



BARRAGEM B1 – MINA IPÊ



RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

**NOVEMBRO
2025**



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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.																			
Nº. MORRO DO IPÊ: IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354					BARRAGEM B1 – MINA IPÊ RELATÓRIO TÉCNICO RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO – NOVEMBRO/25														
CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS																			
Rev doc	00	01			Rev doc	00	01			Rev doc	00	01			Rev doc	00	01		
Revisão da folha				Revisão da folha				Revisão da folha				Revisão da folha							
1	X	X			26	X	X			51	X	X			76	X	X		
2	X	X			27	X	X			52	X	X			77	X	X		
3	X	X			28	X	X			53	X	X			78	X	X		
4	X	X			29	X	X			54	X	X			79	X	X		
5	X	X			30	X	X			55	X	X			80	X	X		
6	X	X			31	X	X			56	X	X			81	X	X		
7	X	X			32	X	X			57	X	X			82	X	X		
8	X	X			33	X	X			58	X	X			83	X	X		
9	X	X			34	X	X			59	X	X			84	X	X		
10	X	X			35	X	X			60	X	X			85	X	X		
11	X	X			36	X	X			61	X	X			86	X	X		
12	X	X			37	X	X			62	X	X			87	X	X		
13	X	X			38	X	X			63	X	X			88	X	X		
14	X	X			39	X	X			64	X	X			89	X	X		
15	X	X			40	X	X			65	X	X			90	X	X		
16	X	X			41	X	X			66	X	X			91	X	X		
17	X	X			42	X	X			67	X	X			92	X	X		
18	X	X			43	X	X			68	X	X			93	X	X		
19	X	X			44	X	X			69	X	X			94	X	X		
20	X	X			45	X	X			70	X	X			95	X	X		
21	X	X			46	X	X			71	X	X			96	X	X		
22	X	X			47	X	X			72	X	X			97	X	X		
23	X	X			48	X	X			73	X	X			98	X	X		
24	X	X			49	X	X			74	X	X			99	X	X		
25	X	X			50	X	X			75	X	X			100	X	X		
REV.	T.E.	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES																	
00	B	EMISSÃO INICIAL																	
01	I	APROVADO																	



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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.														
Nº. MORRO DO IPÊ: IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354							BARRAGEM B1 – MINA IPÊ RELATÓRIO TÉCNICO RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO – NOVEMBRO/25							
CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS														
Rev doc	00	01				Rev doc	00	01			Rev doc			Rev doc
	Revisão da folha			Revisão da folha			Revisão da folha			Revisão da folha				
101	X	X				126				151				176
102	X	X				127				152				177
103	X	X				128				153				178
104	X	X				129				154				179
105	X	X				130				155				180
106	X	X				131				156				181
107	X	X				132				157				182
108	X	X				133				158				183
109	X	X				134				159				184
110	X	X				135				160				185
111	X	X				136				161				186
112	X	X				137				162				187
113	X	X				138				163				188
114	X	X				139				164				189
115	X	X				140				165				190
116	X	X				141				166				191
117	X	X				142				167				192
118	X	X				143				168				193
119	X	X				144				169				194
120	X	X				145				170				195
121	X	X				146				171				196
122						147				172				197
123						148				173				198
124						149				174				199
125						150				175				200
REV.	T.E.	 DESCRIÇÃO DAS REVISÕES												
00	B	EMISSÃO INICIAL												
01	I	APROVADO												
TIPO DE EMISSÃO	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO			(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO			(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO							
	REV. 00	REV. 01	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.					
DATA	18/11/2025	27/11/2025												
EXECUTADO	FCP	FCP												
VERIFICADO	WPM	WPM												
APROVADO	RPT	RPT												

SUMÁRIO

1. Introdução	5
2. Documentos de referência.....	6
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 pelo acompanhamento da obra de descaracterização	10
4.8 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização.....	11
4.9 Localização da Barragem.....	11
4.10 Função atual.....	12
4.11 Características Gerais	13
4.12 Classificação da Barragem.....	17
5. Projeto de Descaracterização	22
5.1 Descrição do Projeto	23
5.2 Alterações de Projeto	29
5.3 Atividades Preparatórias.....	29
5.3.1 Poços de Rebaixamento	29
5.3.2 Sistema de Bombeamento no Reservatório.....	32
5.3.3 Marcos de Monitoramento na Encosta	33
5.3.4 Dispositivos de Monitoramento do Talude da Encosta.....	36
5.4 Atividades Complementares.....	36
5.5 Cronograma	36
5.6 Riscos Geológicos-Geotécnicos.....	38
5.7 Condição da Estrutura no Período Avaliado	38
5.7.1 Inspeções de Campo	38
5.7.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções	38
5.7.3 Planos de Ação para as anomalias	40
5.7.4 Instrumentação Instalada na Barragem	40
5.7.4.1 Leituras da Instrumentação	47
5.7.5 Análise de Estabilidade	65
5.7.5.1 Premissas Adotadas nas Simulações	65

5.7.5.2	Sismicidade do Local da Barragem	67
5.7.5.3	Definição da Condição da Superfície Freática	73
5.7.5.4	Parâmetros de Resistência	74
5.7.5.5	Resultados	77
5.7.5.6	Análise de Estabilidade 3D (Condição Rejeito Liquefeito)	87
5.8	Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização	89
5.8.1	Controle de Emissão de Materiais Particulados para a Atmosfera	89
5.8.2	Monitoramento da Qualidade da Água	91
5.8.3	Monitoramento da Qualidade do Ar	92
5.8.4	Controle de Emissão de Gases Poluentes	96
5.8.4.1	Controle das Emissões Geradas pelo Funcionamento de Motor a Diesel	96
5.8.4.2	Monitoramento de Fumaça Preta	96
5.8.5	Controle de Emissão de Ruídos Ambientais e Avaliação dos Níveis de Vibração ..	97
5.8.5.1	Ruídos Ambientais	99
5.8.5.2	Vibrações	100
5.8.6	Controle de Alteração da Dinâmica de Drenagem de Águas Pluviais	102
5.8.7	Gestão de Resíduos Sólidos	103
5.9	Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização	104
5.9.1	Carta de Risco - Etapas de Descaracterização	106
5.10	Rotina de Monitoramento	110
6.	Obras de Descaracterização	111
6.1	Medidas adotadas para a remoção do maciço e reservatório	111
6.2	Caracterização das áreas disponíveis para disposição	114
6.3	Estabilidade Física e Química das estruturas remanescentes	115
6.3.1	Estabilidade Física	115
6.3.2	Estabilidade Química	116
6.4	Protocolos Adotados para Garantia da Segurança dos Trabalhadores Durante as Obras	116
6.5	Controle Pós-obra de Descaracterização	118
7.	Assinaturas	119
8.	Anexos	120

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da **Barragem B1 - Mina Ipê**, referente ao trimestre compreendido entre agosto e outubro 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 B1 - Mina Ipê, o qual foi emitido em fevereiro de 2023. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

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

Apesar de o projeto executivo ter sido emitido em fevereiro de 2023, as obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê **não foram iniciadas** até o momento, com previsão de início para 04/2026.

2. Documentos de referência

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

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1142_r0 – Barragem B1 - Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Níveis de Controle da Instrumentação. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2025;
- Planilhas e gráficos de monitoramento dos instrumentos da barragem: “INSTRUMENTAÇÃO_B1_MINA_IPÊ.xlsx”, “INSTRUMENTAÇÃO_B1_MINA_IPÊ_PVs.xlsx”, “PLAN_MARCO_SUP_B1IPE.xlsx” e “MONITORAMENTO_ENCOSTA_B1IPE.xlsx”. Mineração Morro do Ipê. 31/10/2025;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1281_r0 – Relatório de Inspeção de Segurança Regular (RISR) – Barragem B1 – Mina Ipê – ANM – 2º Semestre de 2025. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2025;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1304_r0 – Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragens (RTESB) – Barragem B1 – Mina Ipê – FEAM – 2º Semestre de 2025. Dam Projetos de Engenharia Ltda. Setembro/2025;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.652_r3 – Barragem B1 – Mina Ipê – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco – Não-drenado. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Março/2025;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1067 – Análise de Estabilidade 3D – Relatório – Barragem B1 – Mina Ipê. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.558_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.559_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.560_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.641_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Especificação Técnica. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.652_r2 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.679_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;



RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.308 - PARECER TÉCNICO REBAIXAMENTO BARRAGEM B1 IPÊ – MINA IPÊ. Water Services And Technologies. Julho/2025.
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.1067 - BARRAGEM B1 IPÊ ANÁLISE DE ESTABILIDADE 3D - RELATÓRIO TÉCNICO. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/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 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: casaipemineracao.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: casaipemineracao.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário: Welington Pereira Maximiano

Vínculo: Coordenador de Geotecnia

Endereço: Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº
Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome: Cristiano Monteiro Parreiras

CPF: 030.102.416-23

Formação: Advogado

Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos

Telefone: (31) 99194-8589

E-mail: cristiano.parreiras@ipemineracao.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome: Welington Pereira Maximiano

Formação: Engenheiro Civil

Registro Nacional Profissional: 1411469151 (CREA-MG)

Cargo: Coordenador de Geotecnia

Telefone: (31) 3614-1840

E-mail: welington.maximiano@ipemineracao.com

RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

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 pelo acompanhamento da obra de descaracterização

Nome	Cargo	Área	CREA
Roberto Pasquale da Cruz Trotta	Geólogo - Gerente de Geotecnica e Geologia	Geotecnica	2016517646
Wellington Pereira Maximiano	Engenheiro Civil - Coordenador de Geotecnica	Geotecnica	1411469151
Rayanne Emanuele Silva	Engenheira de Minas Júnior	Geotecnica	-
Fabio Castellan Pinto	Engenheiro de Minas Júnior	Geotecnica	1421939673
Henrique Victor Costa Silva Rosendo	Analista Geotecnica Sênior	Geotecnica	-
Roberta Lopes Vieira	Analista Administrativo Pleno	Geotecnica	-
Eduardo Lelis de Almeida	Analista Geotecnica Júnior	Geotecnica	-
Tiago Mendes de Oliveira	Técnico de Geotecnica	Geotecnica	-
Gilberto Eustáquio da Silva	Técnico de Monitoramento II	Geotecnica	-
Edno Cardoso da Silva	Técnico de Monitoramento II	Geotecnica	-
Célio Ferreira Passos	Técnico de Monitoramento II	Geotecnica	-
Genivaldo Rodrigues Pereira	Técnico de Monitoramento II	Geotecnica	-
João Antunes Primo	Técnico de Monitoramento II	Geotecnica	-
Josemir de Oliveira Junior	Técnico de Monitoramento II	Geotecnica	-
Thiago Lucas Souza Silva	Técnico de Monitoramento I	Geotecnica	-
Rodrigo Damasceno Silva de Oliveira	Técnico de Monitoramento I	Geotecnica	-

4.8 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

4.9 Localização da Barragem

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

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

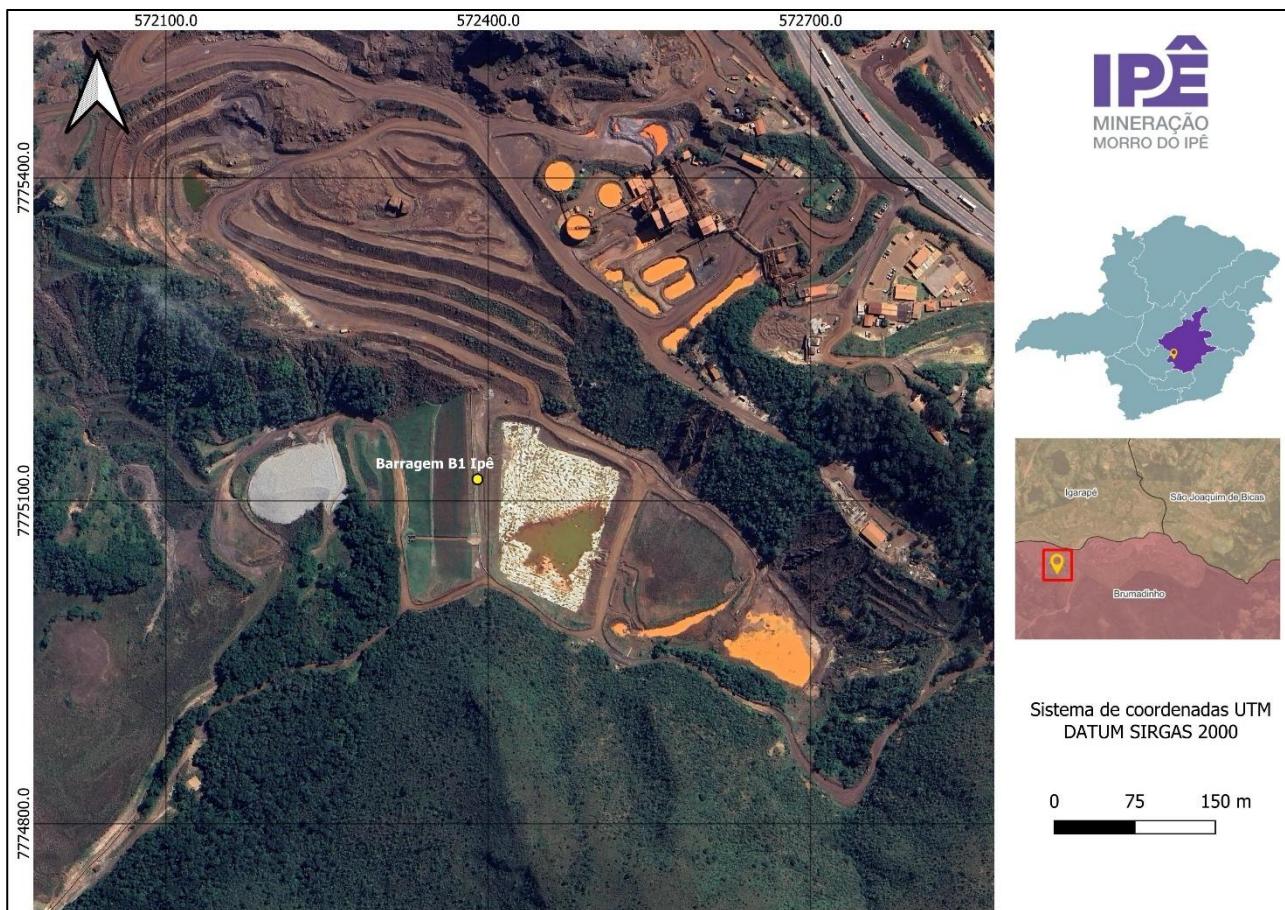


Figura 4.1 – Localização da Barragem B1 – Mina Ipê.

4.10 Função atual

A Barragem B1 – Mina Ipê foi projetada com a finalidade de disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro da Mina Ipê, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como de Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte, conforme amostragem e ensaios de solubilização e de lixiviação realizados pela empresa Terra Consultoria e Análises Ambientais Ltda. e apresentados nos Relatórios de Ensaios nº 7963/2021, 7971/2021, 7979/2021, 7987/2021 e 7995/2021.

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

preparada para entrar em processo de descaracterização.

4.11 Características Gerais

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

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

"Inicialmente será restaurada a barragem existente com a construção de um maciço drenante lançado para jusante formando um pé para estabilização do maciço atual... [...]

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

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

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

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4-1, sendo as informações existentes atualizadas considerando um levantamento topográfico de setembro de 2020 (BARRAGEM_B1_IPÊ_15_10_ATUAL), levantamento topográfico de novembro de 2021 (B1_IPE_16NOV21), o levantamento topográfico do projeto "As Built" do segundo alteamento (TOPOGERAL_11082014.dxf), o levantamento topográfico "As Built" do aterro de reforço (CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg) e o levantamento topográfico cadastral (CADASTRO_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B1_IPE_21JUN23.dwg).

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

Tabela 4-1 – Principais características da Barragem B1 – Mina Ipê.
(Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.1154 modificado)

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B1 – Mina Ipê
Código FEAM	132
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: - 20° 07'11.300" Longitude: - 44°18'26.900"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	572.390m E / 7.775.120m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	~1991
Ano de Início de Operação	~1991
Ano de Término de Operação	2017
Ano de Término de Descaracterização	2027 (previsão)
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (projeto)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total (m ³)	1.236.370 ^(a)
Volume do reservatório (m ³)	943.579 ^(a)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m ³)	786.359
Área do reservatório (m ²)	51.226
Elevação mínima do coroamento (m)	1.057,89
Elevação do terreno natural no pé do barramento (m)	1.002,10
Altura atual da barragem (m)	55,79
Extensão do coroamento (m)	176,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, no mínimo 3,0
Inclinação geral do talude jusante	2,55H:1V (21,4º)
Alteamentos realizados e seus métodos empregados	2 alteamentos a montante ^(b)
Elevação da soleira do vertedouro (m)	1.056,32
Nível d'água máximo <i>maximorum</i> (PMP) (m)	1.057,89 ^(c) / 1.057,47 ^(d)
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,00 ^(c) e 0,59 ^(e) / 0,42 ^(d) e 1,01 ^(d) ^(e)
Descarga do vertedouro (PMP) (m ³ /s)	14,98 ^(c) / 6,86 ^(d)
Capacidade de Descarga do vertedouro (m ³ /s)	15,00
Área da bacia de contribuição (km ²)	0,52

(a) Volumes atualizados a partir das superfícies resultantes da nova interpretação geológica elaborada pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos hídricos e levantamento topográfico de novembro de 2021 acrescido de 31.705 m³ referente ao aterro de reforço;

(b) O maciço do segundo alteamento foi construído no sentido para jusante, porém é uma ampliação do maciço do 1º alteamento, executado pelo método de montante.

(c) Considera o trânsito de cheias a partir da soleira do vertedouro;

(d) Valores obtidos considerando que todo o volume livre estaria disponível para a passagem do trânsito de cheias.

(e) Valores considerando o topo da barreira New Jersey implantada na elevação mínima 1.058,48 m.

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

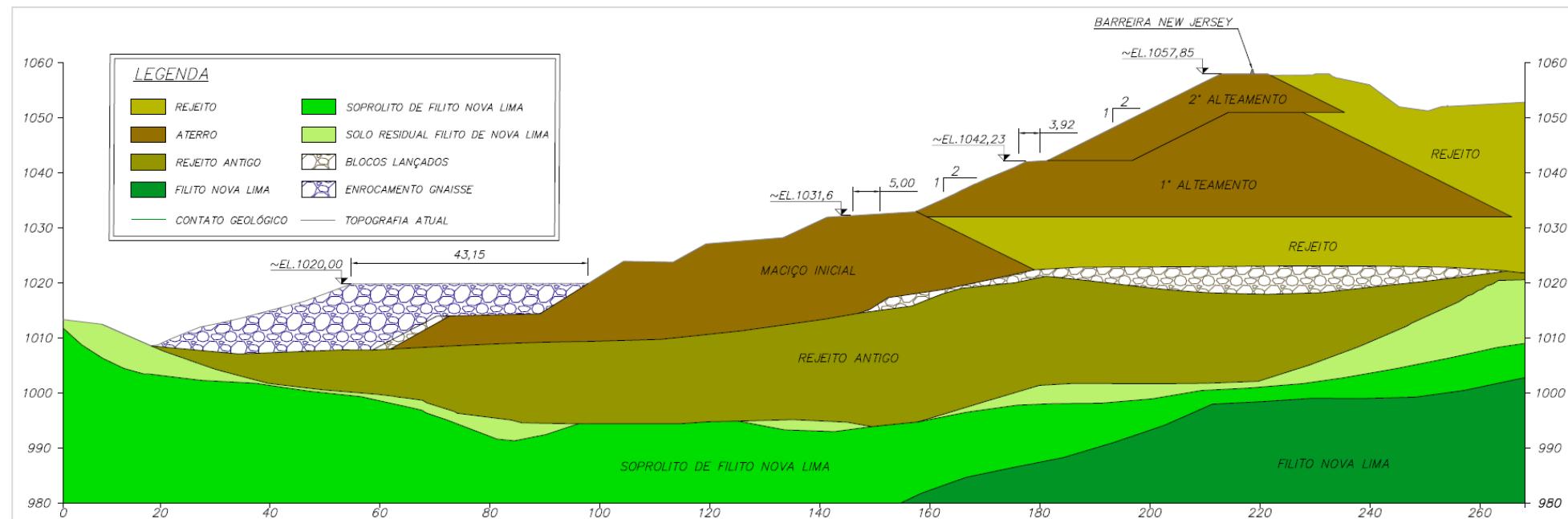


Figura 4.2 – Imagem da Barragem B1 – Mina Ipê. (Fonte: Ortofoto MMI – Outubro/2025).

RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01



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 B1 – Mina Ipê** foi classificada, conforme RTESB referente ao 2º semestre de 2025 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1304), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, conforme tabelas a seguir.

Tabela 4-2 – Categoria de Risco (resíduos e rejeitos de mineração).

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

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

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

Tabela 4-3 – Potencial de Dano Ambiental.

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

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

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Tabela 4-4 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – Características Técnicas.

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

Tabela 4-5 – Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração) – Estado de Conservação.

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

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)

$$EC = \Sigma (f \text{ até } i) = 0$$

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Tabela 4-6 – 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)	-	-	-	-

$$\mathbf{PS = \Sigma (j \text{ até } n) = 0}$$

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Tabela 4-7 – 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) = 19			

Tabela 4-8 - Matriz de Classificação

Categoria de Risco	Potencial de Dano Ambiental		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	A	B	C
Médio	B	C	D
Baixo	B	C	E

5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de remoção completa dos rejeitos dispostos no reservatório, além dos maciços, tanto o maciço inicial quanto os alteamentos realizados e do aterro de reforço, de forma a retornar o vale a uma condição próxima a original;
- O projeto considera a utilização de poços de rebaixamento instalados a jusante da barragem para o rebaixamento da superfície freática da fundação. Conforme o relatório IPE.OP.RL.8000.GT.20.308 elaborado pela empresa WST, entende-se ser improvável que a instalação de novos poços a jusante da Barragem B1 Ipê tenha efeito significativo no rebaixamento alcançado. Esse entendimento é baseado na litologia local, que é formada por filitos, rocha de baixa permeabilidade e armazenamento, e, portanto, com efeito mais localizado na drenagem da água subterrânea por poços tubulares. Esse entendimento é corroborado pela baixa ou nula performance no rebaixamento da estrutura da barragem com a instalação do poço PT-02. Cabe ressaltar que o poço PT-01 foi perfurado sob uma falha previamente cartografada, o que explica a sua melhor performance no rebaixamento, pois a estrutura da falha ajudou a drenar uma área maior. Porém, conforme já comentado, a estrutura atingiu seu equilíbrio no que tange ao rebaixamento do nível d'água;
- Considerando o exposto no item anterior, e que as análises 2D liquefeitas não expõem a realidade dentro do contexto a qual a estrutura está inserida, a Terracota elaborou estudo de análise de estabilidade 3D (IPE.OP.RL.8000.GT.20.1067) considerando carregamento não drenado com parâmetro de resistência liquefeita. A análise 3D para essa condição apresentou fator de segurança mínimo igual a 1,635, atendendo às normas vigentes para início da descaracterização. Como o rejeito antigo está localizado no fundo do talvegue da seção B-B', a cunha de ruptura em 3 dimensões intercepta materiais com comportamento dilatante, modelados a partir de seus parâmetros de resistência efetivos.
- A comparação dos resultados das análises 3D e 2D mostram o quanto o efeito de confinamento da estrutura em um vale estreito da barragem traz em termos de segurança global da estrutura. Isto indica que a limitação da análise 2D possa não representar, no caso específico da Barragem B1 Ipê, a condição crítica de segurança indicada pelos valores de fator de segurança obtidos.
- A barragem trabalhará em condições drenadas, dessa forma não haverá necessidade de

se adotar uma Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ);

- O projeto de descaracterização foi concebido para ser executado em duas etapas macro de remoção (dois anos/ciclos), sendo a primeira com remoção dos rejeitos do reservatório até a elevação 1.043,0 m e rebaixamento do maciço da barragem para a elevação 1.046,50 m e a segunda concluindo a remoção completa na elevação 1.001,0 m;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos. Mesmo assim, o projeto contempla a escavação no rejeito de *sumps* provisórios no interior do próprio reservatório, para direcionamento dos fluxos de água de chuvas eventuais a serem bombeados para a planta de processo. Essas estruturas serão realocadas a medida do avanço do rebaixamento do rejeito;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada em camadas de espessura média de 2,0 m, que poderá ser ajustada em campo, condicionada à capacidade de suporte do material. Caso necessário, serão executadas valas drenantes para deságue do rejeito saturado com o objetivo de garantir condições de segurança e operação para trafegabilidade dos equipamentos durante a atividade de lavra. Nos casos em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro com rejeito seco (aterro de conquista) de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;
- O volume total geométrico de remoção previsto, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.100.789 m³;
- Deverá ser realizada a recomposição vegetal da área do terreno natural exposta pelas escavações após remoção dos rejeitos e maciços, com utilização de materiais apropriados. Conforme item 3.6 da TR de Descaracterização da FEAM, a técnica será determinada com embasamento no diagnóstico da área pós-descaracterização à medida que avançam as obras e se tenha as reais condições da superfície exposta com objetivo final de reintrodução da área ao contexto da paisagem local;
- Será proposta uma proteção na calha do fundo do vale com blocos de enrocamento onde se espera que haja fluxo de água, de forma a proteger o local contra erosão.

5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê é composto por 02 (duas) etapas macro, conforme descrito no relatório do projeto (IPE.OP.RL.8000.GT.20.560), contemplando as

escavações dos rejeitos dispostos no reservatório até a elevação 1.043,0 m e o rebaixamento dos maciços dos alteamentos até a elevação 1.046,50 m, apresentada como Etapa 1, e a remoção do restante dos rejeitos dispostos no reservatório, dos maciços de alteamentos e maciço inicial, dos rejeitos existentes na fundação (rejeito antigo), além da remoção do reforço em enrocamento a jusante e utilização do material como revestimento do canal e *sump*, compreendidos na Etapa 2.

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

Etapa 1

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 447.562.m³;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 57.650.m³.

Etapa 2

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 226.600.m³;
- Volume de blocos a serem removidos da fundação: 14.210.m³;
- Volume de blocos a serem removidos do aterro de reforço a jusante: 31.705 m³;
- Volume de “rejeitos antigos” a serem removidos da fundação: 99.000.m³¹;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 224.062.m³.

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

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

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

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE

ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO

DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

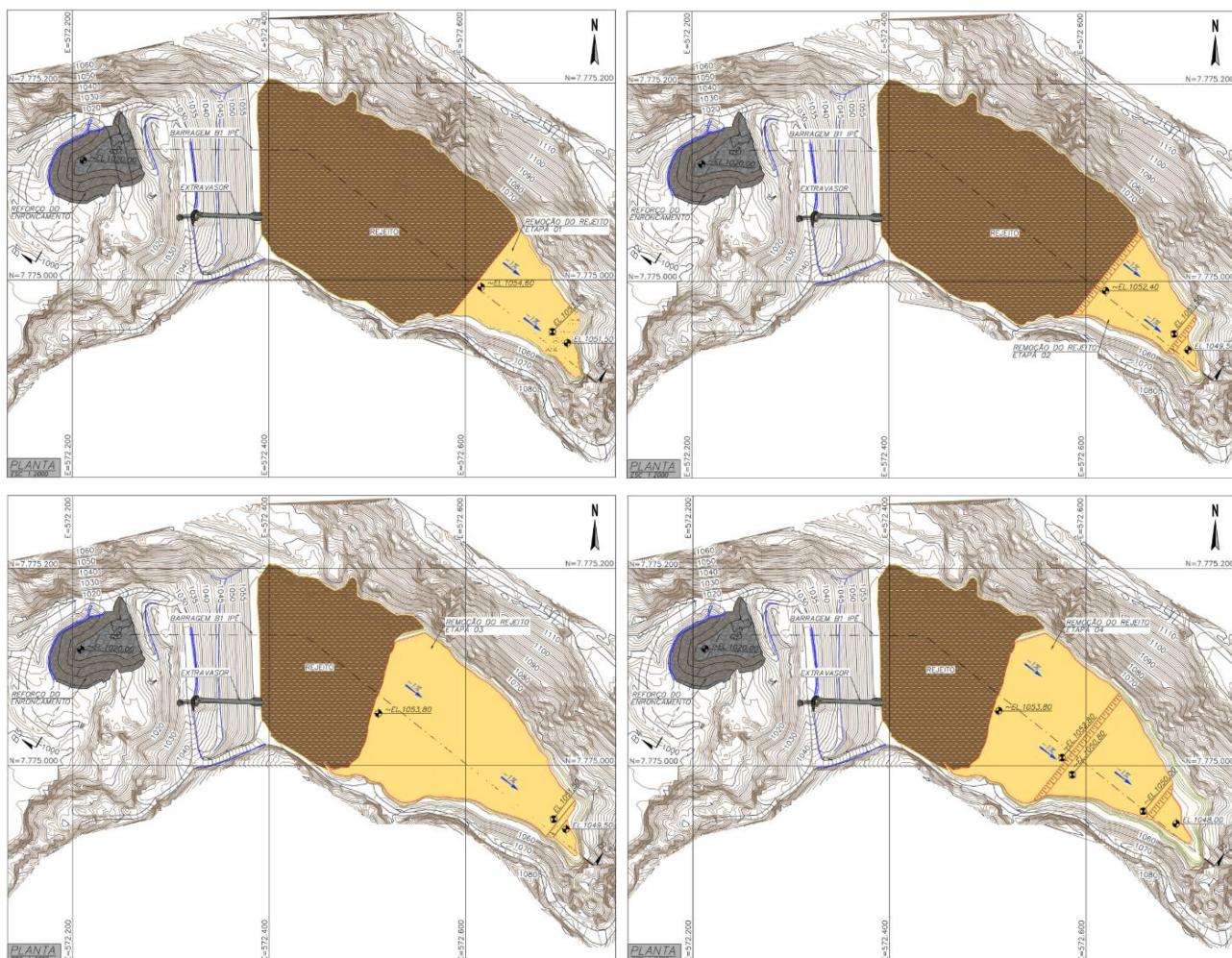


Figura 5.1 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente às quatro primeiras etapas.

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

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

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

RELATÓRIO TÉCNICO

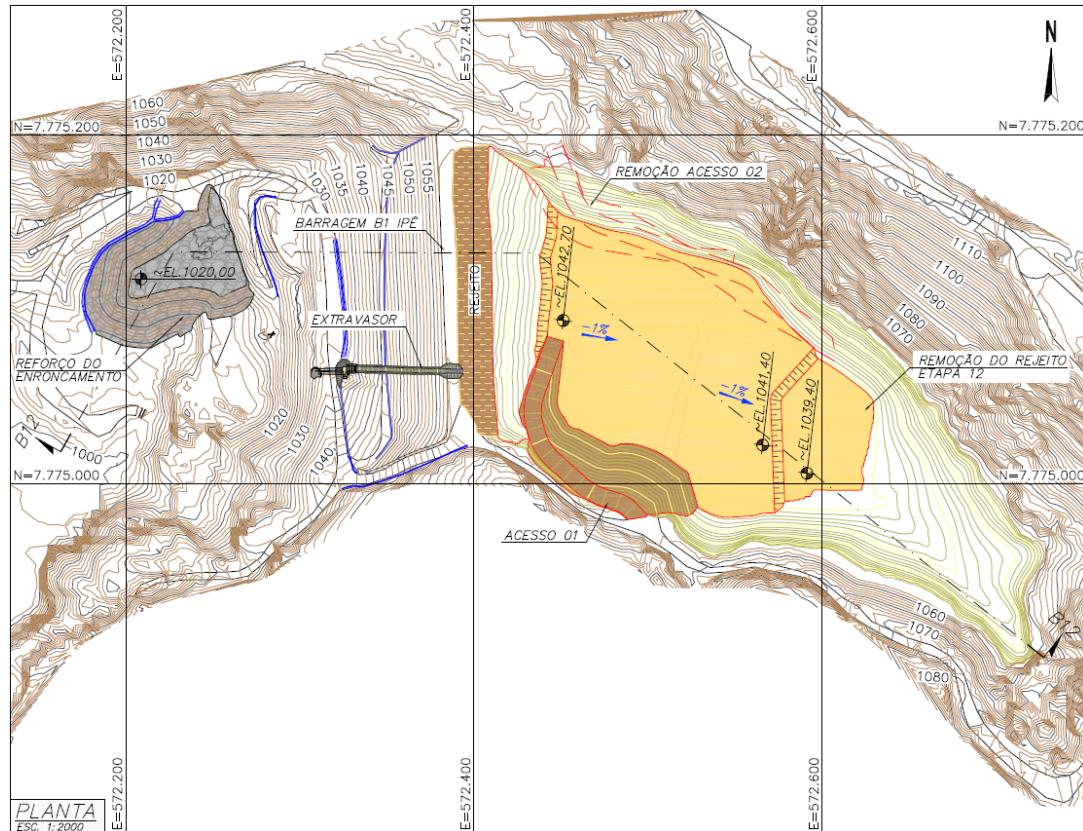
BARRAGEM B1 – MINA IPÊ
RELATÓRIO TRIMESTRAL DE
ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO
DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

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

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

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



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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

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

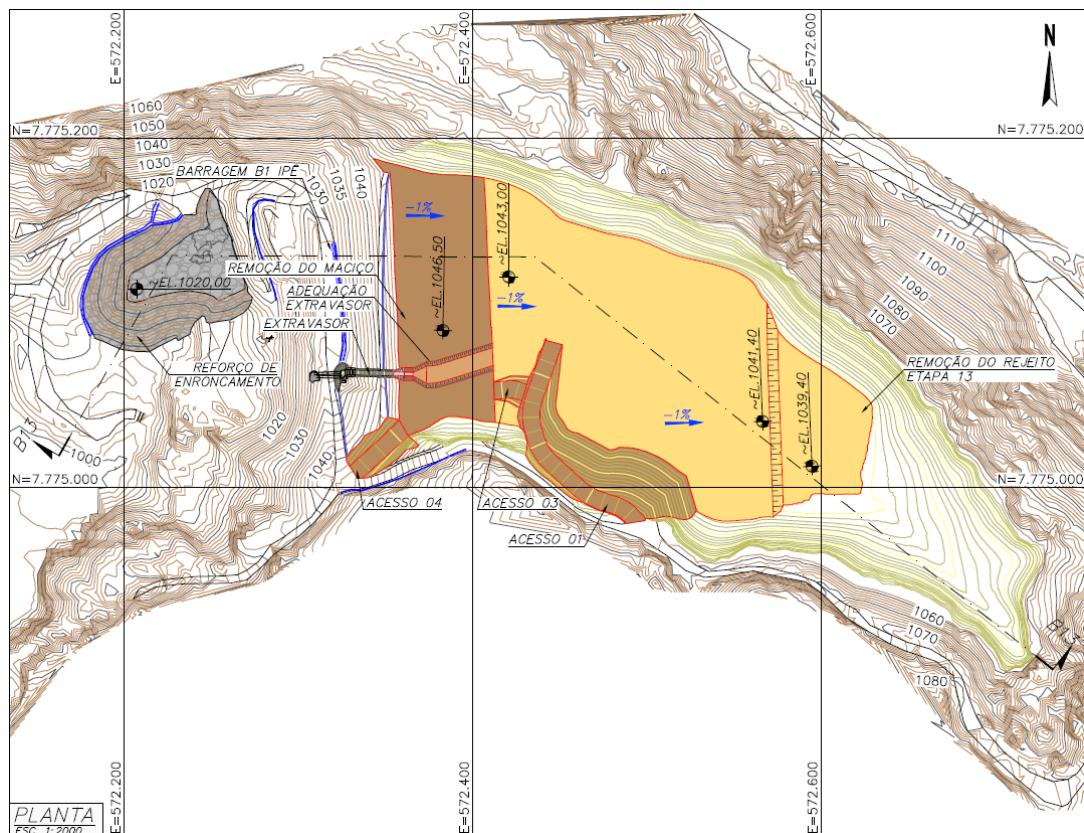


Figura 5.3 – Etapa 13 – Escavação do maciço e implantação de novo sistema extravasor.

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE

ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO

DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

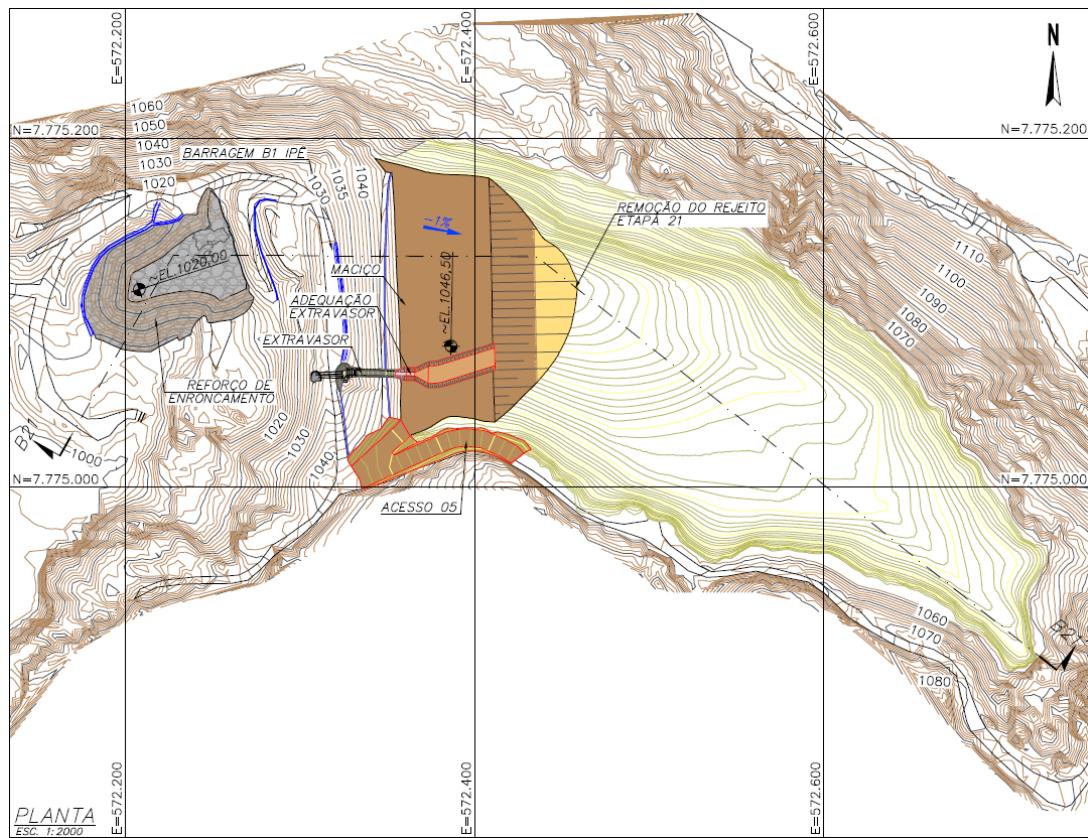


Figura 5.4 – Etapa 21 – Início da escavação do restante dos maciços e do rejeito antigo e a conformação do fundo do vale.

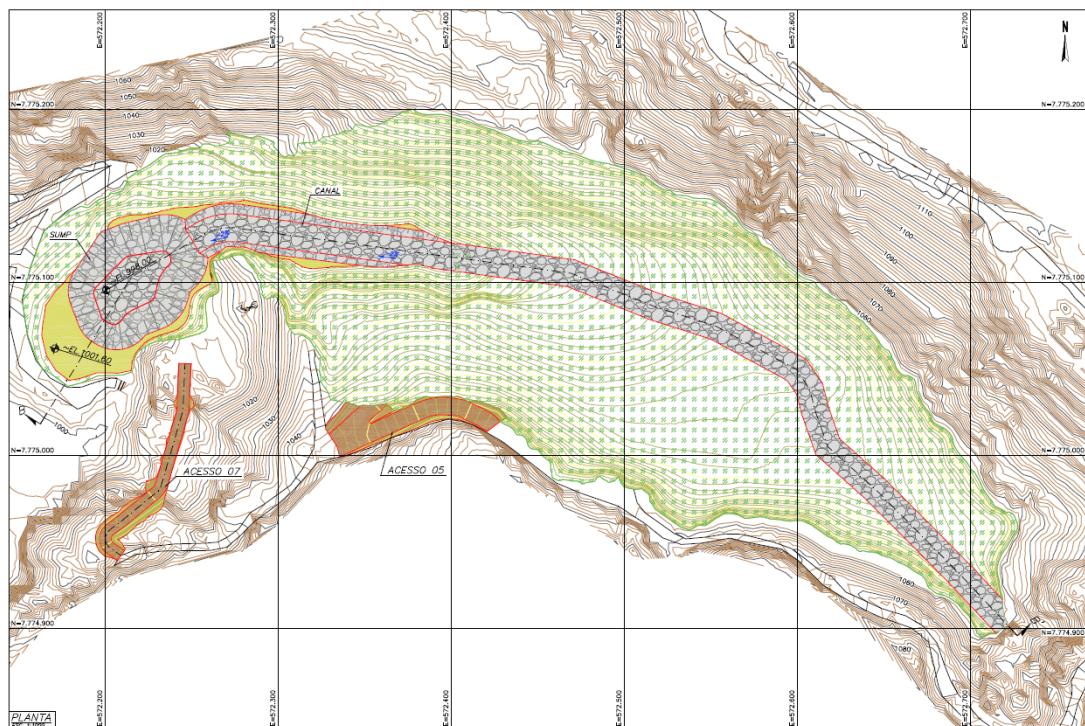


Figura 5.5 – Arranjo geral após a finalização das obras.

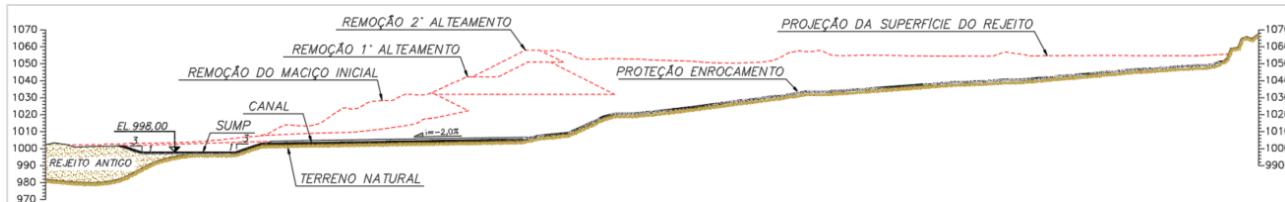


Figura 5.6 – Seção transversal passando pelo vale após a finalização das obras.

5.2 Alterações de Projeto

De acordo com o relatório de avaliação do impacto dos poços de rebaixamento PT-01 e PT-02 no nível freático da barragem B1 Ipê, elaborado pela Water Services and Technologies, após o rebaixamento inicial os dados indicam uma estabilização do nível d'água, ou seja, a carga hidráulica na região encontrou um novo equilíbrio, que é mantido pelo bombeamento do poço PT-01. Não foi observado efeito de rebaixamento incremental nos instrumentos da estrutura após a instalação do PT-02. Nesse sentido, a premissa inicial de rebaixamento do nível freático para a descaracterização se altera, passando a ser condição de segurança das obras, pois os poços continuarão operando nesse sentido, garantindo o nível de equilíbrio.

5.3 Atividades Preparatórias

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

5.3.1 Poços de Rebaixamento

A Barragem B1 Ipê possui 2 poços para controle do nível freático em operação. O PT-01 foi executado pela empresa Master Poços, na 1ª quinzena de abril de 2023, com aproximadamente 176 m de profundidade, seu fluxo de vazão é controlado diariamente, com registros a cada 24 horas, medida em metros cúbicos por hora (m³/h). Foi realizada a instalação da bomba (Motobomba Leão S65-10 600 – 35 CV - 440 Trifásica) e o teste de bombeamento foi executado entre os dias 29/09/2023 e 24/10/2023 enviando a água para dois tanques metálicos. Posteriormente esta água era enviada para a usina através de uma bomba BA13, operando 24 hrs/dia com vazão de 60 m³/h. Na 1ª quinzena de abril de 2024, a MMI realizou um teste para avaliar a vazão que é possível bombear do poço de rebaixamento (PT-01), alterando o direcionamento da água para o extravasor da Barragem B1A Emicon, localizada a jusante da Barragem B1 – Mina Ipê. A partir da 2ª quinzena de abril de 2024, manteve-se o bombeamento para jusante.

RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01



Foto 5-1 – Hidrômetro PT-01.



Foto 5-2 – Bombeamento PT-01.

O poço de rebaixamento PT-02 foi instalado no dia 01/05/2024, possui 180 metros de profundidade e seu fluxo de vazão é controlado diariamente, com registros a cada 24 horas, medida em metros cúbicos por hora (m³/h). No dia 14/05/24 foram concluídos os testes de 24h de bombeamento do poço, resultando numa vazão de 23 m³/h. Na 1^a quinzena de junho, a MMI realizou a instalação da bomba provisória no poço PT-02. Na 1^a quinzena de julho/2024, fez-se a instalação da bomba definitiva no poço PT-02.



Foto 5-3 – Vista do poço – PT-02.



Foto 5-4 – Vista do direcionamento do fluxo dos poços para o extravasor da Barragem B1A Emicon.

No período avaliado (agosto a outubro de 2025), as bombas instaladas nos poços PT-01 e PT-02 foram mantidas em operação contínua com direcionamento da água para jusante da estrutura, com deságue na canaleta que conduz o fluxo até o extravasor da Barragem B1A Emicon.

Em 24/07/2025, a Water Services and Technologies elaborou um Parecer Técnico de rebaixamento da barragem B1 Ipê, onde foi interpretado o efeito do rebaixamento dos poços

PT-01 e PT-02 nos instrumentos da estrutura, a fim de subsidiar a avaliação para o início das obras de descaracterização da barragem, dentro desse contexto da linha freática da estrutura. O relatório concluiu que após o rebaixamento inicial, os dados indicam uma estabilização do nível d'água, ou seja, a carga hidráulica na região encontrou um novo equilíbrio, que é mantido pelo bombeamento do poço PT-01. Não foi observado efeito de rebaixamento incremental nos instrumentos da estrutura após a instalação do PT-02.

Ainda de acordo com o relatório, a WST conclui que, a luz da compreensão da hidrogeologia local, entende-se ser improvável que a instalação de novos poços a jusante da Barragem B1 Ipê tenha efeito significativo no rebaixamento alcançado. Esse entendimento é baseado na litologia local, que é formada por filitos, rocha de baixa permeabilidade e armazenamento, e, portanto, com efeito mais localizado na drenagem da água subterrânea por poços tubulares. Esse entendimento é corroborado pela baixa ou nula performance no rebaixamento da estrutura da barragem com a instalação do poço PT-02. Cabe ressaltar que o poço PT-01 foi perfurado sob uma falha previamente cartografada, o que explica a sua melhor performance no rebaixamento, pois a estrutura da falha ajudou a drenar uma área maior. Porém, conforme já comentado, atingiu seu equilíbrio no que tange ao rebaixamento do nível d'água.

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

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE

ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO

DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01



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

5.3.2 Sistema de Bombeamento no Reservatório

Como parte da premissa de manter o reservatório sempre seco, foi realizado entre os meses de agosto a outubro a regularização do reservatório com o direcionamento da drenagem para o sump a montante, o qual está sendo coberto com manta cimentícia (Figura 5.8) e preparado para receber o novo sistema de bombeamento, que funcionará para manter o sump com nível controlado e o reservatório seco.



Figura 5.8 - Sump sendo coberto com manta cimentícia

5.3.3 Marcos de Monitoramento na Encosta

Em junho/2024, 26 marcos de deslocamento foram instalados e cadastrados no topo do talude da encosta na margem direita do reservatório, para que sejam aferidos possíveis deslocamentos na região. A seguir são apresentadas imagens do marco de deslocamento instalado na encosta (Foto 5-5) e do marco de referência para realização das leituras (Foto 5-6), este instalado na ombreira esquerda, próximo aos tanques de transferência do fluxo do poço de rebaixamento.



Foto 5-5 – Marco de deslocamento instalado na encosta.



Foto 5-6 – Marco de referência para realização das leituras.

Na Tabela 5-1 e Figura 5.9 são apresentadas as localizações dos marcos que foram disponibilizados os dados cadastrais.

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Tabela 5-1 – Dados Cadastrais dos Marcos de Monitoramento da Encosta

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

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

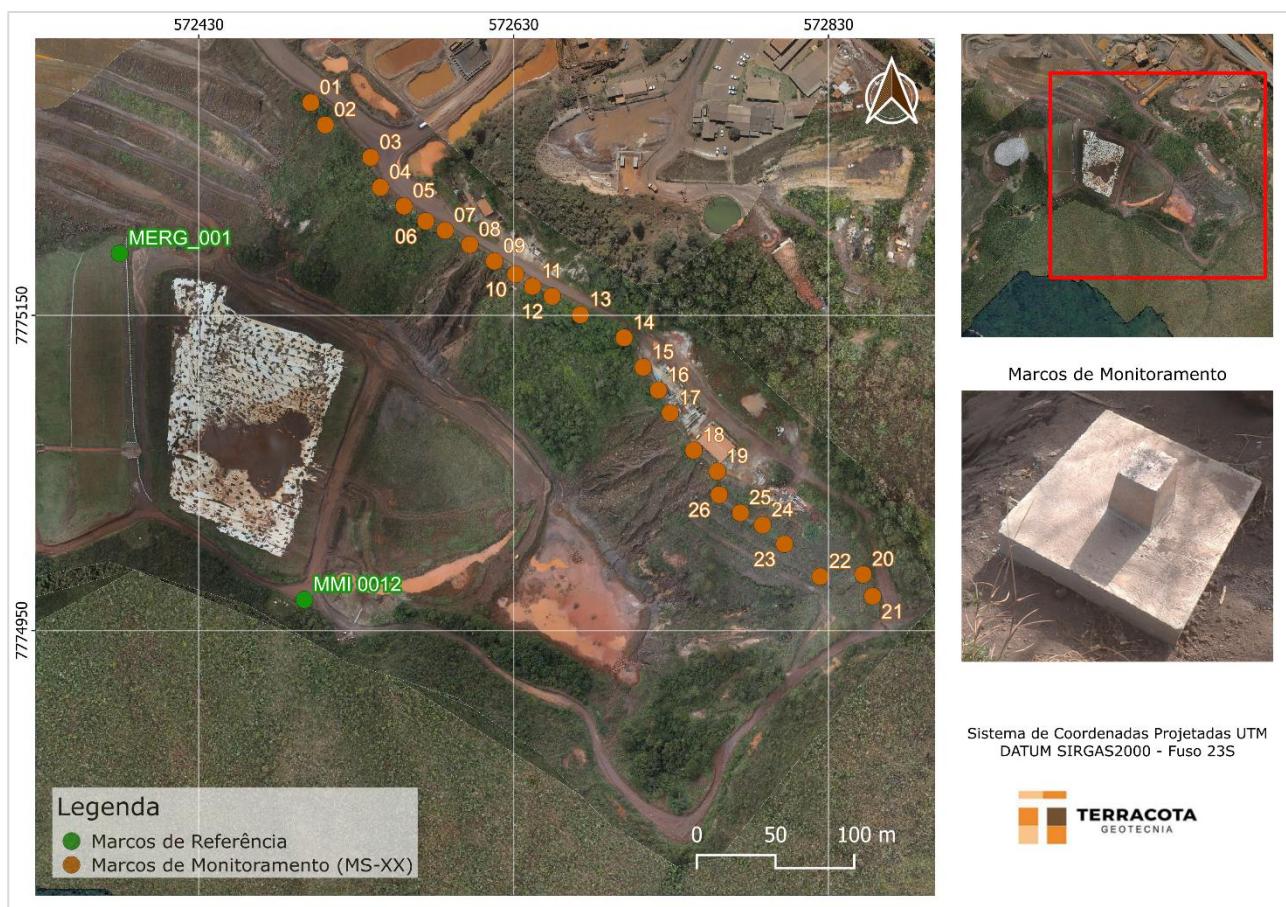


Figura 5.9 – Localização dos marcos de monitoramento da encosta na margem direita do reservatório da Barragem B1 – Mina Ipê.

Foram instalados prismas fixos sobre os marcos durante o mês de maio/2025, os instrumentos já se encontram em operação no monitoramento das encostas, como pode ser observado nas Foto 5-7 e Foto 5-8.



Foto 5-7 - Prisma de monitoramento na encosta



Foto 5-8 - Prisma de monitoramento na encosta

5.3.4 Dispositivos de Monitoramento do Talude da Encosta

Foi decidido pelo corpo técnico da MMI que a melhor opção de monitoramento do talude da encosta norte, até o início da intervenção no local para controle da estabilidade, é através de inspeções e pelo videomonitoramento SEMPRE.

O sistema de videomonitoramento SEMPRE é uma solução voltada para a segurança e gestão de barragens, permitindo o acompanhamento contínuo das estruturas por meio de câmeras estrategicamente posicionadas. Ele oferece monitoramento em tempo real, com transmissão de imagens para o CMG, garantindo maior agilidade na detecção de anomalias visuais, movimentações ou situações que possam indicar riscos.

Esse sistema complementa outras ferramentas de instrumentação e inspeção, proporcionando redundância e confiabilidade no processo de vigilância. Além disso, possibilita o registro histórico das imagens, permitindo análises posteriores e suporte à tomada de decisão.

5.4 Atividades Complementares

Durante o período avaliado (agosto a outubro de 2025), foi realizada a atividade de regularização do reservatório da Barragem B1 Ipê, em preparação para o período chuvoso.

5.5 Cronograma

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

Ressalta-se que será mantida a operação dos dois poços de bombeamento durante todas as etapas de descaracterização como condição de segurança para a operação. Este cronograma estará sujeito a atualizações conforme o andamento dos serviços.

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE

ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO

DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Id	EDT	Nome da Tarefa	% concluída	Duração	Ínicio	Término
1	1	CRONOGRAMA DESCARACTERIZAÇÃO B1 - MINA IPÊ	48%	2112 dias	Qua 21/12/22	Sex 24/01/31
2	1.1	INÍCIO	100%	0 dias	Qua 21/12/22	Qua 21/12/22
3	1.2	PROJETO EXECUTIVO - BARRAGEM B1 - MINA IPÊ	100%	45 dias	Qua 21/12/22	Sex 24/02/23
4	1.3	REFINAMENTO DO MODELO HIDROGEOLÓGICO	100%	103 dias	Qua 08/11/23	Sex 05/04/24
5	1.4	SERVIÇOS PRELIMINARES	65%	1054,88 dias	Seg 02/10/23	Qua 27/10/27
6	1.4.1	OBRAS E TRATATIVAS DE PREPARAÇÃO	65%	1054,88 dias	Seg 02/10/23	Qua 27/10/27
7	1.4.1.1	RELATÓRIO JUSTIFICATIVA DESCARACTERIZAÇÃO	100%	29 dias	Seg 02/12/24	Sex 10/01/25
8	1.4.1.2	DESVIO DE BOMBEAMENTO PARA JUSANTE (TESTE EM PERÍODO SECO)	100%	153 dias	Seg 01/04/24	Qui 31/10/24
9	1.4.1.3	PERFURAÇÃO POÇO PT-02 (EMERGENCIAL)	100%	5 dias	Seg 29/04/24	Seg 06/05/24
10	1.4.1.4	OPERAÇÃO DOS POÇOS PARA CONTROLE DA SUPERFÍCIE FREÁTICA	52%	1054 dias	Seg 02/10/23	Qua 27/10/27
11	1.4.1.5	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (OMBREIRA DIREITA)	100%	30 dias	Ter 14/05/24	Seg 06/04/26
12	1.4.1.6	ADEQUAÇÃO DE ACESSOS (CONTORNO RESERVATÓRIO)	0%	20 dias	Seg 02/03/26	Seg 30/03/26
13	1.4.1.7	REGULARIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO (TERRAPLANAGEM)	100%	64 dias	Sex 01/08/25	Qui 30/10/25
14	1.4.1.8	RELATÓRIO MP PARA REAPROVEITAMENTO DE REJEITOS	100%	328,88 dias	Qua 28/02/24	Seg 02/06/25
19	1.5	MONITORAMENTO ENCOSTA NORTE	65%	1730 dias	Qui 25/05/23	Sex 25/01/30
20	1.5.1	INSTALAÇÃO DOS MARCOS SUPERFICIAIS (CONTROLE DE DEFORMAÇÃO)	100%	40 dias	Seg 11/03/24	Seg 06/05/24
21	1.5.2	CONTRATAÇÃO COMPLEMENTAR DEFOX (HEXAGON)	100%	6 dias	Seg 06/05/24	Ter 14/05/24
22	1.5.3	TESTE COMPLEMENTAR DEFOX (HEXAGON)	100%	30 dias	Qui 04/07/24	Qui 15/08/24
23	1.5.4	VIDEOMONITORAMENTO SEMPRE	52%	1150 dias	Seg 01/09/25	Sex 25/01/30
24	1.5.4.1	CONTRATAÇÃO SEMPRE	64%	87 dias	Seg 01/09/25	Qua 31/12/25
25	1.5.4.2	IMPLANTAÇÃO SISTEMA SEMPRE	0%	21 dias	Sex 02/01/26	Sex 30/01/26
26	1.5.5	MONITORAMENTO	45%	972 dias	Seg 18/03/24	Qua 08/12/27
27	1.5.6	EMISSÃO REVISÃO DE PROJETO R02	100%	126 dias	Qui 25/05/23	Qui 30/11/23
28	1.5.7	PEER REVIEW (DIAGNÓSTICO)	90%	529 dias	Seg 22/01/24	Sex 30/01/26
29	1.6	PERÍODO DE OBRAS	0%	699 dias	Seg 06/04/26	Sex 08/12/28
30	1.6.1	REGULARIZAÇÃO TALUDE NORTE	0%	260 dias	Seg 06/04/26	Seg 05/04/27
35	1.6.2	FASE 1 - REMOÇÃO PARCIAL DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	0%	70 dias	Seg 05/04/27	Seg 12/07/27
39	1.6.3	FASE 2 - PRIMEIRO REBAIXAMENTO DO MACIÇO	0%	72 dias	Ter 13/07/27	Qui 21/10/27
46	1.6.4	FASE 3 - REMOÇÃO DO RESTANTE DO REJEITO DO RESERVATÓRIO	0%	41 dias	Ter 04/04/28	Qua 31/05/28
50	1.6.5	FASE 4 - REMOÇÃO DO MACIÇO DO 1º ALTEAMENTO	0%	57 dias	Qui 01/06/28	Seg 21/08/28
56	1.6.6	FASE 5 - REMOÇÃO DO RESTANTE DOS REJEITOS	0%	78 dias	Ter 22/08/28	Sex 08/12/28
62	1.7	PÓS-OBRA	0%	554 dias	Seg 11/12/28	Sex 24/01/31
63	1.7.1	PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES NATURAIS	0%	30 dias	Seg 11/12/28	Seg 22/01/29
64	1.7.2	DESMOBILIZAÇÃO	0%	20 dias	Ter 23/01/29	Ter 20/02/29
65	1.7.3	MONITORAMENTO ATIVO (2 ANOS)	0%	523 dias	Ter 23/01/29	Sex 24/01/31

Figura 5.10 – Cronograma das obras de descaracterização da Barragem B1 Ipê.

5.6 Riscos Geológicos-Geotécnicos

Conforme diagnóstico realizado para a estrutura, para a seção crítica B-B' não se atinge os fatores de segurança exigidos para a condição liquefeita nas análises 2D. Porém, devido a condição de encaixe da estrutura no vale, entre outros fatores, foi elaborado um estudo da Terracota ao qual a empresa elabora uma análise de estabilidade em 3D da seção crítica e obtém o valor de aproximadamente 1,6.

Com relação à encosta norte, haverá intervenção para estabilização com recuperação de focos erosivos, reaplicação de proteção vegetal etc. com início em 2026. Já os taludes de empilhamentos antigos devem receber obras/serviços de estabilização à medida do necessário.

Para monitoramento de deslocamentos, tanto da barragem quanto da encosta existente na ombreira direita, será utilizada instrumentação de controle como prismas, estação robótica, radar de superfície, videomonitoramento SEMPRE etc.

5.7 Condição da Estrutura no Período Avaliado

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, houve alteração na premissa para o início das atividades devido às condições encontradas nos últimos meses, onde foi emitido um relatório da Terracota sobre os fatores de segurança satisfatórios em análises 3D para a seção crítica na condição não drenada liquefeita e também o Parecer Técnico da WST, o qual relata que a linha freática da barragem não sofre mais influência dos poços no sentido de mais rebaixamento, e se encontra em nível de equilíbrio, não fazendo sentido mais o rebaixamento ser uma premissa de início da descaracterização, mas sim uma condição de segurança na operação. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura no período avaliado em relação: às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

5.7.1 Inspeções de Campo

São realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI de forma quinzenal, e pelo EoR mensalmente, a partir disso são emitidos relatórios de avaliação de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, indicação das anomalias verificadas e análises de estabilidade da estrutura.

5.7.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

A seguir é apresentado um histórico das anomalias verificadas no período de avaliação (agosto a outubro de 2025).

RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Tabela 5-2 – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B1 – Mina Ipê – 1^a quinzena de agosto a 2^a quinzena de outubro de 2025.

ID	ANOMALIA	ago/25	set/25	out/25
1	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS NO MACIÇO			
12	PRESENÇA DE ANIMAIS NO MACIÇO			
28	TALUDE SEM PROTEÇÃO VEGETAL E EM PROCESSO EROSIVO NA OMBREIRA PRÓXIMO AO REFORÇO DE ENROCAMENTO			
35	DEFEITO NA DRENAGEM SUPERFICIAL DO ACESSO À BERMA ELEV. 1.032 M.			-
37	DISPOSITIVO DE DRENAGEM SUPERFICIAL PARCIALMENTE OBSTRUÍDO POR BLOCO.			-

LEGENDA:

 ANOMALIA VERIFICADA

 ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO

 ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA

 ANOMALIA AGRAVADA

 ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA

5.7.3 Planos de Ação para as anomalias

Os planos de ação para as anomalias são feitos de forma mensal, de acordo com o relatório de inspeção do Engenheiro de Registro da estrutura, elaborado pela Terracota. Os planos de ação elaborados durante o período analisado são apresentados no **Anexo C**.

5.7.4 Instrumentação Instalada na Barragem

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

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

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

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

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.652, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em março de 2025.

A Figura 5.11 e Figura 5.12 apresentam a locação em planta dos instrumentos e da Figura 5.13 a Figura 5.15 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 5-3 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

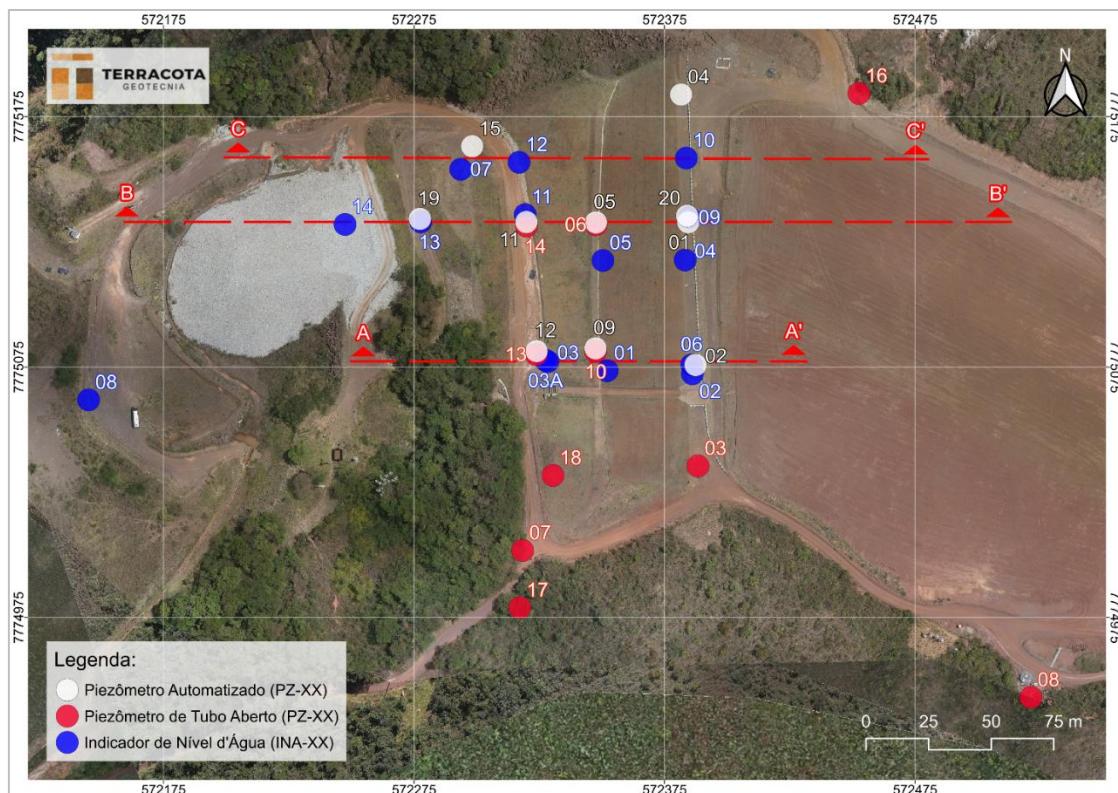


Figura 5.11 – Locação dos INA's e PZ's – Barragem B1 – Mina Ipê.

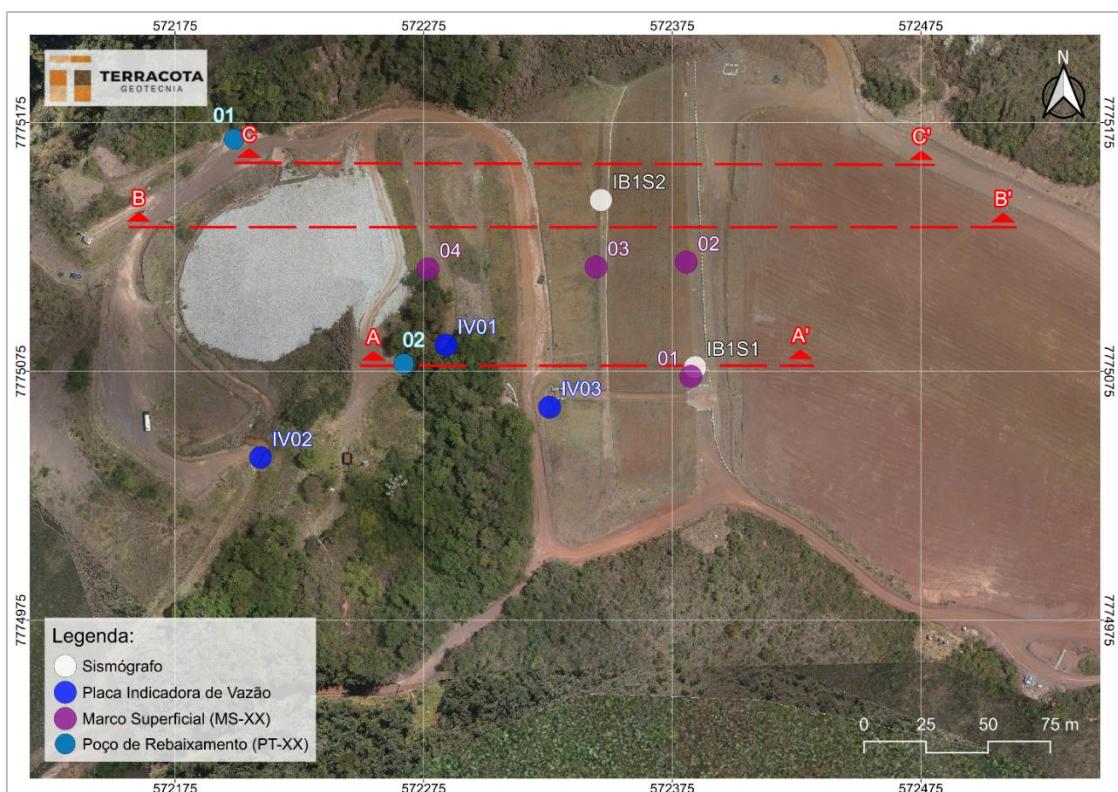


Figura 5.12 – Localização Marcos Superficiais, Sismógrafos e Placas Indicadoras de Vazão – Barragem B1 – Mina Ipê.

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

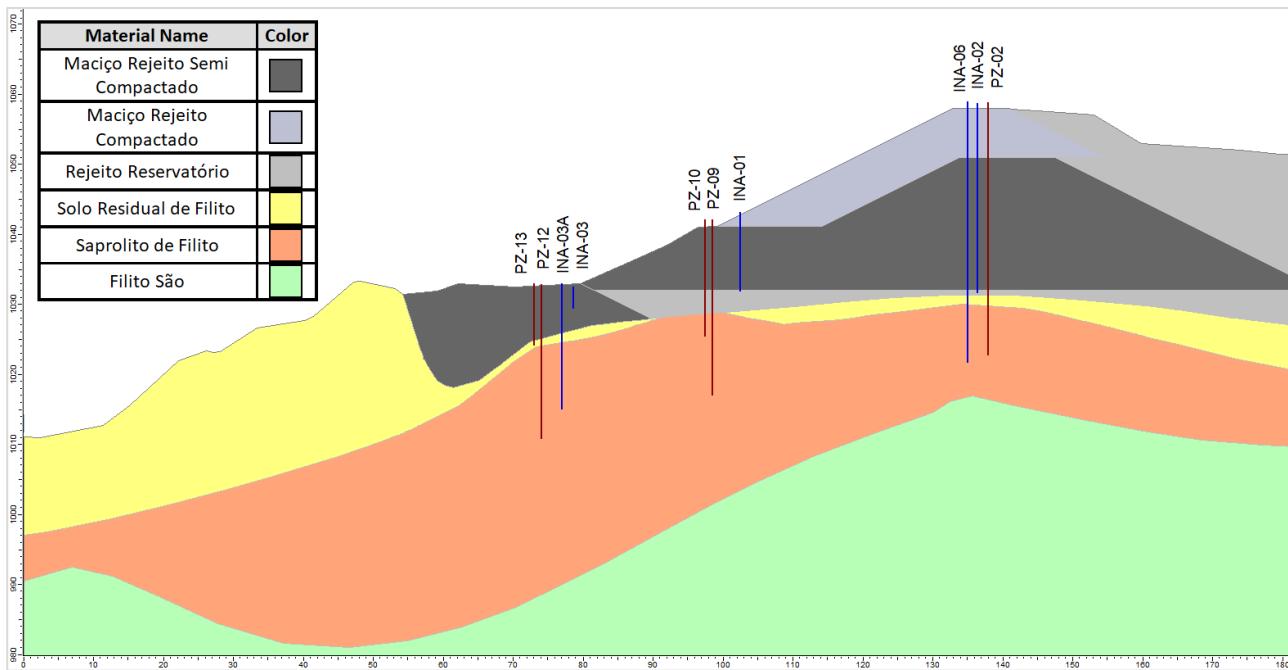


Figura 5.13 – Seção transversal de controle A-A'.

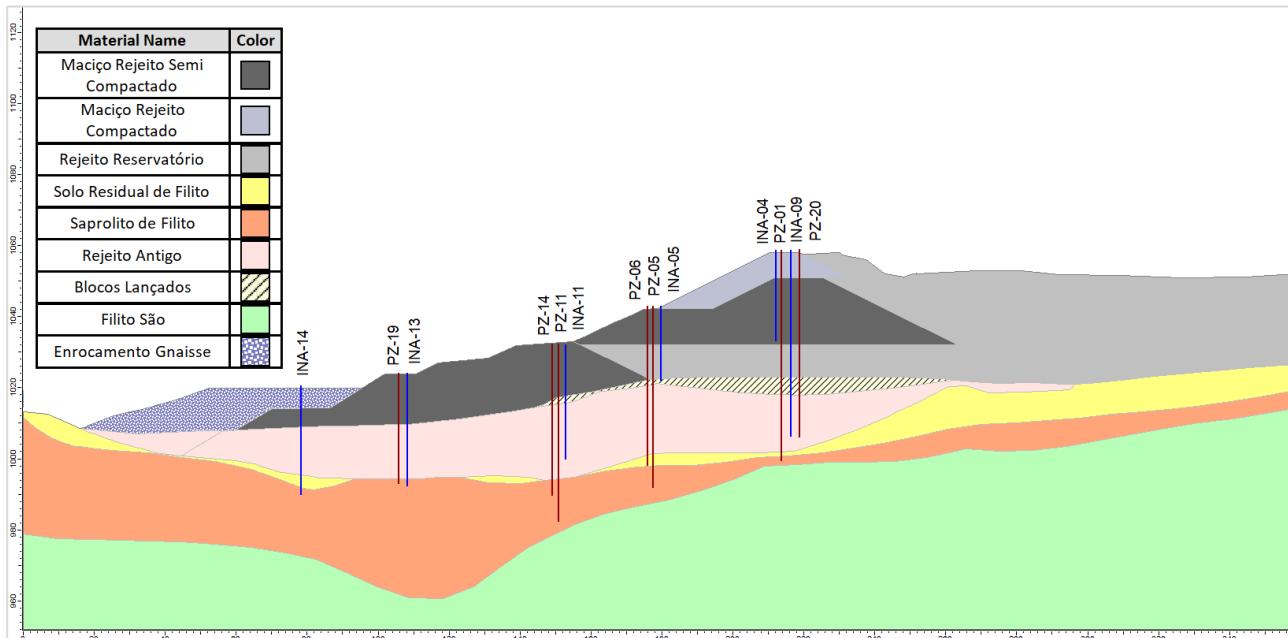


Figura 5.14 – Seção transversal de controle B-B'.

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

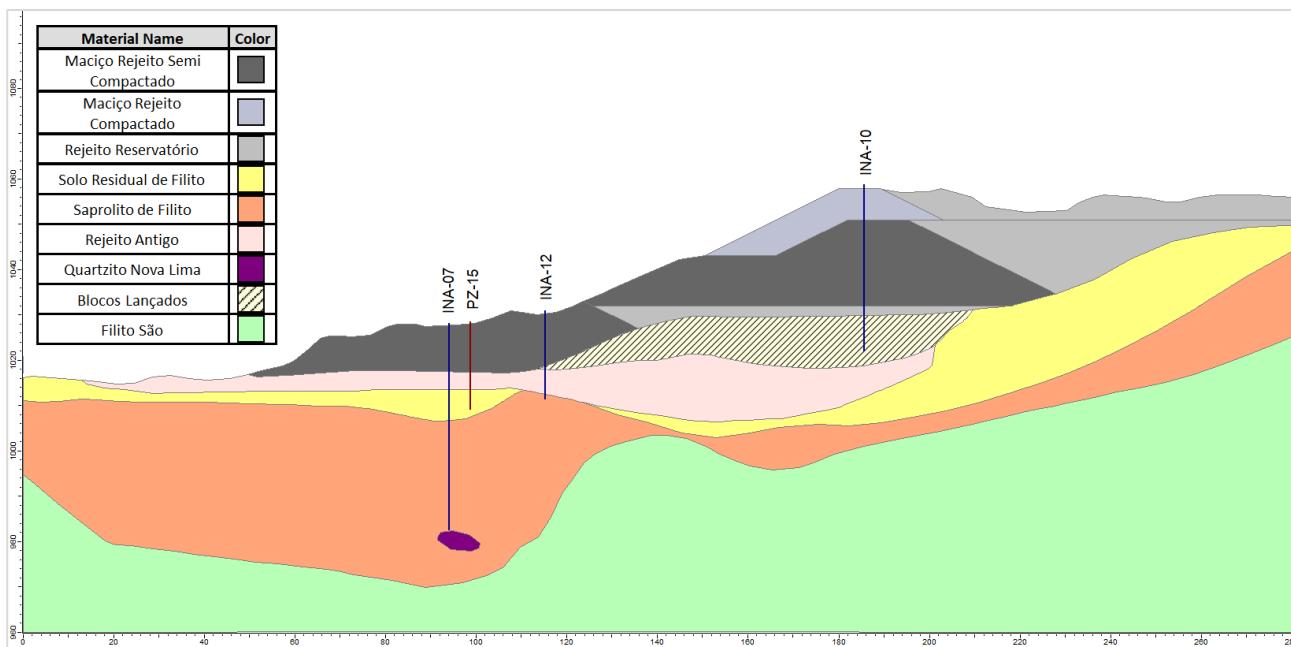


Figura 5.15 – Seção transversal de controle C-C'.



RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Tabela 5-3 – Locação, características, leitura e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B1 – Mina Ipê.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/10/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A'	PZ-02 ⁽¹⁾	572.387,357	7.775.075,880	1.058,79	1.022,79	36,00	1.022,32 ⁽⁴⁾	1.044,50	1.048,00	1.050,75
	INA-02	572.386,124	7.775.072,282	1.058,73	1.031,64	27,09	Seco	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-06	572.385,825	7.775.075,896	1.058,91	1.021,78	37,13	1.022,14	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-01	572.352,124	7.775.073,548	1.043,18	1.031,90	11,28	Seco	1.034,25	1.038,50	1.041,50
	PZ-09 ⁽¹⁾	572.347,436	7.775.082,495	1.042,08	1.017,02	25,06	1.021,33	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	PZ-10	572.347,445	7.775.081,231	1.042,09	1.025,47	16,62	Seco	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	INA-03	572.328,377	7.775.077,173	1.032,53	1.029,46	3,07	Seco	1.029,96	1.030,26	1.032,00 ⁽⁴⁾
	INA-03A	572.327,458	7.775.077,687	1.032,93	1.015,09	17,84	Seco	1.029,75	1.030,00	1.032,00 ⁽⁴⁾
	PZ-12 ⁽¹⁾	572.323,871	7.775.081,376	1.032,90	1.010,87	22,03	1.013,00	1.024,00	1.028,25	1.031,25
	PZ-13	572.323,785	7.775.080,033	1.032,95	1.024,15	8,80	Seco	1.024,65	1.028,25	1.031,25
B-B'	INA-09	572.384,760	7.775.134,730	1.058,76	1.006,41	52,35	1016,46	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	PZ-20 ⁽¹⁾	572.384,013	7.775.135,403	1.058,84	1.006,06	52,78	1015,01	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	PZ-01 ⁽¹⁾	572.384,428	7.775.132,832	1.058,76	999,45	58,31	1015,10	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	INA-04	572.383,201	7.775.117,738	1.058,68	1.033,25	25,43	Seco	1.033,75	1.034,05	1.039,75
	INA-05	572.350,371	7.775.117,560	1.043,04	1.022,17	20,87	Seco	1.022,67	1.025,00	1.033,00
	PZ-05 ⁽¹⁾	572.347,582	7.775.132,777	1.043,02	991,86	51,16	1008,38	1.022,25	1.024,50	1.032,75
	PZ-06	572.347,644	7.775.131,804	1.042,98	998,06	44,92	1009,95	1.022,00	1.024,75	1.032,50
	PZ-11 ⁽¹⁾	572.319,815	7.775.132,876	1.032,42	982,30	50,12	1007,36	1.016,00	1.023,00	1.028,50
	PZ-14	572.319,863	7.775.131,265	1.032,37	989,66	42,71	1005,66	1.015,75	1.022,75	1.028,25

RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/10/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
	INA-11	572.319,341	7.775.135,878	1.032,11	1.000,00	32,11	1004,96	1.015,75	1.022,75	1.028,25
	PZ-19 ⁽¹⁾	572.277,304	7.775.134,203	1.024,15	993,08	31,07	1003,86	1.011,75	1.016,75	1.020,50
	INA-13	572.277,614	7.775.132,962	1.023,99	992,35	31,64	1003,71	1.011,75	1.017,00	1.021,00
	INA-14	572.247,450	7.775.131,940	1.020,59	990,01	30,58	1003,61	1.010,25	1.013,00	1.016,00
C-C'	INA-10	572.383,702	7.775.158,426	1.058,81	1.022,06	36,75	Seco	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	INA-12	572.316,904	7.775.156,769	1.030,92	1.011,45	19,47	Seco	1.019,80	1.021,60	1.027,80
	PZ-15 ⁽¹⁾	572.298,192	7.775.163,172	1.028,59	1.009,29	19,30	1008,62 ⁽⁴⁾	1.017,00	1.018,75	1.025,00
	INA-07	572.293,620	7.775.153,940	1.028,24	982,66	45,58	1006,82	1.016,75	1.018,50	1.024,50
Instrumentos fora de seção de controle	PZ-03 ⁽²⁾	572.388,311	7.775.035,497	1.058,11	1.021,30	36,81	1022,46	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	PZ-04 ⁽¹⁾⁽²⁾	572.381,613	7.775.183,815	1.058,95	1.022,01	36,94	1021,69	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	PZ-18 ⁽²⁾	572.330,441	7.775.031,720	1.038,21	1.008,03	30,18	1012,99	1.024,00	1.028,25	1.031,25
	INA-08 ⁽³⁾	572.145,050	7.775.061,910	1.005,00	959,70	45,30	980,34	Instrumento localizado a jusante		
	PZ-07 ⁽³⁾	572.318,282	7.775.001,790	1.042,31	991,96	50,35	1013,26	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-08 ⁽³⁾	572.521,244	7.774.943,098	1.060,37	974,20	86,17	1030,31	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-16 ⁽³⁾	572.452,571	7.775.184,306	1.059,85	1.010,14	49,71	1027,19	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-17 ⁽³⁾	572.317,208	7.774.978,906	1.043,88	997,21	46,67	1015,79	Instrumento de hidrogeologia		
A-A'	MS-01	572.382,435	7.775.072,922	1.058,068	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-02	572.380,636	7.775.118,894	1.058,001	-	-	-	Não aplicável		
	MS-03	572.344,322	7.775.116,920	1.041,427	-	-	-	Não aplicável		
	MS-04	572.276,724	7.775.116,194	1.021,597	-	-	-	Não aplicável		

RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/10/2025)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Atenção	Freática Alerta	Freática Emergência
Não aplicável	IB1S1	572.384,203	7.775.076,675	1.058,145	-	-	-	Não aplicável		
	IB1S2	572.346,300	7.775.143,778	1.043,736	-	-	-	Não aplicável		
	IV-1	572.283,918	7.775.085,539	1.017,097	-	-	-	Não aplicável		
	IV-2	572.209,323	7.775.040,352	1.001,070	-	-	-	Não aplicável		
	IV-3	572.325,630	7.775.060,595	1.030,071	-	-	-	Não aplicável		

1 – Instrumento automatizado selado;

2 – Instrumento automatizado não selado;

3 – Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;

4 – Leitura abaixo da cota de fundo, considerado seco.

5.7.4.1 Leituras da Instrumentação

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

- Indicadores de Nível d'Água e Piezômetros**

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para as seções instrumentadas da barragem abrangendo o período de dois anos. Ressalta-se que não há registro de formação de lago no reservatório, mantendo-se sempre seco no período. Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

- Leituras do nível de água do instrumento;
- Pluviometria;

De acordo com os registros quinzenais de monitoramento dos INA's e PZ's, a superfície freática da Barragem B1 – Mina Ipê se encontra em elevação abaixo do contato do maciço da barragem com o rejeito antigo presente na fundação. De uma maneira geral, os instrumentos variam suas leituras de acordo com a pluviometria, tendo em vista que o reservatório da barragem é mantido sempre seco. A instalação do poço PT-01 foi relevante para o rebaixamento de alguns instrumentos, enquanto o PT-02 não apresentou o mesmo resultado, concluindo-se que a linha freática da barragem encontra-se em nível de equilíbrio.

Durante o mês de julho de 2025, as leituras dos instrumentos automatizados foram realizadas manualmente, devido a um problema no envio das leituras para o sistema. Em agosto, a situação dos instrumentos automatizados foi regularizada.

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

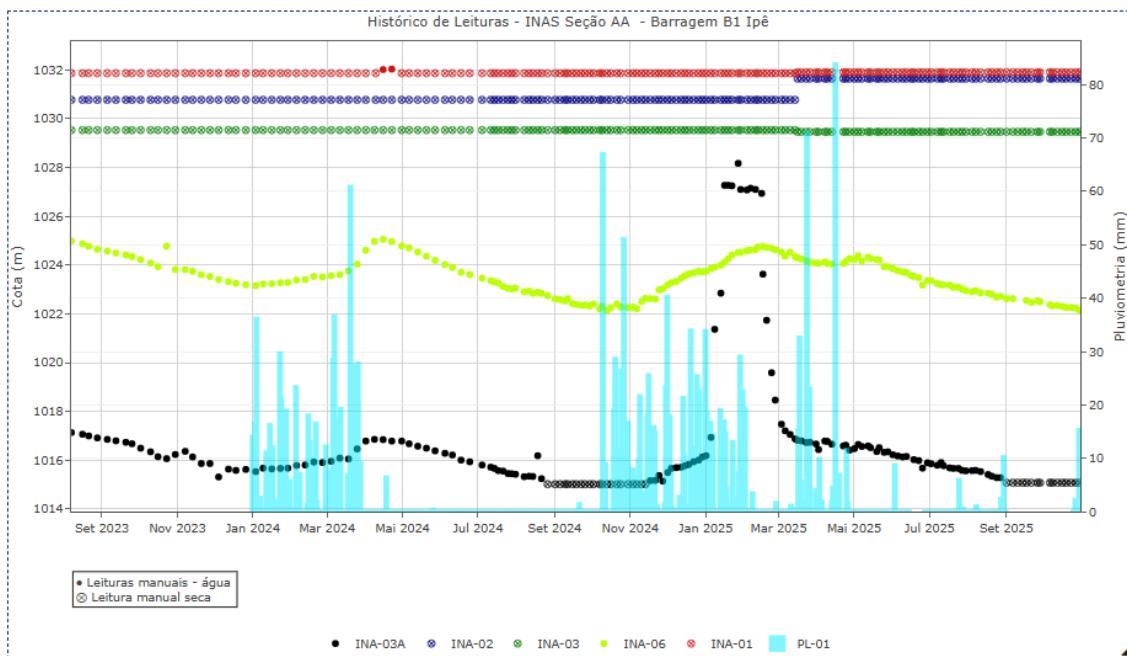


Figura 5.16 – INAS SEÇÃO AA.

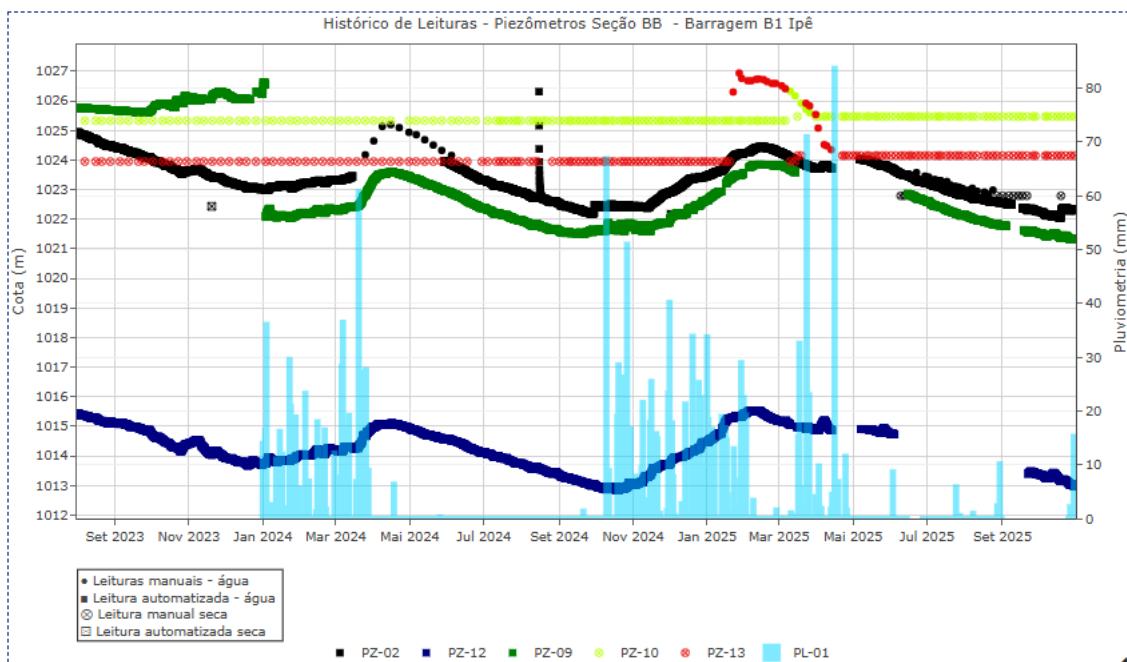


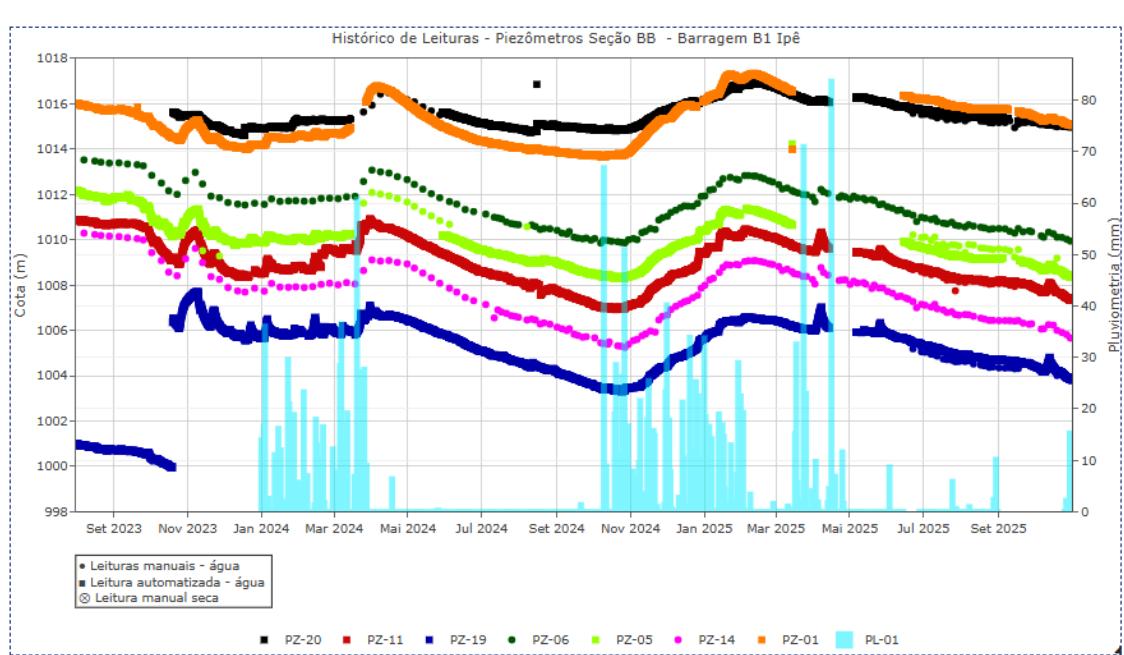
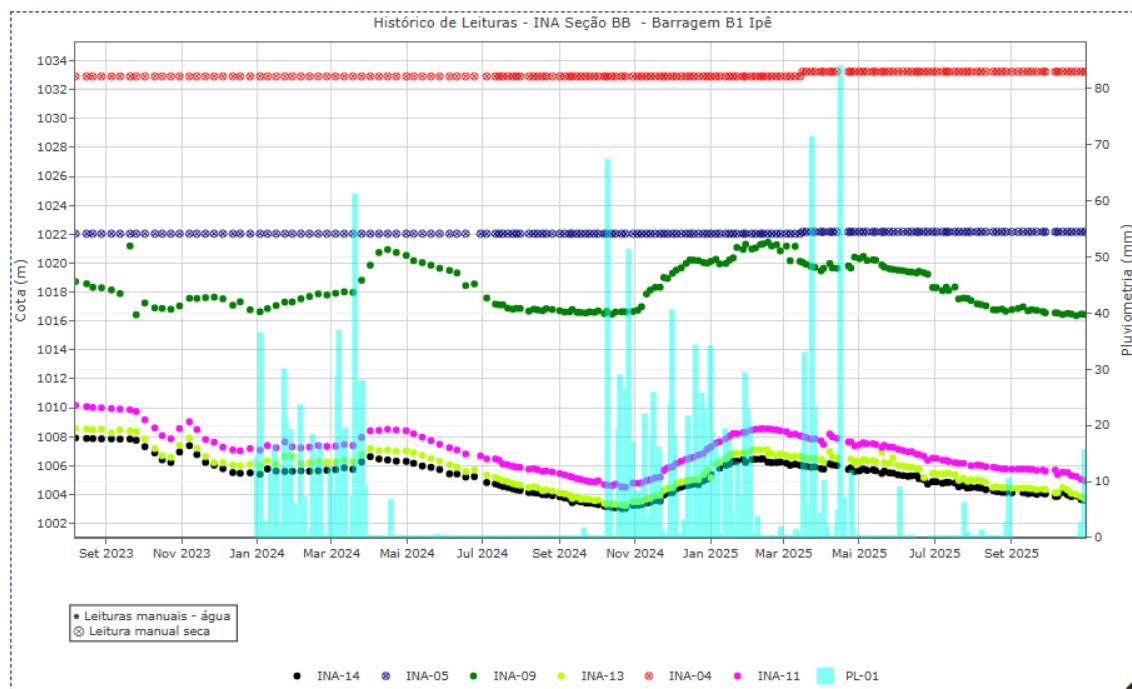
Figura 5.17 – Piezômetros SEÇÃO AA.

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

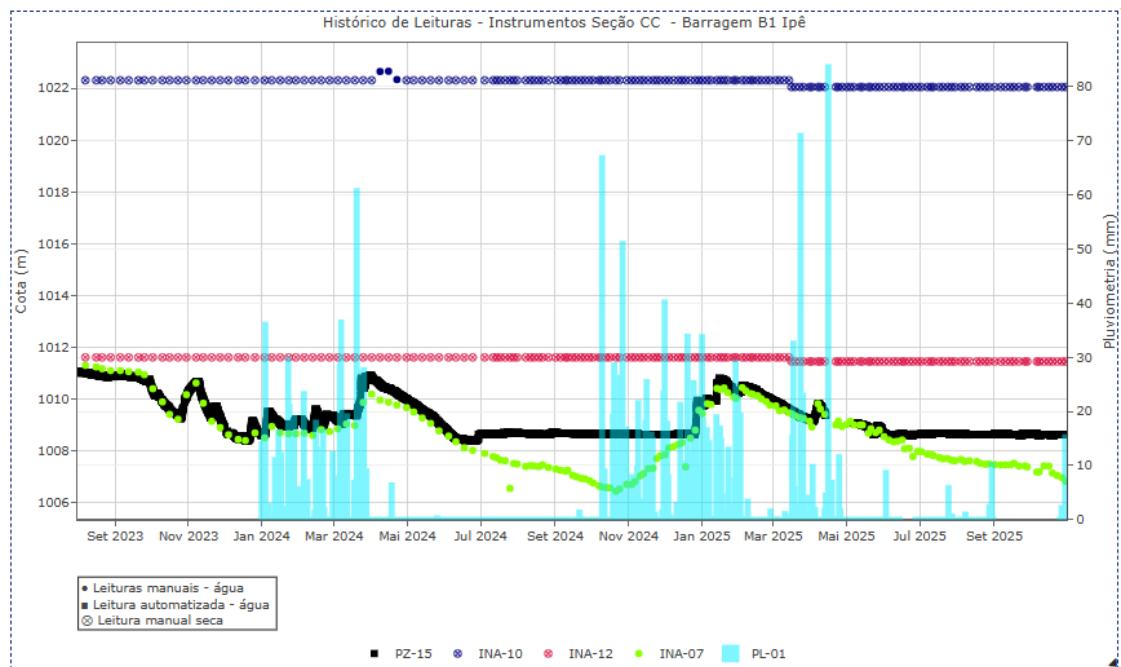
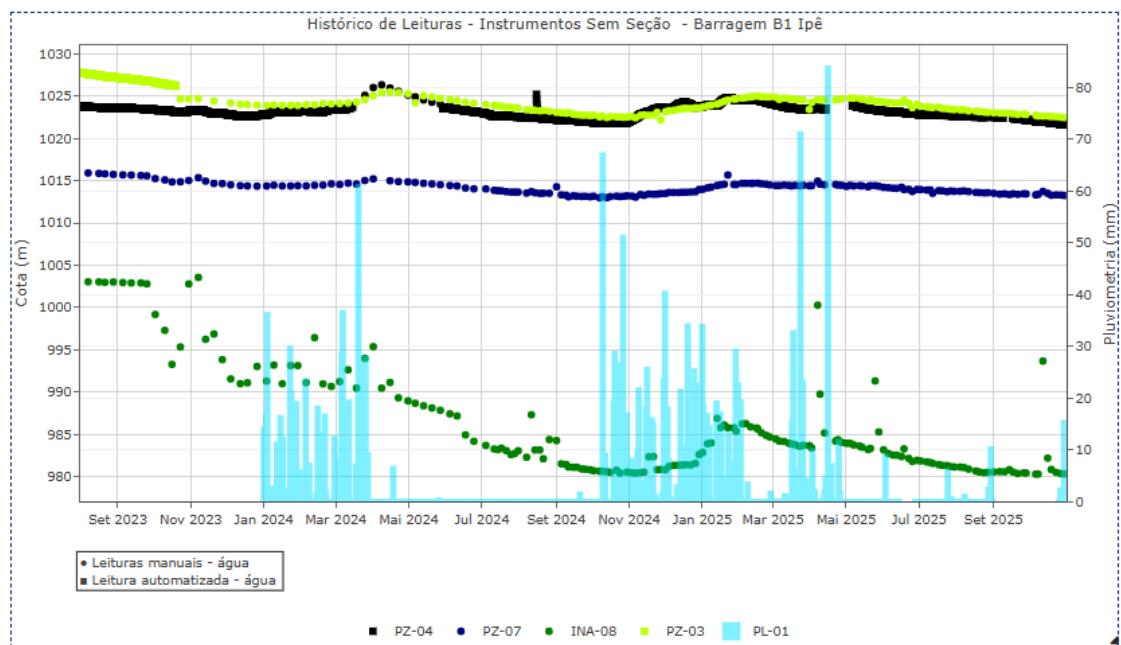


RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

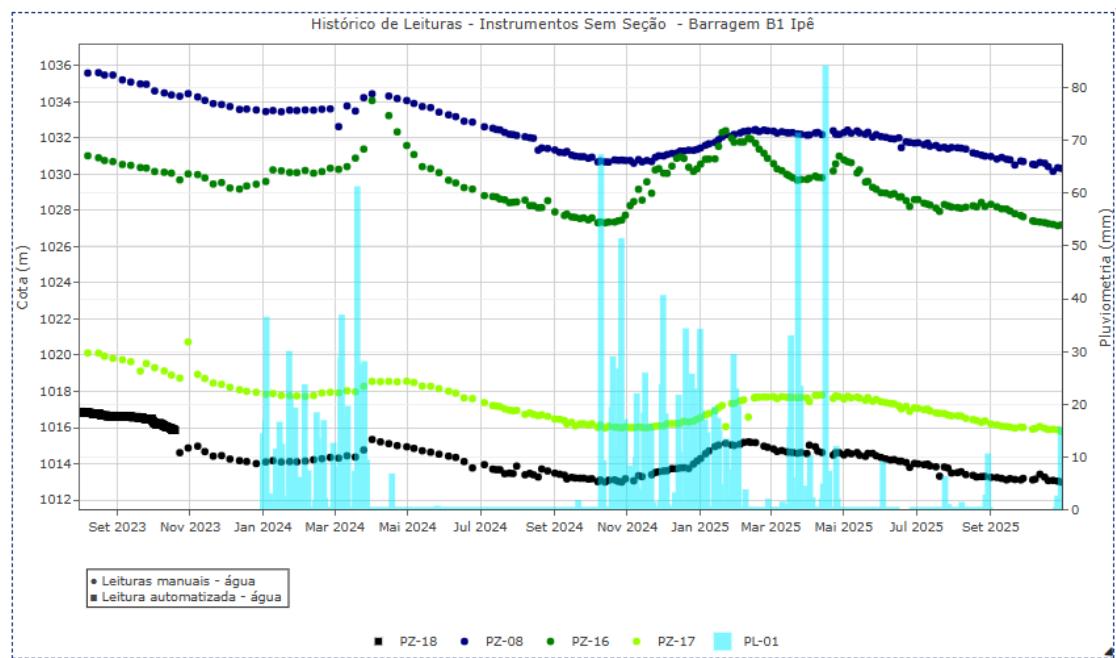
**Figura 5.20 – Instrumentos SEÇÃO CC.****Figura 5.21 – Instrumentos SEM SEÇÃO.**

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

**Figura 5.22 – Instrumentos SEM SEÇÃO.**

A partir da análise dos gráficos acima registrados, é possível verificar uma tendência de rebaixamento da maioria dos instrumentos no período analisado (agosto a outubro/2025), enquanto outros apresentam estabilidade, isso demonstra o bom desempenho da estrutura no que se refere a drenagem e à atuação dos poços de rebaixamento da linha freática interna. Também não houve registro de leituras anômalas no período. O sistema dos instrumentos automatizados registrou problema no lançamento das leituras no mês de julho, situação que foi regularizada no mês subsequente.

- **Placas Indicadoras de Vazão**

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

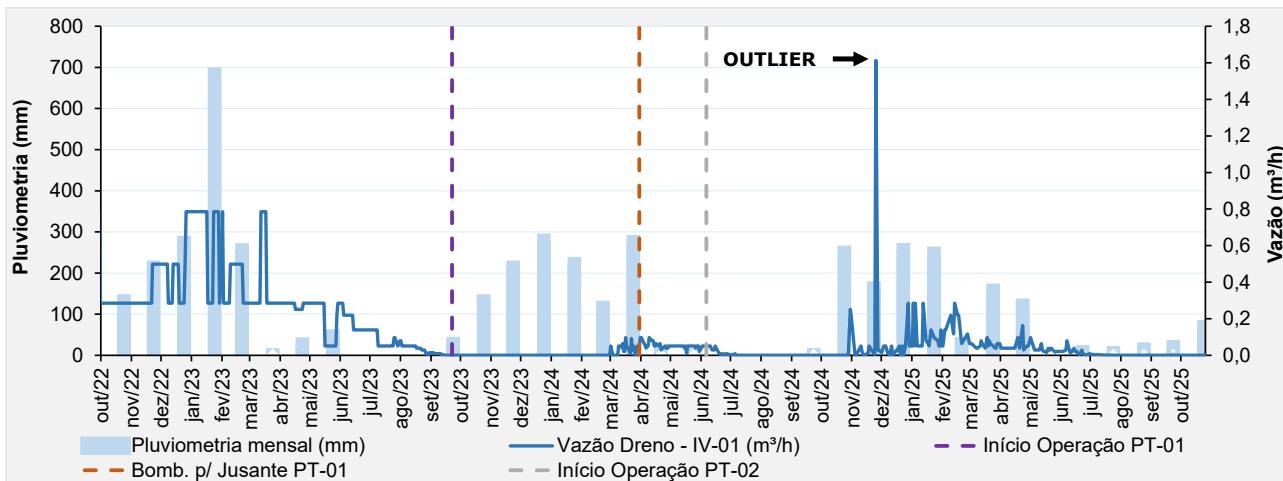
A análise das leituras de vazões na placa IV-01, que mede os efluentes percolados pelo maciço da barragem à jusante do dreno invertido na elevação 1.018,0 m. O medidor de vazão manteve-se seco durante todo o período analisado (agosto a outubro/2025), não registrando leituras. Percebe-se que a partir do início da operação da bomba de rebaixamento, não foi verificada vazão na saída do dreno por um período de 6 meses, voltando a apresentar vazão em março/2024, retornando à condição seca em meados de julho/2024 e se manteve nesta condição até outubro/2024.

RELATÓRIO TÉCNICO

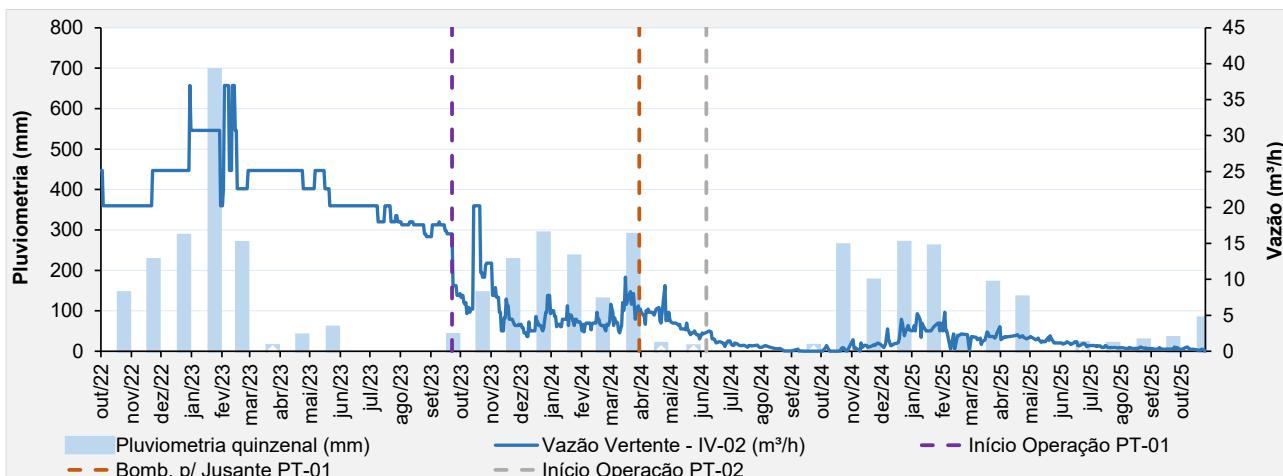
BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

**Figura 5.23** – Análise das vazões do IV-01 (Dreno).

Quanto a análise das leituras de vazões na placa IV-02, que mede também as vazões de nascentes na região do pé da barragem, são mais influenciadas pela pluviometria e a grande área de contribuição para esse ponto. No período avaliado (agosto a outubro/2025), obteve-se uma vazão média de 0,34 m^3/h , com leituras variando de 0,00 até 0,60 m^3/h . Percebe-se que a partir da instalação e funcionamento do poço PT-01, houve uma redução significativa nas vazões verificadas no IV-02. A vazão verificada no indicador de vazão IV-02 também respondeu à alteração do direcionamento da água para jusante no início de abril/2024, voltando a apresentar redução das vazões, ficando um pouco mais acentuada a partir de meados de junho/2024 com a operação da bomba instalada no poço PT-02. Ao final do mês de setembro/2024 até meados de outubro/2024, não foi verificada vazão na placa IV-02. No período de avaliação deste relatório, entre agosto e outubro/25, a vazão média da vertente foi baixa, mesmo com maior índice pluviométrico no mês de outubro.

**Figura 5.24** – Análise das vazões do IV-02 (Vertente).

- Prismas de Monitoramento**

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Para controle de deslocamento em superfície, atualmente, existem 30 prismas fixos instalados no maciço da barragem e monitorados por uma estação robótica fixa instalada no terreno natural à jusante da barragem conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

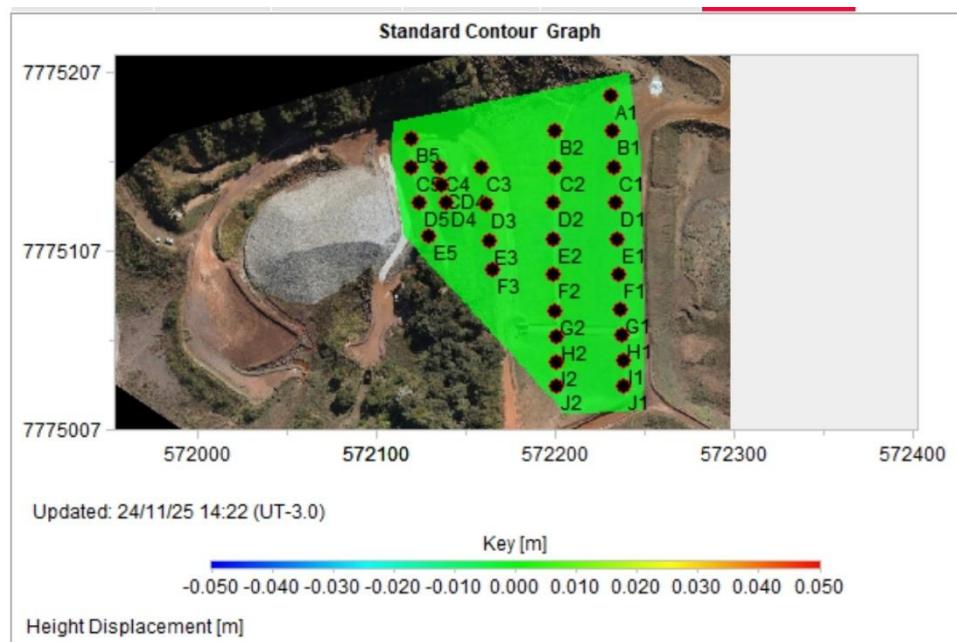


Figura 5.25 – Registros deslocamentos verticais dos prismas. (ref: 01/08/25 a 31/10/25)

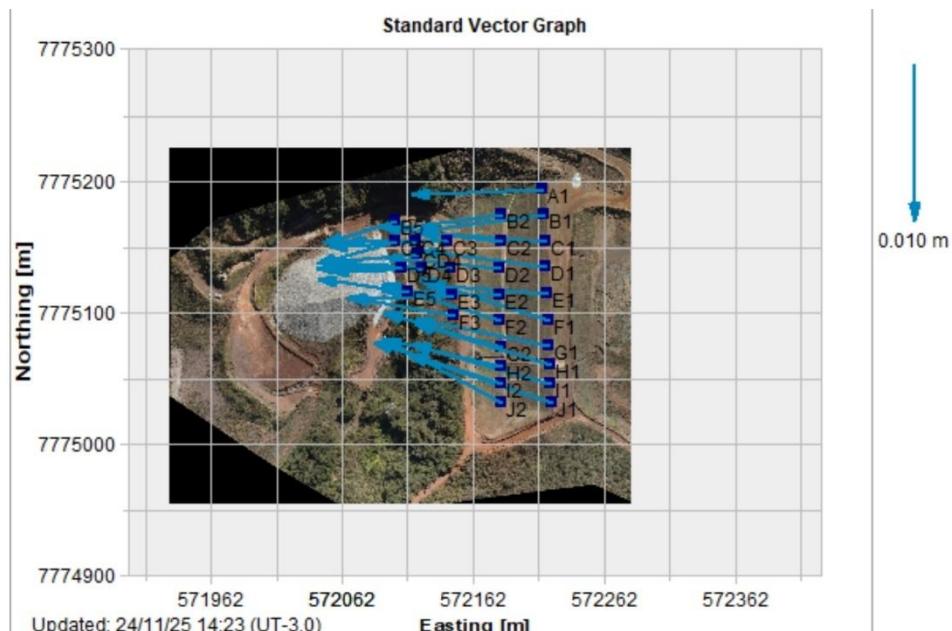


Figura 5.26 – Registros vetores deslocamento dos prismas. (ref: 01/08/25 a 31/10/25)

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

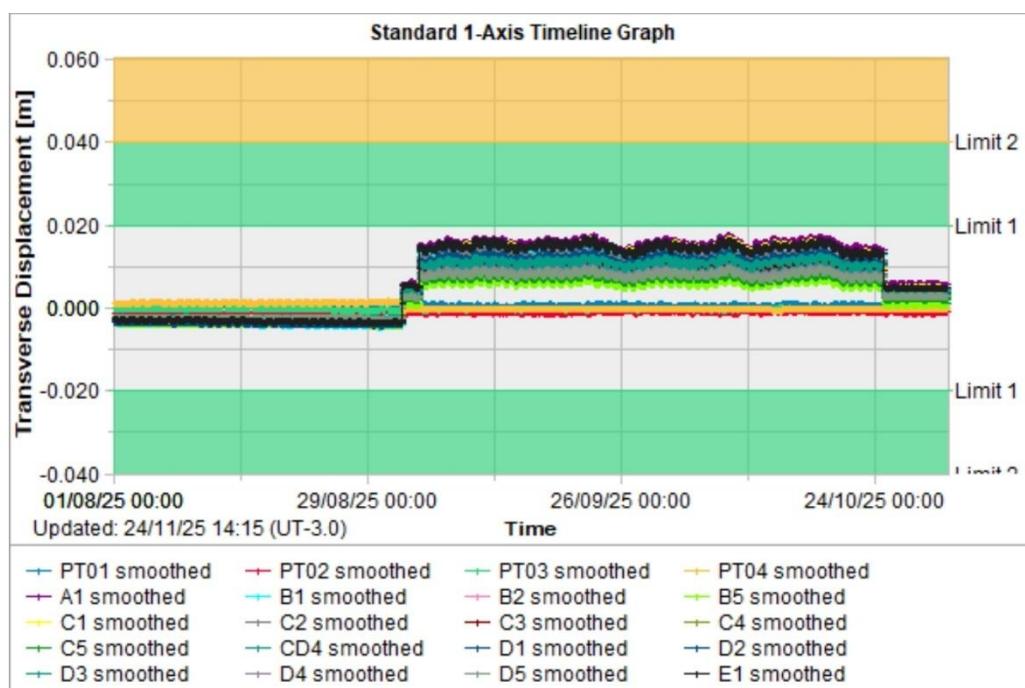


Figura 5.27 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.
(ref: 01/08/25 a 31/10/25)

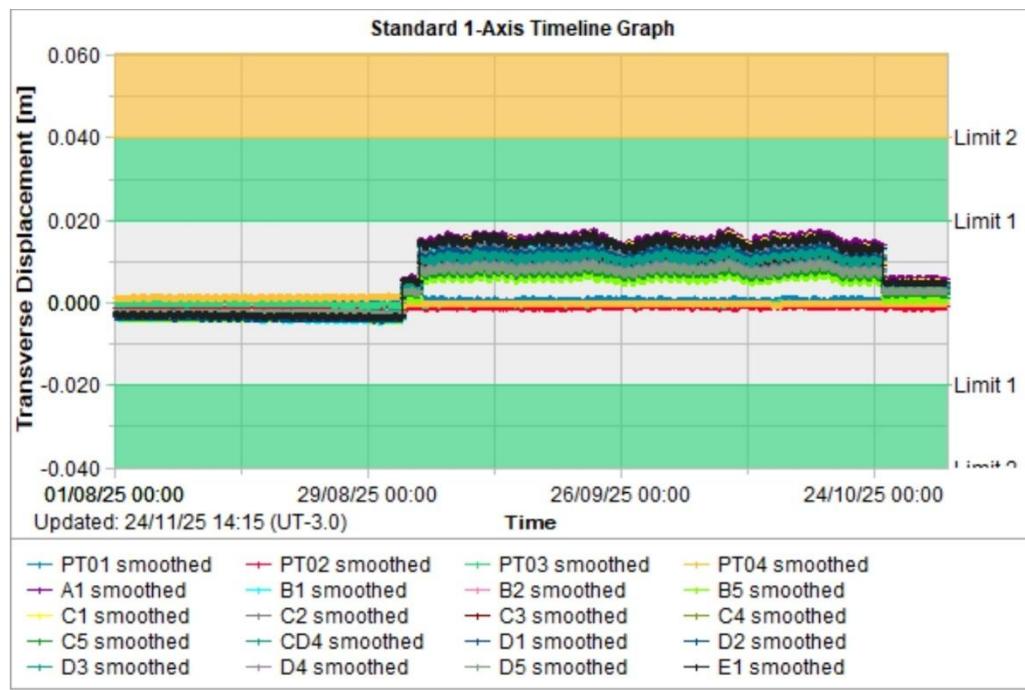


Figura 5.28 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.
(ref: 01/08/25 a 31/10/25)

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

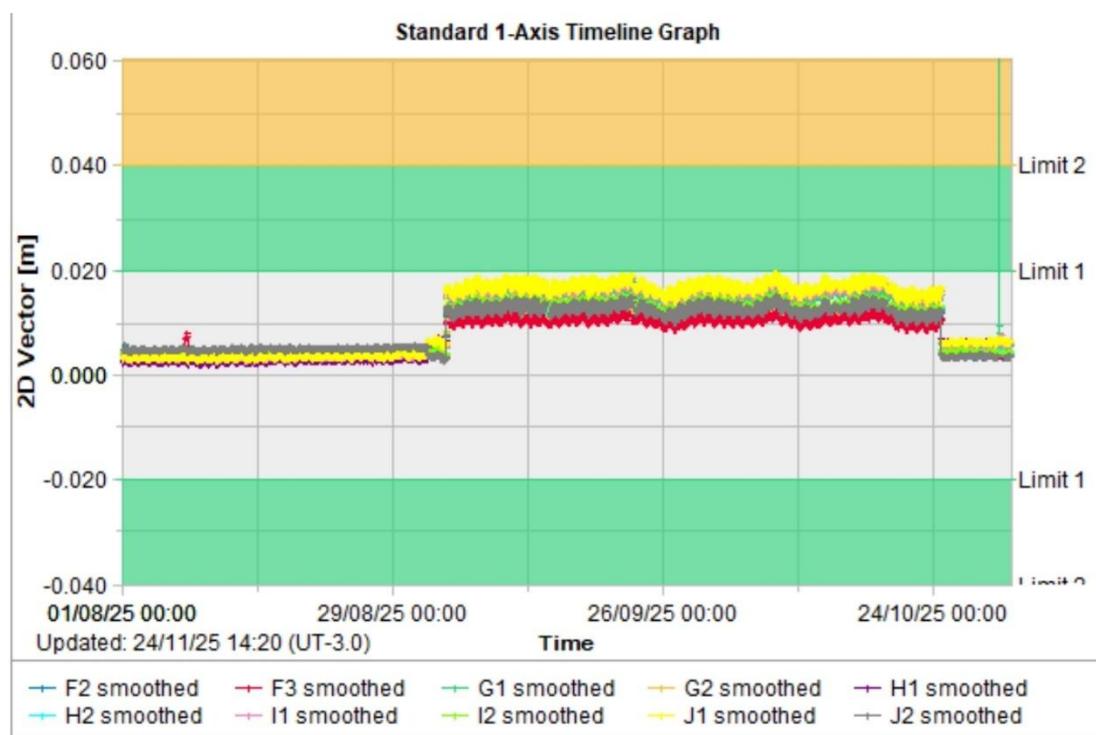


Figura 5.29 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.
 (ref: 01/08/25 a 31/10/25)

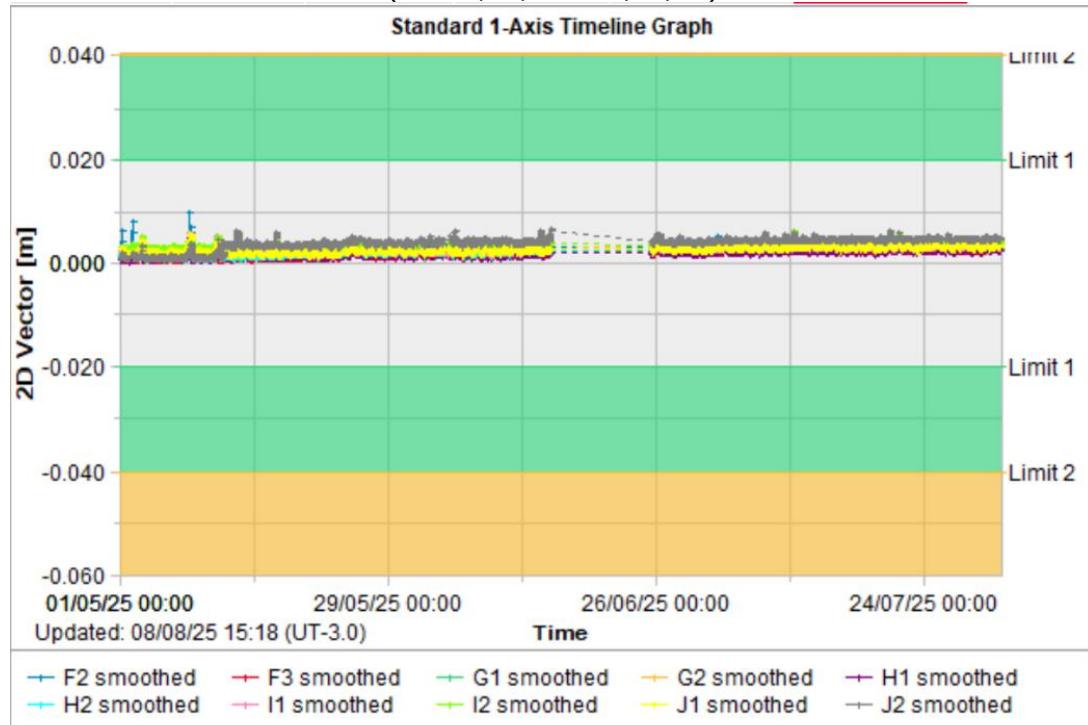


Figura 5.30 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.
 (ref: 01/08/25 a 31/10/25)

Considerando os gráficos obtidos no período entre 01/08/25 à 31/10/25, as leituras de deslocamento vertical (Figura 5.25) apontam que a barragem não apresentou deslocamento perceptível.

Em relação aos deslocamentos horizontais, as leituras estiveram dentro dos parâmetros de normalidade determinados pela equipe da MMI com a equipe da Leica Geosystems (fornecedor dos equipamentos de medição) no período analisado.

- Marcos de Controle de Deslocamento**

Atualmente na barragem existem 4 marcos de controle de deslocamento instalados na estrutura, como pode ser visto na Tabela 5-3.

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 gráficos foram plotados considerando o período analisado. A última leitura dos deslocamentos dos marcos superficiais no período foi realizada no dia 31/10/2025.

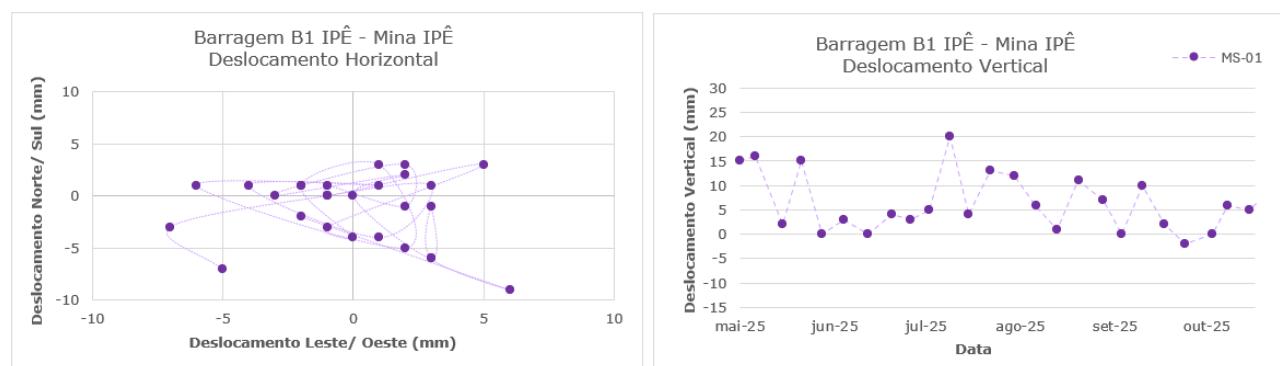


Figura 5.31 – Marco de controle de deformação – MS-01.

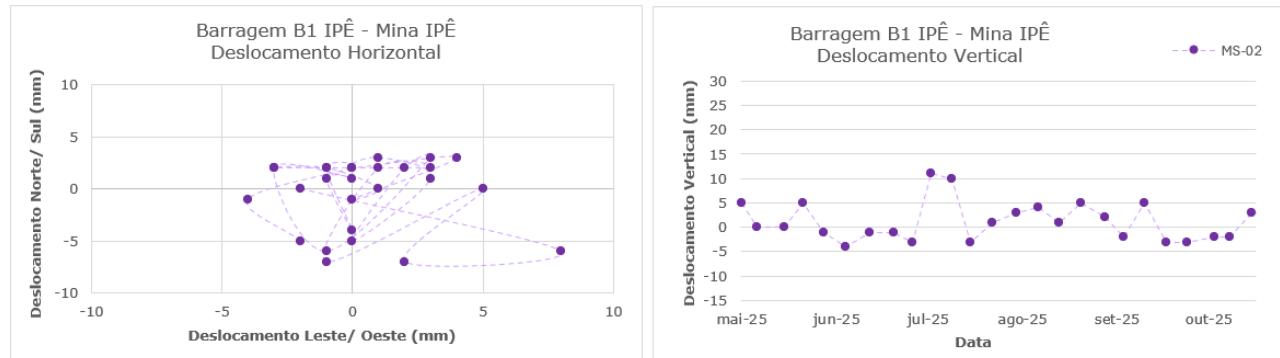


Figura 5.32 – Marco de controle de deformação – MS-02.

RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

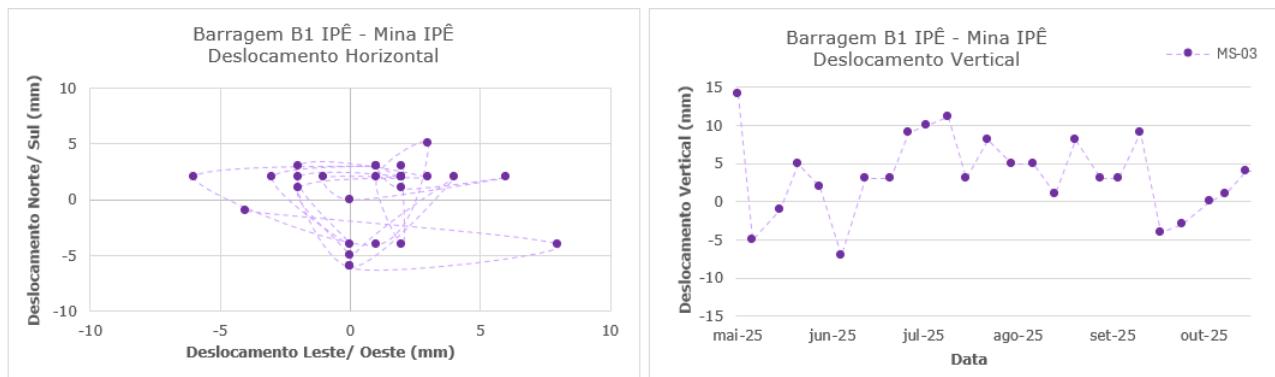


Figura 5.33 – Marco de controle de deformação – MS-03.

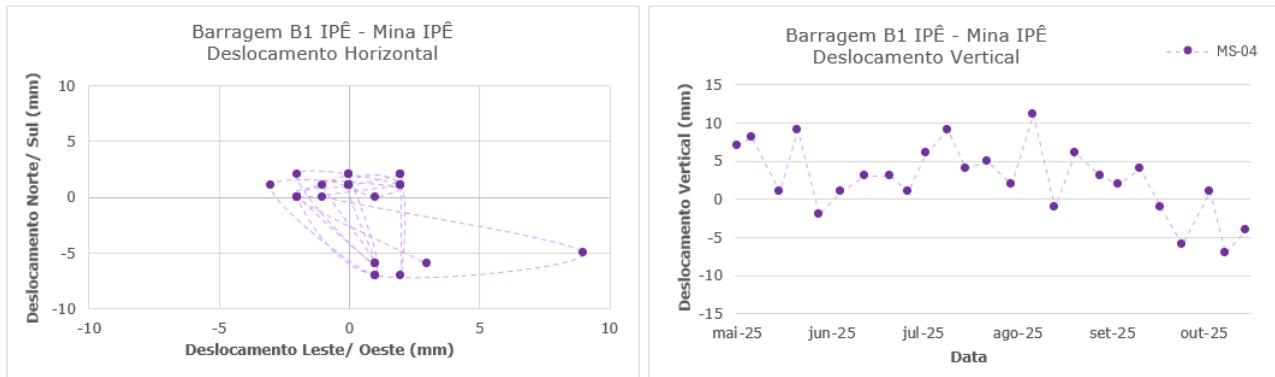


Figura 5.34 – Marco de controle de deformação – MS-04.

- Monitoramento do Talude da Encosta**

No mês de maio/25, foram substituídos os marcos superficiais por prismas fixos para um monitoramento mais preciso e seguro. Os novos instrumentos já estão em funcionamento, foram instalados 16 prismas fixos de monitoramento na encosta da barragem B1 Ipê.

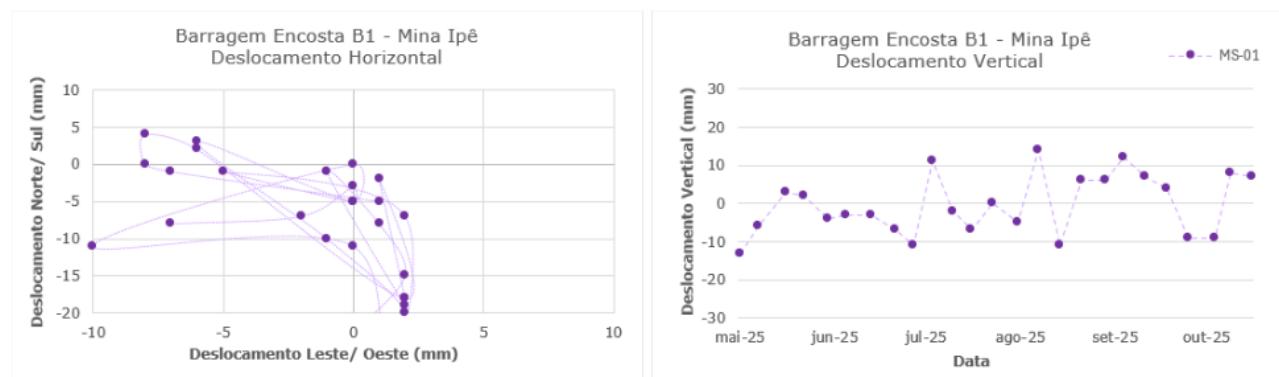
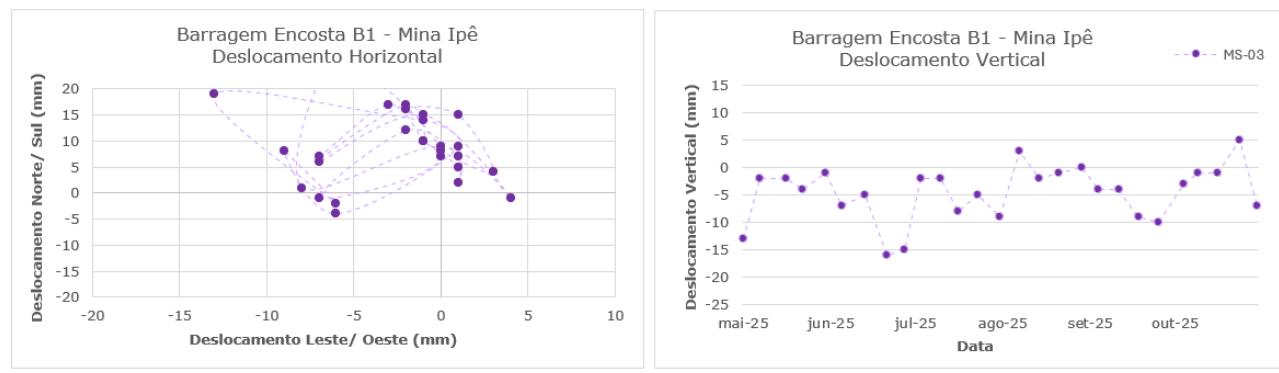
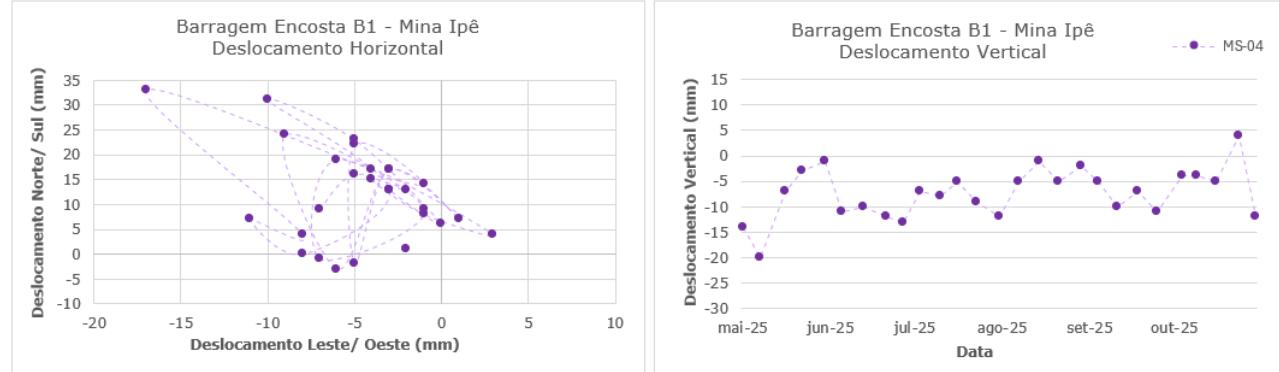
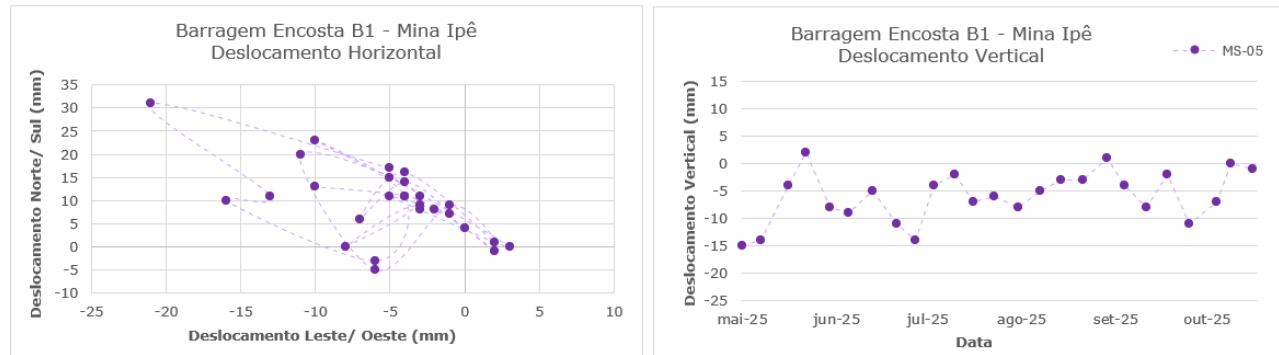
A partir da análise das leituras dos prismas no período analisado pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais na encosta não são relevantes. Alguns valores registrados fogem do padrão e da realidade de deslocamento na encosta, isso acontece devido a alguns fatores distintos, como a distância da estação para os prismas, a temperatura, o período do dia etc., isso foi determinado a partir de observações diárias e interpretações das leituras.

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

**Figura 5.35** – Prisma de monitoramento da encosta MS-01.**Figura 5.36** – Prisma de monitoramento da encosta MS-03.**Figura 5.37** – Prisma de monitoramento da encosta MS-04.**Figura 5.38** – Prisma de monitoramento da encosta MS-05.

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

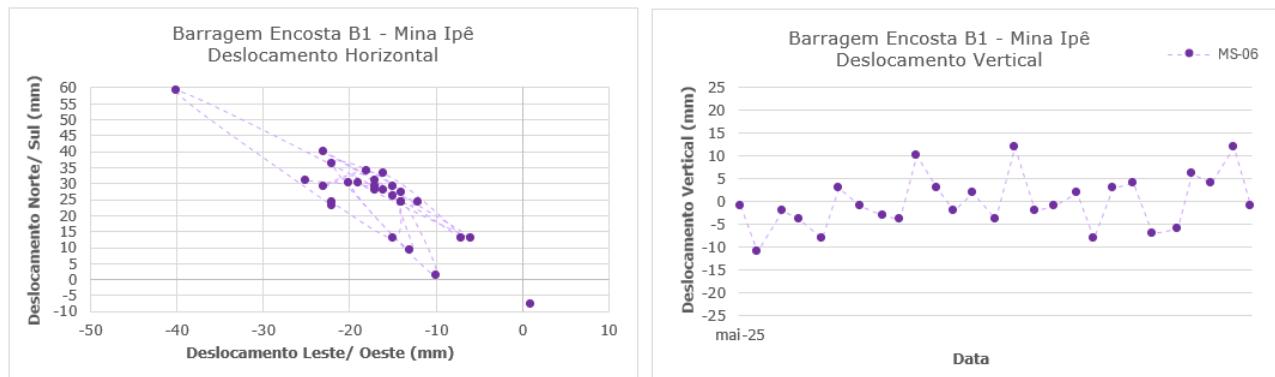


Figura 5.39 – Prism de monitoramento da encosta MS-06.

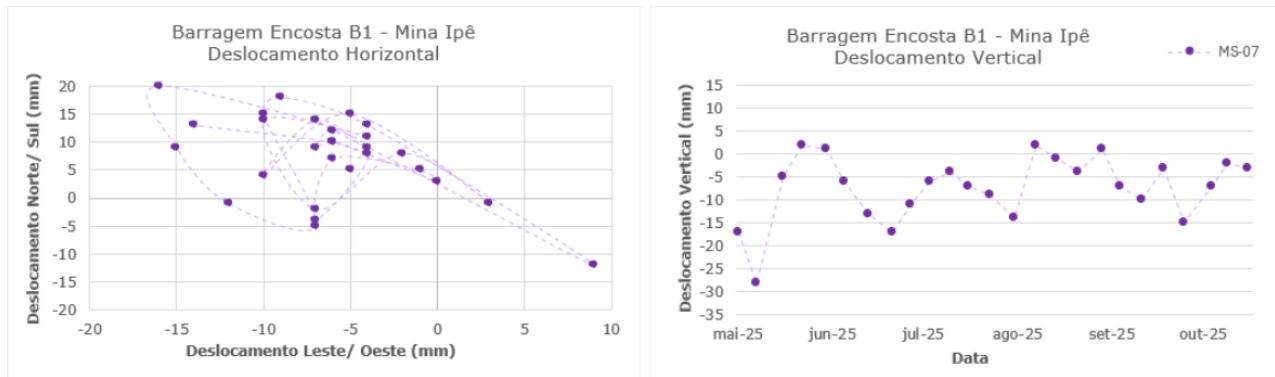


Figura 5.40 – Prism de monitoramento da encosta MS-07.

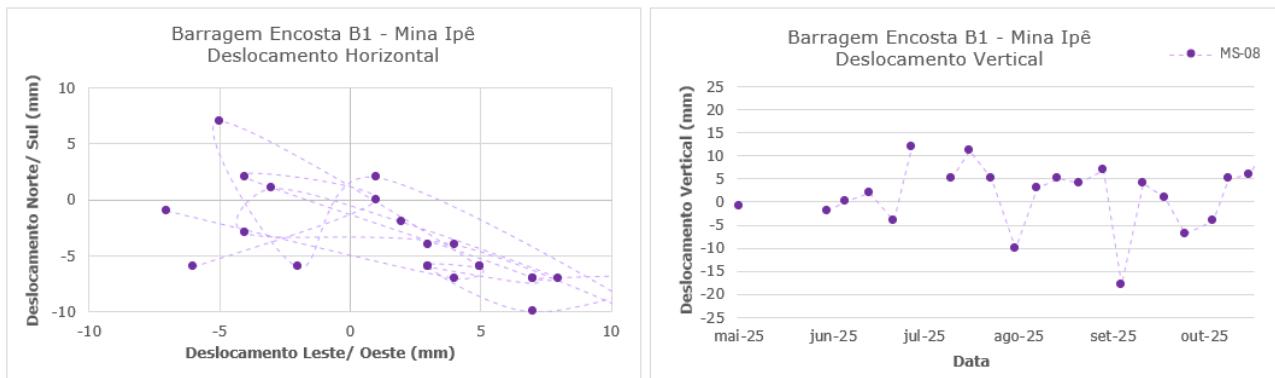
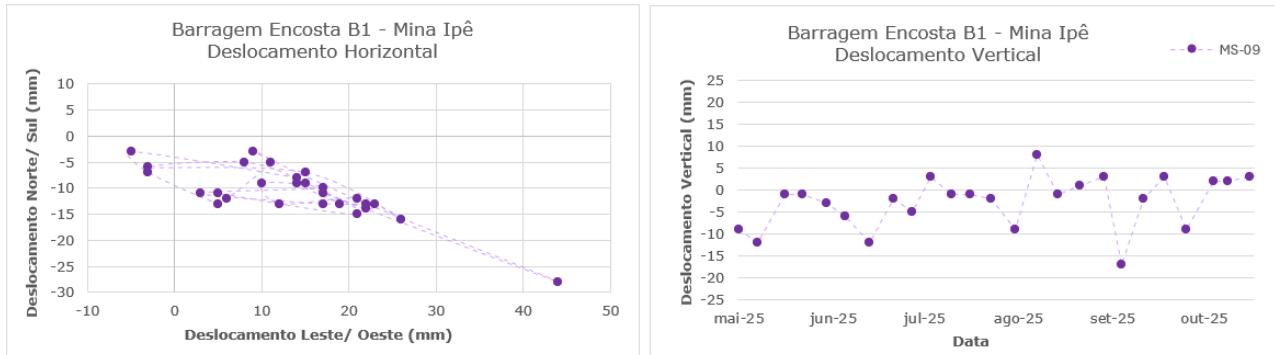


Figura 5.41 – Prism de monitoramento da encosta MS-08.



RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE

ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO

DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Figura 5.42 – Prisma de monitoramento da encosta MS-09.

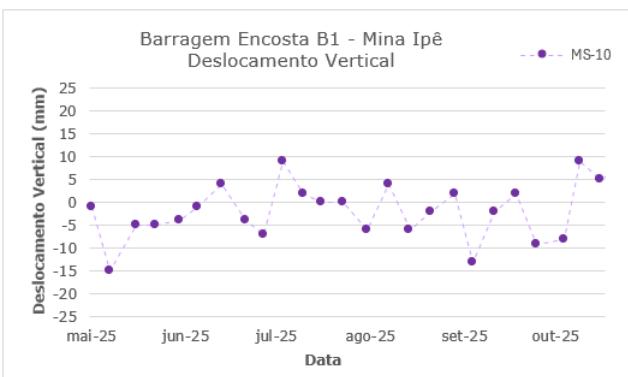
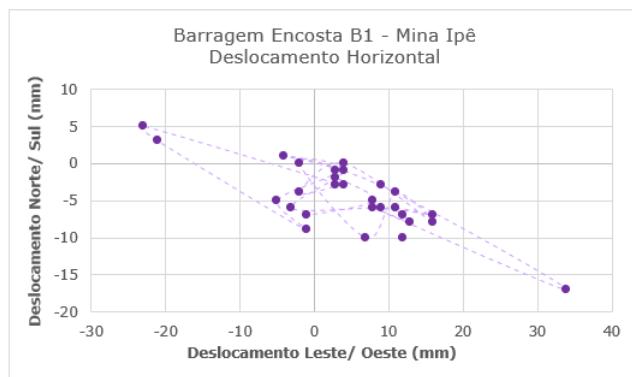


Figura 5.43 – Prisma de monitoramento da encosta MS-10.

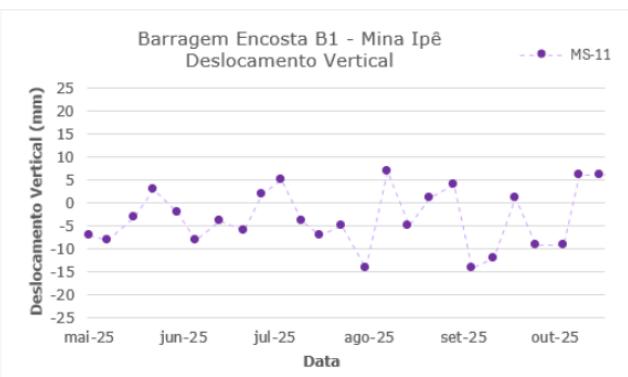
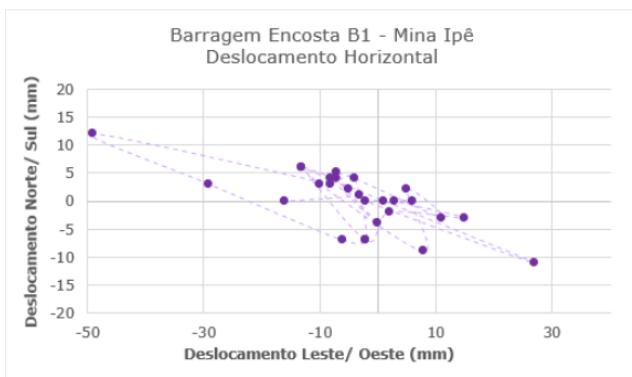


Figura 5.44 – Prisma de monitoramento da encosta MS-11.

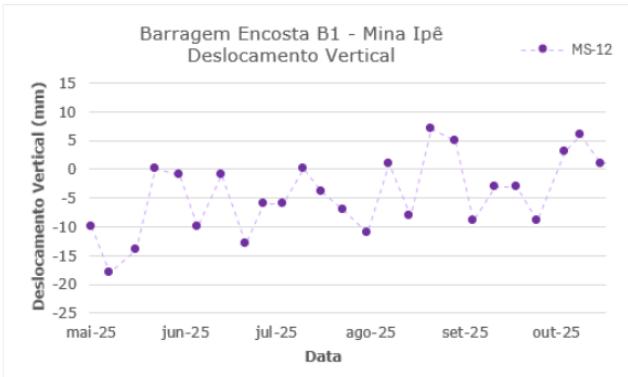
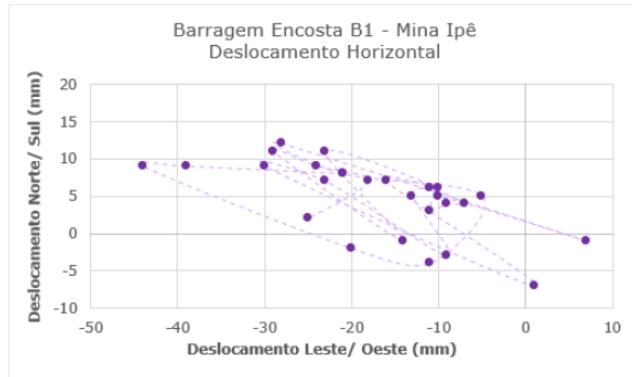


Figura 5.45 – Prisma de monitoramento da encosta MS-12.

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE

ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO

DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

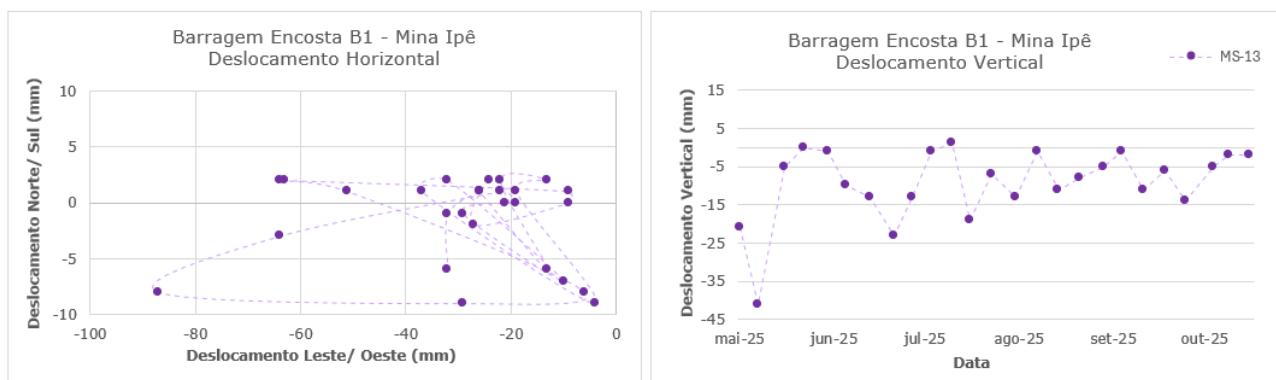


Figura 5.46 – Prisma de monitoramento da encosta MS-13.

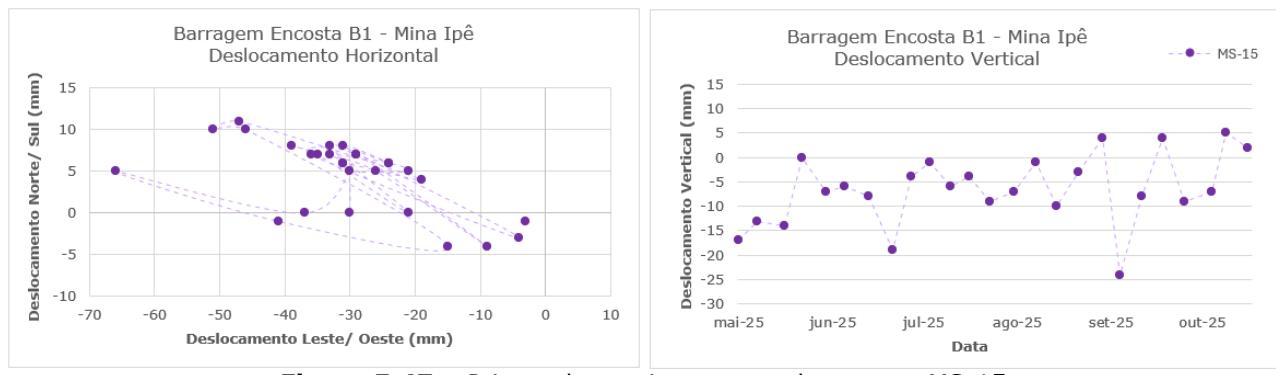


Figura 5.47 – Prisma de monitoramento da encosta MS-15.

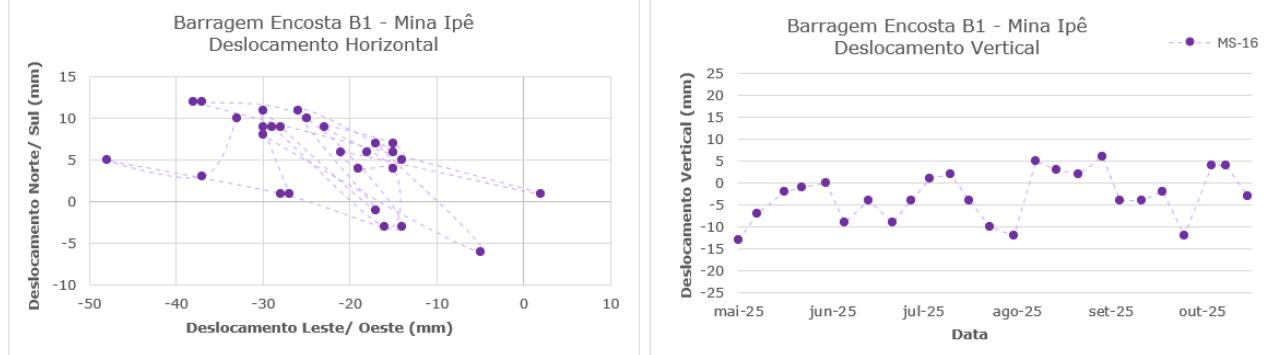


Figura 5.48 – Prisma de monitoramento da encosta MS-16.

- Operação dos Poços de Bombeamento**

O esquema de direcionamento dos fluxos provenientes dos poços de bombeamento e das bombas instaladas no reservatório é apresentado na Figura 5.49.

RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01



Figura 5.49 – Esquema de direcionamento atual dos fluxos proveniente dos sistemas de bombeamento.

De modo a determinar a vazão bombeada em cada poço, diariamente é realizada a leitura dos hidrômetros em horário determinado, fazendo o registro das informações. O histórico de bombeamento com indicação do início do bombeamento é indicado na Figura 5.50.

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

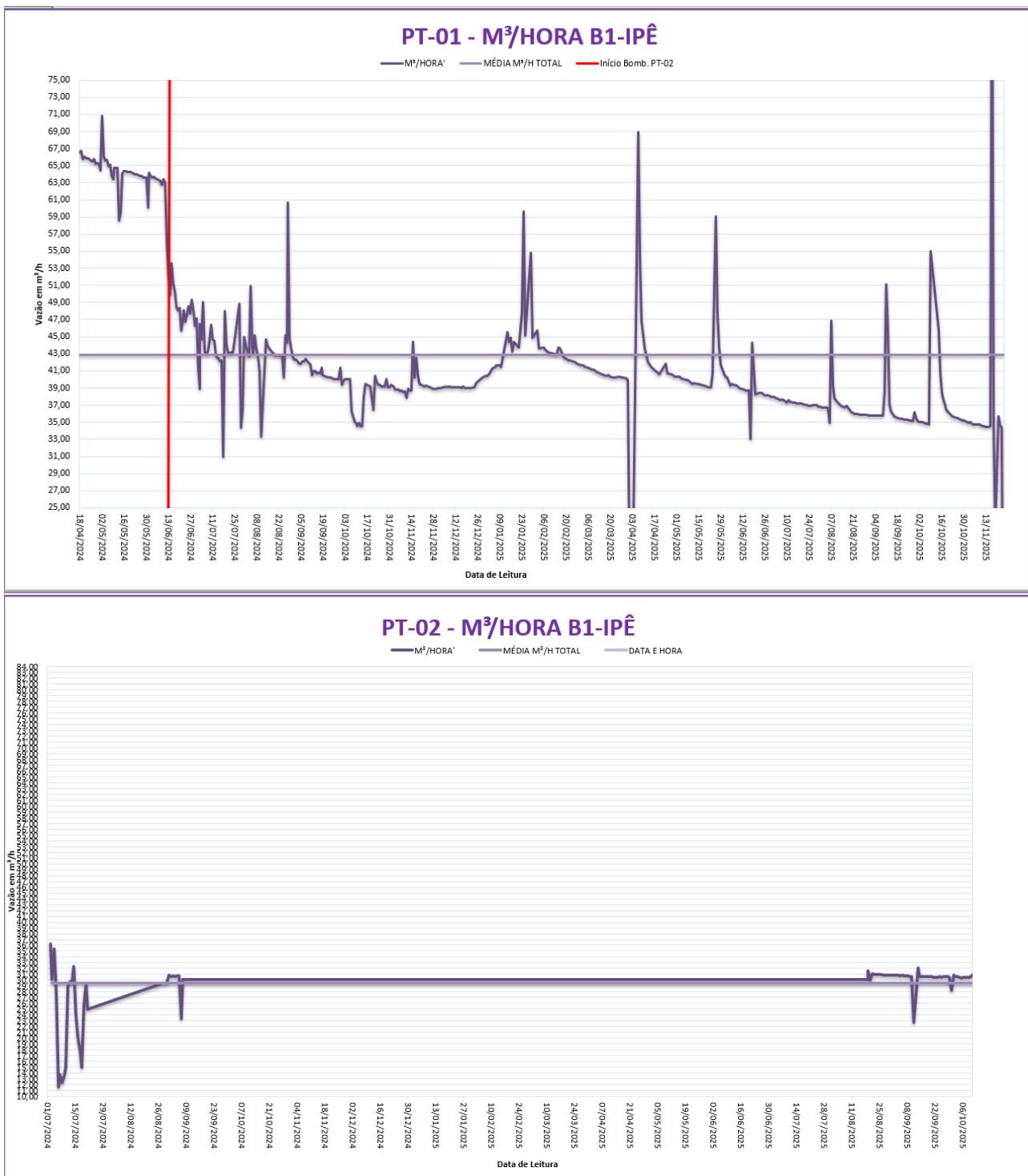


Figura 5.50 – Histórico bombeamento dos poços de rebaixamento.

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

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

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

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

O hidrômetro instalado no poço PT-02 apresentou falhas de funcionamento em julho/2024, foi substituído no início de setembro/2024, porém o novo hidrômetro em pouco tempo apresentou o mesmo problema verificado anteriormente. Por questões de registro, foi considerada uma vazão média de 25,3 m³ no período entre 21/07/2024 e 09/08/2024 e de 30,7 m³, nos períodos entre 10/08/2024 e 30/08/2024 e de 07/09/2024 até o momento.

Entre os dias 02/04/2025 e 07/04/2025, foi realizada uma paralisação na operação das bombas dos poços de rebaixamento por questões operacionais.

Dessa forma, com a operação simultânea do bombeamento dos poços PT-01 e PT-02, considerando o período avaliado (agosto a outubro/25), obtém-se um valor médio, com a soma das vazões, próximo de 73 m³/h.

Tabela 5-4 – Resumo vazões de bombeamento.

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

Condição Atual (Agosto/2025 a Outubro/2025)	Jusante (Extravasor B1A Emicon)	43	30	73
------------------------------------------------	---------------------------------	----	----	----

5.7.5 Análise de Estabilidade

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem no período avaliado (agosto a outubro/25).

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

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

5.7.5.1 Premissas Adotadas nas Simulações

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

Na Figura 5.51 é apresentada a locação em planta das seções e instrumentação de controle utilizadas nas análises de estabilidade.

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

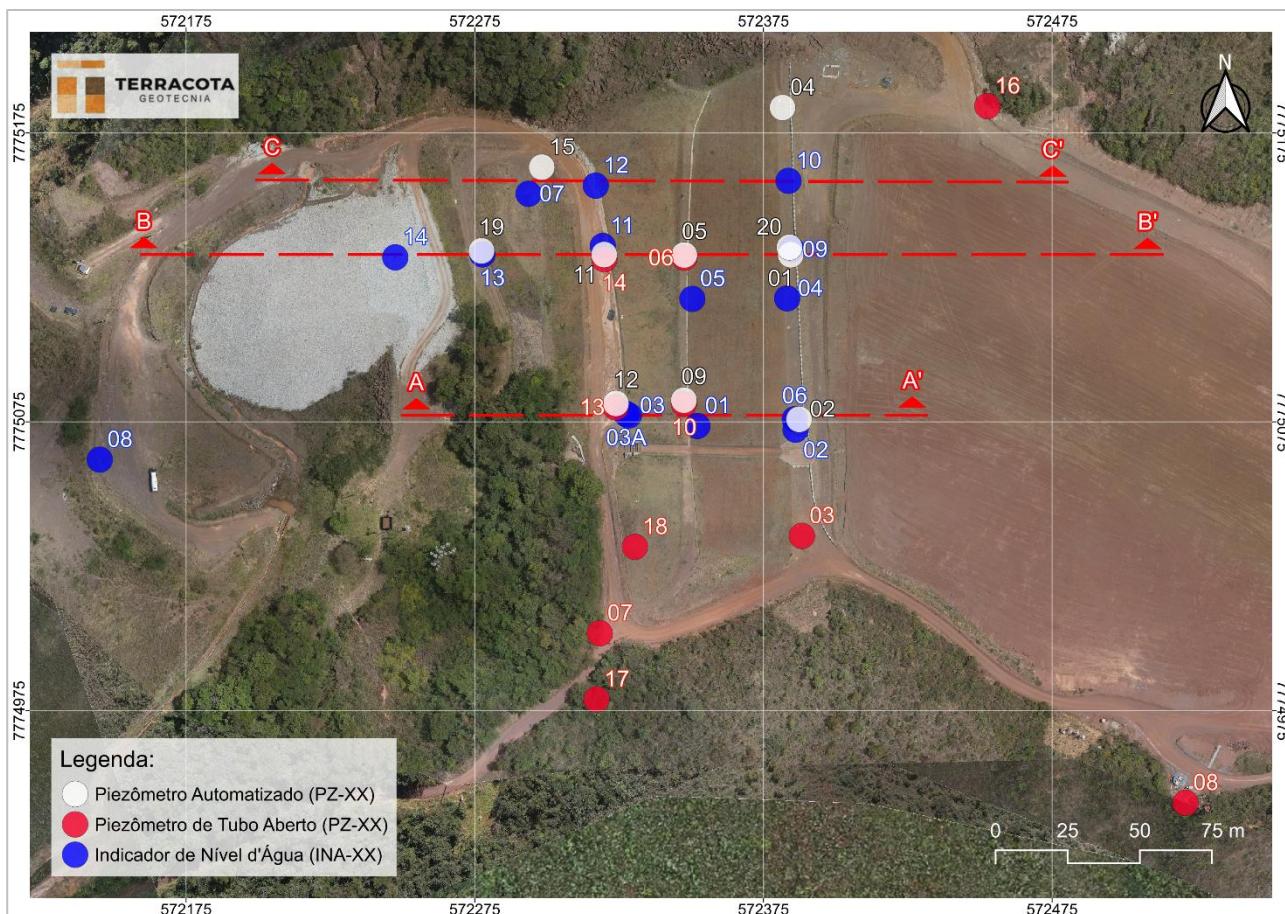


Figura 5.51 – Seções Instrumentadas Barragem B1 – Mina Ipê – Planta.

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

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

- Análises drenadas: NBR 13.028/2024 (**FS $\geq 1,5$**);
- 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 liquefeito: Termo de Referência para

Descaracterização de Barragens ($FS \geq 1,1$) e ANCOLD 2012 ($FS \geq 1,0$);

A Tabela 5-5 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

Tabela 5-5 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

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

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

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

5.7.5.2 Sismicidade do Local da Barragem

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

procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 5.52 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 5.52 – Rede sismológica brasileira (<http://www.rsbr.gov.br>).

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

Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 5-6

apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Tabela 5-6 – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno
(Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

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

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo “*Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment*” publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 5.53).

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

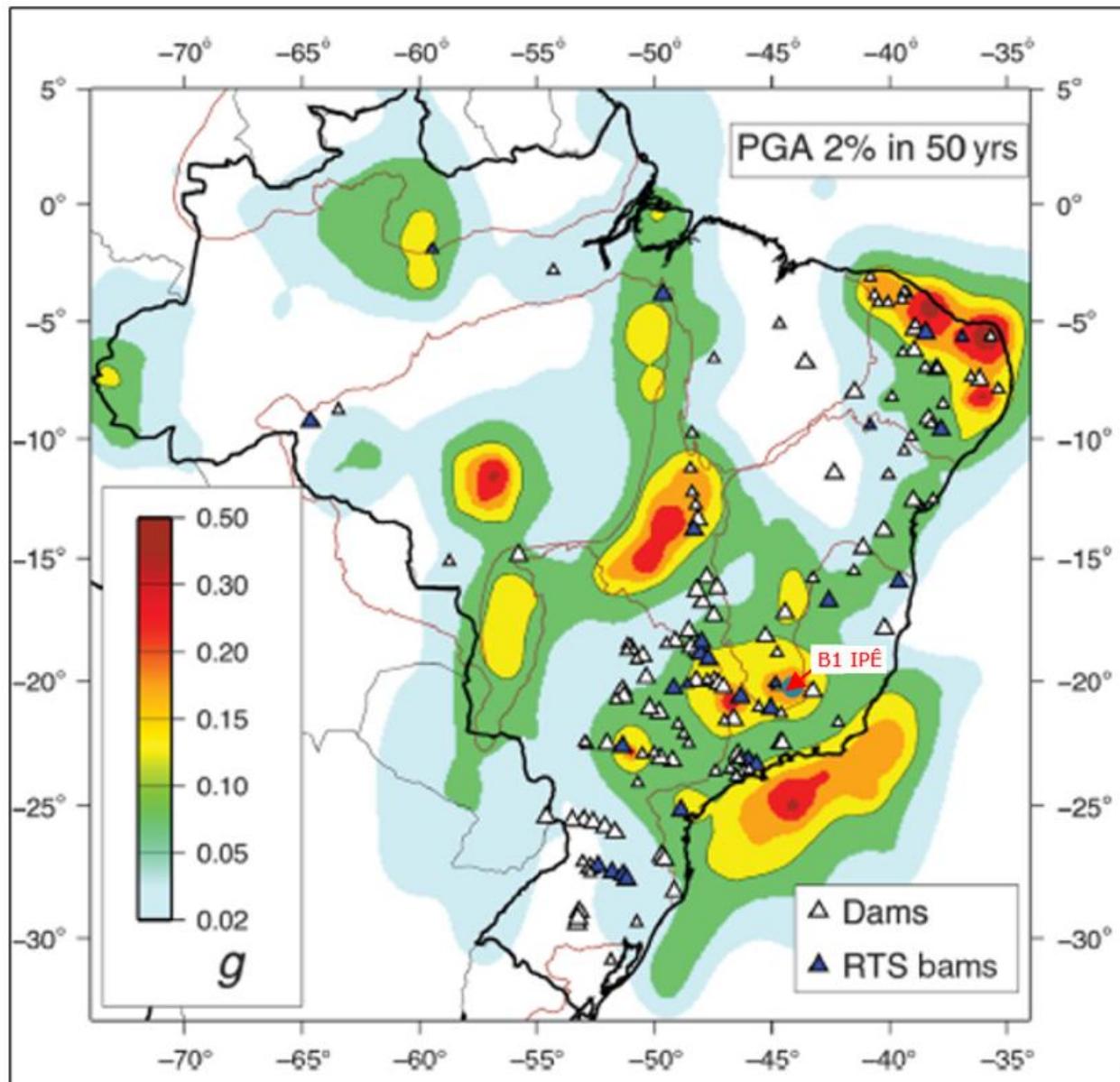


Figura 5.53 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Assumpção Et al., 2018).

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

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados à infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 5-7.

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Tabela 5-7 – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

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

Nota 1. Definições para população em risco:

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

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

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

Nota 2. Definições para população em risco:

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

De acordo com os critérios da Tabela 5-7, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4-7 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Muito Alta**. A partir desta classificação, segundo as premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 5-8, o PGA de 0,1585g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com períodos de retorno de 2.500 e 10.000 anos.

Tabela 5-8 – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

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

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Nota 1. Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (Dam Safety Guidelines - CDA 2013).

Nota 2. Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no National Building Code of Canada (Código Nacional de Construção do Canadá).

Nota 3. SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

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

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

Conforme projeto de descaracterização da estrutura, a Barragem B1 - Mina Ipê deverá ser completamente removida nos próximos dois anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência

do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida útil da estrutura igual a 2 anos. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de 100 anos.

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

Em que:

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

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 1.000 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,2%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 5-6, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,048g e uma componente vertical igual a 0,029g.

5.7.5.3 Definição da Condição da Superfície Freática

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

A Tabela 5-9 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

Tabela 5-9 – Instrumentação – Valores lidos (30/10/2025) e valores adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	PZ-02 ⁽²⁾	1.022,79	1.022,32 ⁽⁴⁾	1.022,14 ⁽³⁾
	INA-02	1.031,64	Seco	1.022,14 ⁽³⁾
	INA-06	1.021,78	1.022,14	1.022,14
	INA-01	1.031,90	Seco	1.021,42 ⁽³⁾
	PZ-09 ⁽¹⁾	1.017,02	1.021,33	1.021,33
	PZ-10	1.025,47	Seco	1.021,33 ⁽³⁾
	INA-03	1.029,46	Seco	1.014,00 ⁽³⁾

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	INA-03A	1.015,09	Seco	1.014,00 ⁽³⁾
	PZ-12 ⁽¹⁾	1.010,87	1.013,00	1.013,00
	PZ-13	1.024,15	Seco	1.013,00 ⁽³⁾
B-B'	INA-09	1.006,41	1016,46	1.016,46
	PZ-20 ⁽²⁾	1.006,06	1015,01	1.016,46 ⁽³⁾
	PZ-01 ⁽¹⁾	999,45	1015,10	1.016,46 ⁽³⁾
	INA-04	1.033,25	Seco	1.016,46 ⁽³⁾
	INA-05	1.022,17	Seco	1.009,95 ⁽³⁾
	PZ-05 ⁽²⁾	991,86	1008,38	1.009,95 ⁽³⁾
	PZ-06	998,06	1009,95	1.009,95
	INA-11	1.000,00	1004,96	1.007,36 ⁽³⁾
	PZ-11 ⁽²⁾	982,30	1007,36	1.007,36
	PZ-14	989,66	1005,66	1.007,36 ⁽³⁾
	INA-13	992,35	1003,71	1.003,86 ⁽³⁾
	PZ-19 ⁽²⁾	993,08	1003,86	1.003,86
	INA-14	990,01	1003,61	1.003,61
C-C'	INA-10	1.022,06	Seco	1.022,06
	INA-12	1.011,45	Seco	1.011,45
	PZ-15 ⁽¹⁾	1.009,29	1008,62 ⁽⁴⁾	1.007,82 ⁽³⁾
	INA-07	982,66	1006,82	1.006,82

1 – Instrumento automatizado selado;

2 – Instrumento automatizado não selado;

3 – Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento;

4 – Leitura abaixo da cota de fundo, considerado seco.

5.7.5.4 Parâmetros de Resistência

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

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



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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

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

Na Tabela 5-10 apresentam-se os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Tabela 5-10 – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material	Cor	γ (kN/m ³)	Parâmetros de Resistência						Referência	
			Parâmetros Efetivos		Parâmetros Totais					
			c' (kPa)	ϕ' (°)	Razão de resistência não drenada $Su/\sigma'v$ (kPa)	Obtidos	Adotados ⁽¹⁾			
Rejeito Reservatório	Drenado	25,0	0,0	30,0	-	-	-	-	Correlação com N_{SPT} Interpretação de ensaios de Piezocone	
	Não Drenado - Pico		-	-	0,23	-	-	-		
	Não Drenado - Liquefeito		-	-	0,10	-	-	-		
Rejeito Antigo	Drenado	26,5	0,0	35,0	-	-	-	-	Correlação com N_{SPT} Interpretação de ensaios de Piezocone	
	Não Drenado - Pico		-	-	0,27	-	-	-		
	Não Drenado - Liquefeito		-	-	0,06	-	-	-		
Maciço	Rejeito Compactado	27,5	7,0	40,0	-	-	-	-	Ensaios de compressão triaxial de laboratório	
	Rejeito Semi Compactado	26,5	0,0	40,0	-	-	-	-		
Solo Residual de Filito		19	18,0	36,0	-	39,5	34,4	31,6	27,5	
Saprolito de Filito		20	20,0	45,0	-	-	-	-	-	Correlação com N_{SPT}
Quartzito Nova Lima		20	400,0	35,0	-	-	-	-	-	
Filito São		20	Resistência Infinita				-	-	-	Estimativa bibliografia/projetistas
Blocos Lançados		20	Envoltória Leps Inferior				-	-	-	
Enrocamento		22	Envoltória Leps Inferior				-	-	-	

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

5.7.5.5 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 5.54 a Figura 5.68, destacando-se as superfícies de ruptura global e local que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 5-11 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

Na seção A-A' não há rejeito localizado abaixo da linha freática, não sendo aplicável a utilização de parâmetros não drenados.

Tabela 5-11 – Resultado das análises de estabilidade.

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomend.	F.S. Obtido
A-A'	30/10/2025 e 27/08/2025	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,95
		Não drenado pseudo-estático $a_h = 0,079g$ $a_v = 0,047g$	Resistência não drenada de pico	1,1 ⁽¹⁾ 1,0 ⁽²⁾	1,61 (sismo ↑) 1,63 (sismo ↓)
B-B'	30/10/2025 e 27/08/2025	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,98
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,54
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeita	1,10	0,55
		Não drenado pseudo-estático $a_h = 0,079g$ $a_v = 0,047g$	Resistência não drenada de pico	1,1 ⁽¹⁾ 1,0 ⁽²⁾	1,13 (sismo ↑) 1,08 (sismo ↓)
C-C'	30/10/2025 e 27/08/2025	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,01
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	2,01
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,22
		Não drenado pseudo-estático $a_h = 0,079g$ $a_v = 0,047g$	Resistência não drenada de pico	1,1 ⁽¹⁾ 1,0 ⁽²⁾	1,63 (sismo ↑) 1,61 (sismo ↓)

(1) Fator de segurança mínimo recomendado pela NBR 13.028/2024;

(2) Fator de segurança mínimo recomendado pelo CDA/2014.

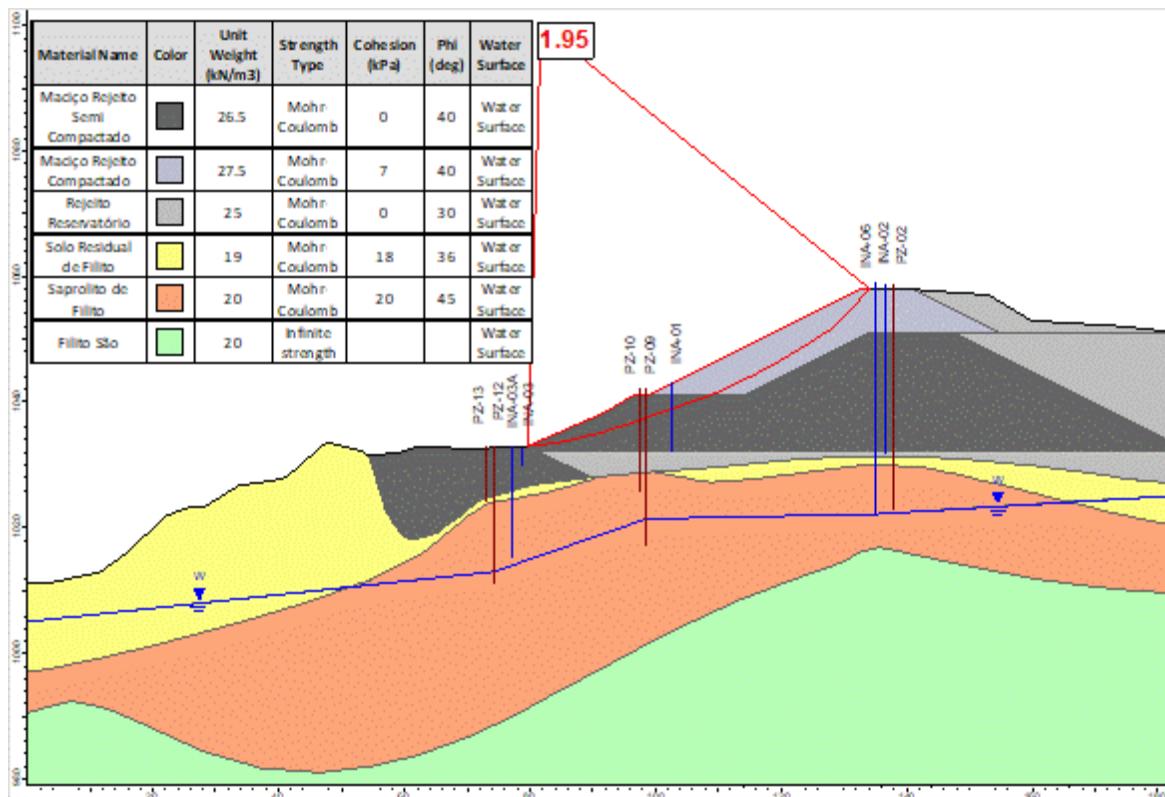


Figura 5.54 – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2025.

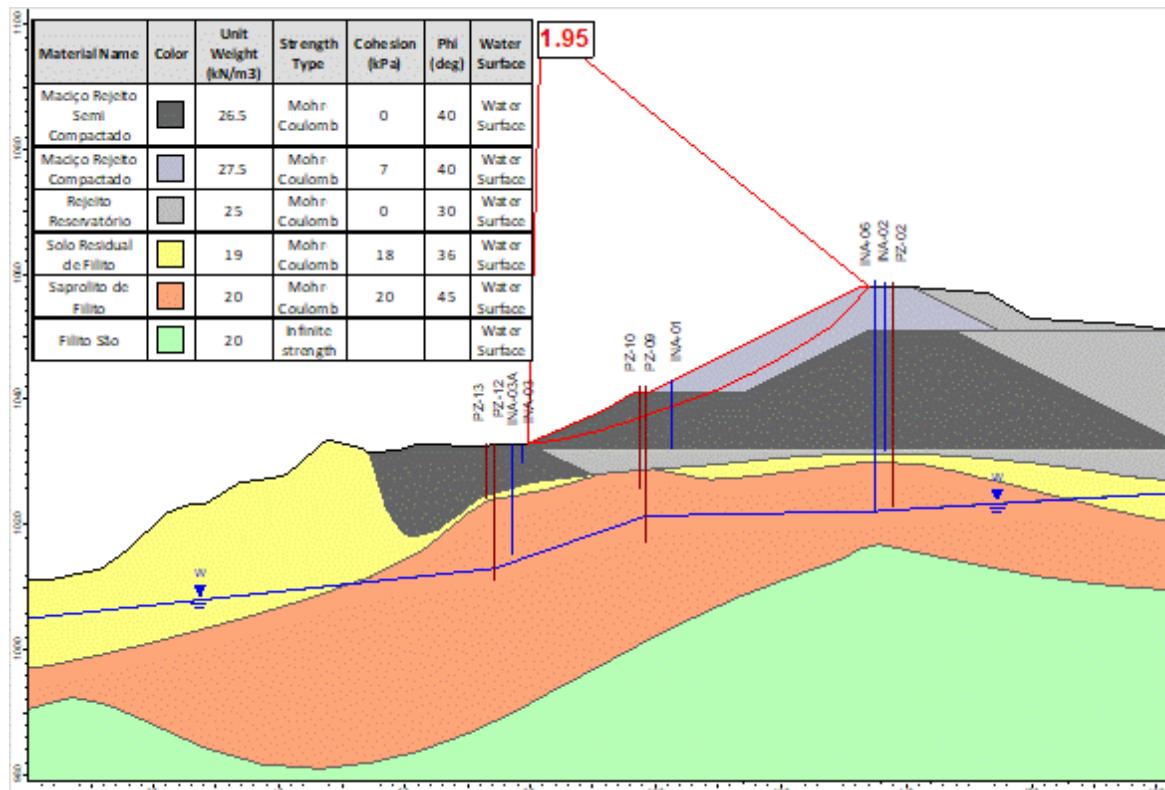


Figura 5.55 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2025 – Razão de resistência não drenada de pico.

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

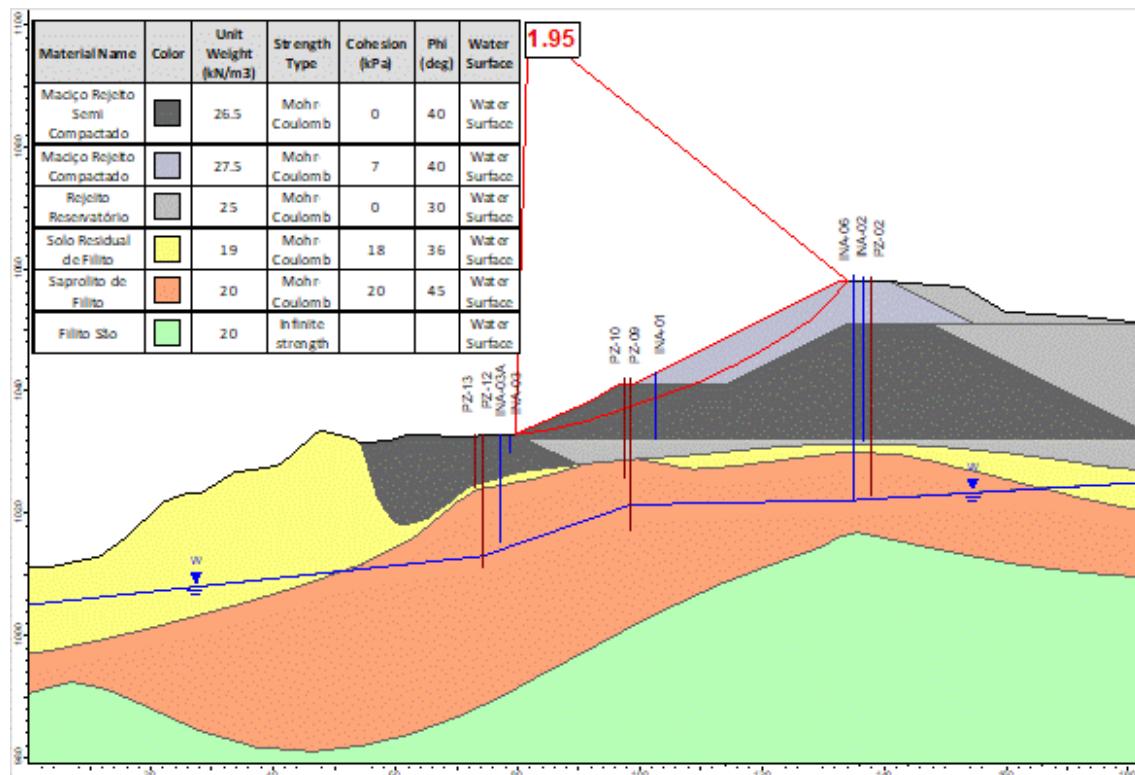


Figura 5.56 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2025 – Razão de resistência não drenada liquefeito.

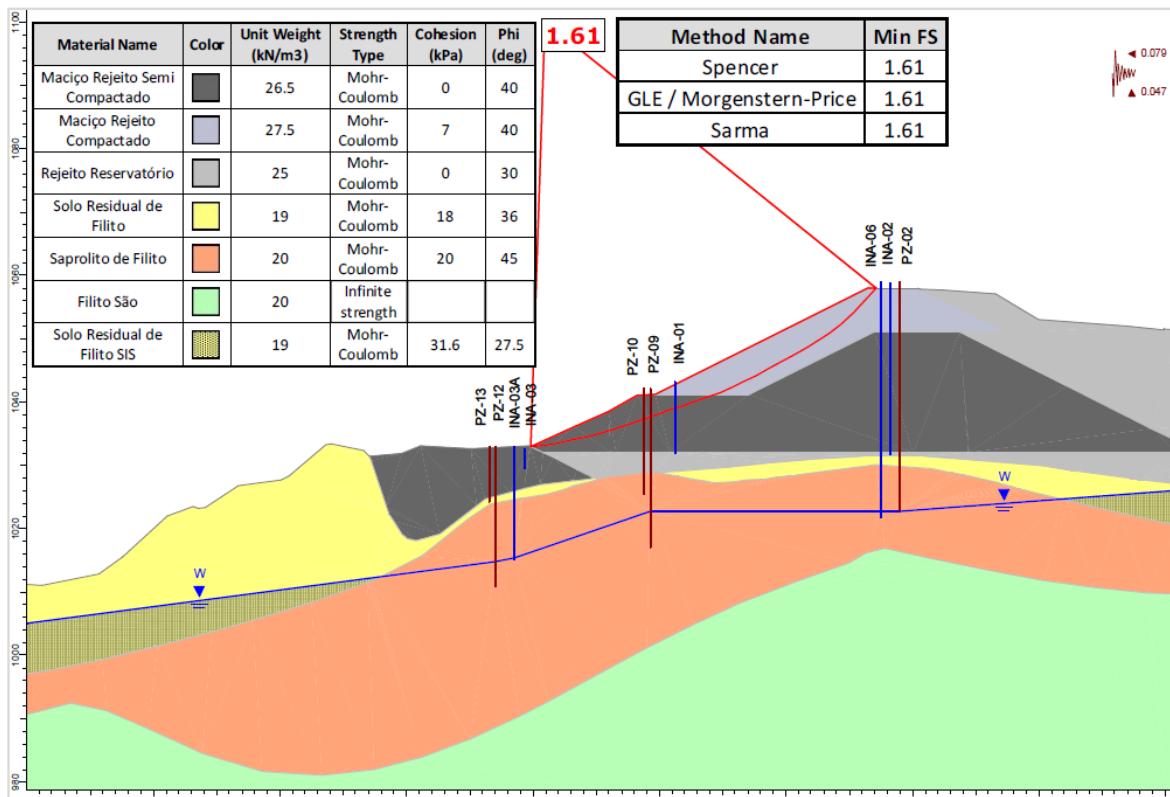


Figura 5.57 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/08/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

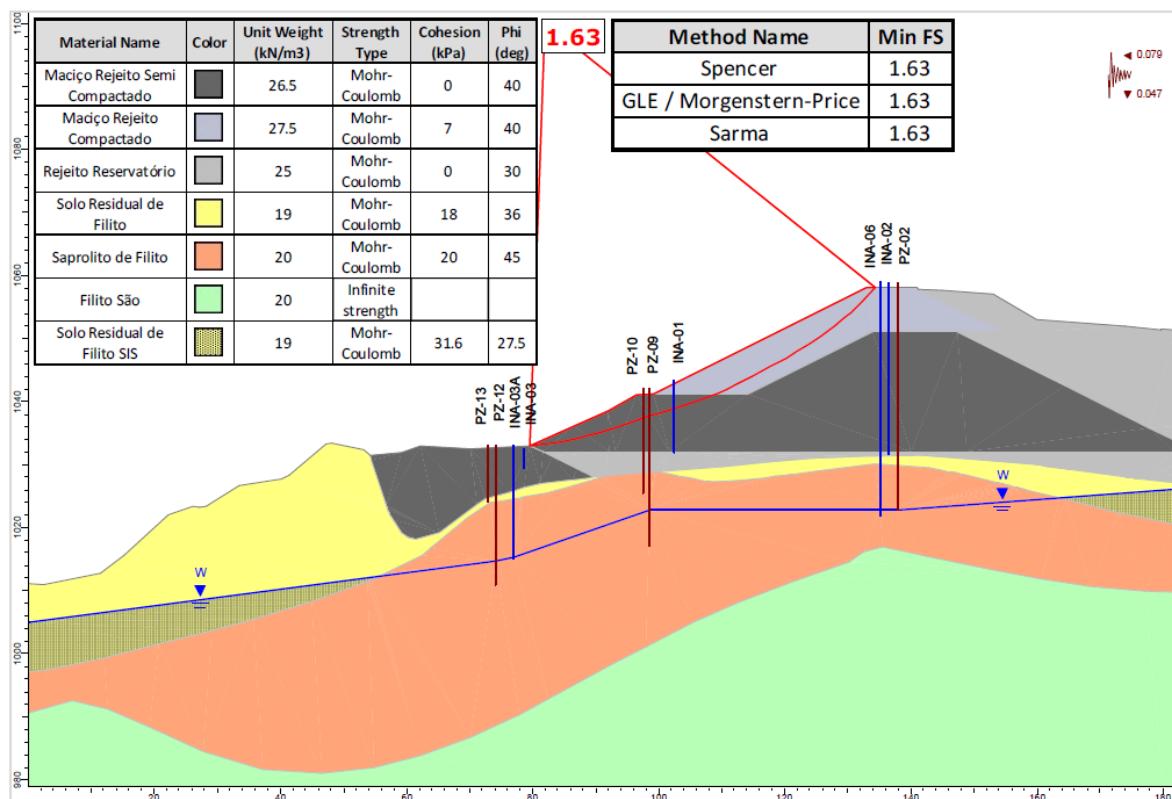


Figura 5.58 – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/08/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓

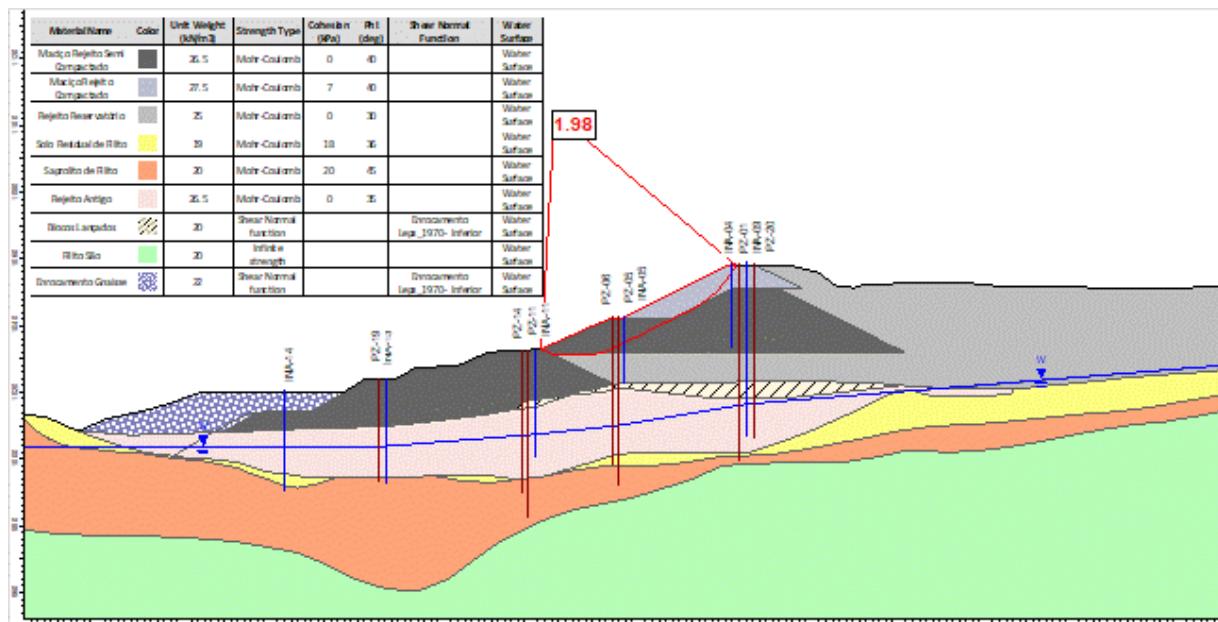


Figura 5.59 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2025.

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

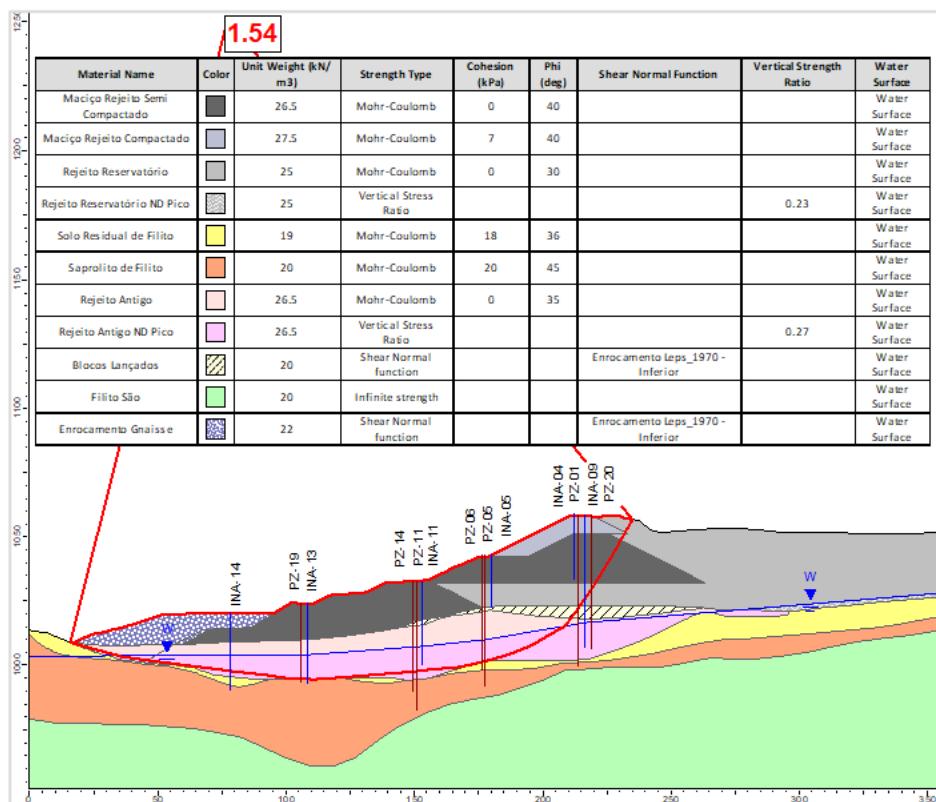


Figura 5.60 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2025 – Razão de resistência não drenada de pico.

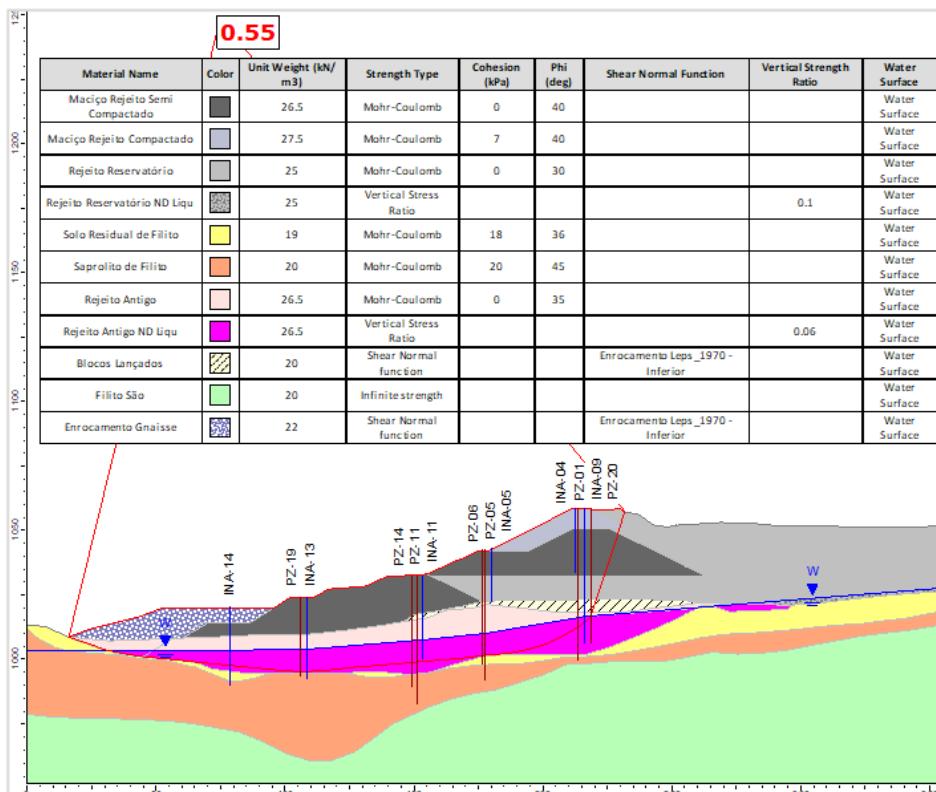


Figura 5.61 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2025 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

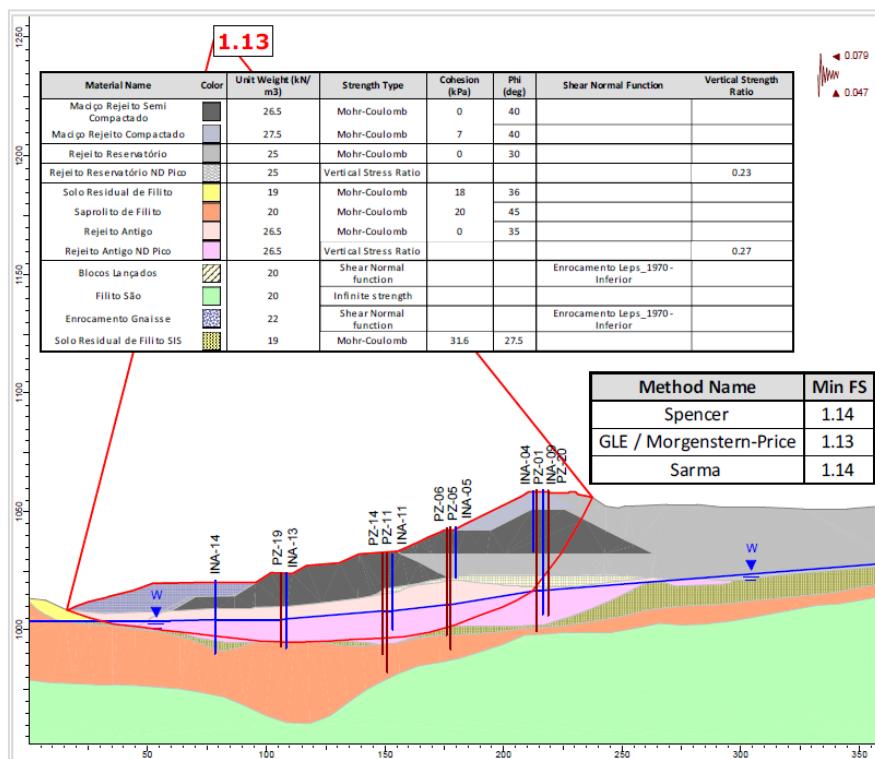


Figura 5.62 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/08/2025– Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑

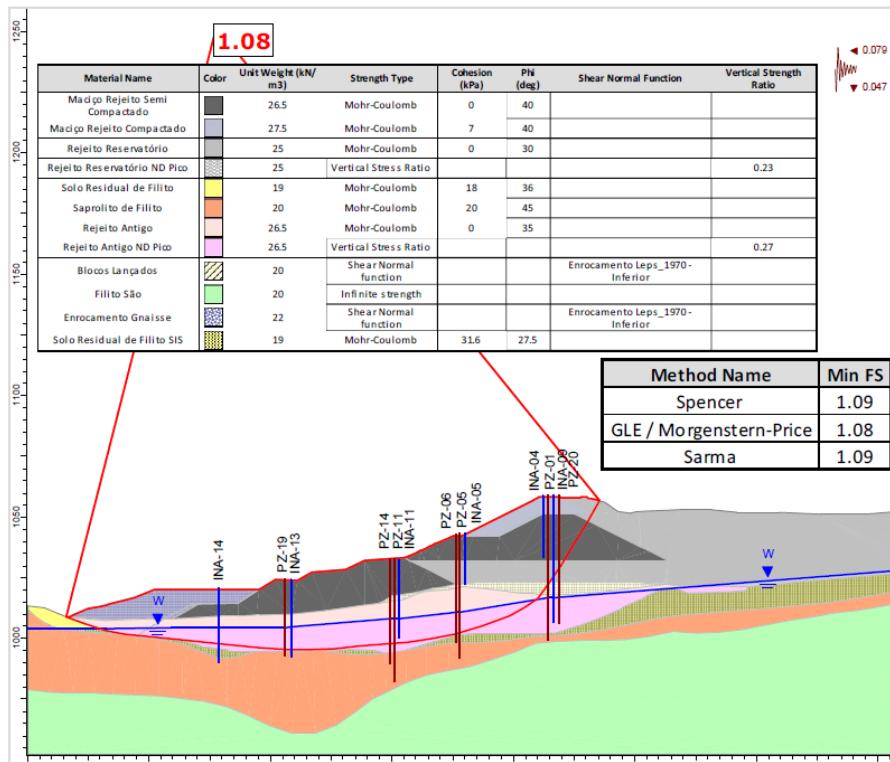


Figura 5.63 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/08/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

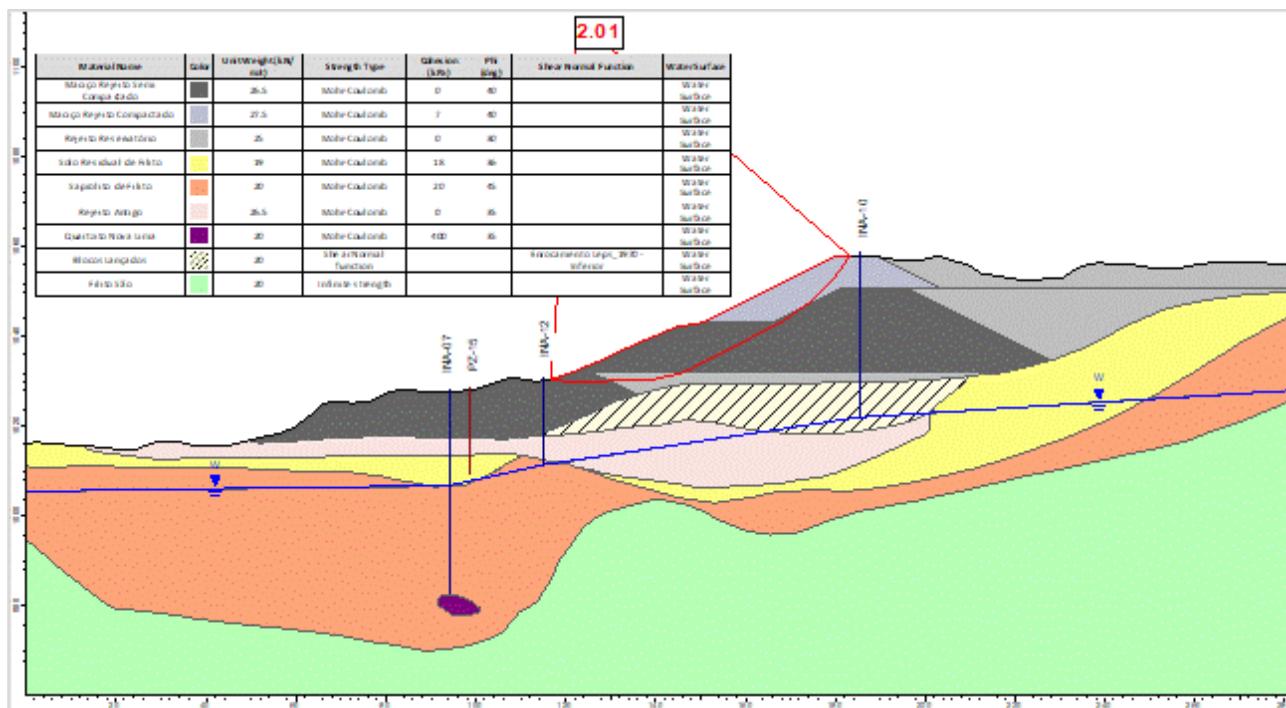


Figura 5.64 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2025.

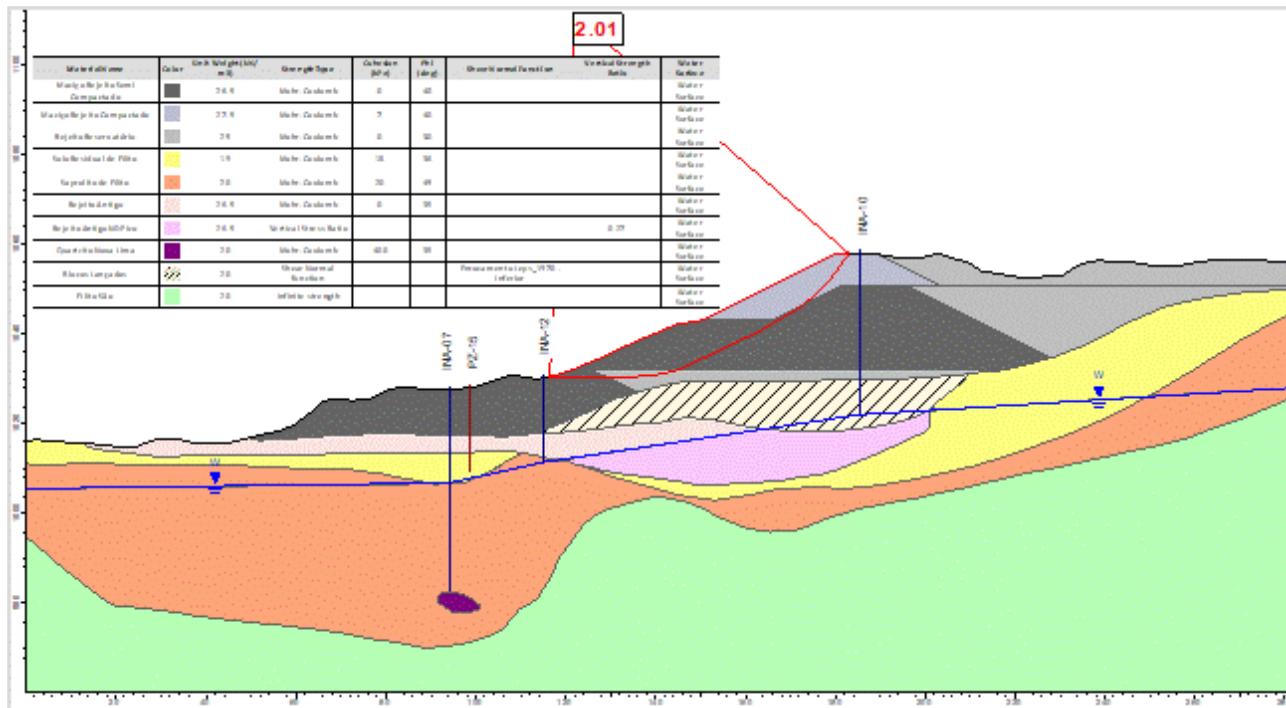


Figura 5.65 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2025 – Razão de resistência não drenada de pico.

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

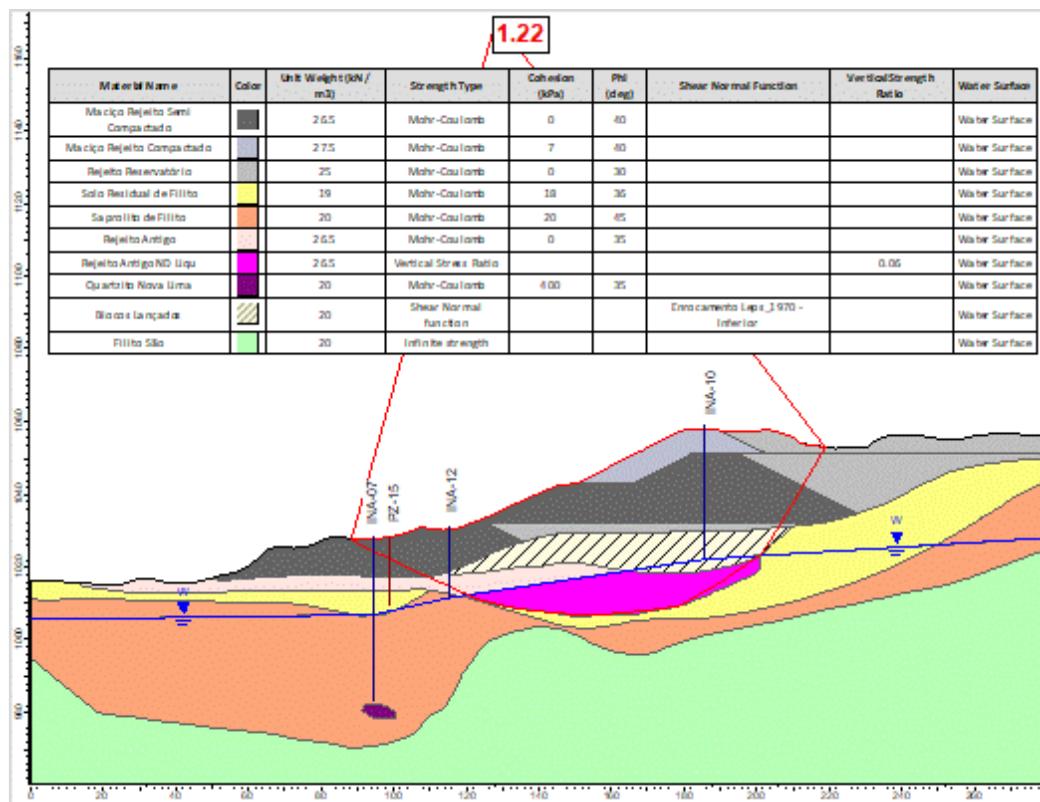


Figura 5.66 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/10/2025 – Razão de resistência não drenada liquefeito.

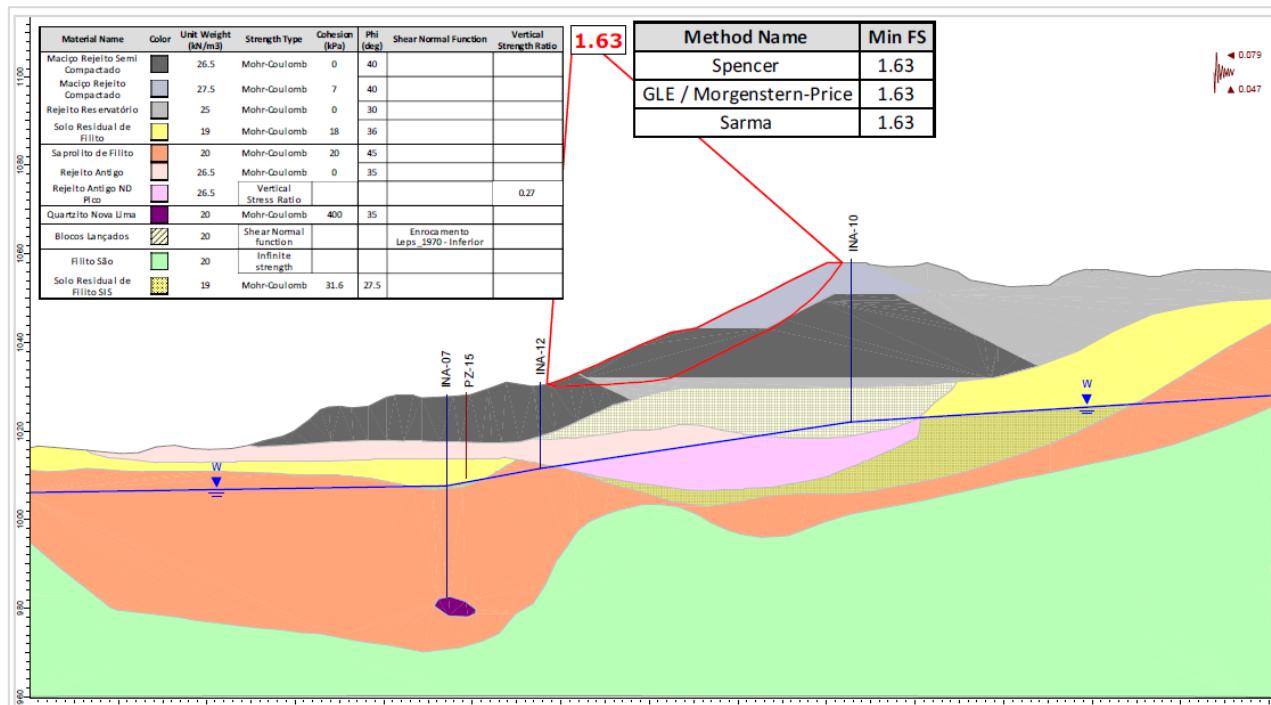


Figura 5.67 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/08/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

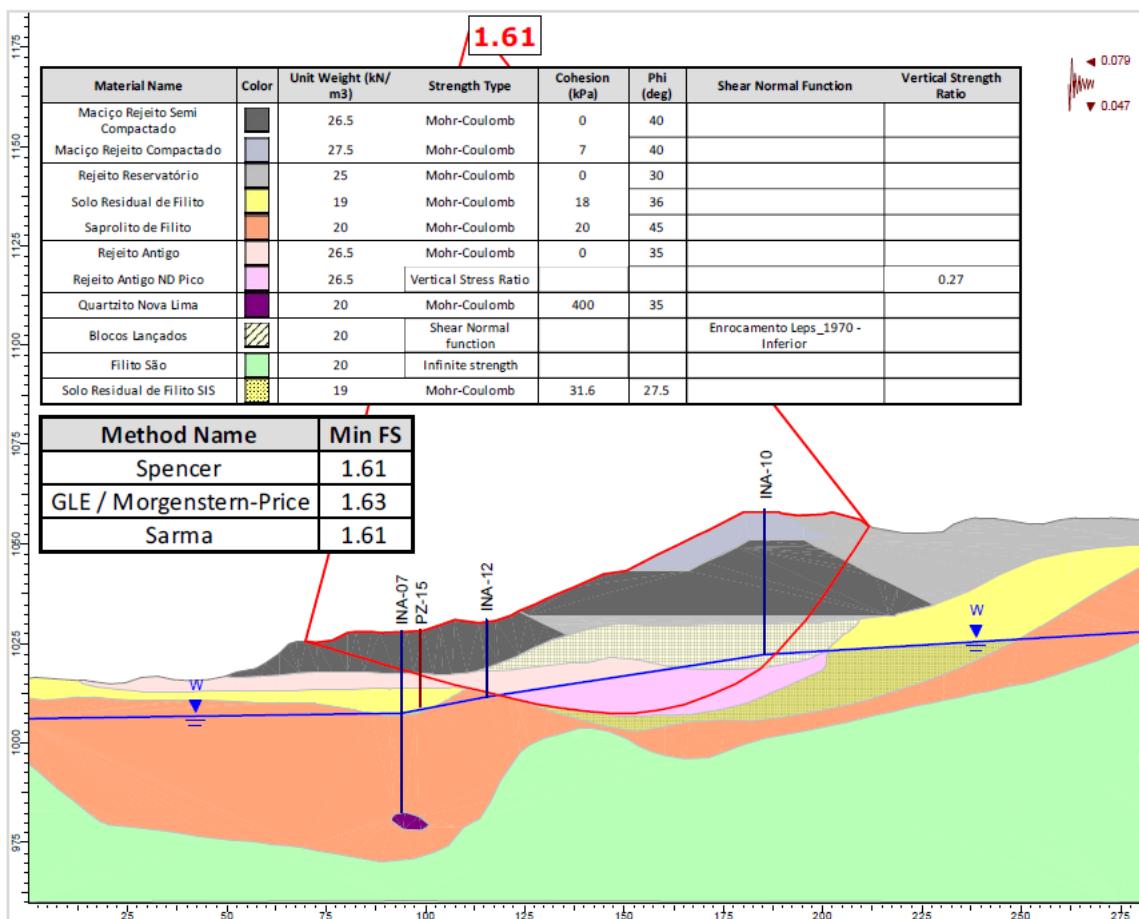


Figura 5.68 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 27/08/2025 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓

A seguir é apresentada a evolução dos fatores de segurança das análises de estabilidade realizadas para as três seções de controle da Barragem B1 – Mina Ipê, de 2021 até o final do período analisado neste relatório, outubro/2025.

RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

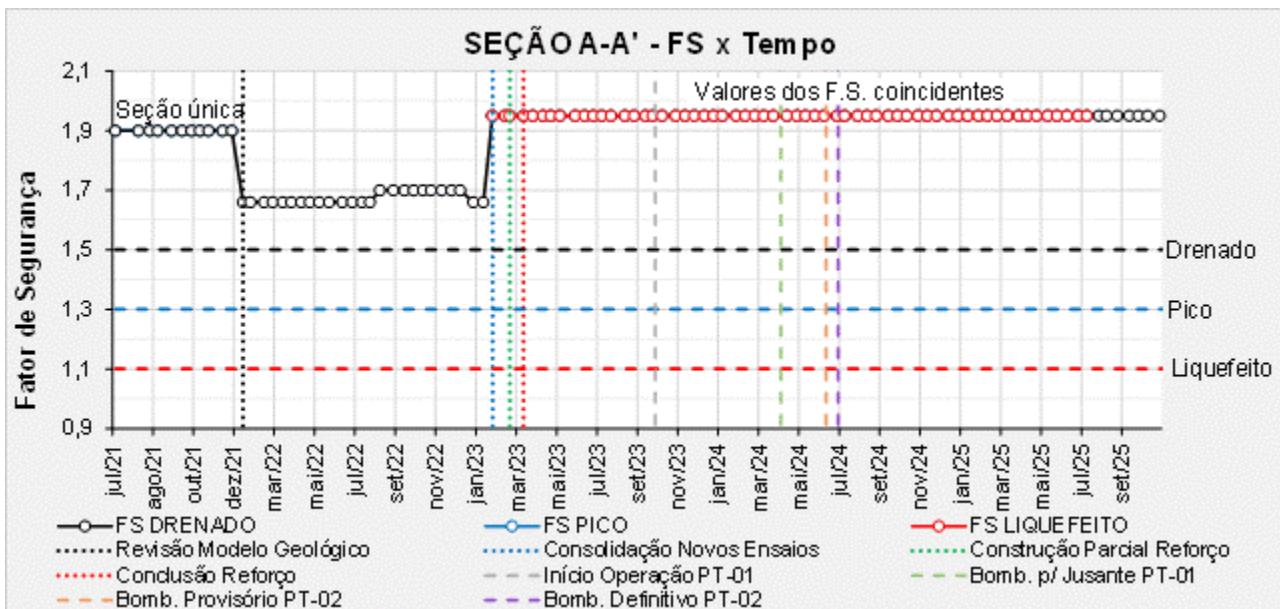


Figura 5.69 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade.

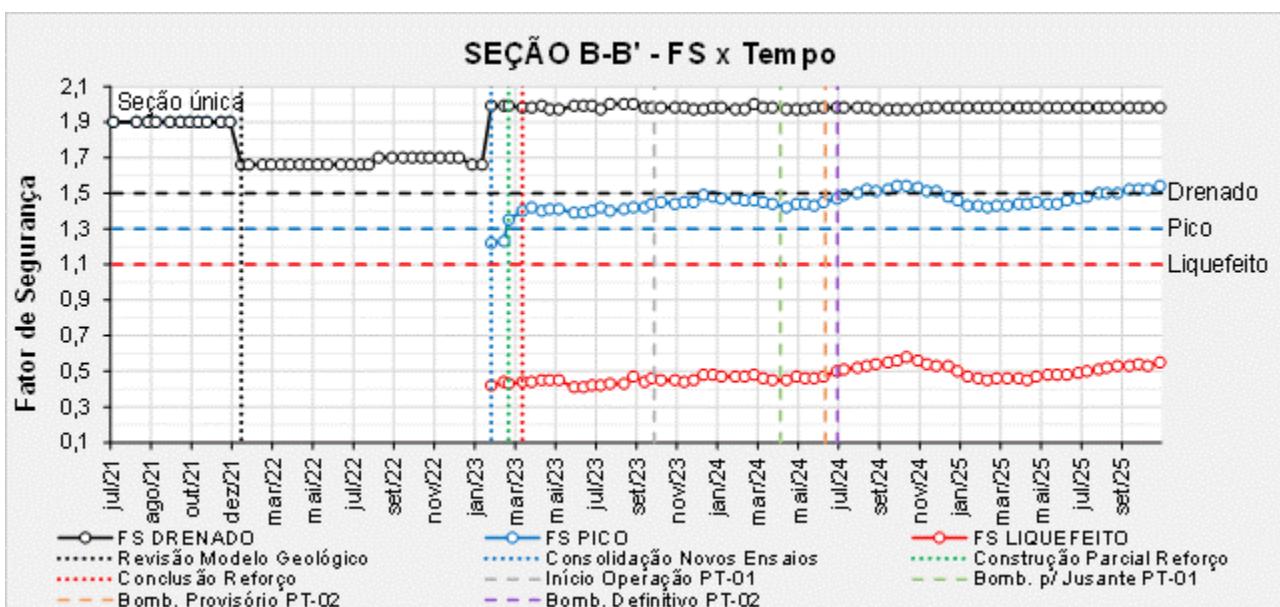


Figura 5.70 – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade.

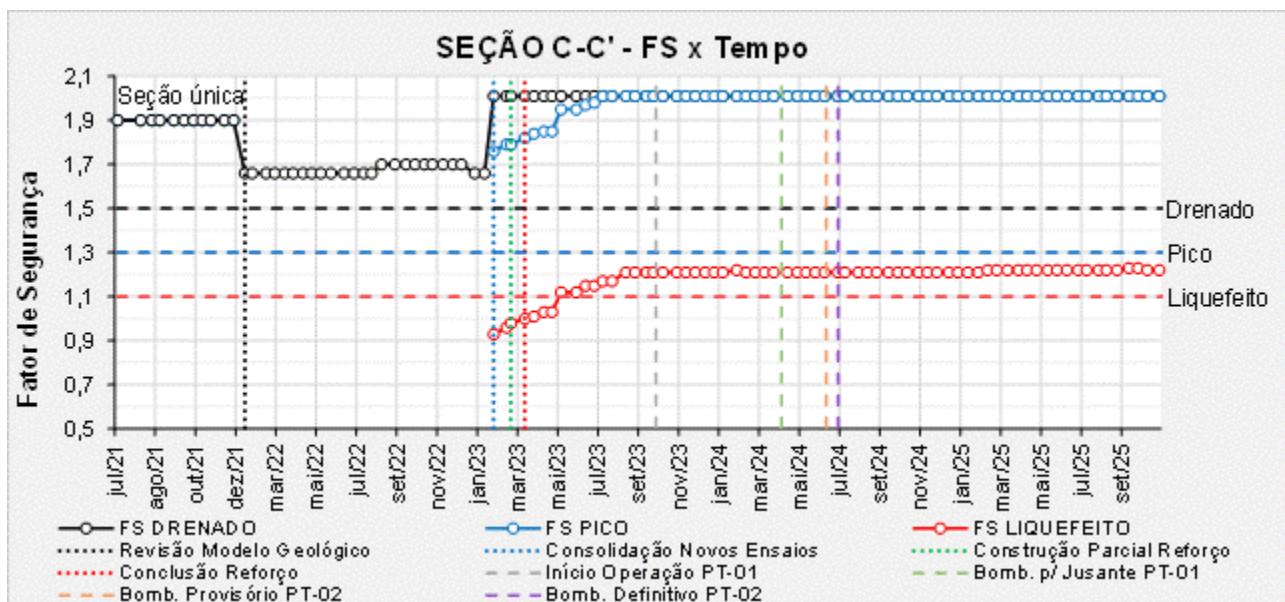


Figura 5.71 – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade.

5.7.5.6 Análise de Estabilidade 3D (Condição Rejeito Liquefeito)

Em novembro/2024, a TERRACOTA elaborou um estudo de estabilidade 3D da Barragem B1 – Mina Ipê, para verificar a influência do confinamento do vale no fator de segurança da estrutura considerando os rejeitos na condição liquefeita. A geometria da estrutura e estratigrafia da fundação foi obtida a partir da modelagem geológica 3D elaborada pela DF+ Engenharia em outubro de 2021 (ver documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.331).

O modelo geológico da DF+ foi desenvolvido a partir da interpretação das sondagens executadas em diversas campanhas de investigação geológico-geotécnicas realizadas na estrutura e em seu entorno. O reforço de enrocamento, construído após o trabalho da DF+, foi incluído ao modelo utilizando o levantamento “As Built” realizado pela MMI (CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg). Considerou-se as leituras dos instrumentos do dia 30/10/2024, para modelagem da superfície freática e os mesmos parâmetros de resistência adotados nas análises 2D.

Na Figura 5.51 é apresentada uma vista do modelo 3D no software Slide3.

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Name	Colour
Material 1	■
Maciço Rejeito Semi Compactado	■
Maciço Rejeito Compactado	■
Rejeito Reservatório	■
Rejeito Reservatório ND Liqu	■
Solo Residual de Filito	■
Saprolito de Filito	■
Rejeito Antigo	■
Rejeito Antigo ND Liqu	■
Filito São	■
Enrocamento Itabirito	■

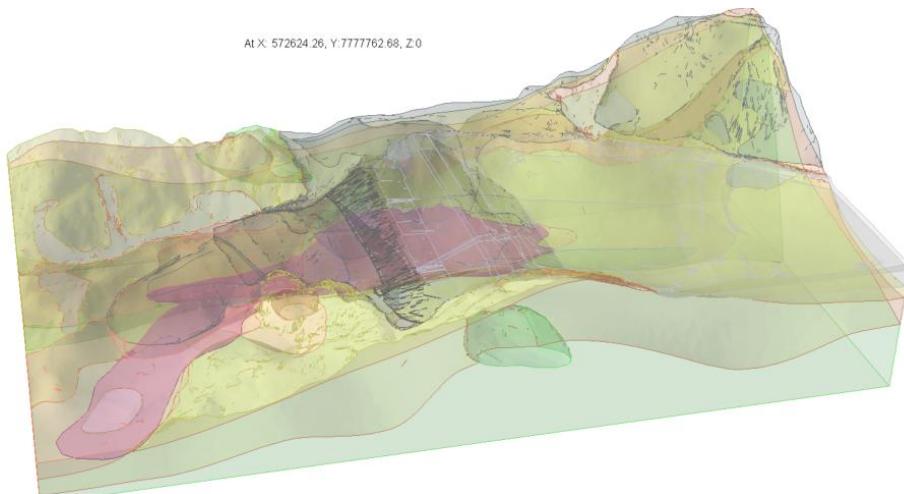


Figura 5.72 – Modelo 3D da Barragem B1 – Mina Ipê no software Slide3.

Para validação do modelo 3D, foi realizada uma análise de estabilidade 2D em uma seção retirada do modelo 3D na mesma posição da seção de controle B-B', utilizada regularmente nas análises quinzenais. Os fatores de segurança obtidos para as mesmas condições de contorno foram de 0,60 (seção retirada do modelo 3D) e 0,56 (seção 2D utilizada regularmente). A convergência dos fatores de segurança obtidos indica boa resposta do modelo 3D.

A análise de estabilidade 3D considerando as leituras da instrumentação do dia 30/10/2024 para condição não drenada liquefeita apresentou fator de segurança mínimo igual a 1,635. Como o rejeito antigo está localizado no fundo do talvegue da seção B-B', a cunha de ruptura em 3 dimensões intercepta materiais com comportamento dilatante, modelados a partir de seus parâmetros de resistência efetivos. Em três dimensões, a maior parcela da superfície de ruptura passa fora do volume de rejeito antigo presente na fundação da estrutura.

Name	Colour	Unit Weight (kN/m ³)	Water Surface	Failure Criterion	Cohesion (kPa)	P _u (T)	Vertical Stress Ratio	Minimum Shear Strength (kPa)	User Maximum Shear Strength	Allow sliding along boundary
Maciço Rejeito Semi Compactado	■	26.5	Water Table	Mohr Coulomb	0	40				
Maciço Rejeito Compactado	■	27.5	Water Table	Mohr Coulomb	7	40				
Rejeito Reservatório	■	29	Water Table	Mohr Coulomb	8	30				
Rejeito Reservatório ND Líquido	■	25	Water Table	Vertical Stress Ratio		0.1	0	No		
Solo Residual de Filto	■	19	Water Table	Mohr Coulomb	18	36				
Saprolito de Filto	■	29	Water Table	Mohr Coulomb	20	45				
Rejeito Antigo	■	26.5	Water Table	Mohr Coulomb	8	35				
Rejeito Antigo ND Líquido	■	26.5	Water Table	Vertical Stress Ratio		0.06	0	No		
Filto São	■	29	Water Table	Infinite Strength					Yes	
Enrocamento Itabirito	■	24	Water Table	Shear/Normal Function						

FS: 1.635

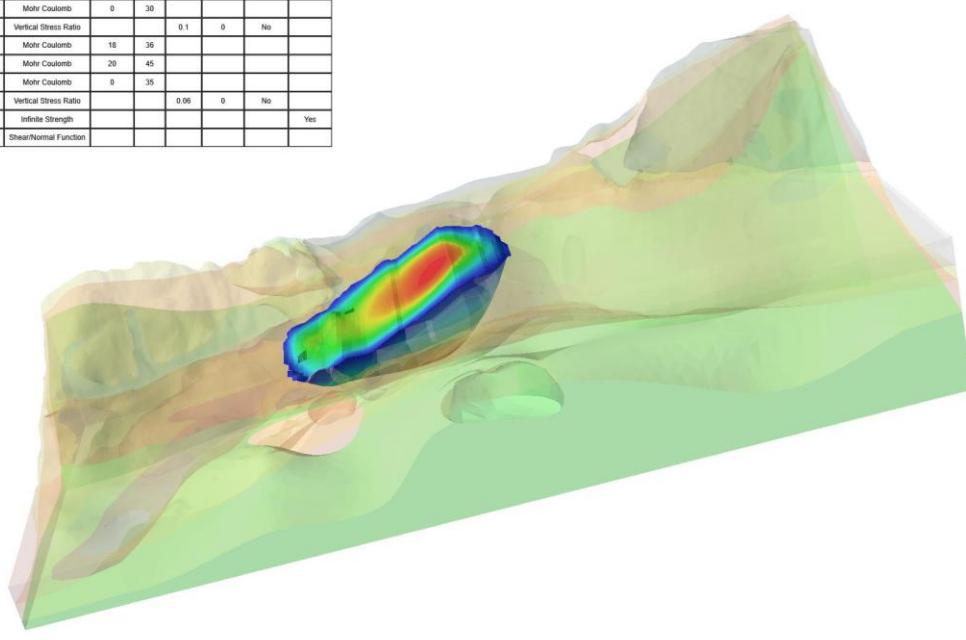


Figura 5.73 – Análise de estabilidade 3D – Rejeitos saturados na condição liquefeita - Vista do mapa de profundidade da superfície de ruptura crítica.

5.8 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

A descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio é definido pela empresa R3 Engenharia, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Os documentos comprobatórios foram enviados como Anexo D ao relatório trimestral de agosto, referente ao trimestre maio-julho/2025.

5.8.1 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.

Os documentos comprobatórios foram enviados como Anexo D ao relatório trimestral de agosto, referente ao trimestre maio-julho/2025.

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 1^a ou 2^a 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.

RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01



Foto 5-9 – Mosaico da aspersão das vias na Mineração Morro do Ipê.



Foto 5-10 – 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.

5.8.2 Monitoramento da Qualidade da Água

O monitoramento da qualidade da água a jusante da Barragem B1 Ipê, 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 14/05/2025; 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, os métodos utilizados em cada análise e as incertezas na medição. Importante destacar que a saída da barragem B1 Ipê onde é o ponto de coleta está seco, portanto, não apresenta dados na análise.

A MMI também realiza monitoramento da turbidez da água na saída da drenagem interna da barragem, com coleta diária de amostras por parte da equipe interna de monitoramento geotécnico.

O último relatório aprovado do trimestre em análise é referente ao mês de outubro/25, e os dados são apresentados na Tabela 5-12.

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Tabela 5-12 - Resultados da amostragem realizada no dia 06/10/2025 a jusante da Barragem B1 Ipê.

ANÁLISE	UNIDADE	LQ	LD	RESULTADO	VMP	MÉTODO
Condutividade (Campo)	µs/cm	0,6	0,18	(***)	--	SMEWW 2510 A
Cor Real	mg/L Pt/Co	5,0	1,5	(***)	--	SMEWW 2120 C
Materiais Flutuantes (Campo)	P/A	-	-	(***)	Virtualmente ausente	SMEWW 2110 A
pH (campo)	UpH	0,60 a 12,80	0,6	(***)	5,0 a 9,0	SMEWW 4500 H+ B
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	5,0	1,5	(***)	--	SMEWW 2540 C
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	1,0	0,0	(***)	máx. 1,0	SMEWW 2540 F
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	5,0	1,5	(***)	máx. 100	SMEWW 2540 D
Sólidos Totais	mg/L	5,0	1,5	(***)	--	SMEWW 2540 B
Surfactantes Aniônicos	mg/L	0,1	0,03	(***)	máx. 2,00	S.M.E.W.W - 5540 C
Temperatura da Amostra (campo)	°C	0	0	(***)	máx. 40,0	SMEWW 2550 B
Turbidez (campo)	NTU	1,0	0,3	(***)	--	SMEWW 2130 B
Sulfeto	mg/L	1,0	0,30	(***)	máx. 1,0000	SMEWW 4500 S2- F
DBO	mg O ₂ /L	2,0	0,6	(***)	máx. 60,0	S.M.E.W.W - 5210 B
DQO	mg O ₂ /L	4,8	0,48	(***)	máx. 180,0	S.M.E.W.W - 5220 D
Fenol Total	mg/L	0,002	0,0004	(***)	máx. 0,5000	SMEWW 5530 D
Óleos e Graxas (Animal e Vegetal)	mg/L	1,00	0,30	(***)	máx. 50,00	SMEWW 5520 B
Óleos e Graxas (Mineral)	mg/L	1,00	0,30	(***)	máx. 20,00	SMEWW 5520 B
Óleos e Graxas Visuais (Campo)	P/A	Ausência	Ausência	(***)	--	SMEWW 2110 - 2012
Ferro Dissolvido				(***)	máx. 15,0	SMEWW 3500 AI B
Manganês Solúvel	mg/L	0,05	0,01	(***)	máx. 1,00	SMEWW 3500 Mn B
Determinação Quantitativa de Coliformes Totais	NMP/100mL	1,0	1,0	(***)	--	SMEWW 9223 B e SMEWW 9221 B,C
Escherichia coli Quantitativo	NMP/100mL		1	(***)	--	SMEWW 9223 B e SMEWW 9221 B,C, F
Streptococcus Fecais Quantitativo	NMP/100mL	< 1,0	-	(***)	--	SMEWW 9230 D e C

(***) Não foi possível realizar a coleta e posteriormente a análise, devido ao ponto estar seco.

5.8.3 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 5-13 são apresentados os métodos de referência adotados no monitoramento.

RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Tabela 5-13 – 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/m ³
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/m ³
PM2,5	PN039	Amostragem e determinação de PM10, PM2,5 e metais em gases e poluentes da atmosfera	2 µg/m ³

Os índices obtidos são avaliados de acordo com IQAR – Índice de Qualidade do Ar (Tabela 5-14), estruturado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM).

Tabela 5-14 – Estrutura do IQAR - FEAM.
(Fonte: Relatório Técnico de Monitoramento Técnico da Qualidade do Ar – out/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/m ³)	0 – 50	>50 – 100	>100 – 150	>150 – 250	>250
PM2,5 (µg/m ³)	0 – 25	>25 – 50	>50 – 75	>75 – 125	>125
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 5-15:

Tabela 5-15 – Padrões de Qualidade do Ar – CONAMA 506/24.
(Fonte: Relatório Técnico de Monitoramento Técnico da Qualidade do Ar)

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:

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Tabela 5-16 – Pontos de monitoramento da qualidade do ar.

PONTO	REFERÊNCIA	COORDENADAS UTM SIRGAS2000 (m)	
		E	N
P-01	Casa do João Batista - SJB	575.253,878	7.778.440,798
P-02	Sítio do Sr. Ronaldo - BRU	571.565,954	7.774.038,958
P-03	E.M. Maria das Graças Dias Maldonado - SJB	574.060,984	7.778.309,007
P-04	Projeto Voluntários da Esperança - IGA	573.527,732	7.775.081,036

**Figura 5.74** – Ponto P-01 – Casa do João Batista - SJB.**Figura 5.75** – Ponto P-02 – Sítio do Sr. Ronaldo – BRU.**Figura 5.76** – Ponto P-03 – E.M. Maria das Graças Dias Maldonado - SJB.**Figura 5.77** – Ponto P-04 – Projeto Voluntários da Esperança - IGA.

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01



Figura 5.78 – Localização dos pontos de monitoramento de qualidade do ar. Fonte: ECOAR 2025.

Conforme apresentado na conclusão do relatório de ensaio da ECOAR nº AR979-25, referente ao mês de outubro/2025, foram realizadas coletas com intervalos de 5 (cinco) 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 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.

5.8.4 Controle de Emissão de Gases Poluentes

5.8.4.1 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.

5.8.4.2 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 5-11 – Monitoramento em equipamento com escala.



Foto 5-12 – 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.

5.8.5 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”, 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.

RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

A Tabela 5-17 e a Figura 5.79 apresentam as locações dos pontos de monitoramento de ruído e vibração.



Figura 5.79 – Localização dos pontos de monitoramento de ruído e vibração. Fonte: ECOAR 2025.

Tabela 5-17 – 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 Elevato	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

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.

5.8.5.1 Ruídos Ambientais

A Tabela 5-18 apresenta os limites de níveis de pressão sonora (RL_{Aeq}) para cada tipo de área habitada.

Tabela 5-18 – 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 30 e 31 de outubro de 2025.

Tabela 5-19 – 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)	$L_{Aeq,T}$	L_{Aeq} (esp.) ⁽²⁾	Limite ⁽³⁾
						dB	dB	
RV01	30/10/25	14:24	0,9	10:00	46,2	46,2 ⁽¹⁾	-	40,0
RV02	31/10/25	08:22	0,9	10:00	39,5	39,5 ⁽¹⁾	-	40,0
RV03	31/10/25	08:56	0,6	10:00	44,8	44,8 ⁽¹⁾	-	55,0
RV04	30/10/25	15:01	0,9	10:00	41,4	41,4 ⁽¹⁾	-	70,0
RV05	31/10/25	08:41	0,7	10:00	39,8	39,8 ⁽¹⁾	-	55,0
RV06	31/10/25	09:14	0,8	10:00	44,6	44,6 ⁽¹⁾	-	40,0
RV07	31/10/25	09:37	0,9	10:00	42,5	42,5 ⁽¹⁾	-	40,0
RV08	30/10/25	15:21	0,8	10:00	38,9	38,9 ⁽¹⁾	-	55,0
RV09	30/10/25	15:35	0,8	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 a Observação ⁽¹⁾, não houve influência do empreendimento para os níveis de pressão sonora locais.

⁽²⁾ Conforme mencionado no Tópico 5, quando o $L_{Aeq,T(total)}$ medido for superior ao limite RL_{Aeq} para a área e o horário em questão, estabelecido na Tabela 4.1, 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.

RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Tabela 5-20 – 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	
RV01	30/10/25	00:13	0,7	10:00	37,7	37,7 ⁽¹⁾	-	35,0
RV02	30/10/25	22:20	0,9	10:00	41,7	41,7 ⁽¹⁾	-	35,0
RV03	30/10/25	22:35	0,9	10:00	37,6	37,6 ⁽¹⁾	-	50,0
RV04	30/10/25	00:56	0,8	10:00	41,3	41,3 ⁽¹⁾	-	60,0
RV05	30/10/25	23:15	0,8	10:00	38,2	38,2 ⁽¹⁾	-	50,0
RV06	30/10/25	22:49	0,8	10:00	37,8	37,8 ⁽¹⁾	-	35,0
RV07	30/10/25	22:37	0,6	10:00	33,6	33,6 ⁽¹⁾	-	35,0
RV08	31/10/25	00:02	0,7	10:00	39,3	39,3 ⁽¹⁾	-	50,0
RV09	31/10/25	00:16	0,8	10:00	34,9	34,9 ⁽¹⁾	-	50,0

⁽¹⁾ Não foi captado pelo medidor de pressão sonora nenhum tipo de ruído proveniente do empreendimento, e, portanto, os valores de som residual (L_{res})

são iguais aos valores de L_{Aeq} . Com isso, constata-se que, nos pontos marcados com a Observação⁽¹⁾, não houve influência do empreendimento para os níveis de pressão sonora locais.

⁽²⁾ Conforme mencionado no Tópico 5, quando o $L_{Aeq,T}$ (total) medido for superior ao limite RL_{Aeq} para a área e o horário em questão, estabelecido na Tabela 4.1, 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.

A partir dos resultados obtidos nos dias de estudo da pressão sonora, nos pontos determinados, a ECOAR emitiu o seguinte parecer na conclusão do relatório do mês de outubro/2025:

- Os resultados obtidos para o monitoramento de pressão sonora **estão em conformidade** com o limite definido pela ABNT NBR 10151:2019.

Em relação aos pontos que constam a observação⁽¹⁾, conforme mencionado na Tabela 5-19 e Tabela 5-20, 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} .

5.8.5.2 Vibrações

A Tabela 5-21 apresenta os limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de frequência.

Tabela 5-21 – 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

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

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 30 e 31 de outubro de 2025.

Tabela 5-22 – 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	30/10/25	14:24	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV02	31/10/25	08:22	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV03	31/10/25	08:56	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV04	30/10/25	15:01	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV05	31/10/25	08:41	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV06	31/10/25	09:14	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV07	31/10/25	09:37	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV08	30/10/25	15:21	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV09	30/10/25	15:35	< 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 5-23 – 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	30/10/25	00:13	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV02	30/10/25	22:20	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV03	30/10/25	22:35	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV04	30/10/25	00:56	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV05	30/10/25	23:15	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV06	30/10/25	22:49	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

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)		
RV07	30/10/25	22:37	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV08	31/10/25	00:02	< 0,13	-	< 0,13	-	< 0,13	-	< 100	-
RV09	31/10/25	00:16	< 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%.

A partir dos resultados obtidos nos dias de estudo da pressão sonora, nos pontos determinados, a ECOAR emitiu o seguinte parecer na conclusão do relatório do mês de outubro/2025:

Comparando os resultados encontrados nesse monitoramento com o limite estabelecido pela norma brasileira ABNT NBR 9653:2018, conclui-se que os maiores valores de Velocidade de Vibração de Partícula de Pico e Pressão Acústica encontrados nos pontos monitorados durante as atividades da MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S/A **estão em conformidade** com os limites definidos pela referida norma.

5.8.6 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.

5.8.7 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.

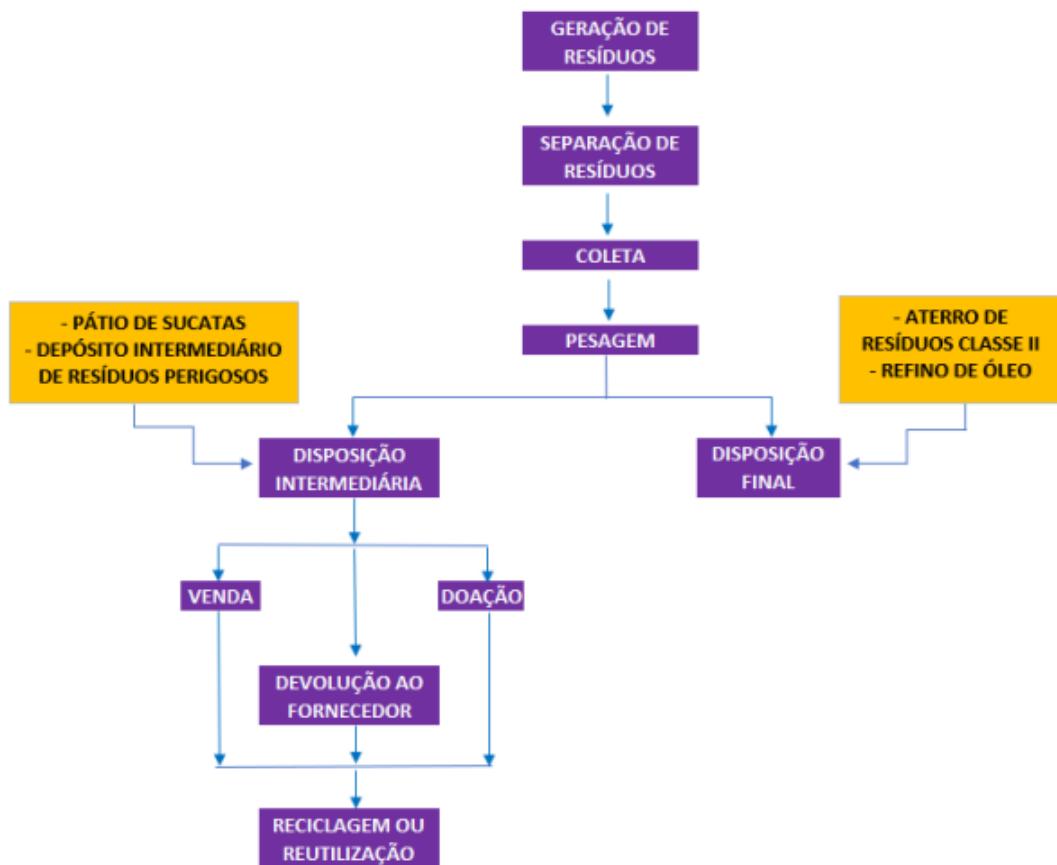


Figura 5.80 – Fluxograma de gerenciamento de resíduos.

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.

5.9 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

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

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

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

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

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

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

anterior, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista que permita autorizar o retorno das atividades.

5.9.1 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.20.1142) para as configurações nas etapas 12, 21 e 22 definidas em projeto.

Tendo em vista a evolução das obras de descaracterização, que consiste na remoção dos maciços, na última etapa modelada (Etapa 22), os fatores de segurança alvo não puderam ser atingidos, tendo em vista a baixa elevação da estrutura. Na seção de controle A-A', inclusive, existe material de aterro do dique de partida, porém confinado na geometria do terreno natural, sem talude para ser analisado. Nesses casos, os níveis de controle foram definidos a partir dos valores obtidos na análise da etapa anterior analisada (Etapa 21), aplicando-se um aumento de saturação dos maciços quando possível e reconformando a superfície freática nos pontos onde o maciço foi escavado.

O sistema de bombeamento atualmente existente na Barragem B1 – Mina Ipê será mantido durante a realização das obras de descaracterização. Ainda assim, para efeito de elaboração da carta de risco, considerou-se a possibilidade da subida do nível d'água até a elevação do emboque do sistema extravasor, caso fosse necessário para se atingir os fatores de segurança alvo dos níveis de controle. Essa condição tem caráter conservador, tendo em vista que a barragem estará em melhores condições no campo e dificilmente atingirá os níveis estabelecidos. Na Etapa 21, o emboque do extravasor será rebaixado para El. 1045,66 m.

Especialmente na seção C-C', os limites de busca da superfície de ruptura foram ajustados para “entrada e saída”, pois a busca livre estava resultando em superfícies de ruptura localizadas, não representativas da ruptura global buscada na elaboração da carta de risco. Condição similar ocorreu para seção B-B', porém somente a partir da Etapa 22.

Alguns dos instrumentos instalados na área da Barragem B1 – Mina Ipê 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 5-24 apresenta a listagem dos instrumentos que se encontram nas condições supracitadas.

Tabela 5-24 – Instrumentos de hidrogeologia e instrumentos curtos.

Instrumentos da hidrogeologia	INA-08, PZ-07, PZ-08, PZ-16 e PZ-17
Instrumentos curtos	INA-03, INA-04 e INA-05

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 efeito de 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 aqui apresentados.

A Tabela 5-25 apresenta os níveis de controle definidos para a instrumentação instalada na Barragem B1 – Mina Ipê, considerando as fases 12, 21 e 22 do projeto de descaracterização da estrutura.

RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Tabela 5-25 – Projeto de Descaracterização – Níveis de controle da instrumentação da Barragem B1 – Mina Ipê.

Instrumento	Cota de Fundo (m)	Níveis de Controle											
		Etapa 12				Etapa 21				Etapa 22			
		Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SE MAD FEAM (m)	Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SE MAD FEAM (m)	Atenção (m)	Alerta (m)	Emerg. (m)	SE MAD FEAM (m)
INA-01	1.031,90	1.032,40	1.032,70	1.037,25	1.032,40	1.034,50	1.035,50	1.038,75	1.032,50	NE	NE	NE	NE
INA-02	1.031,64	1.037,50	1.038,50	1.045,00	1.035,50	1.040,50	1.043,00	1.045,50	1.036,00	NE	NE	NE	NE
INA-03	1.029,46	1.029,96	1.030,26	1.031,46	1.029,96	1.029,96	1.030,26	1.031,50	1.029,96	NE	NE	NE	NE
INA-03A	1.015,09	1.026,50	1.028,50	1.031,00	1.025,50	1.029,00	1.029,75	1.031,50	1.027,00	1.028,25	1.029,00	1.030,00	1.030,00
INA-04	1.033,25	1.033,75	1.034,05	1.040,00	1.033,75	1.033,75	1.038,00	1.041,00	1.033,75	NE	NE	NE	NE
INA-05	1.022,17	1.022,67	1.025,00	1.033,50	1.022,67	1.027,00	1.031,00	1.034,00	1.022,67	NE	NE	NE	NE
INA-06	1.021,78	1.037,50	1.038,50	1.045,00	1.035,50	1.040,50	1.043,00	1.045,50	1.036,00	1.028,25	1.029,00	1.030,00	1.030,00
INA-07	982,66	1.018,00	1.022,00	1.026,00	1.012,00	1.023,00	1.026,00	1.027,00	1.015,00	1.022,50	1.025,50	1.026,50	1.016,50
INA-08	959,70	Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico			
INA-09	1.006,41	1.026,00	1.028,00	1.040,00	1.012,00	1.033,00	1.038,00	1.041,00	1.013,00	1.026,50	1.027,00	1.027,50	1.017,50
INA-10	1.022,06	1.031,00	1.034,50	1.039,50	1.024,50	1.033,50	1.036,50	1.039,50	1.024,00	1.029,75	1.030,50	1.031,00	1.024,00
INA-11	1.000,00	1.016,00	1.023,00	1.028,50	1.000,50	1.022,00	1.026,00	1.028,50	1.003,00	1.027,00	1.029,00	1.031,00	1.007,00
INA-12	1.011,45	1.020,00	1.024,00	1.028,50	1.013,50	1.024,00	1.027,00	1.028,50	1.016,50	1.024,00	1.027,00	1.028,50	1.017,50
INA-13	992,35	1.012,00	1.017,00	1.021,00	998,50	1.016,00	1.018,00	1.021,00	1.000,00	1.017,50	1.019,50	1.021,50	1.004,00
INA-14	990,01	1.010,50	1.013,00	1.016,00	998,00	1.012,00	1.013,50	1.017,00	999,50	1.012,00	1.014,00	1.016,00	1.003,50
PZ-01	999,45	1.026,00	1.028,00	1.040,00	1.011,50	1.033,00	1.038,00	1.041,00	1.013,00	1.026,50	1.027,00	1.027,50	1.017,50
PZ-02	1.022,79	1.037,50	1.038,50	1.045,00	1.035,50	1.040,50	1.043,00	1.045,50	1.036,00	1.028,25	1.029,00	1.030,00	1.030,00
PZ-03	1.021,30	Instrumentos fora das seções				Instrumentos fora das seções				Instrumentos fora das seções			

RELATÓRIO TÉCNICO

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

IPE.OP.RL.8000.GT.20.1354 - Revisão 01

Instrumento	Cota de Fundo (m)	Níveis de Controle											
		Etapa 12				Etapa 21				Etapa 22			
		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-04	1.022,01	Instrumentos fora das seções				Instrumentos fora das seções				Instrumentos fora das seções			
PZ-05	991,86	1.022,50	1.025,00	1.033,50	1.004,50	1.027,00	1.031,00	1.034,00	1.005,50	NE	NE	NE	NE
PZ-06	998,06	1.022,50	1.025,00	1.033,50	1.004,50	1.027,00	1.031,00	1.034,00	1.005,50	NE	NE	NE	NE
PZ-07	991,96	Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico			
PZ-08	974,20	Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico			
PZ-09	1.017,02	1.030,50	1.032,00	1.036,50	1.029,50	1.033,50	1.034,50	1.037,75	1.032,00	1.028,25	1.029,00	1.030,00	1.030,00
PZ-10	1.025,47	1.030,50	1.032,00	1.036,50	1.029,50	1.033,50	1.034,50	1.037,75	1.032,00	1.028,25	1.029,00	1.030,00	1.030,00
PZ-11	982,30	1.016,00	1.023,00	1.028,50	1.000,50	1.022,00	1.026,00	1.028,50	1.003,00	1.027,00	1.029,00	1.031,00	1.007,00
PZ-12	1.010,87	1.026,00	1.028,00	1.030,00	1.025,00	1.028,25	1.029,00	1.030,75	1.026,50	1.028,25	1.029,00	1.030,00	1.030,00
PZ-13	1.024,15	1.026,00	1.028,00	1.030,00	1.025,00	1.028,25	1.029,00	1.030,75	1.026,50	1.028,25	1.029,00	1.030,00	1.030,00
PZ-14	989,66	1.016,00	1.023,00	1.028,50	1.000,50	1.022,00	1.026,00	1.028,50	1.003,00	1.027,00	1.029,00	1.031,00	1.007,00
PZ-15	1.009,29	1.018,00	1.022,00	1.026,00	1.012,00	1.023,00	1.026,00	1.027,00	1.015,00	1.023,00	1.026,00	1.027,00	1.016,75
PZ-16	1.010,14	Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico			
PZ-17	997,21	Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico				Instrumentos de monitoramento hidrogeológico			
PZ-18	1.008,03	Instrumentos fora das seções				Instrumentos fora das seções				Instrumentos fora das seções			
PZ-19	993,08	1.012,00	1.017,00	1.020,50	998,50	1.014,00	1.016,00	1.021,00	1.000,00	1.017,50	1.019,50	1.021,50	1.004,00
PZ-20	1.006,06	1.026,00	1.028,00	1.040,00	1.012,00	1.027,00	1.029,00	1.041,00	1.013,00	1.026,50	1.027,00	1.027,50	1.017,50

5.10 Rotina de Monitoramento

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

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

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

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

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

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

6. Obras de Descaracterização

A fase atual da descaracterização da Barragem B1 Ipê compreende serviços preliminares, com previsão de início das obras para 06/04/2026 a partir da regularização do talude norte, conforme pode ser observado no cronograma da Figura 5.10.

6.1 Medidas adotadas para a remoção do maciço e reservatório

A sequência de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê engloba, de forma resumida: a escavação parcial do rejeito do reservatório; a escavação total do maciço do 2º alteamento e parcial do maciço do 1º alteamento com a construção de um novo sistema extravasor intermediário provisório; a escavação do restante do rejeito do reservatório, dos dois maciços remanescentes (1º alteamento e dique de partida), remoção do aterro de blocos do reforço a jusante e escavação do rejeito antigo na fundação; construção de um sump para contenção de sedimentos, revestimento da calha do talvegue e revegetação dos taludes do reservatório.

A sequência apresentada abaixo poderá ser alterada, com aval da empresa projetista, no caso de ocorrerem atrasos na obra que impliquem a criação de uma nova fase intermediária com necessidade de adequação do sistema extravasor.

A execução de todas as fases e etapas previstas no projeto deverá obedecer à sequência construtiva descrita a seguir:

Serviços preliminares

- 1.1. Locação e demarcação das obras de descaracterização;
- 1.2. Operação do poço de bombeamento para rebaixamento da superfície freática até a elevação definida em projeto (ver item 13.1), a ser checado pela instrumentação de controle implantada na estrutura;

Regularização do Talude Norte

- 1.3. Planejamento e Projeto;
- 1.4. Preparação;
- 1.5. Retaludamento;
- 1.6. Drenagem e proteção superficial;

Fase 1 – Remoção parcial do rejeito do reservatório

- 2.1. Execução de sump, localizado na porção de montante do reservatório, escavado no próprio rejeito, com base na elevação 1051,50 m;
- 2.2. Remoção do rejeito do reservatório em camada de 2,0 m de espessura, com declividade direcionada no sentido montante e platô final na elevação 1053,0 m. A remoção do rejeito deverá ser executada em uma faixa de extensão de 100 m, contados a partir do sump executado;
- 2.3. Deslocamento e aprofundamento do sump existente em 2,0 m, também a partir de remoção do rejeito, até a elevação 1049,50;
- 2.4. Repetir item 2.2 e item 2.3 até o rejeito atingir a elevação 1.041,40 m;

Fase 2 – Primeiro rebaixamento do maciço

- 3.1. Demolição do emboque do canal extravasor existente;
- 3.2. Demolição / retirada da descida d'água da ombreira direita;
- 3.3. Demolição / retirada da instrumentação de controle instalada na crista da barragem;
- 3.4. Escavação do maciço até elevação 1.046,50 m;
- 3.5. Construção de novo emboque para o sistema extravasor interligado ao canal rápido existente;
- 3.6. Reinstalação dos instrumentos de controle da saturação do rejeito antigo retirados na etapa 3.3 (INA-09, INA-10 e PZ-20), caso seja necessário;

Fase 3 – Remoção do restante do rejeito do reservatório

- 4.1. Execução de sump, localizado na porção de montante do próprio reservatório, com base na elevação 1037,70 m;
- 4.2. Remoção do rejeito do reservatório em camada de 2,0 m de espessura, com declividade direcionada no sentido de montante e platô na elevação 1040,00 m. A remoção do rejeito deverá ser executada em uma faixa de extensão de 100 m, contados a partir do sump executado;
- 4.3. Aprofundamento do sump existente em 2,0 m, até a elevação 1035,70;
- 4.4. Repetir item 4.2 e item 4.3 até promover a remoção completa do rejeito do reservatório fora da projeção do 1º alteamento;

Fase 4 – Remoção do maciço do 1º alteamento

- 5.1. Demolição do emboque do canal extravasor existente;
- 5.2. Demolição / retirada da descida d'água e canaletas existentes na berma El. 1.041,0 m;

- 5.3. Demolição / retirada da instrumentação de controle instalada na crista da barragem e na berma El. 1.041,0 m;
- 5.4. Remoção do maciço do 1º alteamento;

Fase 5 – Remoção do restante dos rejeitos

- 6.1. Remoção do aterro em blocos do reforço de jusante para bota-espera;
- 6.2. Remoção do rejeito do reservatório e do maciço inicial em camada de 2,0 m de espessura, com declividade direcionada no sentido de montante e platô na elevação 1027,90 m e declividade para montante. O maciço deverá ter platô sempre 2,0 m mais elevado que o nível do rejeito;
- 6.3. Repetir item 6.2 até o rejeito atingir elevação 1.014,20 m;
- 6.4. Prosseguir com a escavação dos rejeitos a cada 2,0 m, agora com declividade de 3,0% para o sentido de jusante, até atingir a elevação 1.004,30 m;
- 6.5. Construção de sump na região de jusante para clarificação da água de chuva incidente na bacia da barragem descaracterizada;
- 6.6. Revestimento do talvegue e do sump com enrocamento de diâmetro > 40 cm, utilizando materiais escavados na fundação e complementado com os blocos advindos do aterro de reforço;
- 6.7. Proteção do restante da área do reservatório escavado a partir do plantio de vegetação.

De acordo com os volumes previstos para cada fase da obra de descaracterização, considerando ainda as taxas médias necessárias de remoção para atendimento ao projeto, têm-se a seguinte distribuição dos volumes a serem escavados para atendimento ao prazo previsto de dois períodos secos, conforme apresentado na Tabela 6-1. O período de obra será compreendido entre Abril-Setembro (Seco) com paralisação entre os meses Outubro-Março (Chuvoso). Tal determinação se dá pela alta incidência de chuvas na região onde está localizada a barragem no período considerado.

Tabela 6-1 - Cenário de Descaracterização – Período Seco

Barragem B1 – Mina Ipê							
Cenário da descaracterização em um período estimado de 2 anos.							
Mês	ANO 1						Total Anual
	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	
Volume (m ³)	84.202	84.202	84.202	84.202	84.202	84.202	505.212
Total acumulado	84.180	168.404	252.606	336.808	421.010	505.212	

Mês	ANO 2						Total Anual
	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	
Volume (m ³)	99.263	99.263	99.263	99.263	99.263	99.262	595.577
Total acumulado	604.475	703.738	803.001	902.264	1.015.527	1.100.789	

Tabela 6-2 - Cenário de Descaracterização – Período Chuvisco

Barragem B1 – Mina Ipê							
Período chuvoso – Paralisação das obras							
Mês	ANO 1						Total Anual
	JAN	FEV	MAR	OUT	NOV	DEZ	
Volume (m ³)	-	-	-	-	-	-	505.212
Total acumulado	-	-	-	505.212	505.212	505.212	

ANO 2							Total Anual
Mês	JAN	FEV	MAR	OUT	NOV	DEZ	
Volume (m ³)	-	-	-	-	-	-	595.577
Total acumulado	505.212	505.212	505.212	1.100.789	1.100.789	1.100.789	

6.2 Caracterização das áreas disponíveis para disposição

No que diz respeito ao item “Descrições das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas”, destaca-se que a barragem será completamente removida e todo o rejeito reaproveitado, portanto não haverá áreas de empréstimo ou bota-fora, mas sim área de bota-espera. As alternativas propostas para disposição estão determinadas na Figura 6.1. Será definido à época das obras o destino final dos materiais à medida que ocorrerem as escavações dos rejeitos do reservatório, dos maciços e das fundações e sua forma de disposição, quer seja compactada, semi-compactada ou em bota-espera para reprocessamento e aproveitamento econômico.

O projeto considera que a atividade de desmonte mecânico deverá ocorrer sem grandes dificuldades na parte superior do reservatório, podendo apresentar algum incremento de dificuldade à medida que se aprofundam as escavações e na parte inferior do reservatório próximo à elevação final prevista para remoção. Não se descarta, porém, a necessidade de utilizar a área do próprio reservatório para o empilhamento temporário do rejeito (“tombo”) para acelerar o deságue do material antes do transporte até as áreas disponibilizadas na mina ou até as pilhas temporárias de alimentação das plantas.

As áreas indicadas no estudo de alternativas para disposição dos materiais a serem escavados estão localizadas na região das Minas Tico-Tico e Ipê, como pode ser verificado na Figura 6.1, sendo a Alternativa 05 a mais provável de escolha, pela proximidade com a barragem B1 Ipê.



Figura 6.1 - Localização das alternativas para disposição de rejeitos filtrados e estéreis.

6.3 Estabilidade Física e Química das estruturas remanescentes

6.3.1 Estabilidade Física

No contexto do processo de descaracterização da barragem, embora o maciço e o reservatório sejam completamente removidos, permanecem áreas adjacentes que exigem atenção quanto à estabilidade física, especialmente as encostas. Para garantir a segurança geotécnica de longo prazo dessas áreas, tanto durante as obras de descaracterização, quanto após o processo, está em processo de estudos um projeto específico de estabilização de encostas, conduzido pela empresa Terracota, que contemplará soluções técnicas adequadas para estabilidade dessas áreas.

Atualmente, as encostas já são monitoradas com prismas, que permitem o acompanhamento de deslocamentos superficiais com alta precisão. Esse monitoramento será contínuo durante a descaracterização e no período pós-obra.

Ademais, a região é monitorada com o videomonitoramento SEMPRE, permitindo o acompanhamento contínuo das estruturas por meio de câmeras estrategicamente posicionadas. Ele oferece monitoramento em tempo real, com transmissão de imagens para o CMG, garantindo

maior agilidade na detecção de anomalias visuais, movimentações ou situações que possam indicar riscos.

Esse sistema complementa outras ferramentas de instrumentação e inspeção, proporcionando redundância e confiabilidade no processo de vigilância. Além disso, possibilita o registro histórico das imagens, permitindo análises posteriores e suporte à tomada de decisão

6.3.2 Estabilidade Química

Considerando que o projeto de descaracterização da barragem prevê a remoção integral de 100% do maciço e do reservatório, não permanecerão estruturas físicas ou rejeitos que possam representar risco químico residual na área. Dessa forma, entende-se que a exigência estabelecida no item “VII.c)” do Termo de Referência será plenamente atendida pela própria natureza da solução adotada.

Os rejeitos dispostos na barragem não representam perigo de contaminantes ao solo como metais pesados ou drenagem ácida, os quais poderiam comprometer a qualidade do solo ou da água no entorno. Além disso, a área será submetida a processo de reabilitação ambiental, com recomposição do solo e revegetação, utilizando materiais inertes e compatíveis com a estabilidade geoquímica da região.

Ainda que não haja estruturas remanescentes que demandem controle químico, nem exigência legal de monitoramento pós-obra segundo a Resolução ANM 95/2022, pois a descaracterização considera a remoção completa de reservatório e maciço, será mantido um plano de monitoramento pós-obra de 2 anos, com análises periódicas da qualidade da água e do solo realizados por empresa externa contratada, a fim de comprovar a ausência de impactos químicos e garantir a segurança ambiental da área reabilitada.

6.4 Protocolos Adotados para Garantia da Segurança dos Trabalhadores Durante as Obras

A Mineração Morro do Ipê possui um trâmite rígido de treinamentos teóricos e práticos para capacitação e mobilização dos empregados envolvidos na obra de descaracterização. São adotadas as seguintes medidas para assegurar a integridade física e a saúde dos trabalhadores envolvidos nas obras de descaracterização:

• Treinamentos e Capacitações

- Treinamento inicial e periódico sobre os riscos específicos da obra, incluindo instabilidade geotécnica, movimentação de equipamentos pesados e exposição a agentes químicos.
- Simulados de emergência do PAEBM, com foco em evacuação, primeiros socorros e resposta a acidentes.
- Capacitação em uso de EPIs, com verificação de conformidade e funcionalidade dos equipamentos.

• Programa de Comunicação de Riscos

- Sinalização de áreas de risco, mapas de evacuação, pontos de encontro, todos informados durante treinamentos obrigatórios.
- Reuniões diárias de DDS (Diálogo Diário de Segurança) com atualização sobre condições operacionais e alertas.
- Disponibilização de canal direto de comunicação entre trabalhadores e equipe de segurança para reporte de situações de risco.

• Protocolos Operacionais

- Controle de acesso à barragem, mediante autorização e verificação de capacitação, implementada pelo PAEBM, via guarita controlada por equipe de segurança externa contratada.
- Monitoramento contínuo das condições geotécnicas da estrutura pela equipe da Geotecnia.
- Plano de resposta a emergências, com brigada treinada e recursos disponíveis no canteiro de obras.

• Saúde Ocupacional

- Realização de exames médicos periódicos e acompanhamento clínico dos trabalhadores.
- Disponibilização de ambulância e equipe de primeiros socorros no local.
- Ações de promoção da saúde, como campanhas de vacinação e prevenção de doenças ocupacionais.

• Auditorias e Inspeções

- Inspeções constantes realizadas pela equipe de saúde e segurança do trabalho para fiscalização das condições.
- Auditorias internas mensais para verificação da conformidade com os protocolos estabelecidos.

- Registro e acompanhamento de não conformidades e ações corretivas.

6.5 Controle Pós-obra de Descaracterização

Após a conclusão das obras de descaracterização, que compreende a remoção completa do maciço da barragem, rejeitos depositados no reservatório e rejeitos encontrados na fundação, não haverá estrutura remanescente para ser monitorada.

As áreas afetadas pelas obras de descaracterização da barragem serão ambientalmente recuperadas com reaplicação de cobertura vegetal e funcionalidade do ecossistema, conforme projeto de recuperação de área. Ademais, será executado um canal final em enrocamento no fundo do vale e sump, que se darão conforme a prática corrente, com manutenção de rotina para limpeza, quando necessário. Com relação à encosta, será realizado obras de estabilização no local e permanecerá sendo monitorada. Dessa forma, as ações implementadas contribuem efetivamente para a eliminação de focos erosivos, promovendo a estabilidade do solo e garantindo a proteção ambiental da área afetada pelas obras.

Em função da remoção completa da barragem, ressalta-se novamente, que essas condições pós-obra não são abrangidas pela legislação de segurança de barragens, estabelecida pela Resolução ANM 95/2022.

7. Assinaturas

- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização:

DocuSigned by:

9A6C785904BE42F...

Elias Josafá Cota
Engenheiro Civil / Geotécnico
RNP 1403750408 (CREA-MG)

- Responsável técnico pelo acompanhamento das obras:

Assinado por:

364BC02940CD441...

Wellington Pereira Maximiano
Coordenador de Geotecnia / Engenheiro Civil
RNP 1411469151 (CREA-MG)

- Responsável técnico pela elaboração do relatório:

Assinado por:

E5929F314188429...

Fabio Castellan Pinto
Engenheiro de Minas / Geotécnico
RNP 1421939673 (CREA-MG)

8. Anexos

ANEXO A – ART - RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO (AGOSTO-OUTUBRO/2025)

Formato: Adobe PDF
(2 PÁGINAS)

ANEXO B – TOPOGRAFIA ATUALIZADA

Formato: Arquivo dwg

ANEXO C – PLANOS DE AÇÃO ANOMALIAS 2025

Formato: Arquivo zipado PDF e Excel

