



**TERRACOTA**  
GEOTECNIA

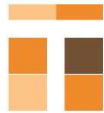
## **BARRAGEM B1 – MINA IPÊ**



### **RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO**

**RELATÓRIO TÉCNICO**  
**12822-R-BA-RL-05-GE\_r0**

**NOVEMBRO**  
**2023**

 <p><b>TERRACOTA</b> GEOTECNIA</p>		<p align="center"><b>TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS</b></p>																						
<p align="center"><b>MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.</b></p>																								
Nº. CONTRATADA: 12822-R-BA-RL-05-GE_r0		<p align="center"><b>BARRAGEM B1 – MINA IPÊ</b></p>																						
Nº. MORRO DO IPÊ: IPE.OP.RL.8000.GT.20.785		<p align="center"><b>RELATÓRIO TÉCNICO</b></p>																						
		<p align="center"><b>RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO</b></p>																						
<p align="center"><b>CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS</b></p>																								
Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc	00					Rev doc						
Revisão da folha					Revisão da folha					Revisão da folha					Revisão da folha									
1	X				26	X				51	X				76									
2	X				27	X				52	X				77									
3	X				28	X				53	X				78									
4	X				29	X				54	X				79									
5	X				30	X				55	X				80									
6	X				31	X				56	X				81									
7	X				32	X				57	X				82									
8	X				33	X				58	X				83									
9	X				34	X				59					84									
10	X				35	X				60					85									
11	X				36	X				61					86									
12	X				37	X				62					87									
13	X				38	X				63					88									
14	X				39	X				64					89									
15	X				40	X				65					90									
16	X				41	X				66					91									
17	X				42	X				67					92									
18	X				43	X				68					93									
19	X				44	X				69					94									
20	X				45	X				70					95									
21	X				46	X				71					96									
22	X				47	X				72					97									
23	X				48	X				73					98									
24	X				49	X				74					99									
25	X				50	X				75					100									
<b>REV.</b>	<b>T.E</b>	<b>DESCRIÇÃO DAS REVISÕES</b>																						
00	B	EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS																						
<b>TIPO DE EMISSÃO</b>	(A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO					(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO					(I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO													
	REV. 00	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	29/11/2023																							
EXECUTADO	GFL / EJC																							
VERIFICADO	EJC																							
APROVADO	EJC																							

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Documentos de referência.....</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Códigos e Normas .....</b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b>Ficha Técnica do Empreendimento .....</b>	<b>7</b>
4.1	Identificação do Empreendedor .....	7
4.2	Identificação do Empreendimento.....	7
4.3	Endereço para Envio de Correspondência .....	7
4.4	Identificação do Representante Legal do Empreendimento.....	7
4.5	Responsável Técnico pela Segurança da Barragem .....	7
4.6	Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização.....	8
4.7	Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização.....	8
4.8	Localização da Barragem.....	8
4.9	Função atual.....	9
4.10	Características Gerais .....	10
4.11	Classificação da Barragem.....	14
<b>5.</b>	<b>Projeto de Descaracterização .....</b>	<b>19</b>
5.1	Descrição do Projeto .....	20
5.2	Alterações de Projeto.....	25
5.3	Atividades Preparatórias.....	25
5.3.1	Instrumentação de Controle .....	25
5.3.2	Poço de Rebaixamento.....	27
5.3.3	Sistema de Bombeamento no Reservatório.....	28
5.4	Cronograma .....	29
5.5	Riscos Geológicos-Geotécnicos.....	31
<b>6.</b>	<b>Obras de Descaracterização .....</b>	<b>31</b>
6.1	Instrumentação Instalada na Barragem .....	31
6.1.1	Leituras Instrumentação .....	39
6.2	Análise de Estabilidade .....	40
6.2.1	Premissas adotadas nas Simulações .....	40
6.2.2	Definição da Condição da Superfície Freática .....	42
6.2.3	Parâmetros de Resistência.....	43
6.2.4	Resultados .....	45
6.3	Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização .....	51



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



**TERRACOTA**  
GEOTECNIA

IPE.OP.RL.8000.GT.20.785 - Revisão 00.B

6.4	Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização .....	52
6.5	Rotina de Monitoramento .....	53
6.6	Situação atual dos demais itens do Termo de Referência .....	54
<b>7.</b>	<b>Assinaturas .....</b>	<b>57</b>
<b>8.</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>58</b>

## 1. Introdução

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Acompanhamento do Processo de Descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê, referente ao trimestre (Agosto/2023 a Outubro/2023), elaborado de acordo com o Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela FEAM em 28/11/2022.

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

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

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

## **2. Documentos de referência**

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

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.558\_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.559\_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.560\_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.641\_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Especificação Técnica. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.642\_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.652\_r2 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.679\_r2 – Barragem B1 – Mina Ipê - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Novembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.755\_r1 – Barragem B1 – Mina Ipê – Relatório técnico detalhado de equipamentos, tecnologias, pessoas e orçamento para a descaracterização da barragem. Geoprime Engenharia e Meio Ambiente Ltda. Agosto/2023.

### **3. Códigos e Normas**

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

- Lei 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;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) - Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Termo de Referência para Acompanhamento do Processo de Descaracterização de Barragens Alteadas a Montante no Estado de Minas Gerais (SEMAD/FEAM) - Estabelece os requisitos mínimos do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens alteadas pelo método à montante no Estado de Minas Gerais, conforme o art. 13 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Norma ABNT NBR 13.028/2017 - dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração.

## **4. Ficha Técnica do Empreendimento**

### **4.1 Identificação do Empreendedor**

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.

CNPJ: 22.902.554/0001-17

Inscrição Estadual: 293732116

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

Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315

E-mail: [casaibe@ipemineração.com](mailto:casaibe@ipemineração.com)

### **4.2 Identificação do Empreendimento**

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.

CNPJ: 22.902.554/0001-17

Processo Administrativo  
COPAM nº: 37478/2016

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

Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315

E-mail: [casaibe@ipemineração.com](mailto:casaibe@ipemineração.com)

### **4.3 Endereço para Envio de Correspondência**

Destinatário: Wellington Pereira Maximiano

Vínculo: Coordenador de Geotecnia

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

### **4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento**

Nome: Cristiano Monteiro Parreiras

CPF: 030.102.416-23

Formação: Advogado

Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos

Telefone: (31) 99194-8589

E-mail: [cristiano.parreiras@ipemineraçao.com](mailto:cristiano.parreiras@ipemineraçao.com)

### **4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem**

Nome: Wellington Pereira Maximiano

Formação: Engenheiro Civil

Registro Nacional Profissional: 1411469151 (CREA-MG)

Cargo: Coordenador de Geotecnia

Telefone: (31) 3614-1840

E-mail: [welington.maximiano@ipemineraçao.com](mailto:welington.maximiano@ipemineraçao.com)



#### 4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

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

#### 4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

##### Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização

<b>Razão social:</b>	Terracota Consultoria e Projetos Ltda.	Tel.: +(55) 31 3786-4226
<b>CNPJ:</b>	29.794.420/0001-79	
<a href="https://terracota.pro">https://terracota.pro</a> Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

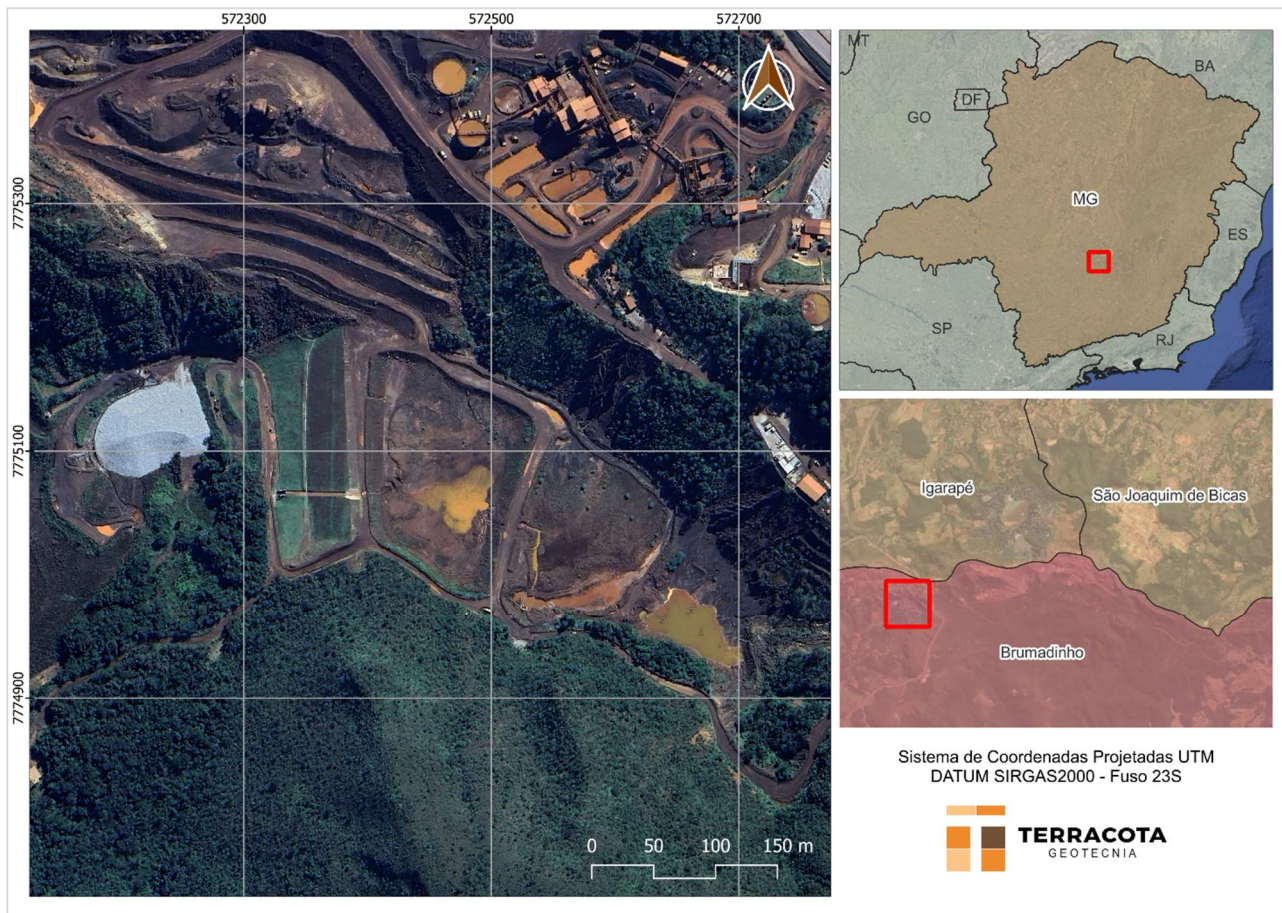
##### Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização e se responsabiliza tecnicamente por suas respectivas áreas

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

#### 4.8 Localização da Barragem

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

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.



**Figura 4.1** – Localização da Barragem B1 – Mina Ipê.

#### 4.9 Função atual

As funções da barragem englobaram a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro da Mina Ipê, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como de Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte.

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

#### 4.10 Características Gerais

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

Até meados de 2021 a estrutura era considerada como alteada pelo método de jusante, até serem apreciadas as informações contidas no relatório técnico do segundo alteamento, documento R\_033\_92 elaborado pelo Engenheiro Consultor José Jaime Rodrigues Branco. No referido documento, o autor descreve a execução de um maciço drenante lançado a jusante, a partir do qual a barragem apresentaria condição de estabilidade adequada para realização de sucessivos alteamentos para direção de montante, conforme trecho a seguir retirado do relatório mencionado:

*"Inicialmente será restaurada a barragem existente com a construção de um maciço drenante lançado para jusante formando um pé para estabilização do maciço atual... [...]  
Esta estabilização permitirá a elevação sucessiva de crista da barragem para montante com condições de drenagens e taludes adequadamente dimensionados, de maneira a se manter um fator de segurança para a completa estabilidade do novo maciço... [...] Esta barragem está praticamente toda assoreada com rejeito. Sobre o assoreamento foi projetada a elevação da crista para montante até a cota 556,0 com uma banqueteta 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 Figura 4.3 e Figura 4.4 apresentam o arranjo geral e a seção B-B' de maior altura da barragem.

**Tabela 4.1 – Principais características da Barragem B1 – Mina Ipê.**

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	Barragem B1 – Mina Ipê
Código FEAM	132
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: - 20° 7'11.60" Longitude: - 44°18'26.89"
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	572.390m E / 7.775.120m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	~1991
Ano de Início de Operação	~1991
Ano de Término de Operação	2017
Ano de Término de Descaracterização	2025 (previsão)
Situação (status) de operação atual da barragem	Inativa
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total (m <sup>3</sup> )	1.236.370 (*)
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	943.579 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m <sup>3</sup> )	786.359
Área do reservatório (m <sup>2</sup> )	51.226
Elevação mínima do coroamento (m)	1.057,83
Elevação do terreno natural no pé do barramento (m)	1.002,10
Altura atual da barragem (m)	55,0
Extensão do coroamento (m)	176,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, no mínimo 3,0
Inclinação geral do talude jusante	2,55H:1V (21,4°)
Alteamentos realizados e seus métodos empregados	2 alteamentos a montante (**)
Nível d'água máximo maximorum (TR 1.000 anos) (m)	1.057,18 / 1.056,95 (***)
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.057,56 / 1.057,03 (***)
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.057,80 / 1.057,52 (***)
Borda livre mínima (TR 1.000 anos) (m)	0,65 / 0,88 (***)
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	0,27 / 0,80 (***)
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,03 / 0,31 (***)
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m <sup>3</sup> /s)	8,09 (N.A. El. 1057,56 m)
Capacidade de Descarga do vertedouro (m <sup>3</sup> /s)	11,25 (N.A. El. 1057,83 m)
Área da bacia de contribuição (km <sup>2</sup> )	0,51

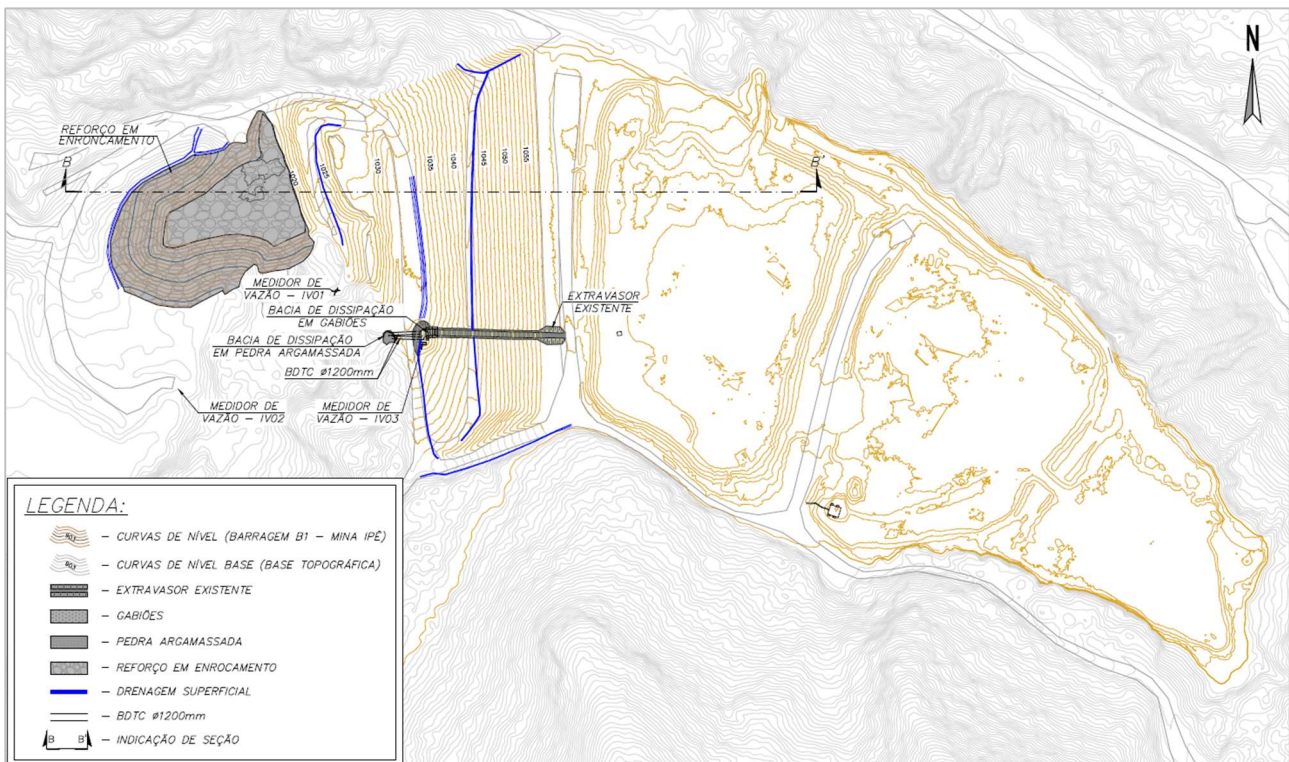
(\*) Volumes atualizados a partir das superfícies resultantes da nova interpretação geológica elaborada pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos hídricos e levantamento topográfico de novembro de 2021 acrescido de 31.705 m<sup>3</sup> referente ao aterro de reforço;

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

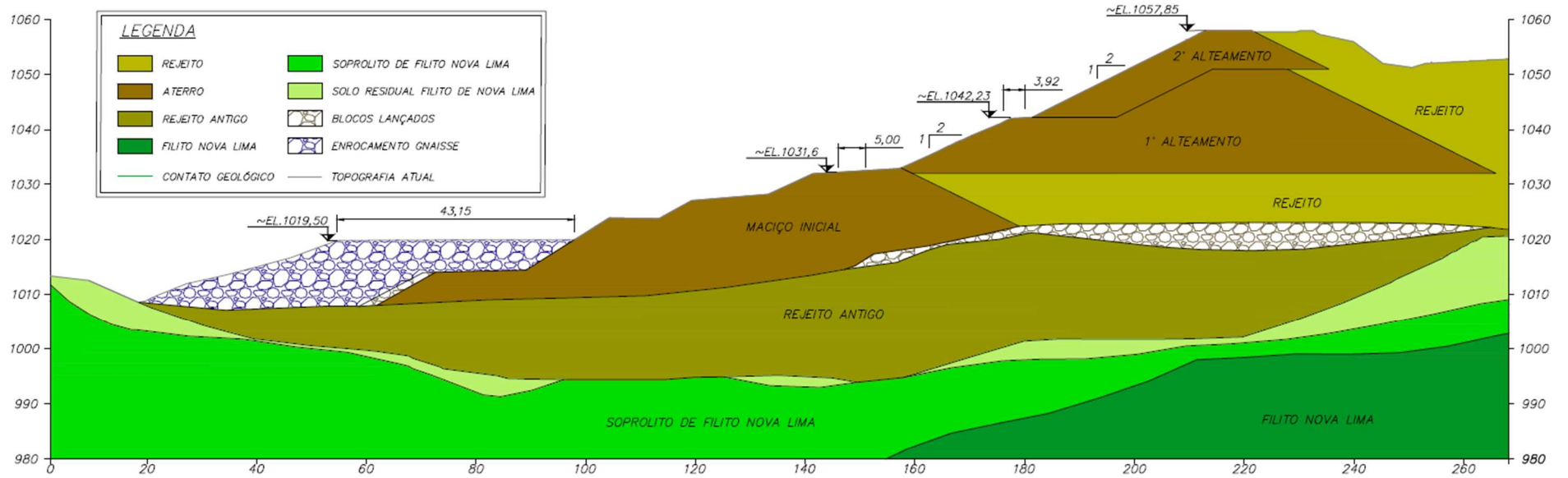
(\*\*\*) Valores obtidos considerando que todo o volume livre estaria disponível para a passagem do trânsito de cheias.



**Figura 4.2** – Imagem da Barragem B1 – Mina Ipê. (Fonte: GoogleEarth® - Maio/2023).



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



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

#### 4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a Barragem B1 – Mina Ipê foi classificada, no âmbito da elaboração deste relatório, com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em Classe B, conforme tabelas a seguir.

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

CATEGORIA DE RISCO		
1	Características Técnicas (CT)	15
2	Estado de Conservação (EC)	2
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
<b>PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB</b>		<b>17</b>
<b>CLASSIFICAÇÃO DE RISCO</b>		<b>BAIXO</b>

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

(\*) 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
<b>PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)</b>		<b>19</b>
<b>CLASSIFICAÇÃO DE DANO</b>		<b>ALTO</b>

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL		PDA
	ALTO		$\geq 13$
	MÉDIO		$7 < PDA < 13$
	BAIXO		$\leq 7$

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

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

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

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	Comprimento (b)	Vazão de Projeto (c)	Método Construtivo (d)	Auscultação (e)
Altura ≤10m (0)	Comprimento ≤50m (0)	<b>CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilnar (0)</b>	Etapa única (0)	<b>Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)</b>
10m < Altura < 30m (1)	<b>50m &lt; Comprimento &lt; 200m (1)</b>	Milénar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
<b>30m ≤ Altura ≤ 60m (4)</b>	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)	<b>Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)</b>	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
<b>CT = Σ (a até e) = 15</b>				



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

<b>ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC</b>			
<b>Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)</b>	<b>Percolação (g)</b>	<b>Deformações e Recalques (h)</b>	<b>Deterioração dos taludes/Paramentos (i)</b>
<b>Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)</b>	<b>Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)</b>	<b>Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)</b>	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)	<b>Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)</b>
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)
<b>EC = Σ (f até i) = 2</b>			

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

<b>PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS</b>				
<b>Documentação de projeto (j)</b>	<b>Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais na equipe de segurança da barragem (k)</b>	<b>Manuais de procedimentos para inspeções de segurança e monitoramento (l)</b>	<b>Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)</b>	<b>Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de análise de segurança (n)</b>
<b>Projeto Executivo e “como construído” (0)</b>	<b>Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)</b>	<b>Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)</b>	<b>Possui PAE (0)</b>	<b>Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)</b>
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)	-	-	-	-
<b>PS = Σ (j até n) = 0</b>				

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

<b>Quadro de Classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental</b>			
<b>Volume Total do Reservatório (a)</b>	<b>Existência de População a Jusante (b)</b>	<b>Impacto Ambiental (c)</b>	<b>Impacto Socioeconômico (d)</b>
MUITO PEQUENO ≤ 1 milhão m <sup>3</sup> (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)
<b>PEQUENO</b> 1 milhão a 5 milhões m <sup>3</sup> (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)	<b>BAIXO</b> <b>(Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem)</b> (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m <sup>3</sup> (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)	<b>SIGNIFICATIVO</b> <b>(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)</b> (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 <sup>3</sup> (4)	<b>EXISTENTE</b> <b>(Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas)</b> (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 <sup>3</sup> (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na classe I - perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (10)	-
<b>DPA = Σ (a até d) = 19</b>			

## 5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de remoção completa dos rejeitos dispostos no reservatório, além dos maciços, tanto o maciço inicial quanto os alteamentos realizados e do aterro de reforço, de forma a retornar o vale à uma condição próxima a original;
- O projeto considera a utilização de poço de rebaixamento instalado a jusante da barragem para o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis na fundação antes do início das obras e que esta condição será mantida e monitorada durante os trabalhos de forma a atender os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado liquefeito ( $FS \geq 1,1$ ) em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização;
- O atendimento à premissa anterior considera que a barragem trabalhará em condições drenadas, dessa forma não haverá necessidade de se adotar uma Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ);
- O projeto de descaracterização foi concebido para ser executado em duas etapas macro de remoção (dois anos/ciclos), sendo a primeira com remoção dos rejeitos do reservatório até a elevação 1.043,0 m e rebaixamento do maciço da barragem para a elevação 1.046,50 m e a segunda concluindo a remoção completa na elevação 1.001,0 m;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos. Mesmo assim, o projeto contempla a escavação no rejeito de *sumps* provisórios no interior do próprio reservatório, para direcionamento dos fluxos de água de chuvas eventuais a serem bombeados para a planta de processo. Essas estruturas serão realocadas a medida do avanço do rebaixamento do rejeito;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada em camadas de espessura média de 2,0 m, que poderá ser ajustada em campo, condicionada à capacidade de suporte do material. Caso necessário, serão executadas valas drenantes para deságue do rejeito saturado com o objetivo de garantir condições de segurança e operação para trafegabilidade dos equipamentos durante a atividade de lavra. Nos casos em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro com rejeito seco (aterro de conquista) de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;
- O volume total geométrico de remoção previsto, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.100.789 m<sup>3</sup>;

- 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.m<sup>3</sup>;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 57.650.m<sup>3</sup>.

#### Etapa 2

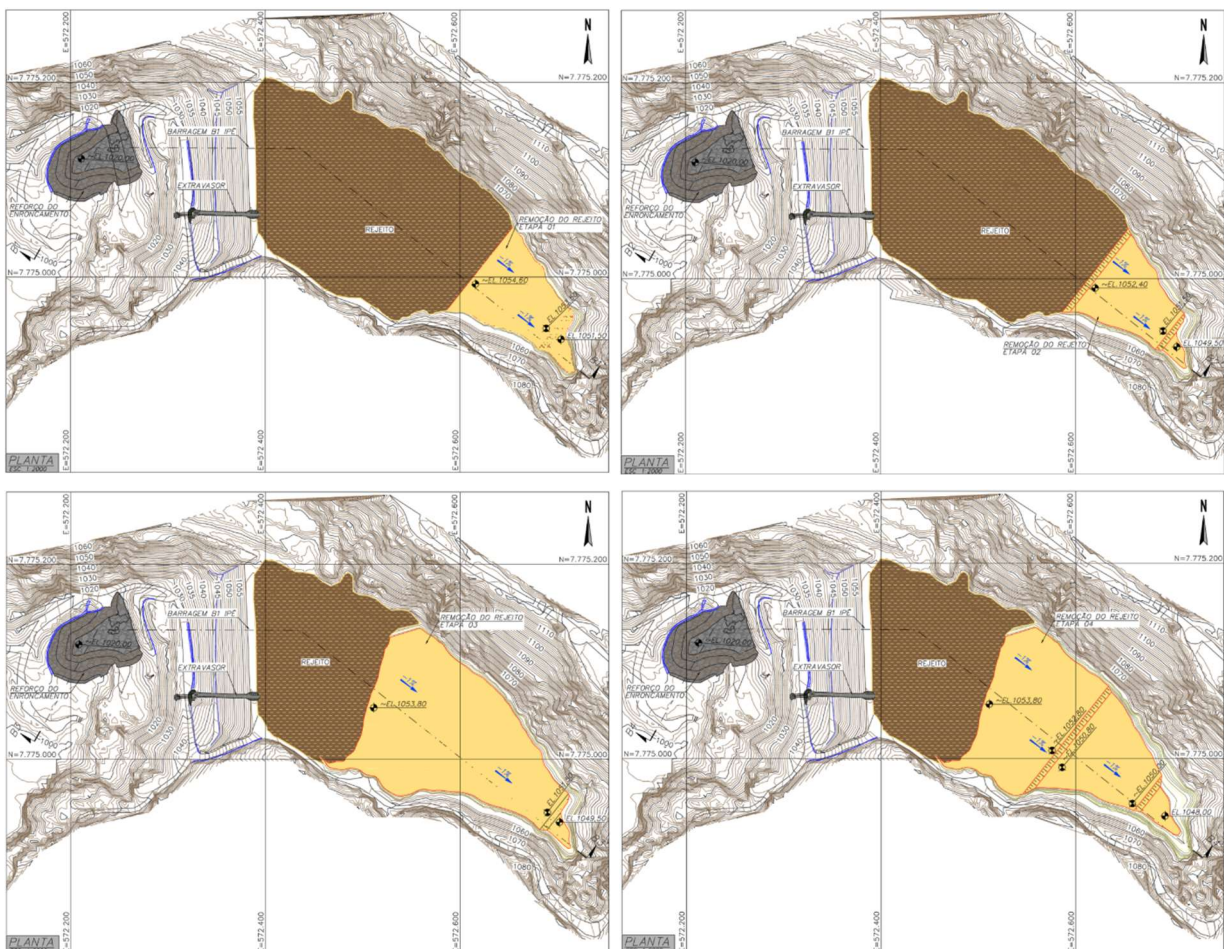
- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 226.600.m<sup>3</sup>;
- Volume de blocos a serem removidos da fundação: 14.210.m<sup>3</sup>;
- Volume de blocos a serem removidos do aterro de reforço a jusante: 31.705 m<sup>3</sup>;
- Volume de "rejeitos antigos" a serem removidos da fundação: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

---

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

Com base na taxa de escavação média aproximada entre 2.800 e 3.100 m<sup>3</sup> por dia, fornecida pela MMI, cada etapa está prevista para ser executada em um período seco (6 meses, de maio a outubro), podendo ser estendido em função do regime de chuvas.

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



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

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

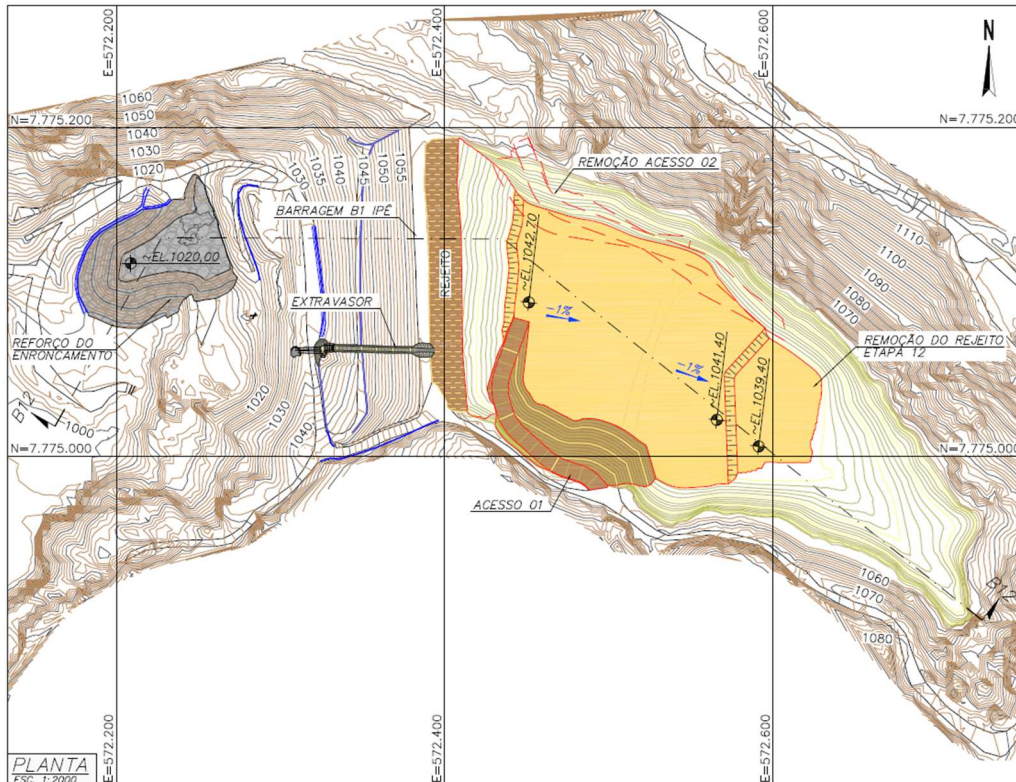
Também faz parte das obras a adequação do sistema extravasor, na etapa de remoção intermediária da barragem, com coroamento do maciço na elevação 1.046,50 m e soleira do extravasor na elevação 1.043,50 m.

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

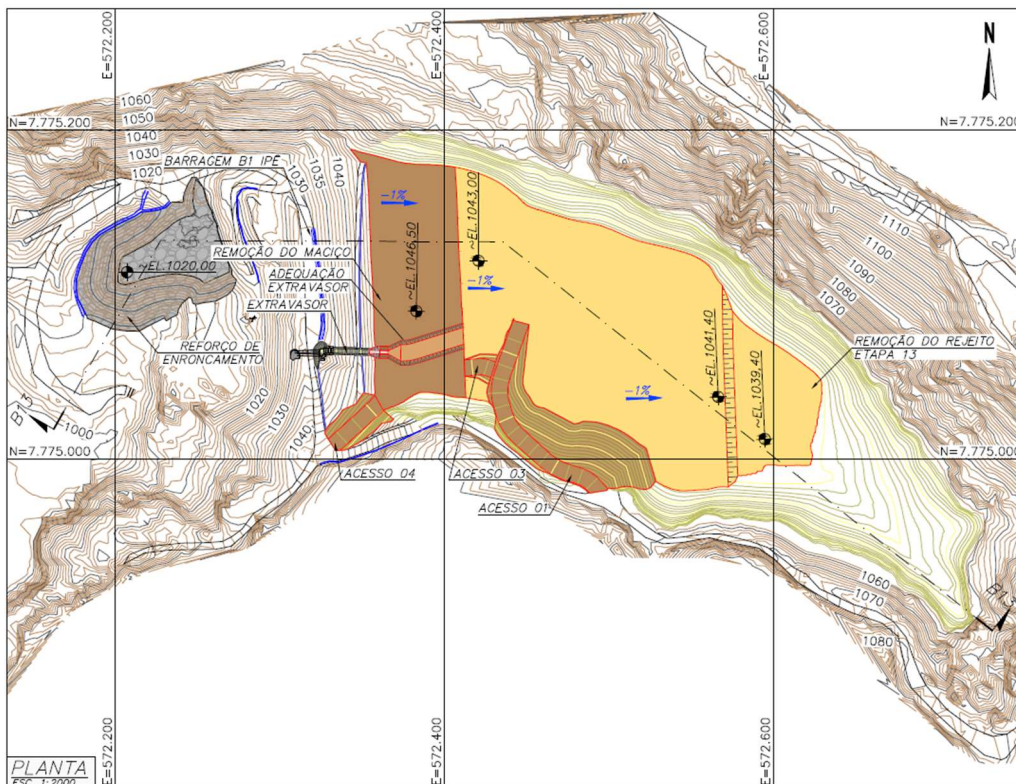
Durante a execução de todas as fases deverá ser realizada a remoção e limpeza dos rejeitos do reservatório e alteamentos / maciços até o terreno natural nos encontros com as ombreiras. As áreas expostas do terreno natural deverão receber recomposição vegetal como forma de proteção contra erosões/ravinamento,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

O volume a ser escavado de rejeitos no reservatório será de aproximadamente 674.000 m<sup>3</sup>. 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 m<sup>3</sup>. As obras também envolvem a escavação de blocos lançados e os rejeitos antigos da fundação com volumes em torno de 14.000 m<sup>3</sup> e 99.000 m<sup>3</sup>, respectivamente. Também serão removidos 31.705 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup>.

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

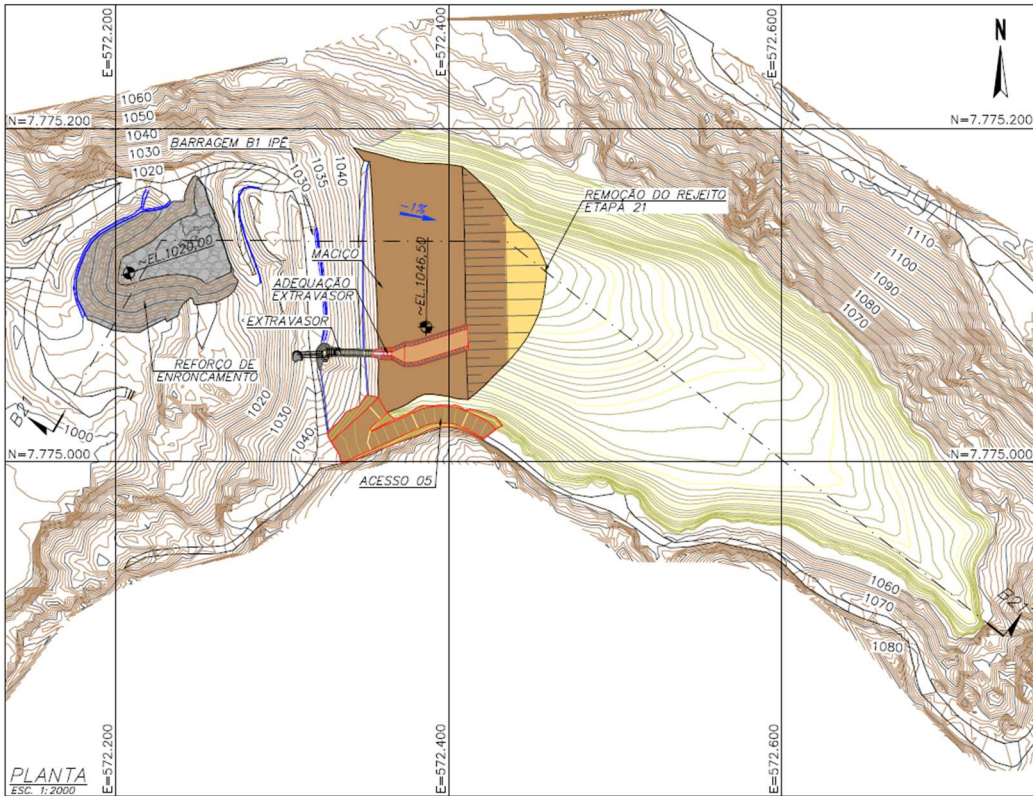


**Figura 5.2** – Etapa 12 – Remoção do rejeito do reservatório sem escavação do maciço.

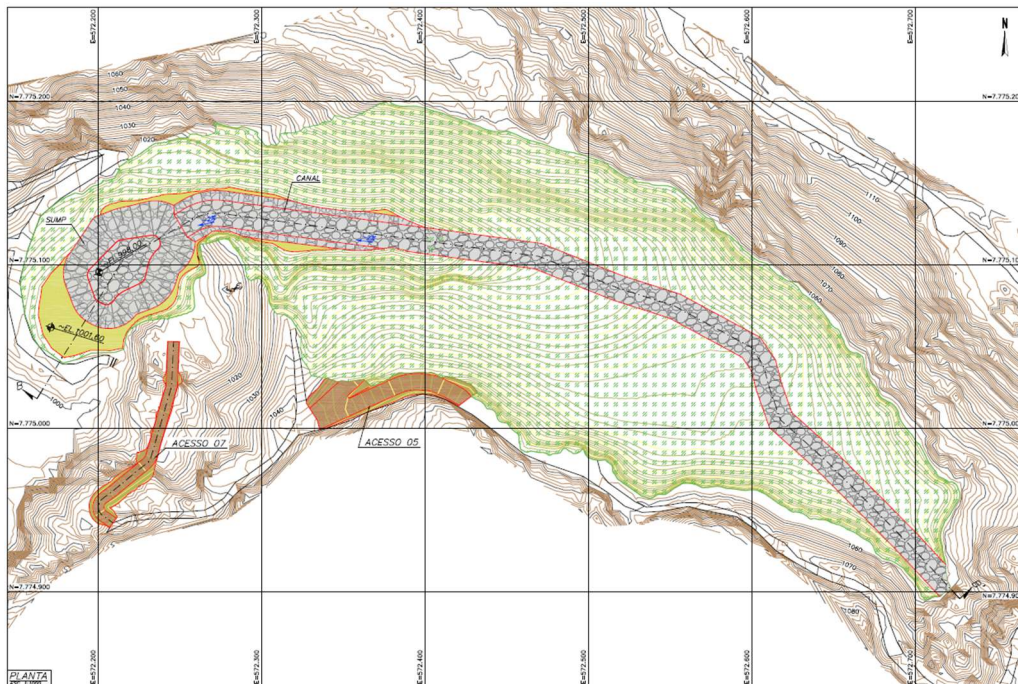


**Figura 5.3** – Etapa 13 – Escavação do maciço e implantação de novo sistema extravasor.

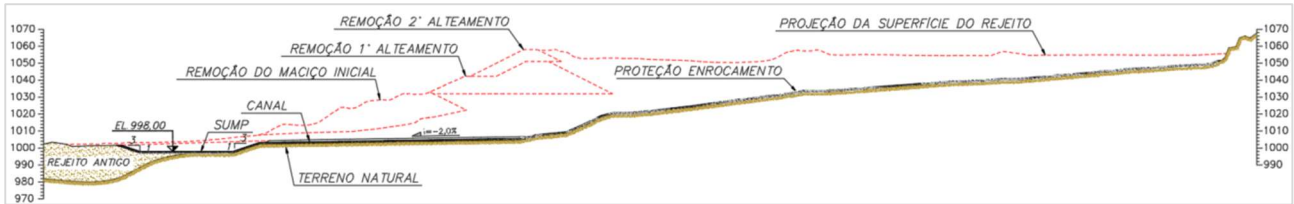




**Figura 5.4** – Etapa 21 – Início da escavação do restante dos maciços e do rejeito antigo e a conformação do fundo do vale.



**Figura 5.5** – Arranjo geral após a finalização das obras.



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

## 5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização, porém os documentos passaram por revisões de modo a contemplar o reforço de enrocamento executado a jusante.

## 5.3 Atividades Preparatórias

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

### 5.3.1 Instrumentação de Controle

No projeto executivo do reforço (IPE.OP.RL.8000.GT.20.640), foi indicada a instalação de 05 (cinco) novos indicadores de nível d'água na seção B-B', de forma a controlar a superfície freática na camada de rejeito antigo. No projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê (IPE.OP.RL.8000.GT.20.560), foi prevista a instalação de outros 03 (três) INA's na seção C-C', totalizando assim 08 (oito) novos indicadores de nível d'água na estrutura. Destes 08 (oito) instrumentos, 06 (seis) já foram concluídos (INA's 09 a 14), os outros 2 (dois) remanescentes, locados na berma elev. 1.041 m, não foram instalados devido à dificuldade de mobilizar o equipamento até o ponto de instalação. Assim, ficou definido entre a Terracota e a MMI aguardar o início do funcionamento do poço de rebaixamento de forma a avaliar a real necessidade de implantação desses dois instrumentos.

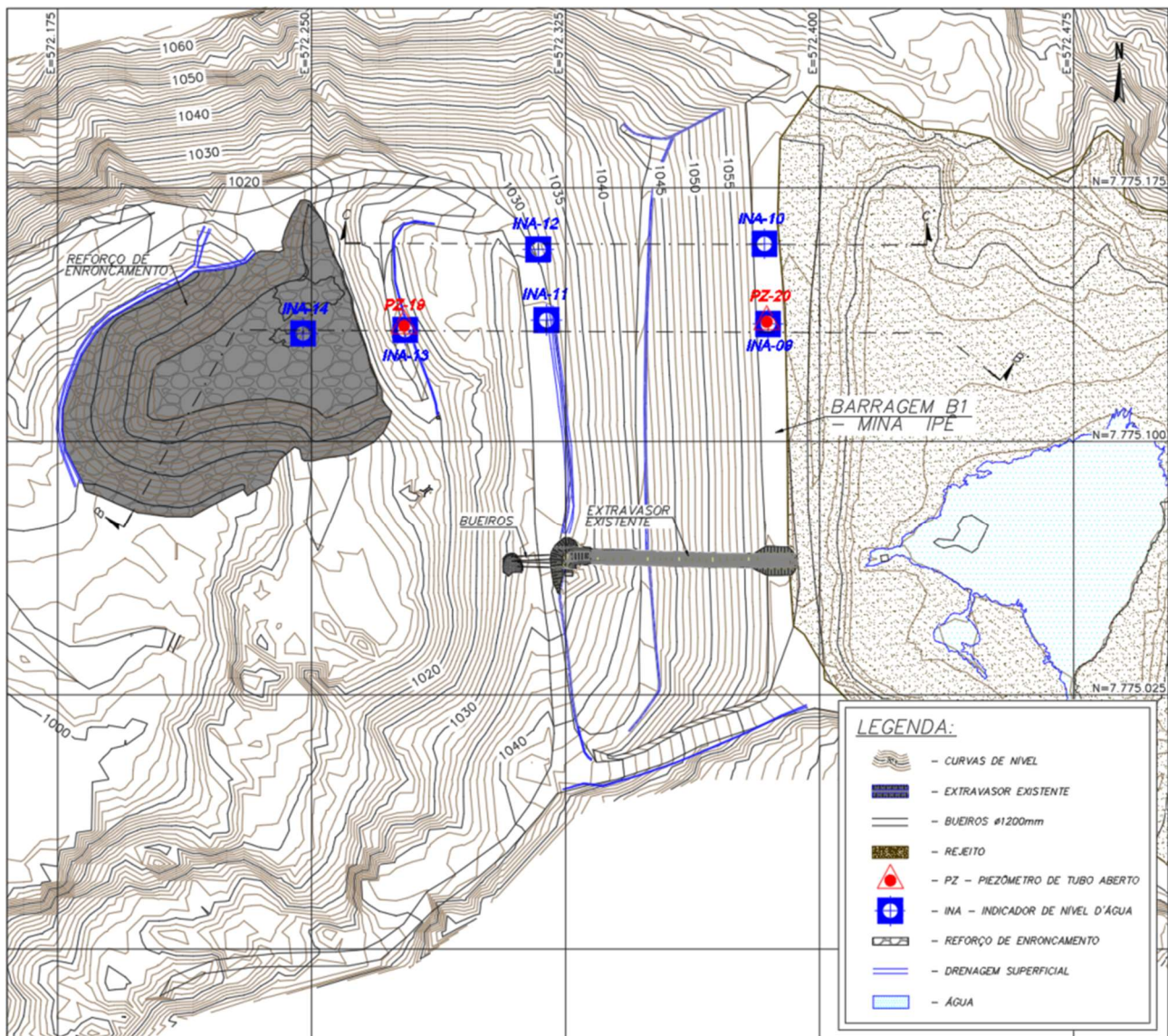
Foi solicitado pela ANM a instalação de piezômetros na seção B-B', de modo a verificar a possível geração de poropressão na região do rejeito antigo durante a operação da bomba e o conseqüente rebaixamento da freática. A MMI optou pela instalação de dois novos instrumentos, os quais foram finalizados na 1ª quinzena de outubro de 2023.

A seguir, estão apresentados o posicionamento destes instrumentos em planta e em seções (B-B' e C-C').

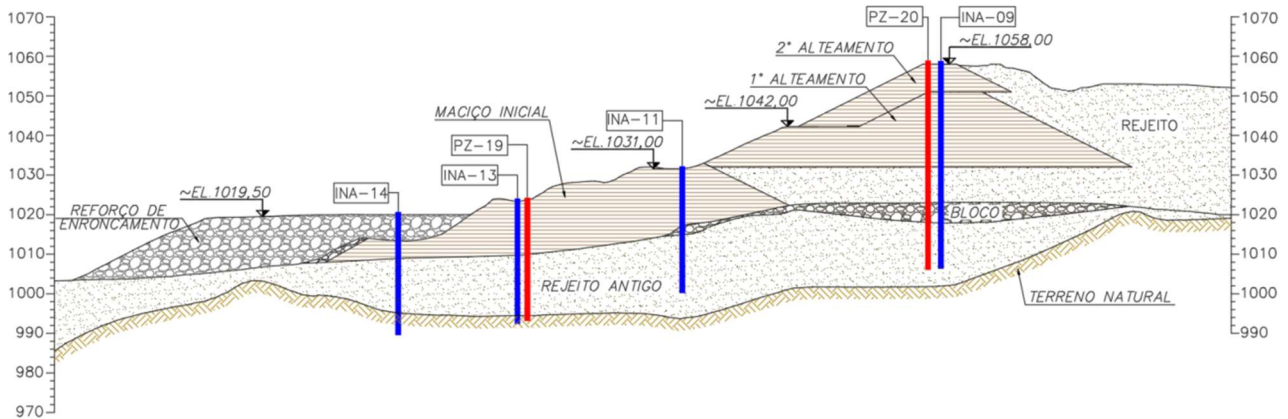
Na Tabela 5.1 são apresentadas as informações referentes a locação, elevações e profundidades dos instrumentos instalados.

**Tabela 5.1** – Locação da instrumentação de controle instalada.

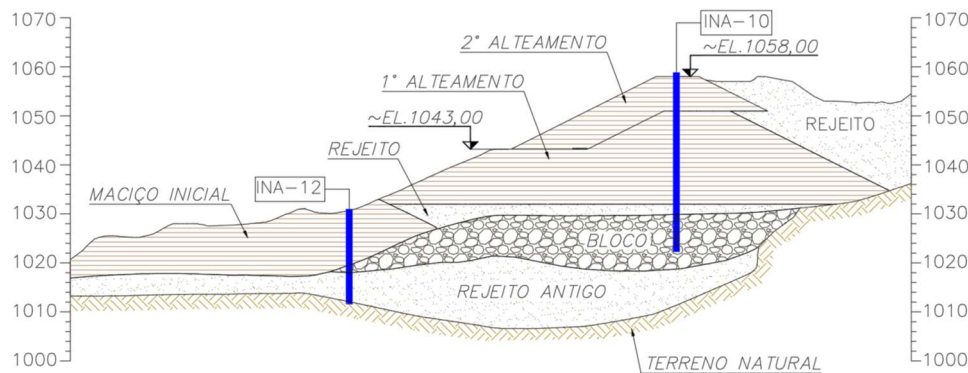
Seção de Controle	Instr.	Coordenadas SIRGAS2000		Cota Superior	Cota Inferior	Prof.
		E	N	(m)	(m)	(m)
B-B'	INA-09	572.384,760	7.775.134,730	1.058,76	1.006,45	52,31
	PZ-20	572.384,013	7.775.135,403	1.058,84	1.006,15	52,69
	INA-11	572.319,341	7.775.135,878	1.032,11	1.000,26	31,85
	PZ-19	572.277,304	7.775.134,203	1.024,15	993,23	30,92
	INA-13	572.277,614	7.775.132,962	1.023,99	992,45	31,54
	INA-14	572.247,450	7.775.131,940	1.020,59	989,66	30,93
C-C'	INA-10	572.383,702	7.775.158,426	1.058,81	1.022,31	36,50
	INA-12	572.316,904	7.775.156,769	1.030,92	1.011,61	19,31



**Figura 5.7** – Instrumentação de controle instalada.



**Figura 5.8** – Seção B-B' – Instrumentação de controle instalada.



**Figura 5.9** – Seção C-C' – Instrumentação de controle instalada.

### 5.3.2 Poço de Rebaixamento

Como premissa do projeto de descaracterização da Barragem B1- Mina Ipê, o nível freático deve estar abaixo da camada de rejeito contrátil presente na fundação da barragem. Para atingir este objetivo, foi executado pela empresa Master Poços, na 1ª quinzena de abril de 2023, um poço de bombeamento com aproximadamente 176 m de profundidade, para rebaixamento do lençol freático local. Foi realizada a instalação da bomba (Motobomba Leão S65-10 600 – 35 CV - 440 Trifásica) e o teste de bombeamento foi executado entre os dias 29/09/2023 e 24/10/2023 enviando a água para dois tanques metálicos. Esta água estava sendo direcionada para a usina através de uma bomba BA13 operando 24 h/dia com vazão de 60 m³/h.



**Foto 5.1** – Vista do poço de bombeamento.



**Foto 5.2** – Vista dos tanques e bomba BA13.

A localização do poço é apresentada na Figura 5.10.



**Figura 5.10** – Localização do poço de rebaixamento.

### 5.3.3 Sistema de Bombeamento no Reservatório

Como parte da preparação para o período chuvoso, foi instalada uma bomba *flygt* no reservatório na bacia de montante com sensor automático de ativação (Foto 5.3), de modo a reduzir a infiltração e o tempo de formação de lago dentro do reservatório.



**Foto 5.3** – Sistema de bombeamento atual.

Durante as obras de descaracterização, um sistema de bombeamento similar ao atual será implantado no *sump* operacional de cada fase de escavação.

#### **5.4 Cronograma**

Na Figura 5.11 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê considerando desde os serviços preliminares e as obras de descaracterização propriamente dito.

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

Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.



## **5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos**

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

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

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

## **6. Obras de Descaracterização**

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, devido ao fator de segurança não-drenado liquefeito na seção B-B' estar abaixo do valor mínimo recomendado (1,1) pela TR FEAM de descaracterização. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da situação atual da estrutura em relação aos níveis da instrumentação e estabilidade geotécnica.

### **6.1 Instrumentação Instalada na Barragem**

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

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

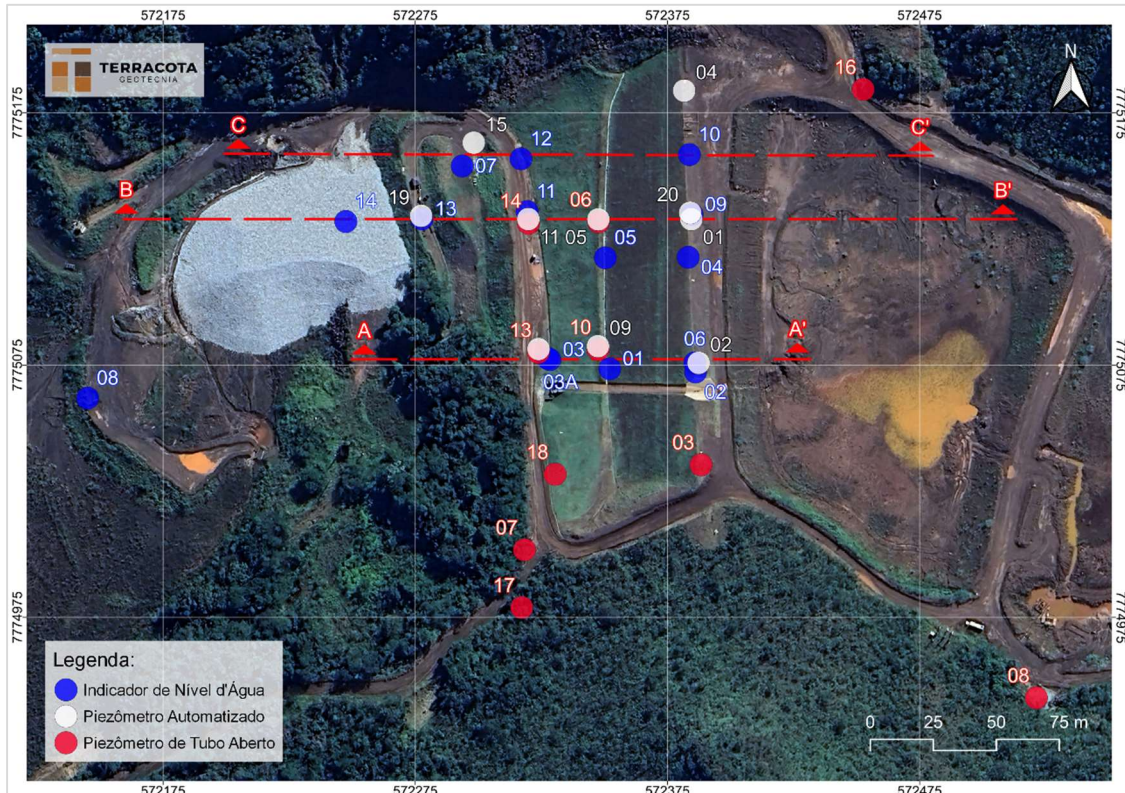


Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível normal**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

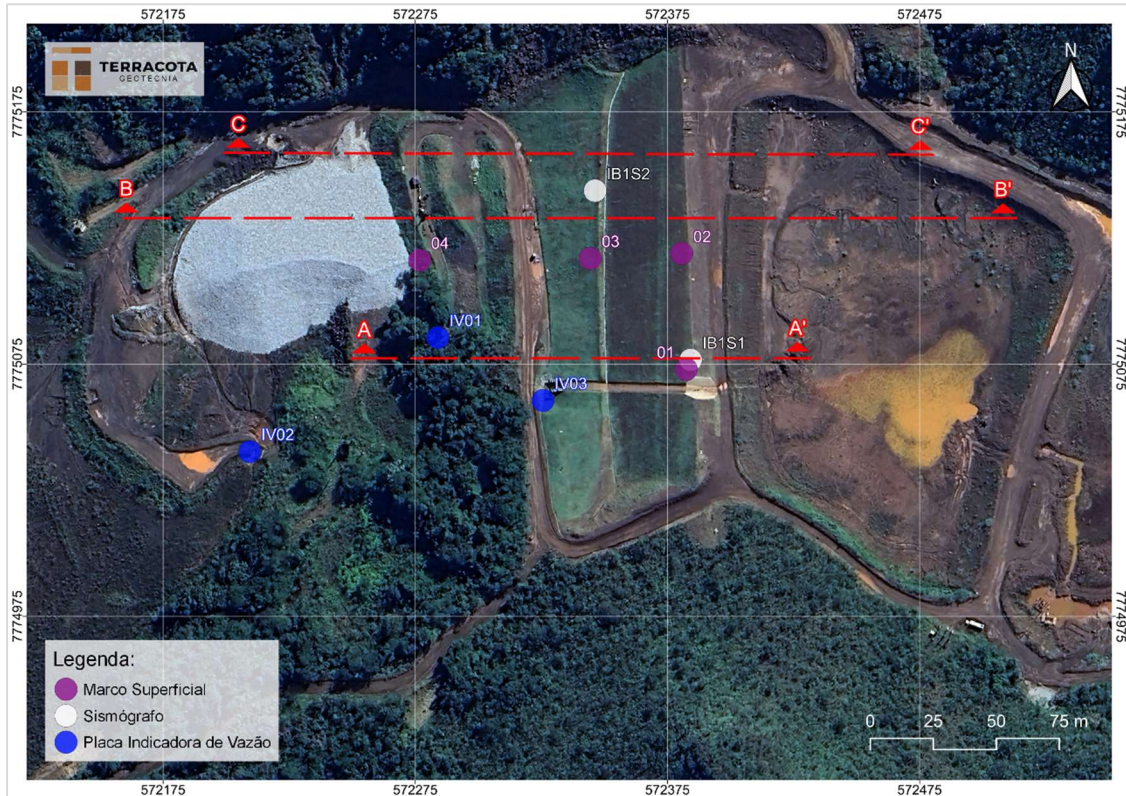
- 1- **Nível normal:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,30 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
- 2- **Nível de alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,20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

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.652.

A Figura 6.1, Figura 6.2 e Figura 6.3 apresentam a locação em planta dos instrumentos e da Figura 6.4 a Figura 6.6 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 6.1 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.



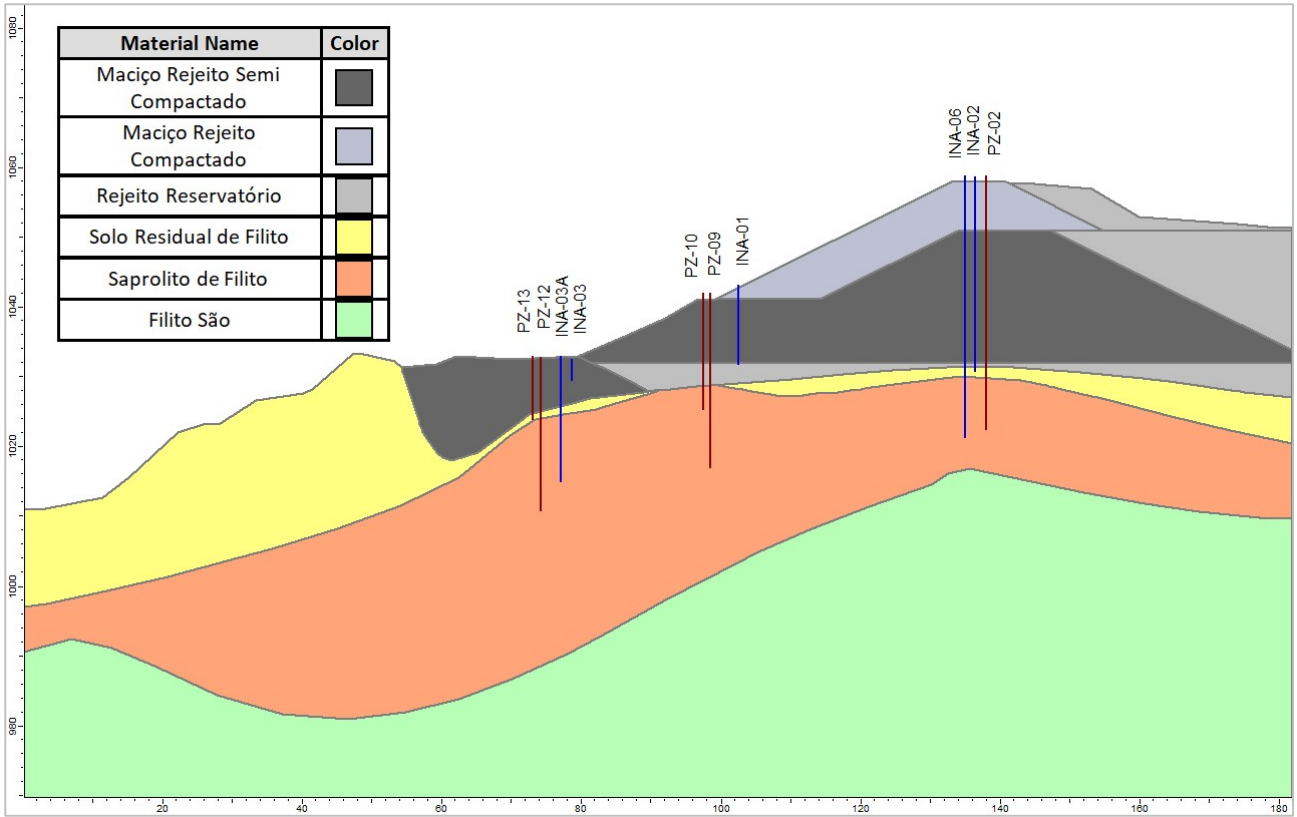
**Figura 6.1** – Locação dos INA's e PZ's – Barragem B1 – Mina Ipê.



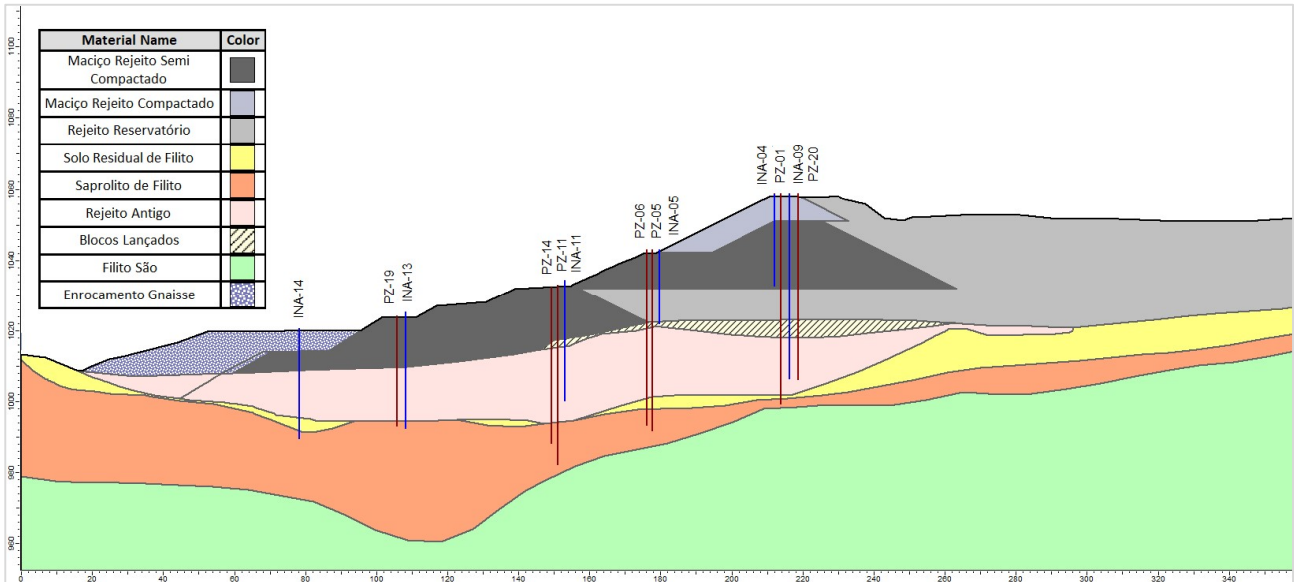
**Figura 6.2** – Localização Marcos Superficiais, Sismógrafos e Placas Indicadoras de Vazão – Barragem B1 – Mina Ipê.



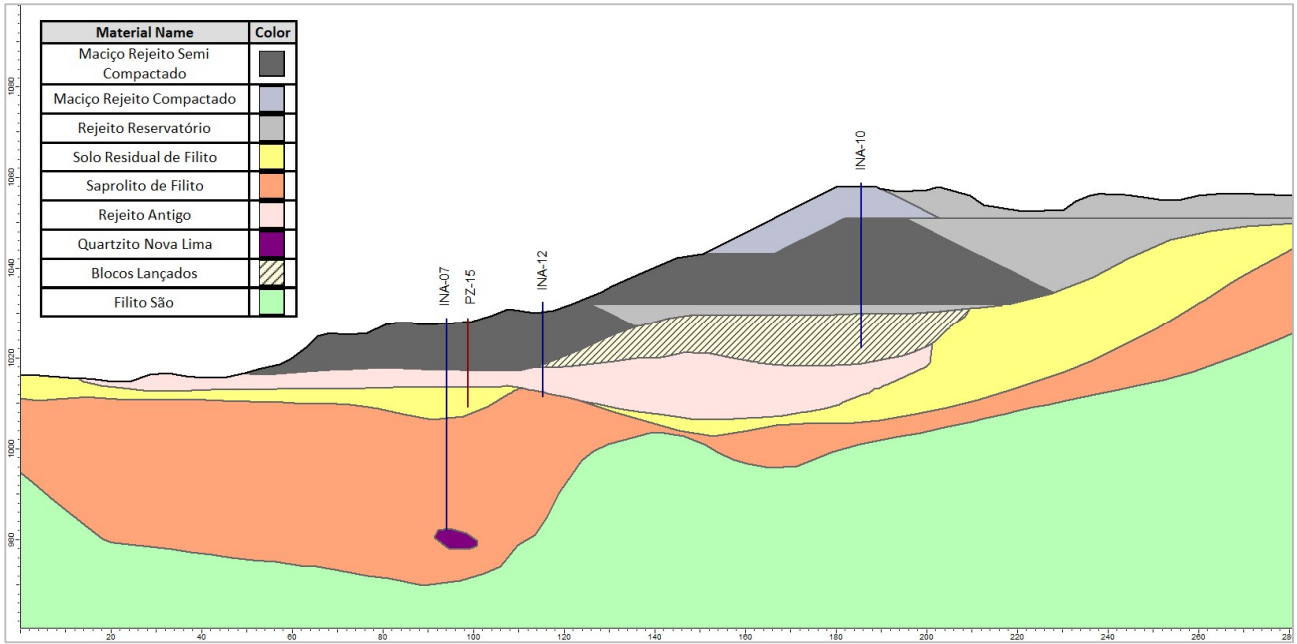
**Figura 6.3** – Locação dos prismas instalados no maciço da Barragem B1 – Mina Ipê.



**Figura 6.4 – Seção transversal de controle A-A'.**



**Figura 6.5 – Seção transversal de controle B-B'.**



**Figura 6.6 – Seção transversal de controle C-C**

**Tabela 6.1** – Locação, características, leitura (30/10/2023) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B1 – Mina Ipê.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/10/2023)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A'	PZ-02 <sup>(1)</sup>	572.387,357	7.775.075,880	1.058,79	1.022,43	36,36	1.023,64	1.044,50	1.048,00	1.050,75
	INA-02	572.386,124	7.775.072,282	1.058,73	1.030,77	27,96	Seco	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-06	572.385,825	7.775.075,896	1.058,91	1.021,41	37,50	1.023,81	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	INA-01	572.352,124	7.775.073,548	1.043,18	1.031,86	11,32	Seco	1.034,25	1.038,50	1.041,50
	PZ-09 <sup>(1)</sup>	572.347,436	7.775.082,495	1.042,08	1.017,52	24,56	1.021,62	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	PZ-10	572.347,445	7.775.081,231	1.042,09	1.025,33	16,76	Seco	1.032,75	1.037,00	1.040,50
	INA-03	572.328,377	7.775.077,173	1.032,53	1.029,53	3,00	Seco	1.029,63	1.030,00	1.032,00 <sup>(4)</sup>
	INA-03A	572.327,458	7.775.077,687	1.032,93	1.015,02	17,91	1.016,24	1.029,63	1.030,00	1.032,00 <sup>(4)</sup>
	PZ-12 <sup>(1)</sup>	572.323,871	7.775.081,376	1.032,90	1.011,37	21,53	1.014,41	1.024,00	1.028,25	1.031,25
PZ-13	572.323,785	7.775.080,033	1.032,95	1.023,95	9,00	Seco	1.024,25	1.028,25	1.031,25	
B-B'	INA-09	572.384,760	7.775.134,730	1.058,76	1.006,45	52,31	1.017,03	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	PZ-20 <sup>(1)</sup>	572.384,013	7.775.135,403	1.058,84	1.006,15	52,69	1.015,51	1.026,00 <sup>(5)</sup>	1.028,00 <sup>(5)</sup>	1.039,75 <sup>(5)</sup>
	PZ-01 <sup>(1)</sup>	572.384,428	7.775.132,832	1.058,76	999,45	58,31	1.014,90	1.026,00	1.028,00	1.039,75
	INA-04	572.383,201	7.775.117,738	1.058,68	1.032,92	25,76	Seco	1.033,50	1.033,80	1.039,50
	INA-05	572.350,371	7.775.117,560	1.043,04	1.022,04	21,00	Seco	1.022,50	1.025,00	1.033,00
	PZ-05 <sup>(1)</sup>	572.347,582	7.775.132,777	1.043,02	991,89	51,13	1.010,84	1.022,25	1.024,50	1.032,75
	PZ-06	572.347,644	7.775.131,804	1.042,98	998,22	44,76	1.012,62	1.022,00	1.024,75	1.032,50
	PZ-11 <sup>(1)</sup>	572.319,815	7.775.132,876	1.032,42	982,32	50,10	1.009,96	1.016,00	1.023,00	1.028,50
PZ-14	572.319,863	7.775.131,265	1.032,37	988,35	44,02	1.009,16	1.015,75	1.022,75	1.028,25	

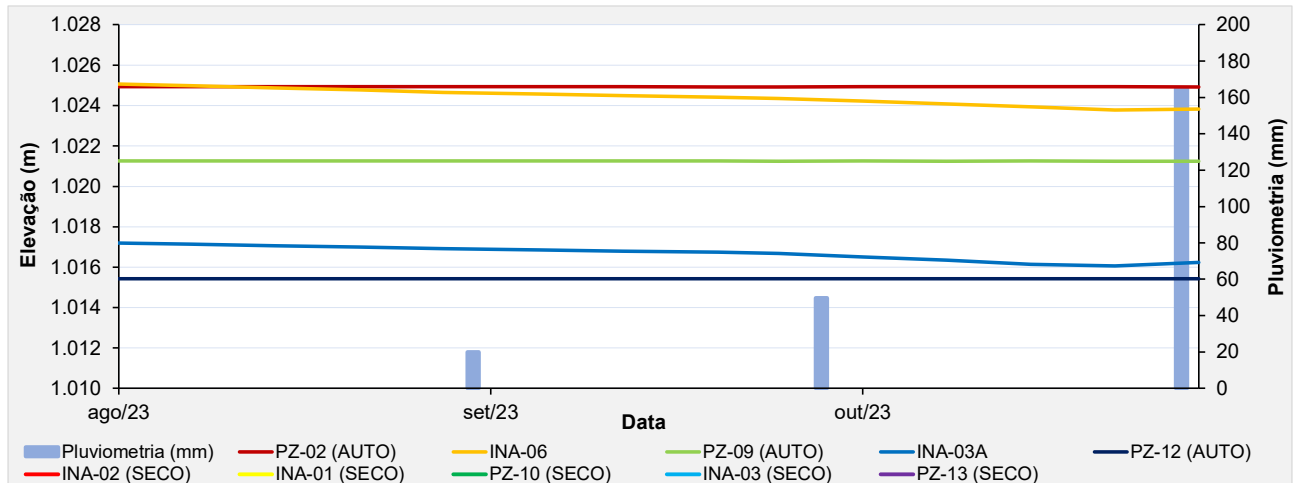
Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/10/2023)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
	INA-11	572.319,341	7.775.135,878	1.032,11	1.000,26	31,85	1.008,56	1.015,75	1.022,75	1.028,25
	PZ-19 <sup>(1)</sup>	572.277,304	7.775.134,203	1.024,15	993,23	30,92	1.007,26	1.011,85 <sup>(5)</sup>	1.017,00 <sup>(5)</sup>	1.021,00 <sup>(5)</sup>
	INA-13	572.277,614	7.775.132,962	1.023,99	992,45	31,54	1.007,40	1.011,85	1.017,00	1.021,00
	INA-14	572.247,450	7.775.131,940	1.020,59	989,66	30,93	1.006,94	1.010,50	1.013,00	1.016,00
C-C'	INA-10	572.383,702	7.775.158,426	1.058,81	1.022,31	36,50	Seco	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	INA-12	572.316,904	7.775.156,769	1.030,92	1.011,61	19,31	Seco	1.019,80	1.021,60	1.027,80
	PZ-15 <sup>(1)</sup>	572.298,192	7.775.163,172	1.028,59	1.009,29	19,30	1.010,16	1.017,00	1.018,75	1.025,00
	INA-07	572.293,620	7.775.153,940	1.028,24	982,17	46,07	1.010,17	1.016,75	1.018,50	1.025,00
Instrumentos fora de seção de controle	PZ-03 <sup>(2)</sup>	572.388,311	7.775.035,497	1.058,11	1.021,13	36,98	1.024,67	1.044,00	1.047,50	1.050,50
	PZ-04 <sup>(2)</sup>	572.381,613	7.775.183,815	1.058,95	1.021,34	37,61	1.023,27	1.031,00	1.033,00	1.039,00
	PZ-18 <sup>(1) (2)</sup>	572.330,441	7.775.031,720	1.038,21	1.007,85	30,36	1.014,87	1.024,00	1.028,25	1.031,25
	INA-08 <sup>(3)</sup>	572.145,050	7.775.061,910	1.005,00	959,13	45,87	1.002,80	Instrumento localizado muito a jusante		
	PZ-07 <sup>(3)</sup>	572.318,282	7.775.001,790	1.042,31	992,28	50,03	1.015,03	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-08 <sup>(3)</sup>	572.521,244	7.774.943,098	1.060,37	974,82	85,55	1.034,44	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-16 <sup>(3)</sup>	572.452,571	7.775.184,306	1.059,85	1.010,23	49,62	1.030,01	Instrumento de hidrogeologia		
	PZ-17 <sup>(3)</sup>	572.317,208	7.774.978,906	1.043,88	997,28	46,60	1.018,73	Instrumento de hidrogeologia		
A-A'	MS-01	572.382,448	7.775.072,921	1.058,025	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-02	572.380,643	7.775.118,888	1.057,981	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-03	572.344,339	7.775.116,922	1.041,446	-	-	-	Não aplicável		
B-B'	MS-04	572.276,729	7.775.116,195	1.021,585	-	-	-	Não aplicável		

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/10/2023)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
Não aplicável	IB1S1	572.384,203	7.775.076,675	1.058,145	-	-	-	Não aplicável		
	IB1S2	572.346,300	7.775.143,778	1.043,736	-	-	-	Não aplicável		
	IV-1	572.283,918	7.775.085,539	1.017,097	-	-	-	Não aplicável		
	IV-2	572.209,323	7.775.040,352	1.001,070	-	-	-	Não aplicável		
	IV-3	572.325,630	7.775.060,595	1.030,071	-	-	-	Não aplicável		

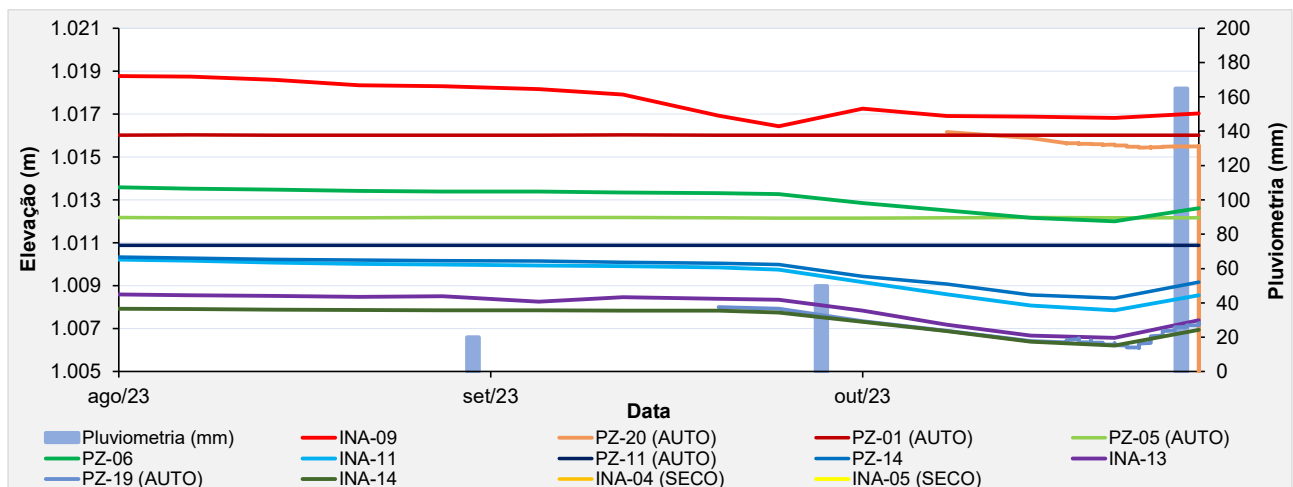
- 1- Instrumentos automatizados;
- 2- Níveis de controle definidos tomando-se como referência os instrumentos INA-02, INA-10 e PZ-12;
- 3- Níveis de controle não aplicáveis, pois os instrumentos encontram-se fora do maciço da barragem;
- 4- Níveis de controle correspondentes à condição de afloramento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

### 6.1.1 Leituras Instrumentação

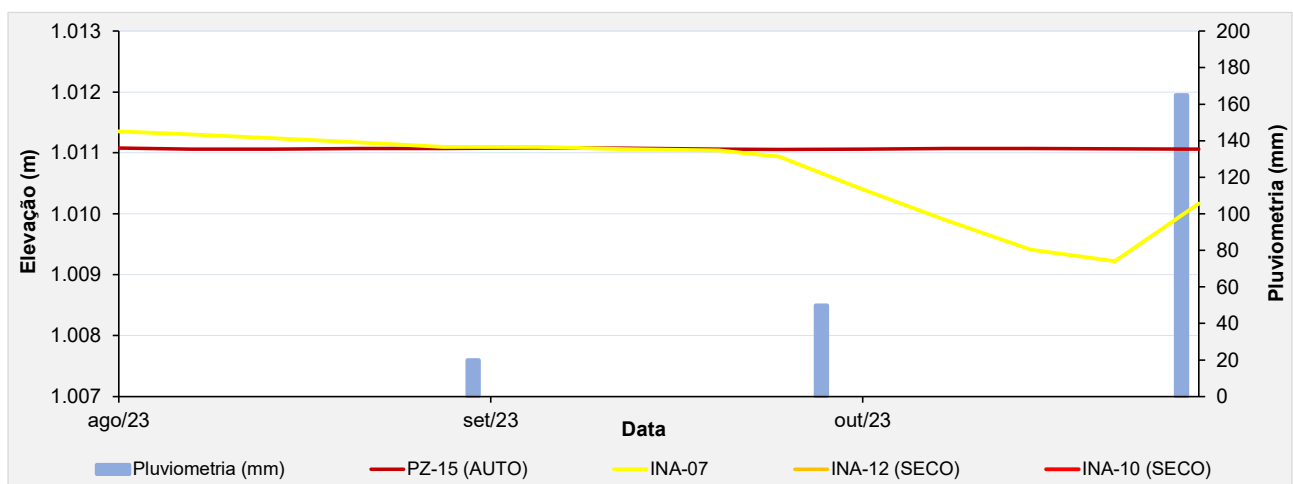
A seguir são apresentados gráficos das leituras dos instrumentos, por seção, no período de análise.



**Figura 6.7** – Leituras dos instrumentos da seção de controle A-A'.



**Figura 6.8** – Leituras dos instrumentos da seção de controle B-B'.



**Figura 6.9** – Leituras dos instrumentos da seção de controle C-C'.



## **6.2 Análise de Estabilidade**

Este item apresenta o resultado das análises de estabilidade realizadas para a barragem na condição atual.

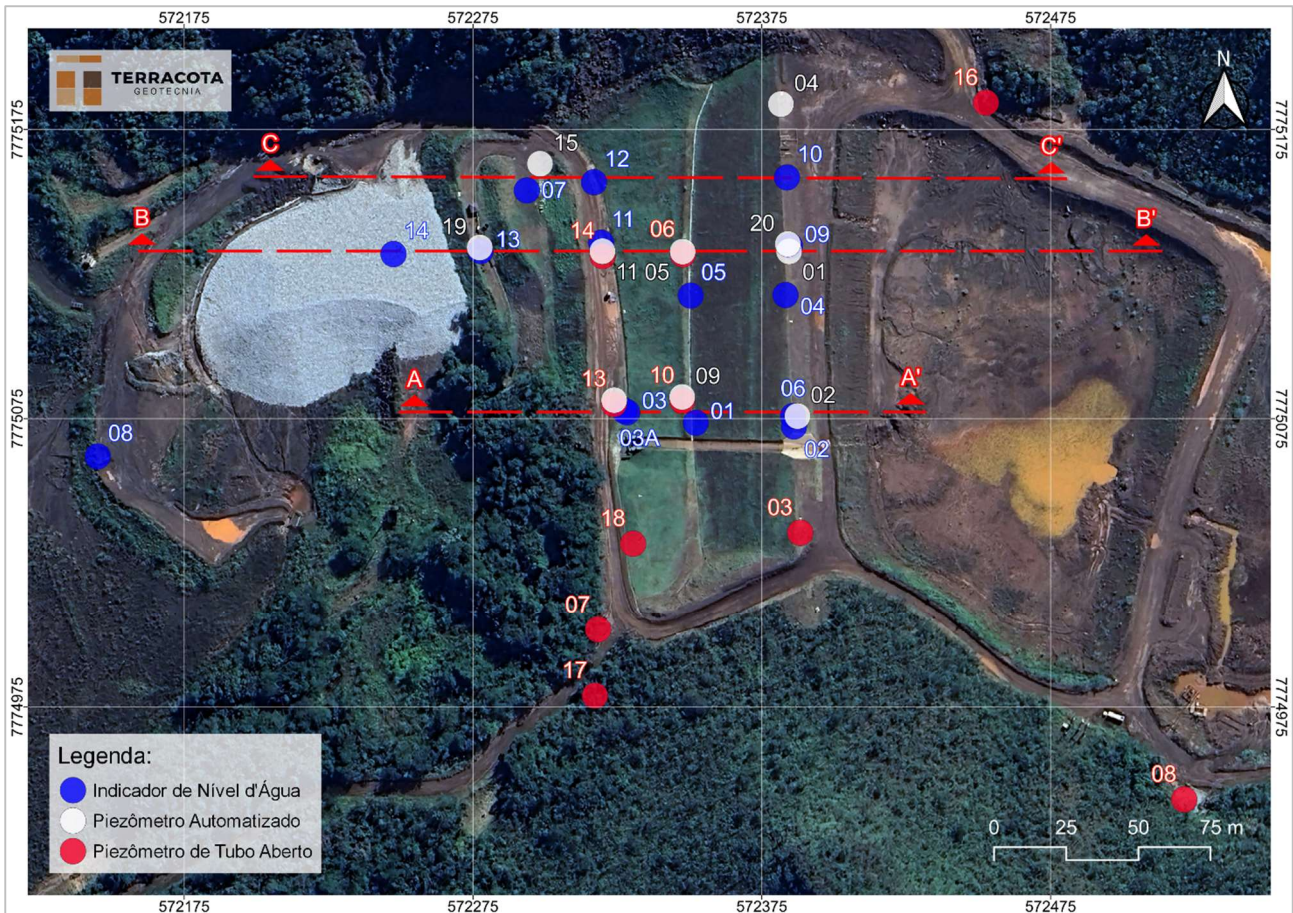
A análise de estabilidade foi realizada conforme norma NBR 13.028/2017, a partir do software Slide da empresa Rocscience. Foi utilizada a teoria de equilíbrio limite, através do método de Morgenstern-Price (M-P), adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb em condições de carregamento drenado e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

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

### **6.2.1 Premissas adotadas nas Simulações**

As análises aqui apresentadas foram elaboradas considerando a geometria da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico mais atual, realizado em novembro/2021 (documento B1\_IPE\_16NOV21.dwg), acrescido do levantamento As Built da berma de reforço construída a jusante da estrutura (CAD\_REFORÇO\_B1IPE\_14MAR23.dwg). A estratigrafia das seções transversais de análise foi definida pela DF+ Consultoria Geotécnica e Recursos Hídricos no âmbito do projeto conceitual de descaracterização, a partir da interpretação de uma extensa campanha de sondagens SPT e ensaios CPTu executada na barragem.

Na Figura 6.10 é apresentada a locação em planta das seções e instrumentação de controle utilizadas nas análises de estabilidade.



**Figura 6.10** – Seções Instrumentadas Barragem B1 – Mina Ipê – Planta.

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

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

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

A Tabela 6.2 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

**Tabela 6.2** – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

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

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

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

### 6.2.2 Definição da Condição da Superfície Freática

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

A Tabela 6.3 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

**Tabela 6.3 – Instrumentação – Valores lidos (30/10/2023) e valores adotados.**

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	PZ-02 <sup>(2)</sup>	1.022,43	1.023,64	1.024,20 <sup>(4)</sup>
	INA-02	1.030,77	Seco	-
	INA-06	1.021,41	1.023,81	1.023,81
	INA-01	1.031,86	Seco	-
	PZ-09 <sup>(1)</sup>	1.017,02	1.021,62	1.021,62
	PZ-10	1.025,33	Seco	-
	INA-03	1.029,53	Seco	-
	INA-03A	1.015,02	1.016,24	1.016,24
	PZ-12 <sup>(1)</sup>	1.010,87	1.014,41	1.014,41
B-B'	PZ-13	1.023,95	Seco	-
	INA-09	1.006,45	1.017,03	1.017,03
	PZ-20 <sup>(3)</sup>	1.006,15	1.015,51	1.017,03 <sup>(4)</sup>
	PZ-01 <sup>(1)</sup>	999,45	1.014,90	1.016,70 <sup>(4)</sup>
	INA-04	1.032,92	Seco	-
	INA-05	1.022,04	Seco	-
	PZ-05 <sup>(2)</sup>	993,47	1.010,84	1.012,85 <sup>(4)</sup>
	PZ-06	998,22	1.012,62	1.012,62
	INA-11	1.000,26	1.008,56	1.010,20 <sup>(4)</sup>
	PZ-11 <sup>(2)</sup>	982,32	1.009,96	1.009,96
	PZ-14	988,35	1.009,16	1.009,16
	INA-13	992,45	1.007,40	1.007,40
C-C'	PZ-19 <sup>(3)</sup>	993,23	1.007,26	1.007,26
	INA-14	989,66	1.006,94	1.006,94
	INA-10	1.022,31	Seco	1.022,31
	INA-12	1.011,61	Seco	1.011,61
	PZ-15 <sup>(1)</sup>	1.009,29	1.010,16	1.010,17 <sup>(4)</sup>
	INA-07	982,17	1.010,17	1.010,17

1- Instrumento automatizado em 2021;

2- Instrumento automatizado em 02/12/2022;

3- Instrumento automatizado em 19/10/2023;

4- Valores adotados através de interpolação visual das leituras dos instrumentos adjacentes para a posição de instalação do referido instrumento.

### 6.2.3 Parâmetros de Resistência

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

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

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

Na Tabela 6.4 apresentam-se os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

**Tabela 6.4** – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.

Material	Cor	γ (kN/m <sup>3</sup> )	Parâmetros de Resistência			Referência
			Parâmetros Efetivos		Su/σ'v	
			c' (kPa)	φ' (°)	(kPa)	
Rejeito Reservatório	Acima do N.A.	25,0	0,0	30,0	-	Correlação com N <sub>SPT</sub>
	Abaixo do N.A. - Pico		-	-	0,23	Interpretação de ensaios de Piezocone
	Abaixo do N.A. - Liquefeito		-	-	0,10	
Rejeito Antigo	Acima do N.A.	26,5	0,0	35,0	-	Correlação com N <sub>SPT</sub>
	Abaixo do N.A. - Pico		-	-	0,27	Interpretação de ensaios de Piezocone
	Abaixo do N.A. - Liquefeito		-	-	0,06	
Maciço	Rejeito Compactado	27,5	7,0	40,0	-	Ensaio de compressão triaxial de laboratório
	Rejeito Semi Compactado	26,5	0,0	40,0	-	
Solo Residual de Filito		19	18,0	36,0	-	
Saprolito de Filito		20	20,0	45,0	-	Correlação com N <sub>SPT</sub>
Quartzito Nova Lima		20	400,0	35,0	-	Estimativa bibliografia/projetistas
Filito São		20	Resistência Infinita			
Blocos Lançados		20	Envoltória Leps Inferior			
Enrocamento		22	Envoltória Leps Inferior			

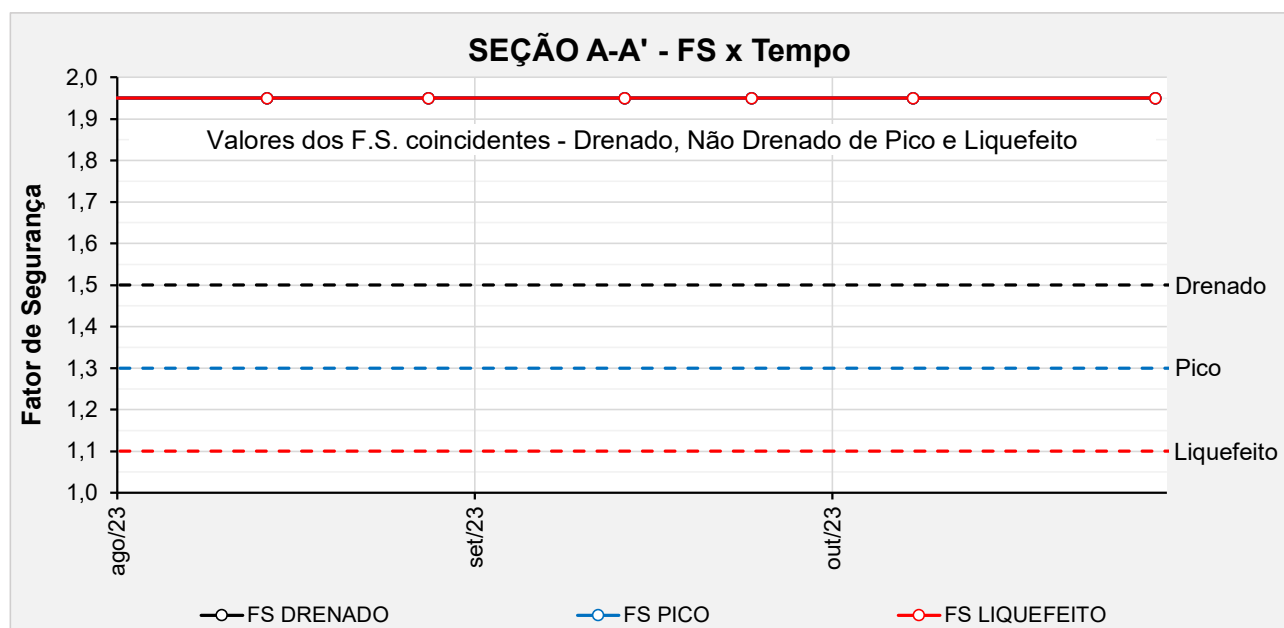
### 6.2.4 Resultados

Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 6.14 a Figura 6.22, destacando-se as superfícies de ruptura global e local que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 6.5 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

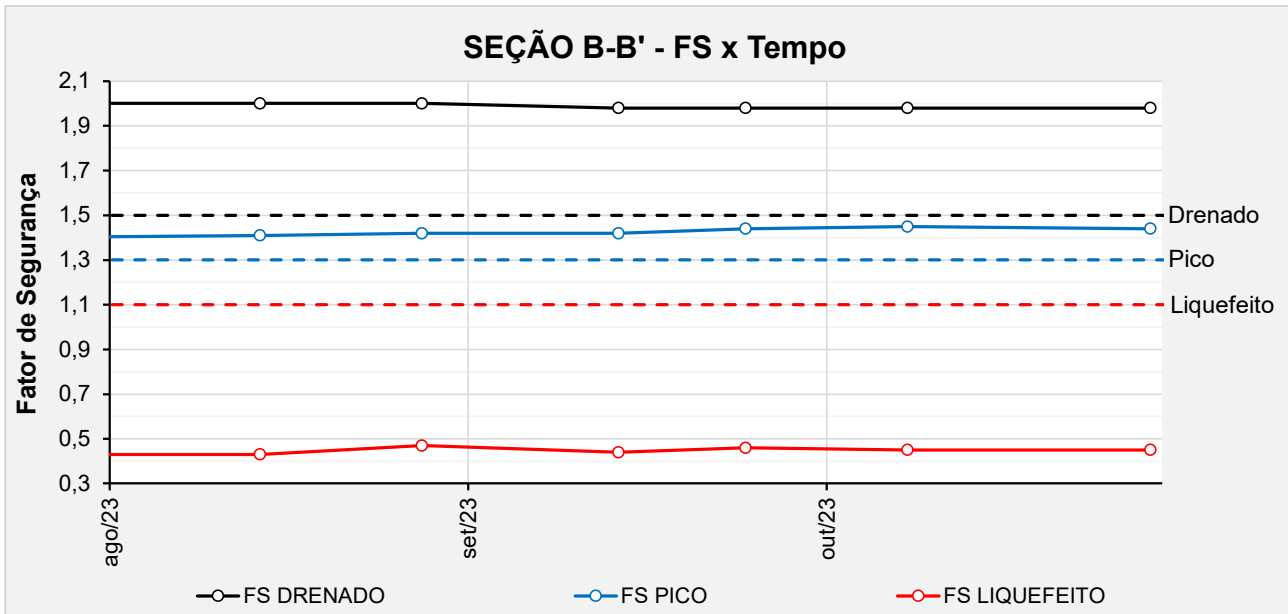
**Tabela 6.5 – Resultado das análises de estabilidade.**

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência dos Rejeitos	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A'	30/10/2023	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,95
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,95
B-B'	30/10/2023	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	1,98
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,44
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	0,45
C-C'	30/10/2023	Drenado	Parâmetro Efetivo	1,50	2,01
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	2,01
		Não Drenado	Resistência não drenada liquefeito	1,10	1,21

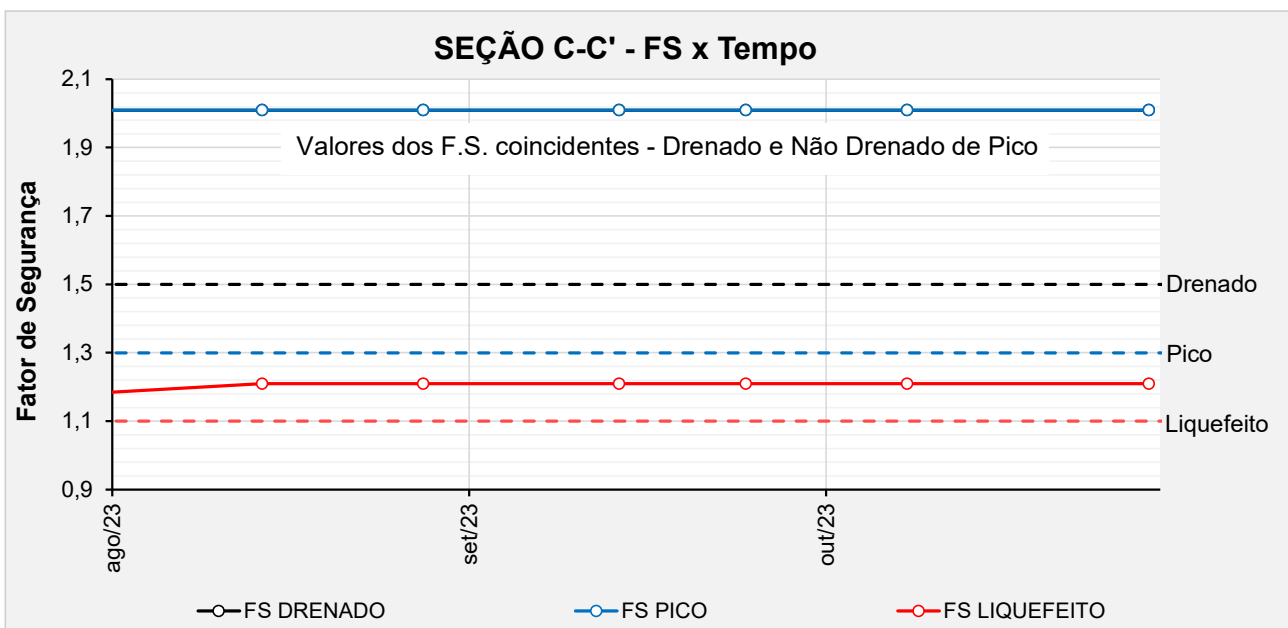
A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B1 – Mina Ipê, no período avaliado.



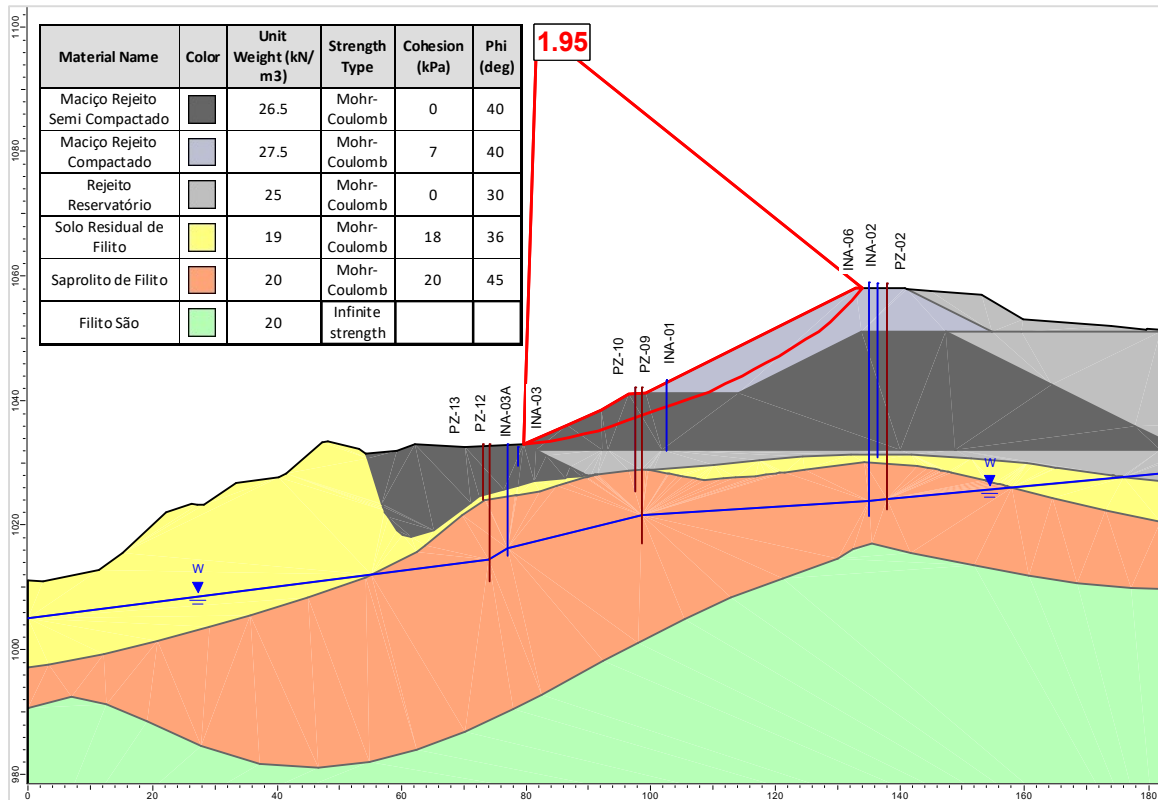
**Figura 6.11 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.**



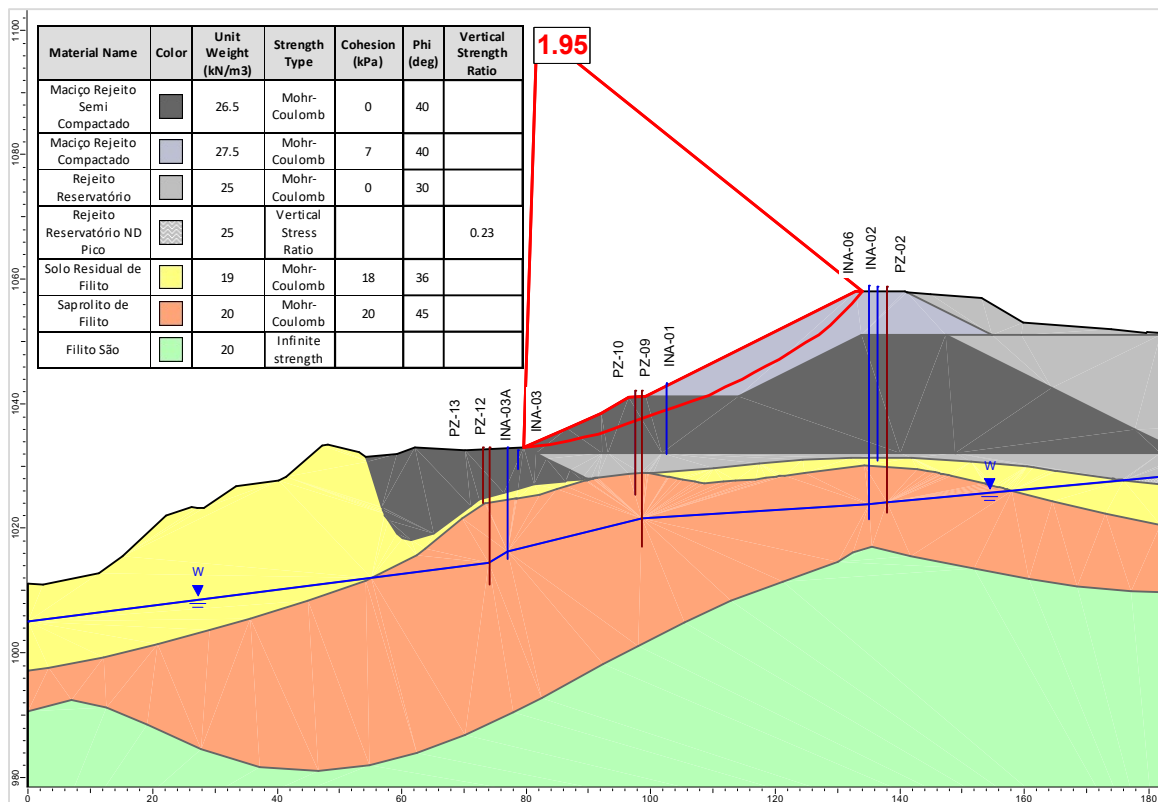
**Figura 6.12** – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.



**Figura 6.13** – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

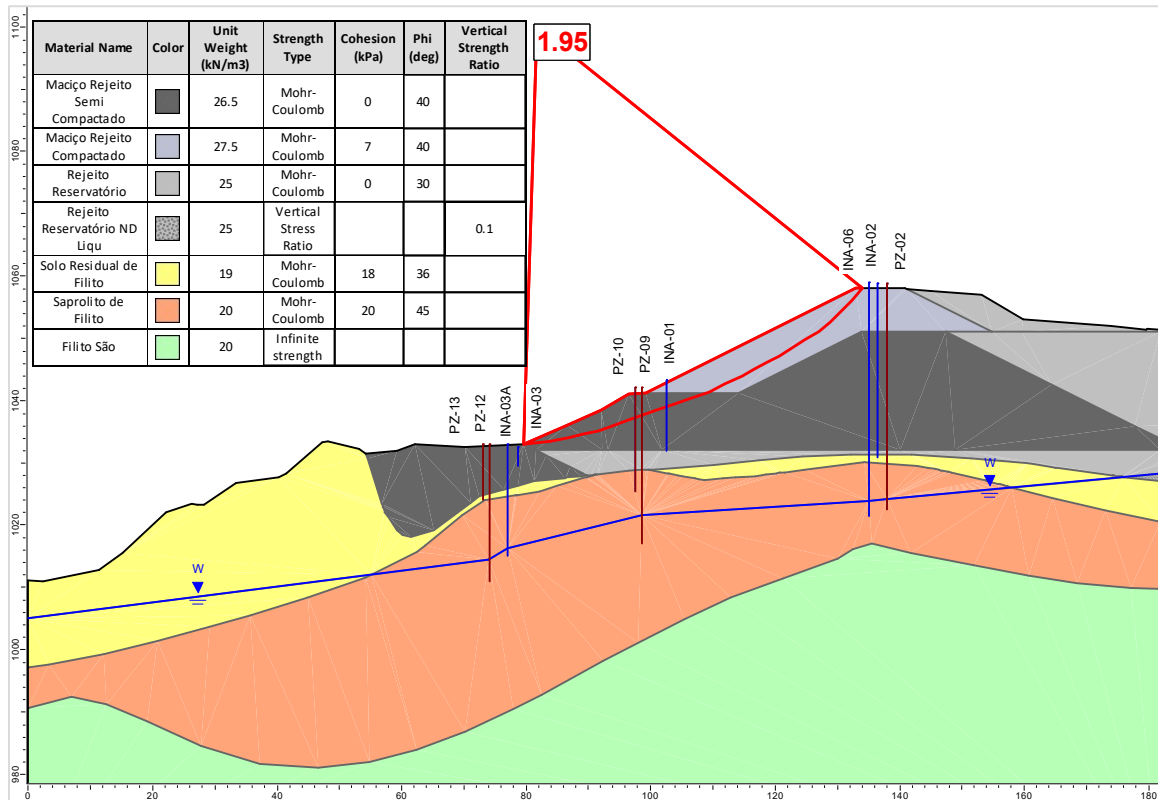


**Figura 6.14** – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023).

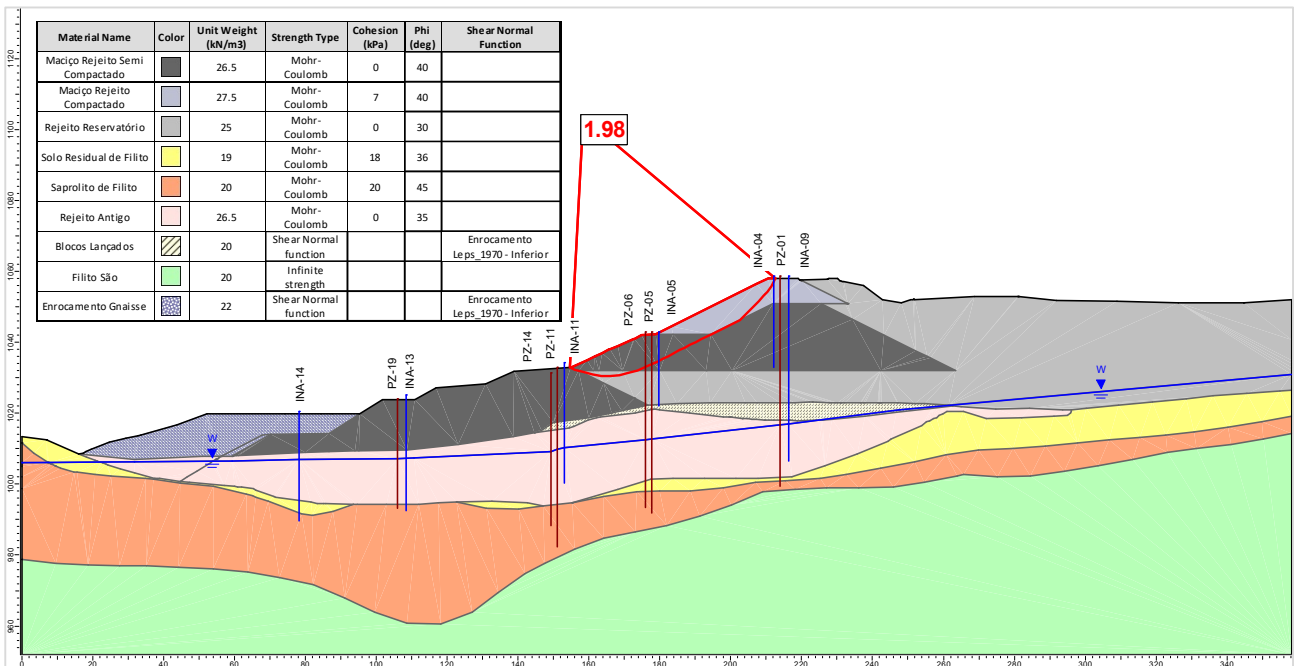


**Figura 6.15** – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023) – Razão de resistência não drenada de pico.

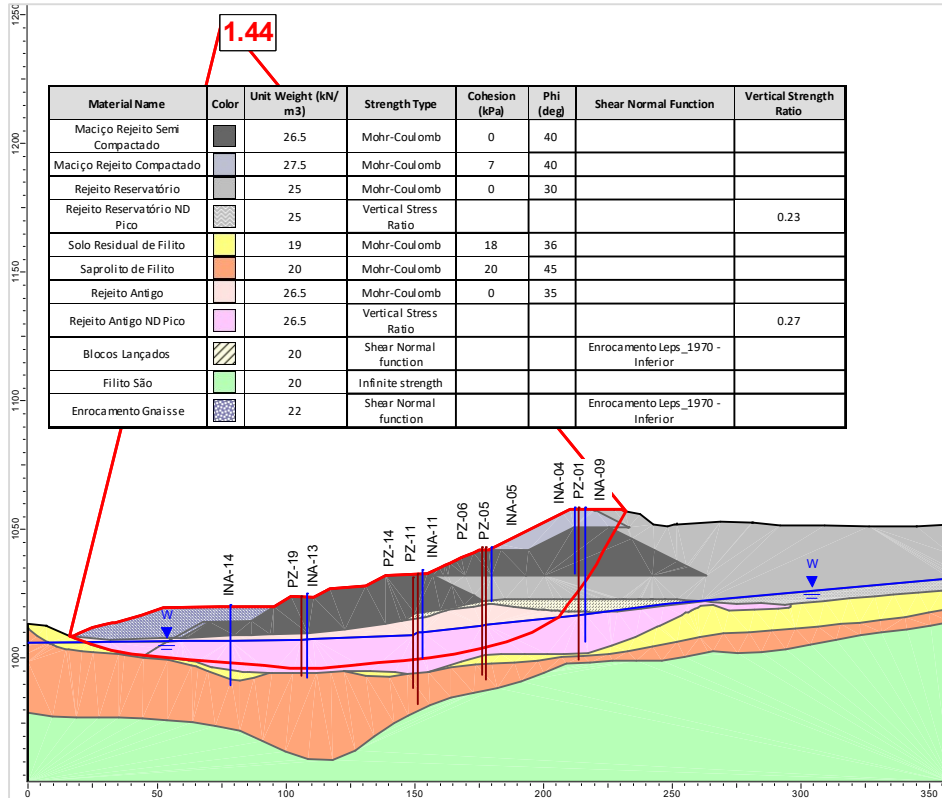




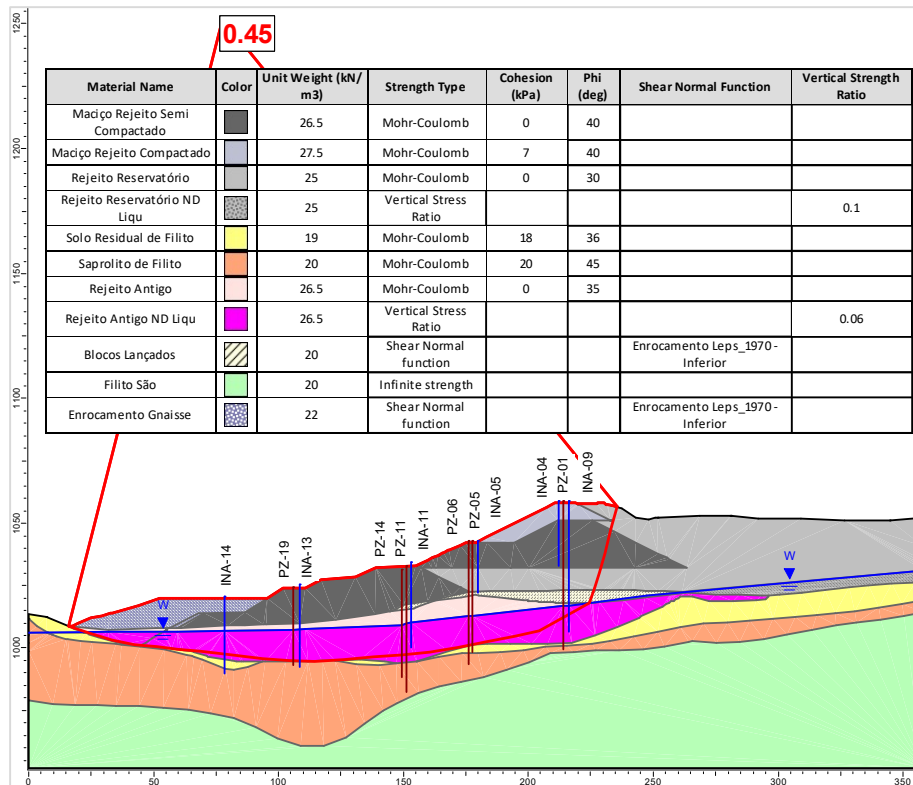
**Figura 6.16** – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023) – Razão de resistência não drenada liquefeito.



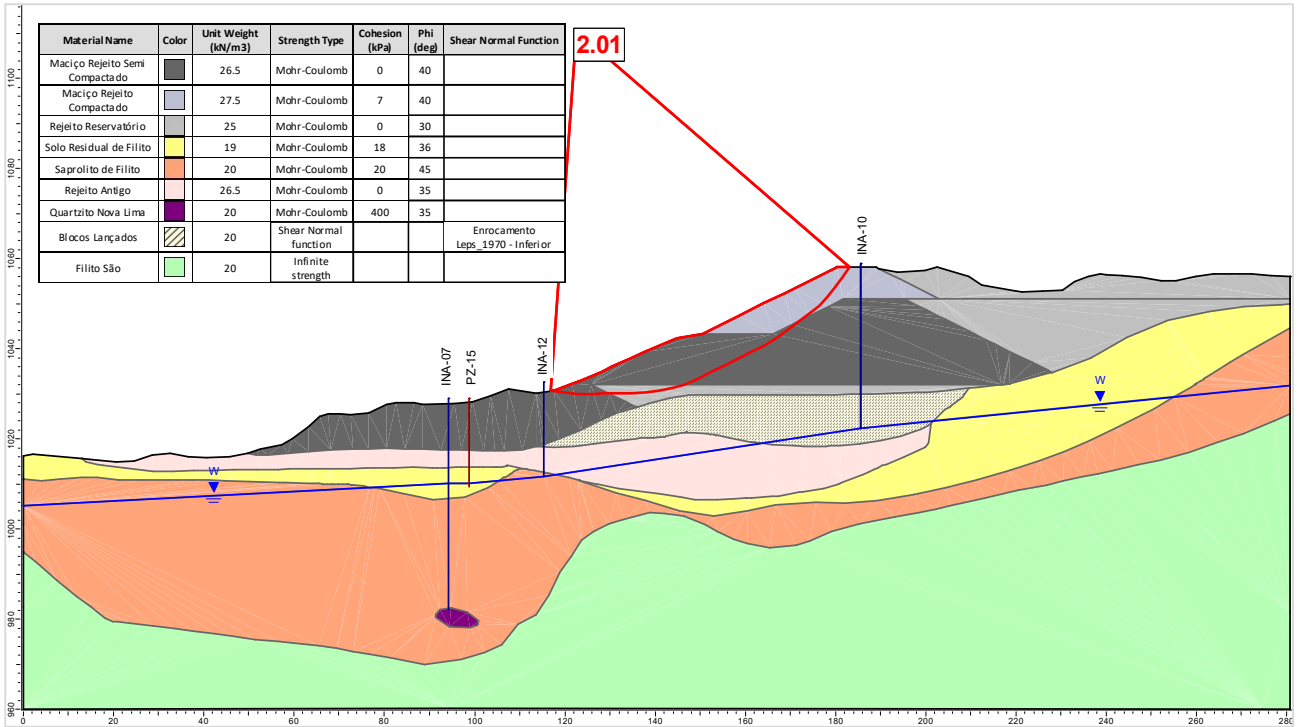
**Figura 6.17** – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023).



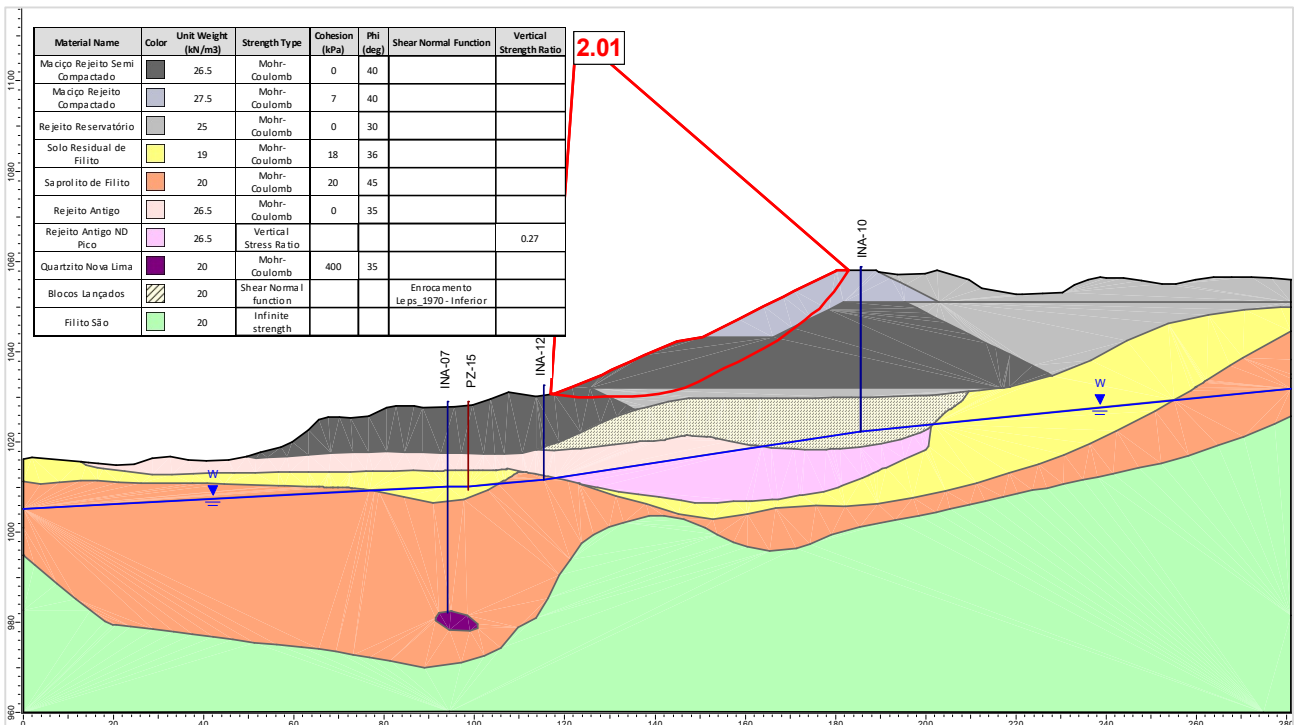
**Figura 6.18** – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023) – Razão de resistência não drenada de pico.



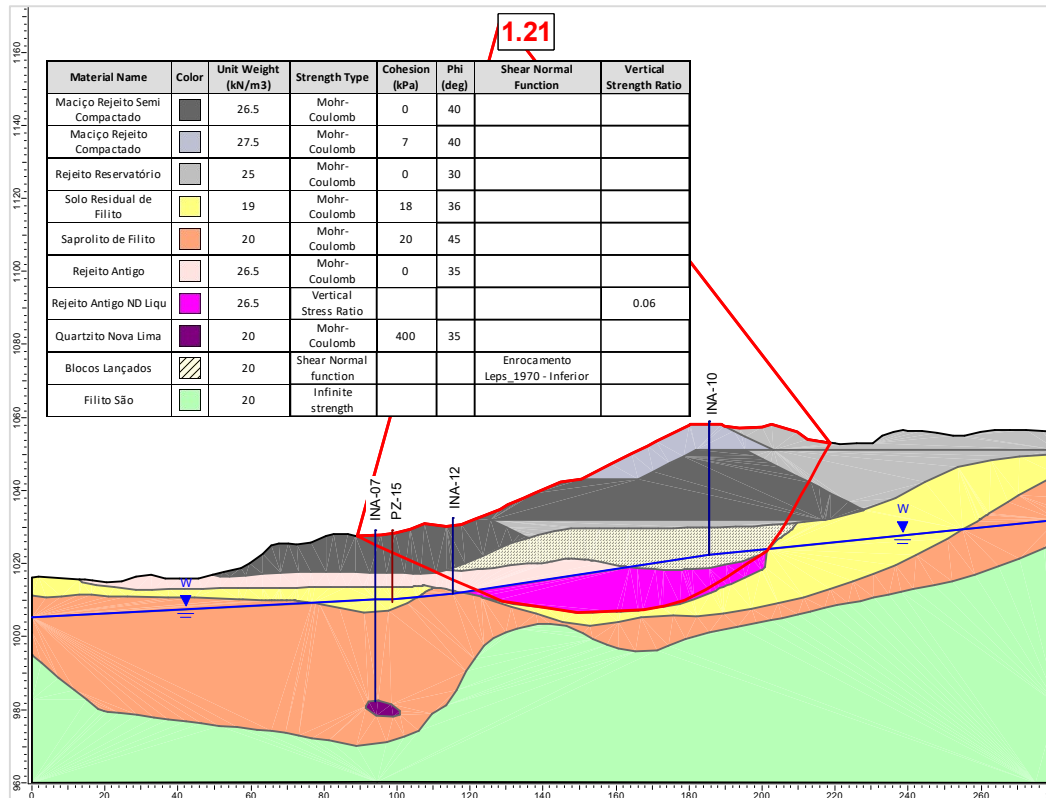
**Figura 6.19** – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023) – Razão de resistência não drenada liquefeito.



**Figura 6.20** – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023).



**Figura 6.21** – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023) – Razão de resistência não drenada de pico.



**Figura 6.22** – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática atual (30/10/2023) – Razão de resistência não drenada liquefeito.

### 6.3 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

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

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

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

#### **6.4 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização**

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

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

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

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

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

Com base nos resultados das análises de estabilidade, considera-se que é possível dar início às obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê desde que sejam atendidas as seguintes condicionantes:

- a) Análise de estabilidade atualizada que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles exigidos pela legislação vigente;
- b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima diária;

- c) Realização de análises de estabilidade semanal;
- d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 02 (dois) sismógrafos instalados na barragem;
- e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem emitido pelo radar de superfície;
- f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
- g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição anterior, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista que permita autorizar o retorno das atividades.

## 6.5 Rotina de Monitoramento

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

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

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

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

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

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

## 6.6 Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

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

**Tabela 6.6** – Itens presentes no termo de referência e suas justificativas.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
<b>1.1 IDENTIFICAÇÃO</b>	
VIII. Identificação da equipe técnica responsável pela execução e/ou acompanhamento da obra de descaracterização (nome completo, formação acadêmica, áreas sob sua responsabilidade no estudo, nº do registro em conselho de classe válido). A anotação de responsabilidade técnica deverá ser apresentada no anexo I.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
<b>1.3 OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO</b>	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: a) Memorial descritivo e desenhos das estruturas implantadas, removidas ou modificadas, ou informações equivalentes, bem como dispositivos de proteção ambiental;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: c) Descrição das estruturas e layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: d) Descrição das ações de movimentação de terra, incluindo localização e caracterização das áreas de empréstimo e bota-fora utilizadas.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
III. No caso de remoção do maciço e do reservatório, apresentar as medidas adotadas para a execução deste procedimento e um quantitativo dos materiais retirados;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
IV. Apresentar as medidas adotadas para a redução do nível do lençol freático no reservatório, quando couber, bem como informar o seu nível no estágio atual das obras de descaracterização;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
VIII. Apresentar a análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções; • Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para corrigir as anomalias registradas durante as inspeções visuais, inclusive daquelas iniciadas em períodos anteriores ao do relatório apresentado até sua finalização.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo



ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
	possível a disponibilização dessa informação.
<b>1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO</b>	
I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: a) Informar ações executadas do programa de manejo do patrimônio espeleológico na área afetada pelas obras de descaracterização, quando couber;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: b) Informar as ações executadas ações de resgate da fauna e da flora na área afetadas, se couber;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: c) Deverão ser apresentadas as ações para controle de supressão vegetal e de processos erosivos na área afetada pelas obras de descaracterização, bem como os comprovantes de regularização ambiental da atividade;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: d) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para acompanhamento e controle dos índices de qualidade do ar na área afetada pelas obras de descaracterização;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
II. Informar as ações e programas adotados para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização: e) Deverão ser apresentadas as medidas adotadas para gestão de efluentes líquidos e resíduos sólidos na área afetada pelas obras de descaracterização.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
IV. Para obras em estágio de finalização, apresentar as medidas adotadas para o manejo e a proteção do solo, dos recursos hídricos, para garantir a estabilidade geotécnica da área descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização dessa informação.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
<b>1.5 ASSINATURAS</b>	
Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização da assinatura do responsável técnico pelo acompanhamento das obras.
<b>1.6 ANEXO</b>	
Apresentar as anotações de responsabilidade técnica – ART do projeto, do acompanhamento das obras e do relatório técnico de acompanhamento da descaracterização das barragens no período avaliado.	Não foram iniciadas as obras de descaracterização, não sendo possível a disponibilização da ART do responsável técnico pelo acompanhamento das obras.

## 7. Assinaturas

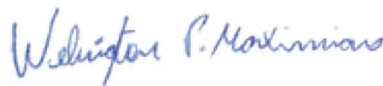
- Responsável técnico pelo projeto de descaracterização e pela elaboração deste relatório:



Elias Josafá Cota

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

- Responsável técnico pela barragem:



Wellington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

## 8. Anexos

	<p><b>ANEXO A – ART - PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO</b> Formato: Adobe PDF <b>(2 PÁGINAS)</b></p>
	<p><b>ANEXO B – ART - RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO</b> Formato: Adobe PDF <b>(2 PÁGINAS)</b></p>



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

<https://terracota.pro>