade de descarga do vertedouro (m³/s)	7,20
Área da bacia de contribuição (km²)	0,129

(*) Volumes obtidos a partir da reinterpretação da topografia primitiva do vale e levantamento topográfico cadastral.



Figura 4.2 – Imagem da Barragem B2 – Mina Tico-Tico. (Fonte: GoogleEarth® - Maio/2023).

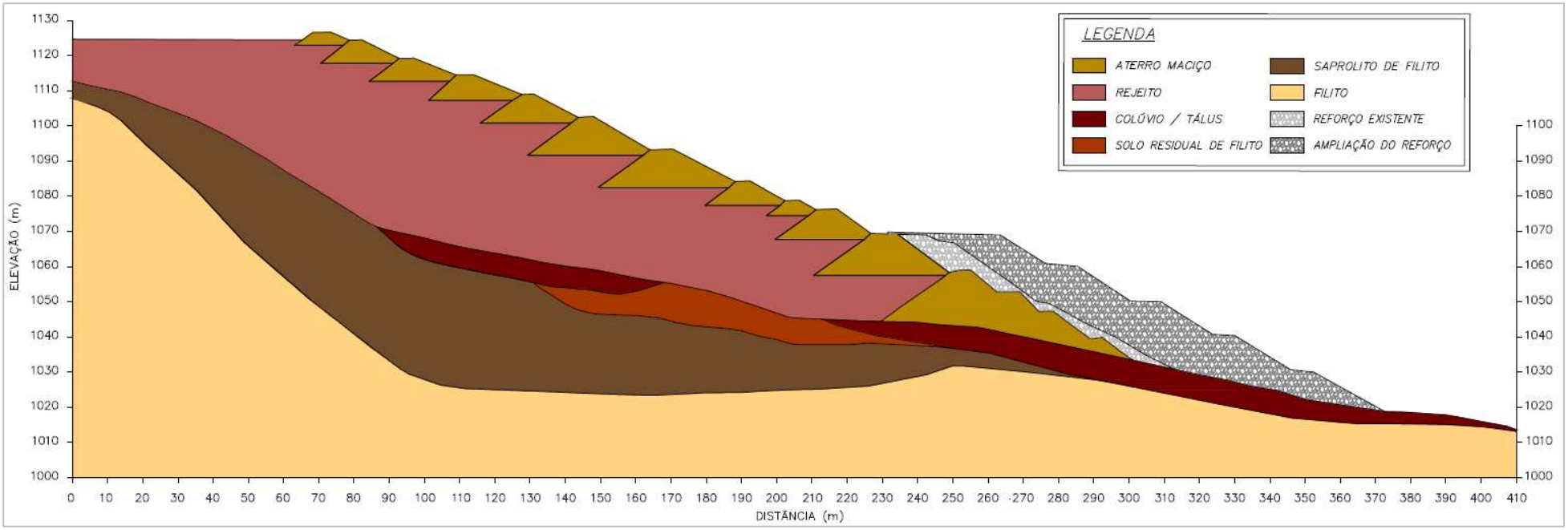


Figura 4.3 – Seção de maior altura (D-D') da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B2 – Mina Tico-Tico** foi classificada, no âmbito da elaboração deste relatório, com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4.3 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	5
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	3
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**27**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥ 65 ou EC*=10
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.4 – Potencial de Dano Ambiental.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	5
PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)		**23**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Tabela 4.5 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Tabela 4.6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Características Técnicas.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Tabela 4.7 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Estado de Conservação.**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	**Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)**
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 5			

Tabela 4.8 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – **Plano de Segurança da Barragem.**

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)**	**Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)**
Projeto Executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto Executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = Σ (j até n) = 3				

Tabela 4.9 – Classificação quanto ao **Potencial de Dano Ambiental** (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração).

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	ALTO **(Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
DPA = Σ (a até d) =23			

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de remoção parcial dos rejeitos dispostos no reservatório, além dos maciços até o nível do coroamento do 1º alteamento de montante, em torno da elevação 1.069,0 m, nível este correspondente ao topo do aterro de reforço executado com enrocamento;
- O projeto de descaracterização será concebido para ser executado em três etapas macro de remoção (três períodos secos), sendo a primeira com remoção dos rejeitos do reservatório e alteamentos a montante até a elevação 1.109,0 m, a segunda removendo os materiais até a elevação 1.093,3 m e a terceira e última etapa, concluindo a remoção, até o nível do topo da estrutura de reforço na elevação 1.069,0 m;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos, com duração mínima de 6 meses (abril a setembro), podendo se estender em função das condições climáticas desde que haja tempo hábil para atender as premissas de conclusão de etapa e executar os serviços para a passagem do período chuvoso. Mesmo assim, o projeto contempla a escavação de sumps próximo ao emboque do sistema extravasor para contenção de água e sedimentos nos casos de chuvas eventuais;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada em camadas de espessura média de 2,0 m, que poderá ser ajustada em campo, condicionada à capacidade de suporte do material, podendo ser necessária a execução de valas drenantes para deságue do rejeito saturado com o objetivo de garantir condições de segurança e operação para trafegabilidade dos equipamentos durante a atividade de lavra. Nos casos em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro (aterro de conquista) com rejeito seco de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;
- O volume total geométrico de remoção previsto, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.487.709 m³;
- A superfície final do reservatório deverá receber camada impermeabilizante (selo) de solo argiloso, preferencialmente laterítico, compactado em camadas de no máximo 25 cm de material solto até obter espessura final mínima de 50 cm, grau de compactação de 98% do PN e ter declividade de 2% para montante de forma a direcionar os fluxos incidentes nesta superfície para o canal de contorno;
- Deverá ser realizada a recomposição vegetal da área do terreno natural exposta pelas

escavações após remoção dos rejeitos e maciços, com utilização de materiais apropriados. Conforme item 3.6 da TR de Descaracterização da FEAM, a técnica será determinada com embasamento no diagnóstico da área pós-descaracterização à medida que avançam as obras e se tenha as reais condições da superfície exposta com objetivo final de reintrodução da área ao contexto da paisagem local.

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B2 – Mina tico-Tico é composto por 03 (três) etapas macro, conforme descrito no relatório do projeto (IPE.OP.RL.8000.GT.20.676): a Etapa 1 contempla as escavações dos rejeitos dispostos no reservatório até a elevação 1.104,0 m e o rebaixamento dos maciços dos alteamentos até a elevação 1.109,0 m; já a Etapa 2, abrange a remoção dos rejeitos até a elevação 1089,0 m e rebaixamento dos maciços até a elevação 1093,3 m; e, finalizando com a remoção dos rejeitos até a elevação 1068,0 e rebaixamento dos maciços até a elevação 1069,5 m.

Em termos gerais, a remoção prevista no projeto será realizada em três etapas macro compreendendo:

- **Etapa 1** - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) a partir do 11º alteamento até o 8º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.109,0 m, correspondendo a um rebaixamento de aproximadamente 17,6 m;
    - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 463.643.m^3;
    - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 103.200.m^3.
    - Volume total de remoção da etapa: 566.843 m³
- **Etapa 2** - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 7º alteamento e do 6º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.093,3 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 15,7 m; e,
    - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 368.276.m^3;
    - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 82.498.m^3.
    - Volume total de remoção da etapa: 450.774 m³
- **Etapa 3** – Última etapa prevista, remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 5º alteamento ao 2º alteamento por

montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.069,5 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 23,8 m.

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 386.202.m^3;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 83.889.m^3.
- Volume total de remoção da etapa: 470.091 m³

Com base na taxa de escavação média entre 2.800 e 3.100 m³ por dia, fornecida pela MMI, cada etapa está prevista para ser executada em um período seco (ciclo de 6 meses, de abril a setembro), podendo ser estendido ou antecipado em função do regime de chuvas.

Os taludes de escavação terão inclinação de 3H:1V, quando for executado em rejeito disposto no reservatório, e 2H:1V, quando resultantes das escavações em rejeito dos maciços compactados. A Figura 5.1 e a Figura 5.2 apresentam o resumo da sequência construtiva de remoção do rejeito em camadas.

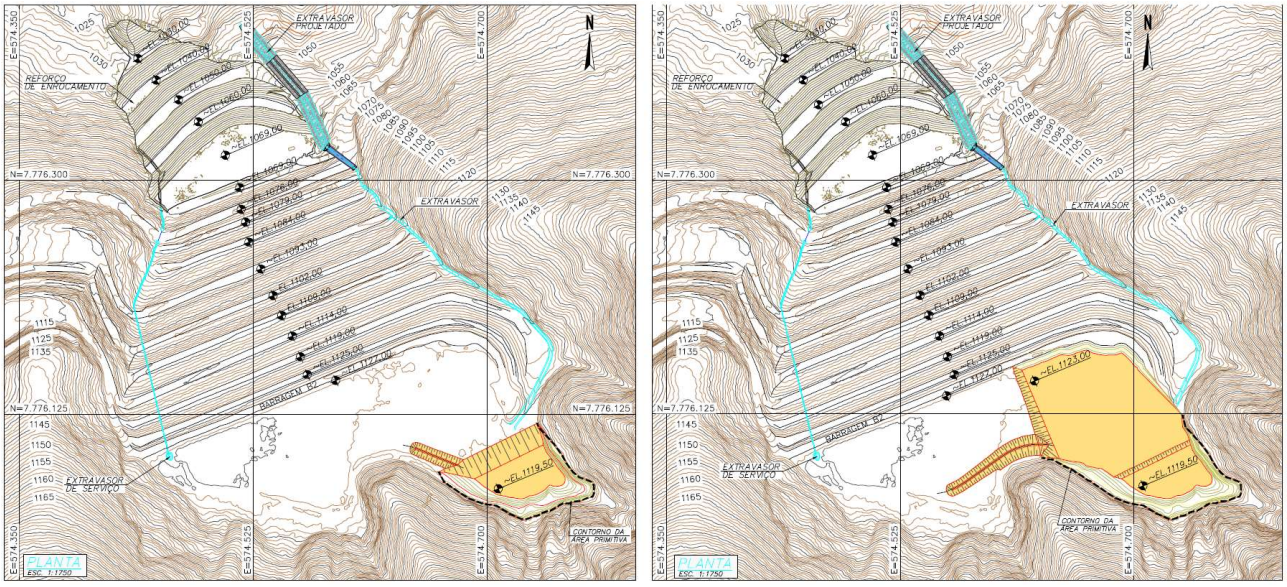


Figura 5.1 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente à primeira fase.

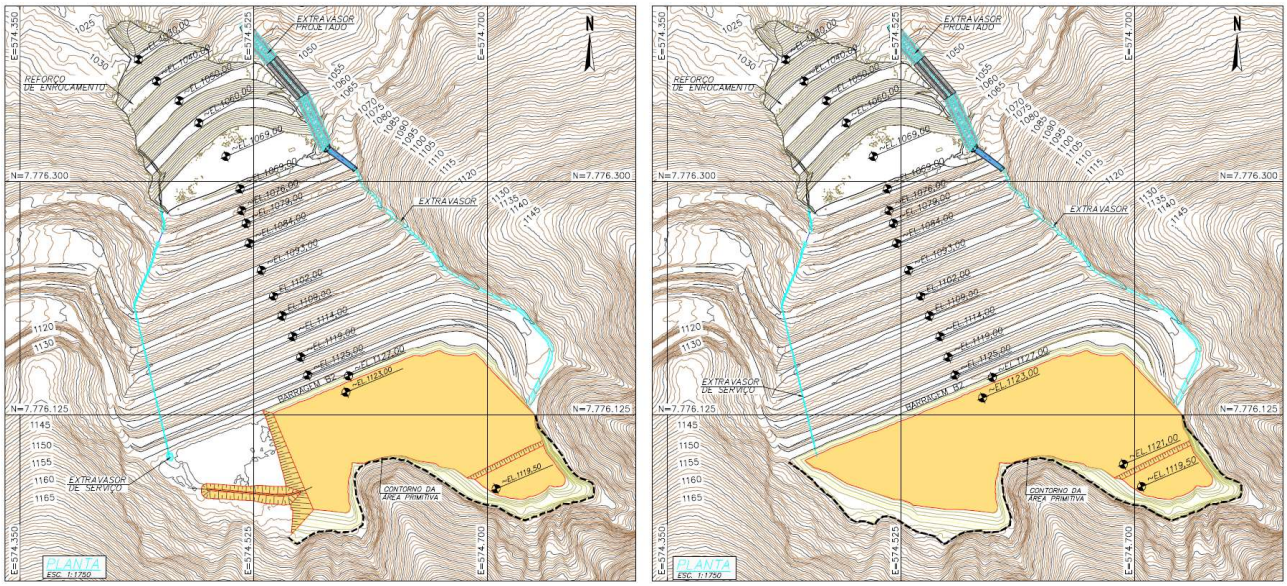


Figura 5.2 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente à primeira fase.

Ao término das obras, com a remoção dos rejeitos e maciços de alteamentos até a elevação final de projeto, será realizada a regularização da superfície do reservatório escavada com declividade de 2% para montante. Após essa regularização, será implantada camada de impermeabilização da superfície do reservatório com solo argiloso compactado. Com a conclusão da regularização e impermeabilização do reservatório remanescente, será executado canal de contorno com revestimento em enrocamento, em que toda a base do canal deverá receber camada de geomembrana, de forma a reduzir a percolação, além de proteção com geotêxtil antes de receber os blocos.

Também faz parte das obras a adequação do emboque do sistema extravasor de emergência, em todas as fases de remoção intermediária da barragem.

A execução das obras deverá cumprir com as diretrizes apresentadas nesta especificação técnica, nos desenhos de projeto e no relatório técnico do projeto executivo. Ressalta-se que as especificações detalhadas neste documento poderão ser ajustadas conforme experiência adquirida em campo durante a execução das obras, desde que aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

Durante a execução de todas as fases deverá ser realizada a remoção e limpeza dos rejeitos do reservatório e alteamentos / maciços até o terreno natural nos encontros com as ombreiras e encosta natural a montante.

As áreas expostas do terreno natural deverão receber recomposição vegetal como forma de proteção contra erosões/ravinamento, sendo que os talvegues remanescentes da limpeza no meio do vale deverão receber proteção com enrocamentos.

O volume a ser escavado de rejeitos no reservatório será de aproximadamente 1.218.122 m³. O volume a ser escavado de aterros compactados dos alteamentos da barragem, também executados com rejeitos, será de aproximadamente 269.587 m³. A soma de todos os materiais a serem removidos durante as obras de descaracterização totalizam aproximadamente 1.487.708 m³.

A seguir são apresentadas figuras representativas das etapas macro de execução do projeto de descaracterização.

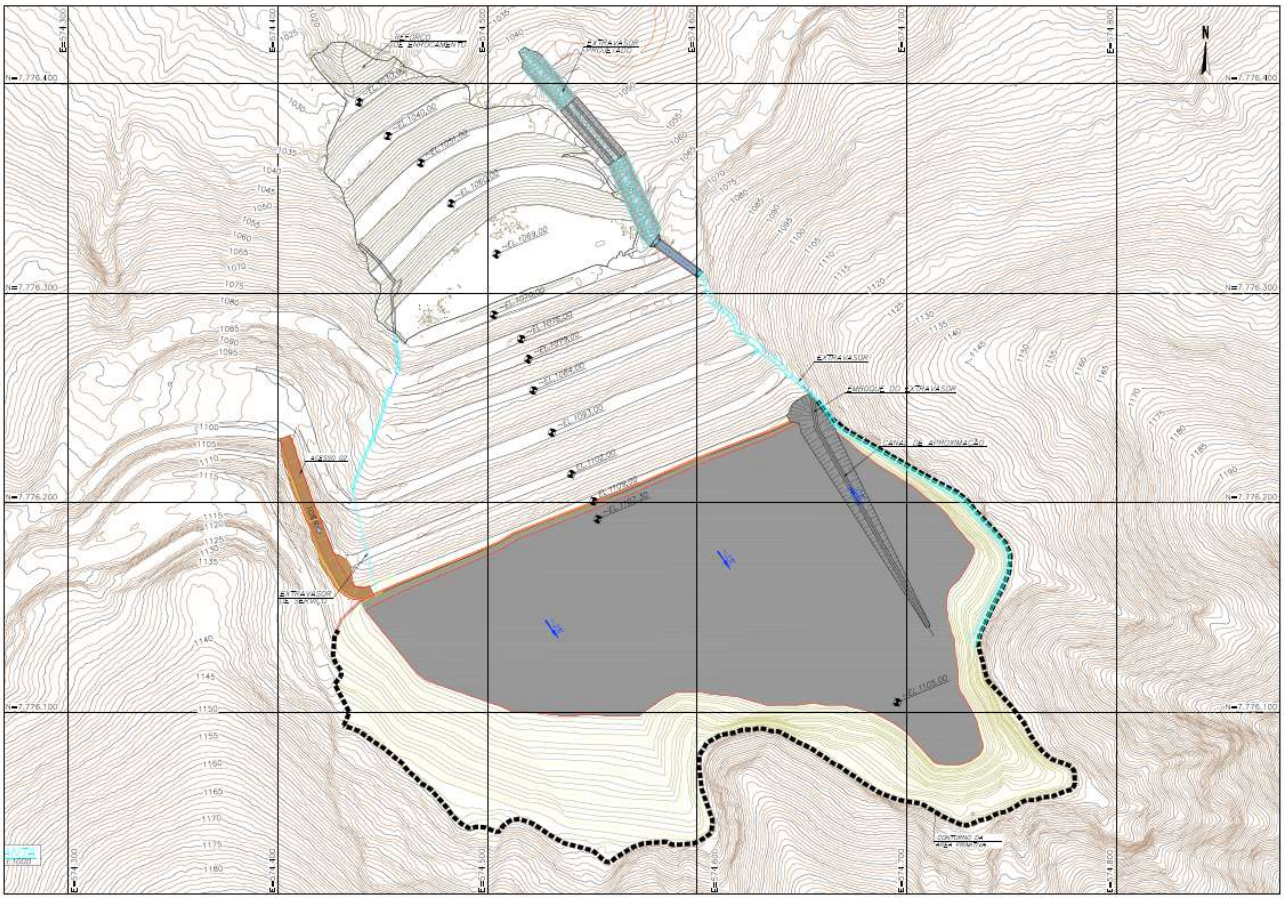


Figura 5.3 – Etapa 1 – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços entre o 11º e 8º alteamentos por montante.

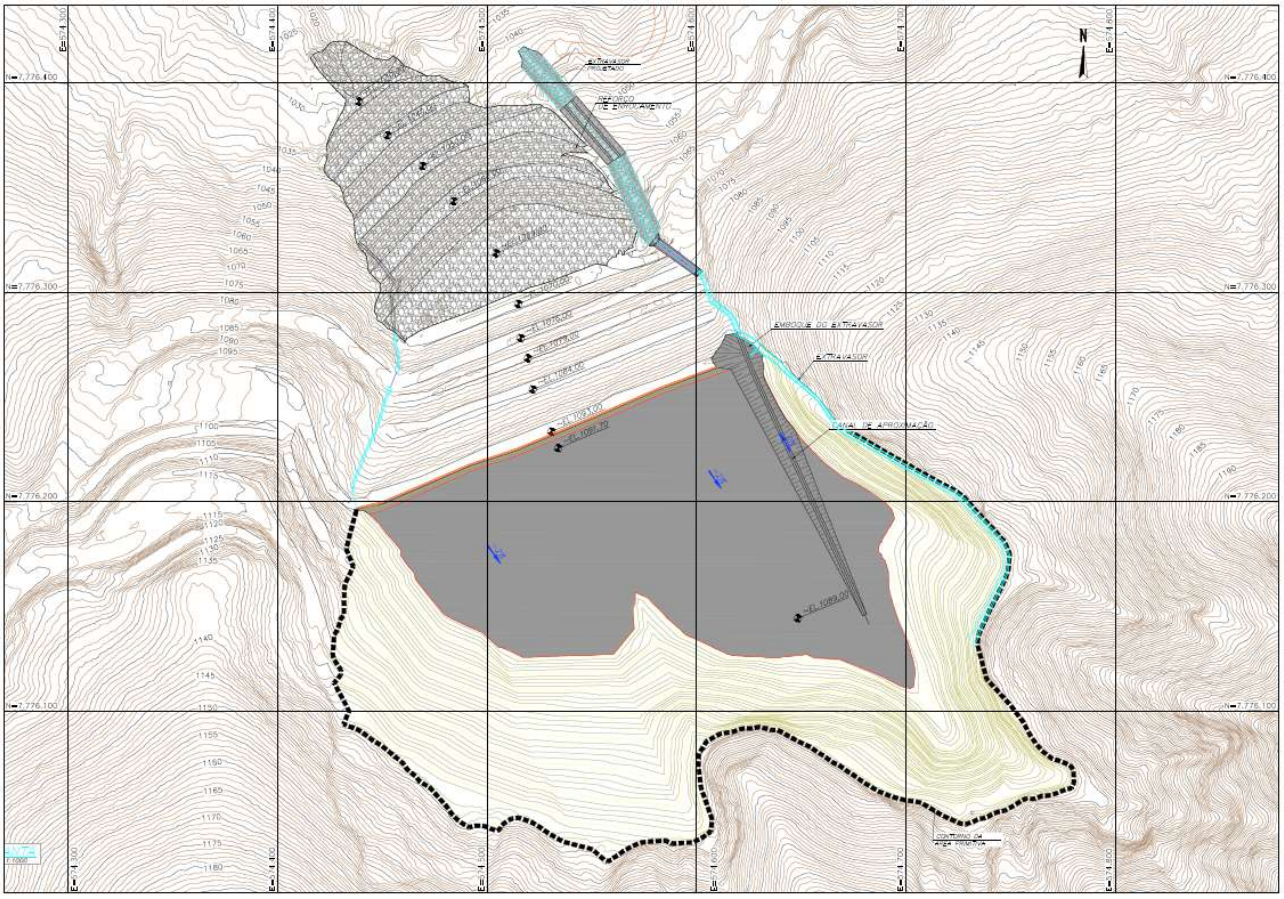


Figura 5.4 – Etapa 2 – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços do 7º e 6º alteamentos por montante.

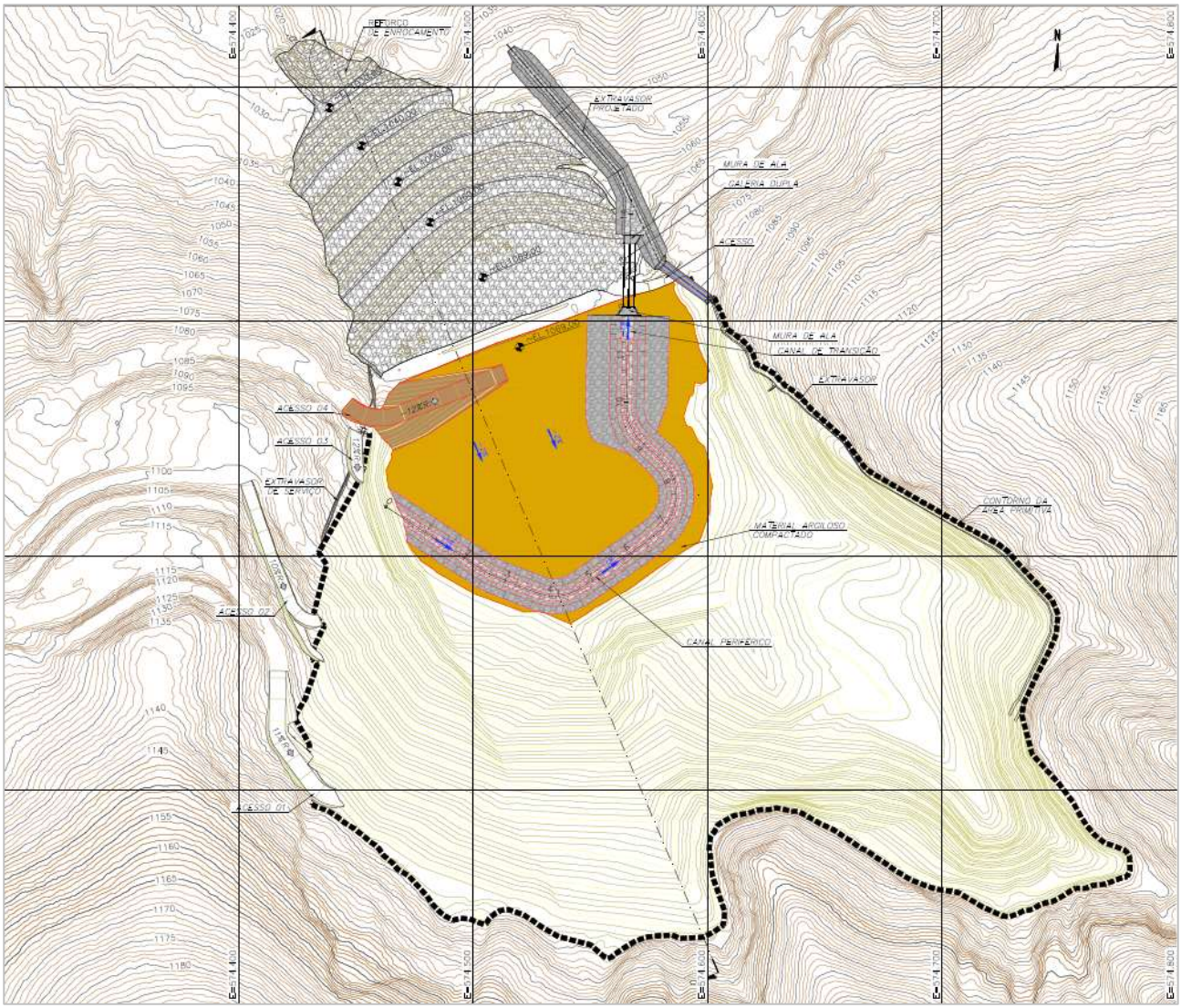


Figura 5.5 – Etapa 3 (Condição Final) – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços entre o 5º e o 2º alteamentos por montante.

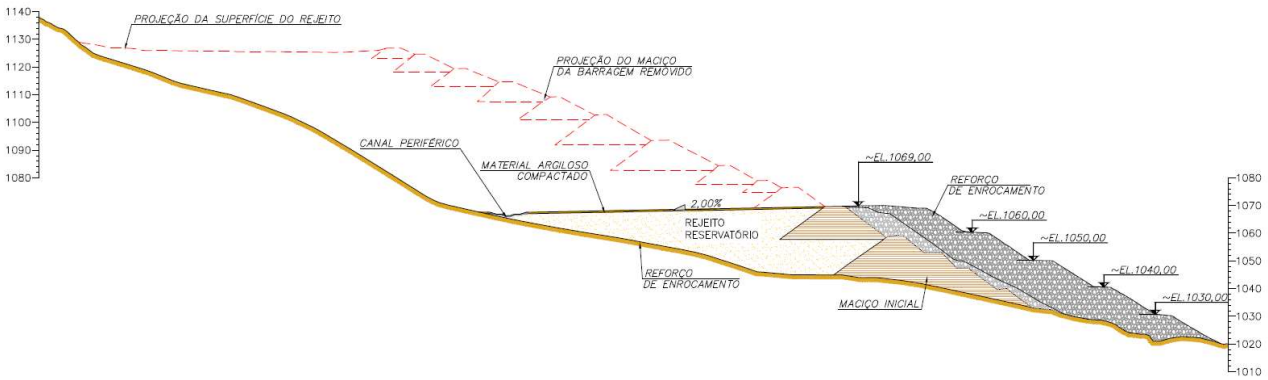


Figura 5.6 – Seção transversal D-D’ passando pelo vale após a conclusão da Etapa 3.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização, porém os documentos se encontram em processo de revisão.

5.3 Atividades Preparatórias

A seguir são apresentadas as atividades preparatórias para início da obra de descaracterização executadas durante o período avaliado.

5.3.1 Sistema Extravasor de Emergência (Ombreira Direita)

De acordo com os estudos apresentados no relatório de diagnóstico (IPE.OP.RL.8000.GT.20.675), para atender as condições impostas pelo projeto de descaracterização, o trecho do canal extravasor de emergência construído em pedra argamassada necessitaria receber adequações para ampliar a sua capacidade de escoamento de forma a garantir que os fluxos resultantes das cheias extremas de projeto (PMP) não transbordem a calha e provoquem erosão no maciço da barragem ou no terreno natural.

Tratando-se de condição temporária a ser atendida durante o período de obras, o projeto propunha o uso de sacaria revestida com manta de geocomposto cimentício ao longo do canal entre as estacas 2+5 e 10+15 e entre as estacas 12+05 e 12+15, com altura de 50 cm em ambas as laterais, conforme ilustrado na Figura 5.7.

Considerando a facilidade executiva, a MMI optou por realizar a adequação do canal utilizando pedra argamassada em todo o canal do sistema extravasor, não se atendo apenas aos trechos indicados. A execução da obra pode ser verificada na Foto 5.1 e Foto 5.2.



Foto 5.1 – Execução da adequação do canal extravasor



Foto 5.2 – Trecho do canal em processo de adequação.

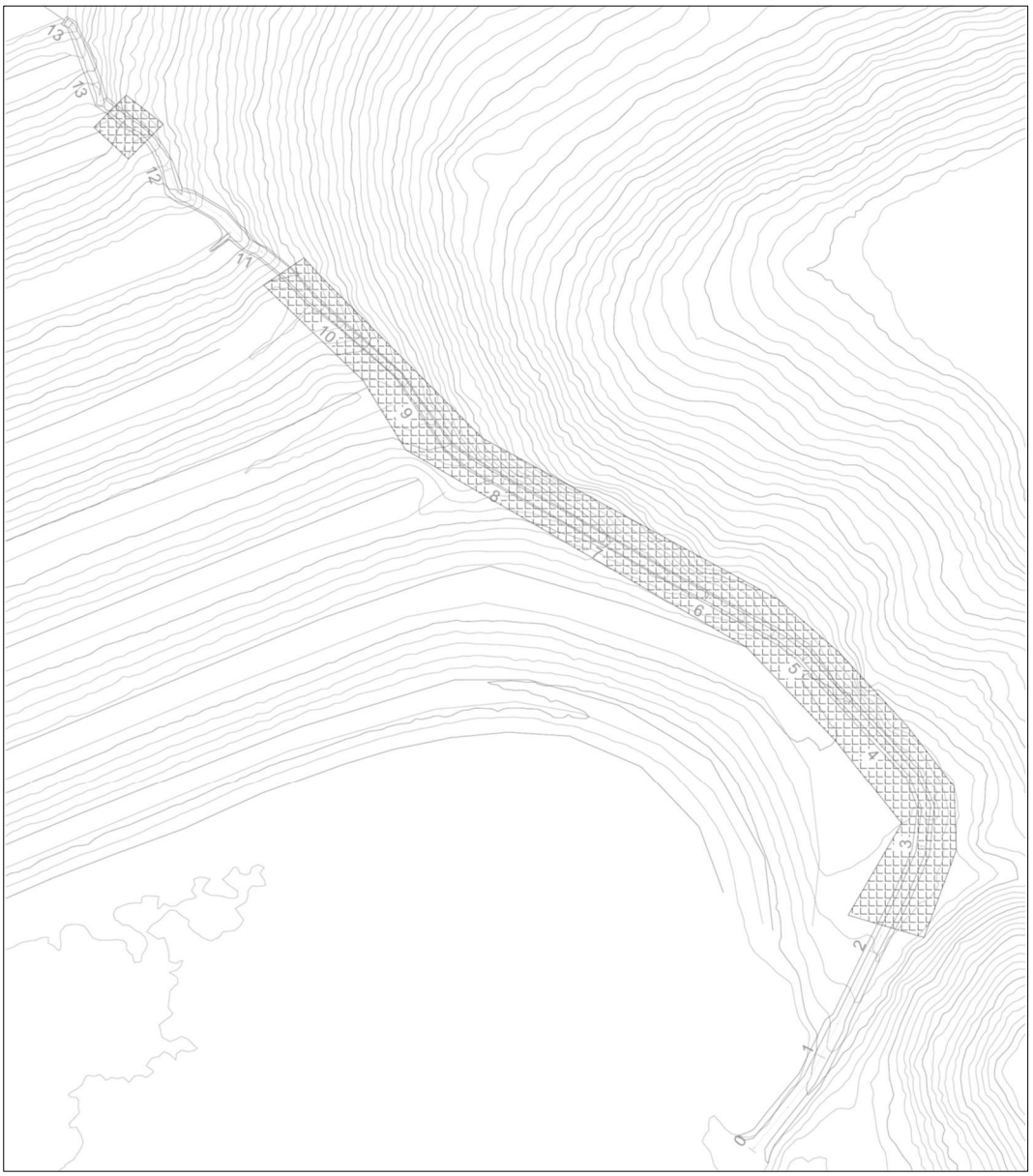


Figura 5.7 - Locais de extravasamento da seção transversal – PMP.
Estacas 2+5,00 a 10+15,00 m e 12+05,00 m a 12+15,00 m.

5.4 Cronograma

Na Figura 5.8 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico considerando desde os serviços preliminares e as obras de descaracterização propriamente dito.

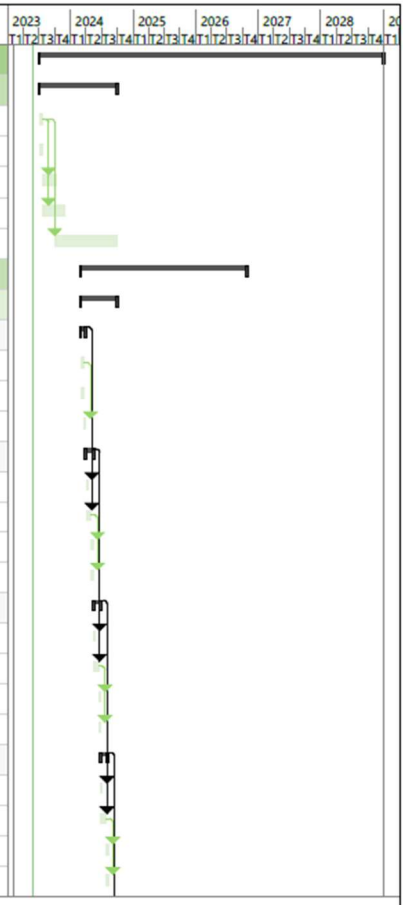
Ressalta-se que foi considerado a operação do poço de rebaixamento no intervalo entre o início do período chuvoso 2023/2024 e a finalização da Etapa 1 quando se espera que o fator de segurança para o carregamento não drenado liquefeito já tenha atingido o valor de 1,1 exigido

pela TR FEAM mesmo sem a operação desse poço. Destaca-se que atualmente os fatores de segurança obtidos nas análises com carregamento não-drenado liquefeito atingem valores superiores aos exigidos, conforme exposto no item 6.2.

Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.

Figura 5.8 – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.

Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1		1	DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO	1435 dias	Seg 03/07/23	Sex 29/12/28
2		1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	326 dias	Seg 03/07/23	Seg 30/09/24
3		1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 03/07/23	Sex 21/07/23
4		1.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Seg 03/07/23	Sex 21/07/23
5		1.1.3	ADEQUAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR	60 dias	Seg 24/07/23	Sex 13/10/23
6		1.1.4	ESTABILIZAÇÃO DA ENCOSTA NATURAL	90 dias	Seg 24/07/23	Sex 24/11/23
7		1.1.5	OPERAÇÃO DO POÇO DE REBAIXAMENTO	261 dias	Seg 02/10/23	Seg 30/09/24
8		1.2	DESCARACTERIZAÇÃO	695 dias	Sex 01/03/24	Qui 29/10/26
9		1.2.1	ETAPA 1	152 dias	Sex 01/03/24	Seg 30/09/24
10		1.2.1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	21 dias	Sex 01/03/24	Sex 29/03/24
11		1.2.1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Sex 01/03/24	Qui 21/03/24
12		1.2.1.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Sex 01/03/24	Qui 21/03/24
13		1.2.1.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO	6 dias	Sex 22/03/24	Sex 29/03/24
14		1.2.1.2	FASE 1 - REMOÇÃO 11º ALTEAMENTO	31 dias	Seg 01/04/24	Seg 13/05/24
15		1.2.1.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	7 dias	Seg 01/04/24	Ter 09/04/24
16		1.2.1.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Seg 01/04/24	Qui 02/05/24
17		1.2.1.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Sex 03/05/24	Seg 13/05/24
18		1.2.1.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 11º ALTEAMENTO	7 dias	Sex 03/05/24	Seg 13/05/24
19		1.2.1.3	FASE 2 - REMOÇÃO 10º ALTEAMENTO	31 dias	Ter 14/05/24	Ter 25/06/24
20		1.2.1.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Ter 14/05/24	Qua 22/05/24
21		1.2.1.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Ter 14/05/24	Sex 14/06/24
22		1.2.1.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Seg 17/06/24	Ter 25/06/24
23		1.2.1.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 10º ALTEAMENTO	7 dias	Seg 17/06/24	Ter 25/06/24
24		1.2.1.4	FASE 3 - REMOÇÃO 9º ALTEAMENTO	31 dias	Qua 26/06/24	Qua 07/08/24
25		1.2.1.4.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qua 26/06/24	Qui 04/07/24
26		1.2.1.4.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 26/06/24	Seg 29/07/24
27		1.2.1.4.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 30/07/24	Qua 07/08/24
28		1.2.1.4.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 9º ALTEAMENTO	7 dias	Ter 30/07/24	Qua 07/08/24

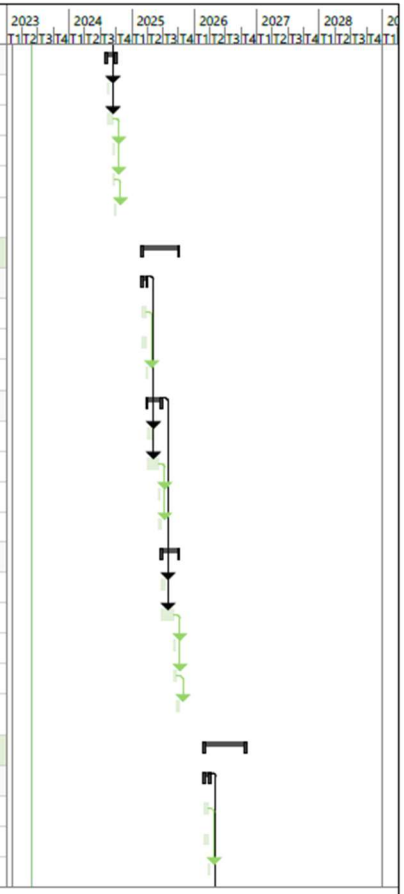


Projeto: Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico

TERRACOTA GEOTECNIA

Tarefa		Tarefa Inativa		Acúmulo de Resumo Manual		Marco externo	
Divisão		Marco Inativo		Resumo Manual		Data limite	
Marco		Resumo Inativo		Somente início		Andamento	
Resumo		Tarefa Manual		Somente término		Progresso manual	
Resumo do projeto		Somente duração		Tarefas externas			

Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
29		**1.2.1.5**	**FASE 4 - REMOÇÃO 8° ALTEAMENTO**	**38 dias**	**Qui 08/08/24**	**Seg 30/09/24**
30		1.2.1.5.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qui 08/08/24	Sex 16/08/24
31		1.2.1.5.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qui 08/08/24	Ter 10/09/24
32		1.2.1.5.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qua 11/09/24	Qui 19/09/24
33		1.2.1.5.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 8° ALTEAMENTO	7 dias	Qua 11/09/24	Qui 19/09/24
34		1.2.1.5.5	IMPLANTAÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM GEOMEMBRANA	7 dias	Sex 20/09/24	Seg 30/09/24
35		**1.2.2**	**ETAPA 2**	**152 dias**	**Seg 03/03/25**	**Ter 30/09/25**
36		**1.2.2.1**	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**21 dias**	**Seg 03/03/25**	**Seg 31/03/25**
37		1.2.2.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 03/03/25	Sex 21/03/25
38		1.2.2.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Seg 03/03/25	Sex 21/03/25
39		1.2.2.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO	6 dias	Seg 24/03/25	Seg 31/03/25
40		**1.2.2.2**	**FASE 5 - REMOÇÃO 7° ALTEAMENTO**	**62 dias**	**Ter 01/04/25**	**Qua 25/06/25**
41		1.2.2.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	15 dias	Ter 01/04/25	Seg 21/04/25
42		1.2.2.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	48 dias	Ter 01/04/25	Qui 05/06/25
43		1.2.2.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Sex 06/06/25	Seg 16/06/25
44		1.2.2.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 7° ALTEAMENTO	14 dias	Sex 06/06/25	Qua 25/06/25
45		**1.2.2.3**	**FASE 6 - REMOÇÃO 6° ALTEAMENTO**	**69 dias**	**Qui 26/06/25**	**Ter 30/09/25**
46		1.2.2.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	15 dias	Qui 26/06/25	Qua 16/07/25
47		1.2.2.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	48 dias	Qui 26/06/25	Seg 01/09/25
48		1.2.2.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 02/09/25	Qua 10/09/25
49		1.2.2.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 6° ALTEAMENTO	14 dias	Ter 02/09/25	Sex 19/09/25
50		1.2.2.3.5	IMPLANTAÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM GEOMEMBRANA	7 dias	Seg 22/09/25	Ter 30/09/25
51		**1.2.3**	**ETAPA 3**	**174 dias**	**Seg 02/03/26**	**Qui 29/10/26**
52		**1.2.3.1**	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**21 dias**	**Seg 02/03/26**	**Seg 30/03/26**
53		1.2.3.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 02/03/26	Sex 20/03/26
54		1.2.3.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Seg 02/03/26	Sex 20/03/26
55		1.2.3.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO	6 dias	Seg 23/03/26	Seg 30/03/26

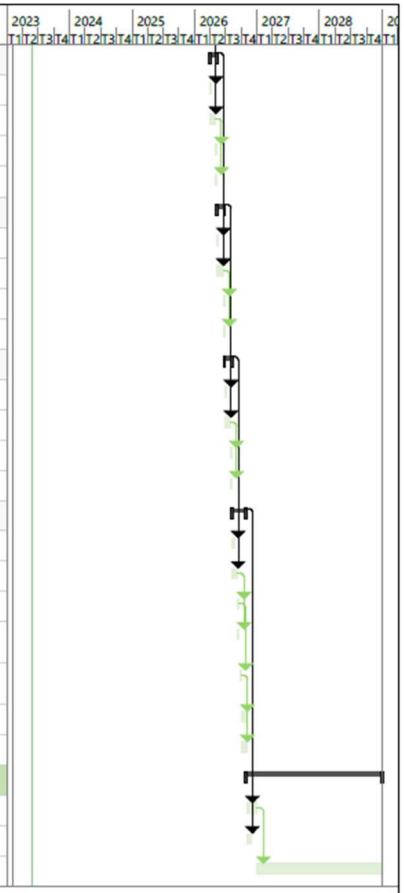


Projeto: Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico

TERRACOTA GEOTECNIA

Tarefa	Tarefa Inativa	Acúmulo de Resumo Manual	Marco externo
Divisão	Marco Inativo	Resumo Manual	Data limite
Marco	Resumo Inativo	Somente início	Andamento
Resumo	Tarefa Manual	Somente término	Progresso manual
Resumo do projeto	Somente duração	Tarefas externas	

Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
56		**1.2.3.2**	**FASE 7 - REMOÇÃO 5° ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Ter 31/03/26**	**Ter 12/05/26**
57		1.2.3.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	7 dias	Ter 31/03/26	Qua 08/04/26
58		1.2.3.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Ter 31/03/26	Sex 01/05/26
59		1.2.3.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Seg 04/05/26	Ter 12/05/26
60		1.2.3.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 5° ALTEAMENTO	7 dias	Seg 04/05/26	Ter 12/05/26
61		**1.2.3.3**	**FASE 8 - REMOÇÃO 4° ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Qua 13/05/26**	**Qua 24/06/26**
62		1.2.3.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qua 13/05/26	Qui 21/05/26
63		1.2.3.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 13/05/26	Seg 15/06/26
64		1.2.3.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 16/06/26	Qua 24/06/26
65		1.2.3.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 4° ALTEAMENTO	7 dias	Ter 16/06/26	Qua 24/06/26
66		**1.2.3.4**	**FASE 9 - REMOÇÃO 3° ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Qui 25/06/26**	**Qui 06/08/26**
67		1.2.3.4.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qui 25/06/26	Sex 03/07/26
68		1.2.3.4.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qui 25/06/26	Ter 28/07/26
69		1.2.3.4.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qua 29/07/26	Qui 06/08/26
70		1.2.3.4.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 3° ALTEAMENTO	7 dias	Qua 29/07/26	Qui 06/08/26
71		**1.2.3.5**	**FASE 10 (FINAL) - REMOÇÃO 2° ALTEAMENTO**	**60 dias**	**Sex 07/08/26**	**Qui 29/10/26**
72		1.2.3.5.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Sex 07/08/26	Seg 17/08/26
73		1.2.3.5.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Sex 07/08/26	Qua 09/09/26
74		1.2.3.5.3	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 2° ALTEAMENTO	7 dias	Qui 10/09/26	Sex 18/09/26
75		1.2.3.5.4	REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE ESCAVADA COM DECLIVIDADE DE 2% NA DIREÇÃO DO MACIÇO PARA MONTANTE	7 dias	Qui 10/09/26	Sex 18/09/26
76		1.2.3.5.5	IMPLANTAÇÃO DE CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓRIO COM SOLO ARGILOSO COMPACTADO	7 dias	Seg 21/09/26	Ter 29/09/26
77		1.2.3.5.6	IMPLANTAÇÃO DE CANAL DE CONTORNO	22 dias	Qua 30/09/26	Qui 29/10/26
78		1.2.3.5.7	INSTALAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE	22 dias	Qua 30/09/26	Qui 29/10/26
79		**1.3**	**PÓS-OBRA**	**566 dias**	**Sex 30/10/26**	**Sex 29/12/28**
80		1.3.1	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	45 dias	Sex 30/10/26	Qui 31/12/26
81		1.3.2	DESMOBILIZAÇÃO	22 dias	Sex 30/10/26	Seg 30/11/26
82		1.3.3	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	521 dias	Sex 01/01/27	Sex 29/12/28



Projeto: Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico

TERRACOTA GEOTECNIA

Tarefa		Tarefa Inativa		Acúmulo de Resumo Manual		Marco externo	
Divisão		Marco Inativo		Resumo Manual		Data limite	
Marco		Resumo Inativo		Somente início		Andamento	
Resumo		Tarefa Manual		Somente término		Progresso manual	
Resumo do projeto		Somente duração		Tarefas externas			

5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Em função do desconhecimento do "as built" das diversas etapas construtivas dos alteamentos da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, não se pode garantir que a topografia primitiva reconstituída, apresentada no desenho IPE.OP.DE.8000.GT.20.709, inferida a partir de furos de sondagem, representa fidedignamente a morfologia da encosta natural final após as intervenções para a remoção dos rejeitos dispostos e dos maciços dos alteamentos.

Desta forma, os eventuais efeitos do desconfinamento ou até mesmo devido a escavações realizadas na época de construção da barragem para ampliar o reservatório ou como área de empréstimo local poderão exigir projetos específicos e obras complementares de estabilização.

Atualmente, uma porção da encosta na margem esquerda do reservatório da estrutura (Figura 5.9) apresenta cicatriz de movimentação e deve ser estabilizada antes das obras de descaracterização. Uma solução a ser considerada contempla descarregar a cunha de ruptura, executar um paramento de gabiões para contenção e proteger o restante da superfície exposta com aplicação de geomanta MacMat R3 ou similar e hidrossemeadura.



Figura 5.9 – Vista da encosta na margem esquerda do reservatório a ser estabilizada.

Atualmente, a região é monitorada através de marcos de controle, como pode ser verificada na imagem a seguir.



Figura 5.10 – Marco de controle na margem esquerda do reservatório.

6. Obras de Descaracterização

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, aguardando avaliação da documentação do projeto pela FEAM e empresas parceiras. Atualmente o fator de segurança não-drenado liquefeito é superior ao valor mínimo recomendado pela TR FEAM de descaracterização (1,1), em todas as seções avaliadas. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da situação atual da estrutura em relação aos níveis da instrumentação e estabilidade geotécnica.

6.1 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle da barragem é composta por 35 (trinta e cinco) indicadores de nível d'água com leitura manual; 2 (dois) indicadores de nível d'água automatizados, 17 (dezessete) piezômetros de tubo aberto do tipo Casagrande e 8 (oito) piezômetros automatizados, 05 (cinco) marcos superficiais, 01 (um) indicador de vazão e 04 (quatro) sismógrafos, distribuídos em 05 (cinco) seções transversais de monitoramento.

Os níveis de controle dos instrumentos instalados na Barragem B2 – Mina Tico-Tico foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico do rejeito do reservatório localizado abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível normal**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

1- **Nível normal:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,30 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
2- **Nível de alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,20 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2);
3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,00 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 3).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.553.

A Figura 6.1, Figura 6.2 e Figura 6.3 apresentam a locação em planta dos instrumentos e da Figura 6.4 a Figura 6.8 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 6.1 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

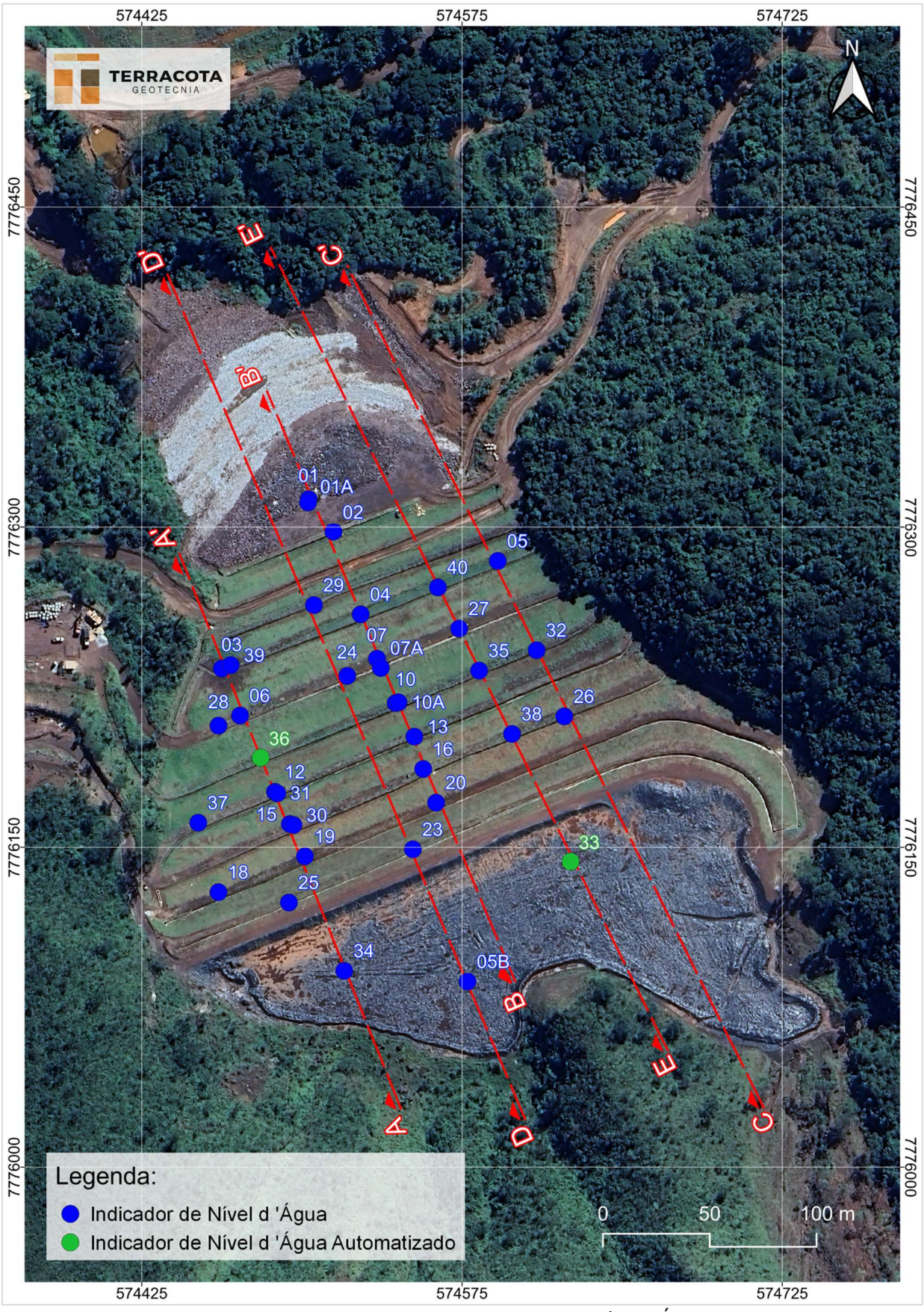


Figura 6.1 – Locação dos Indicadores de Nível d'Água.

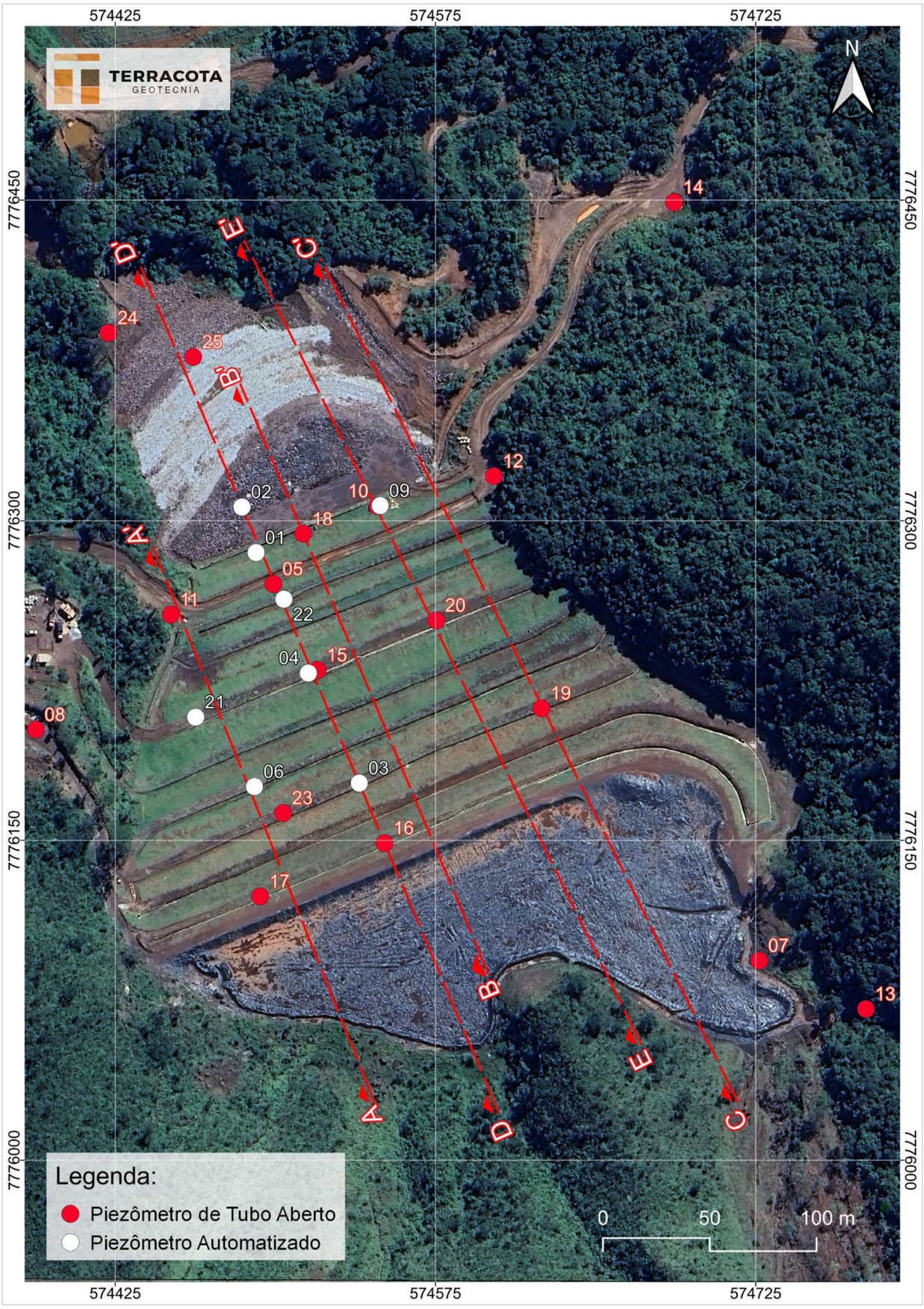


Figura 6.2 – Locação dos Piezômetros.

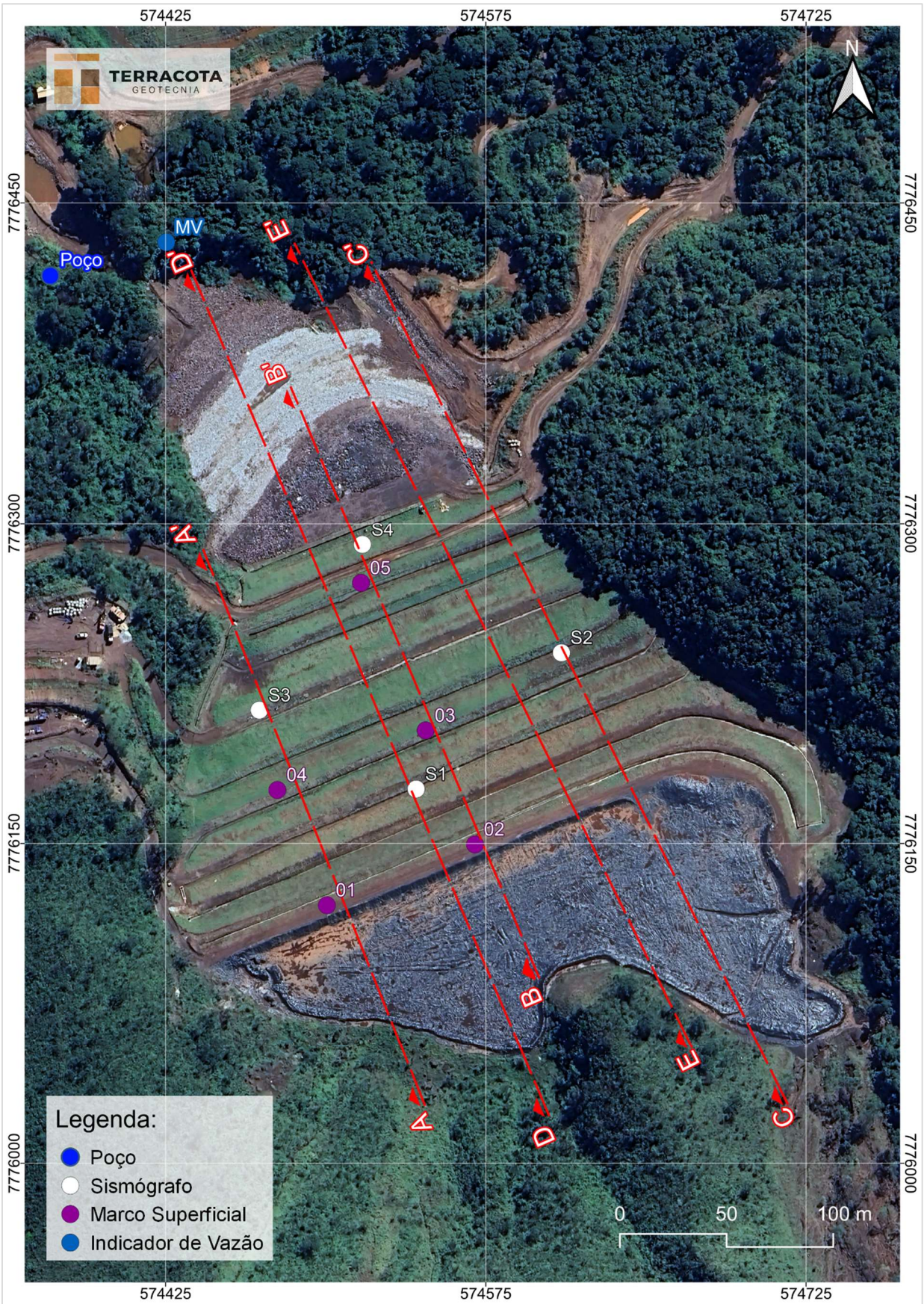


Figura 6.3 – Locação dos Marcos Superficiais, Sismógrafos e Indicador de Vazão.

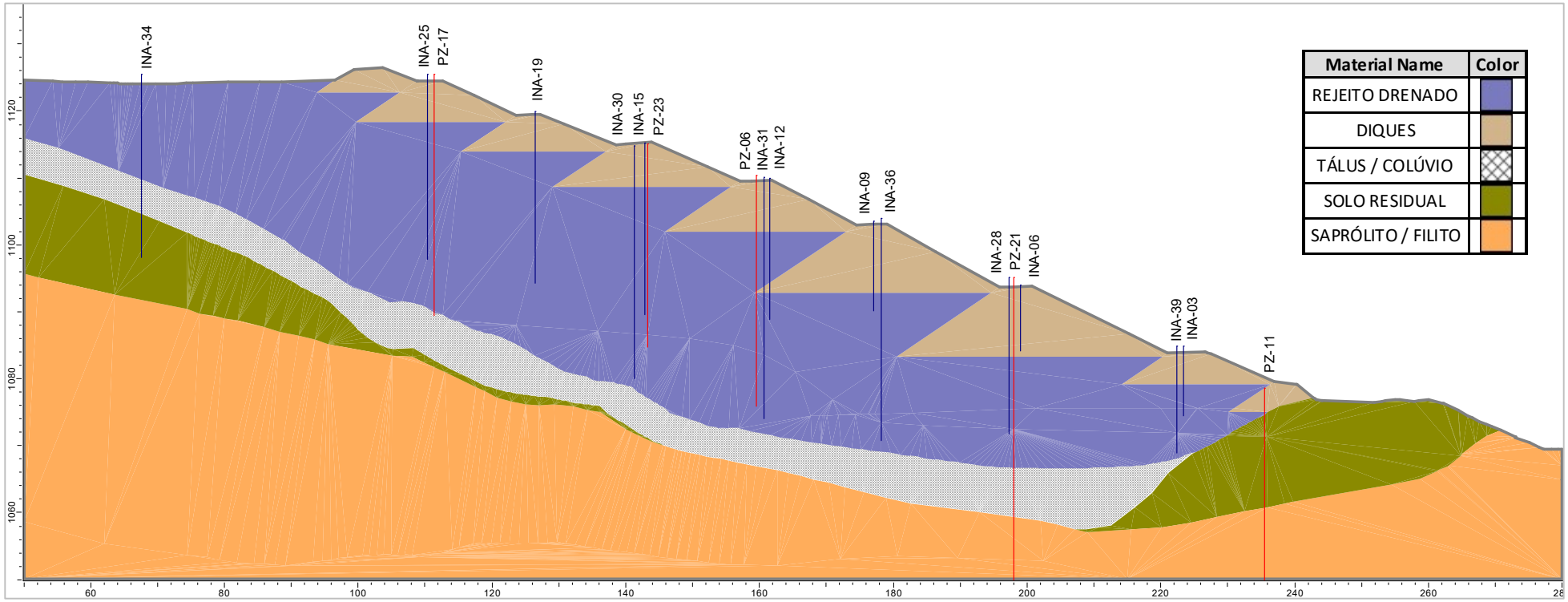


Figura 6.4 – Seção transversal de controle A-A'.

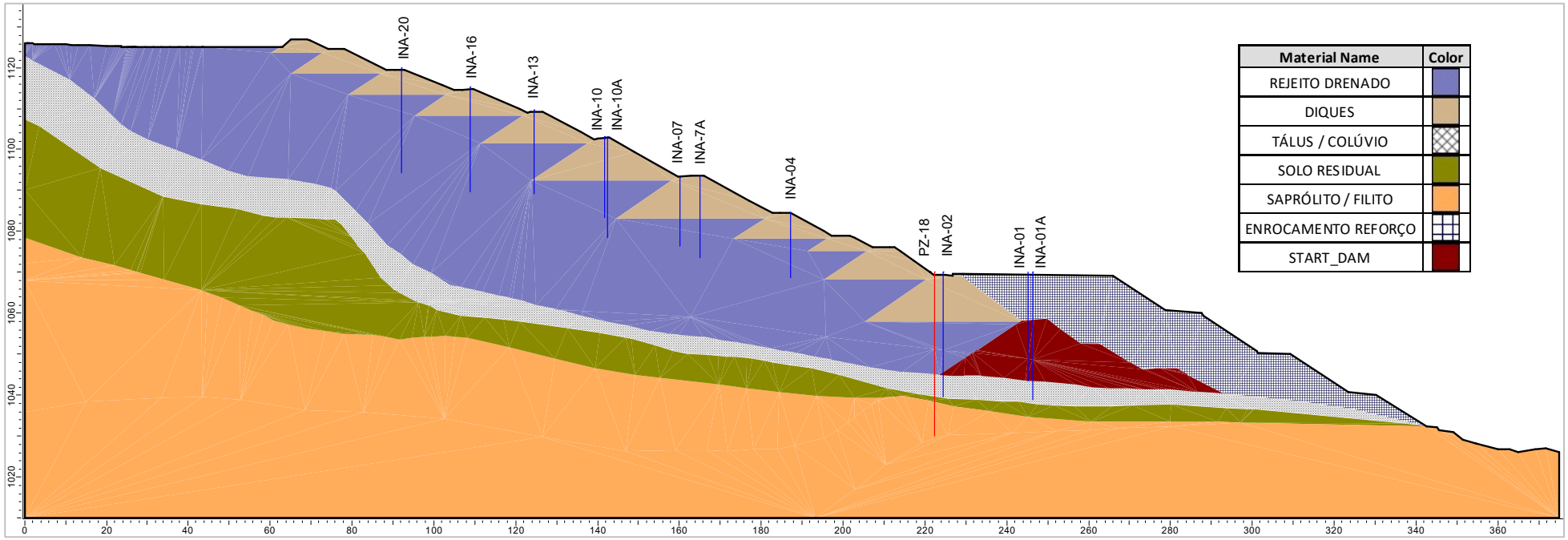


Figura 6.5 – Seção transversal de controle B-B'.

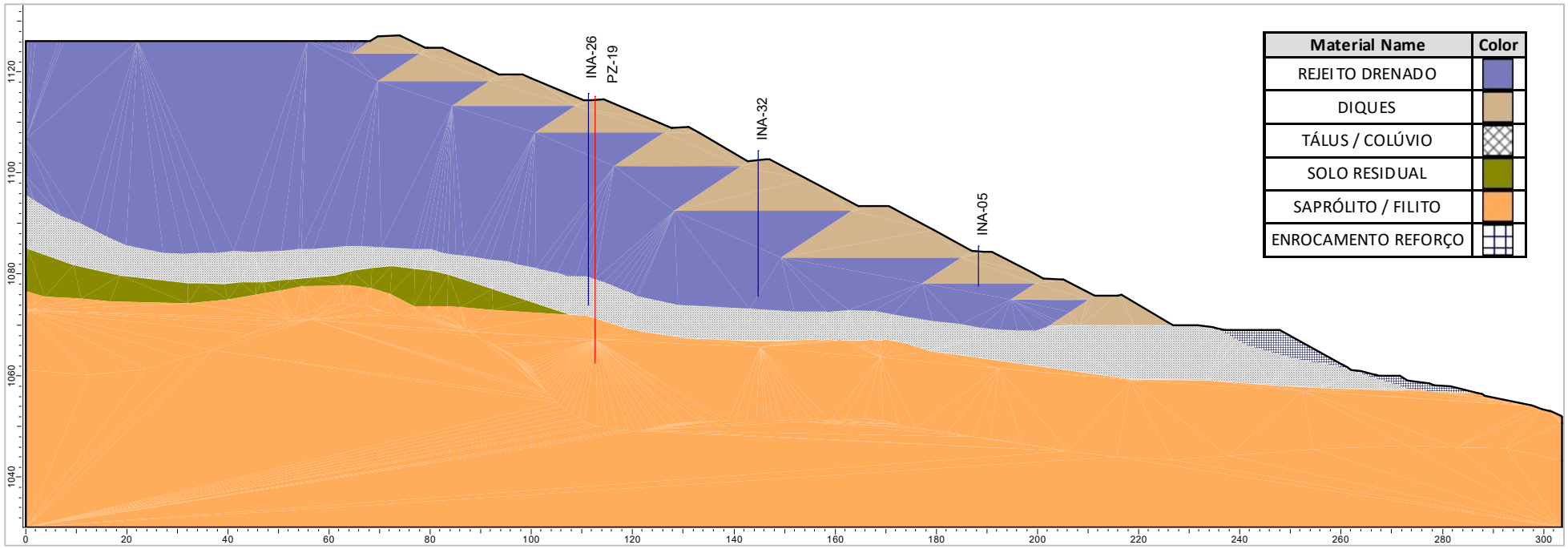


Figura 6.6 – Seção transversal de controle C-C'.

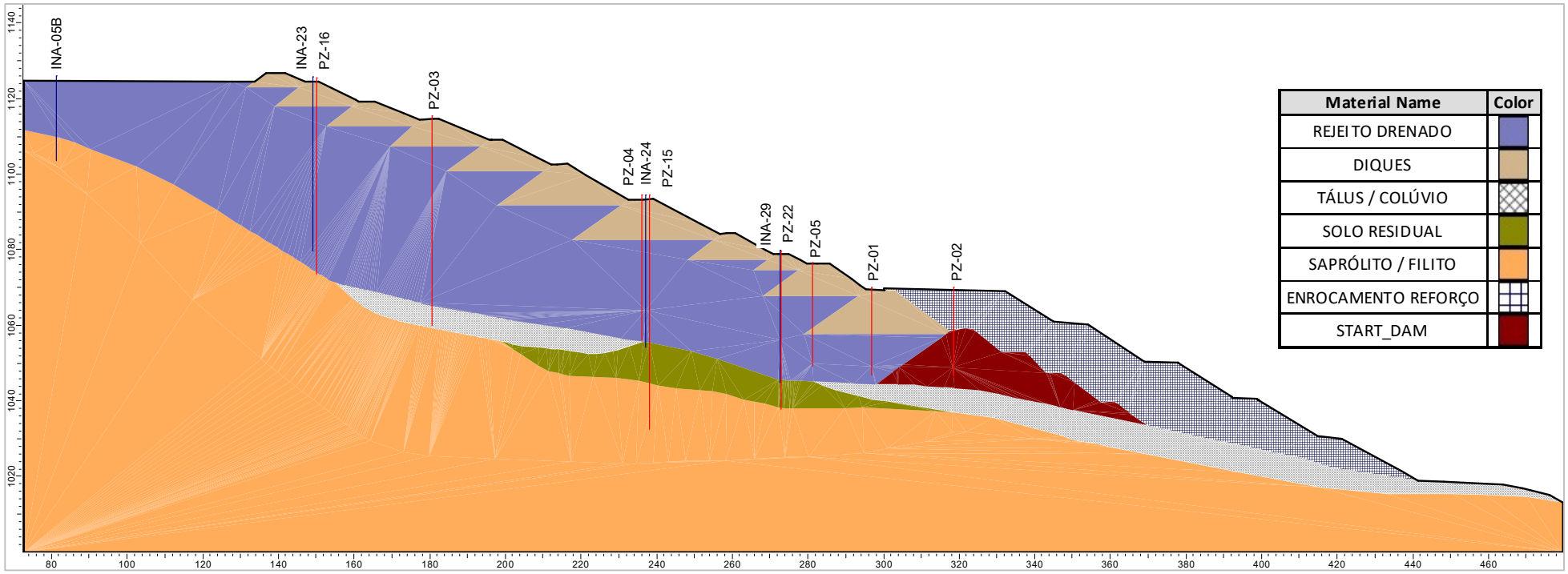


Figura 6.7 – Seção transversal de controle D-D'.

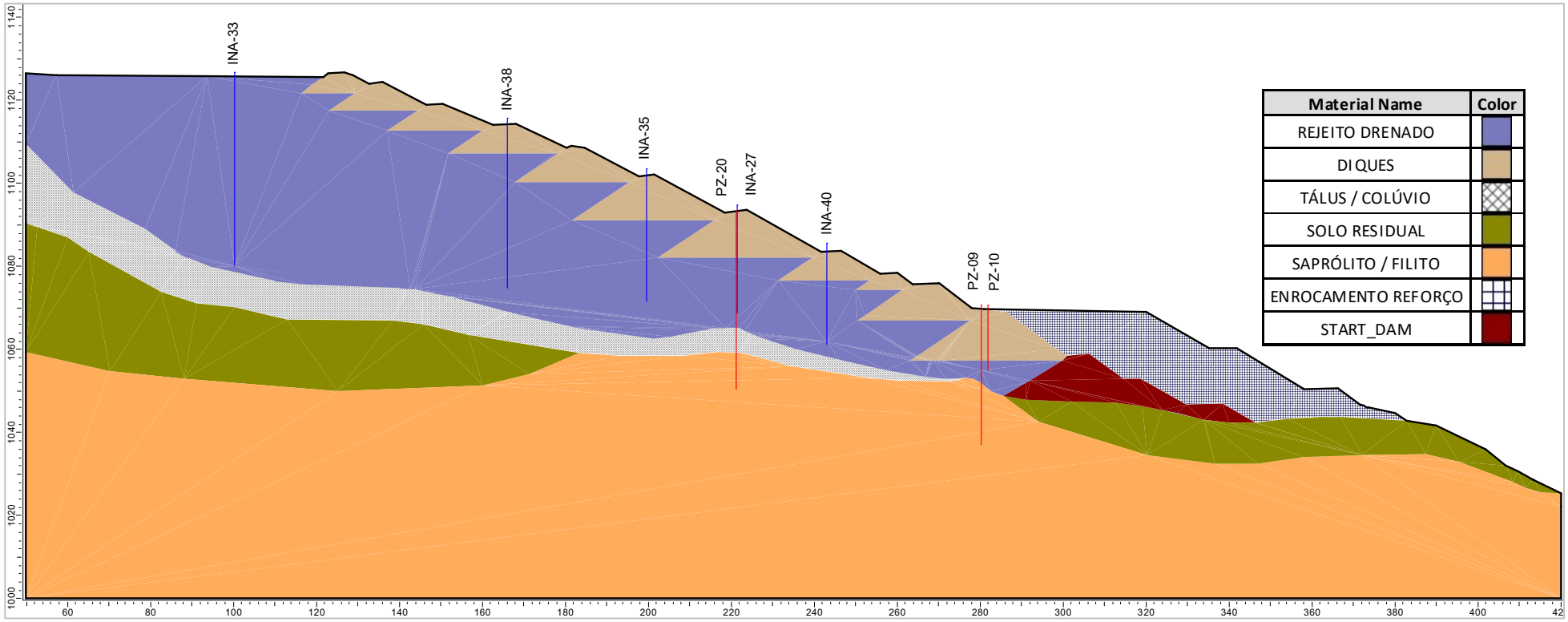


Figura 6.8 – Seção transversal de controle E-E'.

Tabela 6.1 – Locação, características, leitura (31/10/2023) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (31/10/2023)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A’	INA-34	574.519,824	7.776.092,184	1.125,46	1.098,14	27,32	SECO	1.102,00	1.103,00	1.104,00
	INA-25	574.493,944	7.776.124,174	1.125,51	1.097,78	27,73	SECO	1.098,28	1.098,58	1.098,78
	PZ-17	574.492,893	7.776.123,796	1.125,52	1.090,42	35,10	SECO	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	INA-19	574.501,437	7.776.145,795	1.119,96	1.094,19	25,77	SECO	1.094,69	1.094,99	1.095,19
	INA-30	574.496,028	7.776.160,454	1.115,90	1.079,93	35,97	SECO	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	INA-15	574.494,387	7.776.160,916	1.115,20	1.089,51	25,69	SECO	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	PZ-23	574.503,574	7.776.162,871	1.115,96	1.085,13	30,83	1.086,16	1.092,00	1.093,00	1.094,00
	PZ-06 (1)	574.490,218	7.776.175,201	1.110,33	1.075,80	34,53	1.077,10	1.089,00	1.091,00	1.092,00
	INA-31	574.488,447	7.776.175,368	1.110,33	1.077,72	32,61	1.080,06	1.089,00	1.091,00	1.092,00
	INA-12	574.487,432	7.776.175,985	1.109,95	1.088,77	21,18	1.089,38	1.089,00	1.091,00	1.092,00
	INA-36 (1)	574.480,696	7.776.192,019	1.103,90	1.070,80	33,10	1.070,56	1.082,25	1.083,50	1.084,25
	INA-28	574.460,943	7.776.207,008	1.095,14	1.071,74	23,40	SECO	1.076,00	1.076,50	1.077,00
	PZ-21 (1)	574.462,687	7.776.207,739	1.095,07	1.048,93	46,14	1.059,62	1.066,00	1.068,00	1.070,00
	INA-06	574.471,040	7.776.211,750	1.094,03	1.083,39	10,64	SECO	1.084,57	1.084,87	1.085,07
	INA-03	574.462,517	7.776.233,802	1.084,82	1.074,42	10,40	SECO	1.074,92	1.075,22	1.076,30
	INA-39	574.466,682	7.776.235,354	1.084,90	1.068,82	16,08	SECO	1.072,75	1.073,50	1.076,50
	PZ-11	574.450,970	7.776.255,740	1.078,64	1.027,24	51,40	1.042,20	1.063,00	1.065,00	1.067,00
B-B’	INA-20	574.562,876	7.776.170,936	1.119,96	1.094,24	25,72	SECO	1.094,74	1.095,04	1.095,24
	INA-16	574.556,831	7.776.186,690	1.115,27	1.089,62	25,65	SECO	1.090,12	1.090,42	1.090,62

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (31/10/2023)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
B-B’	INA-13	574.552,708	7.776.201,867	1.109,66	1.089,05	20,61	SECO	1.089,55	1.089,85	1.090,05
	INA-10	574.543,939	7.776.217,594	1.103,16	1.078,29	24,87	SECO	1.078,79	1.079,09	1.079,29
	INA-10A	574.545,267	7.776.217,956	1.103,23	1.083,16	20,07	SECO	1.083,96	1.084,26	1.084,46
	INA-07	574.535,188	7.776.238,345	1.093,66	1.072,72	20,94	SECO	1.074,06	1.074,36	1.074,56
	INA-07A	574.536,982	7.776.234,018	1.093,64	1.076,94	16,70	SECO	1.077,44	1.077,74	1.077,94
	INA-04	574.527,552	7.776.259,135	1.084,46	1.068,65	15,81	SECO	1.069,15	1.069,45	1.069,65
	INA-02	574.514,796	7.776.297,920	1.068,65	1.038,74	29,91	1.039,22	1.052,00	1.053,50	1.057,50
	PZ-18	574.513,017	7.776.293,664	1.070,12	1.030,04	40,08	1.036,51	1.052,00	1.053,50	1.057,50
	INA-01	574.503,220	7.776.313,342	1.070,11	1.038,92	31,19	DANIFICADO	1.049,00	1.050,00	1.053,75
	INA-01A	574.502,899	7.776.311,911	1.070,11	1.043,38	26,73	DANIFICADO	1.049,00	1.050,00	1.053,75
C-C’	INA-26	574.622,923	7.776.211,341	1.115,50	1.073,07	42,43	SECO	1.081,00	1.083,00	1.089,00
	PZ-19	574.624,640	7.776.211,878	1.115,34	1.062,12	53,22	1.066,75	1.081,00	1.083,00	1.089,00
	INA-32	574.609,982	7.776.242,314	1.103,39	1.075,61	27,78	SECO	1.077,00	1.079,00	1.081,00
	INA-05	574.591,761	7.776.284,132	1.084,49	1.075,62	8,87	SECO	1.077,15	1.077,45	1.077,65
D-D’	INA-05B	574.577,560	7.776.087,144	1.126,06	1.103,52	22,54	SECO	1.111,50	1.112,50	1.114,50
	INA-23	574.552,009	7.776.149,087	1.125,75	1.079,61	46,14	SECO	1.080,11	1.080,41	1.081,00
	PZ-16	574.551,073	7.776.148,709	1.125,58	1.073,54	52,04	SECO	1.074,50	1.075,00	1.076,00
	PZ-03 (1)	574.539,333	7.776.176,864	1.115,36	1.059,83	55,53	1.061,12	1.063,00	1.064,50	1.066,00
	PZ-04 (1)	574.515,454	7.776.228,365	1.094,40	1.056,08	38,32	1.059,54	1.065,25	1.070,00	1.072,00
	INA-24	574.521,245	7.776.230,297	1.094,38	1.054,17	40,21	1.064,37	1.065,25	1.070,00	1.072,00

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (31/10/2023)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
D-D'	PZ-15	574.519,798	7.776.229,746	1.094,39	1.032,37	62,02	1.043,87	1.053,50	1.055,00	1.057,50
	INA-29	574.505,661	7.776.263,490	1.079,74	1.045,99	33,75	1.054,59	1.057,00	1.059,00	1.061,00
	PZ-22 (1)	574.504,016	7.776.262,970	1.079,71	1.037,71	42,00	1.041,38	1.045,00	1.046,00	1.047,00
	PZ-05	574.499,050	7.776.270,044	1.076,62	1.049,09	27,53	1.049,18	1.055,00	1.056,00	1.058,00
	PZ-01 (1)	574.490,976	7.776.284,809	1.069,15	1.046,85	22,30	1.047,99	1.052,00	1.053,00	1.055,00
	PZ-02 (1)	574.484,379	7.776.306,479	1.070,34	1.046,63	23,71	1.047,38	1.048,00	1.049,00	1.052,00
E-E'	INA-33 (1)	574.625,885	7.776.143,361	1.126,80	1.079,98	46,82	SECO	1.084,00	1.085,00	1.086,00
	INA-38	574.598,447	7.776.203,110	1.115,64	1.074,80	40,84	SECO	1.075,30	1.076,00	1.081,00
	INA-35	574.583,022	7.776.232,800	1.103,43	1.071,60	31,83	SECO	1.072,10	1.073,50	1.078,00
	PZ-20	574.575,328	7.776.253,021	1.094,52	1.051,32	43,20	SECO	1.068,50	1.069,50	1.076,00
	INA-27	574.573,684	7.776.252,453	1.094,57	1.068,47	26,10	SECO	1.068,97	1.069,50	1.076,00
	INA-40	574.563,720	7.776.271,753	1.085,49	1.061,34	24,15	1.061,60	1.063,00	1.064,50	1.069,50
	PZ-09 (1)	574.549,100	7.776.307,150	1.070,61	1.037,00	33,61	1.040,45	1.055,50	1.056,00	1.060,00
	PZ-10	574.547,874	7.776.306,960	1.070,54	1.054,87	15,67	SECO	1.055,50	1.056,00	1.060,00
Instrumentos fora de seção de controle	INA-18	574.460,928	7.776.129,034	1.120,04	1.109,60	10,44	SECO	-	-	-
	INA-37	574.451,457	7.776.161,553	1.110,82	1.076,31	34,51	SECO	-	-	-
	PZ-07	574.726,619	7.776.093,729	1.129,25	1.078,67	50,58	SECO	-	-	-
	PZ-08	574.387,740	7.776.201,920	1.116,25	1.053,22	63,03	1.060,08	-	-	-
	PZ-12	574.602,350	7.776.320,922	1.075,37	1.022,70	52,67	1.042,00	-	-	-
	PZ-13	574.776,640	7.776.071,051	1.130,75	1.068,75	62,00	1.068,76	-	-	-

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (31/10/2023)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
	PZ-14	574.686,697	7.776.449,072	1.056,05	1.004,72	51,33	1.039,08	-	-	-
	PZ-24	574.421,807	7.776.387,927	1.037,65	1.033,76	3,89	SECO	-	-	-
	PZ-25	574.461,511	7.776.376,685	1.040,83	1.024,53	16,30	1.027,34	-	-	-

1- Instrumentos automatizados.

6.1.1 Leituras Instrumentação

A seguir são apresentados gráficos das leituras dos instrumentos, por seção, no período de análise.

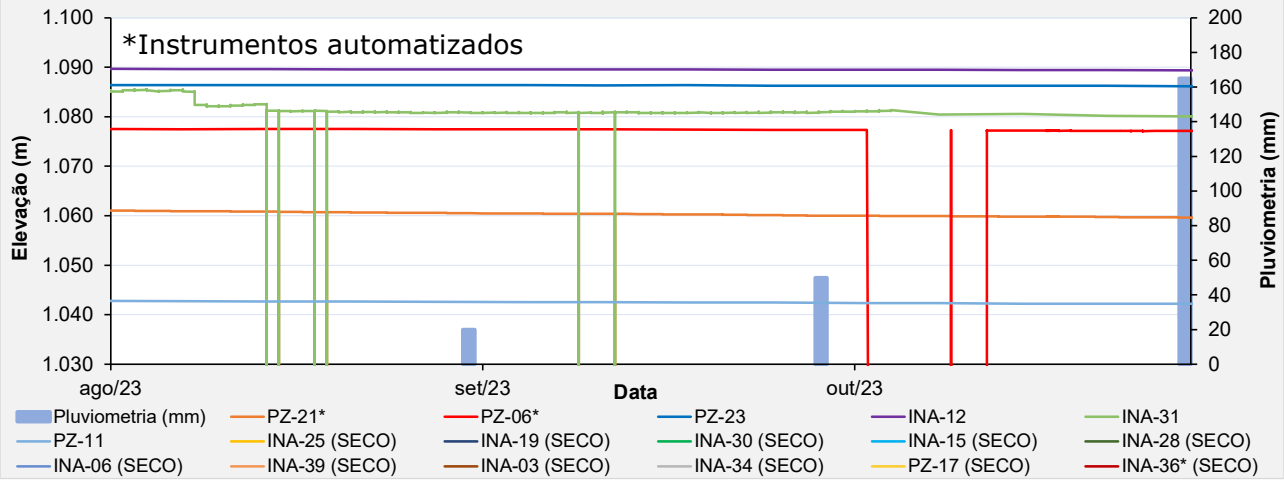


Figura 6.9 – Leituras dos instrumentos da seção de controle A-A'.

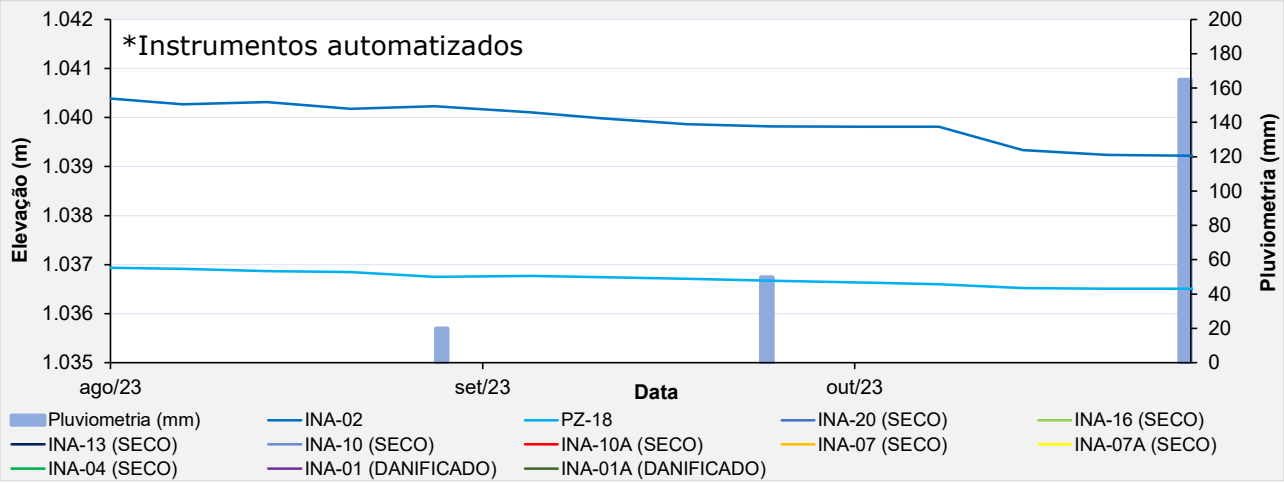


Figura 6.10 – Leituras dos instrumentos da seção de controle B-B'.

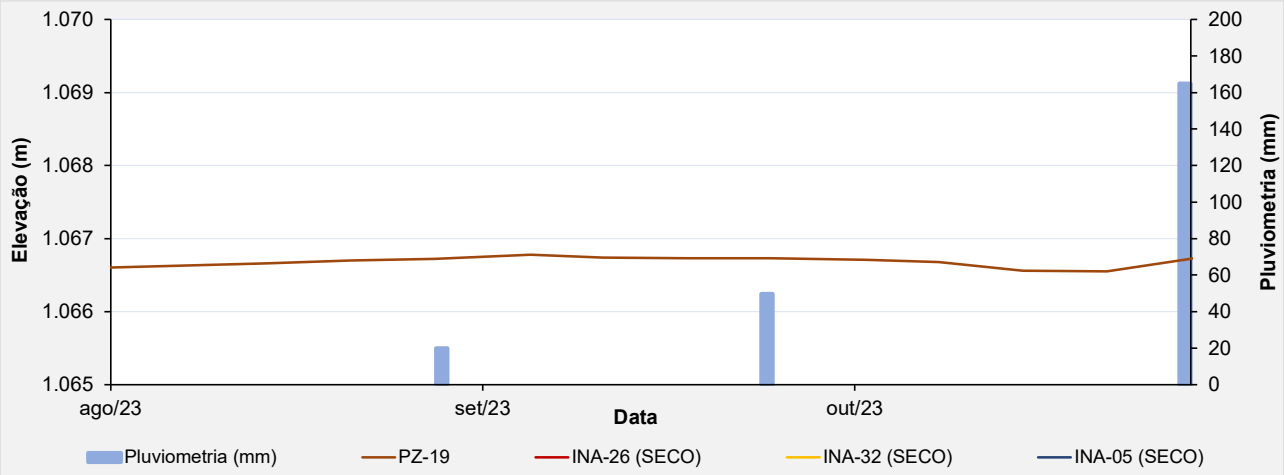


Figura 6.11 – Leituras dos instrumentos da seção de controle C-C'.

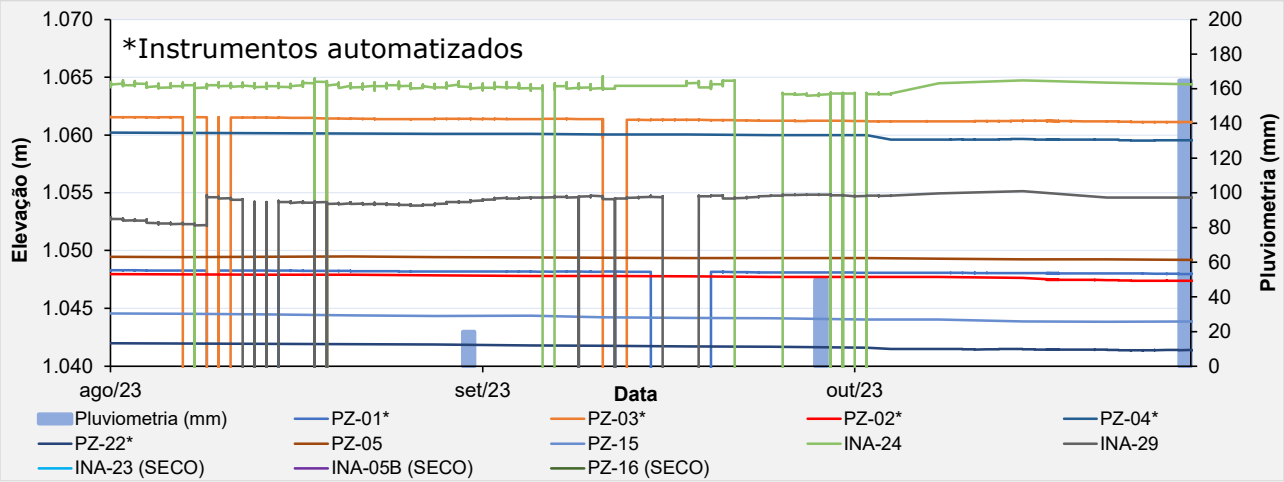


Figura 6.12 – Leituras dos instrumentos da seção de controle D-D'.

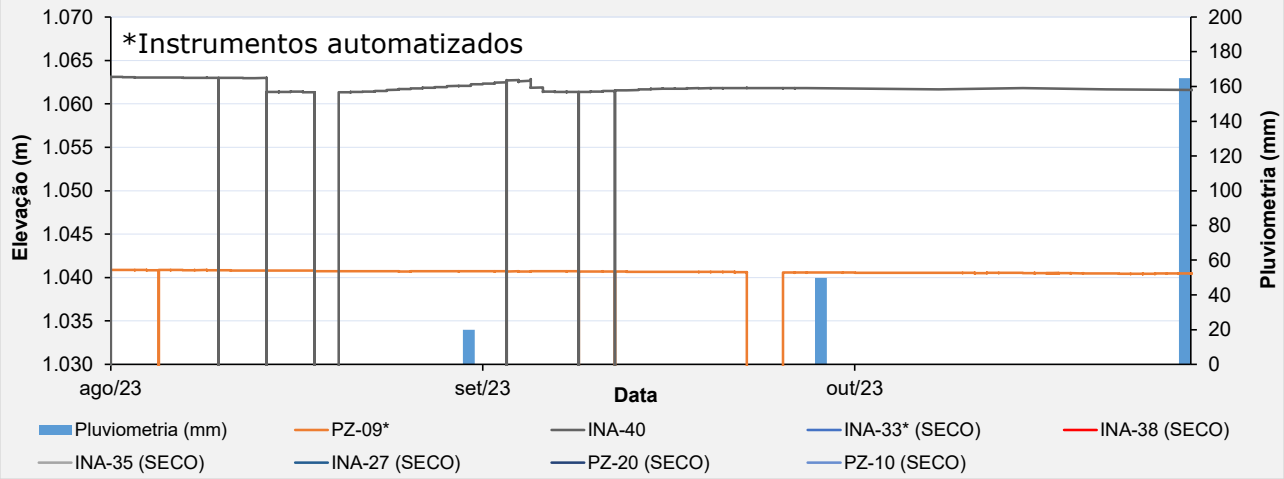


Figura 6.13 – Leituras dos instrumentos da seção de controle E-E'

6.2 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem na condição atual.

A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2017, a partir do software Slide da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e não drenado.

Foram analisadas as superfícies de rupturas do tipo plano-circulares otimizadas, considerando buscas locais e globais, sendo sempre apresentado o menor valor de fator de segurança obtido.

Na Figura 6.14 é apresentada a locação em planta das seções e instrumentação de controle utilizadas nas análises de estabilidade.

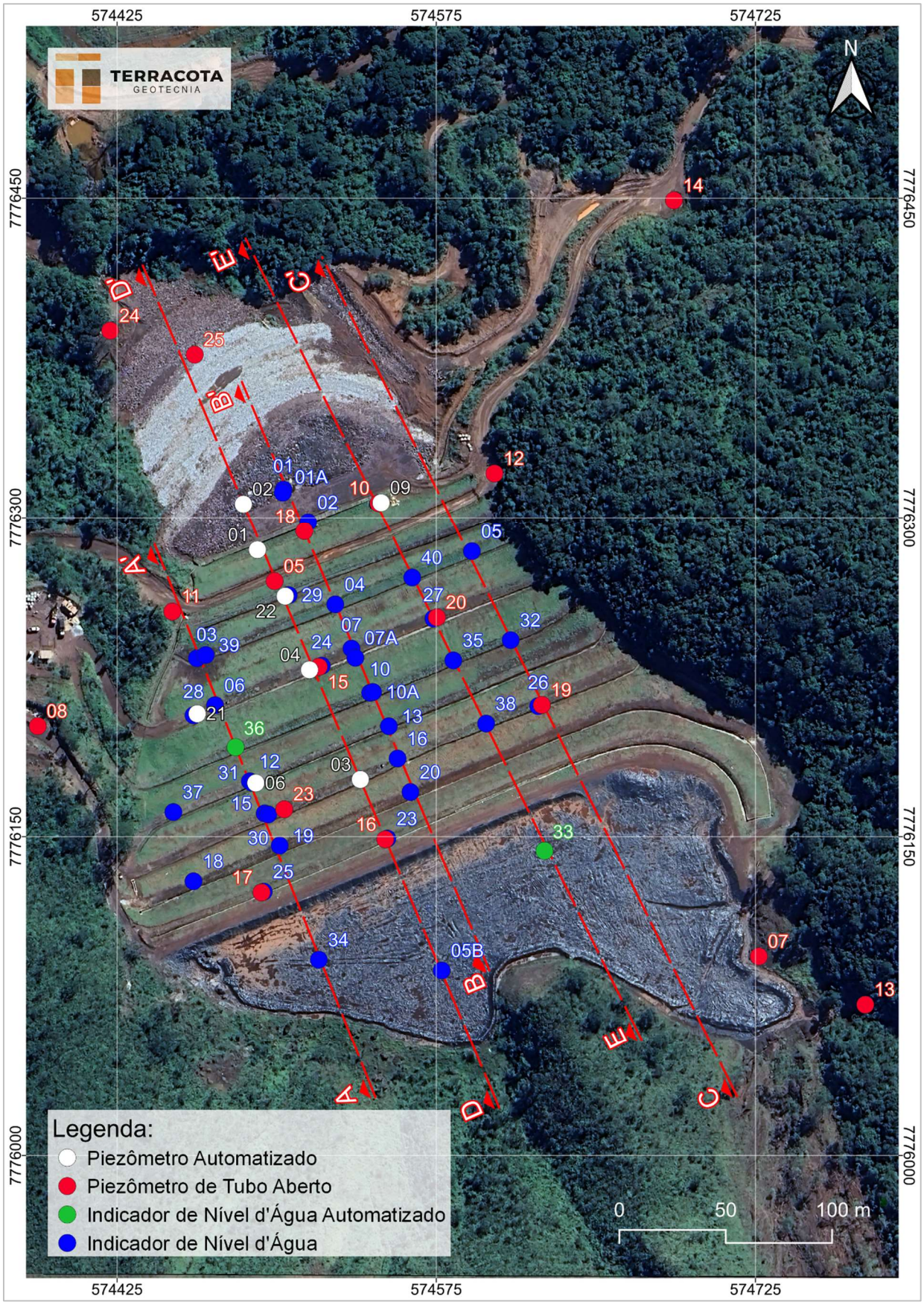


Figura 6.14 – Seções Instrumentadas Barragem B2 – Mina Tico-Tico– Planta.

O fator de segurança ao escorregamento foi calculado considerando a condição de carregamento drenado e a condição de carregamento não drenado. Para condição de carregamento não drenado, o rejeito foi modelado a partir de seu parâmetro não drenado de pico e liquefeito, de forma a simular uma condição hipotética de liquefação do material do reservatório. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram atribuídos apenas para a parcela do material em condição 100% saturada, ou seja, localizada abaixo da linha freática de análise.

O comportamento contrátil do rejeito e seus parâmetros geotécnicos para condições não drenadas foram estudados a partir da análise de ensaios CPTu realizados na estrutura em três campanhas executadas entre 2018 e 2022. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram determinados a partir do método de Olson (2021), no caso do parâmetro de pico e pelo método de Robertson (2021), no caso do parâmetro liquefeito.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade foram comparados aos valores de referência sugeridos por normas e legislações vigentes, a depender do tipo de carregamento, conforme abaixo:

- Análises drenadas: NBR 13.028/2017 (**FS ≥ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: Resolução ANM 95/2022 (**FS ≥ 1,3**);
- Análises não drenadas com parâmetro liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS ≥ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS ≥ 1,0**);

A Tabela 6.2 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 6.2 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
			Rejeitos			Solo / Rocha
Nível de Água	Análises		Contrátil		Dilatante	
			Saturado	Não Saturado		
Regime Permanente (Freática Atual)	Drenada	1,5	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Não drenada (Pico)	1,3	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo
	Residual (Liquefeito)	1,1	Resistência Não Drenada Residual	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

Os critérios adotados nas análises para condição drenada atendem a requisitos definidos pela norma técnica brasileira NBR 13.028/2017 da ABNT (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) e Canadian Dam Association (CDA, 2014). Os critérios adotados na análise para condição não drenada (parâmetro de pico) seguem recomendação da Resolução 95/2022 da ANM.

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

6.2.1 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada na análise de estabilidade foram considerados os instrumentos instalados no maciço e na fundação da Barragem B2 - Mina Tico-Tico, ao longo das cinco seções de controle existentes na estrutura.

A Tabela 6.3 e Tabela 6.4 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 6.3 – Instrumentação – Freática atuante no rejeito - Valores lidos (31/10/2023) e adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A’	INA-25	1.097,78	Seco	-
	INA-19	1.094,19	Seco	-
	INA-30	1.079,93	Seco	1.086,16 (1)
	INA-15	1.089,51	Seco	-
	PZ-23	1.085,13	1.086,16	1.086,16
	INA-31	1.074,93	1.080,06	1.080,06
	PZ-06 (5)	1.075,80	1.077,10	1.080,06 (1)
	INA-12	1.088,77	1.089,38	-
	INA-36 (2)	1.070,80	1.070,56 (4)	1.070,80
	INA-28	1.071,74	Seco	-
	INA-06	1.084,07	Seco	-
	INA-39	1.068,90	Seco	1.068,90
	INA-03	1.074,42	Seco	-
B-B’	INA-20	1.094,24	Seco	-
	INA-16	1.089,62	Seco	-
	INA-13	1.089,05	Seco	-
	INA-10	1.078,29	Seco	-
	INA-10A	1.083,46	Seco	-

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
B-B'	INA-07	1.073,56	Seco	-
	INA-07A	1.076,94	Seco	-
	INA-04	1.068,65	Seco	-
	PZ-18	1.030,04	1.036,51	1.051,30(1)
	INA-02	1.039,52	1.039,22	1.051,10(1)
	INA-01	1.038,92	1.048,72 (3)	1.048,72
	INA-01A	1.043,38	1.048,50 (3)	1.048,50
C-C'	INA-26	1.073,07	Seco	-
	PZ-19	1.062,12	1.066,75	1.066,75
	INA-32	1.075,61	Seco	-
	INA-05	1.076,65	Seco	-
D-D'	INA-23	1.079,61	Seco	-
	INA-24	1.054,17	1.064,37	1.064,37
	PZ-04 (5)	1.056,08	1.059,54	1.064,37 (1)
	INA-29	1.044,74	1.054,59	1.054,59
	PZ-05	1.049,09	1.049,18	1.049,18
	PZ-01 (2)	1.046,85	1.047,99	1.047,99
	PZ-02 (6)	1.046,53	1.047,38	1.047,38
E-E'	INA-33 (2)	1.079,98	1.079,70 (4)	1.079,98
	INA-38	1.074,80	Seco	-
	INA-35	1.071,60	Seco	-
	INA-27	1.068,47	Seco	-
	PZ-20	1.051,50	Seco	-
	INA-40	1.061,34	1.061,60	1.061,60
	PZ-09 (2)	1.037,00	1.040,45	1.055,07 (1)
	PZ-10	1.055,07	Seco	1.055,07

1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
2- Instrumentos automatizados em 08/12/2022;
3- Instrumentos danificados, adotada última leitura válida (14/03/2023);
4- Leitura abaixo da cota de fundo do instrumento. Cota de fundo do instrumento adotada como nível d'água;
5- Instrumentos automatizados em 05/10/2022;
6- Instrumento automatizado em 19/10/2022.

Tabela 6.4 – Instrumentação – Freática atuante na fundação - Valores lidos (31/10/2023) e adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	INA-34	1.098,14	Seco	1.098,14
	PZ-17	1.089,35	Seco	-
	PZ-21 (2)	1.048,93	1.059,62	1.059,62
	PZ-11	1.028,64	1.042,20	1.058,00 (1)
D-D'	INA-05B	1.103,52	Seco	1.103,52
	PZ-16	1.073,54	Seco	-
	PZ-03 (2)	1.059,83	1.061,12	1.061,12
	PZ-15	1.032,37	1.043,87	1.043,87
	PZ-22 (5)	1.037,71	1.041,38	1.041,38

1- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;
2- Instrumentos automatizados em 08/12/2022.

6.2.2 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados para as várias camadas foram consolidados no âmbito do relatório de consolidação de dados da estrutura (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.536).

Na Tabela 6.5 apresentam-se os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

Tabela 6.5 – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material	Cor	γ (kN/m³)	Parâmetros Efetivos		Referência
			c' (kPa)	ϕ' (°)	
Rejeito		28,0	0	38,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Solo Residual de Filito		16,0	10,0	33,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Aterro Compactado		21,5	10,5	37,5	Ensaios de compressão triaxial de laboratório
Tálus / colúvio		21,0	26,5	35,0	Ensaios de compressão triaxial de laboratório (Barragem B1 Aux.) (1)
Saprolito de Filito		20,0	15,0	45,0	Correlação com N_{SPT}
Enrocamento Reforço		23,0	Envoltória intermediária de Leps (1970)		
Material	**Cor**	**γ (kN/m³)**	**Parâmetros Totais**		**Referência**
			Razão de resistência não drenada (s_u/σ'_v)		
Rejeito Pico		28,0	0,26		Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
Rejeito Liquefeito		28,0	0,06		

(1) Ensaios executados na matriz siltosa. Parâmetros majorados em 10% para contabilizar presença de blocos.

6.2.3 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 6.20 a Figura 6.32, destacando-se as superfícies de ruptura global e local que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 6.6 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Tabela 6.6 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A'	31/10/2023	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,16
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	2,04
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,72

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
B-B'	31/10/2023	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,81
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,72
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,16
C-C'	31/10/2023	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,13
D-D	31/10/2023	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,92
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,69
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,17
E-E'	31/10/2023	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,77
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,33

A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, no período avaliado.

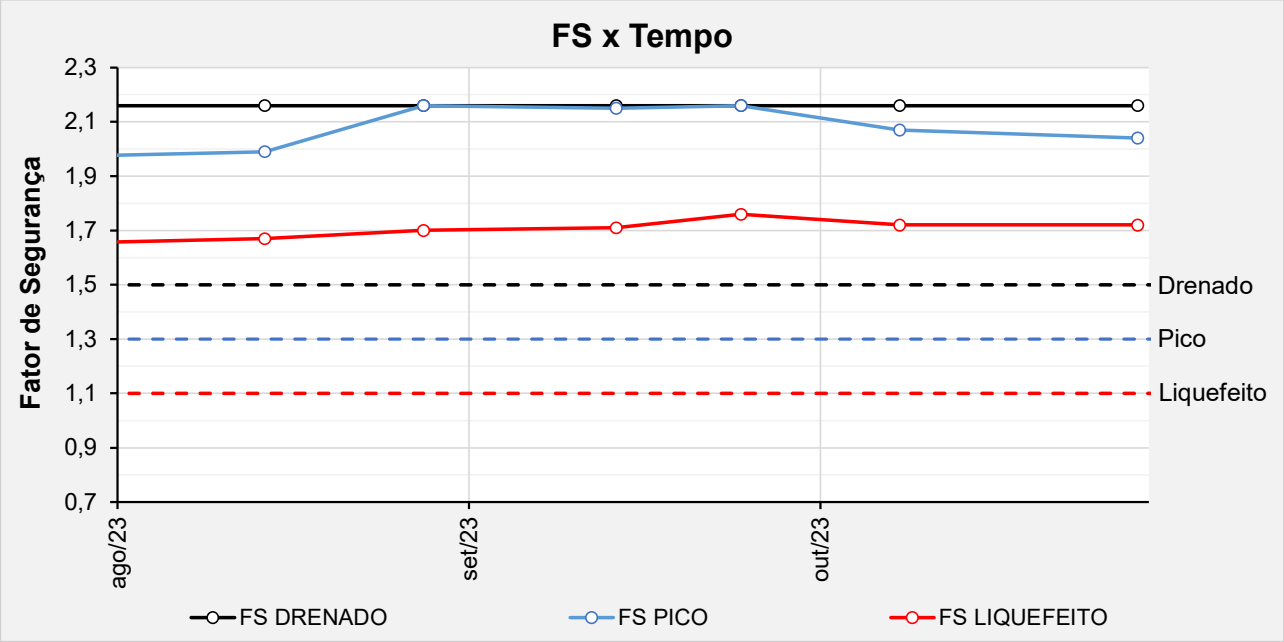


Figura 6.15 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

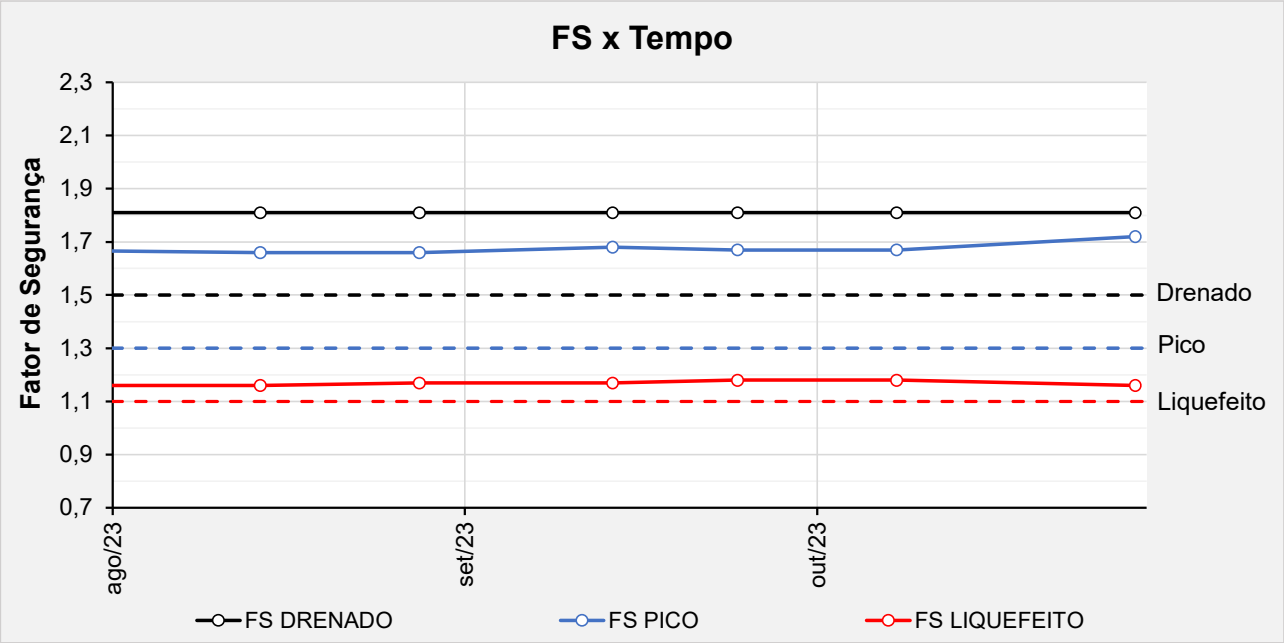


Figura 6.16 – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

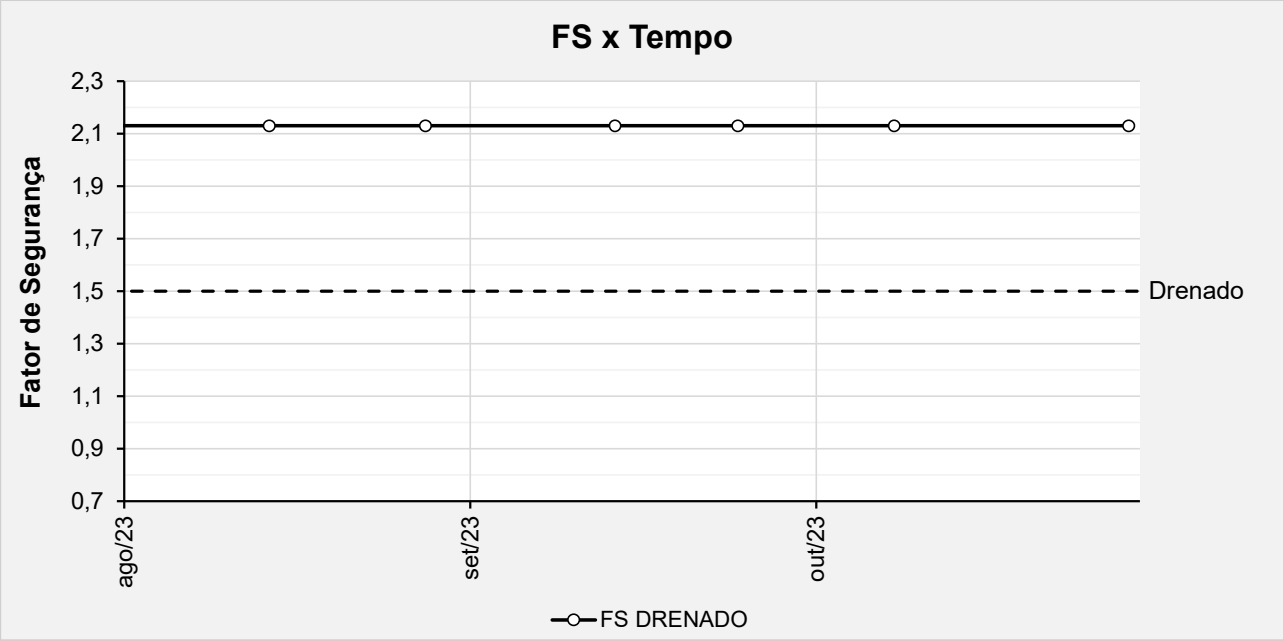


Figura 6.17 – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

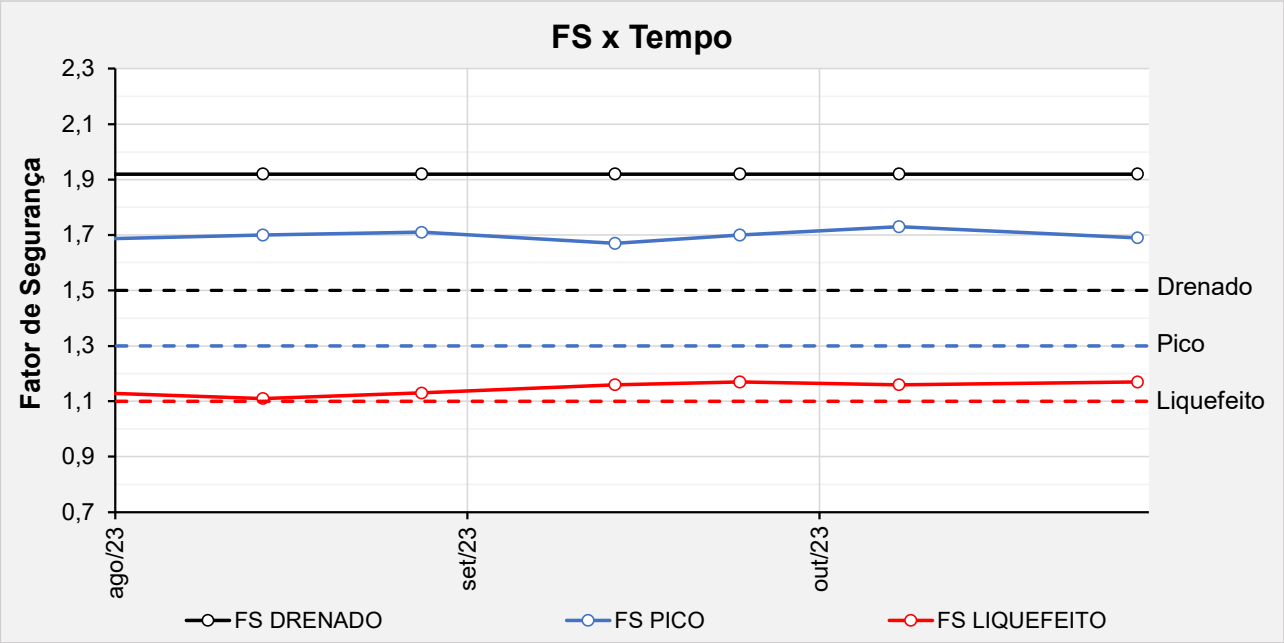


Figura 6.18 – Seção D-D' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

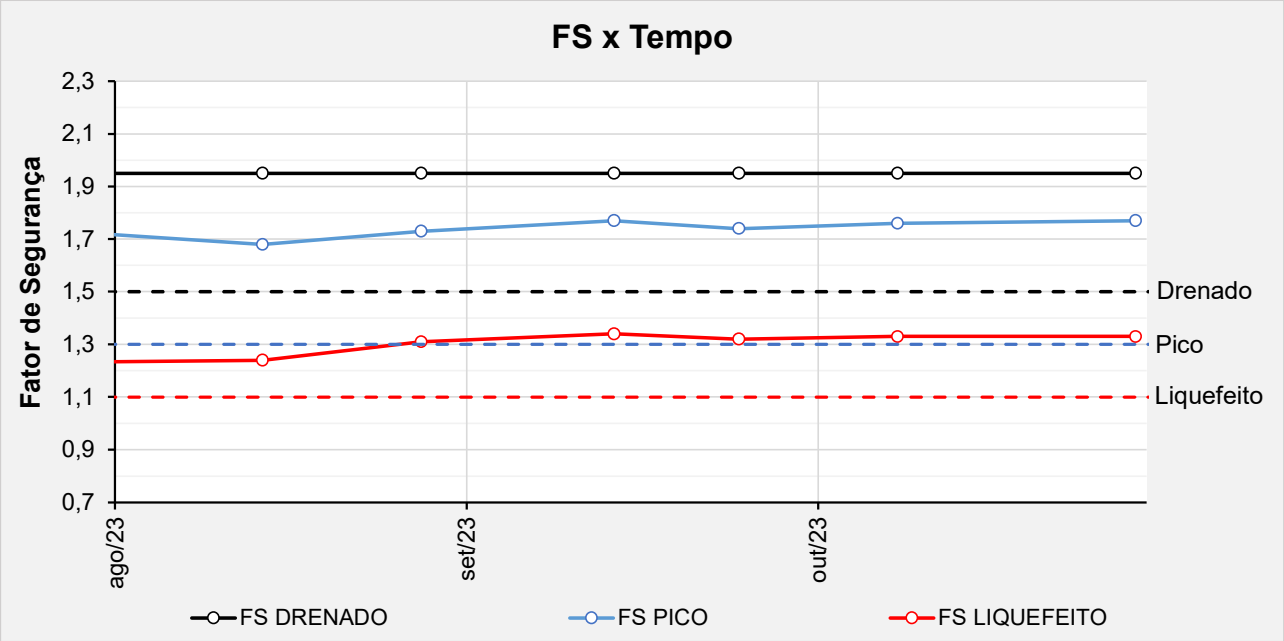
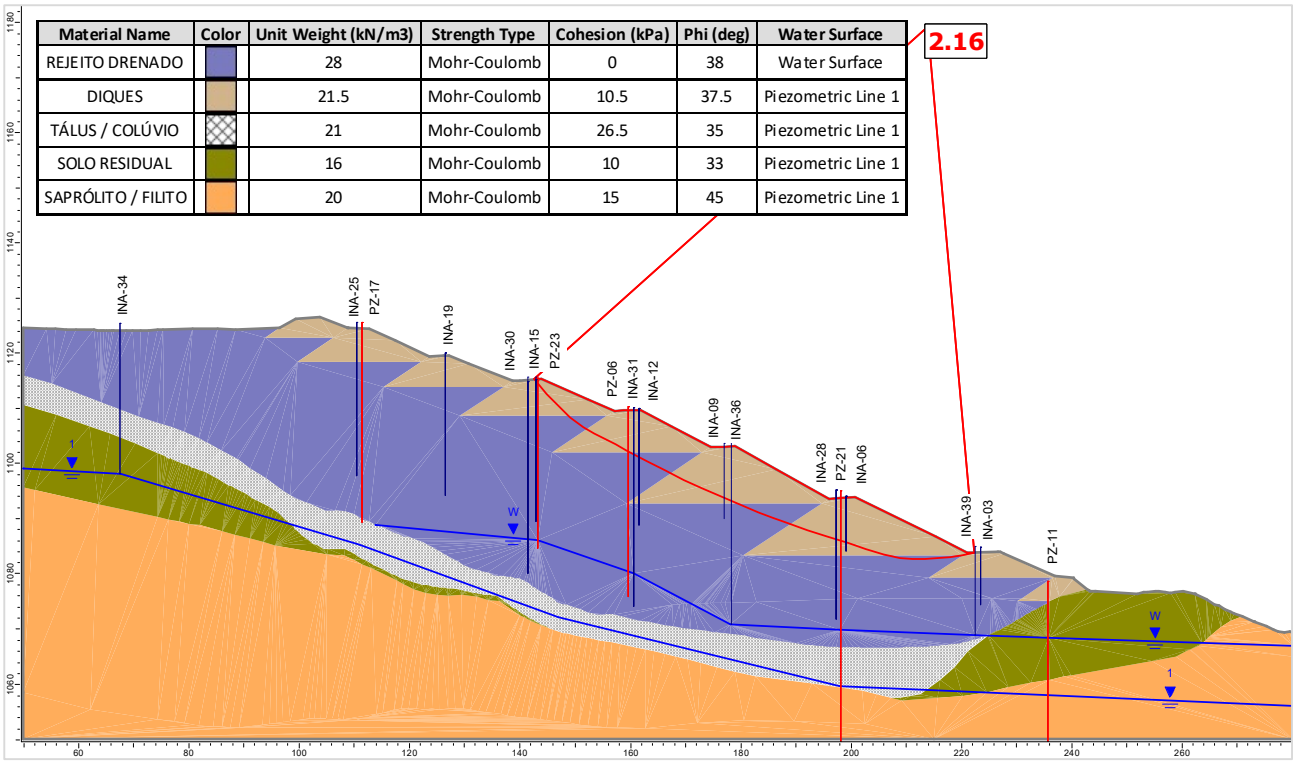
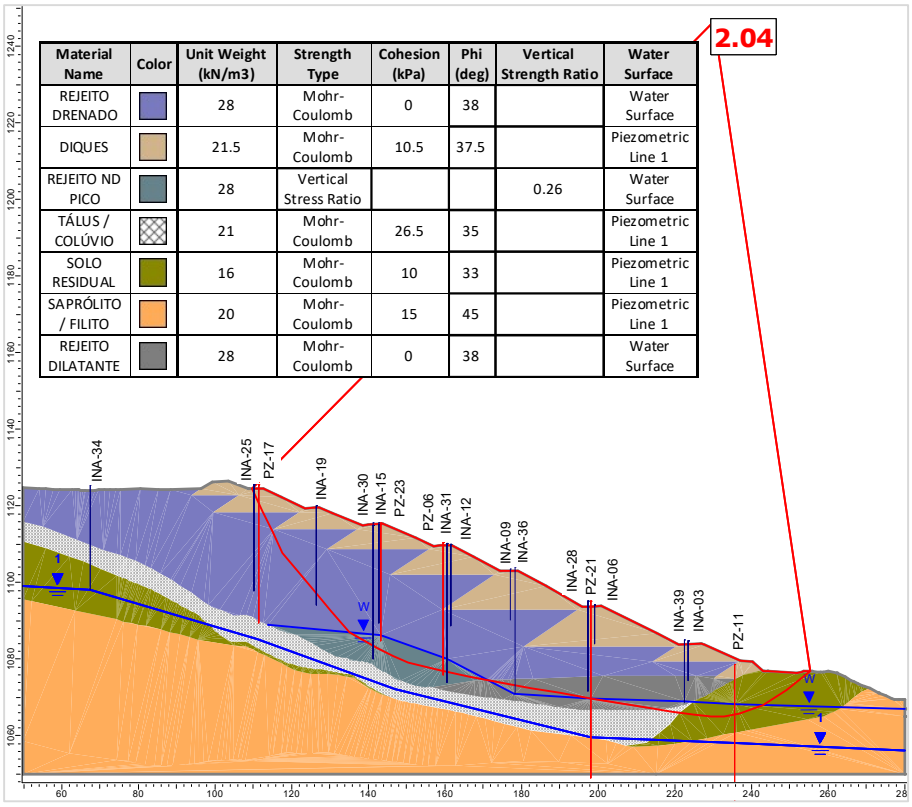


Figura 6.19 – Seção E-E' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.



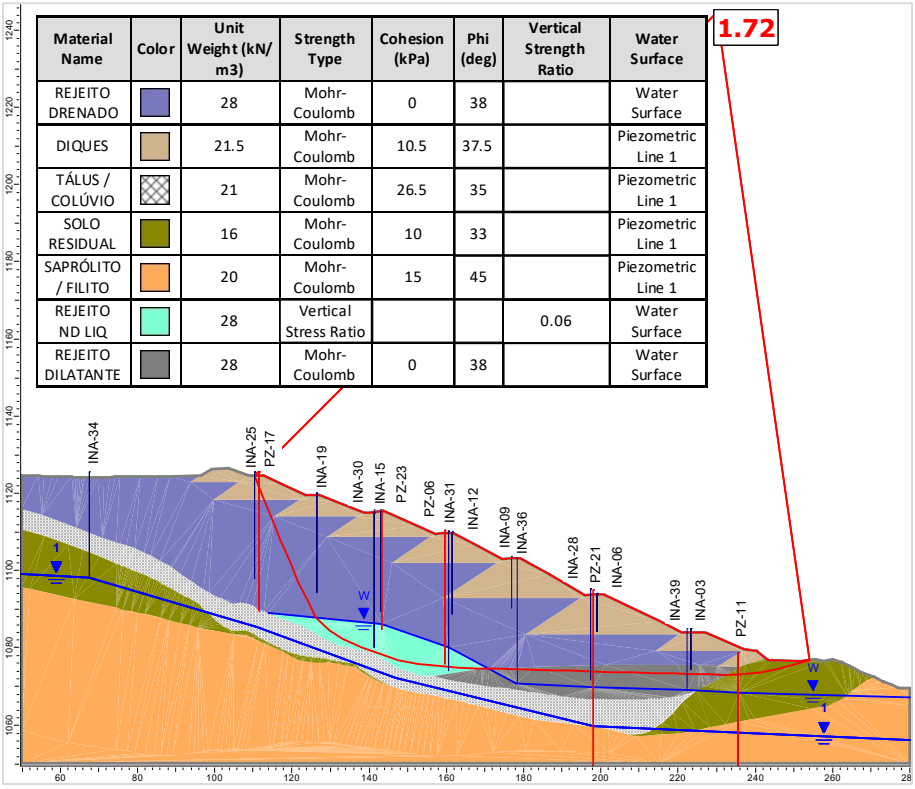
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38	Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5	Piezometric Line 1
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35	Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33	Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45	Piezometric Line 1

Figura 6.20 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023).



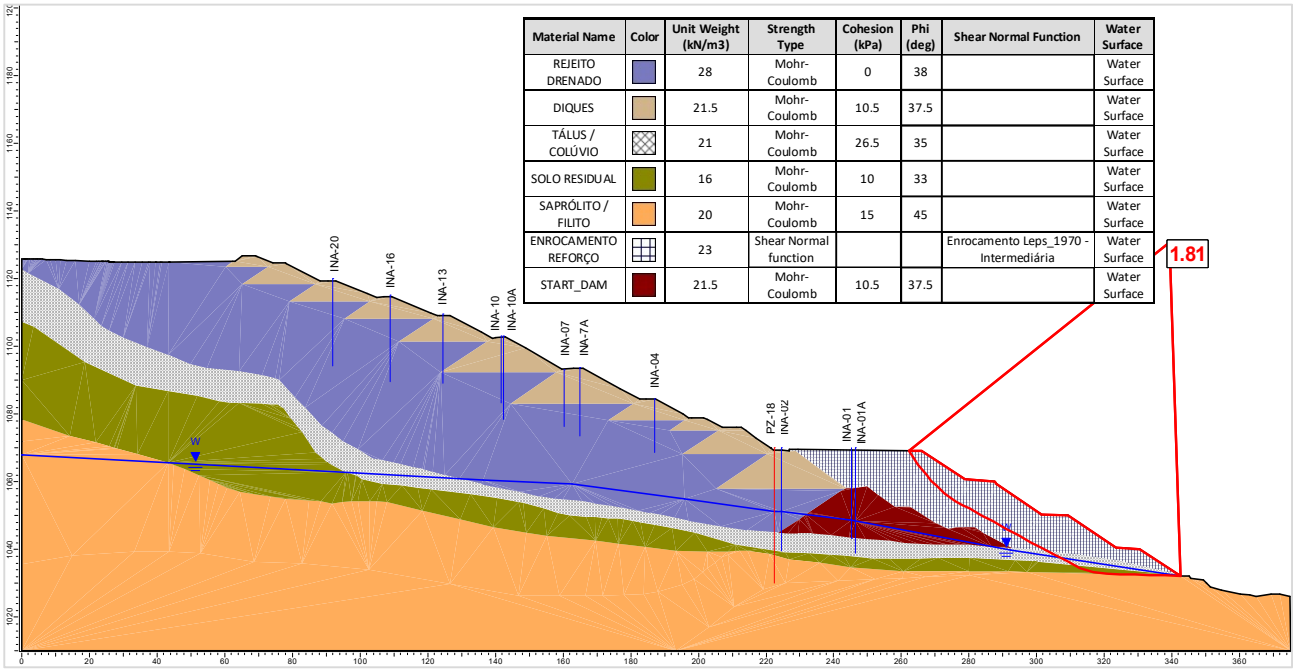
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio			0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface

Figura 6.21 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada de pico.



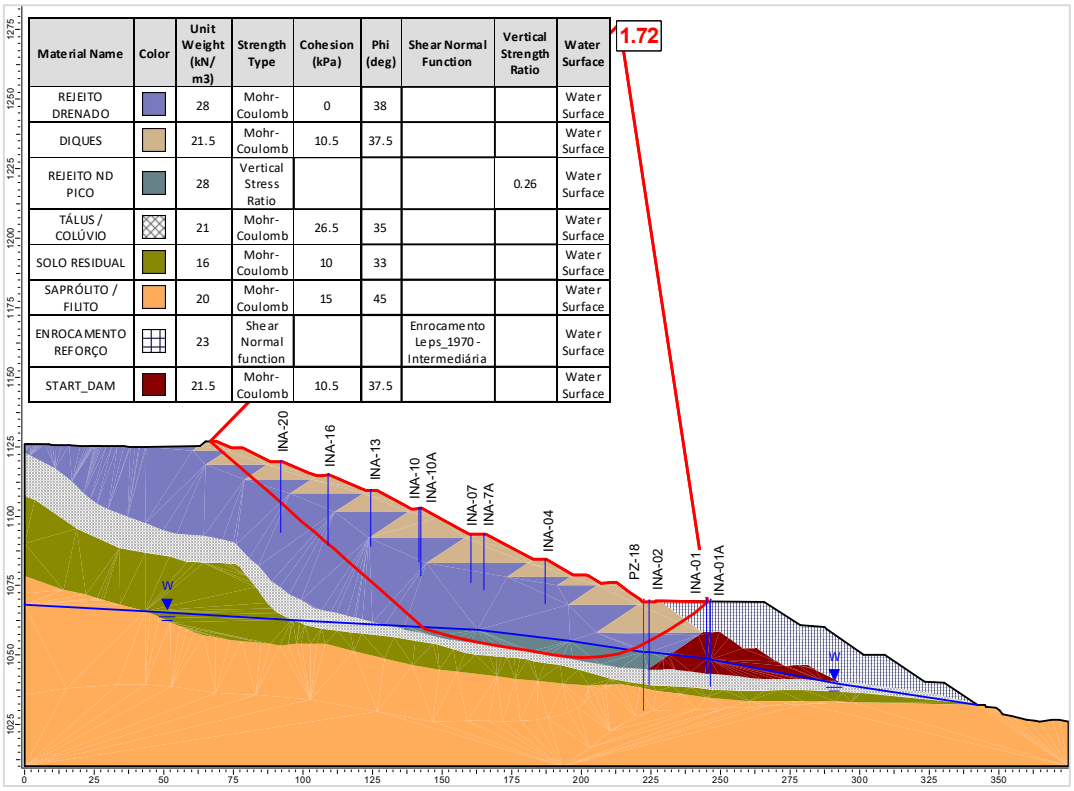
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
REJEITO ND LIQ		28	Vertical Stress Ratio			0.06	Water Surface
REJEITO DILATANTE		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface

Figura 6.22 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada liquefeita.



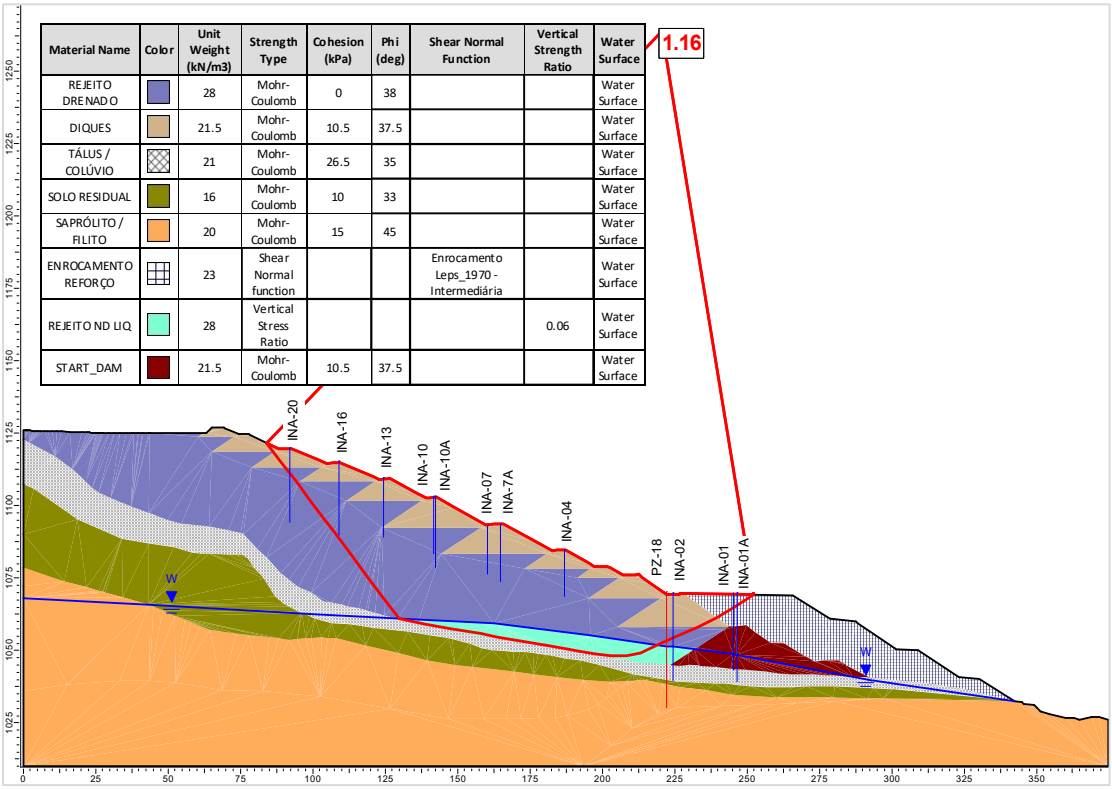
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface

Figura 6.23 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023).



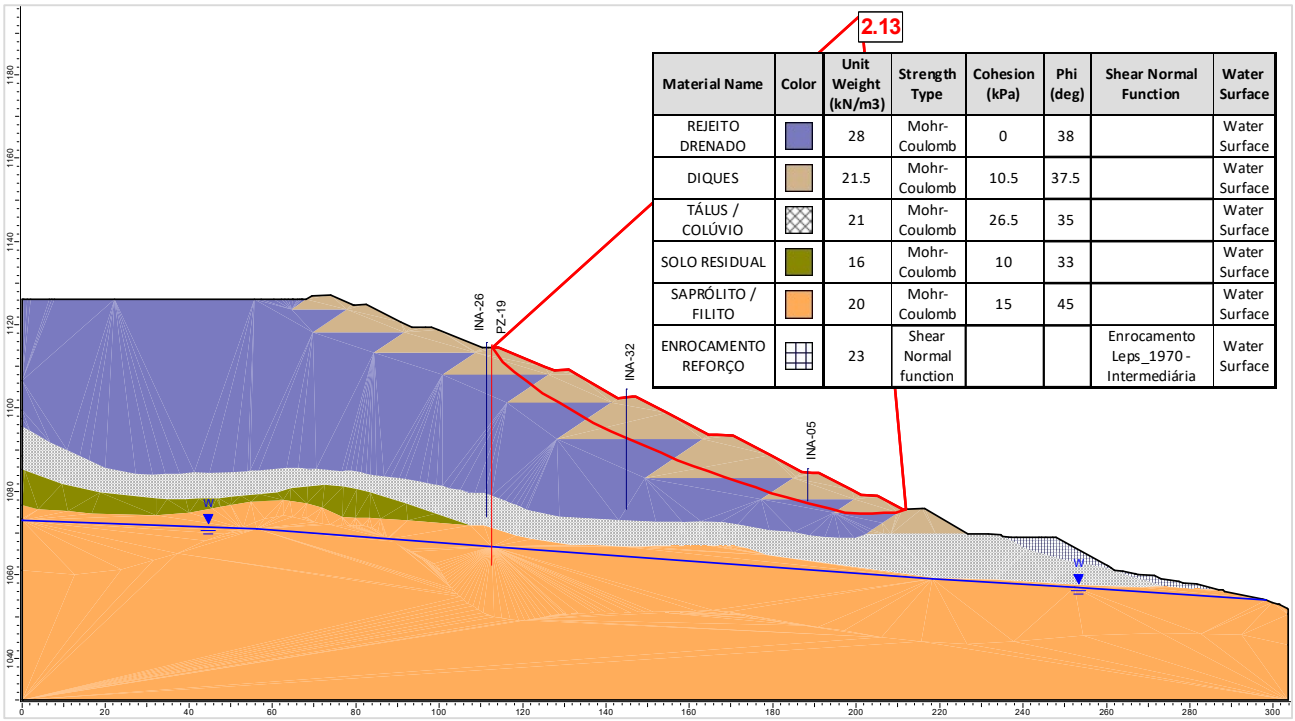
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface

Figura 6.24 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada de pico.



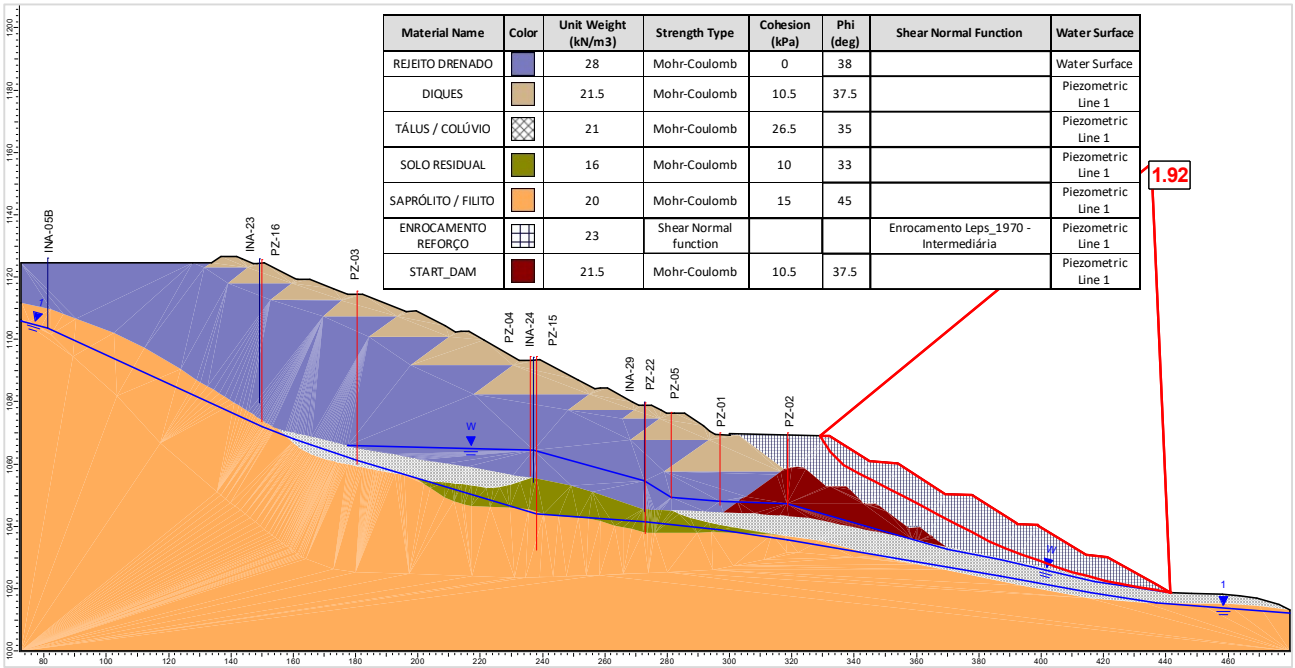
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
REJEITO ND LIQ		28	Vertical Stress Ratio				0.06	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface

Figura 6.25 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada liquefeita.



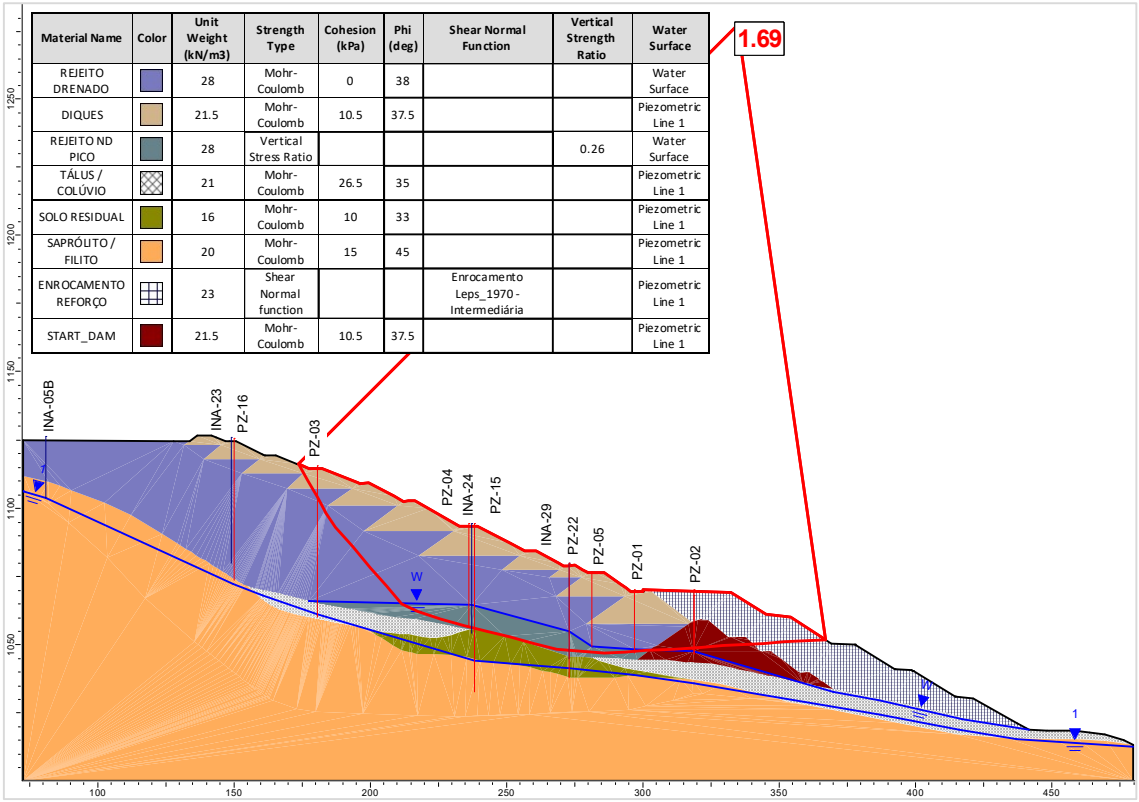
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Water Surface

Figura 6.26 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023).



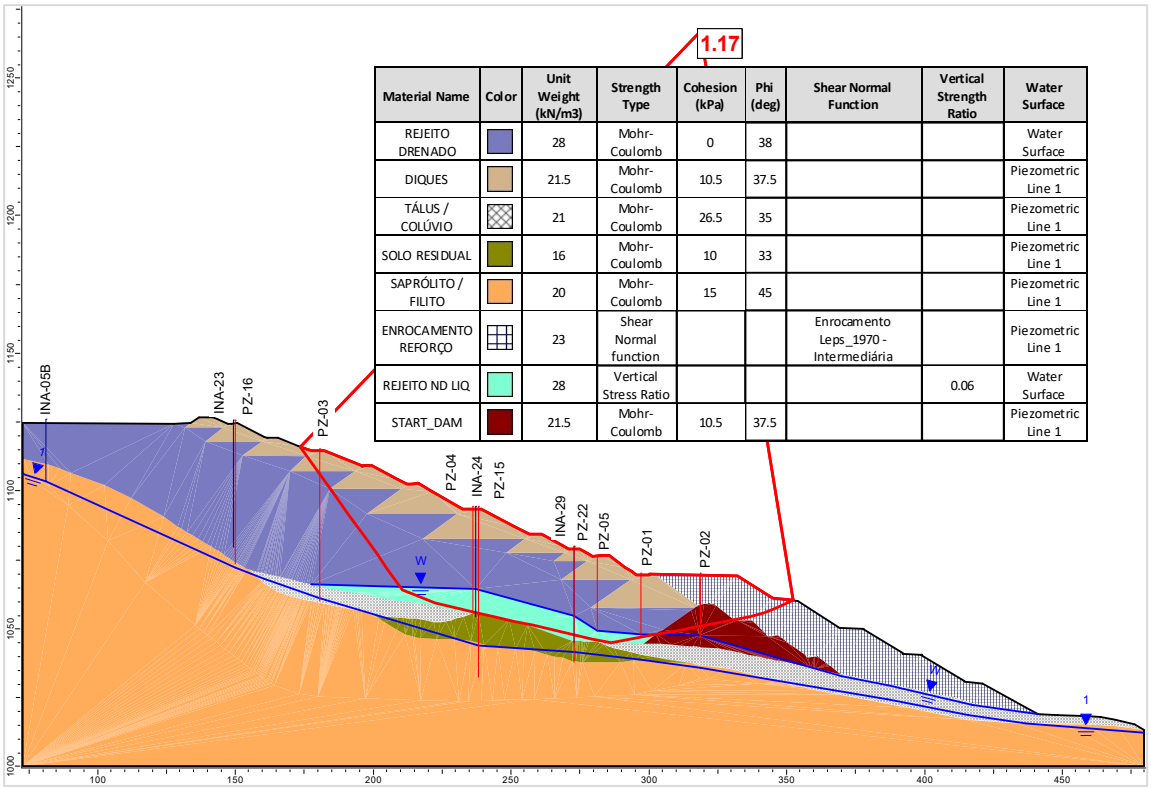
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38		Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35		Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33		Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45		Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária	Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5		Piezometric Line 1

Figura 6.27 – Seção D-D' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023).



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
REJEITO ND PICO		28	Vertical Stress Ratio				0.26	Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1

Figura 6.28 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada de pico.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Piezometric Line 1
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Piezometric Line 1
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Piezometric Line 1
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Piezometric Line 1
REJEITO ND LIQ		28	Vertical Stress Ratio				0.06	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Piezometric Line 1

Figura 6.29 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada liquefeita.

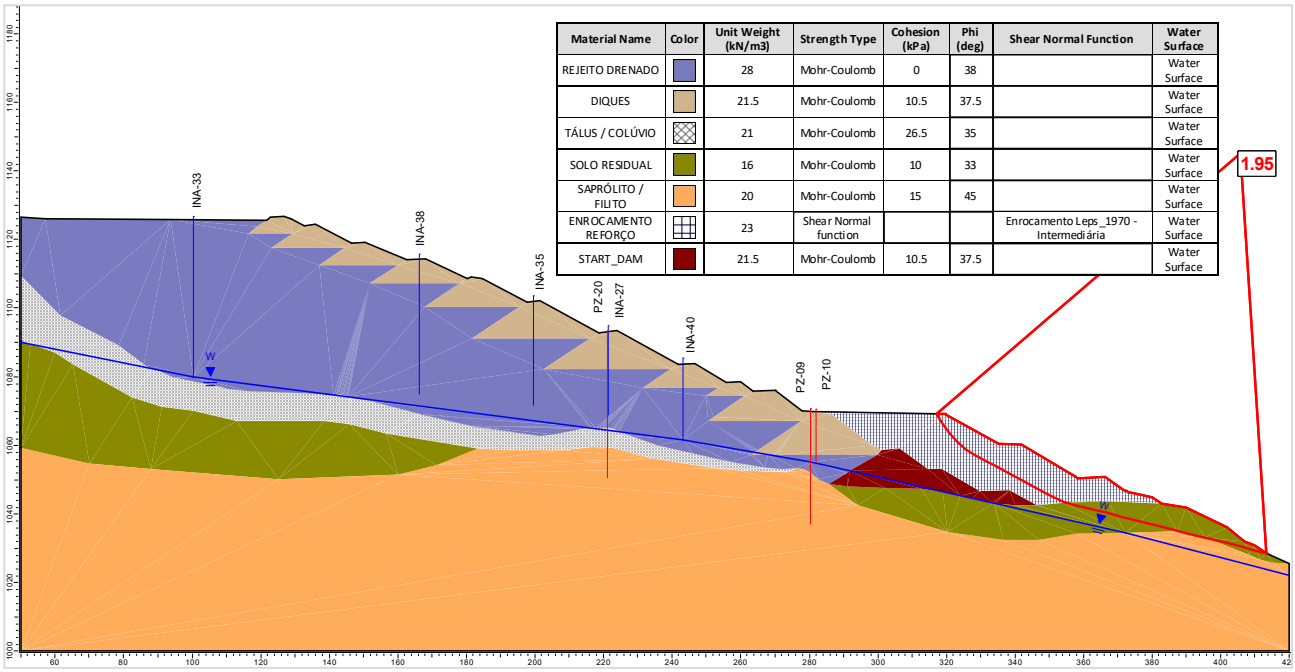


Figura 6.30 – Seção E-E' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023).

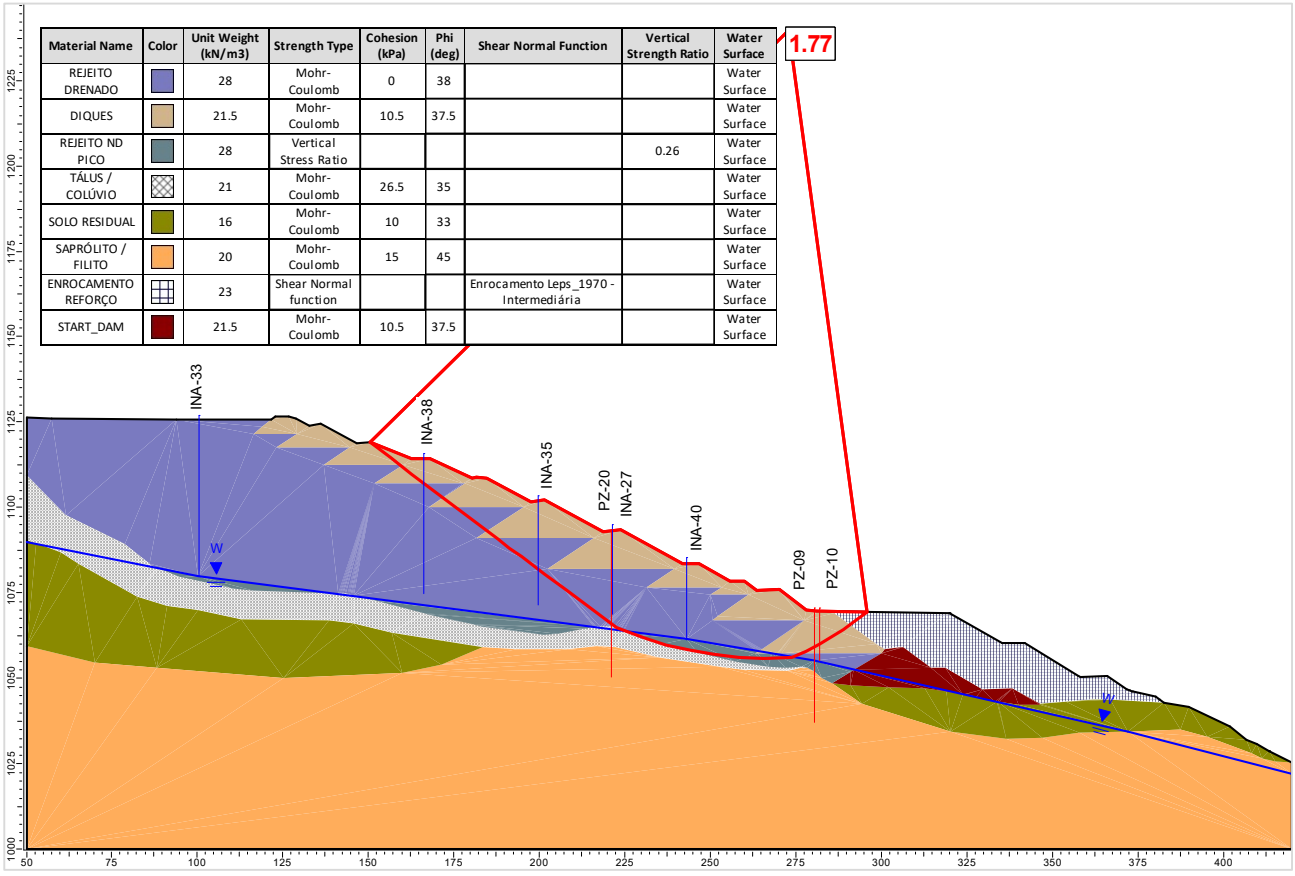
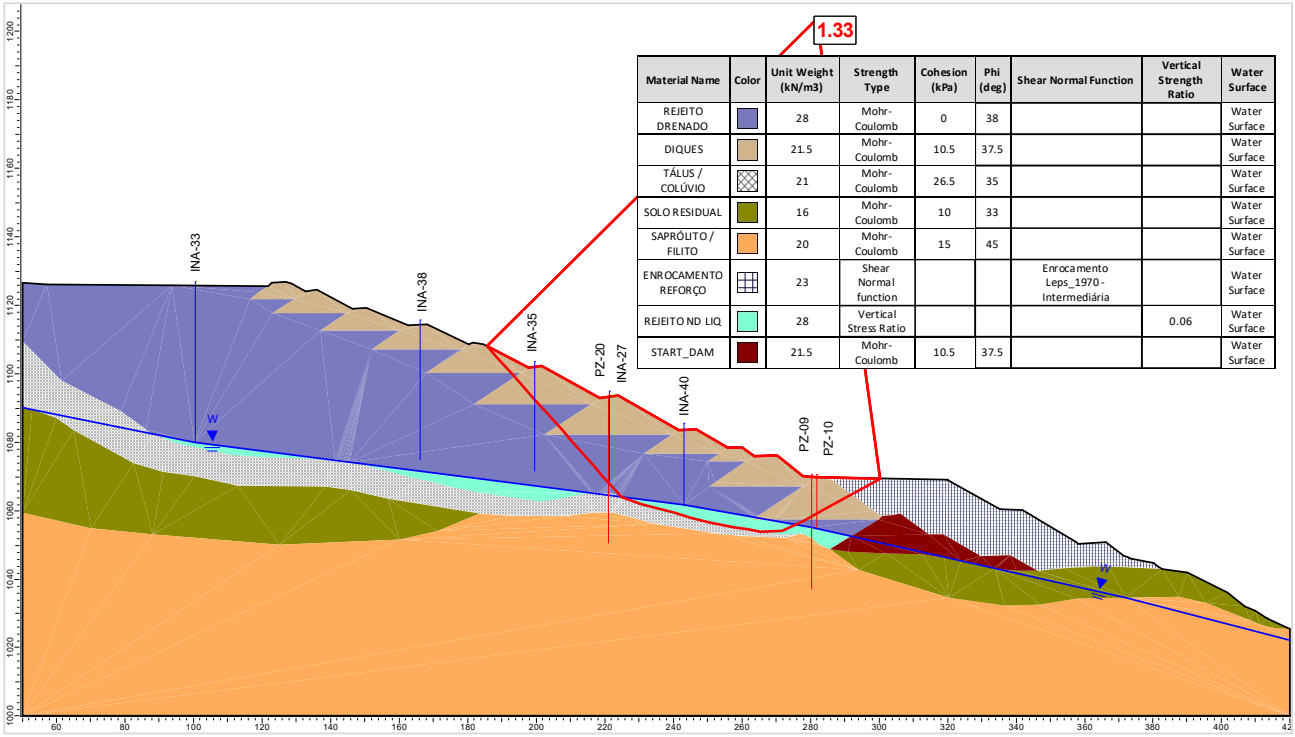


Figura 6.31 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada de pico.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Shear Normal Function	Vertical Strength Ratio	Water Surface
REJEITO DRENADO		28	Mohr-Coulomb	0	38			Water Surface
DIQUES		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface
TÁLUS / COLÚVIO		21	Mohr-Coulomb	26.5	35			Water Surface
SOLO RESIDUAL		16	Mohr-Coulomb	10	33			Water Surface
SAPRÓLITO / FILITO		20	Mohr-Coulomb	15	45			Water Surface
ENROCAMENTO REFORÇO		23	Shear Normal function			Enrocamento Leps_1970 - Intermediária		Water Surface
REJEITO ND LIQ		28	Vertical Stress Ratio				0.06	Water Surface
START_DAM		21.5	Mohr-Coulomb	10.5	37.5			Water Surface

Figura 6.32 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (31/10/2023) – Razão de resistência não drenada liquefeita.

6.3 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

6.4 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B2 – Mina Tico-Tico será fundamental para o início e para continuidade das obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua

fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação do nível e pressão da água e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos.

Conforme discutido em itens anteriores, o material contido no reservatório da Barragem B2 – Mina Tico-Tico é composto por rejeito que foi caracterizado como material contrátil a partir da análise de ensaios CPTu realizados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Os fatores de segurança atuais, obtidos nas análises de estabilidade para a condição não drenada liquefeita, são superiores aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020, ou seja, se encontram acima de 1,1.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, considera-se que é possível dar início às obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico desde que sejam atendidas as seguintes condicionantes:

a) Análise de estabilidade atualizada que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles obtidos na fase de diagnóstico;
b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima semanal;
c) Realização de análises de estabilidade semanal;
d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem emitido pelo radar de superfície;
f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição anterior, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista que permita autorizar o retorno das atividades.

6.5 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura nas análises de estabilidade com carregamento não drenado e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e a empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura e que são lidos manualmente deverá ser verificado no mínimo uma vez por semana durante o período de execução das obras. Caso os instrumentos indiquem que a superfície freática se encontra abaixo do nível verificado na fase de diagnóstico, a obra poderá prosseguir normalmente. Caso contrário, a equipe da MMI ou outra equipe com profissionais qualificados deverá realizar uma análise de estabilidade para verificação do fator de segurança referente à freática medida.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B2 – Mina Tico-Tico. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados bem como o técnico responsável pela leitura manual deverá reportar imediatamente qualquer anomalia nas leituras realizadas.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O fator de segurança avaliado com os dados atualizados da instrumentação não atender aos critérios mínimos descritos nesse projeto;
- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
- O profissional de campo identificar sinais/evidências de deformação nos taludes das ombreiras e áreas adjacentes;
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista.

6.6 Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

A seguir é apresentado um resumo dos demais itens presentes no Termo de Referência e as respectivas justificativas.

Tabela 6.7 – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
1.1 IDENTIFICAÇÃO	
VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: a) Memorial descritivo e desenhos das estruturas implantadas, removidas ou modificadas, ou informações equivalentes, bem como dispositivos de proteção ambiental;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: c) Descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: d) Descrição das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
III. No caso de remoção do maciço e do reservatório, apresentar as medidas adotadas para a execução deste procedimento e um quantitativo dos materiais retirados;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
IV. Apresentar as medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório, quando couber, bem como informar o seu nível no estágio atual das obras de descaracterização;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
VIII. Apresentar a análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções; • Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para corrigir as anomalias registradas durante as inspeções visuais, inclusive daquelas iniciadas em períodos anteriores ao do relatório apresentado até sua finalização.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO	
I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: a) Informar ações executadas do programa de manejo do patrimônio espeleológico na área afetada pelas obras de descaracterização, quando couber;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: b) Informar as ações executadas ações de resgate da fauna e da flora na área afetadas, se couber;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: c) Deverão ser apresentadas as ações para controle de supressão vegetal e de processos erosivos na área afetada pelas obras de descaracterização, bem como os comprovantes de regularização ambiental da atividade;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
ambientais causados pelas obras de descaracterização: d) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para acompanhamento e controle dos índices de qualidade do ar na área afetada pelas obras de descaracterização;	possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: e) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para gestão de efluentes líquidos e resíduos sólidos na área afetada pelas obras de descaracterização.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
IV. Para obras em estágio de finalização, apresentar as medidas adotadas para o manejo e a proteção do solo, dos recursos hídricos, para garantir a estabilidade geotécnica da área descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
1.5 ASSINATURAS	
Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização da assinatura do responsável técnico pelo acompanhamento das obras.
1.6 ANEXO	
Apresentar as anotações de responsabilidade técnica – ART do projeto, do acompanhamento das obras e do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens no período avaliado.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização da ART do responsável técnico pelo acompanhamento das obras.

7. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:

Elias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico – RNP 1403750408 (CREA-MG)

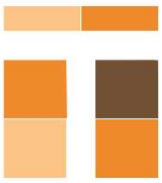
- Responsável técnico pela barragem:

Welington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

8. Anexos

	ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**
	ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO Formato: Adobe PDF **(2 PÁGINAS)**



TERRACOTA
GEOTECNIA

Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
https://terracota.pro

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232097039

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em: **09/01/2023**

Valor: **R$ 260.000,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520

Nº: **00**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **IGARAPÉ**

UF: **MG**

CEP: **32900000**

Data de Início: **03/04/2023**

Previsão de término: **31/07/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.05.29 19:49:13 -03'00'

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Dados: 2023.05.30 11:00:56 -03'00'

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

BELO HORIZONTE, 29 de MAIO de 2023
Local data

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 254,59** Registrada em: **29/05/2023** Valor pago: **R$ 254,59** Nosso Número: **8601679206**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: Z6Z6a
Impresso em: 29/05/2023 às 19:45:46 por: , ip: 200.25.56.74

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232563588

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à MG20221553989

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA BR-381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **CMS000481**
Celebrado em: **17/07/2023**
Valor: **R$ 16.420,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520
Nº: **00**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **IGARAPÉ**
UF: **MG**
CEP: **32900000**
Data de Início: **01/11/2023**
Previsão de término: **30/11/2023**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **OUTROS**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS TÉCNICOS DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1-AUXILIAR - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.787) E DA BARRAGEN B2 - MINA TICO-TICO (IPE.OP.RL.8000.GT.20.786), REFERENTE AO TRIMESTRE AGOSTO A OUTUBRO DE 2023, EM ATENDIMENTO AO TERMO DE COMPROMISSO - TC (MPF, MPMG, SEMAD/FEAM, ANM).

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

BELO HORIZONTE, 28 de NOVEMBRO de 2023
Local data

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.11.28 20:18:43 -03'00'

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232563588

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à
MG20221553989

10. Valor

Valor da ART: **R$ 96,62** Registrada em: **28/11/2023** Valor pago: **R$ 96,62** Nosso Número: **8602845567**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: W0zDz
Impresso em: 28/11/2023 às 20:10:34 por: , ip: 186.216.185.198

GEOPRIME ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA.

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
GEO-RE-MMI-122-01

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.751

RELATÓRIO TÉCNICO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DA DESCARACTERIZAÇÃO – BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00	01				Rev doc	00	01				Rev doc						Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X	X				26	X	X				51	X	X				76					
2	X	X				27	X	X				52	X	X				77					
3	X	X				28	X	X				53	X	X				78					
4	X	X				29	X	X				54	X	X				79					
5	X	X				30	X	X				55	X	X				80					
6	X	X				31	X	X				56	X	X				81					
7	X	X				32	X	X				57	X	X				82					
8	X	X				33	X	X				58	X	X				83					
9	X	X				34	X	X				59						84					
10	X	X				35	X	X				60						85					
11	X	X				36	X	X				61						86					
12	X	X				37	X	X				62						87					
13	X	X				38	X	X				63						88					
14	X	X				39	X	X				64						89					
15	X	X				40	X	X				65						90					
16	X	X				41	X	X				66						91					
17	X	X				42	X	X				67						92					
18	X	X				43	X	X				68						93					
19	X	X				44	X	X				69						94					
20	X	X				45	X	X				70						95					
21	X	X				46	X	X				71						96					
22	X	X				47	X	X				72						97					
23	X	X				48	X	X				73						98					
24	X	X				49	X	X				74						99					
25	X	X				50	X	X				75						100					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	PARA COMENTÁRIOS
01	I	APROVADO

TIPO DE EMISSÃO					
(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO			

	REV. 00	REV.01	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	28/07/2023	29/08/2023					
EXECUTADO	MMS	MMS					
VERIFICADO	JAP	JAP					
APROVADO	RPT/WPM	RPT/WPM					

SUMÁRIO

1. Introdução 26
2. Objetivos e escopo 26
3. Localização 27
4. Características de acordo com ANM-FEAM 28
5. Projeto de descaracterização 36
5.1 Concepção 36
5.2 Premissas geológico-geotécnicas 38
5.2.1 Sismicidade local 40
5.3 Alterações de projeto 42
5.4 Ações e obras preparatórias 45
5.4.1 Reforço estrutural 45
5.4.2 Sistema de rebaixamento (poço de bombeamento) 46
5.4.3 Instrumentação de monitoramento e resultados das análises de estabilidade 53
5.5 Aspectos ambientais 58
6. Considerações finais 59
7. Equipe Técnica 60
8. Anexos 61

1. Introdução

A Mineração Morro do Ipê (MMI) possui três barragens (ou estruturas de contenção de rejeitos de mineração) com alteamentos à montante que se encontram inativas e serão descaracterizadas nos próximos anos: i) B1 Ipê, na vertente Brumadinho; ii) B2 Tico-Tico, e iii) B1 Auxiliar, ambas na vertente Igarapé (Figura 1).

De acordo com o item 3.1 do Termo de Compromisso (TC) firmado com o Ministério Público (MP) do Estado de Minas Gerais, Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), "...a Mineração Morro do Ipê tem o compromisso de apresentar relatórios técnicos trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização". Embora dúbio, entende-se "andamento de obras", além do seu sentido literal, como o processo de preparação para a descaracterização strictu sensu, o que inclui quaisquer intervenções diretas e indiretas no barramento e estruturas relacionadas, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

Desta forma, o intuito deste relatório, elaborado em conjunto com a GEOPRIME ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, é de ser um descritivo das medidas executadas para a descaracterização da referida estrutura, no último trimestre (Maio 2023 – Julho 2023), e de acordo com o Termo de Referencia (TR), para acompanhamento do processo de descaracterização de barragens alteadas a montante, no estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Destaca-se que a empresa Terracota Geotecnia foi contratada, no segundo semestre de 2022, para a elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, em substituição à anterior projetista contratada, Statum Geotecnia. O escopo do projeto foi definido e subdividido em um total de 03 (três) marcos:

- Marco 1: Relatório de consolidação de dados;
- Marco 2: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- Marco 3: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

2. Objetivos e escopo

O presente relatório objetiva compilar e descrever as ações e etapas decorrentes dos projetos de descaracterização da barragem B2 – Mina Tico-Tico, incluindo as atividades realizadas no trimestre

maio-junho-julho de 2023, o percentual de avanço no processo de descaracterização e o cumprimento das ações previstas.

3. Localização

A Barragem B2 – Mina Tico-Tico localiza-se no vale do córrego Olaria, município de Igarapé-MG, em torno das coordenadas UTM (SIRGAS2000) 574.570 E e 7.776.150 N, à montante da estrutura descaracterizada da Barragem B1 Ecológica - Mina Tico-Tico e da Barragem B1 Auxiliar
- Mina Tico-Tico. O acesso é realizado pelo trevo imediatamente após o km 520 da rodovia Fernão Dias (BR-381), margem direita no sentido sul (BH-SP). Na Figura 1 é apresentada a localização da barragem.



Figura 1. Localização das barragens i) B1 Ipê, na vertente Brumadinho; ii) B2 Tico-Tico, e iii) B1 Auxiliar, ambas na vertente Igarapé. Destaque na barragem B2 Tico-Tico, na vertente Igarapé, à leste da BR-381. Coordenadas: 574.570m E e 7.776.150m N. Datum Sirgas 2000.

4. Características de acordo com ANM-FEAM

As principais características registradas da Barragem B2, mina Tico-Tico são apresentadas na Tabela 1 e seguintes subintens.

Tabela 1: Dados gerais da barragem B2 Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.593 – RTESB, Março de 2023.

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B2 – Mina Tico-Tico
Localização	Mina Tico-Tico – Igarapé/MG
Coordenadas geográficas do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'37.550" Longitude: -44°17'12.020"
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	1990
Ano de Início de Operação	1990
Ano de Término de Operação	2007
Ano de Término de Descaracterização	Sem previsão
Situação (status) de operação atual da barragem	Desativada
Volume Total (m³)	2.080.662 (1)
Capacidade total do reservatório (m³)	1.749.634
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	1.733.334 (1)
Área do reservatório (m²)	18.519
Elevação do coroamento (m)	1.126,1
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	1.030,0
Altura atual da barragem (m);	96,0
Extensão do coroamento (m)	320,0
Largura do coroamento (m)	4,5
Largura das bermas (m)	5,0
Alteamentos realizados e seus respectivos métodos empregados;	Alteamentos a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6º)
Inclinação talude de montante	1,6(H):1(V) (32º)
Elevação do NA normal do reservatório (m)	1.125,0
Nível d'água máximo maximorum (TR 1.000 anos) (m)	1.125,60
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.125,82
Borda livre mínima (TR 1.000 anos) (m)	0,50
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,28
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	4,08
Capacidade de descarga do vertedouro (m³/s)	7,20
Área da bacia de contribuição (km²)	0,129

(*) Volumes obtidos dos estudos de ruptura hipotética elaborados pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos hídricos em fevereiro de 2021 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.139).

Matriz de classificação, com base nos critérios estabelecidos nos Anexos I a IV do Decreto 48.140, de 25 de fevereiro de 2021:

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração, segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a Barragem B2 – Mina Tico-Tico foi classificada, com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em Classe B, conforme demonstrado a seguir.

Quadro 1. Categoria de Risco da Barragem B2– Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.593 – RTESB, Março de 2023.

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	5
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	3
	PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB	**27**
	CLASSIFICAÇÃO DE RISCO	**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥ 65 ou EC* ≥ 10
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤ 37**

RESUMO DA CLASSIFICAÇÃO	
i) Classificação de Categoria de Risco – CRI	Baixo
ii) Potencial de Dano Ambiental – PDA	Alto

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTO e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Quadro 2. Potencial de Dano Ambiental da Barragem B2– Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.593 – RTESB, Março de 2023.

	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)	Pontos
1	Volume Total do Reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	5
	PONTUAÇÃO TOTAL (DPA)	23
	CLASSIFICAÇÃO DE DANO	ALTO

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	≥ 13
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Quadro 3. Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental da Barragem B2– Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.593 – RTESB, Março de 2023.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	B	C	E

Quadro 4. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B2– Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.593 – RTESB, Março de 2023.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Quadro 5. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B2– Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.593 – RTESB, Março de 2023.

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	**Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)**
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 5			

Quadro 6. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B2– Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.593 – RTESB, Março de 2023.

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PSB				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem (k)**	**Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de Análise de Segurança (n)**
Projeto executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	
PS = Σ (j até n) = 3				

Quadro 7. Matriz de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental da Barragem B2– Mina Tico-Tico. Fonte: Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.593 – RTESB, Março de 2023.

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental - PDA			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (Não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	**ALTO (Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
DPA = Σ (a até d) = 23			

I. Identificação do Empreendimento:

- Mina Tico-Tico

  Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.
  CNPJ: 22.902.554/0001-17
  Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº
  Brumadinho – MG – 35460-000
  Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
  E-mail: casaipe@ipemineração.com

- Identificação do Representante Legal do Empreendimento

  Nome: Cristiano Monteiro Parreiras
  CPF: 030.102.416-23
  Formação: Advogado
  Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos
  Telefone: (31) 99194-8589
  E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

II. Identificação do empreendedor e do representante legal para contato:

- Identificação do Empreendedor

  Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.
  CNPJ: 22.902.554/0001-17
  Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº
  Brumadinho – MG – 35460-000
  Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
  E-mail: casaipe@ipemineração.com

- Identificação do Representante Legal do Empreendedor

  Nome: Cristiano Monteiro Parreiras
  CPF: 030.102.416-23
  Formação: Advogado
  Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos
  Telefone: (31) 99194-8589
  E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

III. Identificação do responsável técnico pela barragem

- Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

  Nome: Welington Pereira Maximiano
  Formação: Engenheiro Civil
  Registro Nacional Profissional: 1411469151 (CREA-MG)
  Cargo: Coordenador de Geotecnia
  Telefone: (31) 3614-1840
  E-mail: welington.maximiano@ipemineracao.com

IV. Identificação da equipe técnica responsável pelos projetos de descaracterização:

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil/Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Coordenador do Projeto
Registro Profissional: CREA-MG 1403750408
ART de Responsabilidade Técnica, emitida pelo coordenador do projeto: MG20231866125 (Apresentada no Anexo).

Nome: André Lins Machado Coelho
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos
Registro Nacional Profissional: CREA-MG 1404481770

Nome: Guilherme Pereira Pinto
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos
Registro Profissional: CREA-MG 2014352674

Nome: Mauro Verassani
Formação: Engenheiro Hidrólogo
Responsabilidade no Estudo: Estudos Hidráulicos
Registro Profissional: CREA-MG 1406671720

Nome: Guilherme de Freitas Roriz Lima
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Edição do Relatório
Registro Profissional: CREA-MG 1015708625

V. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.

Não Aplicável. A descaracterização encontra-se em fase de projeto, concluído em 31/05/2023.

5. Projeto de descaracterização

5.1 Concepção

O projeto de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico constitui na remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) a partir do 11º alteamento até o 2º alteamento por montante. A retomada dos materiais para a recuperação de finos de minério de ferro será feita a partir de métodos e equipamentos convencionais de

escavação, com utilização de escavadeiras hidráulicas e caminhões para o transporte do rejeito escavado para as plantas de beneficiamento.

Durante as etapas de escavação, a drenagem do reservatório será direcionada para o sentido de montante em direção do talude natural no fundo do reservatório e para próximo ao emboque do extravasor de emergência na ombreira direita, onde será executado um sump com 5,0 m de profundidade, a ser utilizado para o acúmulo de água resultante de deságue do rejeito ou de chuvas eventuais e retenção de sedimentos gerados durante a execução das obras. Neste sump deverá ser instalado um sistema de bombeamento com capacidade para direcionar as águas para o interior do sistema extravasor.

A remoção dos materiais será feita em camadas com aproximadamente 2,0 m de espessura que se estendem por toda a largura da área a ser descaracterizada. A escavação das camadas será feita a partir das proximidades do sistema extravasor de emergência (ombreira direita) avançando em direção ao extravasor de serviço (ombreira esquerda). Transversalmente ao reservatório, o rejeito será escavado com 2% de declividade em direção à encosta natural localizada ao fundo do reservatório.

Caso se verifique em qualquer camada que o rejeito se encontra com elevada saturação comprometendo o andamento dos serviços (escavação e tráfego de caminhões) devido à baixa capacidade de suporte, deverá ser executada inicialmente uma vala longitudinal principal de forma a desaguar o rejeito. Esta vala deverá ter declividade mínima (0,5%) que direcione o fluxo em direção ao sump, seção trapezoidal com largura de fundo de 2,0 m e taludes 3H:1V. Adicionalmente, conforme avaliação de campo, outras valas secundárias ou o aprofundamento das valas já executadas poderão ser necessárias para acelerar o processo de desaguamento. Em situações que se mostrarem mais vantajosas e produtivas, poderá ser adotado a construção de um lastro com rejeito seco (aterro de conquista) sobre o rejeito para facilitar o tráfego dos equipamentos.

Os taludes das escavações deverão ter inclinação correspondente a 3H:1V, quando em rejeito do reservatório, e 2H:1V, quando em rejeito dos maciços compactados.

Em termos gerais, a remoção prevista no projeto será realizada em três etapas macro compreendendo:

Etapa 1 - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) a partir do 11º alteamento até o 8º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o

coroamento da barragem estará na elevação 1.109,0 m, correspondendo a um rebaixamento de aproximadamente 17,6 m;

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 463.643.m3;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 103.200.m3,
- Volume total de remoção da etapa: 566.843 m³

Etapa 2 - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 7º alteamento e do 6º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.093,3 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 15,7 m; e,

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 368.273.m3;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 82.498.m3;
- Volume total de remoção da etapa: 450.771 m³.

Etapa 3 – Última etapa prevista, remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 5º alteamento ao 2º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.069,5 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 23,8 m.

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 383.202.m3;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 83.889.m3.
- Volume total de remoção da etapa: 467.091 m³

5.2 Premissas geológico-geotécnicas

A partir dos relatórios parciais do projeto executivo de descaracterização da Barragem B2, Mina Tico-Tico, as premissas geológico-geotécnicas são expostas à seguir.

- As cinco seções de análise a serem utilizadas no projeto de descaracterização foram definidas no documento de consolidação de dados (IPE.OP.RL.8000.GT.20.674), bem como os parâmetros de resistência dos materiais constituintes dos modelos numéricos;
- Entende-se que as investigações geológico geotécnicas de campo e laboratório são suficientes para desenvolvimento do projeto de descaracterização;
- Considera-se que o rejeito a ser removido apresenta características homogêneas, cujas condições reais deverão ser avaliadas durante os trabalhos, bem como eventual impacto nas operações dos equipamentos e metodologia definida neste projeto;
- À medida que se aprofunde as escavações e se constate dificuldade de escavação dos rejeitos ou redução na capacidade de suporte, deverão ser executadas valas no reservatório para reduzir sua saturação. A vala deverá ter declividade direcionada para o "sump" a ser implantado próximo ao emboque do extravasor de emergência. Nos casos em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro (aterro de conquista) com rejeito seco de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;
- Conforme Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela FEAM, independentemente da condição de estabilidade definida na etapa de diagnóstico, todos os projetos de descaracterização deverão considerar um fator de segurança maior ou igual a 1,3, para condições não drenadas de pico e 1,1 para a condição não drenada residual para o início das obras de descaracterização;
- Conforme diagnóstico realizado para a estrutura, na condição atual, não se atinge os fatores de segurança de 1,1 apenas para a condição não drenada residual da seção de controle D-D', porém, cabe ressaltar que os valores obtidos nas análises (FS>1,0), atendem a recomendação da ANCOLD. Por essa razão, o monitoramento da superfície freática atuante na estrutura se constitui da principal premissa do projeto de descaracterização e que dará subsídios para o início, pela continuidade ou paralisação das obras. Caso o poço de rebaixamento implantado à jusante da barragem consiga influenciar na camada saturada do rejeito, é provável que o fator de segurança atinja o valor mínimo exigido pelo TR da FEAM antes do início das obras. Acrescenta-se ainda que o FS≥1,1 será obtido ao fim da Etapa 1 de descaracterização, desde que o nível freático se mantenha até a condição verificada na fase de diagnóstico;
- A fim de monitorar e controlar a eficácia do rebaixamento do nível d'água, a leitura da instrumentação de controle existente, composta de indicadores de nível d'água e piezômetros, deverão servir de referência para permitir o início e/ou acionar a paralisação das obras;
- Para monitoramento de deslocamentos será utilizada a instrumentação de controle existente composta de marcos de recalque e radar de superfície;

- Para monitoramento das vibrações causadas pelos equipamentos de terraplenagem será utilizada a instrumentação de controle existente composta por sismógrafos;
- Conforme Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela FEAM, os projetos que visam a manutenção do maciço e do reservatório, após o processo de descaraterização, deverão alcançar, no mínimo, o Fator de Segurança de 1,5 para rupturas drenadas; 1,5 para não drenadas de pico e 1,1 para residual;
- Entende-se que realizando a execução das obras de descaracterização seguindo as condições impostas neste projeto, relacionadas à sequência executiva e programa de monitoramento, não representará incremento em riscos para a estrutura que justifique a necessidade de evacuação da população a jusante.

5.2.1 Sismicidade local

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do peak ground acceleration (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento dinâmico (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 2 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada. Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 2 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo "Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment" publicado por (Barros et

al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 3).



Figura 2. Rede sismológica brasileira

Tabela 2. Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257)

Modelo	Valores máximos por período de retorno					Máximo absoluto
	500	1000	2500	5000	10000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	9.7%	9.5%	13.4%	16.0%	18.3%	18.3%
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

A localização da barragem no mapa de Barros et al. fornece valor de PGA igual a 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR. Para a componente vertical adotou-se um valor correspondente a 60% componente horizontal.

Desta forma adotando-se um valor de ½ PGA, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,075g e uma componente vertical igual a 0,045g. A componente vertical deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

As considerações de riscos sísmicos na barragem serão apresentadas na revisão do projeto em andamento no referido trimestre.

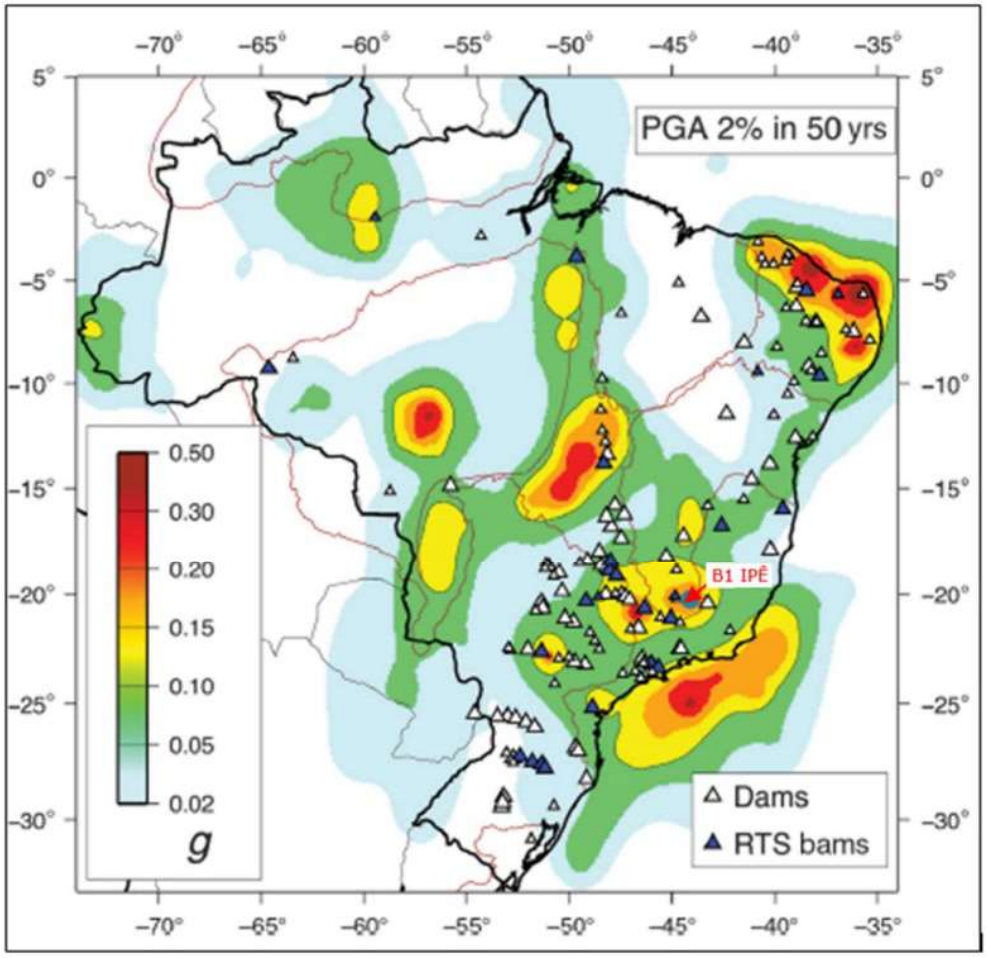


Figura 3. Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Barros Et al., 2018).

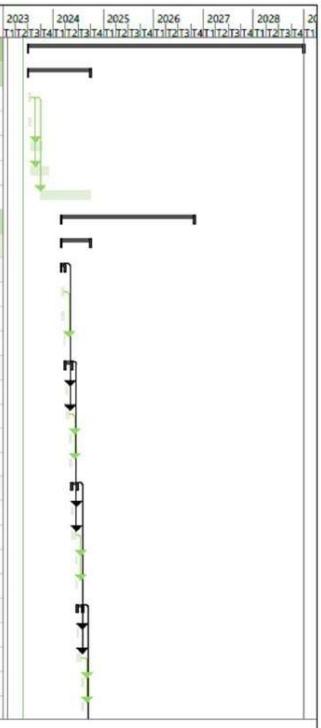
5.3 Alterações de projeto

O projeto executivo de descaracterização, estava sendo elaborado pela projetista DF+, passando, no segundo semestre de 2022 por mudança de projetista. Desta forma, os projetos foram reelaborados pela projetista Terracota Geotecnia, que detém significativo e diferenciado conhecimento histórico das estruturas, sendo a responsável pelas auditorias e pelo contrato do Engenheiro de Registro (EdR) da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

O Quadro 8, abaixo, apresenta o cronograma da descaracterização apresentado no projeto executivo (IPE.OP.RL.8000.GT.20.676).

Quadro 8. Cronograma de descaracterização da Barragem B2– Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.676, Maio de 2023.

Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1		1	DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO	1435 dias	Seg 03/07/23	Sex 29/12/28
2		1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	326 dias	Seg 03/07/23	Seg 30/09/24
3		1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 03/07/23	Sex 21/07/23
4		1.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Seg 03/07/23	Sex 21/07/23
5		1.1.3	ADEQUAÇÃO DO SISTEMA EXTRAVASOR	60 dias	Seg 24/07/23	Sex 13/10/23
6		1.1.4	ESTABILIZAÇÃO DA ENCOSTA NATURAL	90 dias	Seg 24/07/23	Sex 24/11/23
7		1.1.5	OPERAÇÃO DO POÇO DE REBAIXAMENTO	261 dias	Seg 02/10/23	Seg 30/09/24
8		1.2	DESCARACTERIZAÇÃO	695 dias	Sex 01/03/24	Qui 29/10/26
9		1.2.1	ETAPA 1	152 dias	Sex 01/03/24	Seg 30/09/24
10		1.2.1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	21 dias	Sex 01/03/24	Sex 29/03/24
11		1.2.1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Sex 01/03/24	Qui 21/03/24
12		1.2.1.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Sex 01/03/24	Qui 21/03/24
13		1.2.1.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO	6 dias	Sex 22/03/24	Sex 29/03/24
14		1.2.1.2	FASE 1 - REMOÇÃO 11º ALTEAMENTO	31 dias	Seg 01/04/24	Seg 13/05/24
15		1.2.1.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	7 dias	Seg 01/04/24	Ter 09/04/24
16		1.2.1.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Seg 01/04/24	Qui 02/05/24
17		1.2.1.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Sex 03/05/24	Seg 13/05/24
18		1.2.1.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 11º ALTEAMENTO	7 dias	Sex 03/05/24	Seg 13/05/24
19		1.2.1.3	FASE 2 - REMOÇÃO 10º ALTEAMENTO	31 dias	Ter 14/05/24	Ter 25/06/24
20		1.2.1.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Ter 14/05/24	Qua 22/05/24
21		1.2.1.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Ter 14/05/24	Sex 14/06/24
22		1.2.1.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Seg 17/06/24	Ter 25/06/24
23		1.2.1.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 10º ALTEAMENTO	7 dias	Seg 17/06/24	Ter 25/06/24
24		1.2.1.4	FASE 3 - REMOÇÃO 9º ALTEAMENTO	31 dias	Qua 26/06/24	Qua 07/08/24
25		1.2.1.4.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qua 26/06/24	Qui 04/07/24
26		1.2.1.4.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 26/06/24	Seg 29/07/24
27		1.2.1.4.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 30/07/24	Qua 07/08/24
28		1.2.1.4.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 9º ALTEAMENTO	7 dias	Ter 30/07/24	Qua 07/08/24

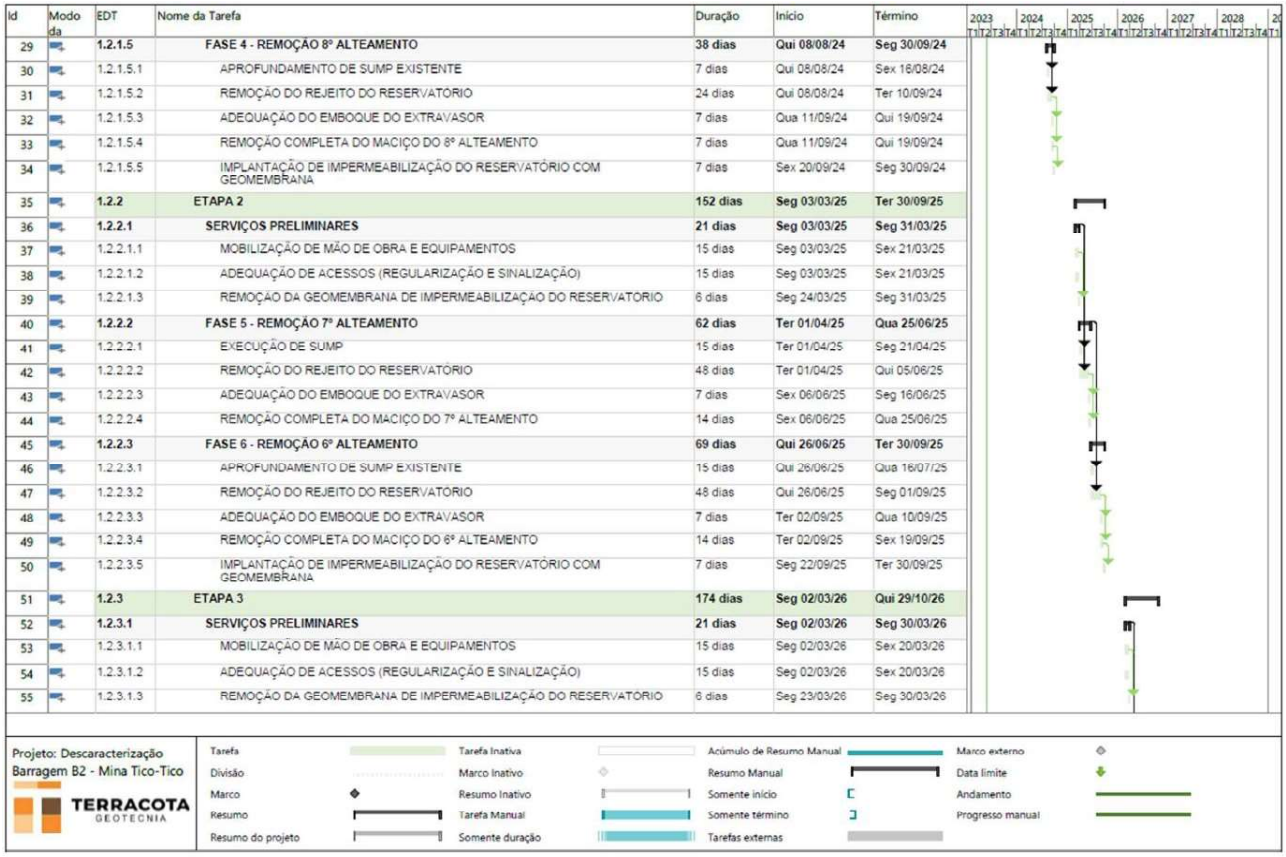


Projeto: Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico

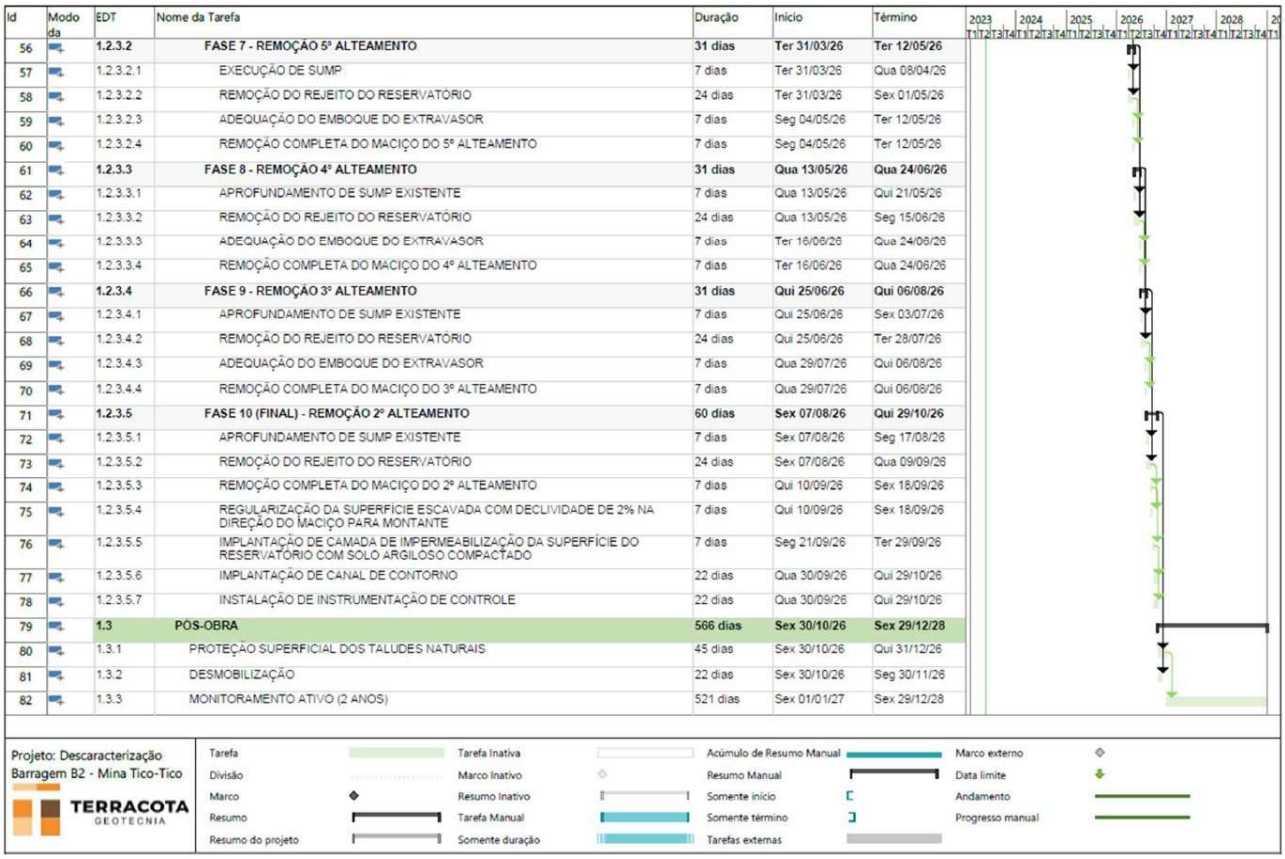
TERRACOTA GEOTECNIA

Tarefa	Tarefa Inativa	Acúmulo de Resumo Manual	Marco externo
Divisão	Marco Inativo	Resumo Manual	Data limite
Marco	Resumo Inativo	Somente início	Andamento
Resumo	Tarefa Manual	Somente término	Progresso manual
Resumo do projeto	Somente duração	Tarefas externas	

Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
29		1.2.1.5	**FASE 4 - REMOÇÃO 8º ALTEAMENTO**	**38 dias**	**Qui 08/08/24**	**Seg 30/09/24**
30		1.2.1.5.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qui 08/08/24	Sex 16/08/24
31		1.2.1.5.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qui 08/08/24	Ter 10/09/24
32		1.2.1.5.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qua 11/09/24	Qui 19/09/24
33		1.2.1.5.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 8º ALTEAMENTO	7 dias	Qua 11/09/24	Qui 19/09/24
34		1.2.1.5.5	IMPLANTAÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM GEOMEMBRANA	7 dias	Sex 20/09/24	Seg 30/09/24
35		1.2.2	**ETAPA 2**	**152 dias**	**Seg 03/03/25**	**Ter 30/09/25**
36		1.2.2.1	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**21 dias**	**Seg 03/03/25**	**Seg 31/03/25**
37		1.2.2.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 03/03/25	Sex 21/03/25
38		1.2.2.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Seg 03/03/25	Sex 21/03/25
39		1.2.2.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO	6 dias	Seg 24/03/25	Seg 31/03/25
40		1.2.2.2	**FASE 5 - REMOÇÃO 7º ALTEAMENTO**	**62 dias**	**Ter 01/04/25**	**Qua 25/06/25**
41		1.2.2.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	15 dias	Ter 01/04/25	Seg 21/04/25
42		1.2.2.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	48 dias	Ter 01/04/25	Qui 05/06/25
43		1.2.2.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Sex 06/06/25	Seg 16/06/25
44		1.2.2.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 7º ALTEAMENTO	14 dias	Sex 06/06/25	Qua 25/06/25
45		1.2.2.3	**FASE 6 - REMOÇÃO 6º ALTEAMENTO**	**69 dias**	**Qui 26/06/25**	**Ter 30/09/25**
46		1.2.2.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	15 dias	Qui 26/06/25	Qua 16/07/25
47		1.2.2.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	48 dias	Qui 26/06/25	Seg 01/09/25
48		1.2.2.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 02/09/25	Qua 10/09/25
49		1.2.2.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 6º ALTEAMENTO	14 dias	Ter 02/09/25	Sex 19/09/25
50		1.2.2.3.5	IMPLANTAÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM GEOMEMBRANA	7 dias	Seg 22/09/25	Ter 30/09/25
51		1.2.3	**ETAPA 3**	**174 dias**	**Seg 02/03/26**	**Qui 29/10/26**
52		1.2.3.1	**SERVIÇOS PRELIMINARES**	**21 dias**	**Seg 02/03/26**	**Seg 30/03/26**
53		1.2.3.1.1	MOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	15 dias	Seg 02/03/26	Sex 20/03/26
54		1.2.3.1.2	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (REGULARIZAÇÃO E SINALIZAÇÃO)	15 dias	Seg 02/03/26	Sex 20/03/26
55		1.2.3.1.3	REMOÇÃO DA GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO	6 dias	Seg 23/03/26	Seg 30/03/26



Id	Modo da	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
56		1.2.3.2	**FASE 7 - REMOÇÃO 5º ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Ter 31/03/26**	**Ter 12/05/26**
57		1.2.3.2.1	EXECUÇÃO DE SUMP	7 dias	Ter 31/03/26	Qua 08/04/26
58		1.2.3.2.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Ter 31/03/26	Sex 01/05/26
59		1.2.3.2.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Seg 04/05/26	Ter 12/05/26
60		1.2.3.2.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 5º ALTEAMENTO	7 dias	Seg 04/05/26	Ter 12/05/26
61		1.2.3.3	**FASE 8 - REMOÇÃO 4º ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Qua 13/05/26**	**Qua 24/06/26**
62		1.2.3.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qua 13/05/26	Qui 21/05/26
63		1.2.3.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qua 13/05/26	Seg 15/06/26
64		1.2.3.3.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Ter 16/06/26	Qua 24/06/26
65		1.2.3.3.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 4º ALTEAMENTO	7 dias	Ter 16/06/26	Qua 24/06/26
66		1.2.3.4	**FASE 9 - REMOÇÃO 3º ALTEAMENTO**	**31 dias**	**Qui 25/06/26**	**Qui 06/08/26**
67		1.2.3.4.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Qui 25/06/26	Sex 03/07/26
68		1.2.3.4.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Qui 25/06/26	Ter 28/07/26
69		1.2.3.4.3	ADEQUAÇÃO DO EMBOQUE DO EXTRAVASOR	7 dias	Qua 29/07/26	Qui 06/08/26
70		1.2.3.4.4	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 3º ALTEAMENTO	7 dias	Qua 29/07/26	Qui 06/08/26
71		1.2.3.5	**FASE 10 (FINAL) - REMOÇÃO 2º ALTEAMENTO**	**60 dias**	**Sex 07/08/26**	**Qui 29/10/26**
72		1.2.3.5.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	7 dias	Sex 07/08/26	Seg 17/08/26
73		1.2.3.5.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	24 dias	Sex 07/08/26	Qua 09/09/26
74		1.2.3.5.3	REMOÇÃO COMPLETA DO MACIÇO DO 2º ALTEAMENTO	7 dias	Qui 10/09/26	Sex 18/09/26
75		1.2.3.5.4	REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE ESCAVADA COM DECLIVIDADE DE 2% NA DIREÇÃO DO MACIÇO PARA MONTANTE	7 dias	Qui 10/09/26	Sex 18/09/26
76		1.2.3.5.5	IMPLANTAÇÃO DE CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓRIO COM SOLO ARGILOSO COMPACTADO	7 dias	Seg 21/09/26	Ter 29/09/26
77		1.2.3.5.6	IMPLANTAÇÃO DE CANAL DE CONTORNO	22 dias	Qua 30/09/26	Qui 29/10/26
78		1.2.3.5.7	INSTALAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE	22 dias	Qua 30/09/26	Qui 29/10/26
79		1.3	**PÓS-OBRA**	**566 dias**	**Sex 30/10/26**	**Sex 29/12/28**
80		1.3.1	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	45 dias	Sex 30/10/26	Qui 31/12/26
81		1.3.2	DESMOBILIZAÇÃO	22 dias	Sex 30/10/26	Seg 30/11/26
82		1.3.3	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	521 dias	Sex 01/01/27	Sex 29/12/28



5.4 Ações e obras preparatórias

Algumas ações preparatórias para a descaracterização já foram iniciadas, independente da aprovação do projeto visto o dinamismo das condições da barragem e priorização da segurança da estrutura. Dentre as ações, destacam-se: o reforço estrutural em enrocamento e a perfuração do sistema de bombeamento externo, ações serão descritas nos intens subsequentes.

Períodos previstos de interrupção dos trabalhos, como períodos chuvosos, serão atendidos durante às obras de descaracterização.

Quanto aos protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras, são exigidos para estruturas em nível de alerta de acordo com os critérios da FEAM/SEMAD conforme Termo de Referência para Descaracterização. A Barragem B2 encontra-se com Declaração de Condição de Estabilidade garantida, devendo atender ao item 3.3.1 do referido TR.

De qualquer forma, os capítulo 12 e 13 do relatório do projeto apresentam programas de monitoramento de rotina a ser obedecido durante e após as obras, incluindo critérios de paralisação.

5.4.1 Reforço estrutural

Da mesma forma que na barragem B1 Ipê, não há como dissociar a descaracterização da Barragem B2 Tico-Tico com a dinâmica das análises de estabilidade materializadas nas auditorias quinzenais e semestrais da estrutura. Sendo assim, foi dimensionado pela projetista TERRACOTA a ampliação do reforço estrutural na 2ª quinzena de janeiro de 2023, visando a manutenção dos fatores de segurança mínimos, tanto durante os períodos de maior incidência pluviométrica quanto durante as obras de descaracterização.

Sendo assim, a ampliação do reforço da Barragem B2 – Mina Tico-Tico foi desenvolvida para ser executada em duas etapas. Na primeira etapa, a ampliação do reforço foi construída preservando o trecho final do canal extravasor atual, de forma a possibilitar a relocação do canal em outro traçado conforme definido no projeto. A segunda etapa é uma complementação da primeira,

considerando a ampliação do maciço junto a ombreira direita para reforçar a região da seção transversal de controle E-E'.



Figura 4. Vista dos taludes de jusante, estrutura de reforço.

5.4.2 Sistema de rebaixamento (poço de bombeamento)

O poço de rebaixamento previsto no projeto já foi concluído, durante o trimestre maio/junho/julho, faltando ainda a implantação da infraestrutura do sistema de bombeamento**.**

Foi mantido, neste documento, o relatório construtivo, a seguir, já apresentado no trimestre anterior e que descreve as particularidades de perfuração, geologia e perfil de poço.



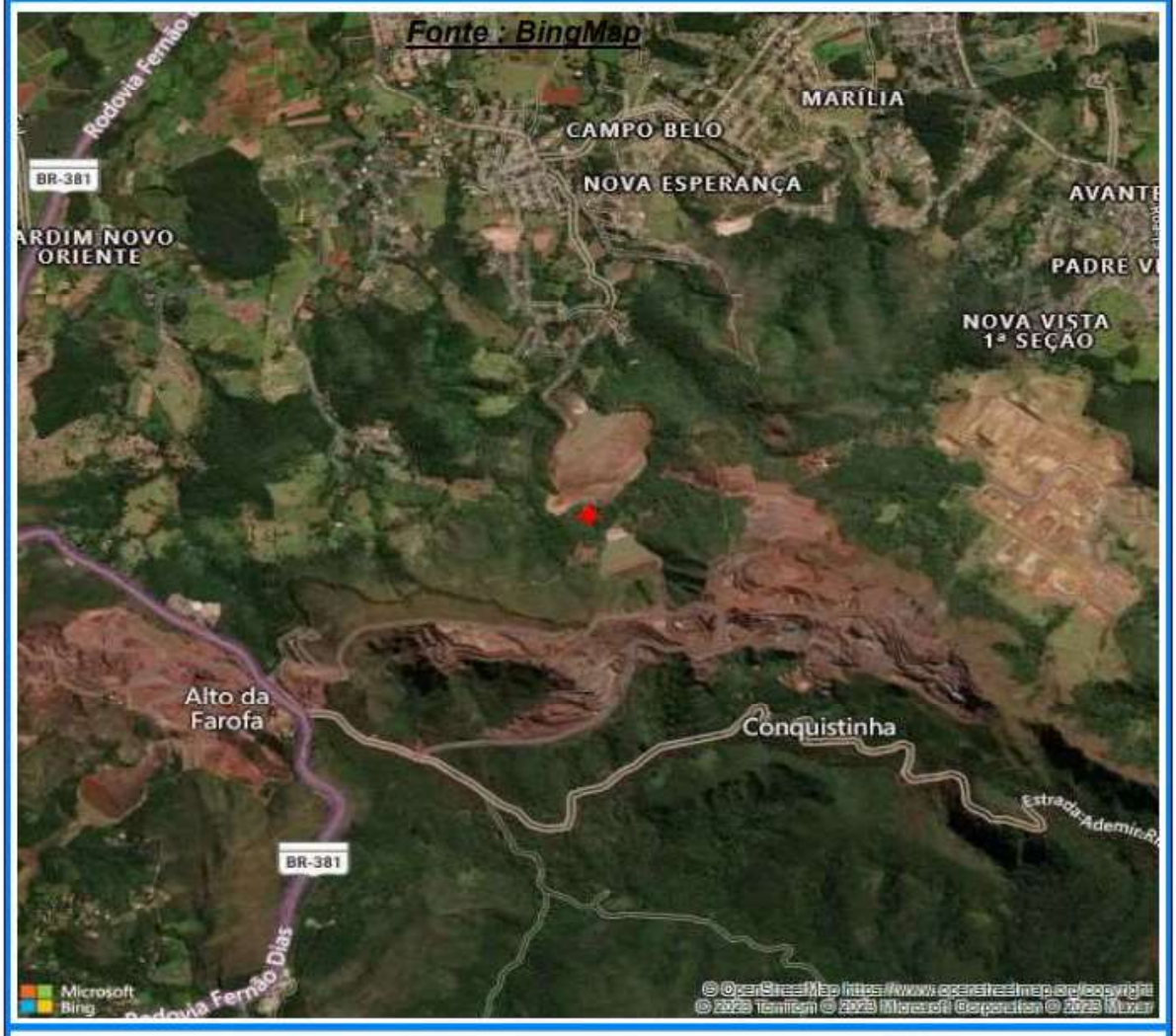
Figura 5. Tentativas de perfuração dos poços de bombeamento.



Figura 6. Poço perfurado à jusante da barragem B2 Tico-Tico.

MASTER POÇOS ARTESIANOS

Município :	Igarapé - MG			***Latitude :***	20°06'27.99" S ***ID :*** 57986
Localidade :	Mineração Morro do Ipê			***Longitude :***	44°17'18.96" W ***Código :*** PT-007
Data Início:	04/05/2023	***Data final:***	12/05/2023	***T. Bombeamento :***	
Prof. Final (m):	152	***N. E.(m) :***		***N. D.(m) :***	***Q(m³/h) :*** 0 ***T. B. (h) :***
Emp. Loc. :				***Técnico Locação :***	Geól. Ygor Grisante F. Ribeiro
Emp. Perf.:	Master Poços Artesianos			***Técnico Perfuração :***	Geól. Ygor Grisante F. Ribeiro
Perfuratriz :	Prominas R1			***Sondador :***	Rafael Antônio de Araújo
Método :	Roto Pneumático			***Aquífero:***	Fissural
Desenvolvimento :	Compressor 1200-330 / 24			**Cliente / Prop.:**	Mineração Morro do Ipê



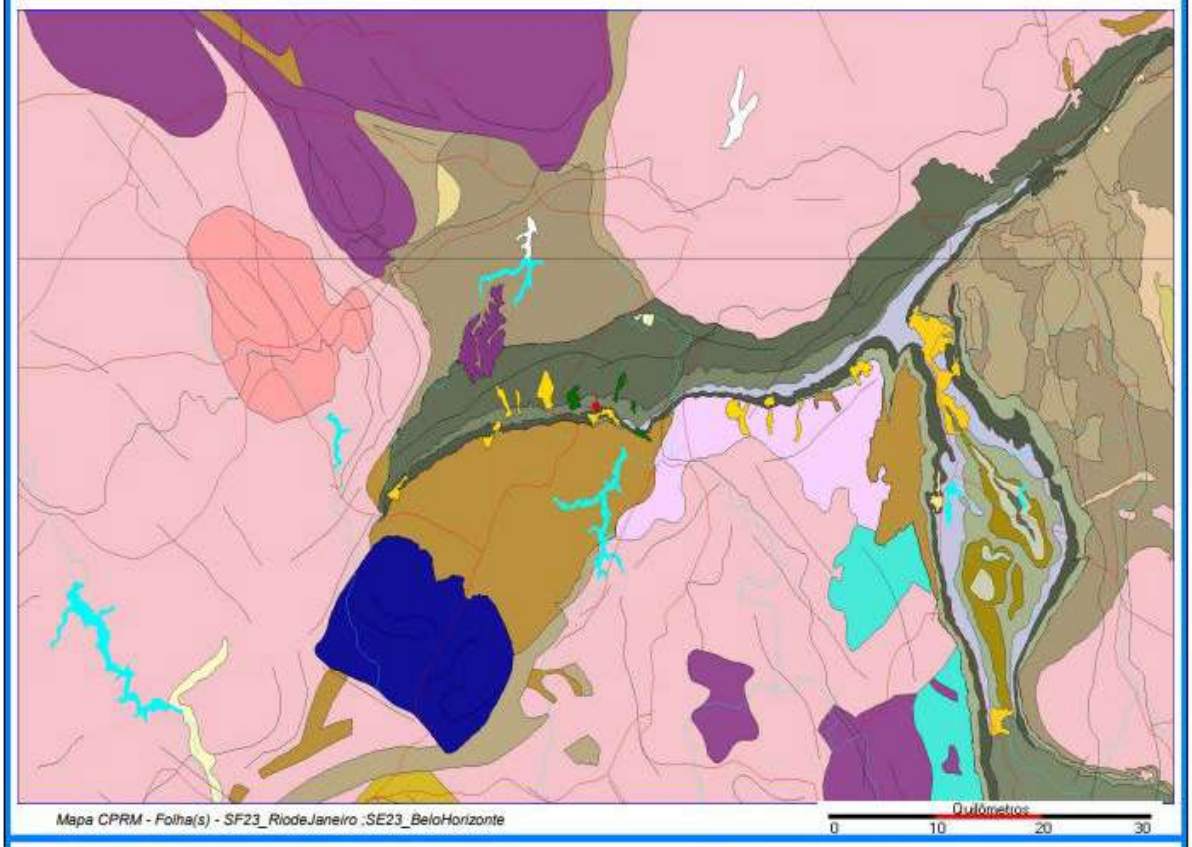
DATUM :	SIRGAS 2000	***UTM - N :***	7776433,5
ZONA :	23 K	***UTM - E :***	574366,8

Poços Tubulares Express - Software Gratuito - www.ptubexpress.com.br

MASTER POÇOS ARTESIANOS

Município : Igarapé - MG ***Latitude :*** 20°06'27.99" S ***ID :*** 57986

Localidade : Mineração Morro do Ipê ***Longitude :*** 44°17'18.96" W ***Código :*** PT-007



Mapa CPRM - Folha(s) - SF23_RiodeJaneiro ;SE23_BeloHorizonte

Quilômetros
0 10 20 30

- *A3d - Complexo Divinópolis*
- *A4rr - Nova Lima, associação resedimenta*
- *A3ru - Nova Lima, associação vulcânica m*
- *A3bh - Belo Horizonte*
- *PP2ms - Sabará*
- *PP1mp - Piracicaba*
- *PP1mig - Gandarela*
- *ENj - Juatuba*
- *Q2a - Depósitos aluvionares*
- *PP1mic - Caué*
- *A4_gamma_3no - Souza Noschese*
- *NQca - Depósitos colúvio-aluviais*
- *PR_delta - Rochas*

AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA:

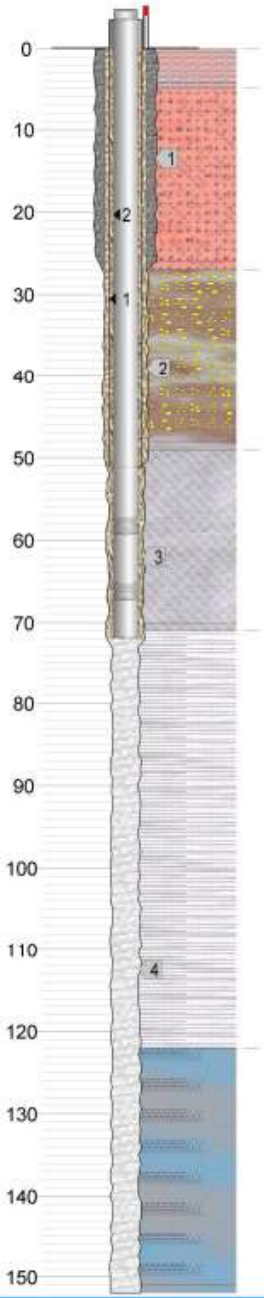
Ainda será executado ensaio de vazão e recuperação.

Poços Tubulares Express - Software Gratuito - www.ptubexpress.com.br

MASTER POÇOS ARTESIANOS

Município: Igarapé - MG ***Latitude:*** 20°06'27.99" S ***ID:*** 57986

Localidade: Mineração Morro do Ipê ***Longitude:*** 44°17'18.96" W ***Código:*** PT-007



de 0,00 ate 5,00 - Solo cinza avermelhado, Laterítico

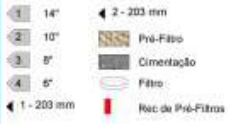
de 5,00 ate 27,00 - Rochas alteradas e descompostas, com blocos e matações intemperizados avermelhado

de 27,00 ate 49,00 - Filito alterado com grande quantidade de veios de quartzo em todo o percurso, além de blocos e matacões, intercalando com camadas de argila plastica

de 49,00 ate 71,00 - Filito são, com resistência mecânica maior ao trecho anterior, cinza claro, fragmentação média, intercalado com fraturamentos produtores de água e areia grossa

de 71,00 ate 122,00 - Quartzo-mica-xisto de coloração cinza, são, maciço, muito resistente, com fragmentação fina a média, pouco anguloso

de 122,00 ate 152,00 - Quartzo-mica-xisto de coloração cinza, fragmentação grossa, intervalo com presença de fraturas e cavidades produtoras de água e materiais diversos, como cristais de quartzos leitosos rolados, com tamanho variando de pequeno até o tamanho da palma de uma mão, além de seixos, cascalhos e fragmentos de rochas e minerais diversos.



Poços Tubulares Express - Software Gratuito - www.ptubexpress.com.br

MASTER POÇOS ARTESIANOS

Município : Igarapé - MG ***ID :*** 57986

Localidade : Mineração Morro do Ipê ***Código :*** PT-007



TAB. DE PERFURAÇÃO

Ø (pol)	De	Até
14"	0,00	27,00
10"	27,00	51,00
8"	51,00	73,00
6"	73,00	152,00

TUBULÃO

Ø (mm)	De	Até	Material
10"	0,00	27,00	Aço Carbono

TABELA DE REVESTIMENTO

Ø (mm)	De	Até	Material
203 mm	0,00	51,00	Aço carbono

TOTAL - DIAMETRO DE 203 mm : 51,00 - 4,00 (Filtros) = 47,00 m

ENCAMISAMENTO

Ø (mm)	De	Até	Material
152 mm	0	73	Aço carbono

TOTAL - DIAMETRO DE 152 mm : 73 - 2 (Filtros) = 71 m

BOCA DO POÇO

Ø (mm)	Comp.(m)	Cota(m)	Material
152 mm	1,00	1027	Dim 2440

TABELA DE FILTROS

Ø (mm)	De	Até	Material
203 mm	35,00	37,00	Nold preto - R - 0.25mm
203 mm	43,00	45,00	Nold preto - R - 0.25mm

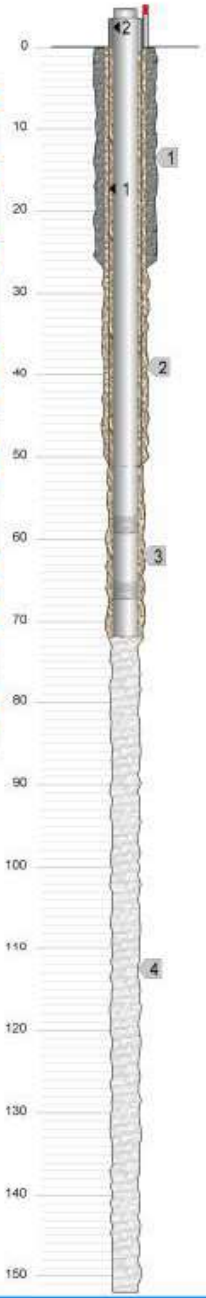
TOTAL - DIAMETRO DE 203 mm - 4,00 m

TOTAL FILTROS = 4,00 m

FILTROS DO ENCAMISAMENTO

Ø (pol)	De	Até	Material
7 6	57	59	Aço carbono
8 6	65	67	

TOTAL - DIAMETRO DE 152 mm - 6,00 m



1 14" 2 - 203 mm Medidor de Nível
2 10" Pré-Filtro
3 8" Cimentação
4 6" Filtro
1 - 203 mm Rec.de Pré-Filtros

Poços Tubulares Express - Software Gratuito - www.ptubexpress.com.br

5.4.3 Instrumentação de monitoramento e resultados das análises de estabilidade

Para avaliar a performance geotécnica da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, de propriedade da Mineração Morro do Ipê foi realizada inspeção de campo no dia 31/07/2023 pelos engenheiros Elias Cota e Guilherme Lima, da TERRACOTA, acompanhados por Christiano Araújo e Warley Silva, da MMI.

Adicionalmente à inspeção de campo, foram avaliados os dados de monitoramento geotécnico e realizadas análises de estabilidade da barragem com informações coletadas na 2ª quinzena de julho de 2023.

A instrumentação de controle instalada na barragem é composta por 31 (trinta e um) indicadores de nível d'água com leitura manual; 6 (seis) indicadores de nível d'água automatizados, 21 (vinte e um) piezômetros de tubo aberto do tipo Casagrande e 4 (quatro) piezômetros automatizados, conforme apresentado nas figuras a seguir (Fonte: Documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.726).

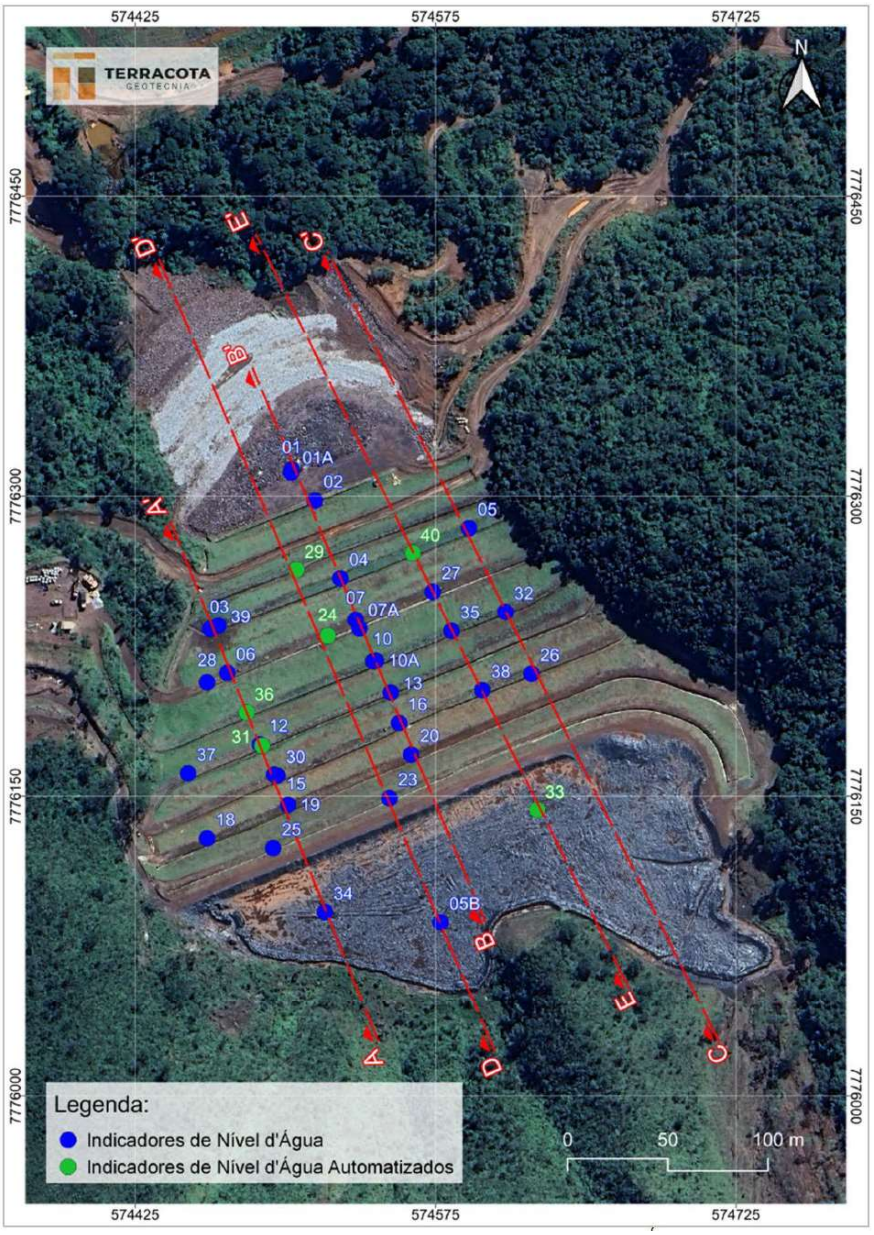


Figura 7. Locação dos Indicadores de Nível d'Água.

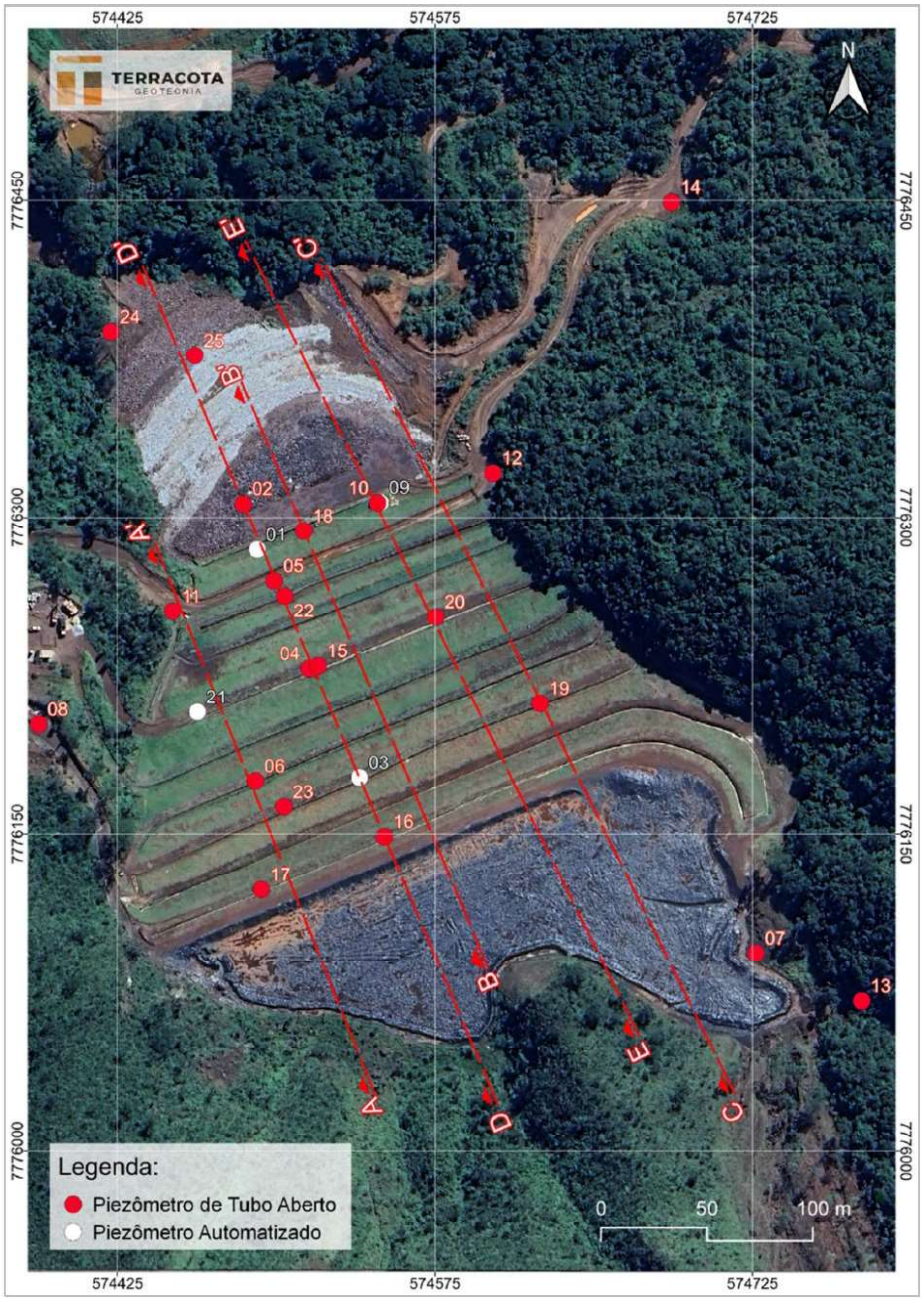


Figura 8. Locação dos Piezômetros.

Os deslocamentos em superfície são monitorados através de 5 marcos de controle dedeformação instalados no talude de jusante da barragem. A seguir é apresentada a localização dos marcos superficiais, sismógrafos e indicador de vazão.

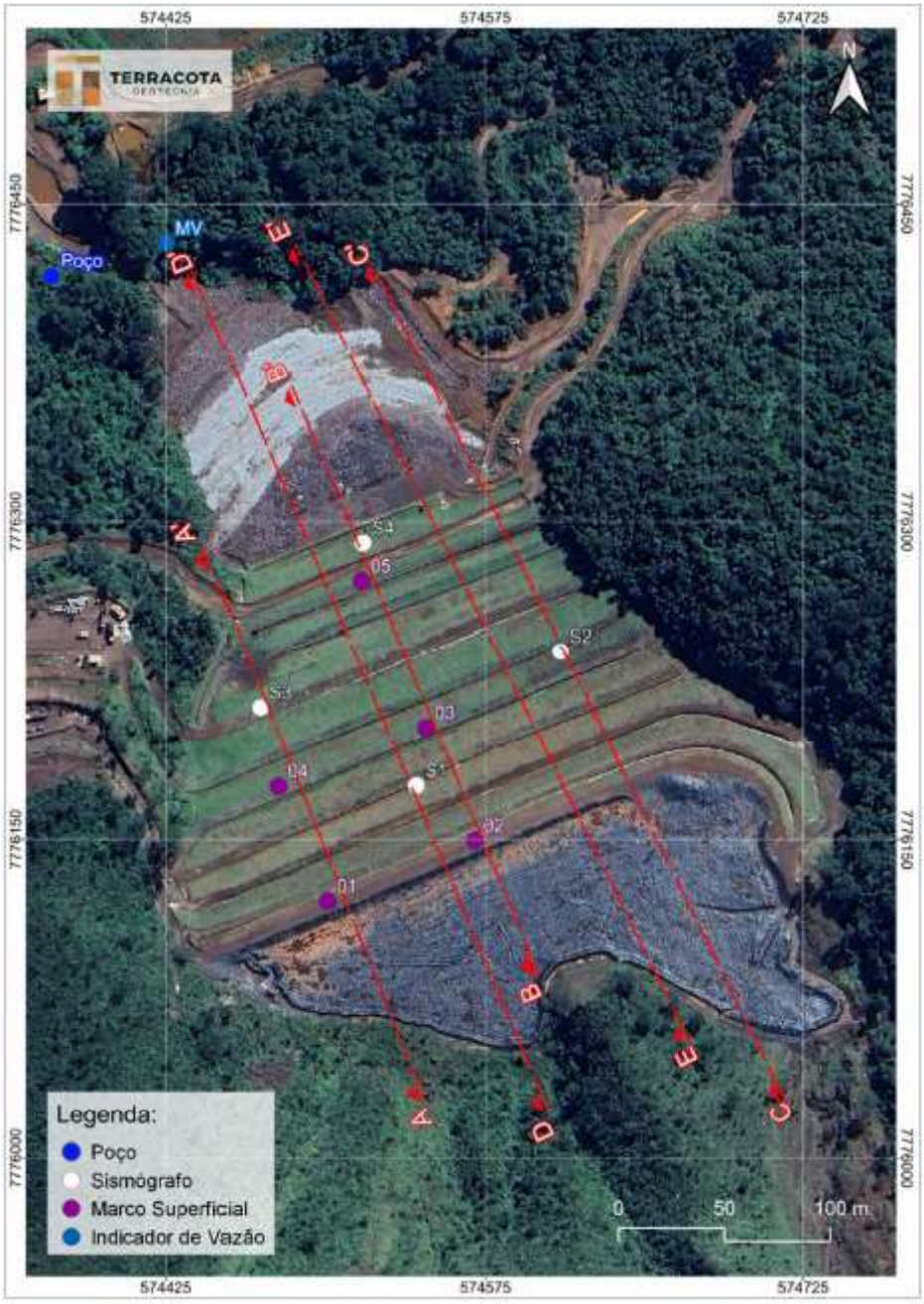


Figura 9. Locação dos Marcos Superficiais, Sismógrafos e Indicador de Vazão.

Os instrumentos instalados na estrutura não apresentaram um comportamento uniforme, enquanto alguns apresentaram rebaixamento ou subida de pequena magnitude (<30 cm) mostrando certa estabilidade nas leituras. Apenas os instrumentos INA-29, INA-31 e INA-40 (automatizados) apresentaram variação maior que 50 cm nesta quinzena, conforme mostrado na Tabela 2.1 e Tabela 2.2. O INA-29 e o INA-31 apresentaram rebaixamento de 1,50 m e 0,71 m, respectivamente, já o INA-40 apresentou subida de 0,99 m em relação à leitura anterior.

Devido a esses valores destoantes, recomenda-se que sejam realizadas verificação dos dados coletados nesses instrumentos e comparação com leitura manual.

Os deslocamentos registrados nos marcos superficiais na 2ª quinzena de abril apresentaram valores anômalos quando comparados ao histórico de medição da estrutura. Ocorrência semelhante foi registrada nesta última quinzena de julho na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico, sendo que nesta última estrutura existem prismas lidos por estação robótica que não apresentaram nenhum valor de leitura anômala.

De acordo com informações fornecidas pela MMI, os instrumentos INA-01 e INA-01A, que foram alteados durante as obras do aterro de reforço, estão danificados. Dessa forma, não é possívelrealizar leituras nesses instrumentos.

As análises de estabilidade considerando as leituras da instrumentação do dia 24/07/2023 para condição drenada, para a condição não drenada de pico e para condição não drenada liquefeita apresentaram fatores de segurança maiores ou iguais aos mínimos definidos pela legislação. Para a condição não drenada liquefeita, na seção D-D', foi obtido fator de segurança de 1,14, acima do limite inferior do exigido para se iniciar as obras de descaracterização (FS≥1,1).

No caso em que não seja atingindo 1,1 para condição liquefeita, o projeto estabele condicionantes para aceitação do início das obras de descaracterização conforme descrito no capítulo 12 do relatório do projeto.

Medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório

Foi implantada impermeabilização do reservatório e construídas canaletas nas bermas como medida para reduzir a infiltração pelo maciço.

Outras condições devem ser atendidas durante as obras, de acordo com o previsto no projeto, sendo: sumps com sistema de bombeamento, canais provisórios e canal definitivo para captação e condução dos fluxos incidentes na estrutura remanescente pós descaracterização.

5.5 Aspectos ambientais

O projeto de descaracterização foi concluído em 31/05/2023 e, desta forma, as obras ainda não foram iniciadas.

Informa que o relatório de impactos ambientais, das obras de descaracterização da barragem B2 – Mina Tico-Tico, contemplando as ações e programas para controlar, mitigar e recuperar as áreas impactadas (Documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.738), está sendo elaborado pela Geoprime Engenharia e Meio Ambiente.

O relatório de impactos ambientais, das obras de descaracterização da barragem B2 – Mina Tico-Tico, será também continuamente atualizado no decorrer da descaracterização desta estrutura, a partir do início das obras.

Inicialmente foram levantados os aspectos ambientais, considerando as principais atividades com potencial poluidor das futuras obras:

- Limpeza e Supressão vegetal;
- Obras de corte e aterro (retaludamentos);
- Adequação da drenagem superficial (alteração na dinâmica hídrica);
- Abertura e/ou adequação de acessos;
- Remoção de interferências (demolições);
- Escavação do reservatório e barramento;
- Carregamento e transporte interno dos materiais escavados;
- Adequação do sistema extravasor concomitante a escavação.

Para subsidiar a identificação dos possíveis impactos foi elaborada uma Matriz de Impactos (Matriz), a partir das informações apresentadas anteriormente, as atividades potencialmente geradoras de aspectos ambientais, de forma a possibilitar a previsão dos impactos ambientais. Essa matriz serviu de base para a discussão dos impactos pelos especialistas envolvidos no estudo.

A partir da matriz e do conhecimento adquirido nos diagnósticos, os impactos foram identificados. Foram realizadas reuniões com os especialistas para discutir o encadeamento lógico entre os impactos diretos e indiretos de cada tema e subsidiar a avaliação, com as seguintes definições:

· Atividades potencialmente geradoras dos aspectos - descrição sintética e objetiva das atividades inerentes ao planejamento, implantação e operação do empreendimento que poderão gerar os aspectos e consequentemente os impactos ambientais;

· Aspecto Ambiental – "Elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente" (NBR ISO 14.001);

· Impacto Ambiental - "Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente, afetem: a) saúde, segurança e bem-estar da população; b) as atividades sociais e econômicas; c) a biota; d) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; d) a qualidade dos recursos ambientais. " (Resolução CONAMA no 001/86).

6. Considerações finais

O relatório trimestral relativo ao andamento das obras de descaracterização da barragem B2, Mina Tico-Tico apresenta, as atividades que ocorreram entre maio e julho de 2023. Pode-se destacar que:

1. O reforço estrutural está concluído, com obras no extravasor em andamento;
2. O poço de rebaixamento foi finalizado, embora ainda não esteja em operação. Ficam pendentes os testes de bombeamento e desenvolvimento do poço.

7. Equipe Técnica

Empresa responsável por este relatório Os dados, para elaboração do relatório, foram integralmente fornecidos pela Mineração Morro do Ipê		
Razão social:	Geoprime Engenharia e Meio Ambiente Ltda.	Tel.: + (55) (21) 3417-6786
CNPJ:	05.968.895/0001-76	
Site: http://www.geoprime.com.br Estrada do Guanumbi, 685 - Freguesia – Jacarepaguá Rio de Janeiro - RJ - CEP 22745-200		

Equipe que participou da elaboração deste documento e reponsabiliza-se tecnicamente por suas respectivas áreas		
Técnico	**Área de Atuação**	**Responsabilidade no projeto**
Mariângela Sucena	Geóloga-Mineração	Elaboração
João Prado	Geólogo-Mineração	Coordenação / Revisão

8. Anexos

- Anotação de Responsabilidade técnica (ART) – Elaboração de Relatório

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232331990

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

MARIANGELA MAZZEI SUCENA
Título profissional: **GEÓLOGA**
RNP: **2000351409**
Registro: **RJ2006149056D MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Morro do Ipê Mineração S/A**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA FERNÃO DIAS
Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520**
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **MMI-GSU-002350**
Celebrado em: **05/05/2021**
Valor: **R$ 5.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA FERNÃO DIAS
Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520**
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**
Data de Início: **26/05/2023**
Previsão de término: **27/05/2024**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade:
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **Morro do Ipê Mineração S/A**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração dos relatórios técnicos de acompanhamento da descaracterização das barragens de rejeitos de mineração denominada B1 Auxiliar ? Mina Tico-Tico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.750) e B2 Mina Tico-Tico(documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.751), atendendo aos itens 3.1, 3.3 e 3.4, Cláusula III do Termo de Compromisso - TC (MPMG,SEMAD/FEAM, ANM), que determina a apresentação pela compromissária, Mineração Morro do Ipê S/A, de relatórios trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SINGEO-MG - Sindicato dos Geólogos no Estado de Minas Gerais

MARIANGELA MAZZEI SUCENA:01127465783
Assinado de forma digital por MARIANGELA MAZZEI SUCENA:01127465783
Dados: 2023.08.28 23:44:17 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

MARIANGELA MAZZEI SUCENA - CPF: 011.274.657-83

_____, _____ de _____ de _____
Local data

Morro do Ipê Mineração S/A - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.
* O comprovante de pagamento deverá ser apensado para comprovação de quitação

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: 2AWW2
Impresso em: 28/08/2023 às 23:37:48 por: , ip: 170.82.175.13

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 0800 031 2732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

- Anotação de Responsabilidade técnica (ART) – Projeto Executivo Descaracterização Barragem B2 – Mina Tico-Tico

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232097039

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA BR-381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**
Celebrado em: **09/01/2023**
Valor: **R$ 260.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520
Nº: **00**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **IGARAPÉ**
UF: **MG**
CEP: **32900000**
Data de Início: **03/04/2023**
Previsão de término: **31/07/2023**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **OUTROS**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração 80 - Projeto > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se a disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.05.29 19:49:13 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Dados: 2023.05.30 11:00:56 -03'00'

BELO HORIZONTE 29 de MAIO de 2023
Local data

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 254,59** Registrada em: **29/05/2023** Valor pago: **R$ 254,59** Nosso Número: **8601679206**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: Z6Z6a
Impresso em: 29/05/2023 às 19:45:46 por: , ip: 200.25.56.74

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 0800 031 2732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

- Assinaturas

Responsável técnico pelo projeto:

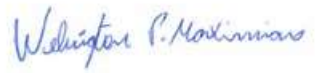


Elias Josafá Cota
Engenheiro Civil - CREA-MG 1403750408

Responsável técnico pelo acompanhamento das obras:

Não aplicável. Obras não iniciadas.
Não foi formalizado um ATO do reforço com emissão de RDO, o acompanhamento foi eventual pelo técnico que estava na obra de reforço da B2TT. Existe ART emitida do projeto e ART prevista para o as built.

Responsável técnico da barragem



Welington Pereira Maximiano
Engenheiro Civil - CREA-MG 1411469151

Responsáveis pelo relatório técnico no período avaliado:



Mariângela Mazzei Sucena
Geóloga - CREA-MG 2000351409

GEOPRIME ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA.

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
GEO-RE-MMI-107-01

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.699

RELATÓRIO TÉCNICO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DA DESCARACTERIZAÇÃO – BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	00	01				Rev doc	00	01				Rev doc						Rev doc					
Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha						Revisão da folha					
1	X	X				26	X	X				51						76					
2	X	X				27	X	X				52						77					
3	X	X				28	X	X				53						78					
4	X	X				29	X	X				54						79					
5	X	X				30	X	X				55						80					
6	X	X				31	X	X				56						81					
7	X	X				32	X	X				57						82					
8	X	X				33	X	X				58						83					
9	X	X				34	X	X				59						84					
10	X	X				35	X	X				60						85					
11	X	X				36	X	X				61						86					
12	X	X				37	X	X				62						87					
13	X	X				38	X	X				63						88					
14	X	X				39						64						89					
15	X	X				40						65						90					
16	X	X				41						66						91					
17	X	X				42						67						92					
18	X	X				43						68						93					
19	X	X				44						69						94					
20	X	X				45						70						95					
21	X	X				46						71						96					
22	X	X				47						72						97					
23	X	X				48						73						98					
24	X	X				49						74						99					
25	X	X				50						75						100					

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
00	B	PARA COMENTÁRIOS
01	I	APROVADA

TIPO DE EMISSÃO					
(A) PRELIMINAR	(B) PARA COMENTÁRIOS	(C) PARA CONHECIMENTO	(D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(F) CONFORME COMPRADO
(G) CONFORME CONSTRUÍDO	(H) CANCELADO	(I) APROVADO	(J) LIBERADO PARA COMPRA	(K) CERTIFICADO	

	REV. 0	REV.01	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	28/05/2023	29/05/2023					
EXECUTADO	MMS	MMS					
VERIFICADO	JAP	JAP					
APROVADO	RPT/WPM	RPT/WPM					

SUMÁRIO

1. Introdução 3
2. Objetivos e escopo 3
3. Localização 4
4. Características de acordo com ANM-FEAM 5
5. Projeto de descaracterização 13
5.1 Concepção 13
5.2 Premissas geológico-geotécnicas 15
5.2.1 Estudos de sismicidade local 17
5.3 Alterações de projeto 19
5.4 Ações e obras preparatórias 21
5.4.1 Reforço estrutural 21
5.4.2 Sistema de rebaixamento (poço de bombeamento) 26
5.5 Aspectos ambientais 31
6. Considerações finais 31
7. Equipe Técnica 32
8. Anexos 33

1. Introdução

A Mineração Morro do Ipê (MMI) possui três barragens (ou estruturas de contenção de rejeitos de mineração) com alteamentos à montante que se encontram inativas e serão descaracterizadas nos próximos anos: i) B1 Ipê, na vertente Brumadinho; ii) B2 Tico-Tico, e iii) B1 Auxiliar, ambas na vertente Igarapé (Figura 1).

De acordo com o item 3.1 do Termo de Compromisso (TC) firmado com o Ministério Público (MP) do Estado de Minas Gerais, Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), "*...a Mineração Morro do Ipê tem o compromisso de apresentar relatórios técnicos trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização*". Embora dúbio, entende-se "andamento de obras", além do seu sentido literal, como o processo de preparação para a descaracterização *strictu sensu*, o que inclui quaisquer intervenções diretas e indiretas no barramento e estruturas relacionadas, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

Desta forma, o intuito deste relatório, elaborado em conjunto com a GEOPRIME ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, é de ser um descritivo das medidas executadas para a descaracterização da referida estrutura, no último trimestre (Fevereiro 2023 – Abril 2023), e de acordo com o Termo de Referencia (TR), para acompanhamento do processo de descaracterização de barragens alteadas a montante, no estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Destaca-se que a empresa Terracota Geotecnia foi contratada, no segundo semestre de 2022, para a elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, em substituição à anterior projetista contratada, Statum Geotecnia. O escopo do projeto foi definido e subdividido em um total de 03 (três) marcos:

- Marco 1: Relatório de consolidação de dados;
- Marco 2: Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- Marco 3: Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos).

2. Objetivos e escopo

O presente relatório objetiva compilar e descrever as ações e etapas decorrentes dos projetos de descaracterização da barragem B2, Mina Tico-Tico da vertente Igarapé, incluindo as atividades realizadas no trimestre fevereiro-março-abril de 2023, o percentual de avanço no processo de descaracterização e o cumprimento das ações previstas.

3. Localização

A Barragem B2 – Mina Tico-Tico localiza-se no vale do córrego Olaria, município de Igarapé-MG, em torno das coordenadas UTM (SIRGAS2000) 574.570 E e 7.776.150 N, à montante da estrutura descaracterizada da Barragem B1 Ecológica - Mina Tico-Tico e da Barragem B1 Auxiliar - Mina Tico-Tico. O acesso é realizado pelo trevo imediatamente após o km 520 da rodovia Fernão Dias (BR-381), margem direita no sentido sul (BH-SP). Na Figura 1 é apresentada a localização da barragem.

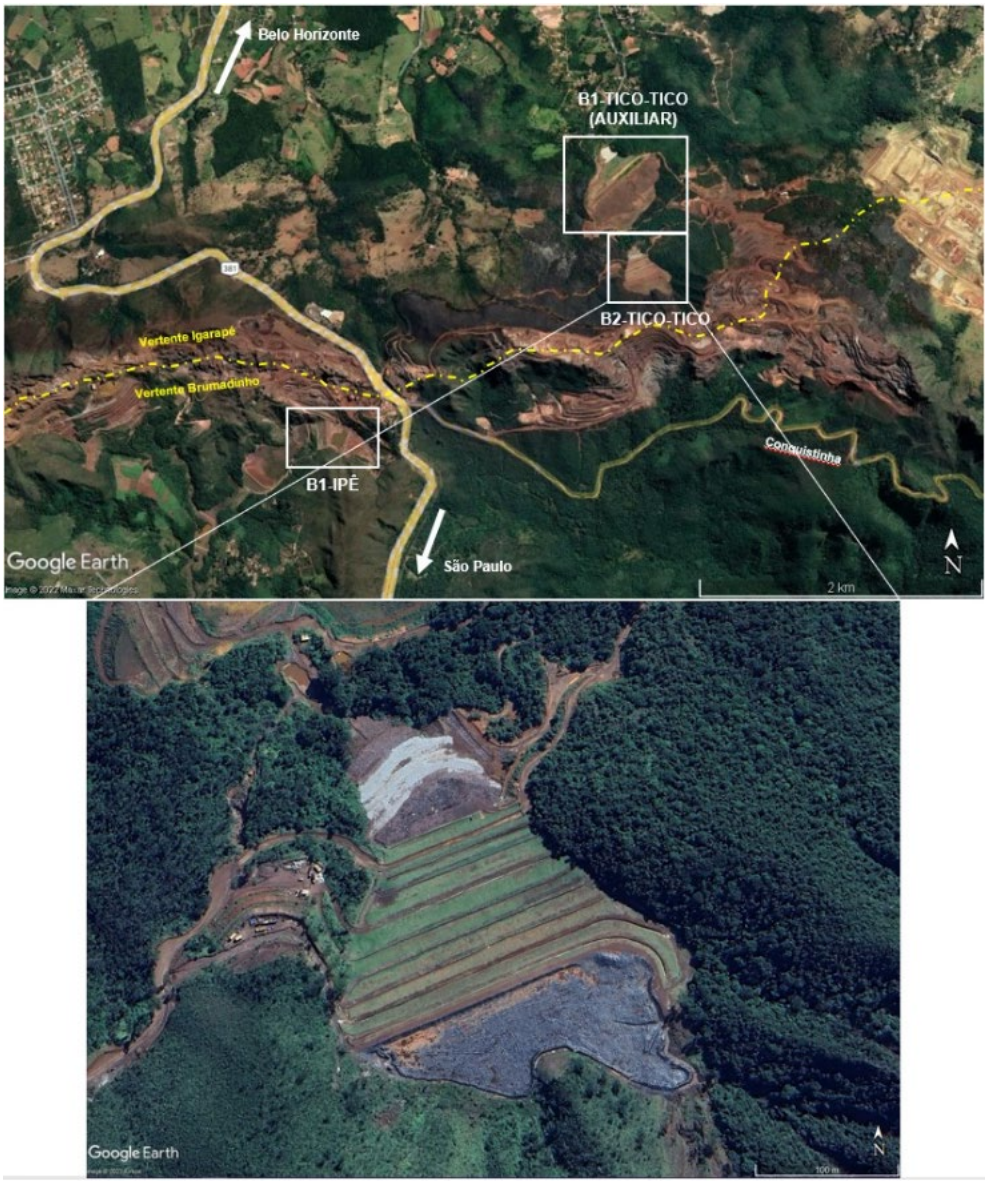


Figura 1. Localização das barragens i) B1 Ipê, na vertente Brumadinho; ii) B2 Tico-Tico, e iii) B1 Auxiliar, ambas na vertente Igarapé. Destaque na barragem B2 Tico-Tico, na vertente Igarapé, à leste da BR-381. Coordenadas: 574.570m E e 7.776.150m N. Datum Sirgas 2000.

4. Características de acordo com ANM-FEAM

As principais características registradas da Barragem B2 Tico-Tico, mina Tico-Tico são apresentadas na Tabela 1 e seguintes subintens.

Tabela 1 Dados gerais da barragem B2 Tico-Tico.

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B2 – Mina Tico-Tico
Localização	Mina Tico-Tico – Igarapé/MG
Coordenadas geográficas do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'37.550" Longitude: -44°17'12.020"
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	1990
Ano de Início de Operação	1990
Ano de Término de Operação	2007
Ano de Término de Descaracterização	Sem previsão
Situação (status) de operação atual da barragem	Desativada
Volume Total (m³)	2.080.662 (1)
Capacidade total do reservatório (m³)	1.749.634
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	1.733.334 (1)
Área do reservatório (m²)	18.519
Elevação do coroamento (m)	1.126,1
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	1.030,0
Altura atual da barragem (m);	96,0
Extensão do coroamento (m)	320,0
Largura do coroamento (m)	4,5
Largura das bermas (m)	5,0
Alteamentos realizados e seus respectivos métodos empregados;	Alteamentos a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6º)
Inclinação talude de montante	1,6(H):1(V) (32º)
Elevação do NA normal do reservatório (m)	1.125,0
Nível d'água máximo maximorum (TR 1.000 anos) (m)	1.125,60
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.125,82
Borda livre mínima (TR 1.000 anos) (m)	0,50
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,28
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m³/s)	4,08
Capacidade de descarga do vertedouro (m³/s)	7,20
Área da bacia de contribuição (km²)	0,129

(*) Volumes obtidos dos estudos de ruptura hipotética elaborados pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos hídricos em fevereiro de 2021 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.139).

I. Nome da barragem e da mina, conforme bancos de dados da Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam e da Agência Nacional de Mineração – ANM: *Barragem B2 – Mina Tico-Tico.*

II. Coordenadas geográficas do ponto central da barragem antes do início das obras de descaracterização, referenciadas no Datum SIRGAS-2000: *Latitude -20°06'37.550"/Longitude -44°17'12.020";*

III. Matriz de classificação, com base nos critérios estabelecidos nos Anexos I a IV do Decreto 48.140, de 25 de fevereiro de 2021:

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração, segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico foi classificada, no âmbito da elaboração deste relatório, com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em Classe B, conforme demonstrado a seguir.

Quadro 1. Categoria de Risco da Barragem B2– Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.473 – RTESB, Agosto de 2022.

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	5
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	3
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**27**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥ 65 ou EC* ≥ 10
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤ 37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Quadro 2. Potencial de Dano Ambiental da Barragem B2– Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.473 – RTESB, Agosto de 2022.

	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)	Pontos
1	Volume Total do Reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	5
	PONTUAÇÃO TOTAL (DPA)	**23**
	CLASSIFICAÇÃO DE DANO	**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥ 13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Quadro 3. Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental da Barragem B2– Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.473 – RTESB, Agosto de 2022.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Quadro 4. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B2– Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.473 – RTESB, Agosto de 2022.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Quadro 5. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B2– Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.473 – RTESB, Agosto de 2022.

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	**Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)**
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 5			

Quadro 6. Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B2– Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.473 – RTESB, Agosto de 2022.

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PSB				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem (k)**	**Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de Análise de Segurança (n)**
Projeto executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	
PS = Σ (j até n) = 3				

Quadro 7. Matriz de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental da Barragem B2– Mina Tico-Tico. Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.473 – RTESB, Agosto de 2022.

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental - PDA			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (Não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	**ALTO (Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
DPA = Σ (a até d) = 23			

IV. Identificação do Empreendimento:

- Mina Tico-Tico

  Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.
  CNPJ: 22.902.554/0001-17
  Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº
  Brumadinho – MG – 35460-000
  Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
  E-mail: casaipe@ipemineração.com

- Identificação do Representante Legal do Empreendimento

  Nome: Cristiano Monteiro Parreiras
  CPF: 030.102.416-23
  Formação: Advogado
  Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos
  Telefone: (31) 99194-8589
  E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

V. Identificação do empreendedor e do representante legal para contato:

- Identificação do Empreendedor

  Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.
  CNPJ: 22.902.554/0001-17
  Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº
  Brumadinho – MG – 35460-000
  Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315
  E-mail: casaipe@ipemineração.com

- Identificação do Representante Legal do Empreendedor

  Nome: Cristiano Monteiro Parreiras
  CPF: 030.102.416-23
  Formação: Advogado
  Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos
  Telefone: (31) 99194-8589
  E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

VI. Identificação do responsável técnico pela barragem

- Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

  Nome: Welington Pereira Maximiano
  Formação: Engenheiro Civil
  Registro Nacional Profissional: 1411469151 (CREA-MG)
  Cargo: Coordenador de Geotecnia
  Telefone: (31) 3614-1840
  E-mail: welington.maximiano@ipemineracao.com

VII. Identificação da equipe técnica responsável pelos projetos de descaracterização:

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil/Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Coordenador do Projeto

Registro Profissional: CREA-MG 1403750408

Nome: André Lins Machado Coelho
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos
Registro Nacional Profissional: CREA-MG 1404481770

Nome: Guilherme Pereira Pinto
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos
Registro Profissional: CREA-MG 2014352674

Nome: Mauro Verassani
Formação: Engenheiro Hidrólogo
Responsabilidade no Estudo: Estudos Hidráulicos
Registro Profissional: CREA-MG 1406671720

Nome: Guilherme de Freitas Roriz Lima
Formação: Engenheiro Geotécnico
Responsabilidade no Estudo: Edição do Relatório
Registro Profissional: CREA-MG 1015708625

VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.

Não Aplicável. A descaracterização encontra-se em fase de projeto, com previsão de conclusão em 31/05/2023.

5. Projeto de descaracterização

5.1 Concepção

O projeto de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico constitui na remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) a partir do 11º alteamento até o 2º alteamento por montante. A retomada dos materiais para a recuperação de finos de minério de ferro será feita a partir de métodos e equipamentos convencionais de escavação, com utilização de escavadeiras hidráulicas e caminhões para o transporte do rejeito escavado para as plantas de beneficiamento.

Durante as etapas de escavação, a drenagem do reservatório será direcionada para o sentido de montante em direção do talude natural no fundo do reservatório e para próximo ao emboque do extravasor de emergência na ombreira direita, onde será executado um sump com 5,0 m de profundidade, a ser utilizado para o acúmulo de água resultante de deságue do rejeito ou de chuvas eventuais e retenção de sedimentos gerados durante a execução das obras. Neste sump

deverá ser instalado um sistema de bombeamento com capacidade para direcionar as águas para o interior do sistema extravasor.

A remoção dos materiais será feita em camadas com aproximadamente 2,0 m de espessura que se estendem por toda a largura da área a ser descaracterizada. A escavação das camadas será feita a partir das proximidades do sistema extravasor de emergência (ombreira direita) avançando em direção ao extravasor de serviço (ombreira esquerda). Transversalmente ao reservatório, o rejeito será escavado com 2% de declividade em direção à encosta natural localizada ao fundo do reservatório.

Caso se verifique em qualquer camada que o rejeito se encontra com elevada saturação comprometendo o andamento dos serviços (escavação e tráfego de caminhões) devido à baixa capacidade de suporte, deverá ser executada inicialmente uma vala longitudinal principal de forma a desaguar o rejeito. Esta vala deverá ter declividade mínima (0,5%) que direcione o fluxo em direção ao sump, seção trapezoidal com largura de fundo de 2,0 m e taludes 3H:1V. Adicionalmente, conforme avaliação de campo, outras valas secundárias ou o aprofundamento das valas já executadas poderão ser necessárias para acelerar o processo de desaguamento. Em situações que se mostrarem mais vantajosas e produtivas, poderá ser adotado a construção de um lastro com rejeito seco (aterro de conquista) sobre o rejeito para facilitar o tráfego dos equipamentos.

Os taludes das escavações deverão ter inclinação correspondente a 3H:1V, quando em rejeito do reservatório, e 2H:1V, quando em rejeito dos maciços compactados.

Em termos gerais, a remoção prevista no projeto será realizada em três etapas macro compreendendo:

• Etapa 1 - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) a partir do 11º alteamento até o 8º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.109,0 m, correspondendo a um rebaixamento de aproximadamente 17,6 m;

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 463.643.m3;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 103.200.m3 .
- Volume total de remoção da etapa: 566.843 m³

• Etapa 2 - Remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 7º alteamento e do 6º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.093,3 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 15,7 m; e,

o Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 368.273.m3;

o Volume de maciço a ser removido da estrutura: 82.498.m3 .

o Volume total de remoção da etapa: 450.771 m³

• Etapa 3 – Última etapa prevista, remoção parcial da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório) do 5º alteamento ao 2º alteamento por montante. Ao fim desta etapa, o coroamento da barragem estará na elevação 1.069,5 m, correspondendo a um rebaixamento adicional de aproximadamente 23,8 m.

o Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 383.202.m3;

o Volume de maciço a ser removido da estrutura: 83.889.m3 .

o Volume total de remoção da etapa: 467.091 m³

5.2 Premissas geológico-geotécnicas

A partir dos relatórios parciais do projeto executivo de descaracterização da Barragem B2, Mina Tico-Tico, as premissas geológico-geotécnicas são expostas à seguir.

- As cinco seções de análise a serem utilizadas no projeto de descaracterização foram definidas no documento de consolidação de dados (IPE.OP.RL.8000.GT.20.674), bem como os parâmetros de resistência dos materiais constituintes dos modelos numéricos;
- Entende-se que as investigações geológico geotécnicas de campo e laboratório são suficientes para desenvolvimento do projeto de descaracterização;
- Considera-se que o rejeito a ser removido apresenta características homogêneas, cujas condições reais deverão ser avaliadas durante os trabalhos, bem como eventual impacto nas operações dos equipamentos e metodologia definida neste projeto;
- À medida que se aprofunde as escavações e se constate dificuldade de escavação dos rejeitos ou redução na capacidade de suporte, deverão ser executadas valas no reservatório para reduzir sua saturação. A vala deverá ter declividade direcionada para o "sump" a ser implantado próximo ao emboque do extravasor de emergência. Nos casos

em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro (aterro de conquista) com rejeito seco de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;

- Conforme Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela FEAM, independentemente da condição de estabilidade definida na etapa de diagnóstico, todos os projetos de descaracterização deverão considerar um fator de segurança maior ou igual a 1,3, para condições não drenadas de pico e 1,1 para a condição não drenada residual para o início das obras de descaracterização;
- Conforme diagnóstico realizado para a estrutura, na condição atual, não se atinge os fatores de segurança de 1,1 apenas para a condição não drenada residual da seção de controle D-D', porém, cabe ressaltar que os valores obtidos nas análises (FS>1,0), atendem a recomendação da ANCOLD. Por essa razão, o monitoramento da superfície freática atuante na estrutura se constitui da principal premissa do projeto de descaracterização e que dará subsídios para o início, pela continuidade ou paralisação das obras. Caso o poço de rebaixamento implantado à jusante da barragem consiga influenciar na camada saturada do rejeito, é provável que o fator de segurança atinja o valor mínimo exigido pelo TR da FEAM antes do início das obras. Acrescenta-se ainda que o FS≥1,1 será obtido ao fim da Etapa 1 de descaracterização, desde que o nível freático se mantenha até a condição verificada na fase de diagnóstico;
- A fim de monitorar e controlar a eficácia do rebaixamento do nível d'água, a leitura da instrumentação de controle existente, composta de indicadores de nível d'água e piezômetros, deverão servir de referência para permitir o início e/ou acionar a paralisação das obras;
- Para monitoramento de deslocamentos será utilizada a instrumentação de controle existente composta de marcos de recalque e radar de superfície;
- Para monitoramento das vibrações causadas pelos equipamentos de terraplenagem será utilizada a instrumentação de controle existente composta por sismógrafos;
- Conforme Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela FEAM, os projetos que visam a manutenção do maciço e do reservatório, após o processo de descaraterização, deverão alcançar, no mínimo, o Fator de Segurança de 1,5 para rupturas drenadas; 1,5 para não drenadas de pico e 1,1 para residual;
- Entende-se que realizando a execução das obras de descaracterização seguindo as condições impostas neste projeto, relacionadas à sequência executiva e programa de

monitoramento, não representará incremento em riscos para a estrutura que justifique a necessidade de evacuação da população a jusante.

5.2.1 Estudos de sismicidade local

Em maio de 2022 foi elaborado pela empresa CREAR Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do peak ground acceleration (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento dinâmico (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 2 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAR adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada. Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 2 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo "Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment" publicado por (Barros et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 3).



Figura 2. Rede sismológica brasileira

Tabela 2. Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257)

Modelo	Valores máximos por período de retorno					Máximo absoluto
	500	1000	2500	5000	10000	
	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
CSF	2.2%	2.8%	5.0%	7.4%	10.5%	10.5%
R320	2.2%	2.7%	4.6%	6.7%	9.5%	9.5%
CSF+QF(1)	9.7%	9.5%	13.4%	16.0%	18.3%	18.3%
CSF+QF(2)	6.7%	6.6%	9.4%	11.3%	13.1%	13.1%
CSF+QF(3)	2.2%	5.2%	7.4%	9.0%	10.6%	10.6%
CSF+QF(4)	2.2%	4.4%	6.2%	7.7%	9.0%	9.0%

A localização da barragem no mapa de Barros et al. fornece valor de PGA igual a 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR. Para a componente vertical adotou-se um valor correspondente a 60% componente horizontal.

Desta forma adotando-se um valor de ½ PGA, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,075g e uma componente vertical igual a 0,045g. A componente vertical deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

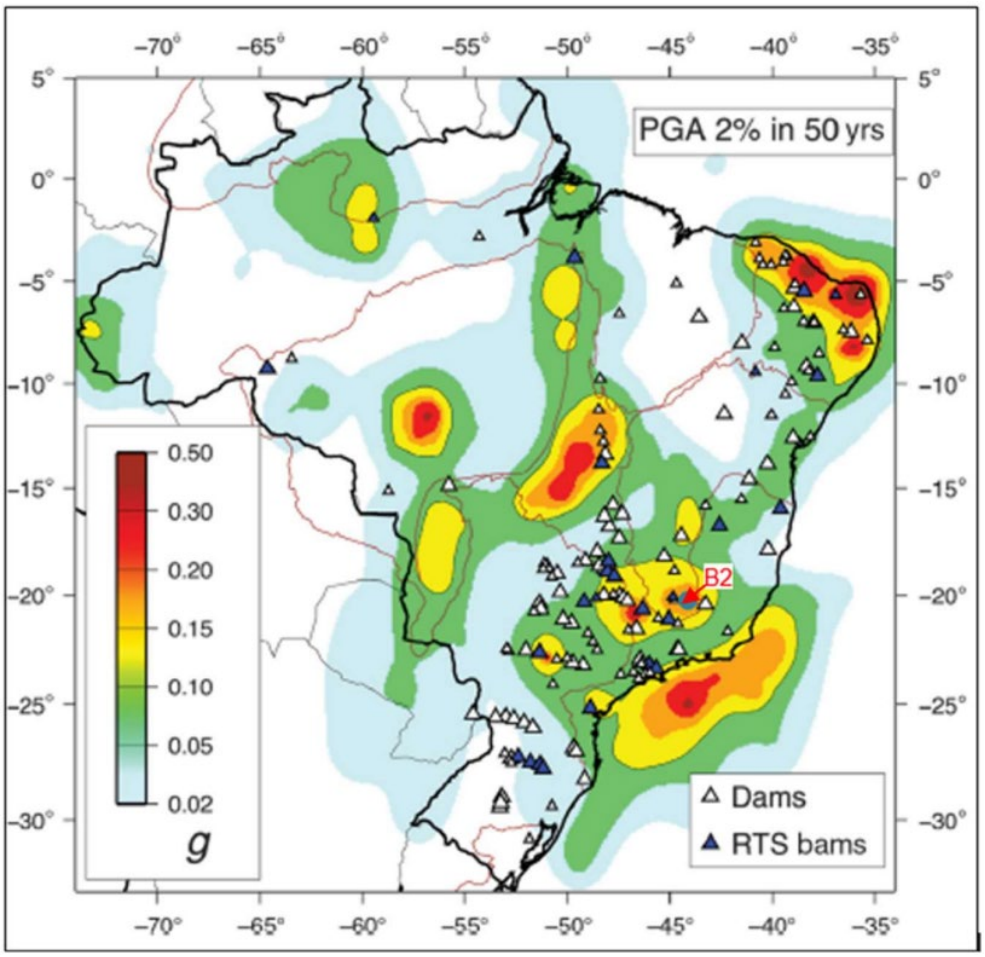


Figura 3. – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Barros Et al., 2018).

5.3 Alterações de projeto

O projeto executivo de descaracterização, estava sendo elaborado pela projetista DF+, passando, no segundo semestre de 2022 por mudança de projetista. Desta forma, os projetos foram reelaborados pela projetista Terracota Geotecnia, que detém significativo e diferenciado conhecimento histórico das estruturas, sendo a responsável pelas auditorias e pelo contrato do Engenheiro de Registro (EdR) da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

O Quadro 8 abaixo resume o cronograma macro do projeto de descaracterização. Deve-se destacar que as datas previstas baseiam-se, ainda, em previsões embrionárias sobre o tempo de execução das atividades. O amadurecimento do cronograma será materializado nas próximas etapas.

Quadro 8 – Cenário cronológico da descaracterização após revisão pela MMI.

Cronograma de Descaracterização B2 - Mina Tico-Tico						
Id	EDT	% concluída	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1	1	51%	Entrega do Projeto Executivo	95 dias	Seg 16/01/23	Qua 31/05/23
2	2	0%	Aprovação do Projeto Executivo	60 dias	Qui 01/06/23	Sex 25/08/23
3	3	29%	Obra de Reforço	41 dias	Qua 21/09/22	Sex 14/04/23
4	4	0%	Obras de Descaracterização	1200 dias	Seg 04/03/24	Sex 06/10/28
5	5	7%	Serviços Preliminares	272 dias	Seg 24/04/23	Sex 10/05/24
6	6	0%	Etapa 1 - Fase 1 – Remoção Parcial do Rejeito do Reservatório e do Maciço do 11° Alteamento	109 dias	Seg 13/05/24	Qui 10/10/24
7	7	0%	Etapa 1 - Fase 2 – Remoção Parcial do Rejeito do Reservatório e do Maciço do 10° Alteamento	109 dias	Sex 11/10/24	Qua 12/03/25
8	8	0%	Etapa 1 - Fase 3 – Remoção Parcial do Rejeito do Reservatório e do Maciço do 9° Alteamento	109 dias	Qui 13/03/25	Ter 12/08/25
9	9	0%	Etapa 1 - Fase 4 – Remoção Parcial do Rejeito do Reservatório e do Maciço 8° Alteamento	109 dias	Qua 13/08/25	Seg 12/01/26
10	10	0%	Etapa 2 - Fase 5 – Remoção Parcial do Rejeito do Reservatório e do Maciço do 7° Alteamento	109 dias	Ter 13/01/26	Sex 12/06/26
11	11	0%	Etapa 2 - Fase 6 – Remoção Parcial do Rejeito do Reservatório e do Maciço 6° Alteamento	109 dias	Seg 15/06/26	Qui 12/11/26
12	12	0%	Etapa 3 - Fase 7 – Remoção Parcial do Rejeito do Reservatório e do Maciço do 5° Alteamento	109 dias	Sex 13/11/26	Qua 14/04/27
13	13	0%	Etapa 3 - Fase 8 – Remoção Parcial do Rejeito do Reservatório e do Maciço do 4° Alteamento	110 dias	Qui 15/04/27	Qua 15/09/27
14	14	0%	Etapa 3 - Fase 9 – Remoção Parcial do Rejeito do Reservatório e do Maciço do 3° Alteamento	168 dias	Qui 16/09/27	Seg 08/05/28
15	15	0%	Etapa 3 - Fase 10 (Final) – Remoção Parcial do Rejeito do Reservatório e do Maciço do 2º Alteamento	109 dias	Ter 09/05/28	Sex 06/10/28

5.4 Ações e obras preparatórias

Algumas ações preparatórias para a descaracterização já foram iniciadas, independente da aprovação do projeto visto o dinamismo das condições da barragem e priorização da segurança da estrutura. Dentre as ações, destacam-se: o reforço estrutural em enrocamento e; a perfuração do sistema de bombeamento externo. Tais ações serão descritas nos intens subsequentes.

5.4.1 Reforço estrutural

Da mesma forma que na barragem B1 Ipê, não há como dissociar a descaracterização da Barragem B2 Tico-Tico com a dinâmica das análises de estabilidade materializadas nas auditorias quinzenais e semestrais da estrutura. Sendo assim, foi dimensionado pela projetista TERRACOTA a ampliação do reforço estrutural na 2ª quinzena de janeiro de 2023, visando a manutenção dos fatores de segurança mínimos, tanto durante os períodos de maior incidência pluviométrica quanto durante as obras de descaracterização.

Na realidade, após a reinterpretação da seção transversal de maior altura da barragem (seção D-D') a partir dos dados da campanha de sondagem realizada entre 2020 e 2022, o fator de segurança ao deslizamento das análises não drenadas de pico atingiram valor no limite inferior recomendado pela legislação

Sendo assim, a ampliação do reforço da Barragem B2 – Mina Tico-Tico foi desenvolvida para ser executada em duas etapas. Na primeira etapa, a ampliação do reforço será construída preservando o trecho final do canal extravasor atual, de forma a possibilitar a relocação do canal em outro traçado conforme definido no projeto. A segunda etapa é uma complementação da primeira, e o maciço será ampliado junto a ombreira direita para reforçar a região da seção transversal de controle E-E'. O arranjo geral da Etapa 1 e Etapa 2 são apresentados na Figura 4 e Figura 5, respectivamente. Na Figura 6 e Figura 7 são apresentadas as seções transversais D-D' das Etapas 1 e 2, respectivamente. O cronograma do reforço é apresentado no Figura 9.

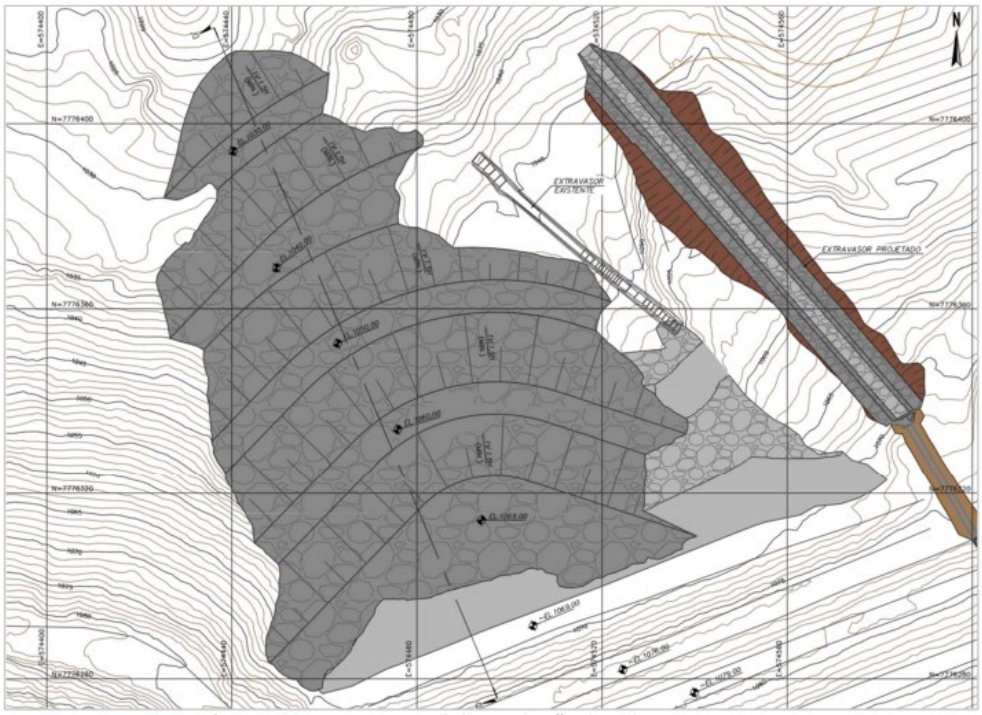


Figura 4. Arranjo geral da ampliação do reforço – ETAPA 1 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.517)

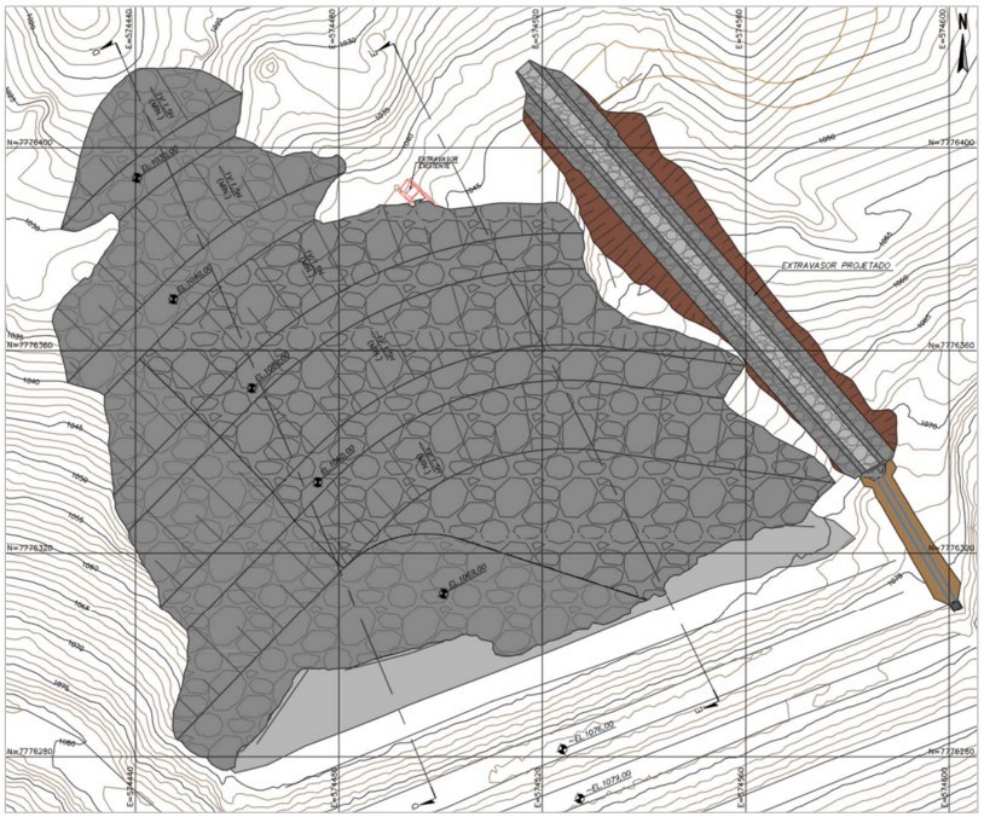


Figura 5. Arranjo geral da ampliação do reforço – ETAPA 2 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.517)

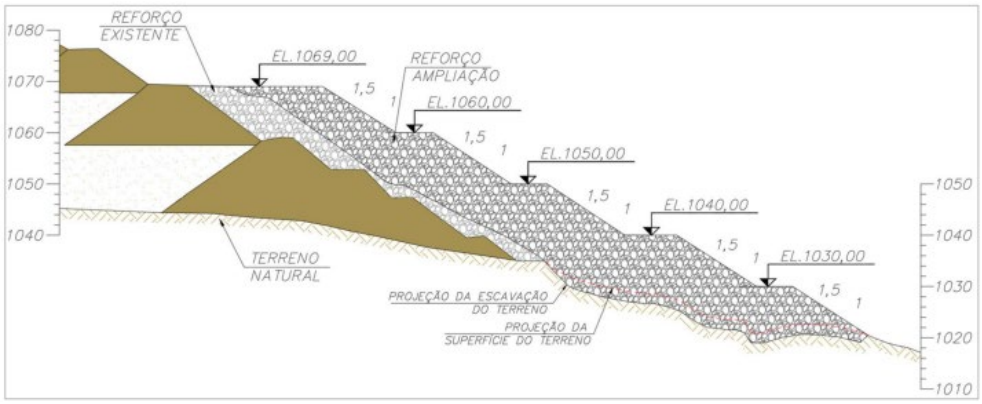


Figura 6. Ampliação do reforço – Seção D-D'- ETAPA 1 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.517)

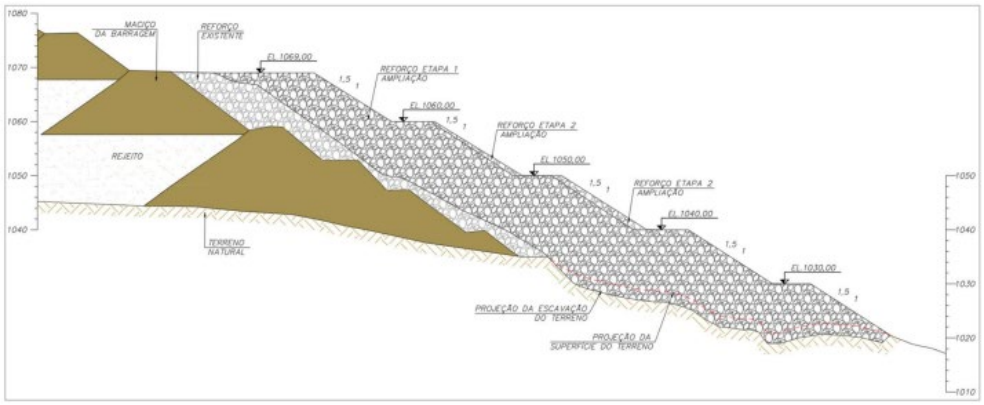
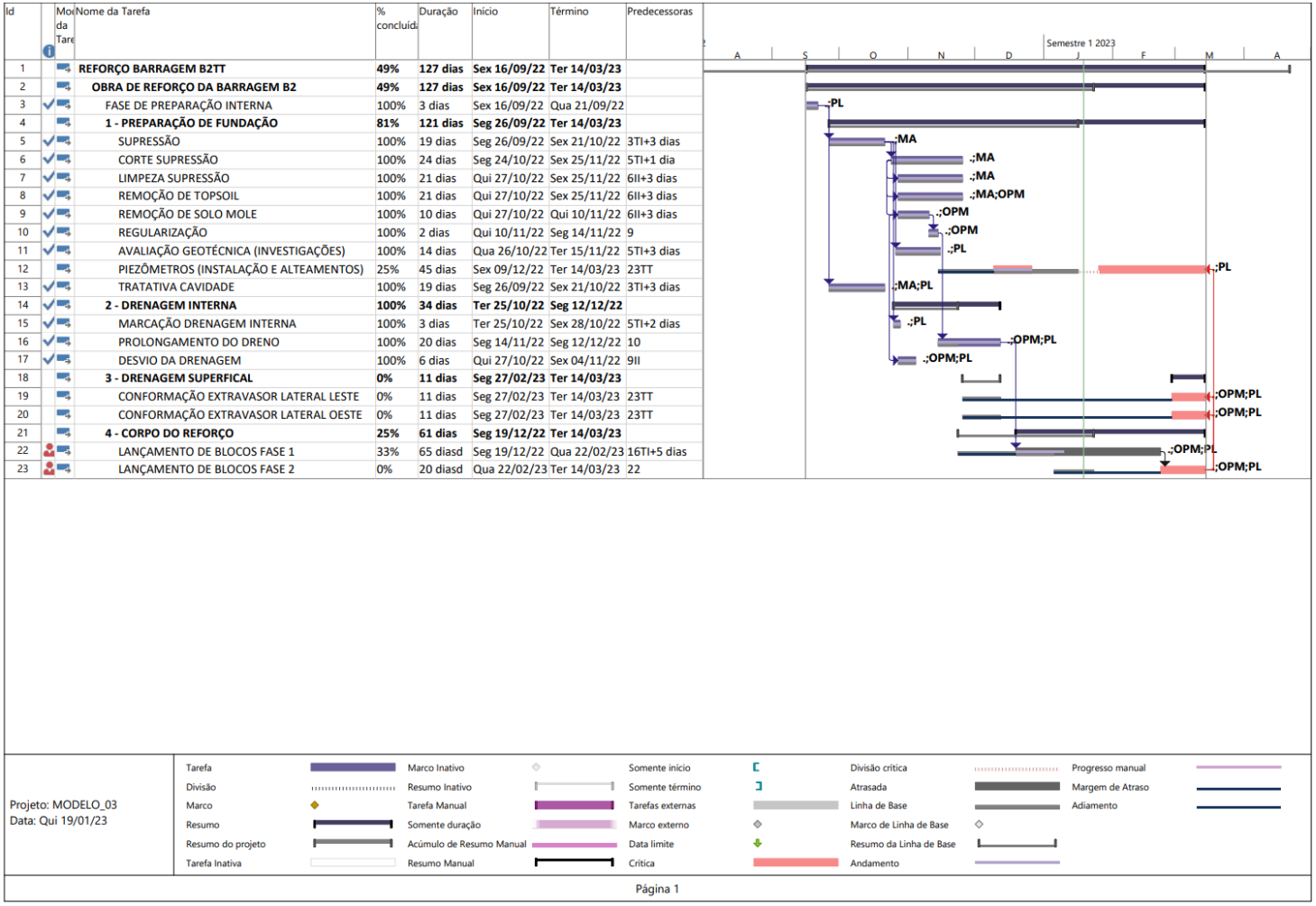


Figura 7. Ampliação do reforço – Seção D-D'- ETAPA 2 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.517)

Deve-se destacar que, embora o lançamento do enrocamento do reforço já tenha sido concluído em 14/04/2023, a adequação do extrvasor encontra-se em andamento, com data final prevista para a 1ª quinzena de junho. A Figura 8 ilustra o reforço em campo.



Figura 8. Ampliação do reforço.



Id	Nome da Tarefa	% concluída	Duração	Início	Término	Predecessoras
1	**REFORÇO BARRAGEM B2TT**	**49%**	**127 dias**	**Sex 16/09/22**	**Ter 14/03/23**	
2	**OBRA DE REFORÇO DA BARRAGEM B2**	**49%**	**127 dias**	**Sex 16/09/22**	**Ter 14/03/23**	
3	FASE DE PREPARAÇÃO INTERNA	100%	3 dias	Sex 16/09/22	Qua 21/09/22	
4	**1 - PREPARAÇÃO DE FUNDAÇÃO**	**81%**	**121 dias**	**Seg 26/09/22**	**Ter 14/03/23**	
5	SUPRESSÃO	100%	19 dias	Seg 26/09/22	Sex 21/10/22	3TI+3 dias
6	CORTE SUPRESSÃO	100%	24 dias	Seg 24/10/22	Sex 25/11/22	5TI+1 dia
7	LIMPEZA SUPRESSÃO	100%	21 dias	Qui 27/10/22	Sex 25/11/22	6II+3 dias
8	REMOÇÃO DE TOPSOIL	100%	21 dias	Qui 27/10/22	Sex 25/11/22	6II+3 dias
9	REMOÇÃO DE SOLO MOLE	100%	10 dias	Qui 27/10/22	Qui 10/11/22	6II+3 dias
10	REGULARIZAÇÃO	100%	2 dias	Qui 10/11/22	Seg 14/11/22	9
11	AVALIAÇÃO GEOTÉCNICA (INVESTIGAÇÕES)	100%	14 dias	Qua 26/10/22	Ter 15/11/22	5TI+3 dias
12	PIEZÔMETROS (INSTALAÇÃO E ALTEAMENTOS)	25%	45 dias	Sex 09/12/22	Ter 14/03/23	23TT
13	TRATATIVA CAVIDADE	100%	19 dias	Seg 26/09/22	Sex 21/10/22	3TI+3 dias
14	**2 - DRENAGEM INTERNA**	**100%**	**34 dias**	**Ter 25/10/22**	**Seg 12/12/22**	
15	MARCAÇÃO DRENAGEM INTERNA	100%	3 dias	Ter 25/10/22	Sex 28/10/22	5TI+2 dias
16	PROLONGAMENTO DO DRENO	100%	20 dias	Seg 14/11/22	Seg 12/12/22	10
17	DESVIO DA DRENAGEM	100%	6 dias	Qui 27/10/22	Sex 04/11/22	9II
18	**3 - DRENAGEM SUPERFICAL**	**0%**	**11 dias**	**Seg 27/02/23**	**Ter 14/03/23**	
19	CONFORMAÇÃO EXTRAVASOR LATERAL LESTE	0%	11 dias	Seg 27/02/23	Ter 14/03/23	23TT
20	CONFORMAÇÃO EXTRAVASOR LATERAL OESTE	0%	11 dias	Seg 27/02/23	Ter 14/03/23	23TT
21	**4 - CORPO DO REFORÇO**	**25%**	**61 dias**	**Seg 19/12/22**	**Ter 14/03/23**	
22	LANÇAMENTO DE BLOCOS FASE 1	33%	65 diasd	Seg 19/12/22	Qua 22/02/23	16TI+5 dias
23	LANÇAMENTO DE BLOCOS FASE 2	0%	20 diasd	Qua 22/02/23	Ter 14/03/23	22

Figura 9. Cronograma de execução do reforço da barragem B2, Mina Tico-Tico. Deverá ser atualizado para o período.

5.4.2 Sistema de rebaixamento (poço de bombeamento)

A implantação do sistema de rebaixamento programado foi iniciado na 2ª quinzena de 2023 com a campanha de perfuração do poço (Figura 11). A MASTER POÇOS ARTESIANOS concluiu a perfuração e ainda não executou os testes de desenvolvimento do poço, visto dificuldades na aquisição de bombas específicas para B1 Ipê e tentativas com "furo seco". Destaca-se que foram feitas cinco tentativas antes da sexta perfuração, de sucesso (Figura 10).

O relatório construtivo abaixo descreve as particularidades de perfuração, geologia e perfil de poço.



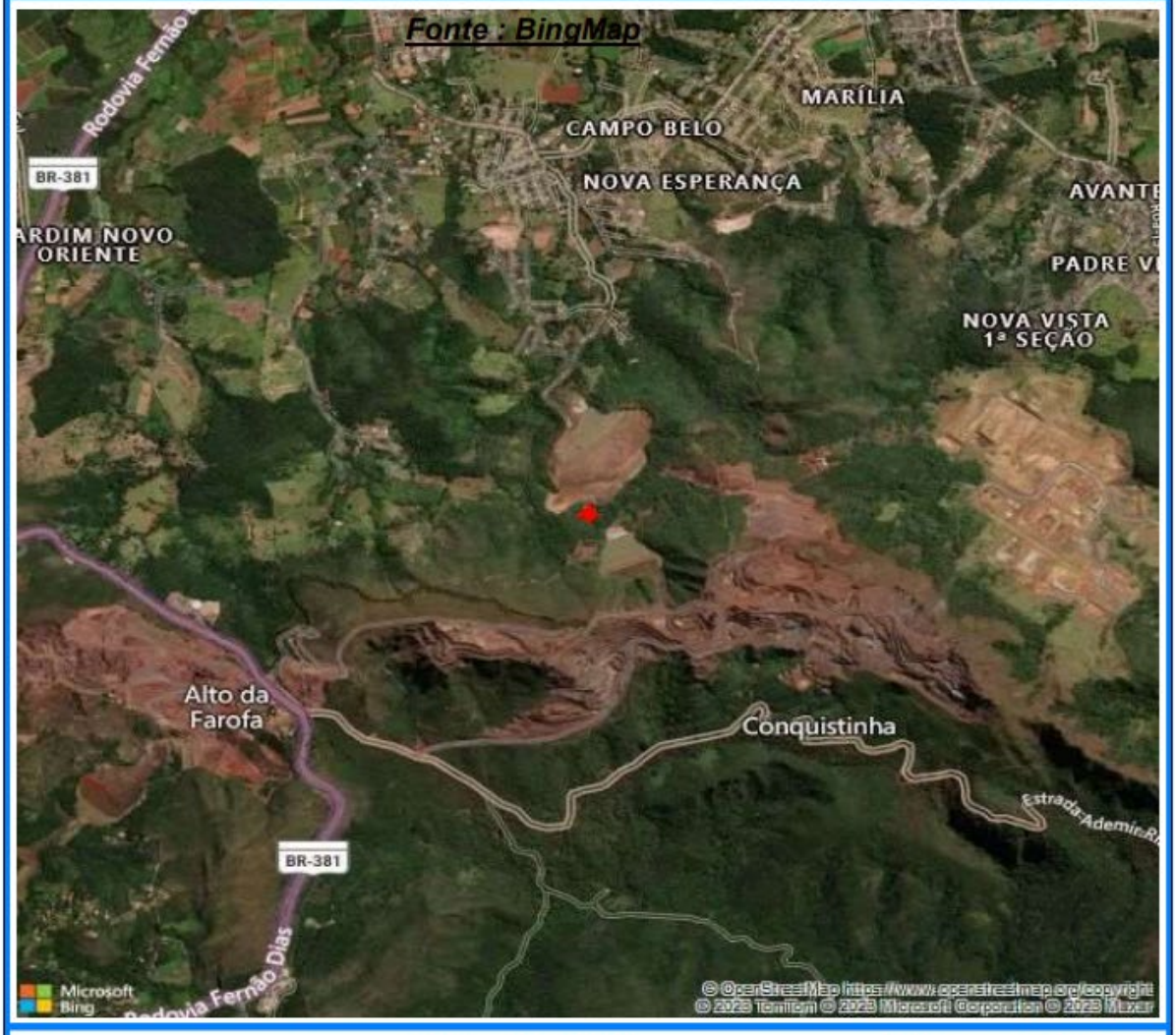
Figura 10. Tentativas de perfuraçãoo dos poços de bombeamento.



Figura 11. Poço perfurado à jusante da barragem B2 Tico-Tico.

MASTER POÇOS ARTESIANOS

Município :	Igarapé - MG		***Latitude :***	20°06'27.99" S	***ID :*** 57986
Localidade :	Mineração Morro do Ipê		***Longitude :***	44°17'18.96" W	***Código :*** PT-007
Data Início:	04/05/2023	***Data final:*** 12/05/2023	***T. Bombeamento :***		
Prof. Final (m):	152	***N. E.(m) :***	***N. D.(m) :***	***Q(m³/h) :*** 0	***T. B. (h) :***
Emp. Loc. :			***Técnico Locação :***	Geól. Ygor Grisante F. Ribeiro	
Emp. Perf.:	Master Poços Artesianos		***Técnico Perfuração :***	Geól. Ygor Grisante F. Ribeiro	
Perfuratriz :	Prominas R1		***Sondador :***	Rafael Antônio de Araújo	
Método :	Roto Pneumático		***Aquífero:***	Fissural	
Desenvolvimento :	Compressor 1200-330 / 24		**Cliente / Prop.:**	Mineração Morro do Ipê	



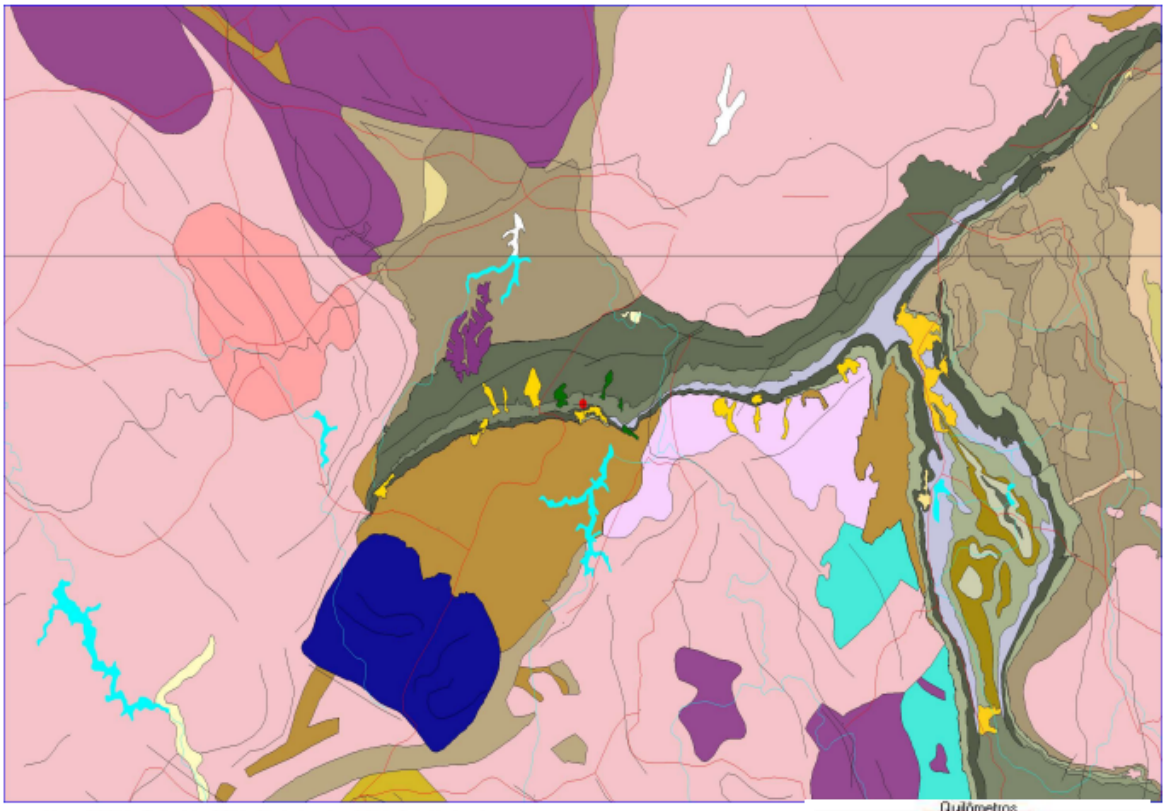
DATUM :	SIRGAS 2000	***UTM - N :***	7776433,5
ZONA :	23 K	***UTM - E :***	574366,8

Poços Tubulares Express - Software Gratuito - www.ptubexpress.com.br

MASTER POÇOS ARTESIANOS

Município : Igarapé - MG ***Latitude :*** 20°06'27.99" S ***ID :*** 57986

Localidade : Mineração Morro do Ipê ***Longitude :*** 44°17'18.96" W ***Código :*** PT-007



- A3d - Complexo Divinópolis
- A4rr - Nova Lima, associação resedimenta
- A3ru - Nova Lima, associação vulcânica m
- A3bh - Belo Horizonte
- PP2ms - Sabará
- PP1mp - Piracicaba
- PP1mig - Gandarela
- ENj - Juatuba
- Q2a - Depósitos aluvionares
- PP1mic - Cauê
- A4_gamma_3no - Souza Noschese
- NQca - Depósitos colúvio-aluviais
- PR_delta - Rochas

AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA:

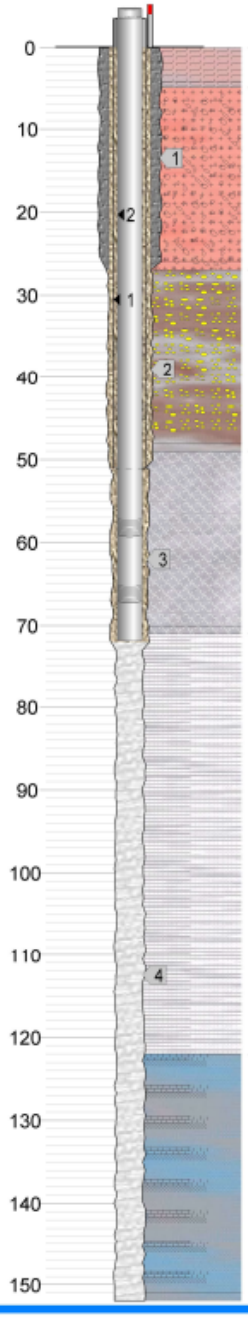
Ainda será executado ensaio de vazão e recuperação.

Poços Tubulares Express - Software Gratuito - www.ptubexpress.com.br

MASTER POÇOS ARTESIANOS

Município: Igarapé - MG ***Latitude:*** 20°06'27.99" S ***ID:*** 57986

Localidade: Mineração Morro do Ipê ***Longitude:*** 44°17'18.96" W ***Código:*** PT-007



de 0,00 ate 5,00 - Solo cinza avermelhado, Laterítico

de 5,00 ate 27,00 - Rochas alteradas e descompostas, com blocos e matações intemperizados avermelhado

de 27,00 ate 49,00 - Filito alterado com grande quantidade de veios de quartzo em todo o percurso, além de blocos e matacões, intercalando com camadas de argila plastica

de 49,00 ate 71,00 - Filito são, com resistência mecânica maior ao trecho anterior, cinza claro, fragmentação média, intercalado com fraturamentos produtores de água e areia grossa

de 71,00 ate 122,00 - Quartzo-mica-xisto de coloração cinza, são, maciço, muito resistente, com fragmentação fina a média, pouco anguloso

de 122,00 ate 152,00 - Quartzo-mica-xisto de coloração cinza, fragmentação grossa, intervalo com presença de fraturas e cavidades produtoras de água e materiais diversos, como cristais de quartzos leitosos rolados, com tamanho variando de pequeno até o tamanho da palma de uma mão, além de seixos, cascalhos e fragmentos de rochas e minerais diversos.

1 14" — 2 - 203 mm — Medidor de Nível
2 10" — Pré-Filtro
3 8" — Cimentação
4 6" — Filtro
1 - 203 mm — Rec de Pré-Filtros

Poços Tubulares Express - Software Gratuito - www.ptubexpress.com.br

MASTER POÇOS ARTESIANOS

Município : Igarapé - MG **ID :** 57986

Localidade : Mineração Morro do Ipê **Código :** PT-007



TAB. DE PERFURAÇÃO

Ø (pol)	De	Até
14"	0,00	27,00
10"	27,00	51,00
8"	51,00	73,00
6"	73,00	152,00

TUBULÃO

Ø (mm)	De	Até	Material
10"	0,00	27,00	Aço Carbono

TABELA DE REVESTIMENTO

Ø (mm)	De	Até	Material
203 mm	0,00	51,00	Aço carbono

TOTAL - DIAMETRO DE 203 mm : 51,00 - 4,00 (Filtros) = 47,00 m

ENCAMISAMENTO

Ø (mm)	De	Até	Material
152 mm	0	73	Aço carbono

TOTAL - DIAMETRO DE 152 mm : 73 - 2 (Filtros) = 71 m

BOCA DO POÇO

Ø (mm)	Comp.(m)	Cota(m)	Material
152 mm	1,00	1027	Dim 2440

TABELA DE FILTROS

Ø (mm)	De	Até	Material
203 mm	35,00	37,00	Nold preto - R - 0.25mm
203 mm	43,00	45,00	Nold preto - R - 0.25mm

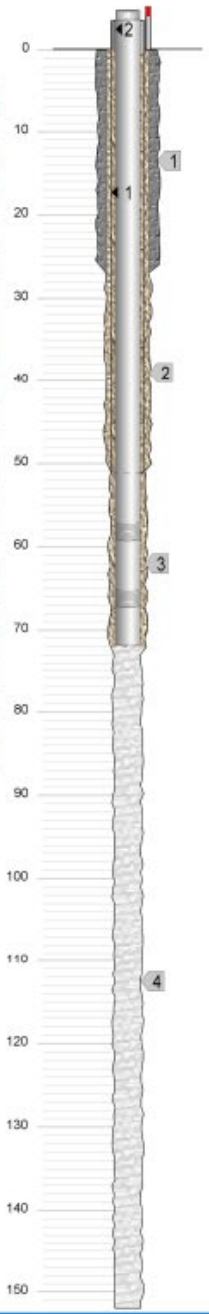
TOTAL - DIAMETRO DE 203 mm - 4,00 m

TOTAL FILTROS = 4,00 m

FILTROS DO ENCAMISAMENTO

Ø (pol)	De	Até	Material
7 6	57	59	Aço carbono
8 6	65	67	

TOTAL - DIAMETRO DE 152 mm - 6,00 m



1 14" — 2 - 203 mm — Medidor de Nível
2 10" — Pré-Filtro
3 8" — Cimentação
4 6" — Filtro
1 - 203 mm — Rec de Pré-Filtros

Poços Tubulares Express - Software Gratuito - www.ptubexpress.com.br

5.5 Aspectos ambientais

Não Aplicável. O projeto de descaracterização tem previsão de conclusão em 31/05/2023 e, desta forma, as obras ainda não foram iniciadas.

Inicialmente foram levantados os aspectos ambientais, considerando as principais atividades com potencial poluidor das futuras obras:

- Limpeza e Supressão vegetal;
- Obras de corte e aterro (retaludamentos);
- Adequação da drenagem superficial (alteração na dinâmica hídrica);
- Abertura e/ou adequação de acessos;
- Remoção de interferências (demolições);
- Escavação do reservatório e barramento;
- Carregamento e transporte interno dos materiais escavados;
- Adequação do sistema extravasor concomitante a escavação.

6. Considerações finais

O relatório trimestral relativo ao andamento das obras de descaracterização da barragem B2, Mina Tico-Tico apresenta, as atividades que ocorreram entre fevereiro e abril de 2023. Pode-se destacar que:

1. O reforço estrutural será incorporado ao projeto de descaracterização da barragem e já está praticamente concluído. O extravasor está pendente, com conclusão prevista para as próximas semanas;
2. O poço de rebaixamento foi finalizado, embora ainda não esteja em operação. Ficam pendentes os testes de bombeamento e desenvolvimento do poço;

7. Equipe Técnica

Empresa responsável por este relatório		
Razão social:	Geoprime Engenharia e Meio Ambiente Ltda.	Tel.: + (55) (21) 3417-6786
CNPJ:	05.968.895/0001-76	
Site: http://www.geoprime.com.br Estrada do Guanumbi, 685 - Freguesia – Jacarepaguá Rio de Janeiro - RJ - CEP 22745-200		

Equipe que participou da elaboração deste documento e reponsabiliza-se tecnicamente por suas respectivas áreas		
Técnico	**Área de Atuação**	**Responsabilidade no projeto**
Mariângela Sucena	Geóloga-Mineração	Elaboração
João Prado	Geólogo-Mineração	Coordenação / Revisão

8. Anexos

- Anotação de Responsabilidade técnica (ART) – Elaboração de Relatório
- Anotação de Responsabilidade técnica (ART) – Projeto Executivo Descaracterização Barragem B2 – Mina Tici-Tico

Página 1/2

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232091106

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

MARIANGELA MAZZEI SUCENA
Título profissional: **GEÓLOGA**
RNP: **2000351409**
Registro: **RJ2006149056D MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Morro do Ipê Mineração S/A**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA FERNÃO DIAS
Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520**
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **MMI-GSU-002350**
Celebrado em: **05/05/2021**
Valor: **R$ 5.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA FERNÃO DIAS
Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520**
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**
Data de Início: **26/05/2023**
Previsão de término: **27/05/2024**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade:
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **Morro do Ipê Mineração S/A**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração 29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração dos relatórios técnicos de acompanhamento da descaracterização das barragens de rejeitos de mineração denominada B1 Auxiliar ? Mina Tico-Tico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.698) e B2 Mina Tico-Tico(documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.699), atendendo aos itens 3.1, 3.3 e 3.4, Cláusula III do Termo de Compromisso - TC (MPMG,SEMAD/FEAM, ANM), que determina a apresentação pela compromissária, Mineração Morro do Ipê S/A, de relatórios trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SINGEO-MG - Sindicato dos Geólogos no Estado de Minas Gerais

MARIANGELA MAZZEI SUCENA:01127465783
Assinado de forma digital por MARIANGELA MAZZEI SUCENA:01127465783
Dados: 2023.05.28 18:42:07 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

MARIANGELA MAZZEI SUCENA - CPF: 011.274.657-83

MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Dados: 2023.05.28 20:01:08 -03'00'

_____, _____ de _____ de _____
Local data

Morro do Ipê Mineração S/A - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: d771c
Impresso em: 28/05/2023 às 18:40:25 por: , ip: 170.82.175.9

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 0800 031 2732 Fax:

CREA-MG
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232091106

INICIAL

Valor da ART: **R$ 96,62** Registrada em: **26/05/2023** Valor pago: **R$ 96,62** Nosso Número: **8601669501**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: d771c
Impresso em: 28/05/2023 às 18:40:26 por: , ip: 170.82.175.9

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 0800 031 2732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20221553989

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA BR-381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **CCT000657**
Celebrado em: **14/07/2022**
Valor: **R$ 1.635.169,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520
Nº: **00**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **IGARAPÉ**
UF: **MG**
CEP: **32900000**
Data de Início: **01/07/2022**
Previsão de término: **01/07/2023**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **OUTROS**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
8 - Consultoria		
8 - Auditoria > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un
63 - Inspeção > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un
40 - Estudo > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ENGENHARIA DE REGISTRO (EdR) DAS BARRAGENS: B1 AUXILIAR - MINA TICO-TICO, B2 - MINA TICO-TICO E B1 - MINA IPÊ, EM ATENDIMENTO À RESOLUÇÃO 95/2022 DA ANM.

6. Declarações

- A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: WDCcz
Impresso em: 21/10/2022 às 15:34:04 por: ; ip: 201.19.166.176

www.crea-mg.org.br crea-mg@crea-mg.org.br
Tel: 0312732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

Página 2/2

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20221553989

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2022.10.21 15:40:05 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

BELO HORIZONTE, 21 de OUTUBRO de 2022
Local data

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Dados: 2022.12.23 21:41:56 -03'00'

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 233,94** Registrada em: **19/10/2022** Valor pago: **R$ 233,94** Nosso Número: **8599724439**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: WDCcz
Impresso em: 21/10/2022 às 15:34:05 por: , ip: 201.19.166.176

www.crea-mg.org.br crea-mg@crea-mg.org.br
Tel: 0312732 Fax:

CREA-MG
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

- Assinaturas

Responsável técnico pelo projeto:



Assinado de forma digital por
ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2023.05.29 19:03:10 -03'00'

Elias Josafá Cota
Engenheiro Civil - CREA-MG 1403750408

Responsável técnico pelo acompanhamento das obras:

Não aplicável. Obras não iniciadas.

Responsável técnico da barragem



Welington Pereira Maximiano
Engenheiro Civil - CREA-MG 1411469151

Responsáveis pelo relatório técnico no período avaliado:



Mariângela Mazzei Sucena
Geóloga - CREA-MG 2000351409

GEOPRIME ENGENHARIA

E MEIO AMBIENTE LTDA.

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Nº. CONTRATADA:
GEO-RE-MMI-107-01

Nº. MORRO DO IPÊ:
IPE.OP.RL.8000.GT.20.660

Relatório técnico trimestral de acompanhamento da descaracterização de Barragem de Rejeitos de Mineração – Barragem B2 – Mina Tico-Tico

CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS

Rev doc	A	1	2	3	4	5	6	7	Rev doc	A	1	2	3	4	5	6	7	Rev doc	A	1	2	3	4	5	6	7	Rev doc	A	1	2	3	4	5	6	7
Revisão da folha									Revisão da folha									Revisão da folha									Revisão da folha								
1	x	x							29									57									85								
2	x	x							30									58									86								
3	x	x							31									59									87								
4	x	x							32									60									88								
5	x	x							33									61									89								
6	x	x							34									62									90								
7	x	x							35									63									91								
8	x	x							36									64									92								
9	x	x							37									65									93								
10	x	x							38									66									94								
11	x	x							39									67									95								
12	x	x							40									68									96								
13	x	x							41									69									97								
14	x	x							42									70									98								
15	x	x							43									71									99								
16	x	x							44									72									100								
17	x	x							45									73									101								
18	x	x							46									74									102								
19	x	x							47									75									103								
20	x	x							48									76									104								
21									49									77									105								
22									50									78									106								
23									51									79									107								
24									52									80									108								
25									53									81									109								
26									54									82									110								
27									55									83									111								
28									56									84									112								

REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
EI	AB	PRELIMINAR PARA COMENTÁRIOS
01	I	APROVADO
02		

TIPO DE EMISSÃO									
	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO		(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO		(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO			
I	Emissão Inicial	Rev. 01						
DATA	23/02/23	28/02/23						
EXECUTADO	MMS	MMS						
VERIFICADO	JAP	JAP						
APROVADO								

SUMÁRIO:

1 – INTRODUÇÃO 3
1.1 – IDENTIFICAÇÃO 4
1.2 – PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO 13
1.3 – OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO E ASPECTOS AMBIENTAIS 15
1.4 – ASSINATURAS 15
1.5 – ANEXOS – ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA 16
2 – EQUIPE RESPONSÁVEL 20

1 – Introdução

Este documento foi elaborado pela empresa GEOPRIME ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA. e se trata do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização da barragem de rejeitos de mineração denominada B2 – Mina Tico-Tico (Figura 1), bem como a metodologia que será utilizada nas obras de descaracterização da referida barragem, atendendo aos itens 3.1, 3.3 e 3.4, Cláusula III do Termo de Compromisso - TC, que determina a apresentação de relatórios trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

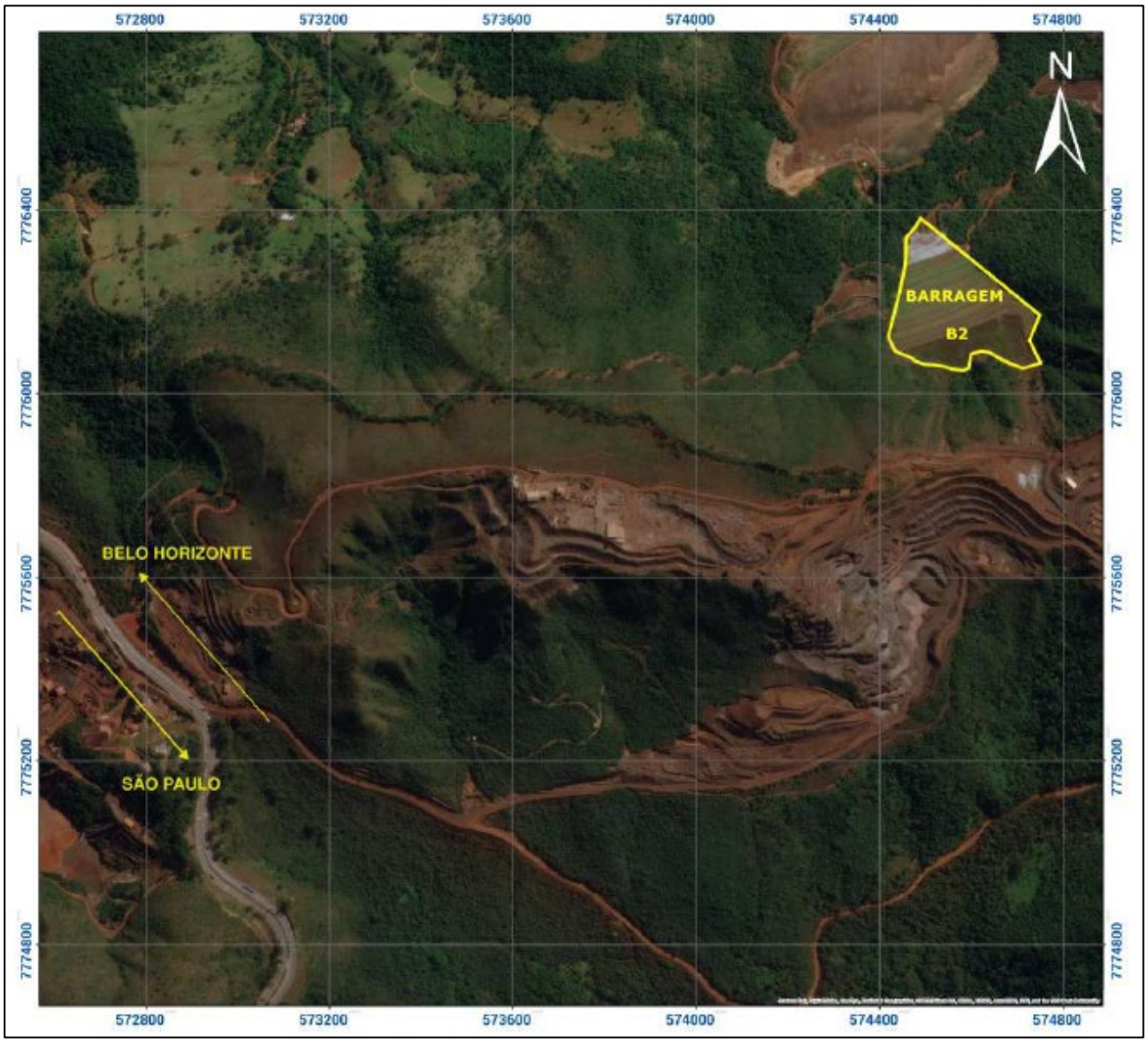


Figura 1 - Localização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Desta forma, o objetivo deste relatório é de ser um descritivo das medidas executadas para a descaracterização da referida estrutura, no último trimestre, e de acordo com o Termo de Referencia (TR), para acompanhamento do processo de descaracterização de barragens alteadas a montante, no estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

Atualiza, que a empresa Terracota Geotecnia foi contratada, no segundo semestre de 2022, para a elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico, em substituição à anterior projetista contratada, Statum Geotecnia.

1.1 – Identificação

I. Nome da barragem e da mina, conforme bancos de dados da Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam e da Agência Nacional de Mineração – ANM:

Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

II. Coordenadas geográficas do ponto central da barragem antes do início das obras de descaracterização, referenciadas no Datum SIRGAS-2000:

Latitude -20°06'37.550"/Longitude -44°17'12.020"

III. Matriz de classificação, com base nos critérios estabelecidos nos Anexos I a IV do Decreto 48.140, de 25 de fevereiro de 2021:

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração, segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico foi classificada, no âmbito da elaboração deste relatório, com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em Classe B, conforme demonstrado a seguir.

Quadro 1 – Categoria de Risco da Barragem B2– Mina Tico-Tico.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.473 – RTESB, Agosto de 2022.

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	5
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	3
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB		**27**
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		**BAIXO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥ 65 ou EC* ≥ 10
	MÉDIO	37 < CRI < 65
	BAIXO	**≤ 37**

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Quadro 2 – Potencial de Dano Ambiental da Barragem B2– Mina Tico-Tico.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.473 – RTESB, Agosto de 2022.

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		Pontos
1	Volume Total do Reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	5
PONTUAÇÃO TOTAL (DPA)		**23**
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		**ALTO**

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	PDA
	ALTO	**≥ 13**
	MÉDIO	7 < PDA < 13
	BAIXO	≤ 7

Quadro 3 – Classificação de Categoria de Risco e Potencial de Dano Ambiental da Barragem B2– Mina Tico-Tico.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.473 – RTESB, Agosto de 2022.

CATEGORIA DE RISCO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	**B**	C	E

Quadro 4 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B2– Mina Tico-Tico.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.473 – RTESB, Agosto de 2022.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	**Comprimento (b)**	**Vazão de Projeto (c)**	**Método Construtivo (d)**	**Auscultação (e)**
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	**CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)**	Etapa única (0)	**Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)**
10m< Altura <30m (1)	50m< Comprimento <200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m≤ Altura ≤60m (4)	**200m≤ Comprimento ≤600m (2)**	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura >60m (7)	Comprimento >600m (3)	TR inferior a 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	**Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)**	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = Σ (a até e) = 19				

Quadro 5 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.473 – RTESB, Agosto de 2022.

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	**Percolação (g)**	**Deformações e Recalques (h)**	**Deterioração dos taludes/Paramentos (i)**
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	**Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)**	**Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)**	Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	**Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)**
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
EC = Σ (f até i) = 5			

Quadro 6 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco da Barragem B2– Mina Tico-Tico.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.473 – RTESB, Agosto de 2022.

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PSB				
Documentação de projeto (j)	**Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem (k)**	**Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento (l)**	**Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)**	**Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de Análise de Segurança (n)**
Projeto executivo e "como construído" (0)	**Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)**	**Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)**	**Possui PAE (0)**	**Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)**
Projeto executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto Conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	
PS = Σ (j até n) = 3				

Quadro 7 – Matriz de Classificação Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental da Barragem B2– Mina Tico-Tico.

Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.473 – RTESB, Agosto de 2022.

Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental - PDA			
Volume Total do Reservatório (a)	**Existência de População a Jusante (b)**	**Impacto Ambiental (c)**	**Impacto Socioeconômico (d)**
MUITO PEQUENO ≤ 1milhão m³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (Não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	**SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos classe IIB - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)**	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	**EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)**	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe IIA, Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (8)	**ALTO (Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)**
MUITO GRANDE ≥ 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
DPA = Σ (a até d) = 23			

IV. Identificação do empreendimento:

Mina Tico-Tico

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.

CNPJ: 22.902.554/0001-17

Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº

Brumadinho – MG – 35460-000

Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315

E-mail: casaipe@ipemineração.com

Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome: Cristiano Monteiro Parreiras

CPF: 030.102.416-23

Formação: Advogado

Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos

Telefone: (31) 99194-8589

E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

V. Identificação do empreendedor e do representante legal para contato:

Identificação do Empreendedor

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.

CNPJ: 22.902.554/0001-17

Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº

Brumadinho – MG – 35460-000

Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315

E-mail: casaipe@ipemineração.com

Identificação do Representante Legal do Empreendedor

Nome: Cristiano Monteiro Parreiras

CPF: 030.102.416-23

Formação: Advogado

Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos

Telefone: (31) 99194-8589

E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

VI. Identificação do responsável técnico pela barragem:

Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome: Welington Pereira Maximiano

Formação: Engenheiro Civil

Registro Nacional Profissional: 1411469151 (CREA-MG)

Cargo: Coordenador de Geotecnia

Telefone: (31) 3614-1840

E-mail: welington.maximiano@ipemineracao.com

VII. Identificação da equipe técnica responsável pelos projetos de descaracterização:

Nome: Elias Josafá Cota

Formação: Engenheiro Civil/Geotécnico

Responsabilidade no Estudo: Coordenador do Projeto

Registro Profissional: CREA-MG 1403750408

Nome: André Lins Machado Coelho

Formação: Engenheiro Geotécnico

Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos

Registro Nacional Profissional: CREA-MG 1404481770

Nome: Guilherme Pereira Pinto

Formação: Engenheiro Geotécnico

Responsabilidade no Estudo: Estudos Geotécnicos

Registro Profissional: CREA-MG 2014352674

Nome: Mauro Verassani

Formação: Engenheiro Hidrólogo

Responsabilidade no Estudo: Estudos Hidráulicos

Registro Profissional: CREA-MG 1406671720

Nome: Guilherme de Freitas Roriz Lima

Formação: Engenheiro Geotécnico

Responsabilidade no Estudo: Edição do Relatório

Registro Profissional: CREA-MG 1015708625

VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.

Não Aplicável. A descaracterização encontra-se em fase de projeto, com previsão de conclusão em 31/05/2023.

1.2 – Projeto de Descaracterização

I. Descrição suscinta da concepção do projeto adotada para descaracterização da barragem:

A Barragem B2 – Mina Tico-Tico já possui reforço de enrocamento que será ampliado no decorrer do ano de 2023 (Figura 2), visando a preparação para um processo de descaracterização mais seguro quanto possível, com o intuito de priorizar os fatores de segurança vigentes antes, durante e após a execução dos projetos.

Neste contexto, a Terracota avança com projetos mais conservadores (já que projetou a ampliação dos reforços) e temporalmente mais eficientes, visto que, propôs a remoção da B2 – Mina Tico-Tico até o nível da ampliação de seu reforço (El. 1069,0m), o que garante a segurança da estrutura após a remoção completa e antecipa a conclusão de sua descaracterização.

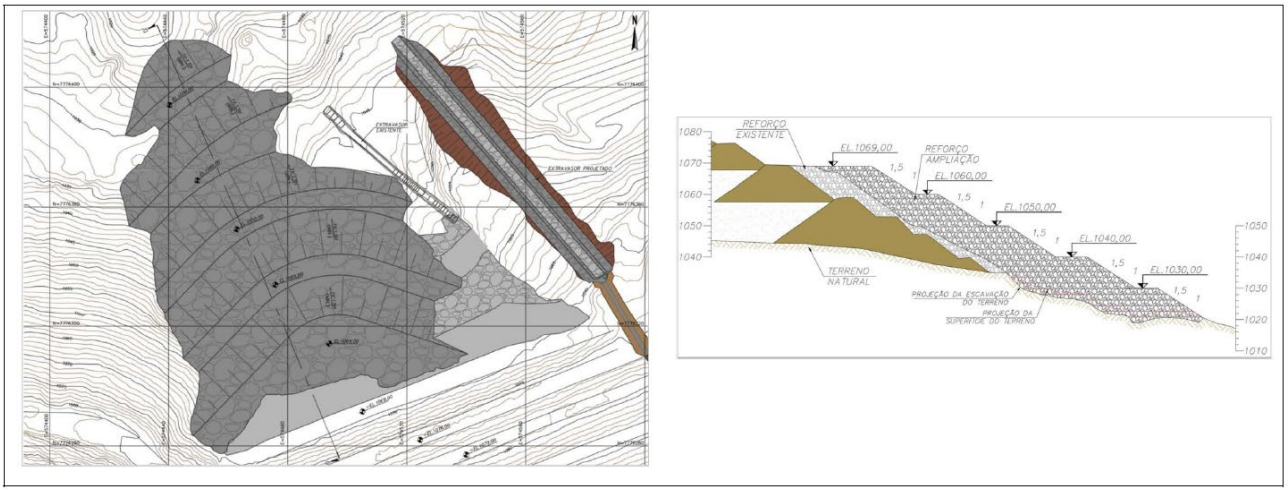


Figura 2 - Arranjo geral da ampliação do reforço - B2TT.
Esquerda - planta com readequação do extravasor. Direita - seção da ampliação (desenhos IPE.OP.DE.8000.GT.20.551 e IPE.OP.DE.8000.GT.20.552) da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

A conclusão do projeto executivo de descaracterização da barragem B2 – Mina Tico-Tico, atualmente sendo elaborado pela Terracota Geotecnia, será em 31/05/2023.

III. Ações e obras preparatórias realizadas no período:

Não Aplicável. O projeto de descaracterização tem previsão de conclusão em 31/05/2023.

IV. Descrição dos riscos geológico geotécnicos associados, especificamente, na implantação do Projeto de descaracterização:

Os estudos para melhor conhecimento dos riscos geológicos geotécnicos tiveram andamento no último trimestre e foi concluído, pela Terracota Geotecnia, em dezembro de 2022, o documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.536 (Consolidação de Dados da Barragem B2 – Mina Tico-Tico), que informa que as seções geológico-geotécnicas da Barragem B2- Mina Tico-Tico foram desenvolvidas a partir da interpretação das sondagens realizadas na estrutura até dezembro/2021. O modelo geológico da barragem e sua fundação foi elaborado pela DF+ Geotecnia e Recursos Hídricos e é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.332. O modelo desenvolvido pela empresa foi validado pela Statum Geotecnia, consultoria responsável pela elaboração do projeto de descaracterização atual da estrutura, e pela Terracota Geotecnia, atual EdR da barragem.

A partir do modelo geológico em três dimensões foram extraídas 05 seções transversais geológico-geotécnicas convergentes às seções instrumentadas da barragem: seção A-A' (ombreira esquerda), seção B-B' (central), seção C-C' (ombreira esquerda), seção D-D' (central de maior altura) e seção E-E' (seção central-direita).

O estudo de consolidação conclui que, de uma forma geral, os ensaios CPTu indicaram que o rejeito do reservatório da Barragem B2 – Minta Tico-Tico é contrátil, com aproximadamente 73% dos pontos apresentando tal comportamento, considerando a média ponderada dos resultados individuais obtidos a partir da metodologia de Robertson (2016).

A razão de resistência não drenada de pico foi calculada pelos métodos de Olson (2001) e Sadrekarimi (2014), sendo considerados os resultados obtidos pelo primeiro, tendo em vista que sua utilização é mais difundida no meio geotécnico. A razão de resistência não drenada liquefeita foi avaliada pelos métodos de Jefferies (2016) e Robertson (2021), sendo considerados os valores obtidos pelo último método, que considera equações distintas para o cálculo da resistência de rejeitos arenosos (Ic < 3) e rejeitos argilosos (Ic > 3).

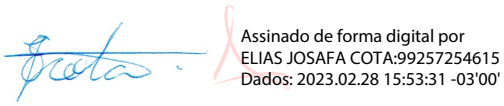
Foi observado que o fator confinamento exerce influência significativa na resistência à penetração do cone e, consequentemente, no parâmetro de resistência não drenada calculado a partir dos métodos teóricos utilizados para sua definição. Os ensaios realizados em rejeito localizado sob os maciços de alteamento apresentam maior resistência quando ensaiados.

1.3 – Obras de Descaracterização e Aspectos Ambientais

Não Aplicável. O projeto de descaracterização tem previsão de conclusão em 31/05/2023 e, desta forma, as obras ainda não foram iniciadas.

1.4 – Assinaturas

Responsável técnico pelo projeto:



Elias Josafá Cota
Engenheiro Civil - CREA-MG 1403750408

Responsável técnico pelo acompanhamento das obras:

Não aplicável. Obras não iniciadas.

Responsável técnico pelas estruturas:



Welington Pereira Maximiano
Engenheiro Civil - CREA-MG 1411469151

Responsável pelo relatório técnico no período avaliado:



Mariângela Mazzei Sucena
Geóloga - CREA-MG 2000351409

1.5 – ANEXOS – ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

ART – Elaboração do Relatorio

MOVIMENTAÇÃO DO PROCESSO (ANEXO)

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231873939

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

MARIANGELA MAZZEI SUCENA
Título profissional: **GEÓLOGA**
RNP: **2000351409**
Registro: **RJ2006149056D MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Morro do Ipê Mineração S/A**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA FERNÃO DIAS
Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520**
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **MMI-GSU-002350**
Celebrado em:
Valor: **R$ 5.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA FERNÃO DIAS
Nº: **S/N**
Complemento: **KM 520**
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**
Data de Início: **27/02/2023**
Previsão de término: **27/03/2023**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade:
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **Morro do Ipê Mineração S/A**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração 29 - Detalhamento > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização da barragem de rejeitos de mineração denominada B2 ? Mina Tico-Tico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.660), atendendo aos itens 3.1, 3.3 e 3.4, Cláusula III do Termo de Compromisso - TC (MPMG,SEMAD/FEAM, ANM), que determina a apresentação pela compromissária, Mineração Morro do Ipê S/A, de relatórios trimestrais acerca do andamento das obras de descaracterização, bem como as revisões e/ou modificações do projeto.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- A Resolução n° 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SINGEO-MG - Sindicato dos Geólogos no Estado de Minas Gerais

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: Z23cw
Impresso em: 27/02/2023 às 18:47:57 por: , ip: 200.25.56.70

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 031 2732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

MOVIMENTAÇÃO DO PROCESSO (ANEXO)

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231873939

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

MARIANGELA MAZZEI SUCENA - CPF: 011.274.657-83

Brumadinho (Local), 27 de Fevereiro (data) de 2023

Morro do Ipê Mineração S/A - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 96,62** Registrada em: **27/02/2023** Valor pago: **R$ 96,62** Nosso Número: **8600969806**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: Z23cw
Impresso em: 27/02/2023 às 18:47:58 por: , ip: 200.25.56.70

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 031 2732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

ART – EDR

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20221553989

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFA COTA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1403750408**
Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
RODOVIA BR-381
Nº: **KM 520**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **BRUMADINHO**
UF: **MG**
CEP: **35460000**

Contrato: **CCT000657**
Celebrado em: **14/07/2022**
Valor: **R$ 1.635.169,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520
Nº: **00**
Complemento:
Bairro: **ZONA RURAL**
Cidade: **IGARAPÉ**
UF: **MG**
CEP: **32900000**
Data de Início: **01/07/2022**
Previsão de término: **01/07/2023**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **OUTROS**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
8 - Consultoria		
8 - Auditoria > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un
63 - Inspeção > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un
40 - Estudo > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ENGENHARIA DE REGISTRO (EdR) DAS BARRAGENS: B1 AUXILIAR - MINA TICO-TICO, B2 - MINA TICO-TICO E B1 - MINA IPÊ, EM ATENDIMENTO À RESOLUÇÃO 95/2022 DA ANM.

6. Declarações

- A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: WDCcz
Impresso em: 21/10/2022 às 15:34:04 por: , ip: 201.19.166.176

www.crea-mg.org.br crea-mg@crea-mg.org.br
Tel: 0312732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20221553989

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFA COTA:99257254615
Dados: 2022.10.21 15:40:05 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

BELO HORIZONTE, 21 de OUTUBRO de 2022
Local data

ELIAS JOSAFA COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A:22902554000117
Dados: 2022.12.23 21:41:56 -03'00'

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 233,94** Registrada em: **19/10/2022** Valor pago: **R$ 233,94** Nosso Número: **8599724439**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: WDCcz
Impresso em: 21/10/2022 às 15:34:05 por: , ip: 201.19.166.176

www.crea-mg.org.br crea-mg@crea-mg.org.br
Tel: 0312732 Fax:

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

2 – Equipe Responsável

Empresa responsável por este relatório		
Razão social:	Geoprime Engenharia e Meio Ambiente Ltda.	Tel.: + (55) (21) 3417-6786
CNPJ:	05.968.895/0001-76	
Site: http://www.geoprime.com.br Estrada do Guanumbi, 685 - Freguesia – Jacarepaguá Rio de Janeiro - RJ - CEP 22745-200		

Equipe que participou da elaboração deste documento e responsabiliza-se tecnicamente por suas respectivas áreas.		
Técnico	**Área de Atuação**	**Responsabilidade no projeto**
Mariângela Sucena	Geóloga-Mineração	Elaboração
João Prado	Geólogo-Mineração	Coordenação/Revisão