

**TERRACOTA**  
GEOTECNIA

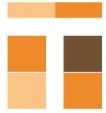
## **BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO**

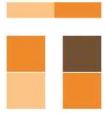


### **RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO**

**RELATÓRIO TÉCNICO**  
**12822-R-BA-RL-15-GE\_r0**

**MAIO**  
**2024**

 <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-15-GE_r0		<p align="center"><b>BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO</b></p>																						
Nº. MORRO DO IPÊ: IPE.OP.RL.8000.GT.20.962		<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	00					
Revisão da folha					Revisão da folha					Revisão da folha					Revisão da folha									
1	X				26	X				51	X				76	X				76	X			
2	X				27	X				52	X				77	X				77	X			
3	X				28	X				53	X				78	X				78	X			
4	X				29	X				54	X				79	X				79	X			
5	X				30	X				55	X				80	X				80	X			
6	X				31	X				56	X				81	X				81	X			
7	X				32	X				57	X				82	X				82	X			
8	X				33	X				58	X				83	X				83	X			
9	X				34	X				59	X				84	X				84	X			
10	X				35	X				60	X				85	X				85	X			
11	X				36	X				61	X				86	X				86	X			
12	X				37	X				62	X				87	X				87	X			
13	X				38	X				63	X				88	X				88	X			
14	X				39	X				64	X				89	X				89	X			
15	X				40	X				65	X				90	X				90	X			
16	X				41	X				66	X				91	X				91	X			
17	X				42	X				67	X				92	X				92	X			
18	X				43	X				68	X				93	X				93	X			
19	X				44	X				69	X				94	X				94	X			
20	X				45	X				70	X				95	X				95	X			
21	X				46	X				71	X				96	X				96	X			
22	X				47	X				72	X				97	X				97	X			
23	X				48	X				73	X				98	X				98	X			
24	X				49	X				74	X				99	X				99	X			
25	X				50	X				75	X				100	X				100	X			
<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	27/05/2024																							
EXECUTADO	GFL / EJC																							
VERIFICADO	EJC																							
APROVADO	EJC																							

 <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>																						
<p>Nº. CONTRATADA: 12822-R-BA-RL-15-GE_r0</p>		<p align="center"><b>BARRAGEM B1-AUXILIAR – MINA TICO-TICO</b></p>																				
<p>Nº. MORRO DO IPÊ: IPE.OP.RL.8000.GT.20.962</p>		<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					Rev doc					
Revisão da folha					Revisão da folha					Revisão da folha					Revisão da folha							
101	X					126	X					151					176					
102	X					127	X					152					177					
103	X					128	X					153					178					
104	X					129						154					179					
105	X					130						155					180					
106	X					131						156					181					
107	X					132						157					182					
108	X					133						158					183					
109	X					134						159					184					
110	X					135						160					185					
111	X					136						161					186					
112	X					137						162					187					
113	X					138						163					188					
114	X					139						164					189					
115	X					140						165					190					
116	X					141						166					191					
117	X					142						167					192					
118	X					143						168					193					
119	X					144						169					194					
120	X					145						170					195					
121	X					146						171					196					
122	X					147						172					197					
123	X					148						173					198					
124	X					149						174					199					
125	X					150						175					200					
<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.
DATA	27/05/2024																					
EXECUTADO	GFL / EJC																					
VERIFICADO	EJC																					
APROVADO	EJC																					

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Documentos de referência.....</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>Códigos e Normas .....</b>	<b>7</b>
<b>4.</b>	<b>Ficha Técnica do Empreendimento .....</b>	<b>8</b>
4.1	Identificação do Empreendedor .....	8
4.2	Identificação do Empreendimento.....	8
4.3	Endereço para Envio de Correspondência .....	8
4.4	Identificação do Representante Legal do Empreendimento.....	8
4.5	Responsável Técnico pela Segurança da Barragem .....	8
4.6	Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização.....	9
4.7	Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização.....	9
4.8	Localização da Barragem.....	9
4.9	Função atual .....	10
4.10	Características Gerais .....	10
4.11	Classificação da Barragem.....	14
<b>5.</b>	<b>Projeto de Descaracterização .....</b>	<b>19</b>
5.1	Descrição do Projeto .....	20
5.2	Alterações de Projeto.....	24
5.3	Atividades Preparatórias.....	24
5.3.1	Impermeabilização do Reservatório .....	24
5.4	Cronograma .....	25
5.5	Riscos Geológicos-Geotécnicos.....	28
5.6	Condição da Estrutura no Período Avaliado .....	28
5.6.1	Inspeções de Campo .....	28
5.6.2	Anomalias Detectadas Durante as Inspeções .....	28
5.6.3	Instrumentação Instalada na Barragem .....	30
5.6.3.1	Leituras Instrumentação .....	46
5.6.4	Análise de Estabilidade .....	82
5.6.4.1	Premissas adotadas nas Simulações .....	82
5.6.4.2	Sismicidade do Local da Barragem .....	85
5.6.4.3	Definição da Condição da Superfície Freática .....	90
5.6.4.4	Parâmetros de Resistência .....	92
5.6.4.5	Resultados .....	94
5.7	Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização .....	119
5.8	Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização .....	120

5.9	Rotina de Monitoramento .....	121
<b>6.</b>	<b>Obras de Descaracterização .....</b>	<b>122</b>
<b>7.</b>	<b>Situação atual dos demais itens do Termo de Referência .....</b>	<b>122</b>
<b>8.</b>	<b>Assinaturas .....</b>	<b>127</b>
<b>9.</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>128</b>

## 1. Introdução

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

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

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

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

## 2. Documentos de referência

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

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.819\_r1 - Relatório Técnico de Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragens – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – FEAM – 1º Semestre de 2024. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Março/2024.
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.765\_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Planilha de Quantidades. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Janeiro/2024;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.554\_r2 – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – Níveis de Controle da Instrumentação – Carta de Risco. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023.
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.761\_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Consolidação de Dados. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.762\_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico de Diagnóstico da Estrutura. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.763\_r0 – Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Relatório Técnico do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023;
- IPE.OP.DE.8000.GT.20.760 a IPE.OP.DE.8000.GT.20.784 – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico - Projeto Executivo de Descaracterização – Desenhos do Projeto. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2023.

### 3. Códigos e Normas

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

- Lei 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 13.028/2017 - dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração, visando atender às condições de segurança, operacionalidade, economicidade e desativação, minimizando os impactos ao meio ambiente.



#### 4. Ficha Técnica do Empreendimento

##### 4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.

CNPJ: 22.902.554/0001-17

Inscrição Estadual: 293732116

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

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

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

##### 4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.

CNPJ: 22.902.554/0001-17

Processo Administrativo  
COPAM nº: 37478/2016

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

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

E-mail: [casaipe@ipemineração.com](mailto:casaipe@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	
https://terracota.pro Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330. Belo Horizonte/MG, Brasil.		

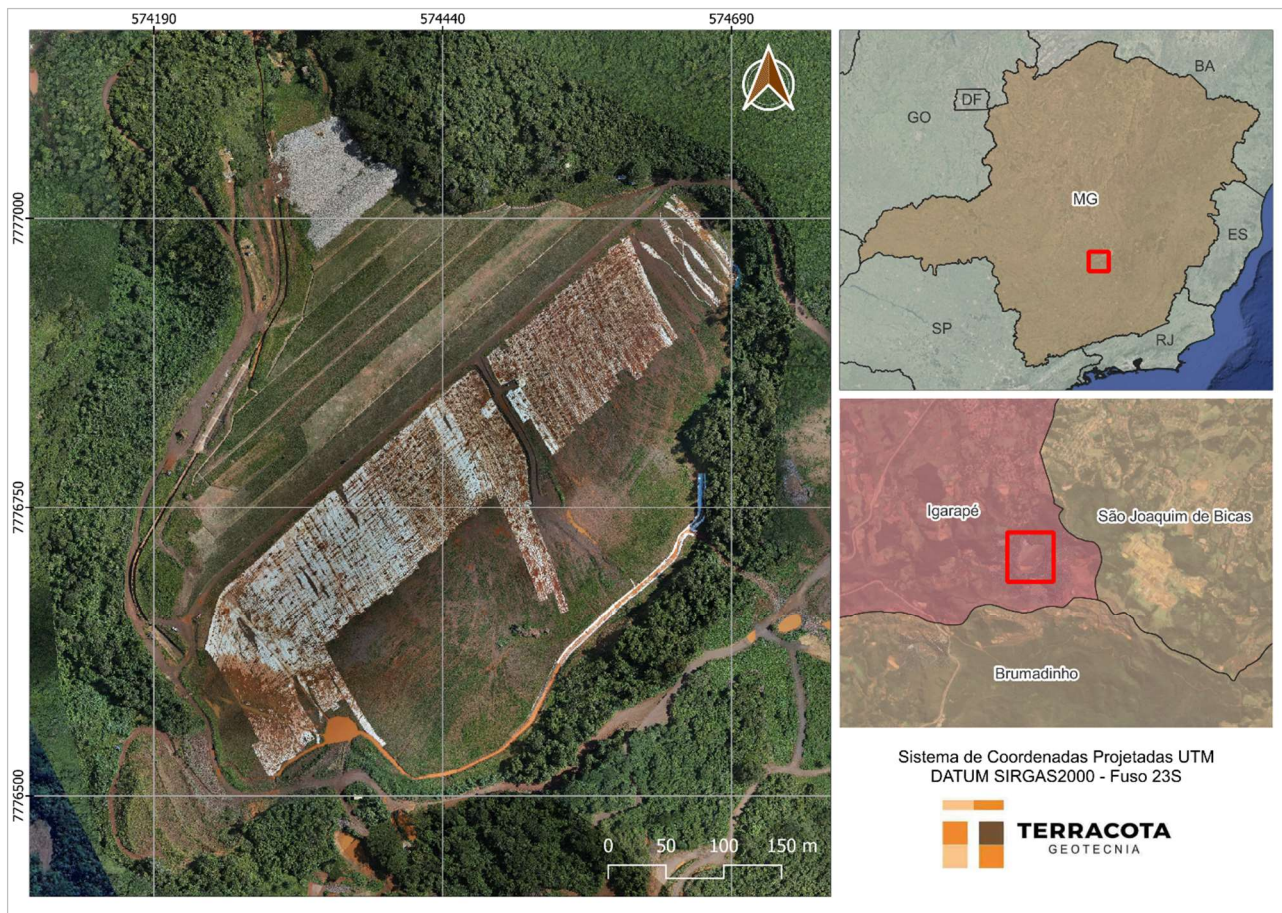
##### Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização

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

#### 4.8 Localização da Barragem

A Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico localiza-se no vale do córrego Olaria, no município de Igarapé-MG, em torno das coordenadas UTM (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S) 574.430m E e 7.776.830m N. A estrutura situa-se a jusante da Barragem B2 – Mina Tico-Tico (B2TT) e a montante da estrutura descaracterizada, denominada Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico (B1 Tico-Tico).

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.



**Figura 4.1** – Localização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

#### 4.9 Função atual

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

O lançamento de rejeitos na barragem foi paralisado em janeiro de 2019. A tubulação de rejeito e os espigotes foram removidos e a estrutura encontra-se descomissionada e desativada conforme consta na Resolução ANM nº95/2022, Art. 2º VIII.a e IX e no Art. 3º do Decreto Estadual 48.140/2021, a operação de disposição de rejeitos não será retomada.

#### 4.10 Características Gerais

A Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico foi construída em 7 (sete) etapas, sendo o maciço inicial na El. 963,0 m, um alteamento a jusante na El. 983,0 m e cinco alteamentos a montante até a elevação final 1.011,00 m.

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.1, atualizadas a partir dos levantamentos topográficos IPE.OP.DF.8000.GT.20.008.A\_R1.dwg e

IPE.OP.DF.8000.GT.20.024.B.dwg, sendo que a Figura 4.2 apresenta a imagem de satélite da estrutura e a Figura 4.3 apresenta a seção C-C' de maior altura da barragem.

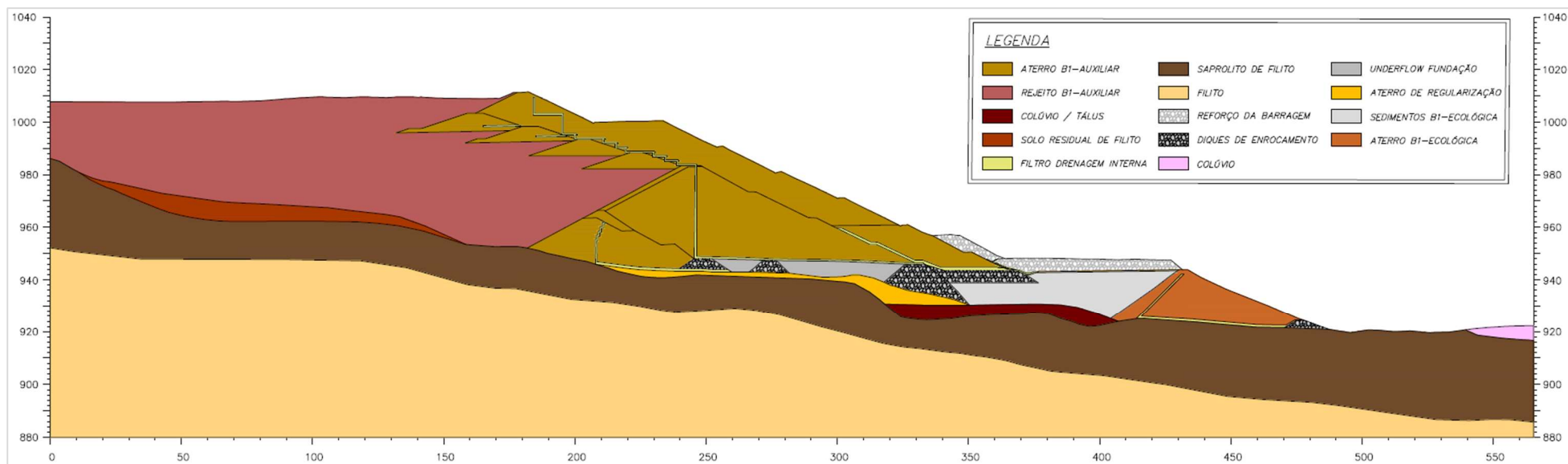
**Tabela 4.1** – Principais características da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.  
 (Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.819\_r1)

DADOS GERAIS	
Nome da Estrutura	B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico
Código FEAM	402
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	Latitude: -20°06'12.700" Longitude: -44°17'17.500"
Coordenada projetada (UTM) do ponto central da crista do barramento (DATUM SIRGAS2000 – Fuso 23S)	574.430m E / 7.776.830m N
Finalidade do Barramento	Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro
Ano de Início de Implementação	2007
Ano de Início de Operação	2007
Ano de Término de Operação	2019
Ano de Término de Descaracterização	Sem previsão
Situação (status) de operação atual da barragem	Em descaracterização (projeto)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Volume Total = Reservatório + maciços (m <sup>3</sup> )	4.258.447 (*)
Capacidade total do reservatório (m <sup>3</sup> )	3.116.656 (*)
Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m <sup>3</sup> )	2.659.653 (*)
Área do reservatório (m <sup>2</sup> )	139.000
Elevação do coroamento (m)	1.011,0
Elevação do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	930,0
Altura atual da barragem (m)	81,0
Extensão do coroamento (m)	570,0
Largura do coroamento (m)	6,0
Largura das bermas (m)	Variável, mínimo de 3,0
Alteamentos realizados e métodos empregados;	Alteamentos a jusante e a montante
Inclinação geral do talude jusante	2,5(H):1(V) (21,6°)
Inclinação talude de montante	2,0(H):1(V) (32°)
Elevação do NA normal do reservatório (m)	1.007,00
Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m)	1.010,00
Nível d'água máximo maximorum (PMP) (m)	1.010,30
Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m)	1,00
Borda livre mínima (PMP) (m)	0,70
Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m <sup>3</sup> /s)	5,10
Descarga do vertedouro (PMP) (m <sup>3</sup> /s)	9,72
Capacidade de descarga do vertedouro (m <sup>3</sup> /s)	22,00
Área da bacia de contribuição (km <sup>2</sup> )	1,023

(\*) Volumes obtidos da análise e interpretação dos levantamentos topográficos de "As Built" das diversas etapas construtivas e do levantamento de ocupação atual do reservatório (IPE.OP.DF.8000.GT.20.008.A\_R1.dwg).



**Figura 4.2** – Imagem da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. (Fonte: Ortofoto MMI – Março/2024).



**Figura 4.3** – Seção de maior altura C-C' da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

#### 4.11 Classificação da Barragem

De acordo com a Matriz para Classificação de barragens para disposição de resíduos ou rejeitos da mineração segundo Anexo II do Decreto 48.140/2021 que regulamenta a Lei Estadual 23.291/2019, a **Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico** foi classificada, conforme RTESB referente ao 1º semestre/2024 (IPE.OP.RL.8000.GT.20.819), com Potencial de Dano Ambiental Alto e Categoria de Risco Baixo, resultando em **Classe B**, conforme tabelas a seguir.

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

<b>CATEGORIA DE RISCO</b>		
1	Características Técnicas (CT)	19
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	0
<b>PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PSB</b>		<b>19</b>
<b>CLASSIFICAÇÃO DE RISCO</b>		<b>BAIXO</b>

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

(\*) 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.**

<b>POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)</b>		<b>Pontos</b>
1	Volume total do reservatório	2
2	Existência de População a Jusante	10
3	Impacto Ambiental	6
4	Impacto Socioeconômico	5
<b>PONTUAÇÃO TOTAL (PDA)</b>		<b>23</b>
<b>CLASSIFICAÇÃO DE DANO</b>		<b>ALTO</b>

<b>FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL</b>	<b>PDA</b>
	<b>ALTO</b>	<b><math>\geq 13</math></b>
	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 Decamilenar (0)</b>	Etapa única (0)	<b>Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)</b>
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)	<b>200m ≤ Comprimento ≤ 600m (2)</b>	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)
<b>Altura &gt; 60m (7)</b>	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) = 19</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>	<b>Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)</b>
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)
<b>EC = Σ (f até i) = 0</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)	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 <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)	<b>ALTO</b> <b>(Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem)</b> (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>PDA = Σ (a até d) = 23</b>			

## 5. Projeto de Descaracterização

- O conceito do projeto de descaracterização é o de contrapilhamento da estrutura (aterro de reforço) até o nível do coroamento com estéril rochoso (enrocamento de itabirito compacto), o preenchimento e a regularização do reservatório com rejeito filtrado e a selagem da superfície final com solo argiloso;
- Os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado de pico ( $FS \geq 1,3$ ) e não drenado liquefeito ( $FS \geq 1,1$ ) já são atendidos em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização. Considerando a superfície freática atual, o fator de segurança exigido para a condição de carregamento não drenado de pico ( $FS \geq 1,5$ ), a ser obtido ao final das obras de descaracterização, também já são atendidos em todas as seções;
- O projeto de descaracterização será concebido para ser executado em três etapas macro: sendo a primeira com a construção do canal extravasor/condutor pela ombreira esquerda; a segunda etapa compreende a regularização do reservatório com rejeito filtrado, a selagem da superfície final com solo argiloso, construção do canal de coleta sobre o reservatório e o tamponamento do sistema extravasor operacional; e a terceira etapa se resume na construção do aterro de reforço com enrocamento até o nível do coroamento;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos, com duração mínima de 6 meses (abril a setembro), podendo se estender em função das condições climáticas desde que haja tempo hábil para atender as premissas de conclusão de cada etapa;
- O projeto considera que as escavações para tratamento de fundações e a execução dos aterros será realizada com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas, tratores de esteira, motoniveladoras e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;
- O volume total geométrico de aterro previsto para execução do reforço da estrutura, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.229.140 m<sup>3</sup>;
- O projeto de descaracterização abrange exclusivamente a área da barragem, ombreiras e o reservatório;
- A superfície final do reservatório deverá receber camada impermeabilizante (selo) de solo argiloso, preferencialmente laterítico, compactado em camadas de no máximo 25 cm de material solto até obter espessura final mínima de 50 cm, grau de compactação de 98% do PN e ter as declividades indicadas no projeto de forma a direcionar os fluxos incidentes nesta superfície para o canal de condutor;

## 5.1 Descrição do Projeto

O projeto de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico se constitui basicamente no contrapilhamento da estrutura (aterro de reforço) até o nível do coroamento com estéril rochoso (enrocamento de itabirito compacto), o preenchimento e a regularização do reservatório com rejeito filtrado e com selagem da superfície final com solo argiloso, além da construção do canal de desvio (canal de contorno) da drenagem superficial que não permitirá a formação de lago na estrutura e, por fim, o tamponamento do extravasor operacional.

Durante as etapas de regularização do reservatório, os fluxos incidentes e de contribuições de nascentes continuarão a ser direcionados para o sistema extravasor operacional utilizando os canais de contorno existentes. Também deverá ser mantido em condições de uso o sistema de bombeamento existente junto à margem esquerda, com capacidade para direcionar as águas para o interior do sistema extravasor operacional.

As escavações para construção do canal sobre o reservatório serão realizadas em camadas com aproximadamente 2,0 m de espessura que se estendem por toda a largura da área a ser descaracterizada. A escavação será feita a partir das proximidades do emboque do sistema extravasor de emergência (ombreira esquerda) avançando em direção ao fundo do reservatório. Transversalmente ao reservatório, a superfície será regularizada com 0,5% de declividade a partir do coroamento e das margens em direção ao canal.

Caso se verifique, em qualquer camada, que o rejeito se encontra com elevada saturação comprometendo o andamento dos serviços (escavação e tráfego de caminhões), deverá ser executada inicialmente uma vala longitudinal principal de forma a desaguar o rejeito. Esta vala deverá ter declividade mínima (0,5%) que direcione o fluxo em direção a um *sump* operacional onde deverá ser instalado sistema de bombeamento.

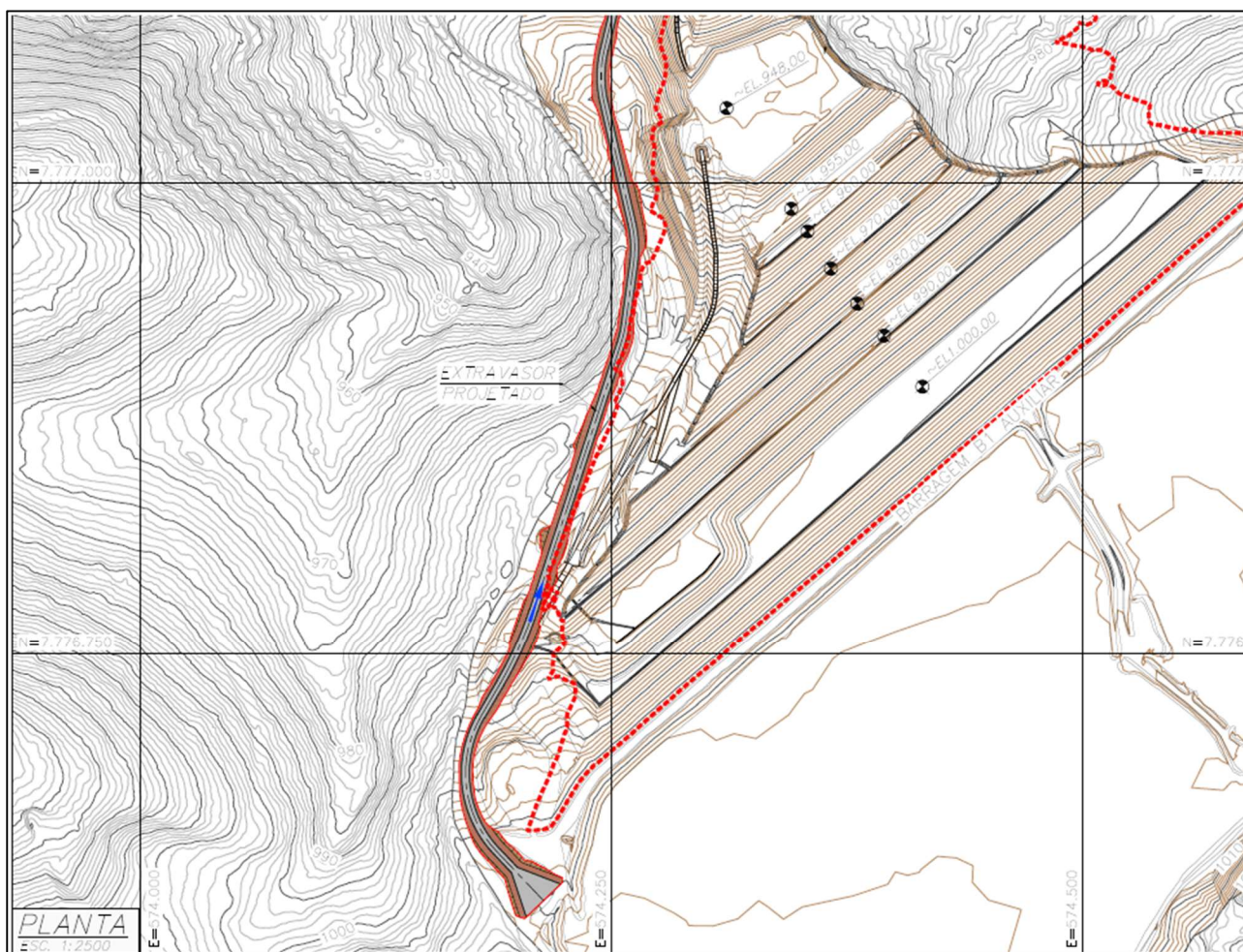
Os taludes das escavações no rejeito para a construção do canal deverão ter inclinação correspondente a 3H:1V.

Em termos gerais, o projeto de descaracterização será realizado em quatro etapas macro compreendendo:

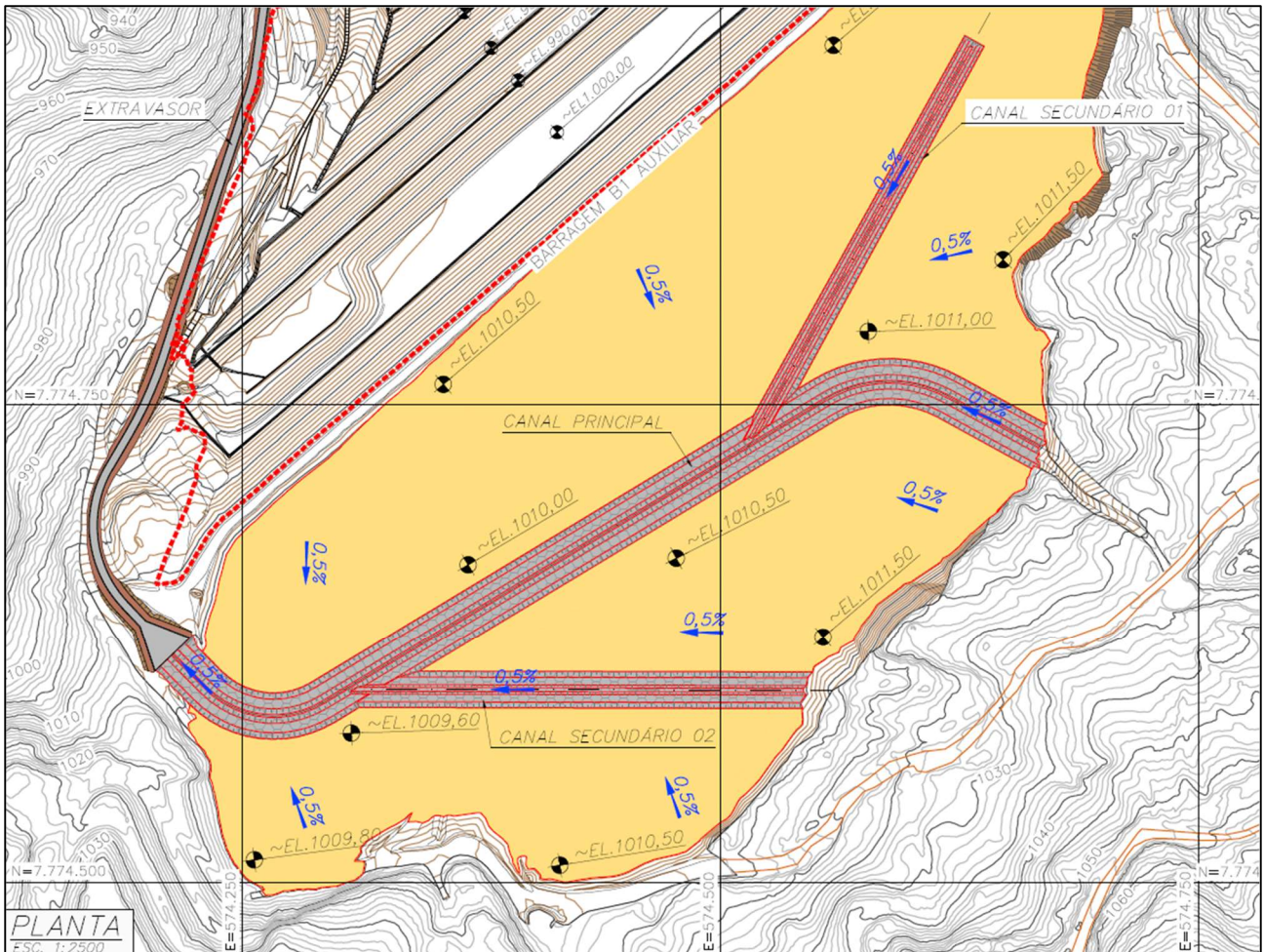
- **Etapa 1** – Construção da estrutura em concreto armado do canal extravasor ao longo da ombreira esquerda da barragem;

- **Etapa 2** – Conformação e drenagem da área do reservatório. Envolve a regularização da superfície com aterro de rejeito filtrado, a escavação para construção do canal principal e canais secundários e interligação com o trecho em concreto, execução de selo com solo argiloso, revestimento dos canais sobre o reservatório com gabiões colchão;
- **Etapa 3** – Tamponamento do sistema extravasor operacional;
- **Etapa 4** – Execução do aterro de reforço. Abrange também a realização de supressão vegetal, tratamento das fundações e construção de dispositivo de drenagem interna. A construção do aterro de reforço está prevista para ser executada em um período de 3 (três) anos – 2025 a 2027.

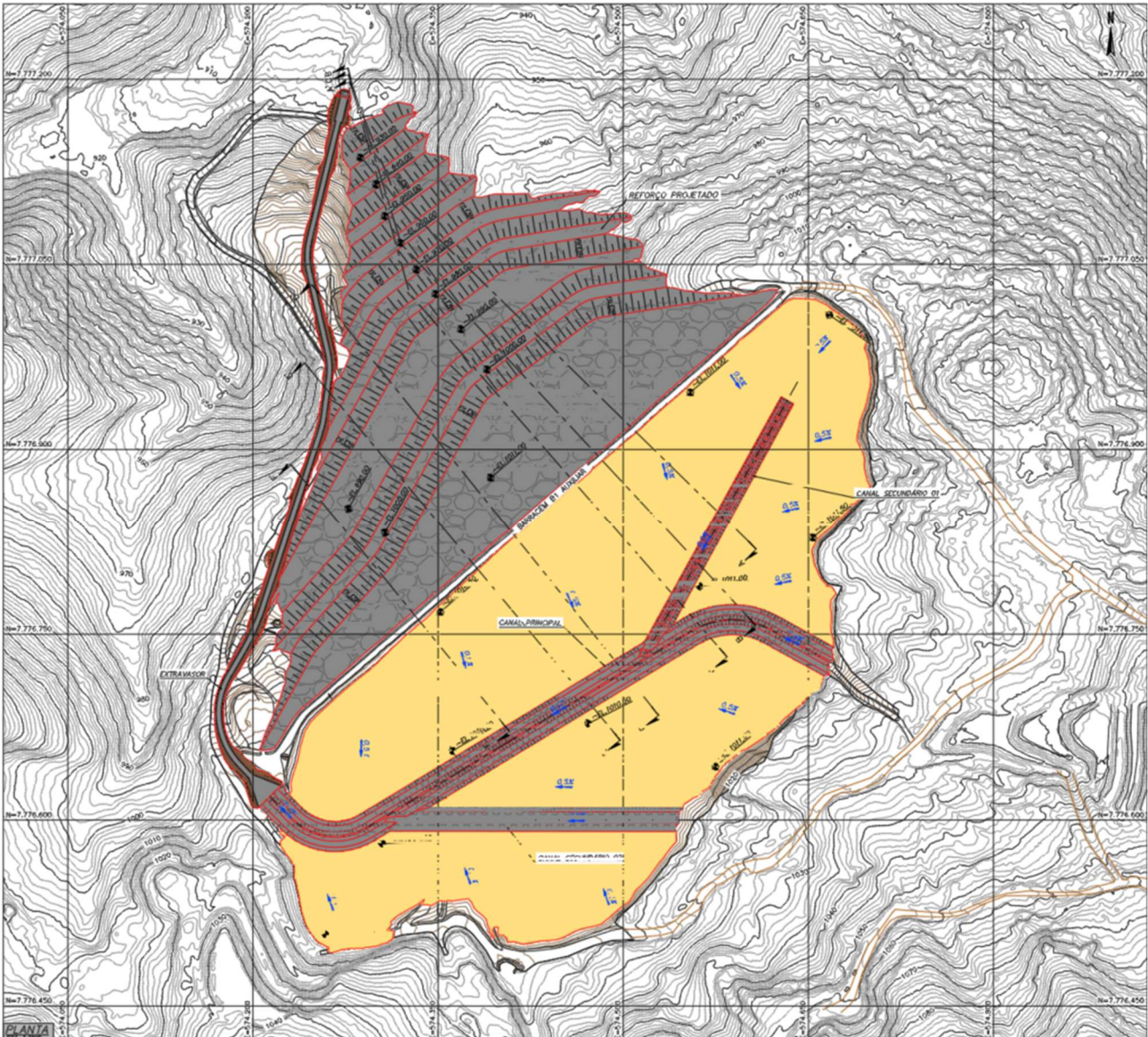
As etapas macro 1, 2 e 4 do projeto de descaracterização descritas acima são representadas respectivamente na Figura 5.1, Figura 5.2 e Figura 5.3.



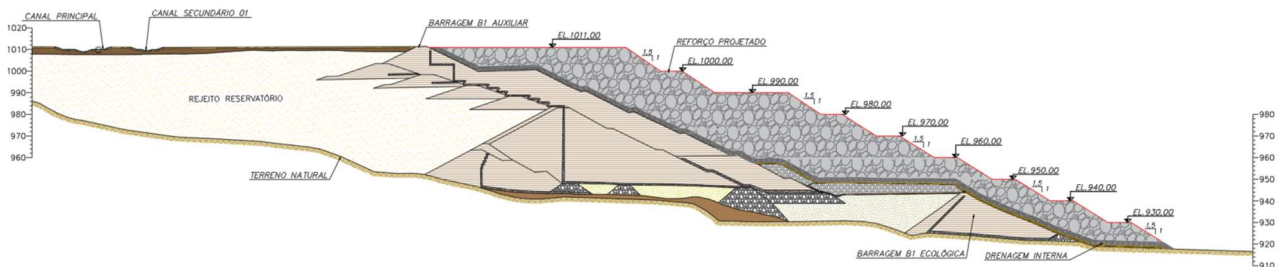
**Figura 5.1** – Etapa 1 – Construção do canal na ombreira esquerda.



**Figura 5.2** – Etapa 2 – Conformação e drenagem da área do reservatório.



**Figura 5.3** – Etapa 4 (Condição Final) – Execução do aterro de reforço.



**Figura 5.4** – Seção transversal C-C' após a conclusão das obras de descaracterização.



## 5.2 Alterações de Projeto

Durante o período avaliado, não houve alterações nos conceitos do projeto de descaracterização, porém os documentos se encontram em processo de revisão.

## 5.3 Atividades Preparatórias

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

### 5.3.1 Impermeabilização do Reservatório

A MMI está realizando a impermeabilização do reservatório da estrutura. Tal medida foi adotada para reduzir a taxa de infiltração da água pluvial e saturação do rejeito, minimizando a recarga da superfície freática ao longo do período chuvoso.

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

- Cor: Branco/preto
- Gramatura: 140 g/m<sup>2</sup>
- Comprimento: 100 m
- Largura: 8 m

No período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024), foi retomada a implantação na lona no reservatório (Foto 5.1 e Foto 5.2) e realizada a impermeabilização de parte do canal de cintura (Foto 5.3 e Foto 5.4).



**Foto 5.1** – Reservatório parcialmente impermeabilizado.



**Foto 5.2** – Reservatório parcialmente impermeabilizado.



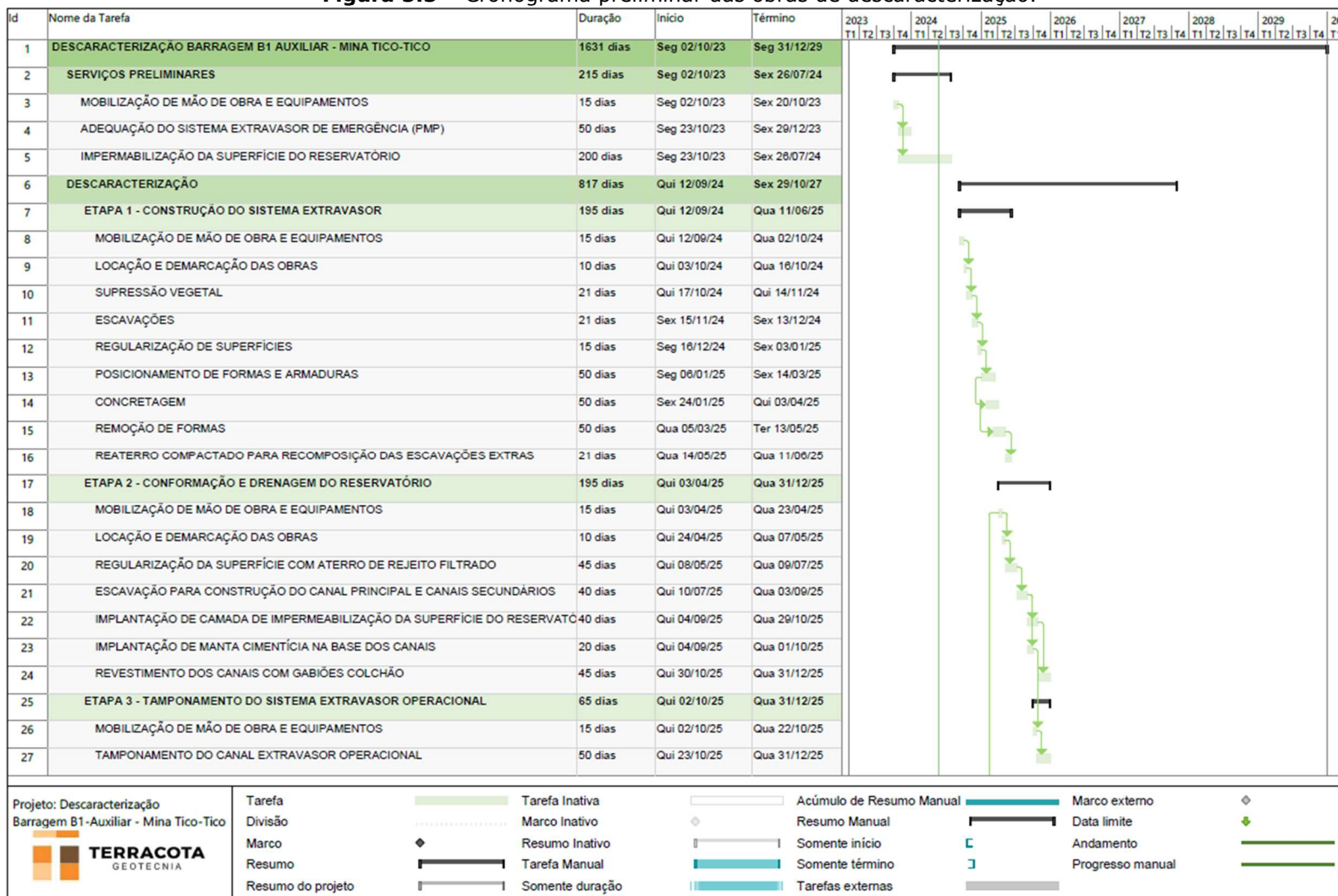
**Foto 5.3** – Impermeabilização do canal de cintura. **Foto 5.4** – Impermeabilização do canal de cintura.

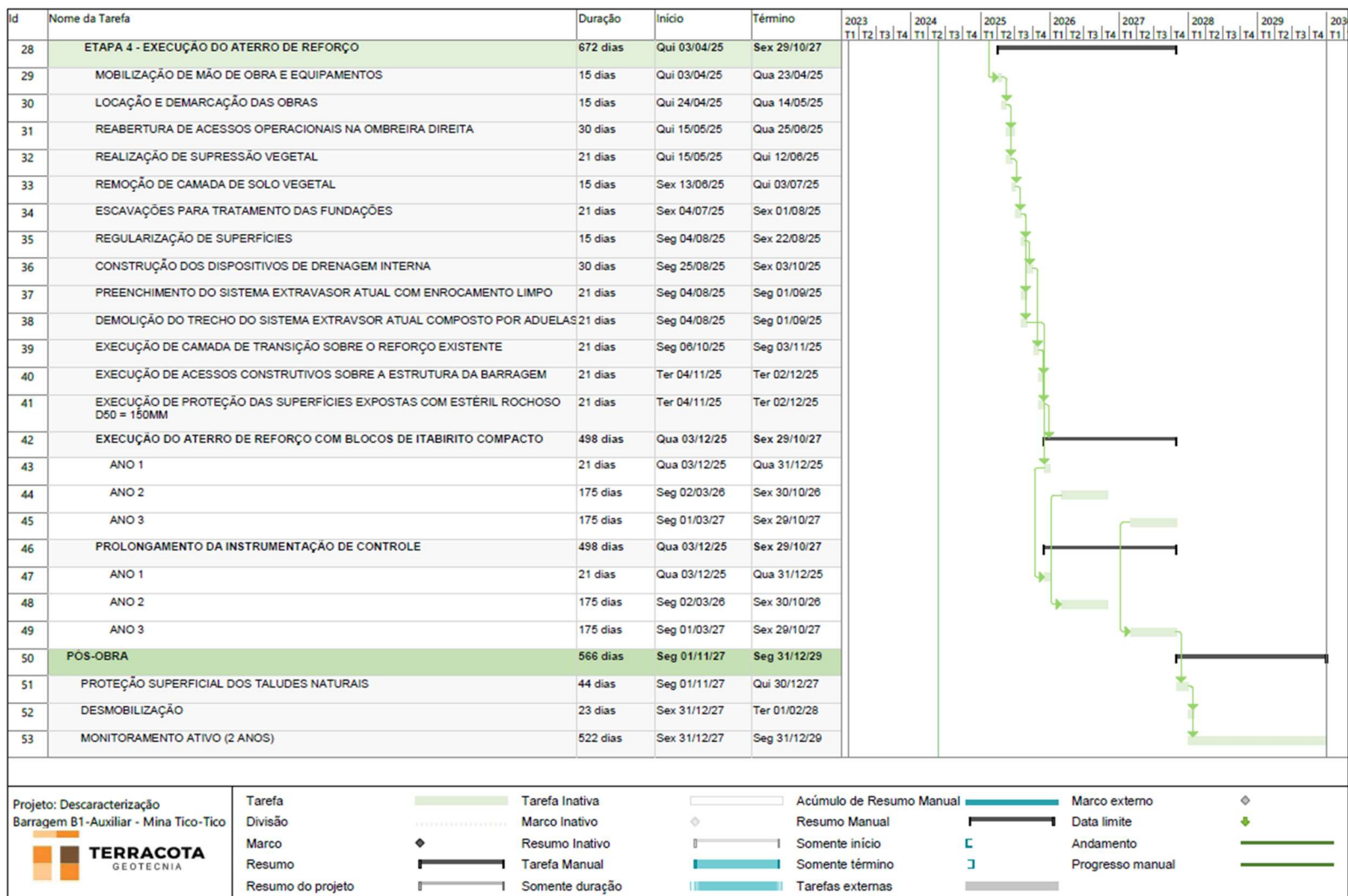
#### **5.4 Cronograma**

Na Figura 5.5 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico considerando desde os serviços preliminares, as obras de descaracterização propriamente dito e o período pós-obras de monitoramento ativo.

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

**Figura 5.5** – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.





## **5.5 Riscos Geológicos-Geotécnicos**

Conforme consolidação de dados (IPE.OP.RL.8000.GT.20.761), na estrutura da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico há materiais que possuem potencial de liquefação, os quais são: rejeitos do reservatório, underflow da fundação e sedimentos no reservatório da B1 Ecológica – Mina Tico-Tico. Porém, os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado de pico ( $FS \geq 1,3$ ) e não drenado liquefeito ( $FS \geq 1,1$ ) já são atendidos em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização. Considerando a superfície freática atual, o fator de segurança exigido para a condição de carregamento não drenado de pico ( $FS \geq 1,5$ ), a ser obtido ao final das obras de descaracterização, também já são atendidos em todas as seções.

## **5.6 Condição da Estrutura no Período Avaliado**

As obras de descaracterização da estrutura não foram iniciadas até o momento, aguardando avaliação da documentação do projeto pela FEAM e empresas parceiras. Atualmente o fator de segurança não-drenado liquefeito é superior ao valor mínimo recomendado pela TR FEAM de descaracterização (1,1), em todas as seções avaliadas. Dessa forma, a seguir é apresentada uma avaliação da estrutura em relação às anomalias verificadas durante as inspeções quinzenais, aos níveis da instrumentação e à estabilidade geotécnica.

### **5.6.1 Inspeções de Campo**

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





### **5.6.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções**

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

**Tabela 5.1** – Resumo das anomalias encontradas na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – 1ª quinzena de fev./2024 a 2ª quinzena de abr./2024.

ID	ANOMALIA	Fevereiro/2024		Março/2024		Abril/2024	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
01	PRESENÇA DE FORMIGUEIROS/CUPINZEIROS NO TALUDE DE JUSANTE						
03	PONTOS DE ACÚMULO DE ÁGUA NAS CANALETAS DAS BERMAS			-			-
04	PONTOS COM VEGETAÇÃO ARBUSTIVA NOS TALUDES			-			
05	PRESENÇA DE GALHOS E ENTULHO NO EMBOQUE DO SISTEMA EXTRAVASOR OPERACIONAL		-	-	-	-	-
07	ACÚMULO DE SEDIMENTOS NAS CAIXAS DE PASSAGEM DA DESCIDA D'ÁGUA DA OMBREIRA DIREITA				-	-	-
15	PRESENÇA DE ANIMAIS NA ÁREA DA BARRAGEM (MACIÇO OU RESERVATÓRIO)					-	
20	PONTOS DE ACÚMULO DE ÁGUA NO COROAMENTO			-			-
21	PROCESSO EROSIVO NO ACESSO ENTRE O COROAMENTO E A BERMA ELEV. 1000			-	-	-	-
24	TRINCAS EM CAIXA DE PASSAGEM LOCALIZADA NA DESCIDA D'ÁGUA NA OMBREIRA DIREITA.	-	-	-	-		
30	VEGETAÇÃO ALTA NO TALUDE DE JUSANTE				-		
31	TRINCA EM DESCIDA D'ÁGUA DA OMBREIRA ESQUERDA				-	-	-
32	ÁREA AO REDOR DO EMBOQUE DO SISTEMA EXTRAVASOR OPERACIONAL NECESSITANDO LIMPEZA			-	-	-	-
33	JUNTAS DA GALERIA DO SISTEMA EXTRAVASOR DE EMERGÊNCIA NÃO CONCRETADAS			-	-	-	-
34	BLOCOS SOLTOS NO CANAL EXTRAVASOR					-	-
35	JUNTAS DO CANAL EXTRAVASOR COMPROMETIDAS				-	-	-
36	CANAL DE CONDUÇÃO DO FLUXO DO EXTRAVASOR DE SERVIÇO NECESSITANDO DE LIMPEZA				-	-	-
37	LATERAL DA PAREDE DO CANAL EXTRAVASOR DESPROTEGIDA					-	-
38	MATERIAL DE CONSTRUÇÃO DEPOSITADO EM TRECHO DO COROAMENTO.						-
39	VEGETAÇÃO NECESSITANDO DE PODA NO TALUDE MONTANTE.						
40	PONTO DE SATURAÇÃO LOCALIZADO NA REGIÃO DO REBAIXO DA BERMA DE EL. 1.000.						-
41	MATERIAL PROVENIENTE DA LIMPEZA DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL DEPOSITADO NO MACIÇO NA OMBREIRA DIREITA.						
42	PARTE DA CORREIA INSTALADA NO CANAL EXTRAVASOR SEM A FIXAÇÃO APROPRIADA.						

**LEGENDA:**

	ANOMALIA VERIFICADA		ANOMALIA COM CORREÇÃO EM ANDAMENTO		ANOMALIA RECORRENTE COM MANUTENÇÃO DE ROTINA
	ANOMALIA AGRAVADA		ANOMALIA SANADA / NÃO VERIFICADA		

### 5.6.3 Instrumentação Instalada na Barragem

A instrumentação de controle é composta por 16 (dezesesseis) indicadores de nível d'água, 21 (vinte e um) piezômetros de tubo aberto do tipo Casagrande, 21 (vinte e um) piezômetros elétricos equipados para automatização das leituras, 2 (dois) inclinômetros, 4 (quatro) sismógrafos, 8 (oito) marcos superficiais e 70 (setenta) prismas instalados em todas as bermas e coroamento para monitoramento automático de deformações a partir de uma estação robótica fixa, instalada em terreno natural da ombreira esquerda.

Além dos instrumentos convencionais, a barragem conta também com o monitoramento de um radar, utilizado para o acionamento automático das sirenes em eventual ruptura, para atender ao Art. 8º da Resolução 95/2022 da ANM.

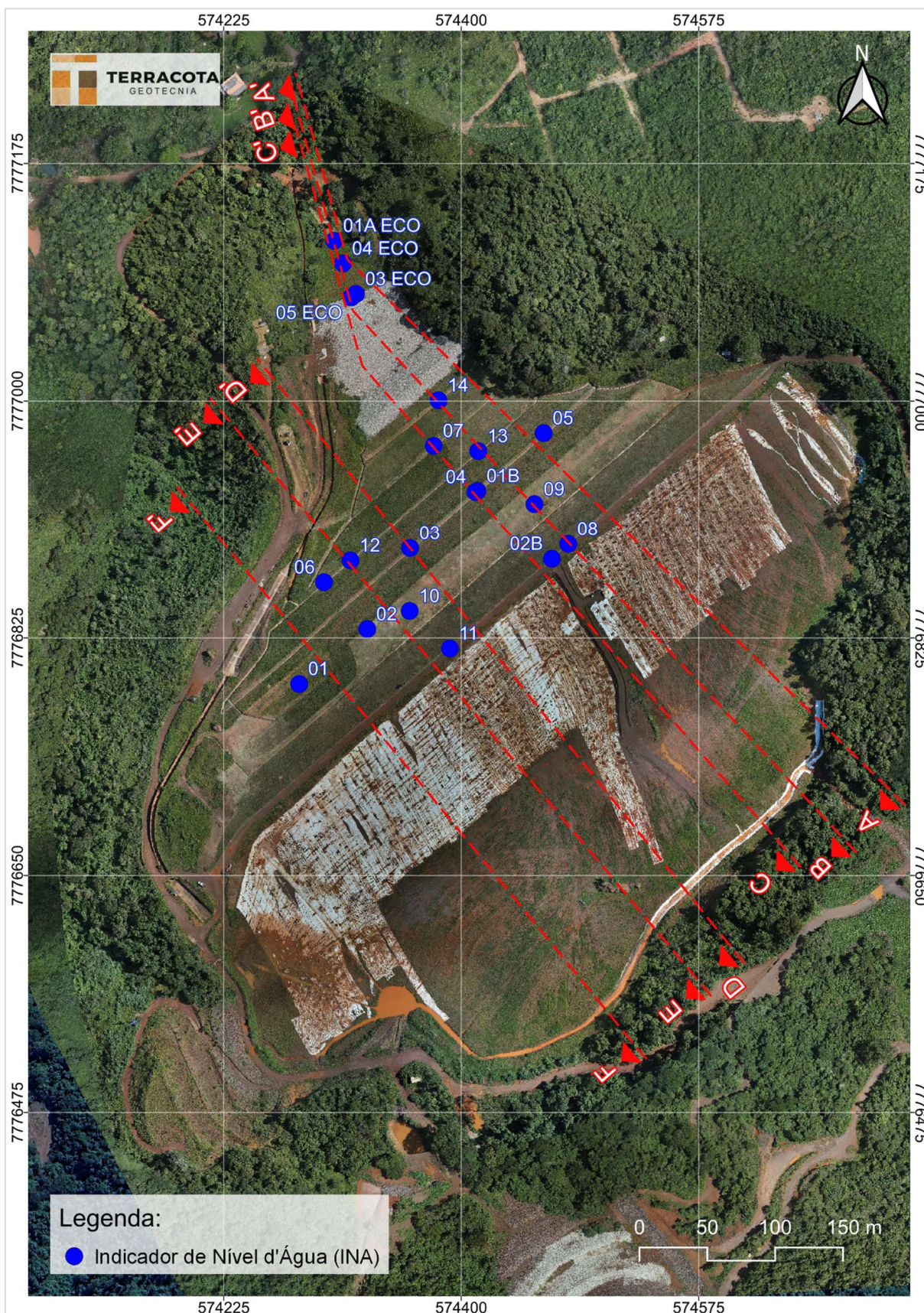
Os níveis de controle dos indicadores de nível d'água e piezômetros instalados na barragem foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de pico do rejeito do reservatório localizado abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

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

- 1- **Nível normal:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,3 (FS mínimo para análise não drenada de pico);
- 2- **Nível de alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,2 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
- 3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,0 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2).

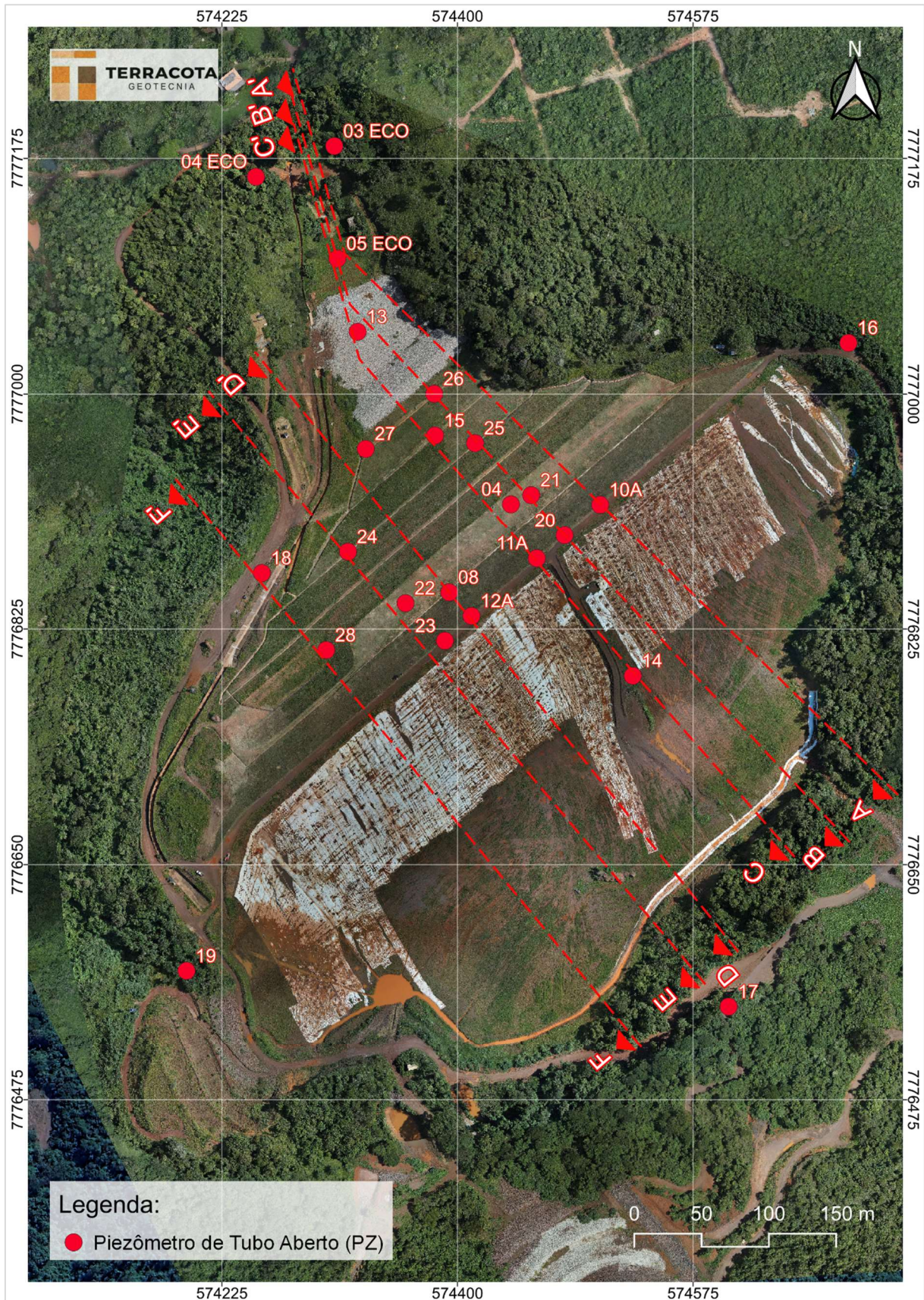
A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.554, elaborado pela TERRACOTA com atualização emitida em setembro/2023.

Da Figura 5.6 a Figura 5.10 é apresentada a locação em planta da instrumentação de controle, enquanto da Figura 5.11 a Figura 5.16 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 5.2 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

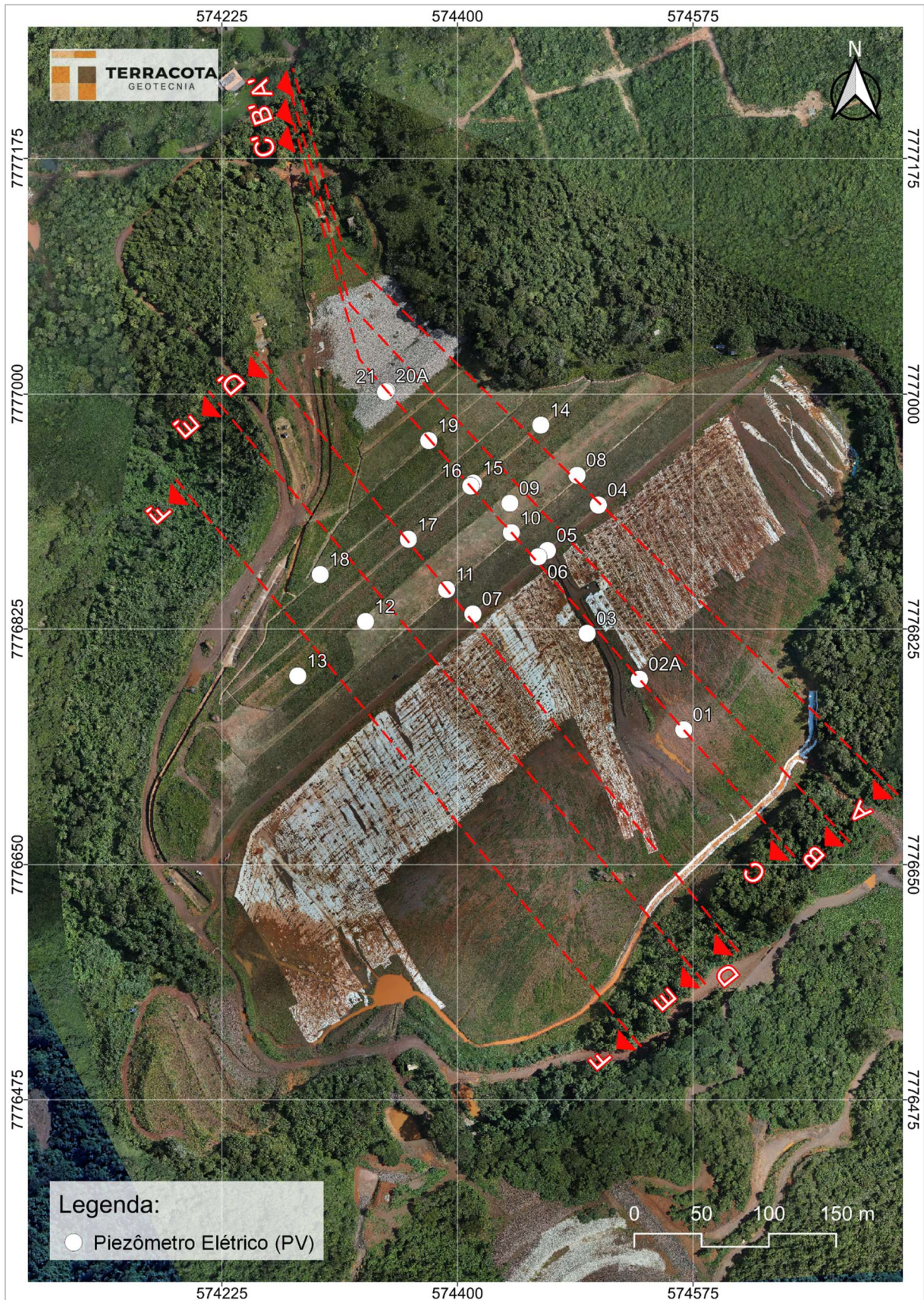


**Figura 5.6** – Localização dos INAs – Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.

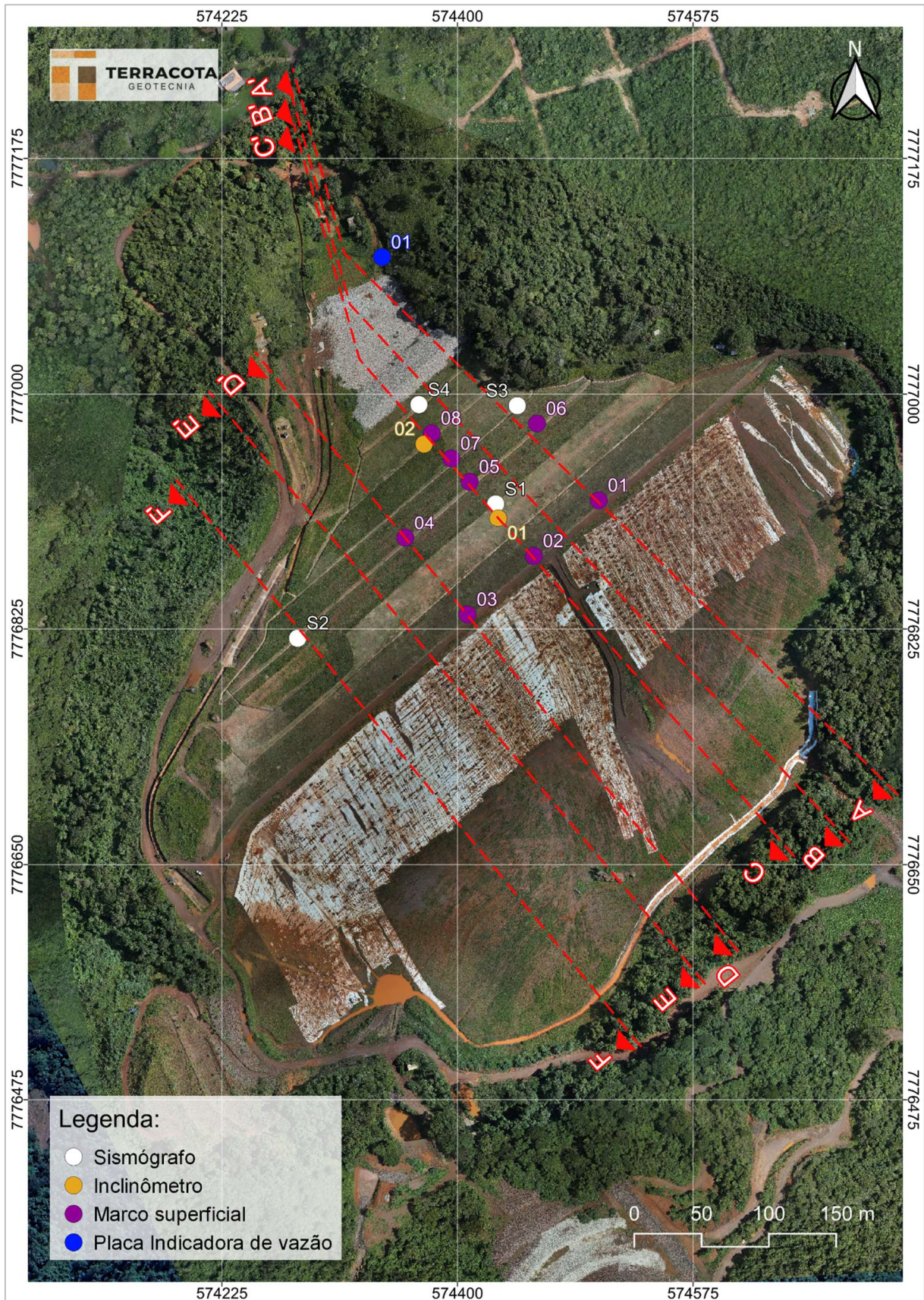




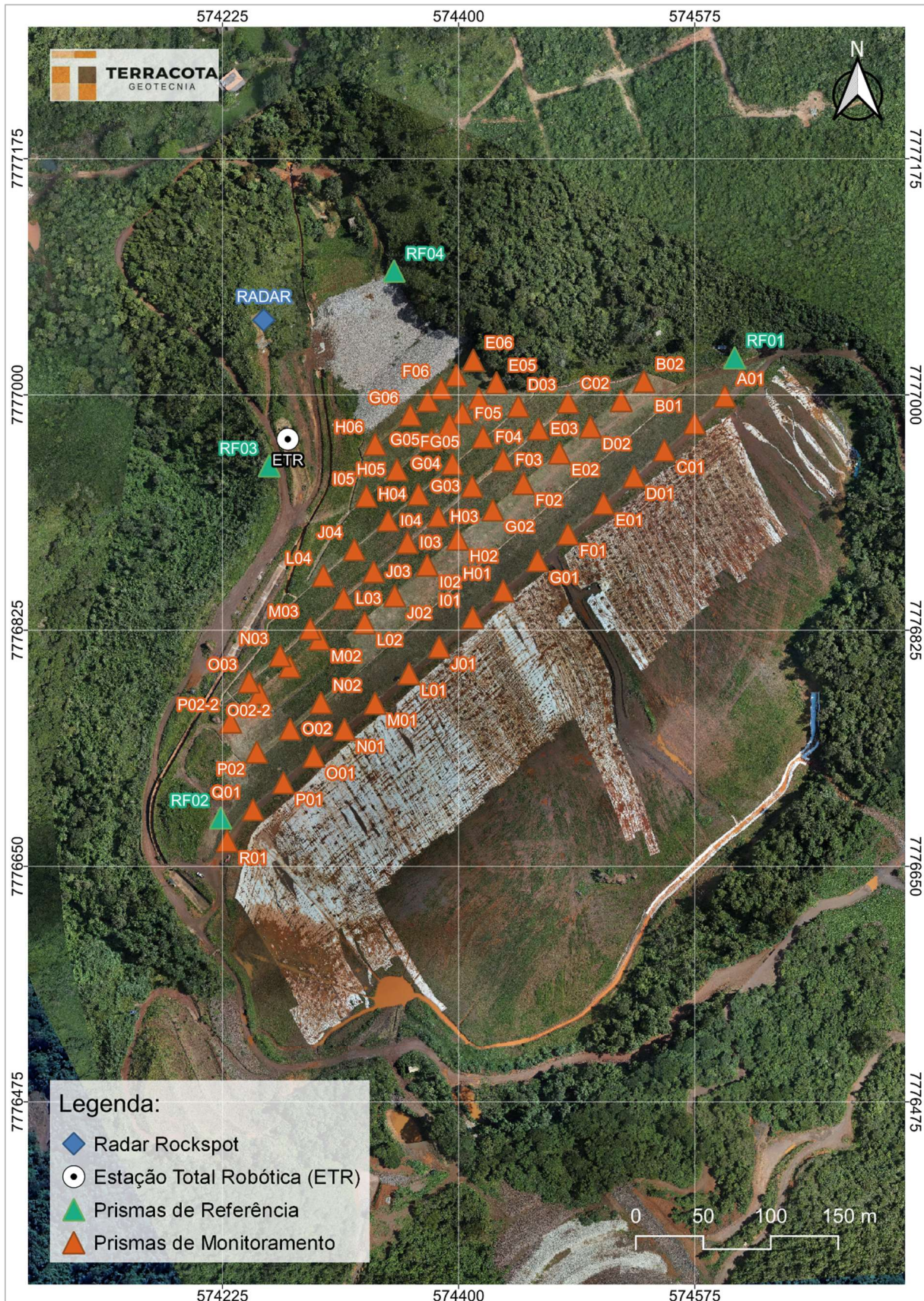
**Figura 5.7** – Localização dos piezômetros de tubo aberto da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.



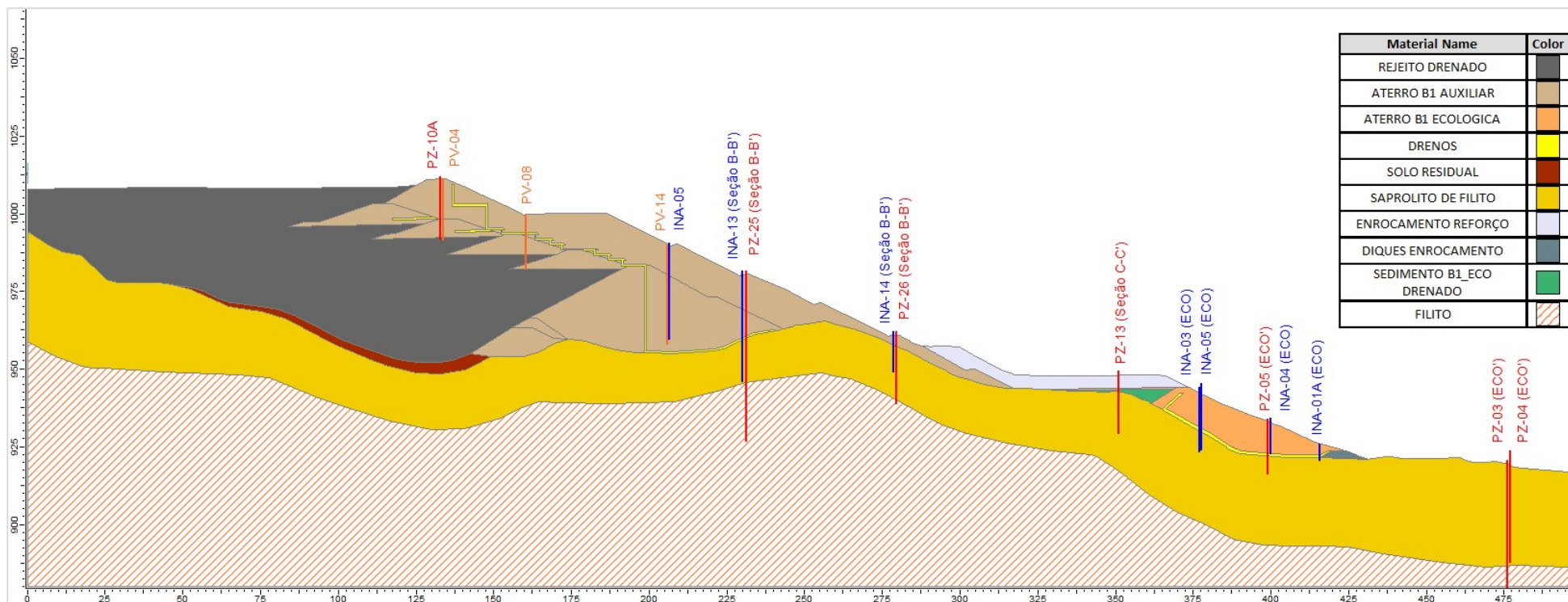
**Figura 5.8** – Localização dos piezômetros elétricos (PVs) da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.



**Figura 5.9** – Localização dos Marcos Superficiais, Sismógrafos, Inclinômetros e Placa Indicadora de Vazão da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.



**Figura 5.10** – Localização dos prismas da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico.



**Figura 5.11 – Seção transversal de controle A-A'.**

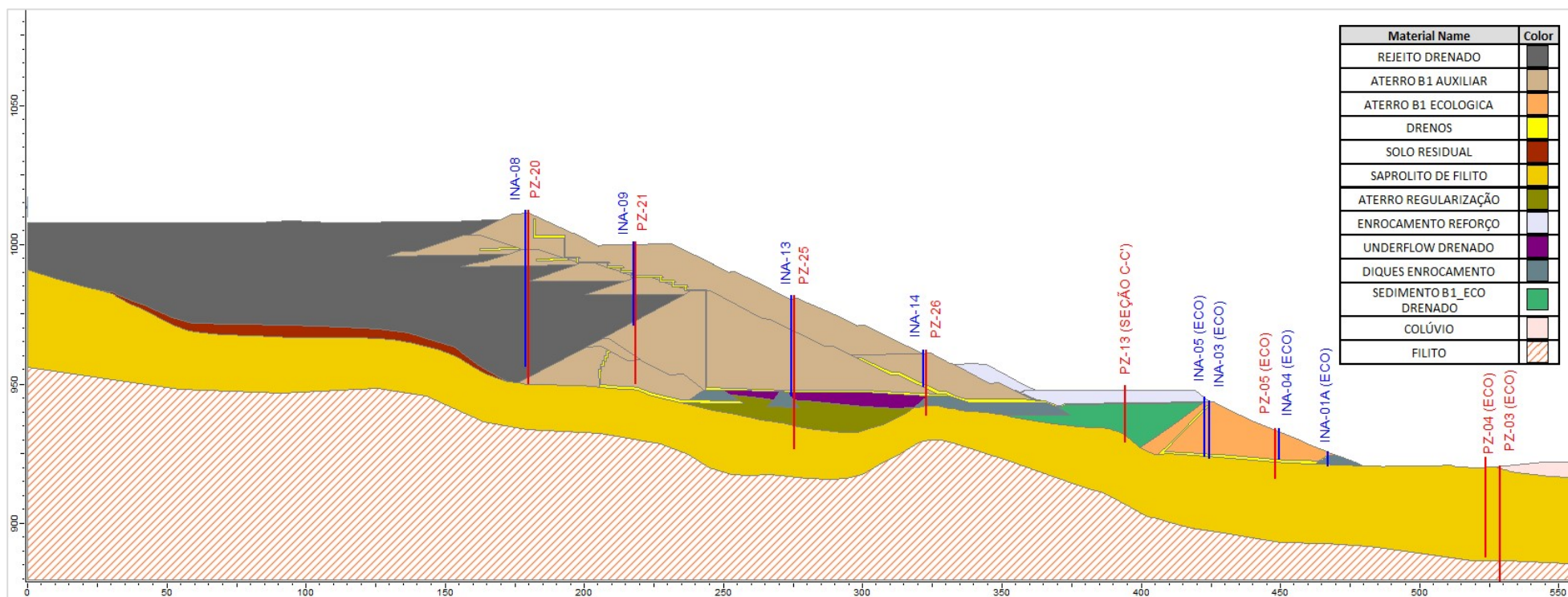


Figura 5.12 – Seção transversal de controle B-B'.

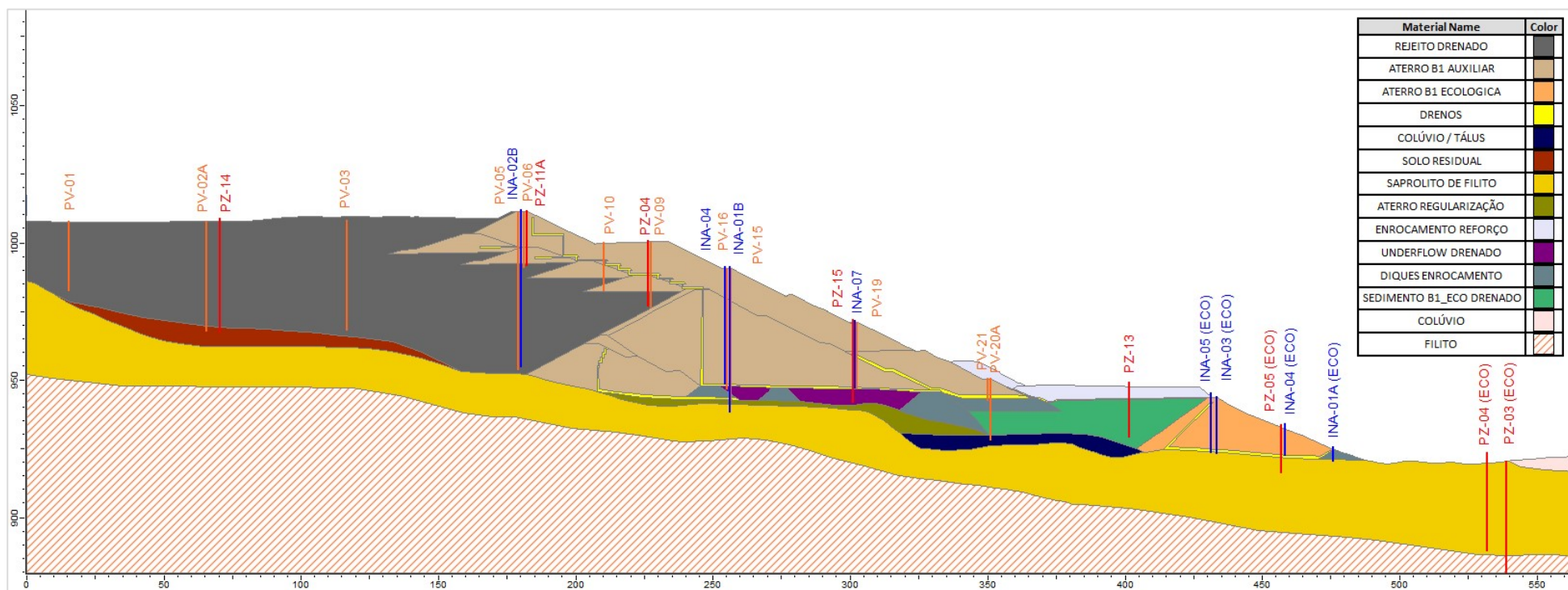
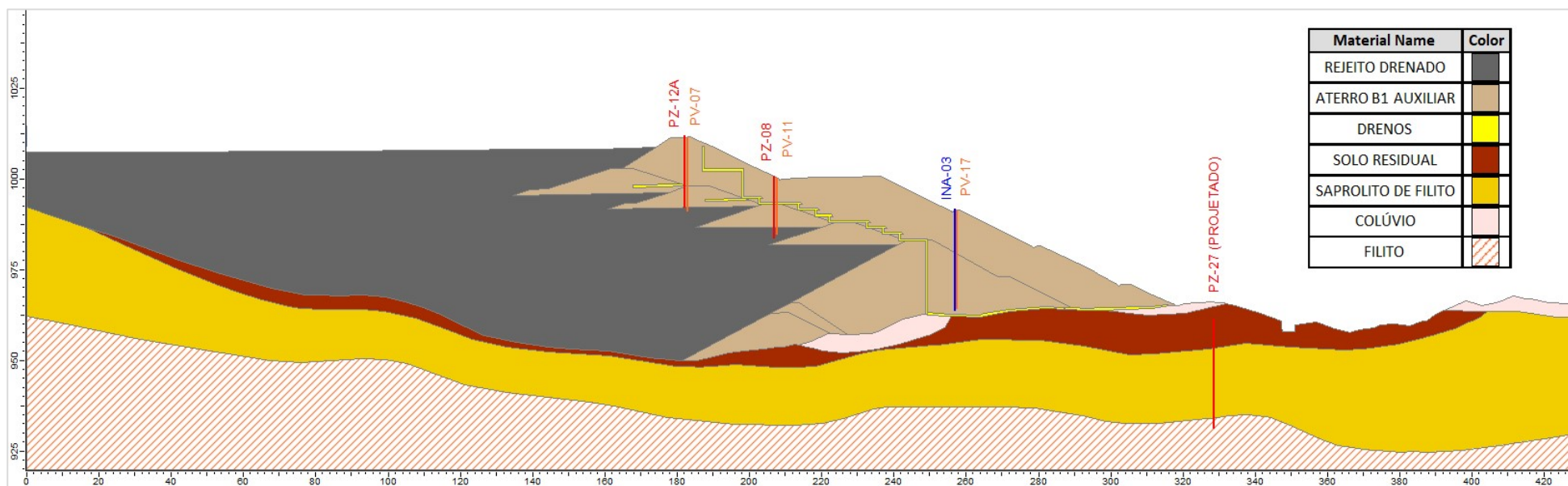
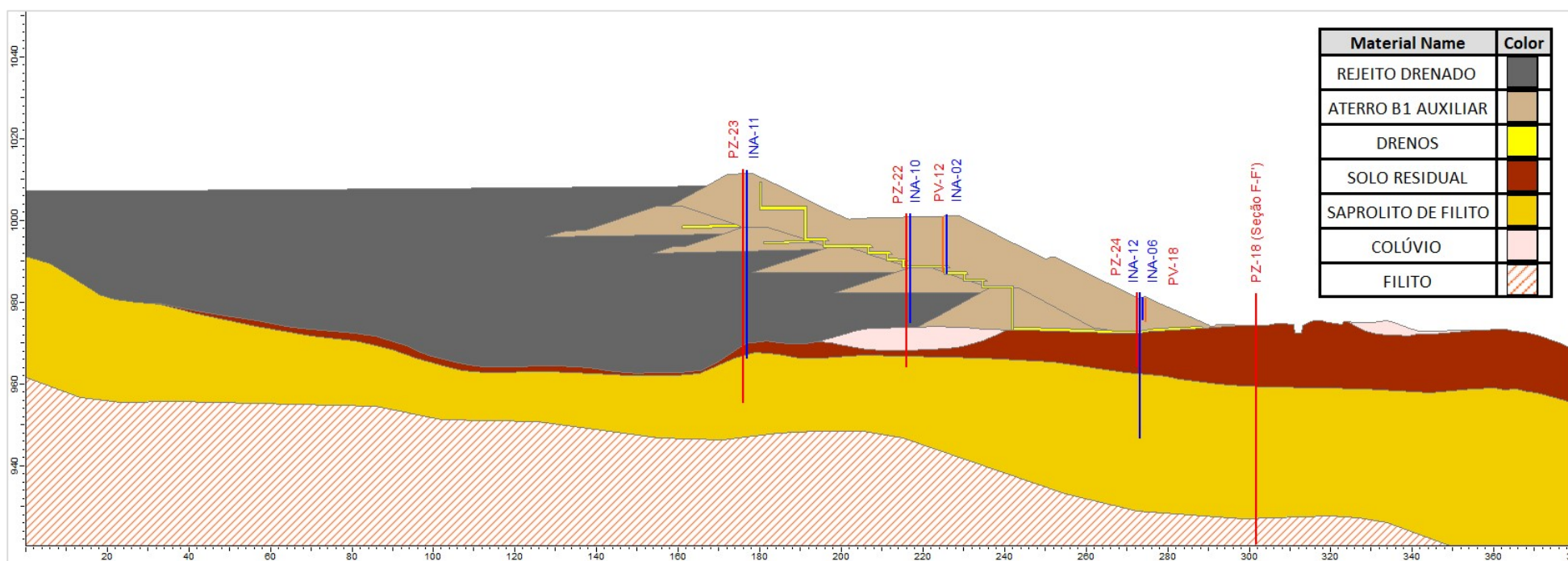


Figura 5.13 – Seção transversal de controle C-C'.

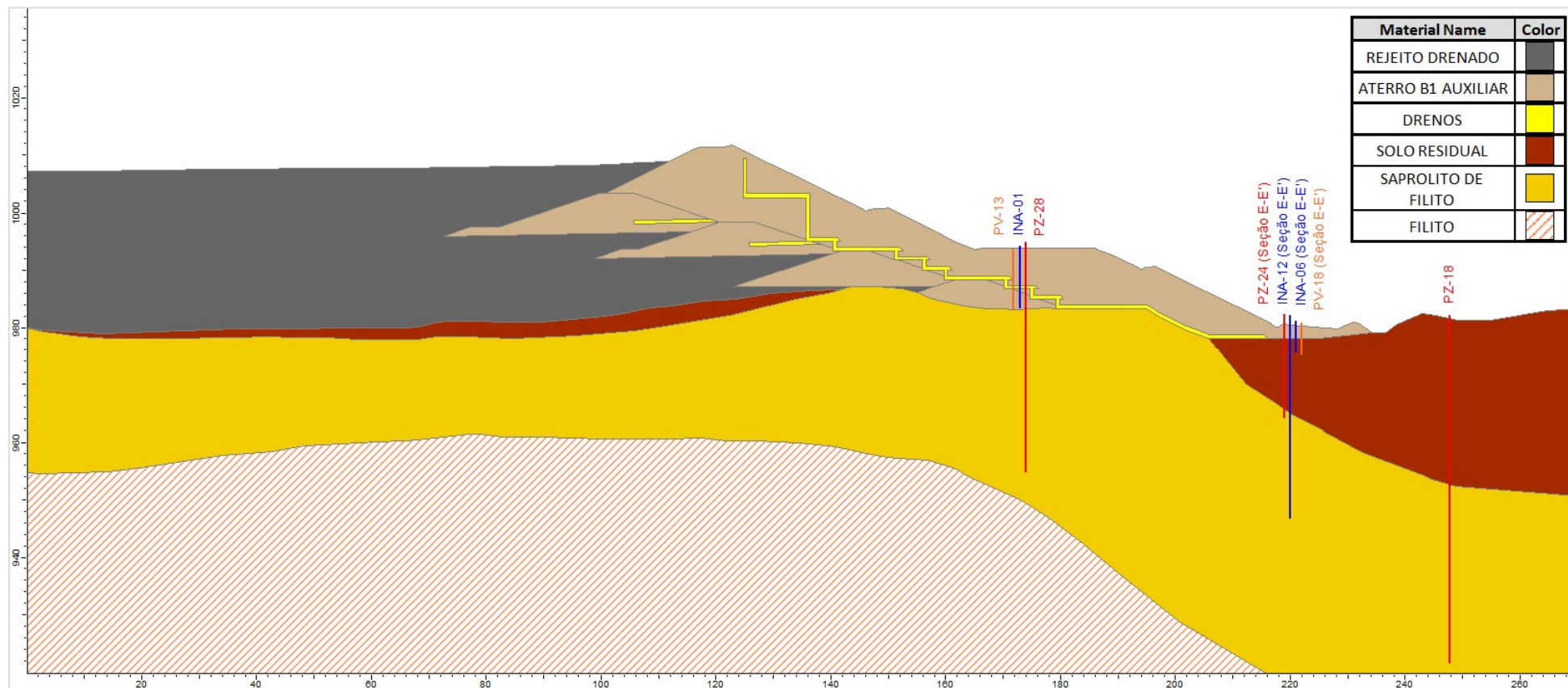


**Figura 5.14** – Seção transversal de controle D-D'.





**Figura 5.15 – Seção transversal de controle E-E'.**



**Figura 5.16** – Seção transversal de controle F-F'.

**Tabela 5.2** – Locação, características, leitura (30/04/2024) e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B1-Auxiliar.

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/04/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
A-A'	PZ-10A	574.506,047	7.776.917,816	1.011,87	991,89	19,98	SECO	995,25	997,75	1.000,25
	PV-04	574.504,691	7.776.917,619	1.011,40	991,40	20,00	SECO	995,25	997,75	1.000,25
	PV-08	574.488,881	7.776.939,736	999,92	982,32	17,60	SECO	989,25	991,75	994,25
	PV-14	574.461,917	7.776.976,989	990,03	958,03	32,00	SECO	964,75	967,25	969,75
	INA-05	574.460,707	7.776.976,460	990,59	959,71	30,88	SECO	964,75	967,25	969,75
B-B'	PZ-20	574.479,582	7.776.894,719	1.012,36	950,16	62,20	974,85	982,00	985,50	997,50
	INA-08	574.478,850	7.776.894,372	1.012,32	956,62	55,70	975,49	982,00	985,50	997,50
	INA-09	574.453,975	7.776.924,135	1.001,07	971,37	29,70	976,46	980,00	981,00	986,25
	PZ-21	574.454,788	7.776.924,958	1.001,12	950,43	50,69	951,59	980,00	981,00	986,25
	PZ-25	574.413,059	7.776.963,569	981,74	926,77	54,97	934,26	948,75	952,75	962,50
	INA-13	574.412,576	7.776.963,137	981,72	945,92	35,80	SECO	948,75	952,75	962,50
	INA-14	574.383,251	7.777.000,637	962,17	949,17	13,00	SECO	949,67	949,97	950,17
	PZ-26	574.382,712	7.777.000,207	962,16	939,05	23,11	SECO	947,25	949,50	954,75
C-C'	PV-01	574.568,102	7.776.750,278	1.007,64	982,64	25,00	982,74	994,50	997,25	1.005,00
	PV-02A	574.535,199	7.776.787,766	1.007,83	967,83	40,00	979,38	992,50	995,50	1.004,00
	PZ-14	574.528,000	7.776.789,000	1.008,90	967,60	41,30	981,73	992,25	995,25	1.003,75
	PV-03	574.496,328	7.776.821,764	1.008,22	968,22	40,00	978,85	989,50	994,00	1.003,00
	INA-2B	574.466,822	7.776.883,331	1.012,00	954,93	57,07	976,73	986,50	992,00	1.001,00
	PV-05	574.466,822	7.776.883,331	1.011,29	953,84	57,45	953,93	986,50	992,00	1.001,00
	PZ-11A	574.458,936	7.776.877,590	1.011,67	991,76	19,91	SECO	992,26	992,56	1.001,00

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/04/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
C-C'	PV-06	574.460,120	7.776.878,715	1.011,21	991,21	20,00	SECO	991,71	992,00	1.001,00
	PV-10	574.439,989	7.776.896,656	1.000,08	982,58	17,50	SECO	985,00	988,25	994,00
	PZ-04	574.439,716	7.776.918,139	1.000,80	977,25	23,55	978,46	981,50	984,50	987,00
	PV-09	574.438,995	7.776.918,972	1.000,27	976,77	23,50	SECO	981,50	984,50	987,00
	PV-16	574.409,902	7.776.931,748	990,82	946,82	44,00	SECO	949,25	952,50	965,00
	INA-01B	574.411,863	7.776.933,905	991,40	938,47	52,93	947,10	949,25	952,50	965,00
	INA-04	574.410,525	7.776.933,060	991,35	948,57	42,78	SECO	949,25	952,50	965,00
	PV-15	574.411,863	7.776.933,905	990,81	942,81	48,00	SECO	949,25	952,50	965,00
	PZ-15	574.383,335	7.776.969,256	972,12	942,13	29,99	944,27	948,50	950,00	958,00
	PV-19	574.378,663	7.776.965,521	971,22	947,22	24,00	SECO	948,50	950,00	958,00
	INA-07	574.379,675	7.776.967,085	971,70	947,31	24,39	SECO	948,50	950,00	958,00
	PV-20A	574.347,420	7.777.002,357	950,80	928,30	22,50	SECO	945,50	946,25	949,75
	PV-21	574.346,494	7.777.001,667	950,80	942,80	8,00	SECO	945,50	946,25	949,75
	PZ-13	574.323,000	7.777.050,000	949,50	929,30	20,20	936,35	940,75	942,00	943,75
	INA-05 ECO	574.318,903	7.777.076,448	945,46	924,01	21,45	925,02	934,50	937,50	939,50
	INA-03 ECO	574.322,400	7.777.078,960	944,24	923,59	20,65	924,68	934,50	937,50	939,50
	PZ-05 ECO	574.310,782	7.777.100,596	934,02	916,32	17,70	921,98	925,75	927,50	929,00
INA-04 ECO	574.312,870	7.777.101,408	934,20	922,97	11,23	924,64	925,75	927,50	929,00	
INA-01A ECO	574.306,300	7.777.118,080	925,78	920,80	4,98	SECO	921,75	922,25	923,50	
D-D'	PZ-12A	574.410,360	7.776.834,651	1.012,07	992,29	19,78	SECO	996,75	999,75	1.001,75

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/04/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
D-D'	PV-07	574.411,454	7.776.836,221	1.011,34	991,34	20,00	SECO	996,75	999,75	1.001,75
	PZ-08	574.393,890	7.776.852,290	1.000,84	983,69	17,15	SECO	989,50	992,50	994,50
	PV-11	574.391,898	7.776.854,414	1.000,35	984,85	15,50	SECO	989,50	992,50	994,50
	PV-17	574.363,509	7.776.891,683	991,37	964,37	27,00	SECO	966,75	970,25	972,25
	INA-03	574.362,312	7.776.891,356	991,68	963,85	27,83	SECO	966,75	970,25	972,25
	PZ-27	574.331,861	7.776.959,286	961,54	931,37	30,17	933,20	953,50	956,50	958,50
E-E'	INA-11	574.391,641	7.776.817,257	1.012,38	966,38	46,00	979,33	995,50	998,50	1.000,50
	PZ-23	574.390,672	7.776.816,296	1.012,44	955,44	57,00	977,64	995,50	998,50	1.000,50
	PZ-22	574.361,410	7.776.844,209	1.001,73	964,30	37,43	SECO	985,25	988,25	990,25
	INA-10	574.362,029	7.776.844,905	1.001,72	975,12	26,60	975,93	985,25	988,25	990,25
	PV-12	574.331,716	7.776.830,593	1.001,00	987,55	13,45	SECO	988,05	988,35	988,55
	INA-02	574.330,744	7.776.831,539	1.001,42	986,95	14,47	SECO	987,45	987,75	987,95
	INA-12	574.318,358	7.776.882,137	982,29	946,86	35,43	960,90	972,75	974,75	976,50
	PZ-24	574.318,690	7.776.882,376	982,30	964,30	18,00	967,40	972,75	974,75	976,50
	INA-06	574.298,857	7.776.866,088	981,14	975,71	5,43	SECO	976,21	976,51	976,71
	PV-18	574.298,007	7.776.865,469	980,85	975,35	5,50	975,38	975,85	976,15	976,50
F-F'	PV-13	574.281,356	7.776.790,206	993,80	983,35	10,45	SECO	984,50	985,75	986,25
	INA-01	574.280,549	7.776.791,132	994,27	983,51	10,76	SECO	984,50	985,75	986,25
	PZ-28	574.302,467	7.776.809,370	994,92	954,89	40,03	968,17	984,50	985,75	986,25
	PZ-18	574.254,671	7.776.866,617	982,21	920,76	61,45	941,86	966,75	969,75	971,75

Seção	Instrumento	Coordenadas (UTM) DATUM SIRGAS2000		Cota de Topo (m)	Cota de Fundo (m)	Prof. (m)	Elevação Leitura (m) (30/04/2024)	Níveis de Controle (m) (Condição Não Drenada)		
		E (m)	N (m)					Freática Normal	Freática Alerta	Freática Emergência
Instrumentos fora de seção de controle	PZ-16	574.690,487	7.777.038,009	1.022,38	924,07	98,31	928,13	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-17	574.601,483	7.776.544,642	1.027,06	976,16	50,90	995,66	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-19	574.198,661	7.776.571,212	1.018,74	969,66	49,08	1.001,39	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-03 ECO	574.308,481	7.777.184,183	920,72	851,45	69,27	913,97	Monitoramento hidrogeológico		
	PZ-04 ECO	574.250,289	7.777.161,300	923,81	887,97	35,84	916,06	Monitoramento hidrogeológico		
A-A'	MS-01	574.505,060	7.776.921,180	1.011,151	-	-	-	Não aplicável		
C-C'	MS-02	574.456,856	7.776.879,309	1.011,069	-	-	-	Não aplicável		
D-D'	MS-03	574.407,516	7.776.835,904	1.011,284	-	-	-	Não aplicável		
D-D'	MS-04	574.361,207	7.776.892,883	991,394	-	-	-	Não aplicável		
C-C'	MS-05	574.409,115	7.776.934,824	990,891	-	-	-	Não aplicável		
A-A'	MS-06	574.459,116	7.776.978,215	990,135	-	-	-	Não aplicável		
C-C'	MS-07	574.395,447	7.776.952,238	981,076	-	-	-	Não aplicável		
C-C'	MS-08	574.380,893	7.776.970,877	971,300	-	-	-	Não aplicável		
Não Aplicável	INC-01	574.430,299	7.776.907,692	1.000,471	-	-	-	Não aplicável		
	INC-02	574.375,169	7.776.962,887	971,507	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S1	574.428,400	7.776.918,465	1.000,546	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S2	574.281,225	7.776.818,153	991,356	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S3	574.444,417	7.776.991,430	981,076	-	-	-	Não aplicável		
	TB1 S4	574.371,354	7.776.992,206	961,088	-	-	-	Não aplicável		
	MV	574.344,011	7.777.101,754	940,143	-	-	-	Não aplicável		

### 5.6.3.1 Leituras Instrumentação

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

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

A seguir é apresentado um resumo dos dados de monitoramento para cada instrumento abrangendo dois anos hidrológicos, no período entre 10/2021 e 04/2024, conforme planilha fornecida pela Mineração Morro do Ipê (MMI). Nos gráficos são apresentadas as seguintes informações:

- Nível de água do reservatório – passou a condição seco (sem lago) em junho de 2019 a partir da instalação de sistema de bombeamento e escavação de canais que direcionam os fluxos para o extravasor operacional, sendo mantido com o mínimo acúmulo de água possível;
- Referências do topo e base de cada instrumento;
- Leituras do nível de água do instrumento;
- Pluviometria acumulada mensal da estação meteorológica local;
- Níveis de monitoramento para os instrumentos correspondendo às condições normal, alerta e emergência.

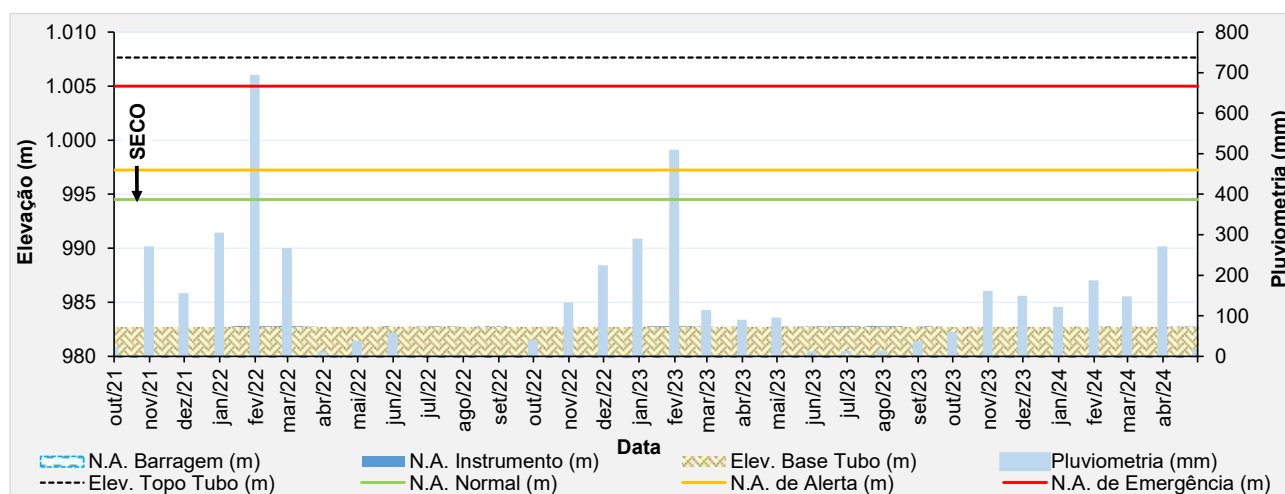
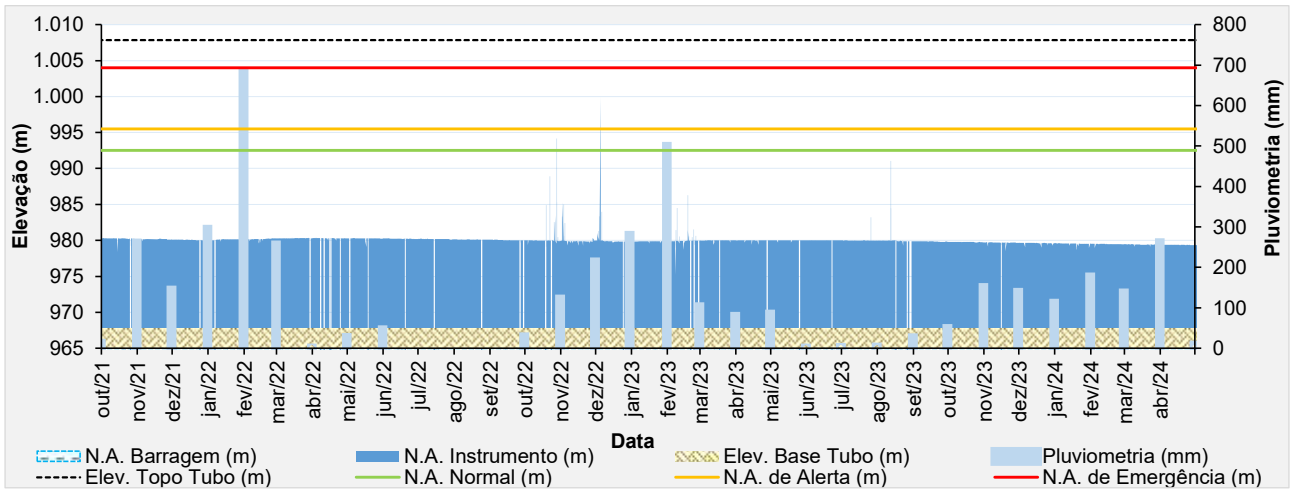
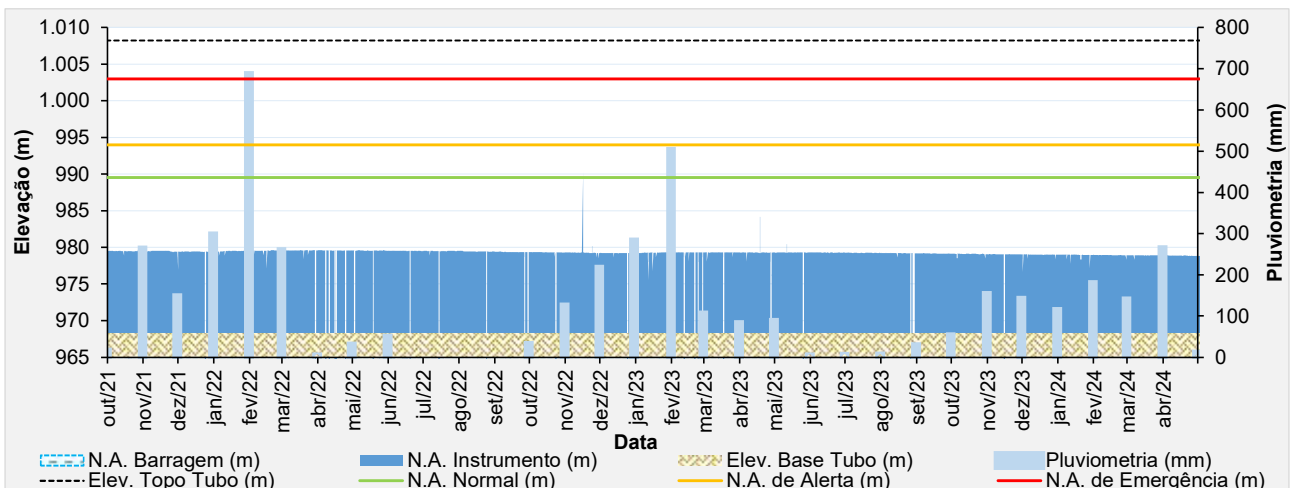


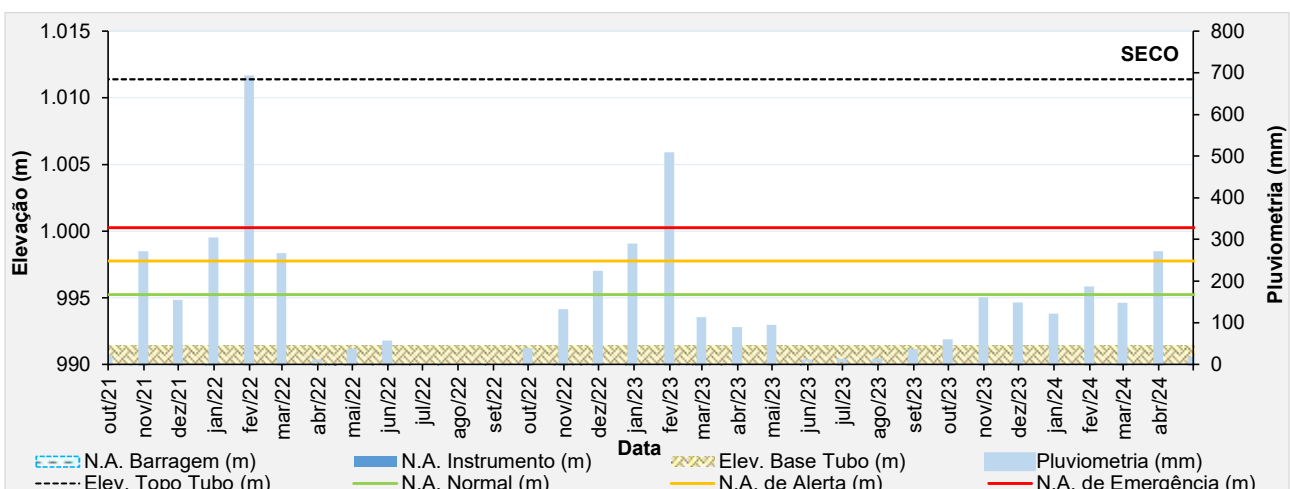
Figura 5.17 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-01.



**Figura 5.18** – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-02A.

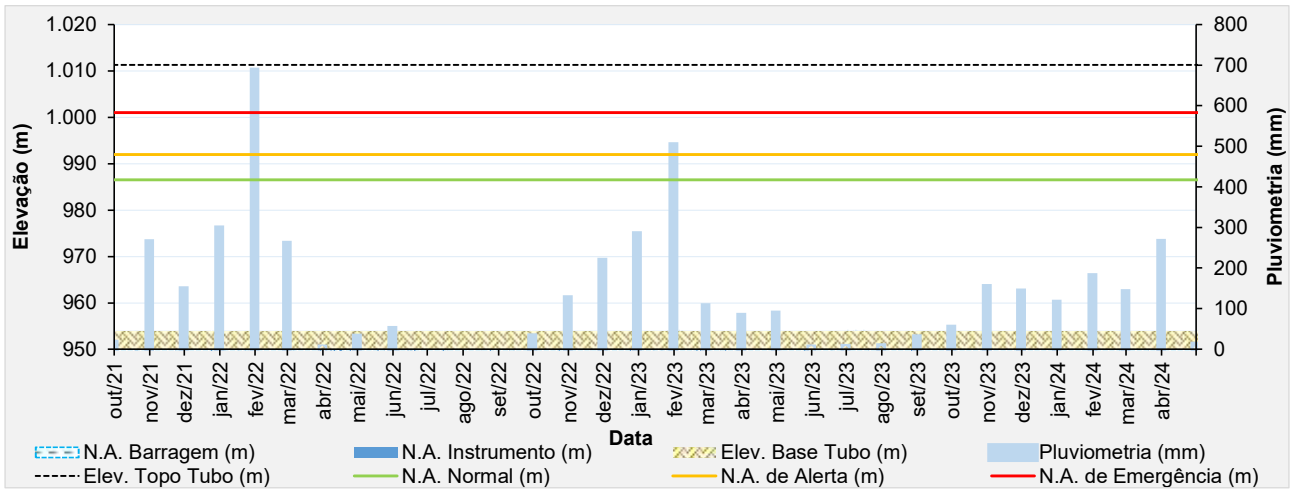


**Figura 5.19** – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-03.

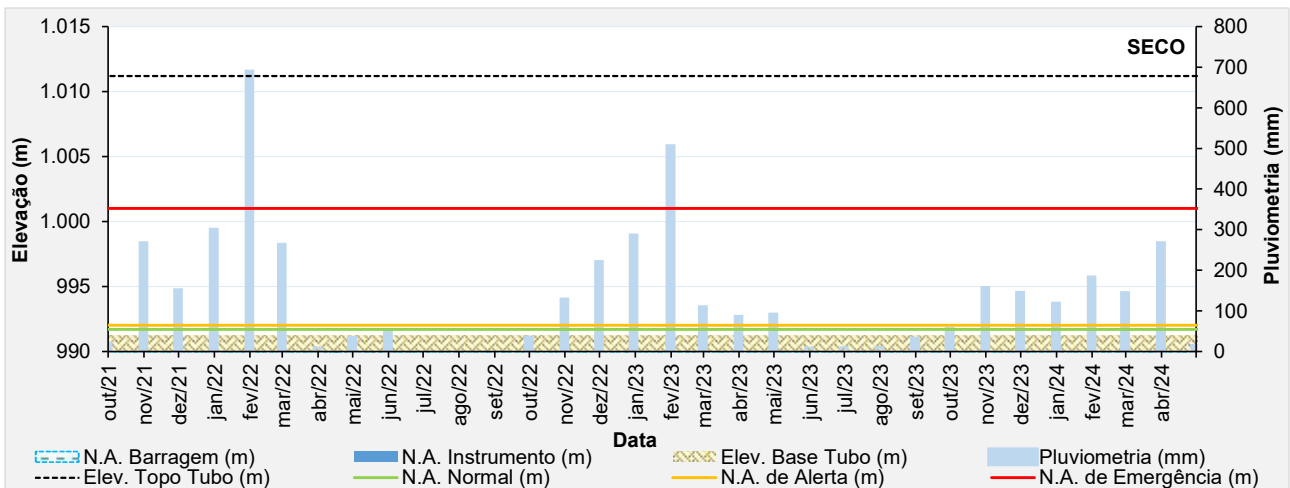


**Figura 5.20** – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-04.

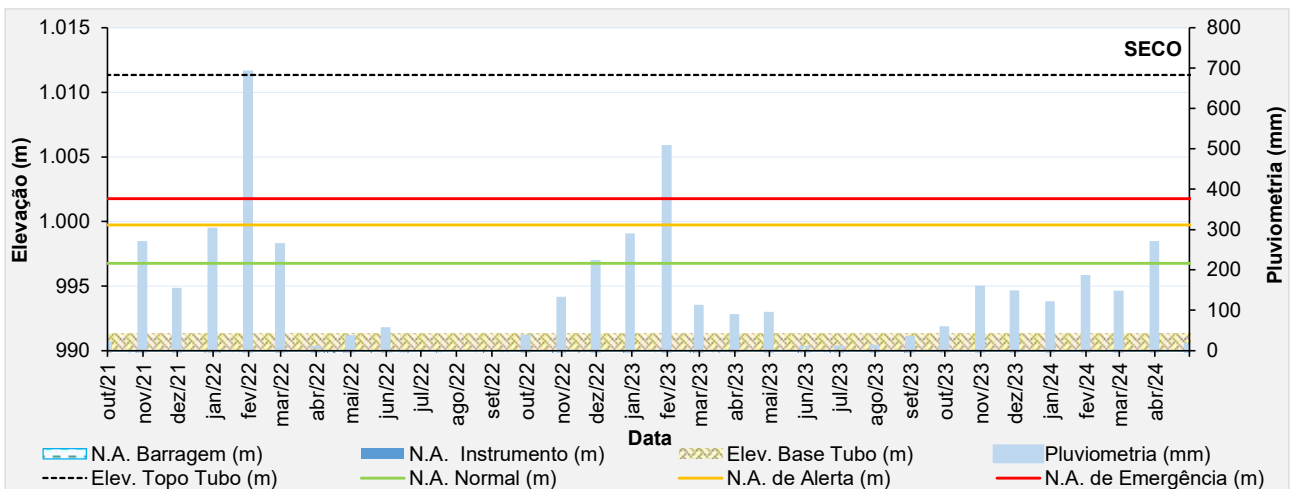




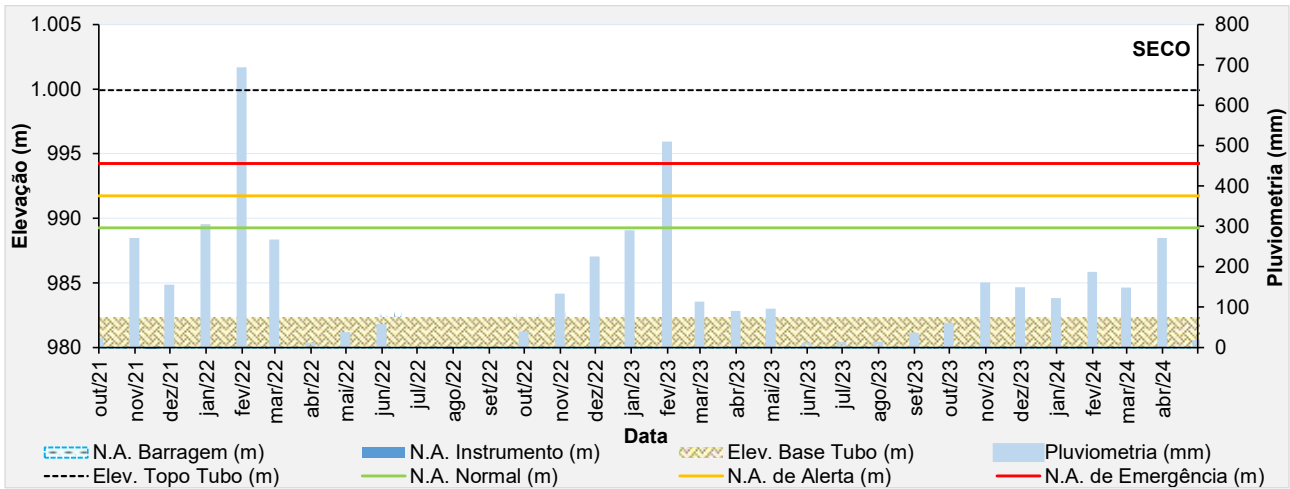
**Figura 5.21 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-05.**



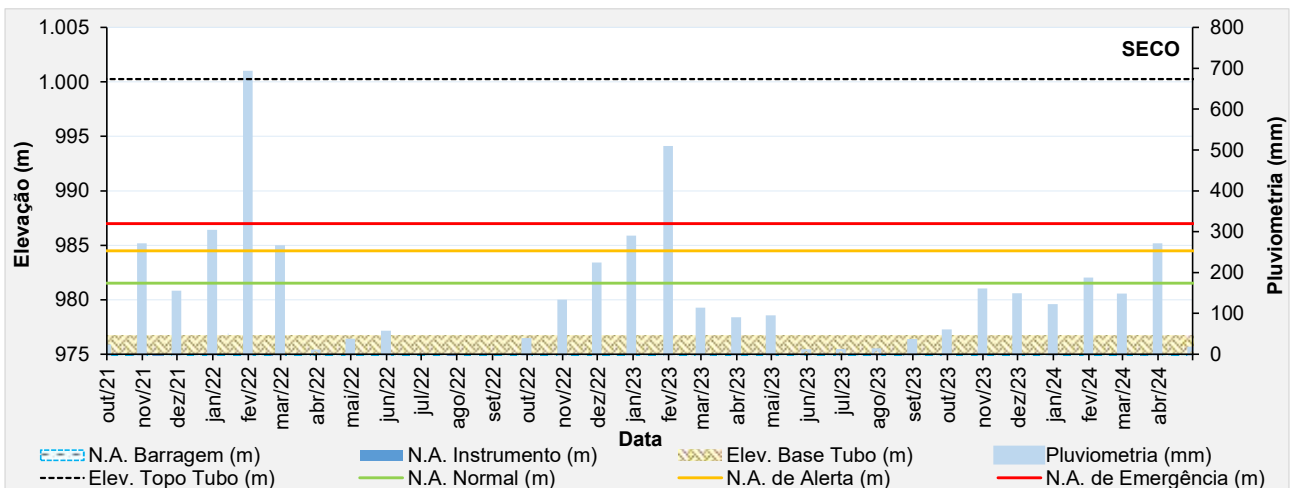
**Figura 5.22 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-06.**



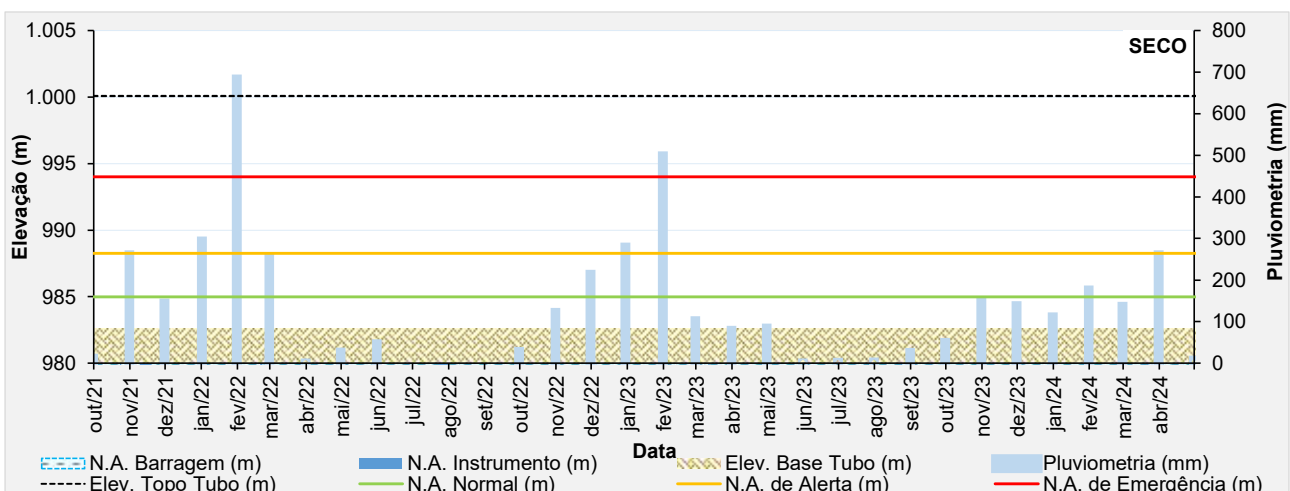
**Figura 5.23 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-07.**



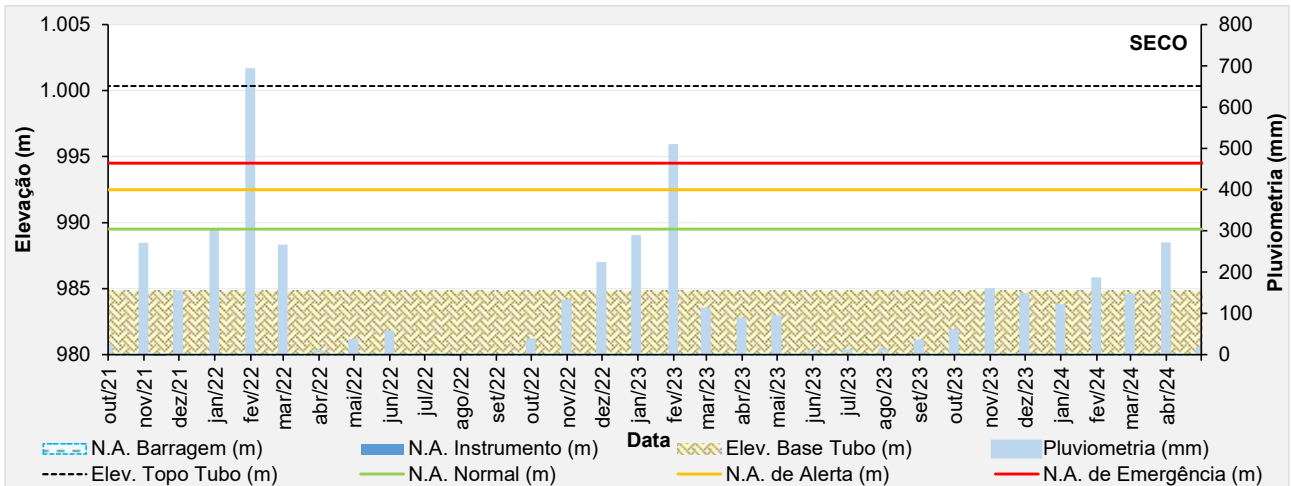
**Figura 5.24 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-08.**



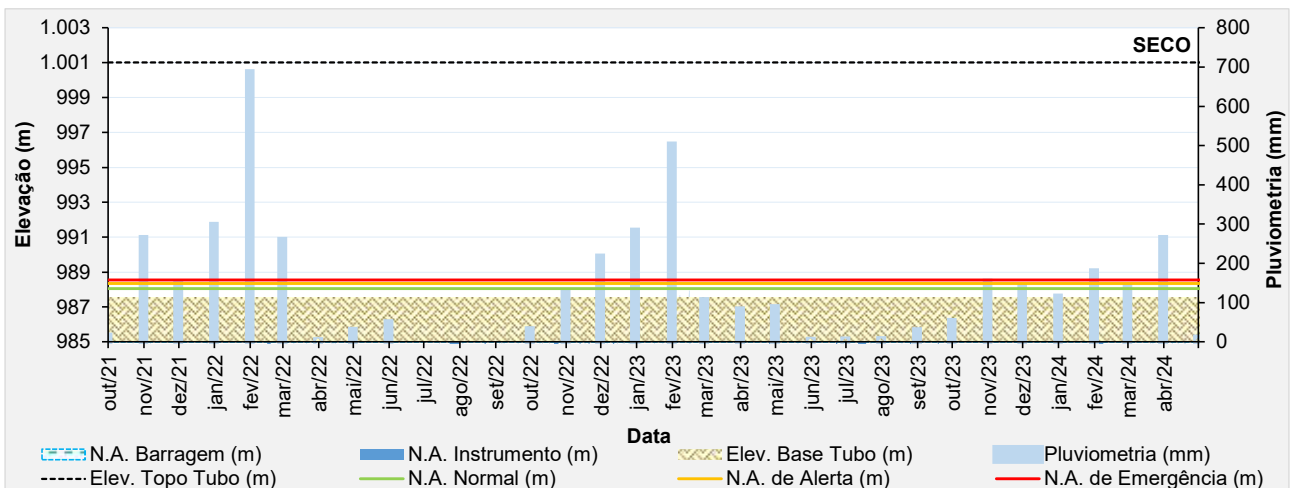
**Figura 5.25 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-09.**



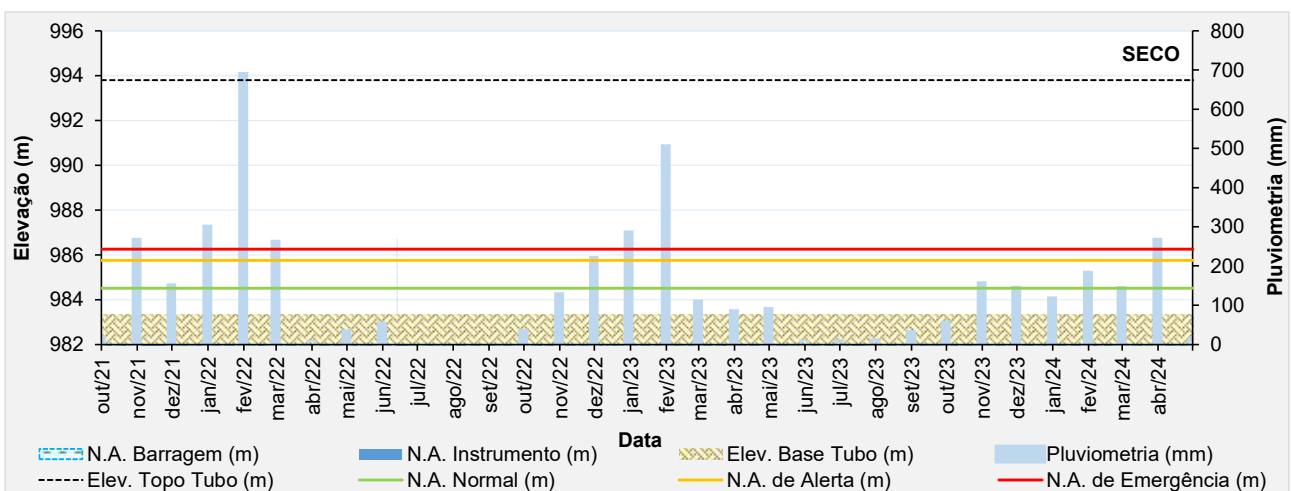
**Figura 5.26 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-10.**



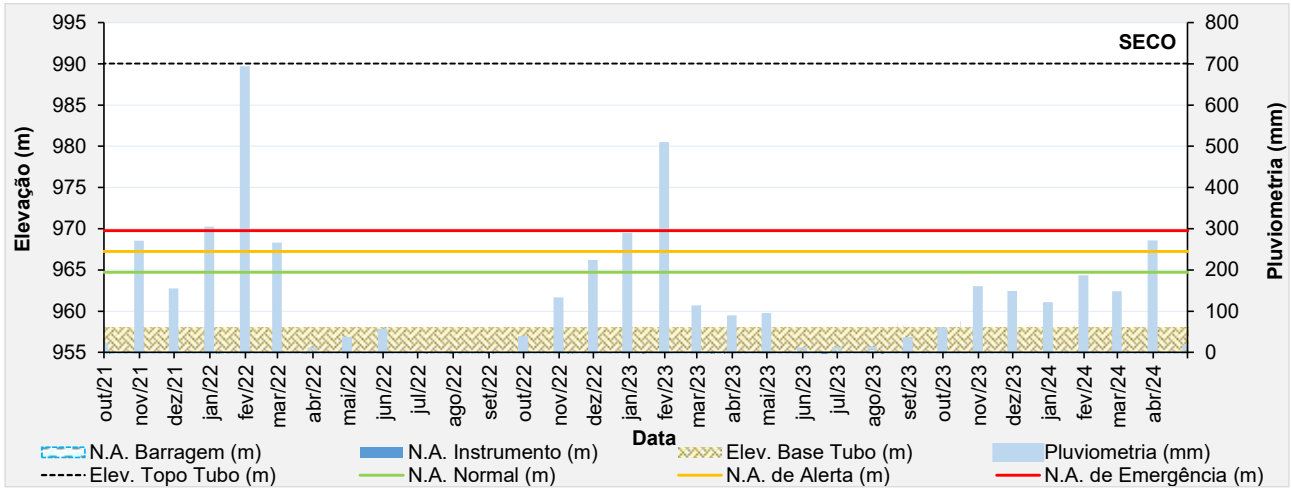
**Figura 5.27 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-11.**



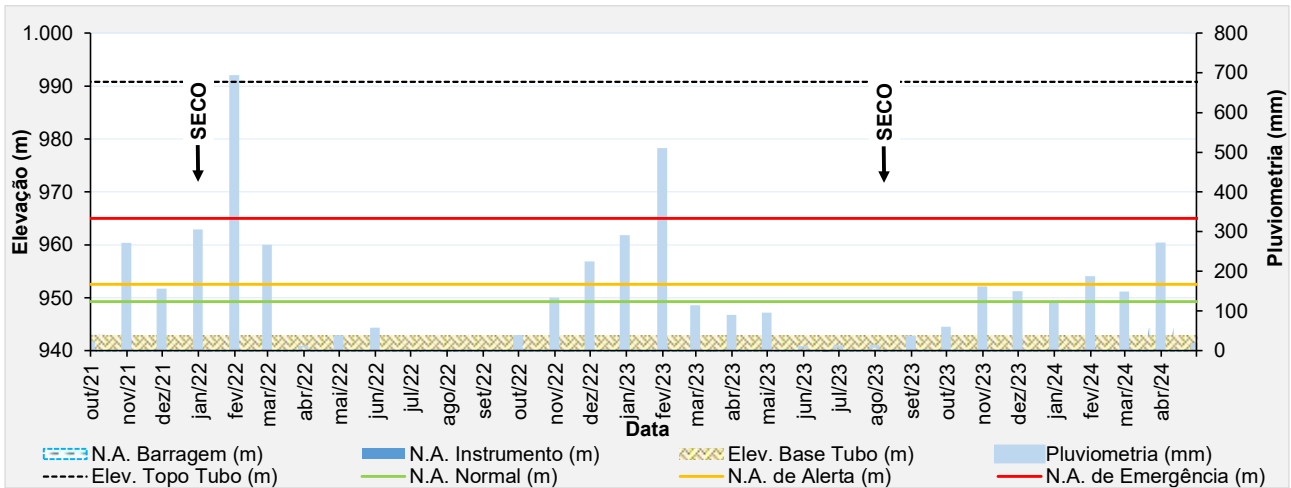
**Figura 5.28 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-12.**



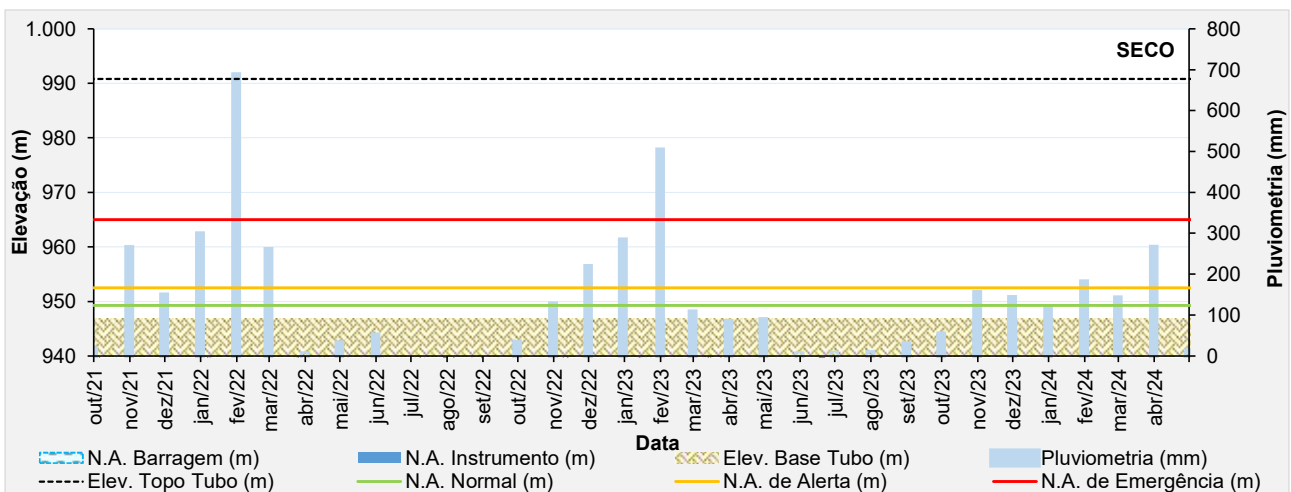
**Figura 5.29 – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-13.**



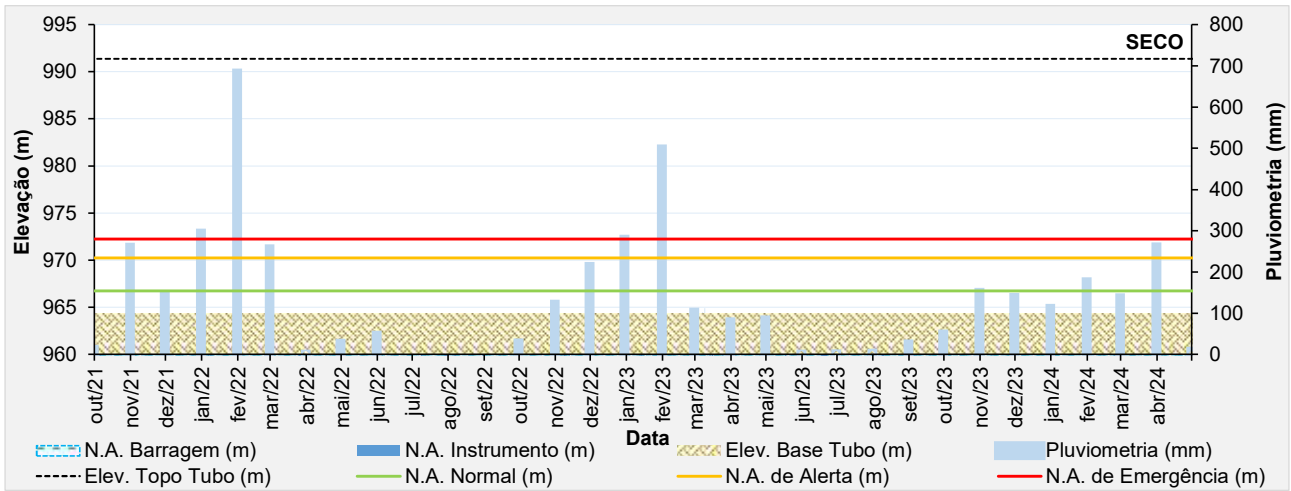
**Figura 5.30** – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-14.



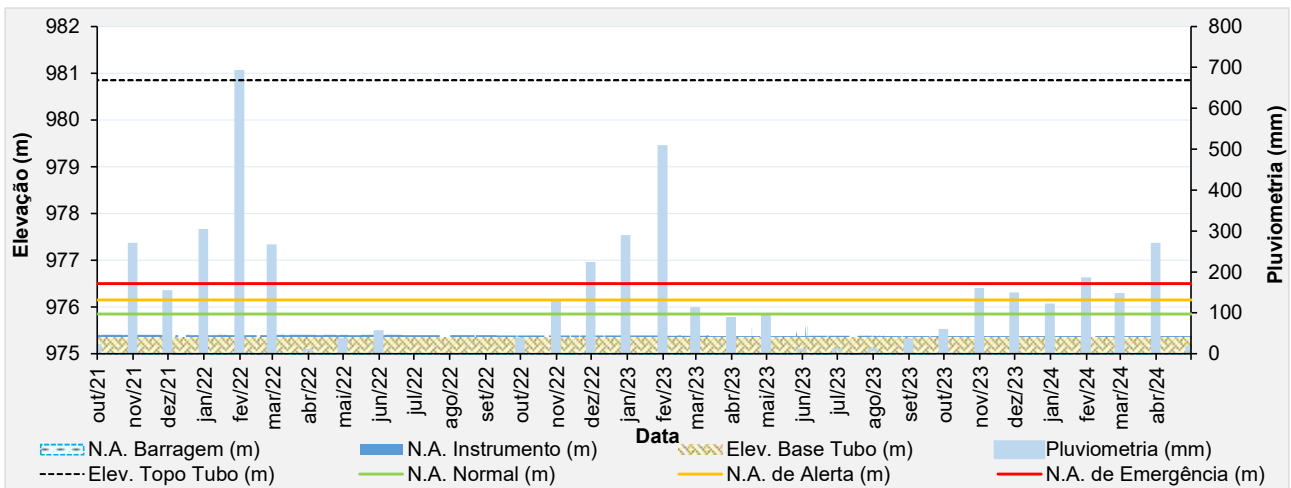
**Figura 5.31** – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-15.



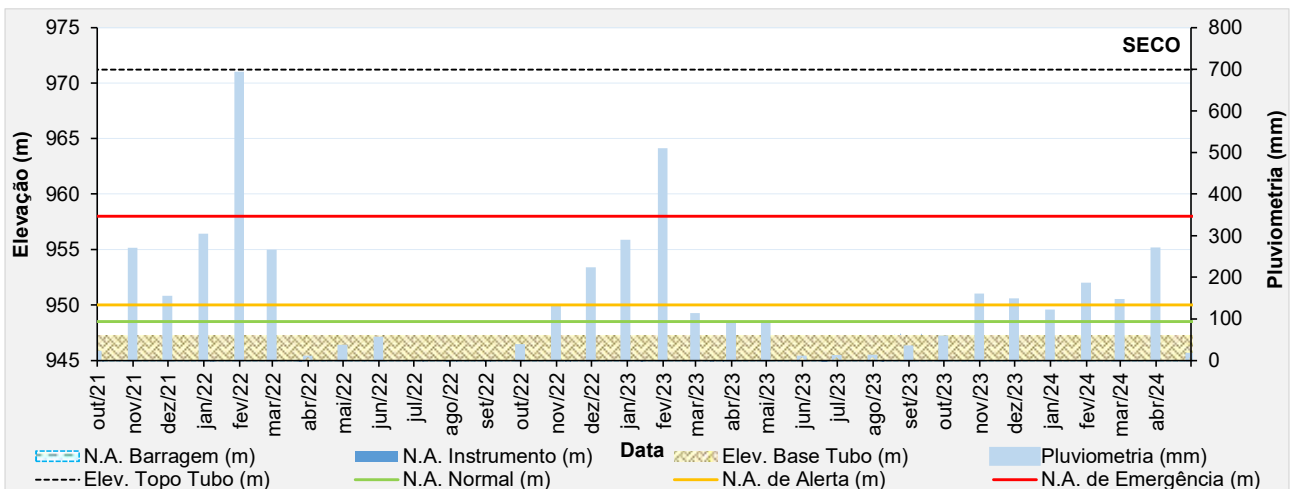
**Figura 5.32** – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-16.



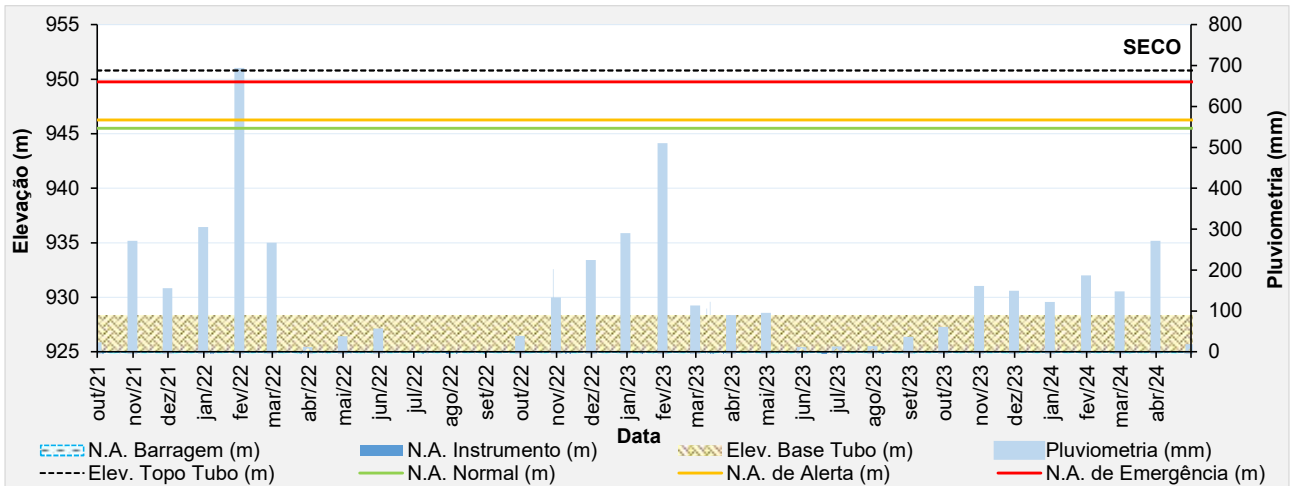
**Figura 5.33 - Desempenho do piezômetro elétrico - PV-17.**



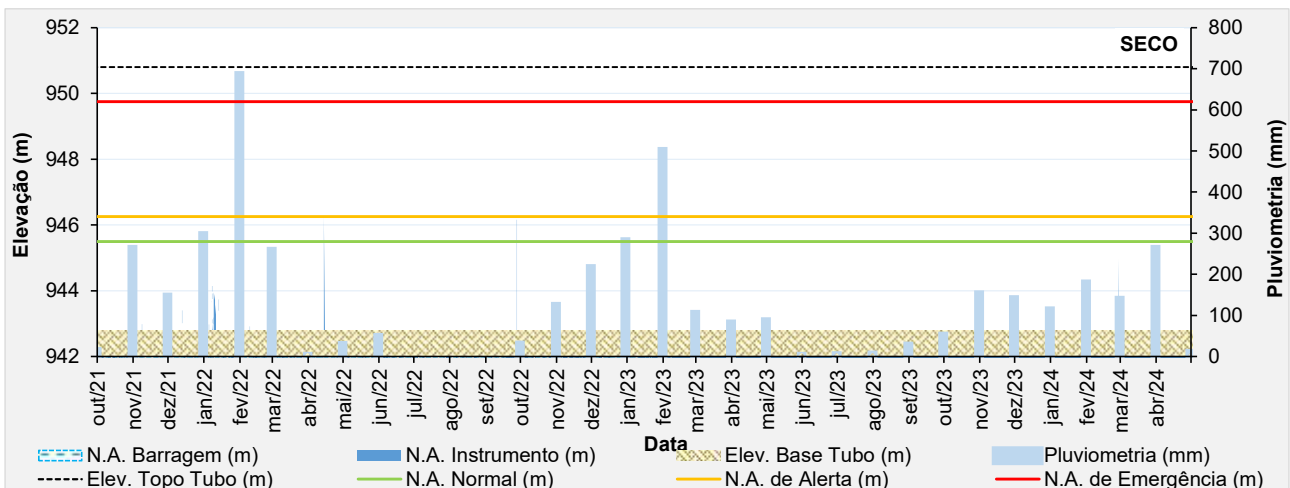
**Figura 5.34 - Desempenho do piezômetro elétrico - PV-18.**



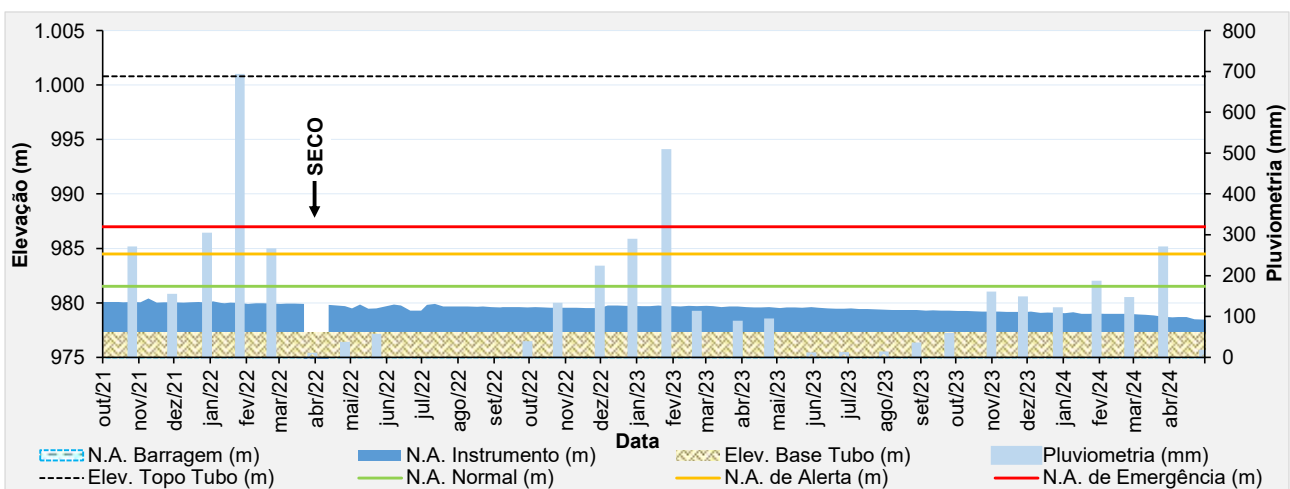
**Figura 5.35 - Desempenho do piezômetro elétrico - PV-19.**



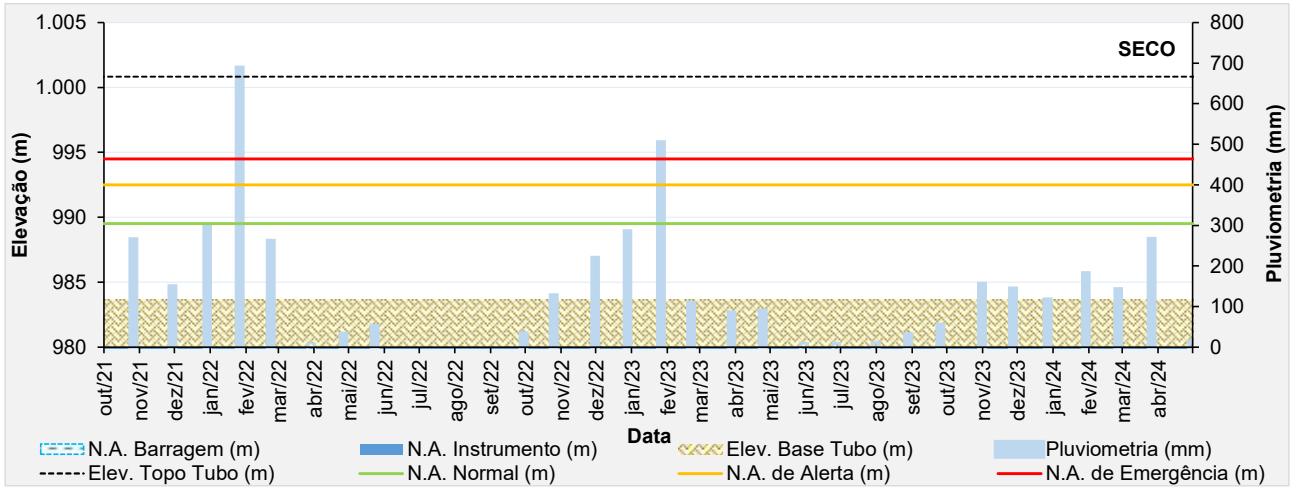
**Figura 5.36** – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-20A.



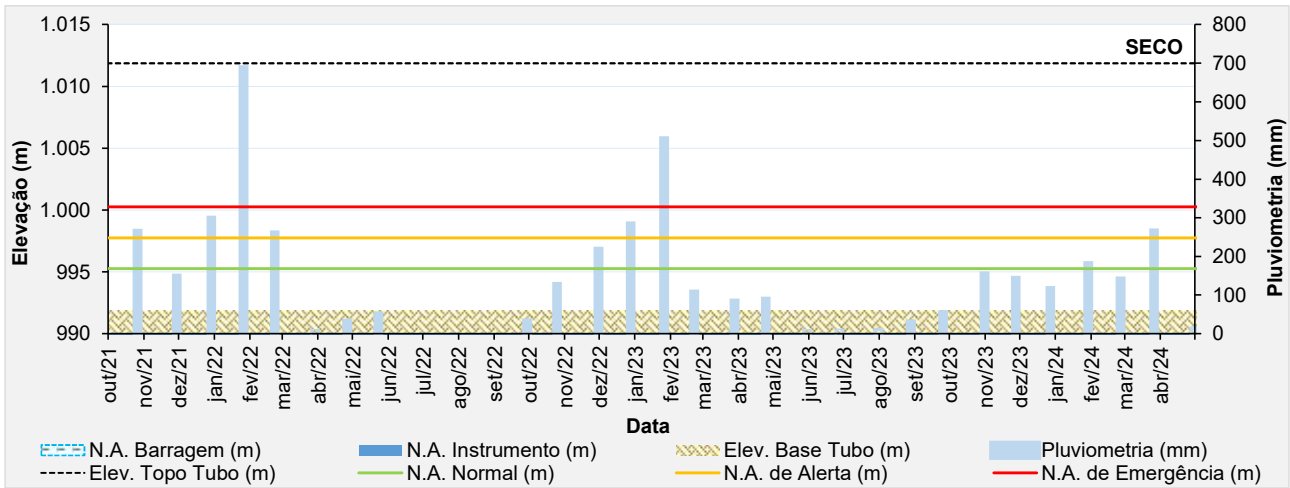
**Figura 5.37** – Desempenho do piezômetro elétrico - PV-21.



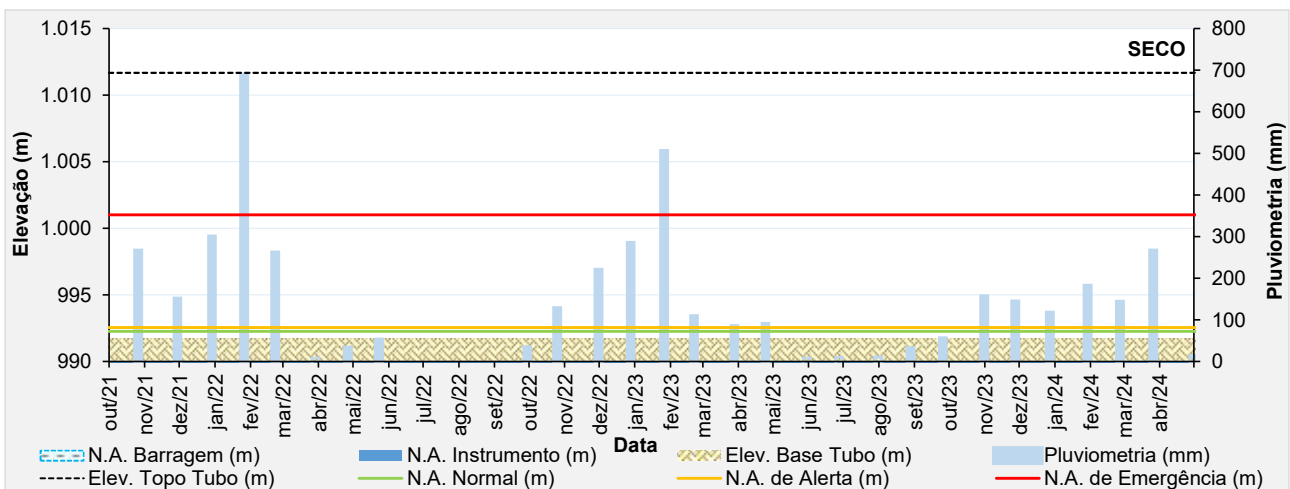
**Figura 5.38** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-04.



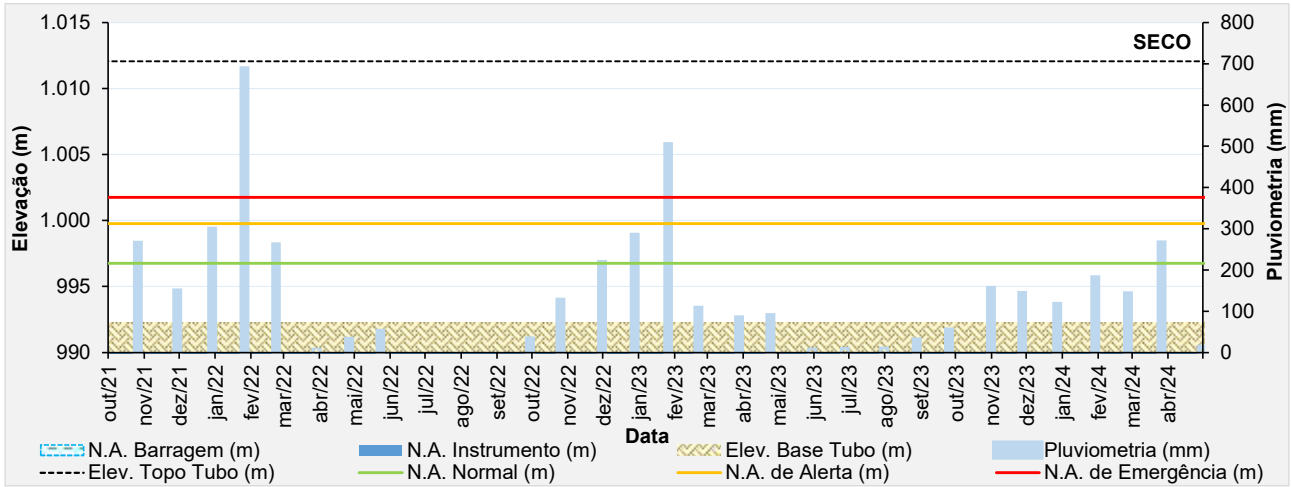
**Figura 5.39** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-08.



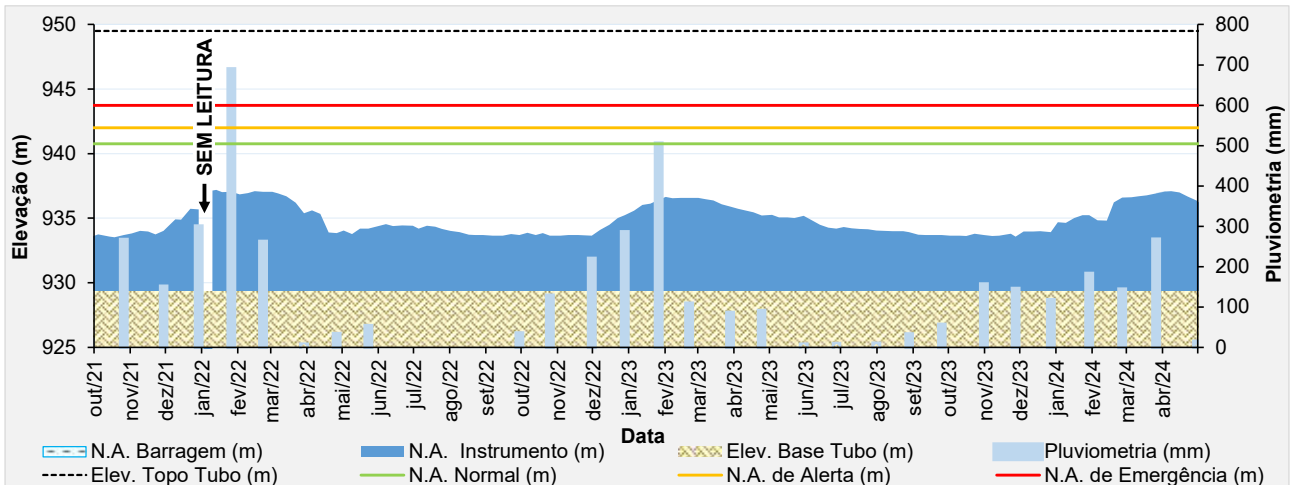
**Figura 5.40** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-10A.



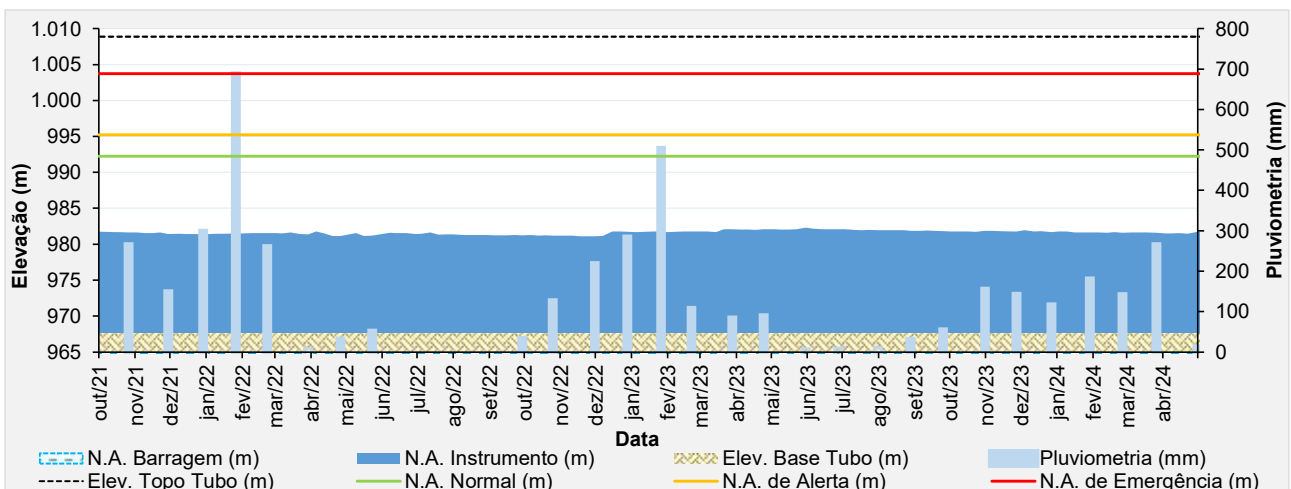
**Figura 5.41** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-11A.



**Figura 5.42** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-12A.

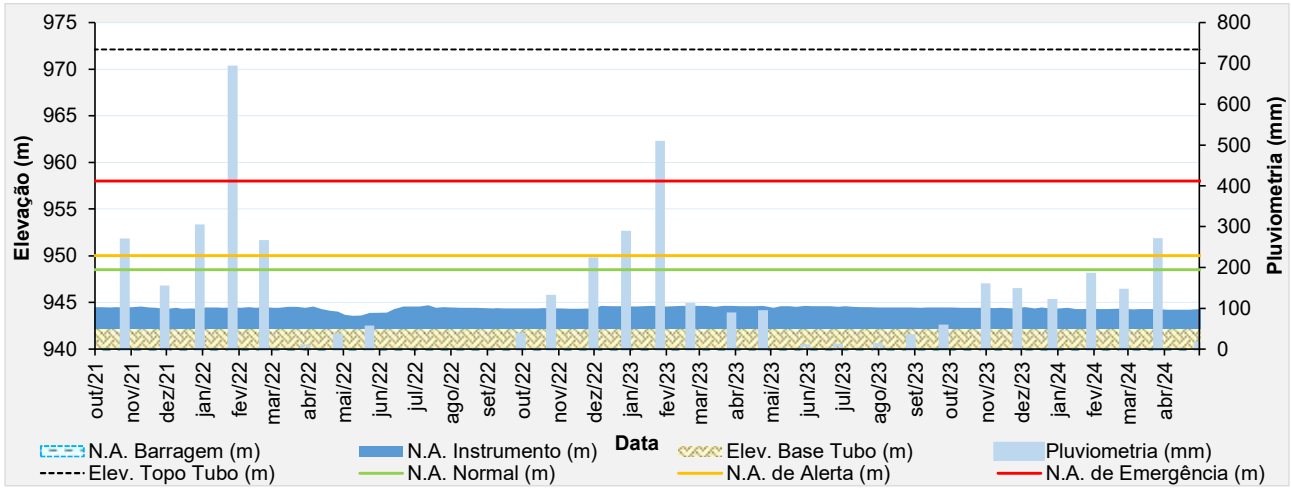


**Figura 5.43** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-13.

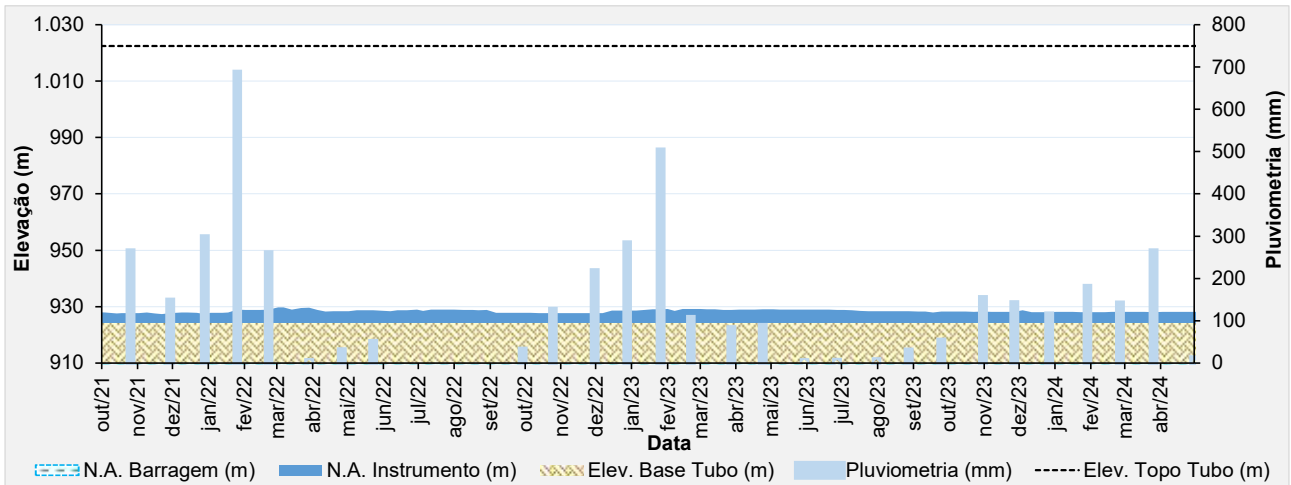


**Figura 5.44** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-14.

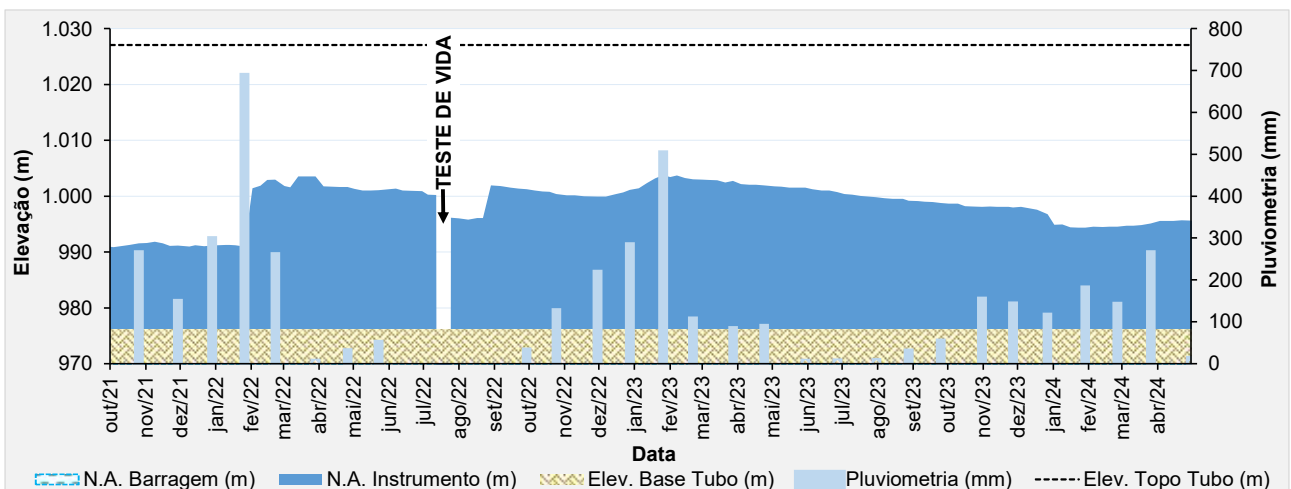




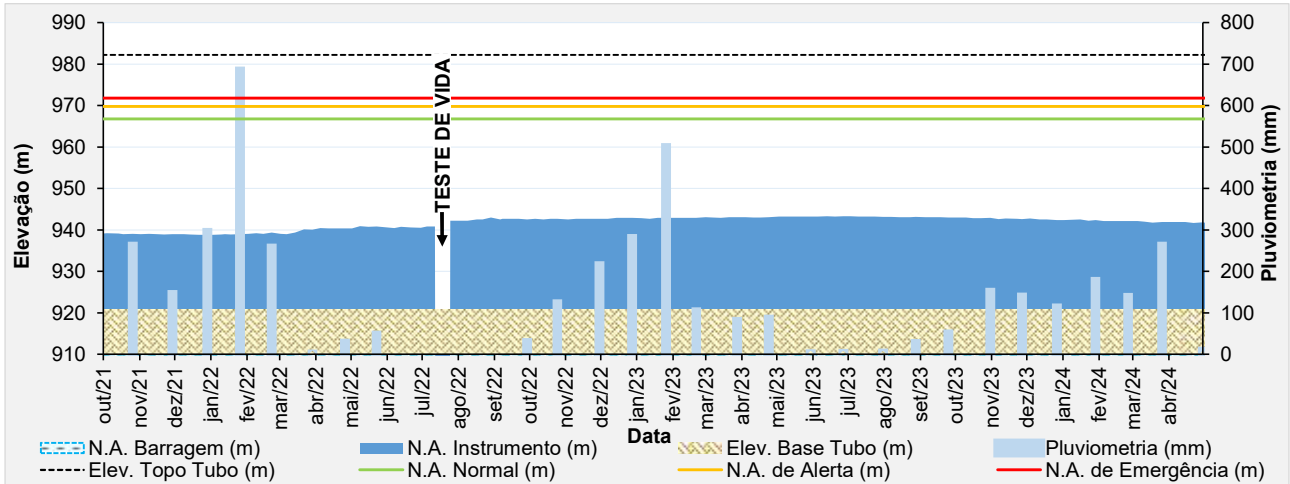
**Figura 5.45** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-15.



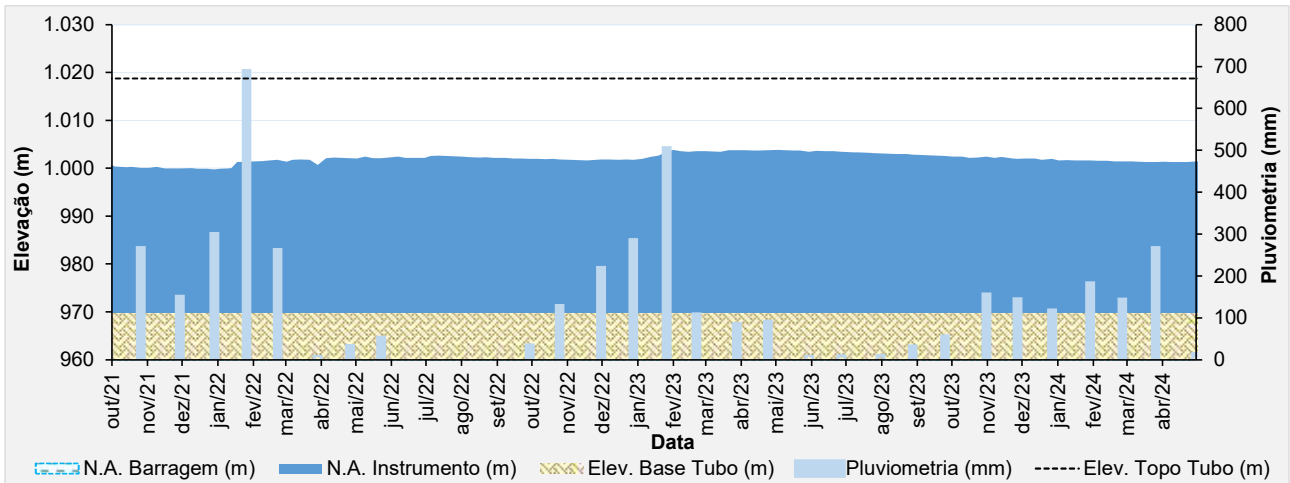
**Figura 5.46** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-16.



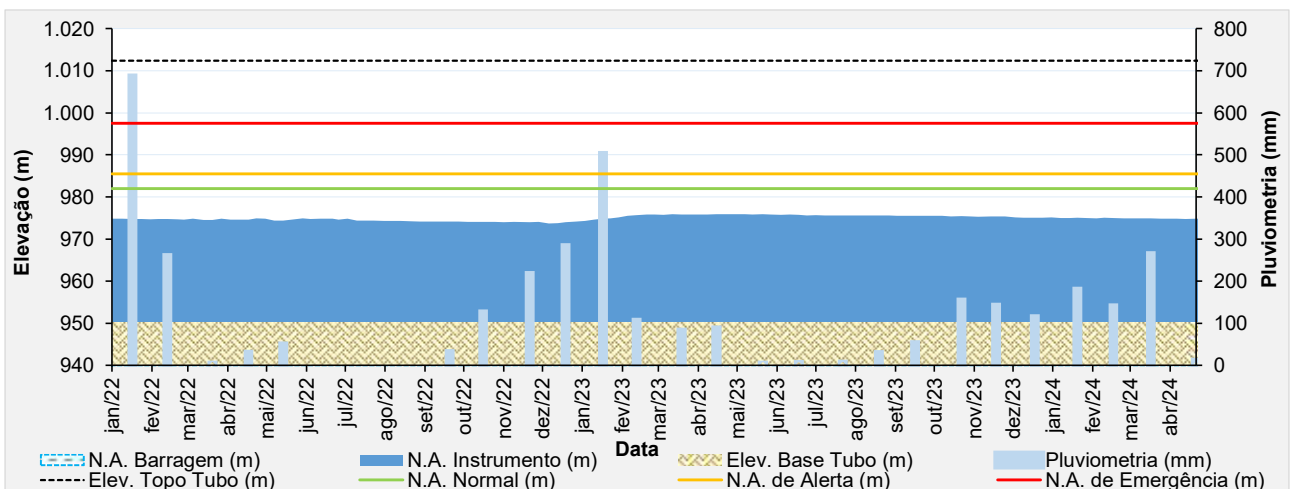
**Figura 5.47** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-17.



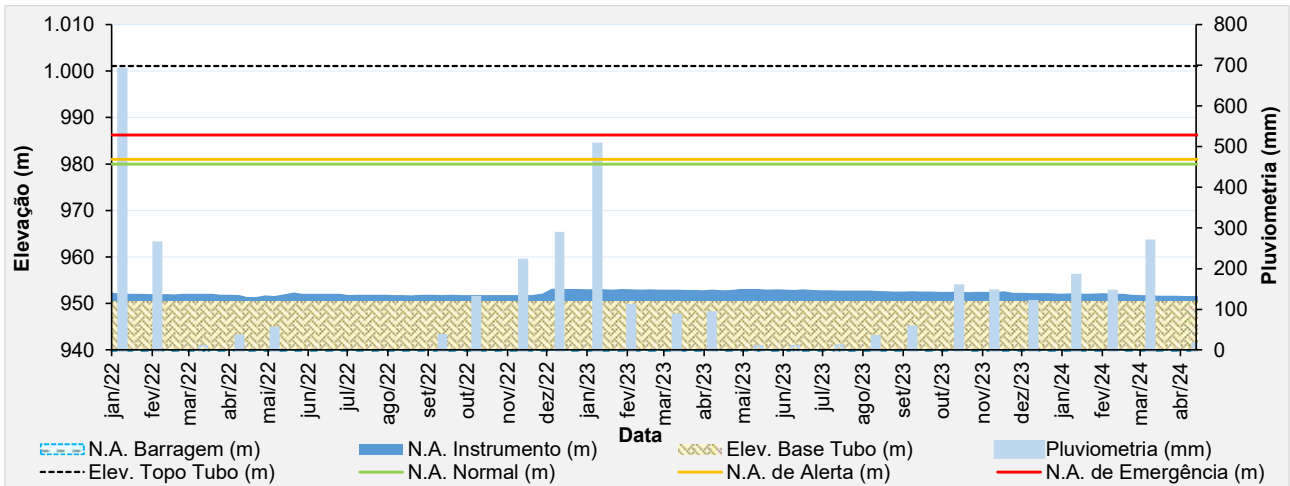
**Figura 5.48** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-18.



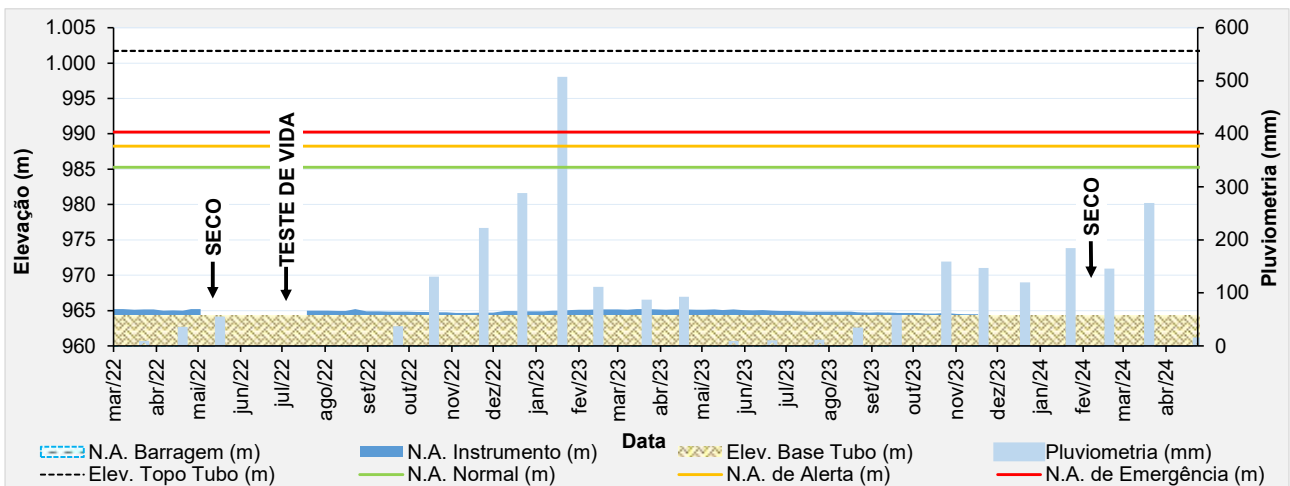
**Figura 5.49** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-19.



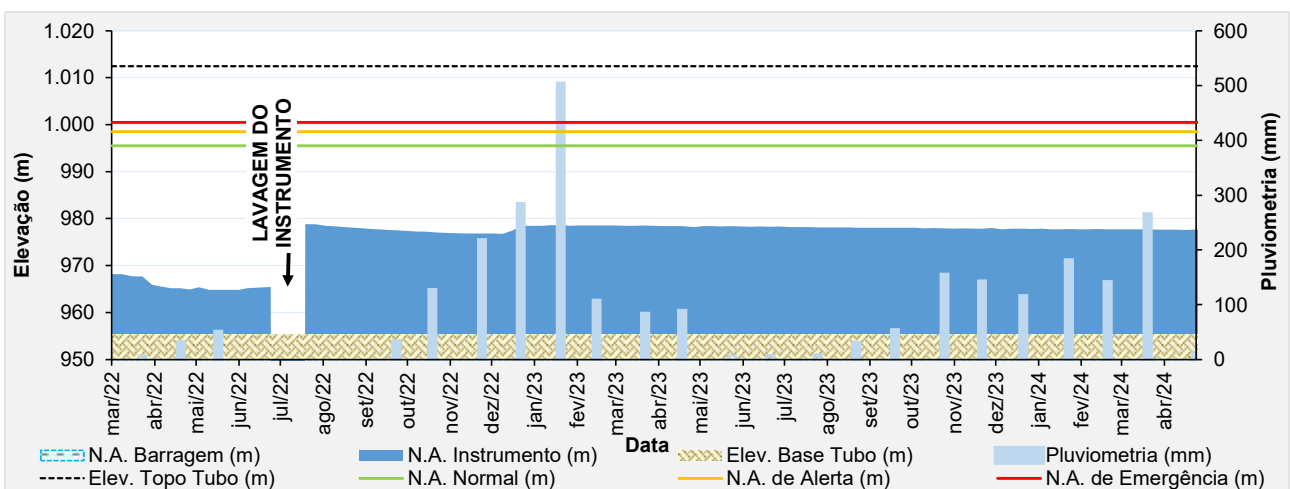
**Figura 5.50** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-20.



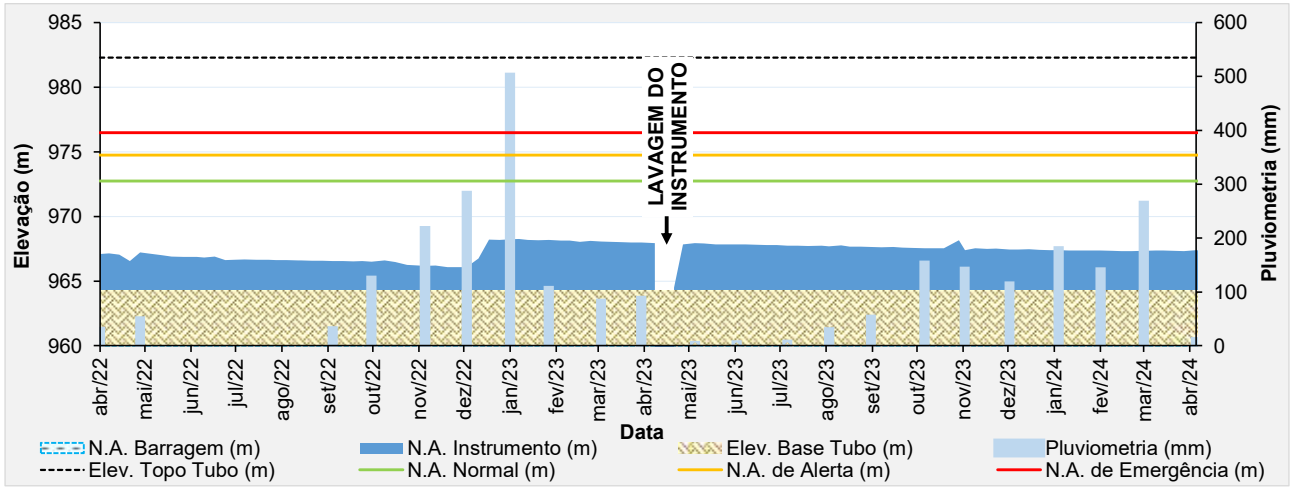
**Figura 5.51** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-21.



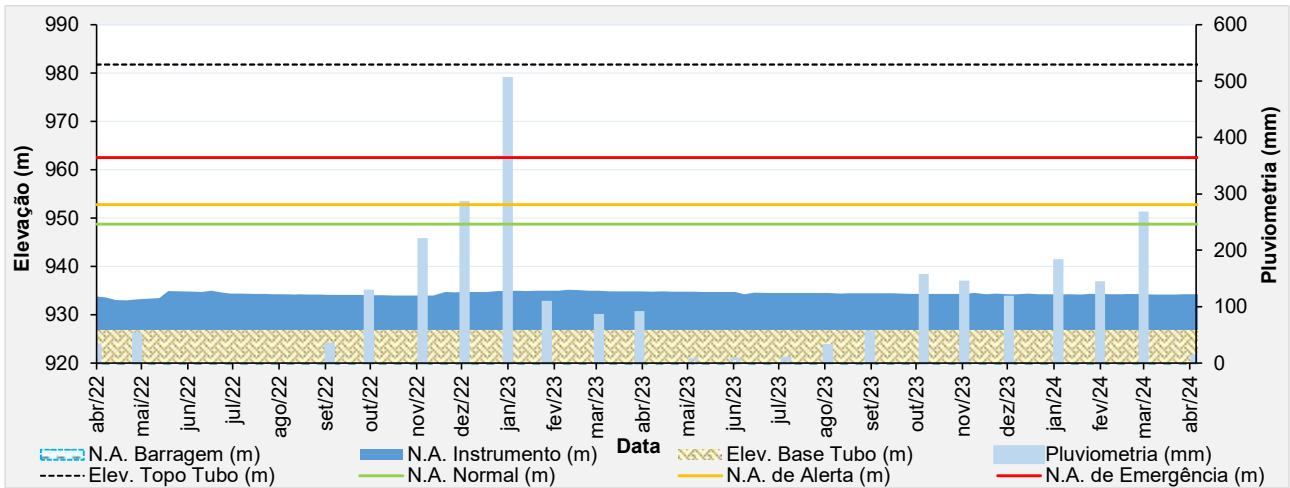
**Figura 5.52** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-22.



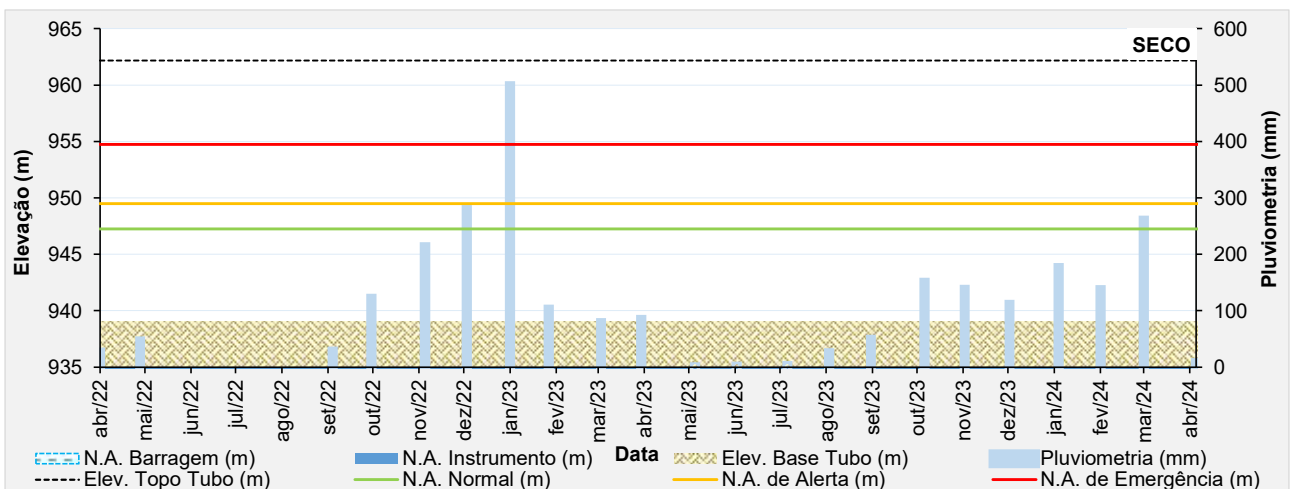
**Figura 5.53** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-23.



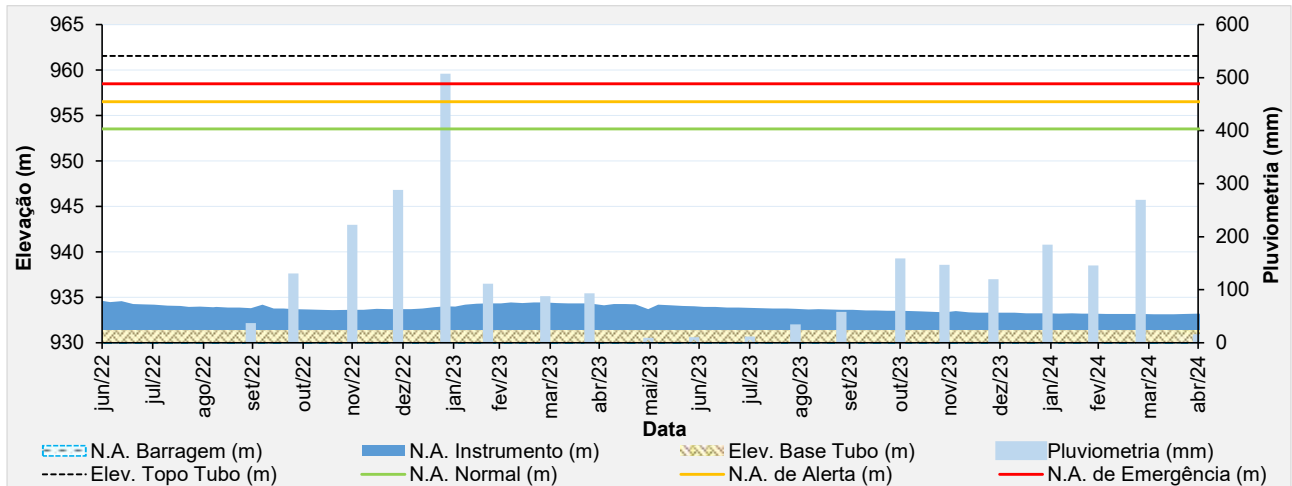
**Figura 5.54** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-24.



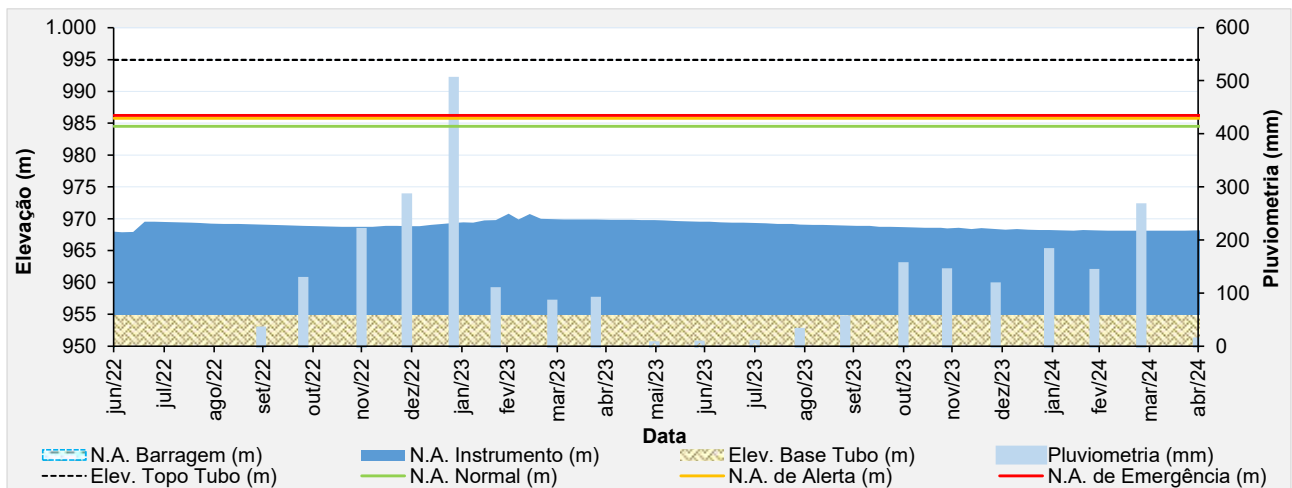
**Figura 5.55** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-25.



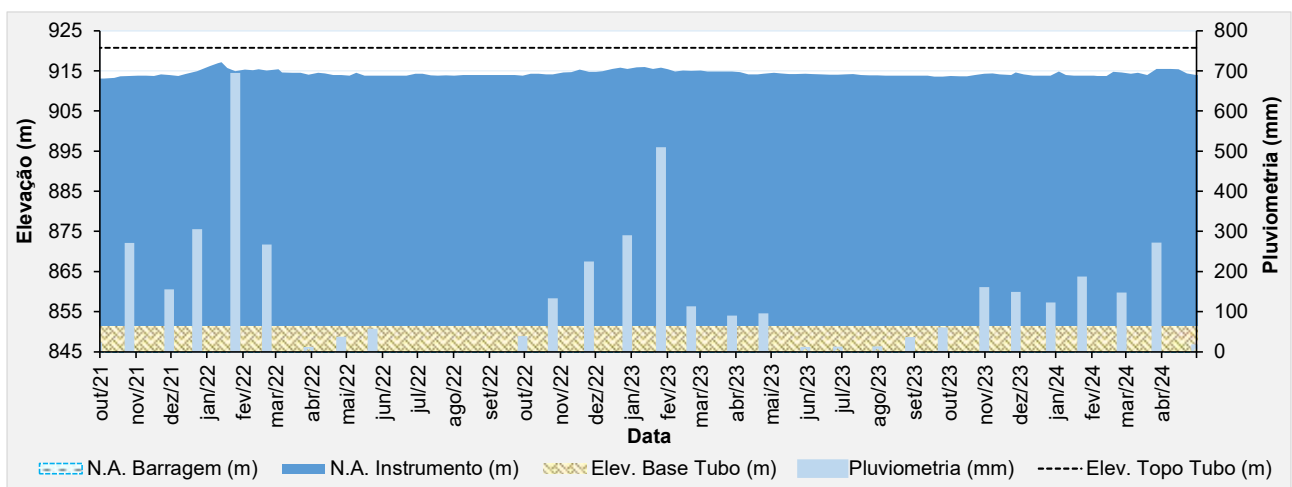
**Figura 5.56** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-26.



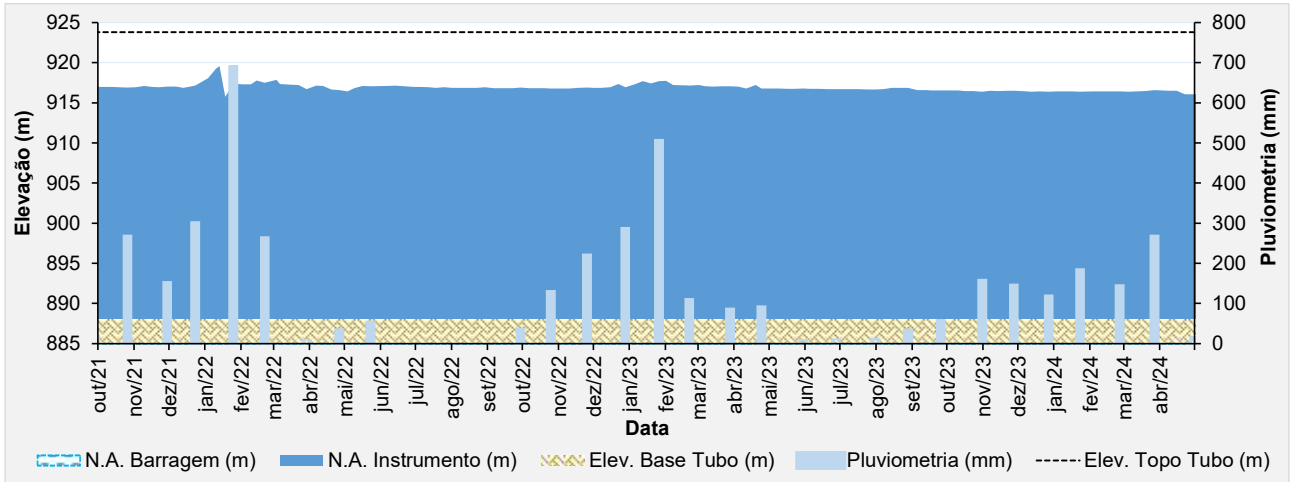
**Figura 5.57** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-27.



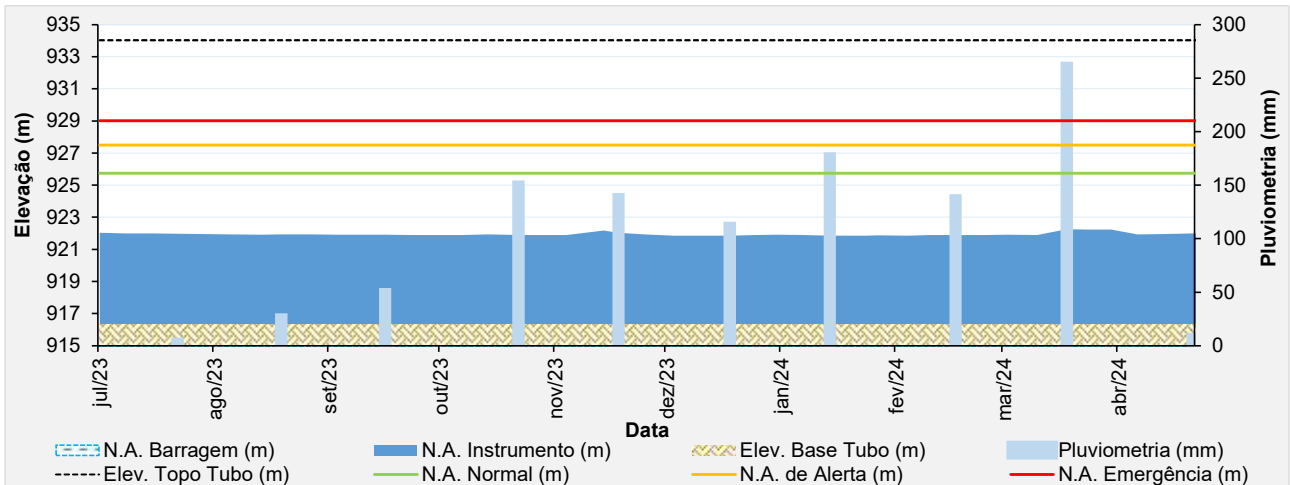
**Figura 5.58** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-28.



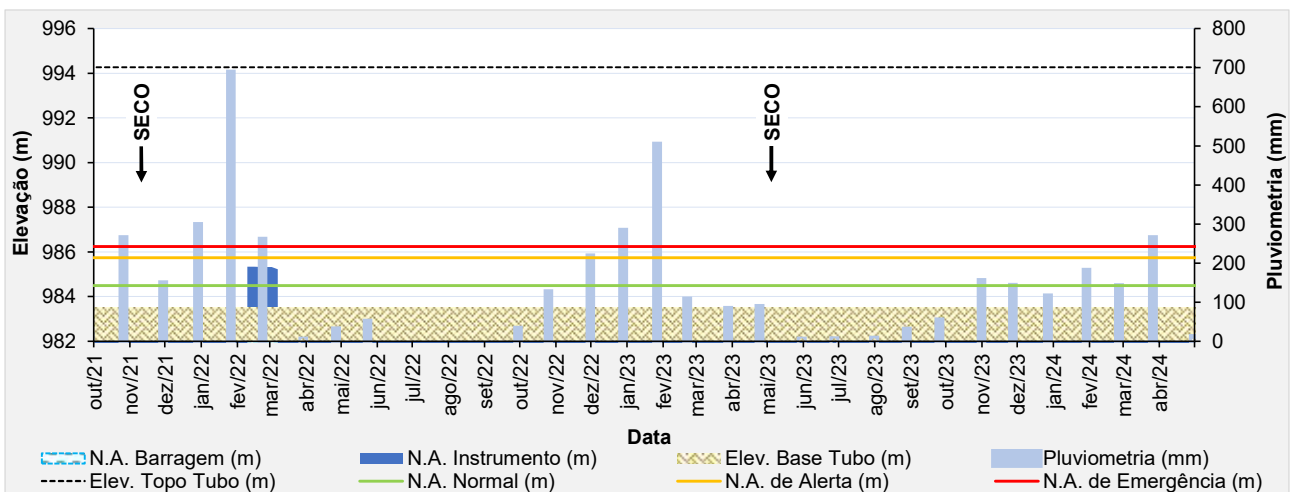
**Figura 5.59** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-03 ECO.



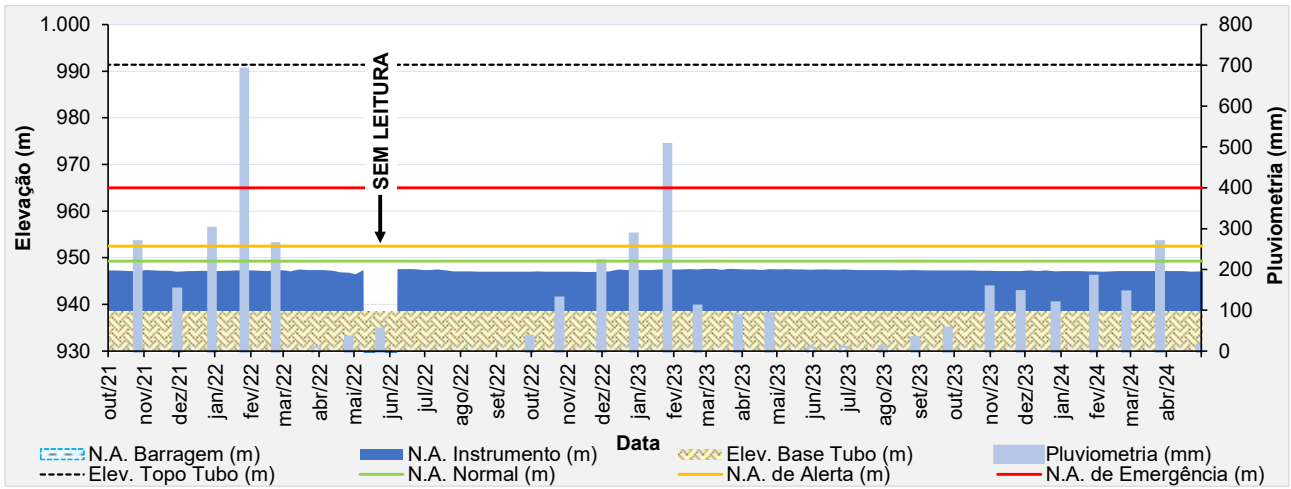
**Figura 5.60** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-04 ECO.



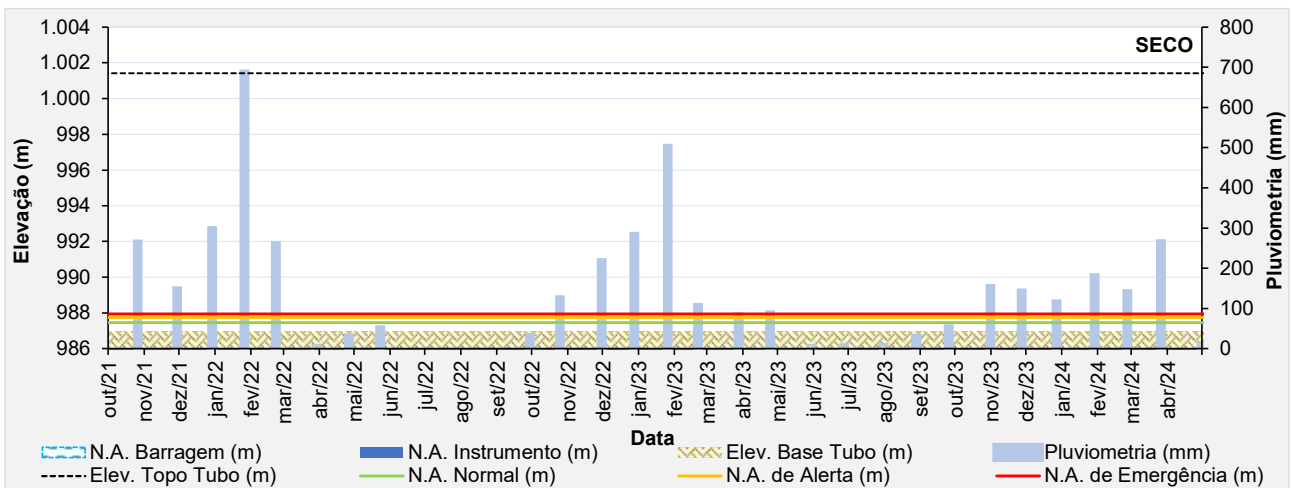
**Figura 5.61** – Desempenho do piezômetro de tubo aberto - PZ-05 ECO.



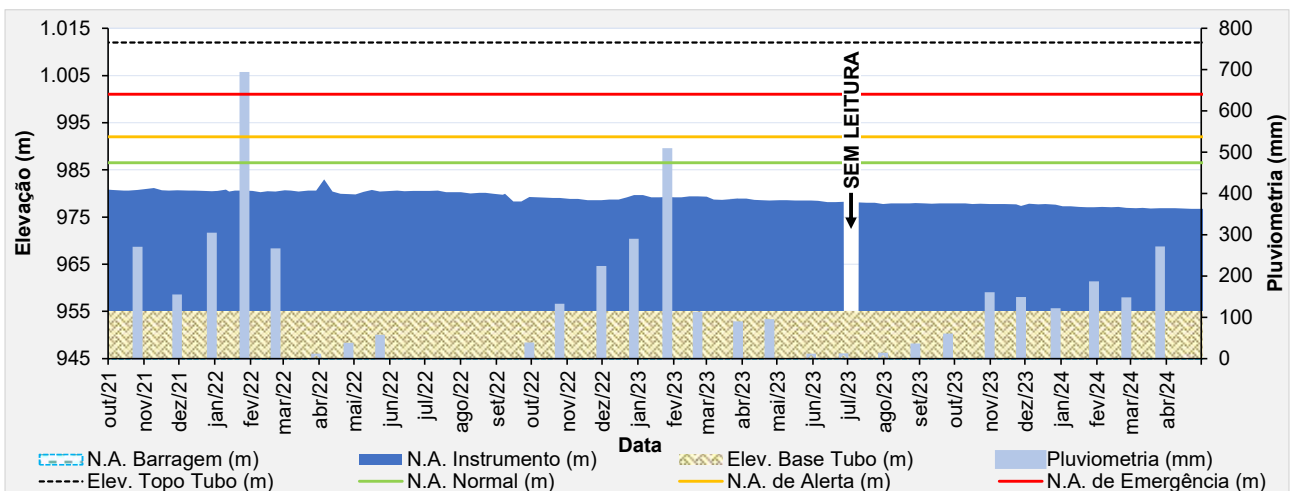
**Figura 5.62** – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01.



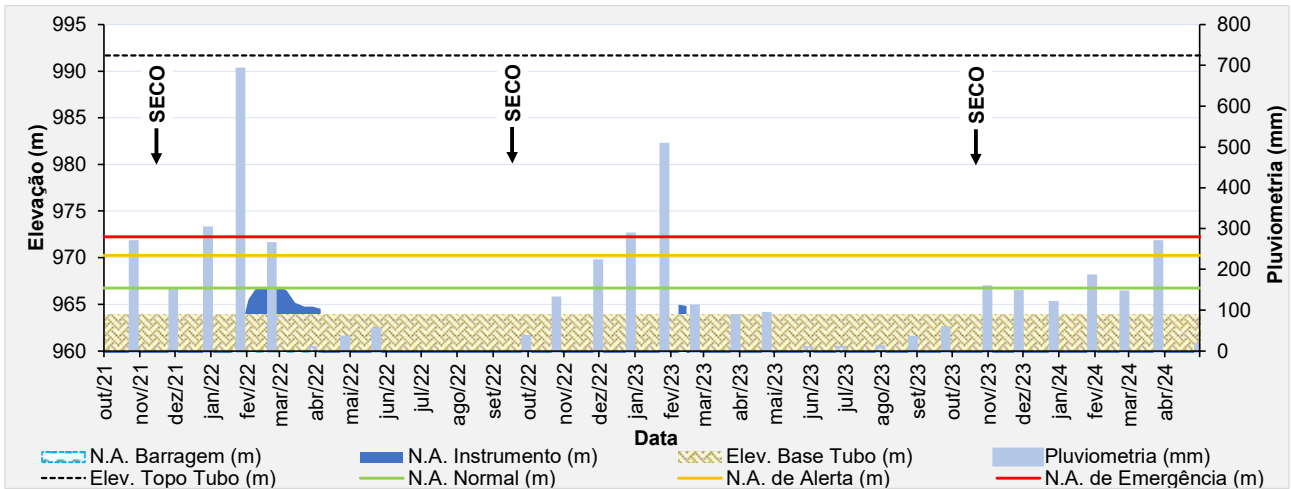
**Figura 5.63** – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01B.



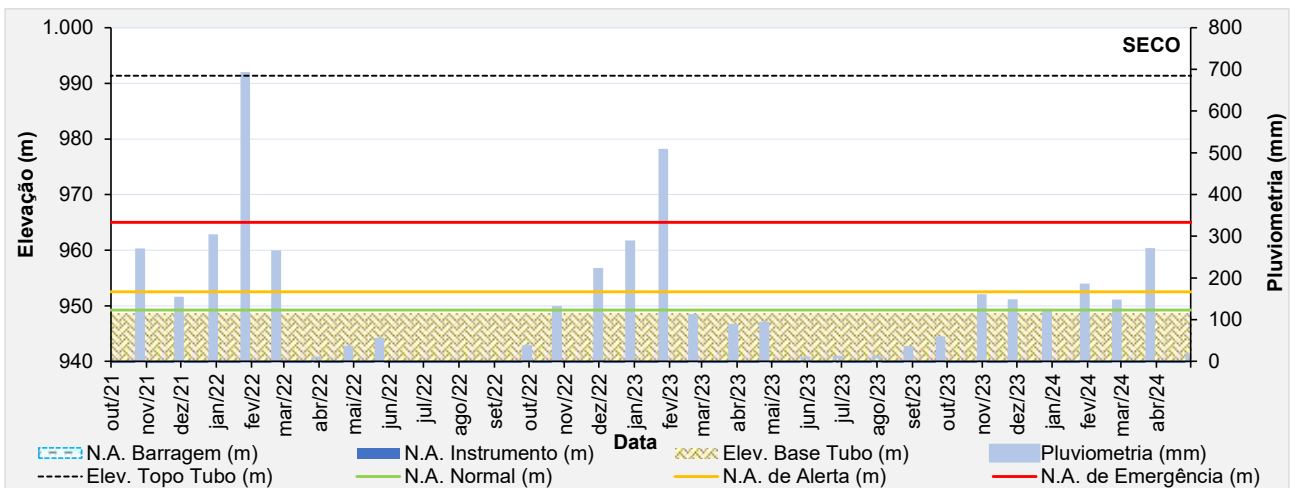
**Figura 5.64** – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-02.



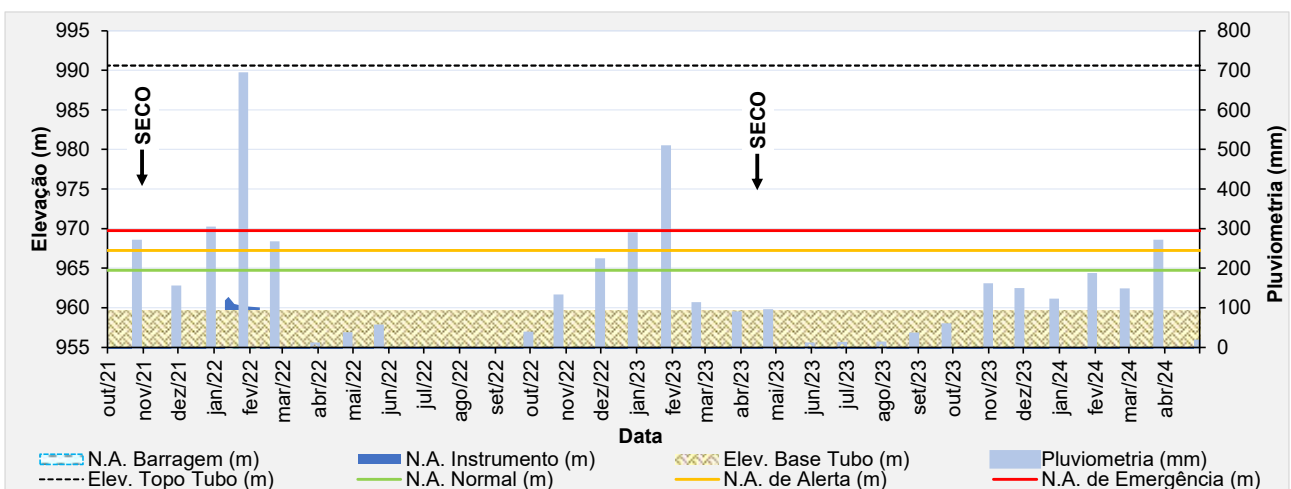
**Figura 5.65** – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-02B.



**Figura 5.66** – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-03.

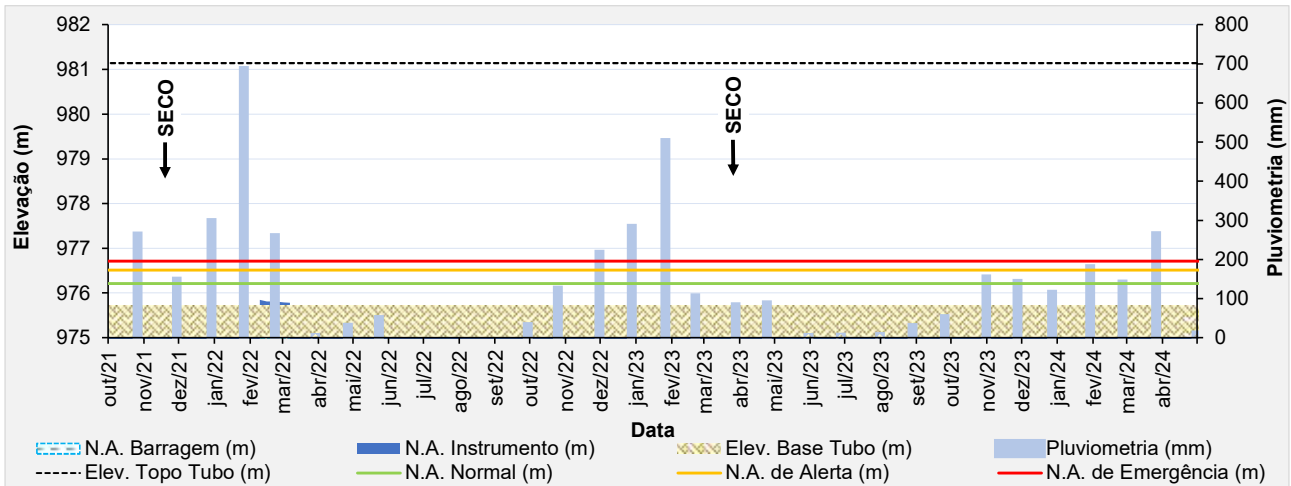


**Figura 5.67** – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-04.

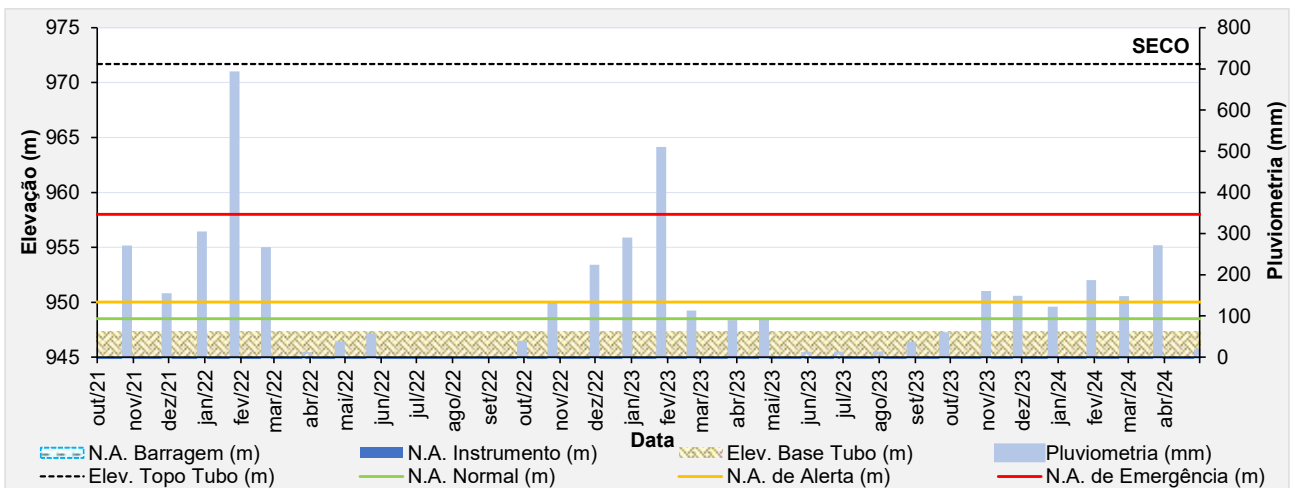


**Figura 5.68** – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-05.

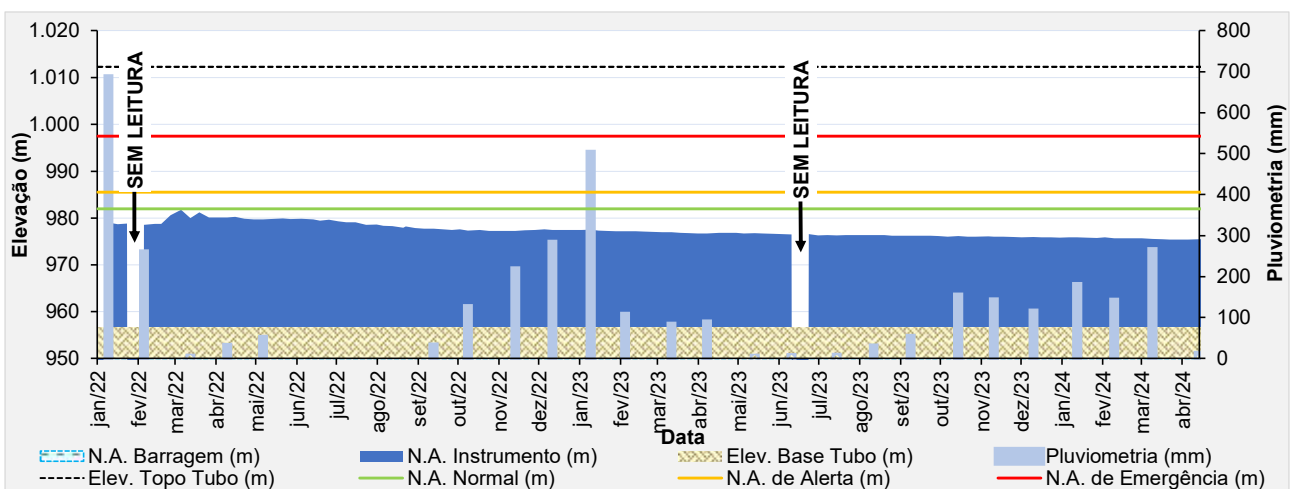




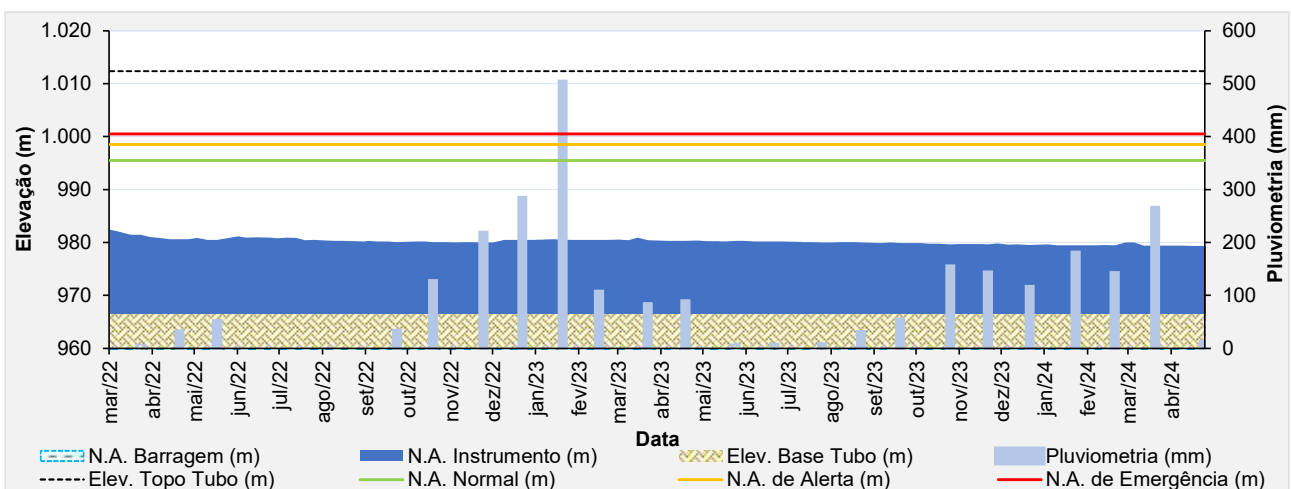
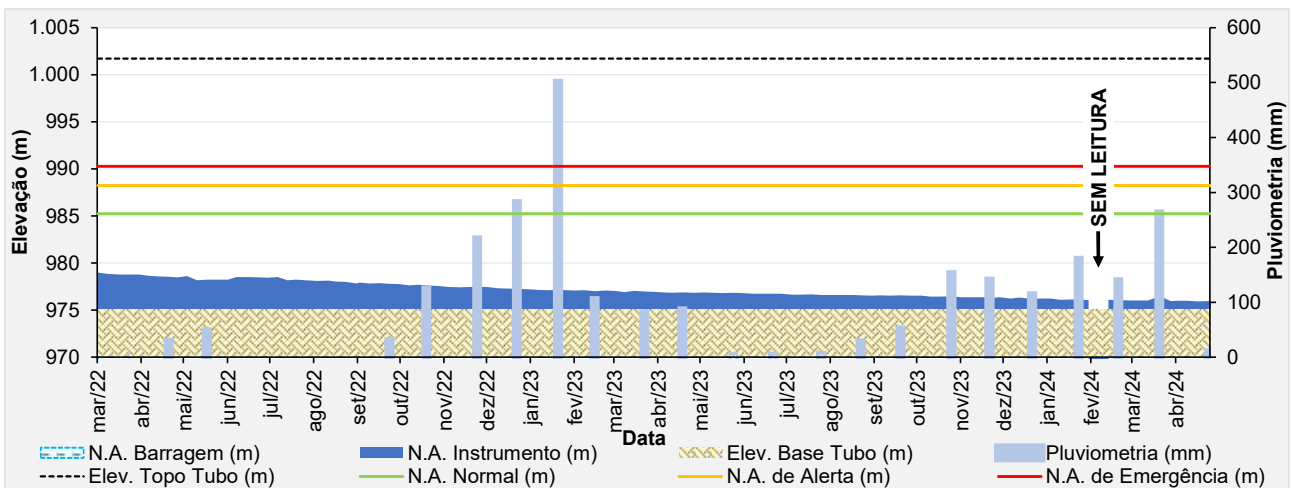
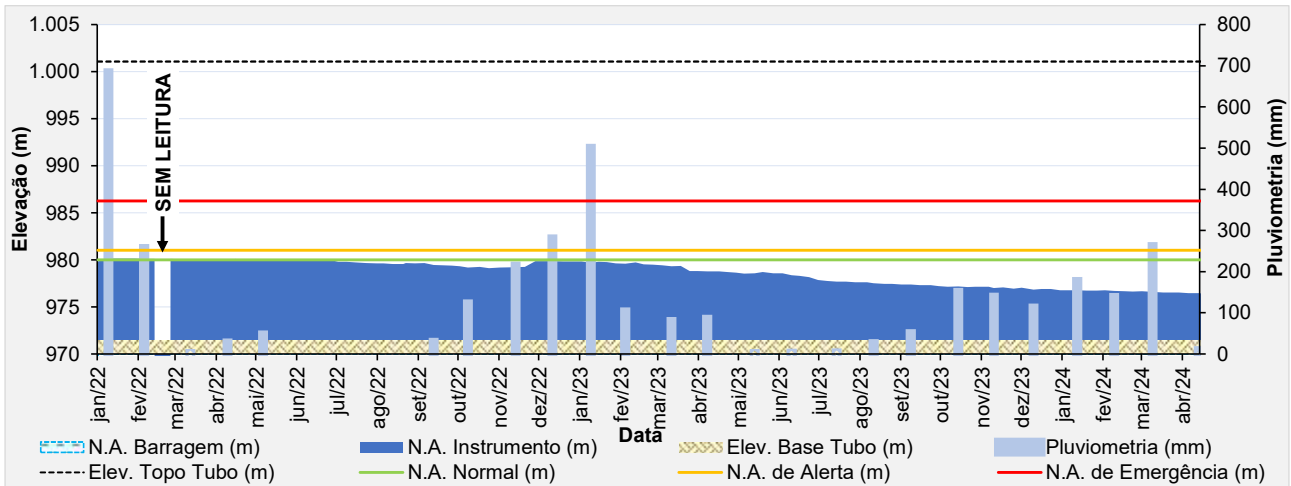
**Figura 5.69** – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-06.

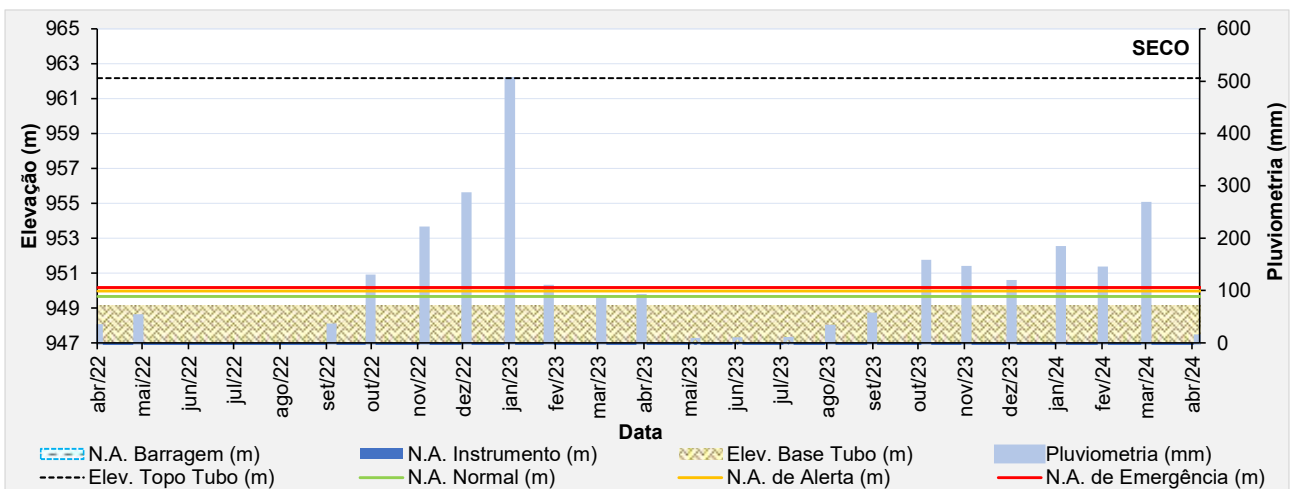
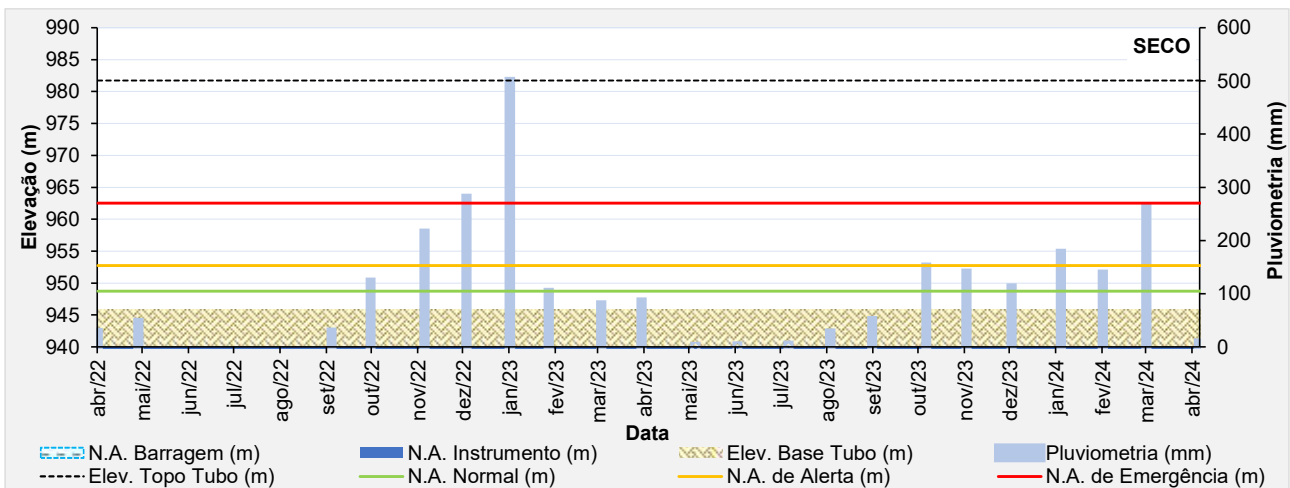
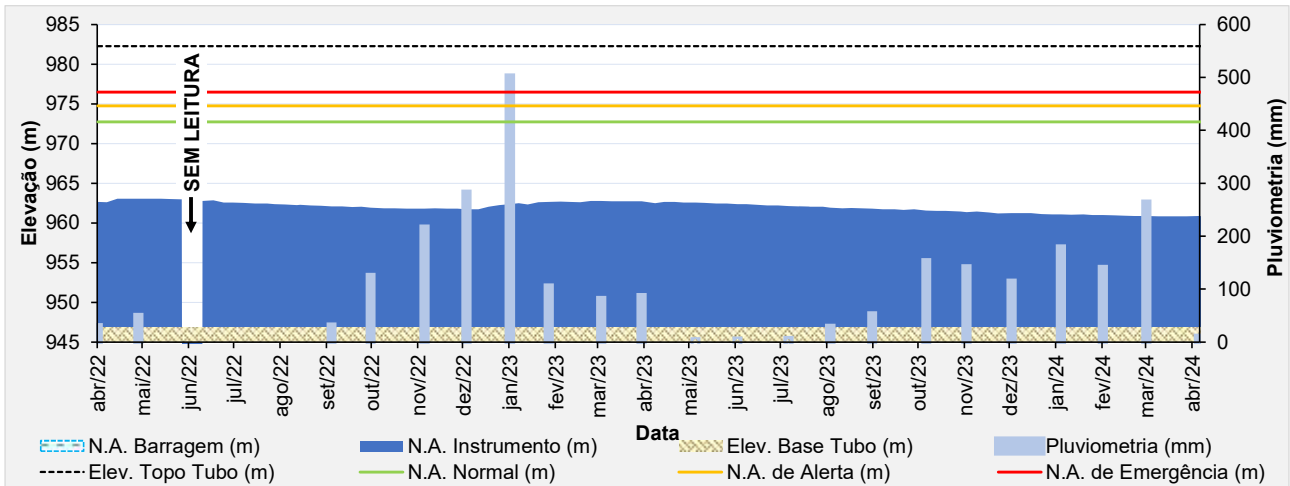


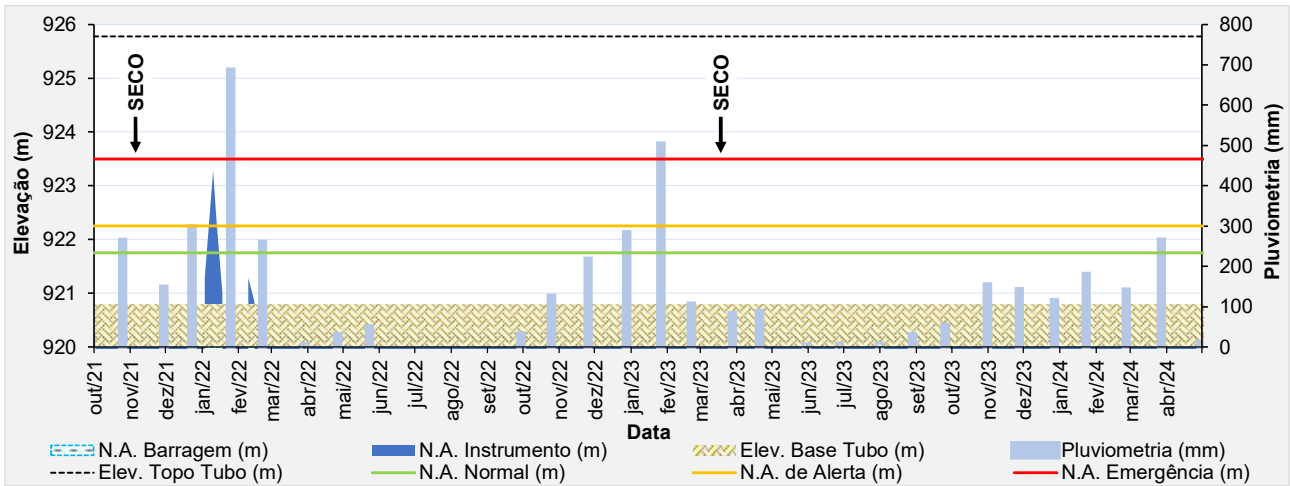
**Figura 5.70** – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-07.



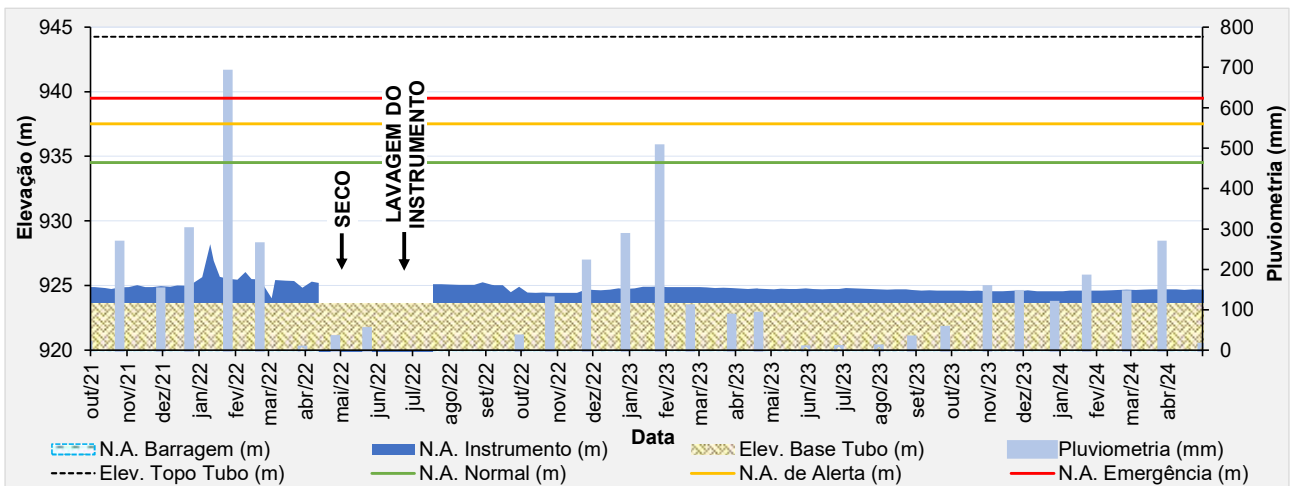
**Figura 5.71** – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-08.



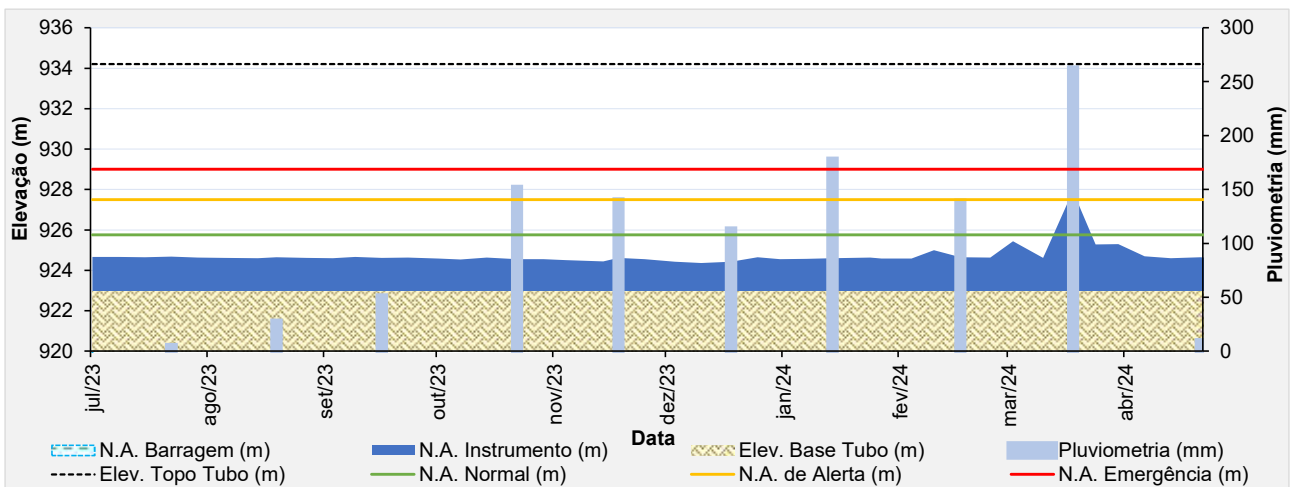




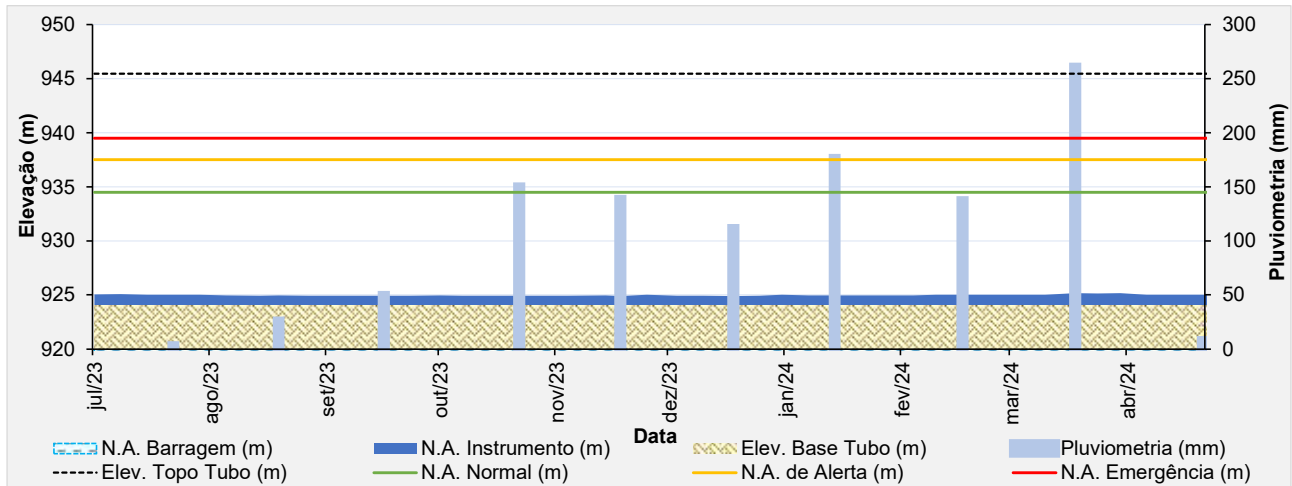
**Figura 5.78** – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-01A ECO.



**Figura 5.79** – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-03 ECO.



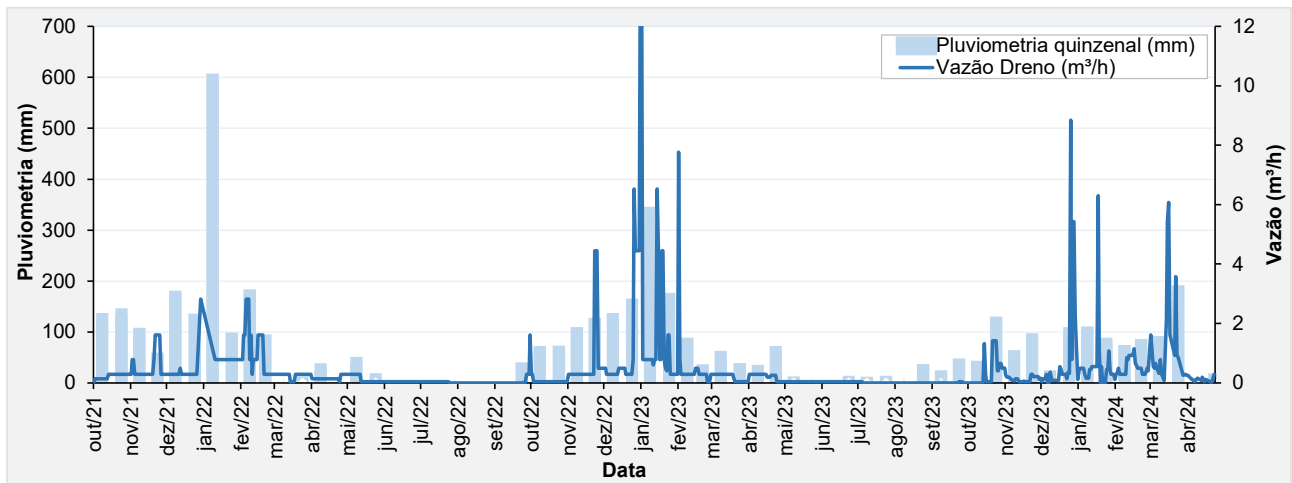
**Figura 5.80** – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-04 ECO.



**Figura 5.81** – Desempenho do indicador de nível d'água - INA-05 ECO.

• **Placa Indicadora de Vazão**

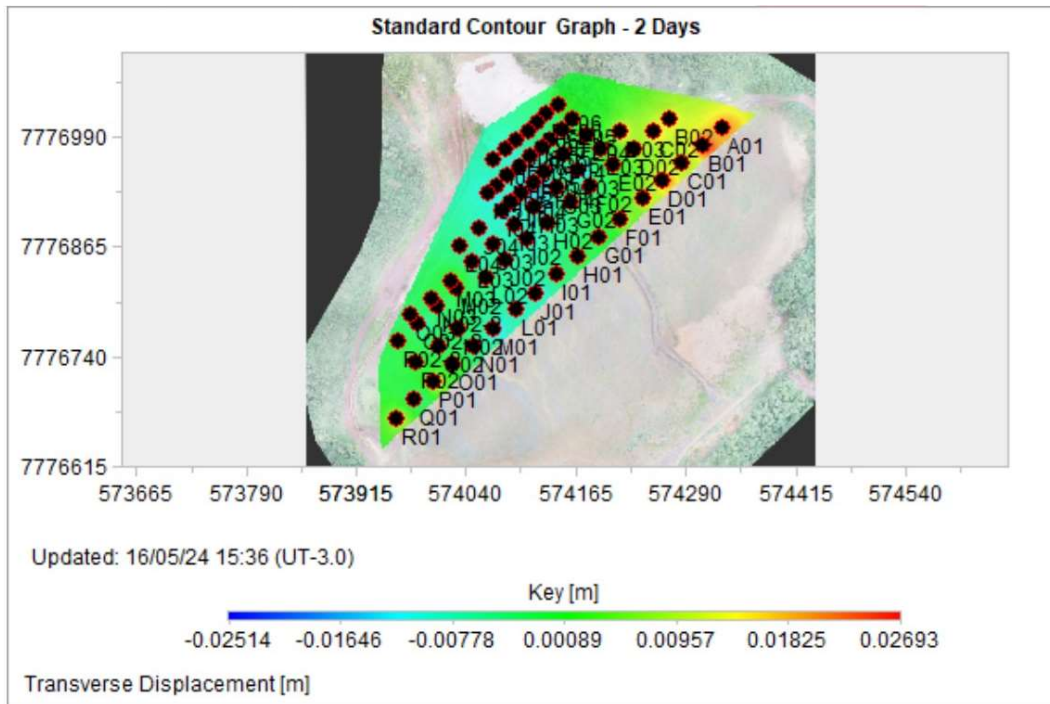
As leituras da placa indicadora de vazões tiveram grande oscilação em decorrência de precipitações mais elevadas, tendo um pico de leitura em janeiro de 2023 (07/01/23) de 15,94 m<sup>3</sup>/h. Quando se compara o período de fevereiro/24 a abril/24, obteve-se uma média das leituras das vazões igual a 0,67 m<sup>3</sup>/h, tendo vazões variando de 0,03 m<sup>3</sup>/h até 6,08 m<sup>3</sup>/h.



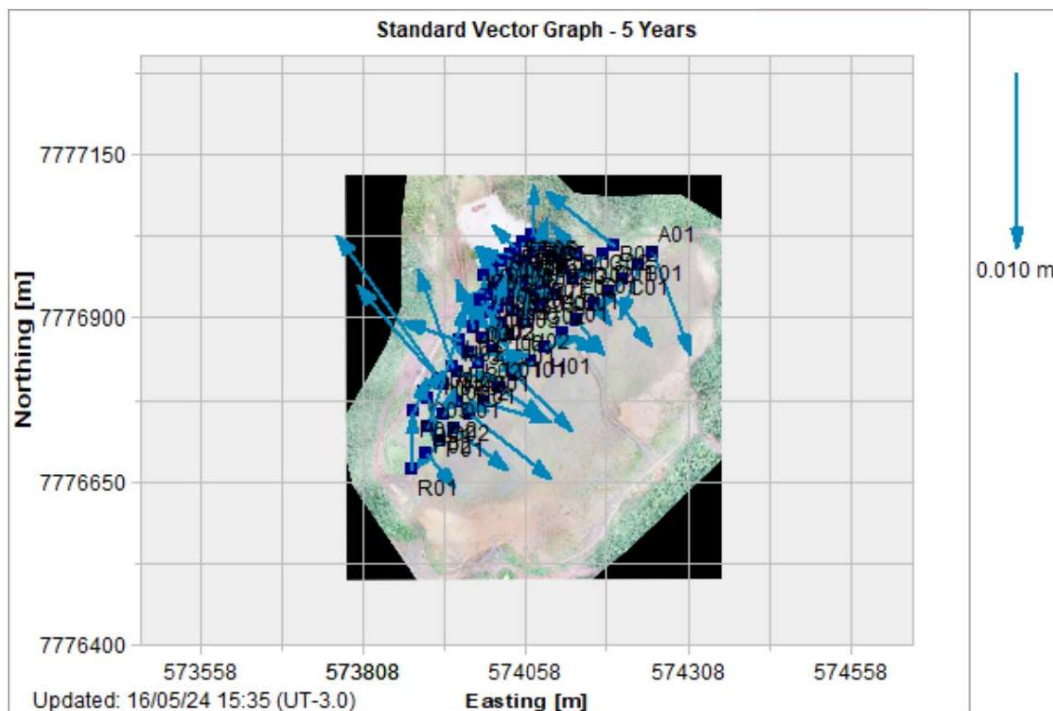
**Figura 5.82** – Histórico de leituras da placa indicadora de vazões.

• **Prismas de Monitoramento**

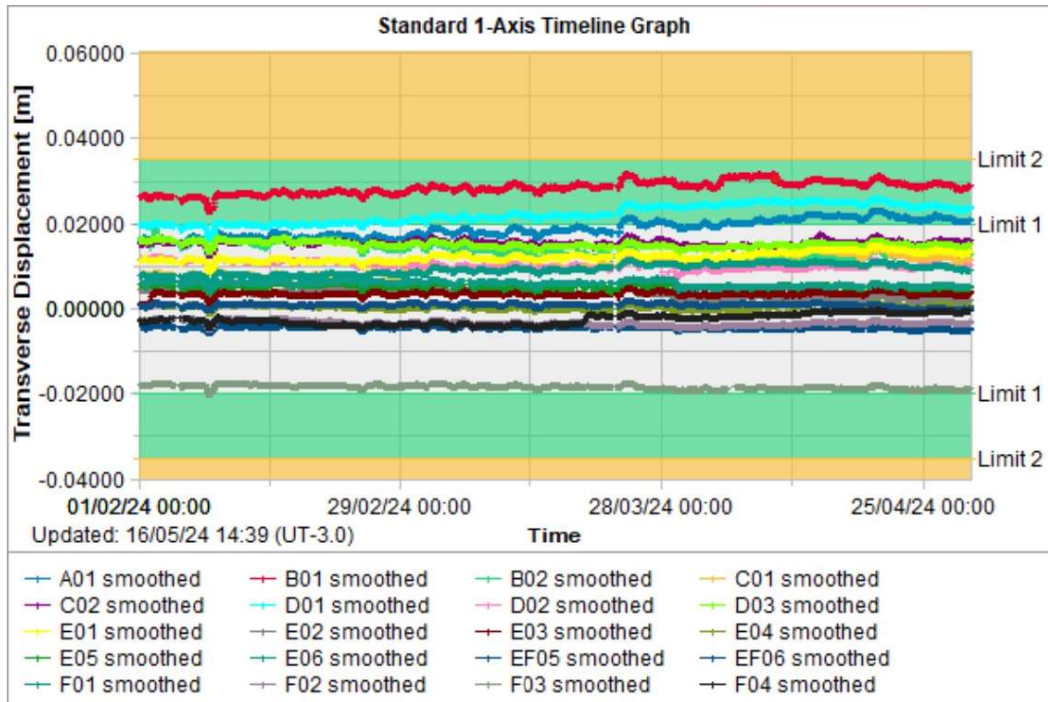
Para controle de deslocamento em superfície, atualmente, existem 70 prismas fixos instalados no maciço da barragem e monitorados por uma estação robótica fixa instalada no terreno natural na ombreira esquerda da barragem como pode ser visto na Figura 5.10.



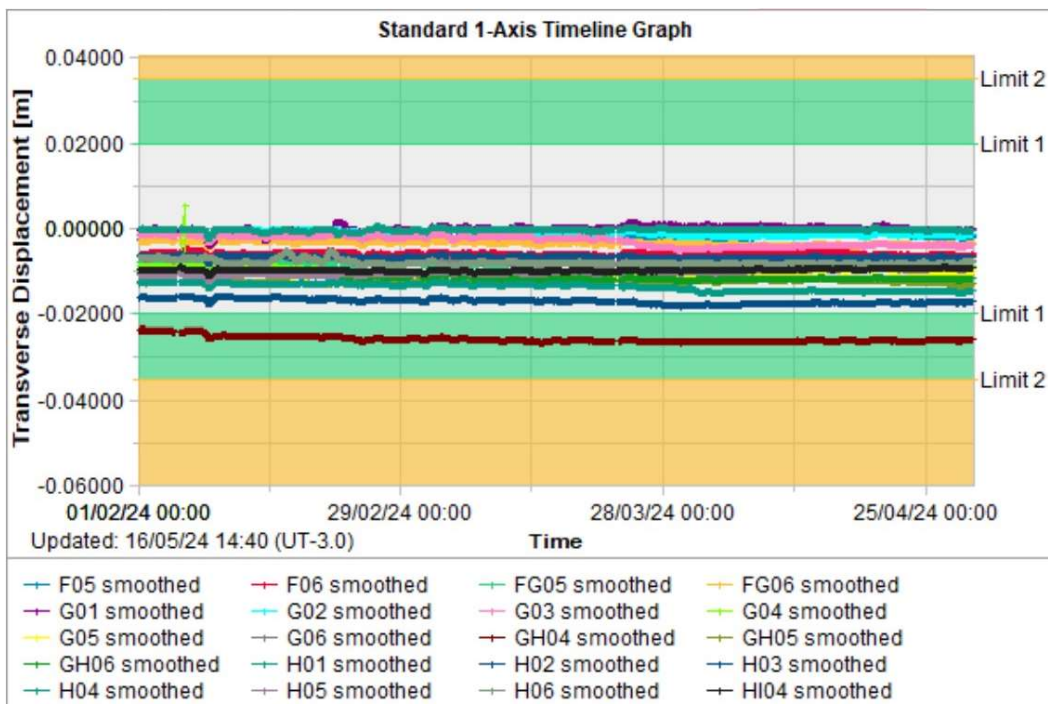
**Figura 5.83** – Registros deslocamentos verticais dos prismas.



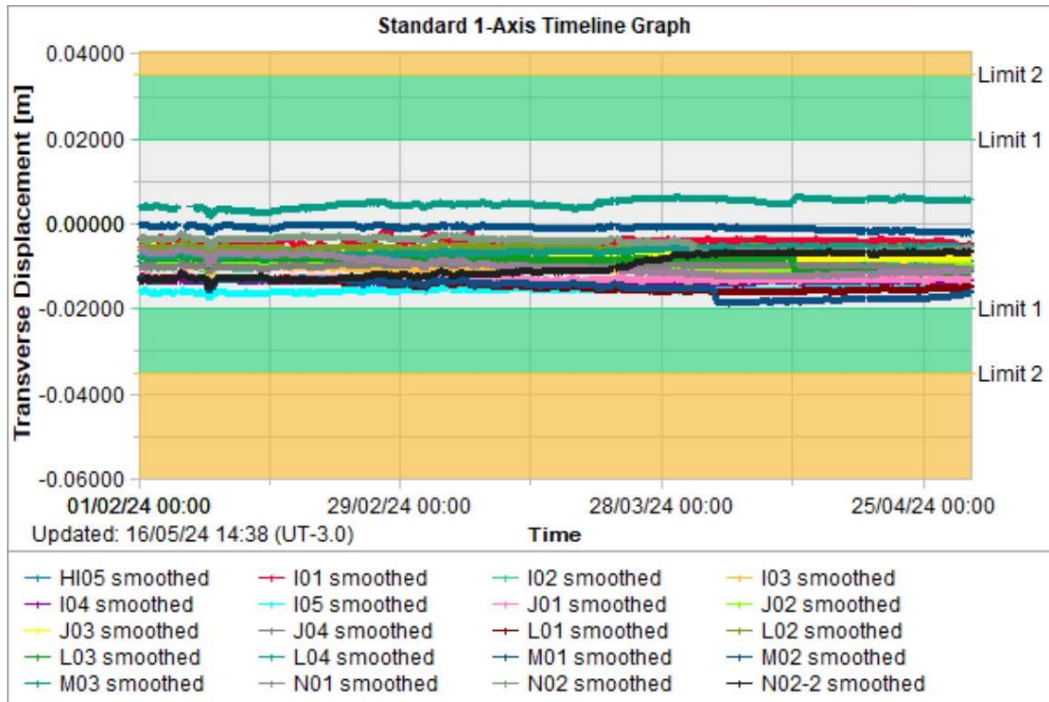
**Figura 5.84** – Registros vetores deslocamento dos prismas.



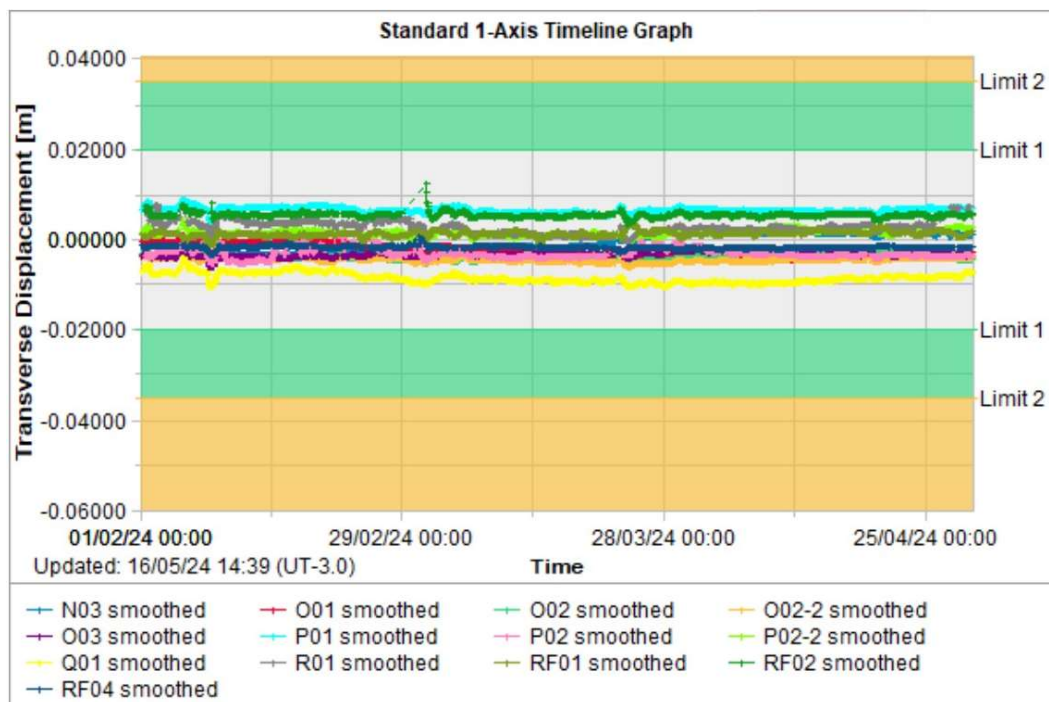
**Figura 5.85** – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.



**Figura 5.86** – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

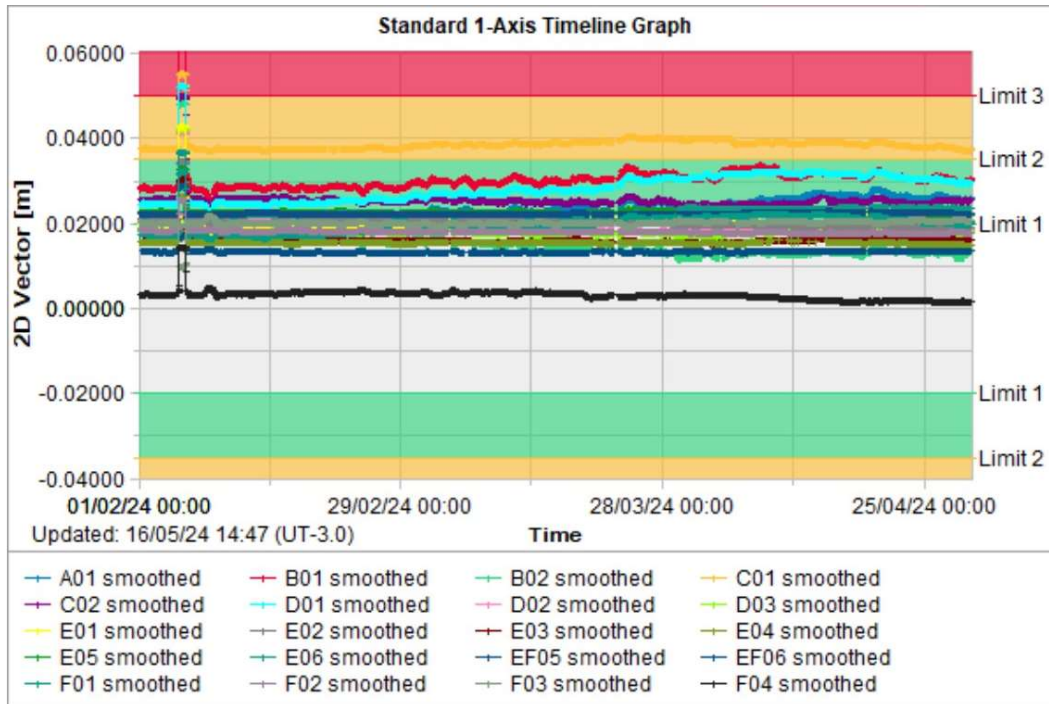


**Figura 5.87** – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

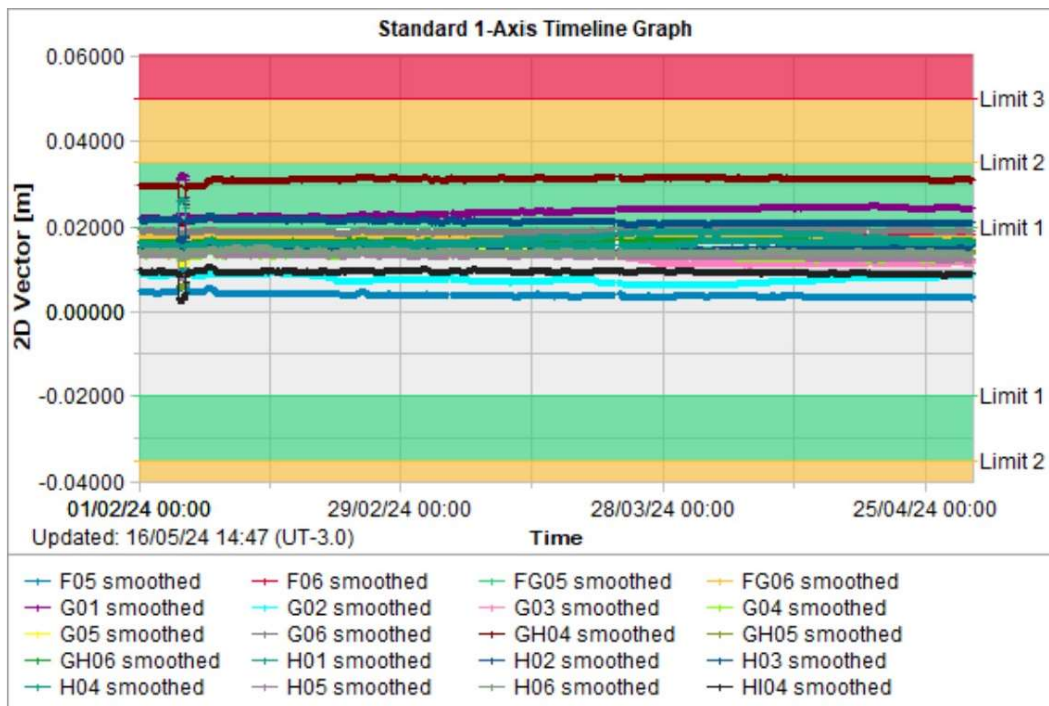


**Figura 5.88** – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement.

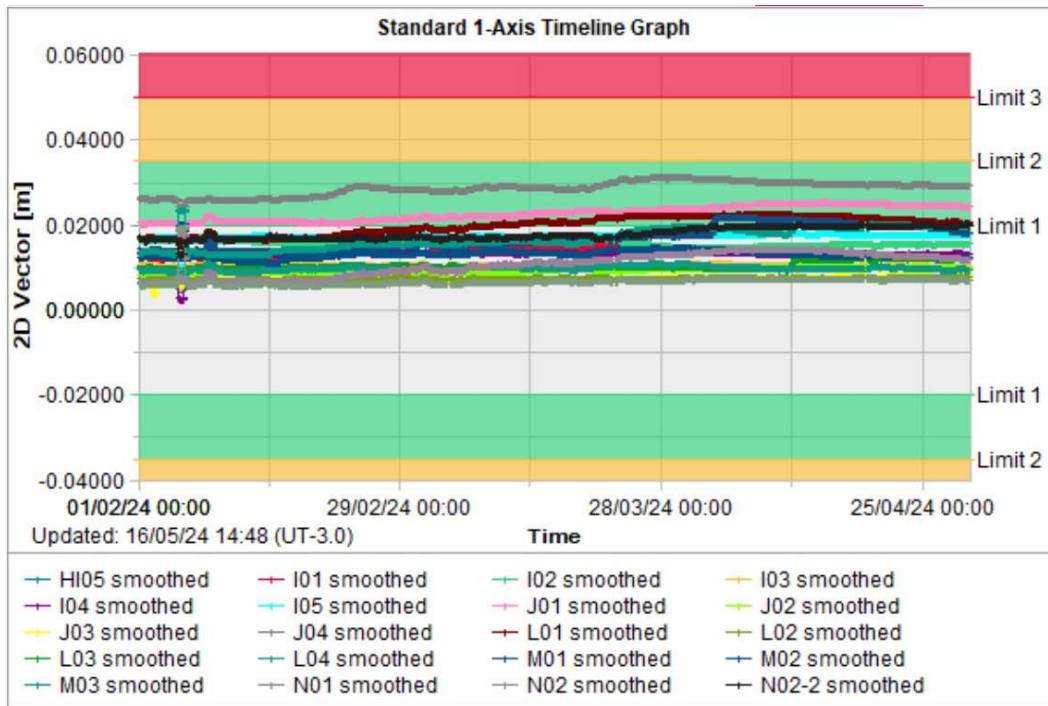




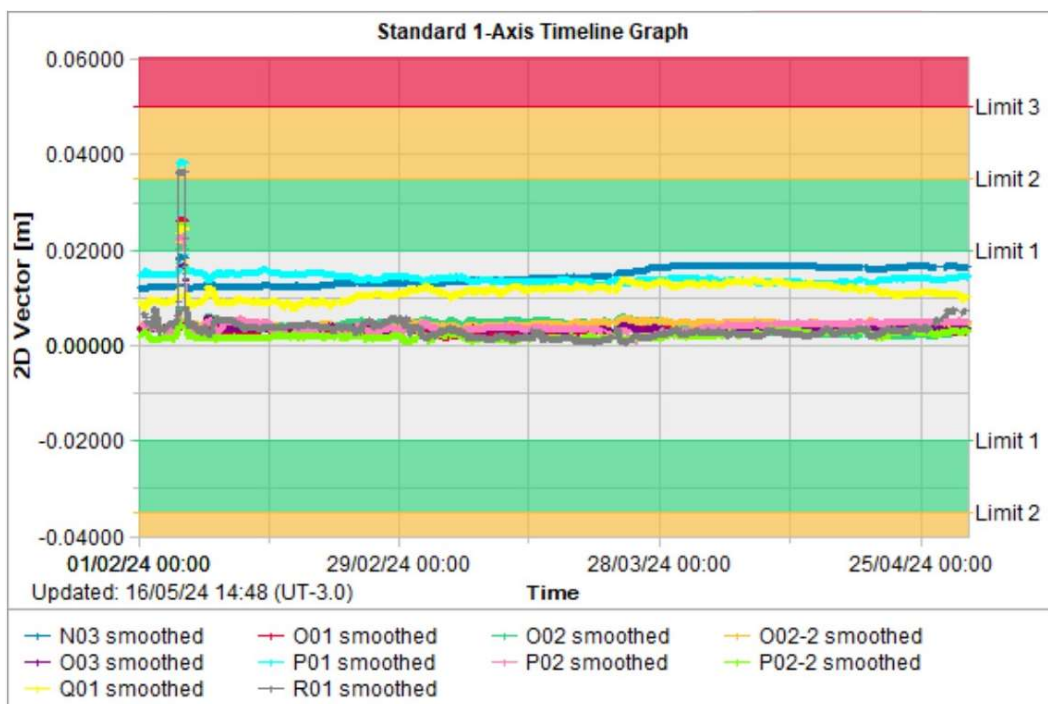
**Figura 5.89** – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.



**Figura 5.90** – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.



**Figura 5.91** – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.



**Figura 5.92** – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.

Verificando o mapa de deslocamentos verticais acumulados, apresentado na Figura 5.83, tem-se uma maior concentração de recalques na porção central do maciço, como esperado, da ordem de 2,0 a 3,0 cm, sendo um valor bem diminuto (0,04%) em relação à altura da estrutura 81,0 m.

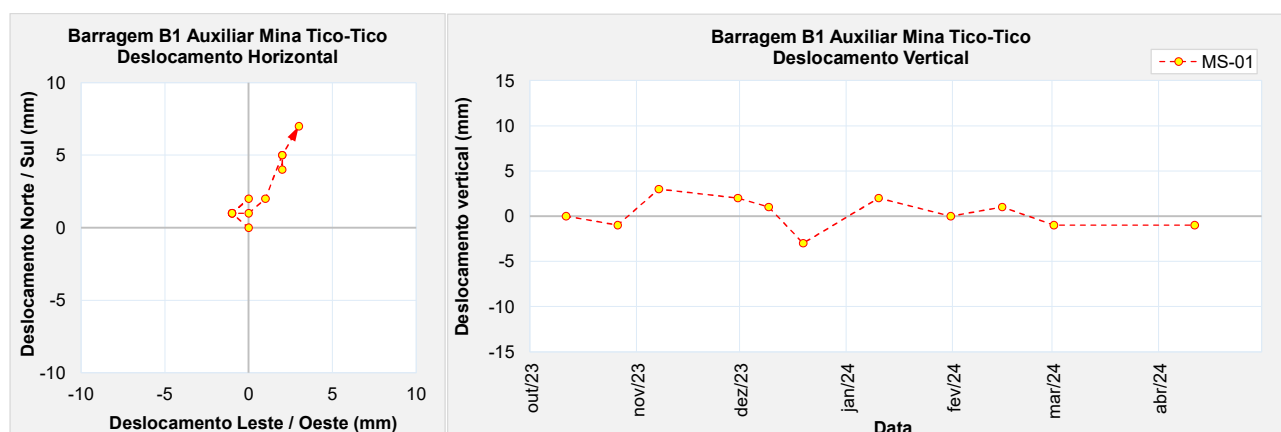
Em relação às leituras dos prismas, estas indicam em geral, deslocamentos horizontais acumulados de até 4 cm. Esses valores encontram-se dentro dos parâmetros de normalidade dos instrumentos determinados pela equipe da MMI com a equipe da Leica Geosystems (fornecedora dos equipamentos), porém mantendo-se oscilando em algumas seções, dentro dos limites 1 e 2 (verde e laranja).

• **Marcos de Controle de Deslocamento**

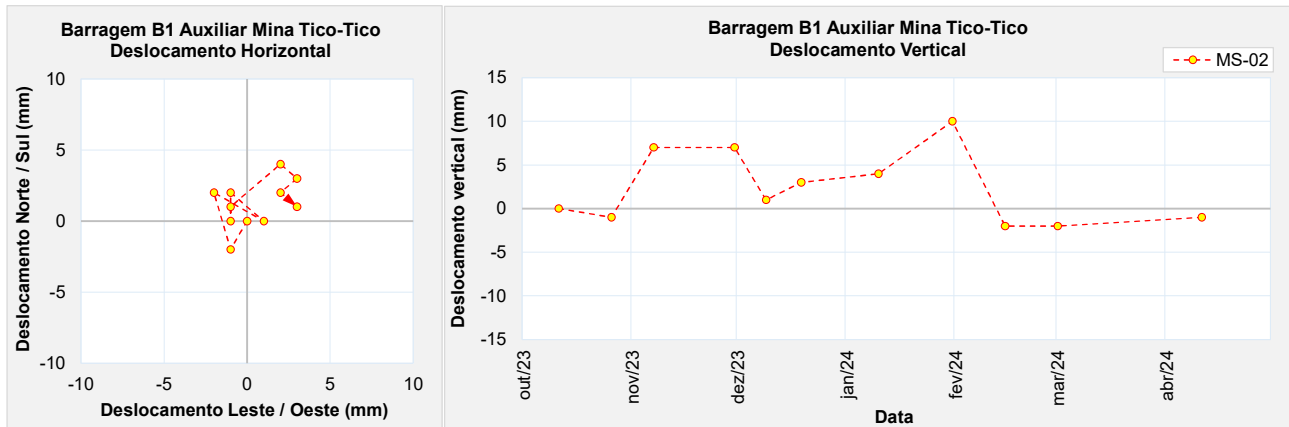
Atualmente na barragem existem 4 marcos de controle de deslocamento instalados na estrutura, como pode ser visto na Tabela 5.2.

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

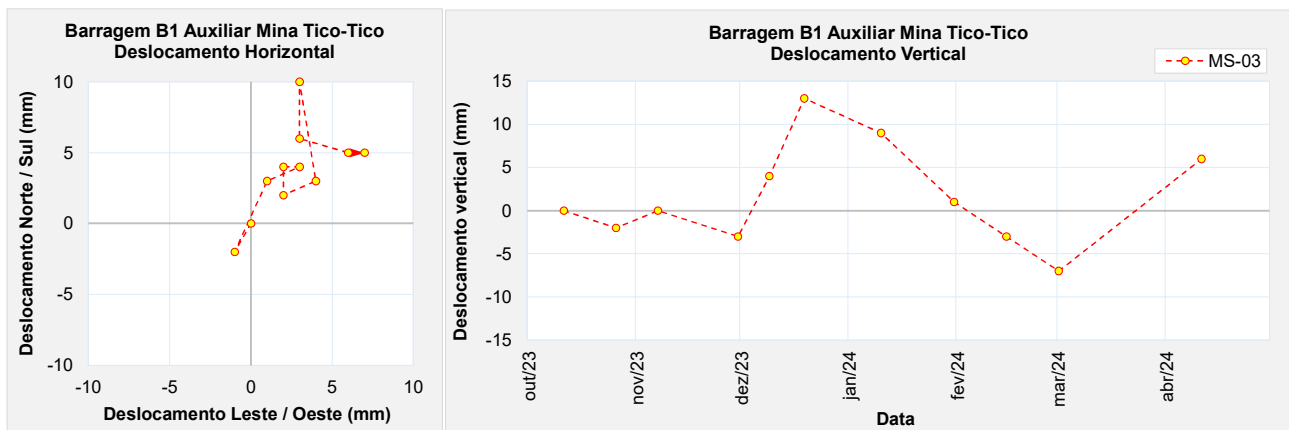
A partir da análise das leituras dos marcos de controle pode-se considerar que as movimentações verticais e horizontais no maciço são muito pequenas. Os valores acumulados observados, horizontais menores que 7 mm e verticais menores que 6 mm, são em parte devidos provavelmente aos erros normais de leitura (“serrilhado”), em função da referência de nível e do equipamento utilizado e sua precisão. A última leitura dos deslocamentos dos marcos superficiais no período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024) foi realizada no dia 11/04/2024, porém não foi realizada a aferição do marco MS-05.



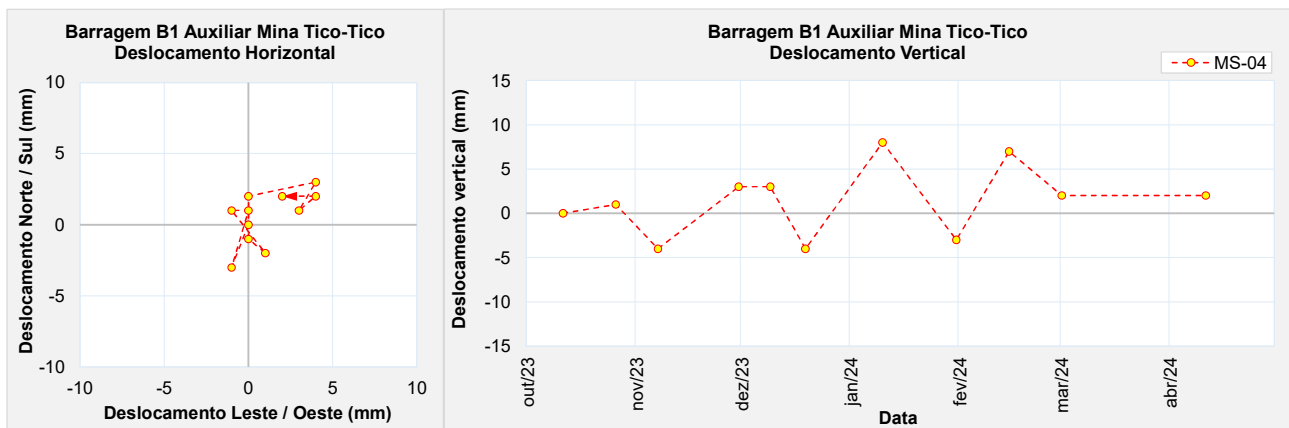
**Figura 5.93** – Marco de controle de deformação – MS-01.



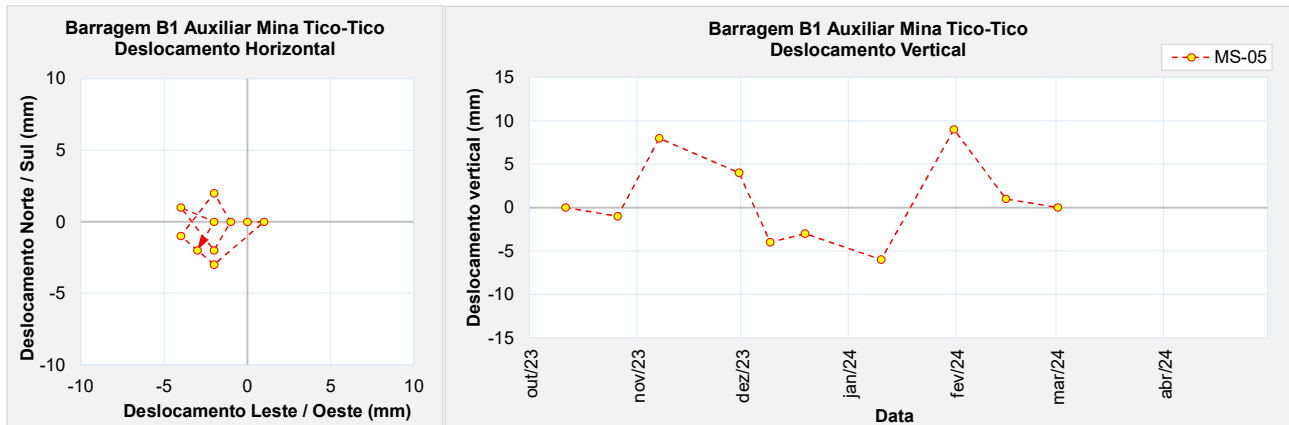
**Figura 5.94** – Marco de controle de deformação – MS-02.



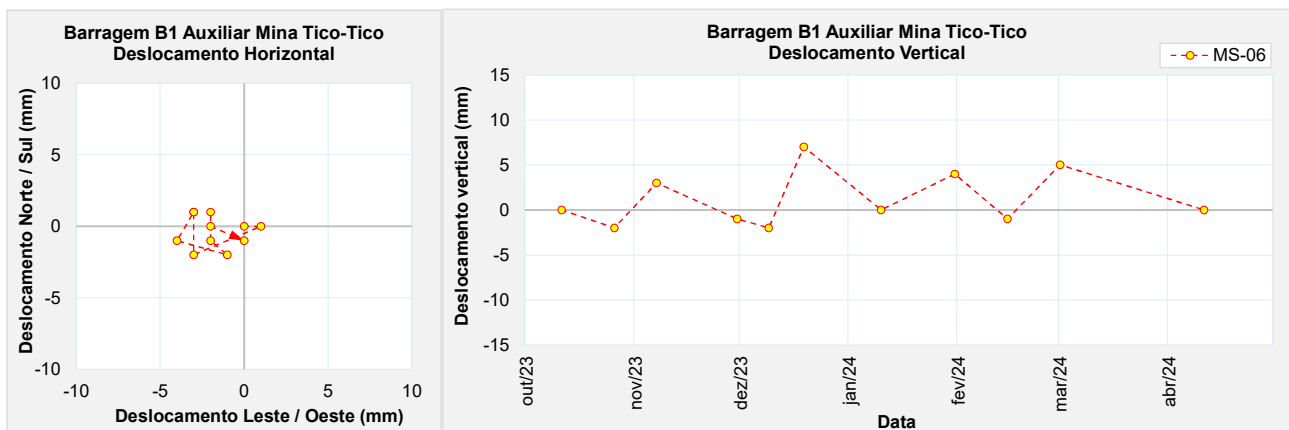
**Figura 5.95** – Marco de controle de deformação – MS-03.



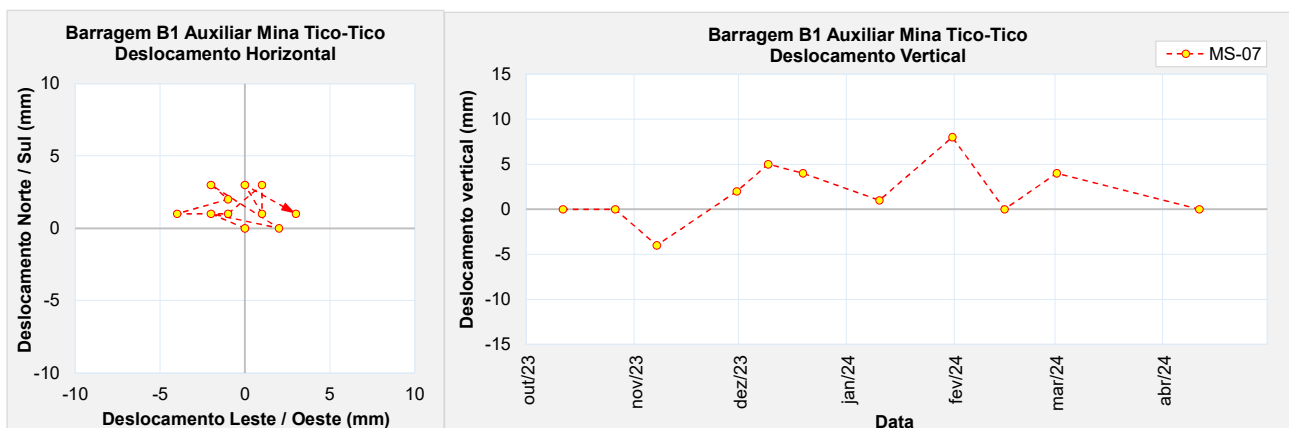
**Figura 5.96** – Marco de controle de deformação – MS-04.



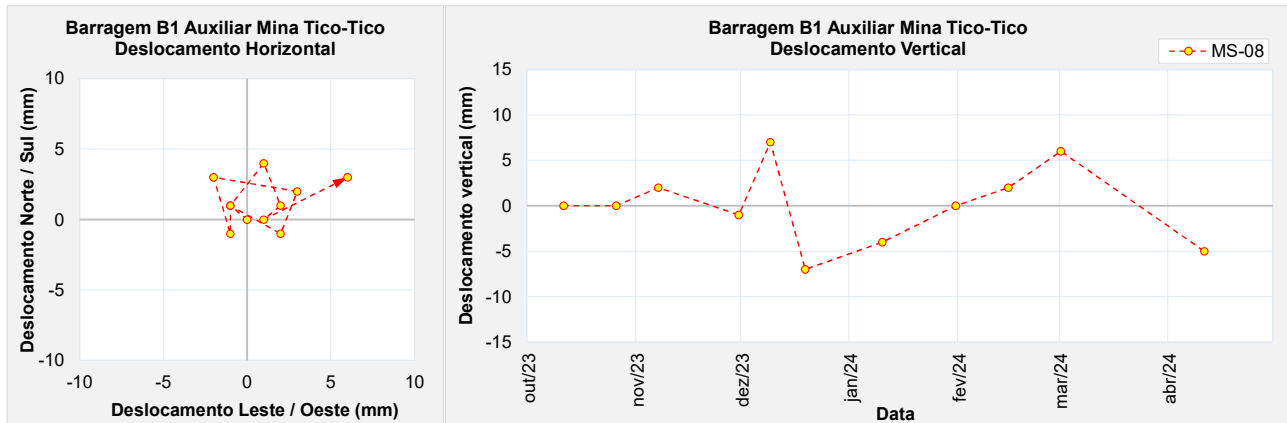
**Figura 5.97** – Marco de controle de deformação – MS-05.



**Figura 5.98** – Marco de controle de deformação – MS-06.



**Figura 5.99** – Marco de controle de deformação – MS-07.

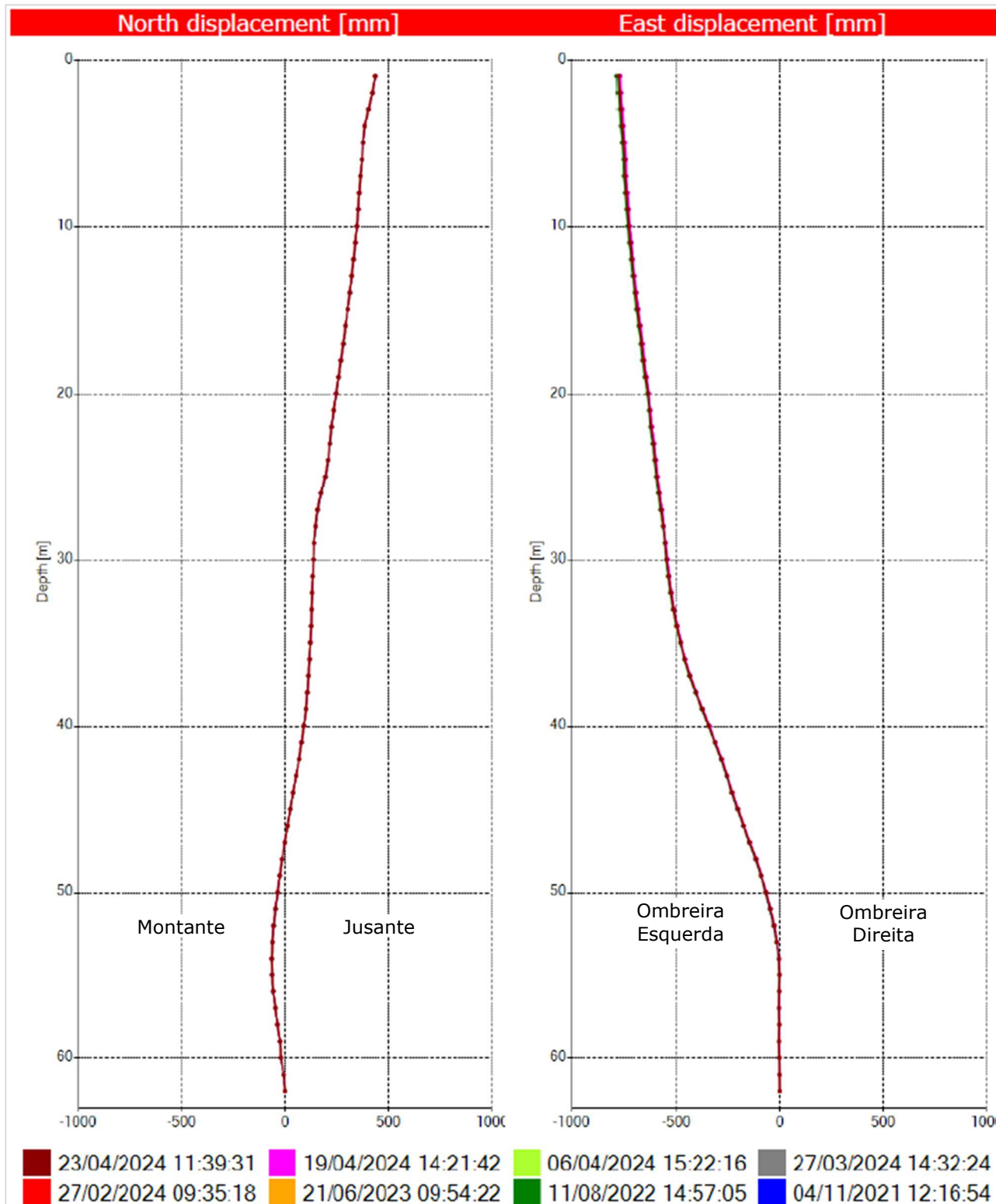


**Figura 5.100** – Marco de controle de deformação – MS-08.

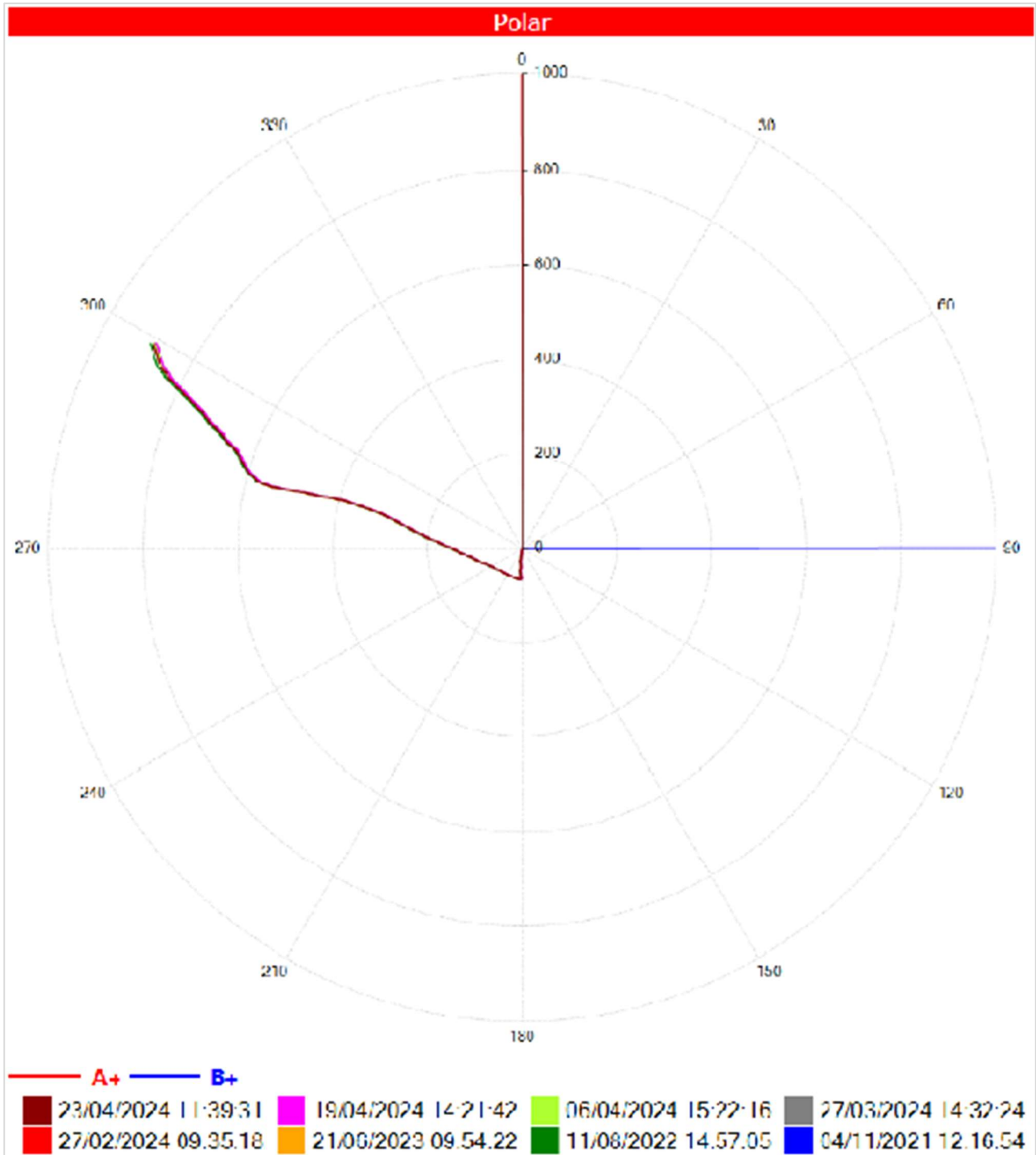
- **Inclinômetros**

Os dois inclinômetros instalados na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico estão sendo monitorados semanalmente pela equipe da MMI. As figuras a seguir mostram as leituras a com as deflexões acumuladas para os instrumentos até a data de 23/04/24, tanto para deslocamentos horizontais (N – Montante Jusante e E – ombreira a ombreira), quanto para deslocamentos em relação a coordenadas polares.

Os gráficos de deslocamentos acumulados aparentes, tanto para deslocamentos horizontais, quanto em relação a coordenadas polares, são praticamente coincidentes, tanto para o IC-01 quanto para o IC-02, demonstrando que não ocorreram movimentações horizontais em subsuperfície significativas.

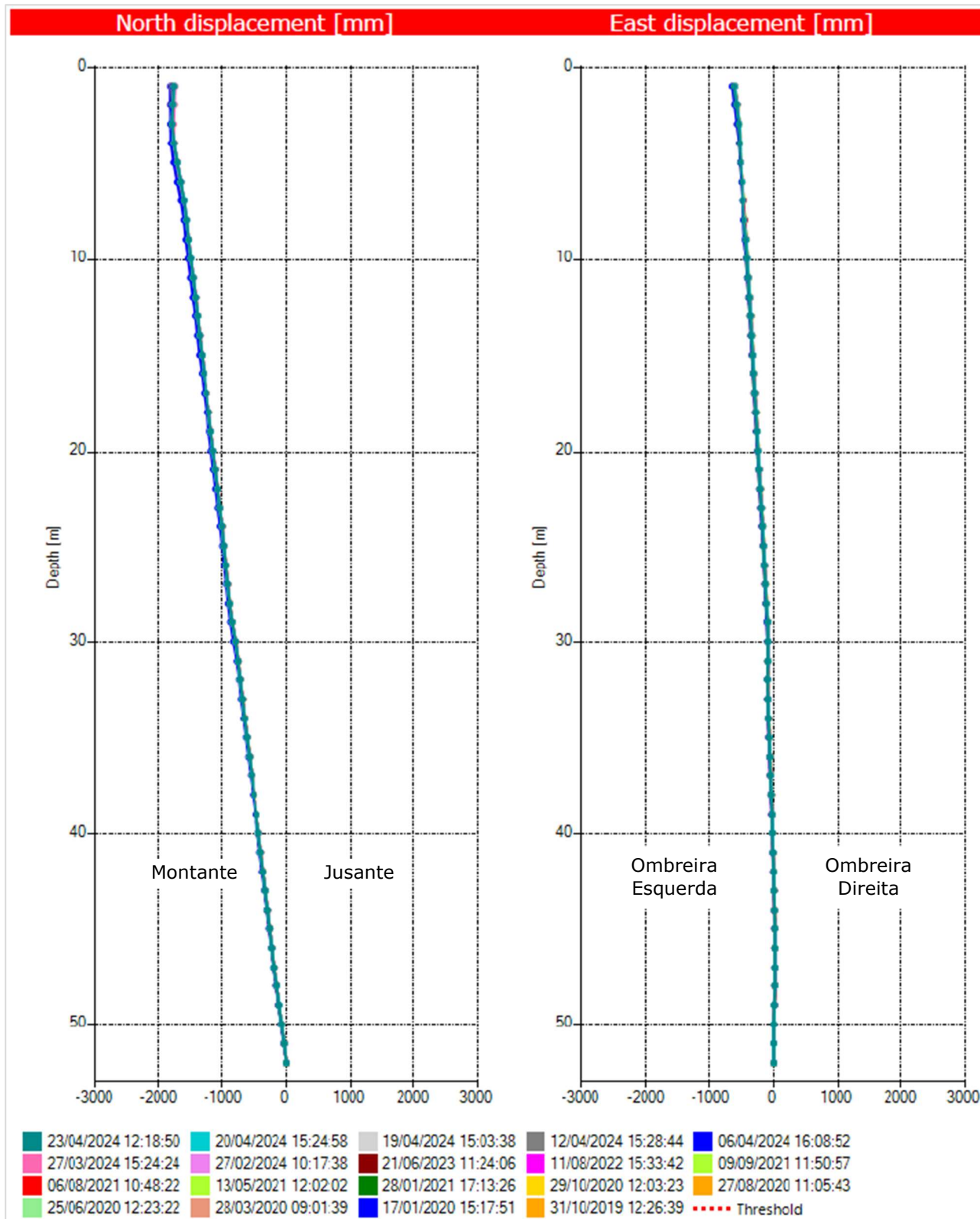


**Figura 5.101** – Deslocamentos horizontais acumulados do INC-01 (ref. 23/04/2024).

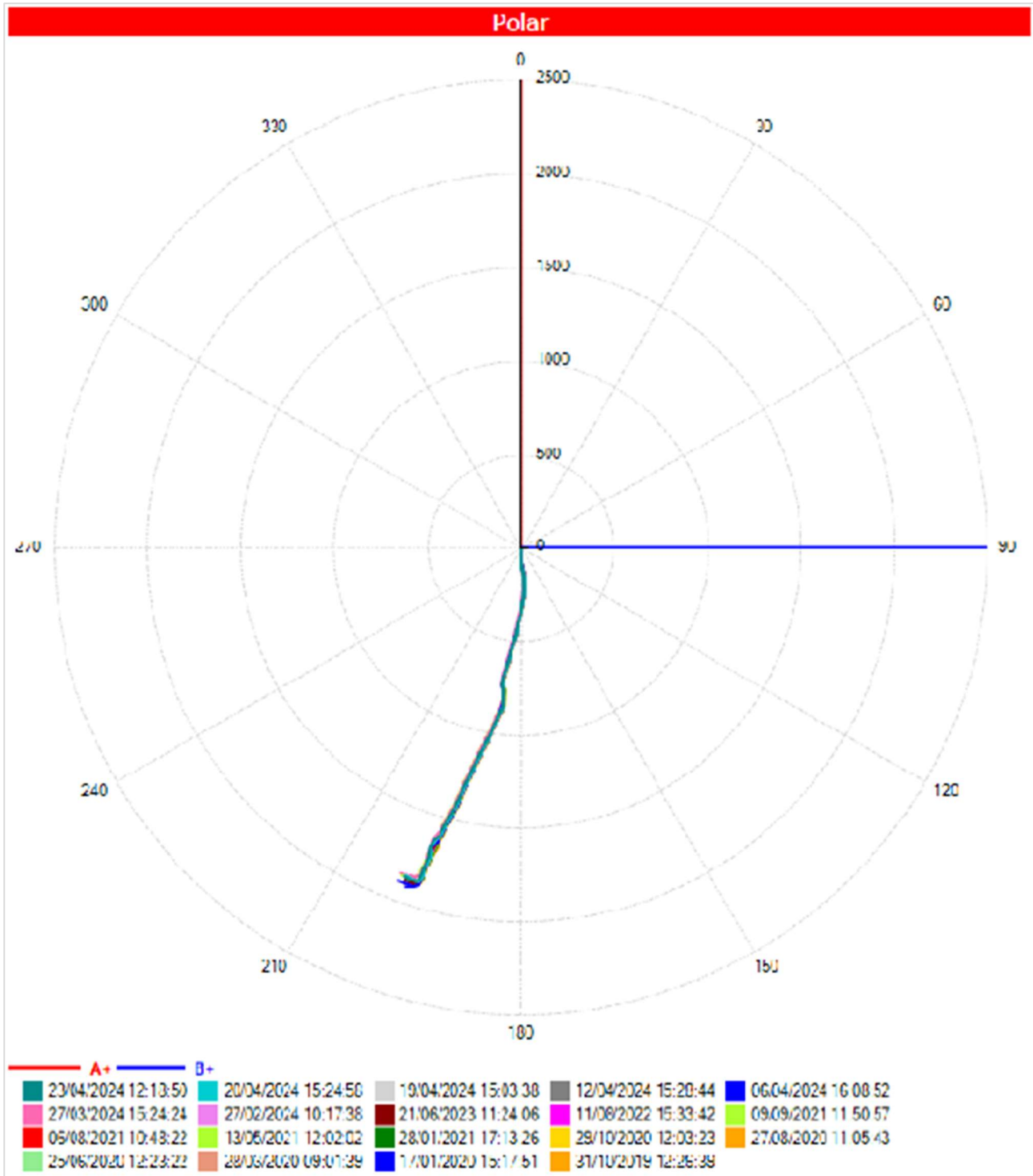


**Figura 5.102** – Deslocamentos em relação a coordenadas polares acumulados do INC-01 (ref. 23/04/2024).





**Figura 5.103** – Deslocamentos horizontais acumulados do INC-02 (ref. 23/04/2024).



**Figura 5.104** – Deslocamentos em relação a coordenadas polares acumulados do INC-02 (ref. 23/04/2024).

#### **5.6.4 Análise de Estabilidade**

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

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

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

##### **5.6.4.1 Premissas adotadas nas Simulações**

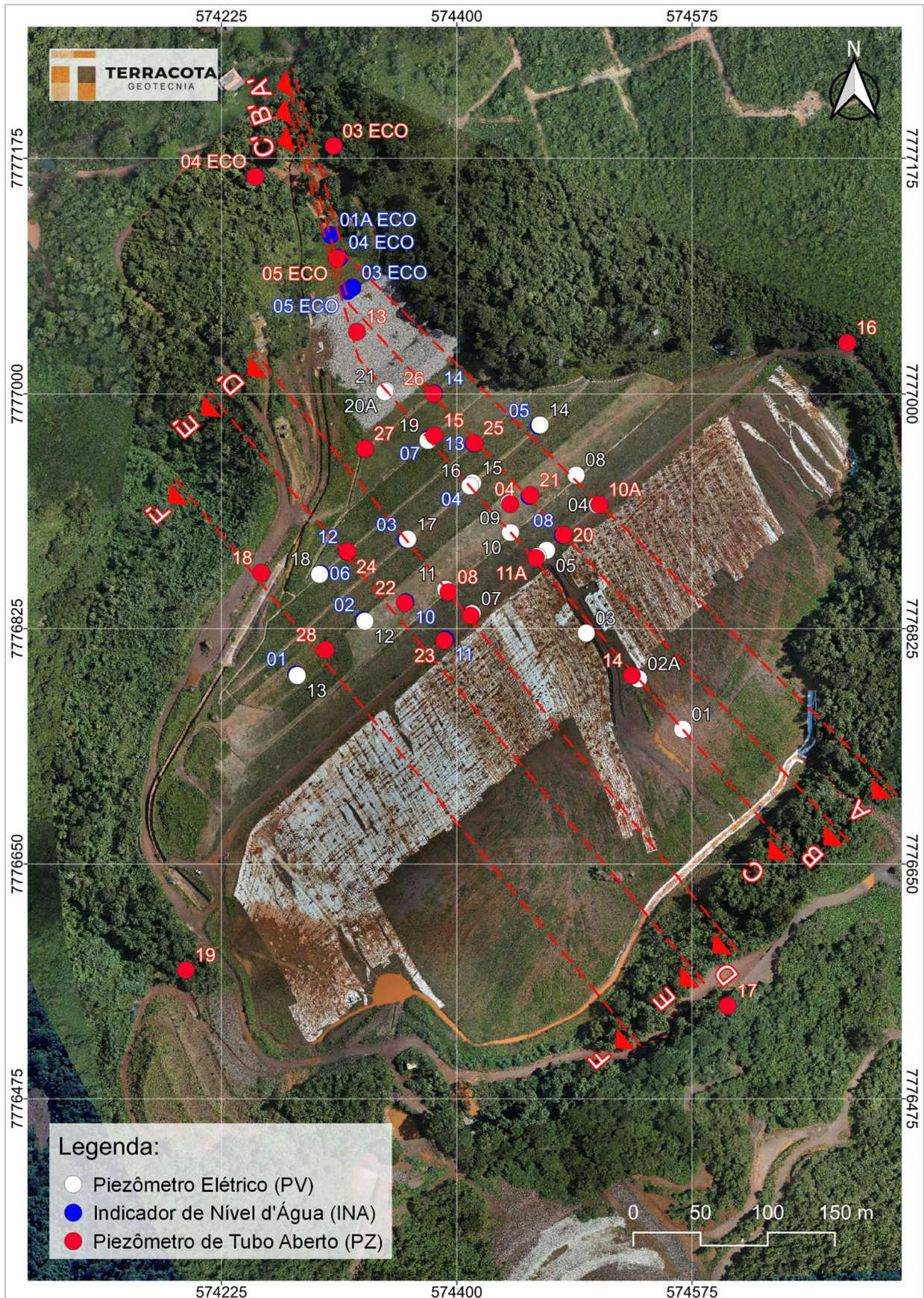
As análises aqui apresentadas foram elaboradas para 06 (seis) seções instrumentadas da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico, considerando a geometria atual da estrutura obtida a partir do levantamento topográfico.

A linha freática no interior do reservatório e barramento foi definida a partir da leitura da instrumentação instalada na estrutura.

O fator de segurança ao escorregamento foi calculado considerando a condição de carregamento drenado e a condição de carregamento não drenado. O comportamento contrátil do rejeito e seus parâmetros geotécnicos para condições não drenadas foram estudados no âmbito da Consolidação de Dados da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.538).

Para condição de carregamento não drenado, o rejeito foi modelado a partir de seu parâmetro não drenado de pico e liquefeito, de forma a simular uma condição hipotética de liquefação do material do reservatório. Os parâmetros de resistência não drenada do rejeito foram atribuídos apenas para a parcela do material em condição 100% saturada, ou seja, localizada abaixo da linha freática de análise. A mesma hipótese foi adotada para outros materiais contráteis presentes na seção de análise, como o *underflow* e os sedimentos depositados na Barragem B1 Ecológica.

Na Figura 5.105 é apresentada, em planta, a locação da instrumentação instalada na estrutura e a indicação das seções de controle. Para as análises de estabilidade foram consideradas as 06 (seis) seções instrumentadas da barragem.



**Figura 5.105** – Seções Instrumentadas Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico – Planta.

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

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

A Tabela 5.3 apresenta as premissas adotadas para a realização da análise de estabilidade da barragem atendendo às normas e legislação vigentes e boas práticas de engenharia.

**Tabela 5.3** – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

Caso Estudado		Critério para FS	Parâmetros de Resistência do Modelo			
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
	Sismo (Pseudo-estática)	1,0 a 1,1	Resistência Não Drenada de Pico	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo	Parâmetro Efetivo

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

Os critérios adotados na análise na condição residual ou liquefeito (situação pós-liquefação) buscam seguir as melhores práticas de engenharia apresentadas pelo Canadian Dam Association (CDA, 2014) e pelo Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (ANCOLD, 2012). Atualmente também está definido como critério para início das obras de descaracterização

incluído no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM).

#### 5.6.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

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

O estudo da CREAR utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio Grande do Norte e Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 5.106 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



**Figura 5.106** – Rede sismológica brasileira (<http://www.rsbr.gov.br>).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições

do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAM adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015) que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar as características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

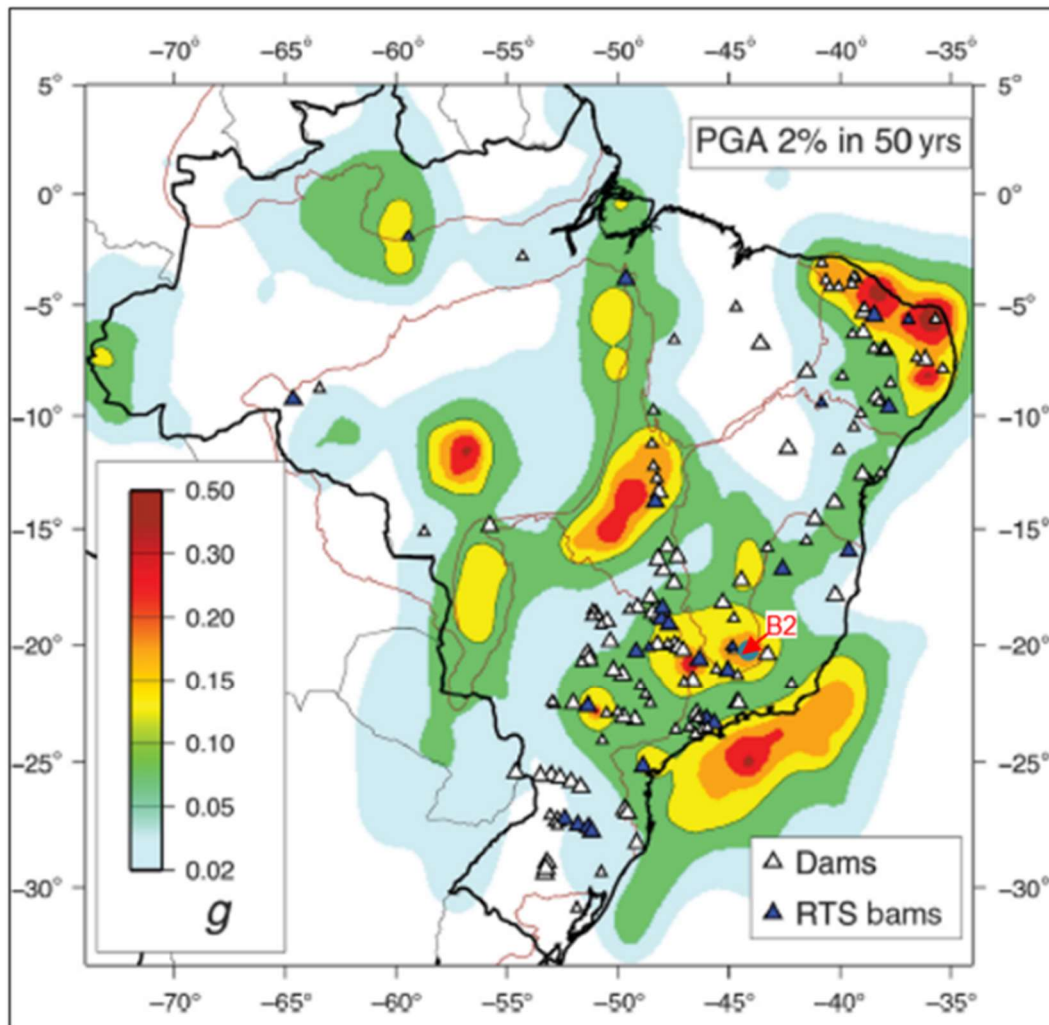
Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 5.4 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

**Tabela 5.4** – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno  
(Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

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

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo "Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment" publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 5.107).

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



**Figura 5.107** – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Barros Et al., 2018).

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

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados a infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 5.5.



**Tabela 5.5** – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

Classificação da Barragem	População em Risco (Nota 1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (Nota 2)	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixo	Nenhum	0	Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativo	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem. Apenas perdas marginais do habitat. Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
Alto	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem. Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem. Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
<b>Extrema</b>	<b>Permanente</b>	<b>Mais de 100</b>	Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem. Restauração ou compensação da condição impossível.	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 5.5, em função das análises dos dados provenientes da Tabela 4.8 de classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Extrema**. A partir desta classificação, seguindo as

premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 5.6, o PGA de 0,183g foi obtido considerando a média entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com período de retorno de 10.000 anos.

**Tabela 5.6** – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

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

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

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

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

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

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação “*Rationalizing the Seismic Coefficient Method*” (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,092g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Para a componente vertical adota-se um valor correspondente a 60% da componente horizontal, seguindo proporção indicada na publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas (Eletrobrás, 2003), resultando num valor igual a 0,055g que deve ser simulada nos dois sentidos, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

Conforme previsão para descaracterização completa da estrutura, a Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico deverá ter vida útil de no máximo dez anos. Mantendo-se a probabilidade de excedência do sismo em 2%, referência ao mapa de Assumpção Et al., (2018), a TERRACOTA calculou o período de retorno do sismo relacionado à referida probabilidade, considerando a vida útil da estrutura igual a 10 anos, utilizando a Equação 5.1. Foi encontrado período de retorno equivalente a um TR de aproximadamente 500 anos.

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

Equação 5.1

Em que:

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

Além do critério da CDA e fazendo-se uma análise quanto ao aspecto de vida útil restante da estrutura, a TERRACOTA utilizará também nas análises de estabilidade o sismo correspondente ao TR de 2.500 anos (mais conservador que o calculado), que resulta numa probabilidade de excedência de apenas 0,04%. Desta forma, adotando-se um valor de 0,5 PGA sobre o valor obtido da Tabela 5.4, tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,067g e uma componente vertical igual a 0,040g.

### 5.6.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

Para definição da condição da superfície freática utilizada nas análises de estabilidade foram considerados os instrumentos existentes ao longo das seções de análise, instalados no maciço, fundação e reservatório da Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico e Barragem B1 Ecológica - Mina Tico-Tico.

A Tabela 5.7 apresenta as leituras da instrumentação na data de referência deste relatório, e os valores adotados nas análises de estabilidade para cálculo do fator de segurança.

**Tabela 5.7** – Instrumentação – Valores lidos (30/04/2024) e valores adotados.

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
A-A'	PZ-10A	991,89	Seco	-
	PV-04	991,40	Seco	-
	PV-08	982,32	Seco	-
	PV-14	958,03	Seco	-
	INA-05	959,71	Seco	-
	INA-13 (Seção B-B')	945,92	Seco	-
	PZ-25 (Seção B-B')	926,77	934,26	963,35 <sup>(1)</sup>
	INA-14 (Seção B-B')	949,17	Seco	-
	PZ-26 (Seção B-B')	939,05	Seco	-
	PZ-13 (Seção C-C')	929,30	936,35	936,35
	INA-03 ECO	923,59	924,68	925,02 <sup>(1)</sup>
	INA-05 ECO	924,01	925,02	925,02
PZ-05 ECO	916,32	921,98	924,64 <sup>(1)</sup>	

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
	INA-04 ECO	922,97	924,64	924,64
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	913,97	918,64 <sup>(1)</sup>
	PZ-04 ECO	887,97	916,06	918,64 <sup>(1)</sup>
B-B'	INA-08	956,62	975,49	975,49
	PZ-20	950,16	974,85	975,49 <sup>(1)</sup>
	INA-09	971,37	976,46	-
	PZ-21	950,43	951,59	951,59
	INA-13	945,92	Seco	-
	PZ-25	926,77	934,26	936,35 <sup>(1)</sup>
	INA-14	949,17	Seco	-
	PZ-26	939,05	Seco	-
	PZ-13 (Seção C-C')	929,30	936,35	936,35
	INA-05 ECO	924,01	925,02	925,02
	INA-03 ECO	923,59	924,68	925,02 <sup>(1)</sup>
	PZ-05 ECO	916,32	921,98	924,64 <sup>(1)</sup>
	INA-04 ECO	922,97	924,64	924,64
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	913,97	918,64 <sup>(1)</sup>
	PZ-04 ECO	887,97	916,06	918,64 <sup>(1)</sup>
C-C'	PV-01	982,64	982,74	982,74
	PV-02A	967,83	979,38	981,80 <sup>(1)</sup>
	PZ-14	967,60	981,73	981,73
	PV-03	968,22	978,85	978,85
	PZ-11A	991,76	Seco	-
	PV-05	953,84	953,93	976,73 <sup>(1)</sup>
	PV-06	991,21	Seco	-
	INA-02B	954,93	976,73	976,73
	PV-10	982,58	Seco	-
	PZ-04	977,25	978,46	-
	PV-09	976,77	Seco	-
	PV-15	942,81	Seco	947,10 <sup>(1)</sup>
	PV-16	946,82	Seco	947,10 <sup>(1)</sup>
	INA-01B	938,47	947,10	947,10
	INA-04	948,57	Seco	-
	PV-19	947,22	Seco	-
	INA-07	947,31	Seco	-
	PZ-15	942,13	944,27	944,27
	PV-20A	928,30	Seco	940,00 <sup>(1)</sup>
	PV-21	942,80	Seco	-
PZ-13	929,30	936,35	936,35	
INA-05 ECO	924,01	925,02	925,02	
INA-03 ECO	923,59	924,68	925,02 <sup>(1)</sup>	
PZ-05 ECO	916,32	921,98	924,64 <sup>(1)</sup>	

Seção	Instrumento	Cota de fundo (m)	Elevação lida (m)	Elevação adotada (m)
	INA-04 ECO	922,97	924,64	924,64
	INA-01A ECO	920,80	Seco	920,80
	PZ-03 ECO	851,45	913,97	918,64 <sup>(1)</sup>
	PZ-04 ECO	887,97	916,06	918,64 <sup>(1)</sup>
D-D'	PZ-12A	992,29	Seco	-
	PV-07	991,34	Seco	-
	PZ-08	983,69	Seco	-
	PV-11	984,85	Seco	-
	INA-03	963,85	Seco	-
	PV-17	964,37	Seco	-
	PZ-27	931,37	933,20	933,20
E-E'	PZ-23	955,44	977,64	979,33 <sup>(1)</sup>
	INA-11	966,38	979,33	979,33
	PZ-22	964,30	Seco	975,93 <sup>(1)</sup>
	INA-10	975,12	975,93	975,93
	PV-12	987,55	Seco	-
	INA-02	986,95	Seco	-
	PZ-24	964,30	967,40	967,40
	INA-12	946,86	960,90	967,40 <sup>(1)</sup>
	INA-06	975,71	Seco	-
	PV-18	975,35	975,38	-
	PZ-18 (Seção F-F')	920,76	941,86	941,86
F-F'	PV-13	983,35	Seco	-
	INA-01	983,51	Seco	-
	PZ-28	954,89	968,17	968,17
	PZ-24	964,30	967,40	967,40
	INA-12	946,86	960,90	967,40 <sup>(1)</sup>
	INA-06 (Seção E-E')	975,71	Seco	-
	PV-18 (Seção E-E')	975,35	975,38	-
	PZ-18	920,76	941,86	941,86

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





















2- Não foram realizadas leituras no dia 29/01/24, adotou-se as leituras do dia 23/01/2024.

#### 5.6.4.4 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros geotécnicos adotados para as várias camadas foram consolidados no âmbito do relatório de consolidação de dados da estrutura (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.538).

Na Tabela 5.8 são apresentados os parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade.

**Tabela 5.8 – Parâmetros geotécnicos dos materiais da barragem e fundação.**

Material	Cor	Y (kN/m <sup>3</sup> )	Parâmetros Efetivos		Referência
			c' (kPa)	φ' (°)	
Rejeito B1-Auxiliar		26,0	10,0	34,5	Ensaio de compressão triaxial de laboratório
Aterro B1-Auxiliar		20,5	9,8	30,2	
Colúvio <sup>(1)</sup>		21,0	20,0	27,0	
Solo Residual <sup>(2)</sup>		21,5	26,0	25,0	
Saprólito de Filito		22,0	15,0	35,0	Majorado a partir dos resultados para o solo residual local.
Aterro de Regularização <sup>(3)</sup>		23,5	5,0	35,0	Ensaio de compressão triaxial de laboratório
Enrocamento Reforço		23,0	Envoltória intermediária de Leps (1970)		
Underflow		19,0	0,0	30,0	Parâmetros conservadores baseados na experiência da projetista.
Diques de enrocamento		20,0	0,0	38,0	
Drenos		18,0	0,0	32,0	
Sedimentos B1-Ecológica		19,0	0,0	30,0	
Filito		30,0	40,0	30,0	
Aterro B1-Ecológica		21,0	22,0	33,0	
Tálus / colúvio <sup>(1)</sup>		21,0	26,5	35,0	Ensaio de compressão triaxial de laboratório executados no colúvio*
Material	Cor	Y (kN/m <sup>3</sup> )	Razão de resistência não drenada (s <sub>u</sub> /σ' <sub>v</sub> )		Referência
Rejeito B1-Auxiliar - Pico		26,0	0,22		Interpretação dos ensaios de piezocone executados nas campanhas de 2018, 2019 e 2021 – 2022.
Rejeito B1-Auxiliar - Liquefeito		26,0	0,09		
Underflow - Pico		19,0	0,22		
Underflow - Liquefeito		19,0	0,10		
Sedimentos B1-Ecológica - Pico		19,0	0,22		
Sedimentos B1-Ecológica - Liquefeito		19,0	0,06		

- (1) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984), resultando em c=26,3 kPa e φ=15,0°.
- (2) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984), resultando em c=39,9 kPa e φ=14,9°.
- (3) Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984), resultando em c=17,7 kPa e φ=31,4°.

### 5.6.4.5 Resultados

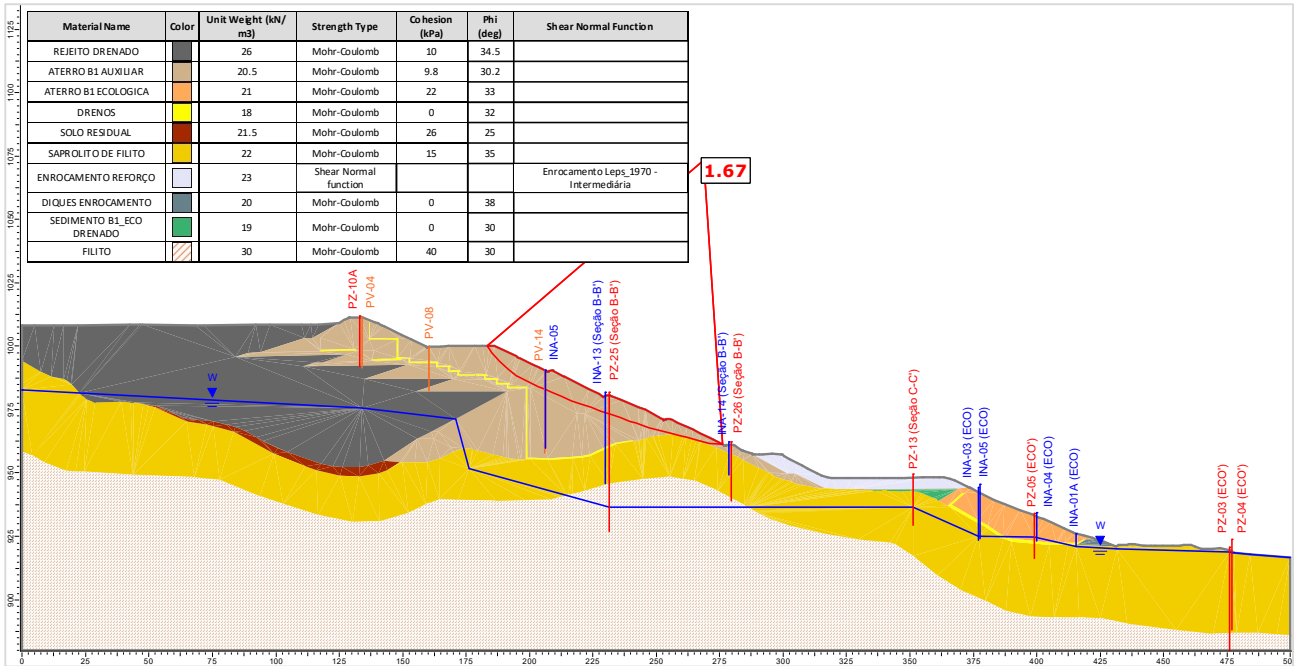
Os resultados das análises de estabilidade realizadas são apresentados na Figura 5.108 a Figura 5.149, destacando-se as superfícies de ruptura que apresentaram os menores fatores de segurança. A Tabela 5.9 apresenta um resumo dos estudos de estabilidade geotécnica.

**Tabela 5.9 – Resultado das análises de estabilidade.**

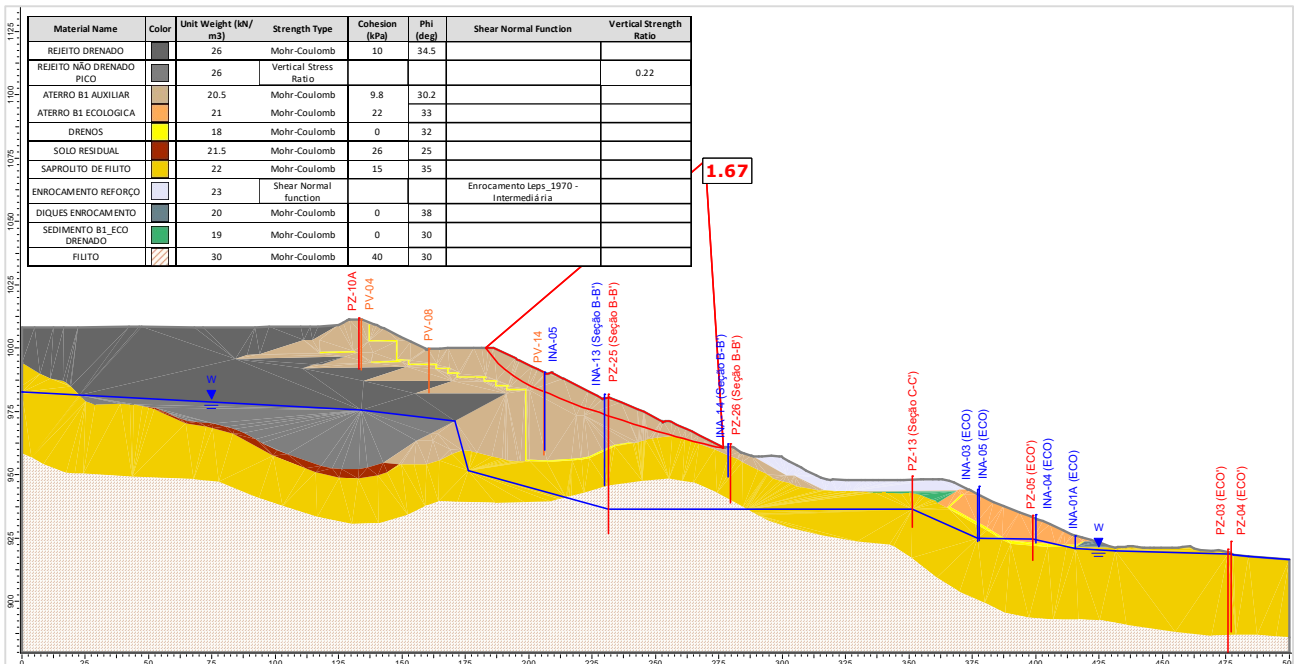
Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência do Rejeito	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
A-A'	30/04/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,67
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,67
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,67
		Não drenado pseudo-estático $a_h = 0,092g$ $a_v = 0,055g$	Resistência não drenada de pico	1,00	1,33 (sismo ↑) 1,34 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático $a_h = 0,067g$ $a_v = 0,040g$	Resistência não drenada de pico	1,10	1,41 (sismo ↑) 1,41 (sismo ↓)
B-B'	30/04/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,62
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,62
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,62
		Não drenado pseudo-estático $a_h = 0,092g$ $a_v = 0,055g$	Resistência não drenada de pico	1,00	1,29 (sismo ↑) 1,30 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático $a_h = 0,067g$ $a_v = 0,040g$	Resistência não drenada de pico	1,10	1,37 (sismo ↑) 1,37 (sismo ↓)
C-C'	30/04/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,61
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,58
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,36
		Não drenado pseudo-estático $a_h = 0,092g$ $a_v = 0,055g$	Resistência não drenada de pico	1,00	1,19 (sismo ↑) 1,20 (sismo ↓)
		Não drenado pseudo-estático $a_h = 0,067g$ $a_v = 0,040g$	Resistência não drenada de pico	1,10	1,33 (sismo ↑) 1,33 (sismo ↓)

Seção	Data de Referência da Freática	Condição de Carregamento	Parâmetro de Resistência do Rejeito	F.S. Recomendado	F.S. Obtido
D-D'	30/04/2024	Drenado	Parâmetro efetivo	1,50	1,62
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,62
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,62
		Não drenado pseudo-estático $a_h = 0,092g$ $a_v = 0,055g$	Resistência não drenada de pico	1,00	1,29 (sismo ↑)
				1,30 (sismo ↓)	
		Não drenado pseudo-estático $a_h = 0,067g$ $a_v = 0,040g$	Resistência não drenada de pico	1,10	1,38 (sismo ↑)
				1,38 (sismo ↓)	
		E-E'	30/04/2024	Drenado	Parâmetro efetivo
Não Drenado	Resistência não drenada de pico			1,30	1,69
	Resistência não drenada liquefeita			1,10	1,69
Não drenado pseudo-estático $a_h = 0,092g$ $a_v = 0,055g$	Resistência não drenada de pico			1,00	1,21 (sismo ↑)
				1,21 (sismo ↓)	
Não drenado pseudo-estático $a_h = 0,067g$ $a_v = 0,040g$	Resistência não drenada de pico			1,10	1,29 (sismo ↑)
				1,32 (sismo ↓)	
F-F'	30/04/2024			Drenado	Parâmetro efetivo
		Não Drenado	Resistência não drenada de pico	1,30	1,82
			Resistência não drenada liquefeita	1,10	1,82
		Não drenado pseudo-estático $a_h = 0,092g$ $a_v = 0,055g$	Resistência não drenada de pico	1,00	1,48 (sismo ↑)
				1,48 (sismo ↓)	
		Não drenado pseudo-estático $a_h = 0,067g$ $a_v = 0,040g$	Resistência não drenada de pico	1,10	1,56 (sismo ↑)
				1,56 (sismo ↓)	

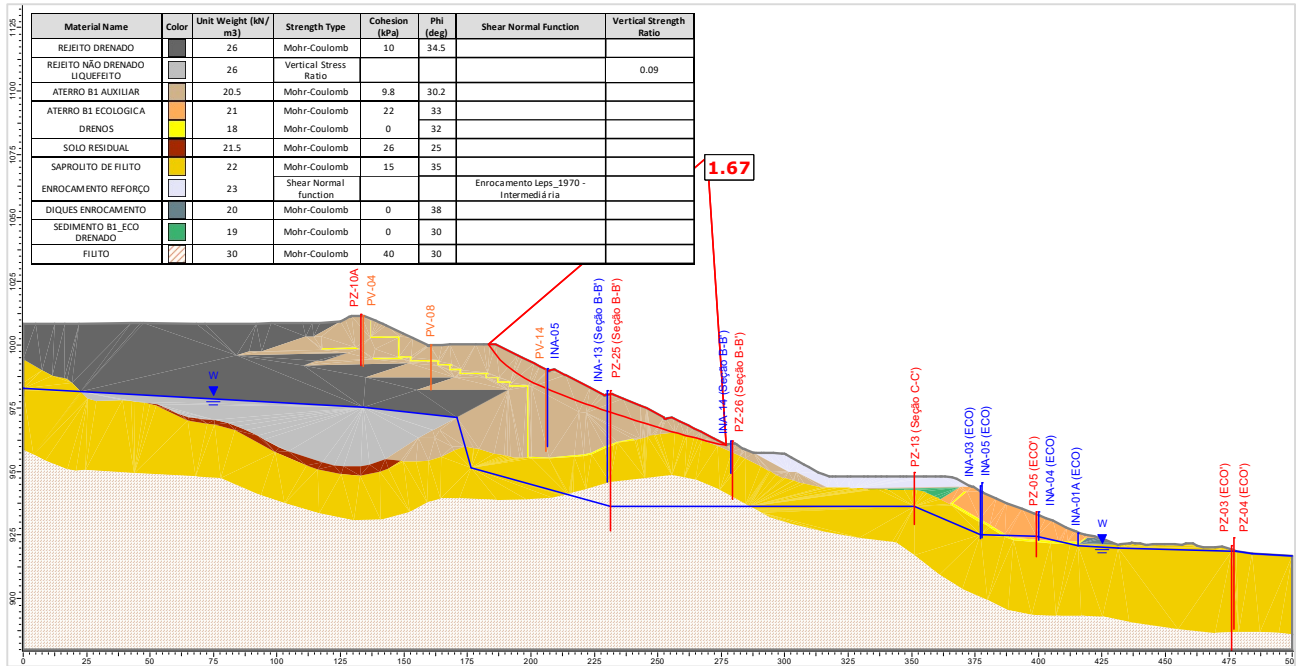




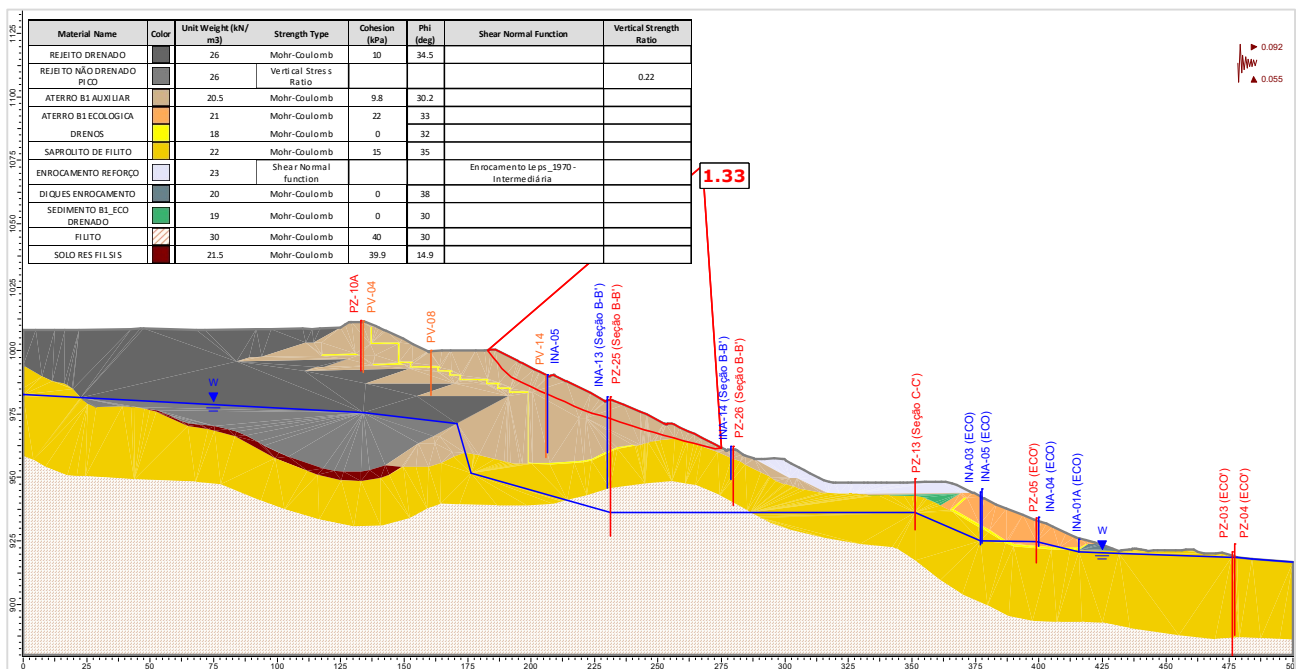
**Figura 5.108** – Seção A-A' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.



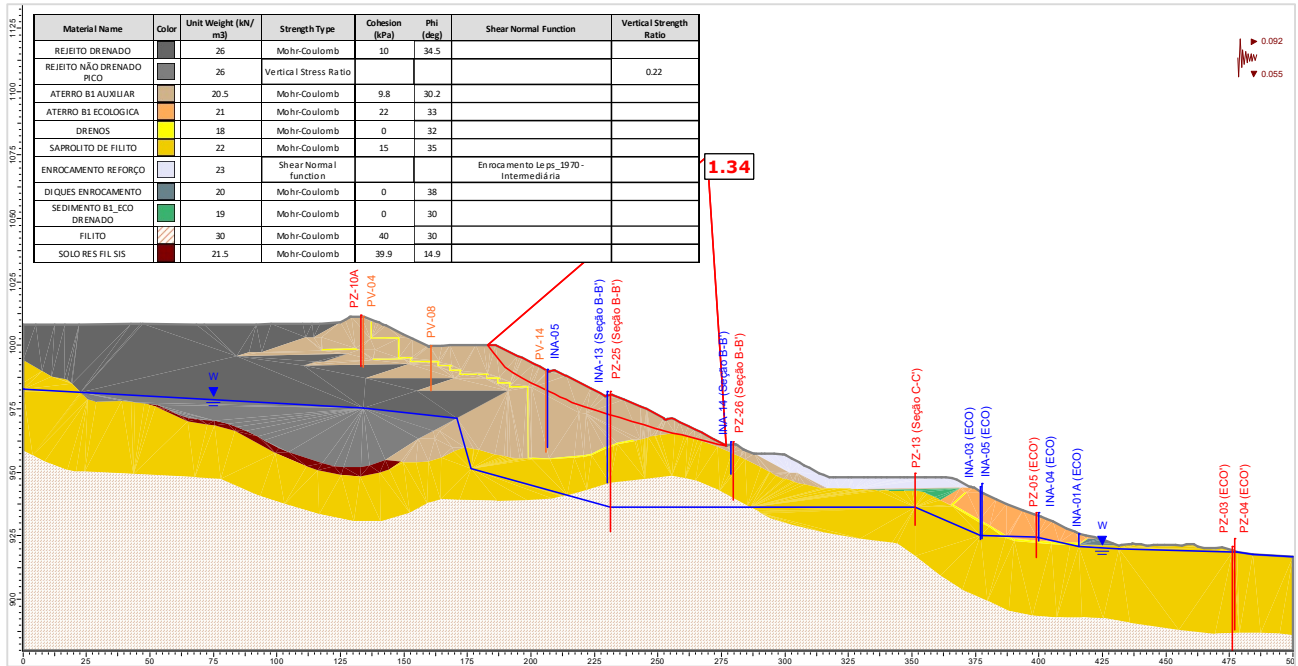
**Figura 5.109** – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



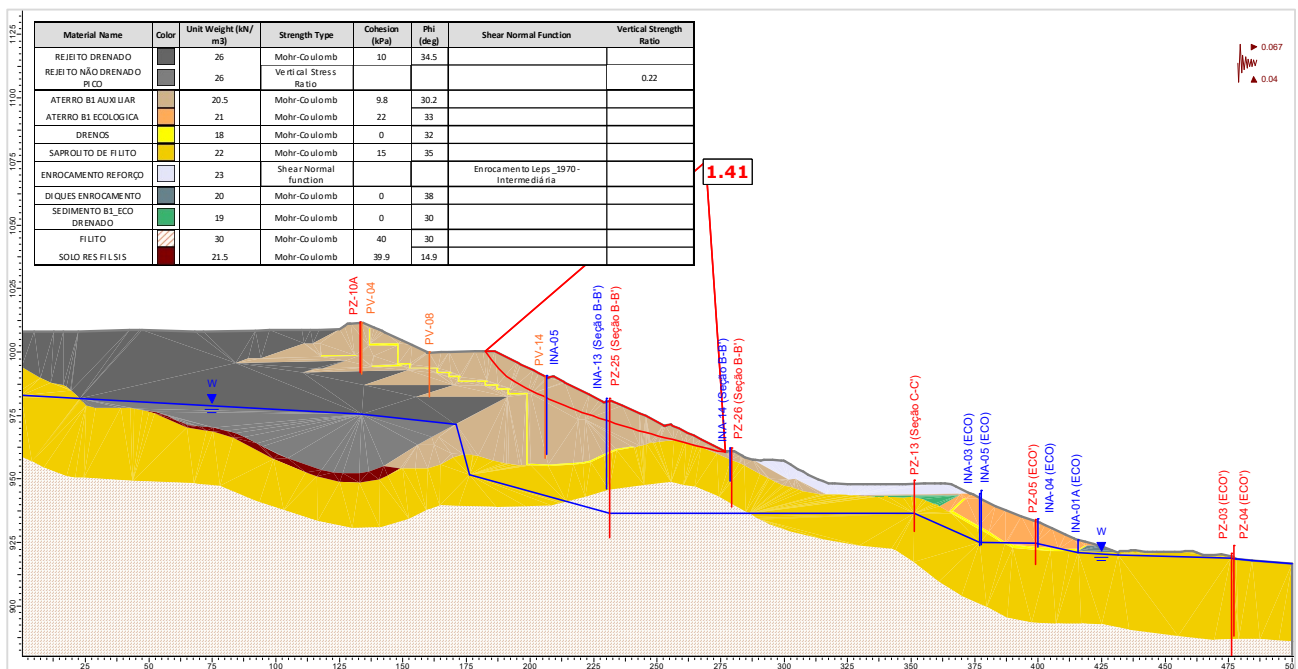
**Figura 5.110** – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



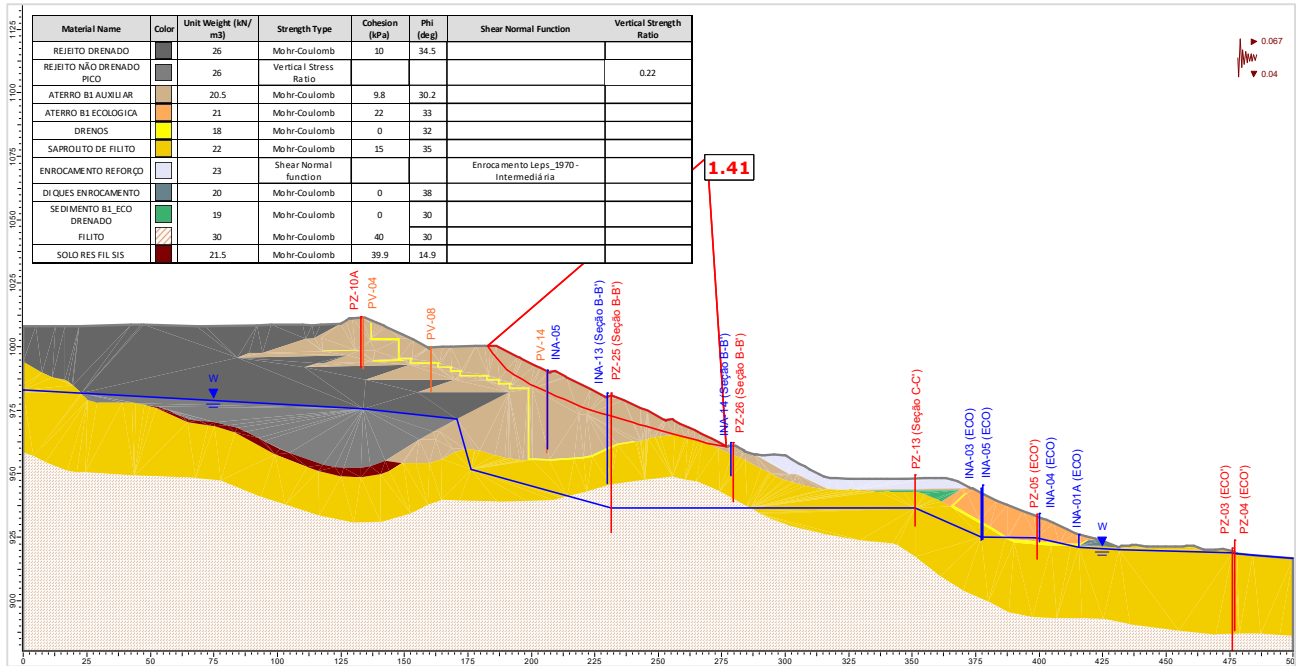
**Figura 5.111** – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



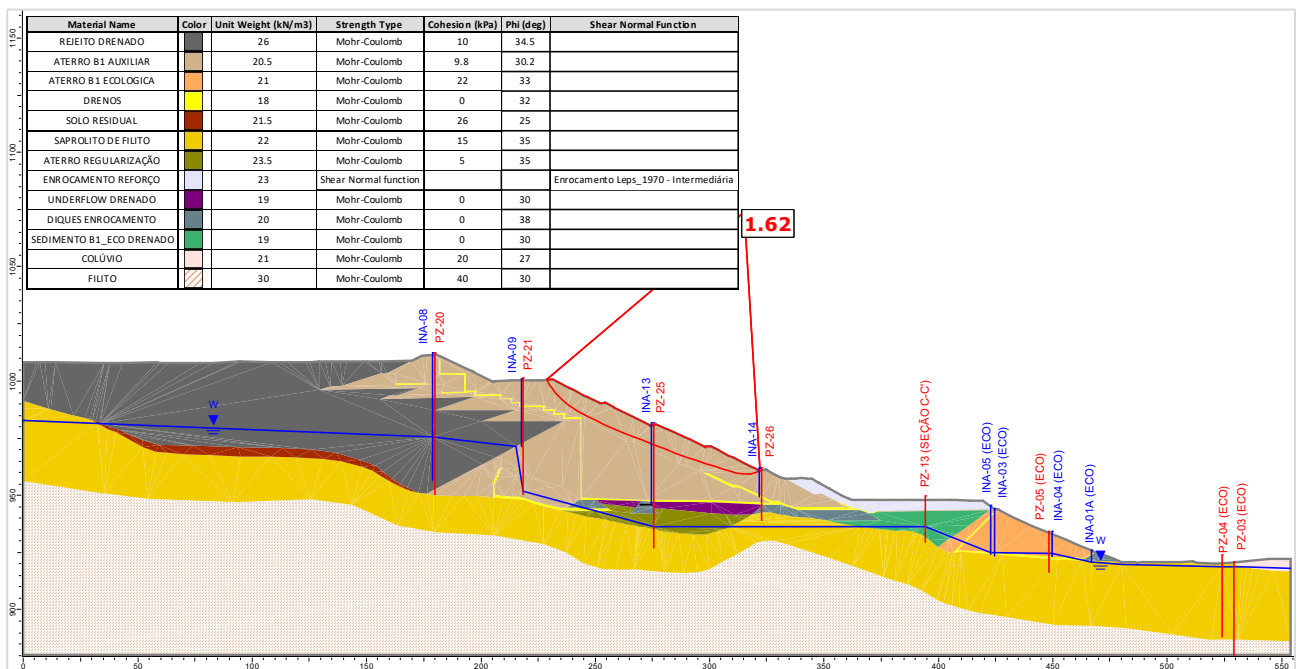
**Figura 5.112** – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



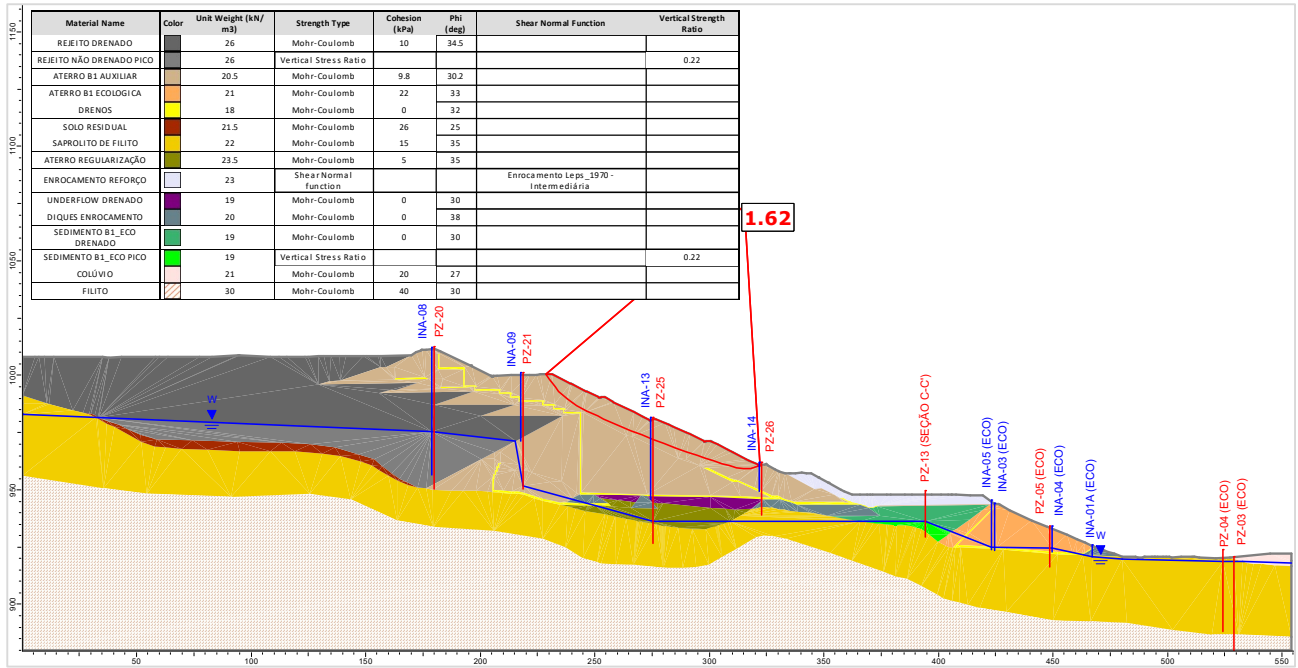
**Figura 5.113** – Seção A-A' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



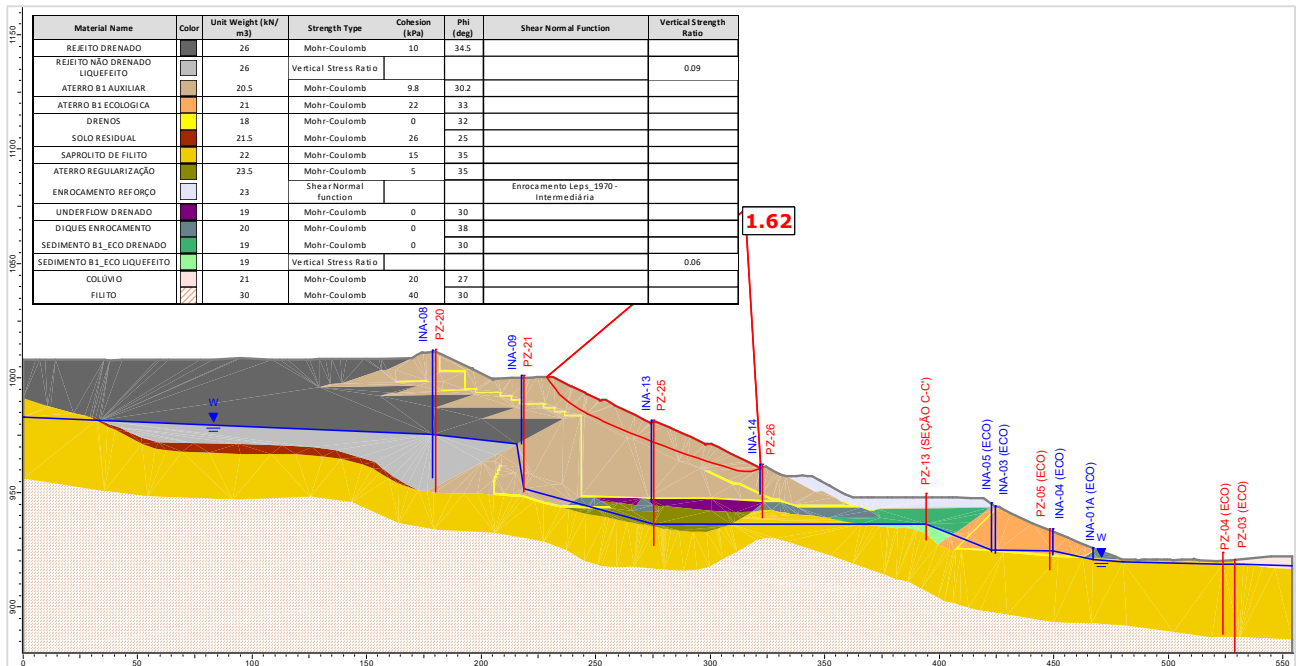
**Figura 5.114 – Seção A-A’ – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).**



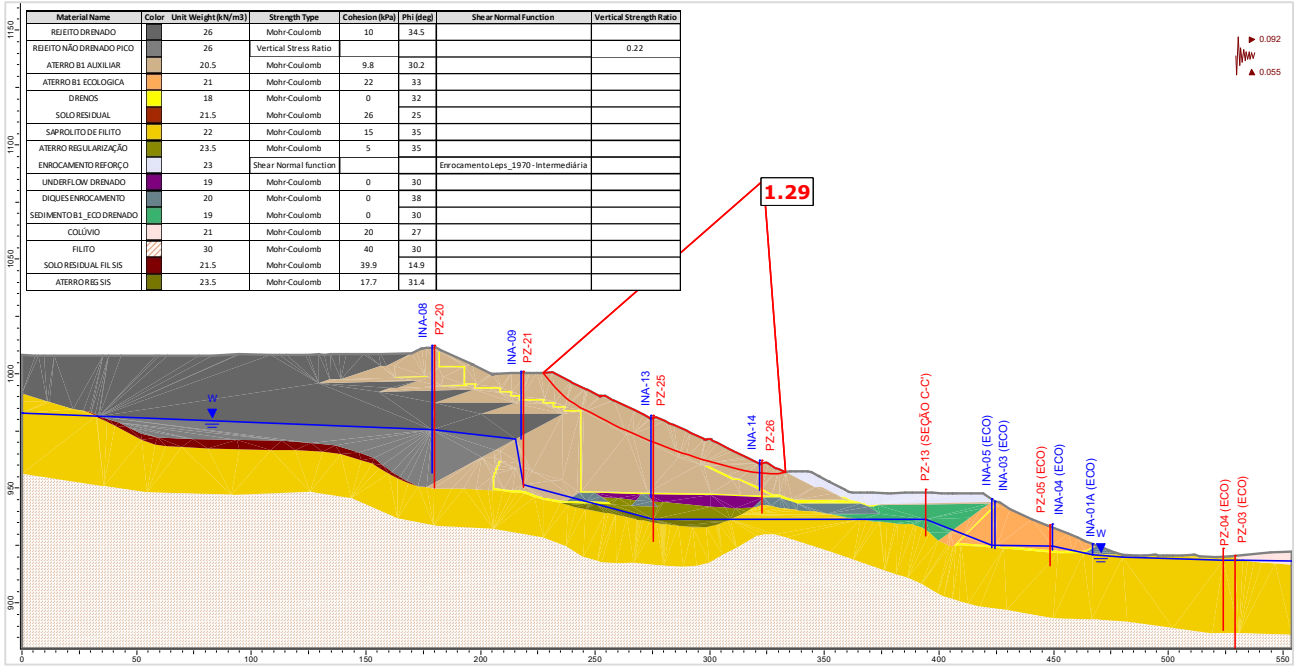
**Figura 5.115 – Seção B-B’ – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.**



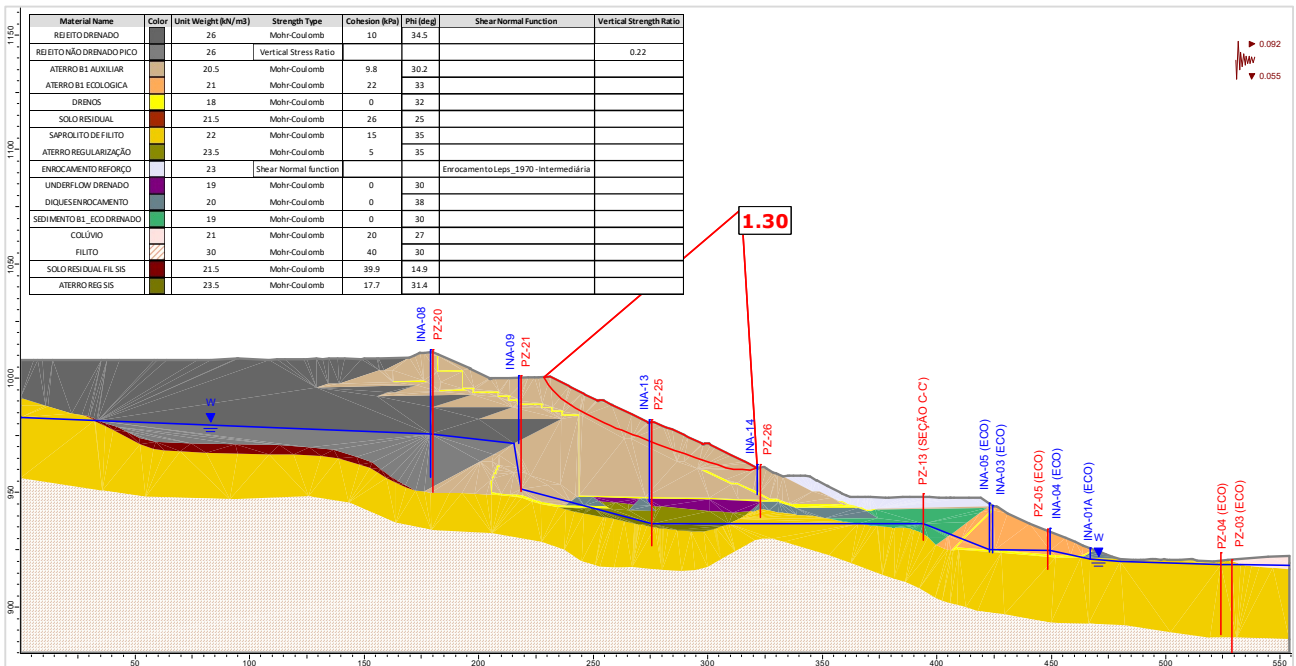
**Figura 5.116** – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



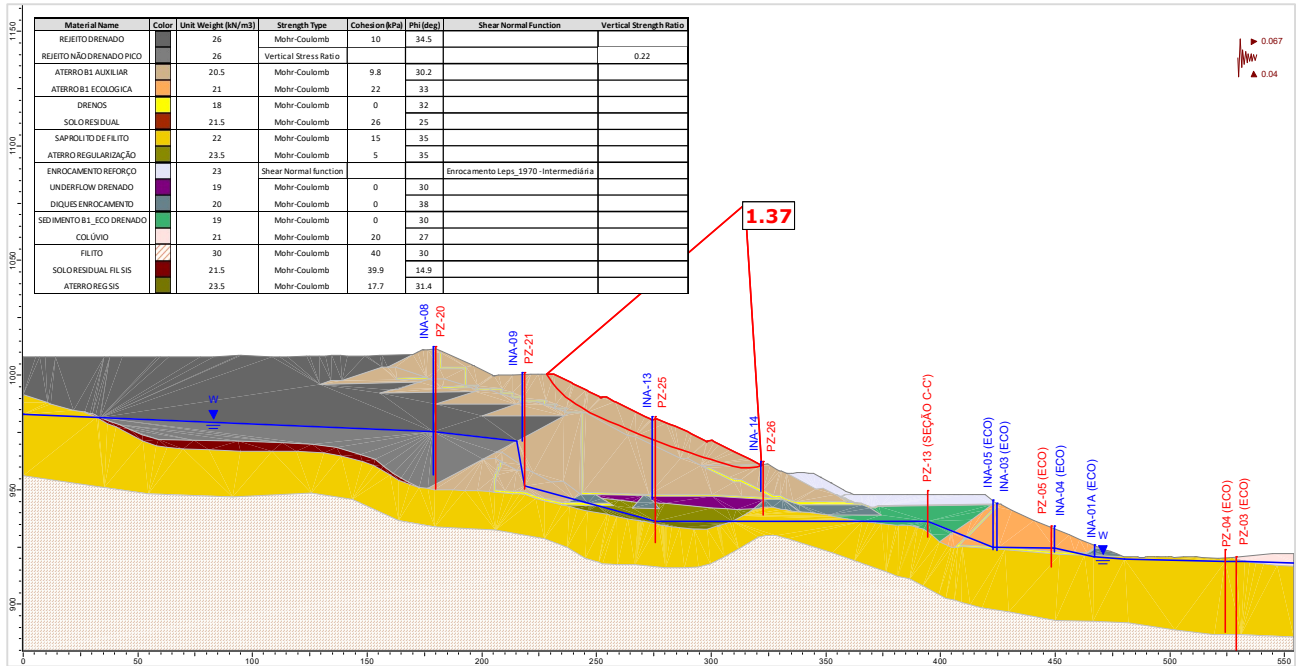
**Figura 5.117** – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



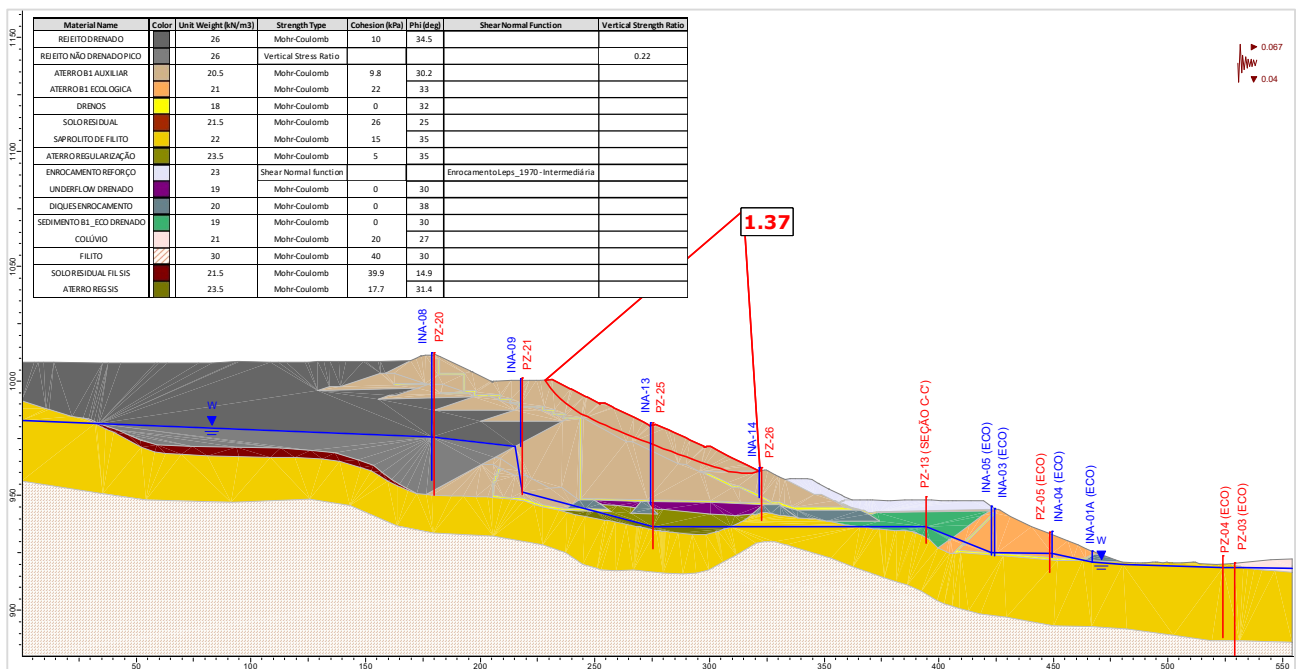
**Figura 5.118** – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



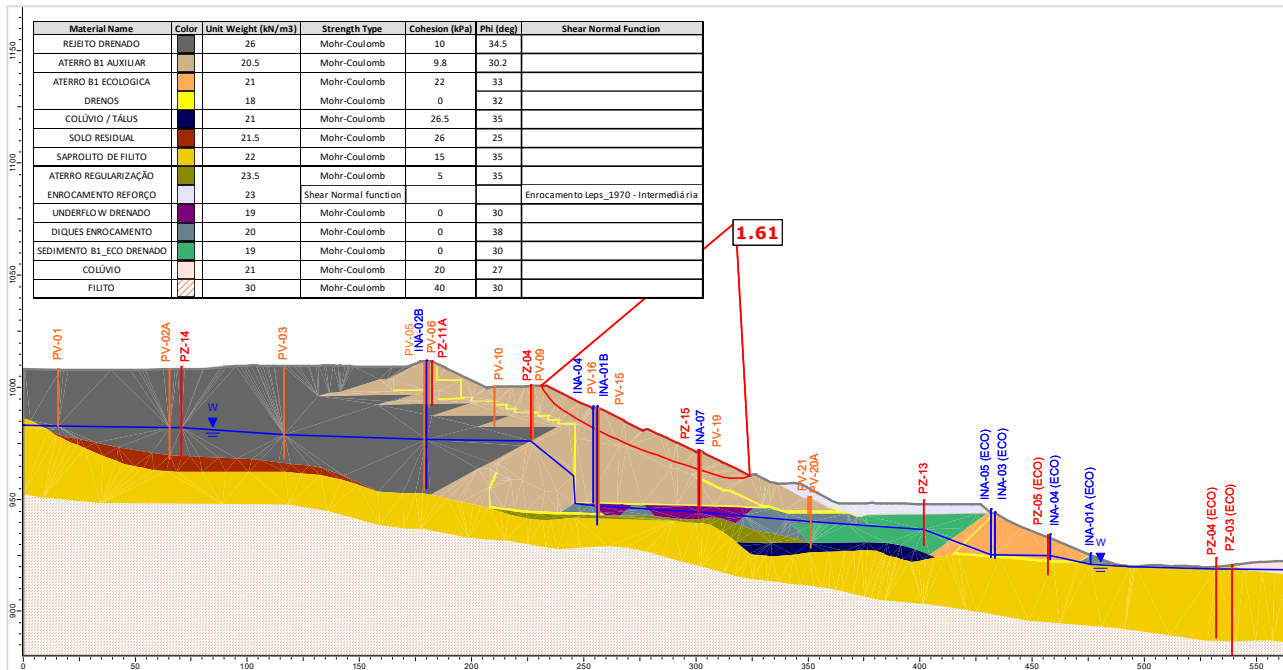
**Figura 5.119** – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



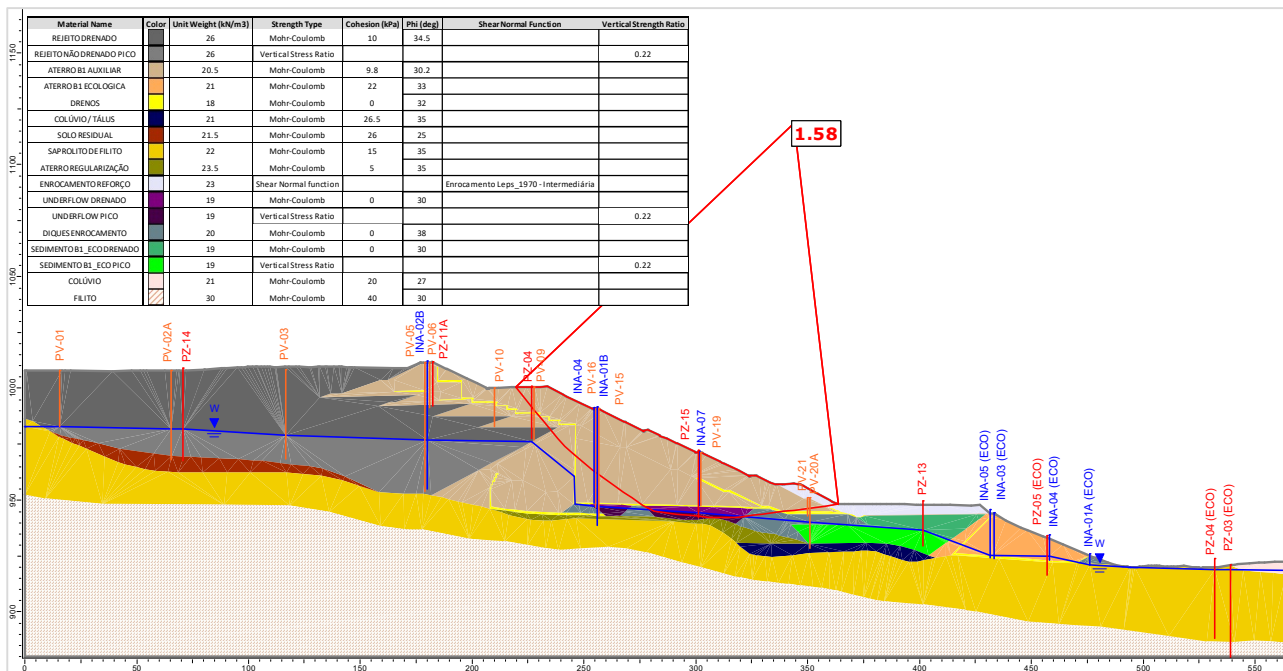
**Figura 5.120** – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



**Figura 5.121** – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

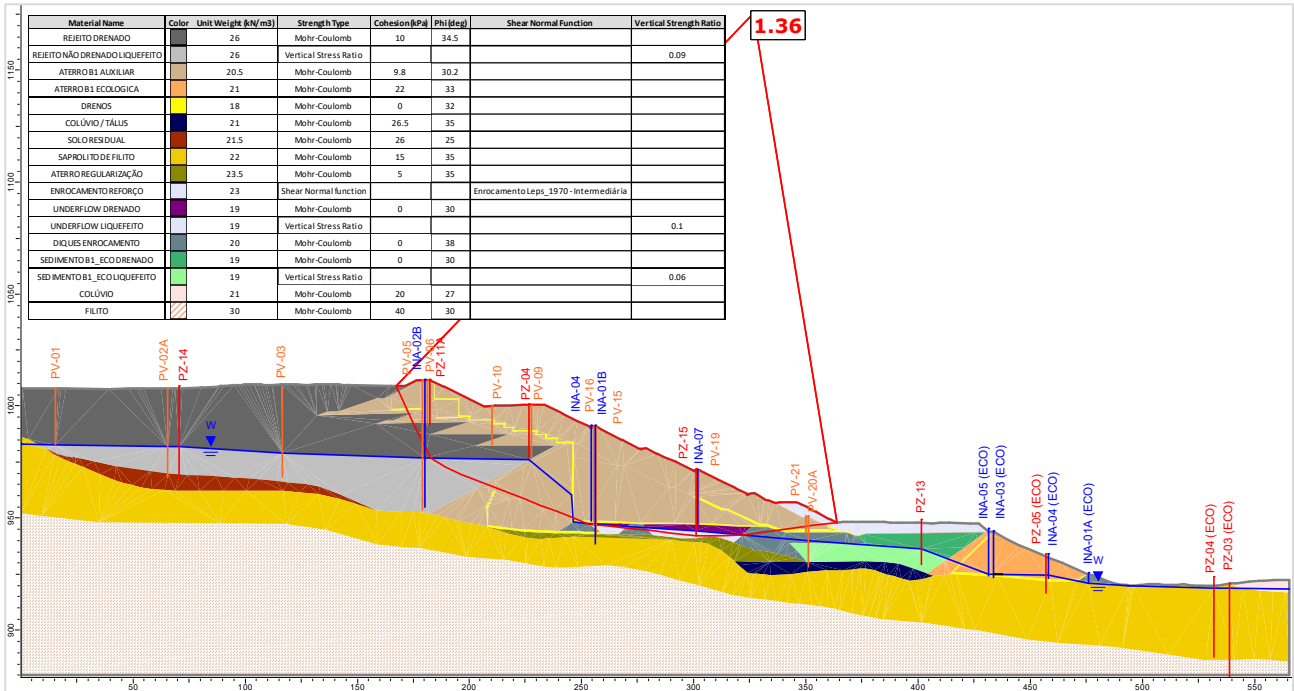


**Figura 5.122** – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.

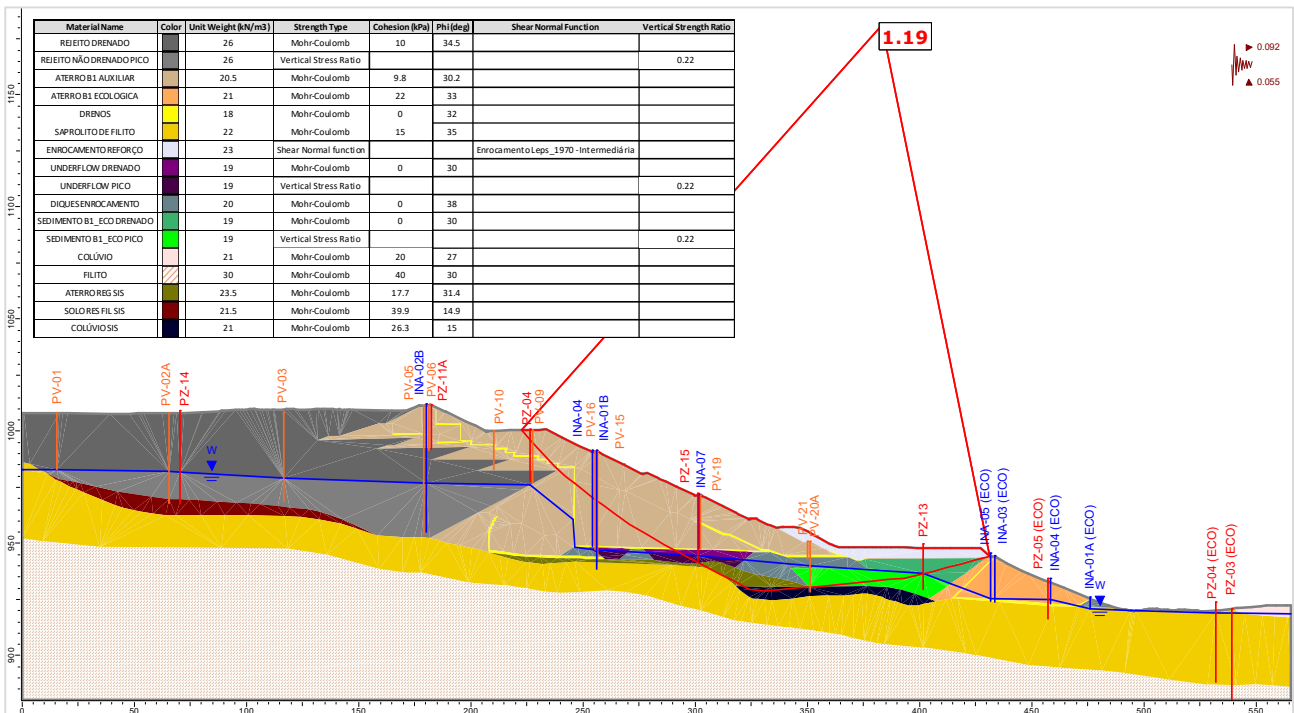


**Figura 5.123** – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

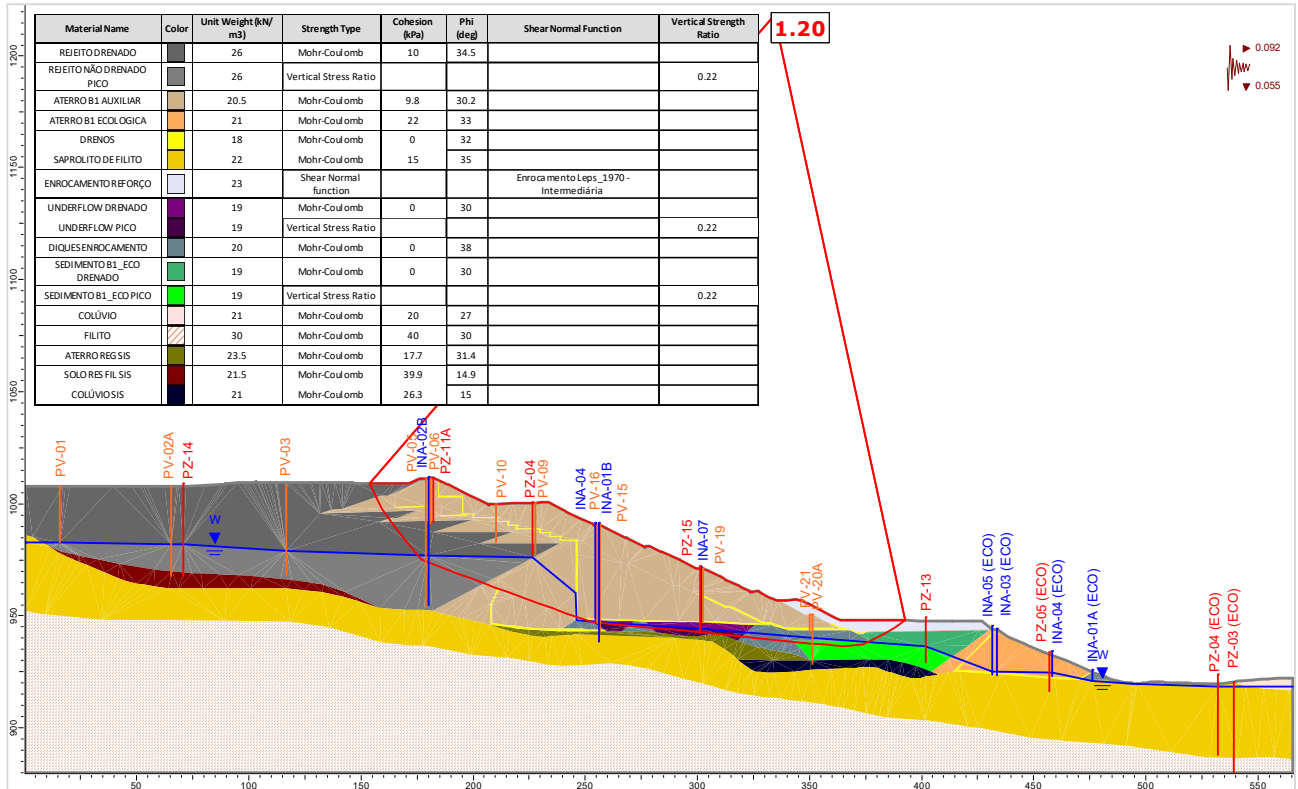




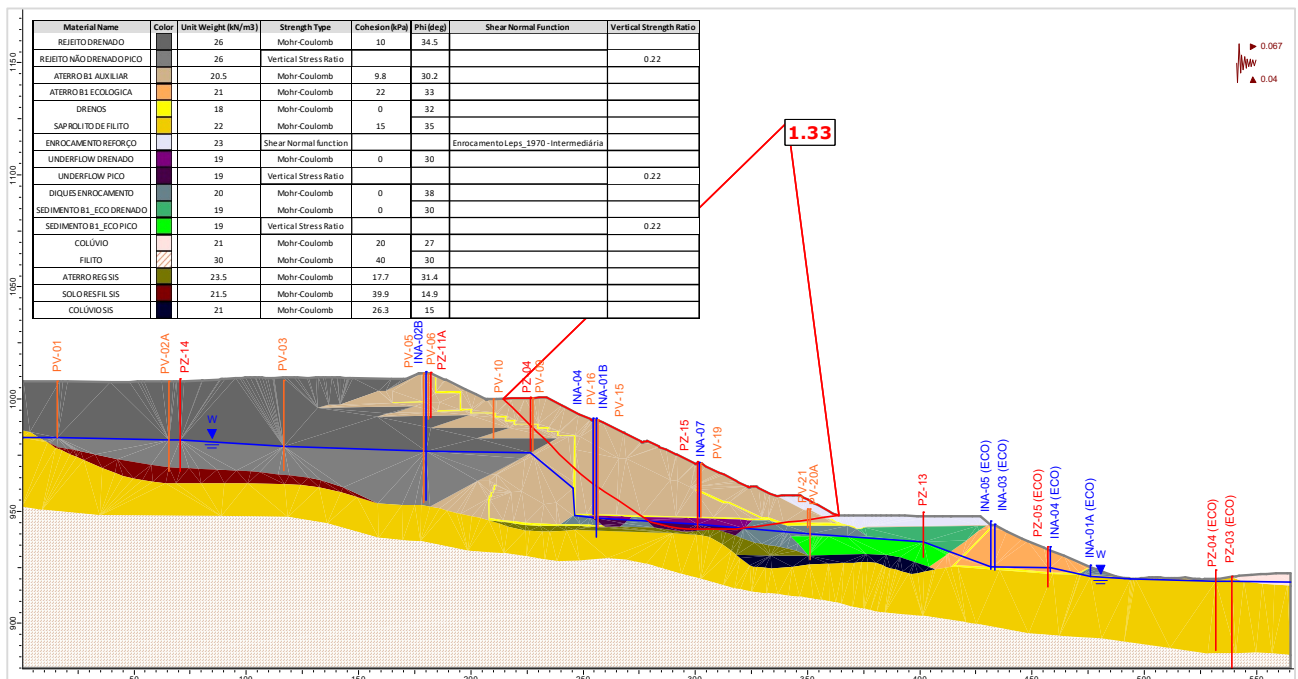
**Figura 5.124** – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



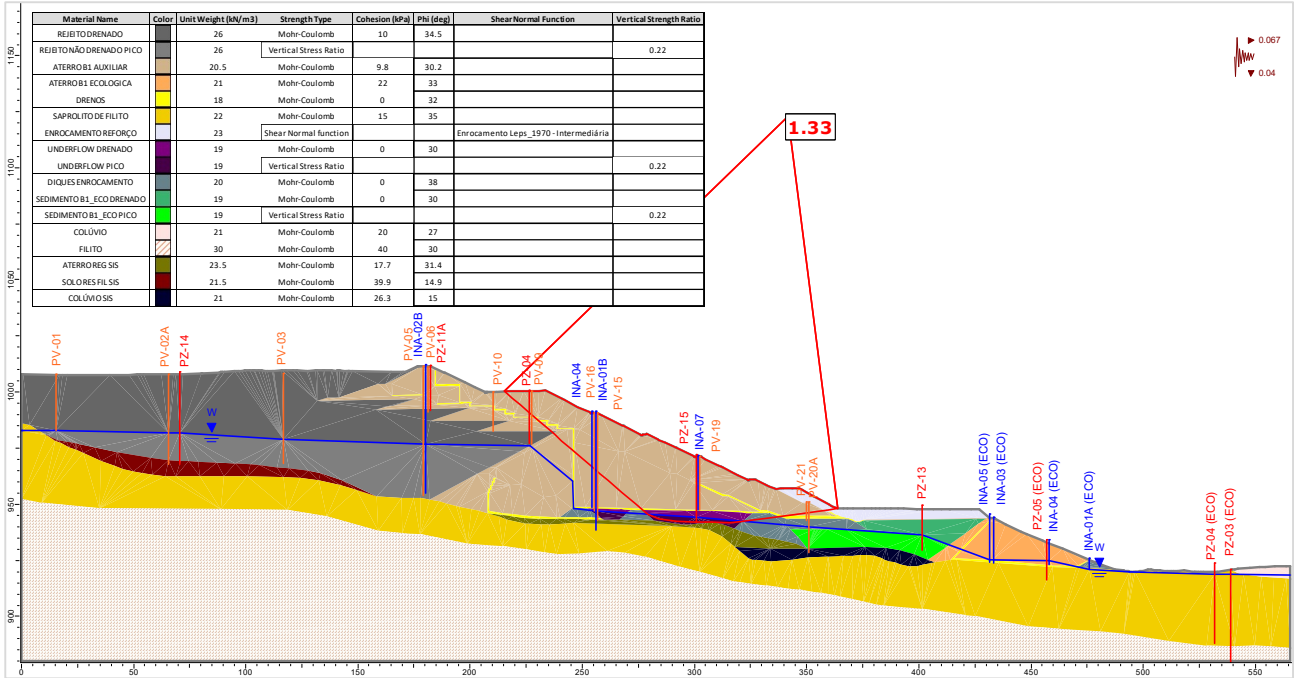
**Figura 5.125** – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



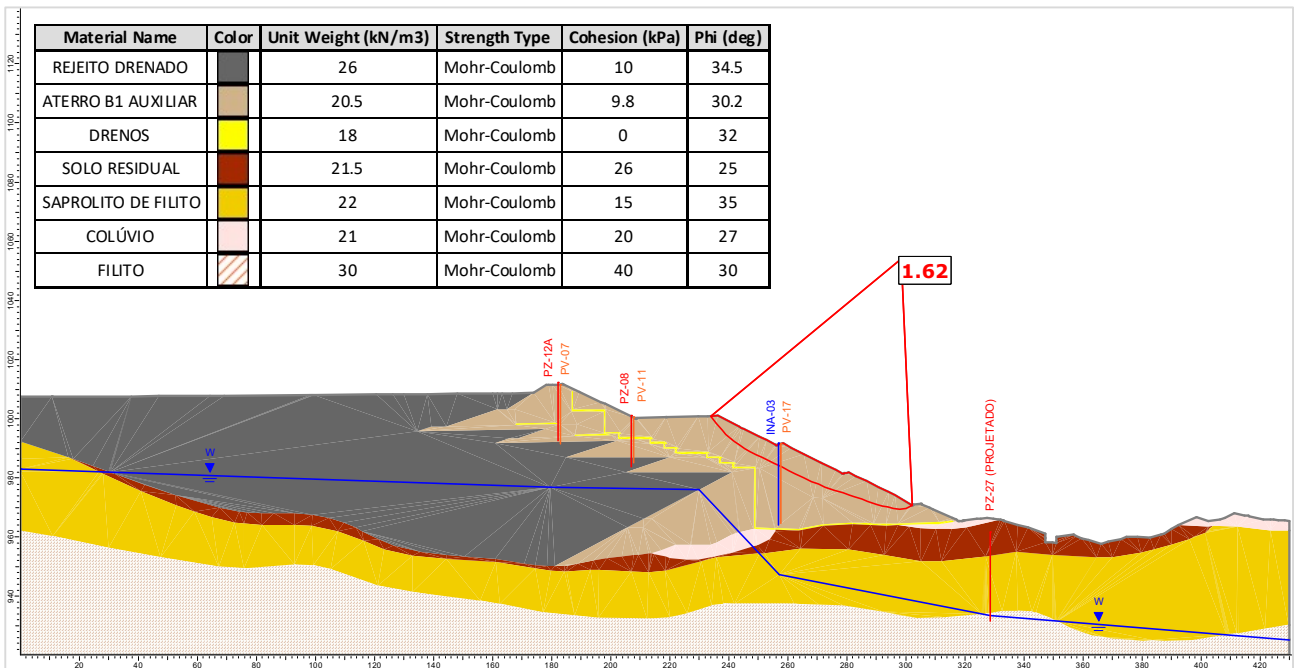
**Figura 5.126** – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



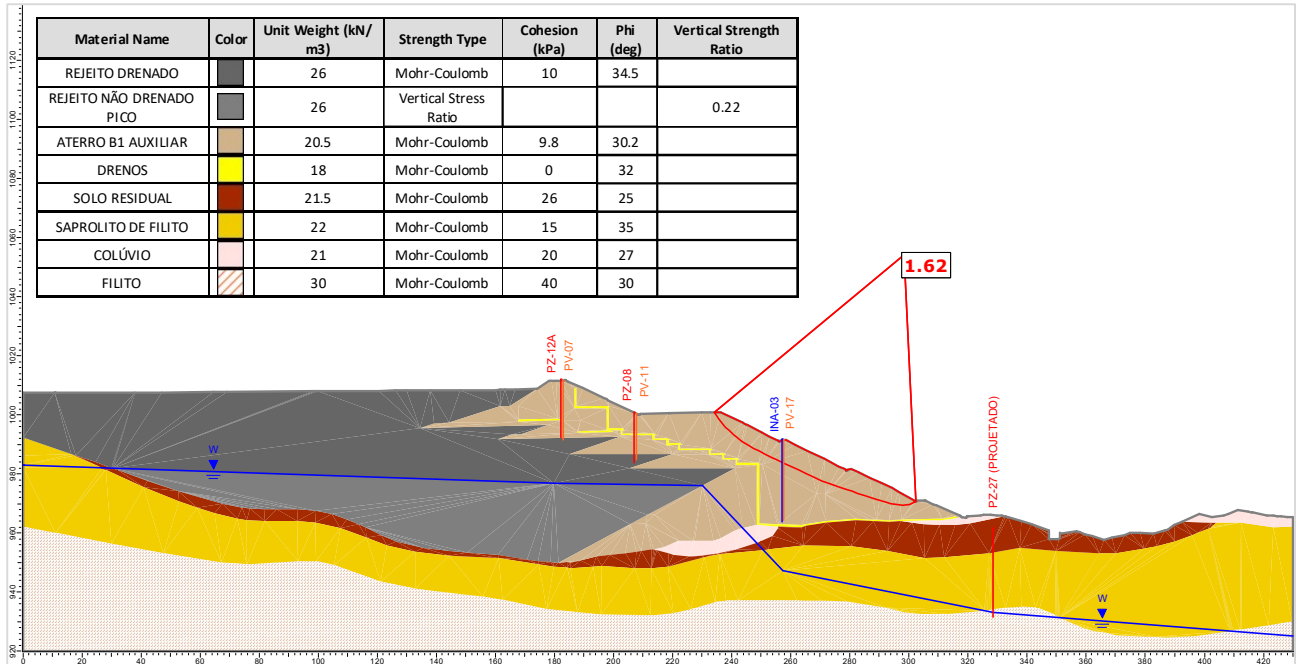
**Figura 5.127** – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



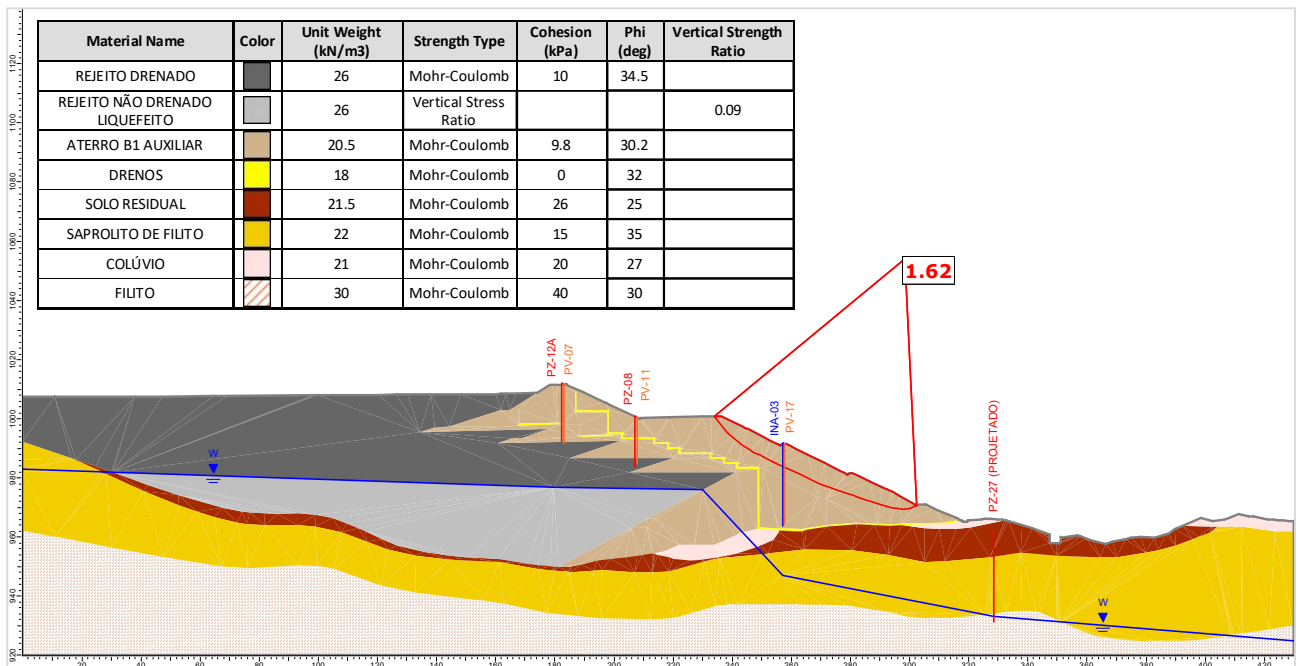
**Figura 5.128** – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



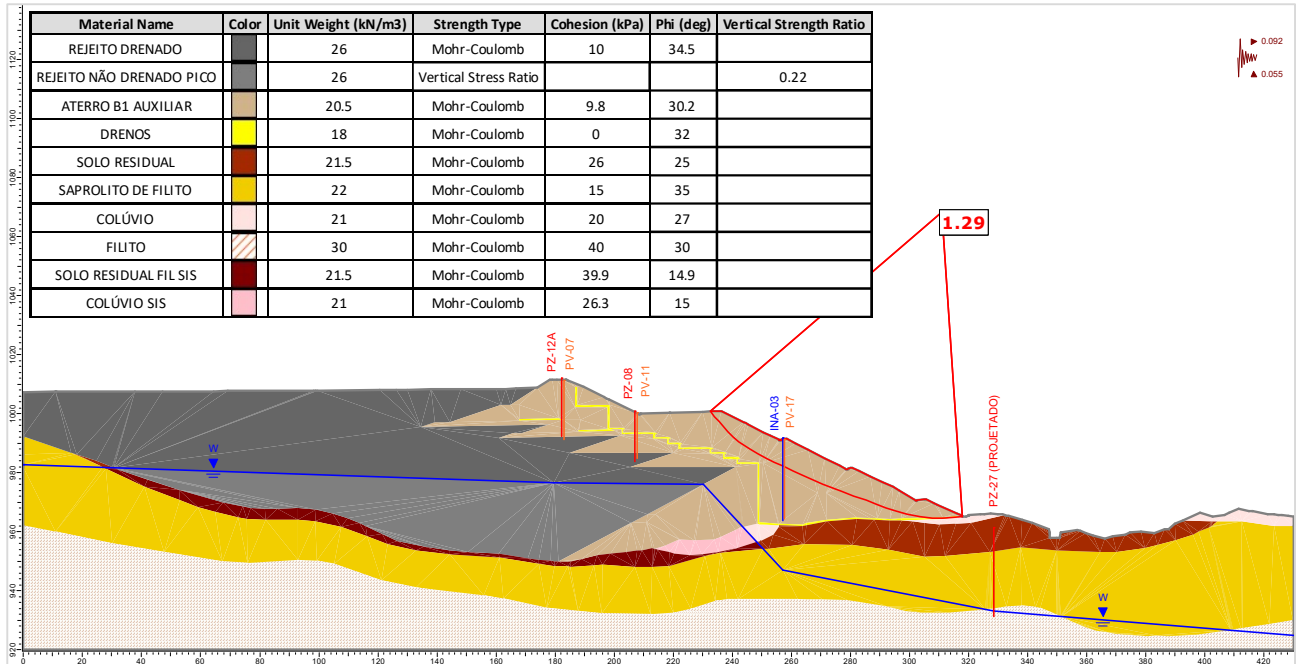
**Figura 5.129** – Seção D-D' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.



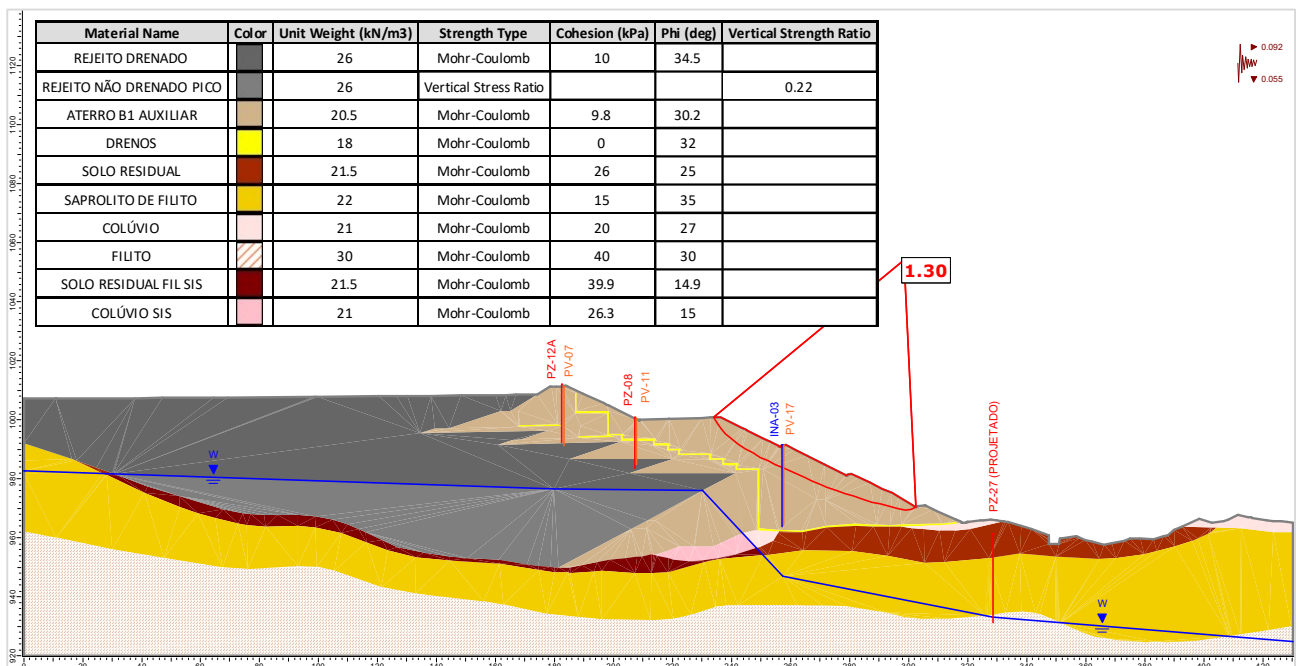
**Figura 5.130** – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



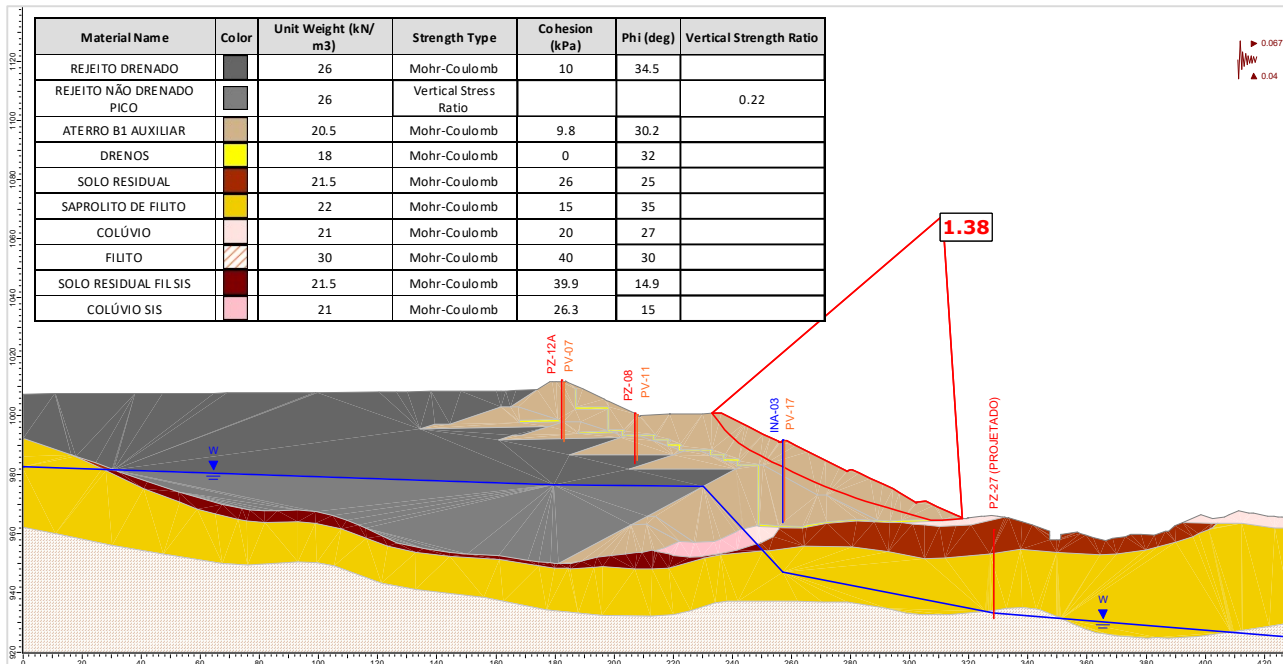
**Figura 5.131** – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



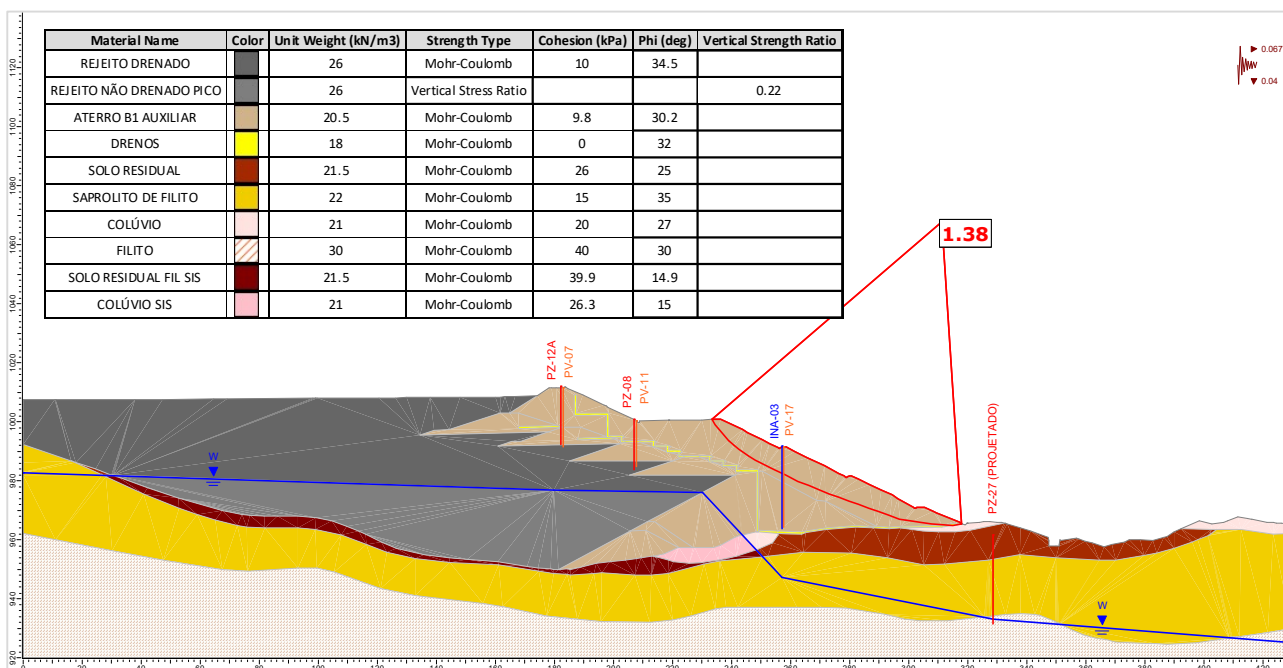
**Figura 5.132** – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



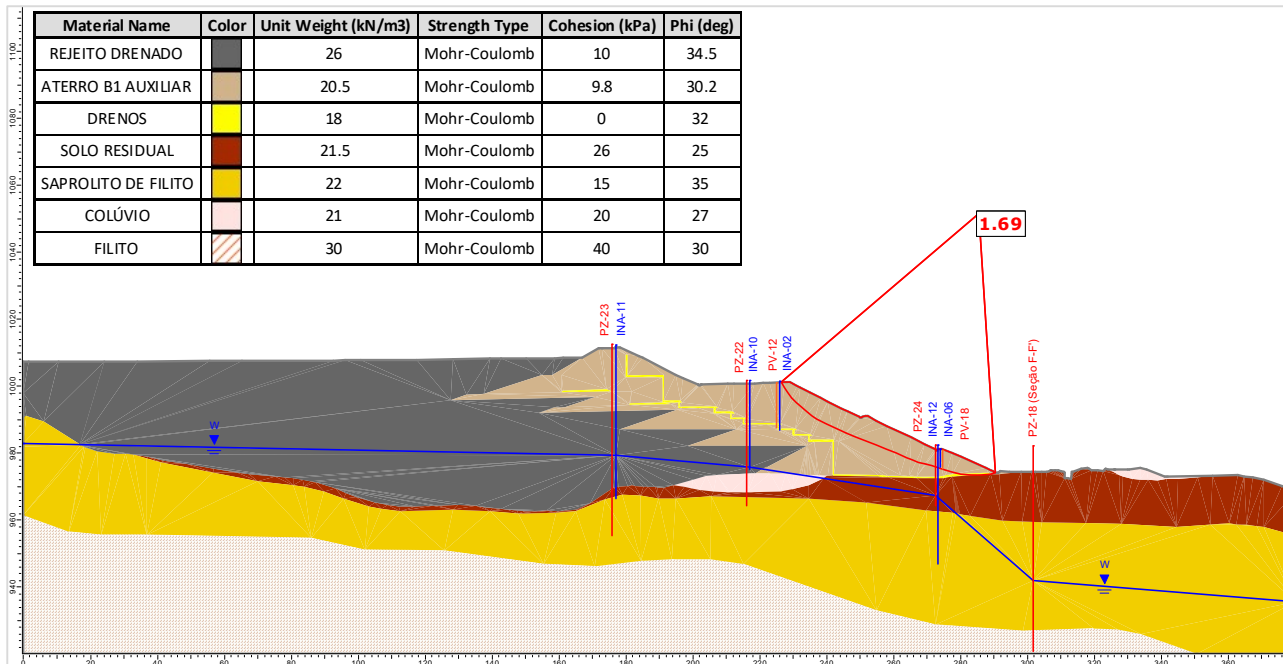
**Figura 5.133** – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



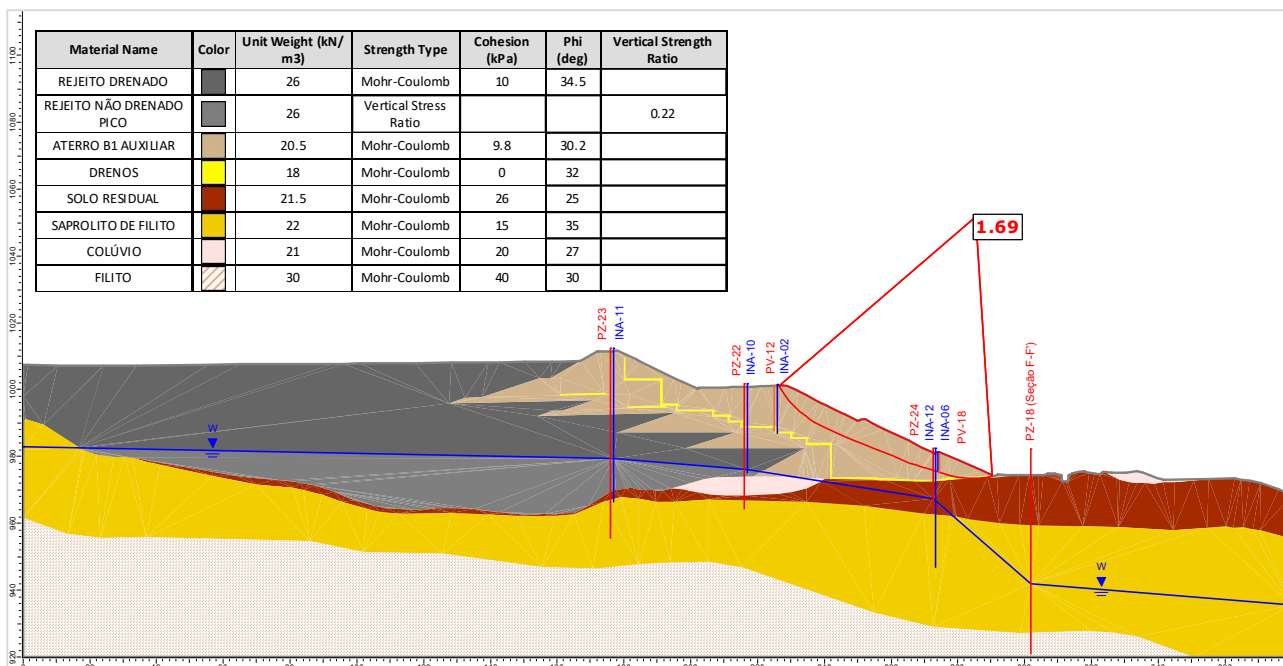
**Figura 5.134** – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



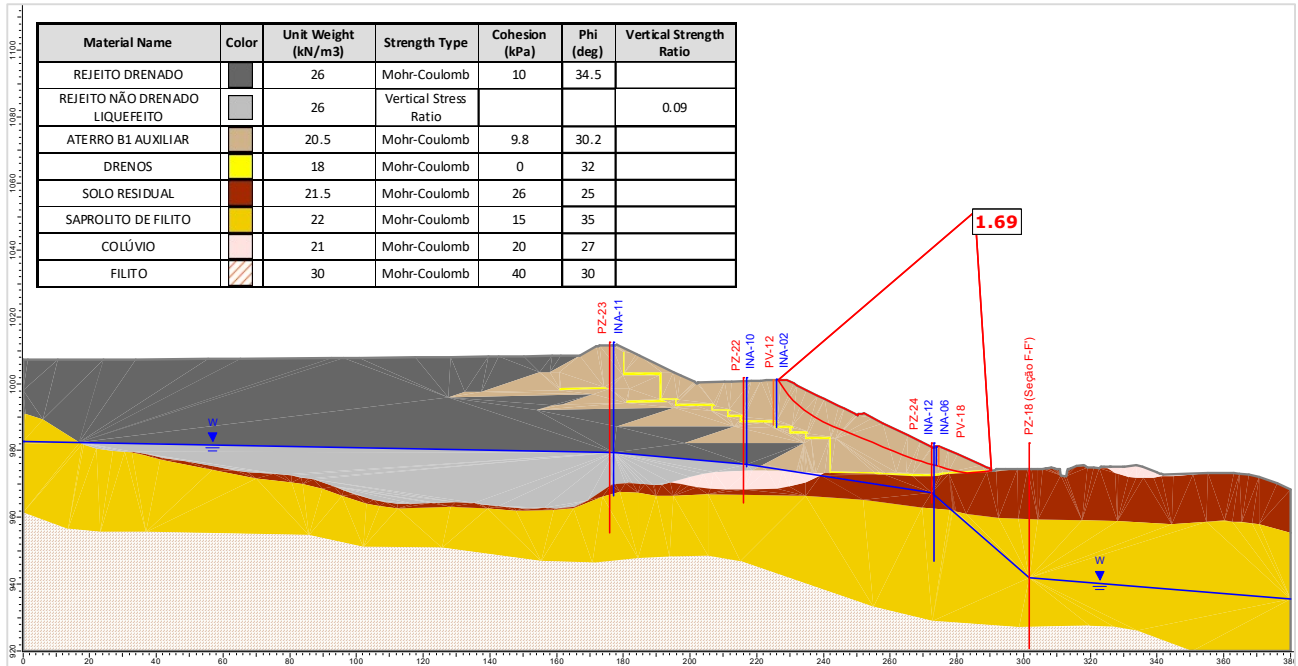
**Figura 5.135** – Seção D-D' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



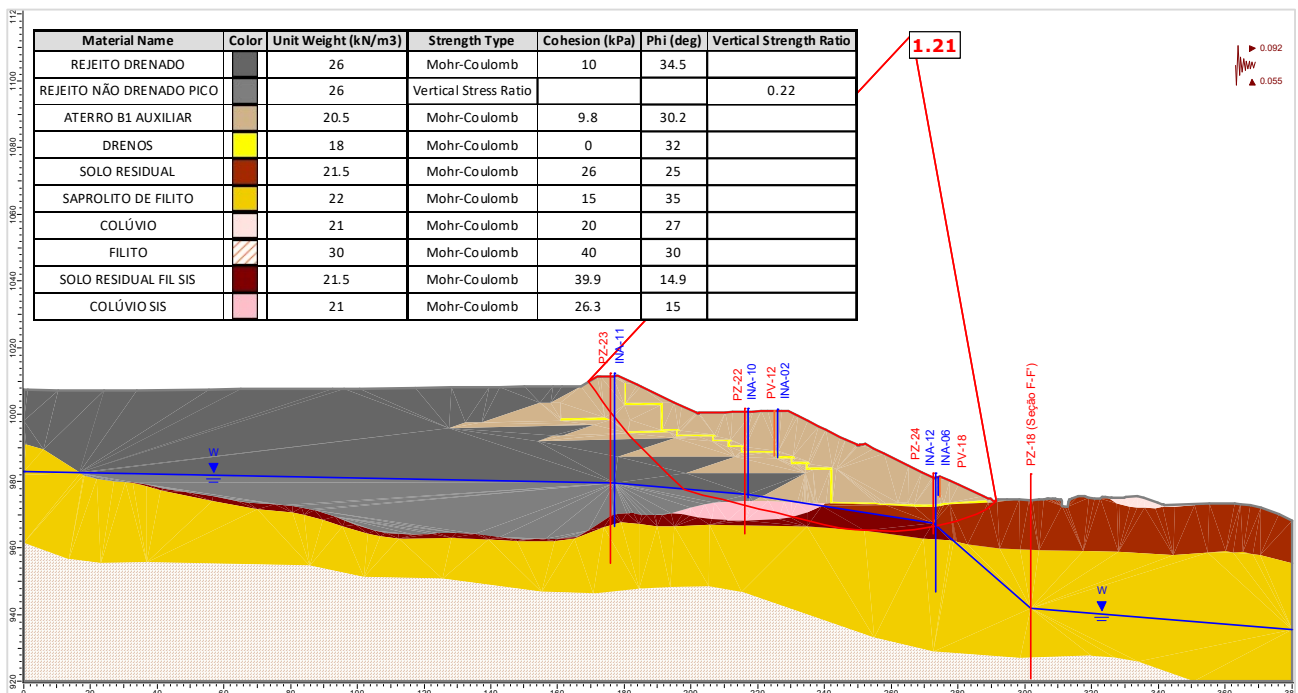
**Figura 5.136** – Seção E-E' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.



**Figura 5.137** – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.

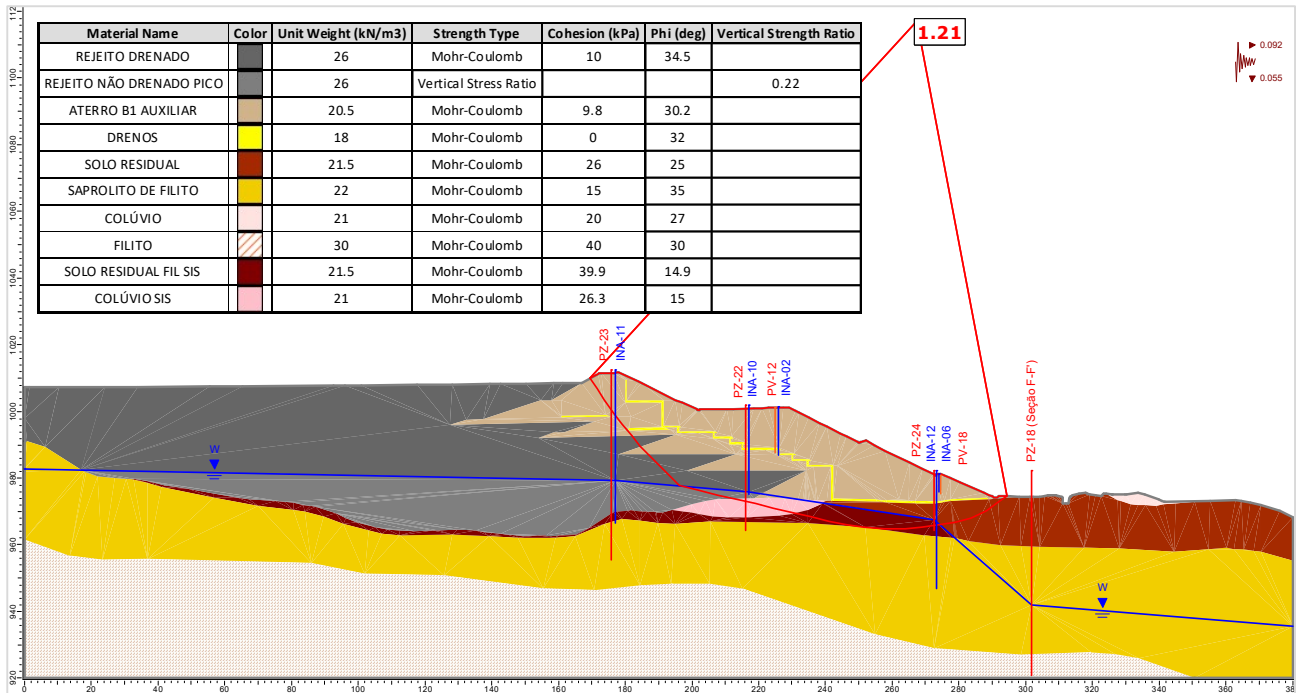


**Figura 5.138** – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.

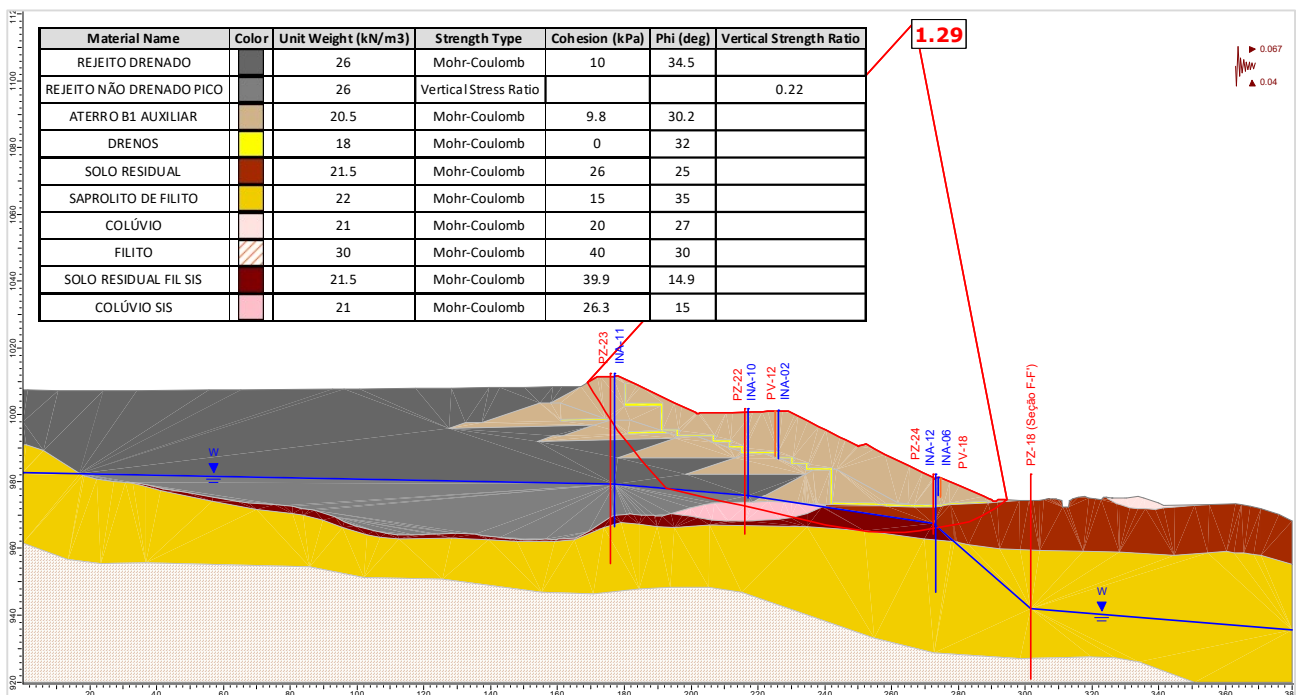


**Figura 5.139** – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

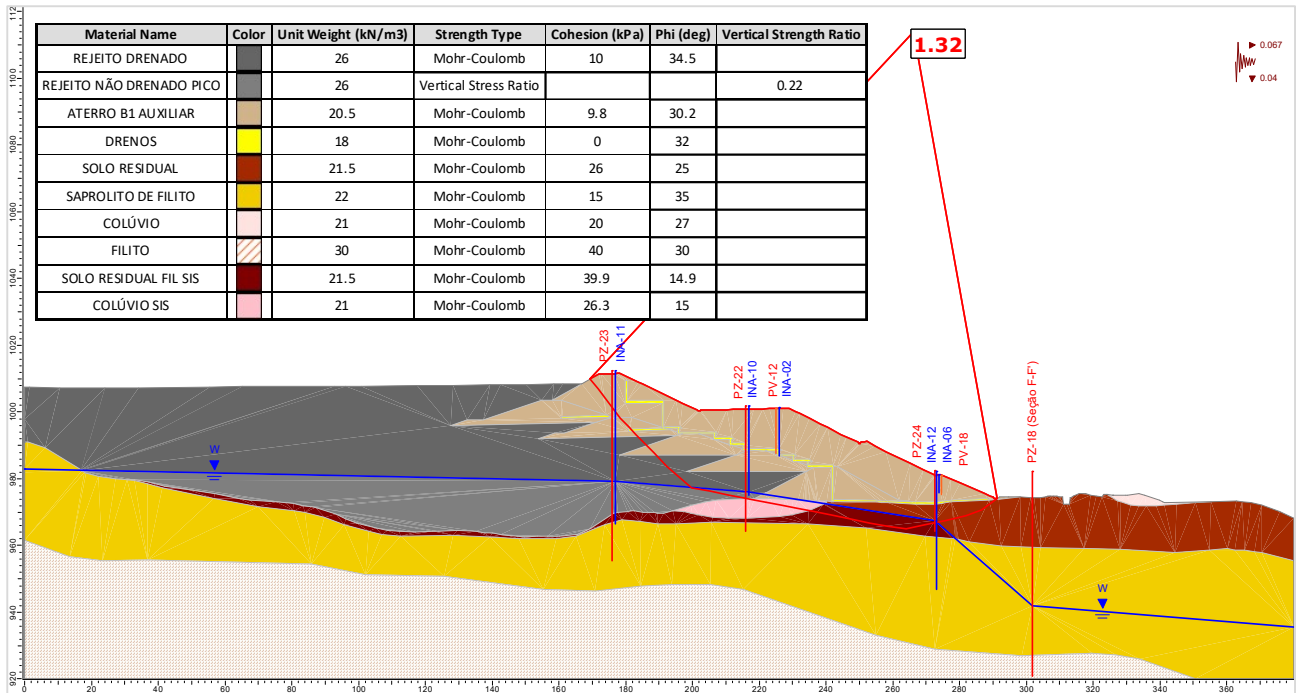




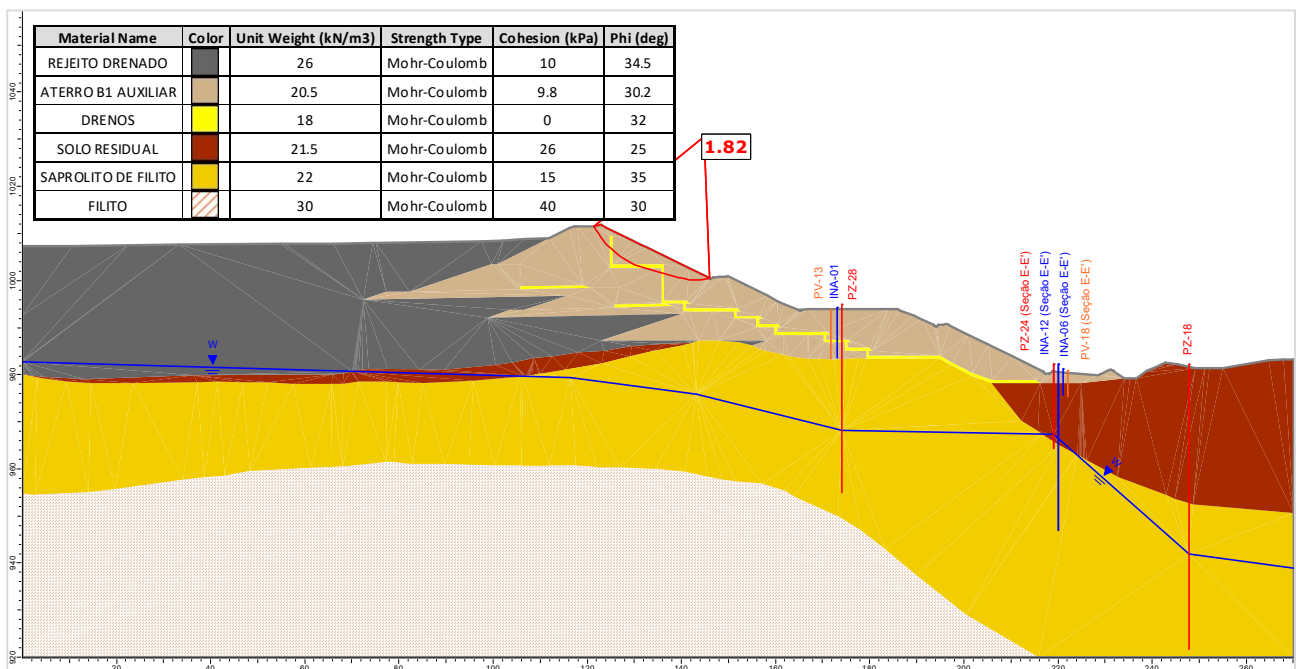
**Figura 5.140** – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).



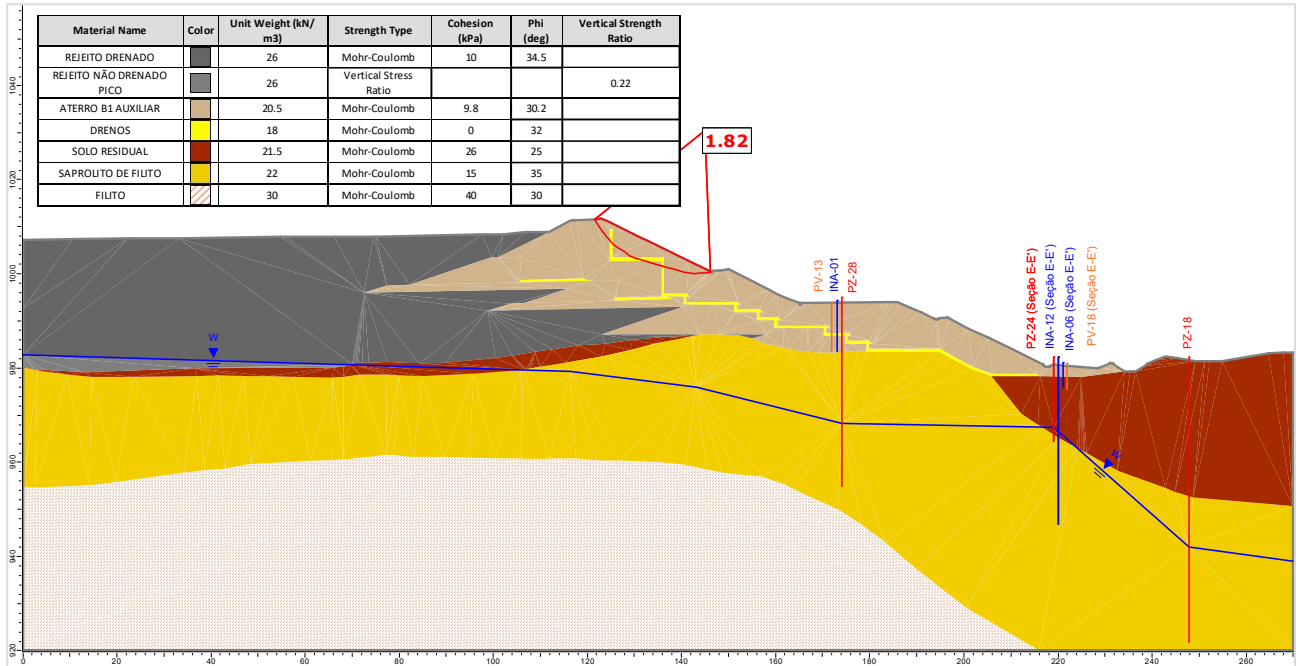
**Figura 5.141** – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).



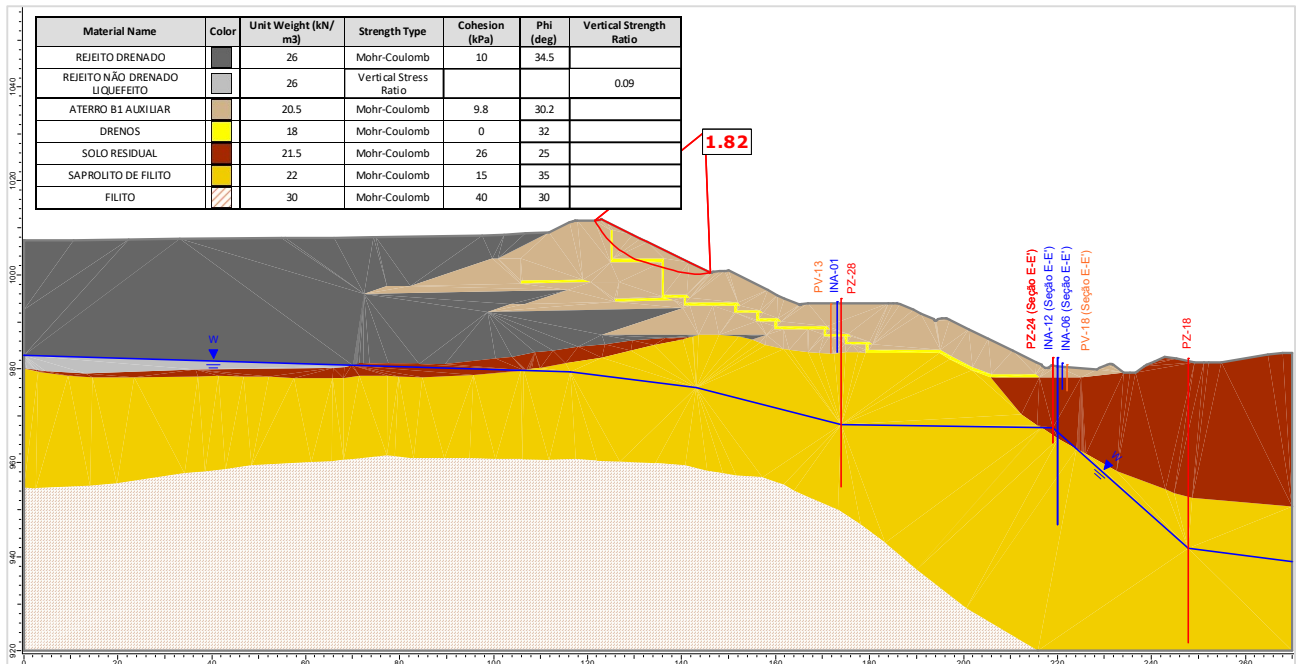
**Figura 5.142** – Seção E-E' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).



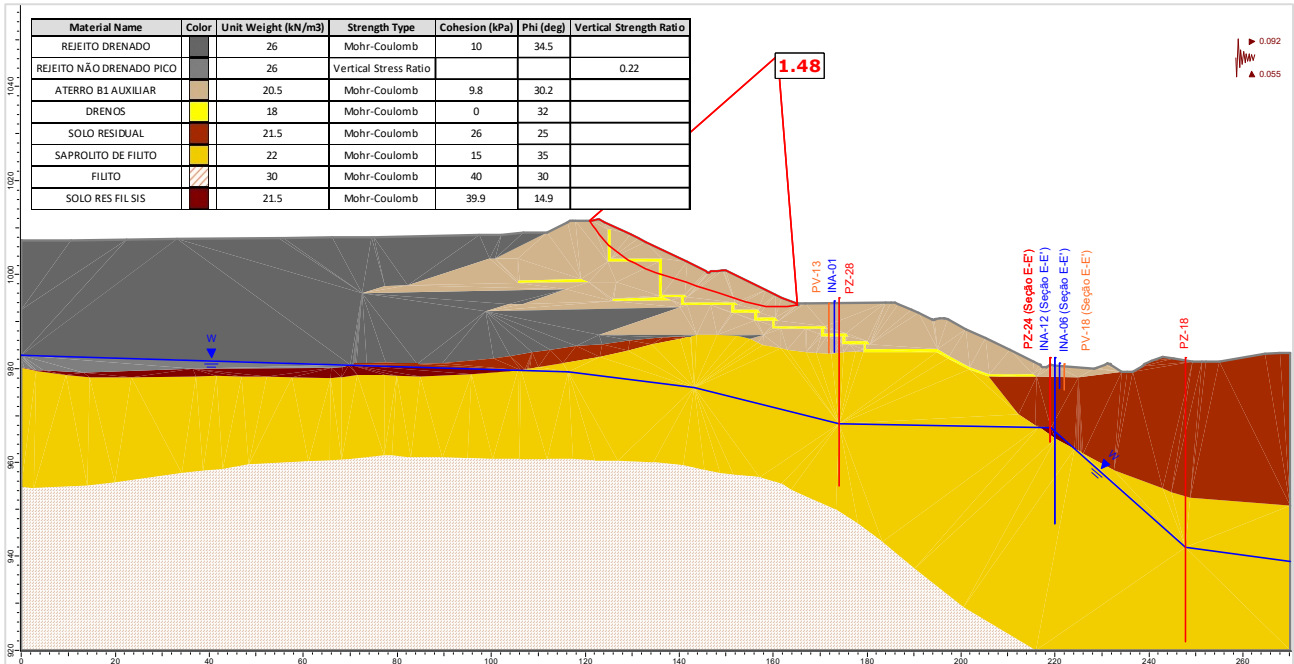
**Figura 5.143** – Seção F-F' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024.



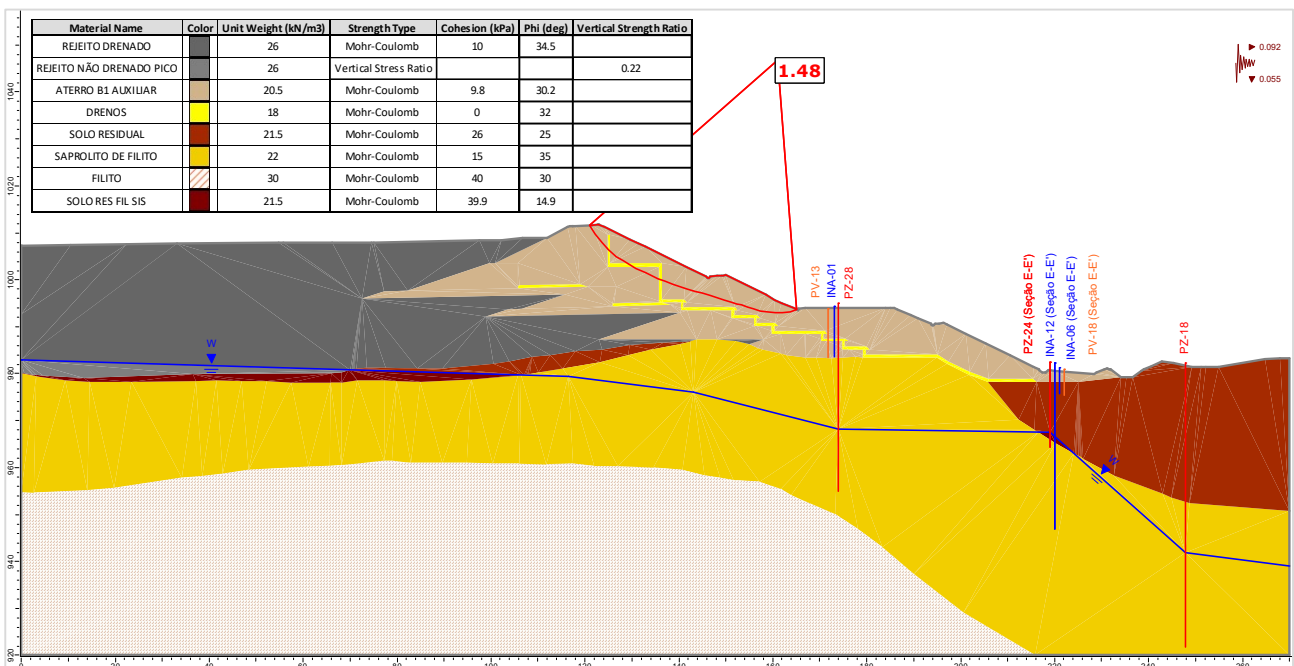
**Figura 5.144** – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico.



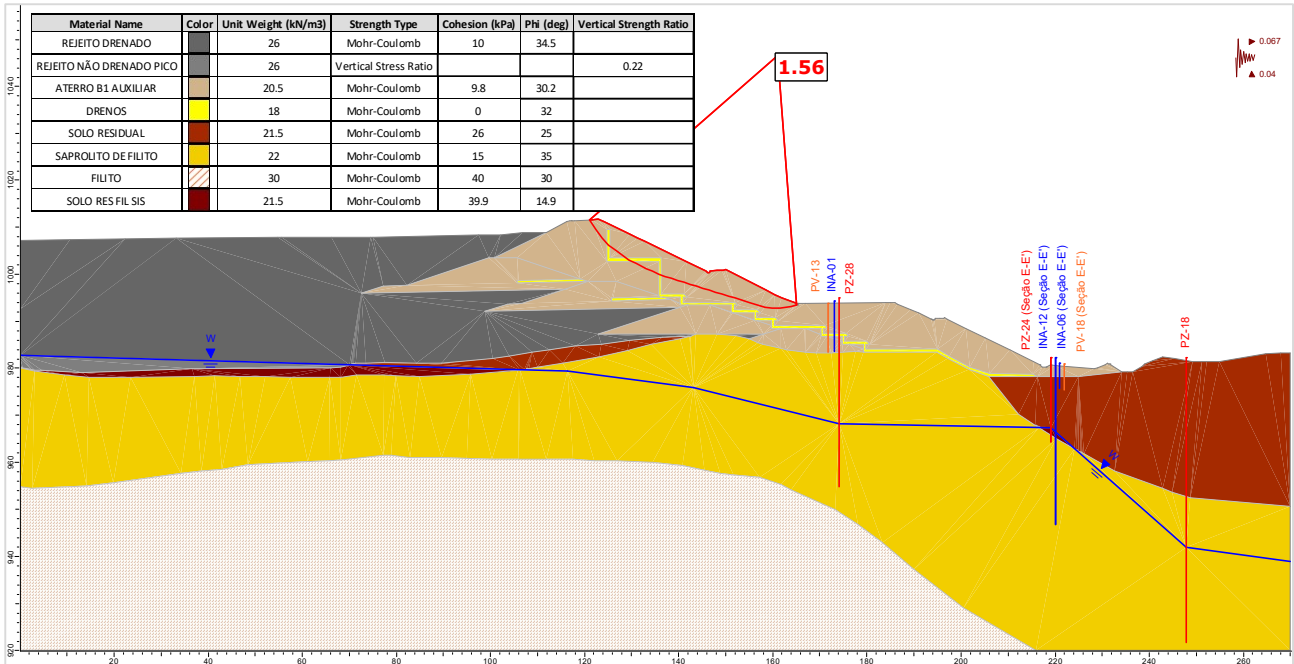
**Figura 5.145** – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada liquefeita.



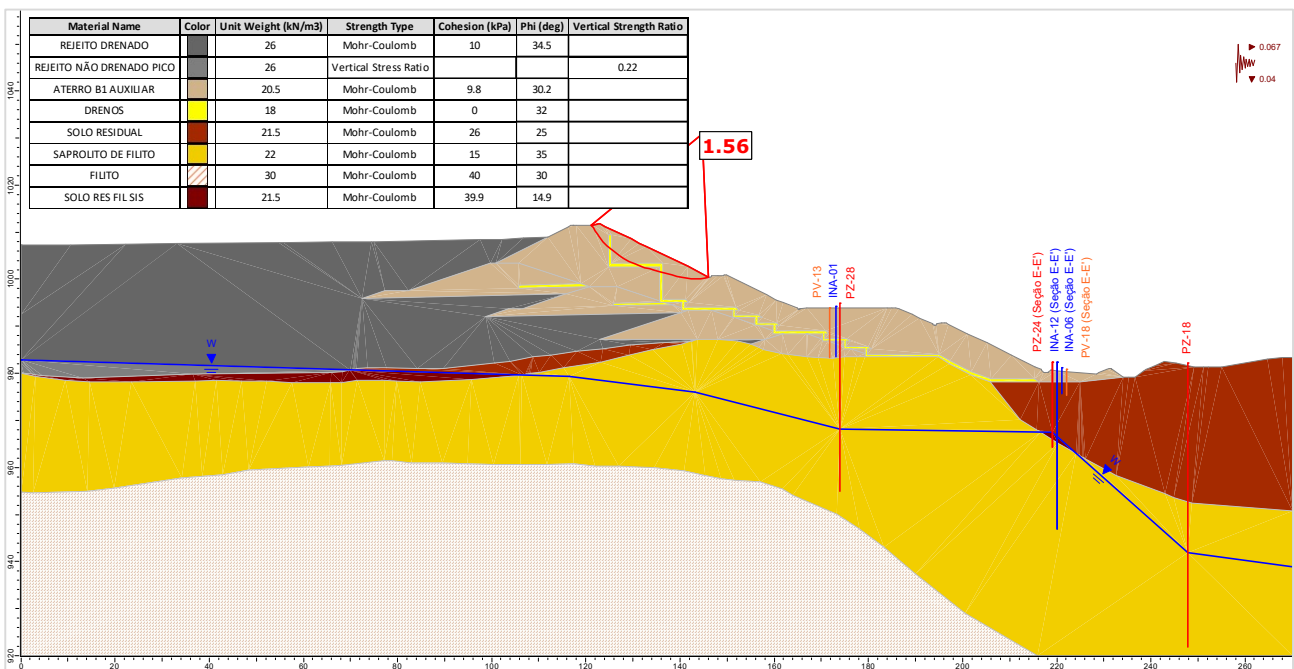
**Figura 5.146** – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).



**Figura 5.147** – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

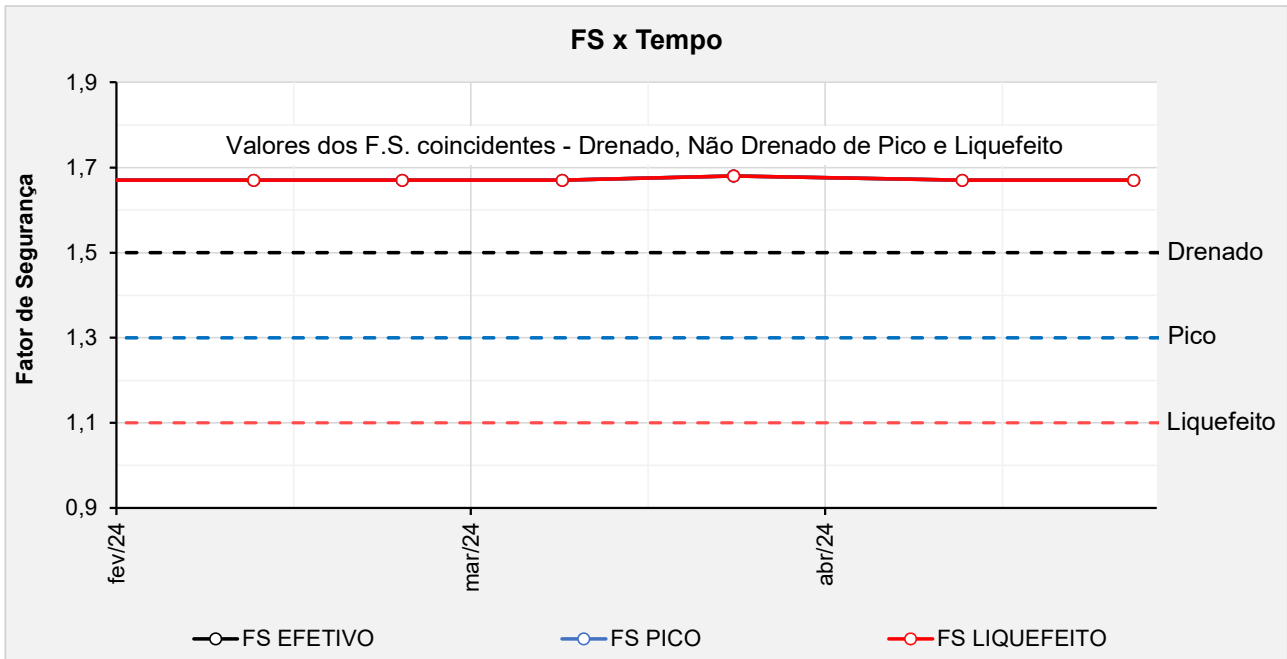


**Figura 5.148** – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

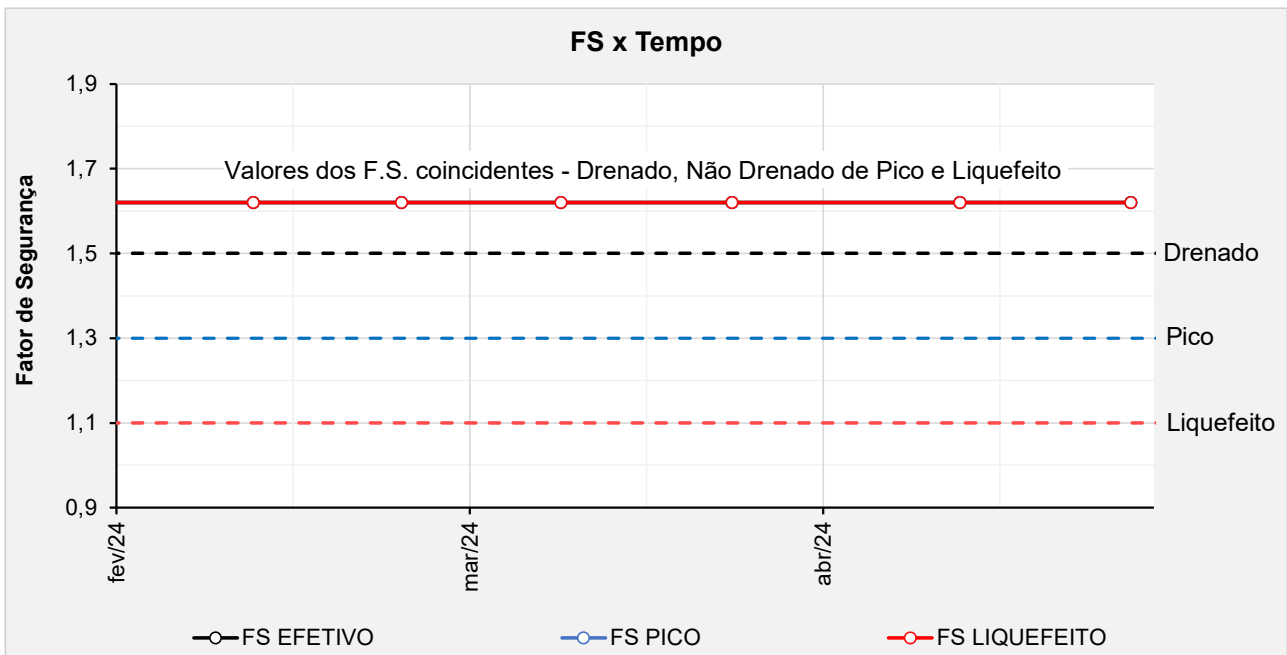


**Figura 5.149** – Seção F-F' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 30/04/2024 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

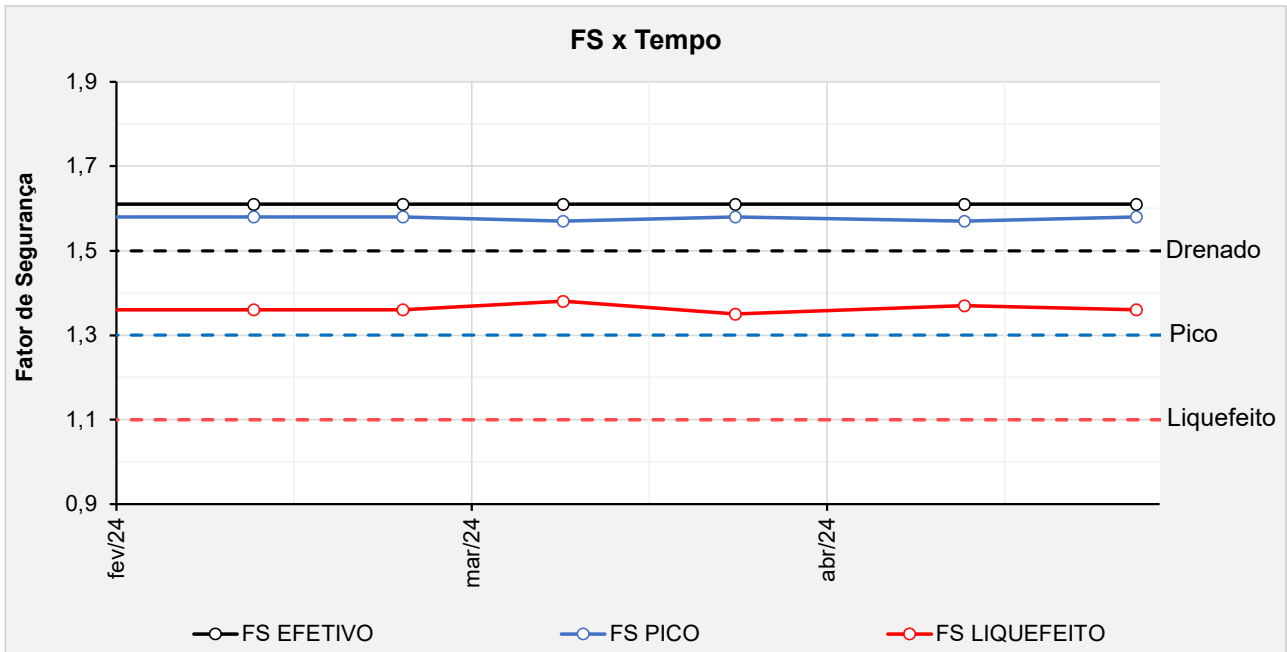
A seguir são apresentados os históricos dos fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade realizadas com as seções de controle da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico, no período avaliado (fevereiro/2024 a abril/2024).



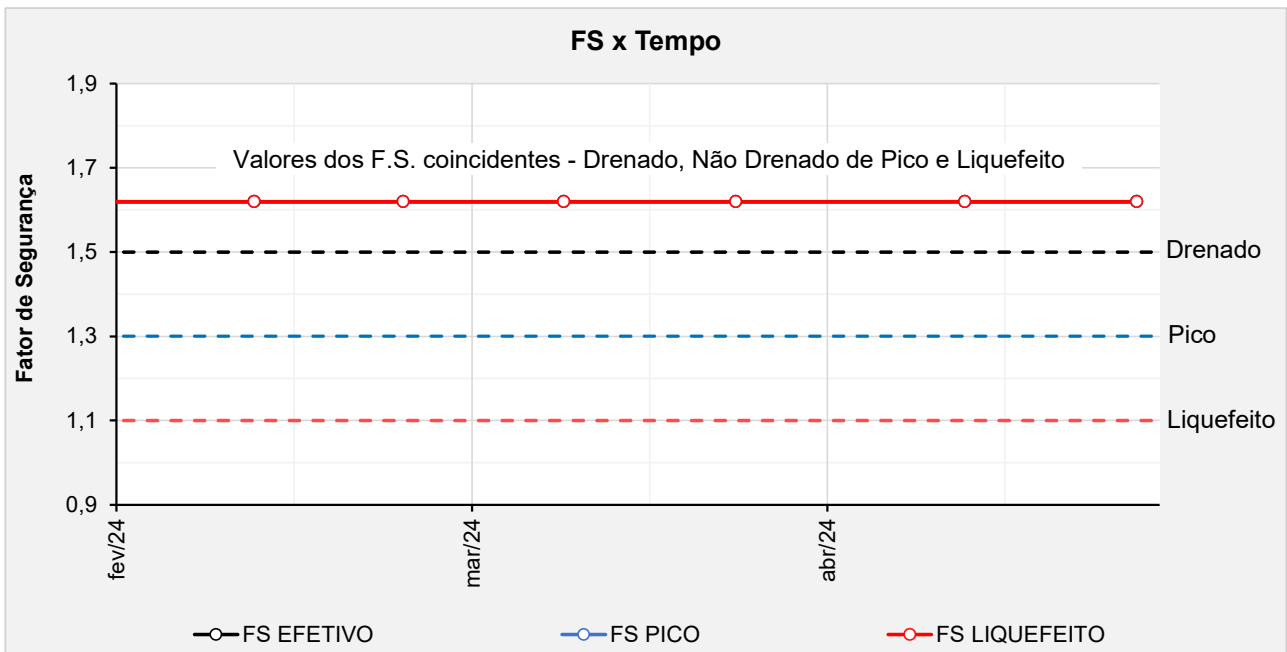
**Figura 5.150** – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.



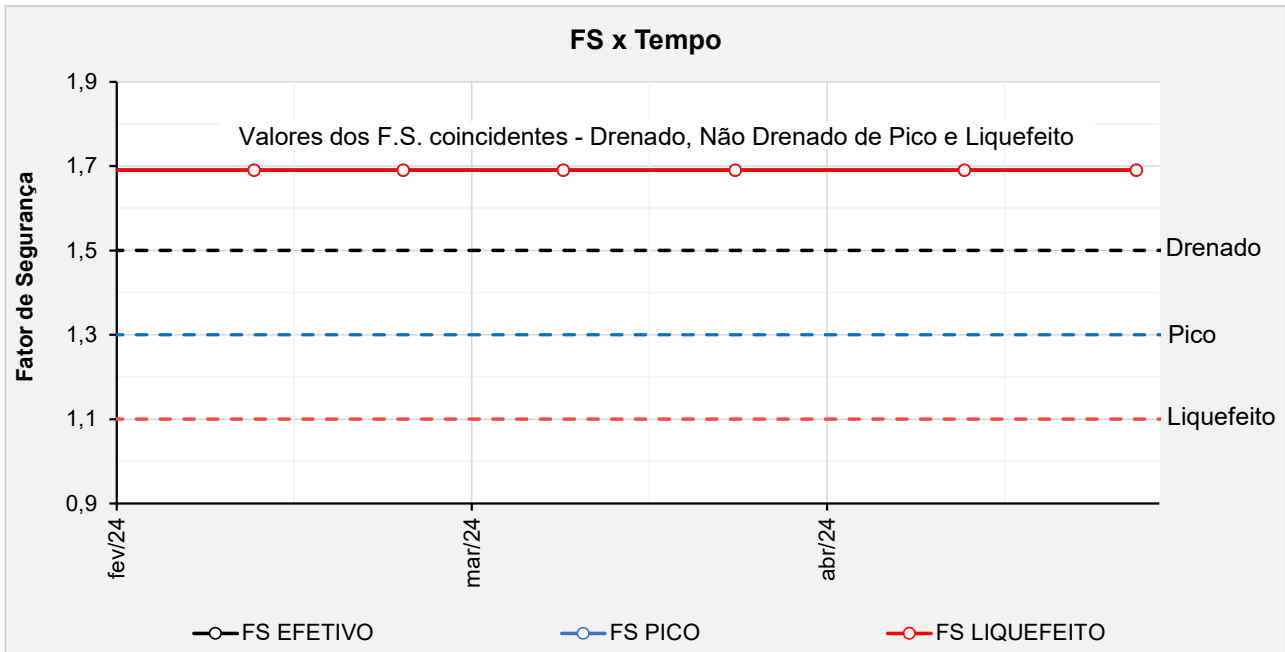
**Figura 5.151** – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.



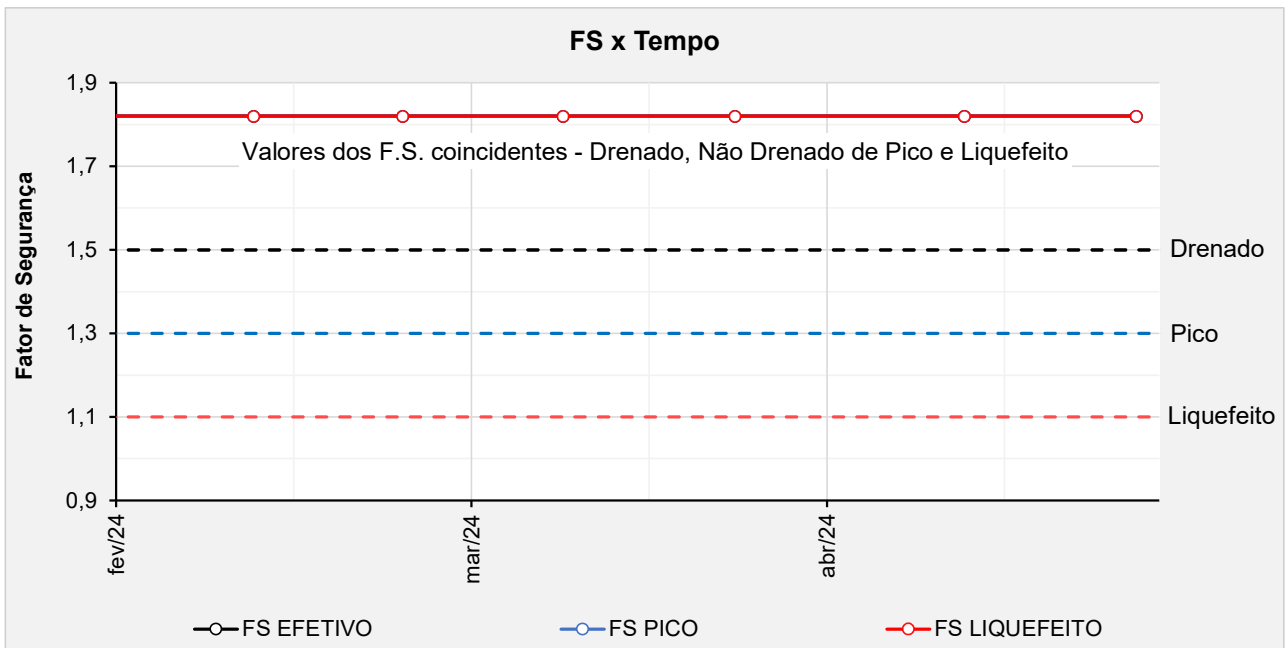
**Figura 5.152** – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.



**Figura 5.153** – Seção D-D' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.



**Figura 5.154** – Seção E-E' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.



**Figura 5.155** – Seção F-F' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

### 5.7 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

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



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

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

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

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

Conforme discutido nos documentos de consolidação e diagnóstico, o material contido no reservatório da barragem, o underflow utilizado na fundação e os sedimentos no interior do reservatório da Barragem B1 Ecológica são compostos por rejeitos ou sedimentos que foram caracterizados como materiais contráteis a partir da análise de ensaios CPTu. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade para todas as seções de controle da barragem na fase de diagnóstico, tanto para a condição não drenada de pico e condição não drenada liquefeita são superiores aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020, ou seja, se encontram acima de 1,3 e 1,1, respectivamente. Mesmo apresentando uma condição confortável atualmente, o monitoramento da superfície freática atuante na estrutura se constitui da principal premissa de controle da execução do projeto de descaracterização.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, considera-se que a estrutura da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico já atende a todos os requisitos legais em termos de segurança estrutural para que se inicie as obras de descaracterização.

Ressalta-se a importância da realização e manutenção das seguintes atividades:

- a) Análise de estabilidade que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles admitidos pela legislação vigente, a ser realizada antes do início das obras;
- b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação, prismas e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima semanal;
- c) Realização de análises de estabilidade quinzenal;
- d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem;
- e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem ou do aterro de reforço emitido pelo radar de superfície;
- f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
- g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição estabelecida na legislação, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista/consultoria que permita autorizar o retorno das atividades.

### 5.9 Rotina de Monitoramento

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

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura e que são lidos manualmente deverá ser verificado no mínimo uma vez por semana durante o período a execução do aterro de reforço.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados bem como o técnico responsável pela leitura manual deverá reportar imediatamente qualquer anomalia nas leituras realizadas.

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

- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;
- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 04 (quatro) sismógrafos instalados na barragem
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumescimento do solo etc.

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

## 6. Obras de Descaracterização

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

## 7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

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

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

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
<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 aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras
<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 aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e representações gráficas em escala adequada: b) Memorial descritivo e layout das soluções geotécnicas empregadas durante as obras, incluindo a necessidade de esgotamento da água acumulada no interior da barragem e, caso haja, da infraestrutura de apoio das frentes de obras;	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
I. Memorial descritivo das obras de descaracterização da barragem, contendo os seguintes dados e informações e	Não aplicável.

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
<p>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;</p>	<p>Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p>
<p>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.</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p>
<p>II. Apresentar levantamentos topográficos e batimétricos, quando couber, da barragem no estado atual das obras de descaracterização.</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p>
<p>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;</p>	<p>Não se aplica. O projeto de descaracterização prevê o contrapilamento da estrutura atual.</p>
<p>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;</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p>
<p>V. Apresentar análises de estabilidade nas condições drenada e não drenada, e levando em consideração as solicitações sísmicas que possam atuar sobre a estrutura, avaliando as resistências de pico e residual para a geometria da barragem na atual etapa da obra;</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.  Foram apresentadas análises de estabilidade da condição atual</p>
<p>VI. Apresentar o andamento das medidas de estabilização e/ou reforço para atingir no mínimo os fatores de segurança estabelecidos no item V, bem como das medidas de contingência adotadas caso a estabilidade da estrutura durante as obras não possa ser garantida;</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.  Atualmente, os fatores de segurança já atendem aos exigidos pelo item V.</p>
<p>VII. Apresentar o andamento das obras para: a) Remoção das infraestruturas associadas à barragem, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;</p>	<p>Não aplicável. As infraestruturas associadas à barragem já foram removidas.</p>
<p>VII. Apresentar o andamento das obras para: b) Reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.  O nível d'água é mantido o mínimo possível na área do reservatório com o fluxo sendo direcionado pelo canal de cintura para o extravasor de serviço operacional.</p>

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
<p>VII. Apresentar o andamento das obras para: c) Garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local.</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.  Atualmente os fatores de segurança já atendem aos exigidos pelo item V.</p>
<p>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.</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p>
<p>IX. Apresentar as leituras da instrumentação instalada na barragem, informando a periodicidade adotada para as leituras e a relação dos níveis registrados pelos instrumentos com os Níveis de Controle de Segurança estabelecidos para a estrutura</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.  Foram apresentadas leituras da instrumentação atualizada com histórico de dois anos hidrológicos.</p>
<p>X. Apresentar as leituras e a avaliação de desempenho da instrumentação empregada especificamente, caso houver, para o período das obras de descaracterização;</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p>
<p>XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p>
<p>XII. Apresentar os protocolos adotados para garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras;</p>	<p>O TR de descaracterização de barragens alteadas pelo método de montante não exige protocolo para garantir a segurança dos trabalhadores da obra para barragens com declaração de condição de estabilidade garantida, caso da Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico. O projeto atende ao exposto no item 3.3.1 do TR. Tal protocolo é exigido apenas para estruturas que se encontram em nível de alerta. De qualquer forma o projeto trata de critérios de inspeção e monitoramento para paralisação das obras conforme apresentado no Capítulo 12, mais específico no item 12.3 do Relatório de Descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.763).</p>

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
<p>XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem;</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras. Registros fotográficos da condição atual da estrutura são apresentados quinzenalmente nos relatórios de performance geotécnica.</p>
<p><b>1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO</b></p>	
<p>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;</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p>
<p>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;</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p>
<p>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;</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p>
<p>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;</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p>
<p>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;</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p>
<p>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.</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p>
<p>III. Apresentar os resultados de avaliação da qualidade da água no atual estágio das obras de descaracterização;</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p>
<p>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</p>	<p>Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p>

ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA	JUSTIFICATIVA
descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;	
V. Apresentar as medidas mitigadoras e emergenciais adotadas visando a continuidade do abastecimento público a jusante da barragem até a Zona de Autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundárias - ZSS, caso exista captação de água à jusante da estrutura.	Não aplicável. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.
<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 aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às 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 aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando aprovação do projeto executivo de descaracterização para dar início às obras.

## 8. Assinaturas

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



Elias Josafá Cota

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

- Responsável técnico pela barragem:

Wellington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)



## 9. 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>