



TERRACOTA
GEOTECNIA

BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO
12825-R-BA-RL-39-GE_r0

MAIO
2025

 TERRACOTA GEOTECNIA		TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS																					
MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.																							
Nº. CONTRATADA: 12825-R-BA-RL-39-GE_r0						BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO RELATÓRIO TÉCNICO RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO																	
Nº. MORRO DO IPÊ: IPE.OP.RL.8000.GT.20.1208																							
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	EMIÇÃO 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.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.						
DATA	26/05/2025																						
EXECUTADO	GFL																						
VERIFICADO	EJC																						
APROVADO	EJC																						

 TERRACOTA GEOTECNIA		TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS																											
MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.																													
Nº. CONTRATADA: 12825-R-BA-RL-39-GE_r0		BARRAGEM B2 – MINA TICO-TICO RELATÓRIO TÉCNICO RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO																											
Nº. MORRO DO IPÊ: IPE.OP.RL.8000.GT.20.1208																													
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	X						191							
117	X						142	X							167	X						192							
118	X						143	X							168	X						193							
119	X						144	X							169	X						194							
120	X						145	X							170	X						195							
121	X						146	X							171	X						196							
122	X						147	X							172	X						197							
123	X						148	X							173	X						198							
124	X						149	X							174							199							
125	X						150	X							175							200							
REV.	T.E	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES																											
00	B	EMISSION 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.	REV.	REV.																				
DATA	26/05/2025																												
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 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
5.3	Riscos Geológicos-Geotécnicos.....	27
6.	Obras de Descaracterização	37
6.1	Memorial Descritivo	38
6.1.1	Acompanhamento das Obras	38
6.1.2	Sequência Construtiva e Detalhamento das Obras Realizadas	39
6.1.2.1	Retomada da operação de bombeamento.....	40
6.1.2.2	Remoção do revestimento em PEBD da face de talude de montante	41
6.1.2.3	Instalação de régua linimétrica na base do sump do reservatório	42
6.1.2.4	Reparo no revestimento em ponto danificado pelo tráfego de equipamentos..	42
6.1.2.5	Ajuste no revestimento no talude de montante em ponto onde foi verificado início de processo erosivo.....	43
6.1.2.6	Remoção dos geradores e cabos de alimentação do sistema de bombeamento	43
6.1.2.7	Remoção do revestimento em PEBD do reservatório da barragem	43
6.1.2.8	Regularização do acesso à barragem	44
6.1.2.9	Remoção do maciço remanescente do 10º alteamento – Etapa 1 - Fase 2B ...	44
6.1.2.10	Execução de valas de inspeção no talude escavado na margem esquerda do reservatório.....	45

6.1.2.11	Execução de lastro no reservatório para acesso de equipamentos	46
6.1.2.12	Aplicação de hidrossemeadura em terreno exposto pela escavação do reservatório.....	46
6.1.2.13	Instalação de gerador e bomba para esgotamento da água acumulada no reservatório.....	47
6.1.2.14	Remoção do rejeito do reservatório – Etapa 1 - Fase 3A	47
6.1.2.15	Escavação parcial do canal de conexão do extravasor de emergência	48
6.1.3	Anomalias Verificadas	48
6.1.3.1	Revestimento do reservatório danificado devido ao tráfego de equipamentos (Reparo realizado)	48
6.1.3.2	Falha no revestimento de proteção da erosão na face do talude de montante (Proteção realizada)	49
6.1.3.3	Dispositivo de drenagem superficial da berma descalçado (Correção realizada)	49
6.1.3.4	Falha no transpasse na proteção da erosão no talude do acesso à crista da estrutura. (Correção realizada)	49
6.1.3.5	Escorregamento de blocos da encosta para dentro do sump do reservatório	50
6.1.3.6	Pontos com falhas no revestimento em PEBD do reservatório	50
6.1.3.7	Falha no revestimento da face do talude do <i>sump</i>	50
6.1.3.8	Processo erosivo na face do talude escavado na margem esquerda do reservatório (Ação mitigatória em andamento)	51
6.1.3.9	Processo erosivo em desenvolvimento na região da encosta próxima ao <i>sump</i> do reservatório (Ação mitigatória em andamento)	51
6.1.3.10	Restos de revestimento em PEBD acumulados dentro do reservatório.....	52
6.1.4	Não Conformidades	52
6.1.5	Projeto.....	52
6.1.6	Levantamento Topográfico – Obras Executadas	55
6.1.7	Comparativo Projeto x Executado.....	57
6.2	Condição da Estrutura no Período Avaliado	62
6.2.1	Inspeções de Campo	63
6.2.2	Anomalias Detectadas Durante as Inspeções	63
6.2.3	Instrumentação Instalada na Barragem	65
6.2.3.1	Leituras Instrumentação	78
6.2.4	Análise de Estabilidade	107
6.2.4.1	Premissas Adotadas nas Simulações.....	109
6.2.4.2	Sismicidade do Local da Barragem	110
6.2.4.3	Definição da Condição da Superfície Freática	116

6.2.4.4	Parâmetros de Resistência	118
6.2.4.5	Resultados	120
6.3	Controle do Nível Freático no Reservatório	140
6.4	Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização	142
6.4.1	Controle de Emissão de Materiais Particulados para a Atmosfera	142
6.4.2	Monitoramento da Qualidade do Ar.....	144
6.4.3	Controle de Emissão de Gases Poluentes.....	147
6.4.3.1	Controle das Emissões Geradas pelo Funcionamento de Motor a Diesel.....	147
6.4.3.2	Monitoramento de Fumaça Preta.....	147
6.4.4	Controle de Emissão de Ruídos Ambientais e Avaliação dos Níveis de Vibração	148
6.4.4.1	Ruídos Ambientais.....	151
6.4.4.2	Vibrações	152
6.4.5	Controle de Alteração da Dinâmica de Drenagem de Águas Pluviais.....	154
6.4.6	Monitoramento da Qualidade da Água.....	154
6.4.7	Gestão de Resíduos Sólidos	157
6.4.8	Supressão Vegetal – perda de Habitat para Fauna.....	158
6.5	Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização	159
6.5.1	Carta de Risco - Etapas de Descaracterização	161
6.6	Rotina de Monitoramento	167
6.7	Cronograma	168
7.	Situação atual dos demais itens do Termo de Referência	171
8.	Assinaturas	172
9.	Anexos	173

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 fevereiro e abril de 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.20.1143_r0 – Barragem B2 - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Níveis de Controle da Instrumentação. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2025;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1206_r0 - Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico – Relatório Mensal de Acompanhamento Técnico de Obra – Abril de 2025. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2025;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1193_r0 - Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico – Relatório Mensal de Acompanhamento Técnico de Obra – Março de 2025. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Abril/2025;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1149_r0 - Descaracterização Barragem B2 - Mina Tico-Tico – Relatório Mensal de Acompanhamento Técnico de Obra – Fevereiro de 2025. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Março/2025;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.553_r4 – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Março/2025;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1152_r0 – Relatório de Inspeção de Segurança Regular (RISR) – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – ANM – 1º Semestre de 2025. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Março/2025;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1218_r0 - Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragens (RTESB) – Barragem B2 – Mina Tico-Tico – FEAM – 1º Semestre de 2025. Dam Projetos de Engenharia Ltda. Março/2025;
- 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.20.676_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 nº 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 nº 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: casaibe@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: casaibe@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@ipemineraçao.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@ipemineraçao.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 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.

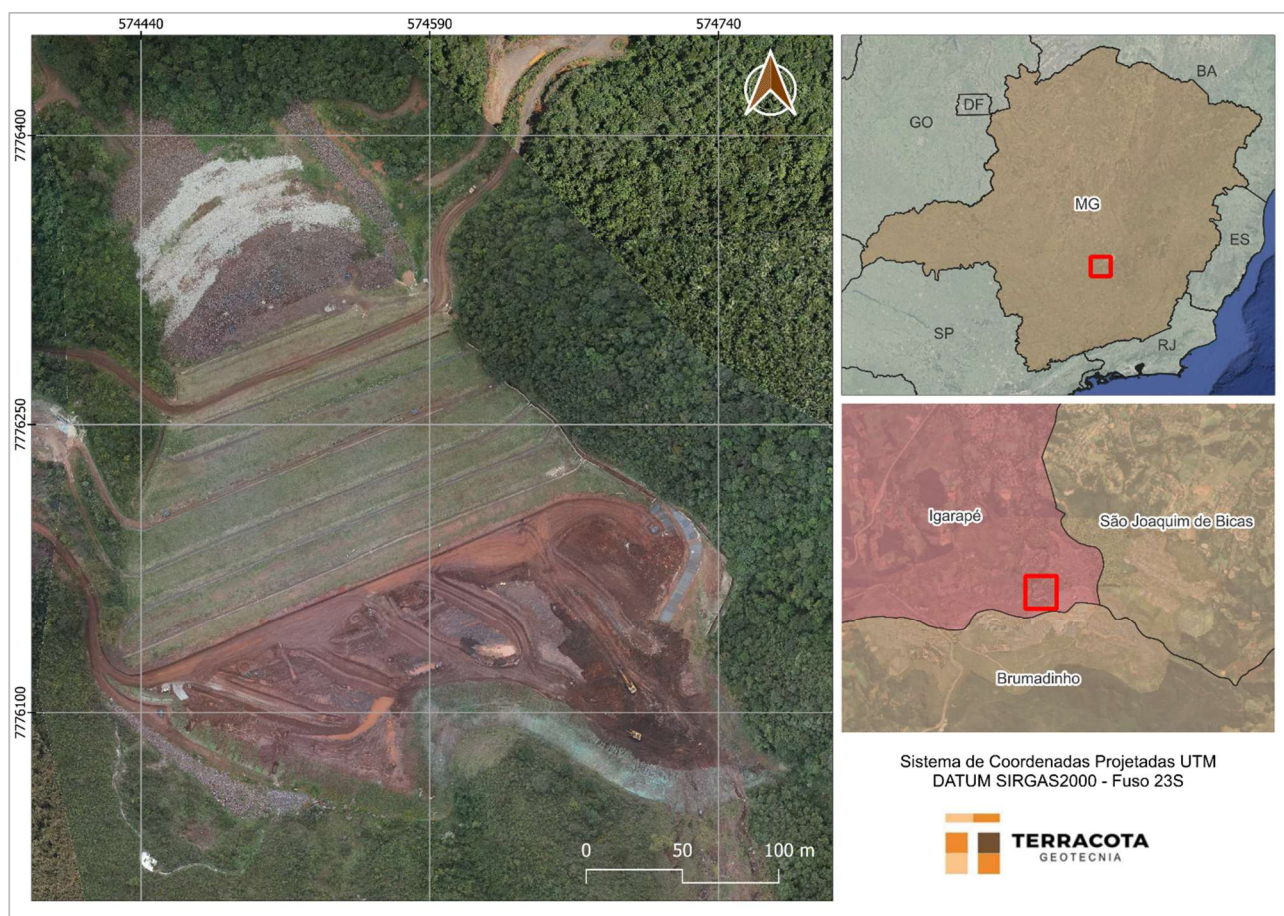


Figura 4.1 – Localização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

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 e 10º alteamentos, dessa forma a crista da estrutura se encontra na elevação 1.119,40 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.

Etapas	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 (ACAD_ATUALIZACAO_GERAL_MMI_01MAI25.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	2027 (previsão)
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (obras)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total – maciços + reservatório + amortecimento (m³)	1.593.391 (*)
Volume Total de maciços (m³)	401.860 (*)
Capacidade total do reservatório (m³) – até elev. 1.119,4 m	1.191.531 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m³)	1.155.391 (*)
Volume de amortecimento do reservatório (m³)	36.140
Volume de amortecimento a partir da soleira do vertedouro (m³) – elev. 1.116,7 a 1.119,4 m	29.622
Área do reservatório (m²) - elev. 1.119,4 m	18.854
Elevação do coroamento (m)	1.119,4
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	1.016,0
Altura atual da barragem (m);	103,4
Extensão do coroamento (m)	280,0
Largura do coroamento (m)	7,0
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) (21,6°)
Inclinação talude de montante	1,6(H):1(V) (32°)
Elevação da soleira do vertedouro (m)	1.116,70
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.117,78
Borda livre mínima (PMP) (m)	1,62
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.



Figura 4.2 – Imagem da Barragem B2 – Mina Tico-Tico. (Fonte: Ortofoto MMI – Abril/2025).

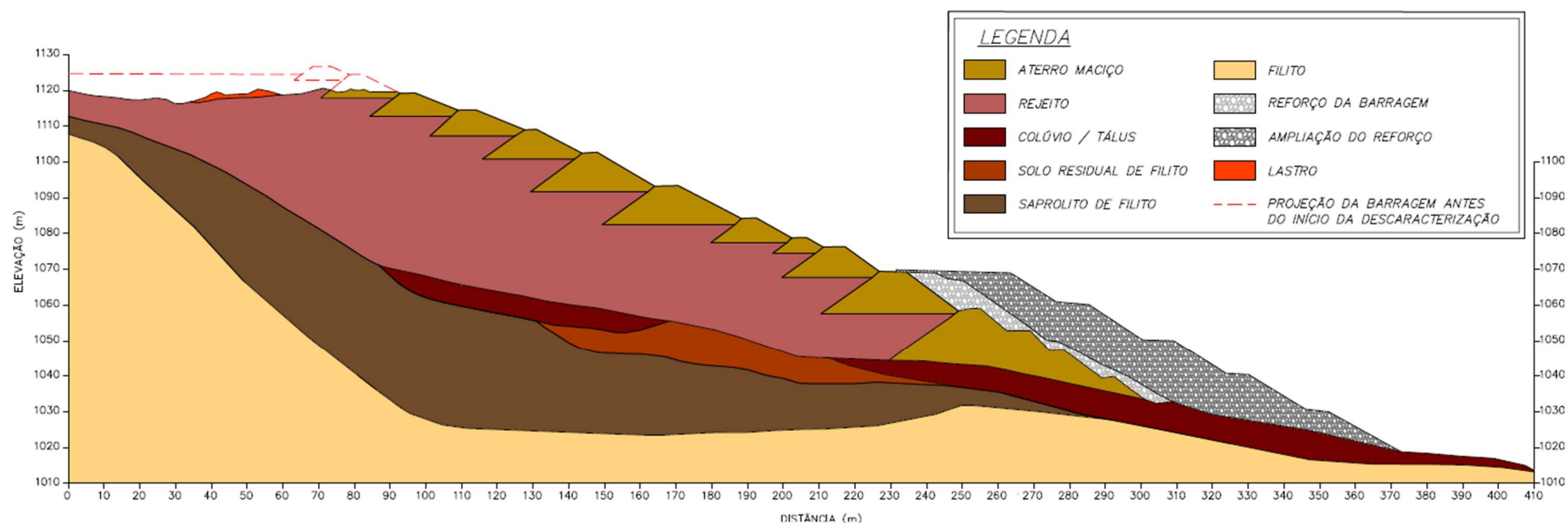


Figura 4.3 – Seção de maior altura (D-D') da Barragem B2 – Mina Tico-Tico (Condição em abril de 2025).

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 1º semestre/2025 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1218), 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 $\leq 10m$ (0)	Comprimento $\leq 50m$ (0)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)	Etapa única (0)	Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)
$10m < \text{Altura} < 30m$ (1)	$50m < \text{Comprimento} < 200m$ (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)
$30m \leq \text{Altura} \leq 60m$ (4)	$200m \leq \text{Comprimento} \leq 600m$ (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 m^3 (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 m^3 (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 m^3 (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 m^3 (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 m^3 (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 a Etapa 3, 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.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: 368.276.m³;
 - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 82.498.m³.
 - Volume total de remoção da etapa: 450.774 m³

- **Etapla 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.m³;
 - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 83.889.m³.
 - 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.

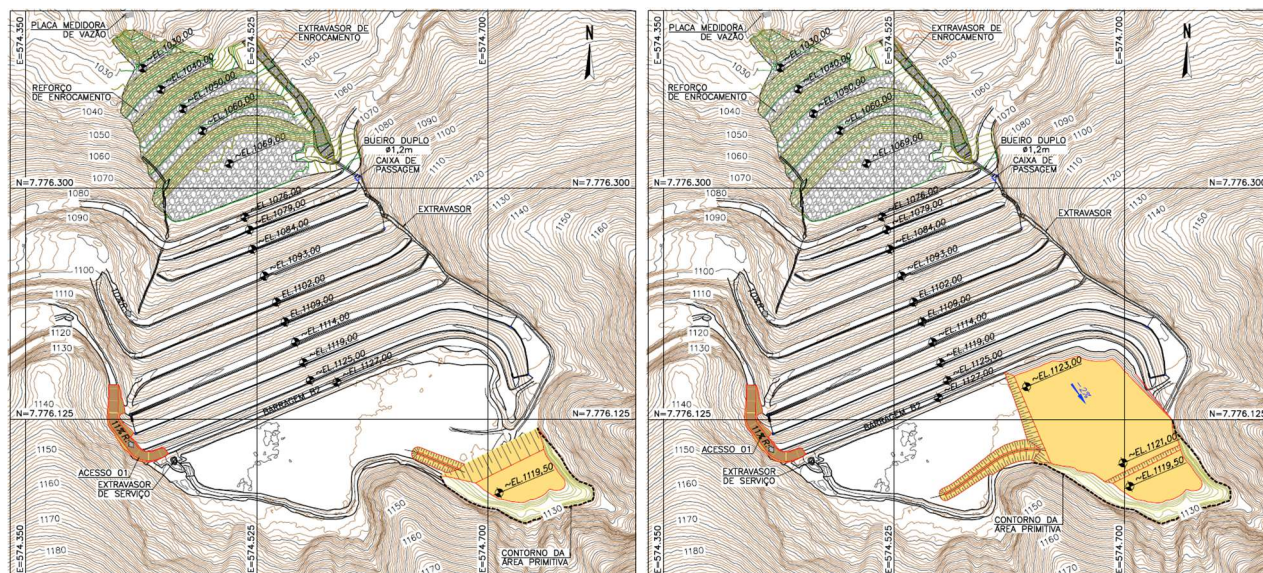


Figura 5.1 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente à primeira fase.

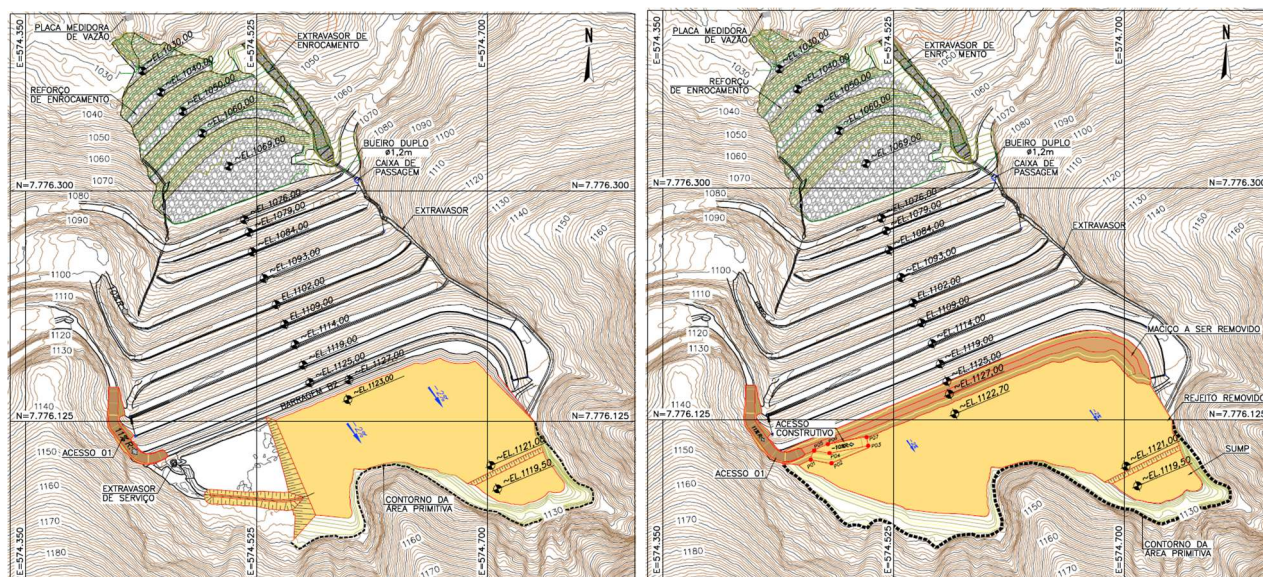


Figura 5.2 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente à primeira fase.

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.

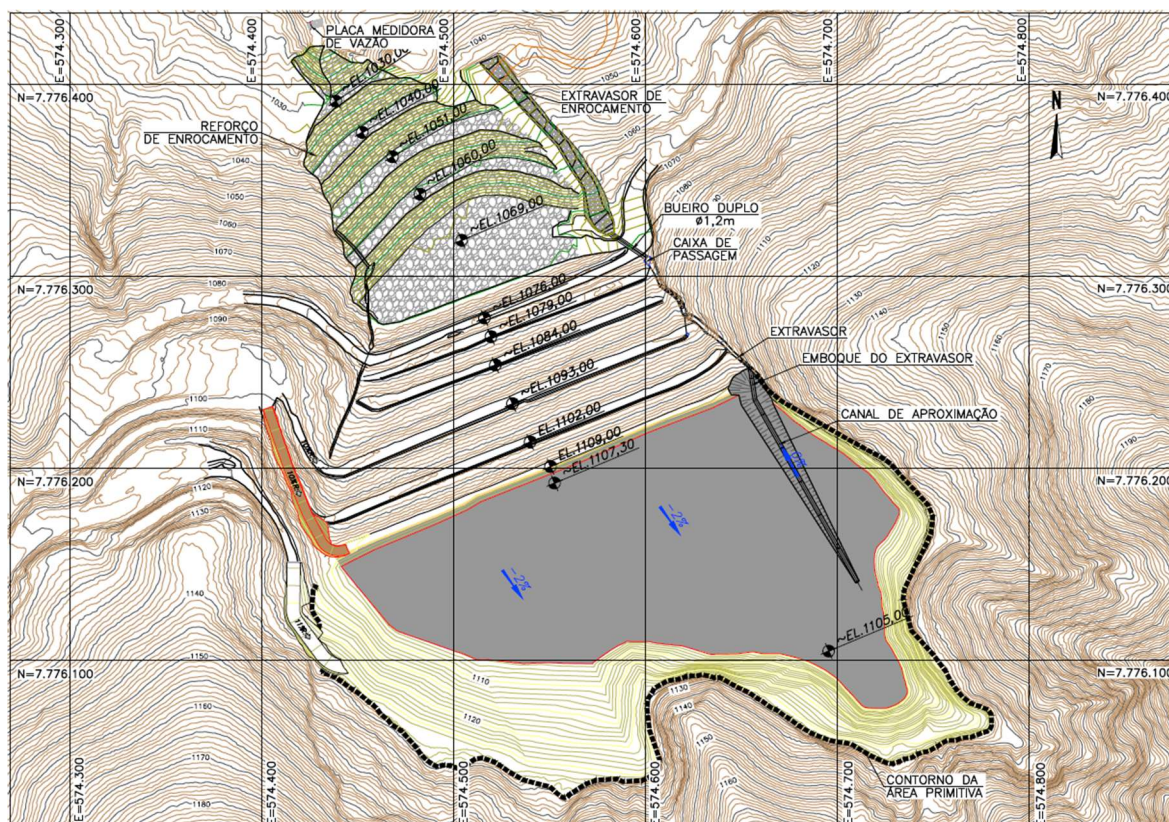


Figura 5.3 – Etapa 1 – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços entre o 11º e 8º alteamentos por montante.

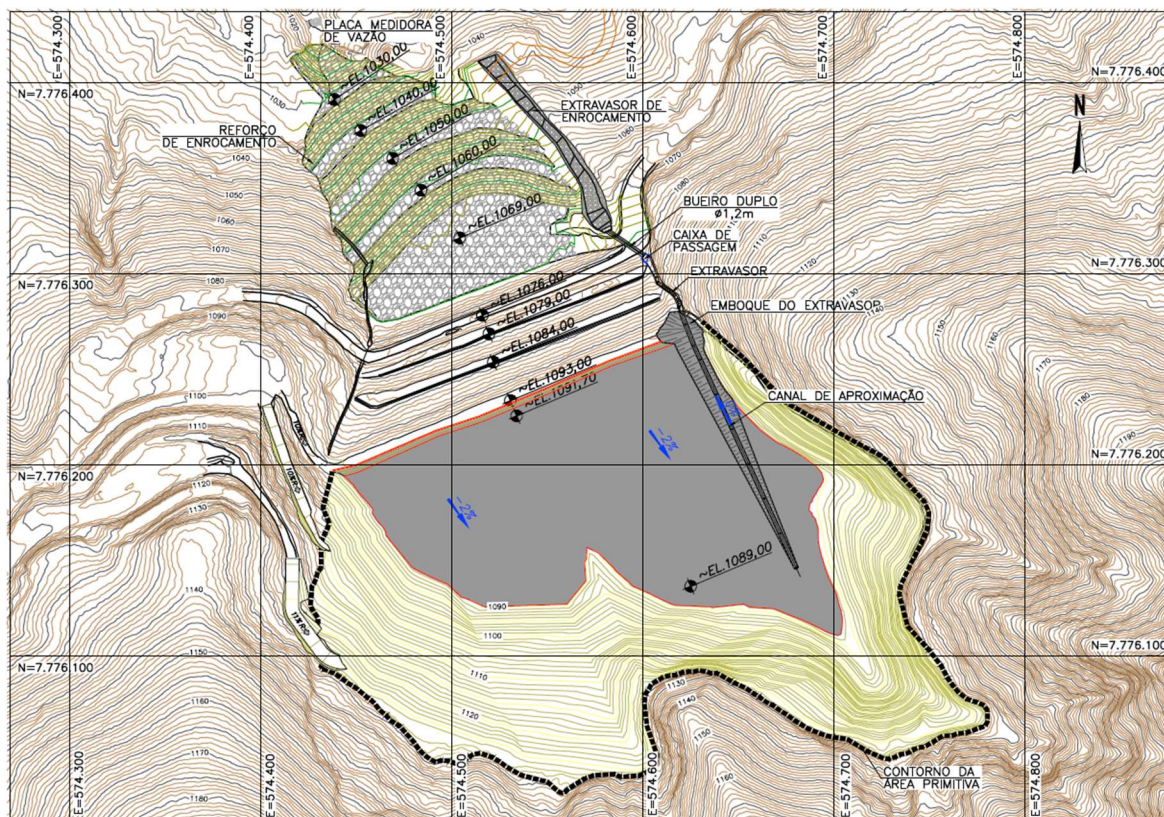


Figura 5.4 – Etapa 2 – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços do 7º e 6º alteamentos por montante.

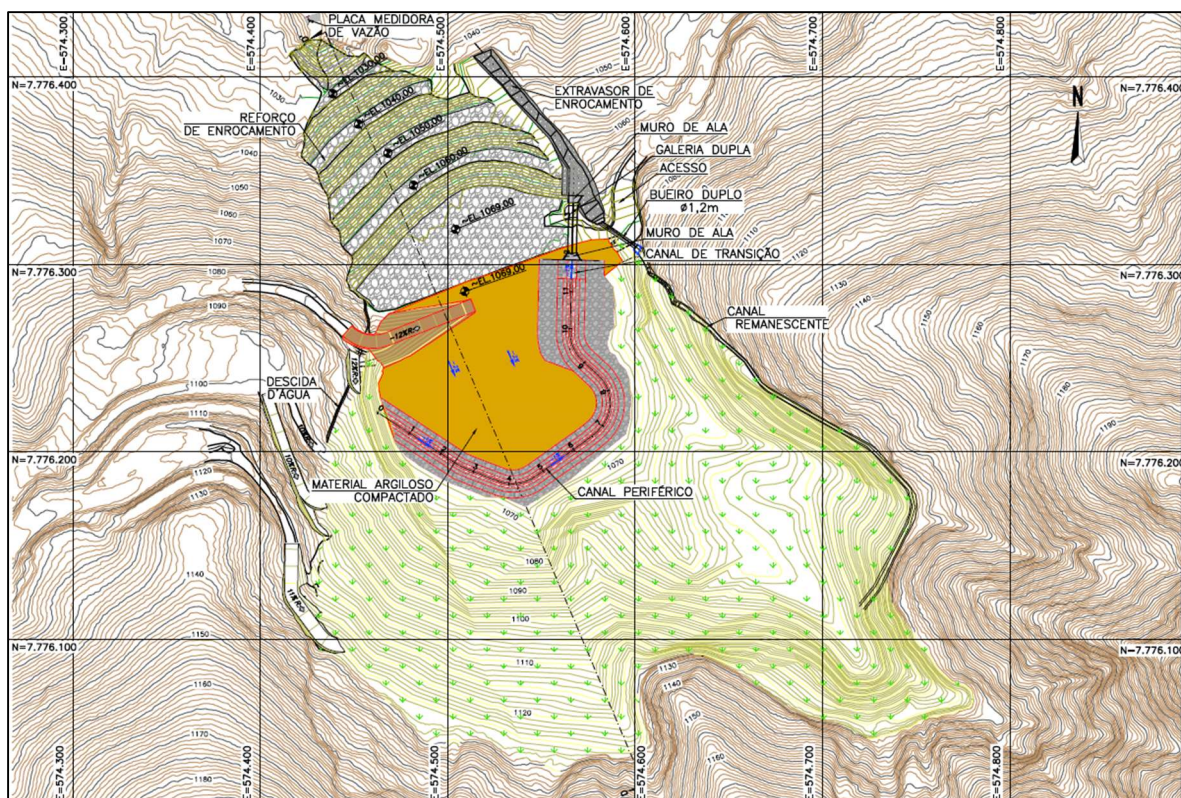


Figura 5.5 – Etapa 3 (Condição Final) – Remoção do rejeito do reservatório e dos maciços entre o 5º e o 2º alteamentos por montante.

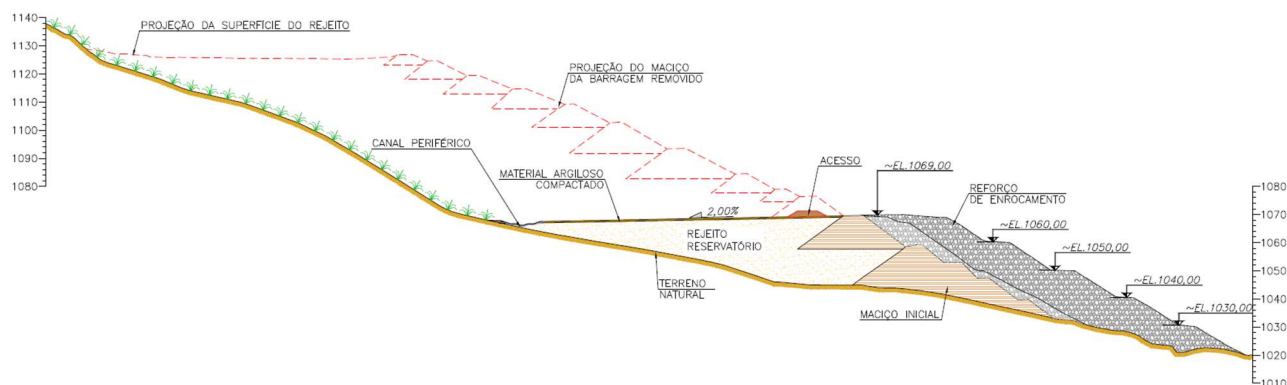


Figura 5.6 – Seção transversal D-D' passando pelo vale após a conclusão da Etapa 3.

5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado (fevereiro/2025 a abril/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.

Além da berma, em outubro/2024 foi concluída a instalação de dispositivos de drenagem superficial (Foto 5.2) 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 – Dispositivos de drenagem superficial no contato da cunha de ruptura com o terreno natural, na margem esquerda.



Foto 5.3 – Detalhe da berma de equilíbrio em enrocamento na encosta na margem esquerda.



Foto 5.4 – Detalhe da berma de equilíbrio em enrocamento na encosta na margem esquerda.

A região segue monitorada através de 13 marcos de controle. Com o avanço das obras e remoção do maciço do 10º alteamento, foi necessário remover o marco de referência, que estava instalado na crista da estrutura. As coordenadas de cadastro podem ser verificadas na Tabela 5.1 e a localização dos marcos de monitoramento na Figura 5.10.

Tabela 5.1 – Coordenadas de cadastro dos Marcos de Monitoramento da Encosta.

TIPO	INSTRUMENTO	COORDENADAS DE INSTALAÇÃO (SIRGAS2000)		
		E	N	ELEVAÇÃO (m)
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

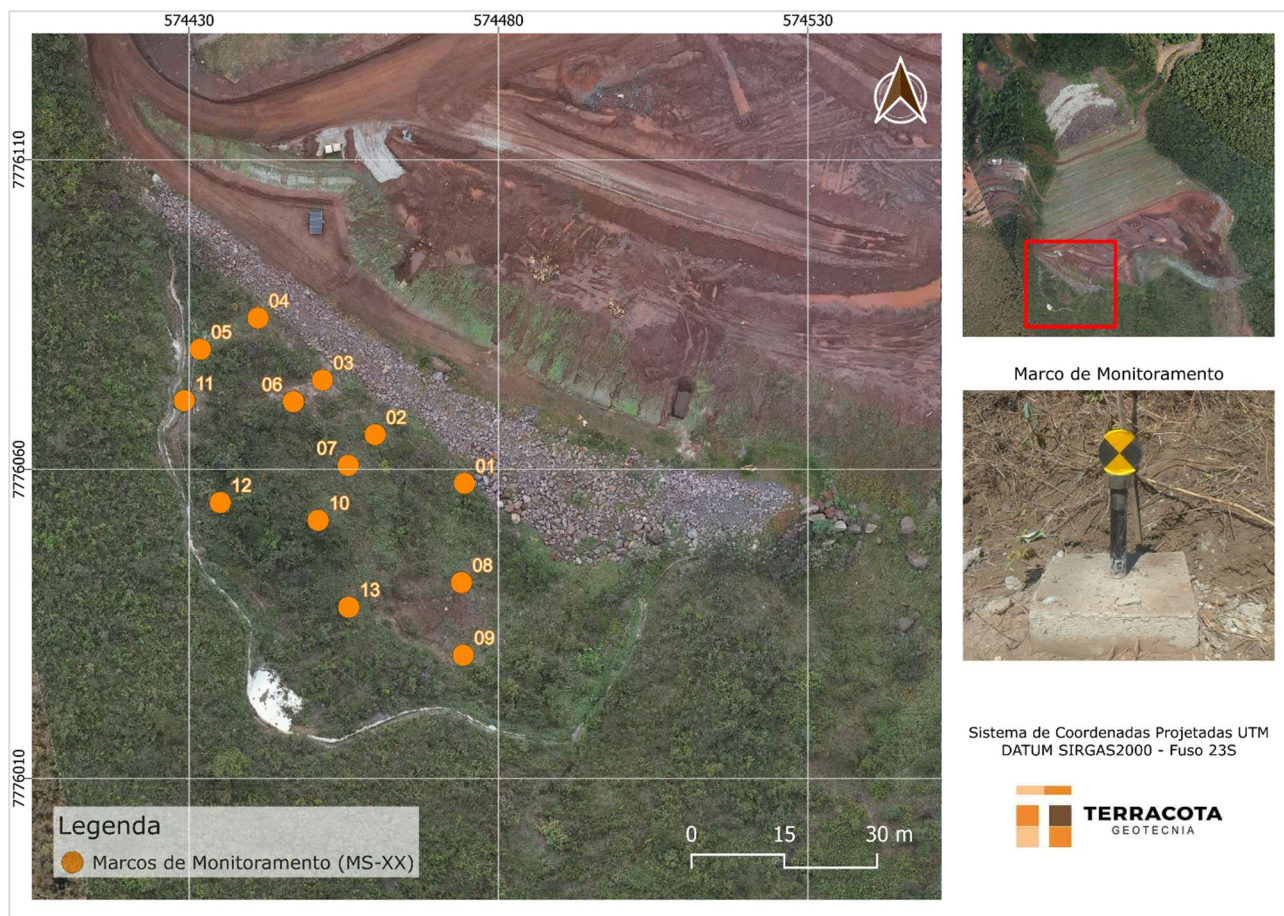


Figura 5.10 – Localização dos Marcos de Monitoramento da Encosta.

A seguir são apresentados os históricos de deslocamentos dos marcos de monitoramento da encosta, a partir do cadastro realizado no dia 22/11/2024.

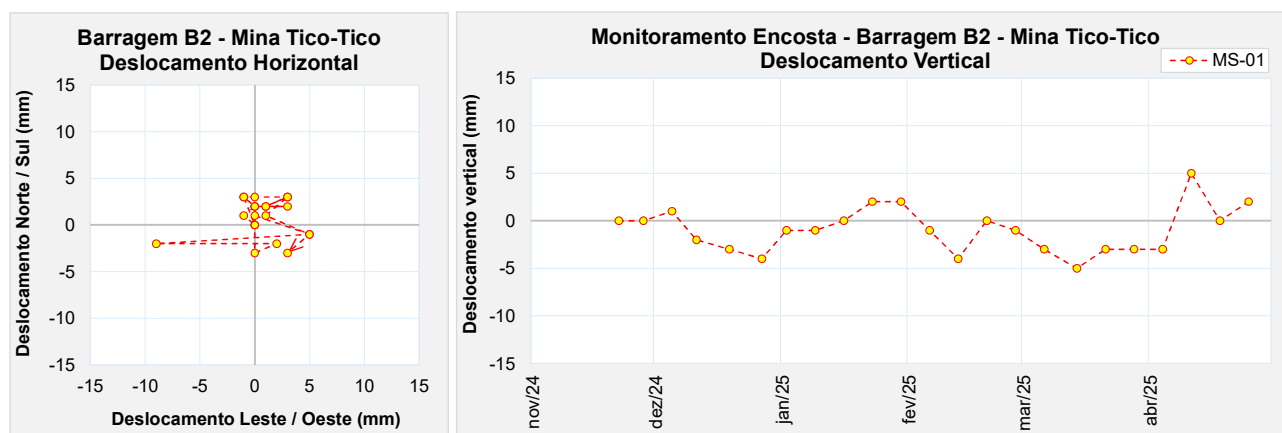


Figura 5.11 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-01.

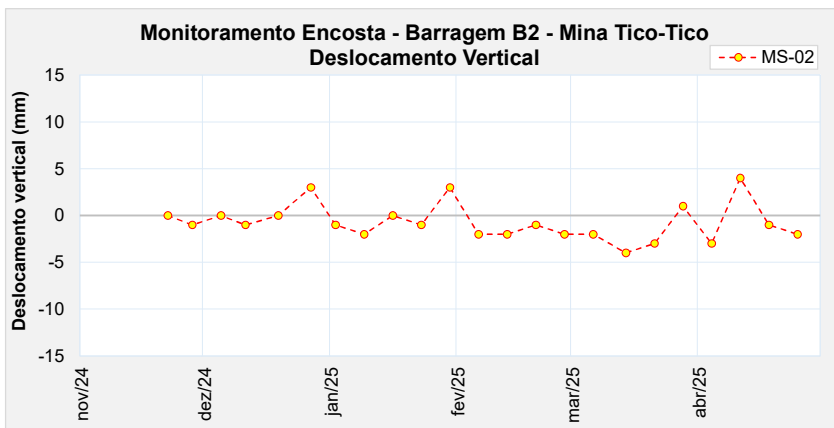
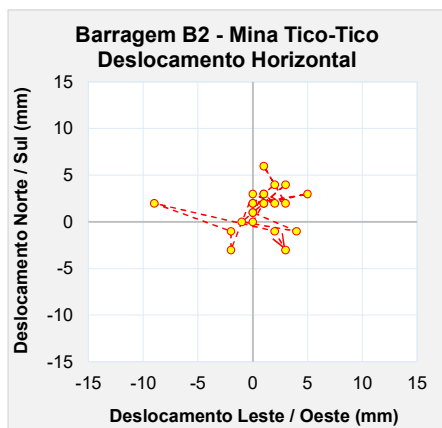


Figura 5.12 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-02.

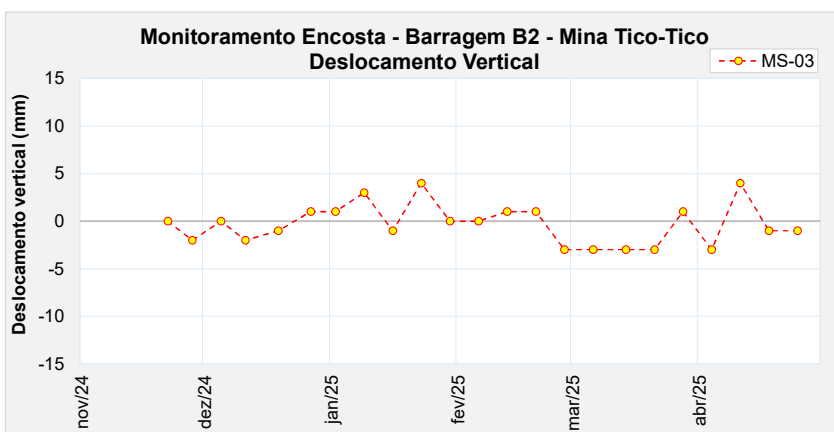
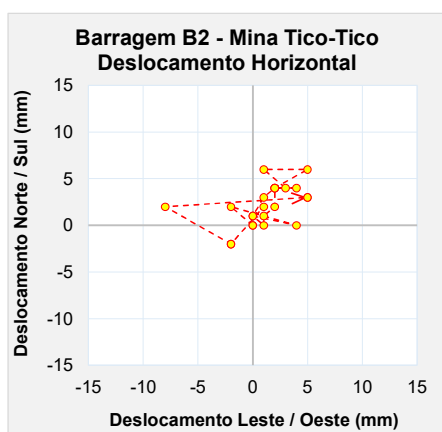


Figura 5.13 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-03.

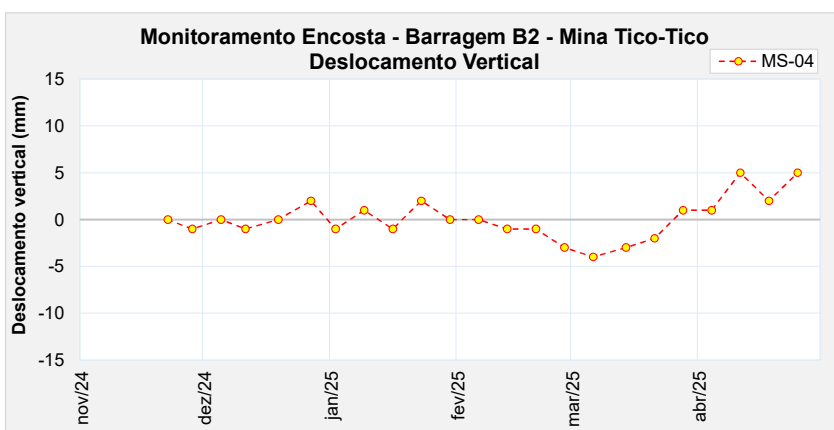
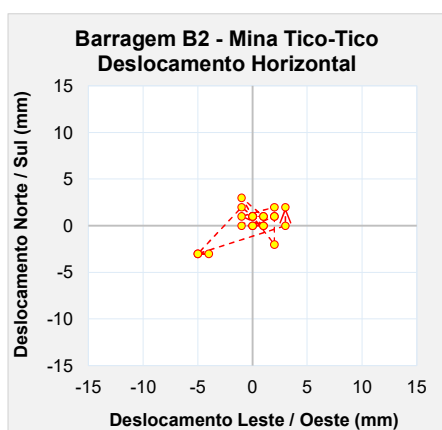


Figura 5.14 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-04.

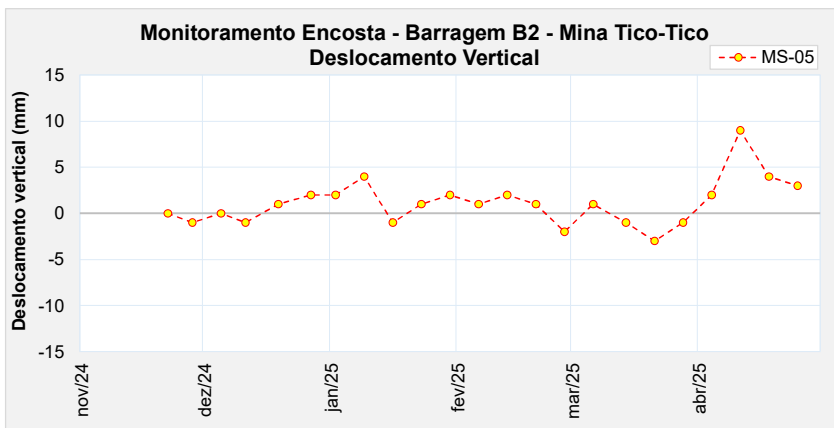
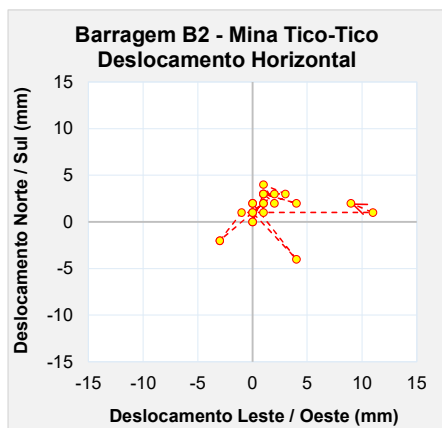


Figura 5.15 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-05.

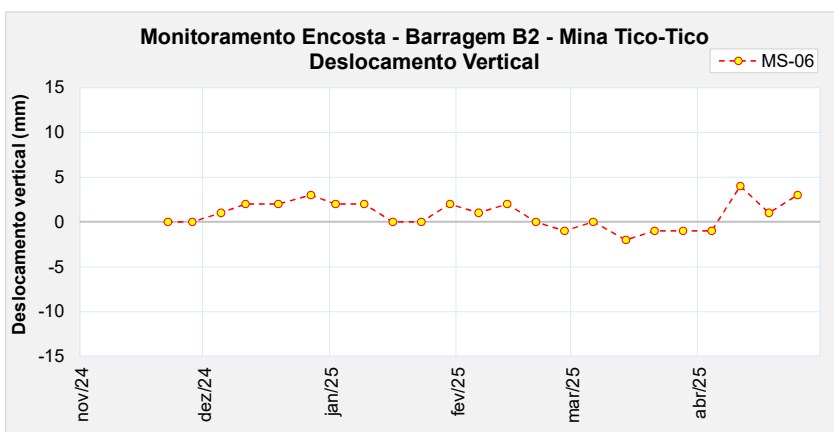
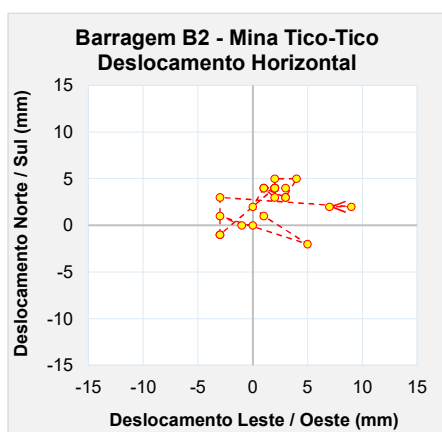


Figura 5.16 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-06.

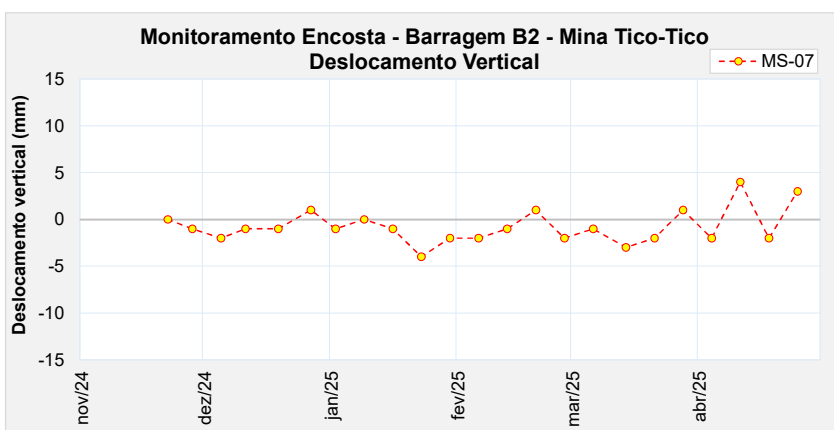
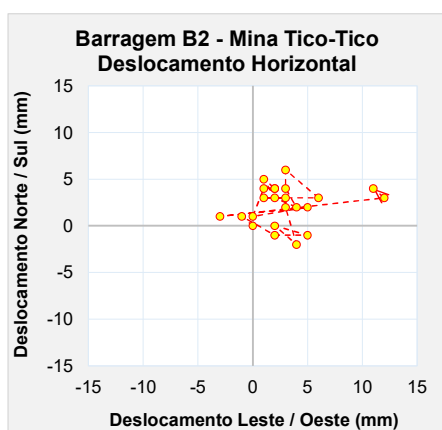


Figura 5.17 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-07.

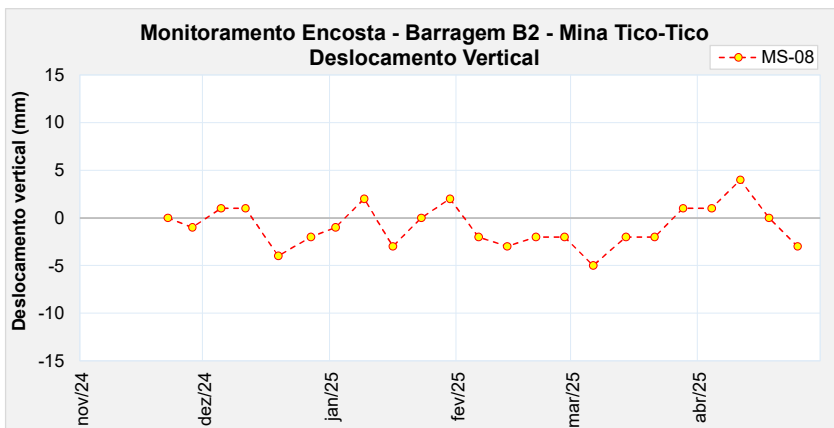
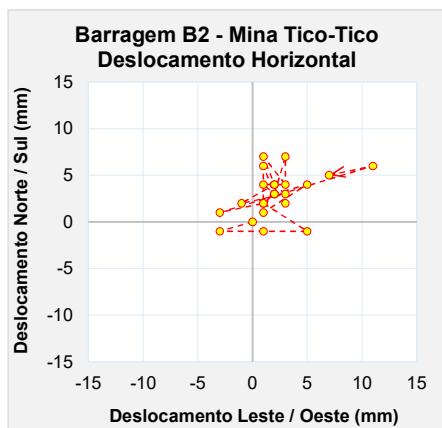


Figura 5.18 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-08.

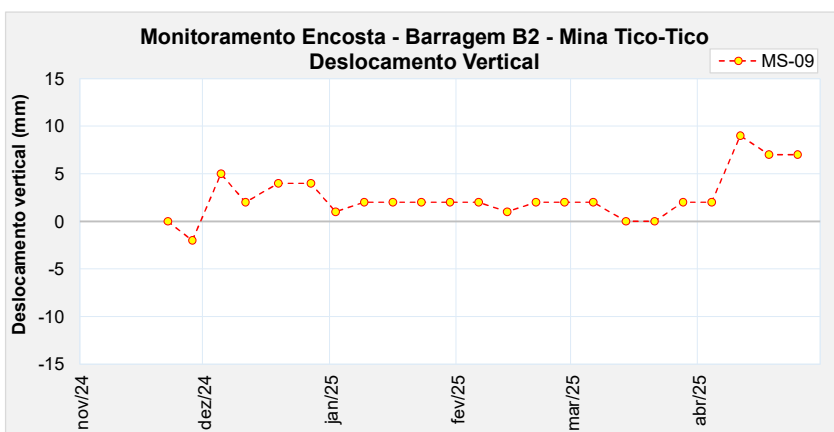
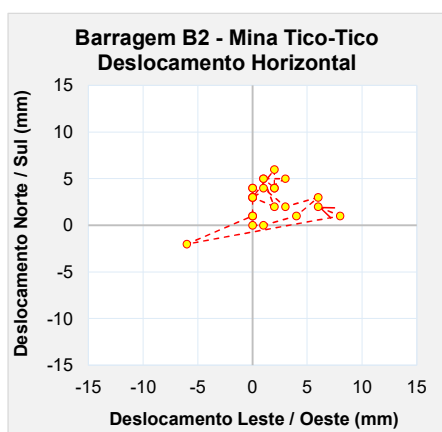


Figura 5.19 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-09.

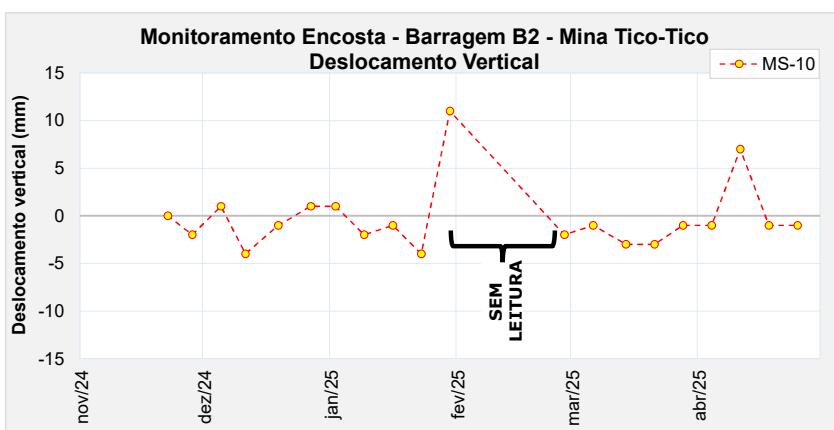
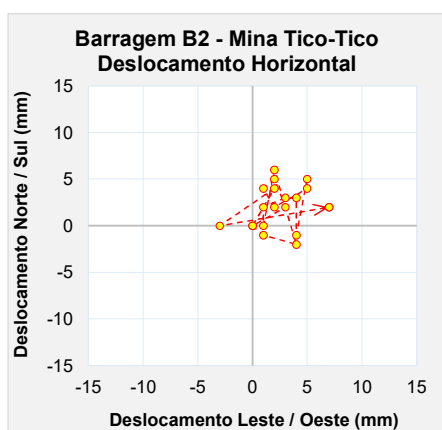


Figura 5.20 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-10.

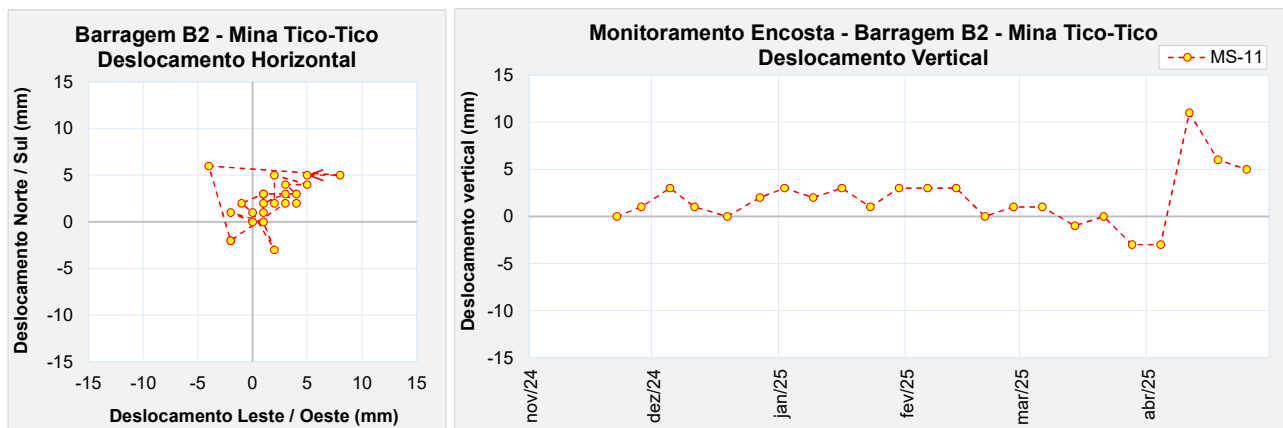


Figura 5.21 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-11.

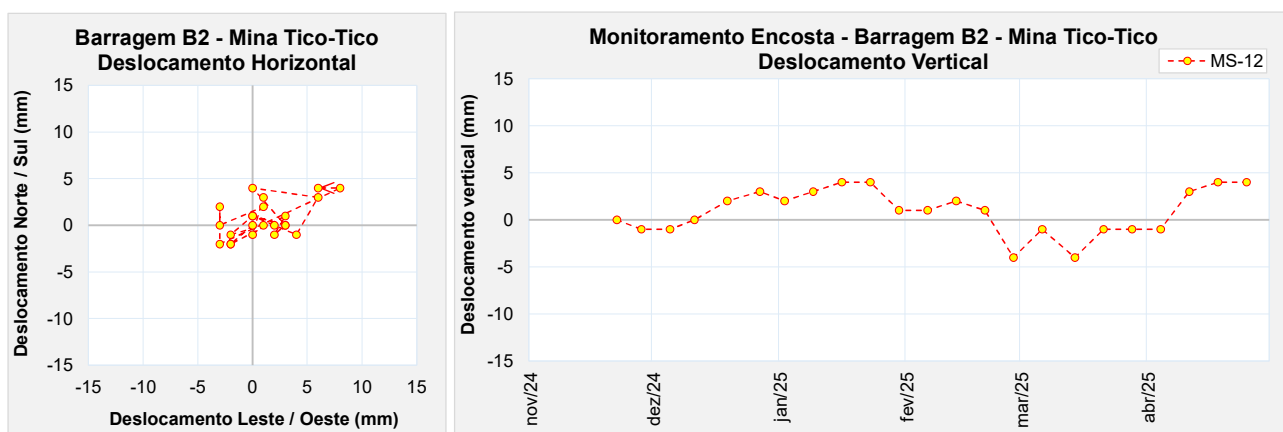


Figura 5.22 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-12.

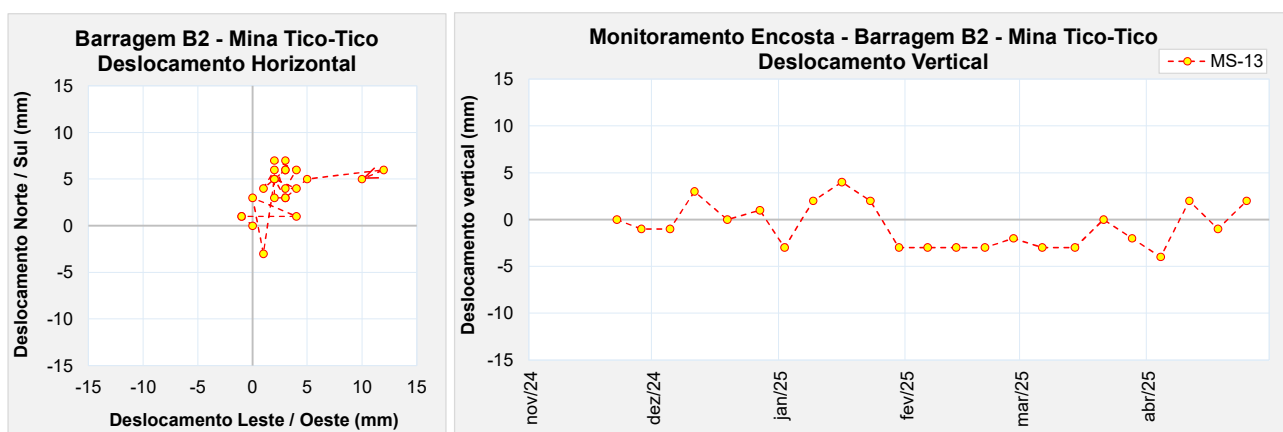


Figura 5.23 – Marco de controle de monitoramento da encosta – MS-13.

Não foram realizadas leituras do marco de monitoramento MS-10 entre 30 de janeiro e 27 de fevereiro de 2025.

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 25/04/2025, horizontais menores que 12 mm, predominantemente na direção NE, e verticais menores que 7 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 direita, próximo ao extravasor de emergência. Ainda não foram iniciadas as obras de estabilização da região, pois está sendo aguardado o avanço das obras de descaracterização, 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 novembro de 2024 foram instalados perfis metálicos e 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.



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 (fevereiro/2025 a abril/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 (fevereiro/2025 a abril/2025), com o fim do período chuvoso, foram retomadas as obras de descaracterização da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

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 fevereiro/2025 e abril/2025.

PERÍODO		SERVIÇOS
INÍCIO	FIM	
03/02/25	05/02/25	Retomada da operação do bombeamento;
04/02/25	06/02/25	Remoção do revestimento em lona de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) da face de talude de montante;
07/02/25	09/02/25	Sem atividades relacionadas às obras de descaracterização;
10/02/25	10/02/25	Instalação de régua linimétrica na base do sump do reservatório (Elev.: 1.114,486);
11/02/25	23/02/25	Sem atividades relacionadas às obras de descaracterização;
24/02/25	25/02/25	Reparo no revestimento do reservatório em ponto danificado pelo tráfego de equipamentos;
26/02/25	23/03/25	Sem atividades relacionadas às obras de descaracterização.
24/03/25	24/03/25	Ajuste no revestimento em ponto no talude de montante, próximo ao emboque do canal de conexão do extravasor de emergência, onde foi verificado início de processo erosivo;
25/03/25	27/03/25	Retomada da operação do bombeamento por acionamento manual;
28/03/25	31/03/25	Sem atividades relacionadas às obras de descaracterização;
01/04/25	01/04/25	Remoção dos geradores e cabos de alimentação do sistema de bombeamento;
01/04/25	04/04/25	Remoção do revestimento em PEBD do reservatório da barragem;
04/04/25	04/04/25	Regularização do acesso à barragem;
04/04/25	21/04/25	Remoção do maciço remanescente do 10º alteamento – Etapa 1 - Fase 2B;
10/04/25	10/04/25	Execução de valas de inspeção no talude escavado na margem esquerda do reservatório;
11/04/25	20/04/25	Execução de lastro no reservatório para acesso de equipamentos;

PERÍODO		SERVIÇOS
INÍCIO	FIM	
14/04/25	15/04/25	Aplicação de hidrossemeadura em terreno exposto pela escavação do reservatório.
16/04/25	16/04/25	Sem atividades devido ao tempo chuvoso;
17/04/25	17/04/25	Instalação de gerador e bomba para esgotamento da água acumulada no reservatório;
22/04/25	Em andamento	Remoção do rejeito do reservatório – Etapa 1 - Fase 3A;
28/04/25	29/04/25	Escavação parcial do canal de conexão do extravasor de emergência.

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 fevereiro/2025 e abril/2025.

MÊS	ATIVIDADES REALIZADAS
Fevereiro 2025	Retomada da operação do bombeamento;
	Remoção do revestimento em lona de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) da face de talude de montante;
	Instalação de régua linimétrica na base do sump do reservatório. (Elev.: 1.114,486);
	Reparo no revestimento do reservatório em ponto danificado pelo tráfego de equipamentos;
Março 2025	Ajuste no revestimento em ponto no talude de montante, próximo ao emboque do canal de conexão do extravasor de emergência, onde foi verificado início de processo erosivo;
	Retomada da operação do bombeamento por acionamento manual;
Abril 2025	Remoção dos geradores e cabos de alimentação do sistema de bombeamento;
	Remoção do revestimento em PEBD do reservatório da barragem;
	Regularização do acesso à barragem;
	Remoção do maciço remanescente do 10º alteamento – Etapa 1 - Fase 2B;
	Execução de valas de inspeção no talude escavado na margem esquerda do reservatório;
	Execução de lastro no reservatório para acesso de equipamentos;
	Aplicação de hidrossemeadura em terreno exposto pela escavação do reservatório.
	Instalação de gerador e bomba para esgotamento da água acumulada no reservatório;
	Remoção do rejeito do reservatório – Etapa 1 - Fase 3A;
	Escavação parcial do canal de conexão do extravasor de emergência.

6.1.2.1 Retomada da operação de bombeamento



Foto 6.1 – Bombeamento da água acumulada no *sump* para o canal extravasor.



Foto 6.2 – *Sump* seco após realização do bombeamento.



Foto 6.3 – Bombeamento da água acumulada no *sump* para o canal extravasor.



Foto 6.4 – Bombeamento da água acumulada no *sump* para o canal extravasor.



Foto 6.5 – *Sump* seco após realização do bombeamento.



Foto 6.6 – *Sump* seco após realização do bombeamento.

6.1.2.2 Remoção do revestimento em PEBD da face de talude de montante



Foto 6.7 – Remoção do revestimento em lona PEBD da face do talude de montante.



Foto 6.8 – Remoção do revestimento em lona PEBD da face do talude de montante.



Foto 6.9 – Lona em PEBD removida da face do talude de montante.



Foto 6.10 – Lona em PEBD removida da face do talude de montante.



Foto 6.11 – Talude de montante após remoção do revestimento em PEBD.



Foto 6.12 – Vista aérea do reservatório após remoção do revestimento do talude de montante.

6.1.2.3 Instalação de régua linimétrica na base do sump do reservatório



Foto 6.13 – Instalação de régua linimétrica na base do sump do reservatório (Elev.: 1.114,486).

6.1.2.4 Reparo no revestimento em ponto danificado pelo tráfego de equipamentos



Foto 6.14 – Reparo do revestimento em ponto danificado pelo tráfego de equipamentos.



Foto 6.15 – Reparo do revestimento em ponto danificado pelo tráfego de equipamentos.



Foto 6.16 – Vista aérea da região em que foi realizado reparo do revestimento do reservatório.

6.1.2.5 Ajuste no revestimento no talude de montante em ponto onde foi verificado início de processo erosivo



Foto 6.17 – Reparo do revestimento em ponto onde foi verificado o início de processo erosivo.

6.1.2.6 Remoção dos geradores e cabos de alimentação do sistema de bombeamento



Foto 6.18 – Remoção dos cabos de alimentação do sistema de bombeamento.



Foto 6.19 – Remoção dos cabos de alimentação do sistema de bombeamento.

6.1.2.7 Remoção do revestimento em PEBD do reservatório da barragem



Foto 6.20 – Remoção do revestimento do reservatório.



Foto 6.21 – Remoção do revestimento do reservatório.



Foto 6.22 – Remoção do revestimento do reservatório.



Foto 6.23 – Remoção do revestimento do reservatório.

6.1.2.8 Regularização do acesso à barragem



Foto 6.24 – Regularização do acesso à barragem.

6.1.2.9 Remoção do maciço remanescente do 10º alteamento – Etapa 1 - Fase 2B



Foto 6.25 – Remoção do maciço do 10º alteamento.



Foto 6.26 – Remoção do maciço do 10º alteamento.



Foto 6.27 – Vista aérea da remoção do maciço do 10º alteamento (11/04/2025).



Foto 6.28 – Vista aérea da remoção do maciço do 10º alteamento (11/04/2025).



Foto 6.29 – Remoção do maciço do 10º alteamento.



Foto 6.30 – Remoção do maciço do 10º alteamento.

6.1.2.10 Execução de valas de inspeção no talude escavado na margem esquerda do reservatório

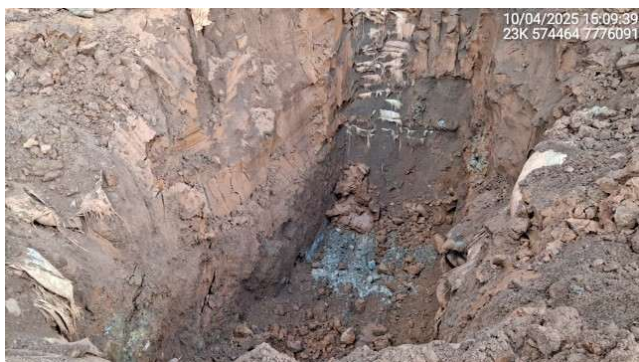


Foto 6.31 – Execução de valas de inspeção em talude escavado no reservatório.



Foto 6.32 – Execução de valas de inspeção em talude escavado no reservatório.

6.1.2.11 Execução de lastro no reservatório para acesso de equipamentos



Foto 6.33 – Execução de lastro para acesso de equipamentos ao reservatório.



Foto 6.34 – Execução de lastro para acesso de equipamentos ao reservatório.



Foto 6.35 – Execução de lastro para acesso de equipamentos ao reservatório.



Foto 6.36 – Execução de lastro para acesso de equipamentos ao reservatório.

6.1.2.12 Aplicação de hidrossemeadura em terreno exposto pela escavação do reservatório



Foto 6.37 – Aplicação de hidrossemeadura em terreno exposto pela escavação do reservatório.



Foto 6.38 – Aplicação de hidrossemeadura em terreno exposto pela escavação do reservatório.

6.1.2.13 Instalação de gerador e bomba para esgotamento da água acumulada no reservatório



Foto 6.39 – Instalação de bomba para esgotamento da água acumulada no reservatório.



Foto 6.40 – Instalação de gerador para acionamento do sistema de bombeamento.

6.1.2.14 Remoção do rejeito do reservatório – Etapa 1 - Fase 3A



Foto 6.41 – Remoção do rejeito do reservatório.



Foto 6.42 – Remoção do rejeito do reservatório.



Foto 6.43 – Remoção do rejeito do reservatório.



Foto 6.44 – Remoção do rejeito do reservatório.

6.1.2.15 Escavação parcial do canal de conexão do extravasor de emergência



Foto 6.45 – Escavação parcial do canal de conexão do extravasor de emergência.



Foto 6.46 – Escavação parcial do canal de conexão do extravasor de emergência.

6.1.3 Anomalias Verificadas

Durante o período avaliado (fevereiro/2025 a abril/2025), verificou-se em alguns pontos anomalias que devem ser corrigidas. Algumas dessas anomalias perderam a relevância ou a urgência de correção devido a retomada das obras de descaracterização em abril de 2025. 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 do reservatório danificado devido ao tráfego de equipamentos (Reparo realizado)



Foto 6.47 – Revestimento do reservatório danificado devido ao tráfego de equipamentos.



Foto 6.48 – Reparo do revestimento em ponto danificado pelo tráfego de equipamentos.

6.1.3.2 Falha no revestimento de proteção da erosão na face do talude de montante (Proteção realizada)



Foto 6.49 – Falha no revestimento de proteção da erosão na face do talude de montante.



Foto 6.50 – Reparo da proteção na região onde foi identificada erosão na face do talude de montante.

6.1.3.3 Dispositivo de drenagem superficial da berma descalçado (Correção realizada)



Foto 6.51 – Dispositivo de drenagem superficial da berma elev. 1.119,0 descalçado.



Foto 6.52 – Reparo de trecho da drenagem superficial da berma elev. 1.119,0.

6.1.3.4 Falha no transpasse na proteção da erosão no talude do acesso à crista da estrutura. (Correção realizada)



Foto 6.53 – Falha no transpasse na proteção da erosão no talude do acesso à crista da estrutura.



Foto 6.54 – Correção do transpasse na proteção da erosão no talude do acesso à crista da estrutura.

6.1.3.5 Escorregamento de blocos da encosta para dentro do sump do reservatório



Foto 6.55 – Blocos rolados para dentro do *sump* provenientes da encosta.



Foto 6.56 – Vista aérea do *sump* com destaque para os blocos rolados provenientes da encosta.

6.1.3.6 Pontos com falhas no revestimento em PEBD do reservatório



Foto 6.57 – Falha no revestimento em PEBD do reservatório.



Foto 6.58 – Falha no revestimento em PEBD do reservatório.

6.1.3.7 Falha no revestimento da face do talude do *sump*.



Foto 6.59 – Falha no revestimento de proteção na face do talude do *sump*.

6.1.3.8 Processo erosivo na face do talude escavado na margem esquerda do reservatório (Ação mitigatória em andamento)



Foto 6.60 – Processo erosivo no talude escavado na margem esquerda.



Foto 6.61 – Processo erosivo no talude escavado na margem esquerda.



Foto 6.62 – Processo erosivo no talude escavado na margem esquerda.



Foto 6.63 – Processo erosivo no talude escavado na margem esquerda.

6.1.3.9 Processo erosivo em desenvolvimento na região da encosta próxima ao *sump* do reservatório (Ação mitigatória em andamento)



Foto 6.64 – Processo erosivo na região da encosta próxima ao *sump* do reservatório.



Foto 6.65 – Processo erosivo na região da encosta próxima ao *sump* do reservatório.

6.1.3.10 Restos de revestimento em PEBD acumulados dentro do reservatório



Foto 6.66 – Restos de revestimento em PEBD acumulados dentro do reservatório.

6.1.4 Não Conformidades

Durante o período avaliado (fevereiro/2025 a abril/2025), não foram verificadas discrepâncias relevantes entre o executado e o apresentado em projeto, dessa forma não foram emitidos relatórios de não conformidades neste período.

6.1.5 Projeto

Considerando o avanço das obras até o presente momento, a situação atual da obra se encontra na Etapa 1 – Fase 3A.

Conforme previamente apresentado, em fevereiro e março de 2025 foram realizados serviços relacionados à manutenção, correção das atividades já realizadas e operação do bombeamento instalado no *sump* do reservatório. Em abril de 2025, com o fim do período chuvoso, foram retomadas as obras de descaracterização com a conclusão da remoção do maciço remanescente do 10º alteamento (Etapa 1 - Fase 2B), execução de lastro no reservatório para acesso dos equipamentos e o início da remoção do rejeito do reservatório referente à Etapa 1 – Fase 3A.

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;

Etapla 1 - Fase 1 – Remoção Parcial do Rejeito do Reservatório e do Maciço do 11º Alçamento

- 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 alçamento;
- Relocação do *sump* para a fase seguinte das obras.

Etapla 1 - Fase 2 – Remoção Parcial do Rejeito do Reservatório e do Maciço do 10º Alçamento

- 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 alçamento (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 alçamento;
- Impermeabilização do reservatório;
- Remoção do revestimento em lona PEBD do reservatório;
- Remoção do maciço remanescente do 10º alçamento.

Etapla 1 - Fase 3 – Remoção Parcial do Rejeito do Reservatório e do Maciço do 9º Alçamento

- Execução de lastro no reservatório para acesso de equipamentos;
- Aprofundamento do *sump* existente em 2,0 m → em andamento;
- Remoção do rejeito do reservatório em camadas de aproximadamente 2,0 m de espessura seguindo os mesmos procedimentos das fases anteriores até a elevação do pé de montante do maciço do 9º alçamento (El. média 1.110,00 m) → em andamento.

A seguir são apresentadas figuras referentes a Etapa 1 - Fase 3 do projeto de descaracterização da Barragem B2-Mina Tico-Tico.

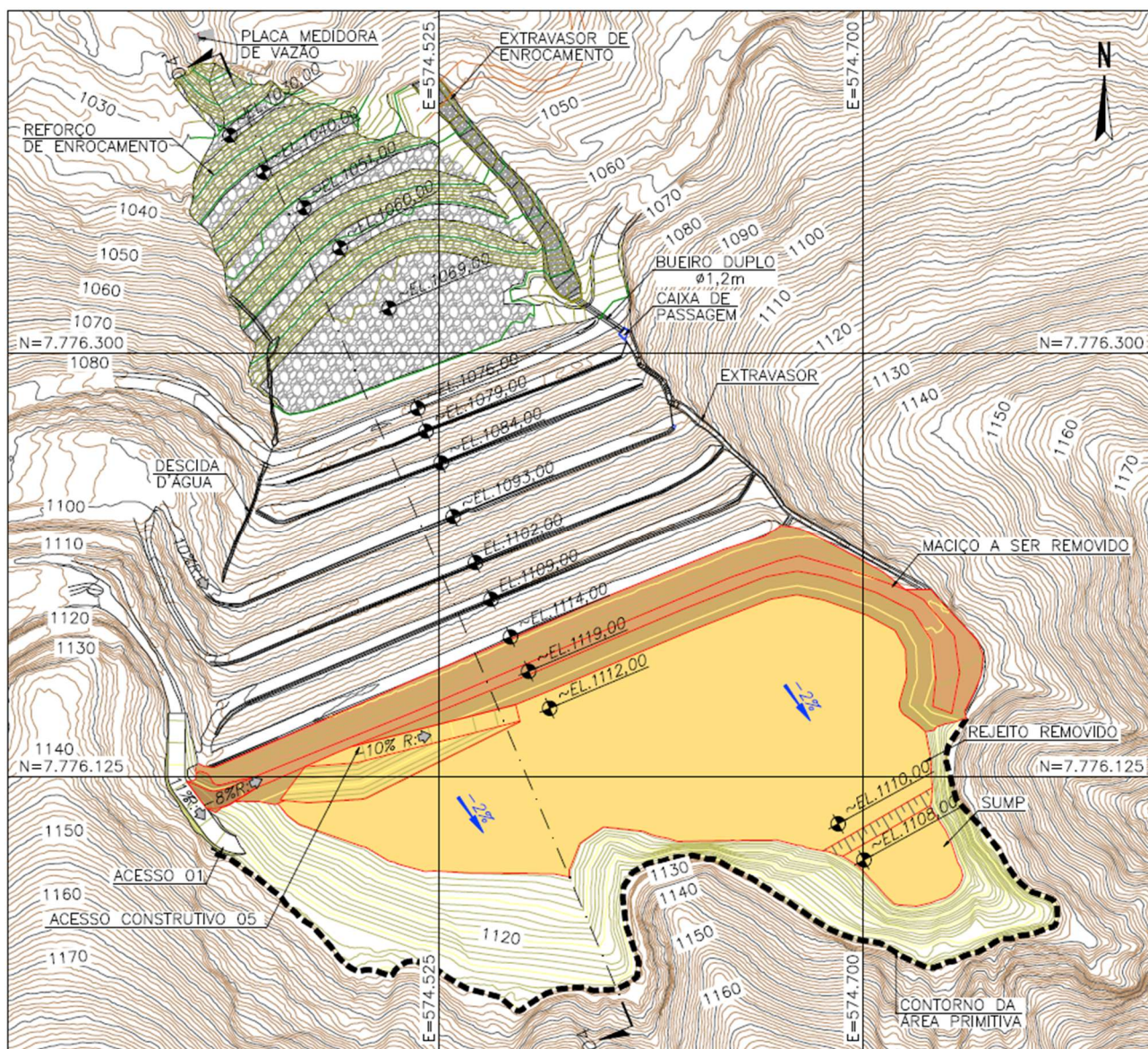


Figura 6.2 – Sequência Construtiva – Planta – Etapa 1-Fase 3A (IPE.OP.DE.8000.GT.20.747).

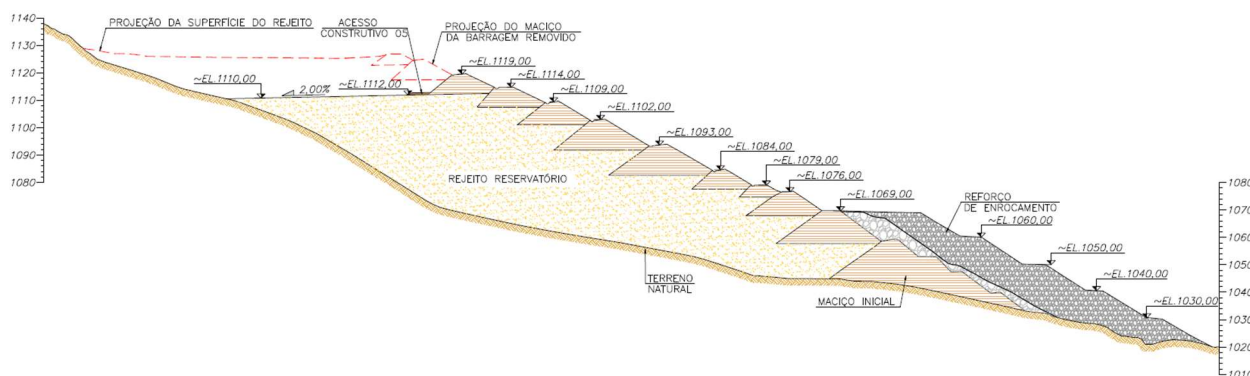


Figura 6.3 – Sequência Construtiva – Seção D-D' – Etapa 1 - Fase 3A (IPE.OP.DE.8000.GT.20.717).

6.1.6 Levantamento Topográfico – Obras Executadas

Com a retomada das obras em abril de 2025, os levantamentos topográficos e ortofotos de acompanhamento das obras estão sendo realizados pela MMI com frequência semanal, de modo a se ter registro e controle das obras. A seguir é apresentado o levantamento realizado pela MMI em 01/05/2025 (ACAD_ATUALIZACAO_GERAL_MMI_01MAI25.dwg) e ortofoto apresentando a condição do reservatório no dia 28/04/2025.

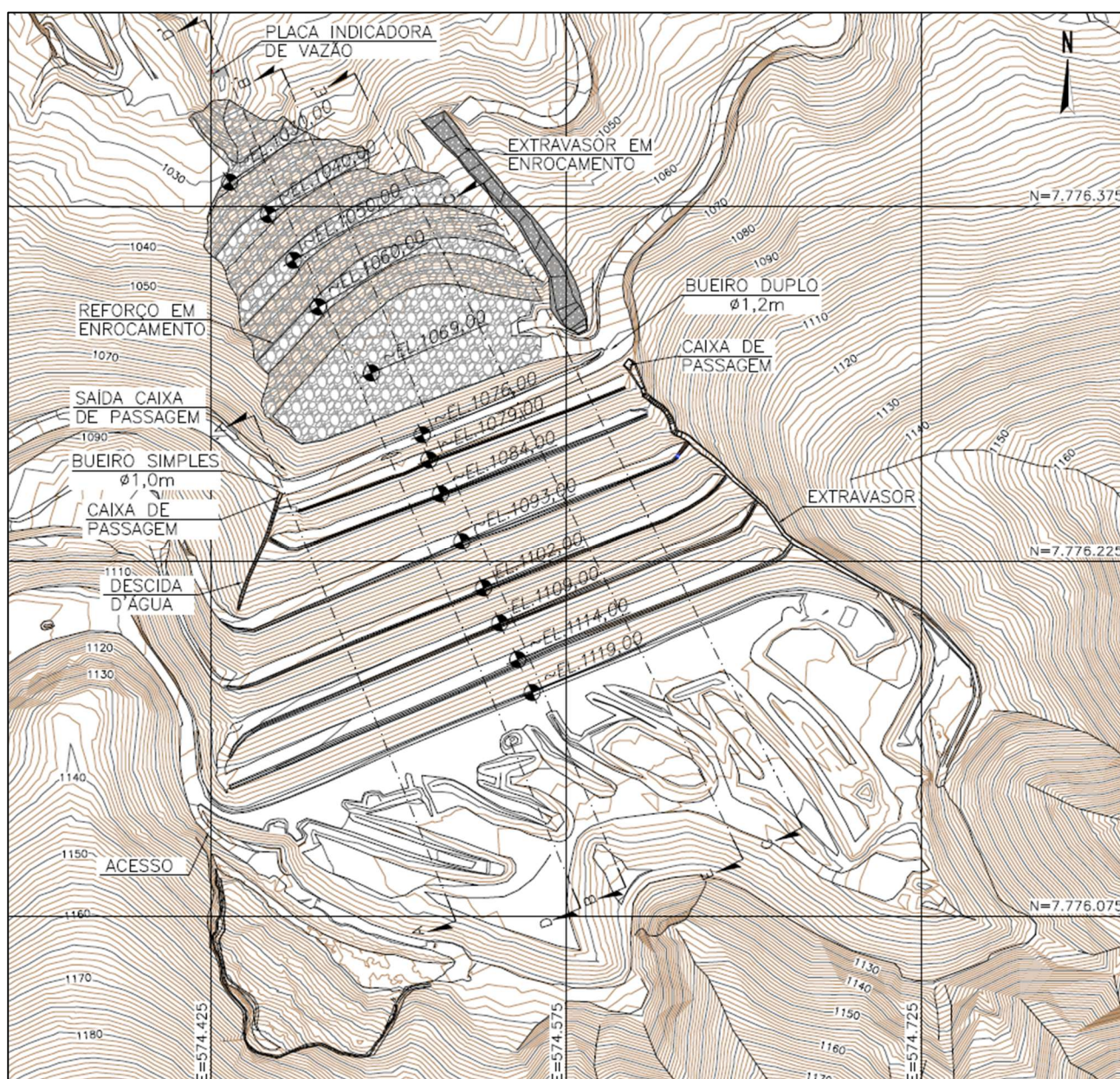


Figura 6.4 – Levantamento topográfico 01/05/2025 – Obras Executadas - Planta.



Figura 6.5 – Imagem aérea da Barragem B2 – Mina Tico-Tico. (Ortofoto 28/04/25 - fornecida pela MMI).

A partir do levantamento topográfico (ACAD_ATUALIZACAO_GERAL_MMI_01MAI25.dwg) enviado pela MMI, verifica-se que até o momento (01/05/2025) foi removido aproximadamente 214.000 m³ de rejeitos. A curva elevação x volume da escavação acumulada executada é apresentada na Figura 6.6.

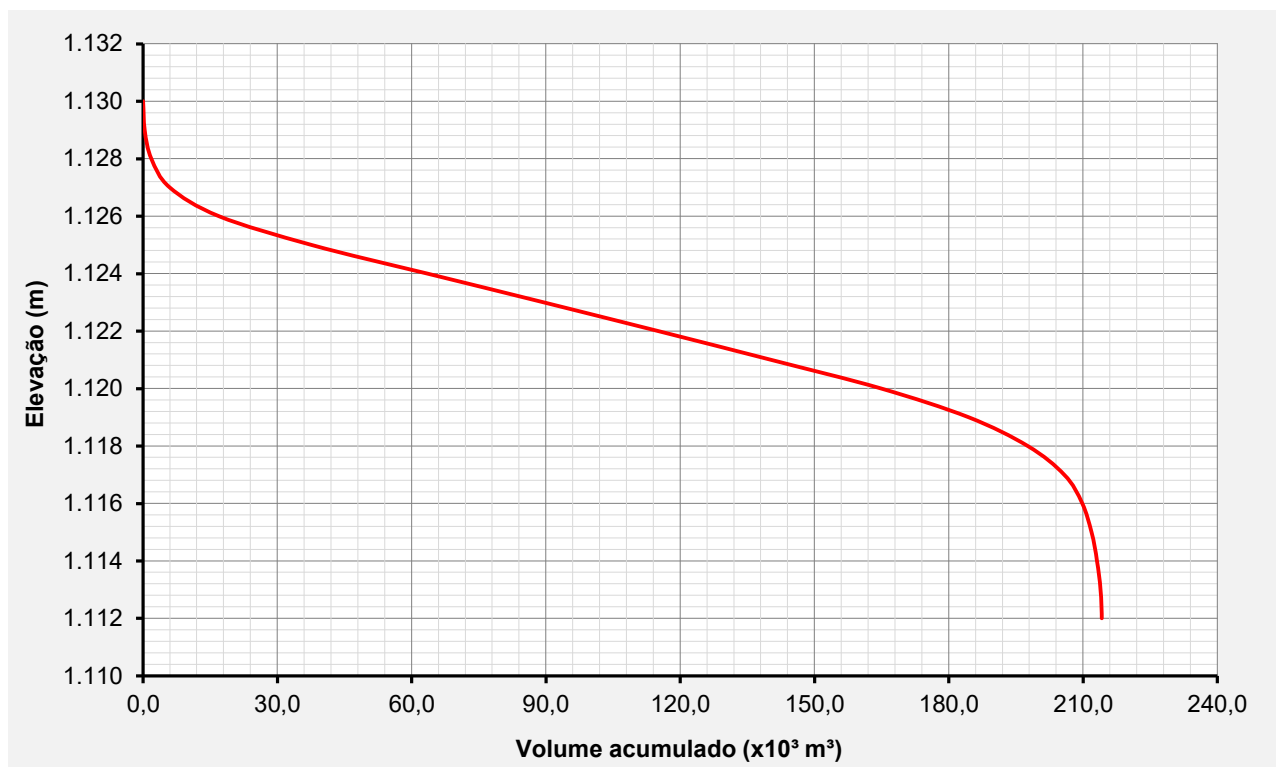


Figura 6.6 – Curva elevação x volume – Remoção Executada.

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 3A) e o que foi executado até o momento.

As geometrias de projeto são apresentadas em linhas tracejadas em vermelho.

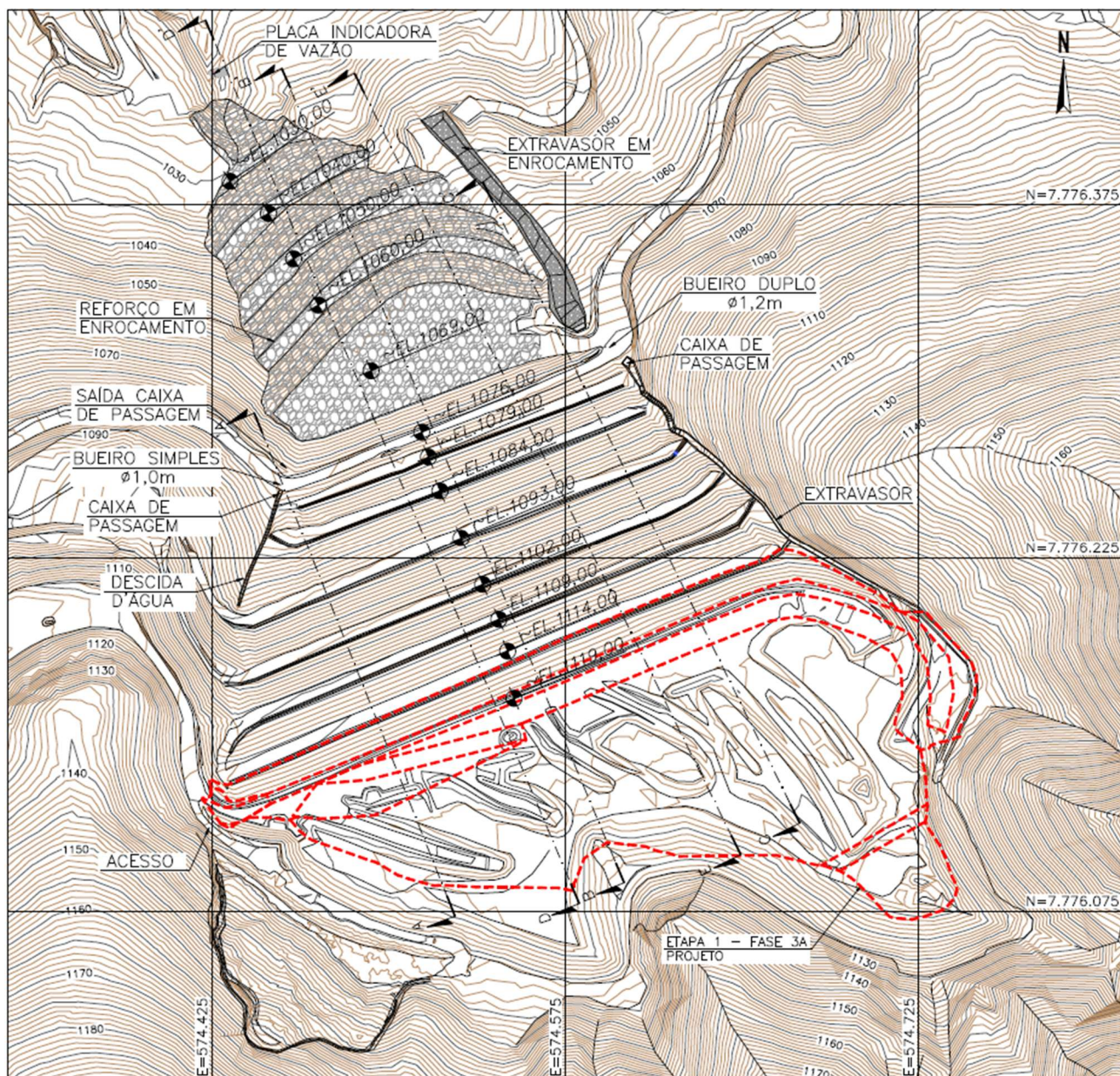


Figura 6.7 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 3A) x Executado – Planta.

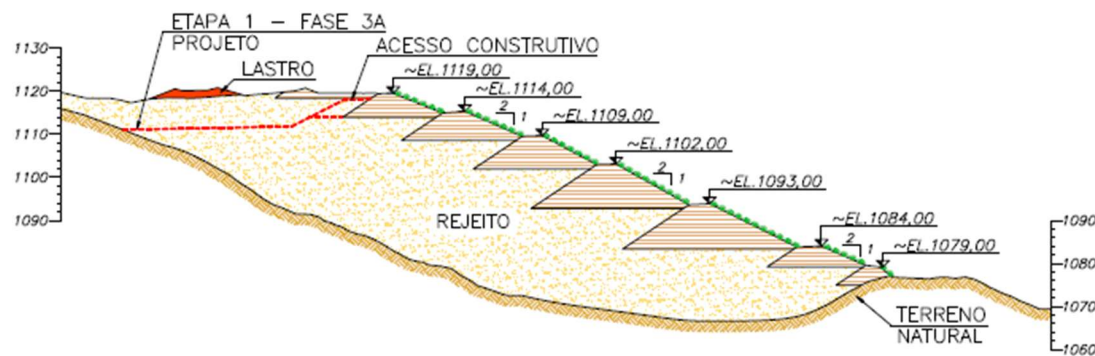


Figura 6.8 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 3A) x Executado – Seção A-A'.

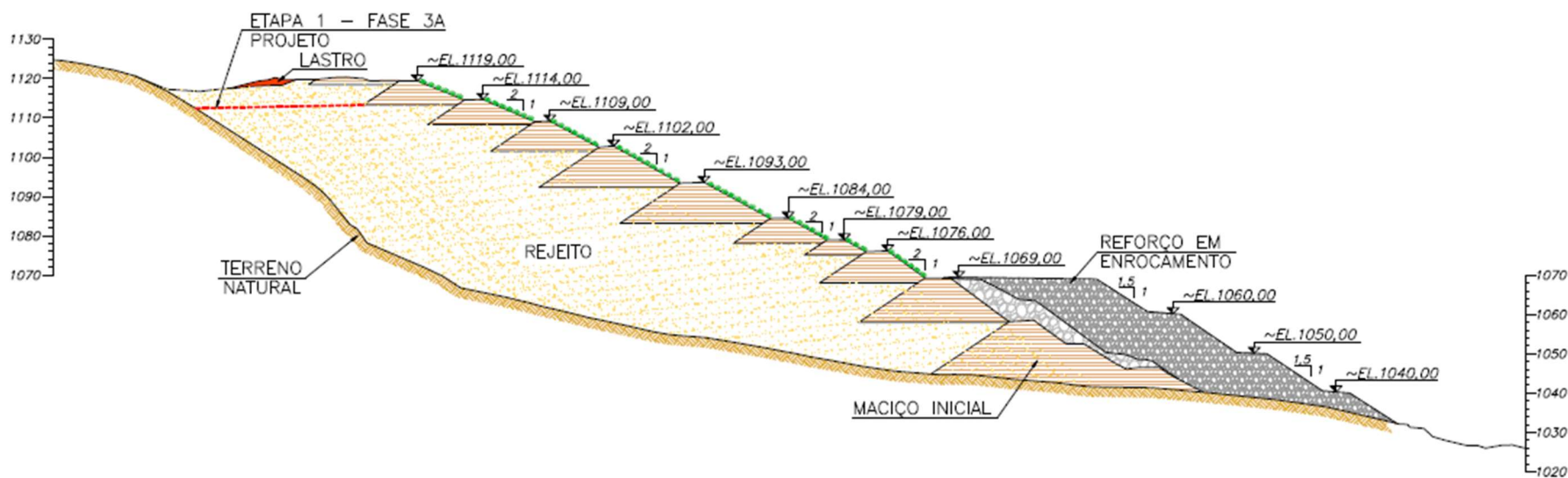


Figura 6.9 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 3A) x Executado – Seção B-B'.

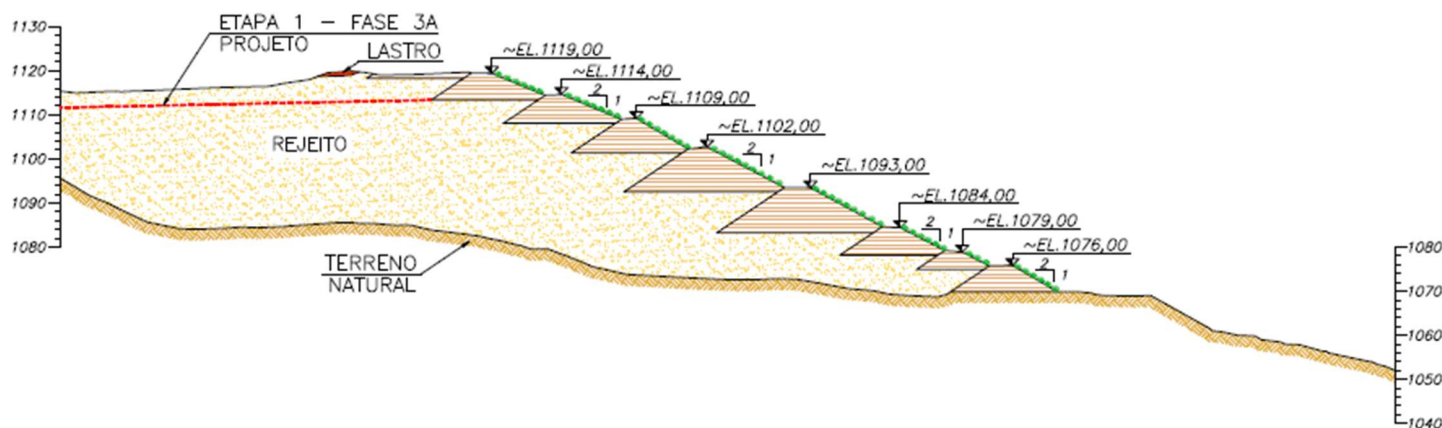


Figura 6.10 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 3A) x Executado – Seção C-C’.

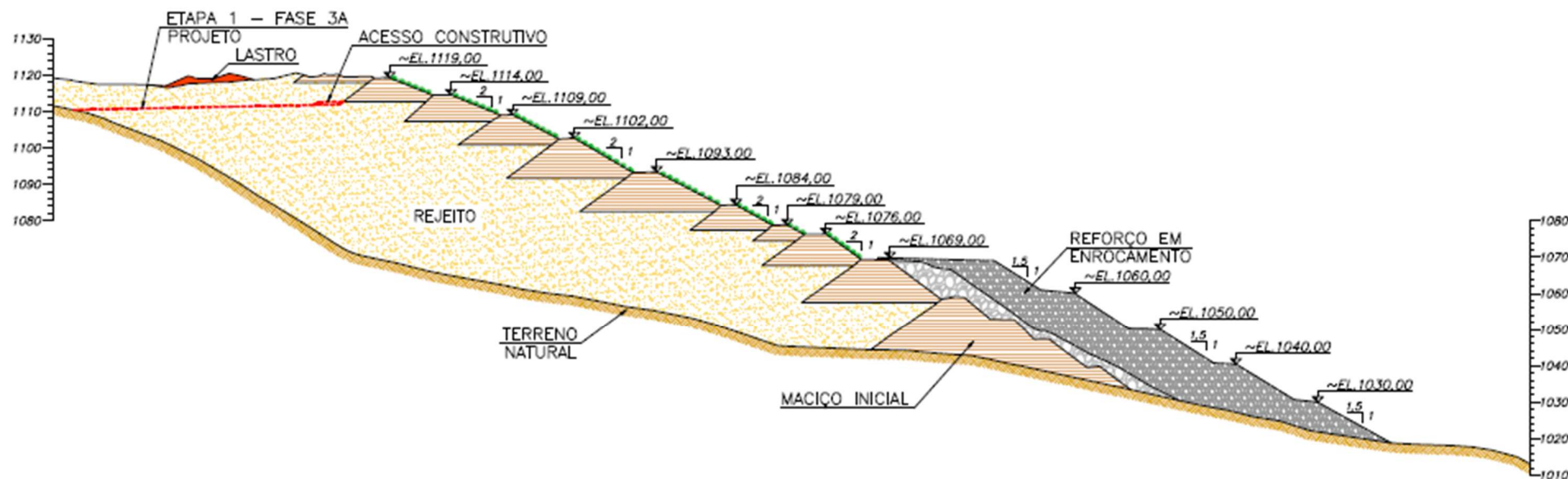


Figura 6.11 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 3A) x Executado – Seção D-D’.

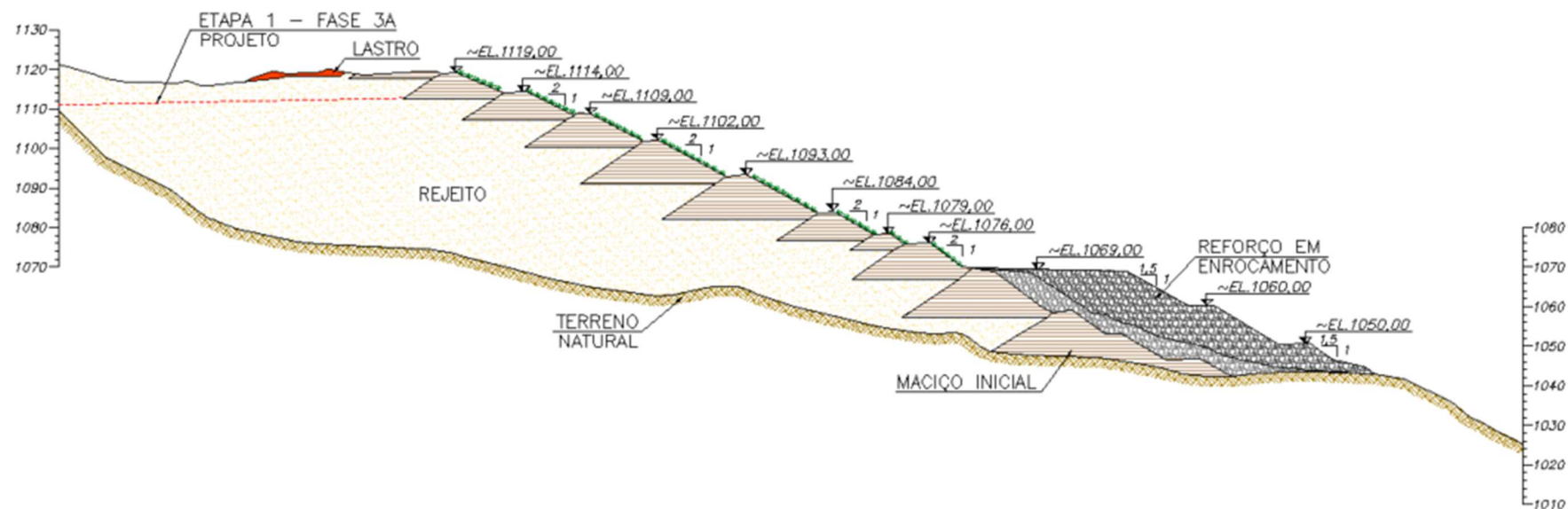


Figura 6.12 – Comparativo Projeto (Etapa 1 - Fase 3A) x Executado – Seção E-E'.

Verifica-se que os serviços já executados ficaram bem próximos ao 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. Atualmente, a obra se encontra na execução da Etapa 1 – Fase 3A, com o avanço nas escavações na região do reservatório e do *sump*.

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).

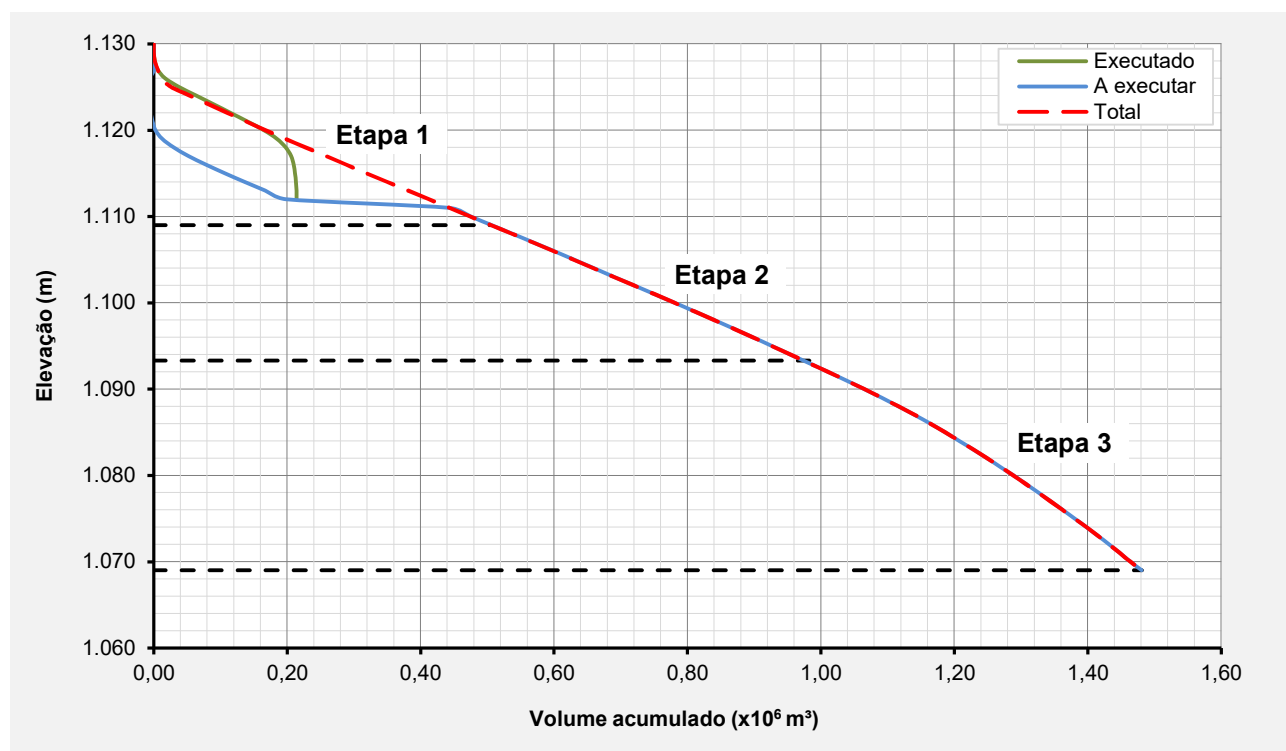


Figura 6.13 – Curva elevação-volume – Comparativo andamento das obras.

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 (fevereiro/2025 a abril/2025).

Tabela 6.3 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B2 – Mina Tico-Tico – 1ª quinzena de fev./2025 a 2ª quinzena de abr./2025.

ID	ANOMALIA	Fevereiro/25		Março/25		Abril/25	
		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 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.						
31	MATERIAL PROVENIENTE DA LIMPEZA DE CANALETA DEPOSITADO NAS BERMAS	-	-	-	-		
42	PRESENÇA DE TOCAS DE ANIMAIS NO TALUDE DE JUSANTE	-	-	-	-	-	
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			-	-	-	-
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		-	-	-	-	-
55	MATERIAL DE CONSTRUÇÃO REMANESCENTE DEPOSITADO NA BERMA.				-	-	-
56	PROCESSO EROSIVO EM DESENVOLVIMENTO EM TALUDE ESCAVADO NA MARGEM ESQUERDA DO RESERVATÓRIO.						
57	BASE DE CONCRETO DO INA-37 DANIFICADA.						
58	BLOCO OBSTRUINDO A DESCIDA D'ÁGUA DA OMBREIRA ESQUERDA.						-
59	RESTOS DE REVESTIMENTO EM PEBD ACUMULADOS DENTRO DO RESERVATÓRIO.						
60	BERMA ELEV. 1.094,0 SEM DECLIVIDADE DIRECIONADA PARA CANALETA.						

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 36 (trinta e seis) indicadores de nível d'água com leitura manual; 1 (um) indicador de nível d'água automatizado, 16 (dezesesseis) piezômetros de tubo aberto do tipo Casagrande e 8 (oito) piezômetros automatizados, 13 (treze) 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 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 março/2025.

Devido ao avanço das obras de descaracterização, o piezômetro PZ-13 está sem acesso e foi necessária a remoção do piezômetro PZ-07 e dos marcos superficiais MS-01 e MS-02.

Na 1ª quinzena de abril de 2025, foram instalados 10 novos marcos de deslocamentos na estrutura, os quais foram cadastrados em 17/04/2025. Os marcos remanescentes MS-03, MS-04 e MS-05 foram recadastrados e renumerados, passando a ter nova numeração, sendo: MS-04, MS-03 e MS-13, respectivamente.

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.

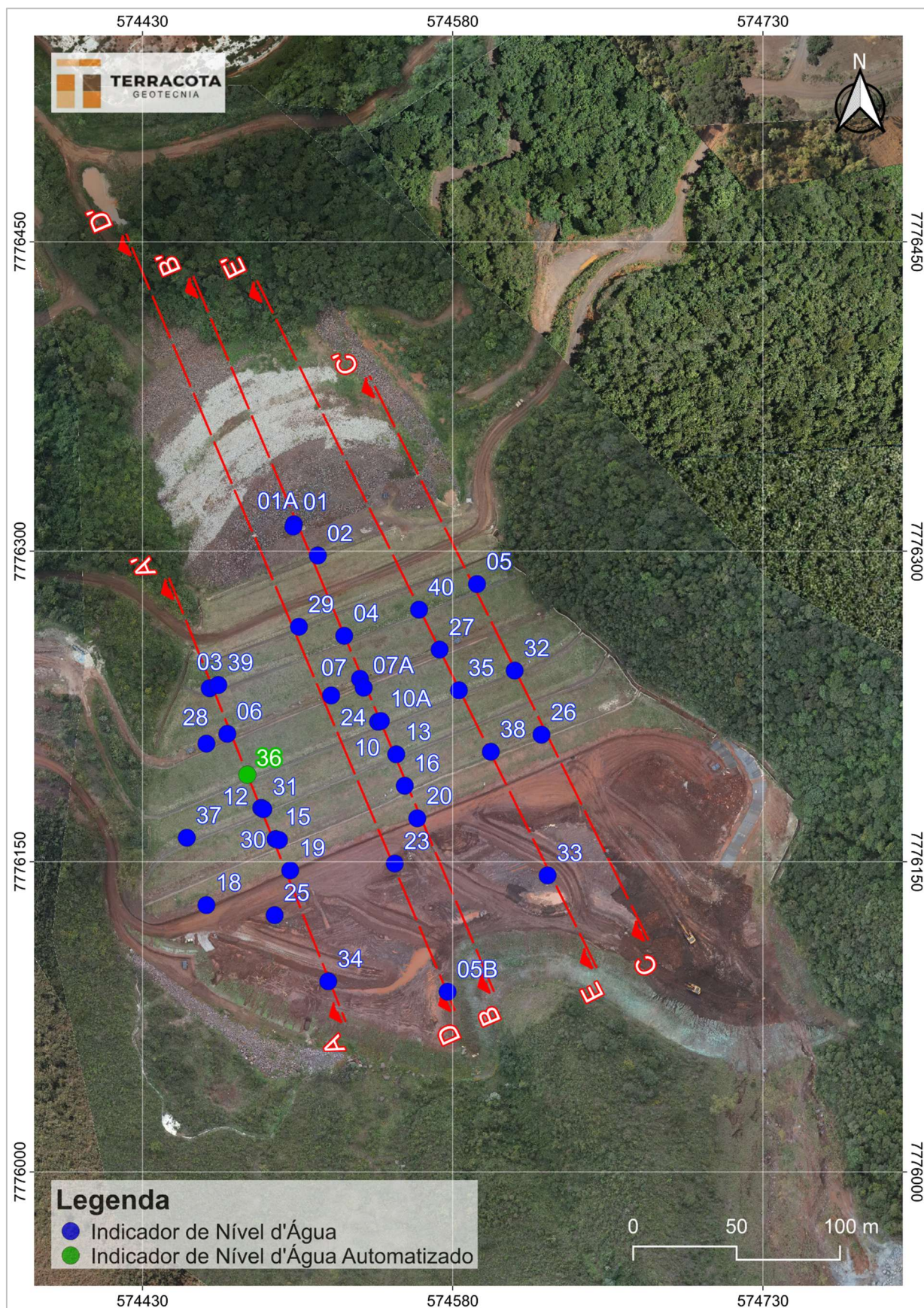


Figura 6.14 – Localização dos indicadores de nível d'água.

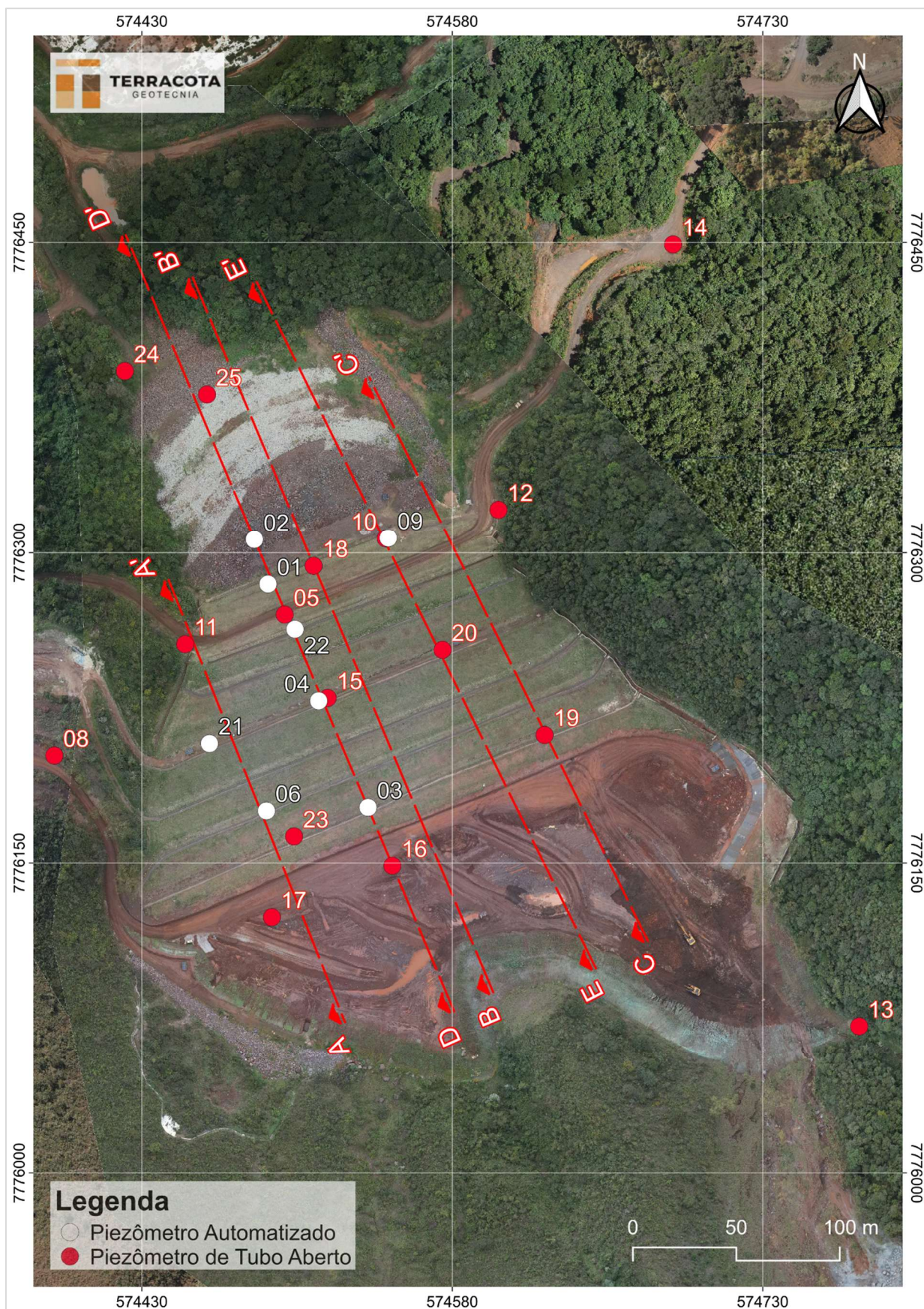


Figura 6.15 – Localização dos piezômetros.

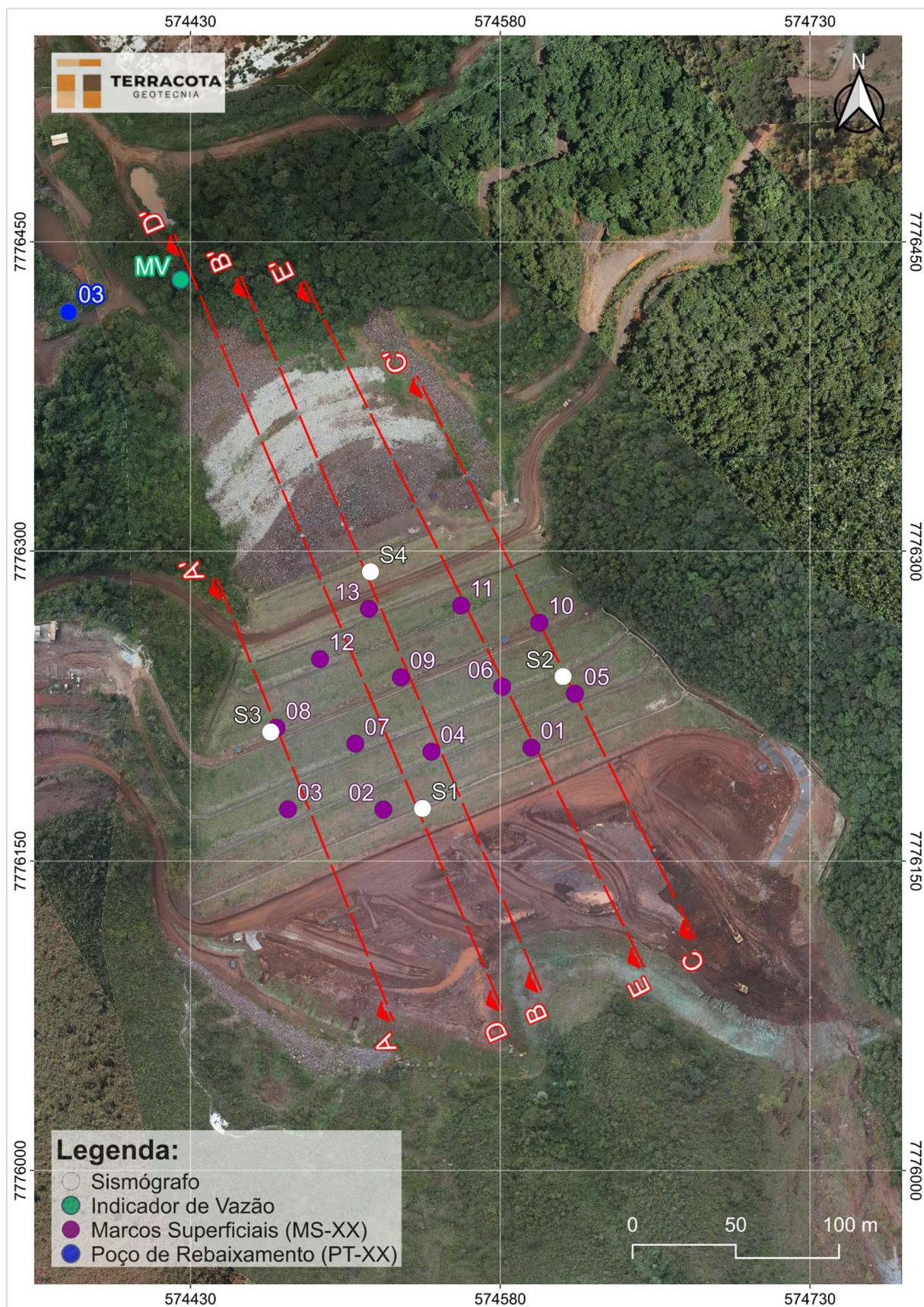


Figura 6.16 – Localização dos marcos superficiais, sismógrafos, indicador de vazão e poço de rebaixamento.

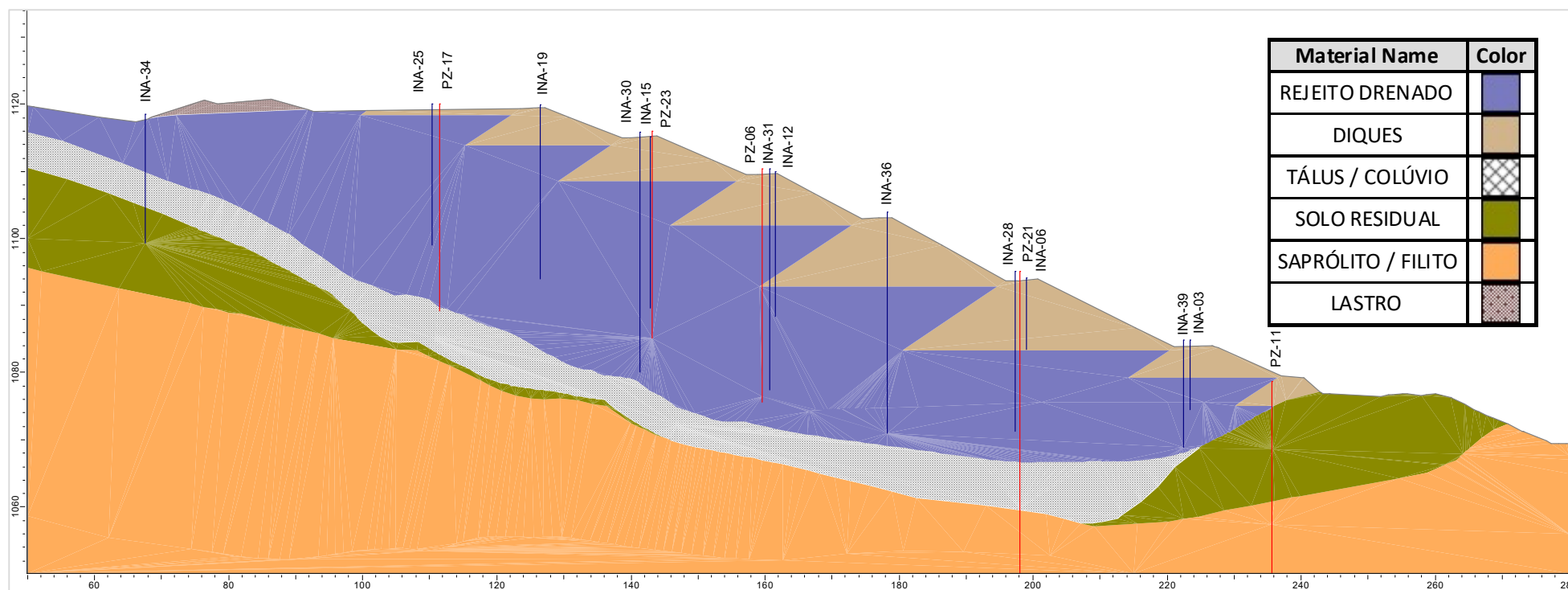


Figura 6.17 – Seção transversal de controle A-A' (Condição em 01/05/2025).

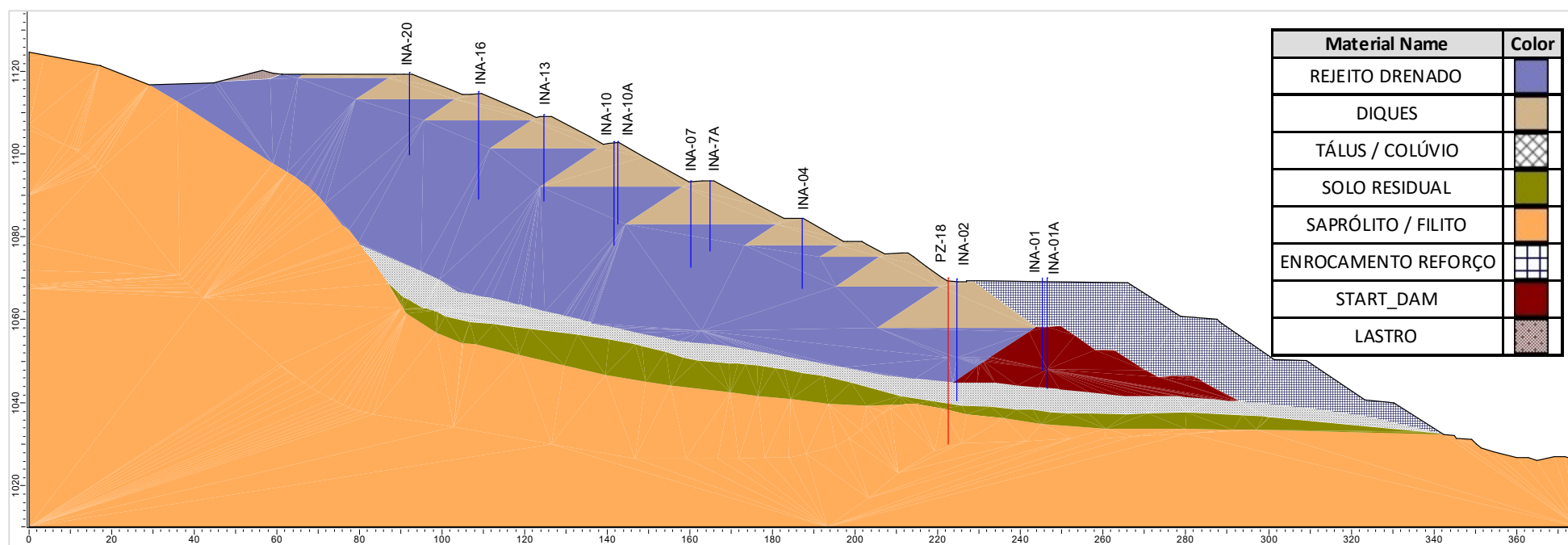


Figura 6.18 – Seção transversal de controle B-B' (Condição em 01/05/2025).

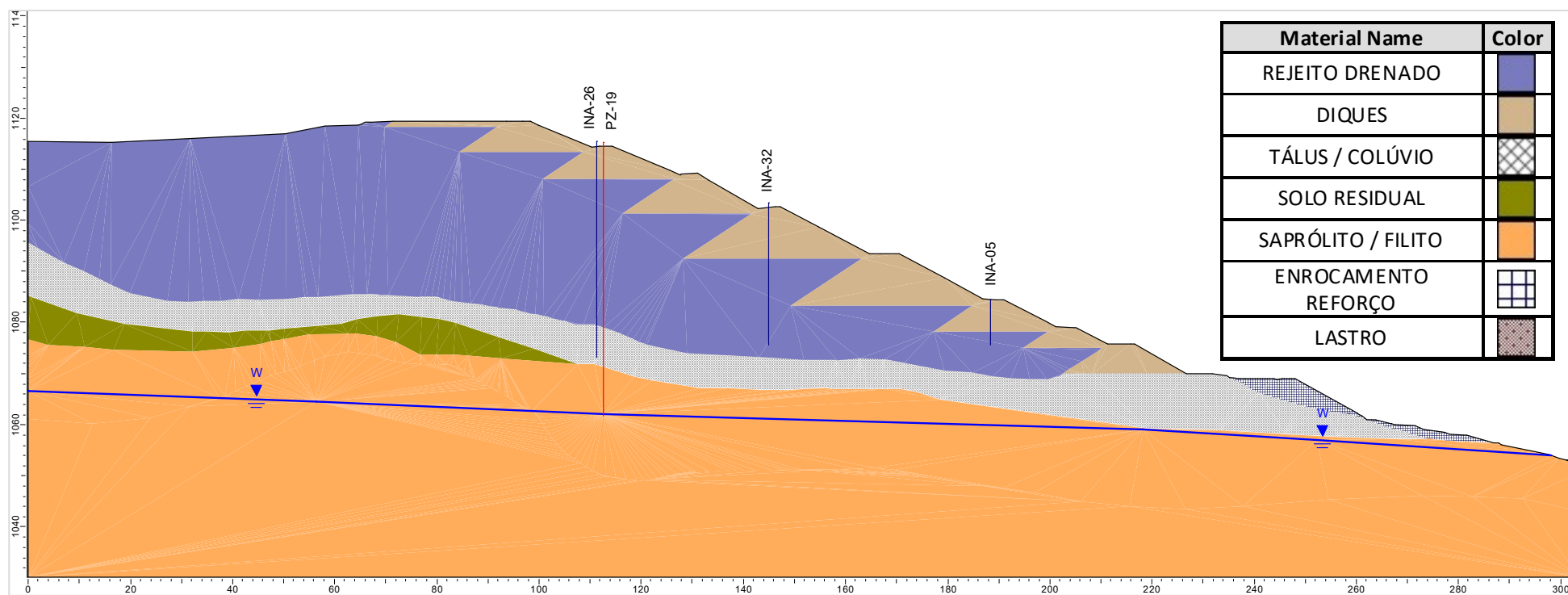


Figura 6.19 – Seção transversal de controle C-C' (Condição em 01/05/2025).

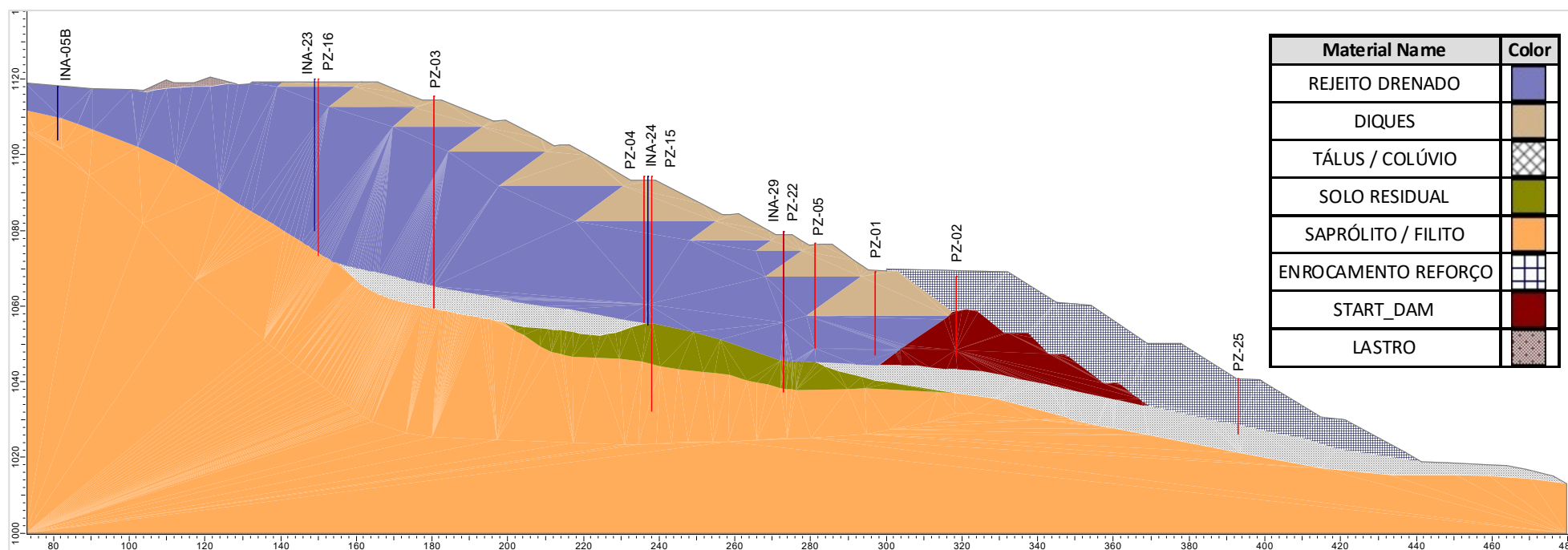


Figura 6.20 – Seção transversal de controle D-D' (Condição em 01/05/2025).

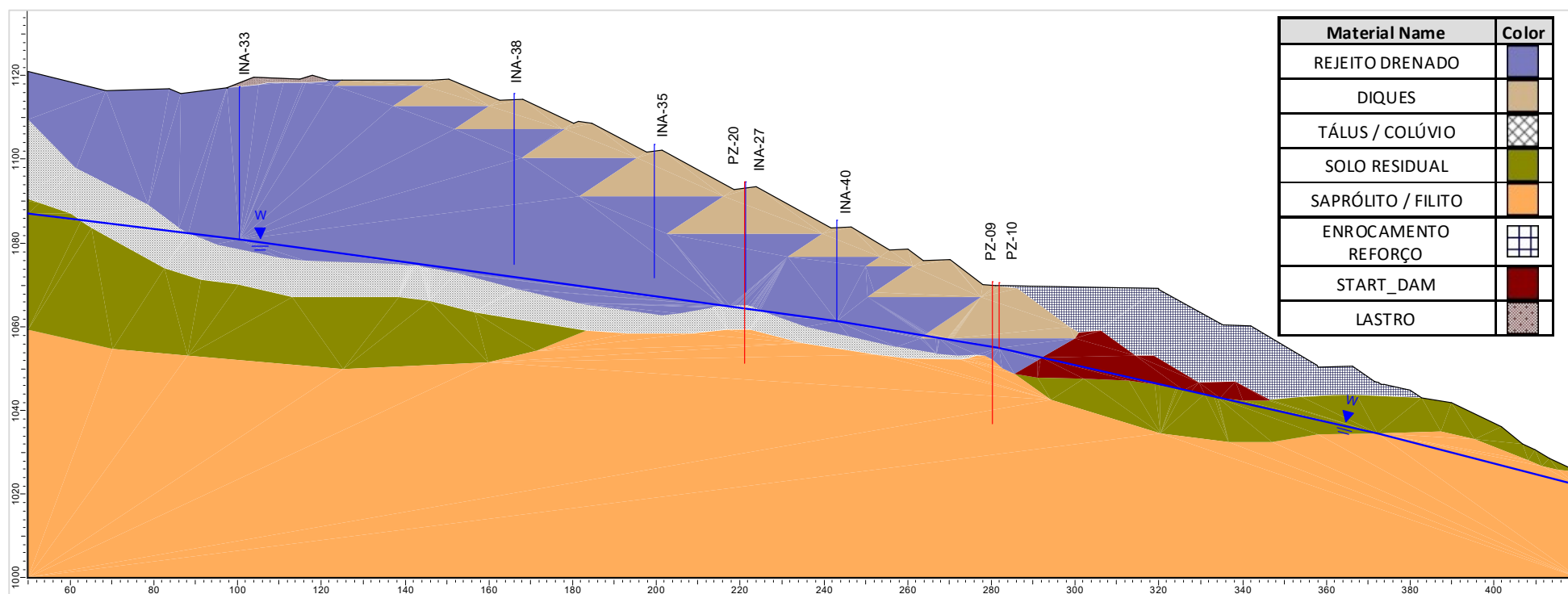


Figura 6.21 – Seção transversal de controle E-E' (Condição em 01/05/2025).

Tabela 6.4 – Locação, características, leitura (30/04/2025) 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) (30/04/2025)	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	1.099,32	19,22	SECO	1.102,00	1.103,00	1.104,00
	INA-25	574.493,944	7.776.124,174	1.125,51 ⁽⁴⁾	1.098,96	26,55	SECO	1.099,46	1.099,76	1.099,96
	PZ-17	574.492,893	7.776.123,796	1.125,52 ⁽⁴⁾	1.089,24	36,28	SECO	1.093,50	1.095,00	1.096,00
	INA-19	574.501,437	7.776.145,795	1.119,96	1.093,90	26,06	SECO	1.094,40	1.094,70	1.094,90
	INA-30	574.496,028	7.776.160,454	1.115,90	1.080,01	35,89	SECO	1.092,50	1.093,00	1.094,00
	INA-15	574.494,387	7.776.160,916	1.115,20	1.089,65	25,55	SECO	1.092,50	1.093,00	1.094,00
	PZ-23	574.503,574	7.776.162,871	1.115,96	1.085,15	30,81	SECO	1.092,50	1.093,00	1.094,00
	PZ-06 ⁽¹⁾	574.490,218	7.776.175,201	1.110,33	1.075,53	34,80	1.076,39	1.090,00	1.091,00	1.092,00
	INA-31	574.488,447	7.776.175,368	1.110,33	1.077,38	32,95	SECO	1.090,00	1.091,00	1.092,00
	INA-12	574.487,432	7.776.175,985	1.109,95	1.088,33	21,62	1.089,61 ⁽³⁾	1.090,00	1.091,00	1.092,00
	INA-36 ⁽¹⁾	574.480,696	7.776.192,019	1.103,90	1.070,88	33,02	1.070,59 ⁽²⁾	1.082,50	1.083,25	1.084,00
	INA-28	574.460,943	7.776.207,008	1.095,14	1.071,25	23,89	SECO	1.076,50	1.078,00	1.079,00
	PZ-21 ⁽¹⁾	574.462,687	7.776.207,739	1.095,07	1.048,62	46,45	1.059,59	1.066,00	1.068,00	1.071,00
	INA-06	574.471,040	7.776.211,750	1.094,03	1.083,36	10,67	SECO	1.083,86	1.084,16	1.084,36
	INA-03	574.462,517	7.776.233,802	1.084,82	1.074,43	10,39	SECO	1.074,93	1.075,23	1.076,30
	INA-39	574.466,682	7.776.235,354	1.084,90	1.068,81	16,09	1.071,12 ⁽³⁾	1.073,00	1.073,75	1.076,50
	PZ-11	574.450,970	7.776.255,740	1.078,64	1.027,43	51,21	1.043,80	1.063,00	1.065,00	1.067,00
B-B'	INA-20	574.562,876	7.776.170,936	1.119,96	1.099,75	20,21	COLMATADO	1.100,25	1.100,55	1.100,75
	INA-16	574.556,831	7.776.186,690	1.115,27	1.089,27	26,00	SECO	1.089,77	1.090,07	1.090,27
	INA-13	574.552,708	7.776.201,867	1.109,66	1.088,62	21,04	SECO	1.089,12	1.089,42	1.089,62

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/04/2025)	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	1.078,01	25,15	SECO	1.078,51	1.078,81	1.079,01
	INA-10A	574.545,267	7.776.217,956	1.103,23	1.083,17	20,06	SECO	1.083,67	1.083,97	1.084,17
	INA-07	574.535,188	7.776.238,345	1.093,66	1.072,70	20,96	SECO	1.073,20	1.073,50	1.078,00
	INA-07A	574.536,982	7.776.234,018	1.093,64	1.076,68	16,96	SECO	1.077,18	1.077,48	1.078,00
	INA-04	574.527,552	7.776.259,135	1.084,46	1.067,61	16,85	SECO	1.068,11	1.068,41	1.071,00
	INA-02	574.514,796	7.776.297,920	1.069,90	1.040,25	29,65	1.041,22	1.054,50	1.056,50	1.061,00
	PZ-18	574.513,017	7.776.293,664	1.070,12	1.029,98	40,14	1.038,02	1.054,50	1.056,50	1.061,00
	INA-01	574.503,220	7.776.313,342	1.070,05	1.047,79	22,26	DANIFICADO	1.050,00	1.052,50	1.055,00
	INA-01A	574.502,899	7.776.311,911	1.070,05	1.043,29	26,76	1.047,92	1.050,00	1.052,50	1.055,00
C-C'	INA-26	574.622,923	7.776.211,341	1.115,50	1.073,22	42,28	SECO	1.080,50	1.082,50	1.087,00
	PZ-19	574.624,640	7.776.211,878	1.115,34	1.061,70	53,64	1.061,97	1.080,50	1.082,50	1.087,00
	INA-32	574.609,982	7.776.242,314	1.103,39	1.075,65	27,74	SECO	1.077,50	1.079,50	1.084,00
	INA-05	574.591,761	7.776.284,132	1.084,49	1.075,57	8,92	SECO	1.076,07	1.076,37	1.076,57
D-D'	INA-05B	574.577,560	7.776.087,144	1.117,91	1.103,80	14,11	SECO	1.111,50	1.112,50	1.114,50
	INA-23	574.552,009	7.776.149,087	1.125,75 ⁽⁴⁾	1.079,79	45,96	SECO	1.080,29	1.080,59	1.082,00
	PZ-16	574.551,073	7.776.148,709	1.125,58 ⁽⁴⁾	1.073,44	52,14	SECO	1.075,50	1.077,75	1.083,25
	PZ-03 ⁽¹⁾	574.539,333	7.776.176,864	1.115,36	1.059,37	55,99	1.059,56	1.061,50	1.063,00	1.066,00
	PZ-04 ⁽¹⁾	574.515,454	7.776.228,365	1.094,40	1.055,76	38,64	1.060,47	1.068,00	1.072,00	1.076,00
	INA-24	574.521,245	7.776.230,297	1.094,38	1.055,03	39,35	1.059,49	1.068,00	1.072,00	1.076,00
	PZ-15	574.519,798	7.776.229,746	1.094,39	1.032,28	62,11	1.045,59	1.053,50	1.055,00	1.057,50
	INA-29	574.505,661	7.776.263,490	1.079,74	1.046,61	33,13	1.055,65	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) (30/04/2025)	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	1.037,19	42,52	1.041,61	1.045,00	1.047,00	1.048,00
	PZ-05	574.499,050	7.776.270,044	1.076,62	1.048,78	27,84	1.048,90	1.059,00	1.063,00	1.068,00
	PZ-01 ⁽¹⁾	574.490,976	7.776.284,809	1.069,15	1.046,98	22,17	1.048,00	1.056,00	1.058,50	1.062,50
	PZ-02 ⁽¹⁾	574.484,379	7.776.306,479	1.070,30	1.046,39	23,91	1.048,28	1.052,00	1.054,00	1.056,00
	PZ-25	574.461,511	7.776.376,685	1.040,83	1.026,15	14,68	1.028,59	1.029,00	1.030,25	1.032,75
E-E'	INA-33	574.625,885	7.776.143,361	1.117,32	1.080,90	36,42	SECO	1.085,00	1.087,00	1.092,00
	INA-38	574.598,447	7.776.203,110	1.115,64	1.074,93	40,71	SECO	1.079,00	1.080,50	1.084,50
	INA-35	574.583,022	7.776.232,800	1.103,43	1.071,71	31,72	SECO	1.074,50	1.075,00	1.079,50
	PZ-20	574.575,328	7.776.253,021	1.094,52	1.051,21	43,31	SECO	1.070,00	1.071,50	1.076,50
	INA-27	574.573,684	7.776.252,453	1.094,57	1.068,25	26,32	SECO	1.070,00	1.071,50	1.076,50
	INA-40	574.563,720	7.776.271,753	1.085,49	1.061,39	24,10	SECO	1.065,00	1.067,50	1.072,00
	PZ-09 ⁽¹⁾	574.549,100	7.776.307,150	1.070,61	1.036,67	33,94	1.042,35	1.058,00	1.060,00	1.064,00
	PZ-10	574.547,874	7.776.306,960	1.070,52	1.054,84	15,68	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	1.109,56	10,48	SECO	Próximo à ombreira esquerda		
	INA-37	574.451,457	7.776.161,553	1.110,82	1.076,60	34,22	SECO	Próximo à ombreira esquerda		
	PZ-07	574.726,619	7.776.093,729	1.129,25	1.078,55	50,70	REMOVIDO	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-08	574.387,740	7.776.201,920	1.116,25	1.053,14	63,11	1.058,76	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-12	574.602,350	7.776.320,922	1.075,37	1.022,64	52,73	1.045,06	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-13	574.776,640	7.776.071,051	1.130,75	1.068,63	62,12	SEM ACESSO	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-14	574.686,697	7.776.449,072	1.056,05	1.005,30	50,75	1.037,55	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-24	574.421,807	7.776.387,927	1.030,48	1.026,52	3,96	SECO	Monitoramento hidrogeológico		

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/04/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A'	MS-03	574.477,248	7.776.175,070	1.109,619	-	-	-	Não aplicável		
	MS-08	574.471,766	7.776.214,468	1.094,285	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-04	574.546,710	7.776.202,958	1.109,307	-	-	-	Não aplicável		
	MS-09	574.531,903	7.776.238,927	1.094,265	-	-	-	Não aplicável		
	MS-13	574.516,436	7.776.272,086	1.078,964	-	-	-	Não aplicável		
C-C'	MS-05	574.616,164	7.776.231,009	1.109,362	-	-	-	Não aplicável		
	MS-10	574.598,943	7.776.265,377	1.094,238	-	-	-	Não aplicável		
D-D'	MS-02	574.523,402	7.776.174,947	1.115,180	-	-	-	Não aplicável		
	MS-07	574.509,859	7.776.206,806	1.102,949	-	-	-	Não aplicável		
	MS-12	574.492,761	7.776.247,792	1.084,550	-	-	-	Não aplicável		
E-E'	MS-01	574.595,132	7.776.204,880	1.114,934	-	-	-	Não aplicável		
	MS-06	574.580,989	7.776.234,402	1.103,160	-	-	-	Não aplicável		
	MS-11	574.561,076	7.776.273,660	1.084,663	-	-	-	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- Leitura discrepante em relação aos instrumentos adjacentes. Instrumento considerado "seco";
- 4- Cota de topo ainda não atualizada após remoção do maciço do 10º alteamento.

6.2.3.1 Leituras Instrumentação

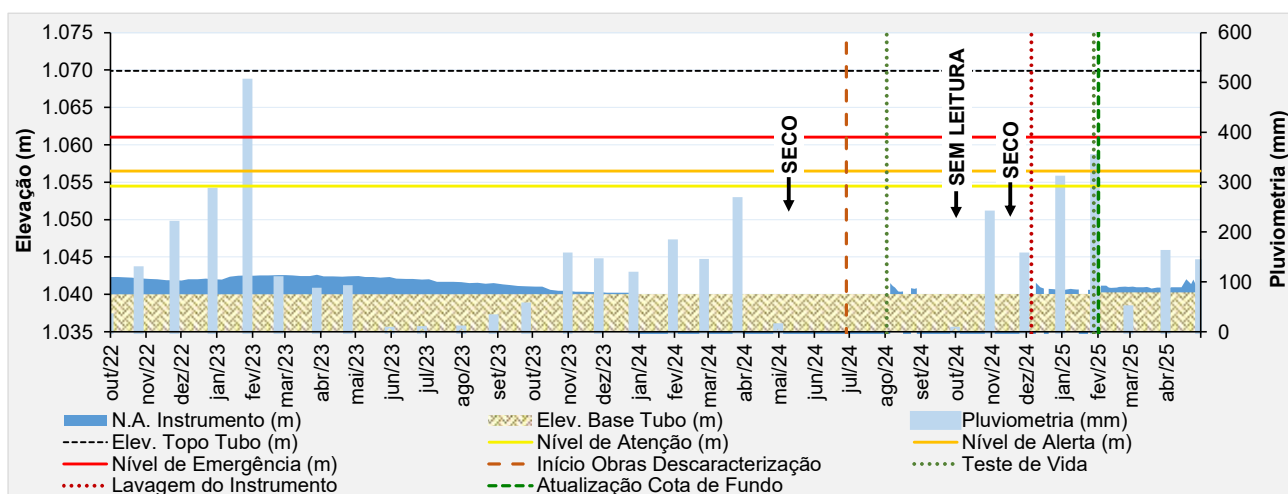
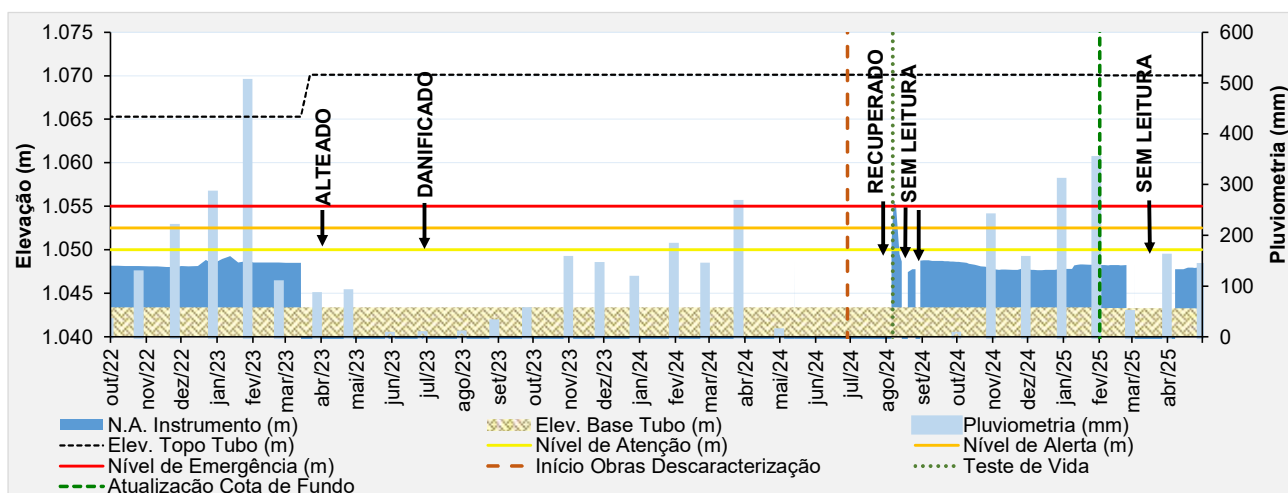
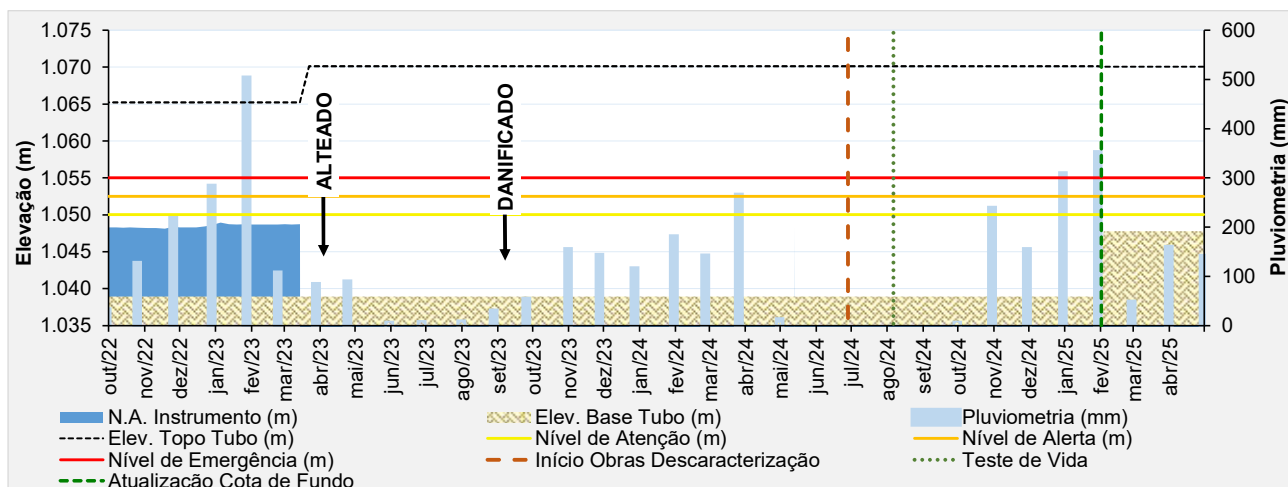
As leituras dos níveis nos INA's e PZ's eram realizadas semanalmente e passaram a ser três vezes por semana após o início das obras de descaracterização da estrutura. Os deslocamentos dos Marcos Superficiais são aferidos semanalmente. Já os instrumentos automatizados realizam um monitoramento constante, 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 04/2025, 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, pôde-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. Em outubro/2024, com a paralisação das obras devido ao início do período chuvoso 2024/2025, o reservatório foi revestido com lona PEBD, de modo a tentar reduzir a infiltração decorrente das precipitações. Em abril de 2025, o revestimento em PEBD foi removido com a retomada das obras de descaracterização.



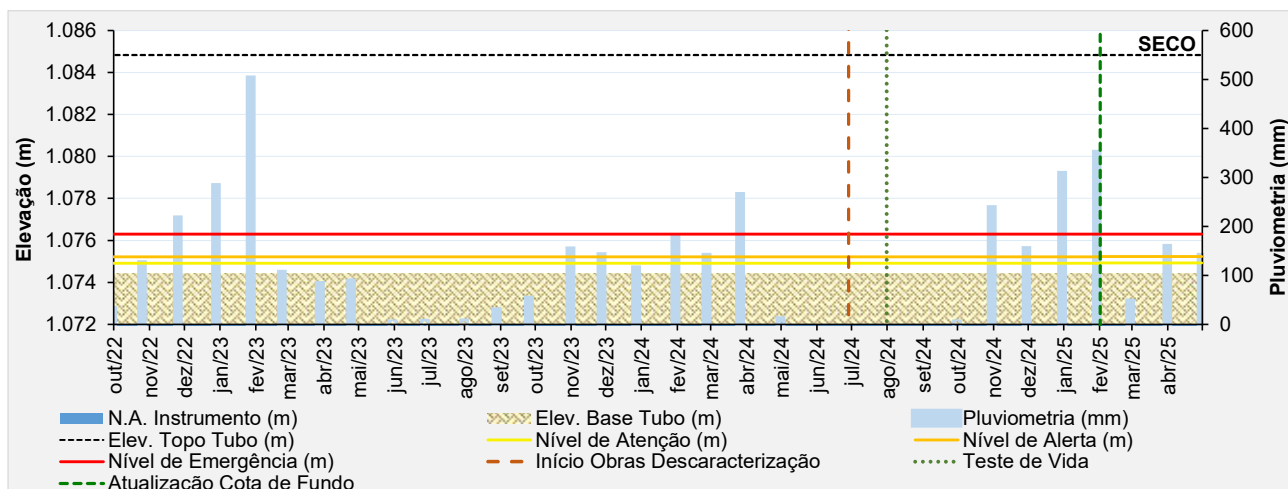


Figura 6.25 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-03.

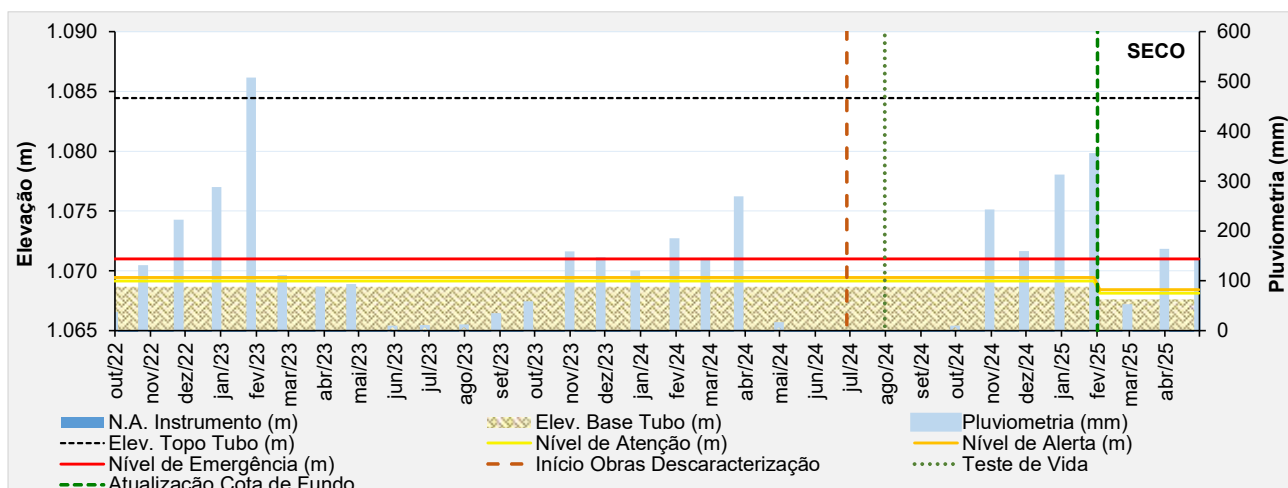


Figura 6.26 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-04.

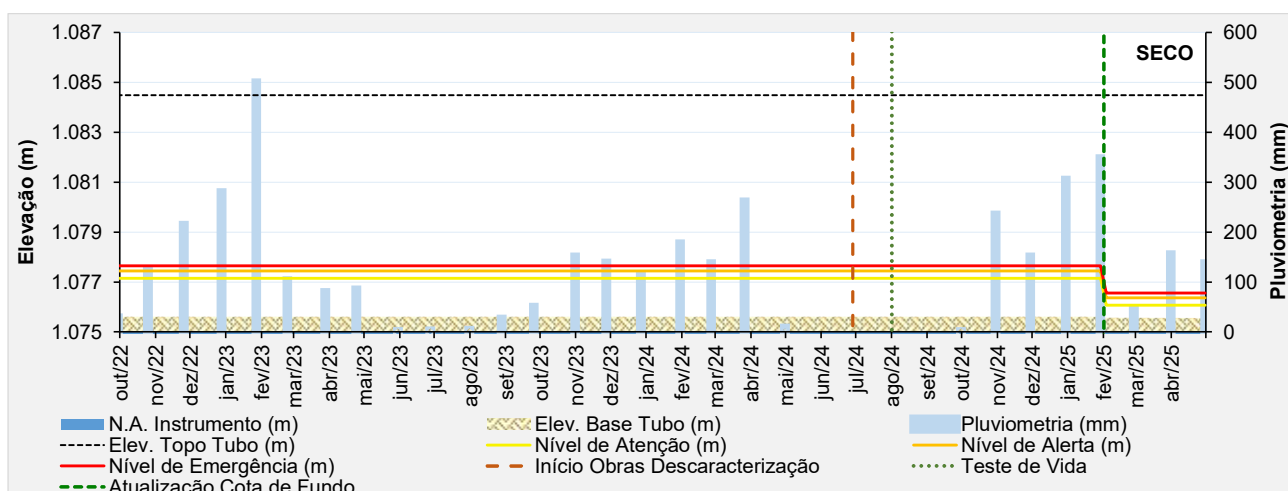
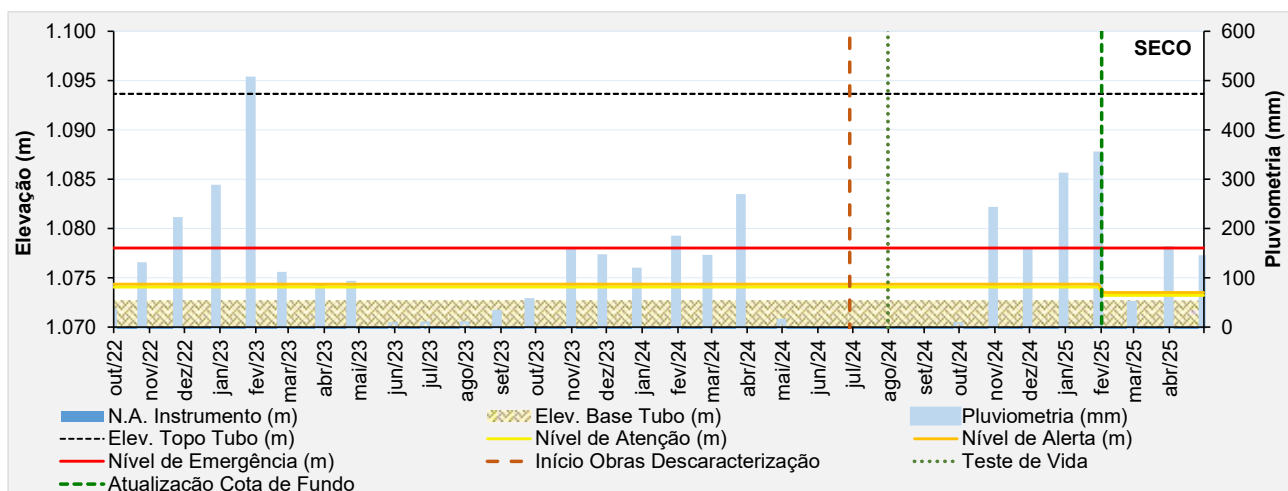
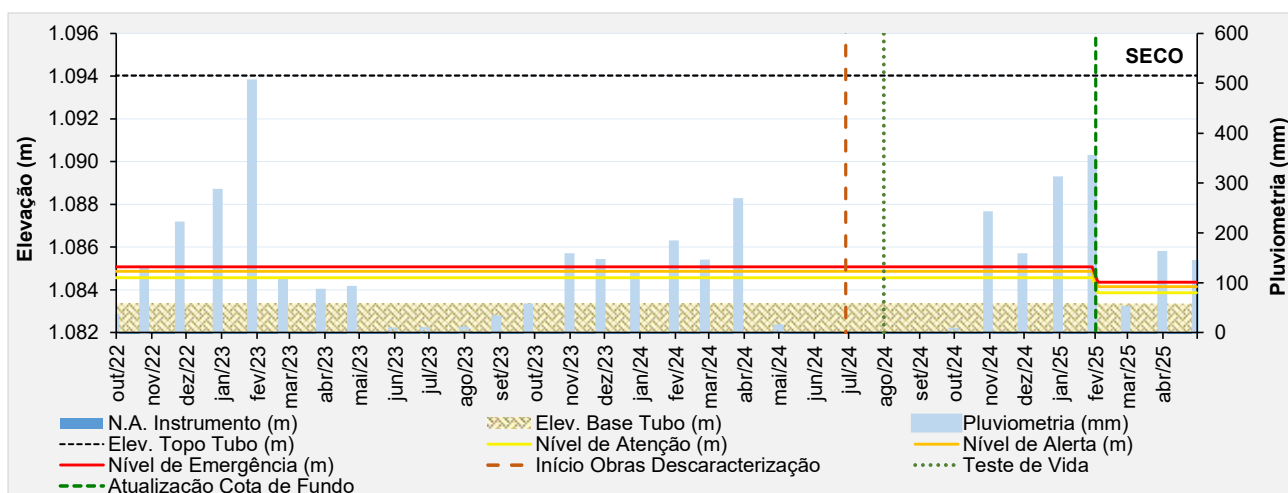
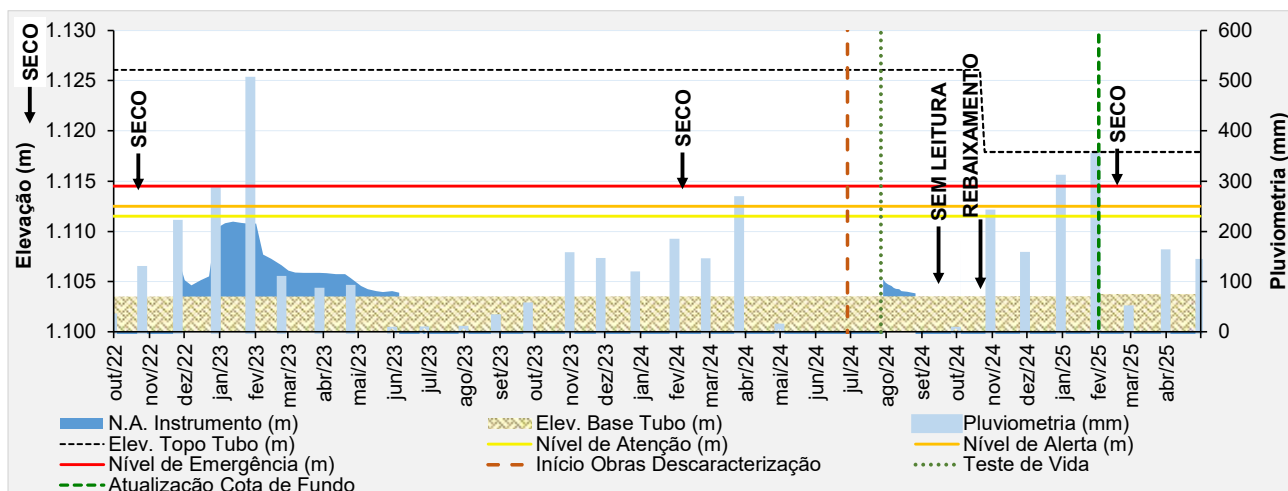


Figura 6.27 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-05.



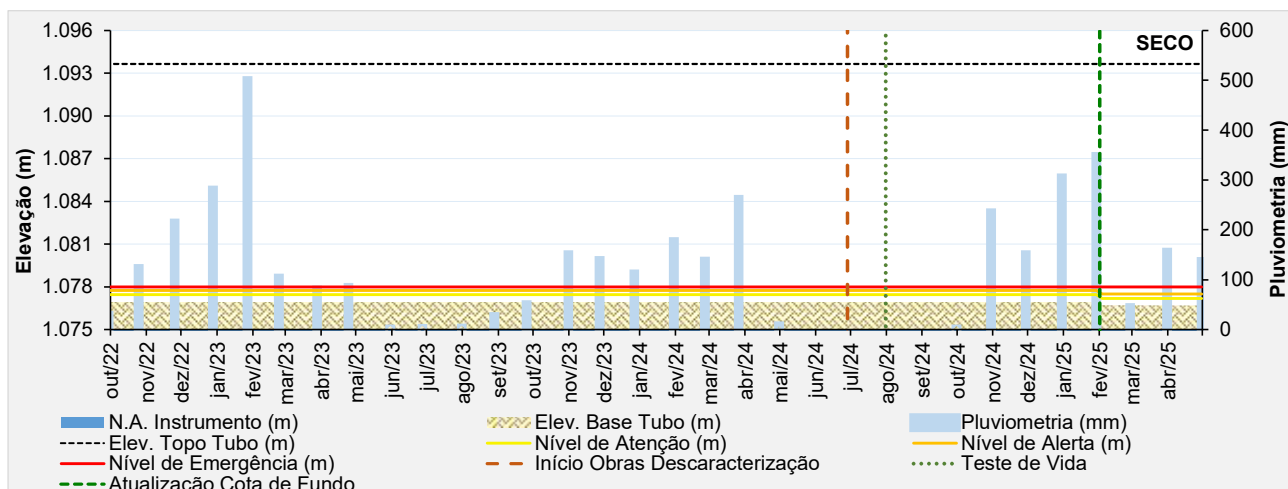


Figura 6.31 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-07A.

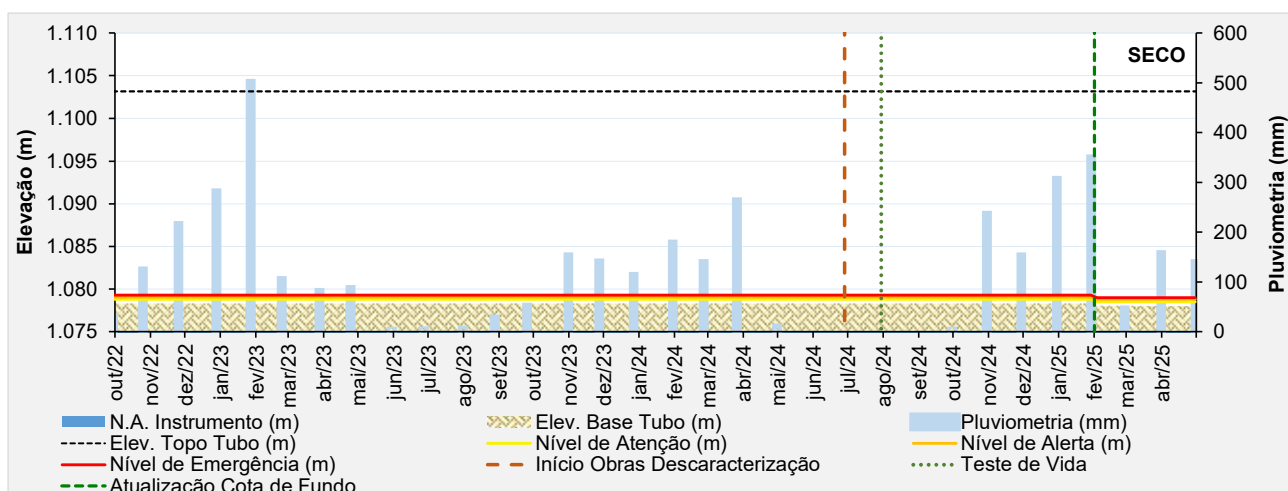


Figura 6.32 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10.

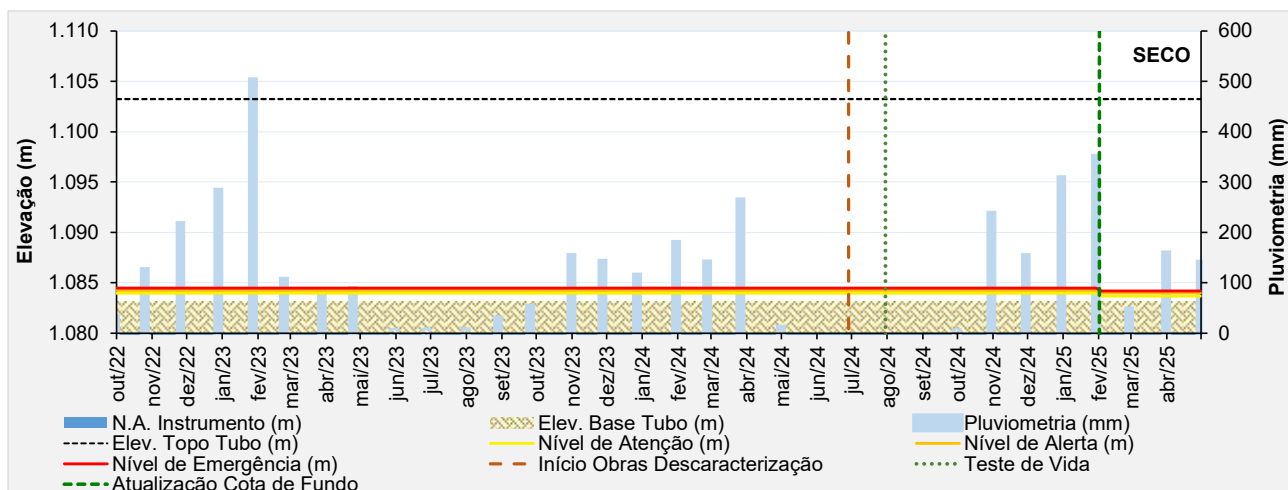
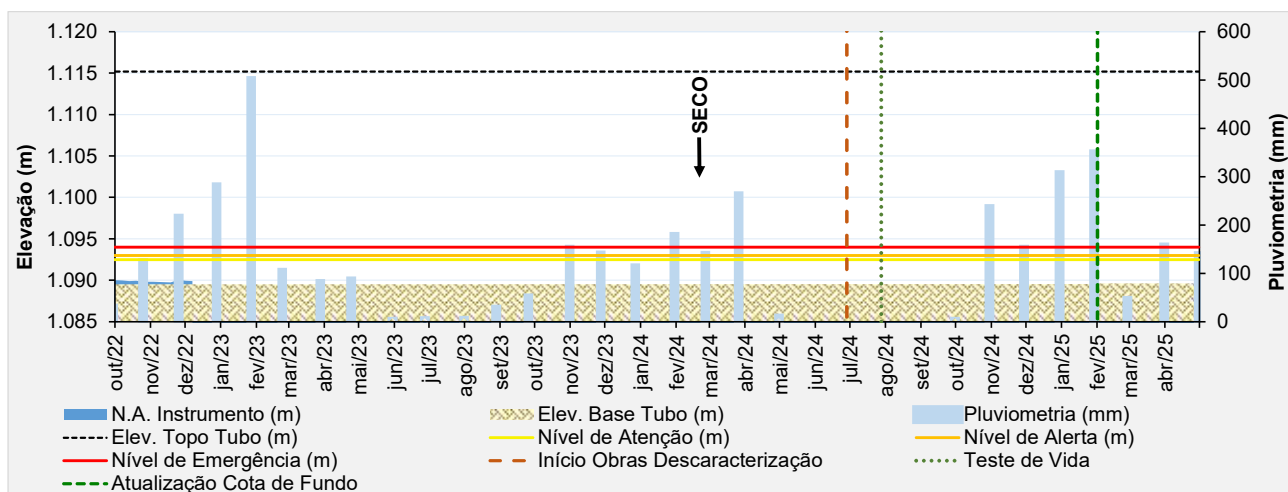
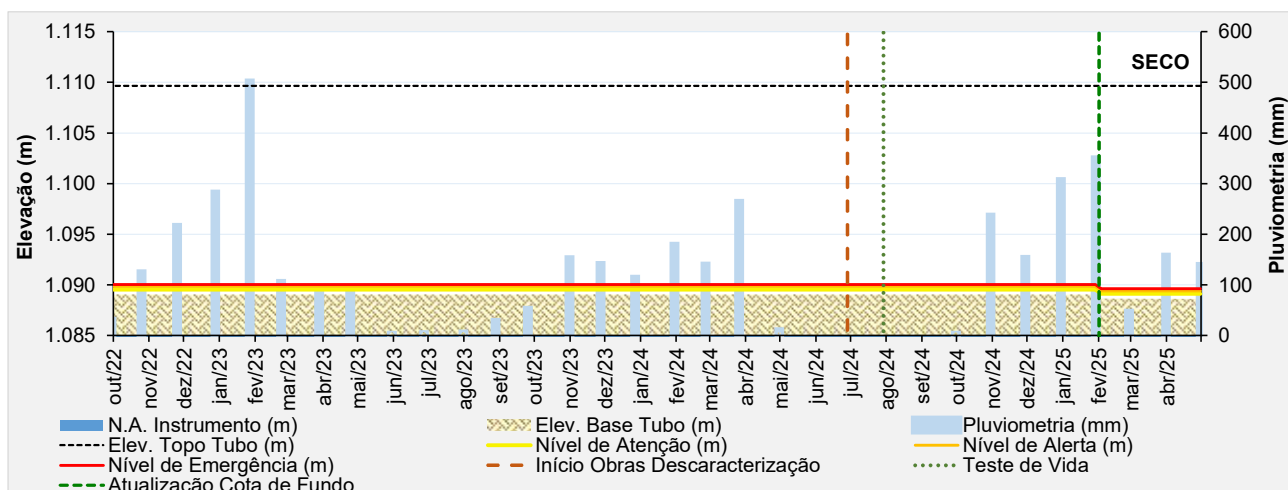
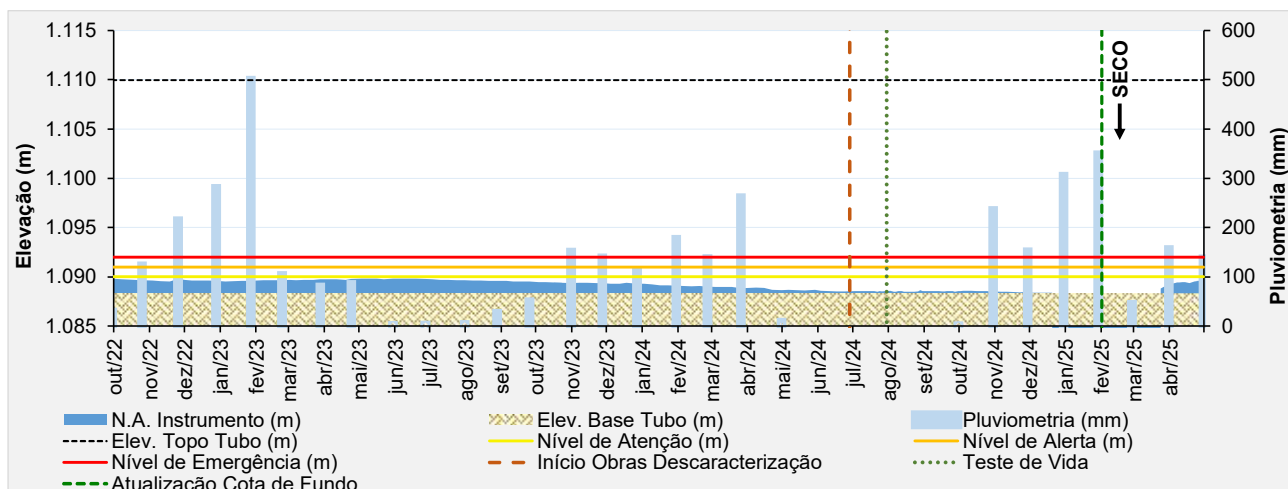


Figura 6.33 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10A.



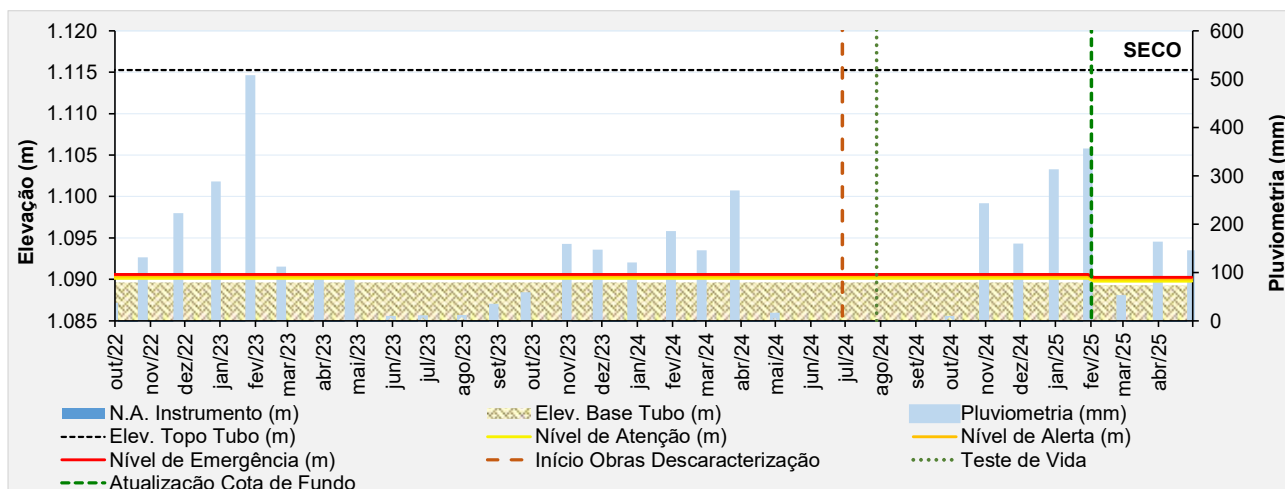


Figura 6.37 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-16.

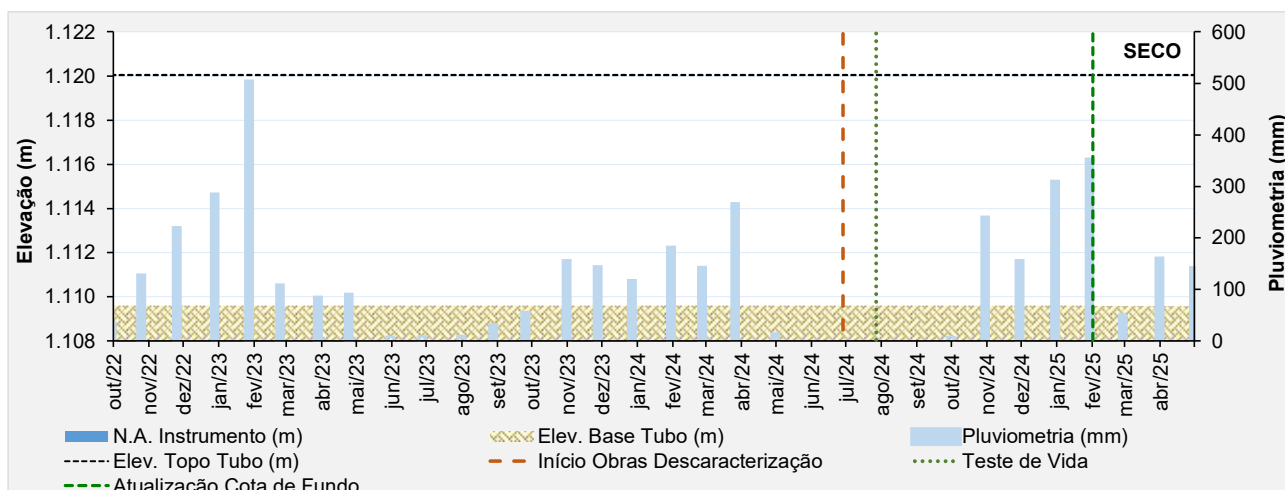


Figura 6.38 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-18.

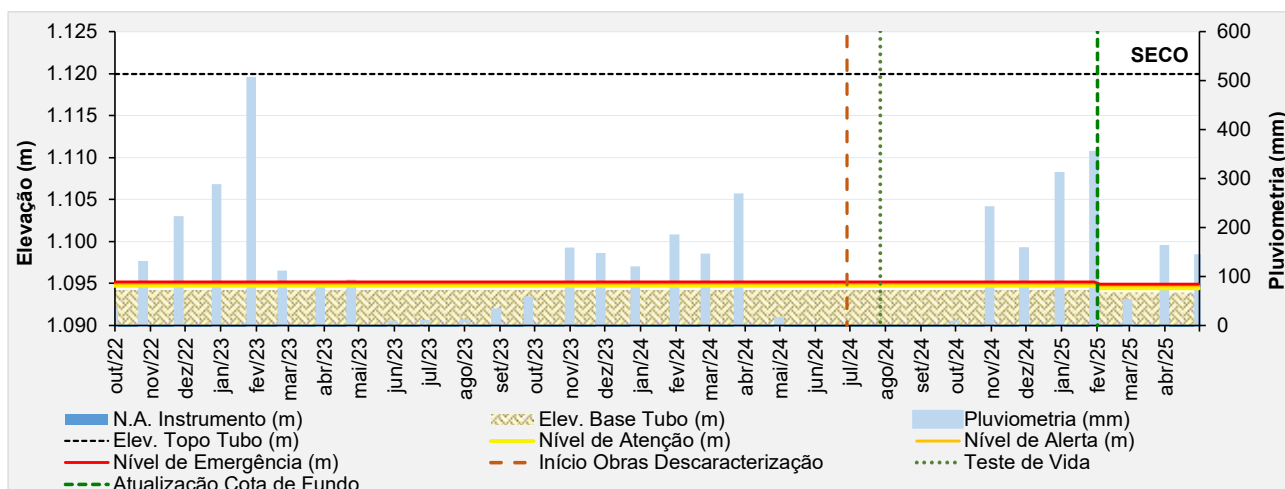


Figura 6.39 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-19.

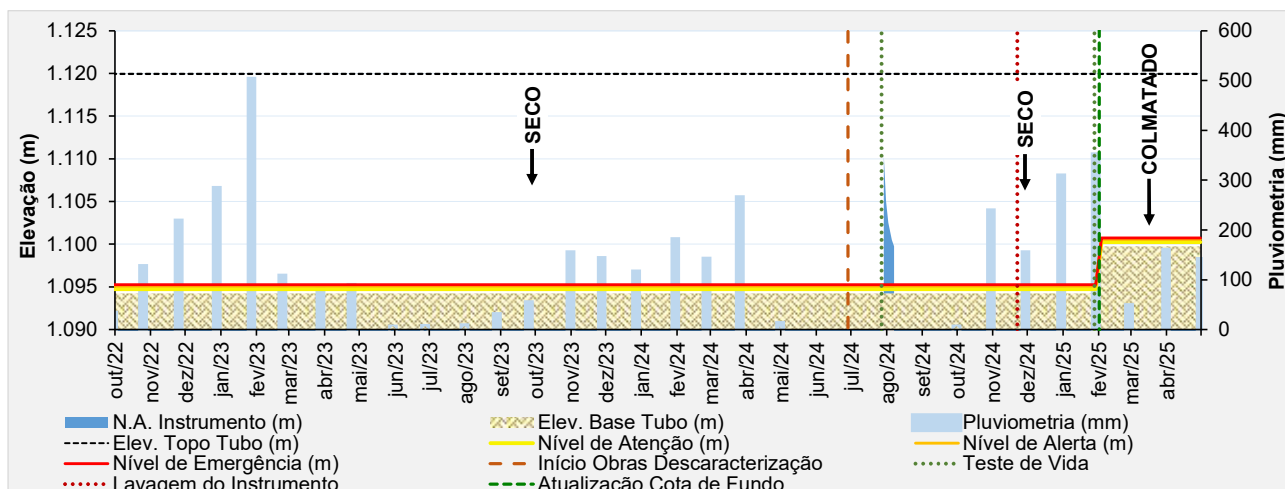


Figura 6.40 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-20.

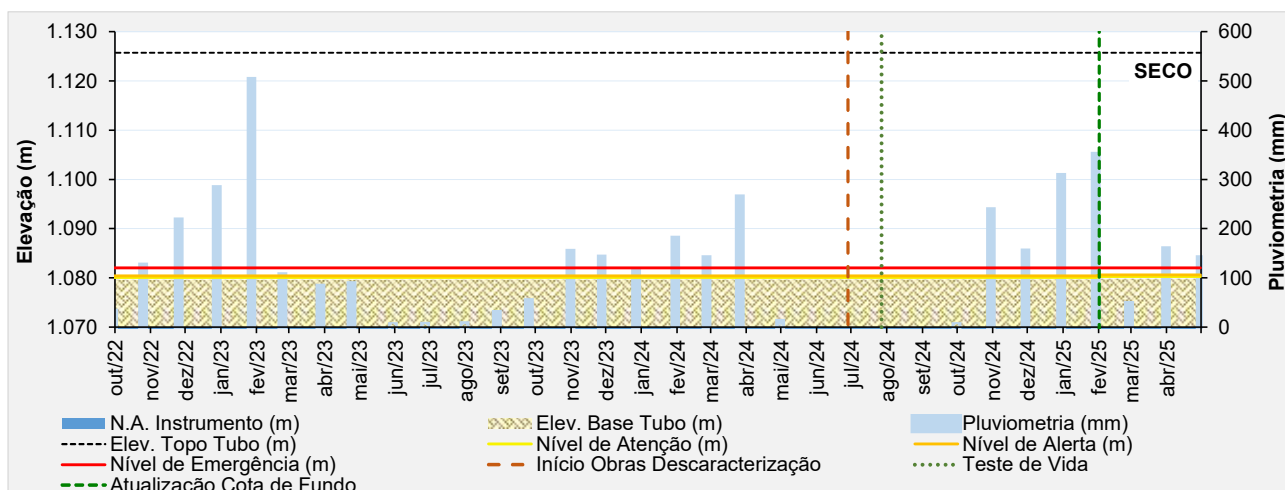


Figura 6.41 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-23.

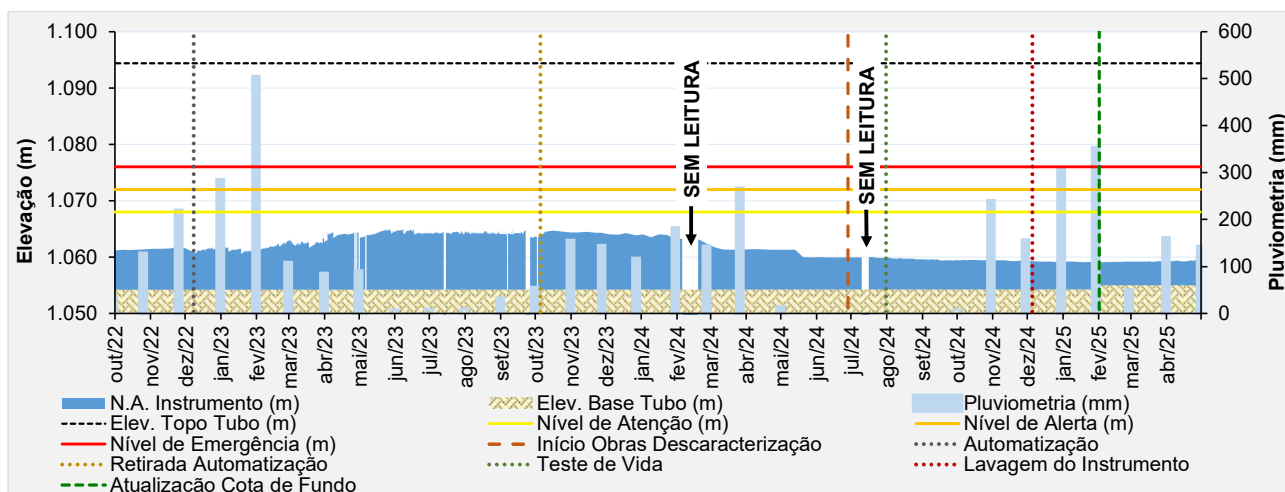
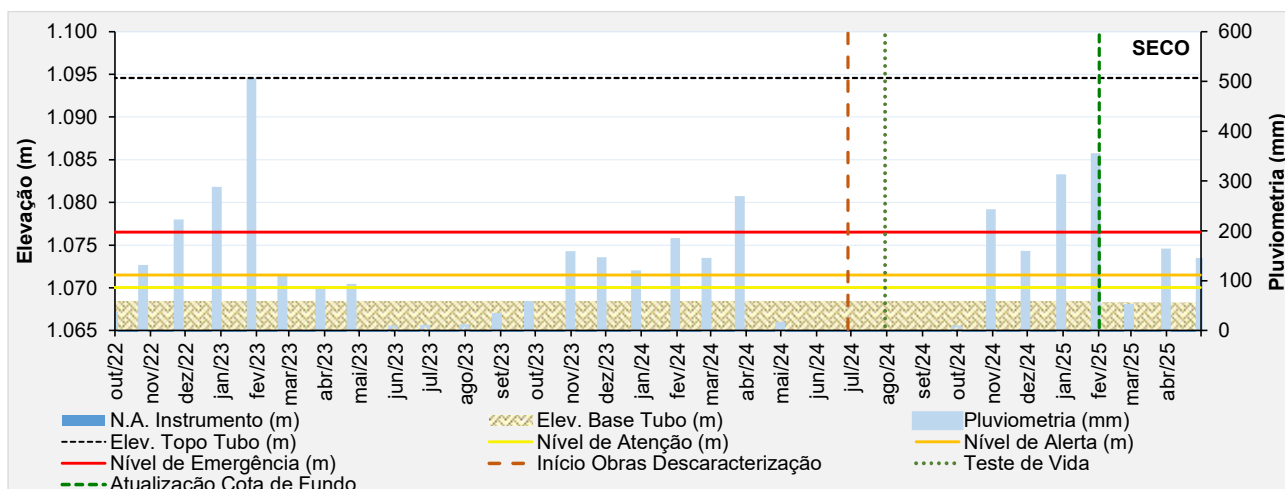
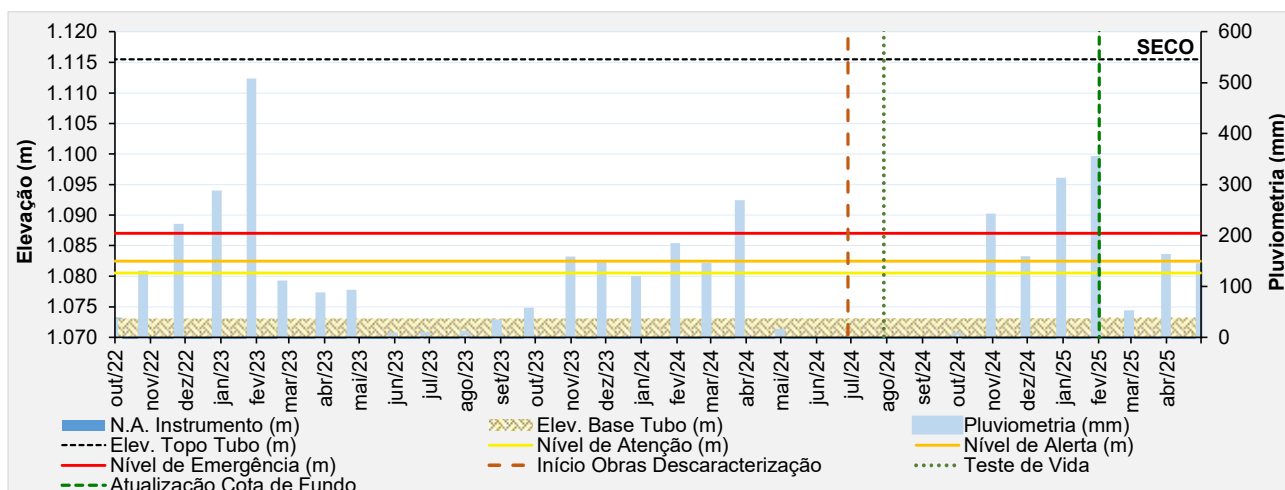
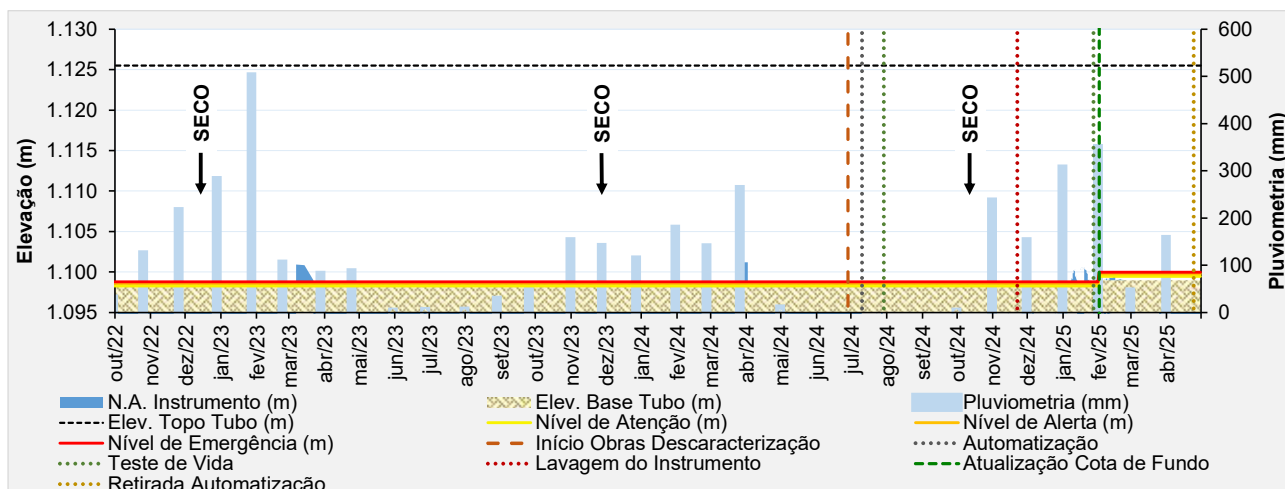
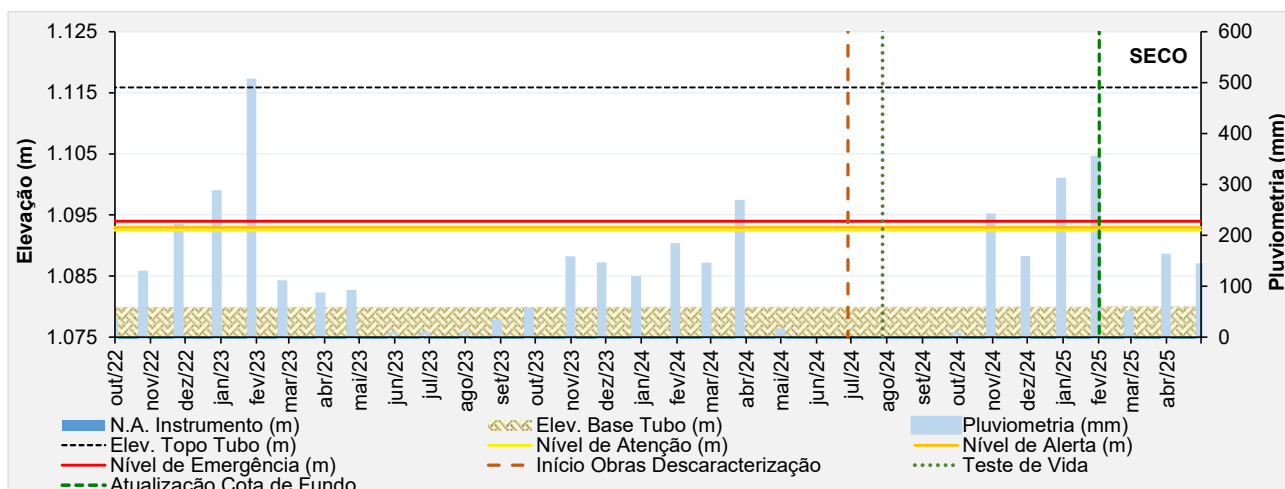
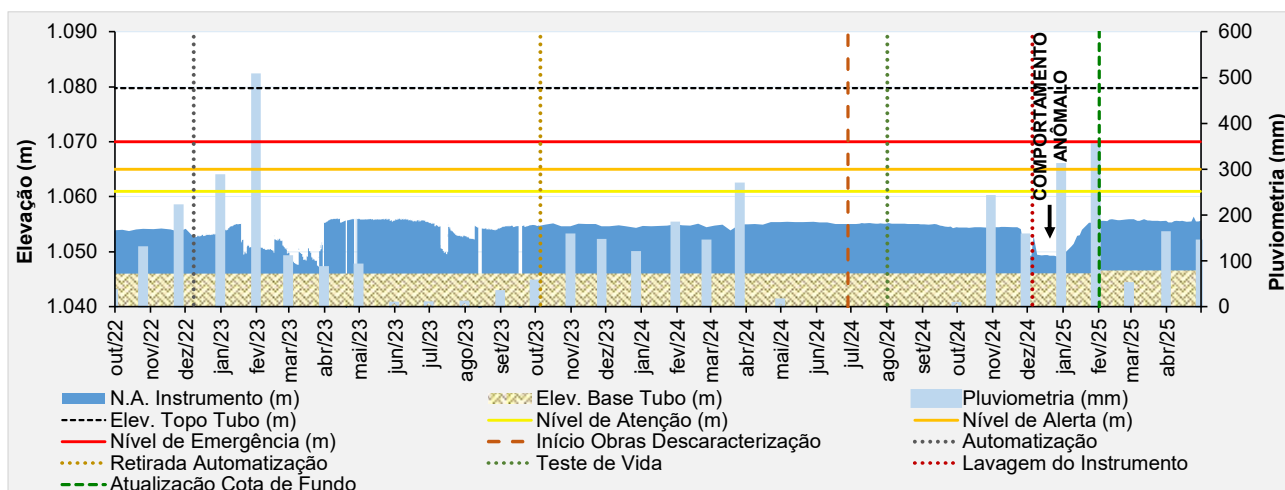
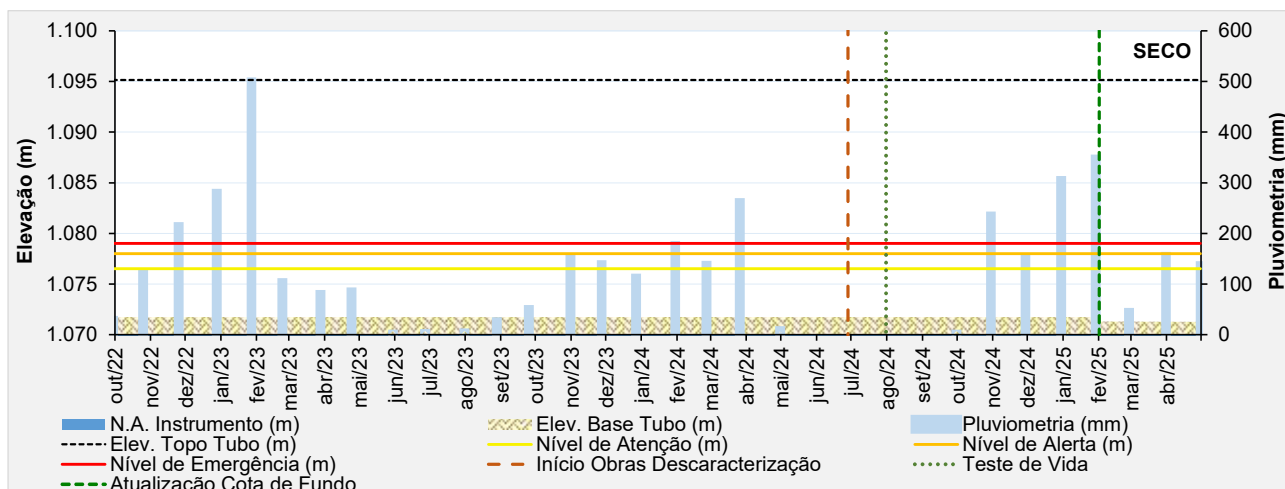
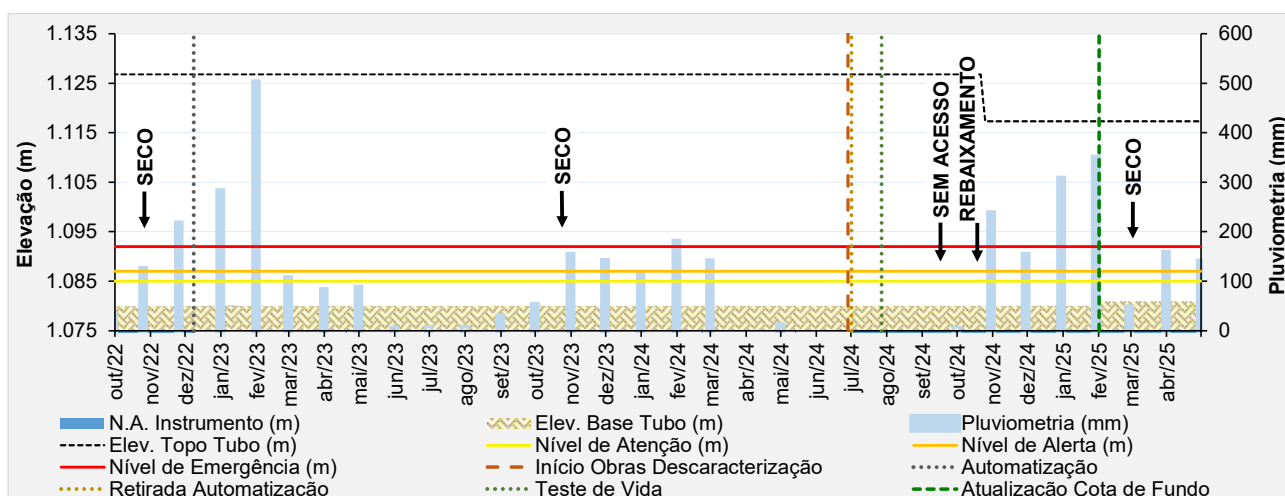
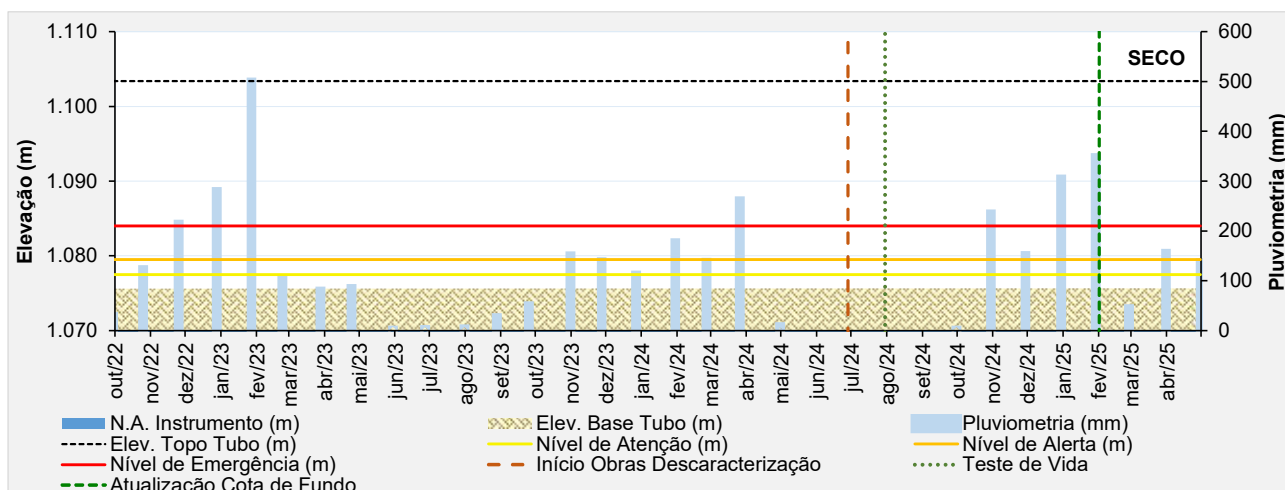
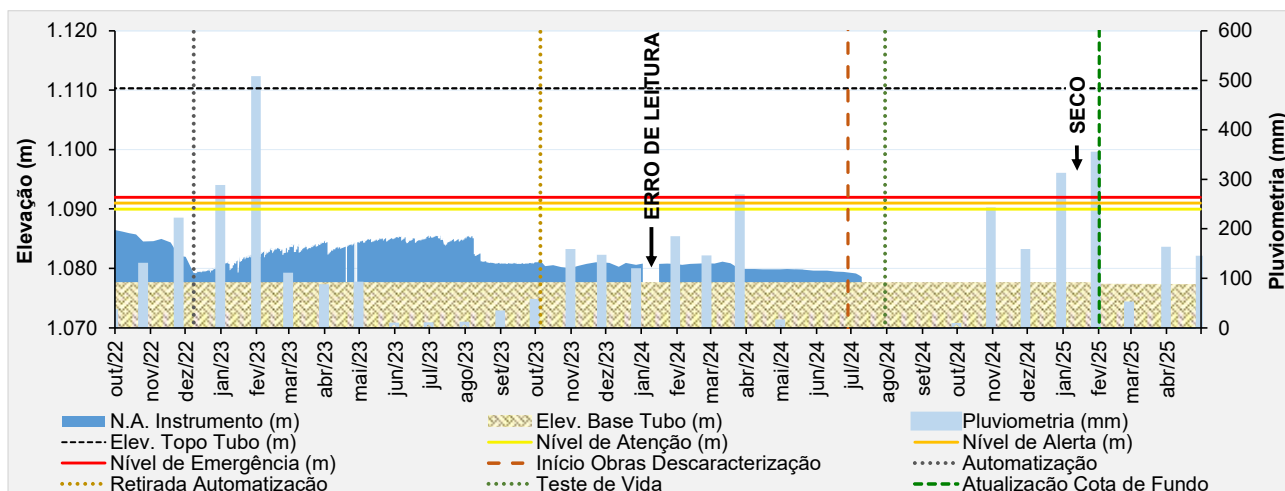


Figura 6.42 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-24.







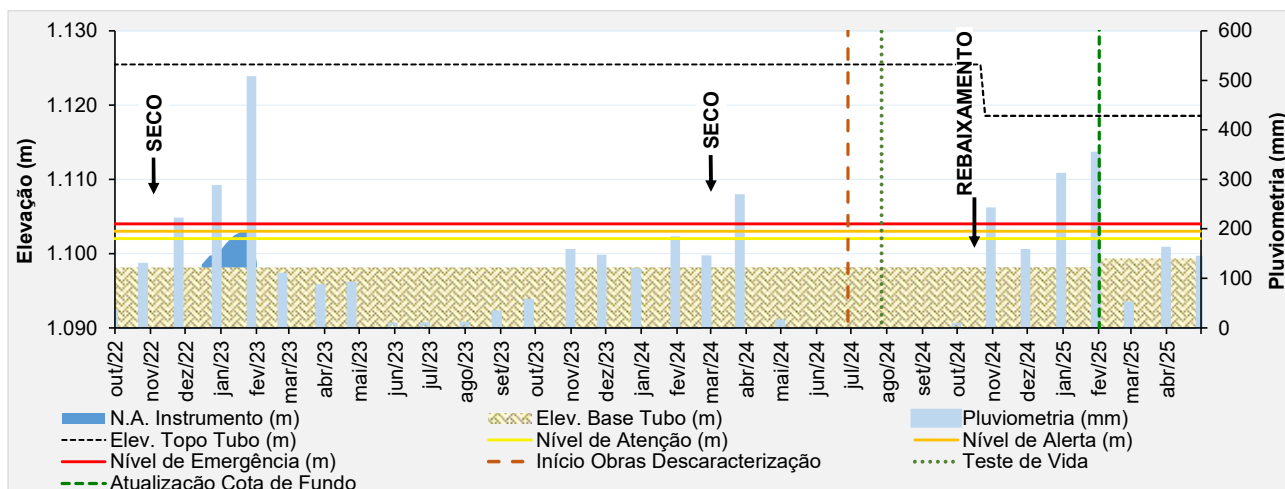


Figura 6.52 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-34.

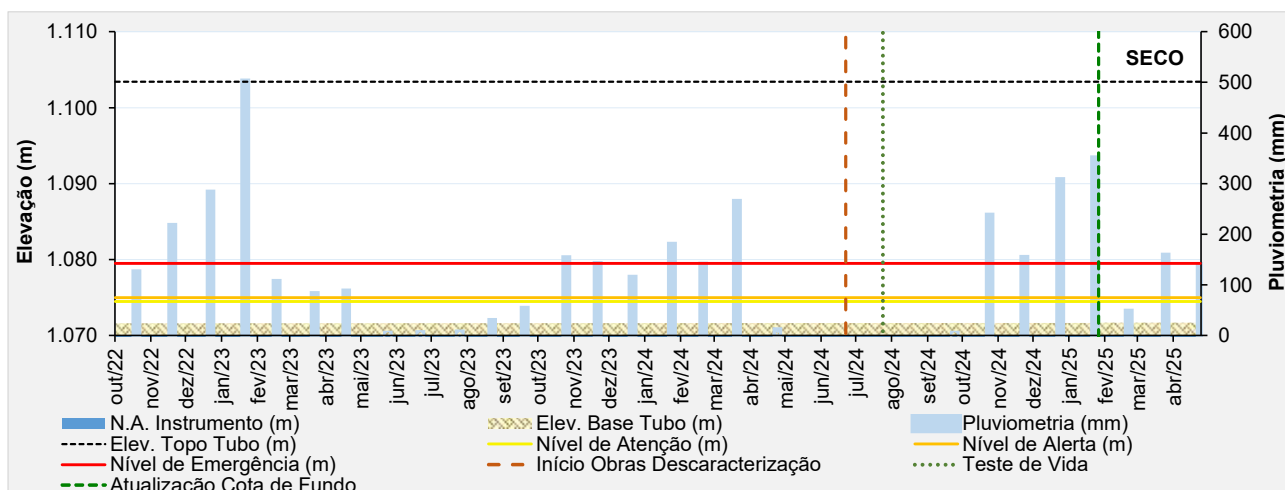


Figura 6.53 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-35.

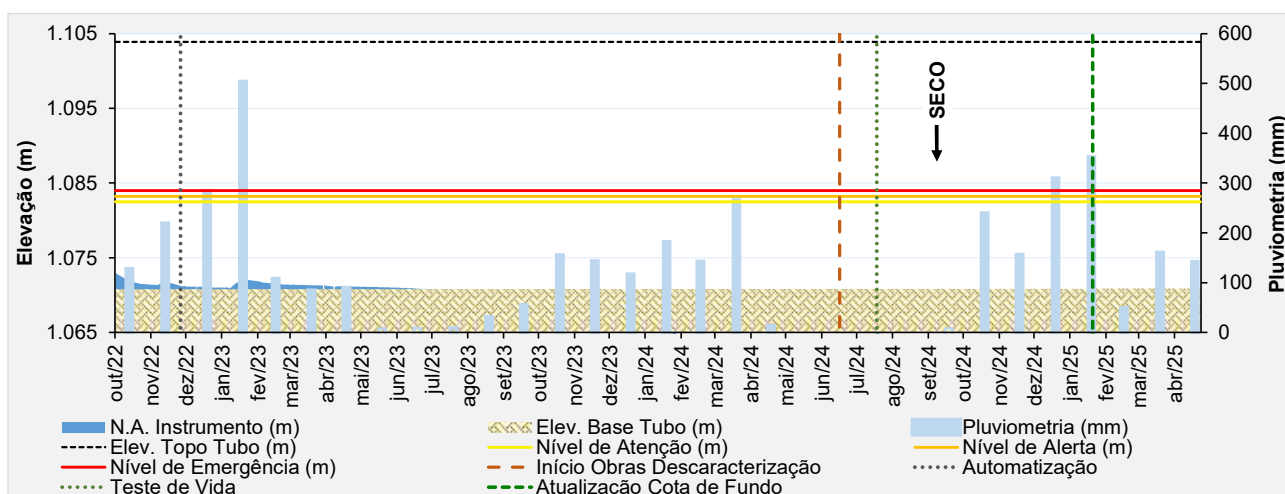
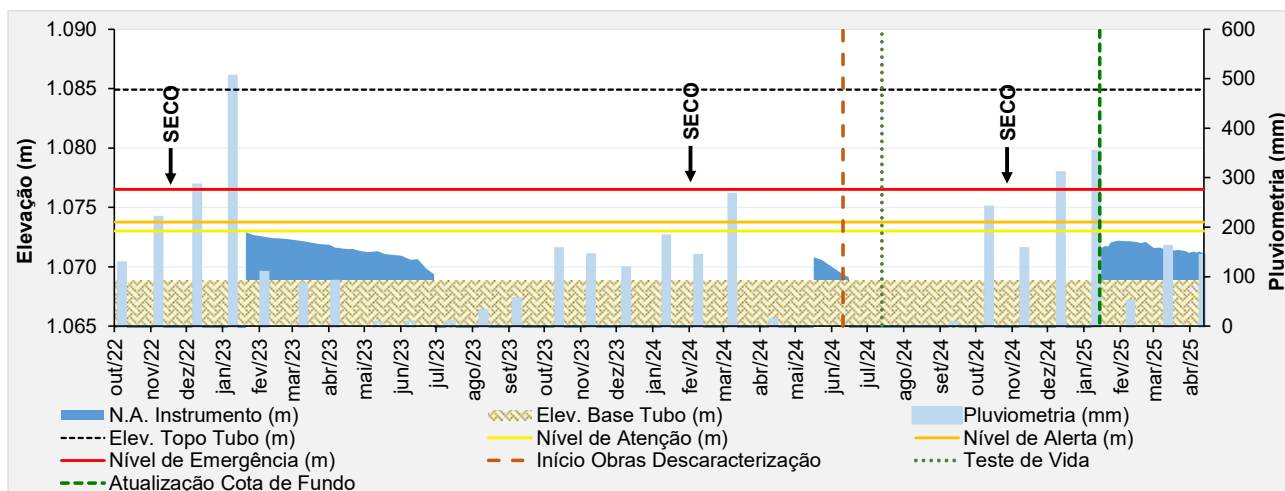
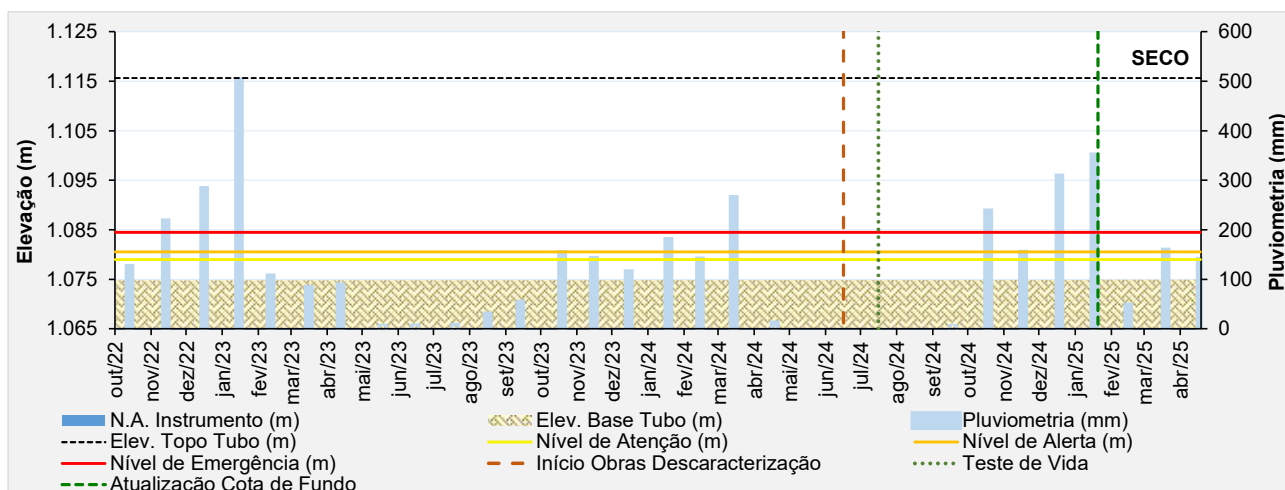
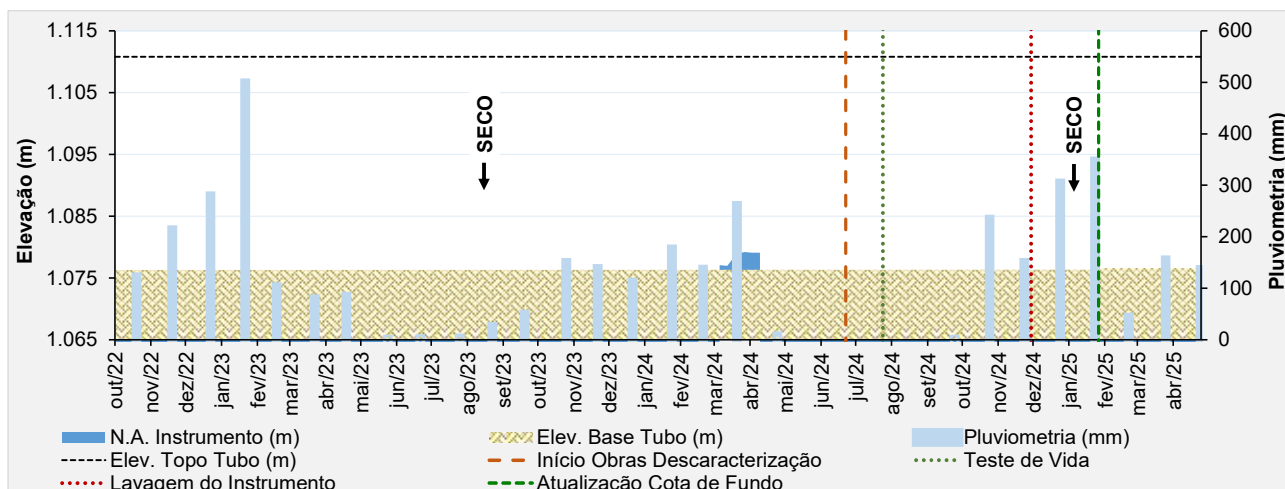
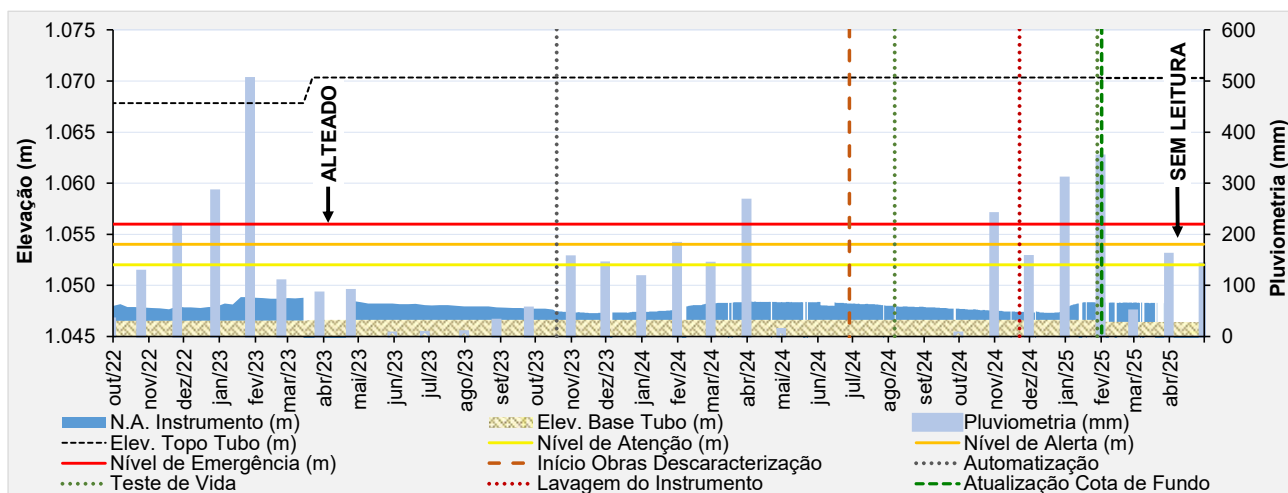
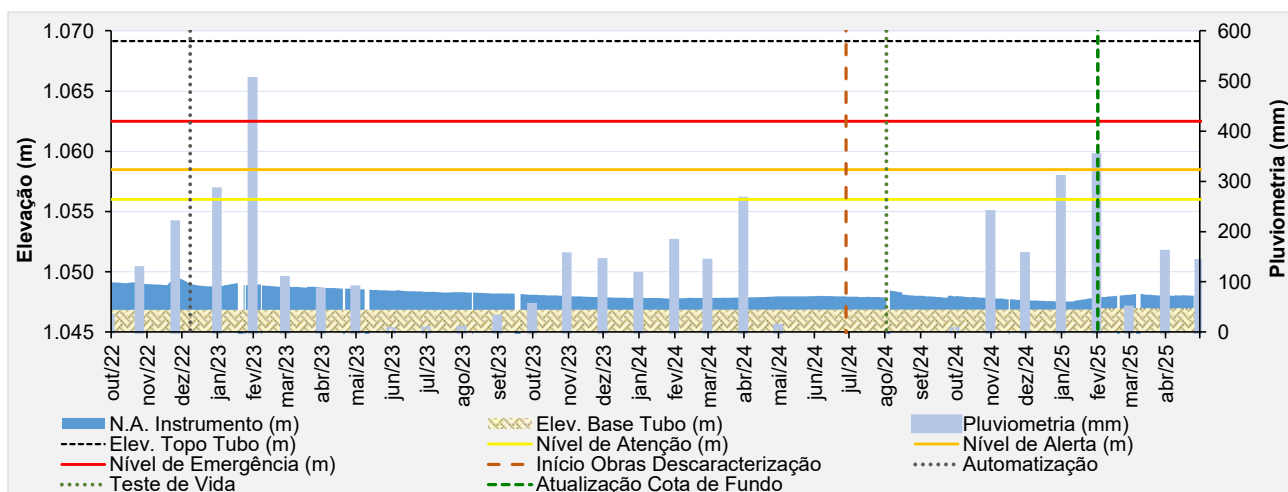
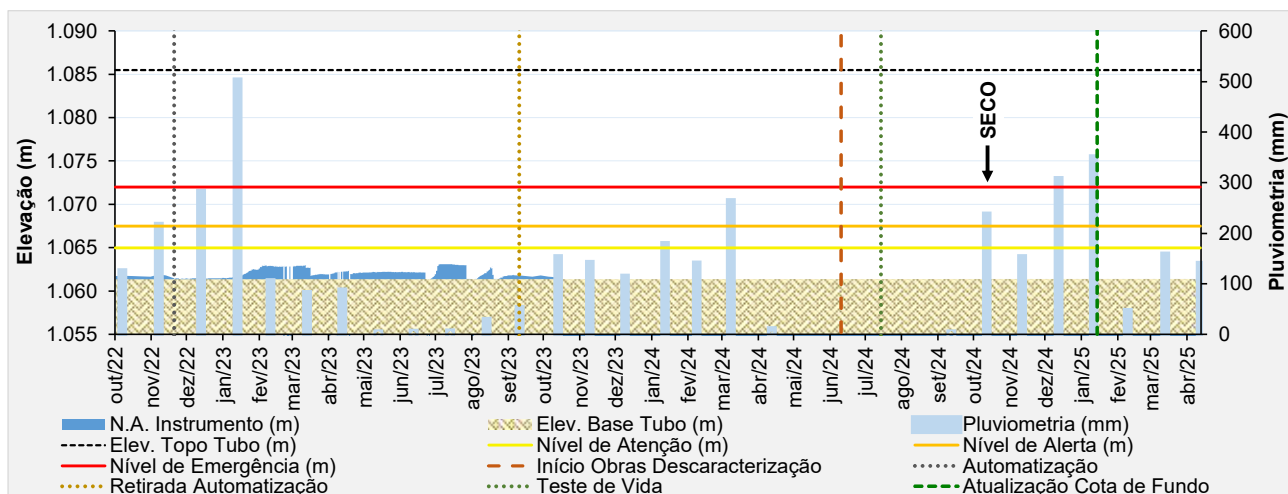
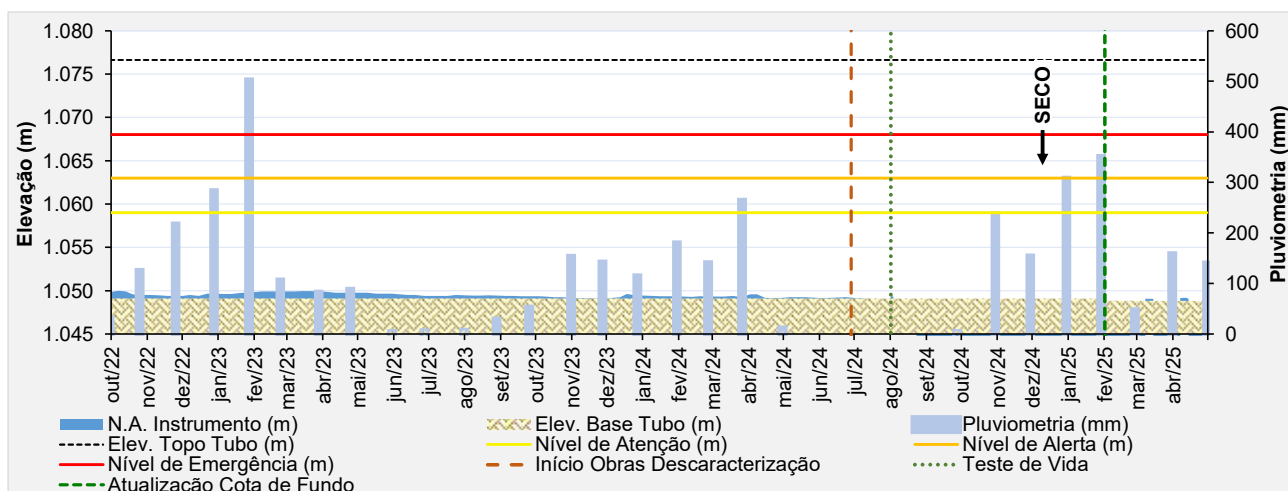
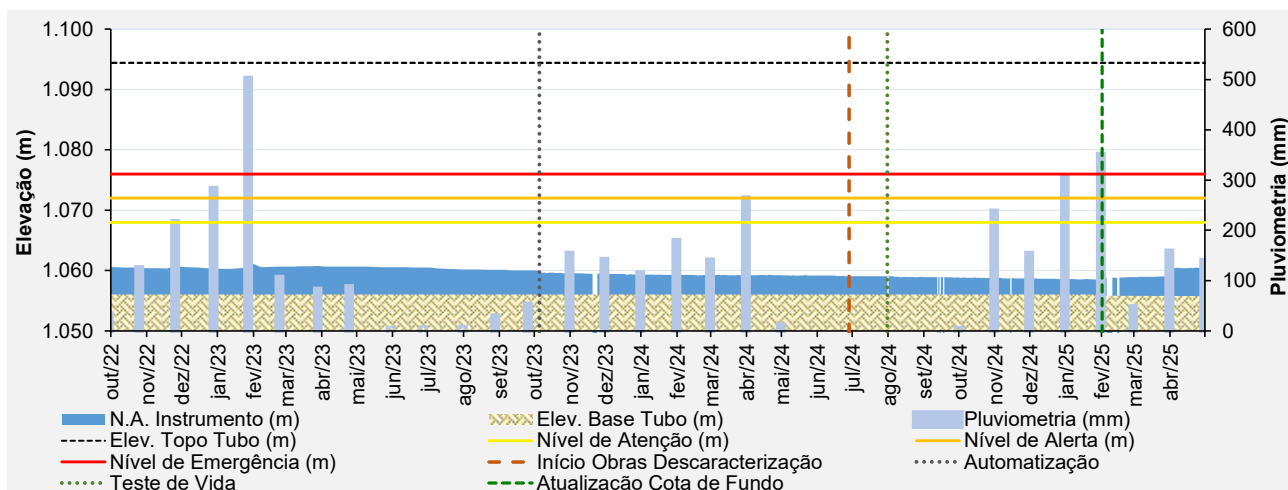
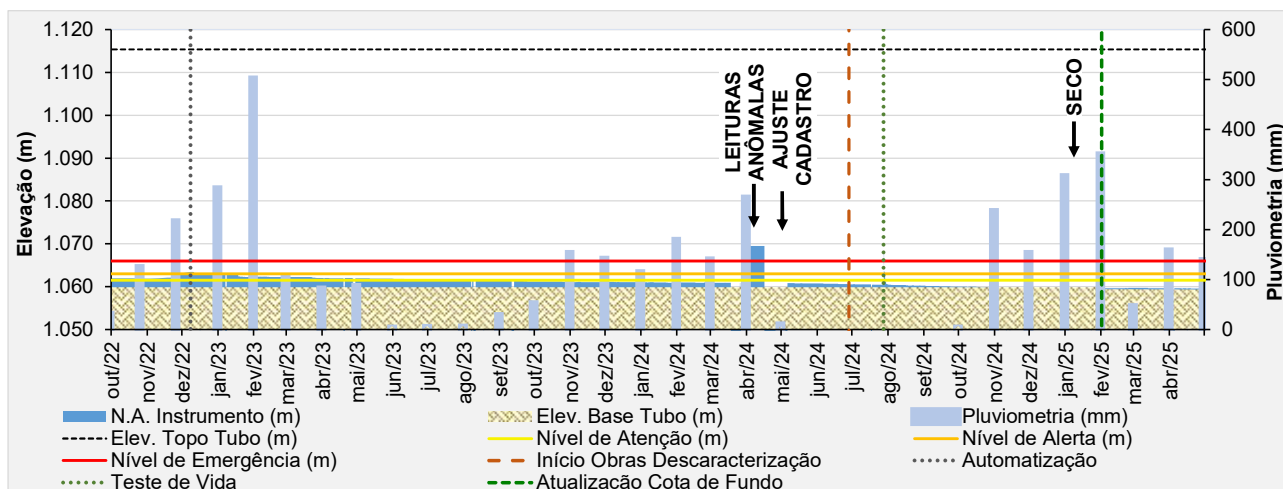
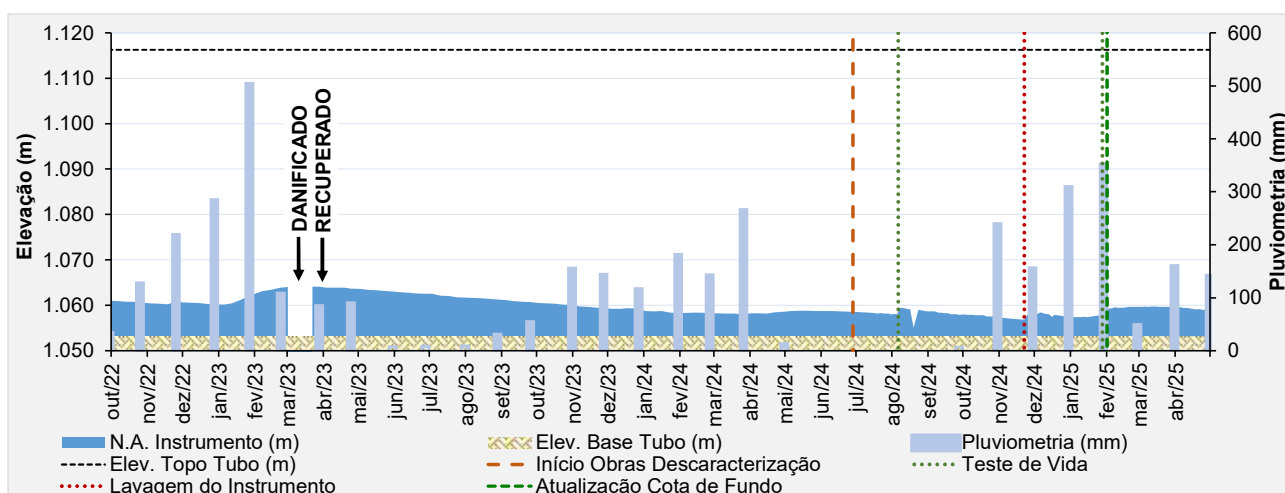
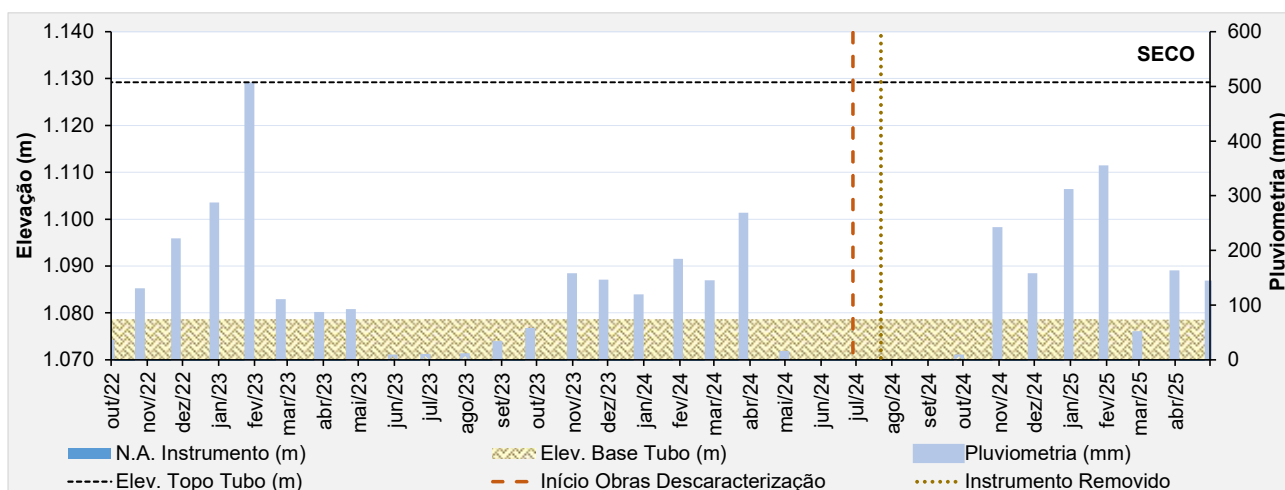
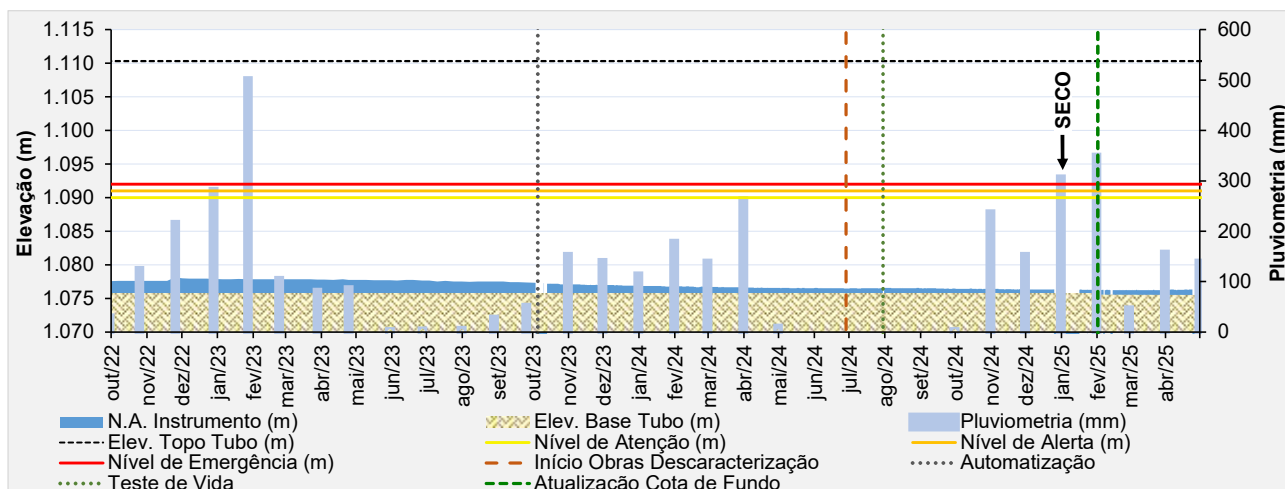


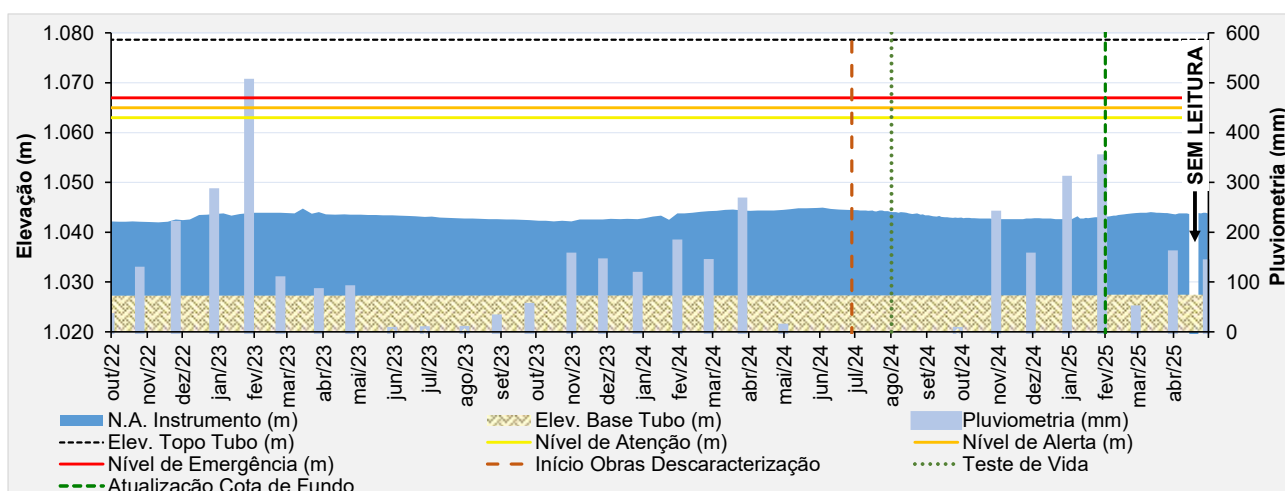
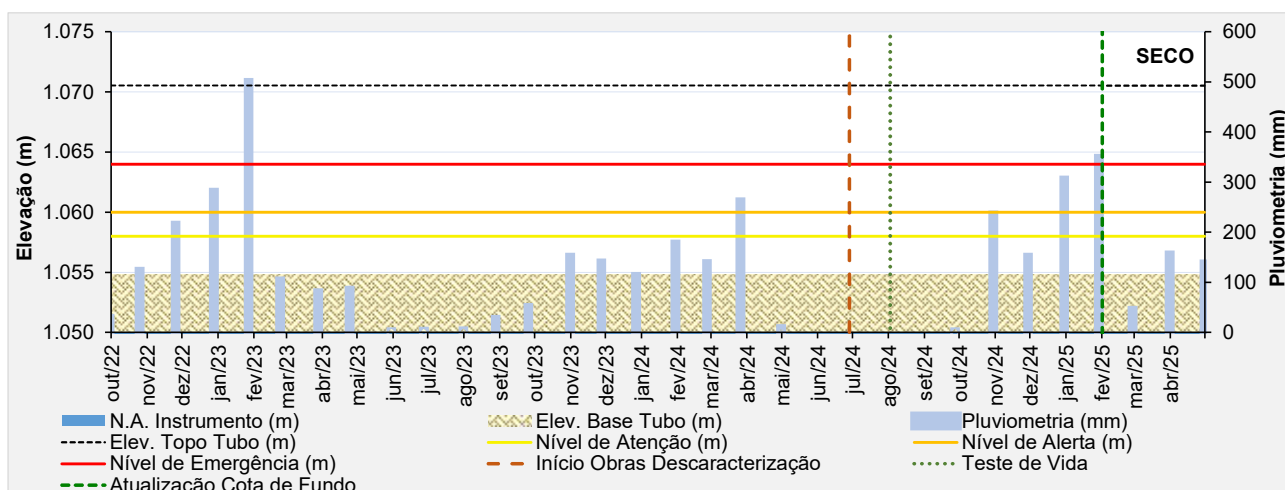
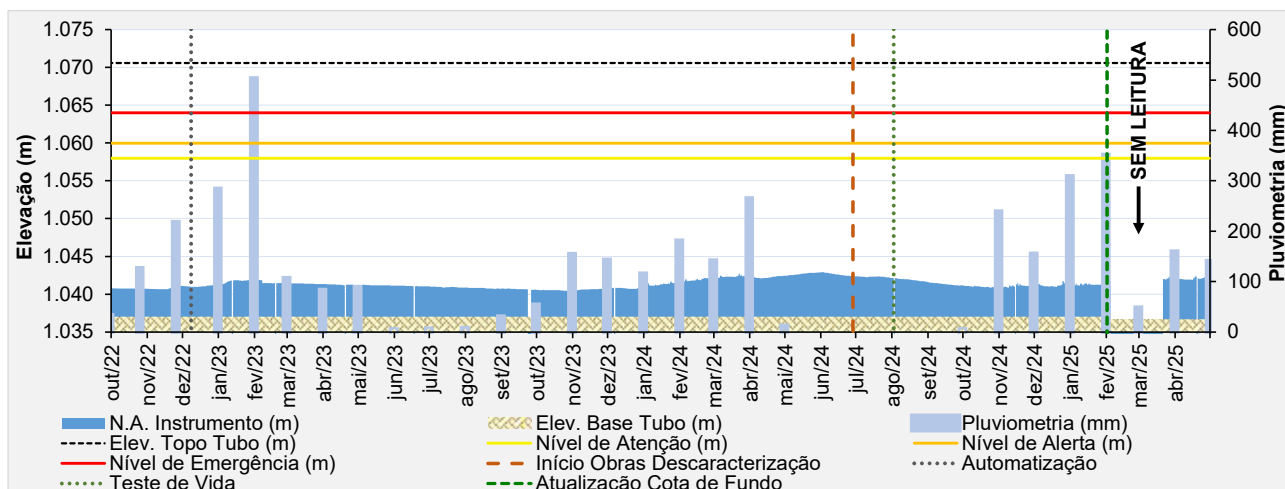
Figura 6.54 – Desempenho do indicador de nível d'água automatizado – INA-36.

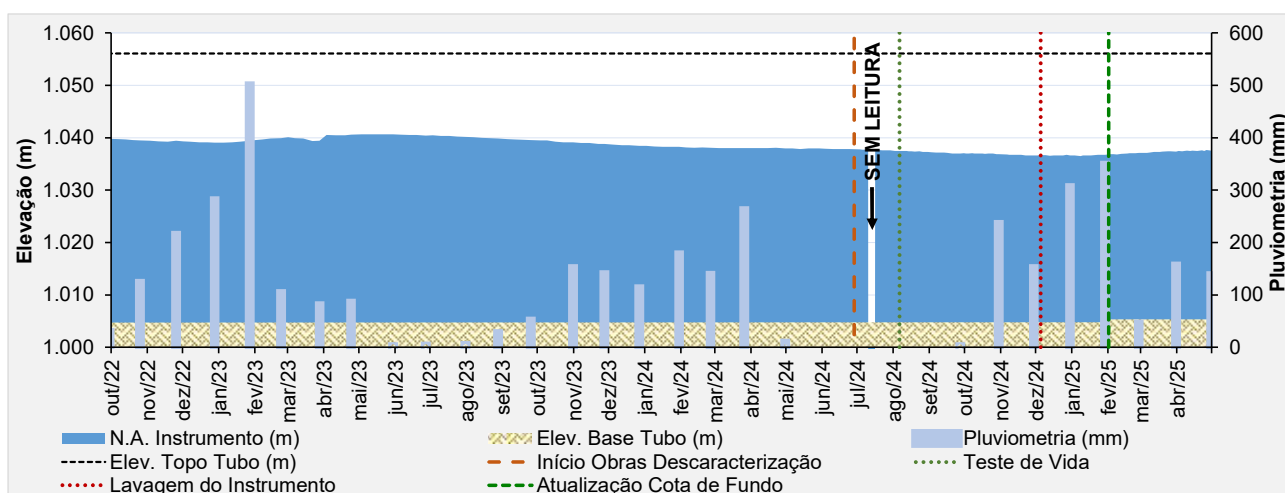
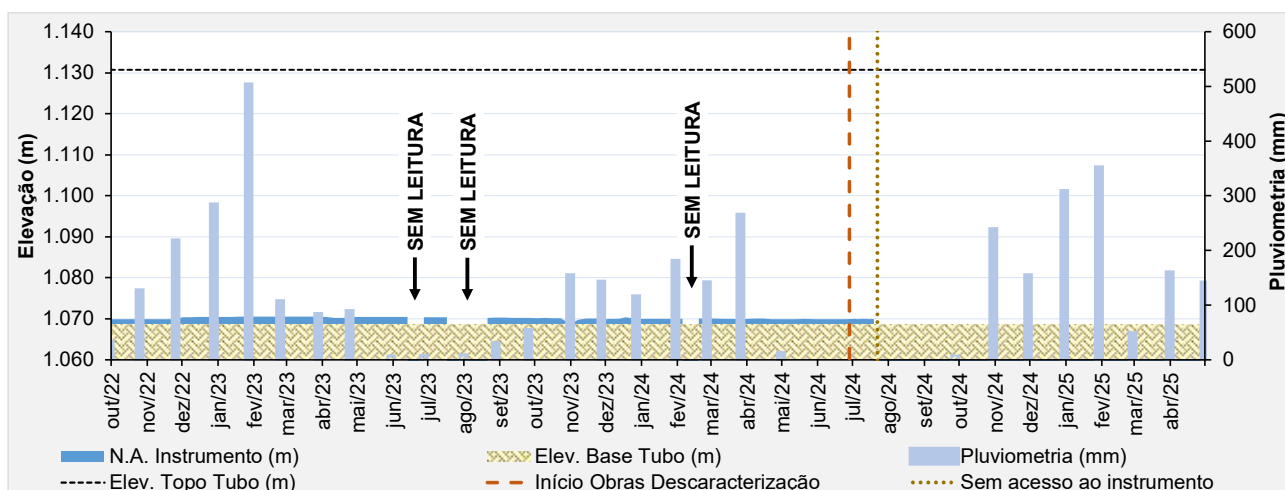
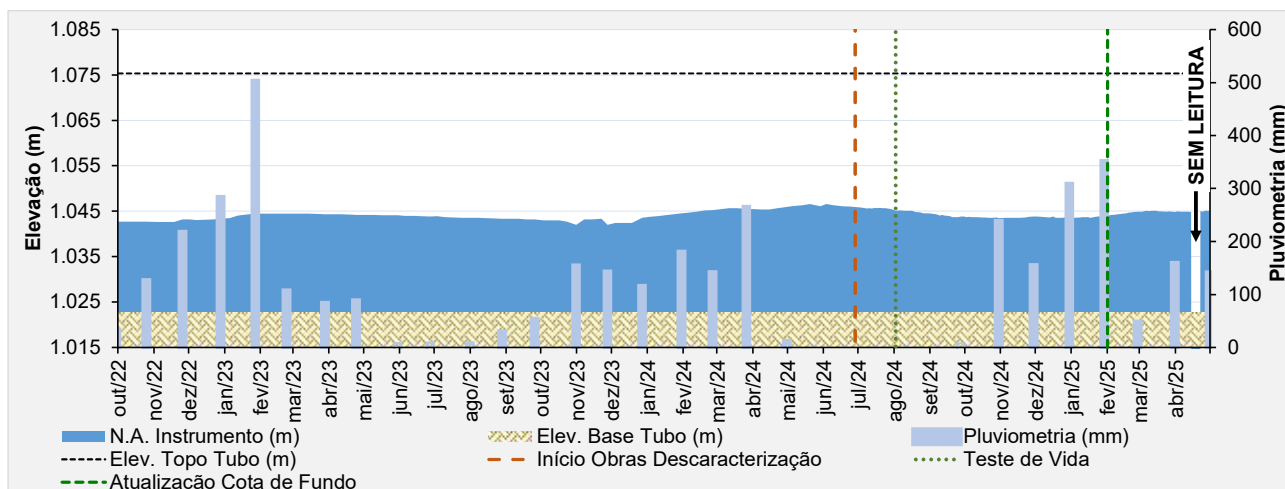


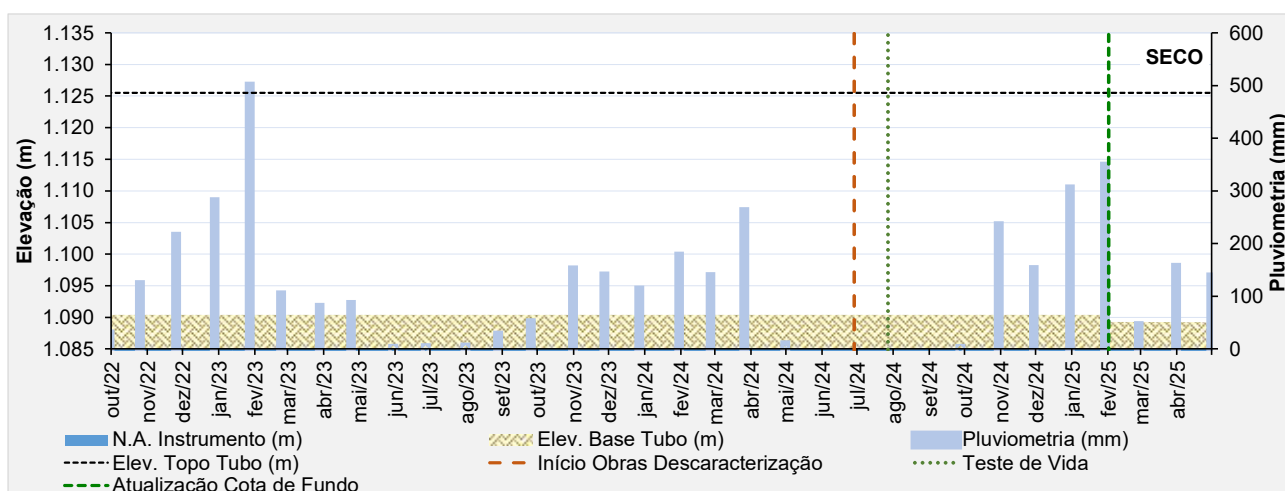
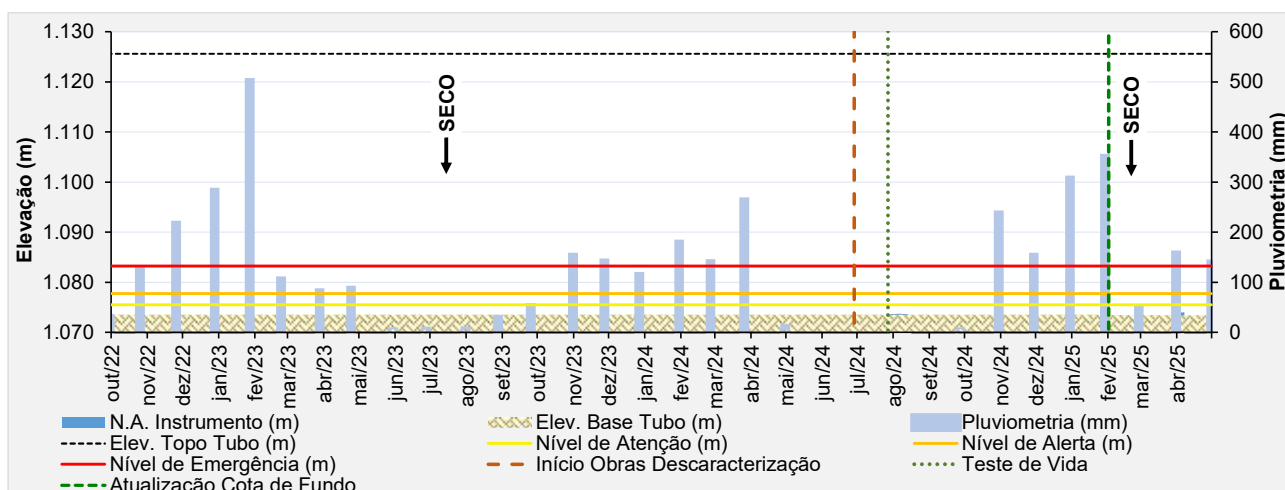
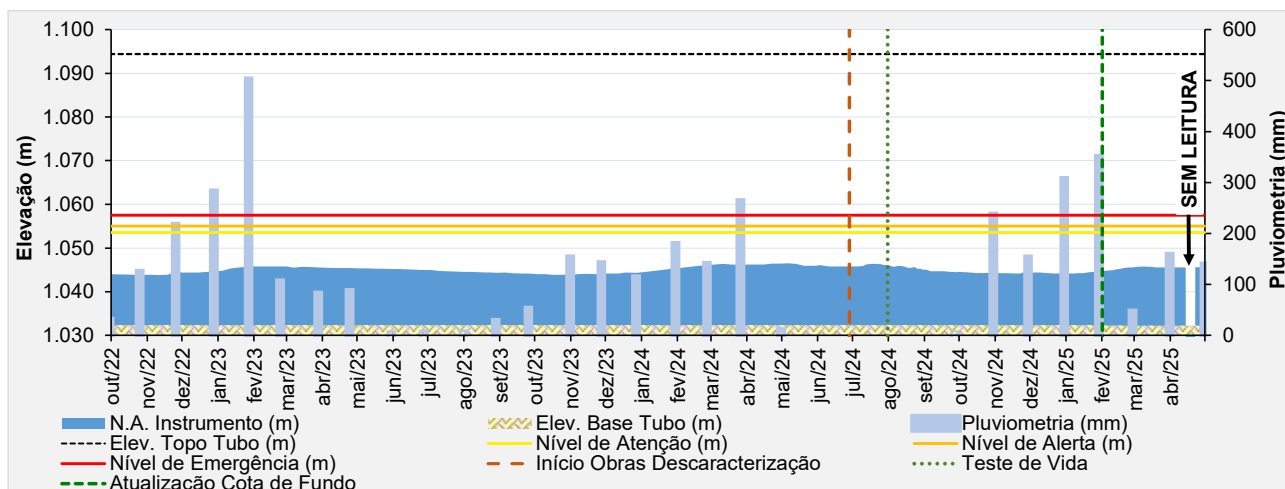












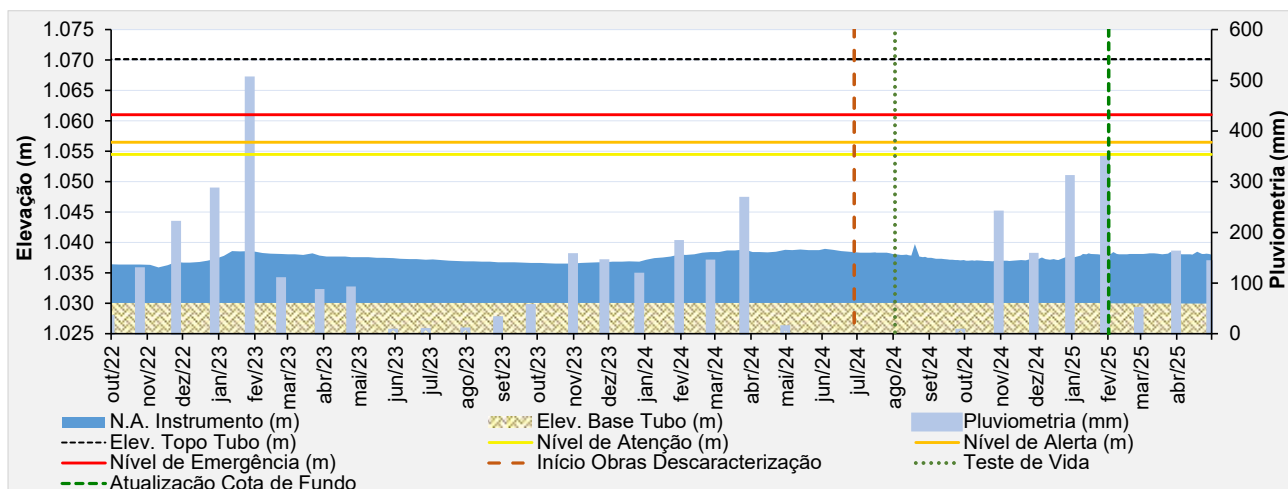


Figura 6.76 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-18.

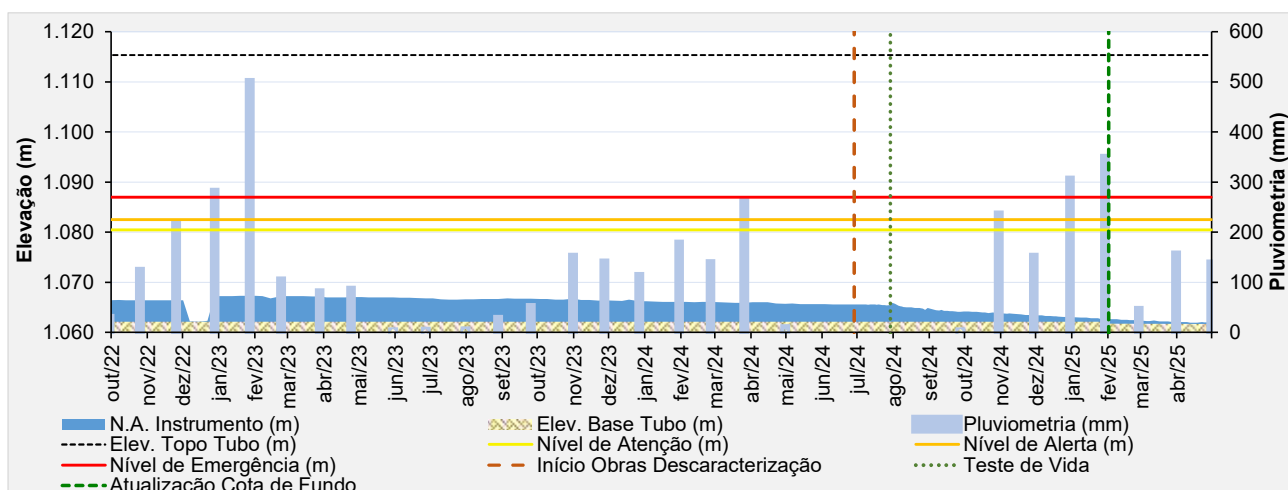


Figura 6.77 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-19.

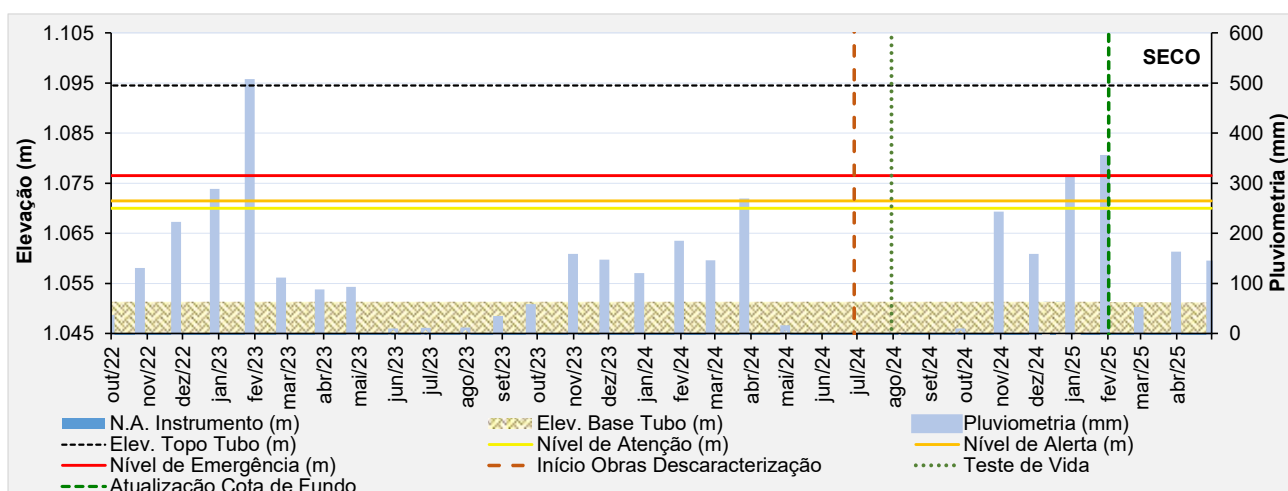


Figura 6.78 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-20.

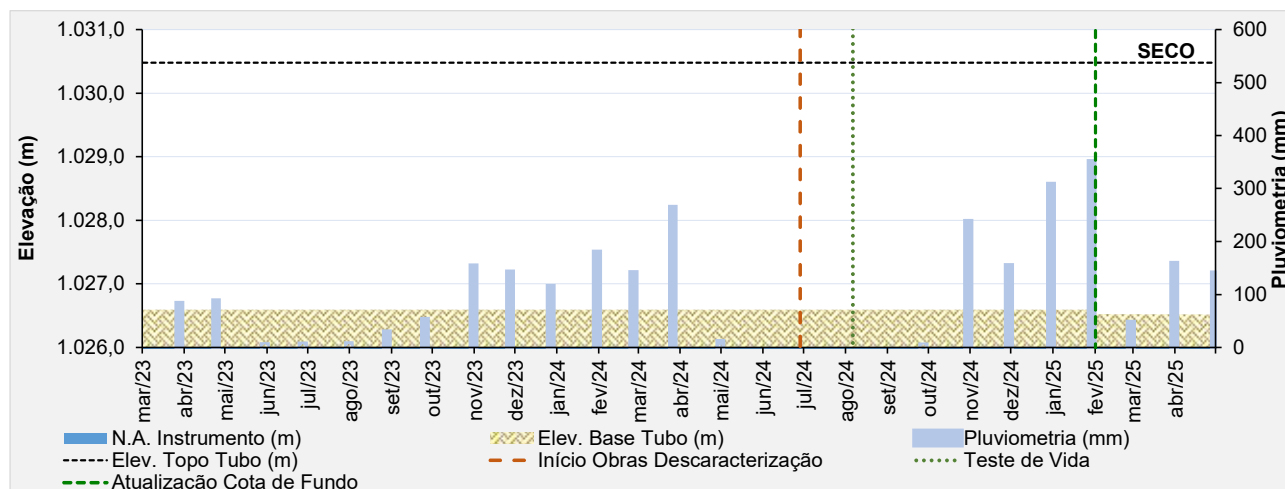


Figura 6.82 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-24.

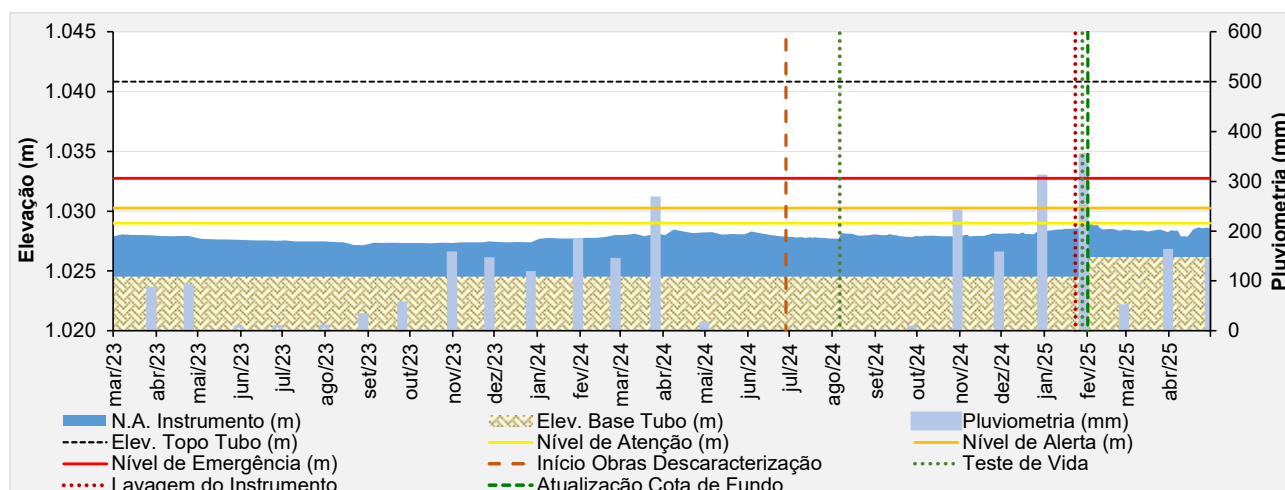


Figura 6.83 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-25.

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). Em fevereiro de 2025, foi realizada atualização da profundidade dos instrumentos após conclusão das novas verificações do funcionamento.

No período avaliado (fevereiro/2025 a abril/2025), pode-se observar que parte dos instrumentos apresentaram uma oscilação em suas leituras, indicando uma elevação em seus níveis, mesmo com uma redução nos índices pluviométricos na região em relação ao trimestre anterior. Pelo histórico registrado das leituras dos instrumentos instalados na Barragem B2 – Mina Tico-Tico, a superfície freática na fundação não apresenta uma resposta imediata em relação à alta incidência pluviométrica na região.

Dentre os registros realizados no trimestre, destacam-se alguns instrumentos que apresentaram comportamentos discrepantes ao histórico registrado:

- Não foram realizadas leituras no INA-01A, durante o mês de março de 2025, devido a problemas no fio elétrico que consegue realizar leituras no instrumento;
- INA-12 – Voltou a indicar leituras a partir do fim do mês de março de 2025, após apresentar comportamento seco durante os meses de janeiro e fevereiro de 2025;
- INA-18 - Danificado durante a 1ª quinzena de abril de 2025 e recuperado na quinzena seguinte, apresentando leitura seco;
- INA-25 – Instrumento que se apresentava seco desde agosto de 2024, voltou a apresentar leitura de janeiro a fevereiro de 2025, retornando à condição seca a partir de março de 2025. Em abril de 2025, foi removido o sensor do sistema de automatização de suas leituras devido ao avanço das obras de descaracterização;
- INA-39 – Instrumento que se apresentava seco desde julho de 2024, voltou a apresentar leitura a partir de março de 2025, indicando níveis mais de 2 metros acima da cota de fundo cadastrada. Há indícios de algum mau funcionamento do instrumento já que tal valor é incompatível com os níveis verificados nos instrumentos adjacentes, além deste instrumento ter um histórico de comportamento seco, sendo essas leituras discrepantes ao previamente verificado;
- PZ-04 – Instrumento automatizado apresentou variação acima de um metro na 2ª quinzena de março de 2025 e manteve seus níveis desde então. Recomenda-se que seja verificada a cota de fundo do instrumento e seja realizada a conferência dos dados de cadastro do sistema de automatização;
- PZ-05 – Instrumento que se apresentava seco desde dezembro de 2024, voltou a apresentar leitura a partir de fevereiro de 2025, apresentando valores próximos aos verificados em agosto de 2024;
- PZ-08 – Instrumento que apresentou uma variação acima de um metro na 2ª quinzena de janeiro de 2025, vem apresentando um rebaixamento gradual em seu nível desde então, retornando a valores próximos aos verificados em agosto de 2024;
- PZ-21 – Instrumento automatizado não apresentou registro de leituras durante a 2ª quinzena de abril de 2025, retornando a registrar as informações dos níveis verificados ao fim da 2ª quinzena de abril de 2025;
- PZ-22 – Instrumento automatizado não apresentou registro de leituras de março de 2025 até meados da 2ª quinzena do mês de abril de 2025, retornando a apresentar leituras ao fim da 2ª quinzena de abril de 2025;

→ PZ-23 – Instrumento se encontrava obstruído na 1ª quinzena de fevereiro de 2025, o qual foi recuperado na quinzena seguinte, apresentando leitura seco. Na 2ª quinzena de março de 2025, o instrumento apresentou leituras e na 1ª quinzena de abril de 2025 retornou à condição seca;

→ PZ-25 – Instrumento atingiu leitura acima do nível de atenção na 1ª quinzena de fevereiro de 2025, retornando a leituras abaixo aos níveis de controle, na leitura seguinte. A partir de então, o instrumento apresentou um rebaixamento gradual em seus níveis até a 2ª quinzena de abril de 2025, quando indicou uma pequena elevação em suas leituras, mas ainda inferior aos níveis de controle definidos.

Na 2ª quinzena de abril de 2025, não foram registradas leituras automatizadas dos instrumentos PZ-02 e PZ-09 devido a problemas no *datalogger*, porém foram realizadas leituras manuais.

Durante o processo de remoção do maciço remanescente do 10º alteamento, os instrumentos INA-23, INA-25, PZ-16 e PZ-17 precisaram ser rebaixados, porém ainda não foi realizado novo cadastro da cota de topo destes instrumentos. As leituras realizadas, após o rebaixamento, indicaram que estes instrumentos se apresentam secos.

- **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 (fevereiro/2025 a abril/2025), obteve-se uma vazão média de 4,08 m³/h, com leituras variando de 2,68 m³/h até 6,08 m³/h.

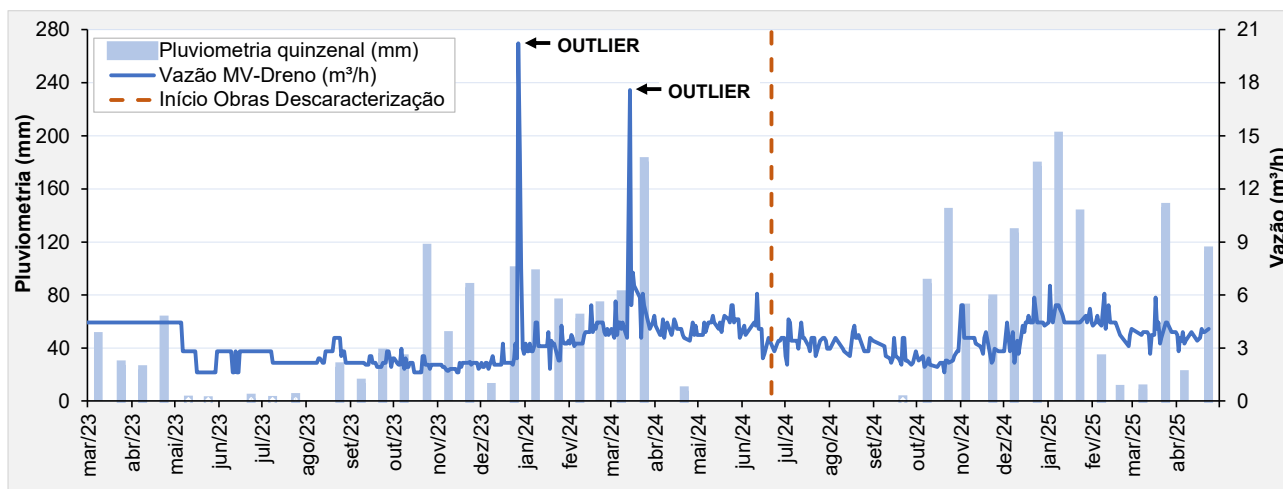


Figura 6.84 – Vazão – MV-Dreno – Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

● Marcos de Controle de Deformação

Atualmente na barragem existem 13 marcos de controle de deslocamento instalados como pode ser verificado na Tabela 6.4 e na Figura 6.16.

Na 1ª quinzena de abril de 2025, foram instalados 10 novos marcos de deslocamentos na estrutura, os quais foram cadastrados em 17/04/2025. Os marcos remanescentes MS-03, MS-04 e MS-05 foram recadastrados e renumerados, passando a ter nova numeração, sendo: MS-04, MS-03 e MS-13, respectivamente.

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 15 mm e verticais menores que 7 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/2025 a abril/2025) foi realizada no dia 25/04/2025.

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.

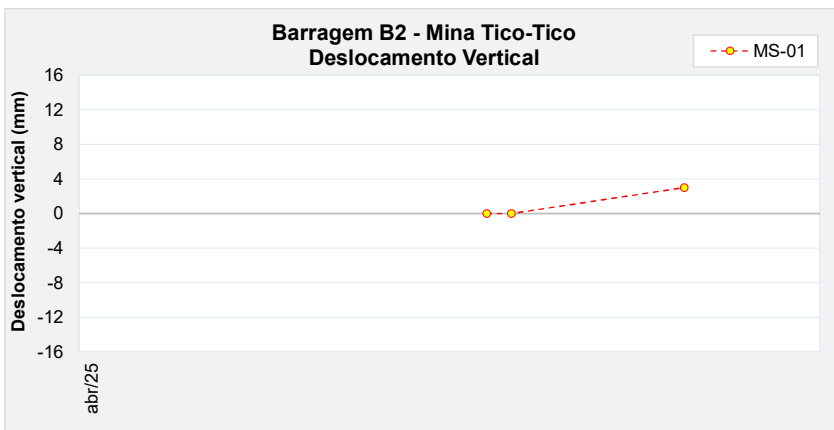
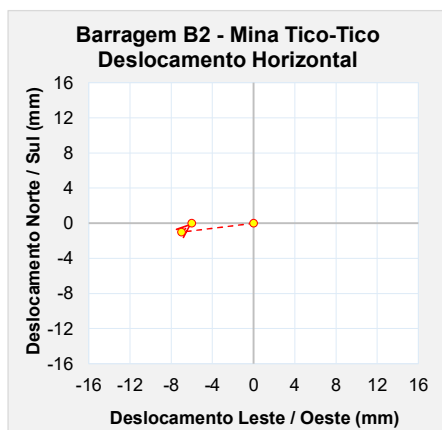


Figura 6.85 – Marco de controle de deformação – MS-01.

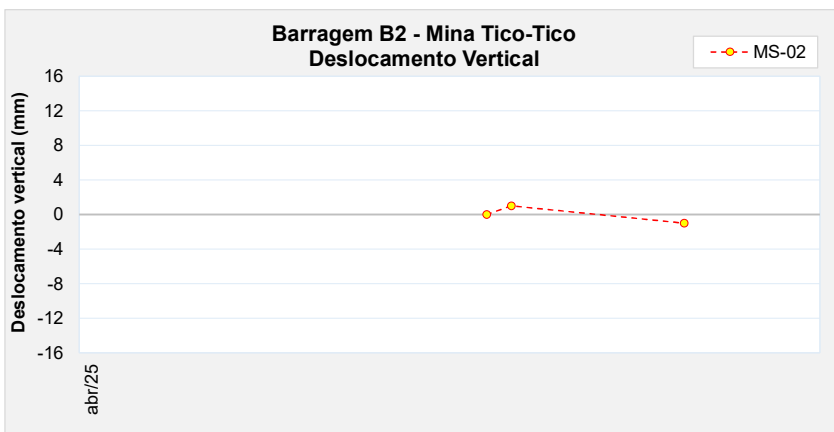
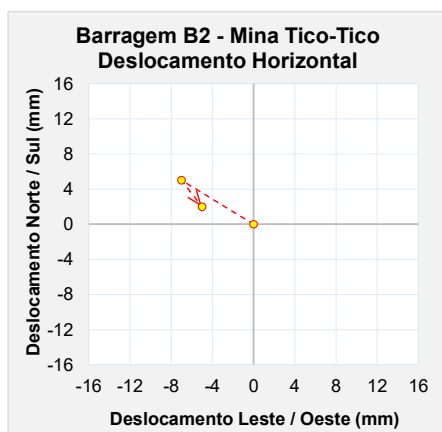


Figura 6.86 – Marco de controle de deformação – MS-02.

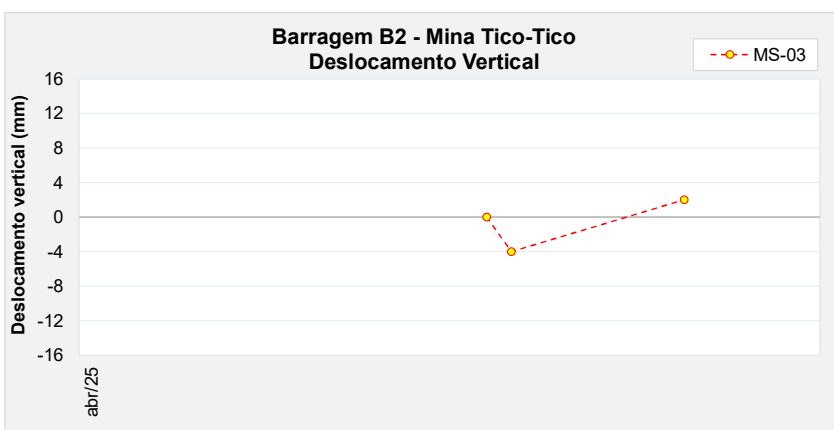
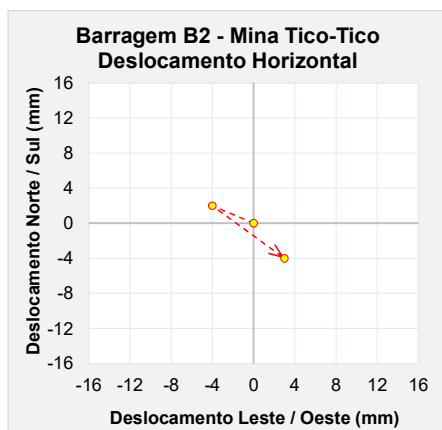


Figura 6.87 – Marco de controle de deformação – MS-03.

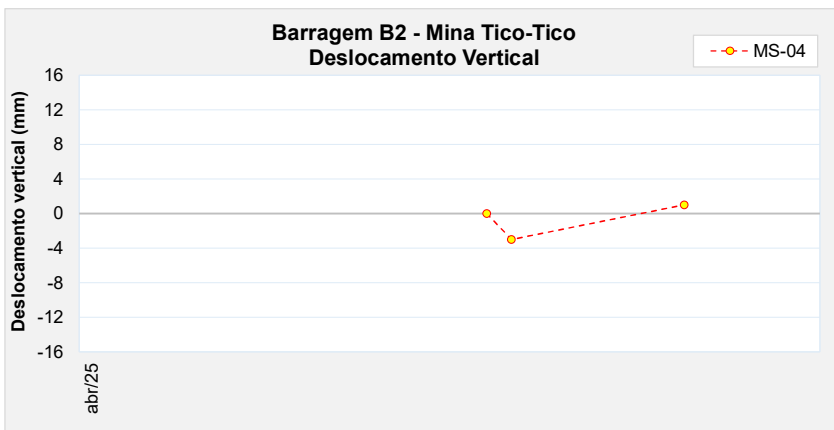
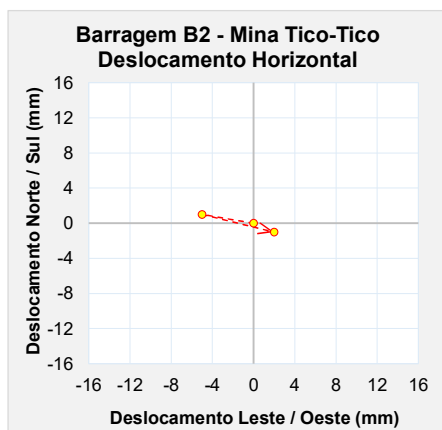


Figura 6.88 – Marco de controle de deformação – MS-04.

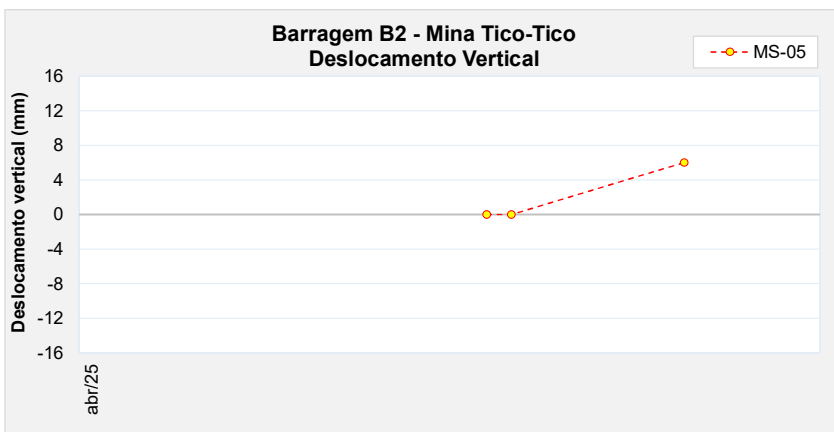
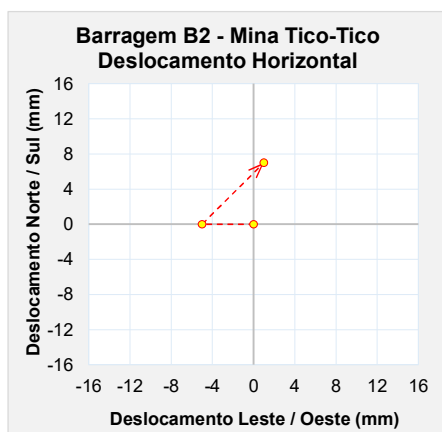


Figura 6.89 – Marco de controle de deformação – MS-05.

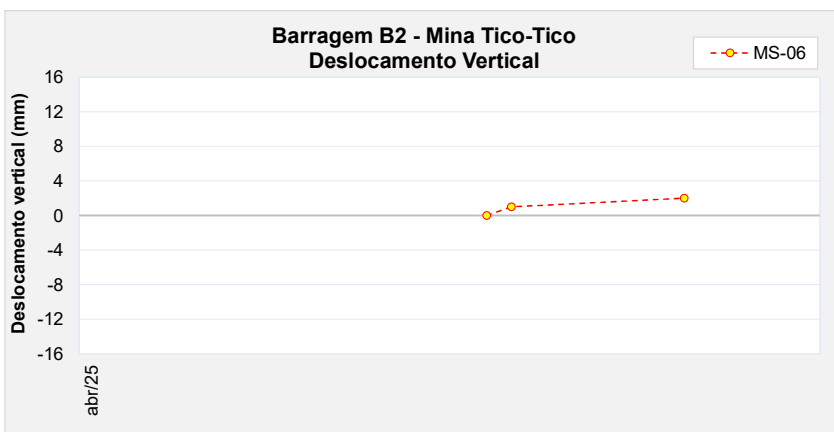
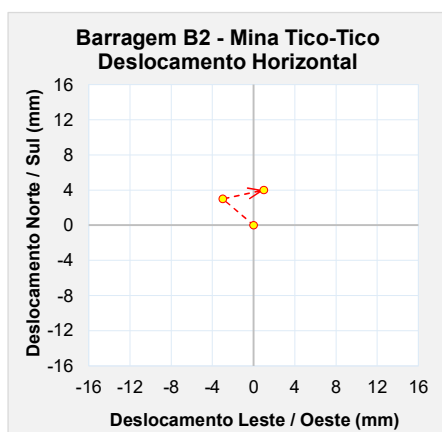


Figura 6.90 – Marco de controle de deformação – MS-06.

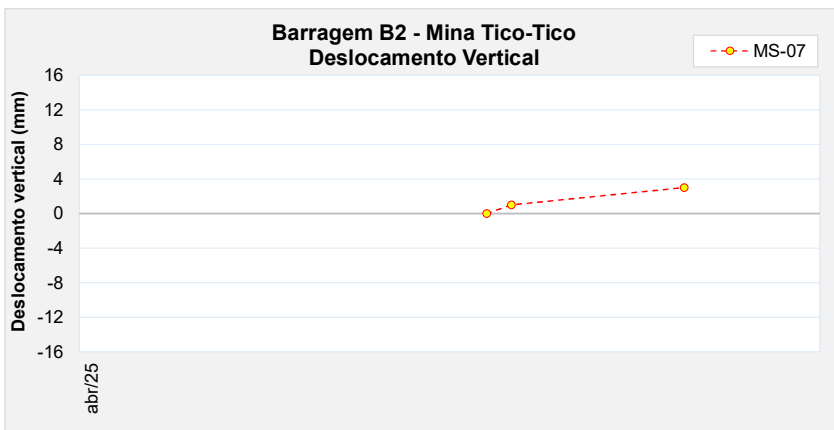
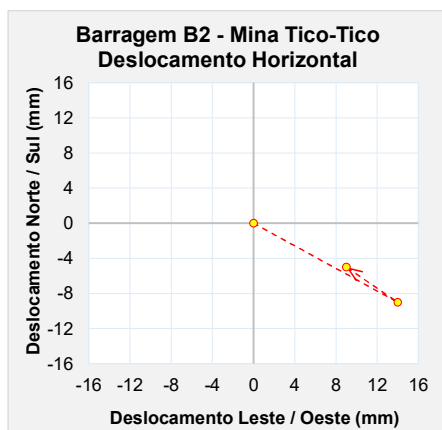


Figura 6.91 – Marco de controle de deformação – MS-07.

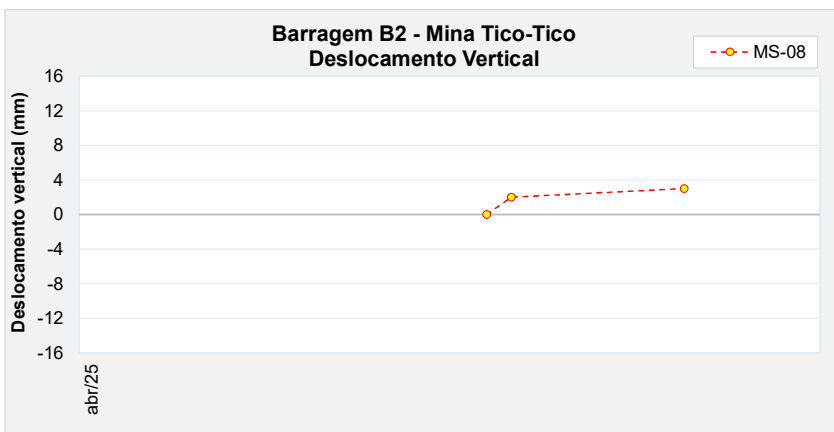
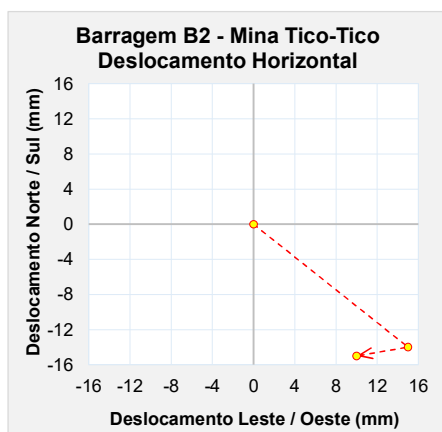


Figura 6.92 – Marco de controle de deformação – MS-08.

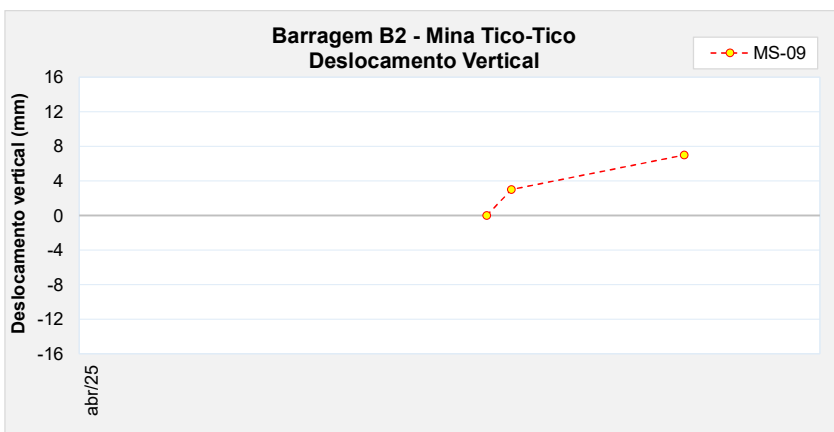
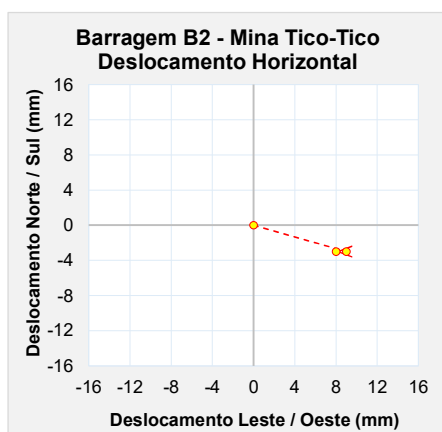


Figura 6.93 – Marco de controle de deformação – MS-09.

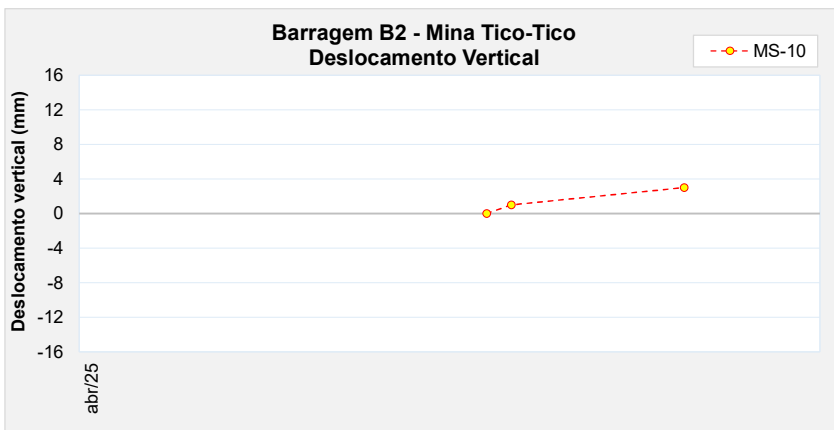
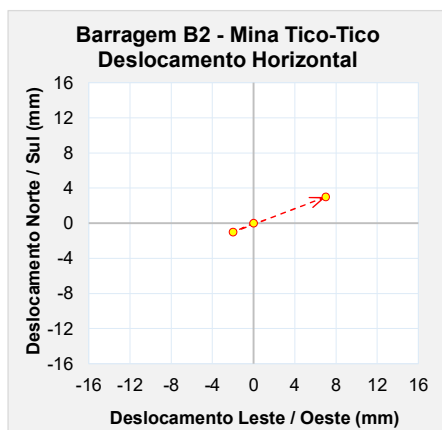


Figura 6.94 – Marco de controle de deformação – MS-10.

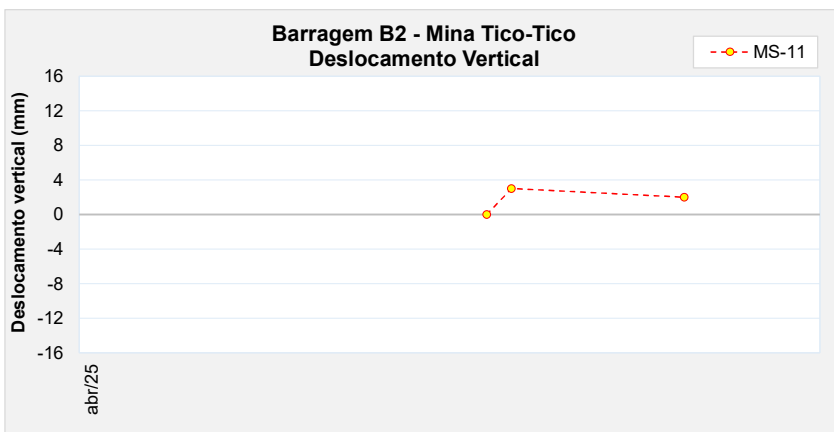
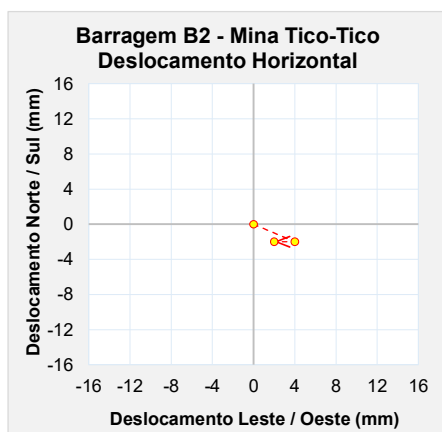


Figura 6.95 – Marco de controle de deformação – MS-11.

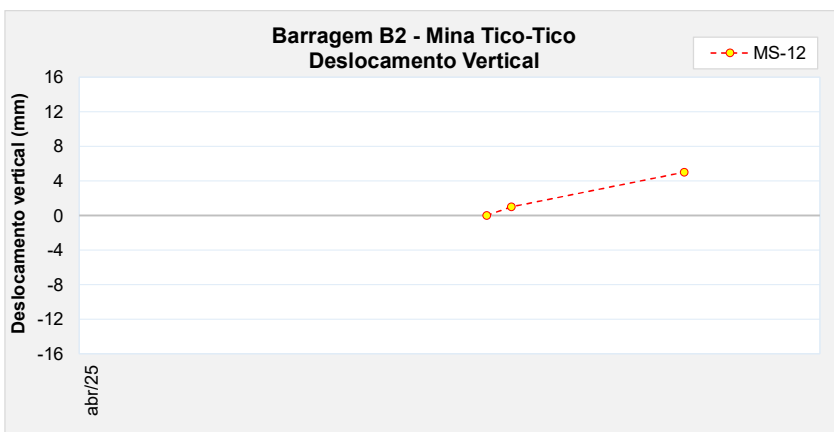
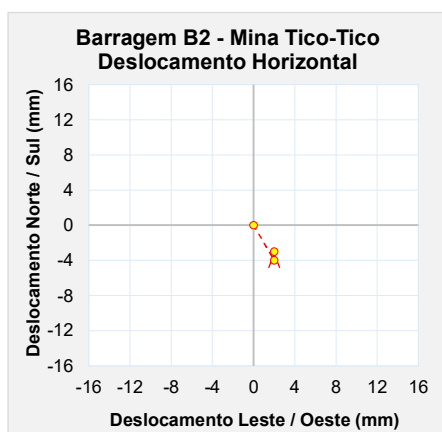


Figura 6.96 – Marco de controle de deformação – MS-12.

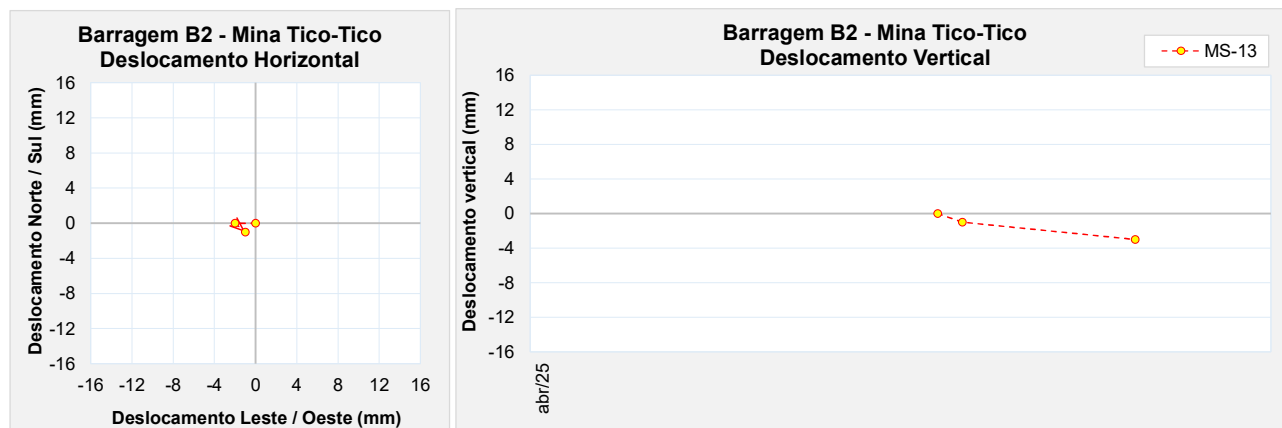


Figura 6.97 – Marco de controle de deformação – MS-13.

6.2.4 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (fevereiro/2025 a abril/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 6.98 é apresentada a localização em planta das seções e instrumentação de controle utilizadas nas análises de estabilidade.

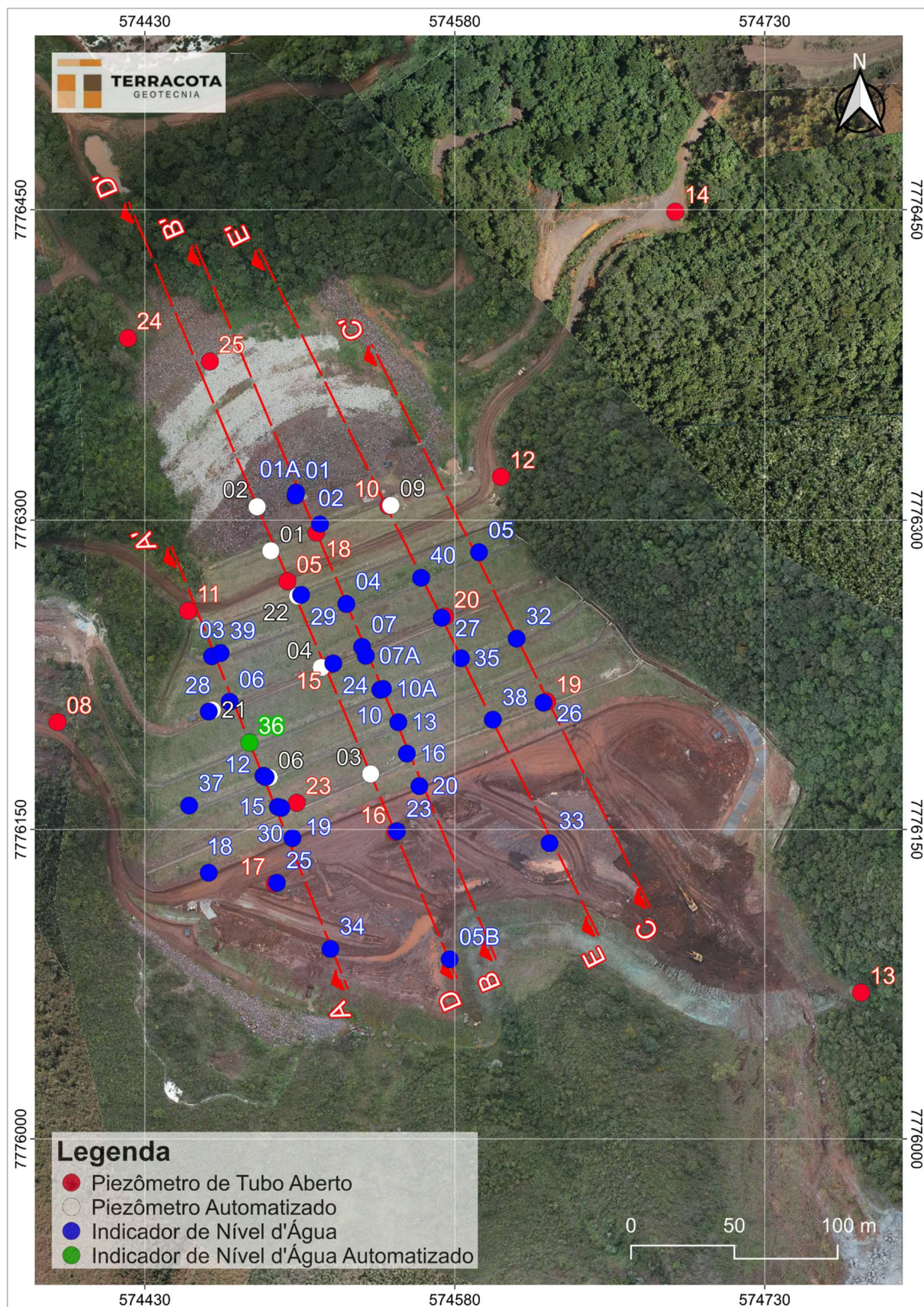


Figura 6.98 – Seções Instrumentadas Barragem B2 – Mina Tico-Tico – Planta.

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 $\geq$ 1,5**);
- Análises não drenadas com parâmetro de pico: NBR 13.028/2024 e Resolução ANM 95/2022 (**FS $\geq$ 1,3**);
- Análises com carregamento pseudo-estático: CDA/2014 (**FS $\geq$ 1,0**) e NBR 13.028/2024 (**FS $\geq$ 1,1**);
- Análises não drenadas com parâmetro de liquefeito: Termo de Referência para Descaracterização de Barragens (**FS $\geq$ 1,1**) e ANCOLD 2012 (**FS $\geq$ 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 CREAM 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 CREAM 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 6.99 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 6.99 – 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 CREAM 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 6.100).

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 CREAM.

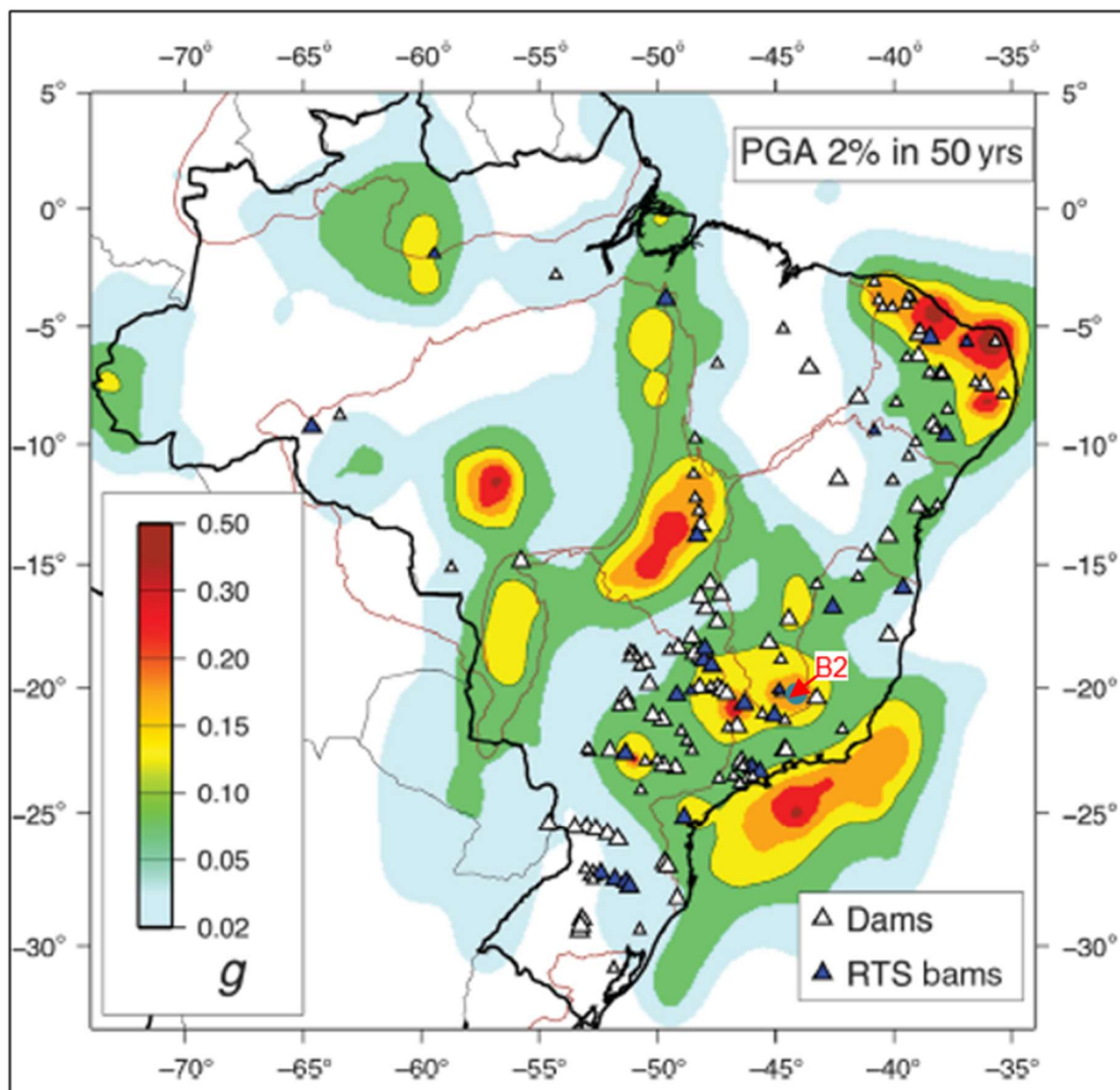


Figura 6.100 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Assumpção Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem 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 (30/04/25) e adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	INA-25	1.098,96	Seco	1.088,90 ⁽¹⁾
	INA-19	1.093,90	Seco	1.087,32 ⁽¹⁾
	INA-30	1.080,01	Seco	1.085,15 ⁽¹⁾
	INA-15	1.089,65	Seco	1.085,15 ⁽¹⁾
	PZ-23	1.085,15	Seco	1.085,15
	INA-31	1.077,38	Seco	1.076,39 ⁽¹⁾
	PZ-06 ⁽²⁾	1.075,53	1.076,39	1.076,39
	INA-12	1.088,33	1.089,61 ⁽⁵⁾	1.076,39 ⁽¹⁾
	INA-36 ⁽²⁾	1.070,88	1.070,59 ⁽⁴⁾	1.070,88

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	INA-28	1.071,25	Seco	1.069,96 ⁽¹⁾
	INA-06	1.083,36	Seco	1.069,96 ⁽¹⁾
	INA-39	1.068,81	1.071,12 ⁽⁵⁾	1.068,81
	INA-03	1.074,43	Seco	1.068,81 ⁽¹⁾
B-B'	INA-20	1.099,75	Seco ⁽³⁾	1.062,70 ⁽¹⁾
	INA-16	1.089,27	Seco	1.061,30 ⁽¹⁾
	INA-13	1.088,62	Seco	1.060,16 ⁽¹⁾
	INA-10	1.078,01	Seco	1.058,86 ⁽¹⁾
	INA-10A	1.083,17	Seco	1.058,86 ⁽¹⁾
	INA-07	1.072,70	Seco	1.057,26 ⁽¹⁾
	INA-07A	1.076,68	Seco	1.057,26 ⁽¹⁾
	INA-04	1.067,61	Seco	1.054,66 ⁽¹⁾
	PZ-18	1.029,98	1.038,02	1.050,90 ⁽¹⁾
	INA-02	1.040,25	1.041,22	1.050,70 ⁽¹⁾
	INA-01	1.047,79	Danificado	1.047,92 ⁽¹⁾
	INA-01A	1.043,29	1.047,92	1.047,92
C-C'	INA-26	1.073,22	Seco	1.061,97 ⁽¹⁾
	PZ-19	1.061,70	1.061,97	1.061,97
	INA-32	1.075,65	Seco	1.061,06 ⁽¹⁾
	INA-05	1.075,57	Seco	1.059,83 ⁽¹⁾
D-D'	INA-23	1.079,79	Seco	1.065,28 ⁽¹⁾
	INA-24	1.055,03	1.059,49	1.060,47 ⁽¹⁾
	PZ-04 ⁽²⁾	1.055,76	1.060,47	1.060,47
	INA-29	1.046,61	1.055,65	1.055,65
	PZ-05	1.048,78	1.048,90	1.048,90
	PZ-01 ⁽²⁾	1.046,98	1.048,00	1.048,64 ⁽¹⁾
	PZ-02 ⁽²⁾	1.046,39	1.048,28	1.048,28
	PZ-25	1.026,15	1.028,59	1.028,59
E-E'	INA-33	1.080,90	Seco	1.080,90
	INA-38	1.074,93	Seco	1.071,93 ⁽¹⁾
	INA-35	1.071,71	Seco	1.067,41 ⁽¹⁾
	INA-27	1.068,25	Seco	1.064,41 ⁽¹⁾
	PZ-20	1.051,21	Seco	1.064,41 ⁽¹⁾
	INA-40	1.061,39	Seco	1.061,39
	PZ-09 ⁽²⁾	1.036,67	1.042,35	1.054,84 ⁽¹⁾
	PZ-10	1.054,84	Seco	1.054,84

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- Leitura discrepante em relação aos instrumentos adjacentes. Instrumento considerado "seco".

Tabela 6.10 – Instrumentação – Freática atuante na fundação - Valores lidos (30/04/25) e adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	INA-34	1.099,32	Seco	1.099,32
	PZ-17	1.089,24	Seco	1.085,00 ⁽¹⁾
	PZ-21 ⁽²⁾	1.048,62	1.059,59	1.059,59
	PZ-11	1.027,43	1.043,80	1.057,40 ⁽¹⁾
D-D'	INA-05B	1.103,80	Seco	1.103,80
	PZ-16	1.073,44	Seco	1.073,44
	PZ-03 ⁽²⁾	1.059,37	1.059,56	1.059,56
	PZ-15	1.032,38	1.045,59	1.045,59
	PZ-22 ⁽²⁾	1.037,19	1.041,61	1.041,61

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).

Devido às obras de descaracterização, foi necessária a execução de lastro sobre o rejeito para possibilitar o acesso de equipamentos ao reservatório. Os parâmetros do material foram estimados.

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					
						Razão de resistência não drenada Su/σ'v (kPa)	Obtidos		Adotados ⁽¹⁾		
				c' (kPa)	φ' (°)		c (kPa)	φ (°)	c (kPa)	φ (°)	
Rejeito	Drenado		28,0	0	38,0	-	-	-	-	-	Ensaio 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	Ensaio de compressão triaxial de laboratório
Aterro Compactado			21,5	10,5	37,5	-	-	-	-	-	Ensaio de compressão triaxial de laboratório
Tálus / colúvio			21,0	26,5	35,0	-	-	-	-	-	Ensaio 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
Lastro			18,0	0	30,0	-	-	-	-	-	Parâmetros estimados

(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 6.101 a Figura 6.133, 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'	30/04/2025	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,16
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	2,16
		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	1,49 (sismo ↑) 1,49 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático ⁽³⁾ $a_h = 0,067g$ $a_v = 0,040g$	Resistência não drenada de pico	1,10	1,59 (sismo ↑) 1,57 (sismo ↓)
B-B'	30/04/2025	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	1,29
		Não drenado pseudo-estático ⁽²⁾ $a_h = 0,092g$ $a_v = 0,055g$	Resistência não drenada de pico	1,00	1,10 (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⁾	30/04/2025	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'	30/04/2025	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	1,26

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
D-D'	30/04/2025	Não drenado pseudo-estático ⁽²⁾ $a_h = 0,092g$ $a_v = 0,055g$	Resistência não drenada de pico	1,00	1,35 (sismo ↑)
					1,31 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático ⁽³⁾ $a_h = 0,067g$ $a_v = 0,040g$	Resistência não drenada de pico	1,10	1,43 (sismo ↑)
					1,42 (sismo ↓)
E-E'	30/04/2025	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,76
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,34
		Não drenado pseudo-estático ⁽²⁾ $a_h = 0,092g$ $a_v = 0,055g$	Resistência não drenada de pico	1,00	1,27 (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 ↑)
					1,35 (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.

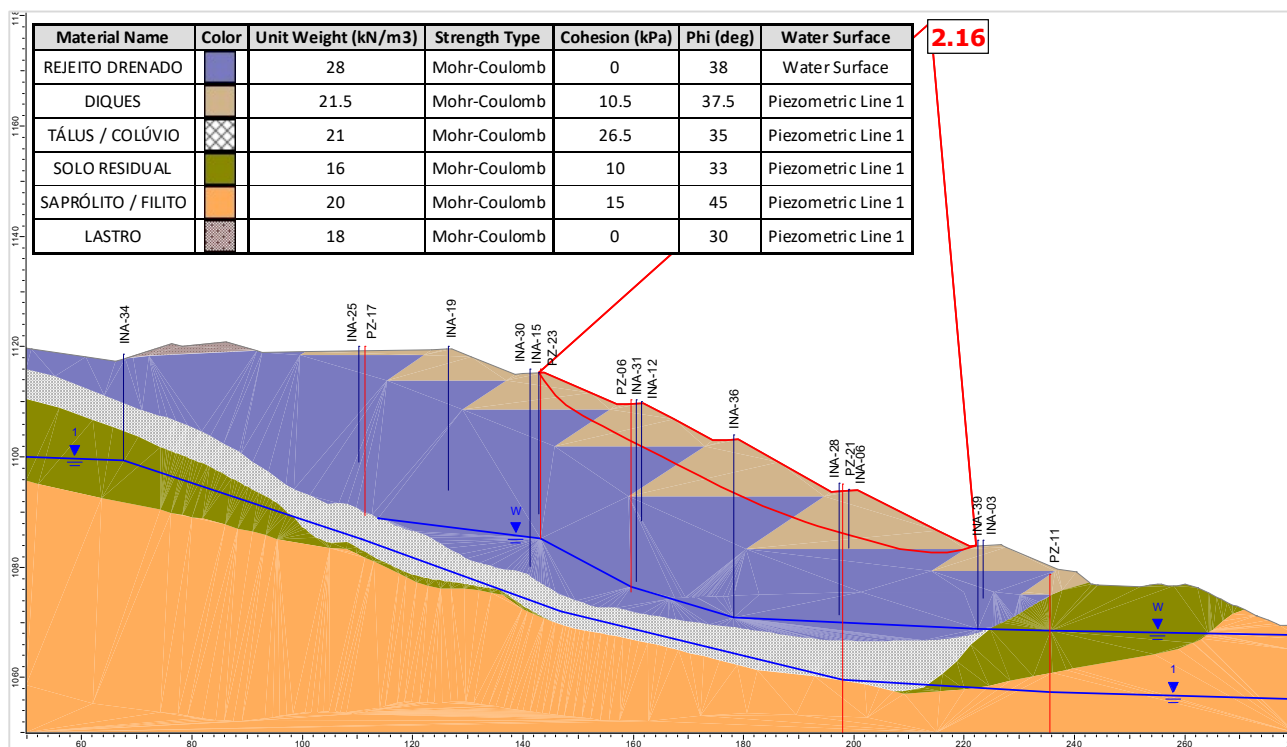


Figura 6.101 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025.

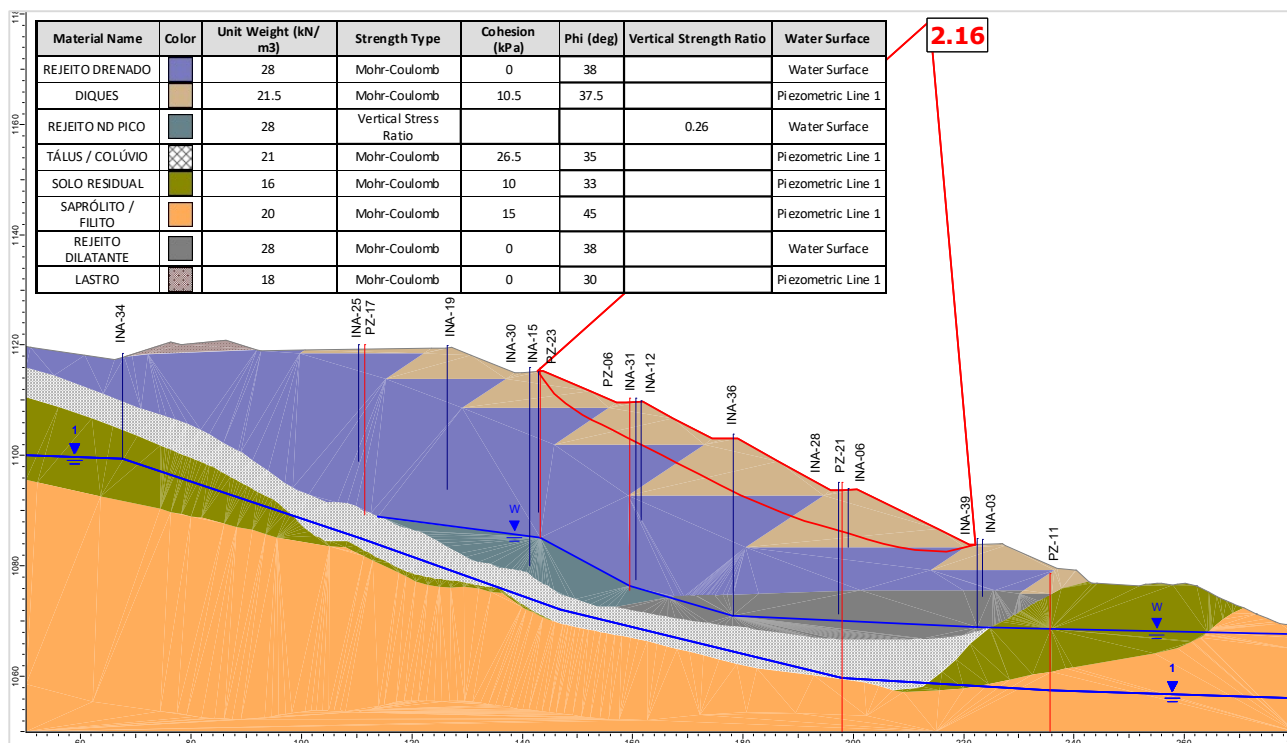


Figura 6.102 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico.

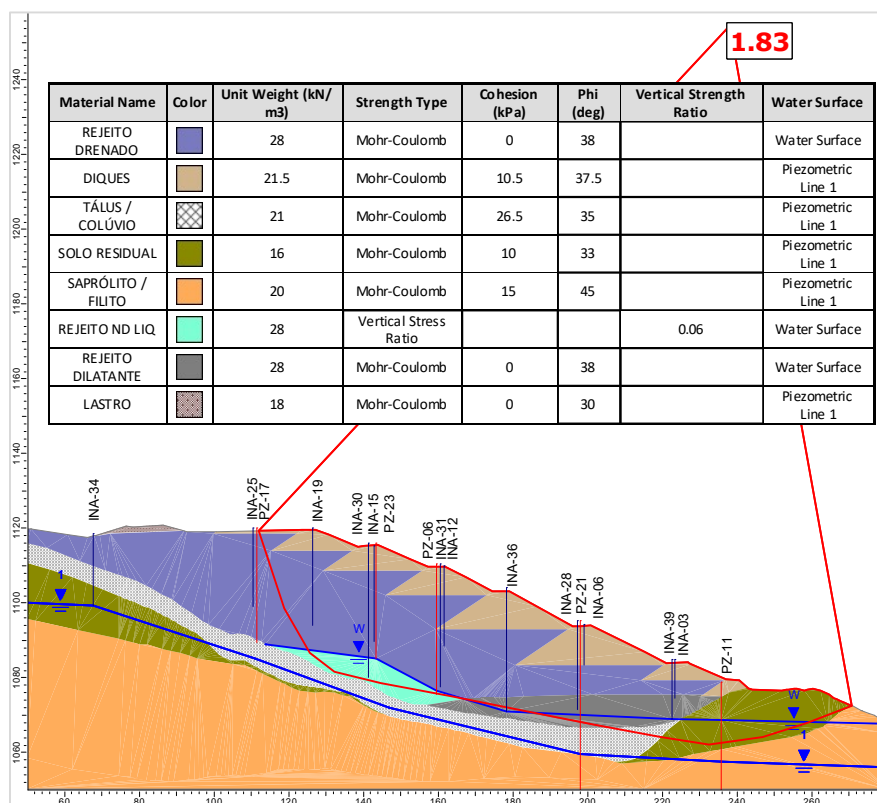


Figura 6.103 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

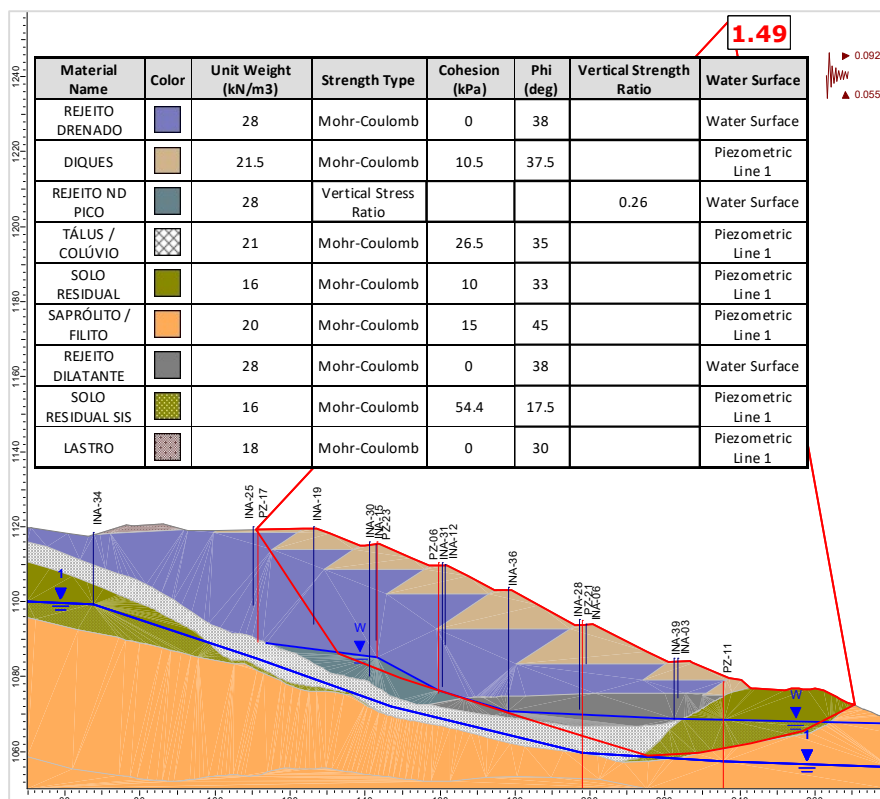


Figura 6.104 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

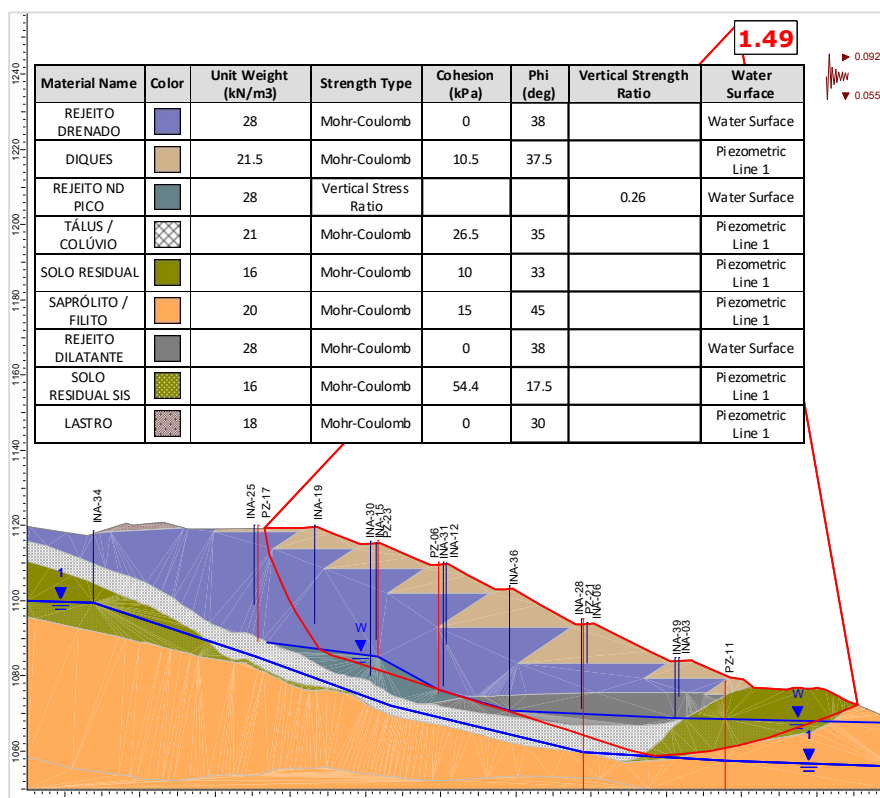


Figura 6.105 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

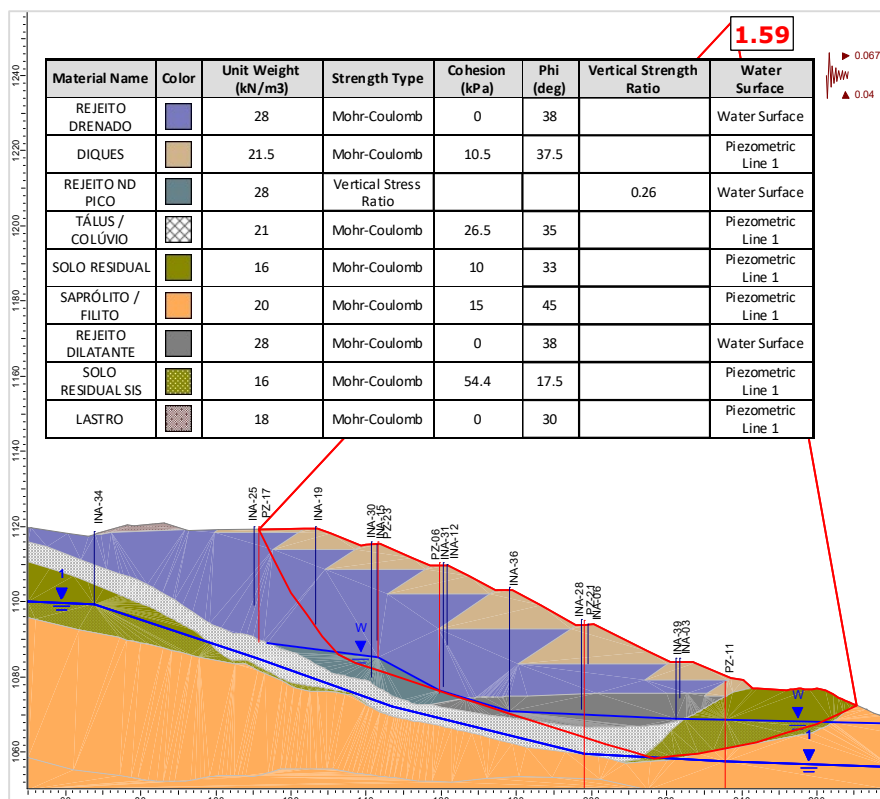


Figura 6.106 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

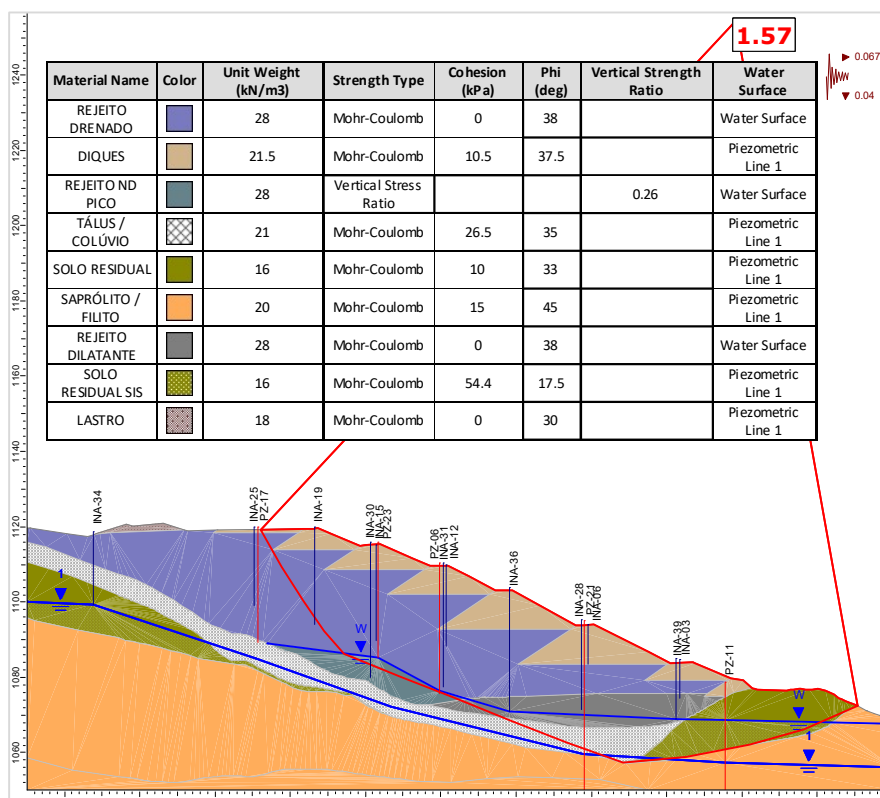


Figura 6.107 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

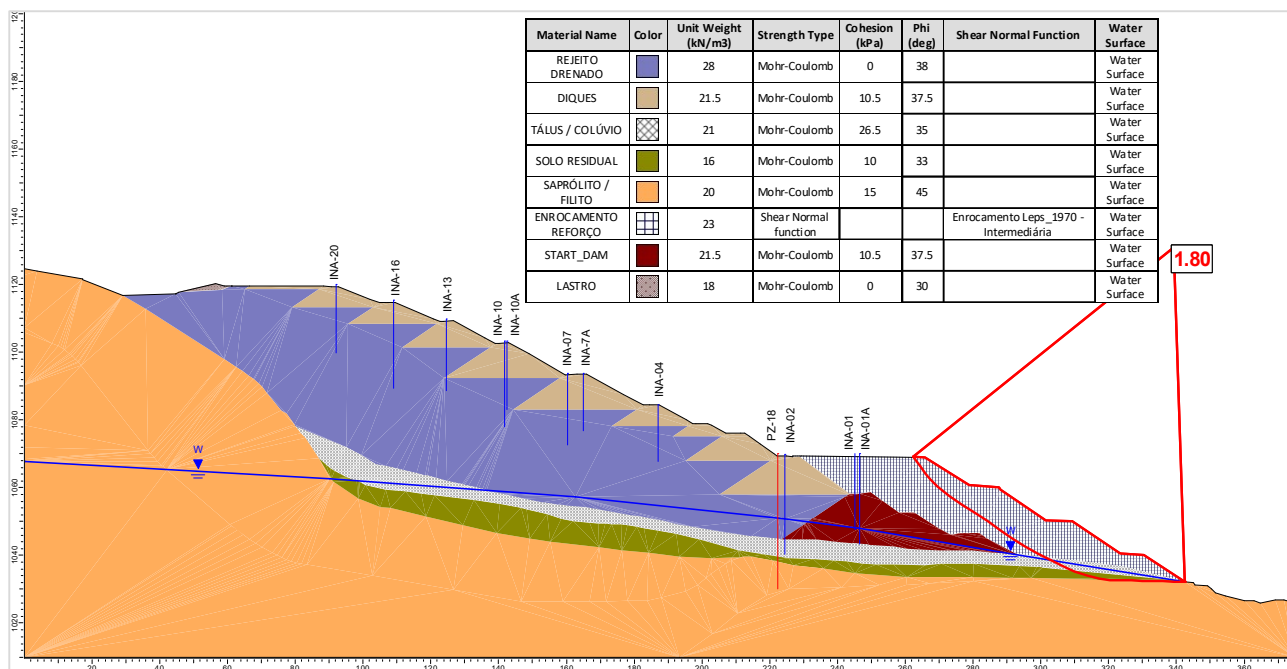


Figura 6.108 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025.

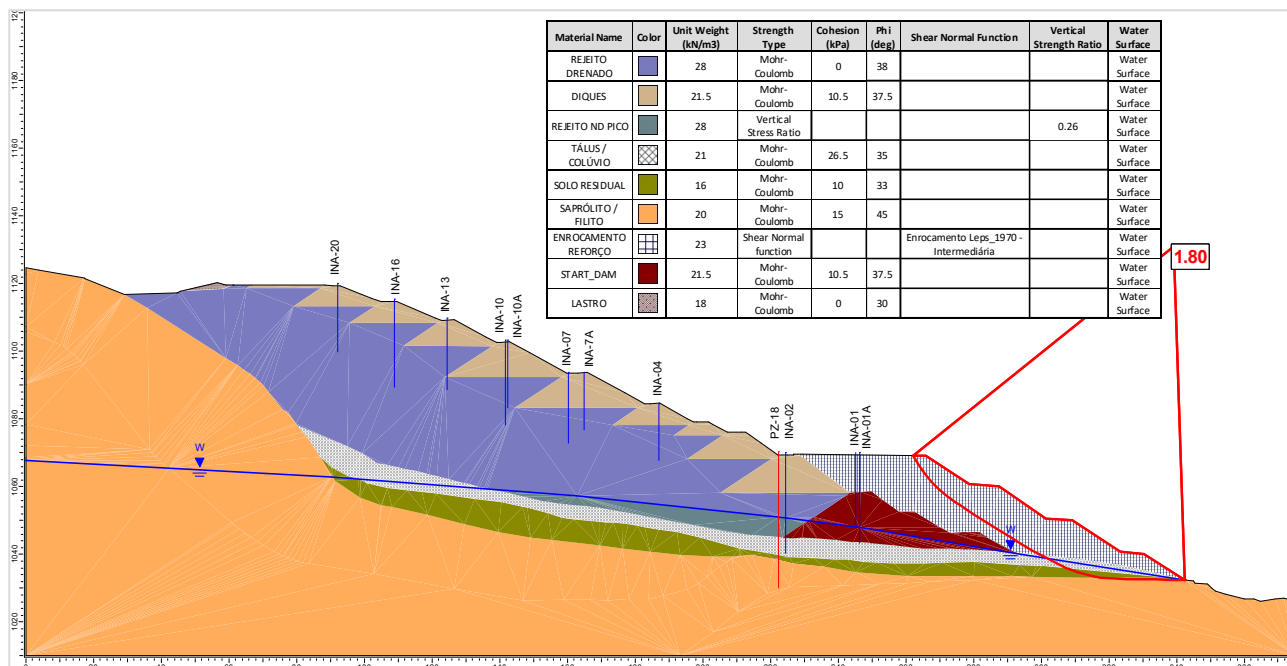


Figura 6.109 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico.

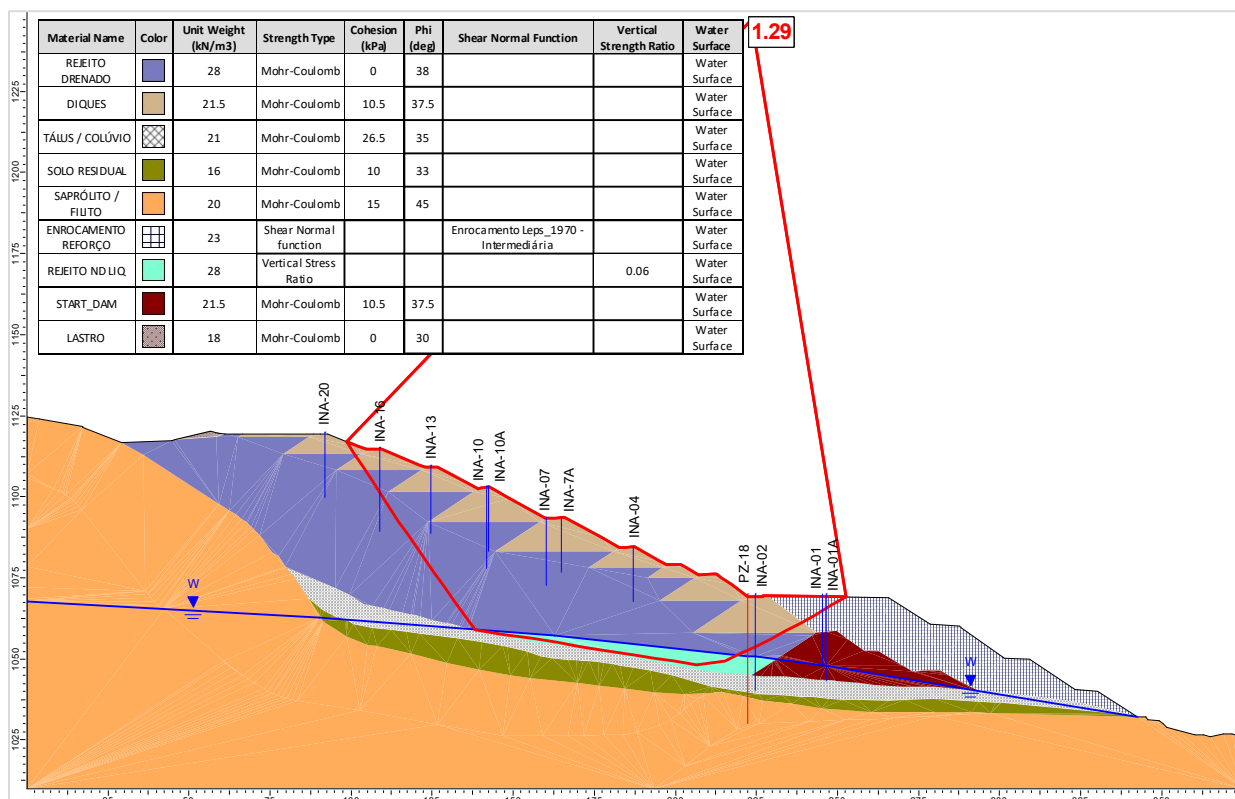


Figura 6.110 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

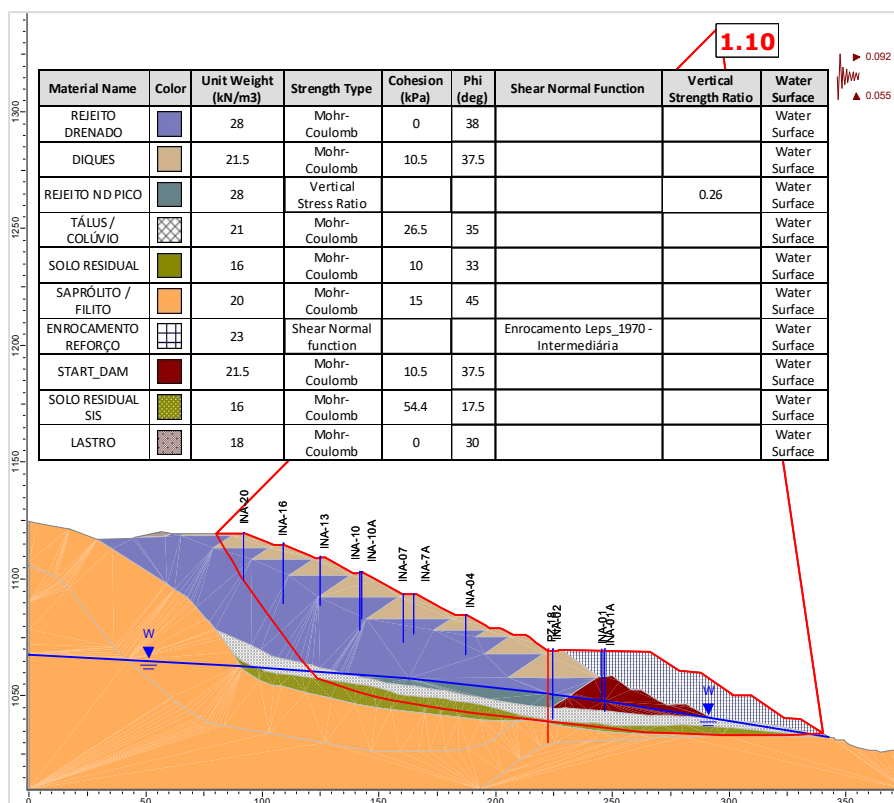


Figura 6.111 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

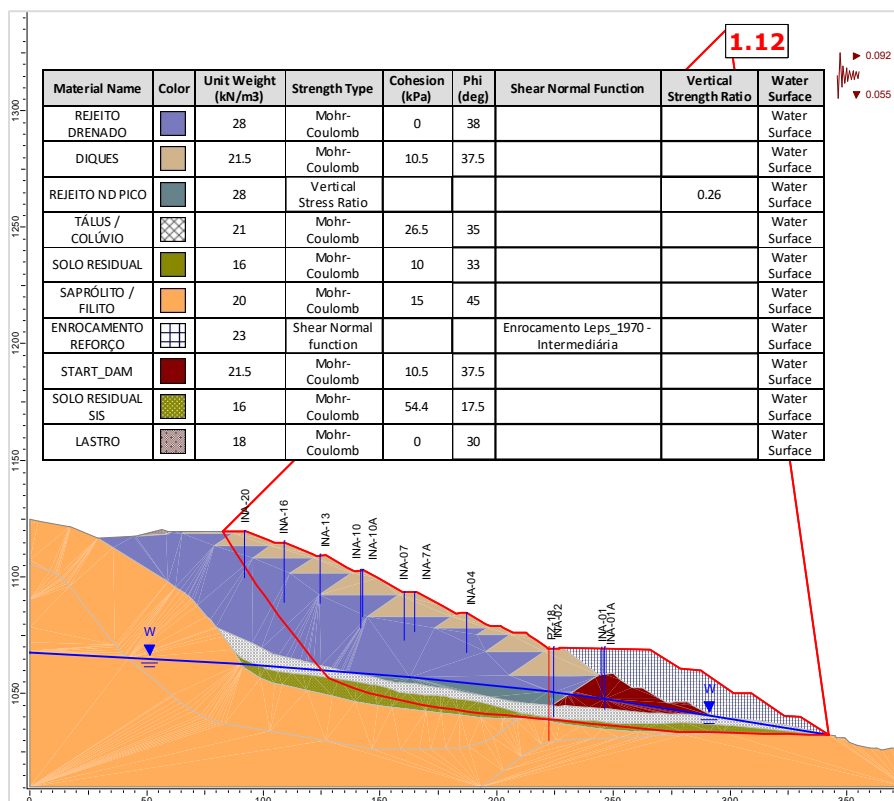


Figura 6.112 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

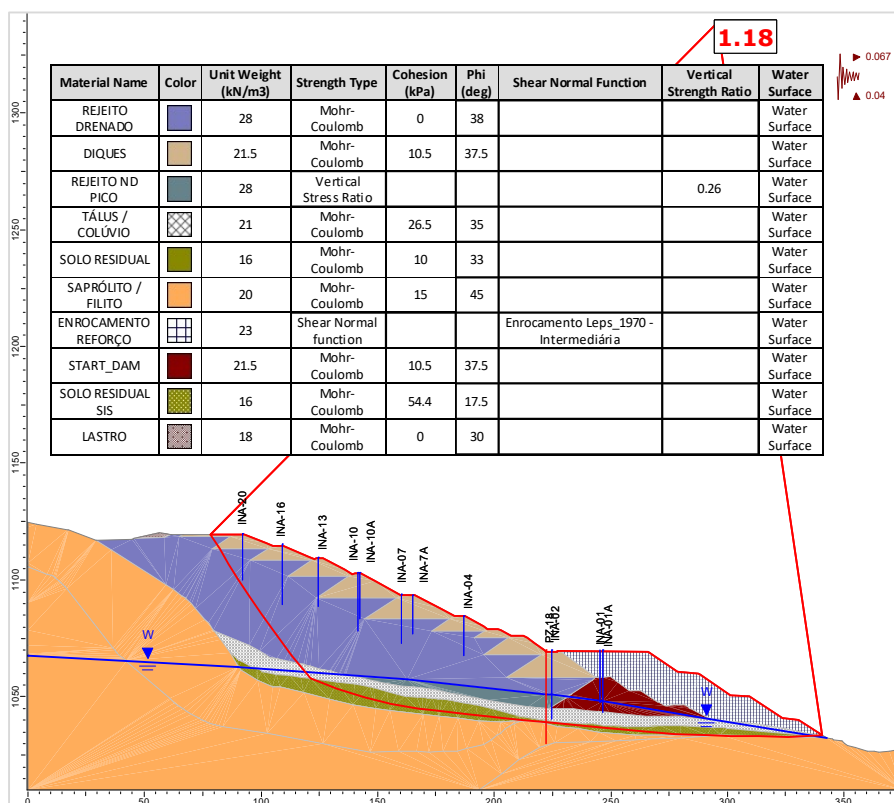


Figura 6.113 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

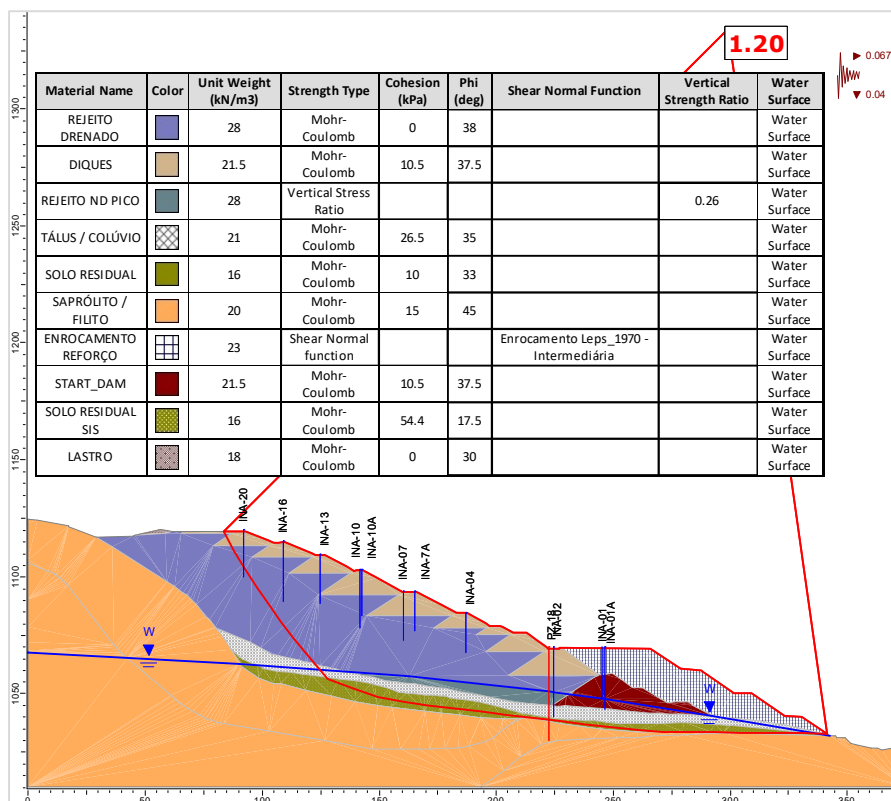


Figura 6.114 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

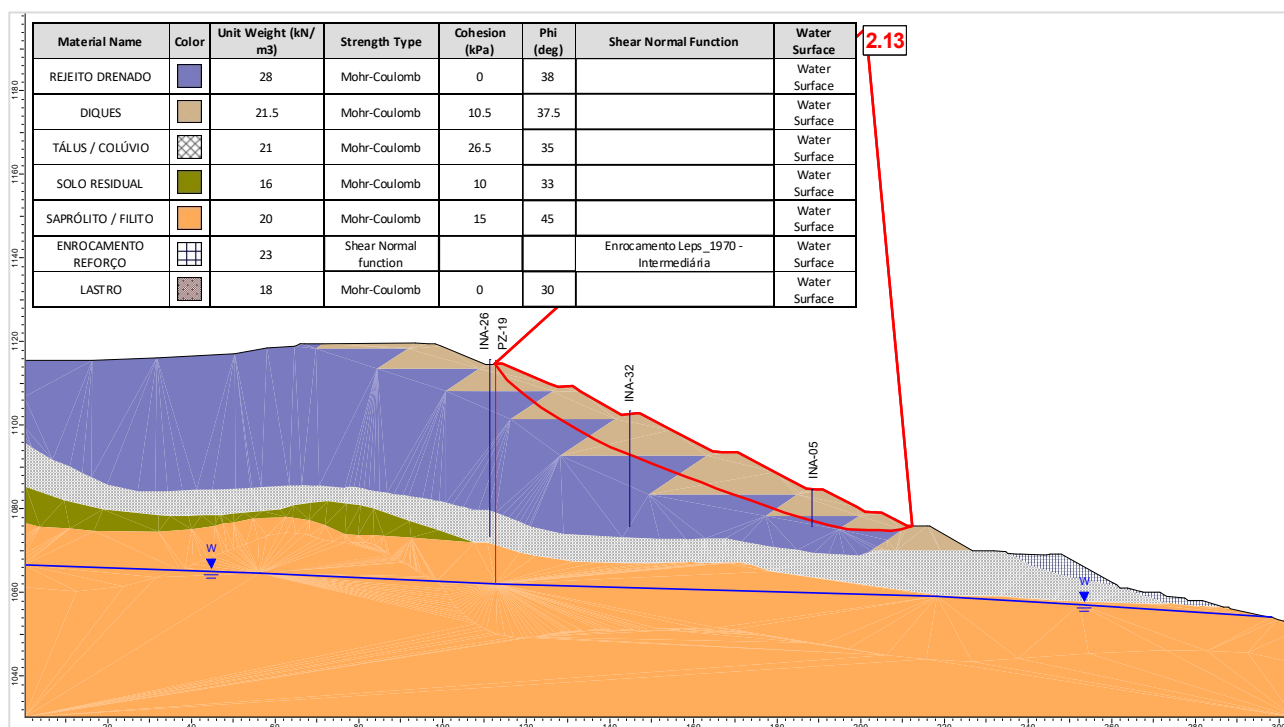


Figura 6.115 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025.

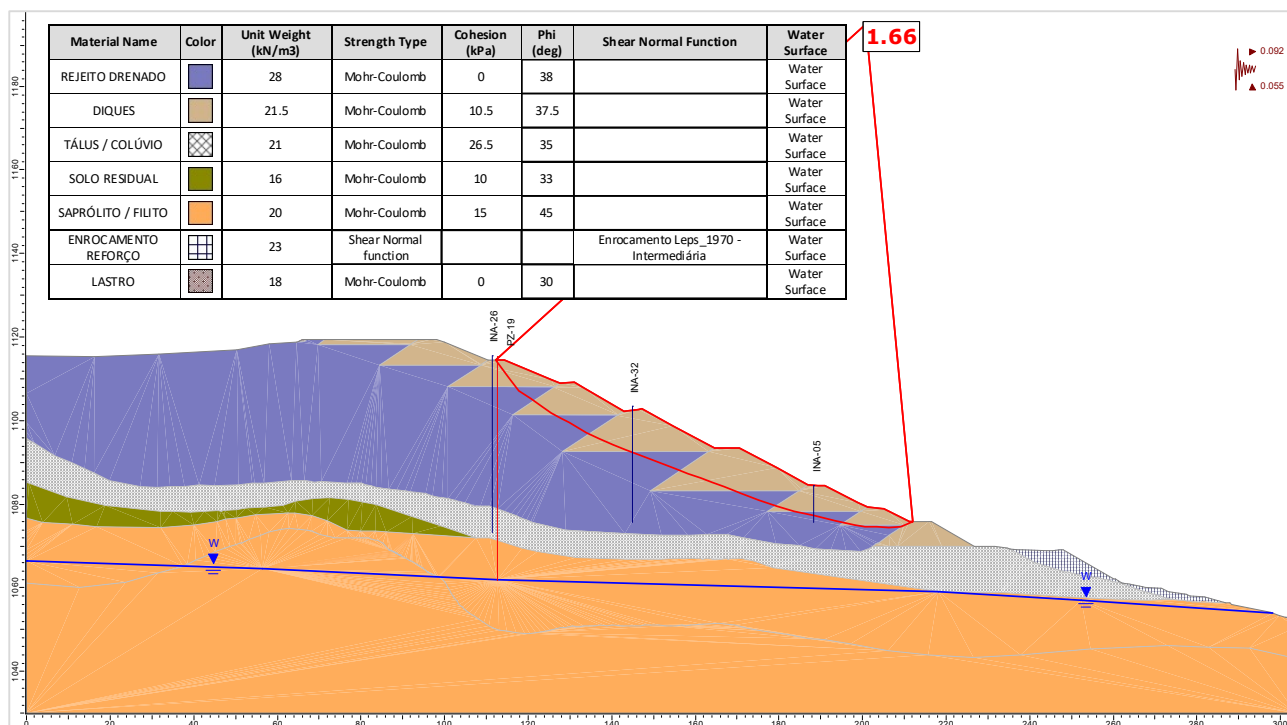


Figura 6.116 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Carregamento sísmico ↑ (critério CDA).

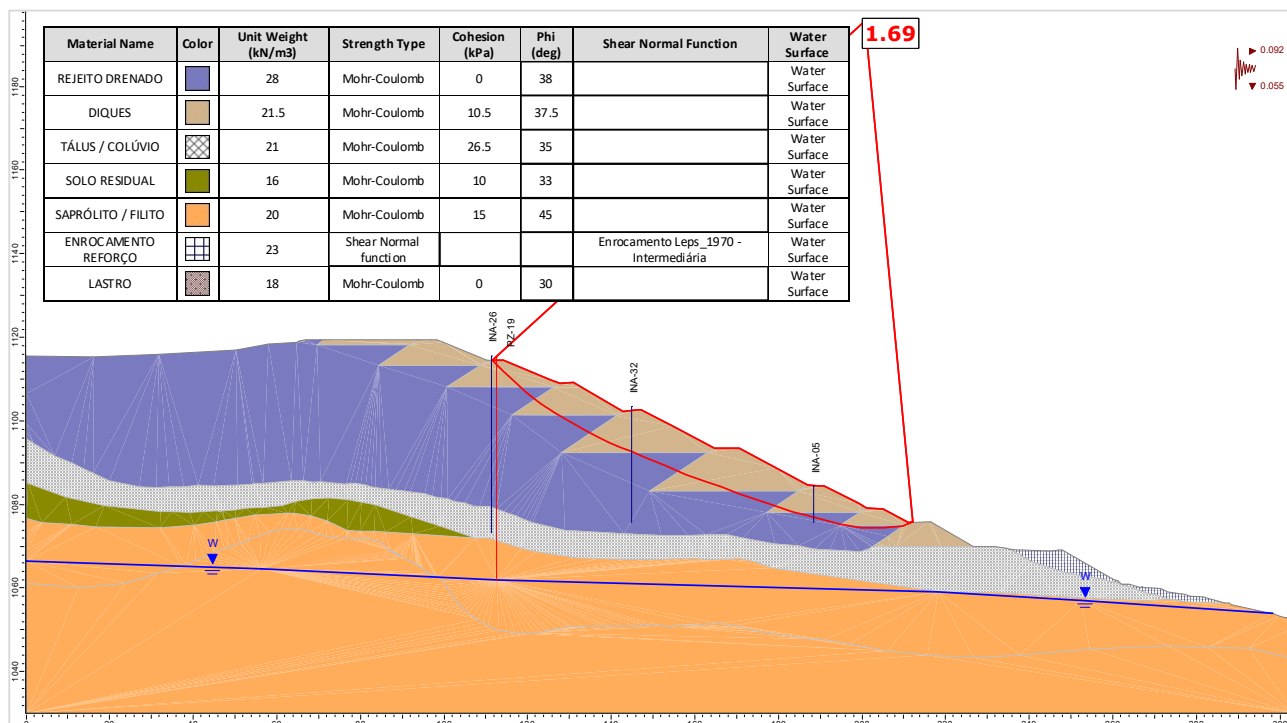


Figura 6.117 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Carregamento sísmico ↓ (critério CDA).

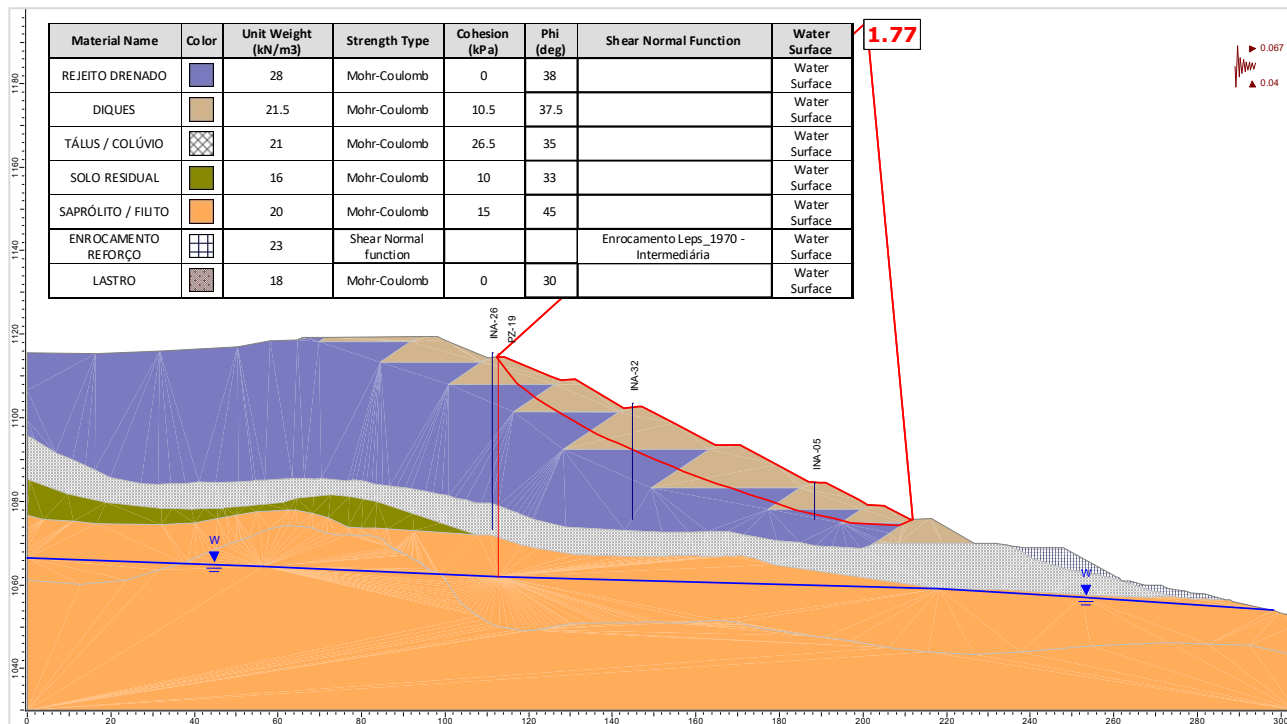


Figura 6.118 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Carregamento sísmico ↑ (critério vida útil).

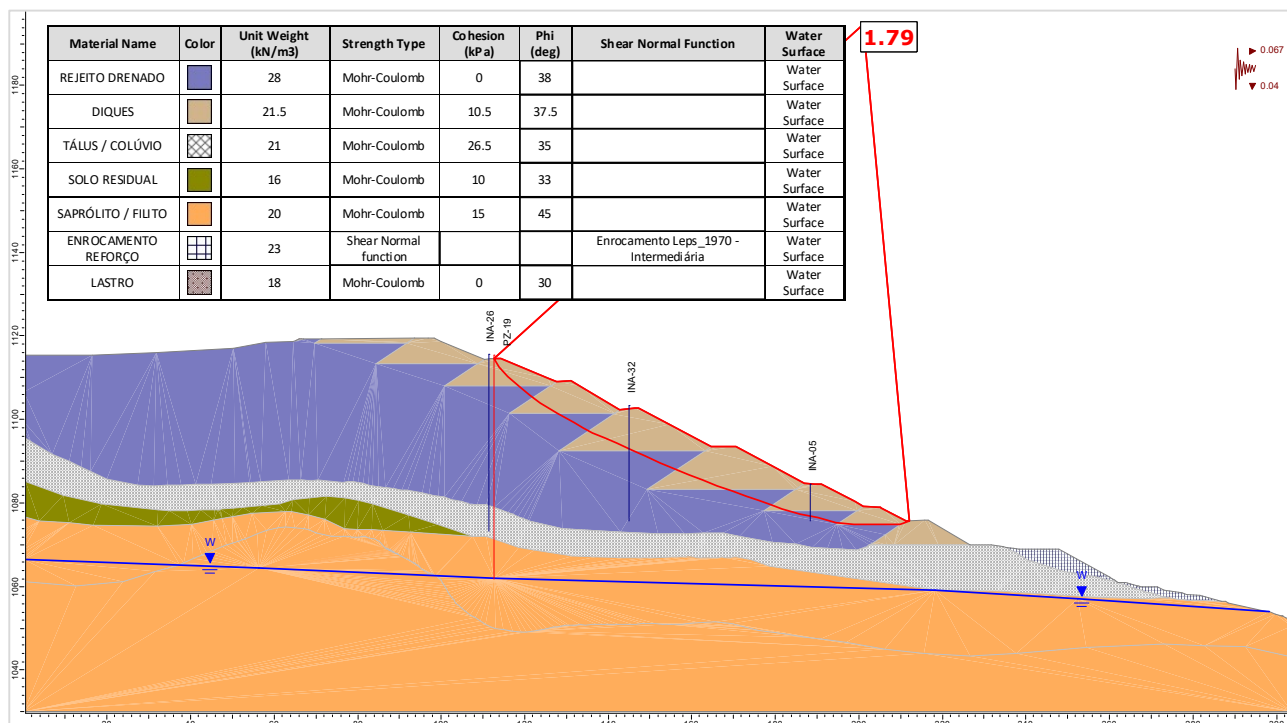


Figura 6.119 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Carregamento sísmico ↓ (critério vida útil).

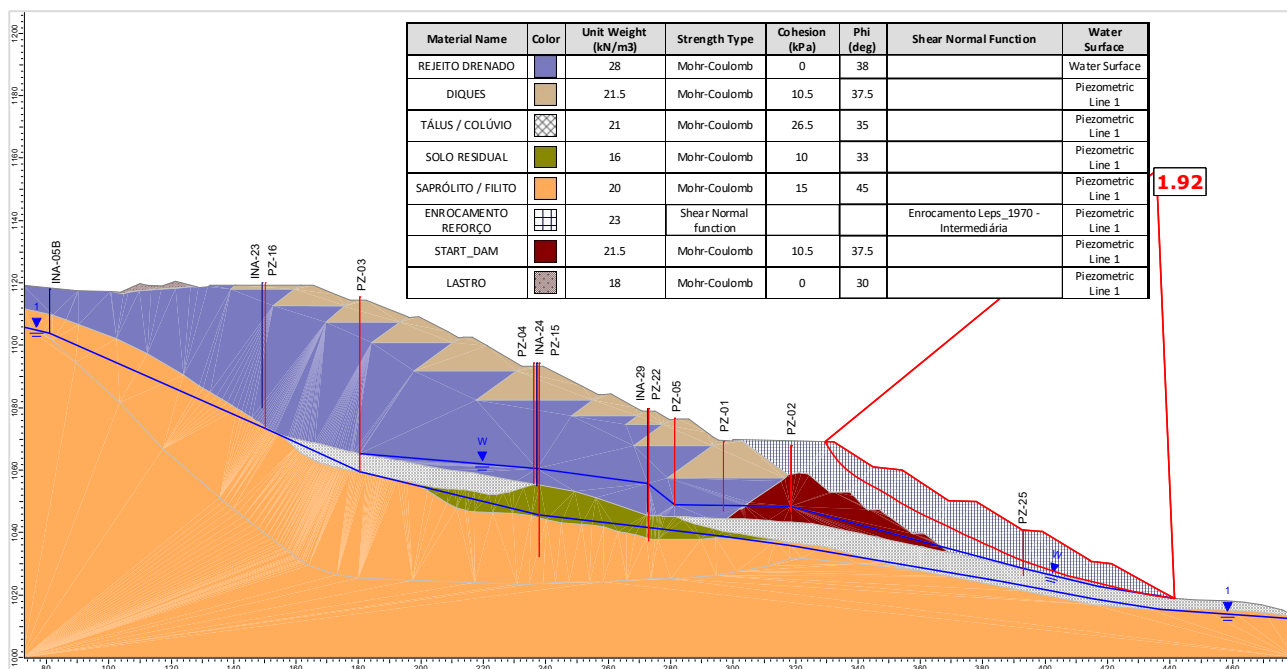


Figura 6.120 – Seção D-D' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025.

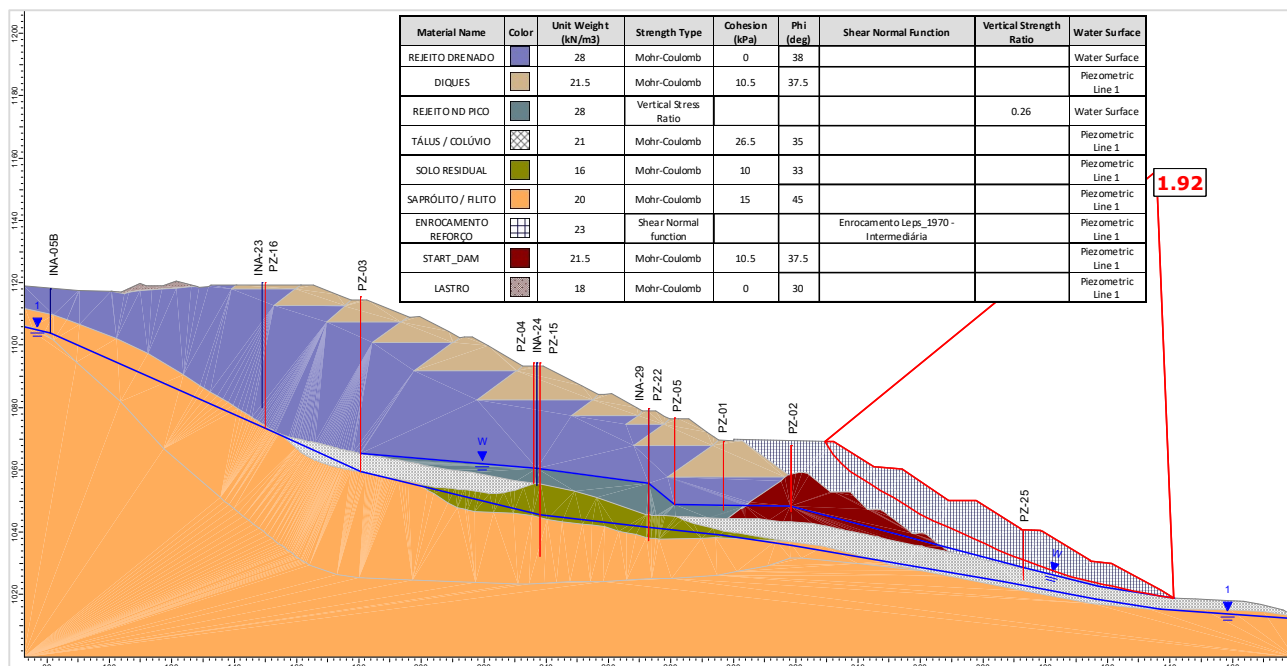


Figura 6.121 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico.

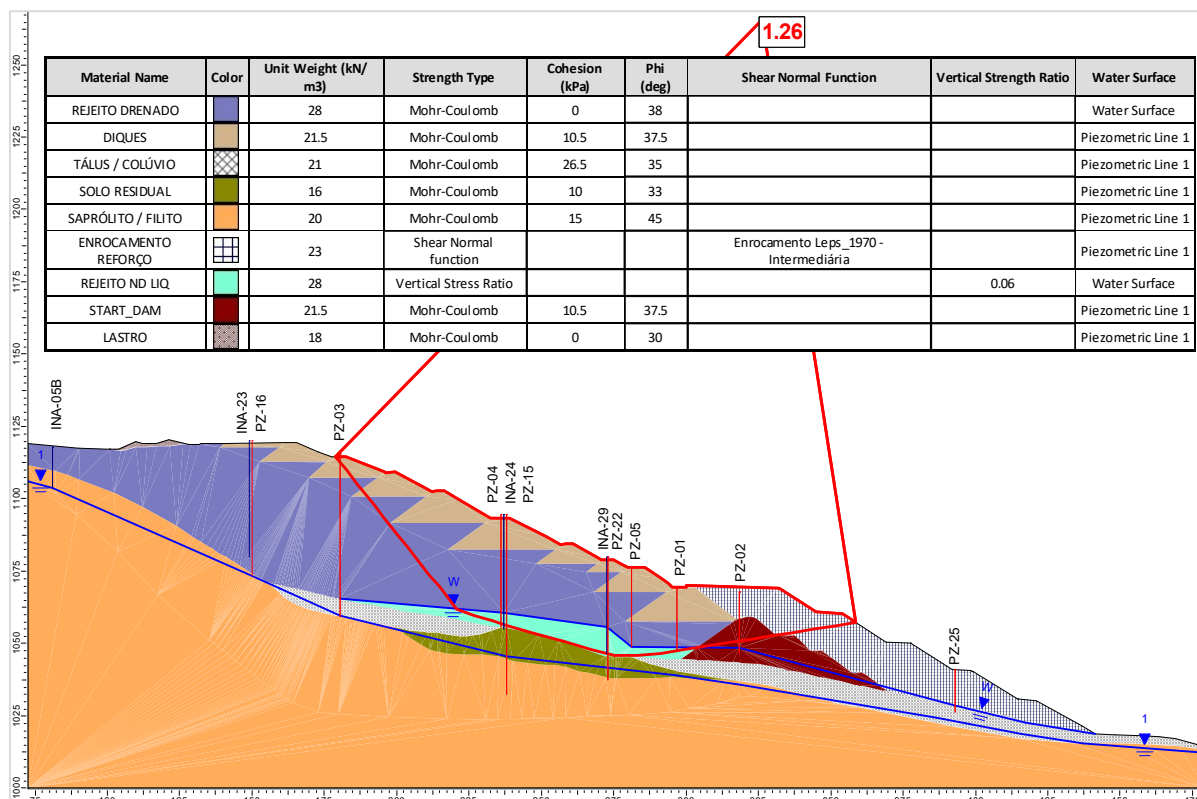


Figura 6.122 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

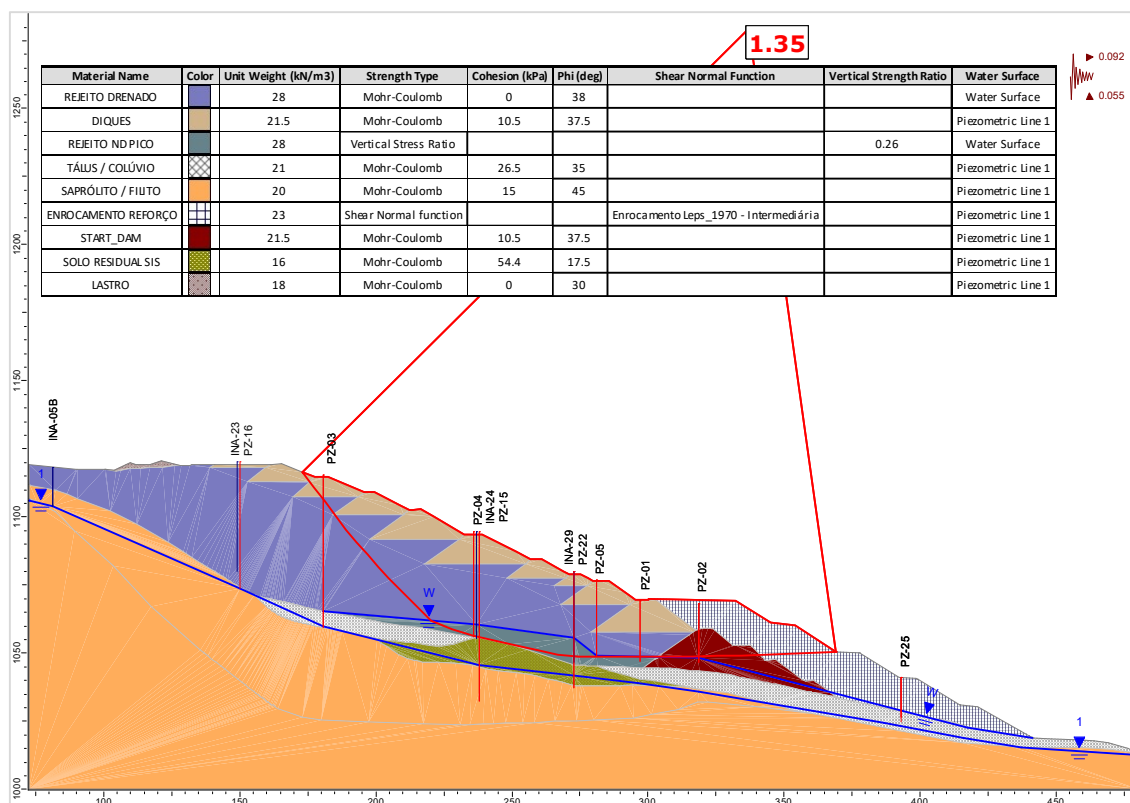


Figura 6.123 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

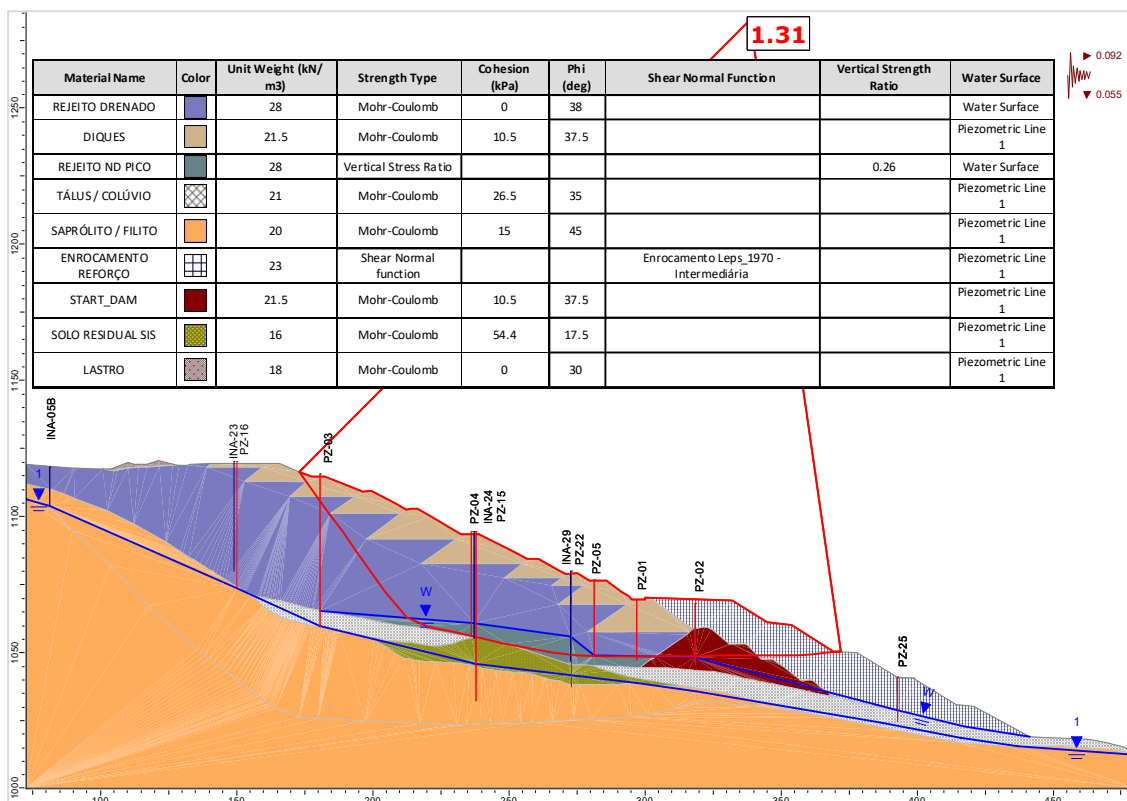


Figura 6.124 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

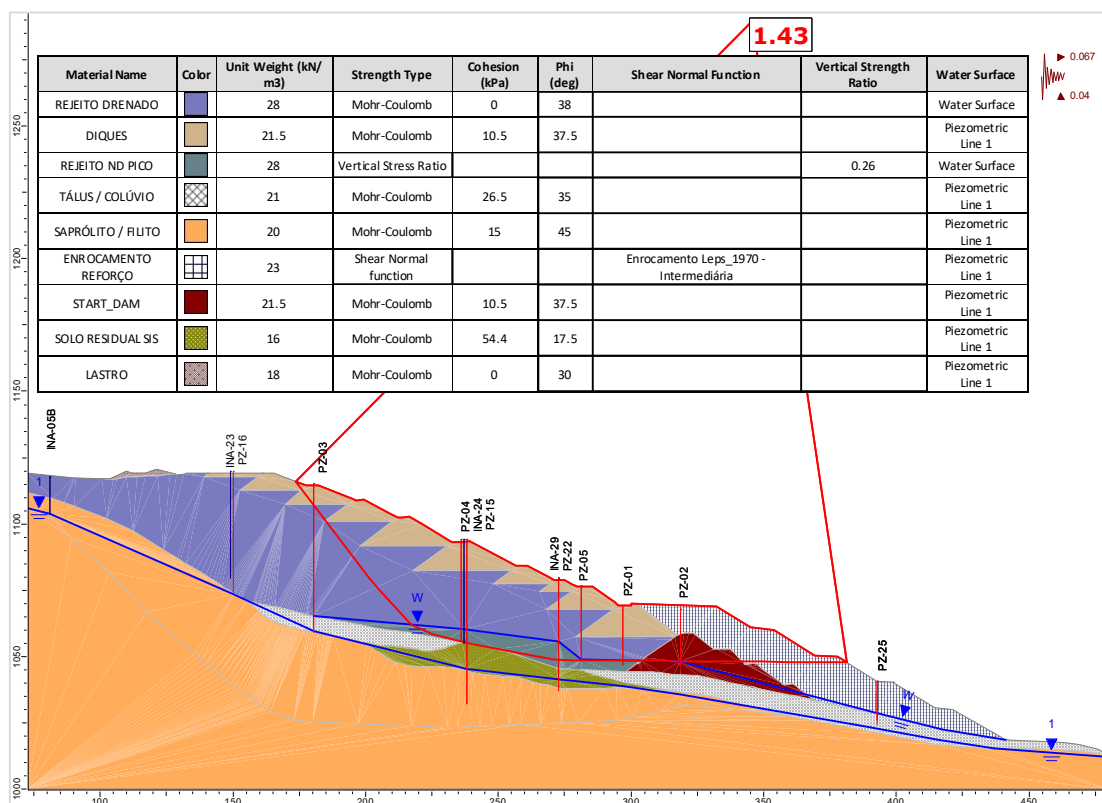


Figura 6.125 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

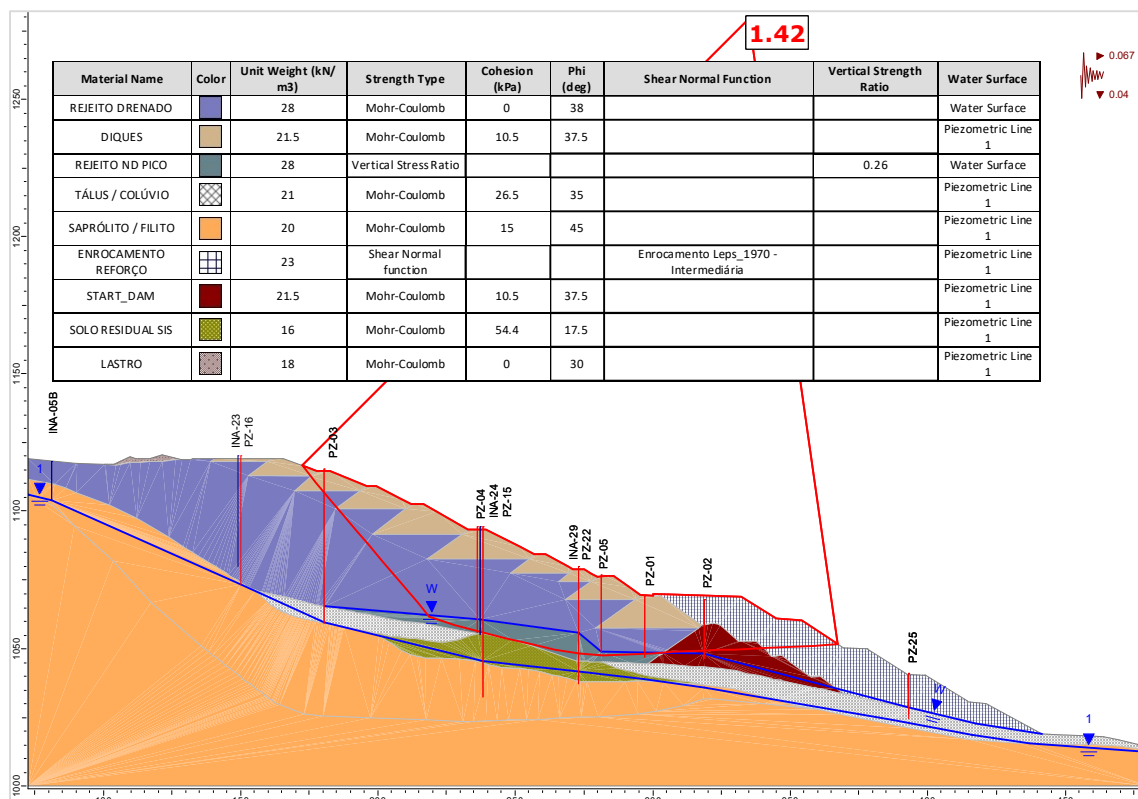


Figura 6.126 – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

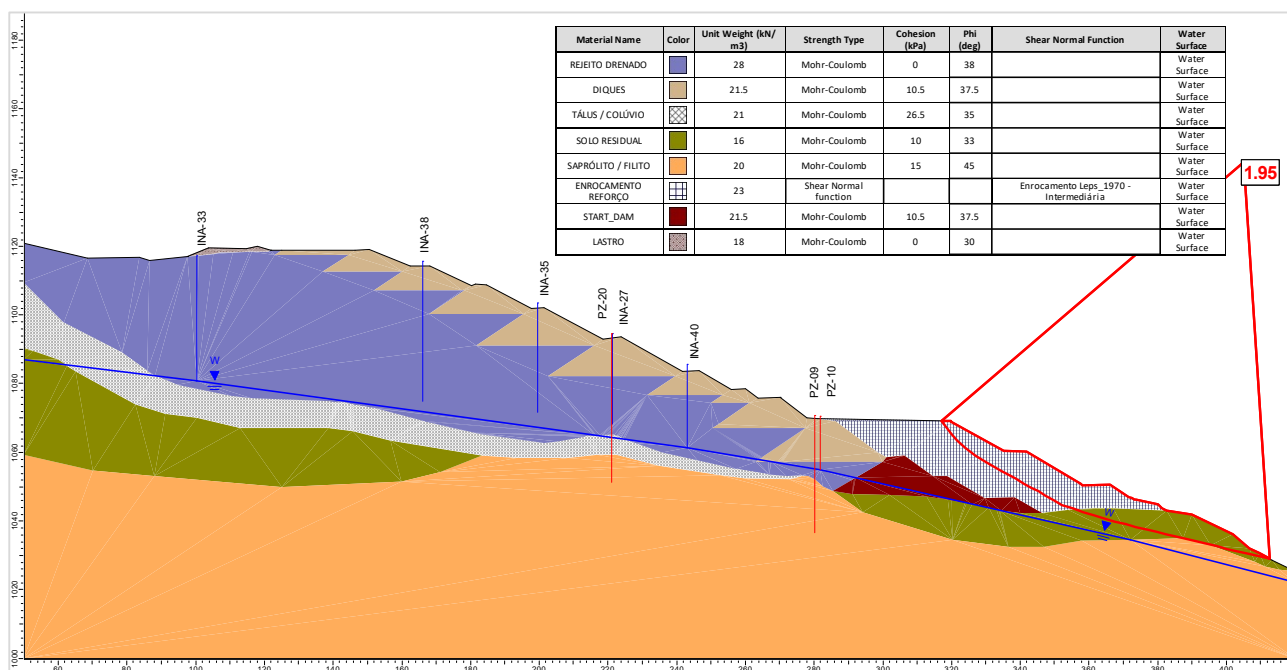


Figura 6.127 – Seção E-E' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025.

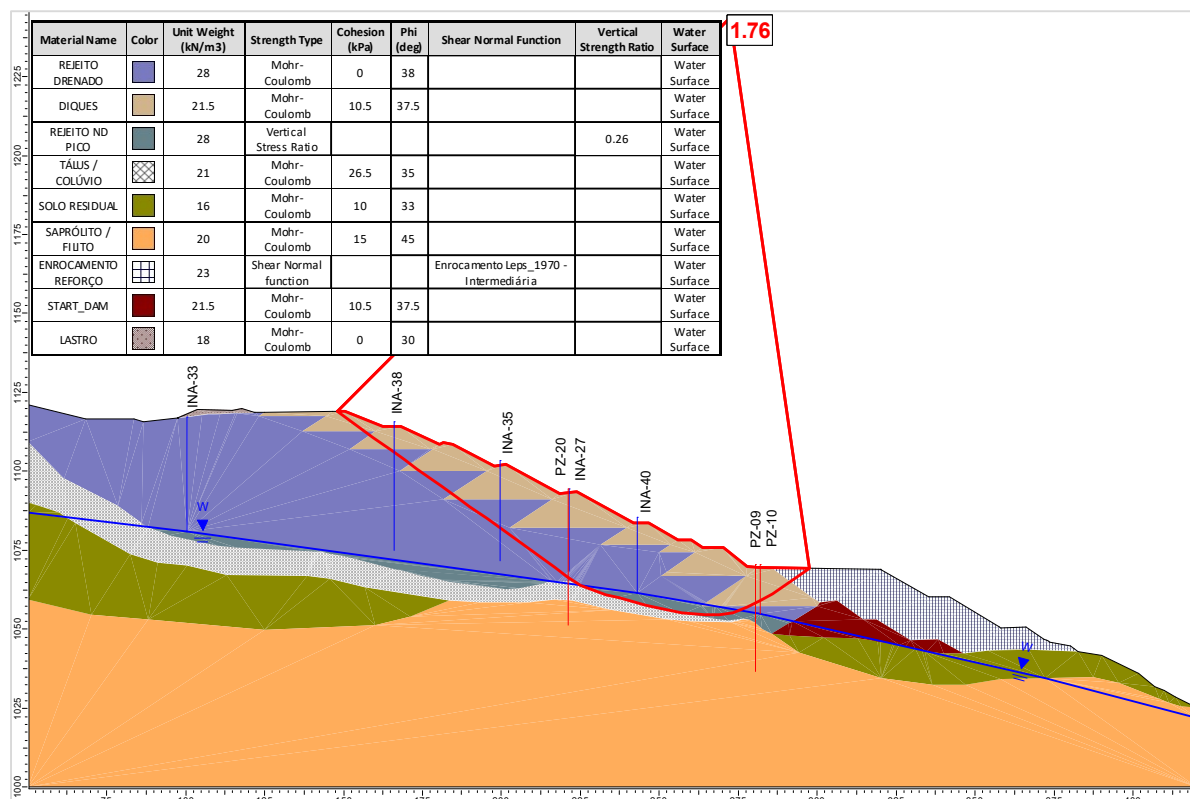


Figura 6.128 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico.

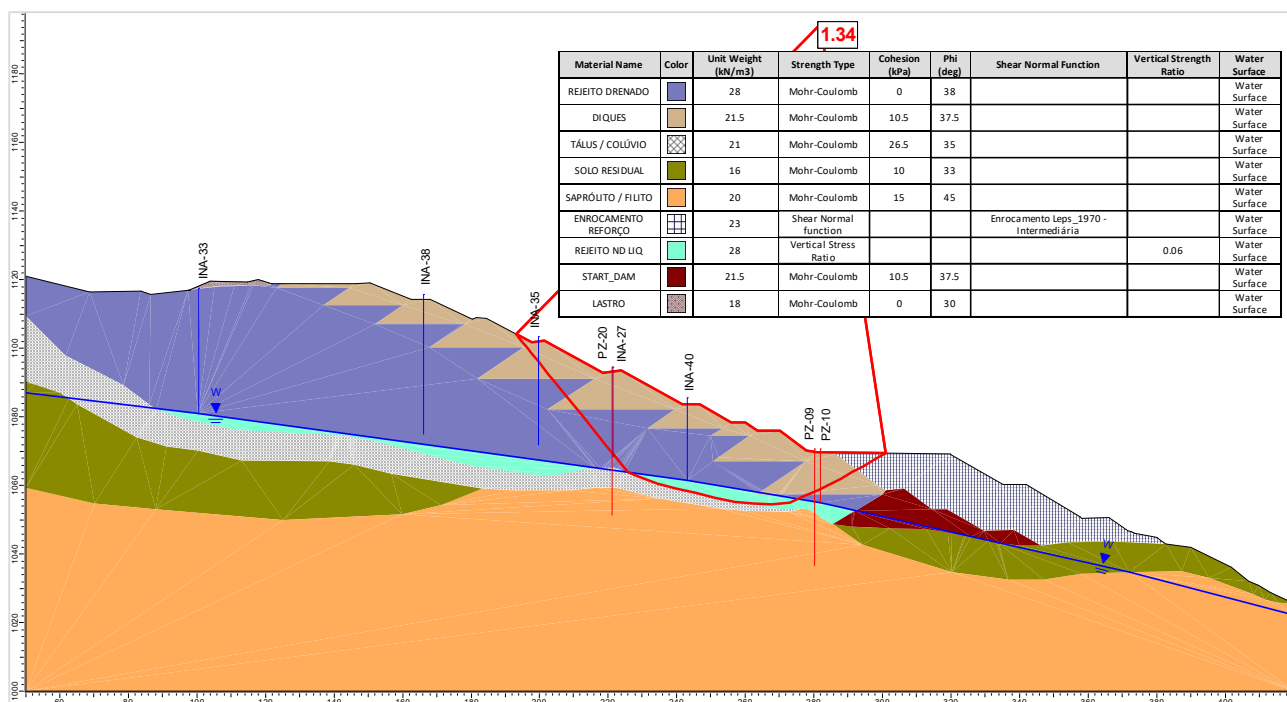


Figura 6.129 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

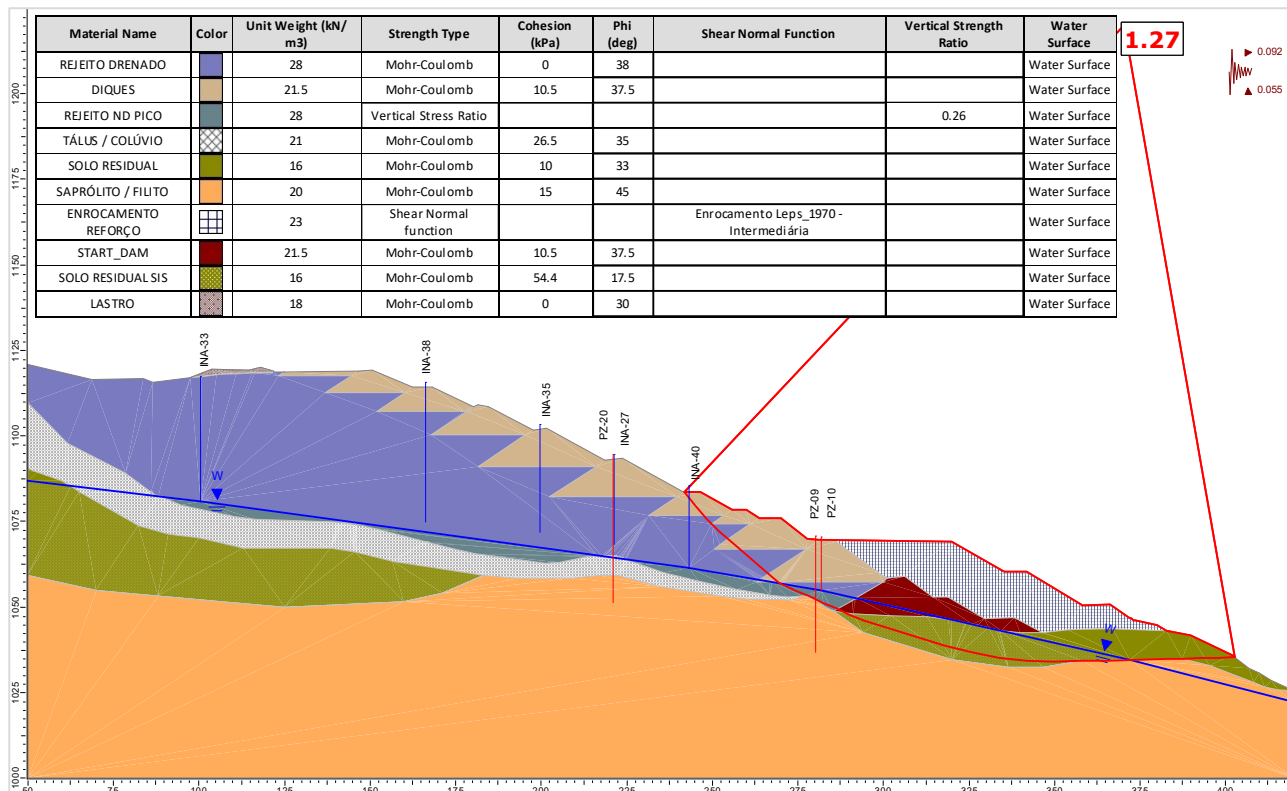


Figura 6.130 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

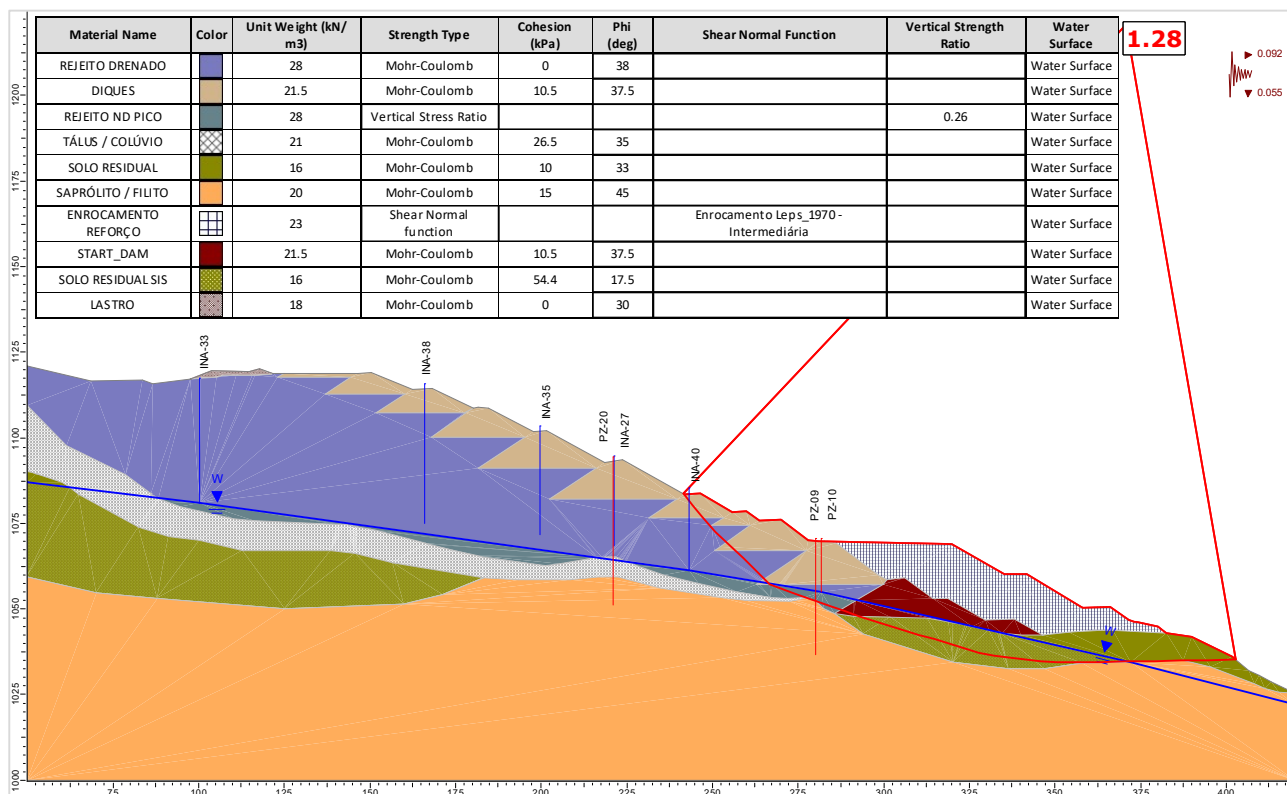


Figura 6.131 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

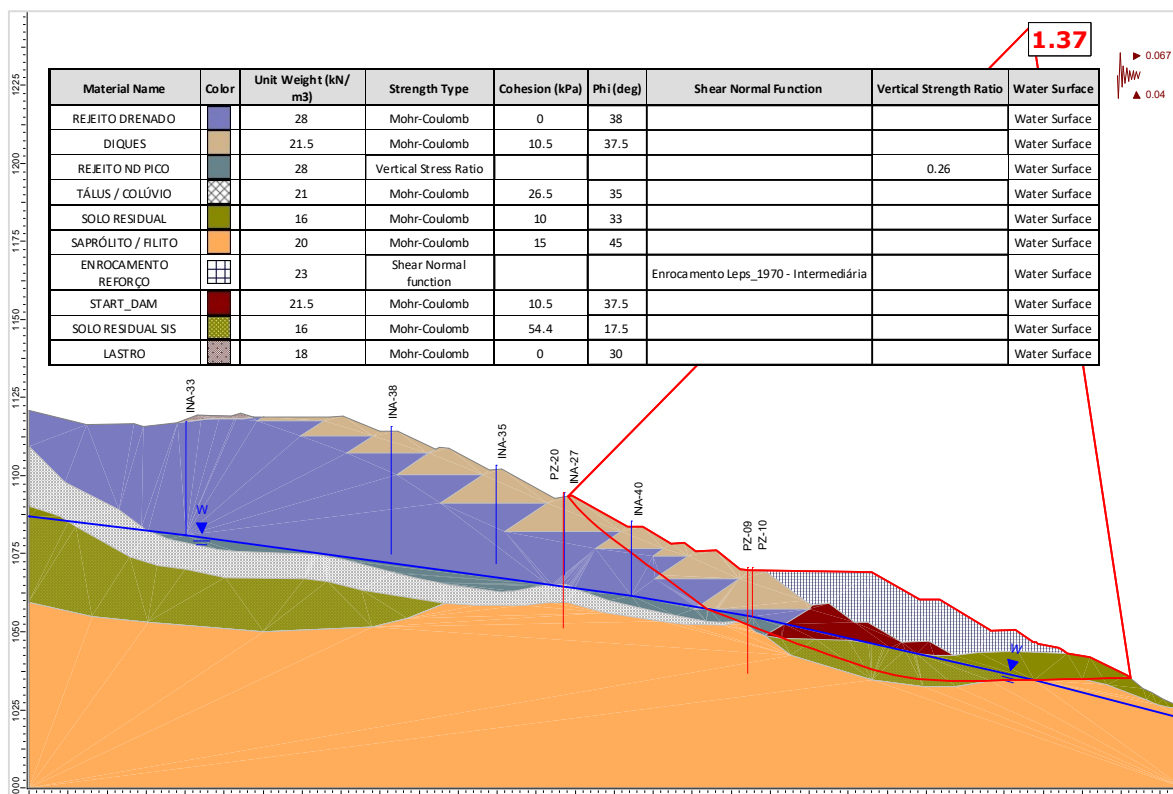


Figura 6.132 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

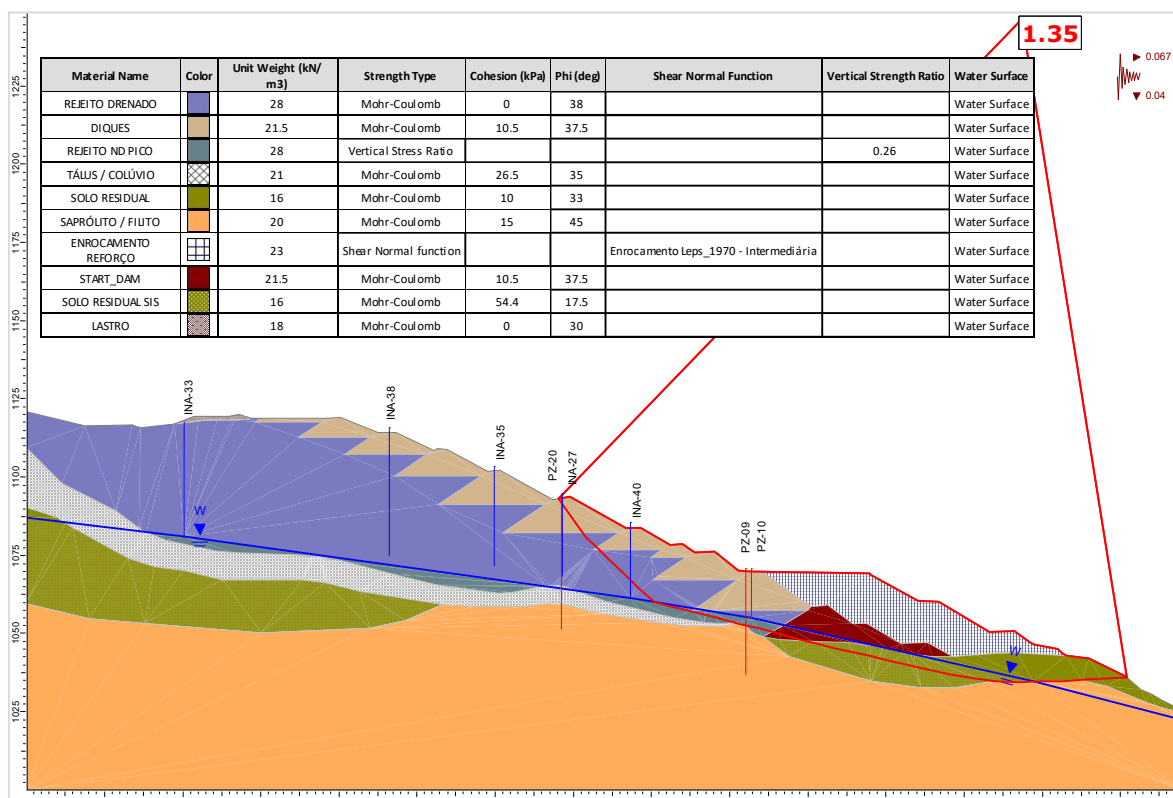


Figura 6.133 – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

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 (fevereiro/2025 a abril/2025).

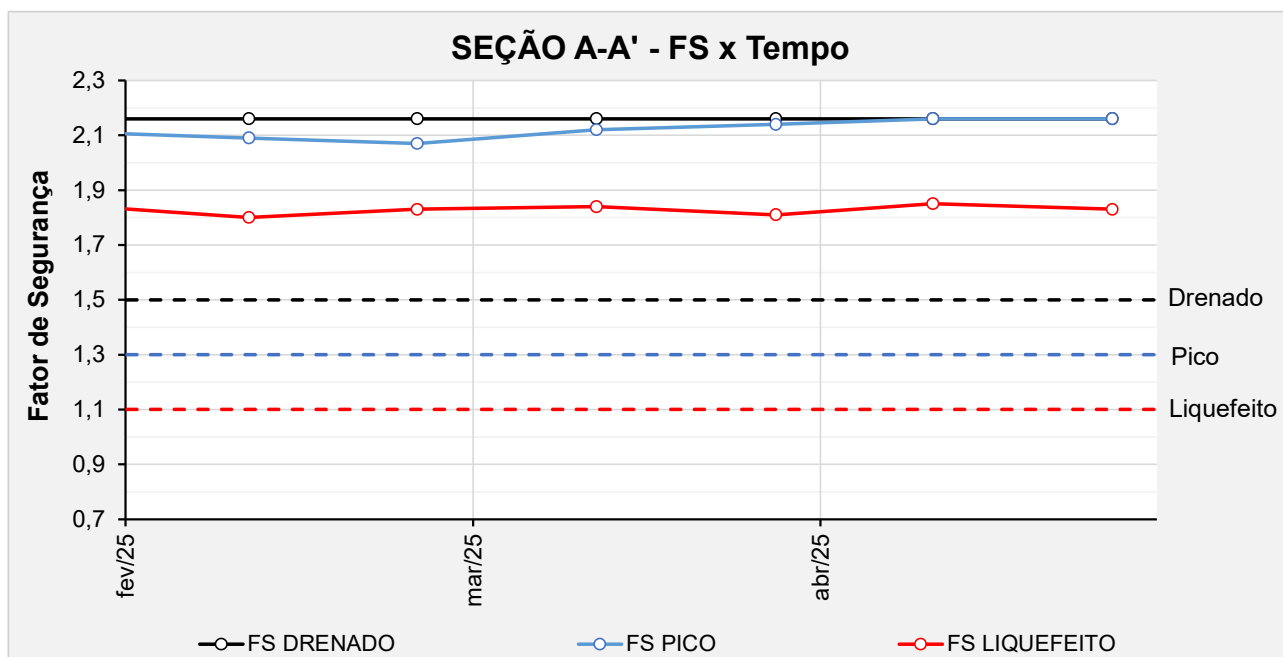


Figura 6.134 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

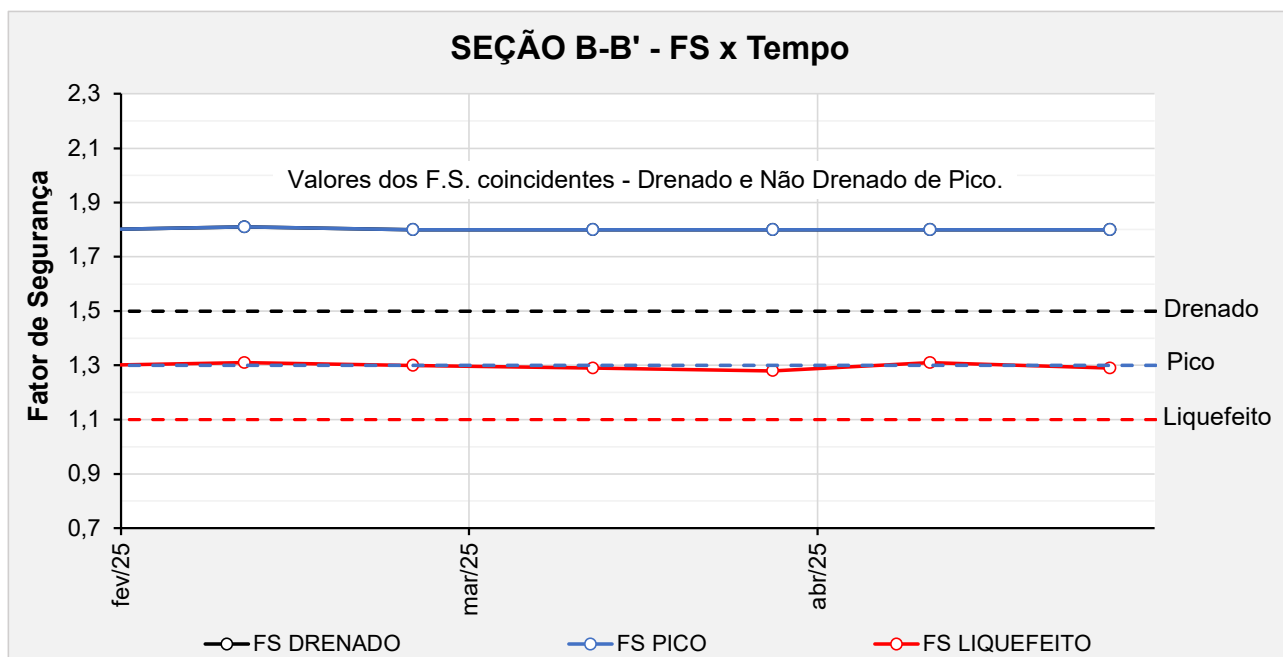


Figura 6.135 – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

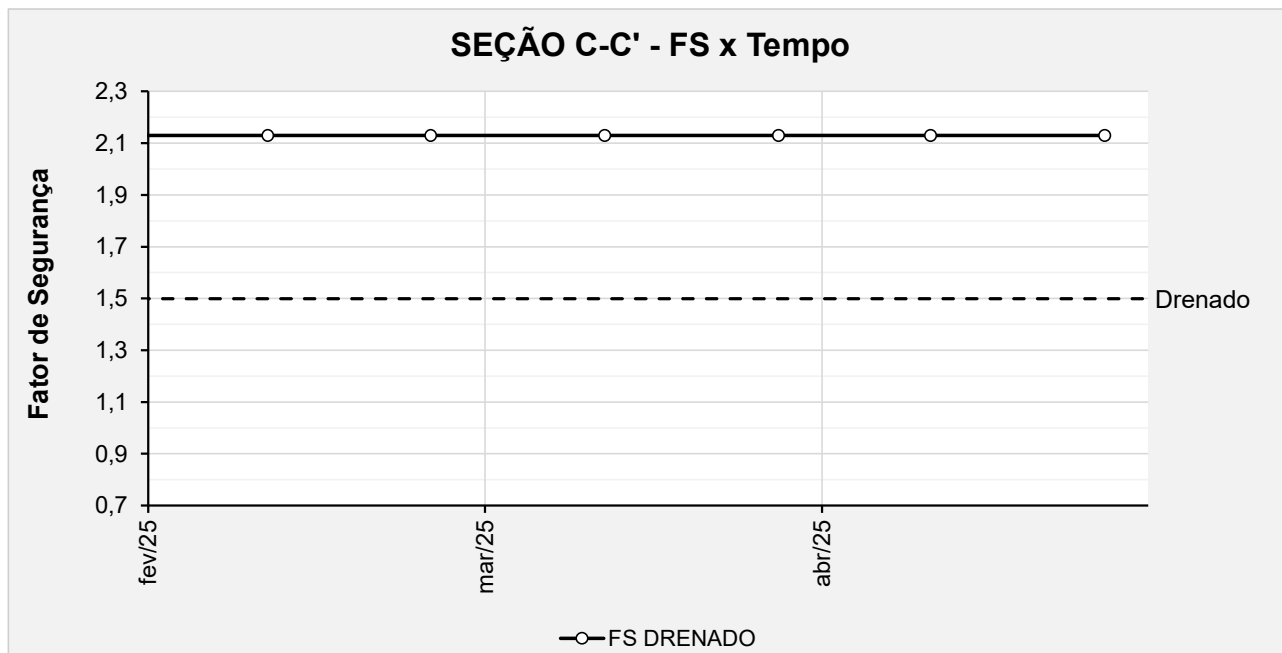


Figura 6.136 – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

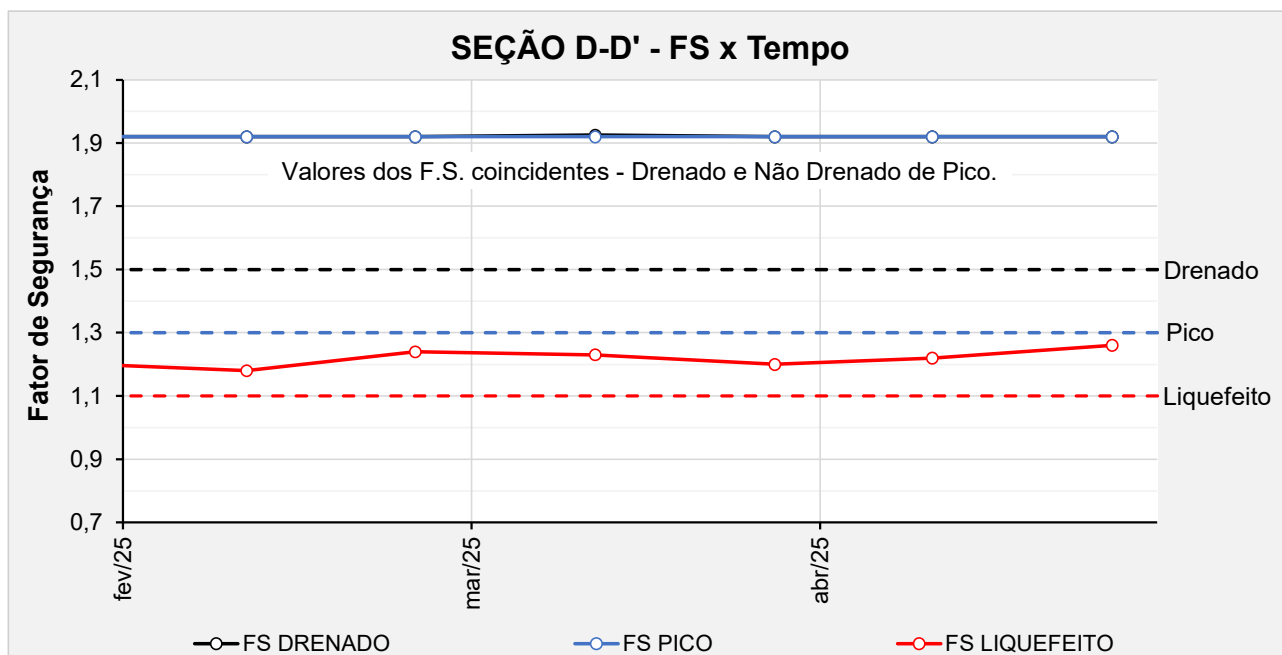


Figura 6.137 – Seção D-D' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

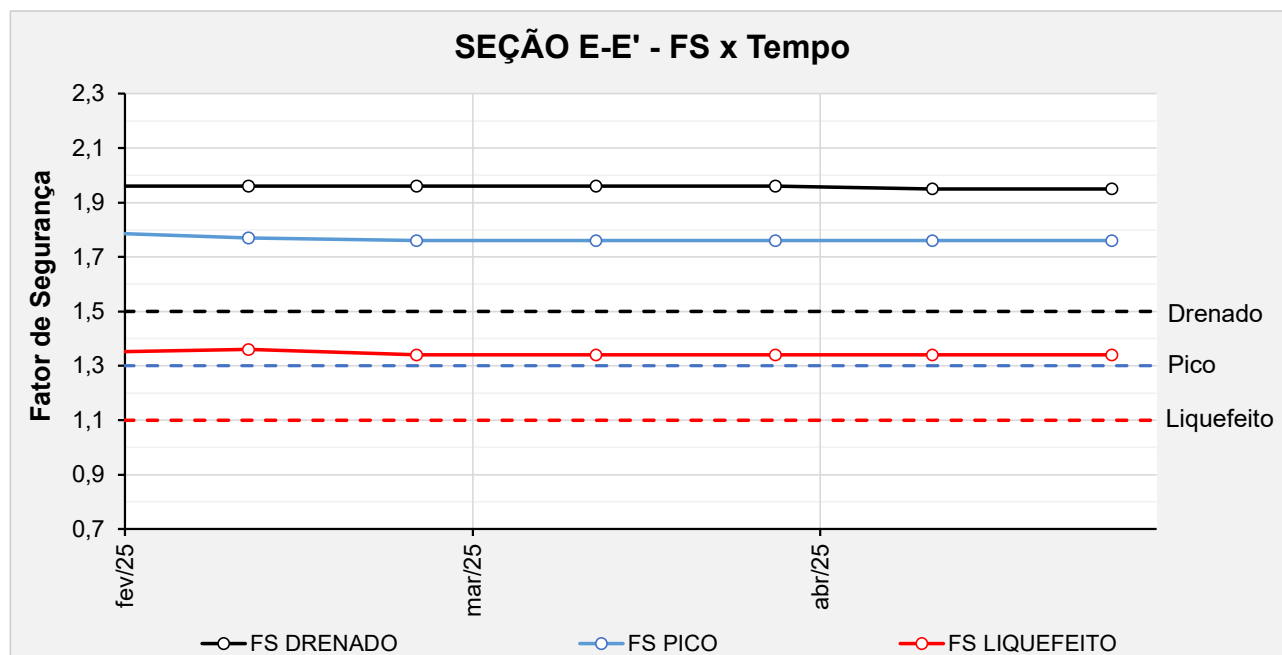


Figura 6.138 – Seção E-E' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

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 os meses de fevereiro e março de 2025, o sistema de bombeamento instalado no *sump* do reservatório, contava apenas com uma bomba, pois a bomba sobressalente se encontrava em manutenção.

Em abril de 2025, com a retomada das obras de descaracterização após o fim do período chuvoso, foi removido o sistema de bombeamento instalado no *sump* do reservatório. Recomenda-se que tal sistema seja reinstalado, conforme preconizado em projeto, para possíveis precipitações na região durante o período de seca.



Foto 6.67 – Bomba instalada no *sump* do reservatório.



Foto 6.68 – 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 os meses de fevereiro e março de 2025 o reservatório se encontrava revestido 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 6.69 – Revestimento do reservatório com lona PEBD.



Foto 6.70 – Revestimento do reservatório com lona PEBD.

Em abril de 2025, foi removido o revestimento do reservatório para que fossem retomadas as obras de descaracterização da estrutura.

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 6.71 – Mosaico da aspersão das vias na Mineração Morro do Ipê.



Foto 6.72 – 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 – mar/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

Parâmetro	Qualidade do Ar				
	Boa	Moderada	Ruim	Muito Ruim	Péssima
NO ₂ (µg/m ³)	0 – 200	>200 - 240	>240 - 320	>320 - 1130	>1130
SO ₂ (µg/m ³)	0 – 20	>20 - 40	>40 - 365	>365 - 800	>800
O ₃ (µg/m ³)	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 – mar/25)

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PF
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
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, 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.

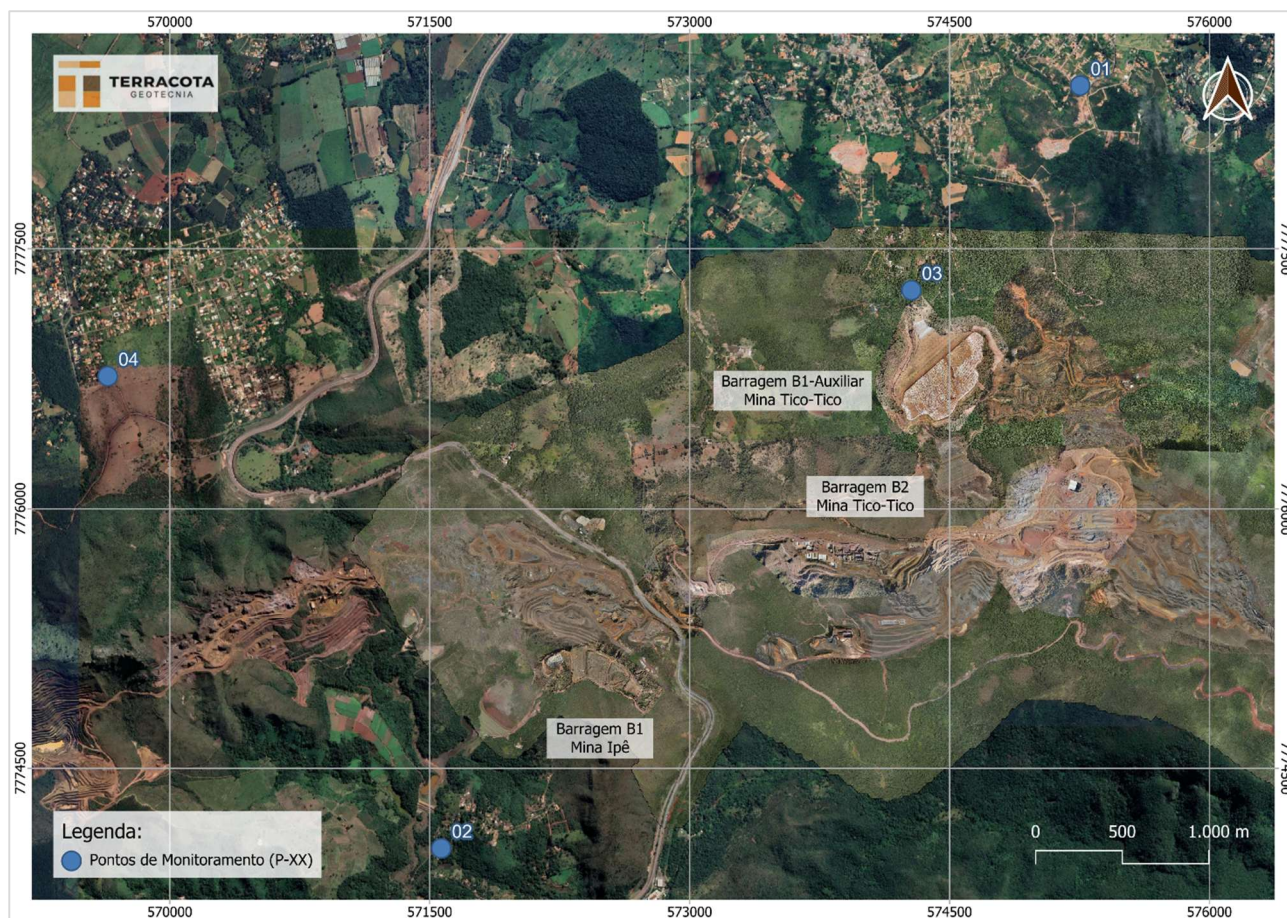


Figura 6.139 – Localização dos pontos de monitoramento de qualidade do ar.

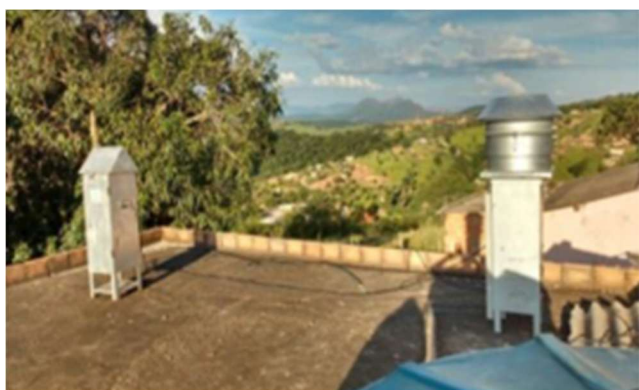


Figura 6.140 – Ponto P-01 – Casa do Sr. Ronaldo.



Figura 6.141 – Ponto P-02 – Sítio do Sr. Ronaldo.

**Figura 6.142** – Ponto P-03 – Casa do Sr. Rogério.**Figura 6.143** – Ponto P-04 – Casa do Sr. Antônio.

Conforme apresentado na conclusão do relatório referente ao mês de março/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 $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o padrão de qualidade do ar final (PF);
- Os resultados de concentração diária de Partículas Inaláveis (PM10) ficaram abaixo do limite de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o padrão intermediário (PI-2);
- Os resultados de concentração diária de Partículas Inaláveis (PM2,5) ficaram abaixo do limite $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 6.73 – Monitoramento em equipamento com escala.



Foto 6.74 – 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 e Avaliação dos Níveis de Vibração

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 seus efeitos sobre o homem" e normas ISO 1996, Partes 1 e 2, "*Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise*", 2003, 1987 e NBR 9653/2018 "Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas".

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 e a Figura 6.144 apresentam as locações 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 (Brumadinho)	Área de residências rurais	572.029,962	7.774.647,940
RV-02	Em frente à Porteira da Fazenda.	Área de residências rurais	572.968,023	7.777.743,004
RV-03	Rua Mário Menezes, esquina com Rua Alevato	Área mista, 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 mista, 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 mista, predominantemente residencial	578.124,971	7.777.373,039
RV-09	Rua Hesebe em frente à residência nº 10	Área mista, predominantemente residencial	578.235,037	7.777.228,009

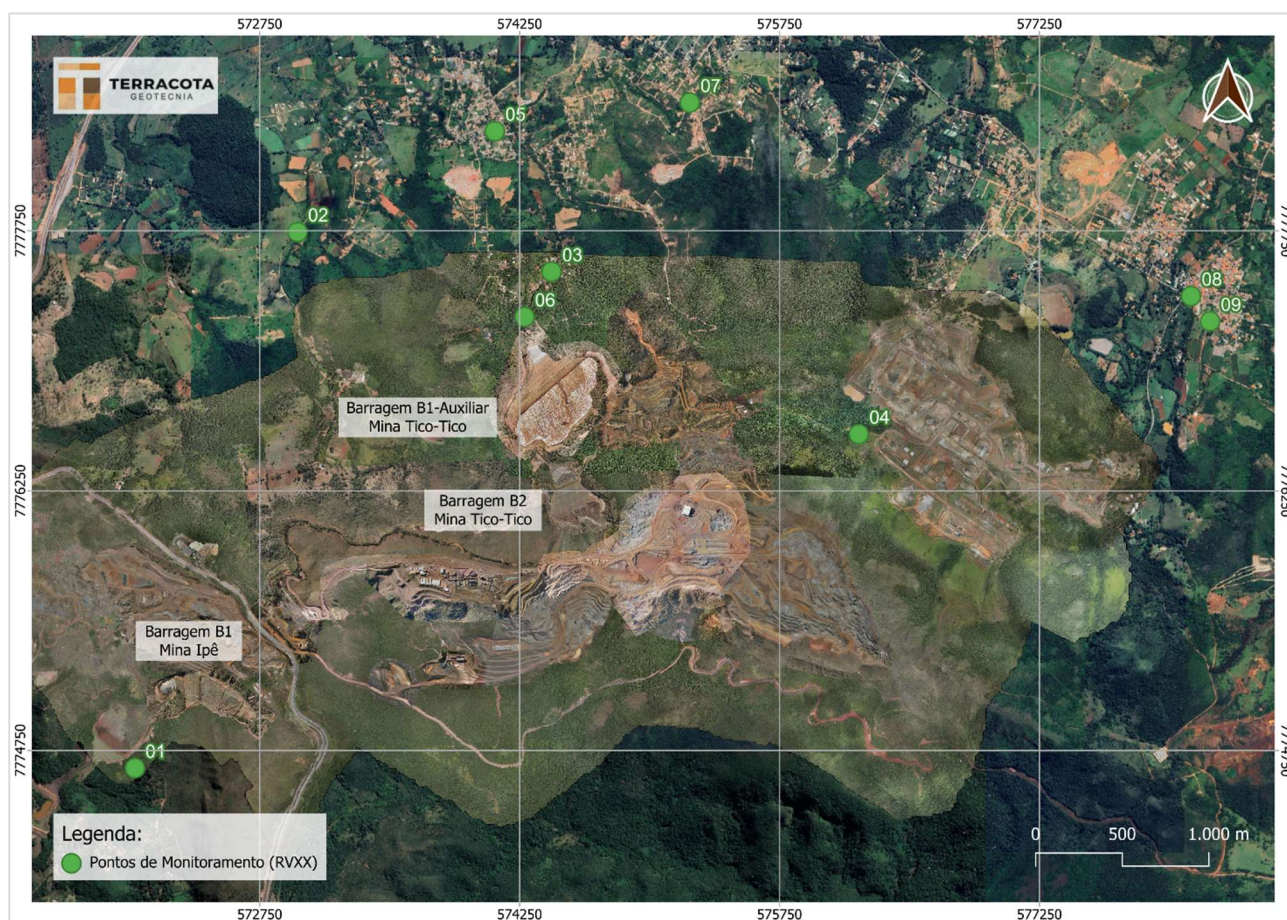


Figura 6.144 – Localização dos pontos de monitoramento de qualidade do ar.

Atualmente, a empresa contratada Ecoar – Monitoramento Ambiental realiza o monitoramento dos níveis de pressão sonora (ruído) e vibração em áreas sob a influência das Minas Ipê e Tico-Tico, com emissão de relatórios técnicos mensais.

6.4.4.1 Ruídos Ambientais

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

A seguir são apresentados os resultados para o período diurno e noturno do monitoramento realizado entre os dias 29 e 30 de abril 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	29/04/25	10:02	1,5	10:00	34,9	34,9 ⁽¹⁾	-	40,0
RV02	29/04/25	10:37	0,7	10:00	36,8	36,8 ⁽¹⁾	-	40,0
RV03	29/04/25	11:12	0,7	10:00	44,9	44,9 ⁽¹⁾	-	55,0
RV04	29/04/25	12:47	0,8	10:00	40,7	40,7 ⁽¹⁾	-	70,0
RV05	29/04/25	10:55	1,7	10:00	42,2	42,2 ⁽¹⁾	-	55,0
RV06	29/04/25	11:24	< 0,1	10:00	45,9	45,9 ⁽¹⁾	-	40,0
RV07	29/04/25	11:43	2,0	10:00	45,5	45,5 ⁽¹⁾	-	40,0
RV08	29/04/25	12:03	1,3	10:00	44,8	44,8 ⁽¹⁾	-	55,0
RV09	29/04/25	12:26	0,2	10:00	41,8	41,8 ⁽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 RL_{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)	$L_{Aeq,T}$	L_{Aeq} (esp.) ⁽²⁾	Limite ⁽³⁾
					dB	dB	dB	dB
RV01	29/04/25	22:06	0,1	10:00	37,3	37,3 ⁽¹⁾	-	35,0
RV02	29/04/25	22:42	1,2	10:00	36,5	36,5 ⁽¹⁾	-	35,0
RV03	29/04/25	23:17	1,1	10:00	34,3	34,3 ⁽¹⁾	-	50,0
RV04	30/04/25	00:59	< 0,1	10:00	36,2	36,2 ⁽¹⁾	-	60,0
RV05	29/04/25	01:31	1,6	10:00	32,8	32,8 ⁽¹⁾	-	50,0
RV06	29/04/25	23:35	0,6	10:00	36,4	36,4 ⁽¹⁾	-	35,0
RV07	29/04/25	23:54	3,9	10:00	39,9	39,9 ⁽¹⁾	-	35,0
RV08	30/04/25	00:15	1,3	10:00	35,3	35,3 ⁽¹⁾	-	50,0
RV09	30/04/25	00:38	3,9	10:00	37,6	37,6	-	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 RL_{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} .

6.4.4.2 Vibrações

A Tabela 6.21 apresenta os limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de frequência.

Tabela 6.21 – Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de frequência.

Faixa de Frequência	Limite de Velocidade de vibração de partícula de pico
4 Hz a 15 Hz	Iniciando em 15 mm/s aumenta linearmente até 20 mm/s
15 Hz a 40 Hz	Acima de 20 mm/s aumenta linearmente até 50 mm/s
Acima de 40 Hz	50 mm/s

Nota: Para valores de frequência abaixo de 4 Hz deve ser utilizado como limite de critério de deslocamento de partícula de pico no máximo 0,6 mm (de zero a pico)

A seguir são apresentados os resultados para o período diurno e noturno do monitoramento realizado entre os dias 29 e 30 de abril de 2025.

Tabela 6.22 – Vibrações verificadas no período diurno.

Ponto	Data	Horário	Velocidade ⁽¹⁾						Pressão Acústica ⁽¹⁾	
			Vp (Transversal)		Vp (Vertical)		Vp (Longitudinal)		Pressão Acústica (dB/L)	Frequência (Hz)
			Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)	Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)	Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)		
RV01	29/04/25	10:02	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV02	29/04/25	10:37	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV03	29/04/25	11:12	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV04	29/04/25	12:47	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV05	29/04/25	10:55	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV06	29/04/25	11:24	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV07	29/04/25	11:43	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV08	29/04/25	12:03	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV09	29/04/25	12:26	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-

⁽¹⁾ - O evento reportado foi aquele que apresentou o maior valor individual de velocidade de vibração de partícula de pico, seja ele no eixo vertical, longitudinal ou transversal, ou pressão acústica em negrito.

Vp: Velocidade de Vibração de Partícula de Pico

Faixa de Trabalho do Método: 0,13 a 254 mm/s (2 a 250Hz)

U: 5,0% para velocidade de vibração de partícula de pico, 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 6.23 – Vibrações verificadas no período noturno.

Ponto	Data	Horário	Velocidade ⁽¹⁾						Pressão Acústica ⁽¹⁾	
			Vp (Transversal)		Vp (Vertical)		Vp (Longitudinal)		Pressão Acústica (dB/L)	Frequência (Hz)
			Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)	Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)	Velocidade (mm/s)	Frequência (Hz)		
RV01	29/04/25	22:06	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV02	29/04/25	22:42	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV03	29/04/25	23:17	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV04	30/04/25	00:59	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV05	29/04/25	01:31	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV06	29/04/25	23:35	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV07	29/04/25	23:54	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV08	30/04/25	00:15	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV09	30/04/25	00:38	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-

⁽¹⁾ - O evento reportado foi aquele que apresentou o maior valor individual de velocidade de vibração de partícula de pico, seja ele no eixo vertical, longitudinal ou transversal, ou pressão acústica em negrito.

Vp: Velocidade de Vibração de Partícula de Pico

Faixa de Trabalho do Método: 0,13 a 254 mm/s (2 a 250Hz)

U: 5,0% para velocidade de vibração de partícula de pico, 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 das vibrações, a ECOAR considerou que os maiores valores obtidos estão em conformidade com os limites definidos pela ABNT NBR 9653:2018.

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 24/03/2025; 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 6.24 – Resultados da amostragem realizada no dia 24/03/2025 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	16,3	-	SMEWW 2320 B
Condutividade (Campo)	µs/cm	0,6	0,18	25,200	-	SMEWW 2510 A
Dureza Total	mg/L	1,0	0,3	57,5	-	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	-	6,3	-	SMEWW 3500 Mg B
Materiais Flutuantes (Campo)	P/A	-	-	Virtualmente Ausente	-	SMEWW 2110 A
Oxigênio Dissolvido (Campo)	mg O ₂ /L	0,1	0,01	6,0	mín. 5,0	SMEWW 4500 O C
pH (Campo)	Uph	0,60 a 12,80	0,6	6,5	mín. 6,0 a 9,0	SMEWW 4500 H+ B
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	5,0	1,5	127,0	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	< 2	máx. 100	SMEWW 2540 D
Sólidos Totais	mg/L	5,0	1,5	128,0	-	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	22,5	-	SMEWW 2550 B
Turbidez (Campo)	NTU	1,0	0,3	1,2	máx. 100	SMEWW 2130 B
Cloreto Total	mg/L	1,0	0,3	1,6	máx. 250	SMEWW 4500 Cl ⁻ C
Fosfato Total	mg/L	0,02	0,01	0,16	-	SMEWW 4500 P E
Nitrato	mg/L	0,05	0,002	2,950	máx. 10	ABNT NBR 12620 - 1992
Nitrito	mg/L	0,002	0,0002	< 0,0002	máx. 1,0	SMEWW 4500 NO ₂ ⁻ B
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	0,5	0,15	< 0,15	máx. 3,70	SMEWW 4500 NH ₃ B e C
Nitrogênio Total	mg/L	1,0	0,3	3,0	-	Cálculo

ANÁLISE	UNIDADE	LQ	LD	RESULTADO	VMP	MÉTODO
Sulfato	mg/L	3,0	0,3	< 0,3	máx. 250	SMEWW 4500 SO ₄ ²⁻ E
DBO	mg O ₂ /L	2,0	0,6	< 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	0,30	< 0,30	-	SMEWW 5520 B
Óleos e Graxas (Mineral)	mg/L	1,00	0,30	< 1,00	-	SMEWW 5520 B
Cálcio	mg/L	1,0	-	12,1	-	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	< 1,8	máx. 1000	SMEWW 9221 B, C, E
Sódio Total	mg/L	0,50	0,005	1,3	-	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.

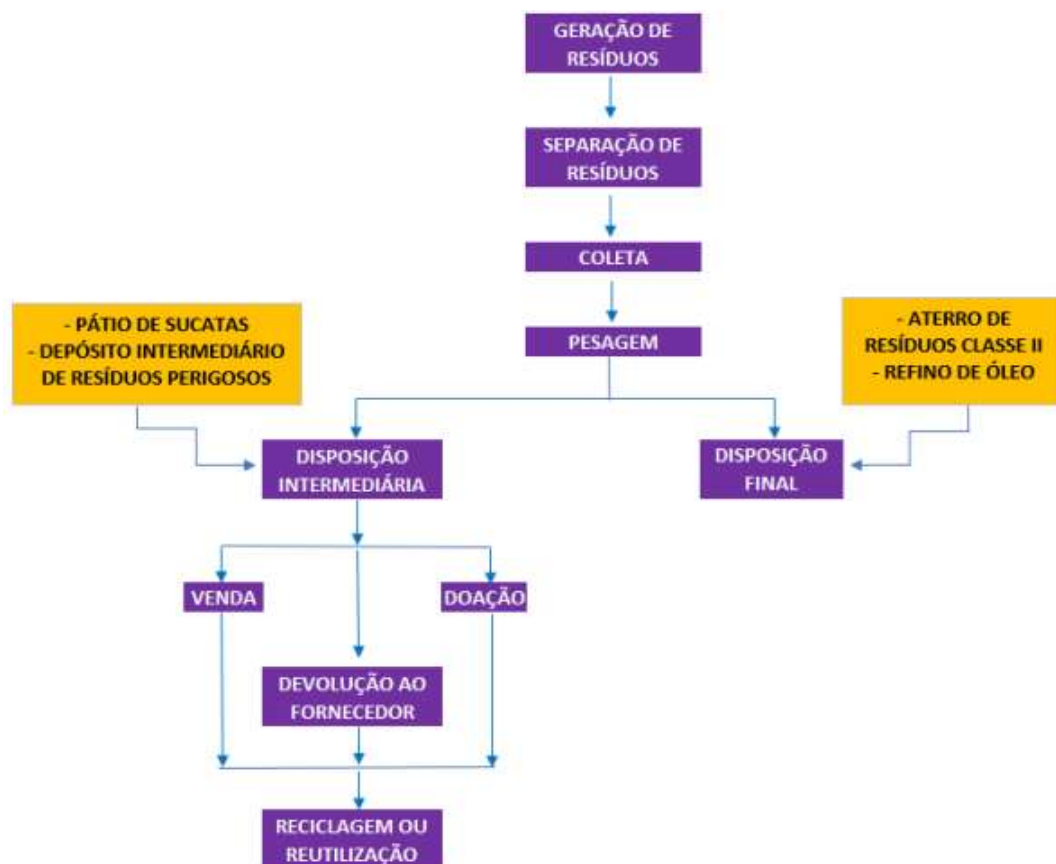


Figura 6.145 – Fluxograma de gerenciamento de resíduos.

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 6.146 – Localização das árvores removidas.



Foto 6.75 – Árvore removida.



Foto 6.76 – 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.

6.5.1 Carta de Risco - Etapas de Descaracterização

O monitoramento do maciço é de extrema importância para que seja possível avaliar a condição da estrutura durante o período em que a barragem esteja em processo de descaracterização. Desse modo, foram definidos níveis de controle (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.1143) para as configurações ao fim das três etapas macro definidas em projeto conforme apresentadas na Figura 5.3, Figura 5.4 e Figura 5.5.

Os instrumentos com cota de fundo acima da elevação prevista de cada fase da descaracterização foram naturalmente desconsiderados nos modelos, ou seja, alguns instrumentos ficaram sem níveis de controle a partir de determinada fase da descaracterização, pois não mais existirão em campo. Situação análoga ocorre com as seções de controle, tendo em vista que apenas as seções transversais B-B', D-D' e E-E' permanecerão na estrutura até a última etapa prevista em projeto (Etapa 3).

Alguns dos instrumentos instalados na área da Barragem B2 – Mina Tico-Tico foram desconsiderados na elaboração da carta de risco, tendo em vista que são instrumentos utilizados pela equipe de hidrogeologia da MMI e se encontram fora das seções transversais de controle. No caso de instrumentos curtos, os níveis de controle foram considerados iguais a elevação de fundo do instrumento somados 0,50 m (nível de atenção), 0,80 m (nível de alerta) e 1,0 m (nível de emergência), de forma que nos períodos chuvosos, caso haja algum problema de vedação no instrumento, não seja estabelecida condição de alerta sem que haja necessidade. A Tabela 6.25 apresenta a listagem dos instrumentos que se encontram nas condições supracitadas.

Tabela 6.25 – Instrumentos de hidrogeologia e instrumentos curtos.

Instrumentos da hidrogeologia	INA-18, INA-37, PZ-07, PZ-08, PZ-12, PZ-13, PZ-14, PZ-17
Instrumentos curtos	INA-04, INA-05, INA-06, INA-07A, INA-07, INA-10A, INA-10, INA-13, INA-16, INA-19, INA-20

Durante análise do comportamento da instrumentação, foi constatado que os piezômetros instalados na fundação apresentam leituras sensivelmente diferentes das leituras dos INAs e dos piezômetros instalados no material do reservatório, gerando a suspeita de que existem freáticas distintas para esses dois materiais. Por conservadorismo, para a elaboração da carta de risco, considerou-se uma única freática atuando em todos os materiais das seções de controle.

Além da determinação dos níveis de controle da instrumentação com referência aos níveis de emergência previstos na Resolução ANM 95/2022, foram elaboradas análises de estabilidade

com parâmetro de resistência liquefeito do rejeito para definir a superfície freática que resulta em fator de segurança $FS = 1,10$. Esse nível de controle foi criado para monitorar as condições da barragem frente às exigências contidas no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM), que solicita $FS \geq 1,10$ na condição liquefeita para permitir o início das obras de descaracterização. O nível de controle foi denominado "SEMAD/FEAM".

Para elaboração da carta de risco, considerou-se que todos os instrumentos serão mantidos durante as etapas de descaracterização da barragem, com exceção daqueles muito curtos, cujas cotas de fundo são mais altas do que a elevação da barragem em algumas das etapas da descaracterização. É possível que, durante o processo de descaracterização, alguns instrumentos sejam perdidos e/ou danificados. A retirada desses instrumentos das seções de controle não traz nenhum prejuízo ou mudança aos níveis de controle apresentados.

De uma maneira geral, os níveis de controle dos instrumentos aumentaram conforme o progresso das etapas. Dessa forma, caso as obras sejam paralisadas em fases intermediárias das três etapas previstas, a MMI deverá utilizar os níveis de controle da etapa em andamento, que terá caráter conservador para o controle da instrumentação.

Apenas as leituras dos instrumentos estarem abaixo dos níveis de controle definidos não são garantia de segurança da estrutura. Elas são apenas um indicativo do seu comportamento que deve ser avaliado em complemento às inspeções regulares de rotina.

A Tabela 6.26 apresenta os níveis de controle definidos para a instrumentação instalada na Barragem B2 – Mina Tico-Tico, considerando as três fases do projeto de descaracterização da estrutura.

Tabela 6.26 – Projeto de Descaracterização - Níveis de controle da instrumentação da Barragem B2 – Mina Tico-Tico.

Instrumento	Cota de Fundo (m)	Níveis de Controle											
		Etapa 1				Etapa 2				Etapa 3			
		Pico			Liquef.	Pico			Liquef.	Pico			Liquef.
		Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)	Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)	Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)
INA-01	1.047,85	1.052,00	1.053,50	1.055,00	1.051,00	1.054,00	1.056,00	1.057,00	1.053,00	1.058,00	1.059,00	1.061,00	1.061,00
INA-01A	1.043,35	1.052,00	1.053,50	1.055,00	1.051,00	1.054,00	1.056,00	1.057,00	1.053,00	1.058,00	1.059,00	1.061,00	1.061,00
INA-02	1.039,00	1.056,00	1.058,50	1.061,50	1.053,00	1.060,50	1.062,00	1.064,50	1.055,00	1.062,00	1.063,00	1.065,00	1.065,00
INA-03	1.074,43	1.074,93	1.075,50	1.078,00	1.074,93	1.078,75	1.080,00	1.081,50	1.075,50	NE	NE	NE	NE
INA-04	1.067,61	1.068,11	1.068,50	1.073,25	1.068,11	1.071,00	1.071,50	1.075,00	1.068,11	NE	NE	NE	NE
INA-05	1.075,57	1.076,07	1.076,37	1.077,50	1.076,07	1.076,07	1.077,00	1.079,00	1.076,07	NE	NE	NE	NE
INA-05B	1.103,80	1.104,30	1.104,60	1.104,80	1.104,30	1.104,30	1.104,60	1.104,80	1.104,30	NE	NE	NE	NE
INA-06	1.083,36	1.083,86	1.084,16	1.084,36	1.083,86	1.085,00	1.086,25	1.088,00	1.084,36	NE	NE	NE	NE
INA-07	1.072,70	1.073,20	1.074,00	1.080,25	1.073,20	1.077,50	1.078,50	1.081,00	1.073,20	NE	NE	NE	NE
INA-07A	1.076,68	1.077,18	1.077,48	1.080,25	1.077,18	1.077,18	1.078,50	1.081,00	1.077,18	NE	NE	NE	NE
INA-10	1.078,01	1.078,51	1.078,81	1.083,00	1.078,51	1.081,50	1.083,50	1.084,50	1.078,51	NE	NE	NE	NE
INA-10A	1.083,17	1.083,67	1.083,97	1.084,17	1.083,67	1.083,67	1.083,50	1.084,50	1.083,67	NE	NE	NE	NE
INA-12	1.088,33	1.091,50	1.092,00	1.093,50	1.088,83	1.090,50	1.091,00	1.091,50	1.088,83	NE	NE	NE	NE
INA-13	1.088,62	1.089,12	1.089,42	1.089,62	1.089,12	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
INA-15	1.089,65	1.093,50	1.094,50	1.095,50	1.090,50	1.091,00	1.091,50	1.091,75	1.090,15	NE	NE	NE	NE
INA-16	1.089,27	1.089,77	1.090,07	1.090,27	1.089,77	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
INA-18	1.109,56	Instrumento fora de seção de controle				Instrumento fora de seção de controle				Instrumento fora de seção de controle			

Instrumento	Cota de Fundo (m)	Níveis de Controle											
		Etapa 1				Etapa 2				Etapa 3			
		Pico			Liquef.	Pico			Liquef.	Pico			Liquef.
		Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)	Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)	Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)
INA-19	1.093,90	1.094,50	1.095,50	1.096,50	seco	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
INA-20	1.099,75	1.100,25	1.100,55	1.100,75	1.100,25	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
INA-23	1.079,79	1.080,29	1.080,59	1.083,50	1.080,29	1.082,00	1.083,00	1.084,00	1.080,29	NE	NE	NE	NE
INA-24	1.055,03	1.070,50	1.074,00	1.077,00	1.060,50	1.075,00	1.076,50	1.079,00	1.063,50	1.063,00	1.064,00	1.066,00	1.066,00
INA-25	1.098,96	1.099,46	1.099,76	1.099,96	1.099,46	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
INA-26	1.073,22	1.081,50	1.083,00	1.087,00	1.079,75	1.085,00	1.086,00	1.087,50	1.078,00	NE	NE	NE	NE
INA-27	1.068,25	1.071,00	1.072,50	1.077,00	1.066,00	1.075,50	1.076,50	1.079,00	1.066,50	NE	NE	NE	NE
INA-28	1.071,25	1.078,50	1.079,00	1.081,00	1.075,00	1.085,00	1.086,25	1.088,00	1.080,00	NE	NE	NE	NE
INA-29	1.046,61	1.063,50	1.067,50	1.071,00	1.054,50	1.069,00	1.070,00	1.073,00	1.057,50	1.062,50	1.063,50	1.065,50	1.065,50
INA-30	1.080,01	1.093,50	1.094,50	1.095,50	1.090,50	1.091,00	1.091,50	1.091,75	1.087,00	NE	NE	NE	NE
INA-31	1.077,38	1.091,50	1.092,00	1.093,50	1.087,50	1.090,50	1.091,00	1.091,50	1.085,00	NE	NE	NE	NE
INA-32	1.075,65	1.078,50	1.080,00	1.084,00	1.076,25	1.082,00	1.083,00	1.085,00	1.076,00	NE	NE	NE	NE
INA-33	1.080,90	1.086,00	1.088,00	1.092,00	1.082,00	1.085,50	1.087,00	1.088,00	1.082,00	NE	NE	NE	NE
INA-34	1.098,14	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
INA-35	1.071,71	1.075,00	1.076,50	1.080,00	1.072,21	1.078,50	1.080,00	1.081,50	1.072,21	NE	NE	NE	NE
INA-36	1.070,88	1.084,00	1.085,00	1.086,50	1.080,50	1.088,75	1.089,25	1.090,25	1.083,00	NE	NE	NE	NE
INA-37	1.076,60	Instrumento fora de seção de controle				Instrumento fora de seção de controle				Instrumento fora de seção de controle			
INA-38	1.074,93	1.080,00	1.081,50	1.084,50	1.075,43	1.081,00	1.083,00	1.084,50	1.075,43	NE	NE	NE	NE

Instrumento	Cota de Fundo (m)	Níveis de Controle											
		Etapa 1				Etapa 2				Etapa 3			
		Pico			Liquef.	Pico			Liquef.	Pico			Liquef.
		Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)	Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)	Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)
INA-39	1.068,81	1.074,00	1.075,50	1.078,00	1.073,00	1.078,75	1.080,00	1.081,50	1.075,50	NE	NE	NE	NE
INA-40	1.061,39	1.066,00	1.068,50	1.072,50	1.063,00	1.071,00	1.072,00	1.075,00	1.063,50	1.065,75	1.066,75	1.068,00	1.066,00
PZ-01	1.046,98	1.058,50	1.061,00	1.063,50	1.049,50	1.061,50	1.063,00	1.065,00	1.054,00	1.061,00	1.062,00	1.064,00	1.064,00
PZ-02	1.046,43	1.054,50	1.056,00	1.057,00	1.049,00	1.055,00	1.056,50	1.057,50	1.051,00	1.058,00	1.059,00	1.061,00	1.061,00
PZ-03	1.059,37	1.075,50	1.077,00	1.083,00	1.066,00	1.081,00	1.082,00	1.083,50	1.066,75	1.066,00	1.066,25	1.066,50	1.066,50
PZ-04	1.055,76	1.070,50	1.074,00	1.077,00	1.060,50	1.075,00	1.076,50	1.079,00	1.063,50	1.063,00	1.064,00	1.066,00	1.066,00
PZ-05	1.048,78	1.061,50	1.065,50	1.069,00	1.050,50	1.067,00	1.068,00	1.070,50	1.055,50	1.062,00	1.063,00	1.065,00	1.065,00
PZ-06	1.075,53	1.091,50	1.092,00	1.093,50	1.087,50	1.090,50	1.091,00	1.091,50	1.085,00	NE	NE	NE	NE
PZ-07	1.078,55	Instrumento já removido na etapa atual				Instrumento já removido na etapa atual				Instrumento já removido na etapa atual			
PZ-08	1.053,14	Instrumento fora de seção de controle				Instrumento fora de seção de controle				Instrumento fora de seção de controle			
PZ-09	1.036,67	1.059,00	1.061,00	1.064,50	1.057,00	1.062,50	1.064,00	1.066,50	1.057,50	1.065,00	1.065,50	1.066,50	1.064,25
PZ-10	1.054,86	1.059,00	1.061,00	1.064,50	1.057,00	1.062,50	1.064,00	1.066,50	1.057,50	1.065,00	1.065,50	1.066,50	1.064,25
PZ-11	1.027,43	1.072,50	1.073,50	1.076,50	1.072,00	1.075,75	1.076,75	1.078,25	1.073,00	NE	NE	NE	NE
PZ-12	1.022,64	Instrumento fora de seção de controle				Instrumento fora de seção de controle				Instrumento fora de seção de controle			
PZ-13	1.068,63	Instrumento fora de seção de controle				Instrumento fora de seção de controle				Instrumento fora de seção de controle			
PZ-14	1.005,30	Instrumento fora de seção de controle				Instrumento fora de seção de controle				Instrumento fora de seção de controle			
PZ-15	1.032,28	1.070,50	1.074,00	1.077,00	1.060,50	1.075,00	1.076,50	1.079,00	1.063,50	1.063,00	1.064,00	1.066,00	1.066,00
PZ-16	1.073,44	1.076,50	1.078,00	1.083,50	1.073,94	1.082,00	1.083,00	1.084,00	1.073,94	NE	NE	NE	NE

Instrumento	Cota de Fundo (m)	Níveis de Controle											
		Etapa 1				Etapa 2				Etapa 3			
		Pico			Liquef.	Pico			Liquef.	Pico			Liquef.
		Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)	Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)	Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SEMAD FEAM (m)
PZ-17	1.089,24	1.095,50	1.096,50	1.097,50	1.093,00	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
PZ-18	1.028,98	1.056,00	1.058,50	1.061,50	1.053,00	1.060,50	1.062,00	1.064,50	1.055,00	1.062,00	1.063,00	1.065,00	1.065,00
PZ-19	1.061,70	1.081,50	1.083,00	1.087,00	1.079,75	1.085,00	1.086,00	1.087,50	1.078,00	NE	NE	NE	NE
PZ-20	1.051,21	1.071,00	1.072,50	1.077,00	1.066,00	1.075,50	1.076,50	1.079,00	1.066,50	1.066,50	1.067,50	1.068,00	1.066,50
PZ-21	1.048,62	1.078,50	1.079,00	1.081,00	1.075,00	1.085,00	1.086,25	1.088,00	1.080,00	NE	NE	NE	NE
PZ-22	1.037,19	1.063,50	1.067,50	1.071,00	1.054,50	1.069,00	1.070,00	1.073,00	1.057,50	1.062,50	1.063,50	1.065,50	1.065,50
PZ-23	1.085,15	1.093,50	1.094,50	1.095,50	1.090,50	1.091,00	1.091,50	1.091,75	1.087,00	NE	NE	NE	NE
PZ-24	1.033,69	Instrumento fora de seção de controle				Instrumento fora de seção de controle				Instrumento fora de seção de controle			
PZ-25	1.026,15	1.031,00	1.032,00	1.033,00	1.031,00	1.031,00	1.032,00	1.033,00	1.031,00	1.033,50	1.034,50	1.061,00	1.061,00

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 6.147 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 está sendo 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 iniciou em abril de 2025, com o fim do período chuvoso 2024/2025. Essas alterações de prazo poderão exigir adequações do projeto, de forma a manter a segurança da estrutura.

Id	EDT	Nome da Tarefa	% concluída	Duração	Início	Término	
1	1	CRONOGRAMA DESCARACTERIZAÇÃO B2 – MINA TICO-TICO	52%	1852,81 dias	Qua 21/12/22	Sex 25/01/30	
2	1.1	INÍCIO	100%	0 dias	Qua 21/12/22	Qua 21/12/22	
3	1.2	PROJETO EXECUTIVO - BARRAGEM B2 - MINA TICO-TICO	100%	111 dias	Qua 21/12/22	Qua 31/05/23	
4	1.3	OBRAS COMPLEMENTARES	100%	224 dias	Ter 10/01/23	Qui 07/12/23	
5	1.4	REVISÃO DE PROJETO R02	100%	138 dias	Sex 06/10/23	Seg 29/04/24	
6	1.5	PEER REVIEW (DIAGNÓSTICO)	100%	70 dias	Seg 22/01/24	Seg 29/04/24	
7	1.6	PERÍODO DE OBRA	54%	1017,88 dias	Ter 02/01/24	Qui 25/11/27	
8	1.6.1	ETAPA 1	73%	460,88 dias?	Ter 02/01/24	Ter 07/10/25	
9	1.6.1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	100%	7 dias	Sex 28/06/24	Ter 09/07/24	
13	1.6.1.2	FASE 1 - REMOÇÃO 11º ALTEAMENTO	100%	41 dias	Seg 15/07/24	Ter 10/09/24	
18	1.6.1.3	FASE 2 - REMOÇÃO 10º ALTEAMENTO	81%	449 dias?	Ter 02/01/24	Seg 22/09/25	
19	1.6.1.3.1	APROFUNDAMENTO DE SUMP EXISTENTE	100%	7 dias	Ter 10/09/24	Qui 19/09/24	
20	1.6.1.3.2	REMOÇÃO DO REJEITO DO RESERVATÓRIO 1/2	100%	20 dias	Ter 10/09/24	Ter 08/10/24	
21	1.6.1.3.3	AÇÕES PREPARATÓRIAS PARA O PERÍODO CHUVOSO	80%	449 dias?	Ter 02/01/24	Seg 22/09/25	
22	1.6.1.3.3.1	DISPONIBILIZAÇÃO DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO (SUMP)	100%	4 dias	Ter 15/10/24	Seg 21/10/24	
23	1.6.1.3.3.2	APLICAÇÃO DO POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (RESERVATÓRIO E SUMPS)	100%	45 dias	Sex 25/10/24	Sex 27/12/24	
24	1.6.1.3.3.3	REGULARIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO E SUMP (PROJETO FASE 2A)	100%	33 dias	Ter 10/09/24	Sex 25/10/24	
25	1.6.1.3.3.4	ENCOSTA OMBREIRA ESQUERDA	68%	248 dias?	Sex 28/06/24	Qua 11/06/25	
26	1.6.1.3.3.4.1	ESTABILIZAÇÃO COM BERMA DE EQUILÍBRIO/ ENROCAMENTO	100%	16 dias	Sex 28/06/24	Seg 22/07/24	
27	1.6.1.3.3.4.2	DRENAGEM DE CONTORNO 1/2	100%	10 dias	Sex 28/06/24	Sex 12/07/24	
28	1.6.1.3.3.4.3	DRENAGEM DE CONTORNO 2/2	100%	34 dias	Qua 28/08/24	Ter 15/10/24	
29	1.6.1.3.3.4.4	AS BUILT	100%	35 dias	Sex 13/12/24	Sex 31/01/25	
30	1.6.1.3.3.4.5	INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS (TRINCHEIRA)	100%	5 dias	Qui 10/04/25	Qui 17/04/25	
31	1.6.1.3.3.4.6	REAVLIAÇÃO TERRACOTA	0%	46 dias	Seg 07/04/25	Seg 09/06/25	
32	1.6.1.3.3.4.7	OBRA DE ADEQUAÇÃO (PROJETO)	0%	1 dia?	Ter 10/06/25	Qua 11/06/25	
33	1.6.1.3.3.5	ENCOSTA OMBREIRA DIREITA	80%	449 dias	Ter 02/01/24	Seg 22/09/25	
34	1.6.1.3.3.5.1	ALTERNATIVA CHAPA DE AÇO	100%	18 dias	Ter 15/10/24	Sex 08/11/24	
35	1.6.1.3.3.5.2	ADEQUAÇÃO DA CANALETA CA-08	100%	78 dias	Ter 15/10/24	Sex 31/01/25	
36	1.6.1.3.3.5.3	MANUTENÇÃO DE ROTINA (CRONOGRAMA GEOTECNIA)	100%	260 dias	Ter 02/01/24	Ter 31/12/24	
37	1.6.1.3.3.5.4	RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO ESTRUTURAL	100%	60 dias	Sex 08/11/24	Sex 31/01/25	



Figura 6.147 – Cronograma das obras de descaracterização (Fonte: MMI).

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:



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:

Wellington 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>