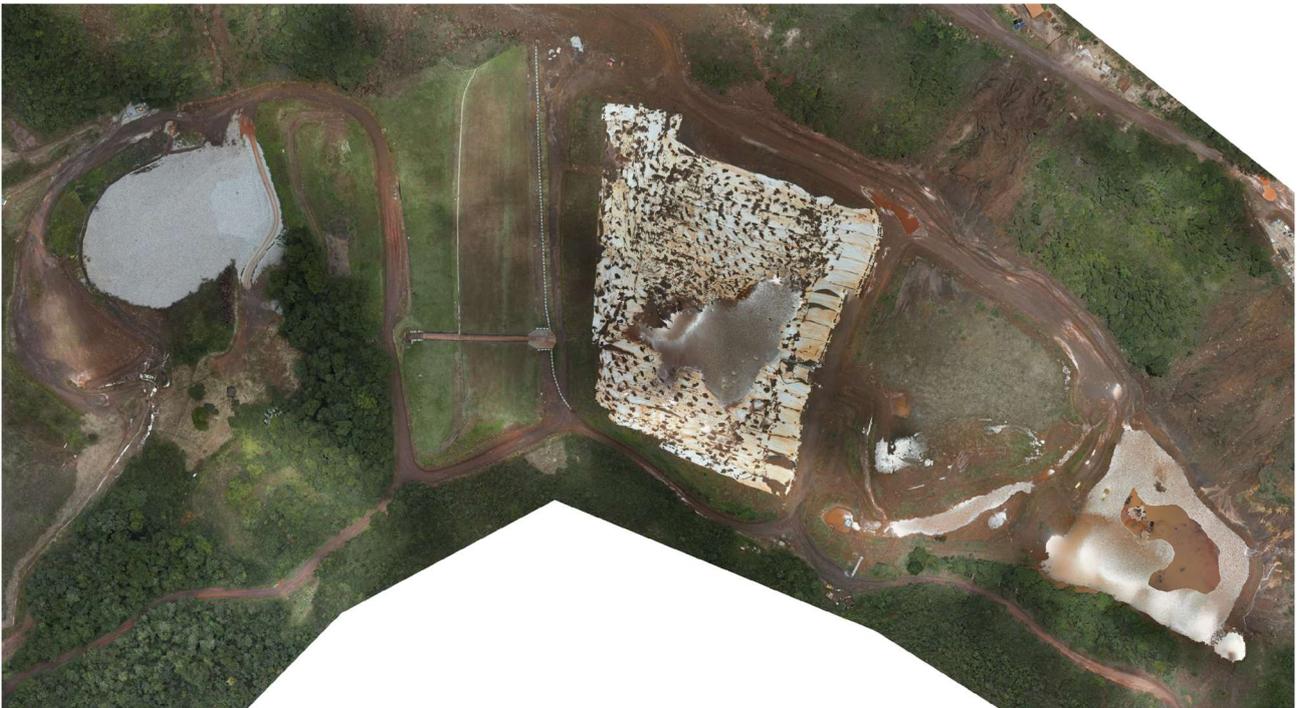


TERRACOTA
GEOTECNIA

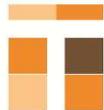
BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

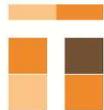


RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO

RELATÓRIO TÉCNICO
12825-R-BA-RL-34-GE_r0

FEVEREIRO
2025

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------------------|-------------------------------------------------------------|---------|------|------|------------------|------|------|---------|------|------|------|------|------|
|  <p>TERRACOTA GEOTECNIA</p> | | <p align="center">TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p align="center">MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº. CONTRATADA: 12825-R-BA-RL-34-GE_r0 | | <p align="center">BARRAGEM B1 – MINA IPÊ</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº. MORRO DO IPÊ: IPE.OP.RL.8000.GT.20.1131 | | <p align="center">RELATÓRIO TÉCNICO</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | <p align="center">RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p align="center">CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS</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 | | | | | | | |
| 2 | X | | | | 27 | X | | | | 52 | X | | | | 77 | X | | | | | | | |
| 3 | X | | | | 28 | X | | | | 53 | X | | | | 78 | X | | | | | | | |
| 4 | X | | | | 29 | X | | | | 54 | X | | | | 79 | X | | | | | | | |
| 5 | X | | | | 30 | X | | | | 55 | X | | | | 80 | X | | | | | | | |
| 6 | X | | | | 31 | X | | | | 56 | X | | | | 81 | X | | | | | | | |
| 7 | X | | | | 32 | X | | | | 57 | X | | | | 82 | X | | | | | | | |
| 8 | X | | | | 33 | X | | | | 58 | X | | | | 83 | X | | | | | | | |
| 9 | X | | | | 34 | X | | | | 59 | X | | | | 84 | X | | | | | | | |
| 10 | X | | | | 35 | X | | | | 60 | X | | | | 85 | X | | | | | | | |
| 11 | X | | | | 36 | X | | | | 61 | X | | | | 86 | X | | | | | | | |
| 12 | X | | | | 37 | X | | | | 62 | X | | | | 87 | X | | | | | | | |
| 13 | X | | | | 38 | X | | | | 63 | X | | | | 88 | X | | | | | | | |
| 14 | X | | | | 39 | X | | | | 64 | X | | | | 89 | X | | | | | | | |
| 15 | X | | | | 40 | X | | | | 65 | X | | | | 90 | X | | | | | | | |
| 16 | X | | | | 41 | X | | | | 66 | X | | | | 91 | X | | | | | | | |
| 17 | X | | | | 42 | X | | | | 67 | X | | | | 92 | X | | | | | | | |
| 18 | X | | | | 43 | X | | | | 68 | X | | | | 93 | X | | | | | | | |
| 19 | X | | | | 44 | X | | | | 69 | X | | | | 94 | X | | | | | | | |
| 20 | X | | | | 45 | X | | | | 70 | X | | | | 95 | X | | | | | | | |
| 21 | X | | | | 46 | X | | | | 71 | X | | | | 96 | X | | | | | | | |
| 22 | X | | | | 47 | X | | | | 72 | X | | | | 97 | X | | | | | | | |
| 23 | X | | | | 48 | X | | | | 73 | X | | | | 98 | X | | | | | | | |
| 24 | X | | | | 49 | X | | | | 74 | X | | | | 99 | X | | | | | | | |
| 25 | X | | | | 50 | X | | | | 75 | X | | | | 100 | X | | | | | | | |
| REV. | T.E | DESCRIÇÃO DAS REVISÕES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 00 | B | EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE EMISSÃO | (A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO | | | | | (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO | | | | | (I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO | | | | | | | | | | | | |
| | REV. 00 | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. |
| DATA | 24/02/2025 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EXECUTADO | GFL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VERIFICADO | EJC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| APROVADO | EJC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------------------|-------------------------------------------------------------|---------|------|------|------------------|---------|-----|--|--|--|--|--|
|  TERRACOTA GEOTECNIA | | TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº. CONTRATADA: 12825-R-BA-RL-34-GE_r0 | | BARRAGEM B1 – MINA IPÊ RELATÓRIO TÉCNICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº. MORRO DO IPÊ: IPE.OP.RL.8000.GT.20.1131 | | RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rev doc | 00 | | | | | Rev doc | | | | | | Rev doc | | | | Rev doc | | | | | | |
| Revisão da folha | | | | | Revisão da folha | | | | | Revisão da folha | | | | | Revisão da folha | | | | | | | |
| 101 | X | | | | | 126 | | | | | | 151 | | | | | 176 | | | | | |
| 102 | X | | | | | 127 | | | | | | 152 | | | | | 177 | | | | | |
| 103 | X | | | | | 128 | | | | | | 153 | | | | | 178 | | | | | |
| 104 | X | | | | | 129 | | | | | | 154 | | | | | 179 | | | | | |
| 105 | X | | | | | 130 | | | | | | 155 | | | | | 180 | | | | | |
| 106 | X | | | | | 131 | | | | | | 156 | | | | | 181 | | | | | |
| 107 | X | | | | | 132 | | | | | | 157 | | | | | 182 | | | | | |
| 108 | X | | | | | 133 | | | | | | 158 | | | | | 183 | | | | | |
| 109 | X | | | | | 134 | | | | | | 159 | | | | | 184 | | | | | |
| 110 | X | | | | | 135 | | | | | | 160 | | | | | 185 | | | | | |
| 111 | X | | | | | 136 | | | | | | 161 | | | | | 186 | | | | | |
| 112 | X | | | | | 137 | | | | | | 162 | | | | | 187 | | | | | |
| 113 | X | | | | | 138 | | | | | | 163 | | | | | 188 | | | | | |
| 114 | X | | | | | 139 | | | | | | 164 | | | | | 189 | | | | | |
| 115 | X | | | | | 140 | | | | | | 165 | | | | | 190 | | | | | |
| 116 | X | | | | | 141 | | | | | | 166 | | | | | 191 | | | | | |
| 117 | X | | | | | 142 | | | | | | 167 | | | | | 192 | | | | | |
| 118 | | | | | | 143 | | | | | | 168 | | | | | 193 | | | | | |
| 119 | | | | | | 144 | | | | | | 169 | | | | | 194 | | | | | |
| 120 | | | | | | 145 | | | | | | 170 | | | | | 195 | | | | | |
| 121 | | | | | | 146 | | | | | | 171 | | | | | 196 | | | | | |
| 122 | | | | | | 147 | | | | | | 172 | | | | | 197 | | | | | |
| 123 | | | | | | 148 | | | | | | 173 | | | | | 198 | | | | | |
| 124 | | | | | | 149 | | | | | | 174 | | | | | 199 | | | | | |
| 125 | | | | | | 150 | | | | | | 175 | | | | | 200 | | | | | |
| REV. | T.E | DESCRIÇÃO DAS REVISÕES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 00 | B | EMISSÃO PARA COMENTÁRIOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE EMISSÃO | (A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO | | | | | (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO | | | | | (I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO | | | | | | | | | | | |
| | REV. 00 | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | REV. | | | | | | | |
| DATA | 24/02/2025 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EXECUTADO | GFL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VERIFICADO | EJC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| APROVADO | EJC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMÁRIO

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

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

1. Introdução

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

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

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

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

2. Documentos de referência

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

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

3. Códigos e Normas

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

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

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.

CNPJ: 22.902.554/0001-17

Inscrição Estadual: 293732116

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

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

E-mail: casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.

CNPJ: 22.902.554/0001-17

Processo Administrativo
COPAM nº: 37478/2016

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

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

E-mail: casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário: 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

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

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

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

4.7 Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Empresa responsável pela elaboração do projeto de descaracterização

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

Equipe que participou da elaboração do projeto de descaracterização

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

4.8 Localização da Barragem

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

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.

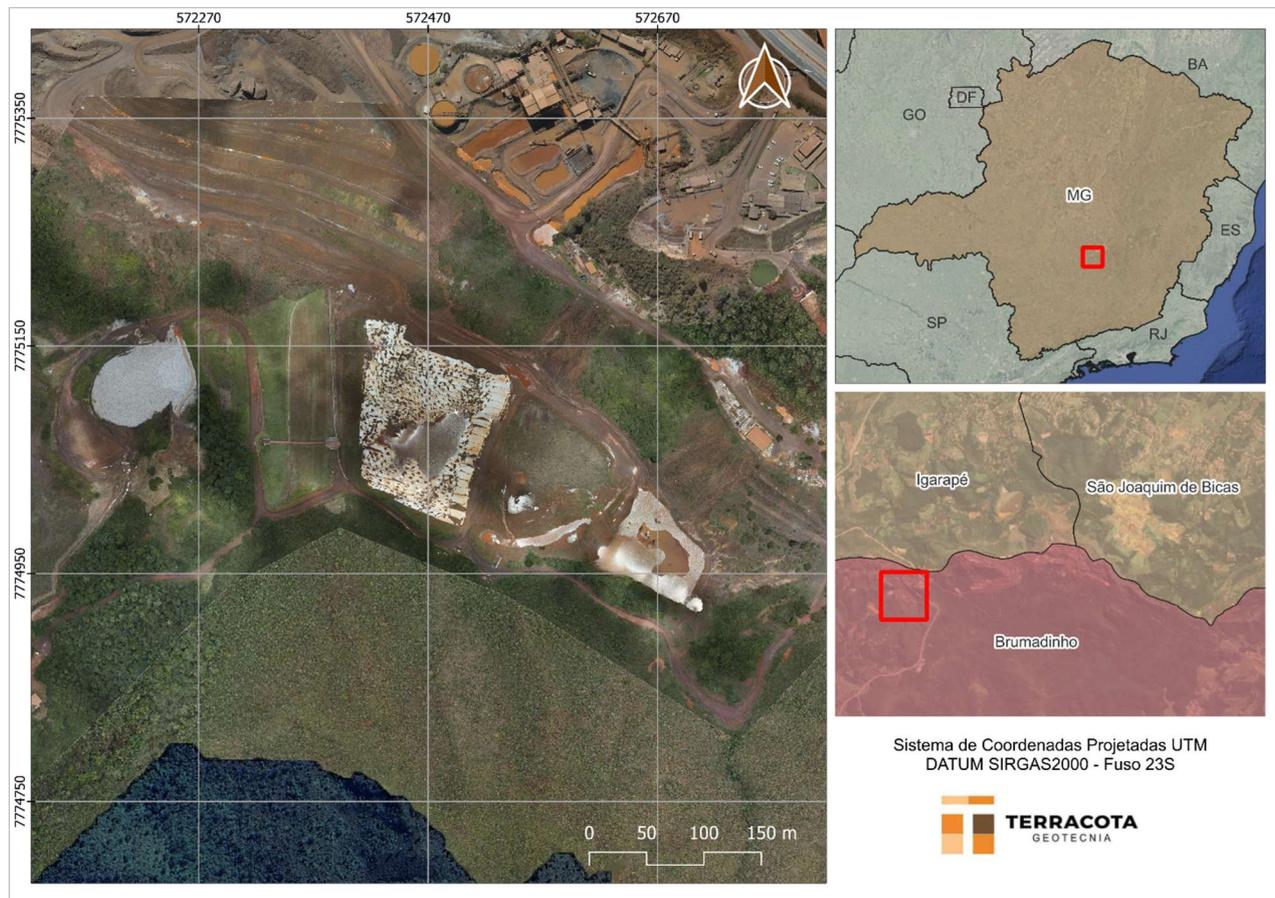


Figura 4.1 – Localização da Barragem B1 – Mina Ipê.

4.9 Função atual

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

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

4.10 Características Gerais

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(****) Valores considerando o topo da barreira New Jersey implantada na elevação mínima 1.058,50 m.

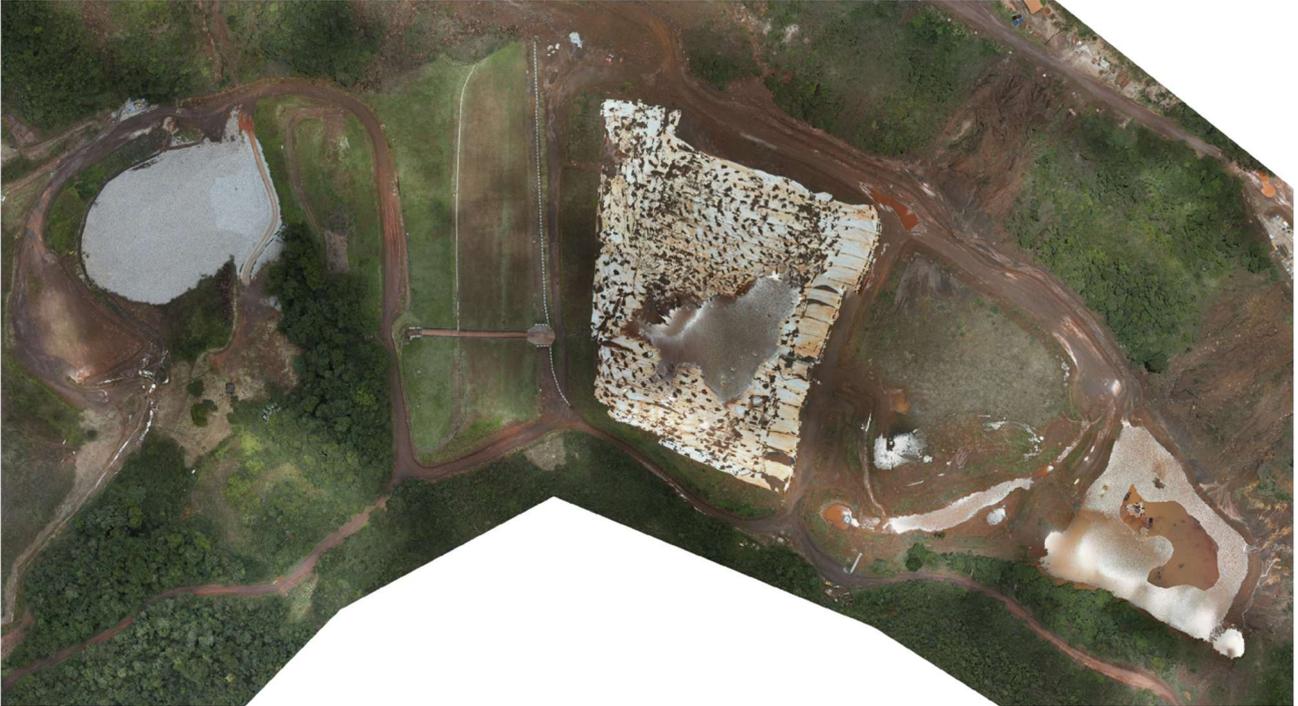


Figura 4.2 – Imagem da Barragem B1 – Mina Ipê. (Fonte: Ortofoto MMI – Janeiro/2025).

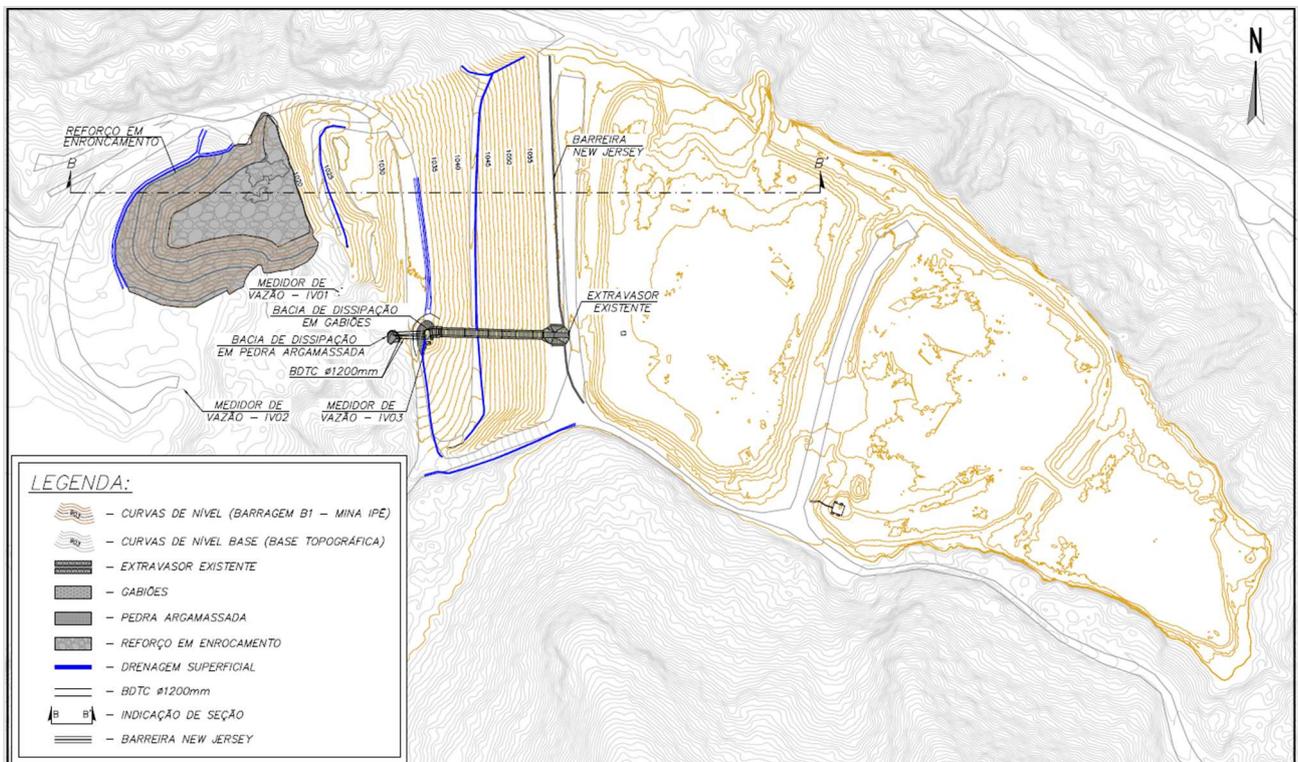


Figura 4.3 – Arranjo Geral atual da Barragem B1 – Mina Ipê.

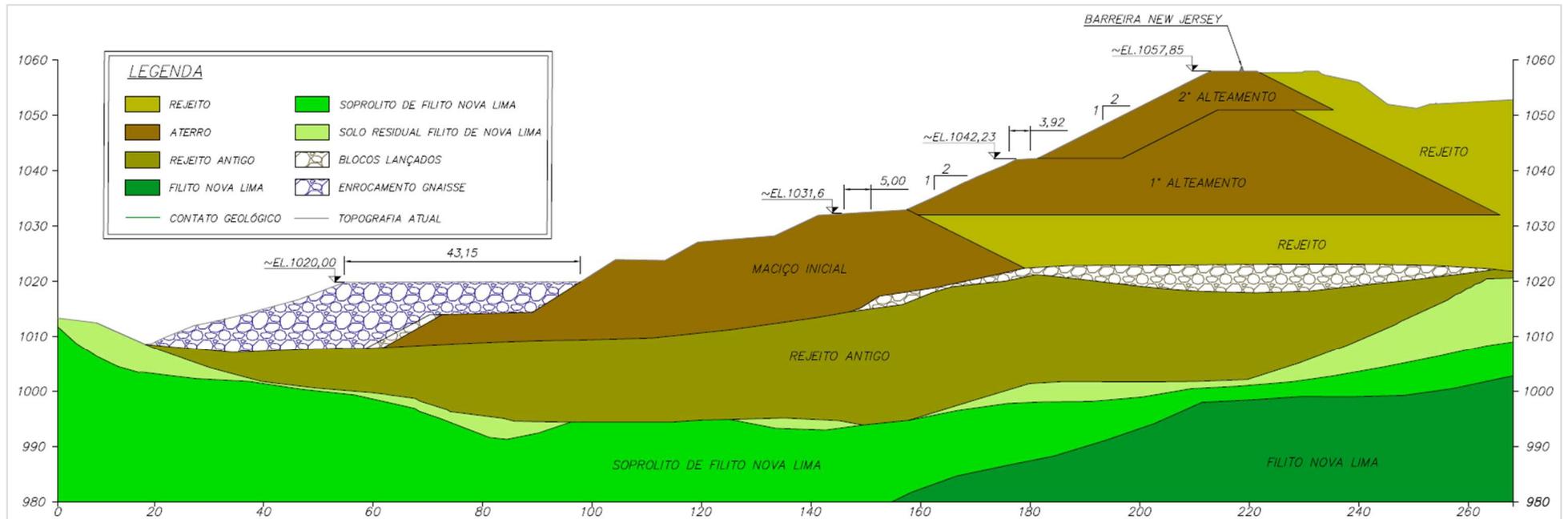


Figura 4.4 – Seção de maior altura B-B' da Barragem B1 – Mina Ipê.

4.11 Classificação da Barragem

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

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

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

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

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

Tabela 4.3 – Potencial de Dano Ambiental.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5. Projeto de Descaracterização

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

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

5.1 Descrição do Projeto

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

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

Etapa 1

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

Etapa 2

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 226.600.m³;
- Volume de blocos a serem removidos da fundação: 14.210.m³;
- Volume de blocos a serem removidos do aterro de reforço a jusante: 31.705 m³;
- Volume de "rejeitos antigos" a serem removidos da fundação: 99.000.m³;¹
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 224.062.m³.

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

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

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

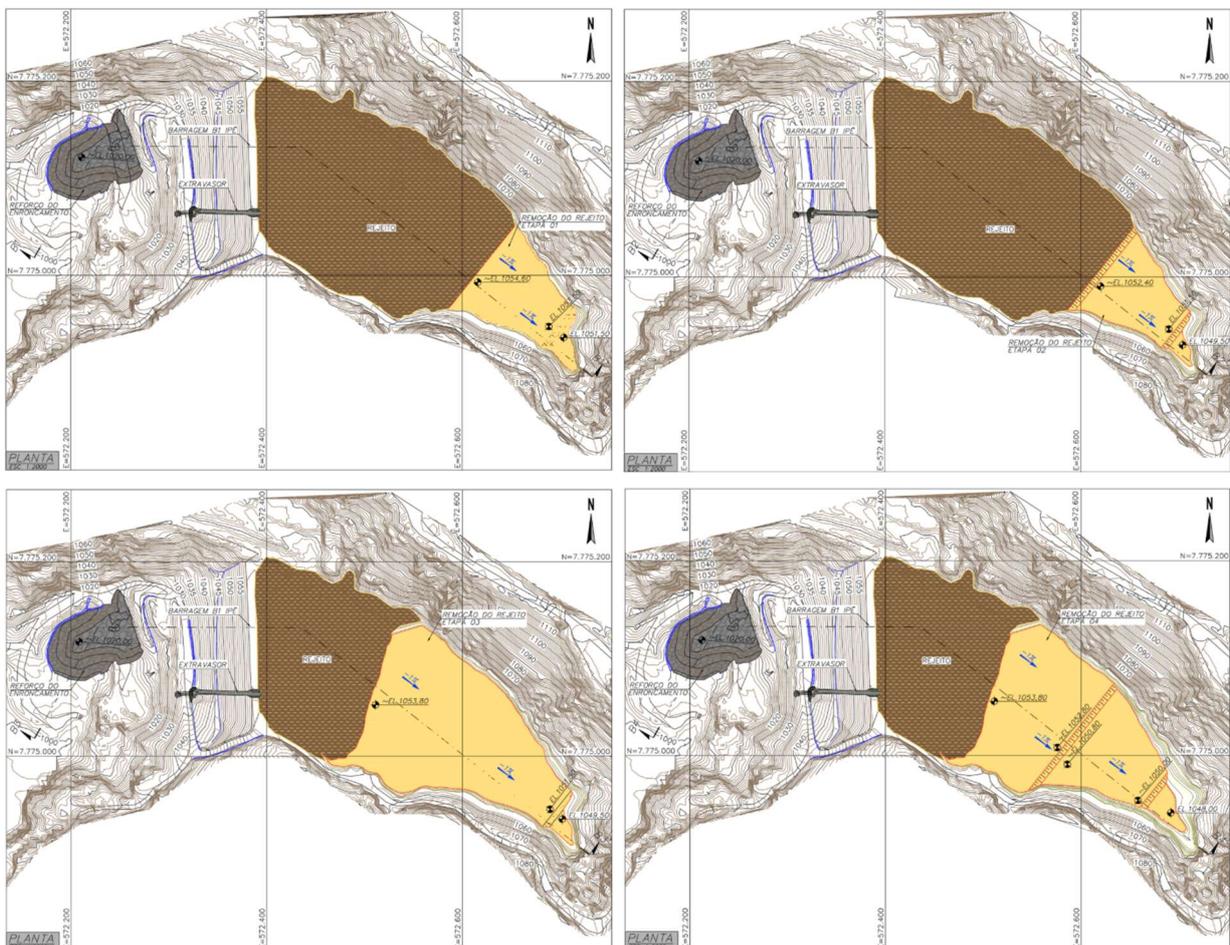


Figura 5.1 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente às quatro primeiras etapas.

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

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

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

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

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

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

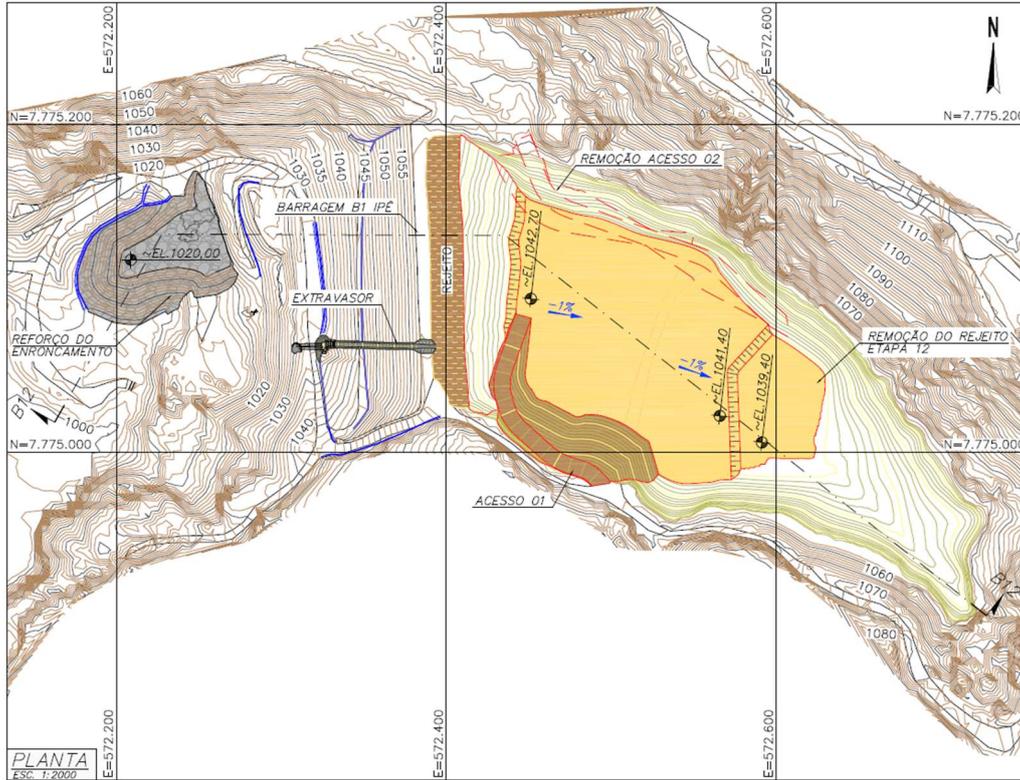


Figura 5.2 – Etapa 12 – Remoção do rejeito do reservatório sem escavação do maciço.

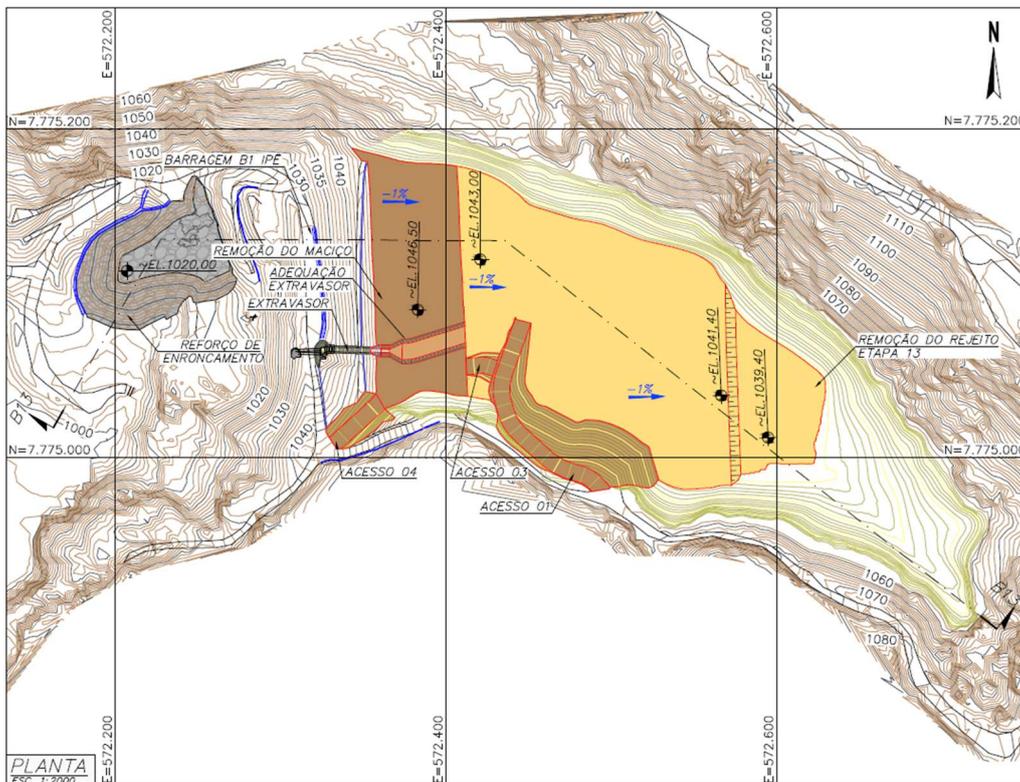


Figura 5.3 – Etapa 13 – Escavação do maciço e implantação de novo sistema extravasor.

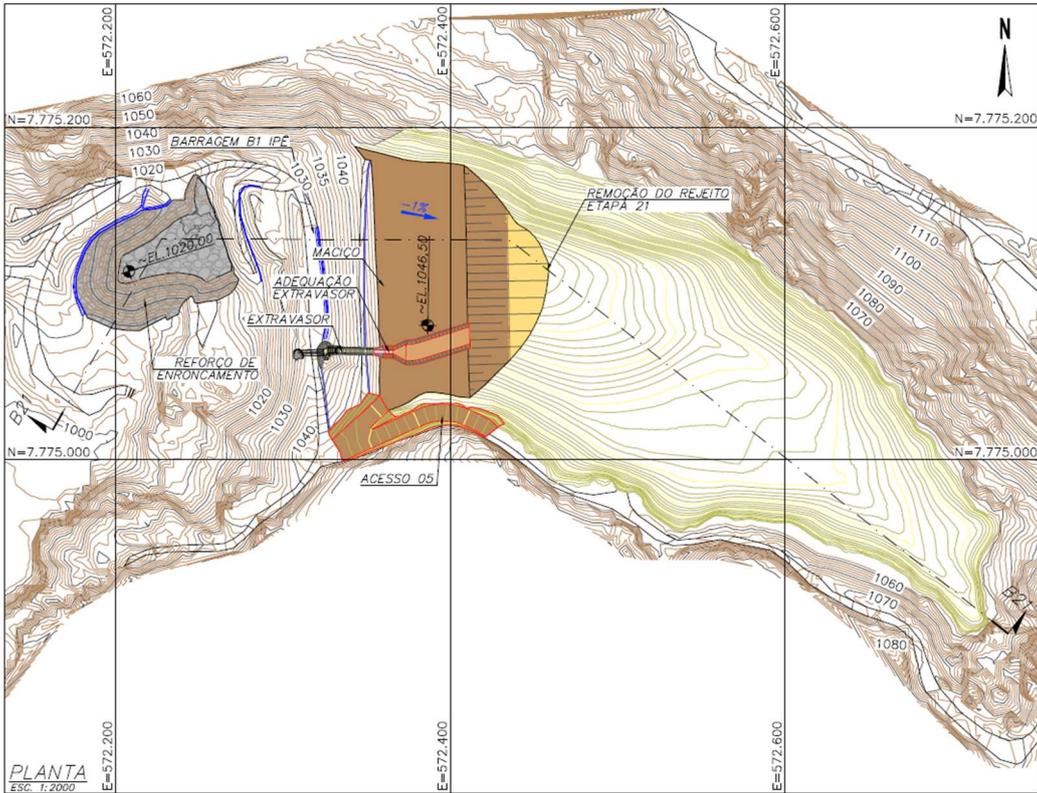


Figura 5.4 – Etapa 21 – Início da escavação do restante dos maciços e do rejeito antigo e a conformação do fundo do vale.

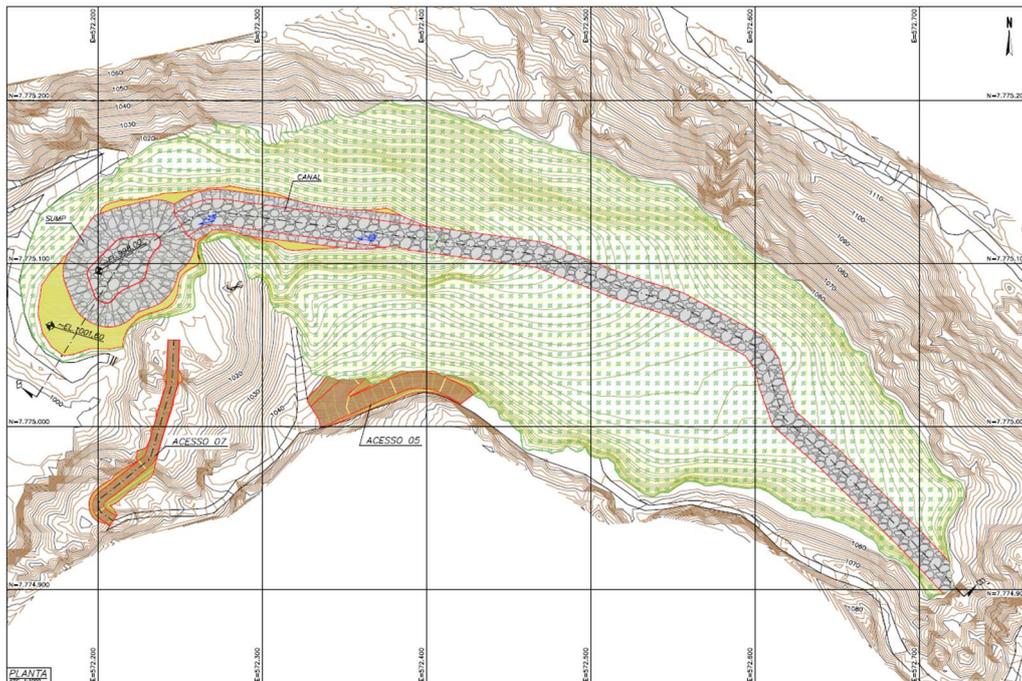


Figura 5.5 – Arranjo geral após a finalização das obras.

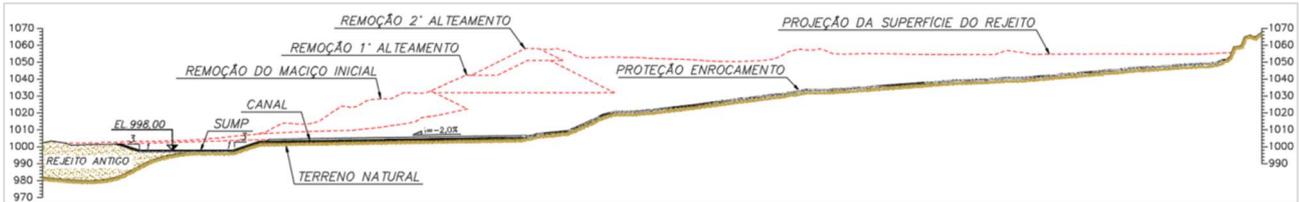


Figura 5.6 – Seção transversal passando pelo vale após a finalização das obras.

5.2 Alterações de Projeto

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

5.3 Atividades Preparatórias

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

5.3.1 Poços de Rebaixamento

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

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



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



Foto 5.2 – Vista dos tanques e bomba BA13.

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

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



Foto 5.3 – Vista do poço – PT-02.



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

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



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

5.3.2 Sistema de Bombeamento no Reservatório

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



Foto 5.5 – Sistema de bombeamento localizado na baía intermediária.

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



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



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

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

5.3.3 Marcos de Monitoramento na Encosta

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



Foto 5.8 – Marco de deslocamento instalado na encosta.



Foto 5.9 – Marco de referência para realização das leituras.

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

Tabela 5.1 – Dados Cadastrais dos Marcos de Monitoramento da Encosta

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

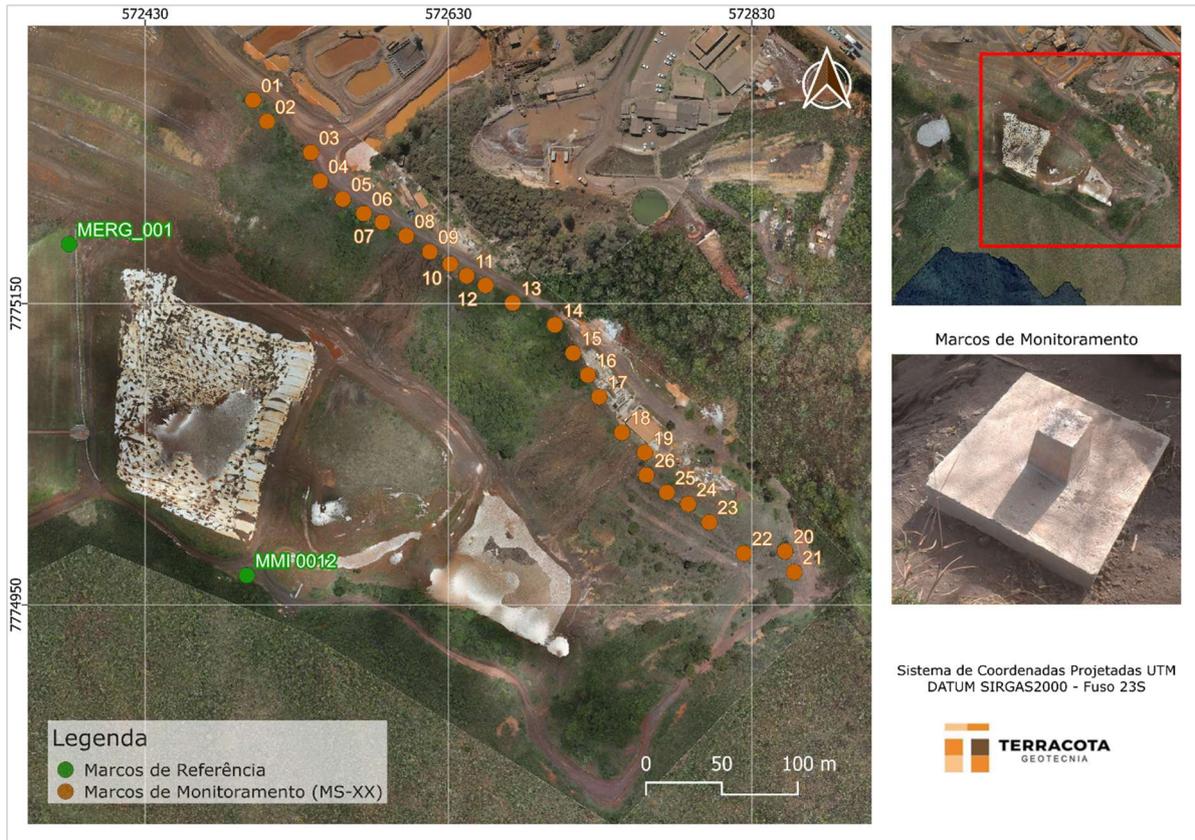


Figura 5.8 – Localização dos marcos de monitoramento da encosta na margem direita do reservatório da Barragem B1 – Mina Ipê.

5.3.4 Dispositivos de Monitoramento do Talude da Encosta

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



Foto 5.10 – Visão da câmera DEFOX.



Foto 5.11 – Detalhe da câmera DEFOX.

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



Figura 5.9 – Imagem ilustrativa do software Altave.

5.4 Atividades Complementares

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

5.4.1 Instalação de Barreira *New Jersey*

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

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



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



Foto 5.13 – Detalhe da barreira *New Jersey*.

5.5 Cronograma

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

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

5.6 Riscos Geológicos-Geotécnicos

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

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

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

5.7 Condição da Estrutura no Período Avaliado

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

5.7.1 Inspeções de Campo

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

5.7.2 Anomalias Detectadas Durante as Inspeções

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

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

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

LEGENDA:

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

5.7.3 Instrumentação Instalada na Barragem

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

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

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

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

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

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

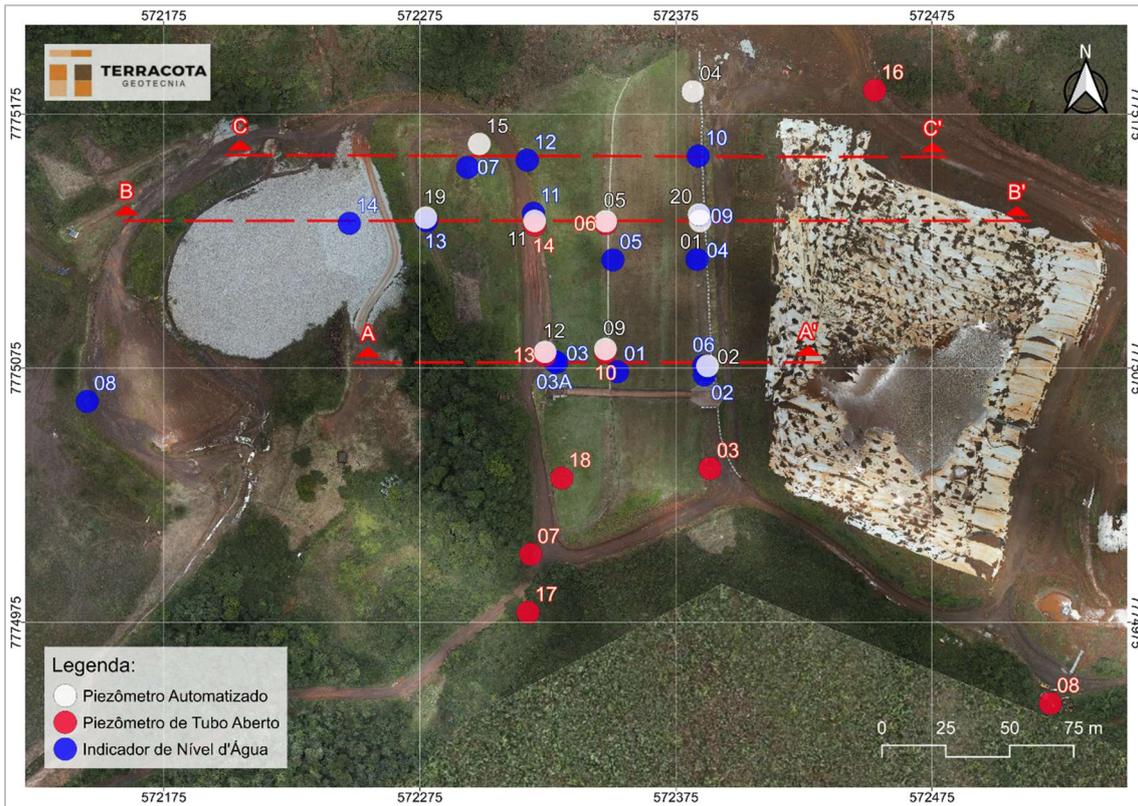


Figura 5.11 – Localização dos INA's e PZ's – Barragem B1 – Mina Ipê.

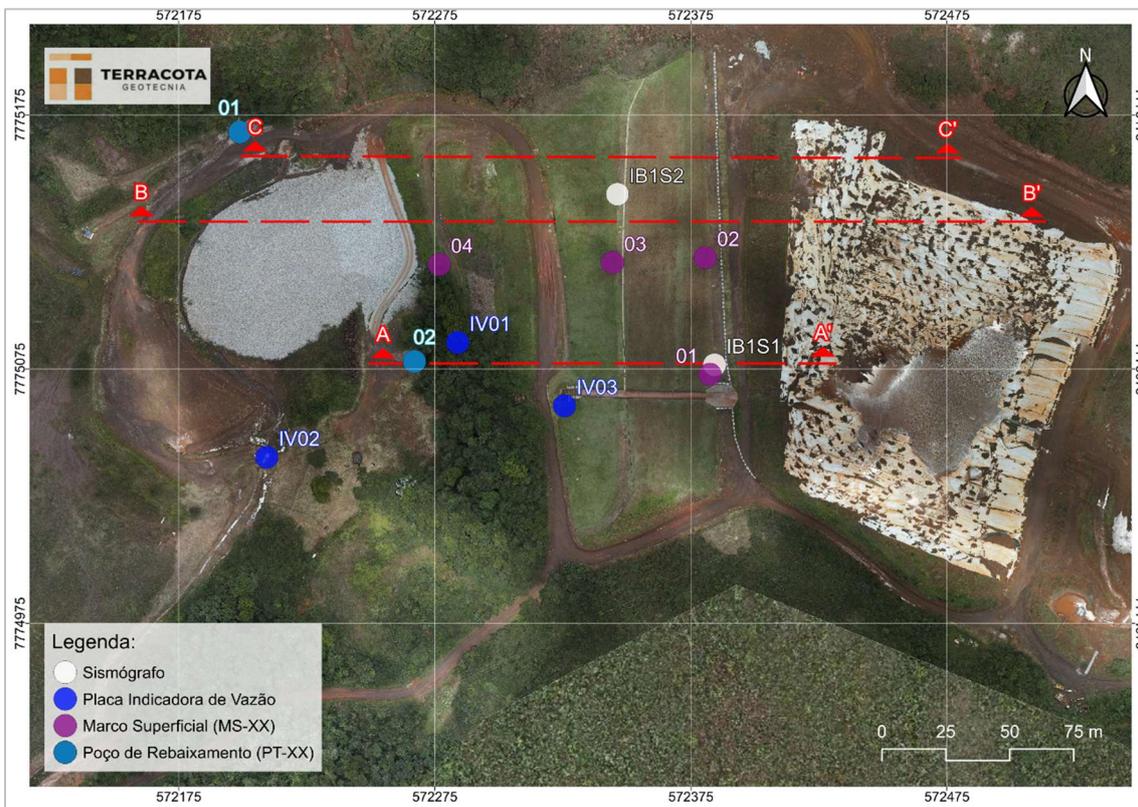


Figura 5.12 – Localização Marcos Superficiais, Sismógrafos e Placas Indicadoras de Vazão – Barragem B1 – Mina Ipê.

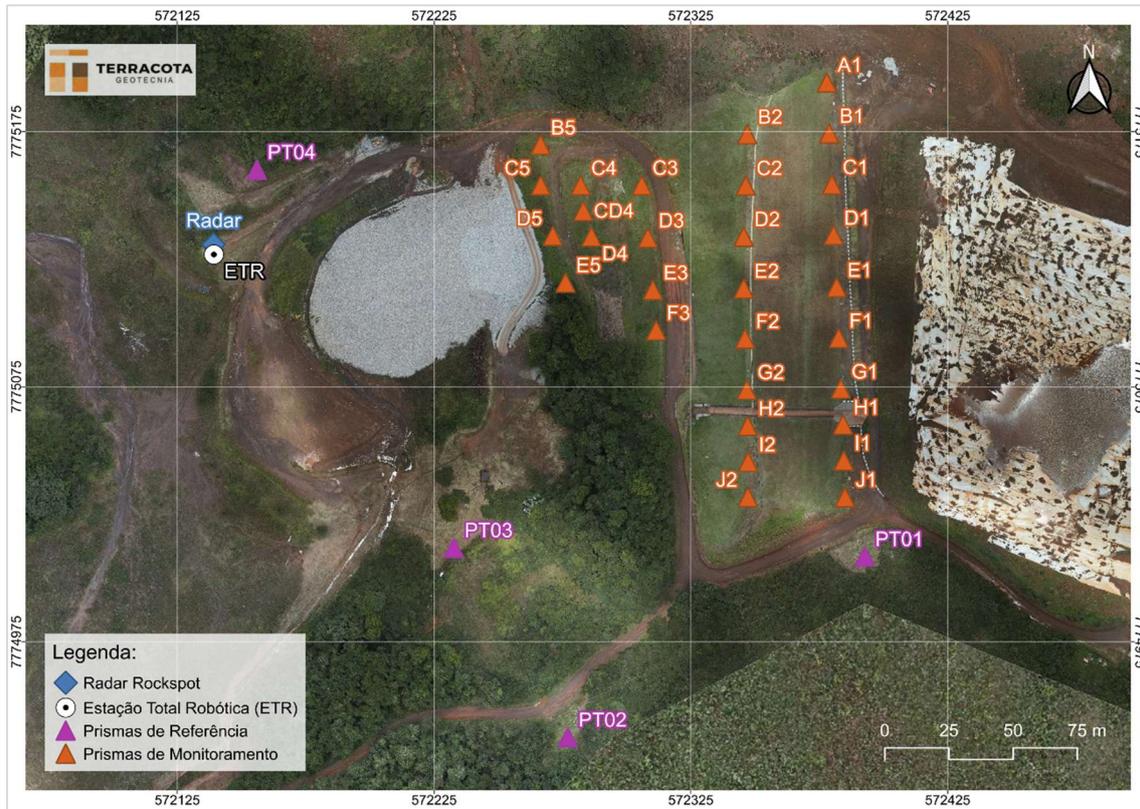


Figura 5.13 – Localização dos prismas instalados no maciço da Barragem B1 – Mina Ipê.

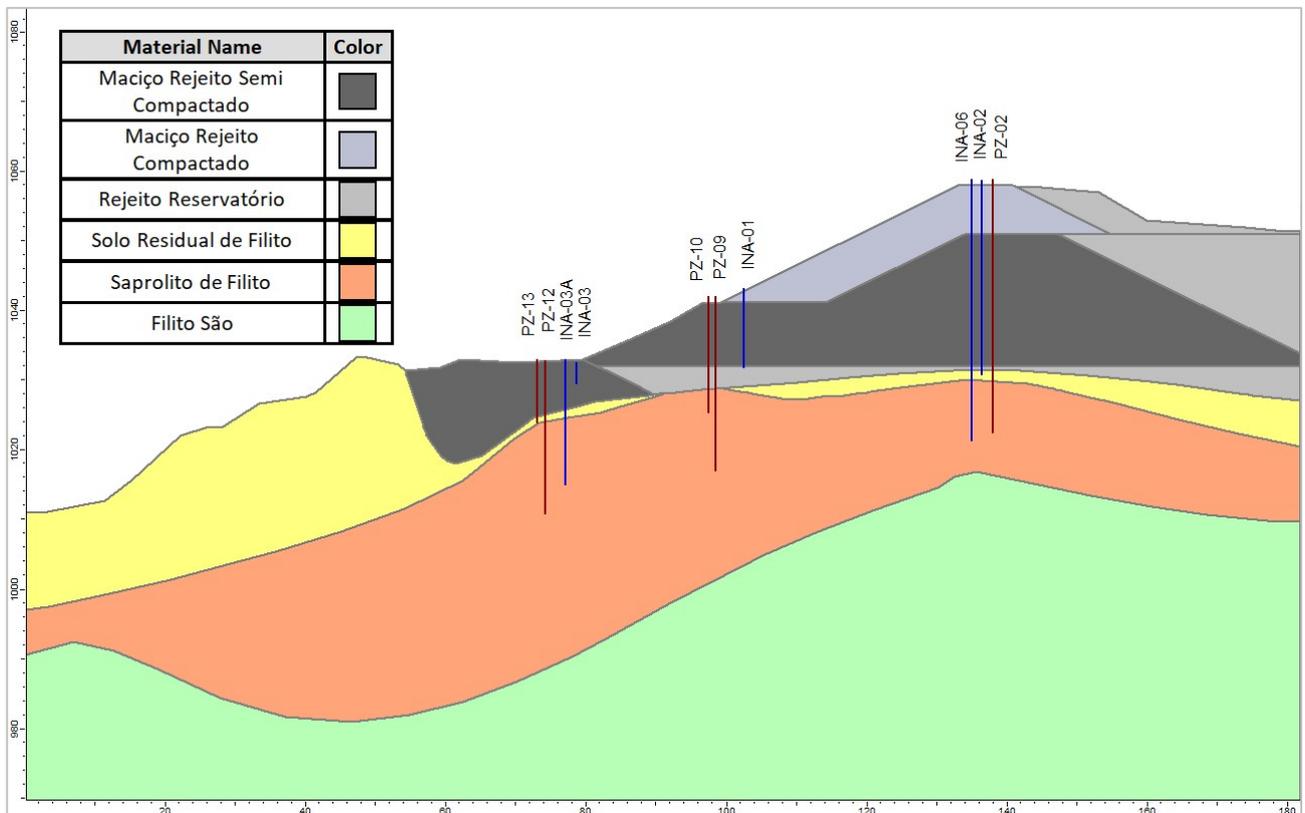


Figura 5.14 – Seção transversal de controle A-A'.

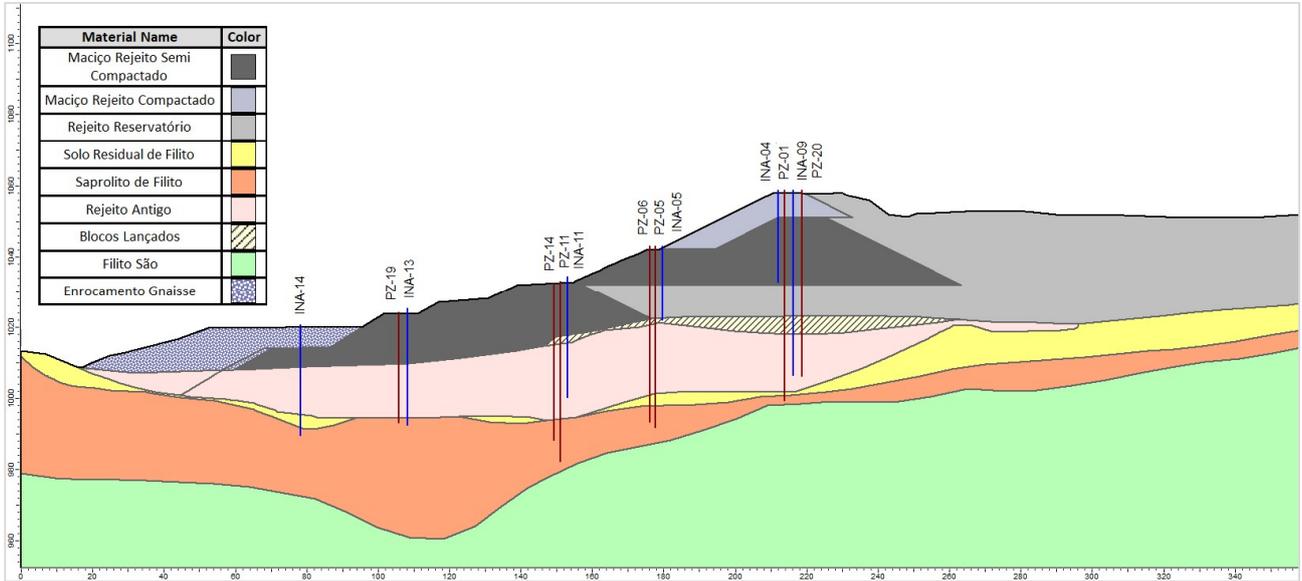


Figura 5.15 – Seção transversal de controle B-B'.

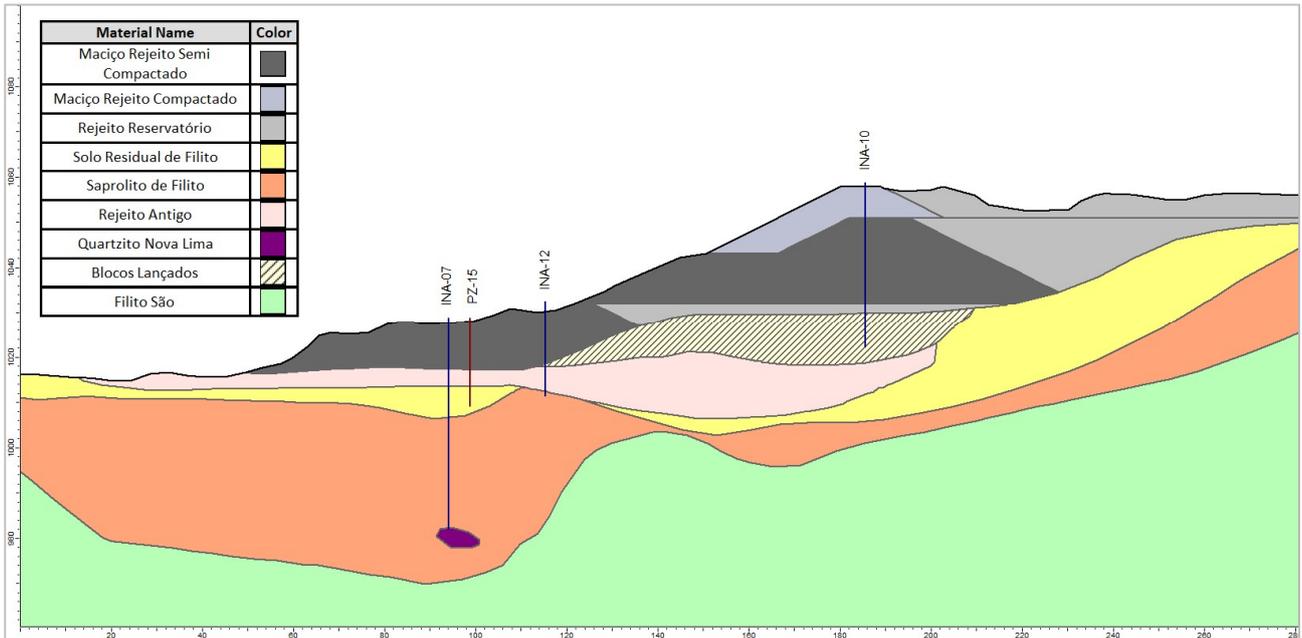


Figura 5.16 – Seção transversal de controle C-C'.

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

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

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

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

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

5.7.3.1 Leituras da Instrumentação

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

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

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

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

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

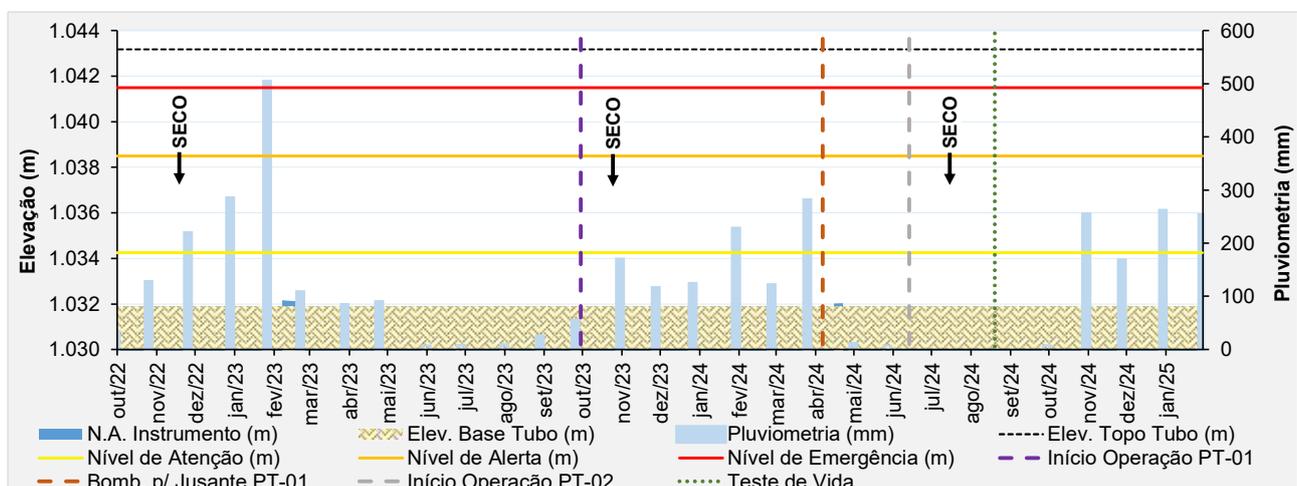


Figura 5.17 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-01.

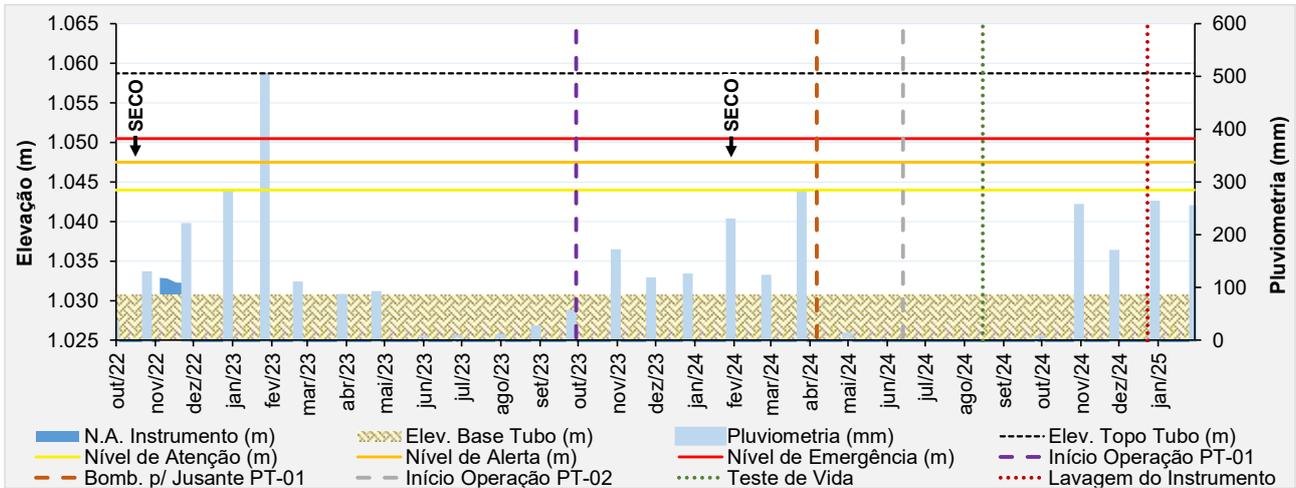


Figura 5.18 - Desempenho do indicador de nível d'água - INA-02.

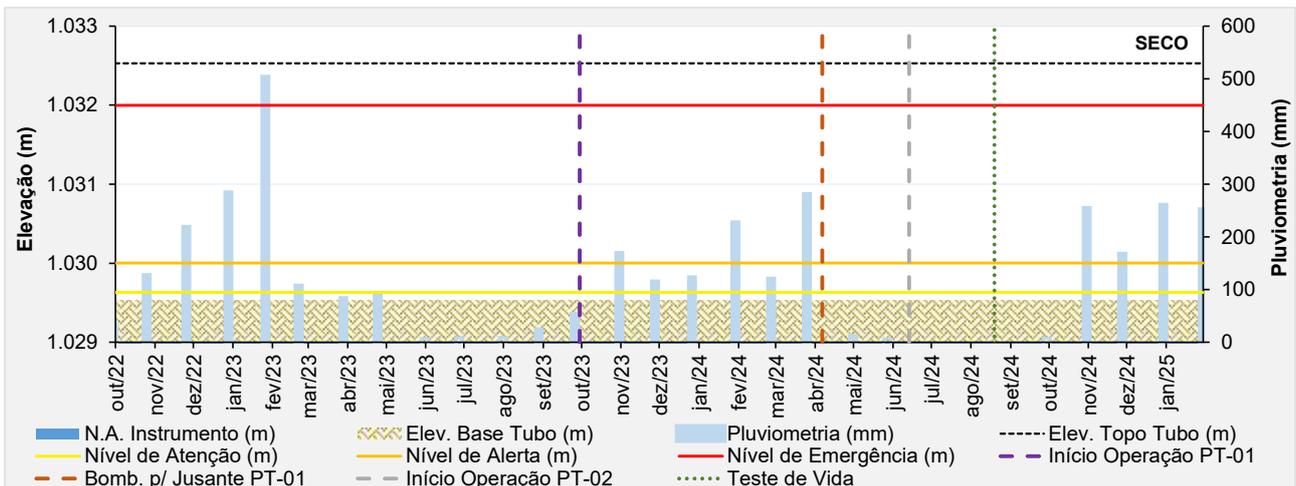


Figura 5.19 - Desempenho do indicador de nível d'água - INA-03.

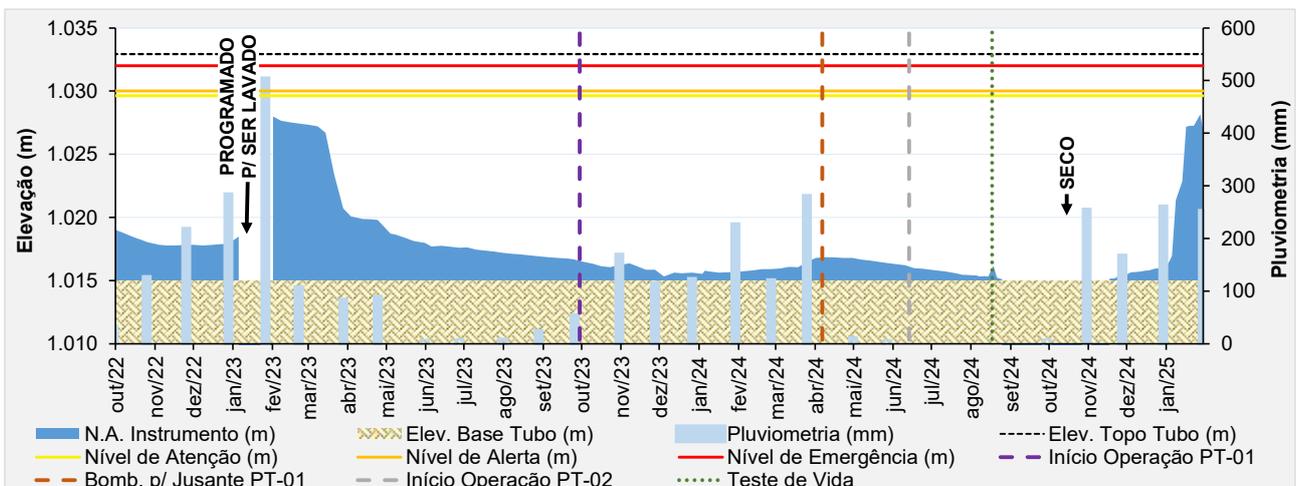
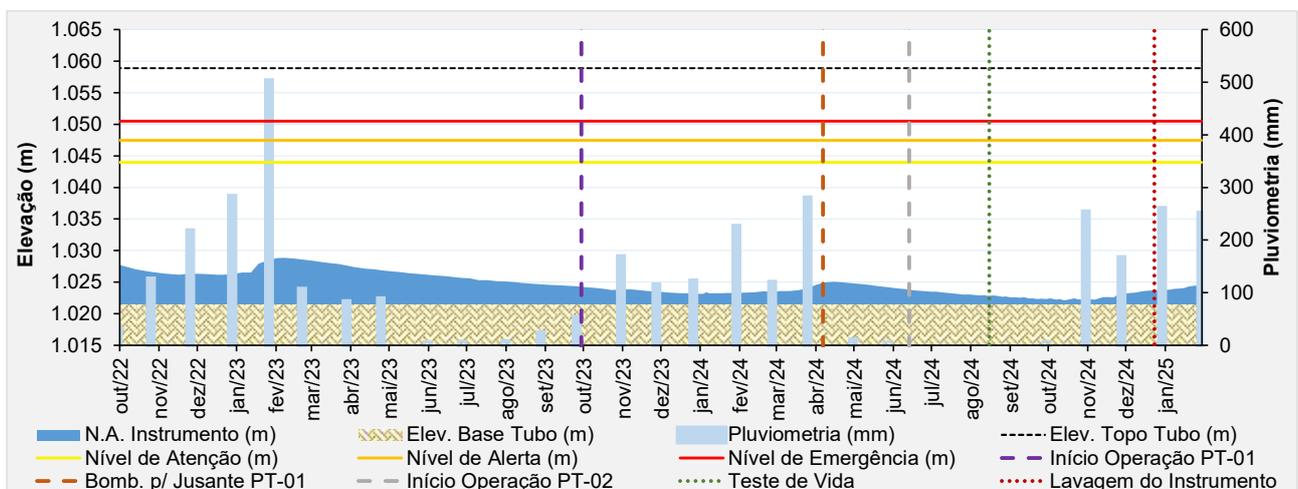
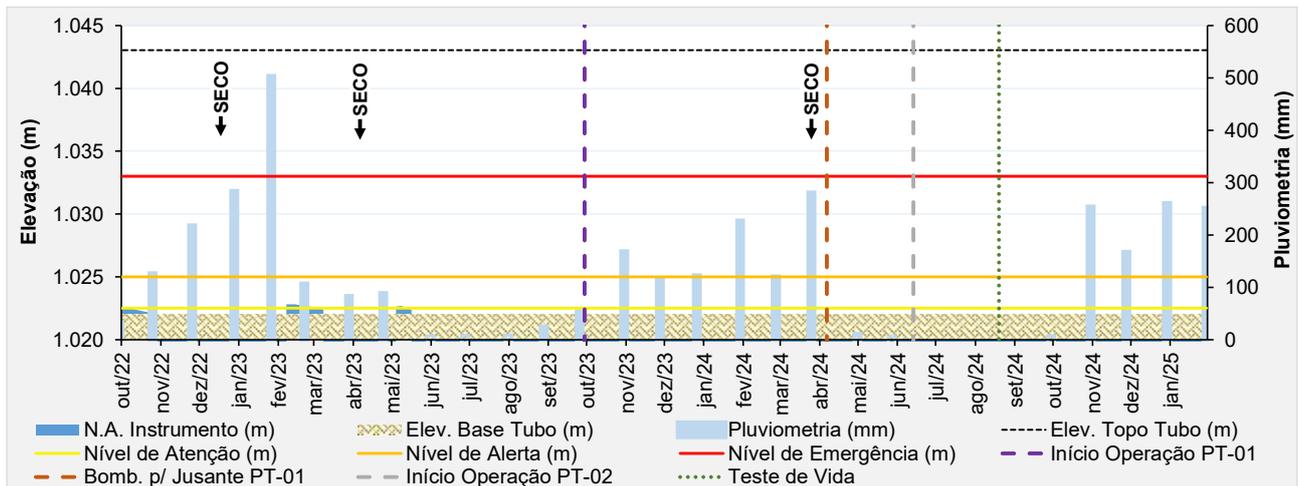
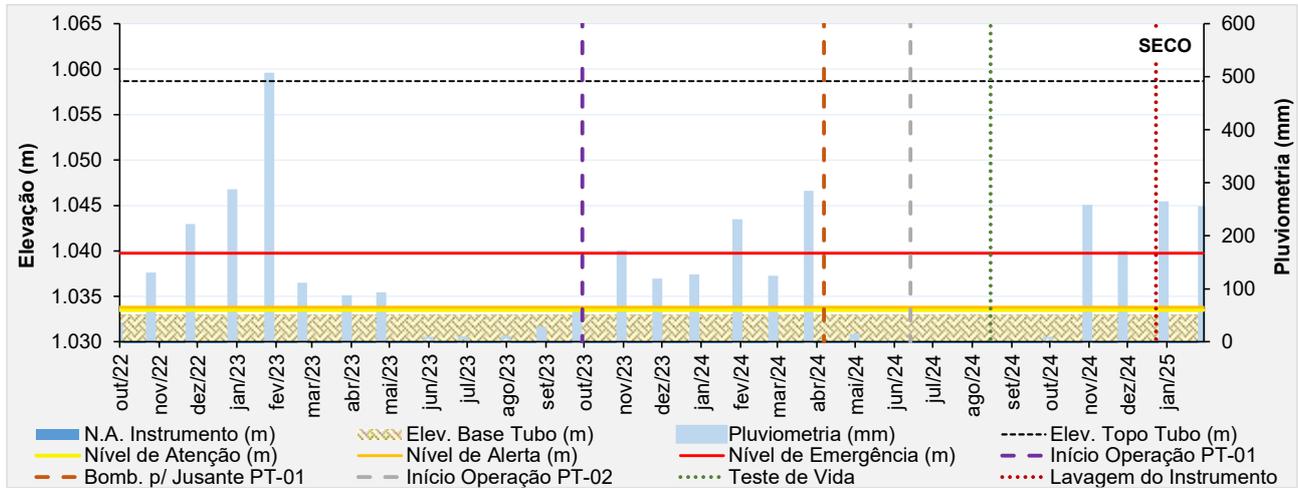
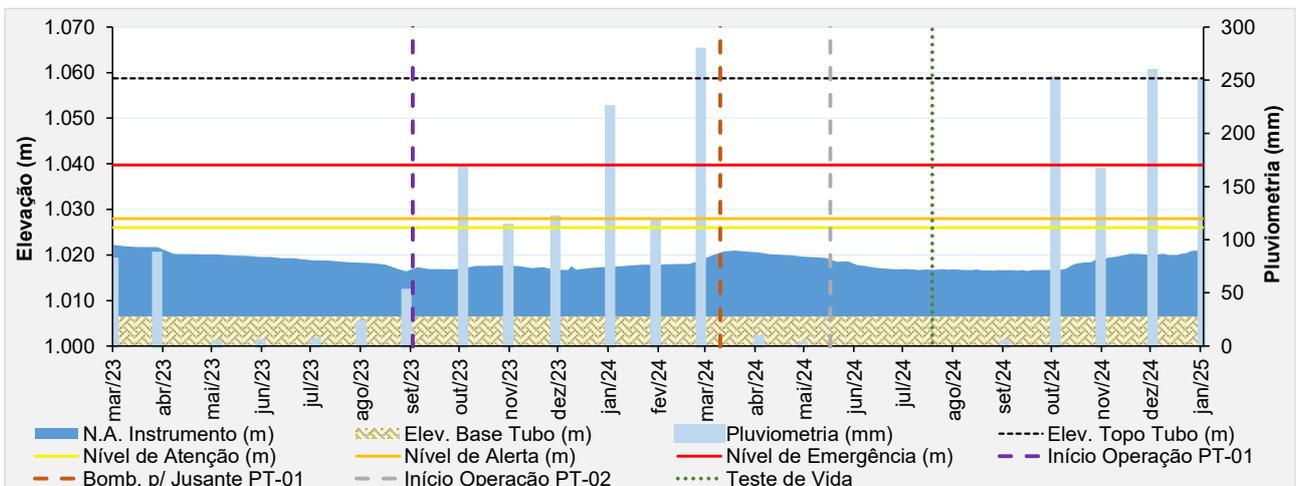
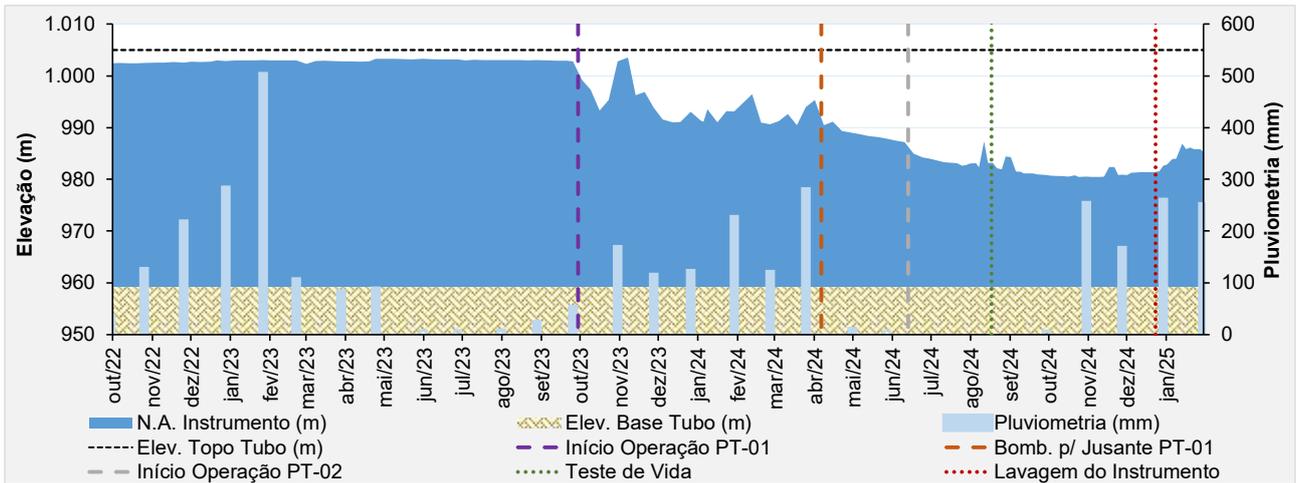
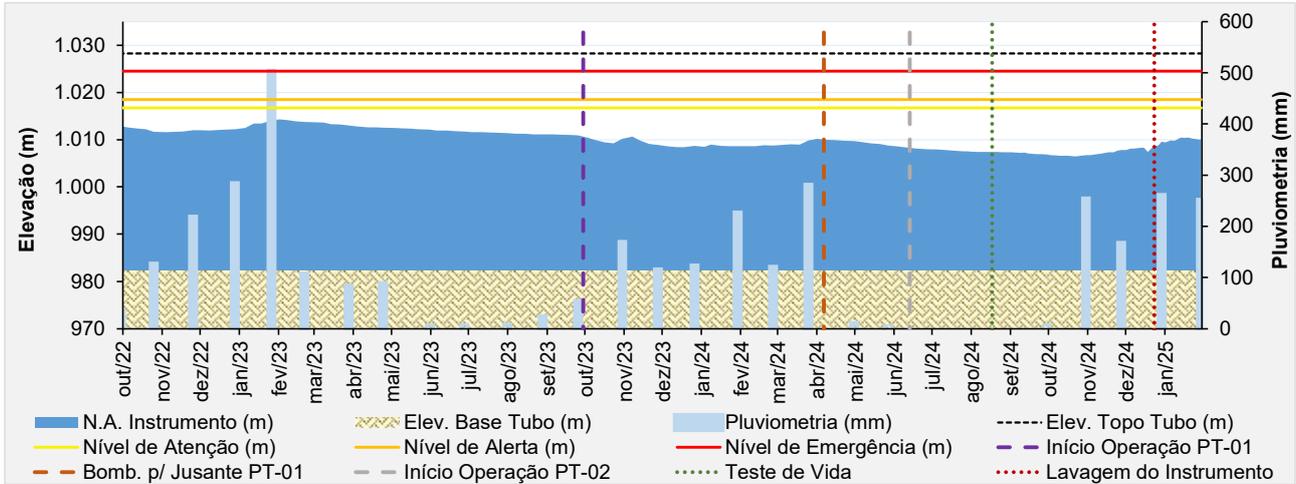


Figura 5.20 - Desempenho do indicador de nível d'água - INA-03A.





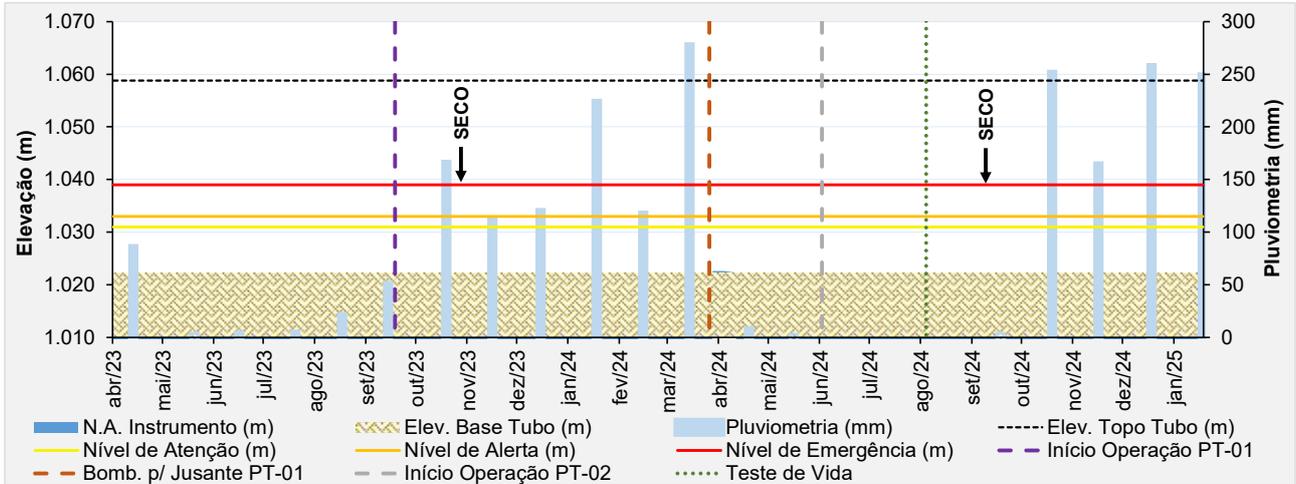


Figura 5.27 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-10.

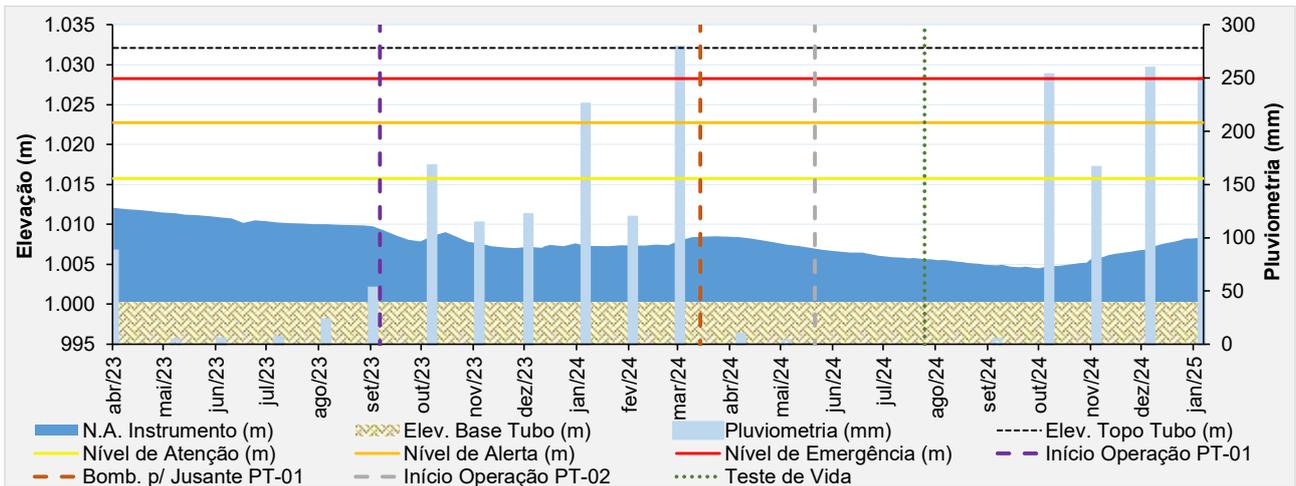


Figura 5.28 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-11.

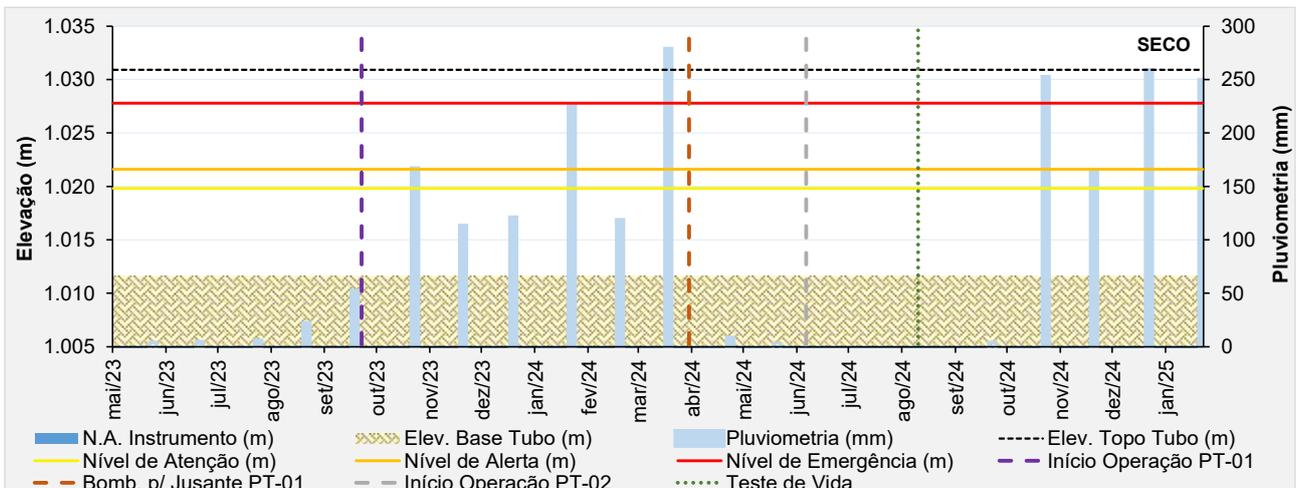


Figura 5.29 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-12.

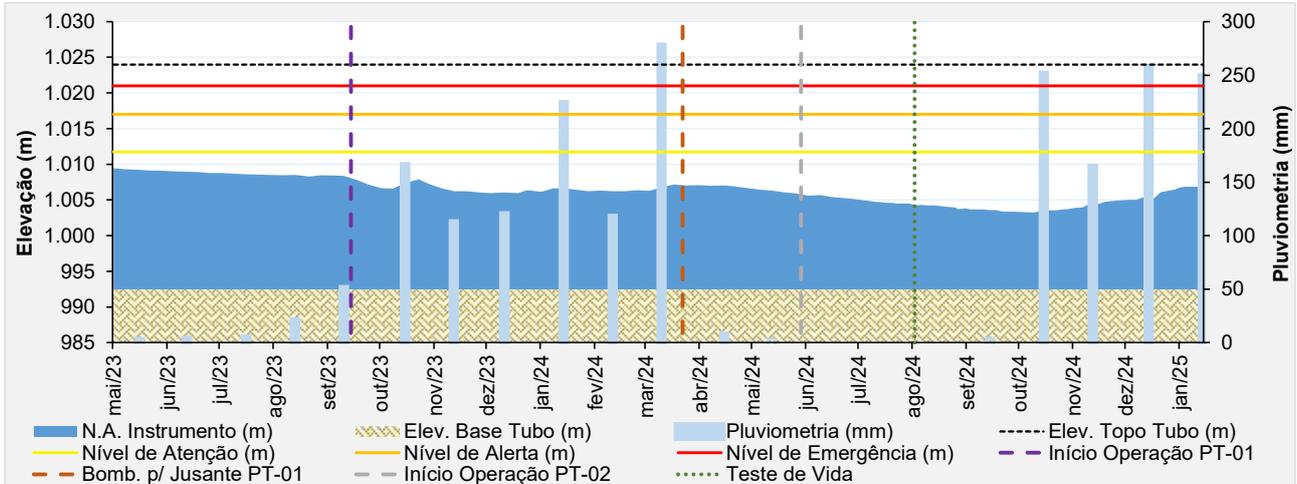


Figura 5.30 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-13.

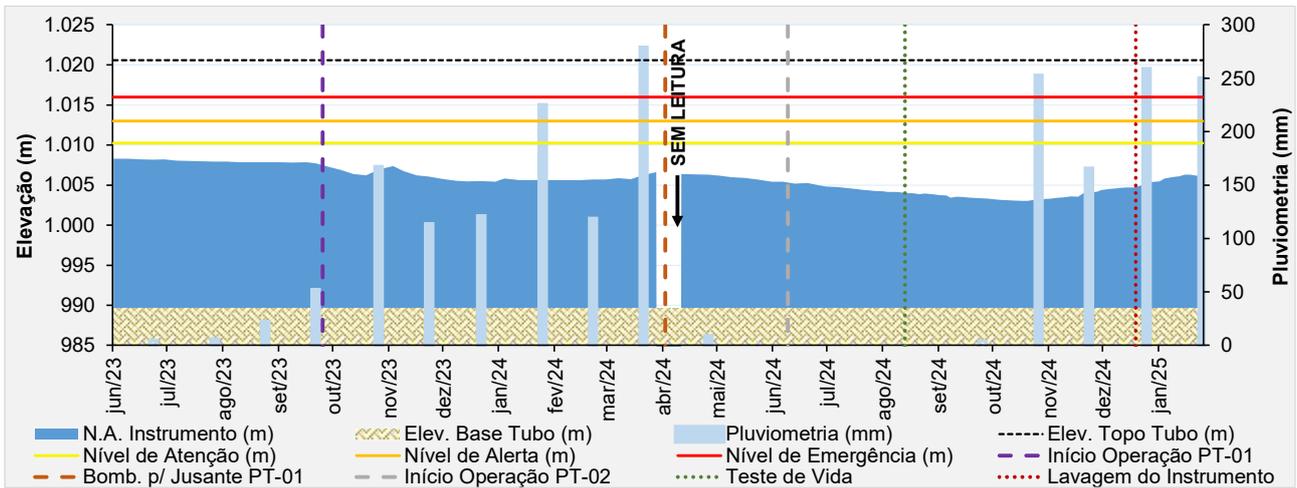


Figura 5.31 – Desempenho do indicador de nível d'água – INA-14.

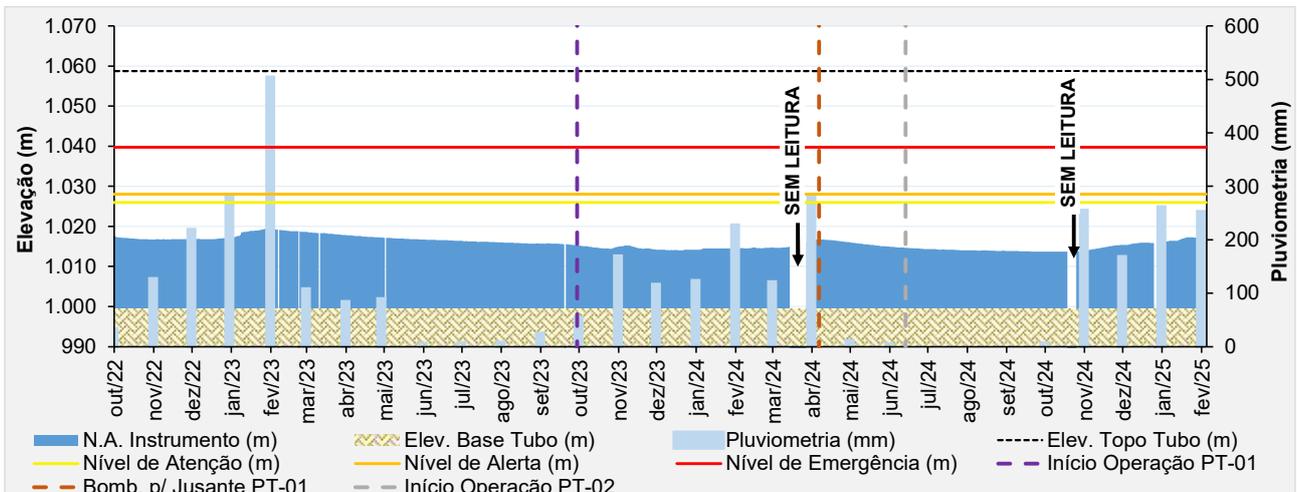


Figura 5.32 – Desempenho do piezômetro automatizado selado – PZ-01.

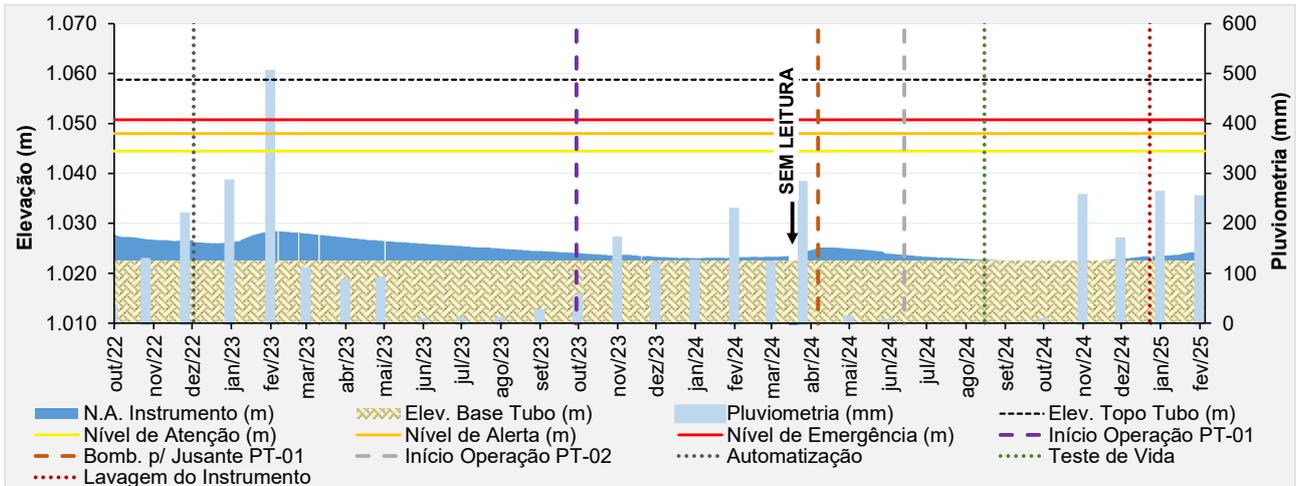


Figura 5.33 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-02.

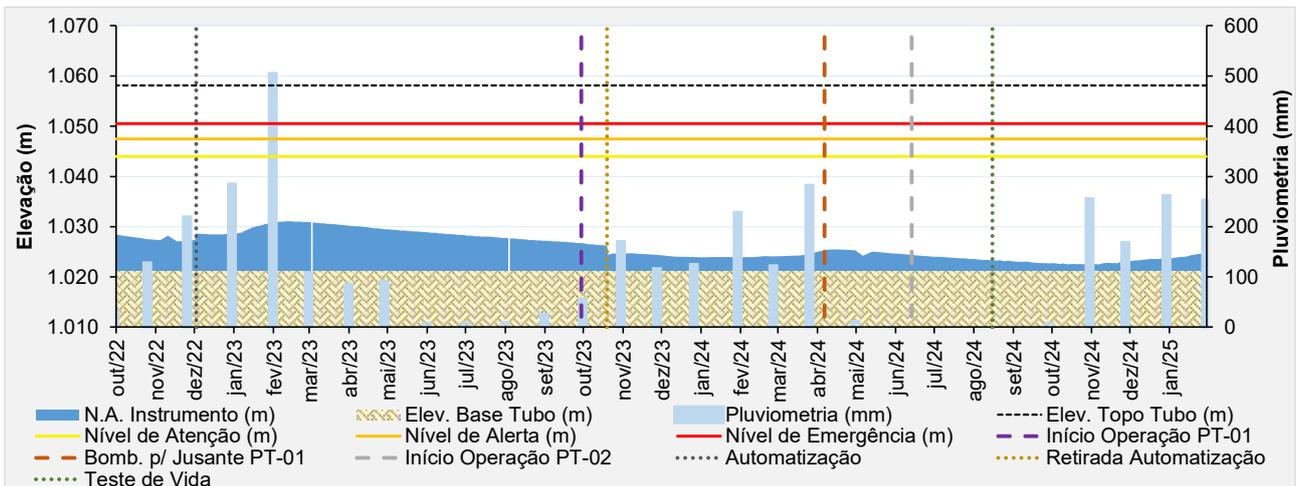


Figura 5.34 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-03.

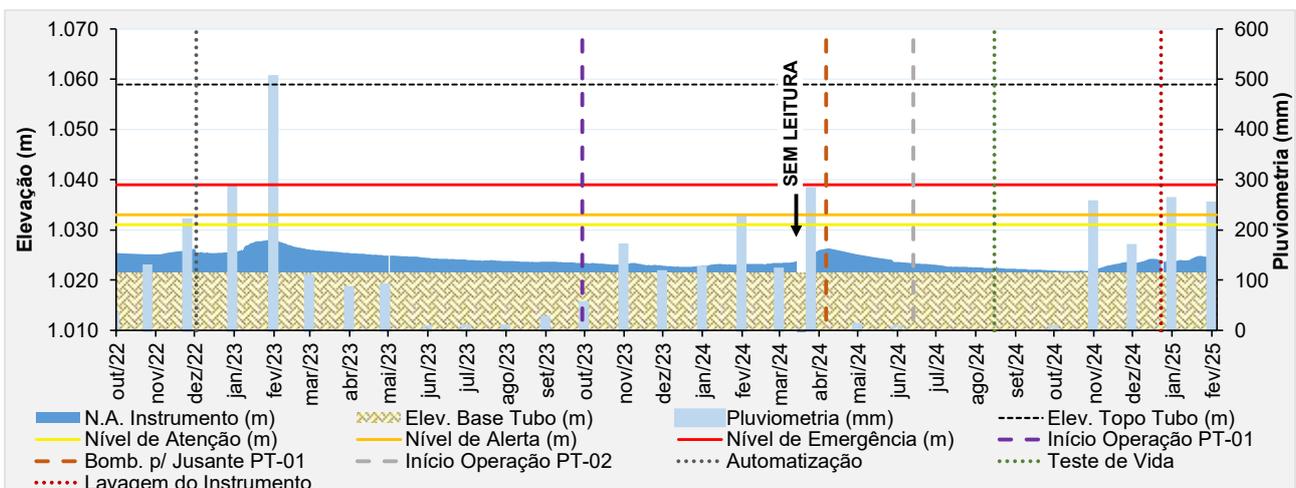


Figura 5.35 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-04.

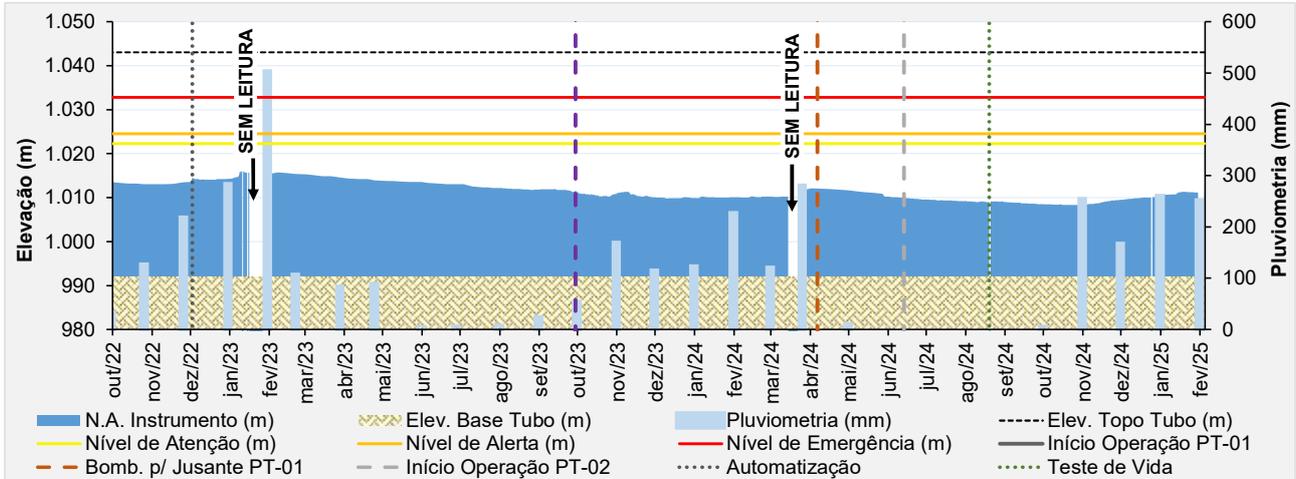


Figura 5.36 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-05.

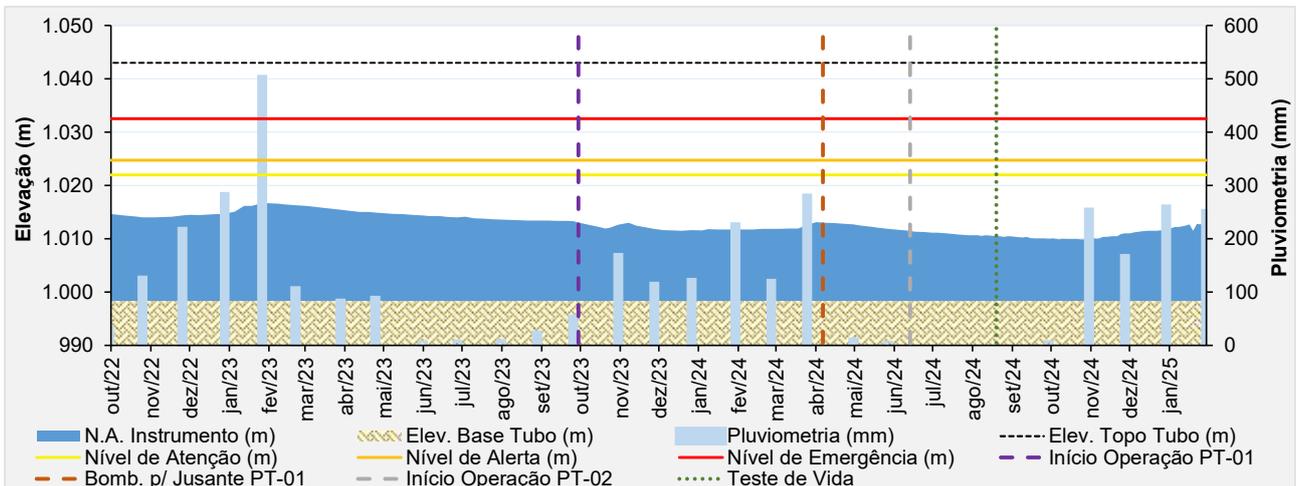


Figura 5.37 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-06.

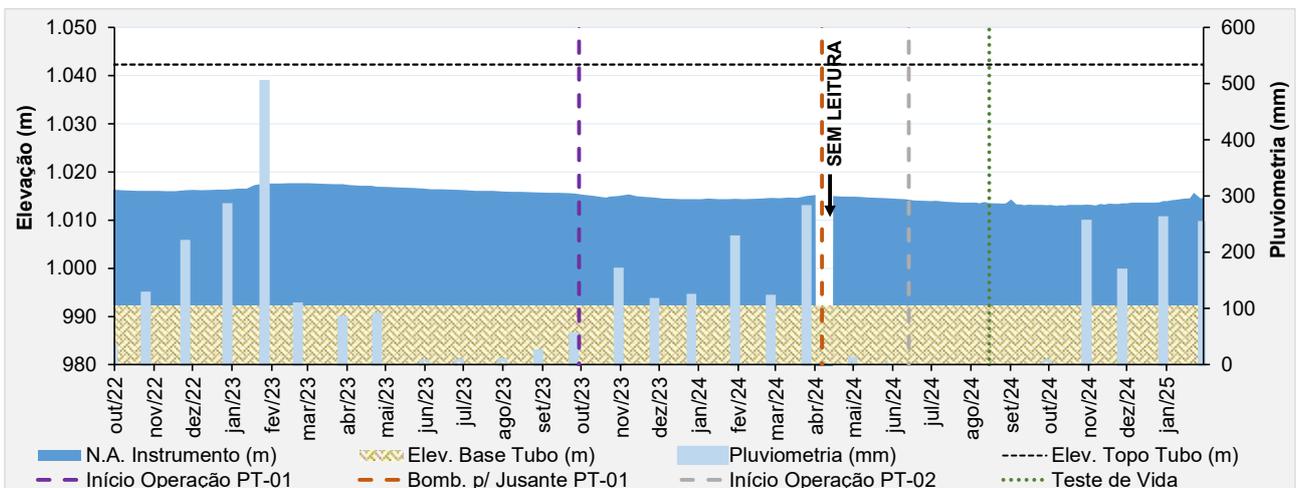


Figura 5.38 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-07.

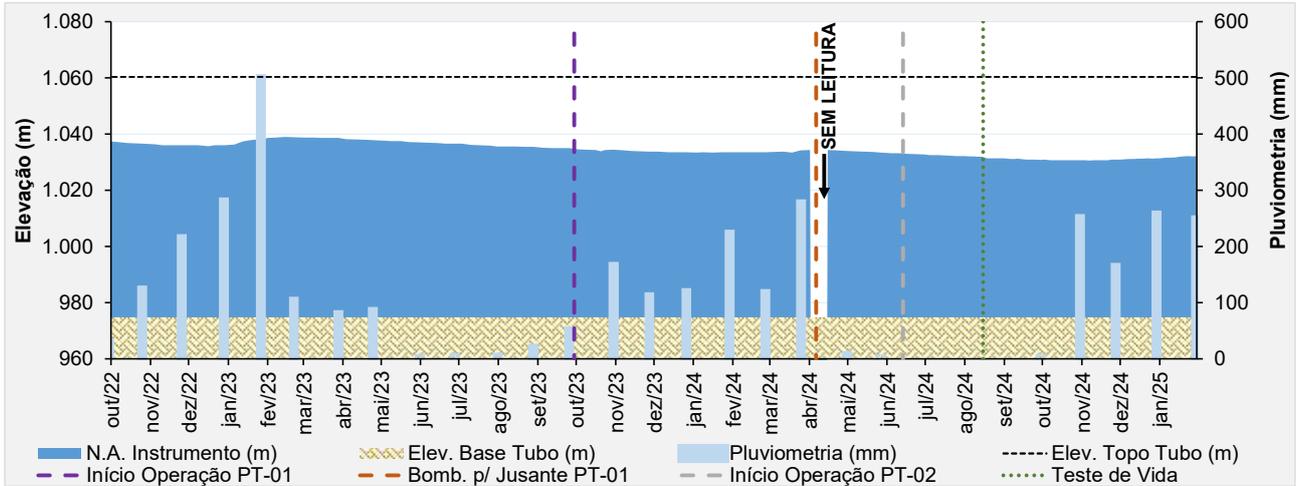


Figura 5.39 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-08.

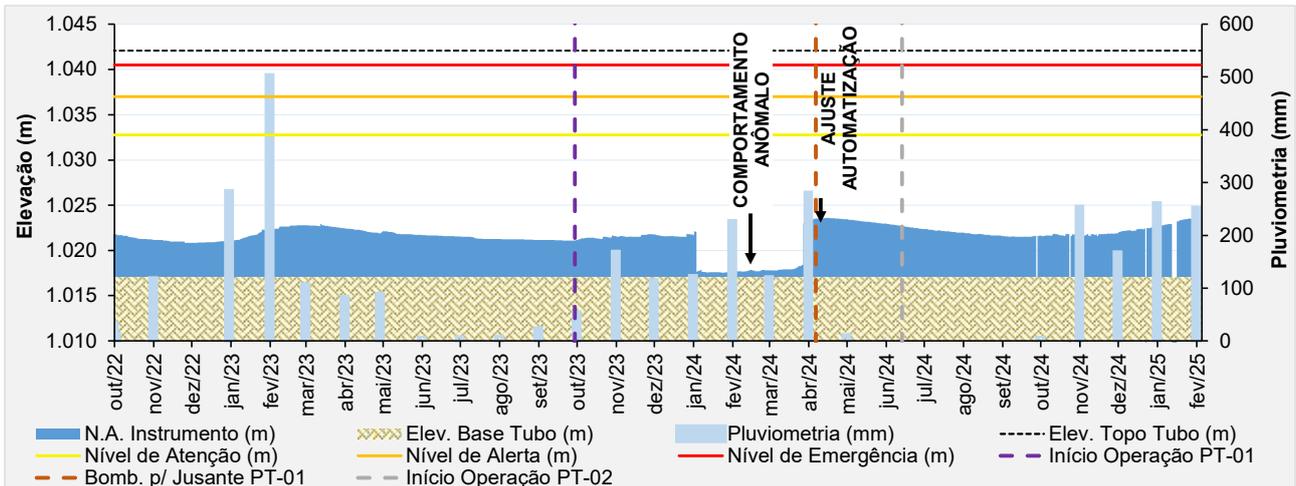


Figura 5.40 – Desempenho do piezômetro automatizado selado – PZ-09.

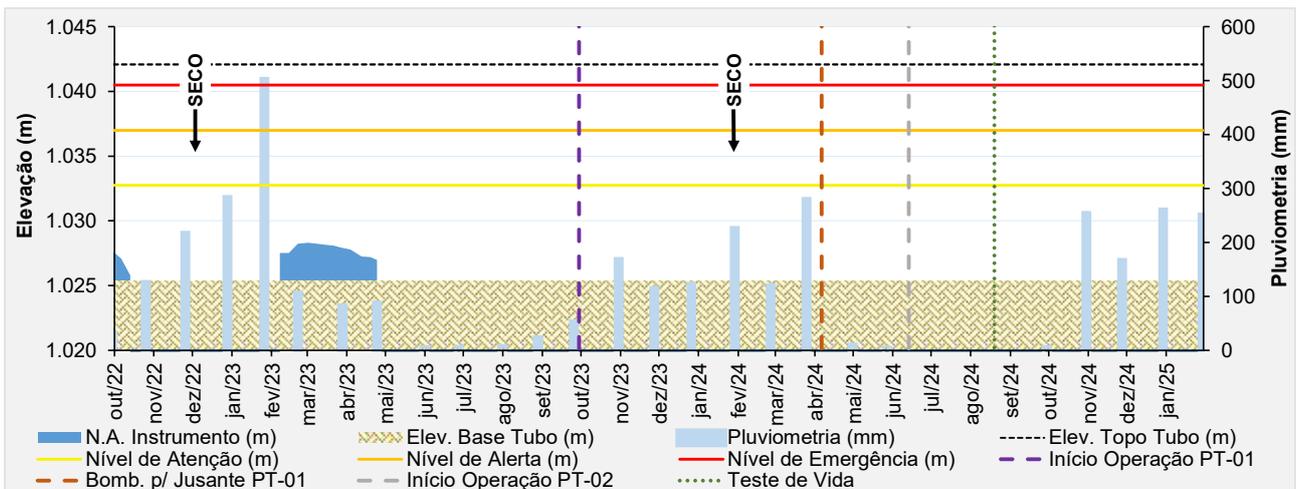


Figura 5.41 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-10.

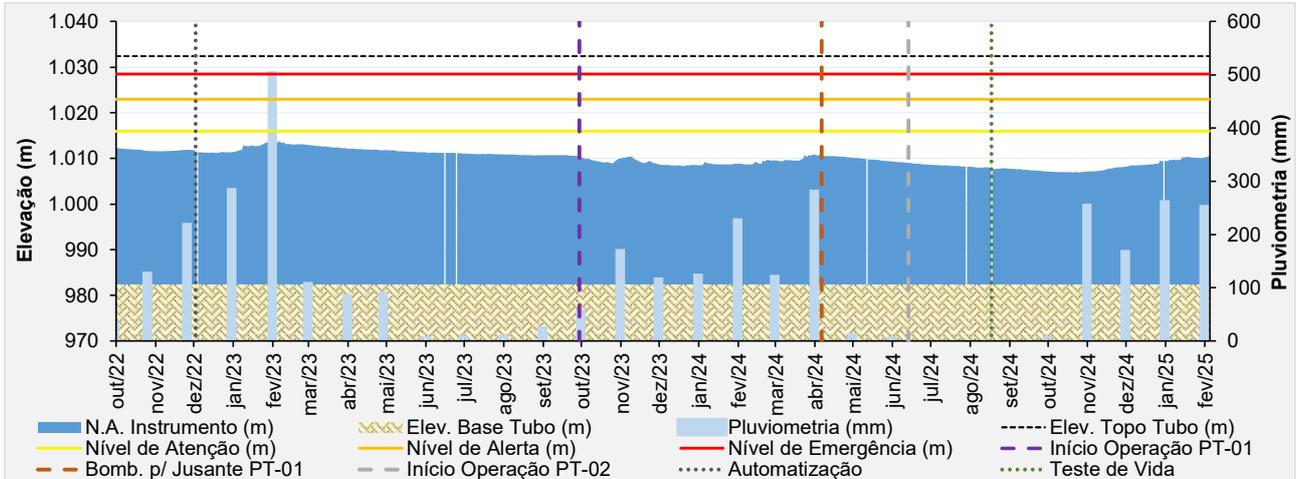


Figura 5.42 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-11.

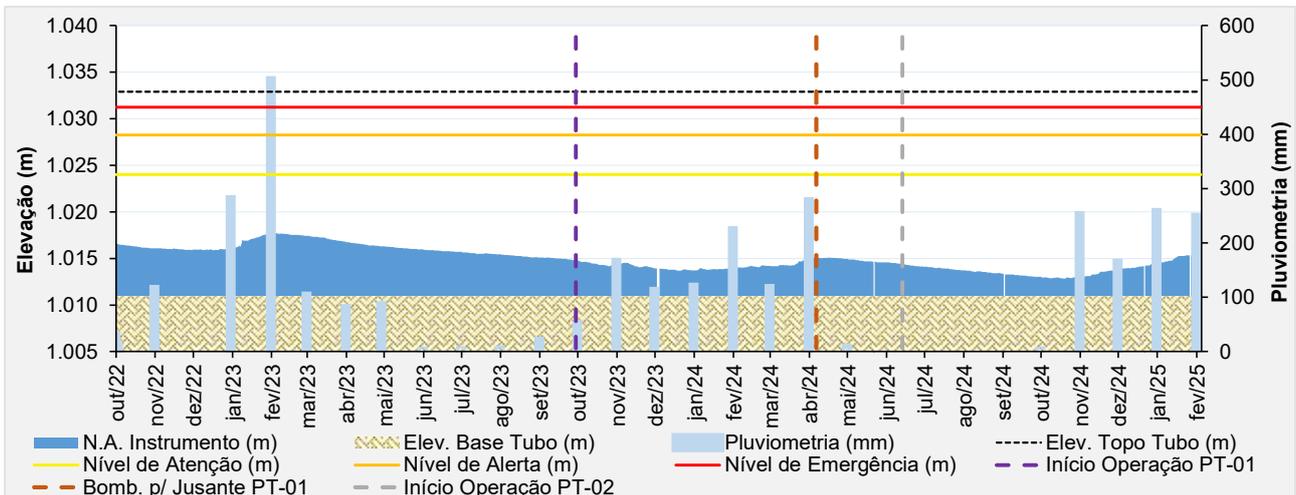


Figura 5.43 – Desempenho do piezômetro automatizado selado – PZ-12.

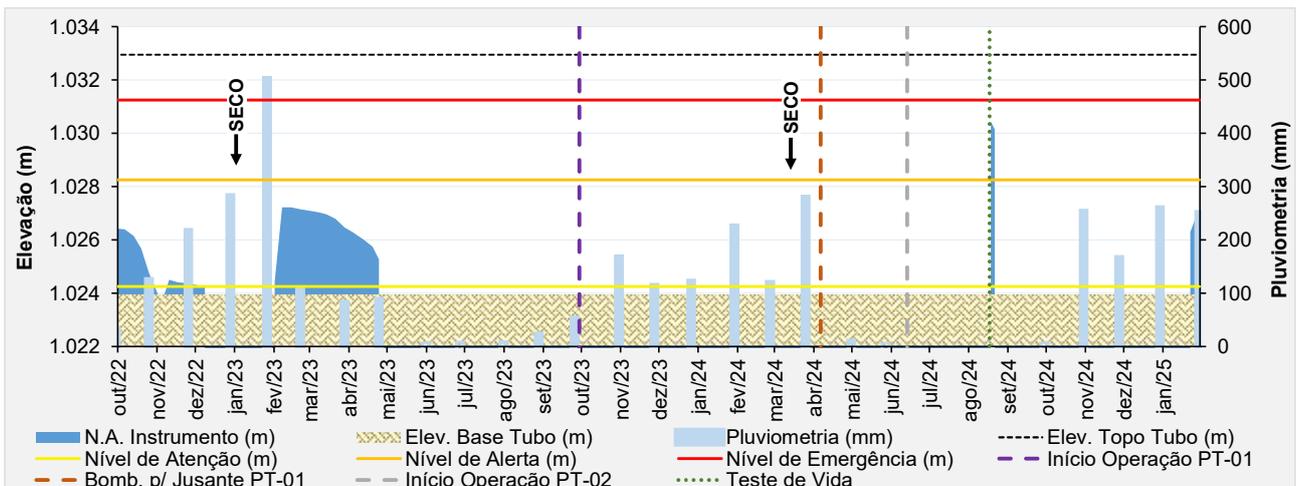


Figura 5.44 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-13.

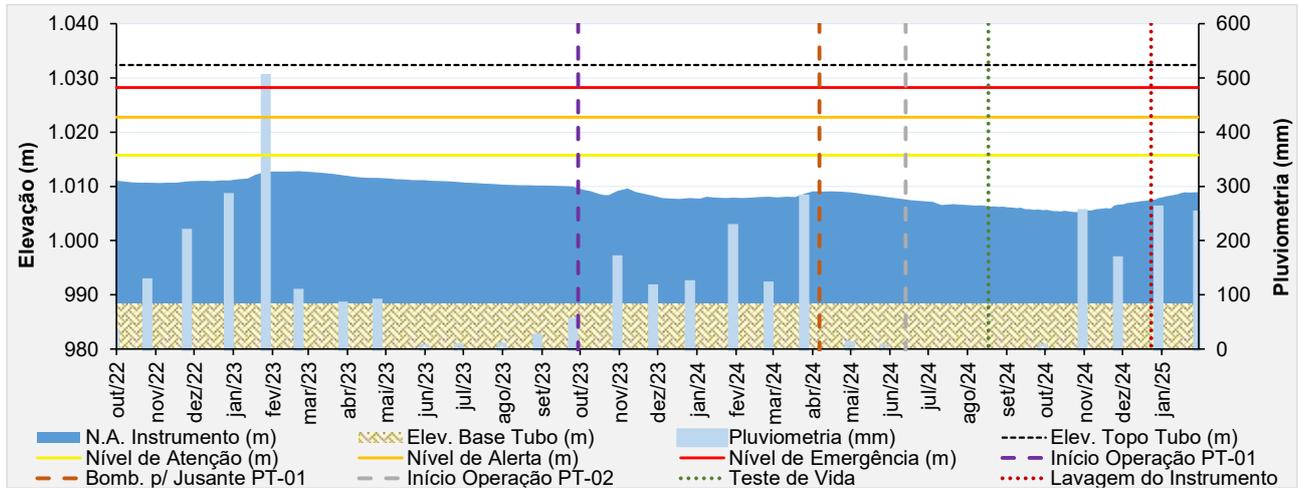


Figura 5.45 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-14.

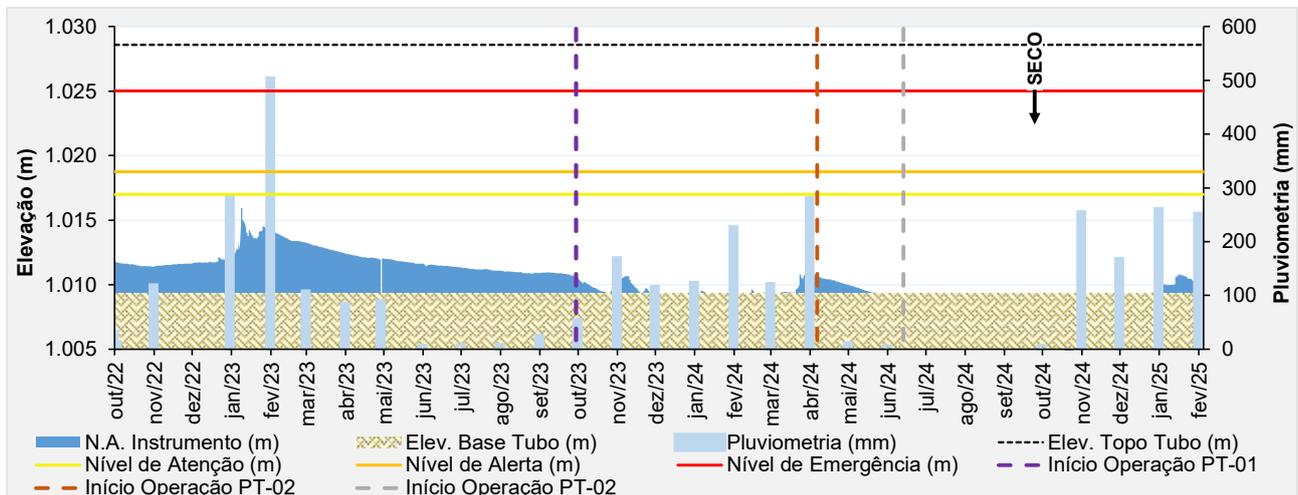


Figura 5.46 – Desempenho do piezômetro automatizado selado – PZ-15.

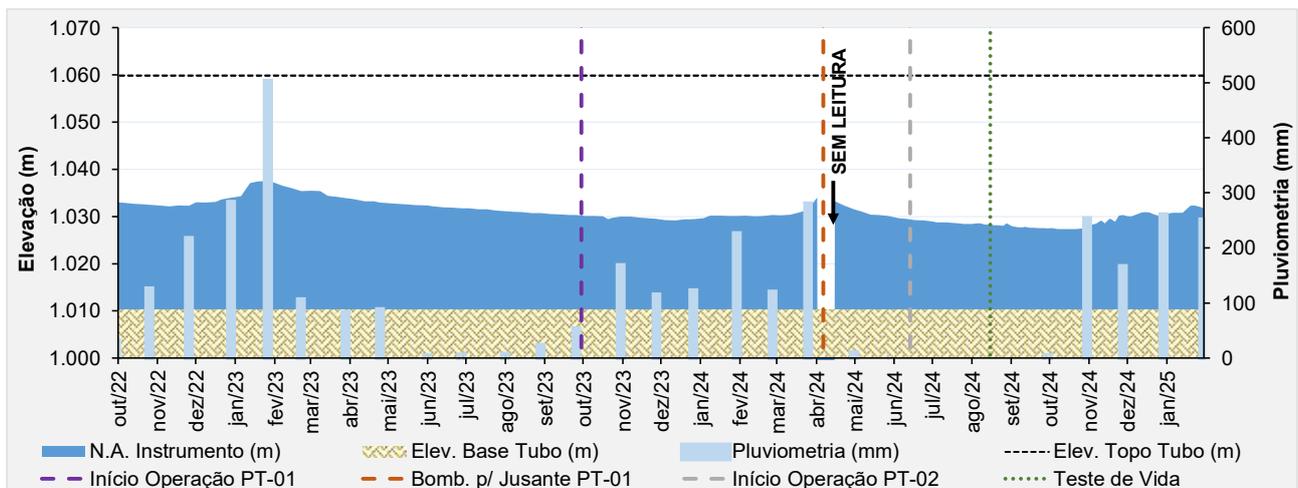


Figura 5.47 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-16.

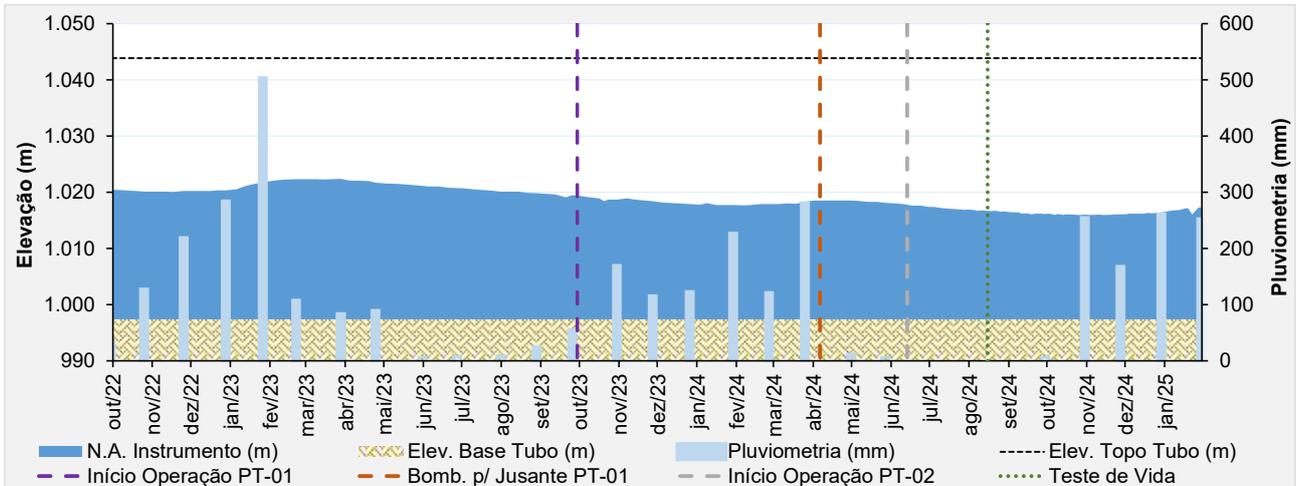


Figura 5.48 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-17.

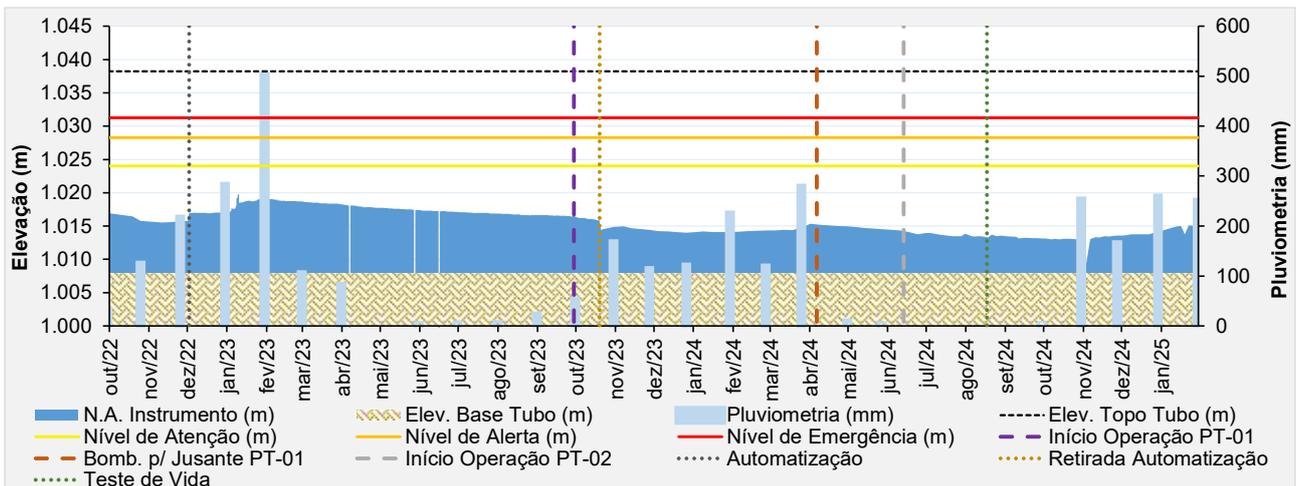


Figura 5.49 – Desempenho do piezômetro de tubo aberto – PZ-18.

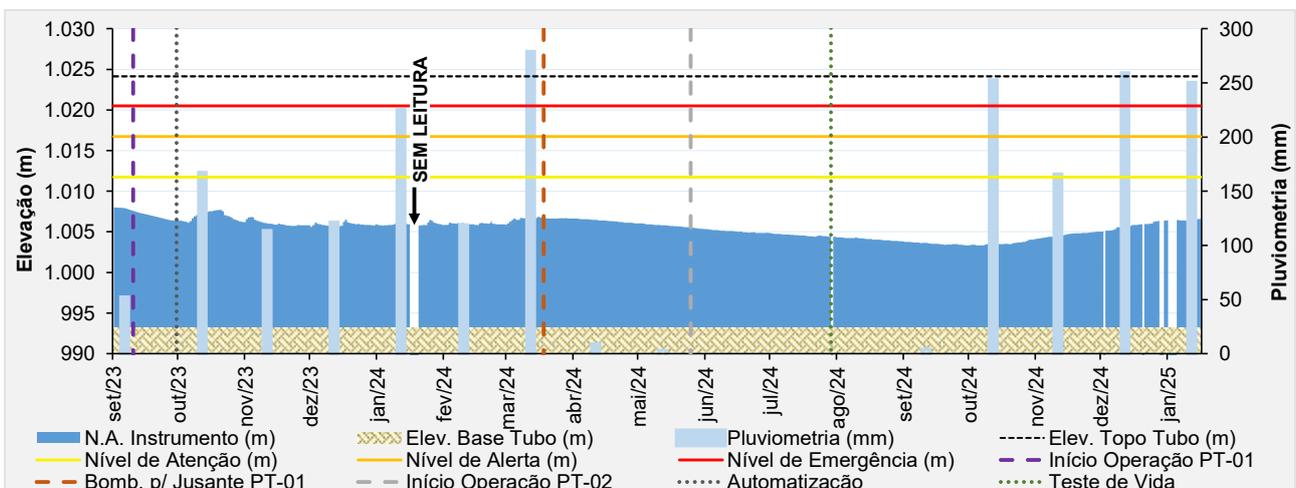


Figura 5.50 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-19.

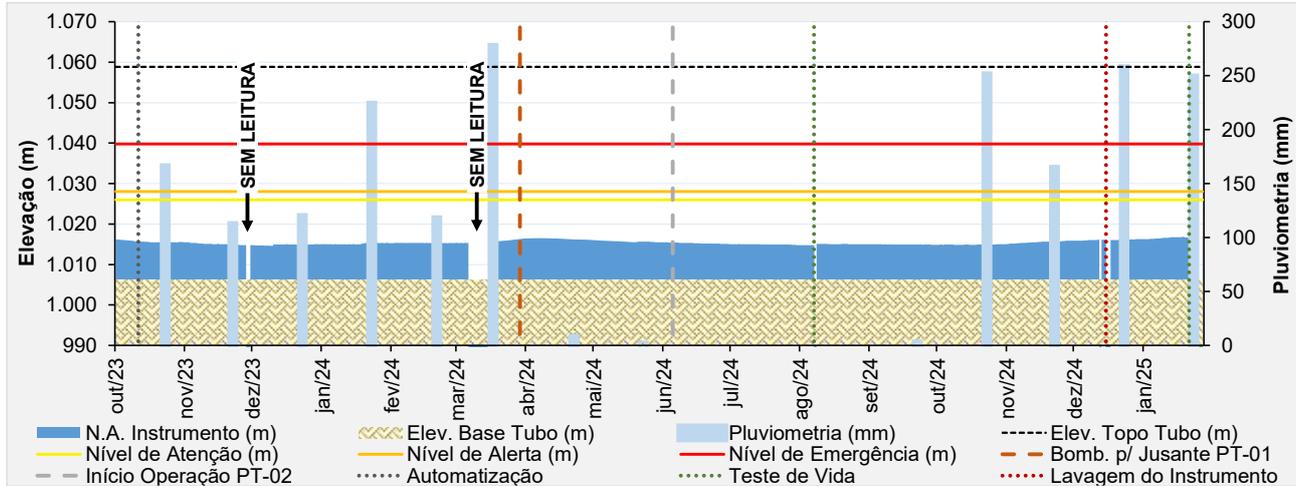


Figura 5.51 – Desempenho do piezômetro automatizado – PZ-20.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

• **Placas Indicadoras de Vazão**

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

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

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

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

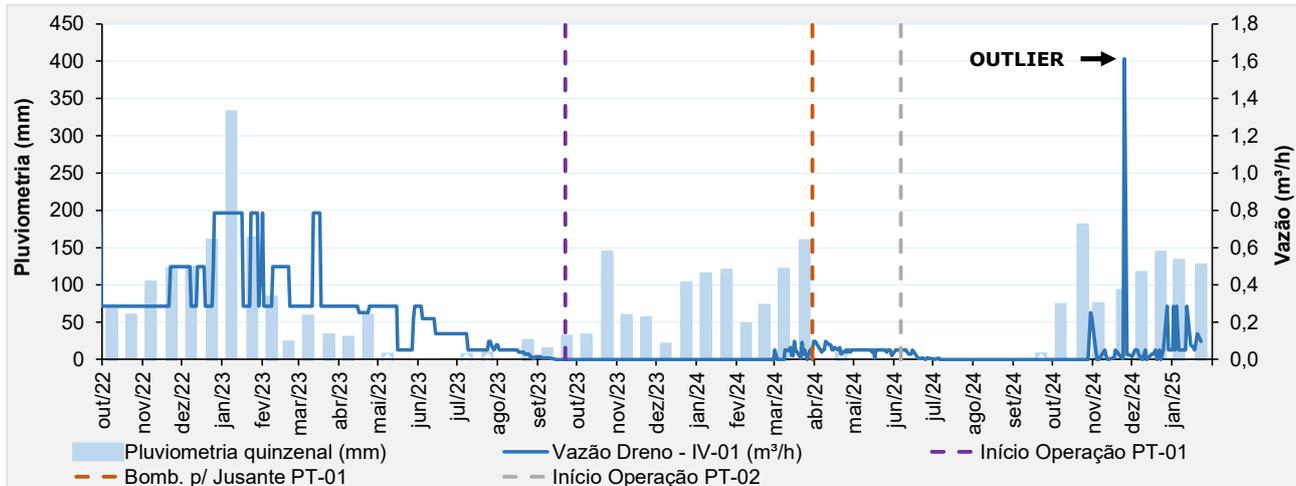


Figura 5.52 – Análise das vazões do IV-01 (Dreno).

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

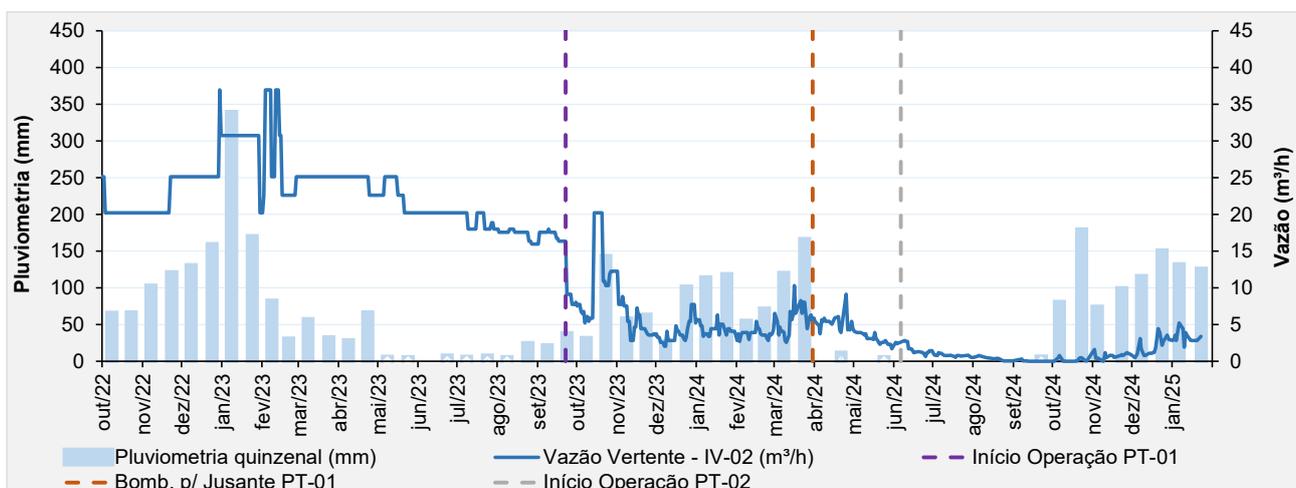


Figura 5.53 – Análise das vazões do IV-02 (Vertente).

• **Prismas de Monitoramento**

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

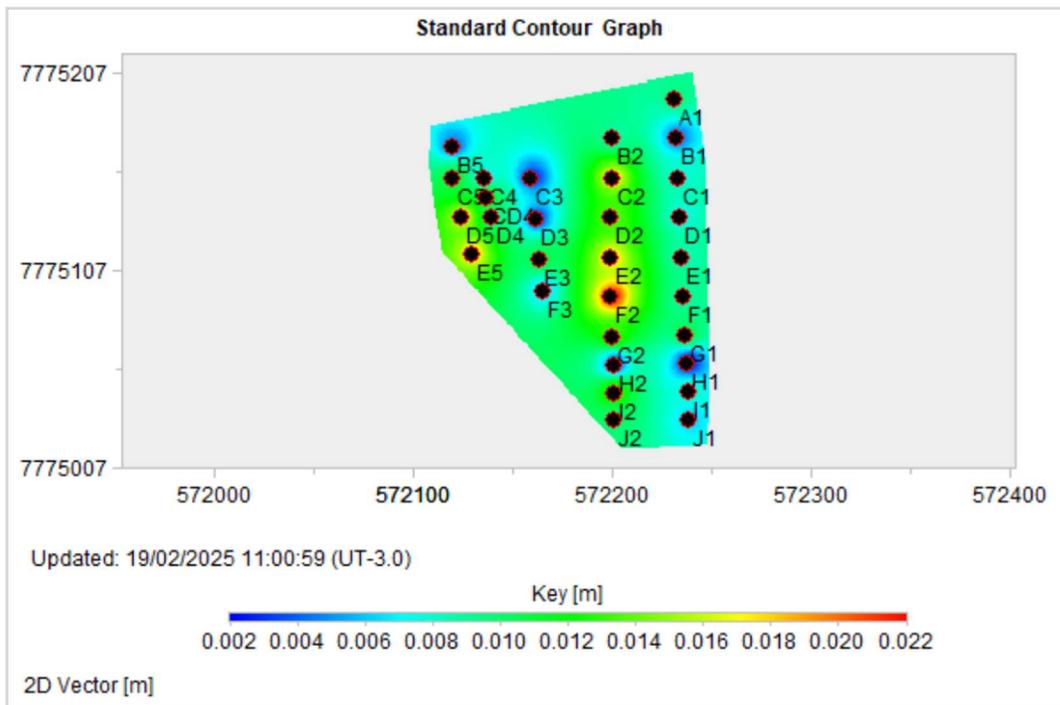


Figura 5.54 – Registros deslocamentos verticais dos prismas. (ref:01/11/24 a 08/01/25)

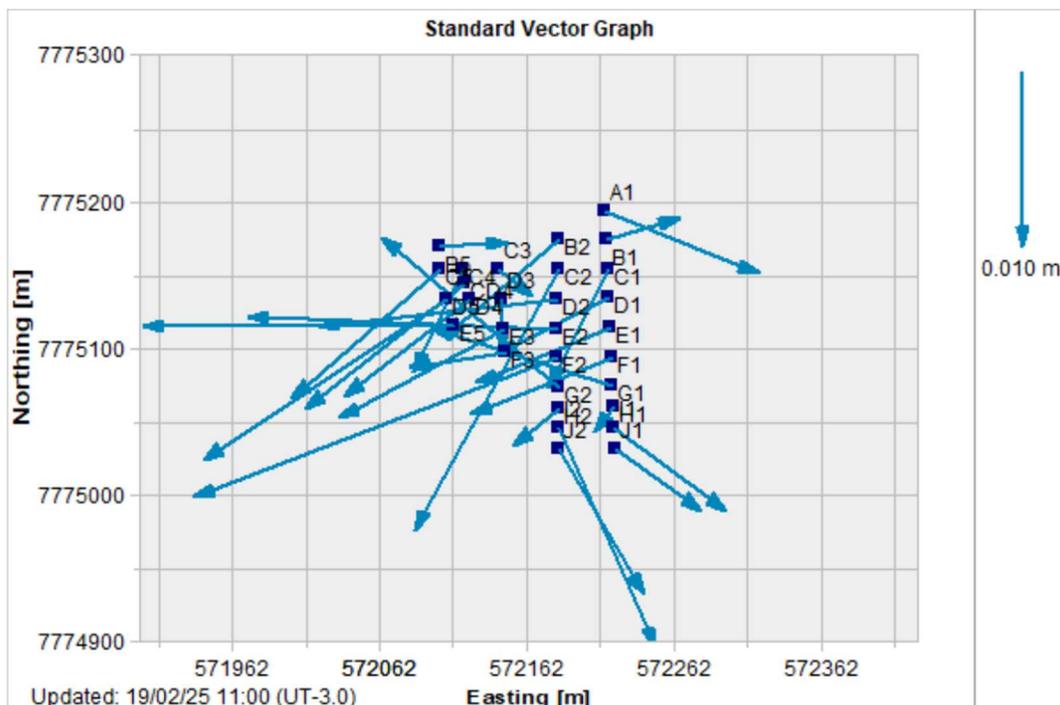


Figura 5.55 – Registros vetores deslocamento dos prismas. (ref:01/11/24 a 08/01/25)

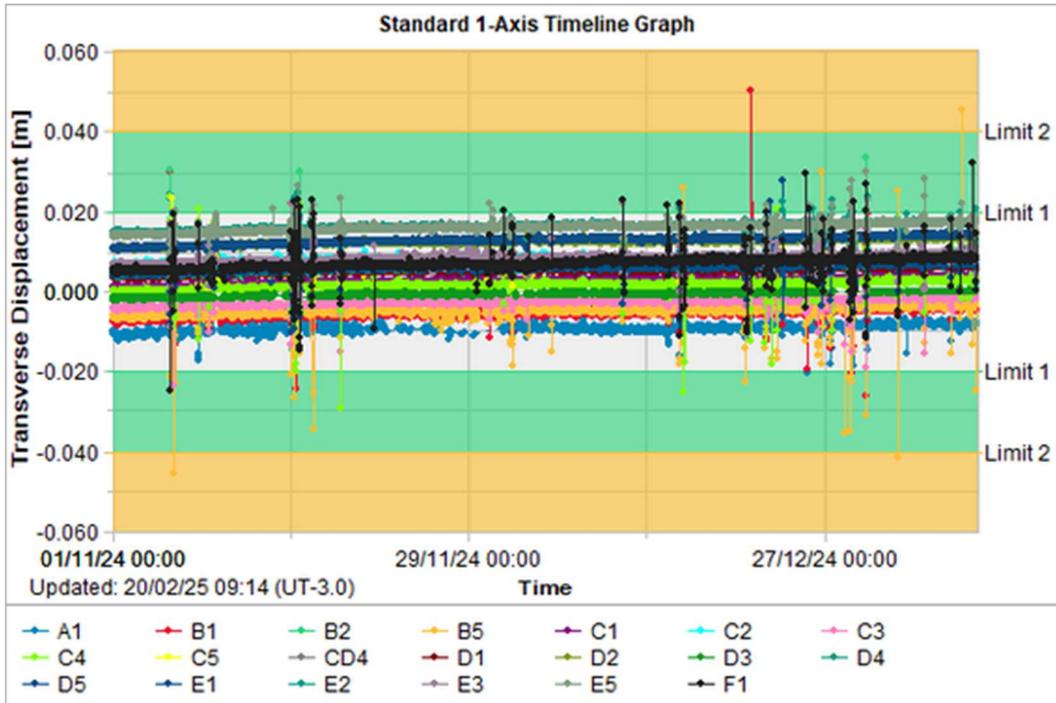


Figura 5.56 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement. (ref:01/11/24 a 08/01/25)

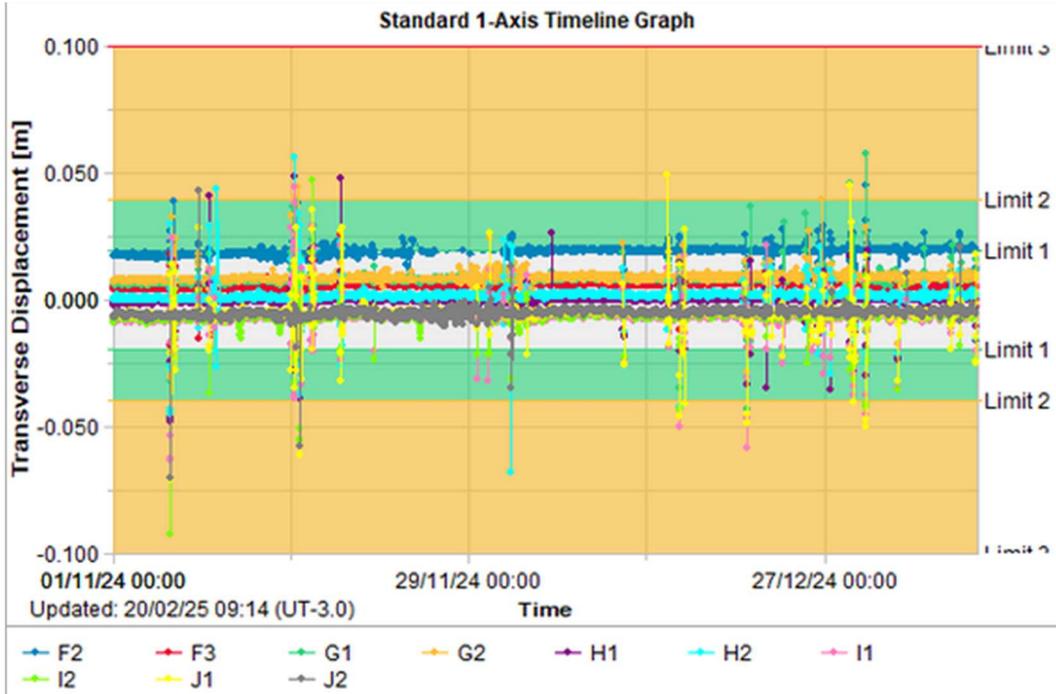


Figura 5.57 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement. (ref:01/11/24 a 08/01/25)

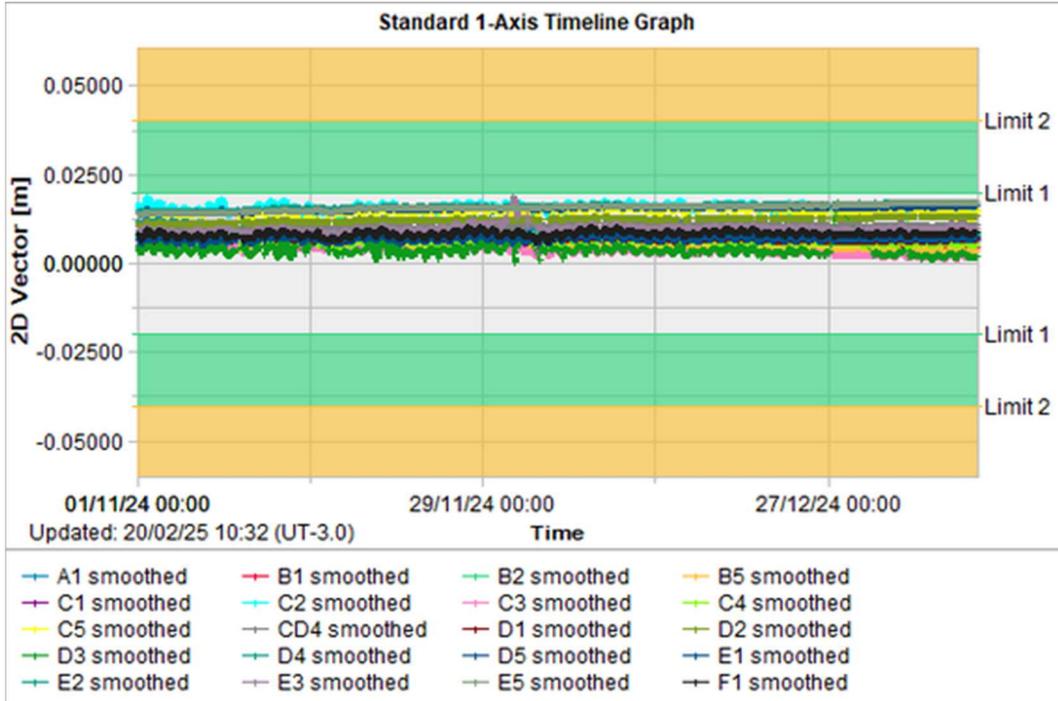


Figura 5.58 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.
(ref:01/11/24 a 08/01/25)

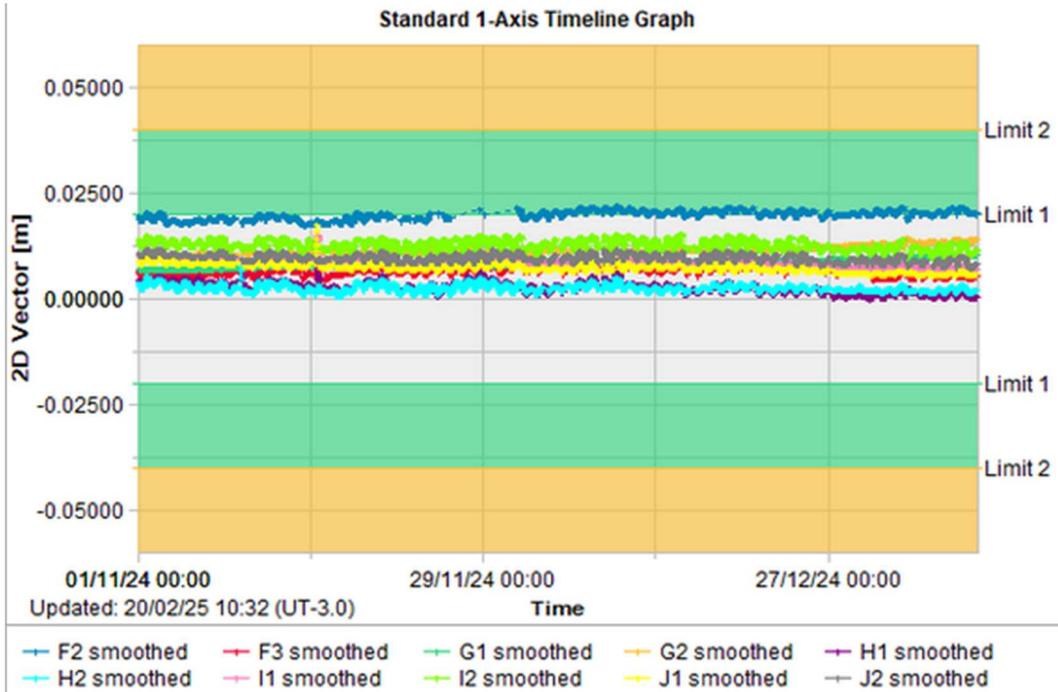


Figura 5.59 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.
(ref:01/11/24 a 08/01/25)

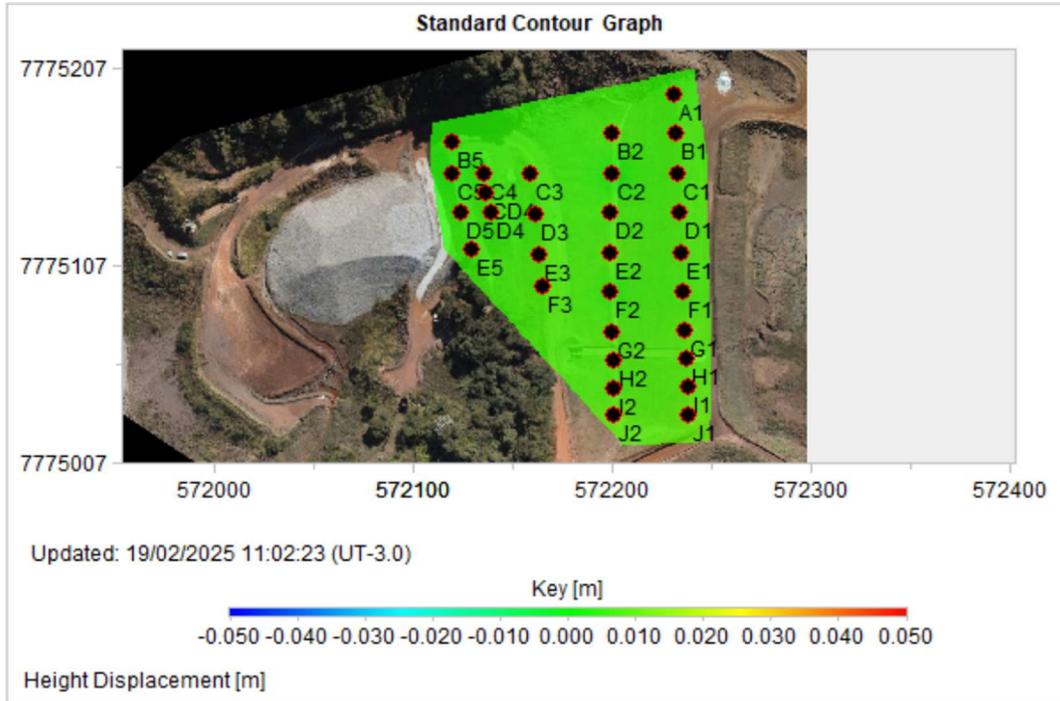


Figura 5.60 – Registros deslocamentos verticais dos prismas. (ref:11/01/25 a 31/01/25)

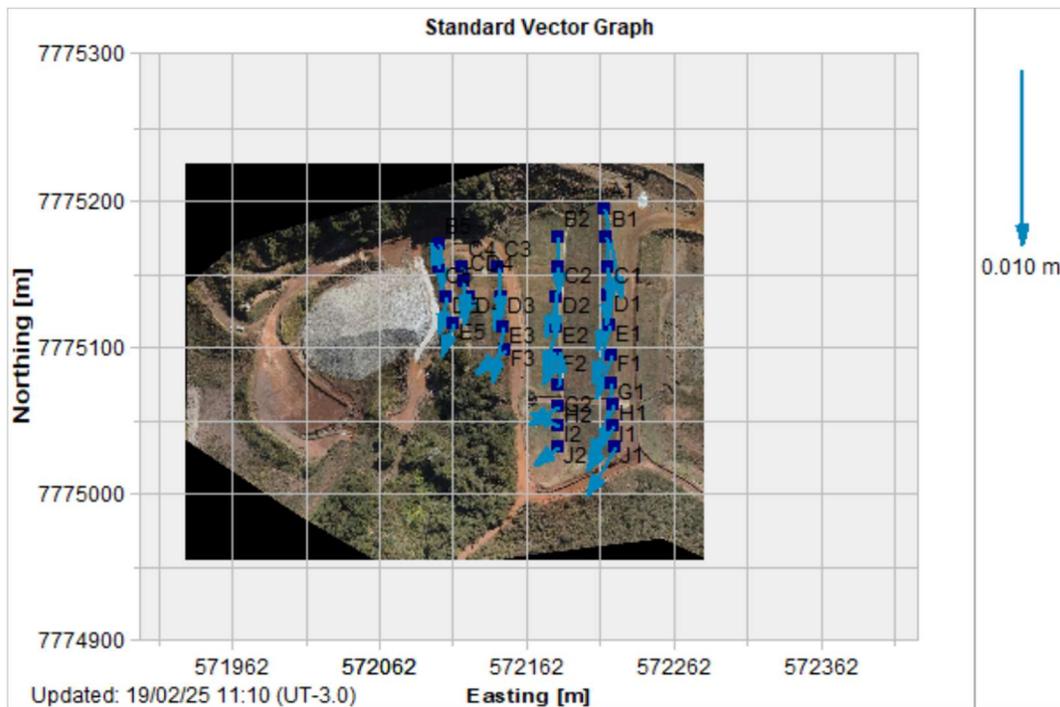


Figura 5.61 – Registros vetores deslocamento dos prismas. (ref:11/01/25 a 31/01/25)

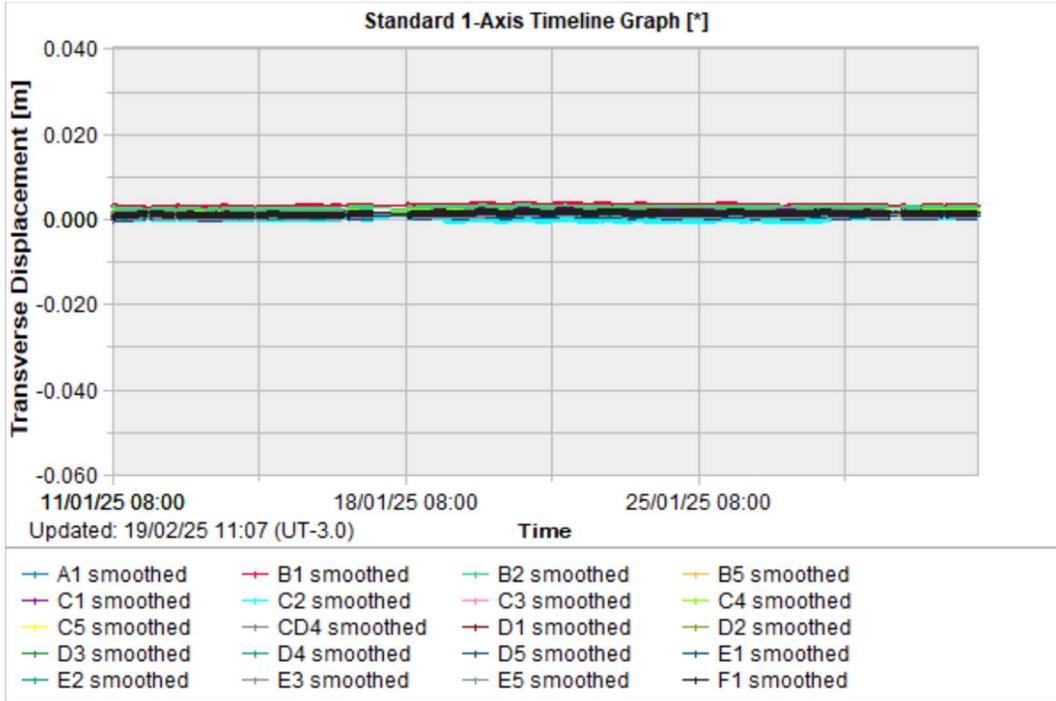


Figura 5.62 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement. (ref:11/01/25 a 31/01/25)

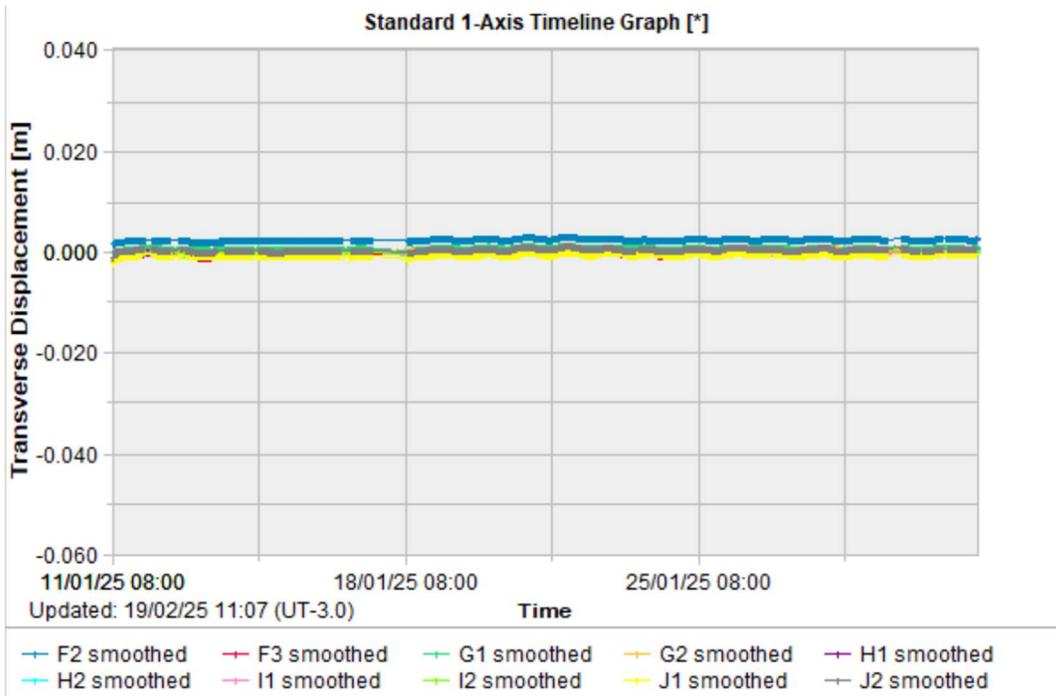


Figura 5.63 – Registros parciais das leituras dos prismas – Transverse Displacement. (ref:11/01/25 a 31/01/25)

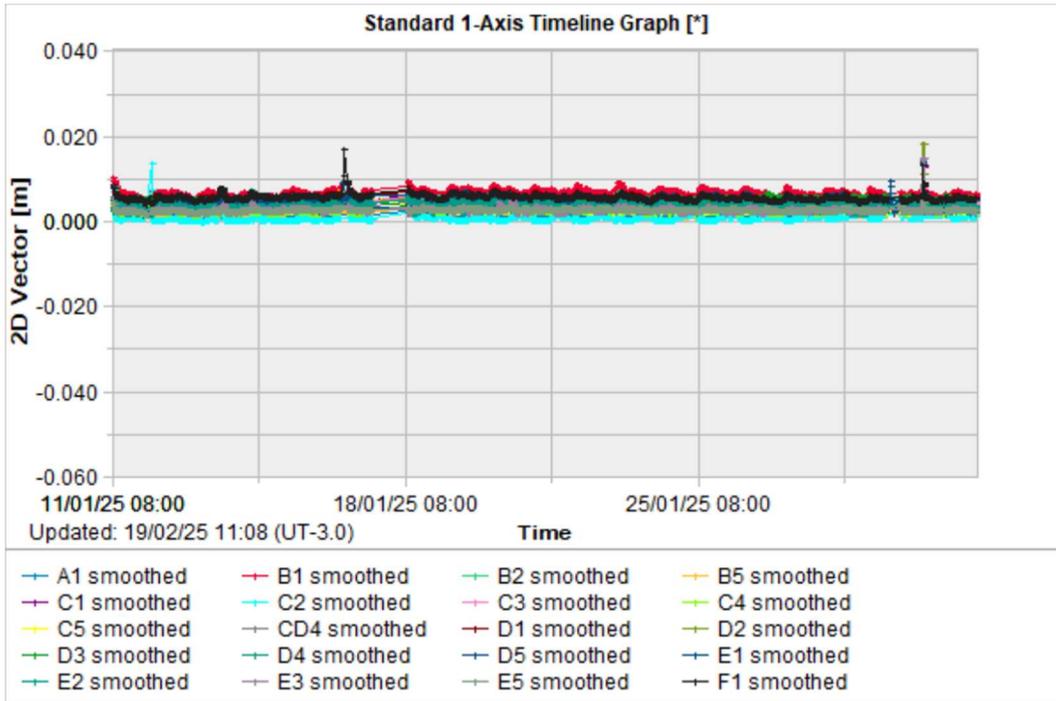


Figura 5.64 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.
(ref:11/01/25 a 31/01/25)

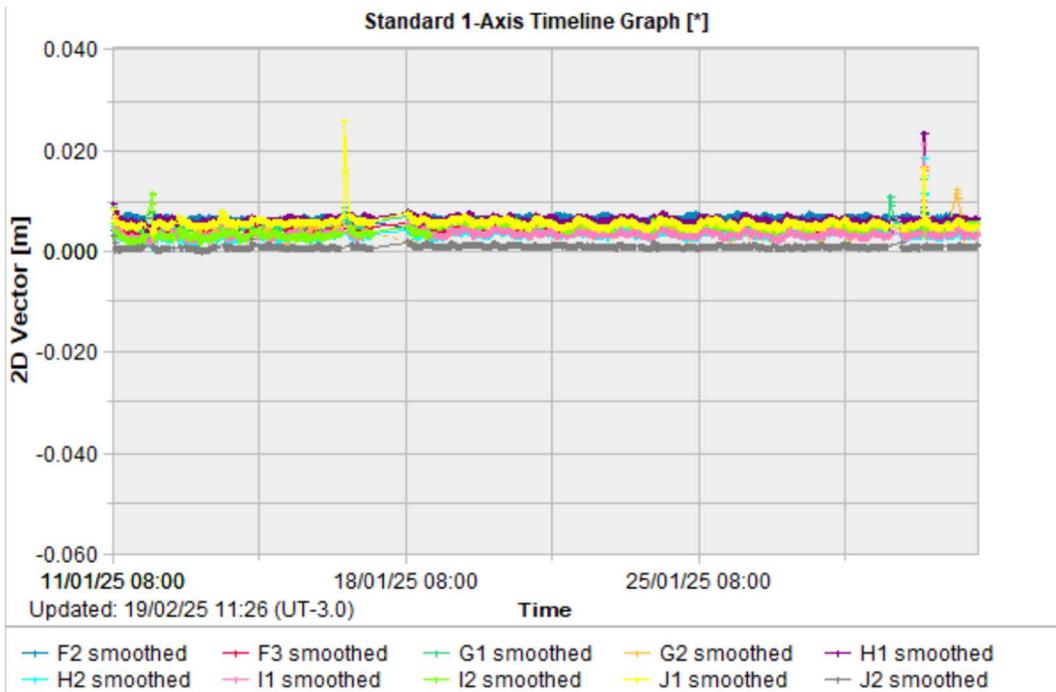


Figura 5.65 – Registros parciais das leituras dos prismas – 2D Vector.
(ref:11/01/25 a 31/01/25)

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

mais diretas pelo software quanto a eventuais deslocamentos da estrutura.

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

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

- **Marcos de Controle de Deslocamento**

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

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

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

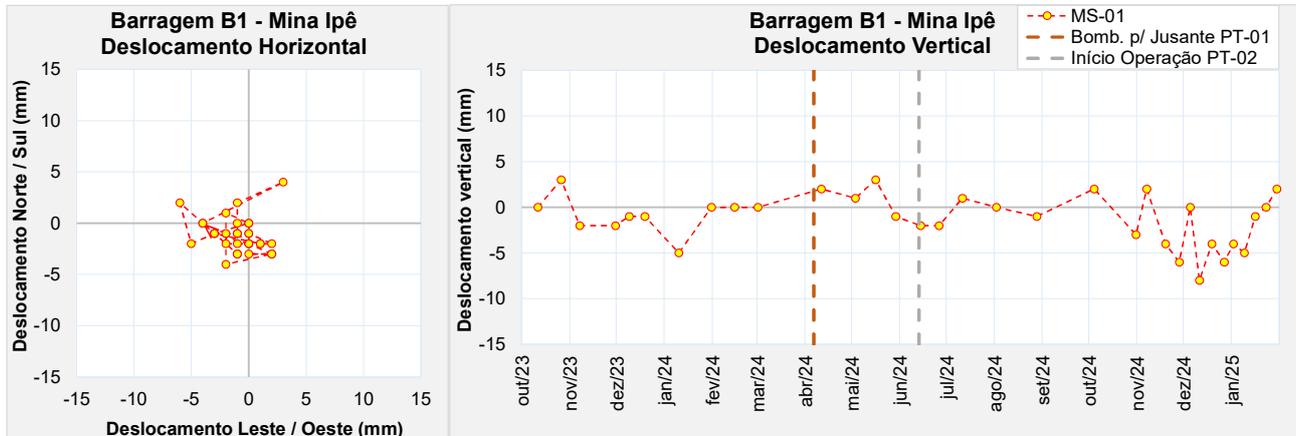


Figura 5.66 – Marco de controle de deformação – MS-01.

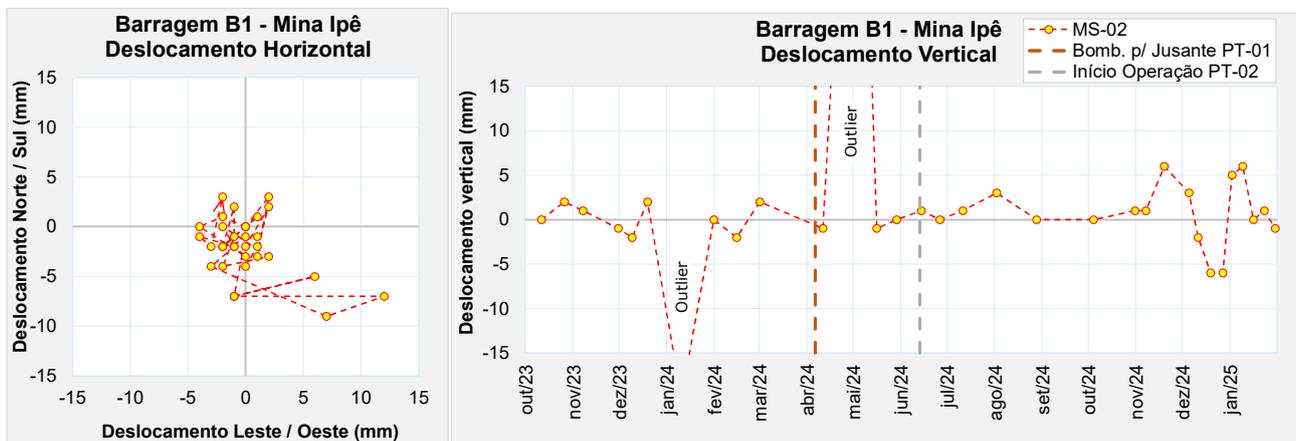


Figura 5.67 – Marco de controle de deformação – MS-02.

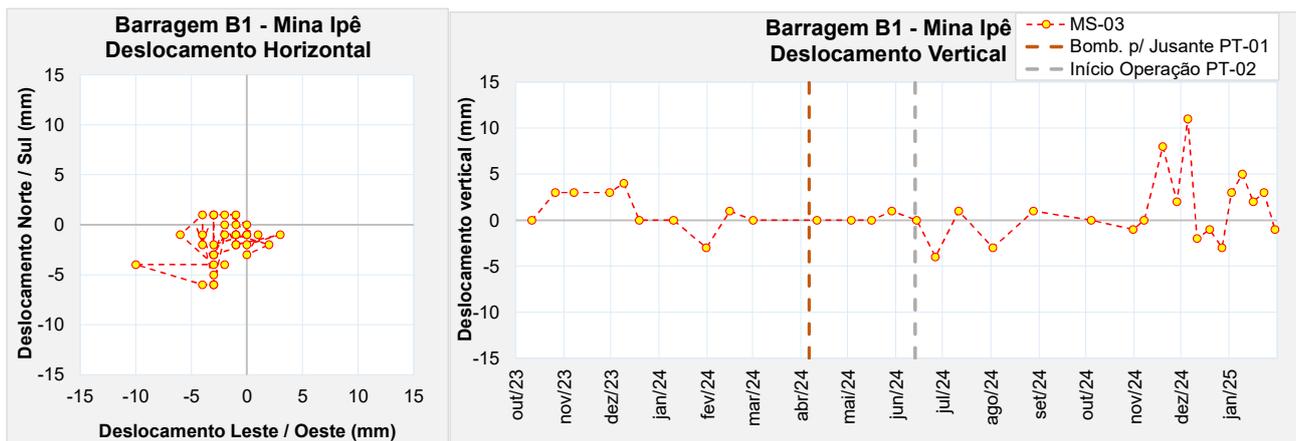


Figura 5.68 – Marco de controle de deformação – MS-03.

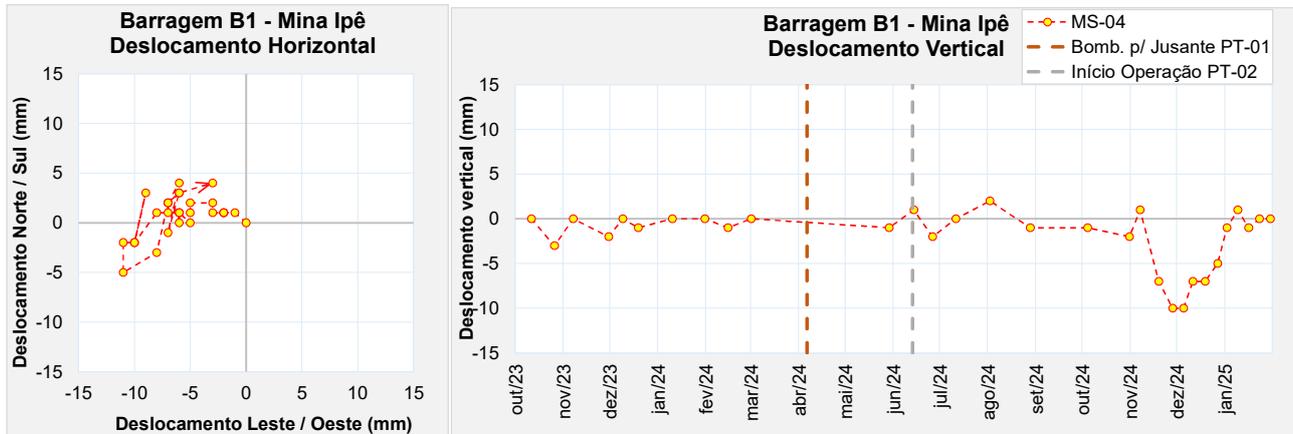


Figura 5.69 – Marco de controle de deformação – MS-04.

- **Monitoramento do Talude da Encosta**

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

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

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

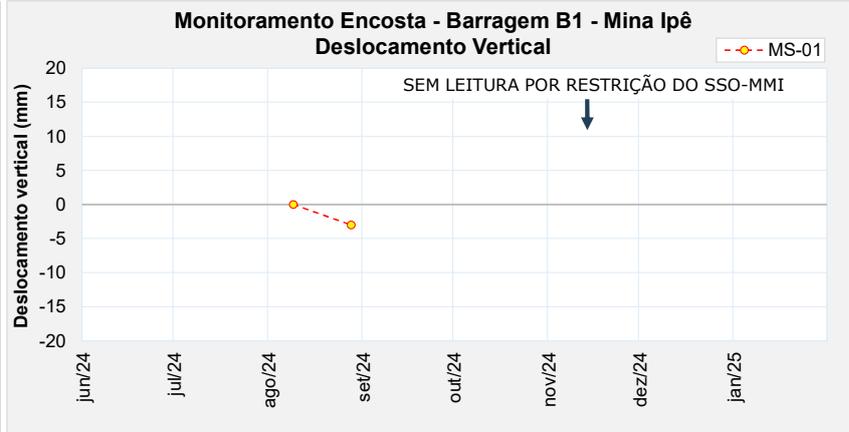
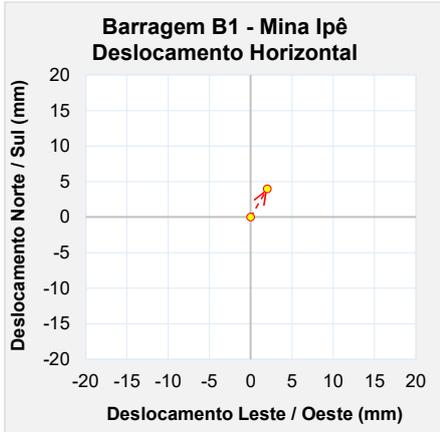


Figura 5.70 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-01.

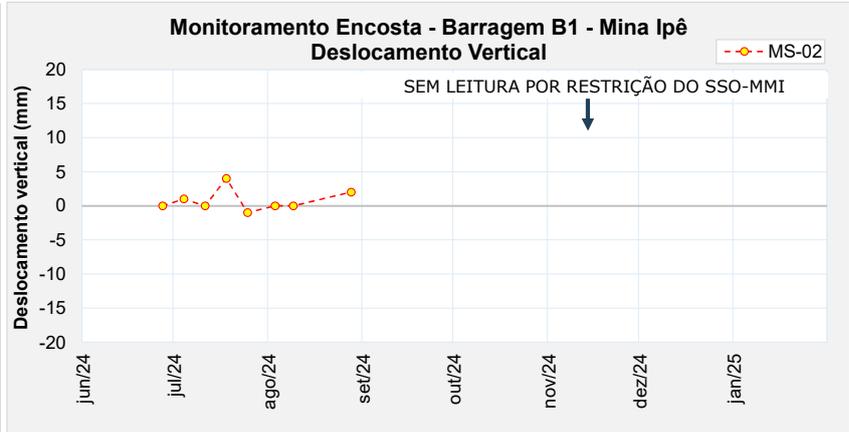
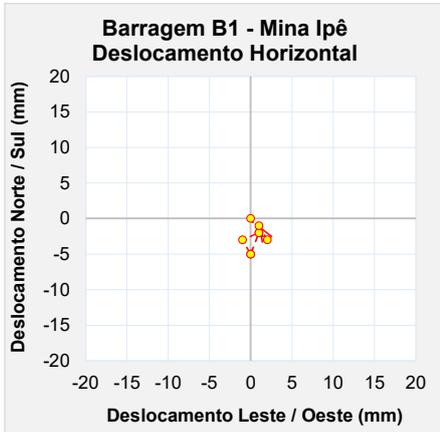


Figura 5.71 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-02.

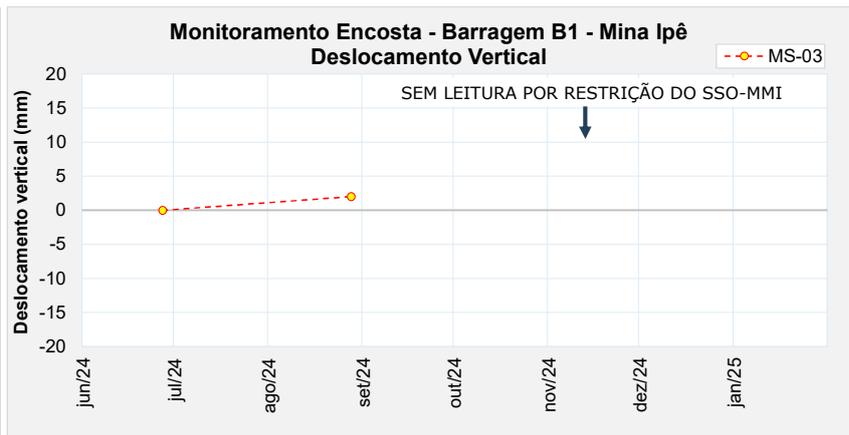
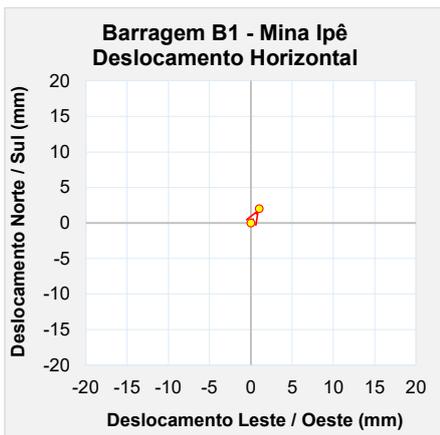


Figura 5.72 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-03.

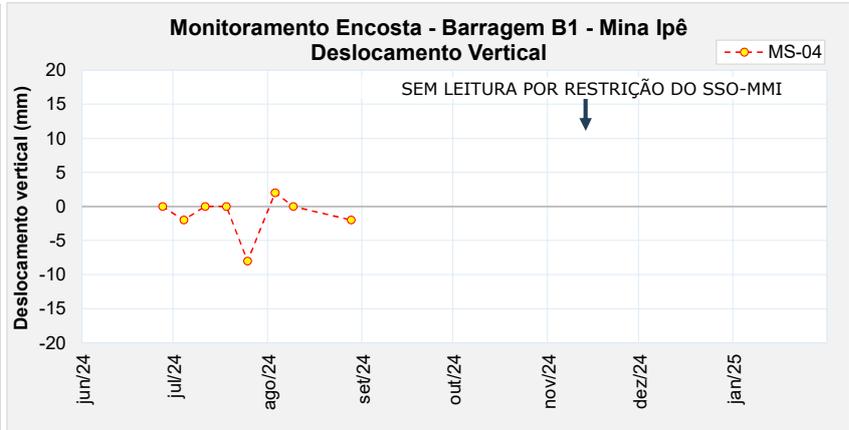
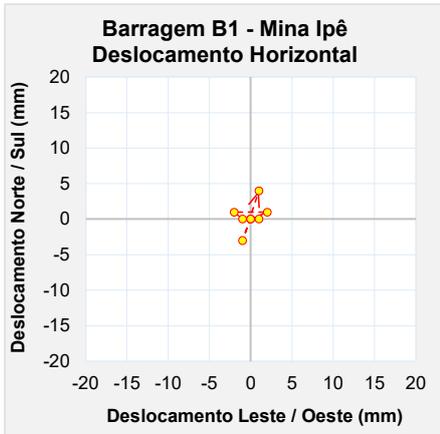


Figura 5.73 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-04.

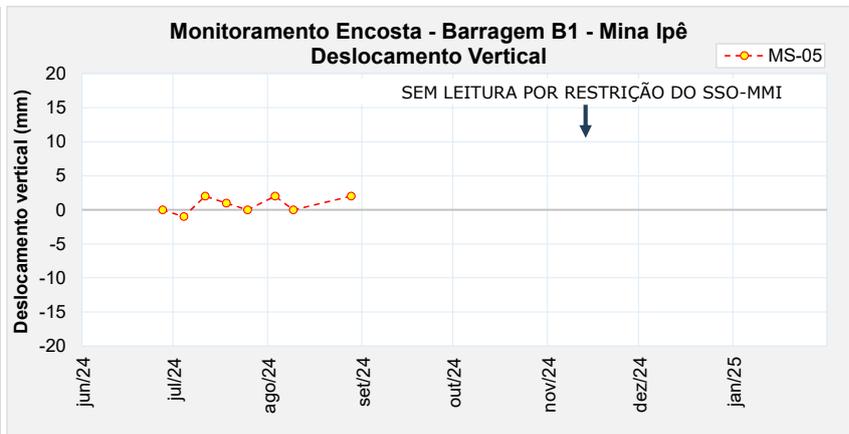
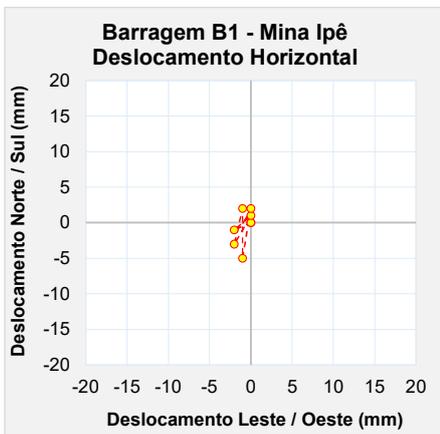


Figura 5.74 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-05.

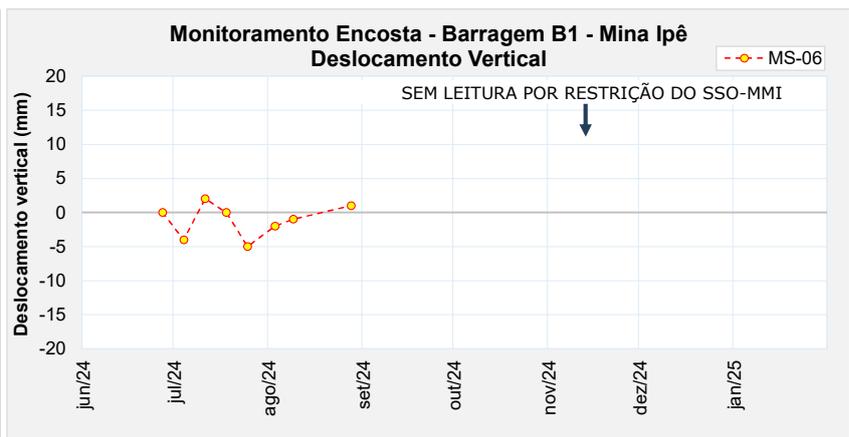
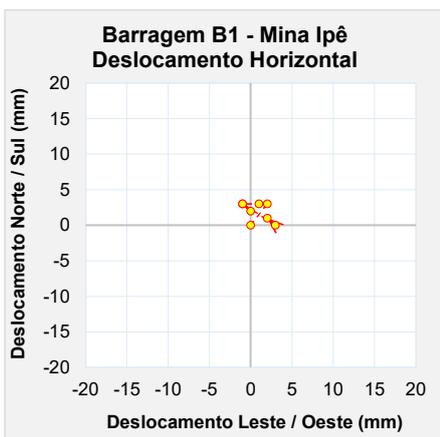


Figura 5.75 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-06.

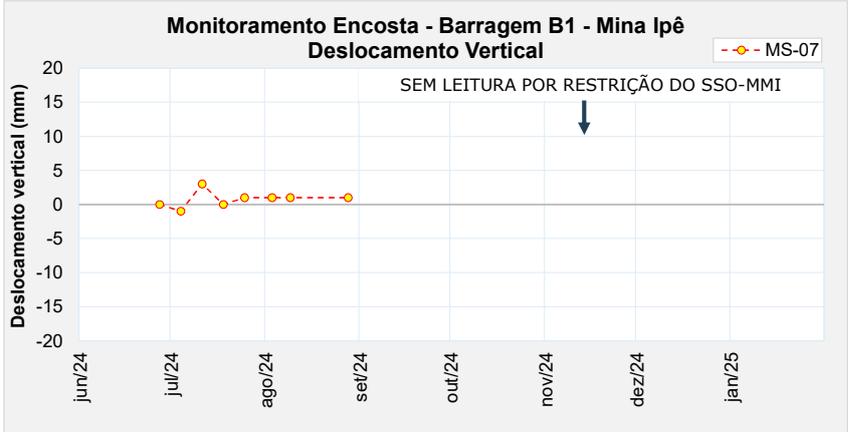
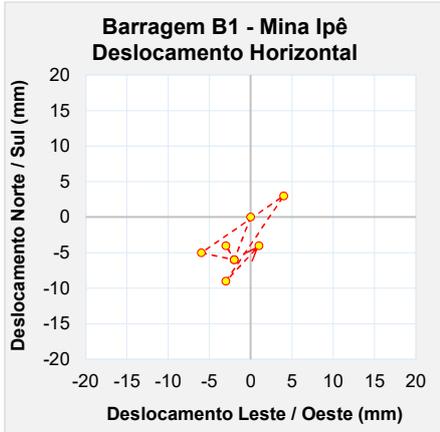


Figura 5.76 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-07.

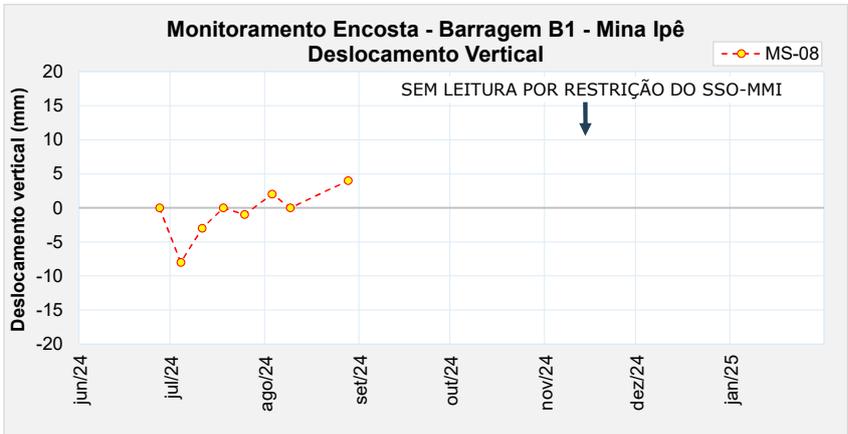
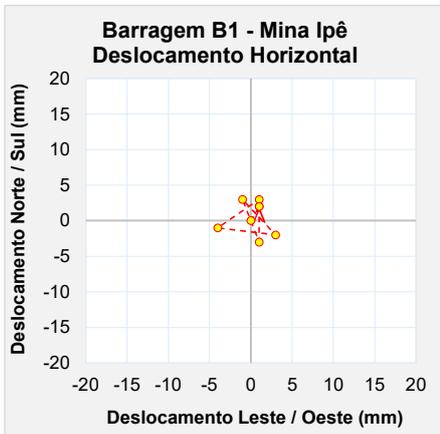


Figura 5.77 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-08.

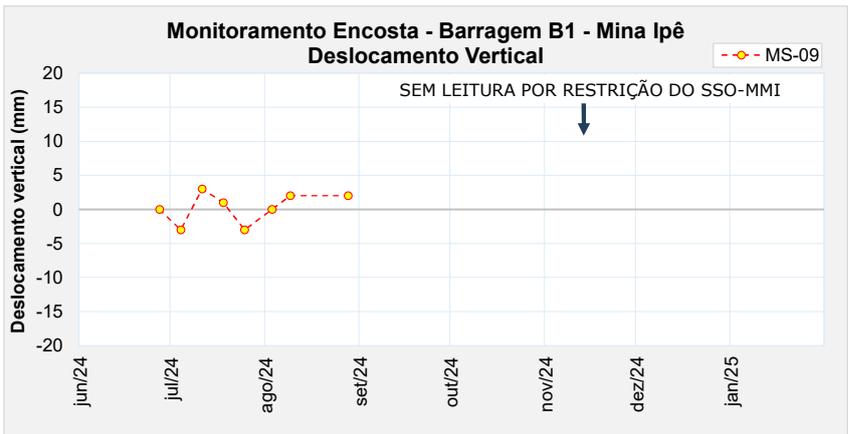
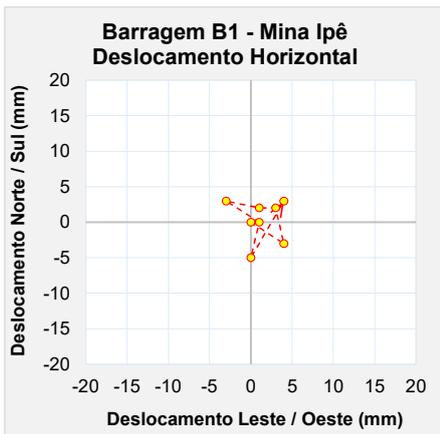


Figura 5.78 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-09.

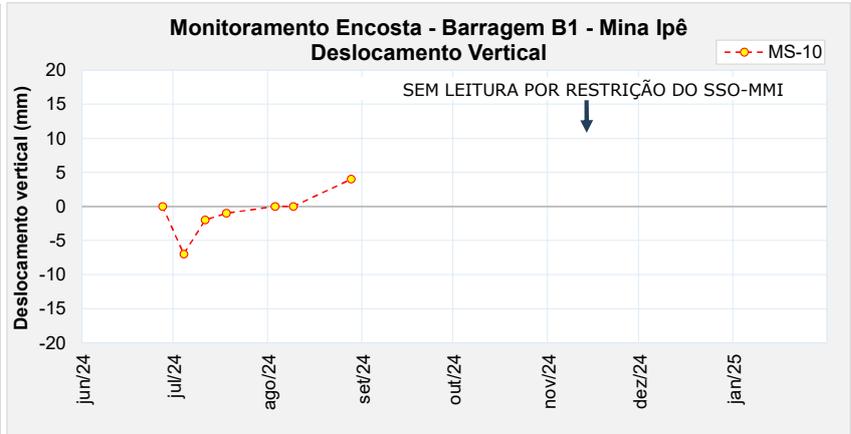
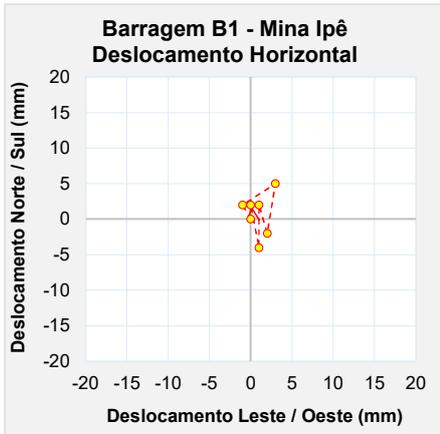


Figura 5.79 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-10.

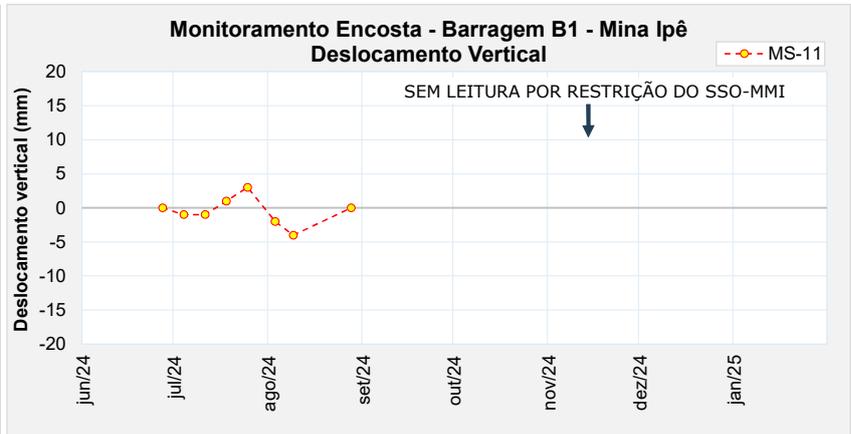
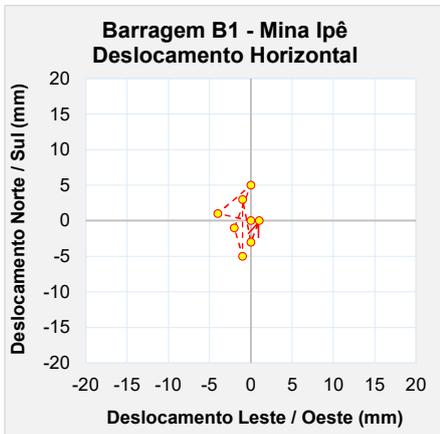


Figura 5.80 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-11.

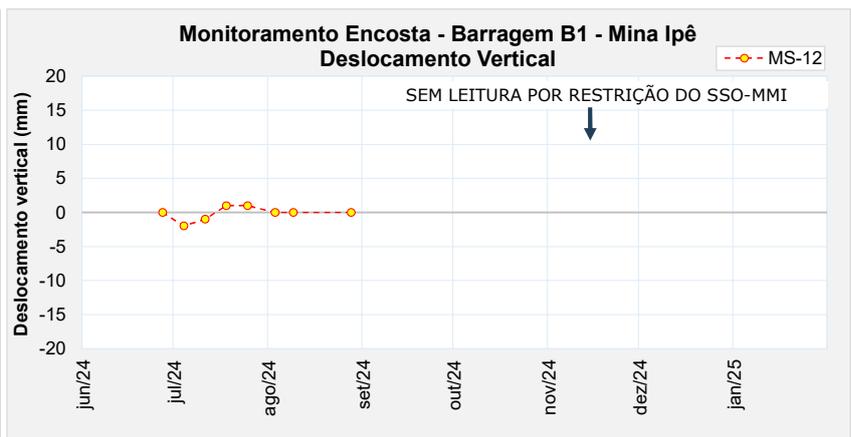
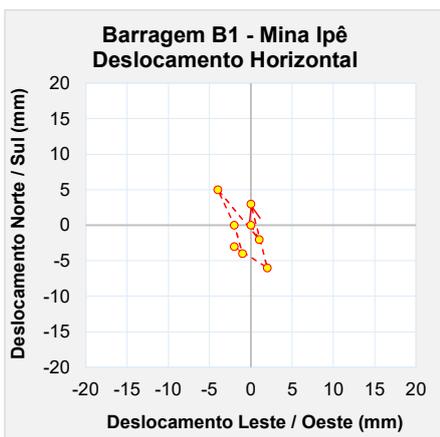


Figura 5.81 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-12.

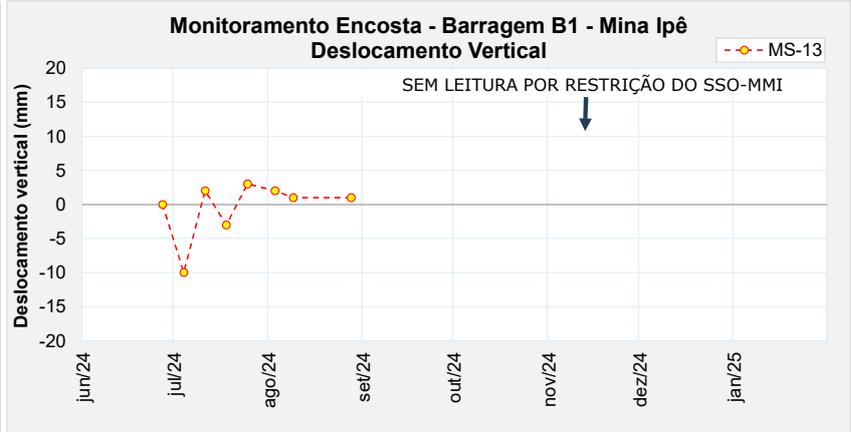
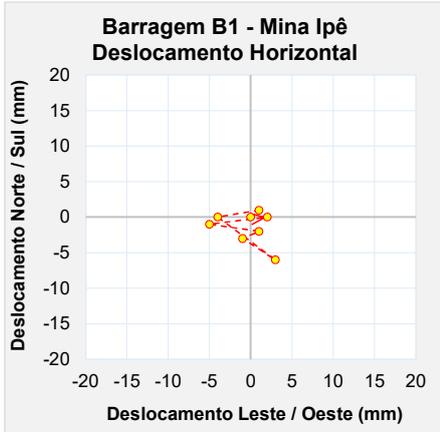


Figura 5.82 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-13.

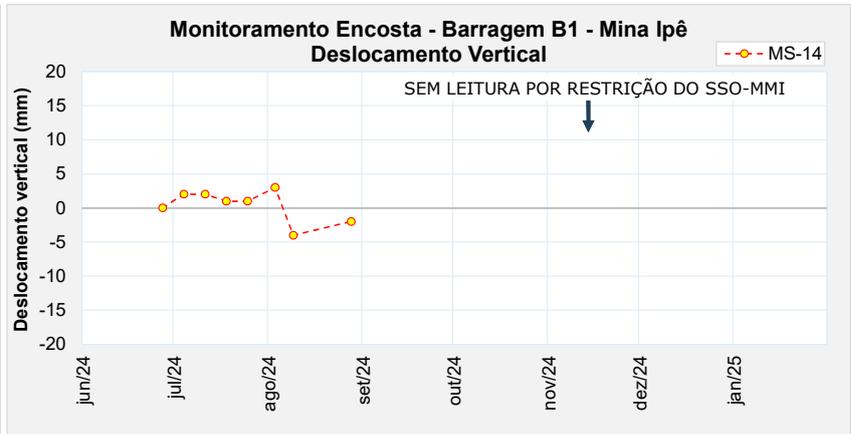
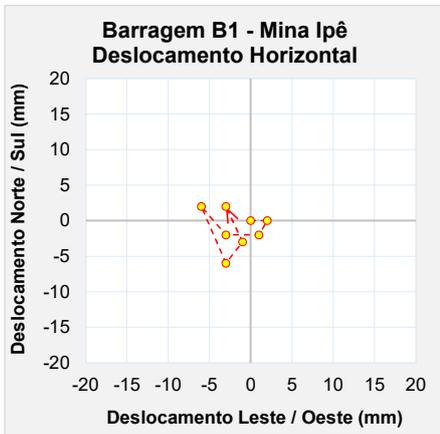


Figura 5.83 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-14.

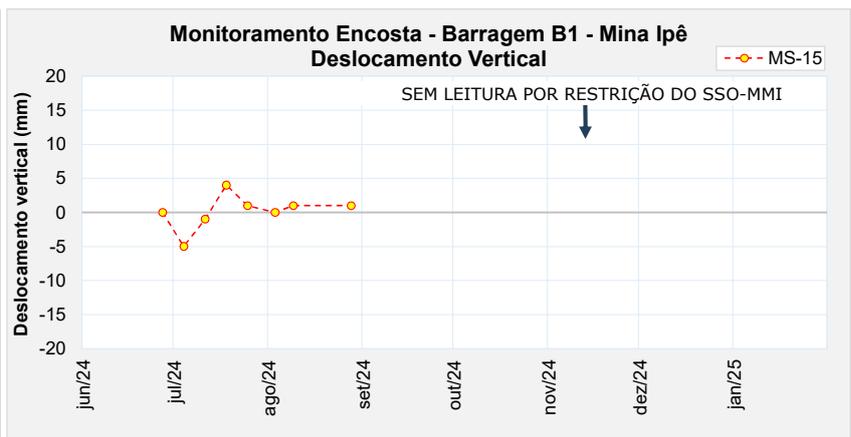
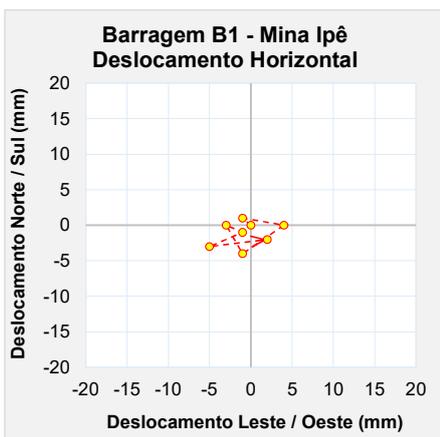


Figura 5.84 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-15.

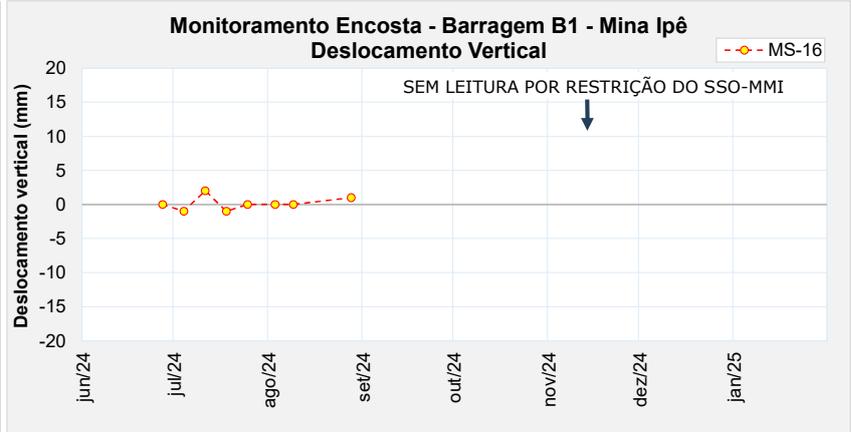
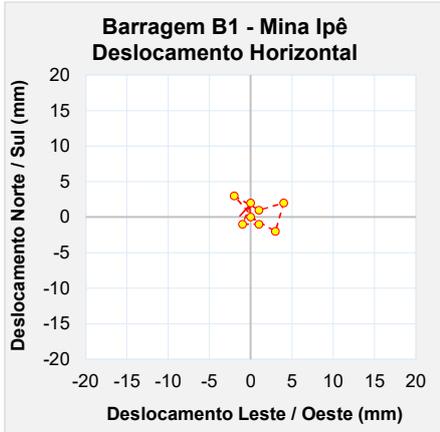


Figura 5.85 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-16.

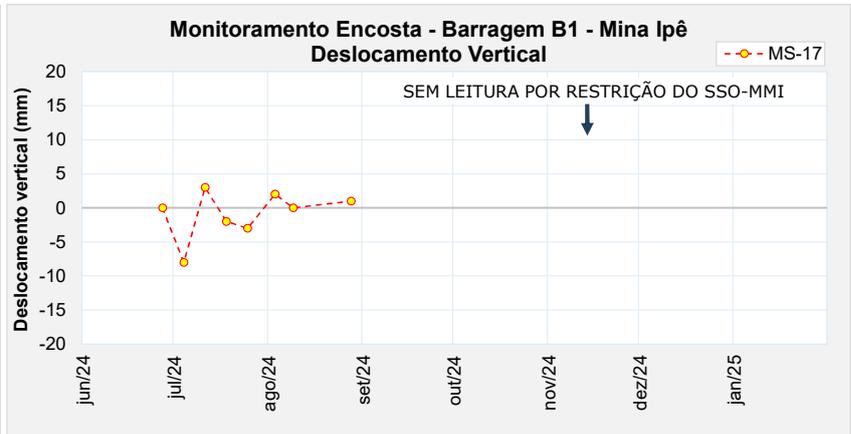
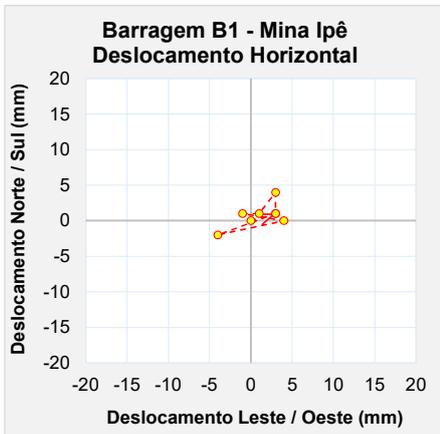


Figura 5.86 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-17.

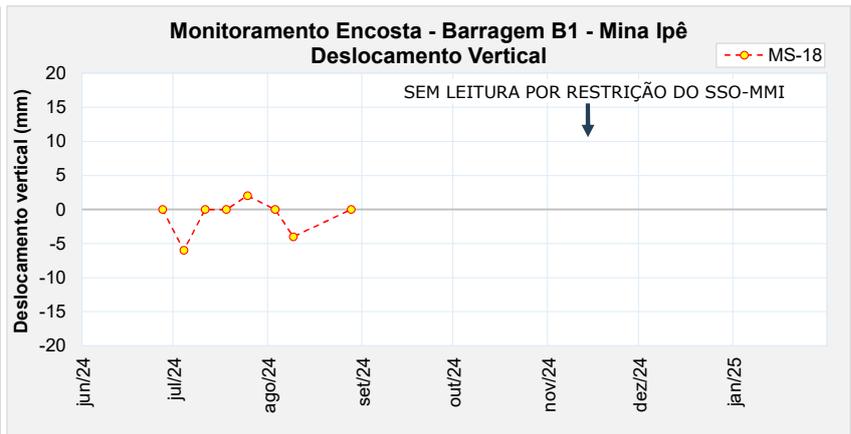
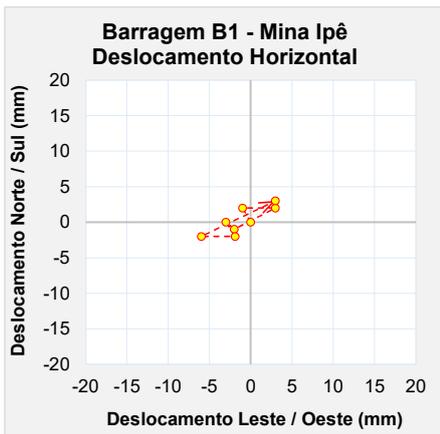


Figura 5.87 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-18.

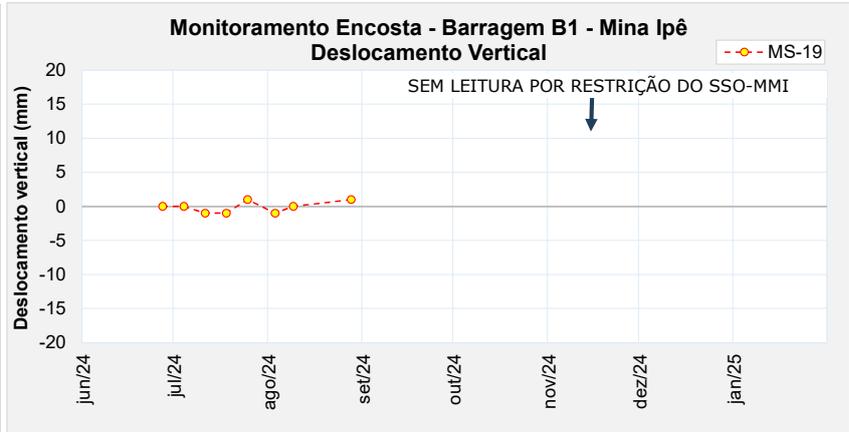
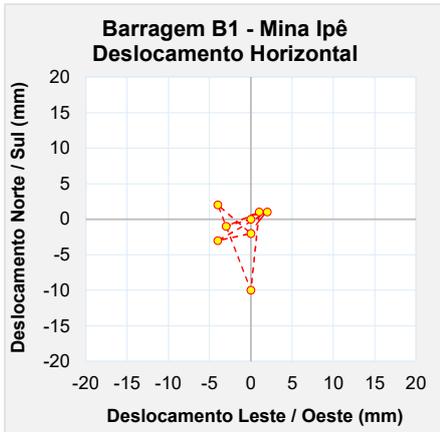


Figura 5.88 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-19.

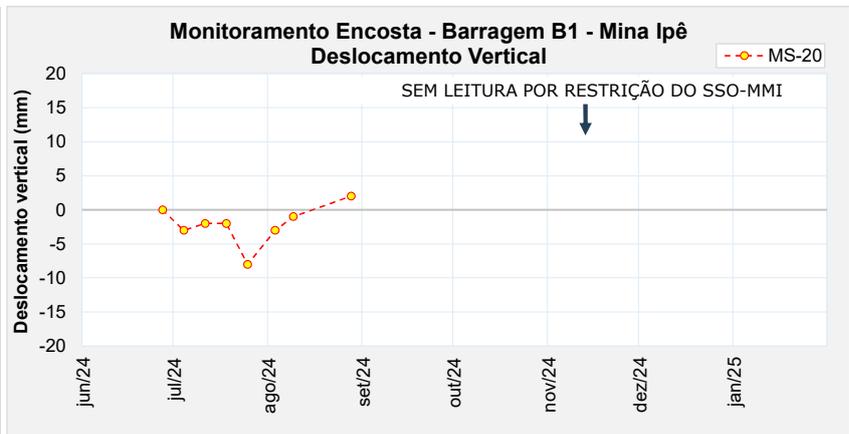
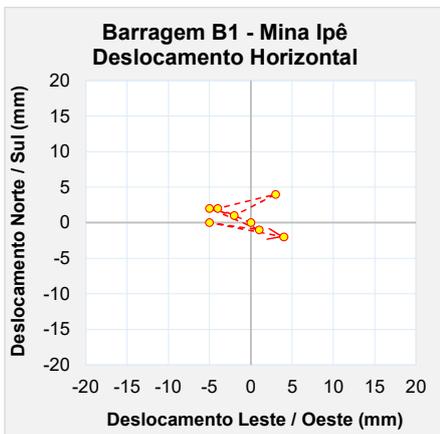


Figura 5.89 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-20.

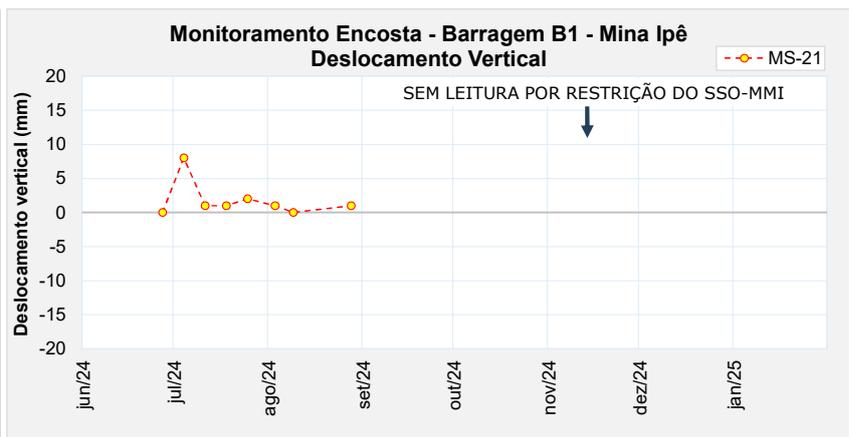
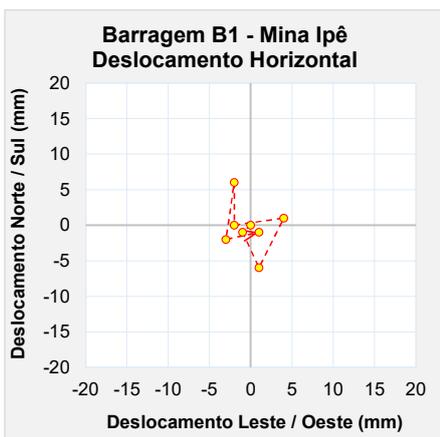


Figura 5.90 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-21.

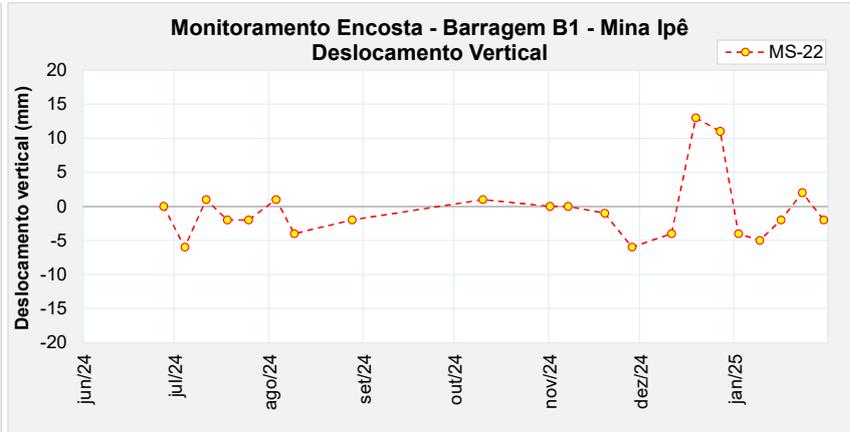
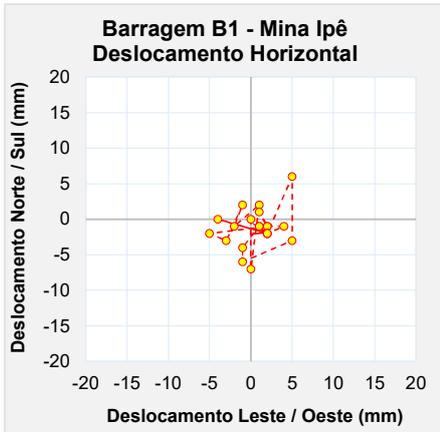


Figura 5.91 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-22.

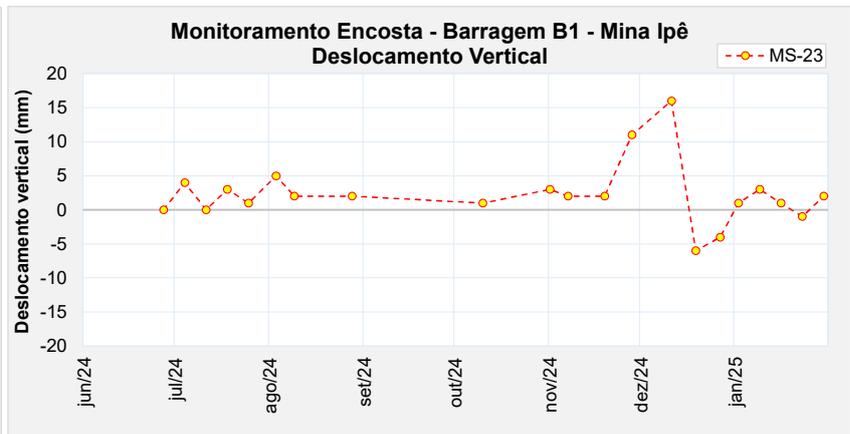
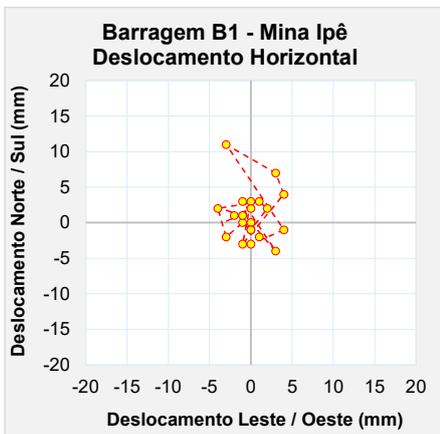


Figura 5.92 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-23.

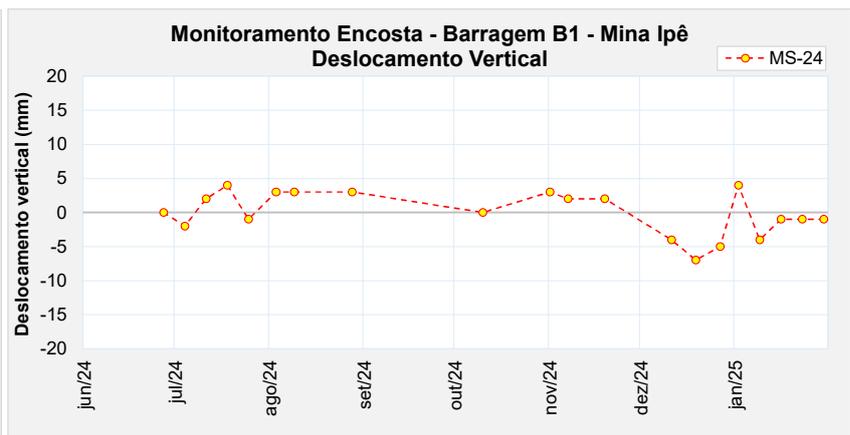
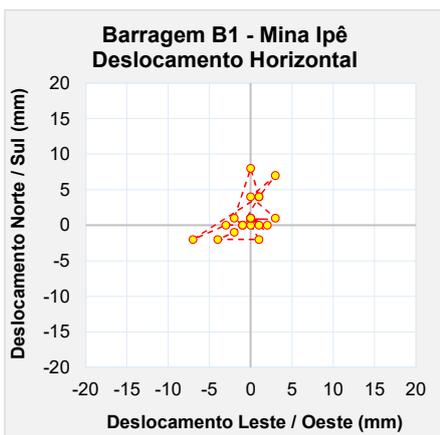


Figura 5.93 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-24.

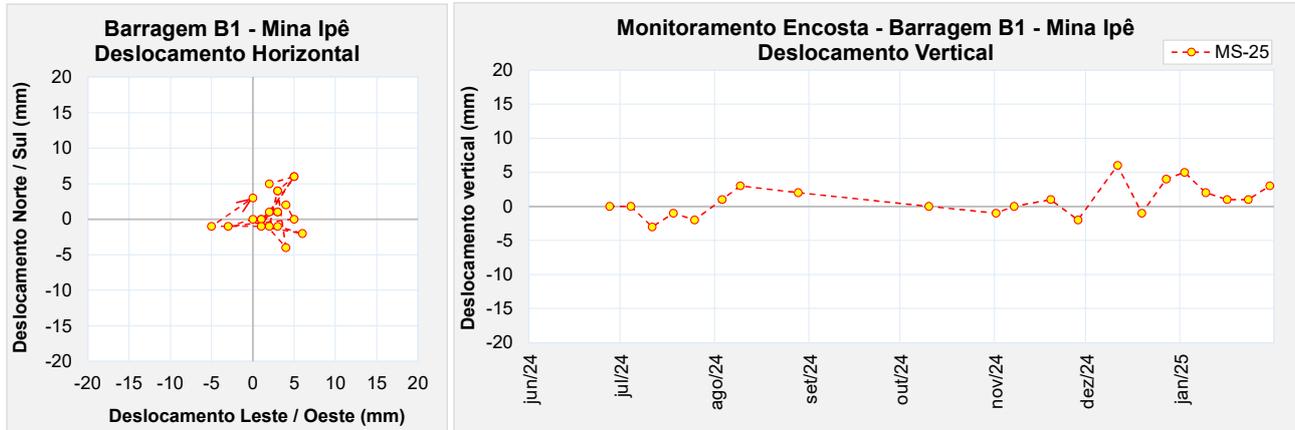


Figura 5.94 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-25.

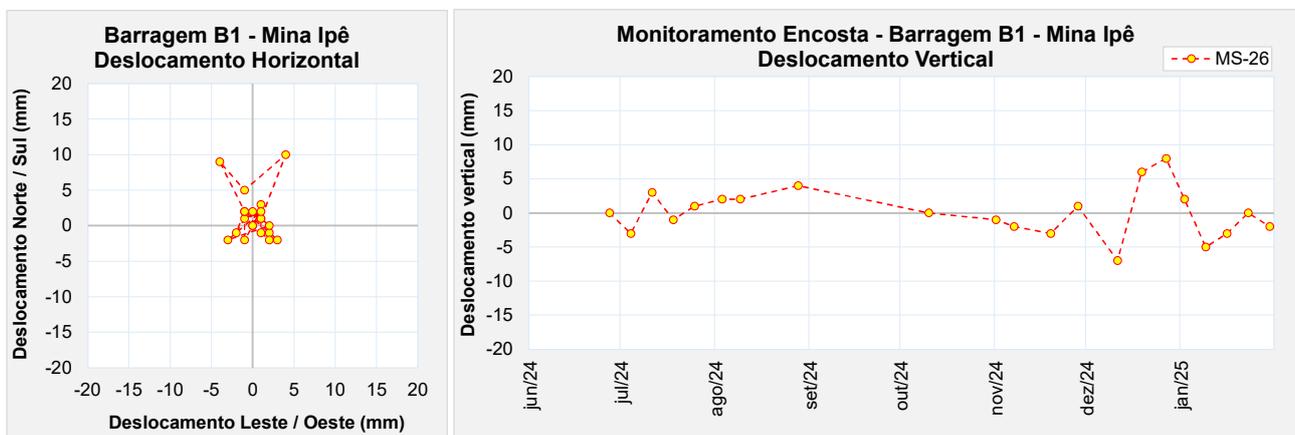


Figura 5.95 – Marco de controle de monitoramento da encosta MS-26.

- **Operação dos Poços de Bombeamento**

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

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

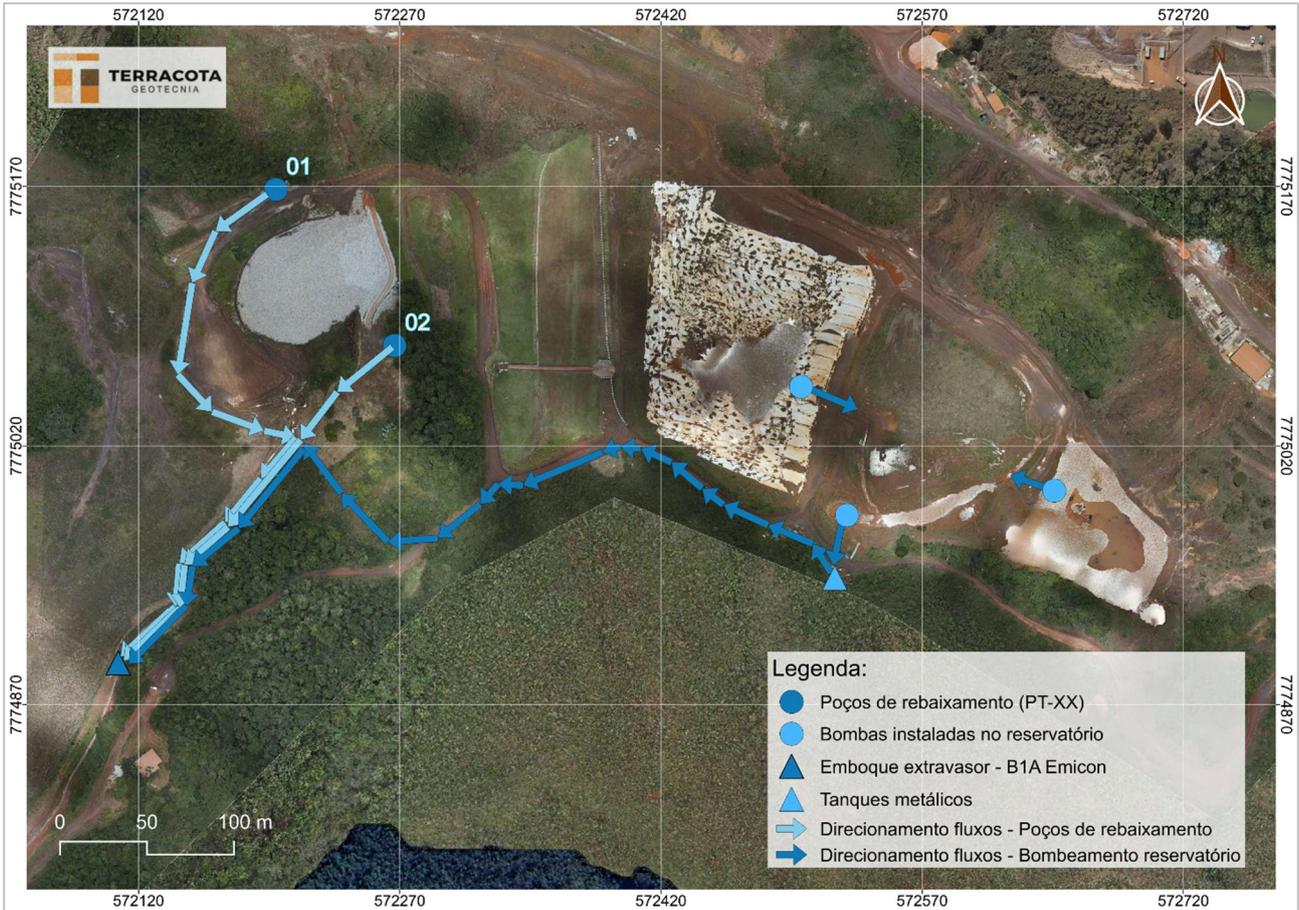


Figura 5.96 – Esquema de direcionamento atual dos fluxos proveniente dos sistemas de bombeamento.

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

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

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

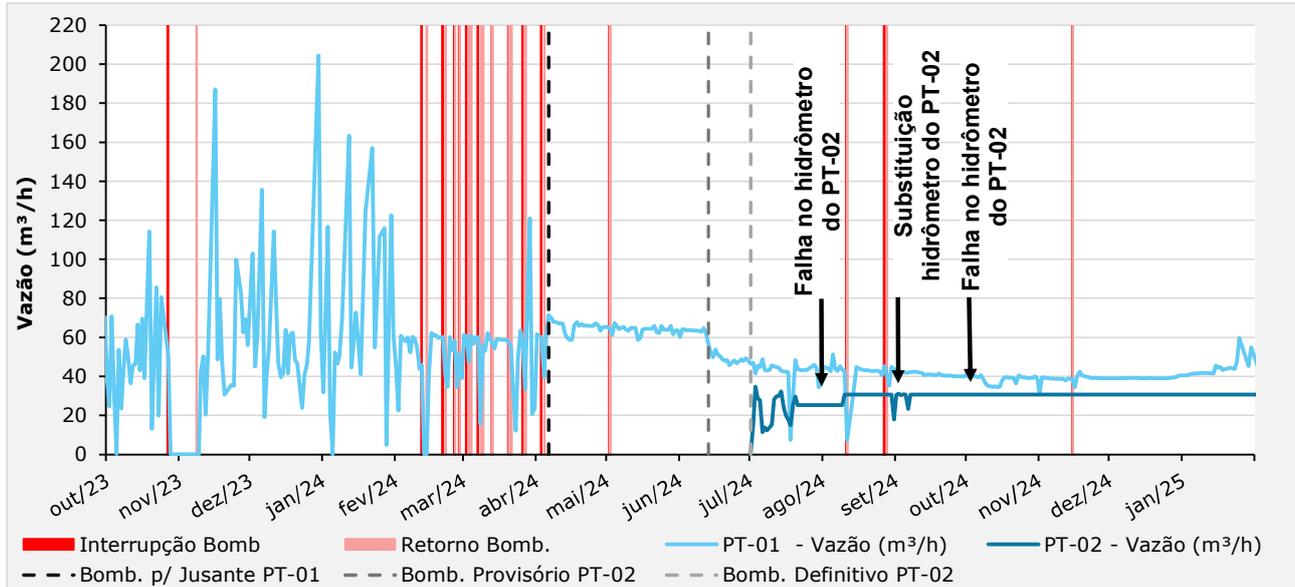


Figura 5.97 – Histórico bombeamento dos poços de rebaixamento.

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

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

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

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

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

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

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

Tabela 5.4 – Resumo vazões de bombeamento.

| Bombeamento dos poços de rebaixamento | | Vazões Médias (m ³ /h) | | |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------|-------|
| Marco notável | Sentido direcionamento dos fluxos | PT-01 | PT-02 | TOTAL |
| Início operação PT-01 | Montante (Tanques Metálicos → Usina) | 58 | - | 58 |
| Alteração do sentido de direcionamento dos fluxos | Jusante (Extravasador B1A Emicon) | 64 | - | 64 |
| Início Operação PT-02 | Jusante (Extravasador B1A Emicon) | 48 | 27 | 75 |
| Condição Atual (Novembro/2024 a Janeiro/2025) | Jusante (Extravasador B1A Emicon) | 41 | 31 | 72 |

5.7.4 Análise de Estabilidade

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

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

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

5.7.4.1 Premissas Adotadas nas Simulações

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

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

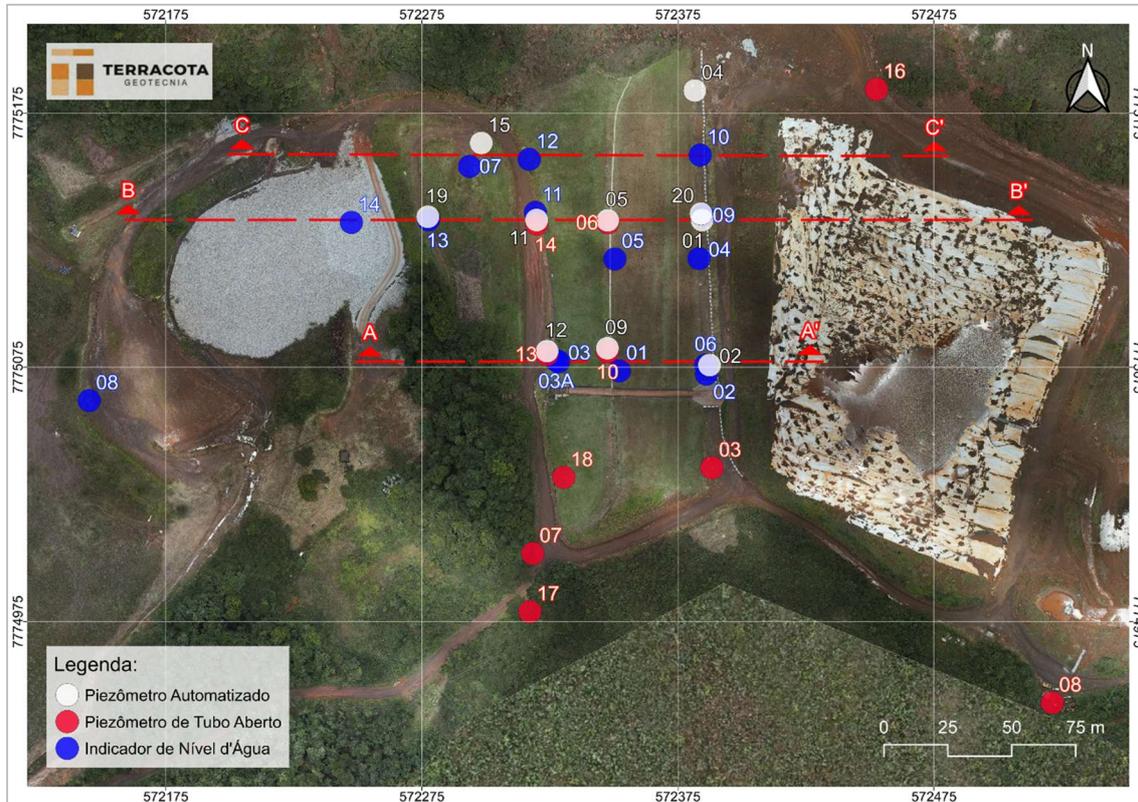


Figura 5.98 – Seções Instrumentadas Barragem B1 – Mina Ipê – Planta.

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

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

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

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

Tabela 5.5 – Premissas adotadas nas análises de estabilidade.

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

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

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

5.7.4.2 Sismicidade do Local da Barragem

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

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



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

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

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

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

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

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

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

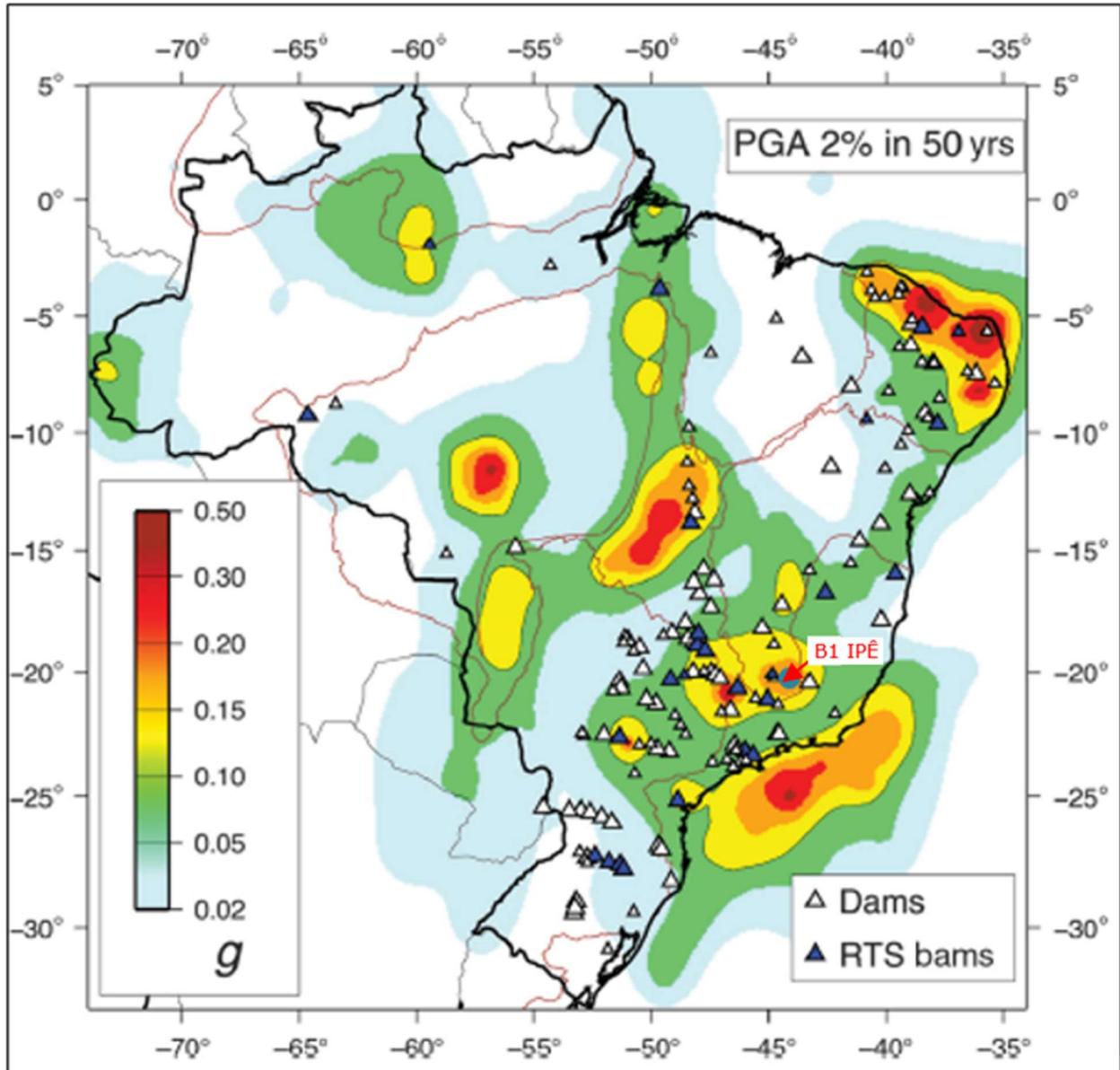


Figura 5.100 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Assumpção Et al., 2018).

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

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

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

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

Nota 1. Definições para população em risco:

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

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

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

Nota 2. Definições para população em risco:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Em que:

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

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

5.7.4.3 Definição da Condição da Superfície Freática

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

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

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

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

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

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

1- Instrumento automatizado selado;

2- Instrumento automatizado não selado;

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

5.7.4.4 Parâmetros de Resistência

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

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

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

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

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

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

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

5.7.4.5 Resultados

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

Tabela 5.11 – Resultado das análises de estabilidade.

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

(1) - Carregamento pseudo-estático considerando critérios do Canadian Dam Association (CDA, 2014);

(2) - Carregamento pseudo-estático considerando Probabilidade de Excedência de 0,2% relativo à vida útil remanescente da estrutura de 2 anos até sua completa remoção e Período de Retorno de 1.000 anos.

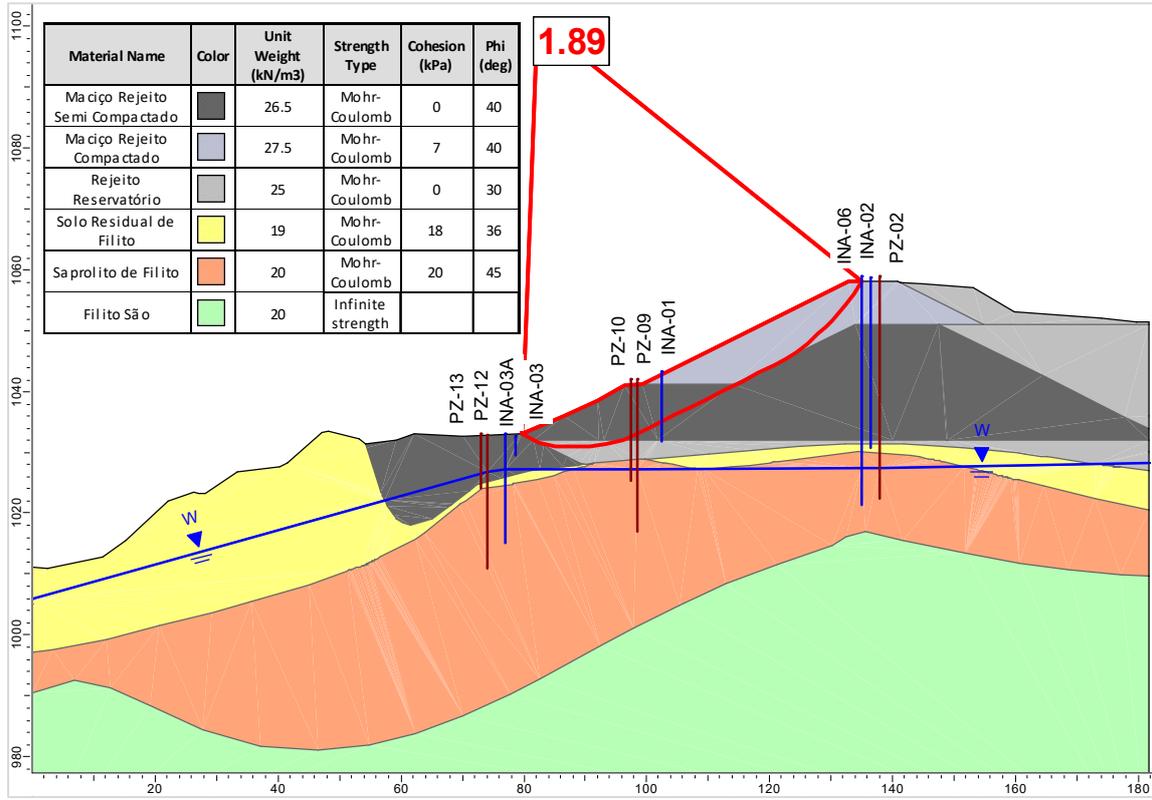


Figura 5.101 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25.

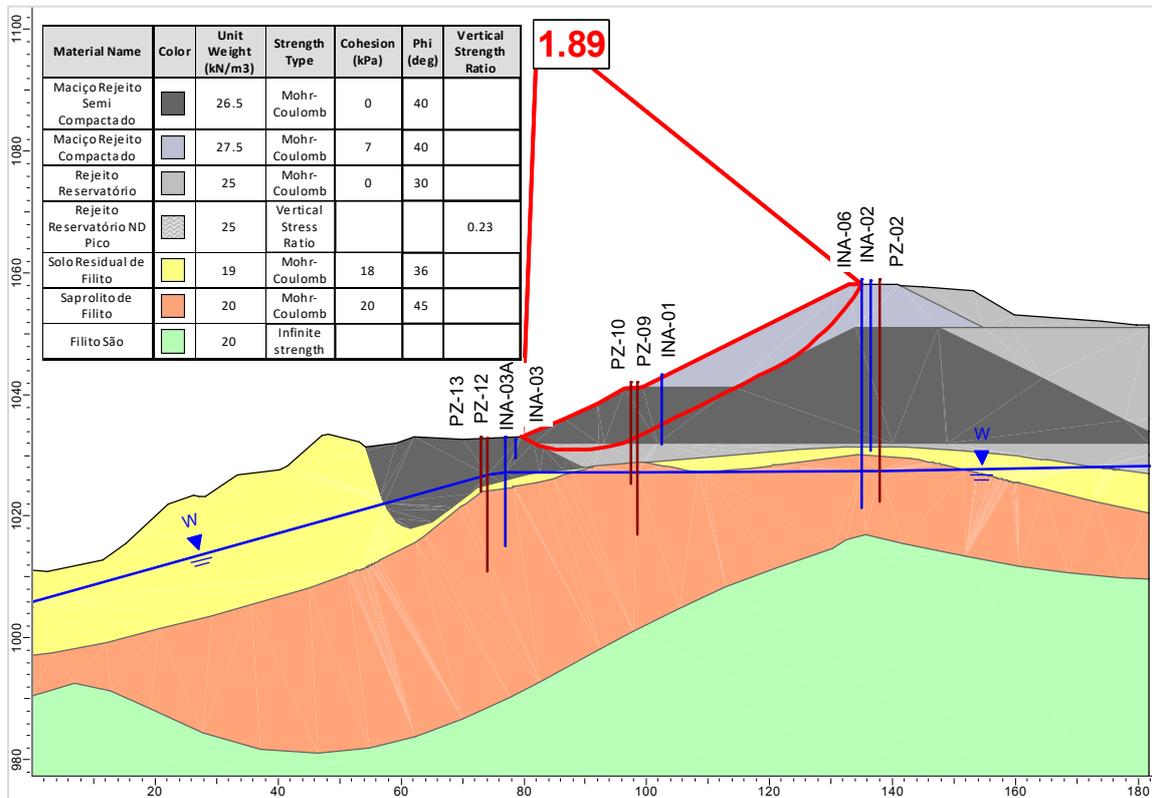


Figura 5.102 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico.

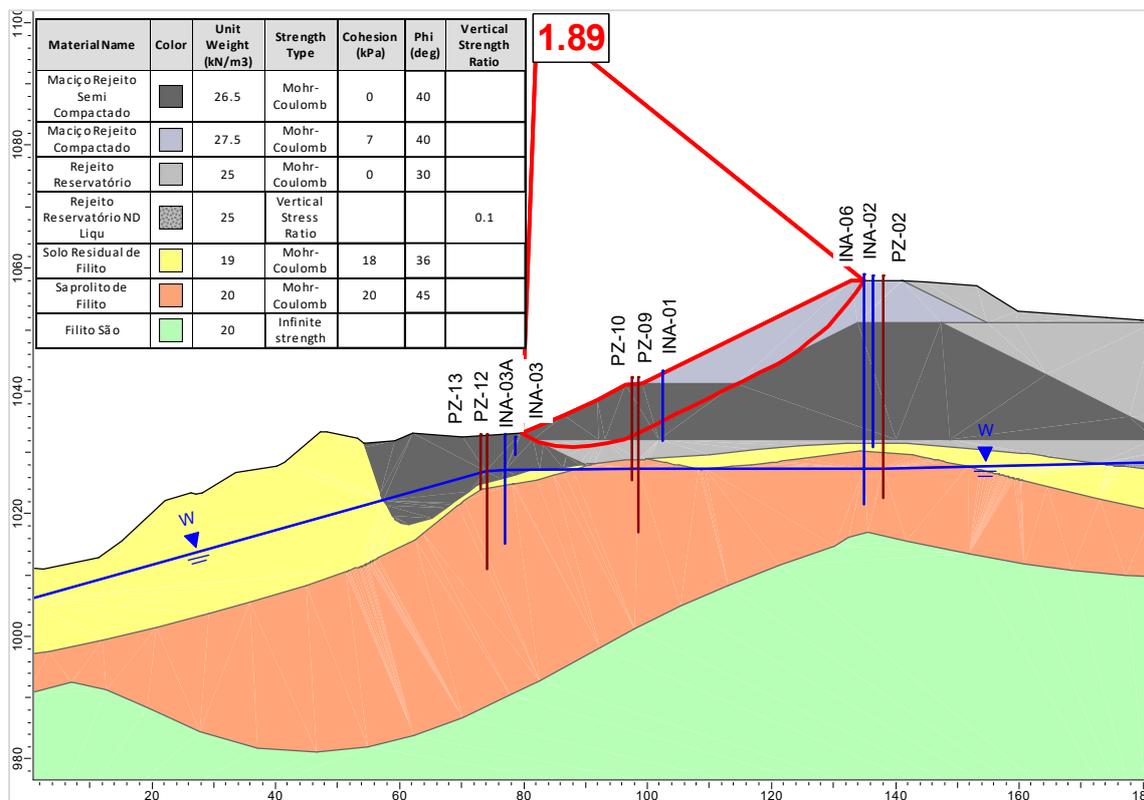


Figura 5.103 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada liquefeito.

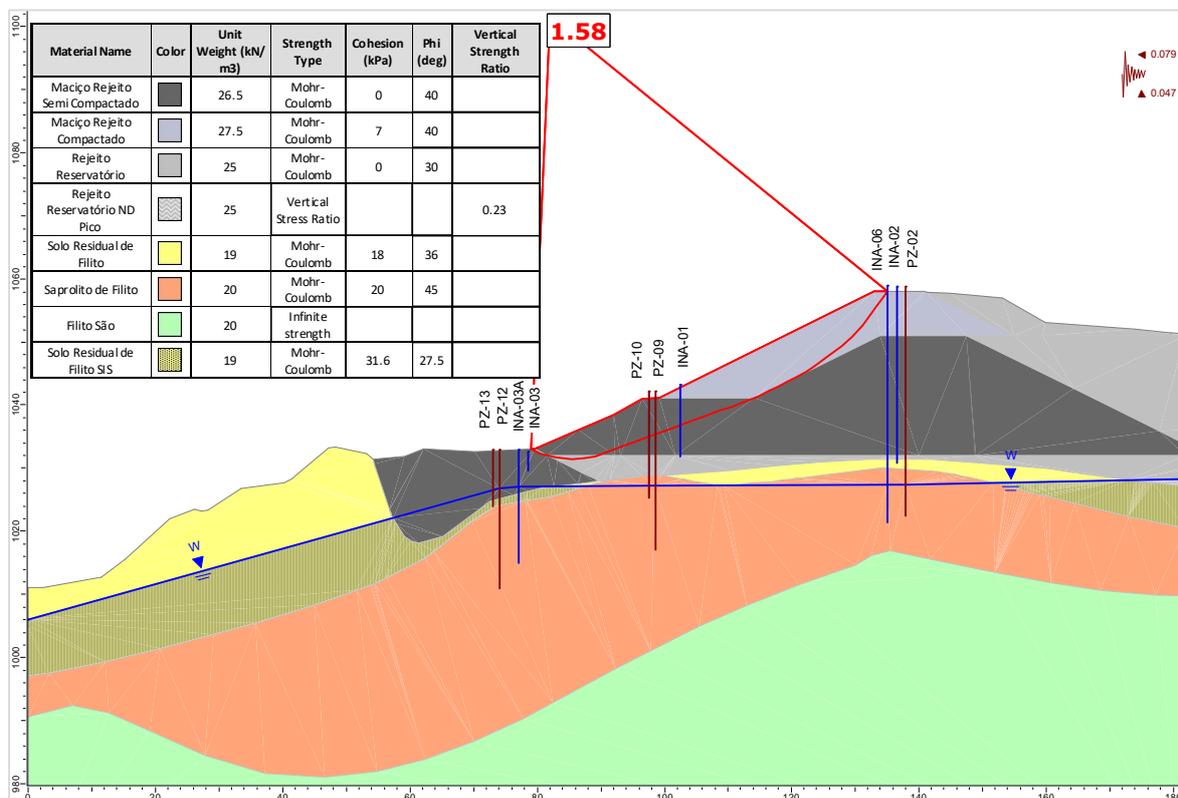


Figura 5.104 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

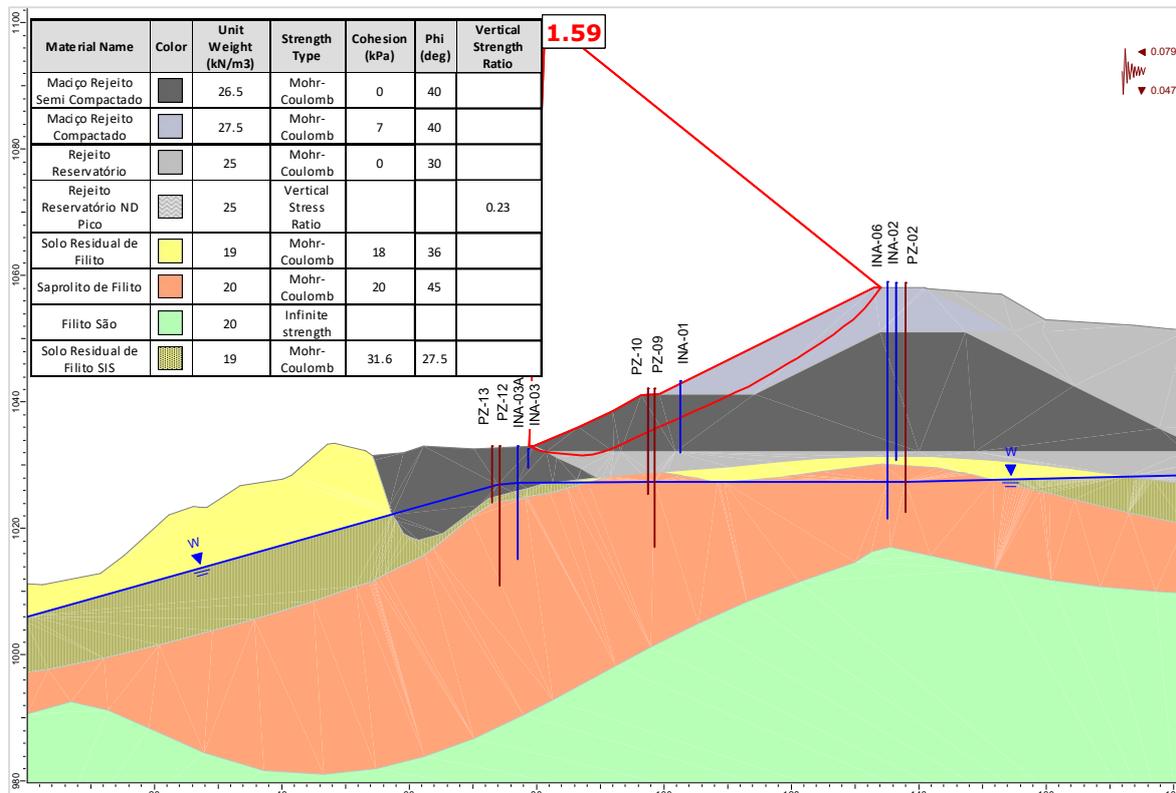


Figura 5.105 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

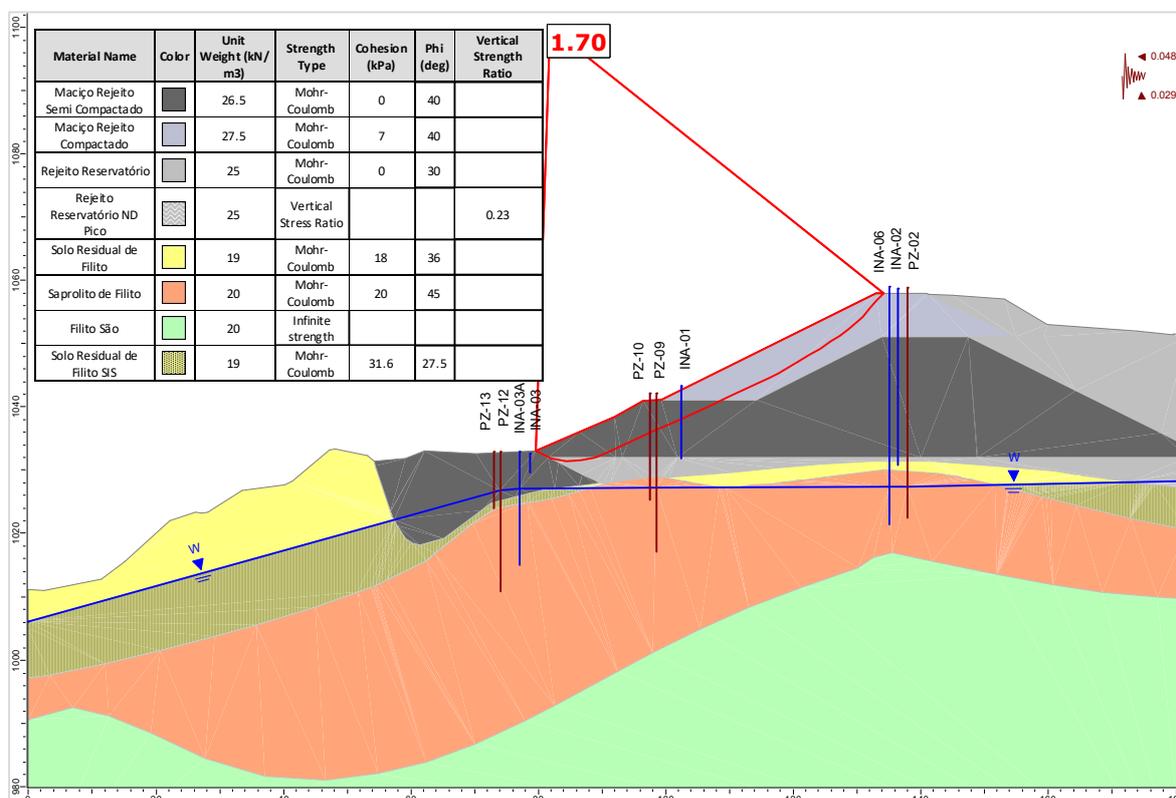


Figura 5.106 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

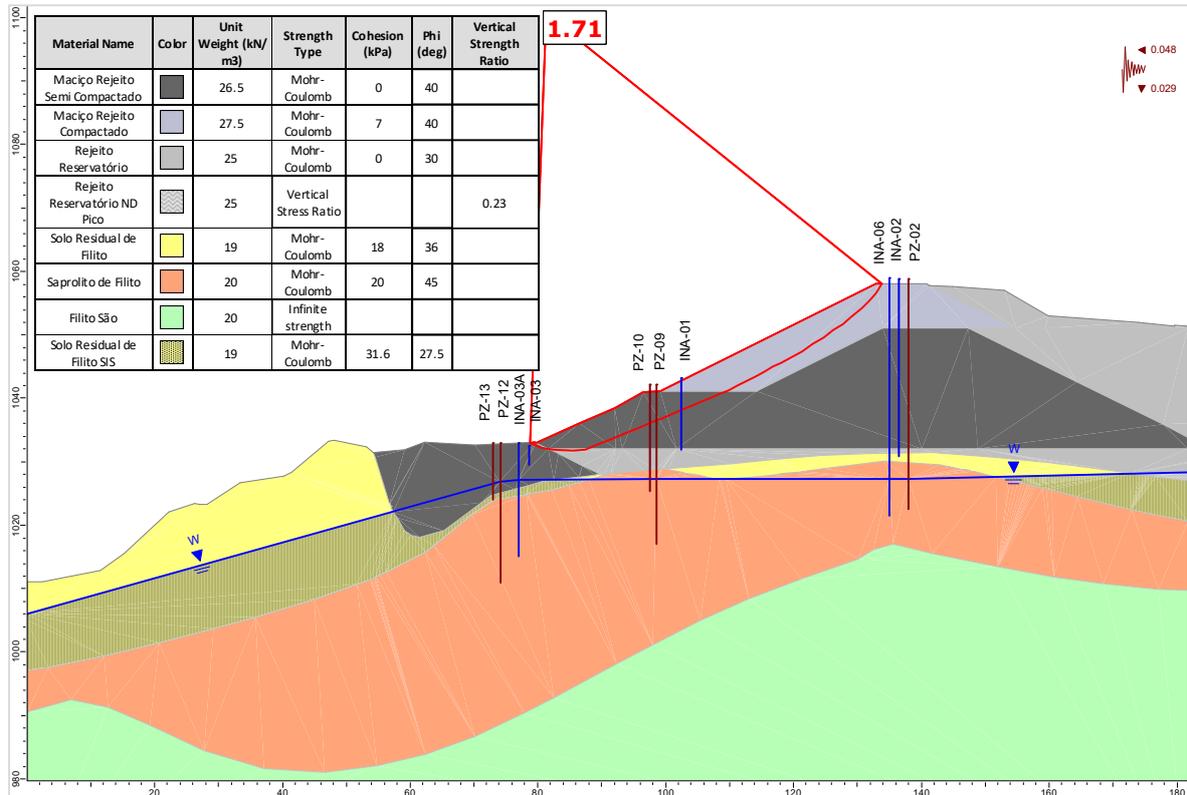


Figura 5.107 – Seção A-A' – Cenário 1 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

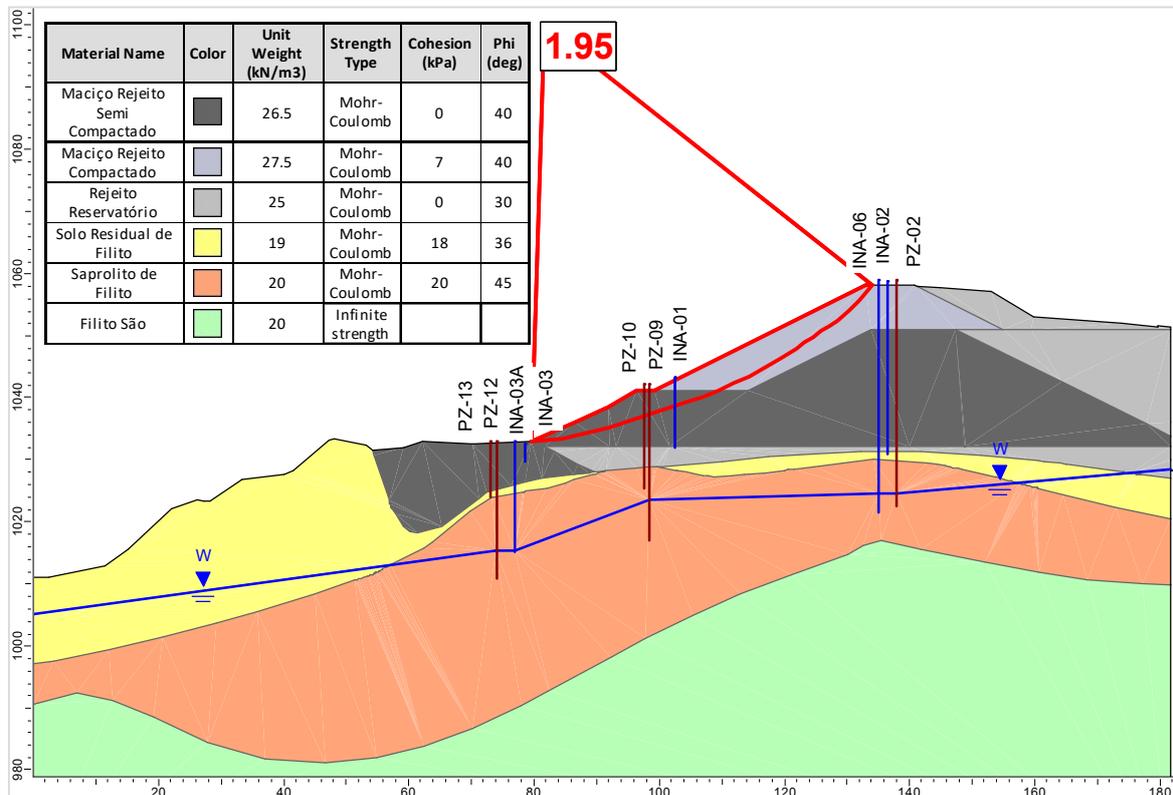


Figura 5.108 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25.

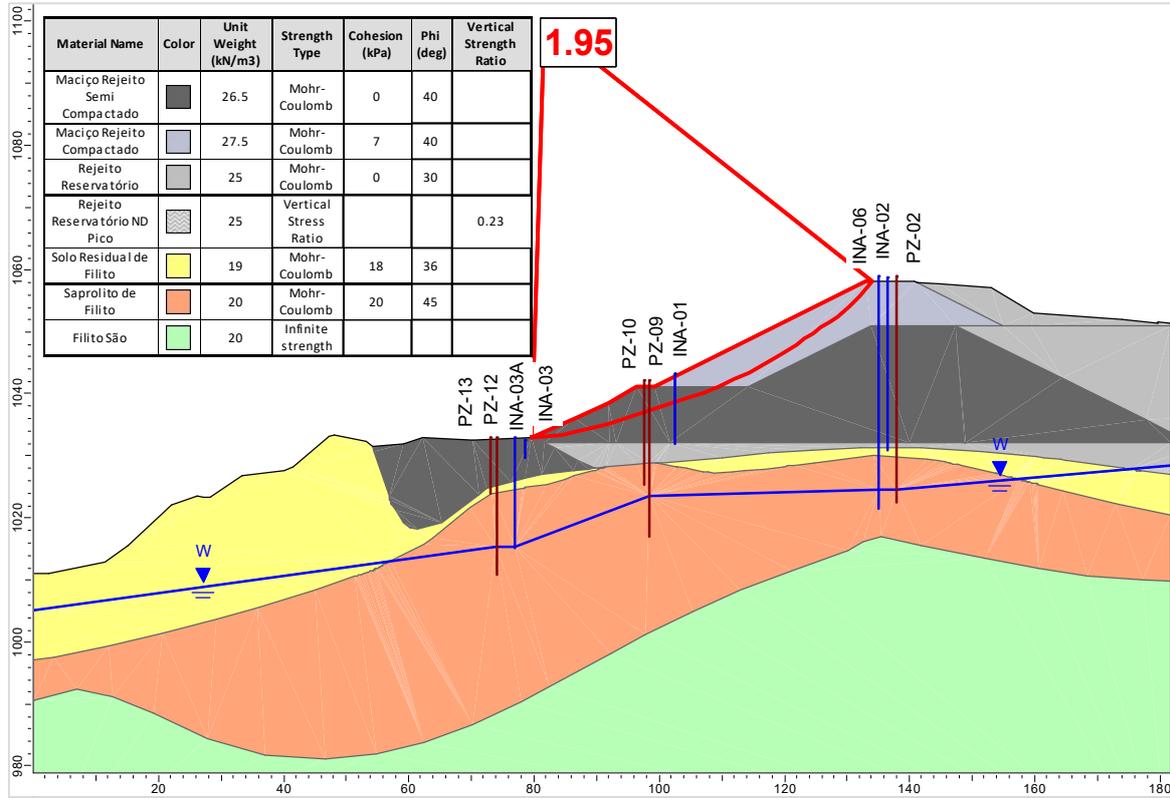


Figura 5.109 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico.

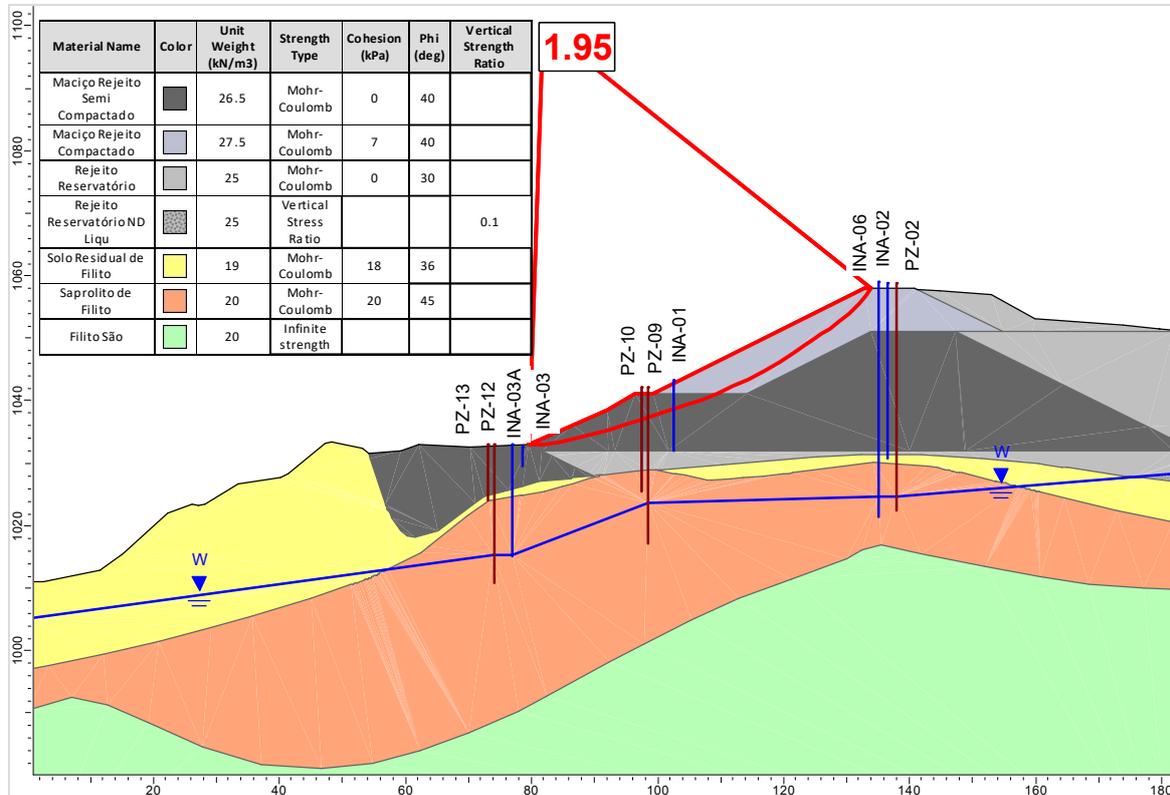


Figura 5.110 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada liquefeito.

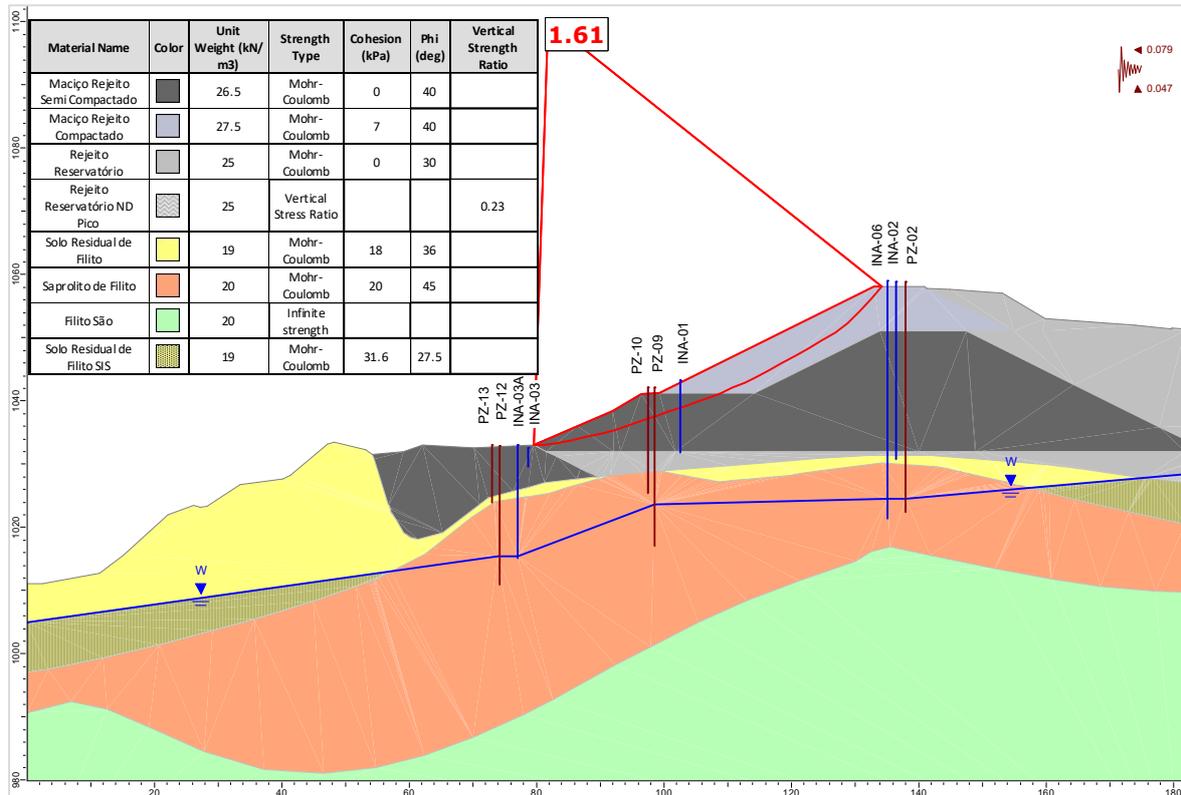


Figura 5.111 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

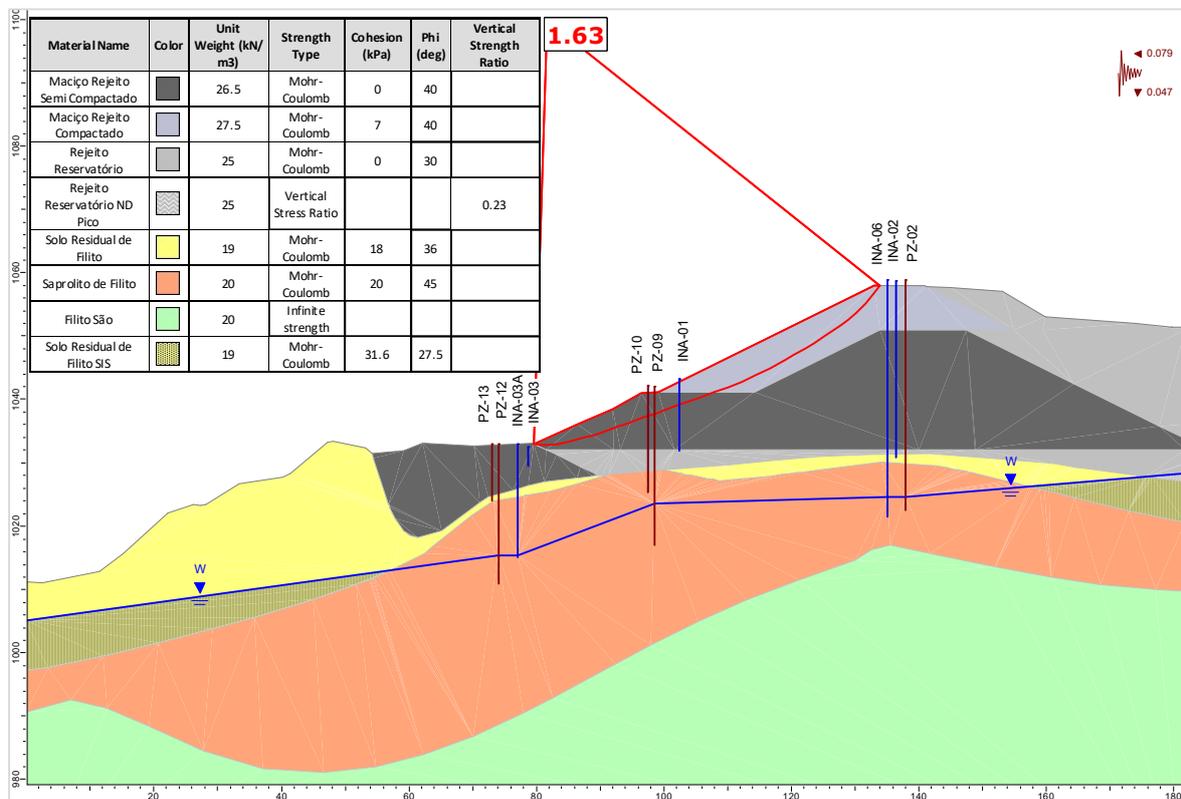


Figura 5.112 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

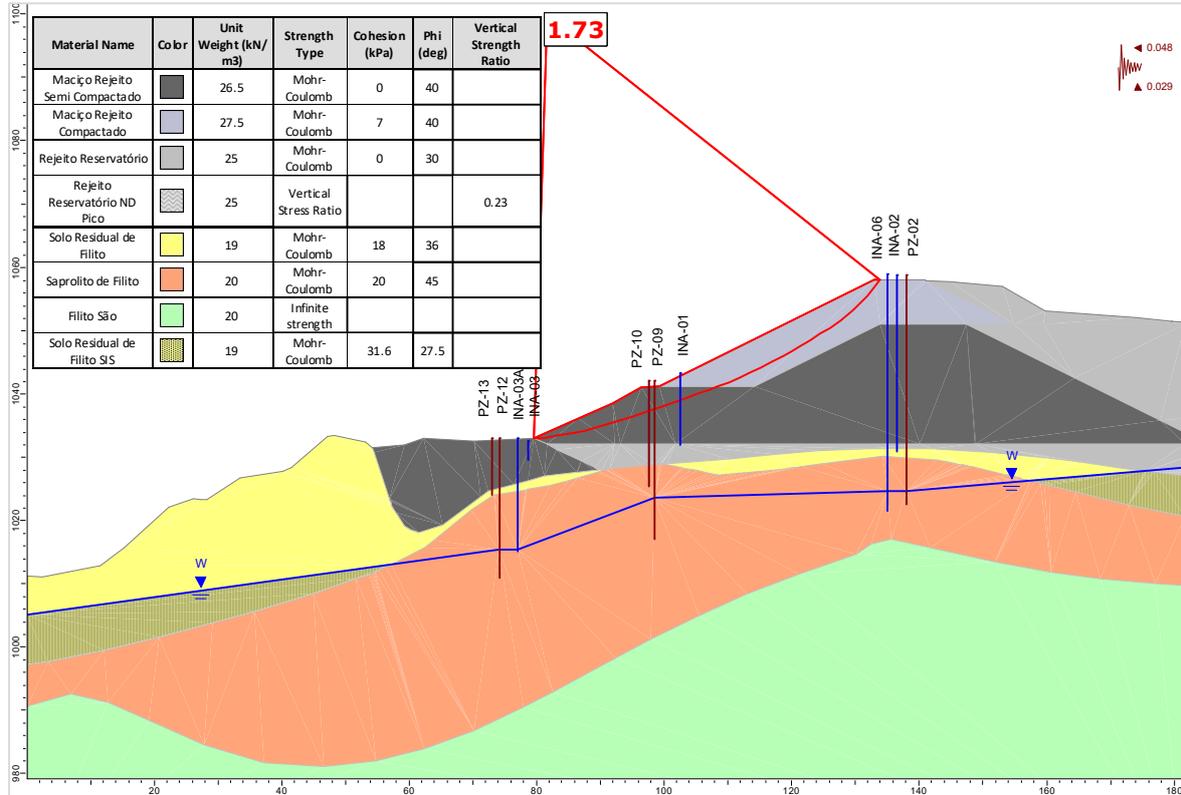


Figura 5.113 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

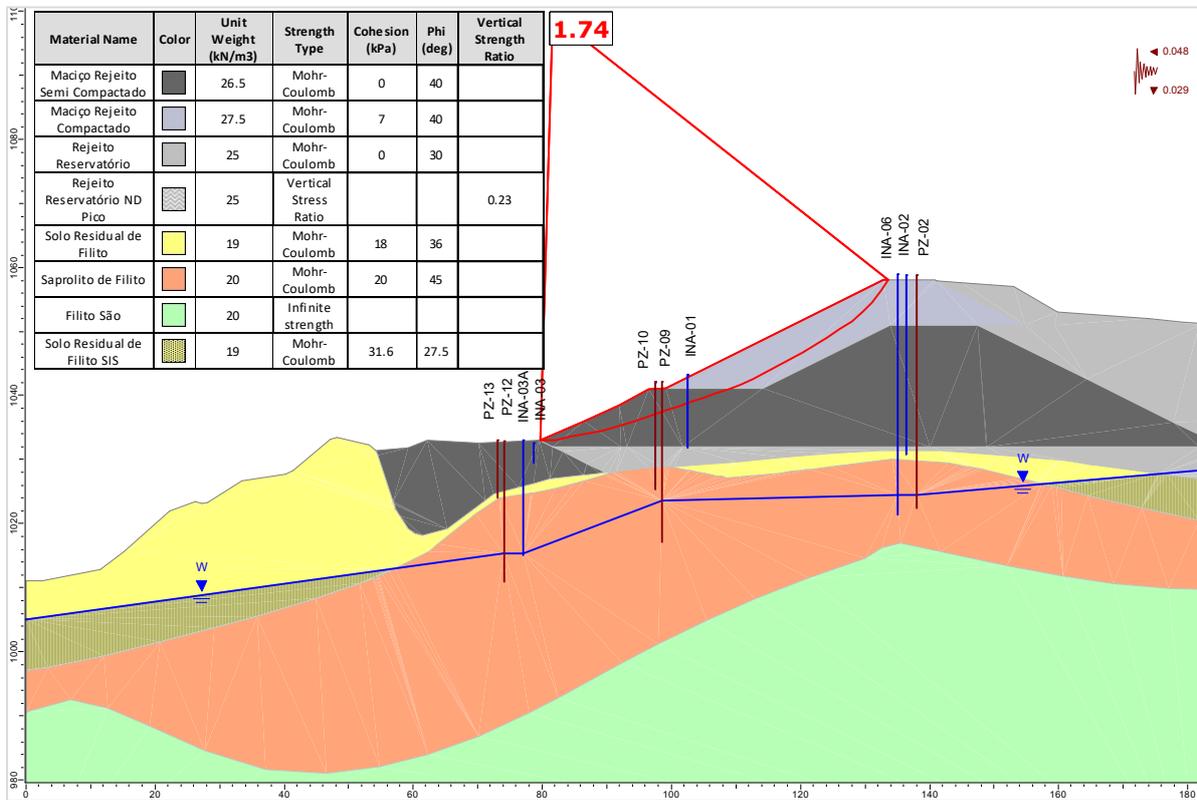


Figura 5.114 – Seção A-A' – Cenário 2 - Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

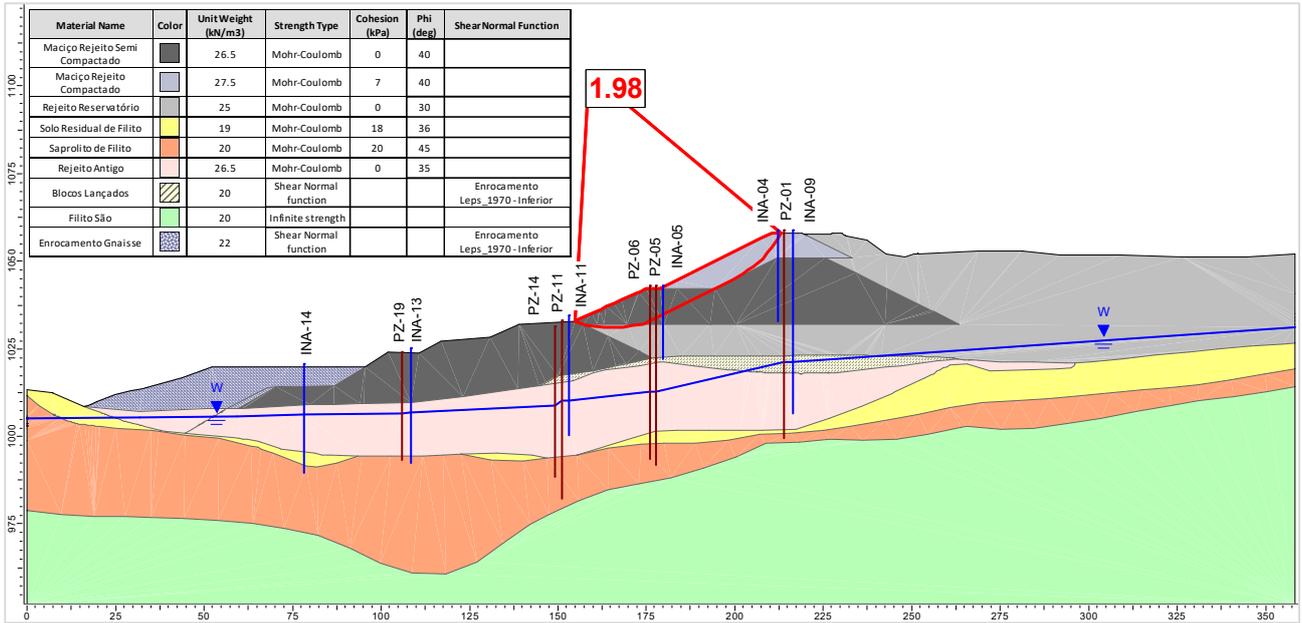


Figura 5.115 – Seção B-B' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25.

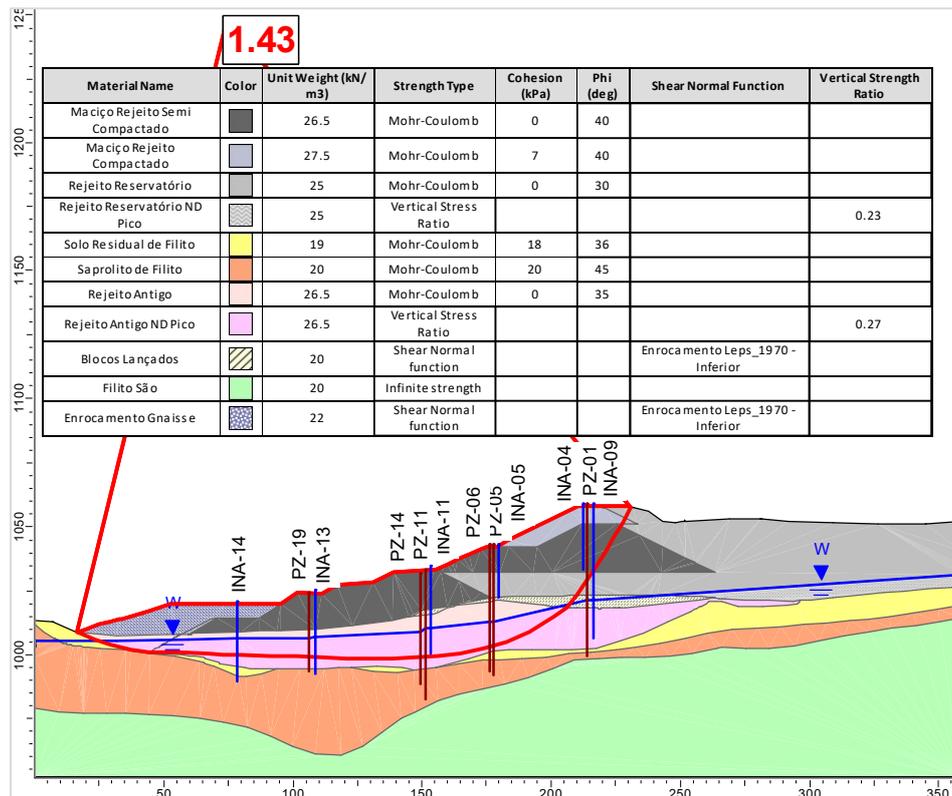


Figura 5.116 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico.

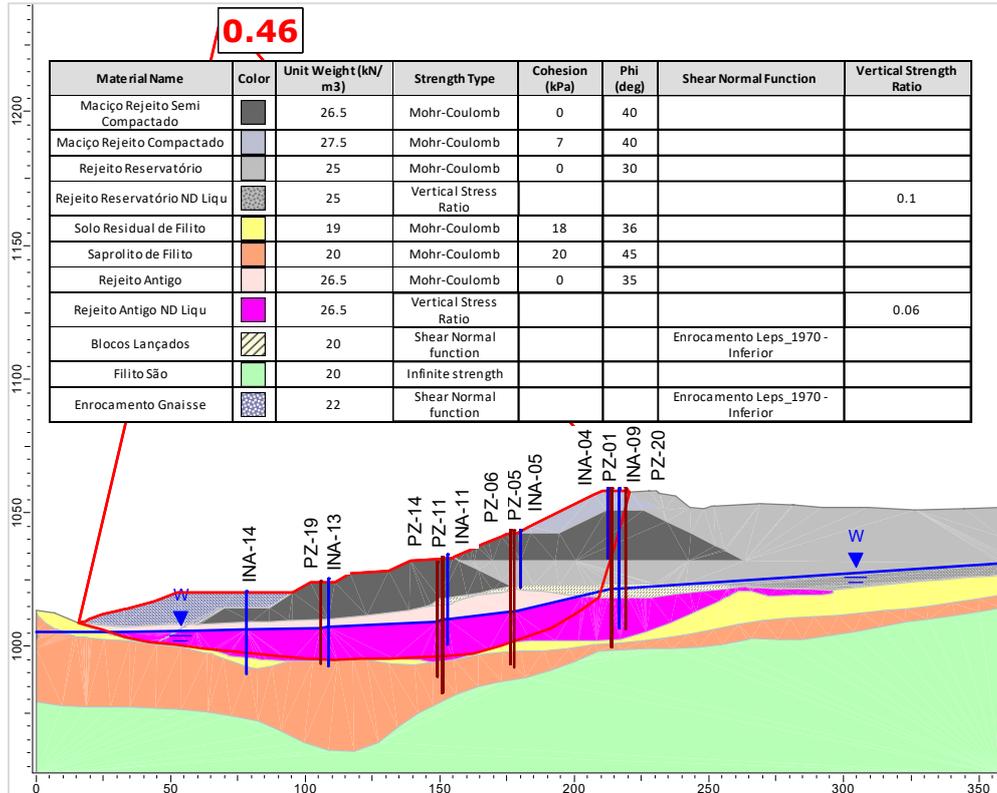


Figura 5.117 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada liquefeito.

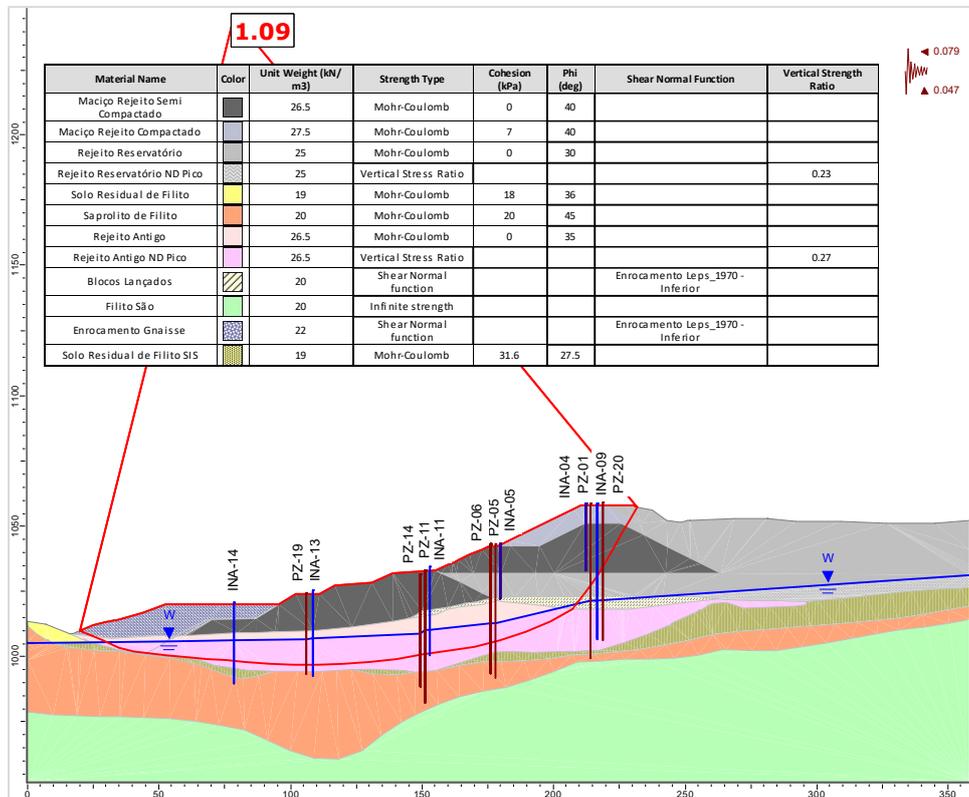


Figura 5.118 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

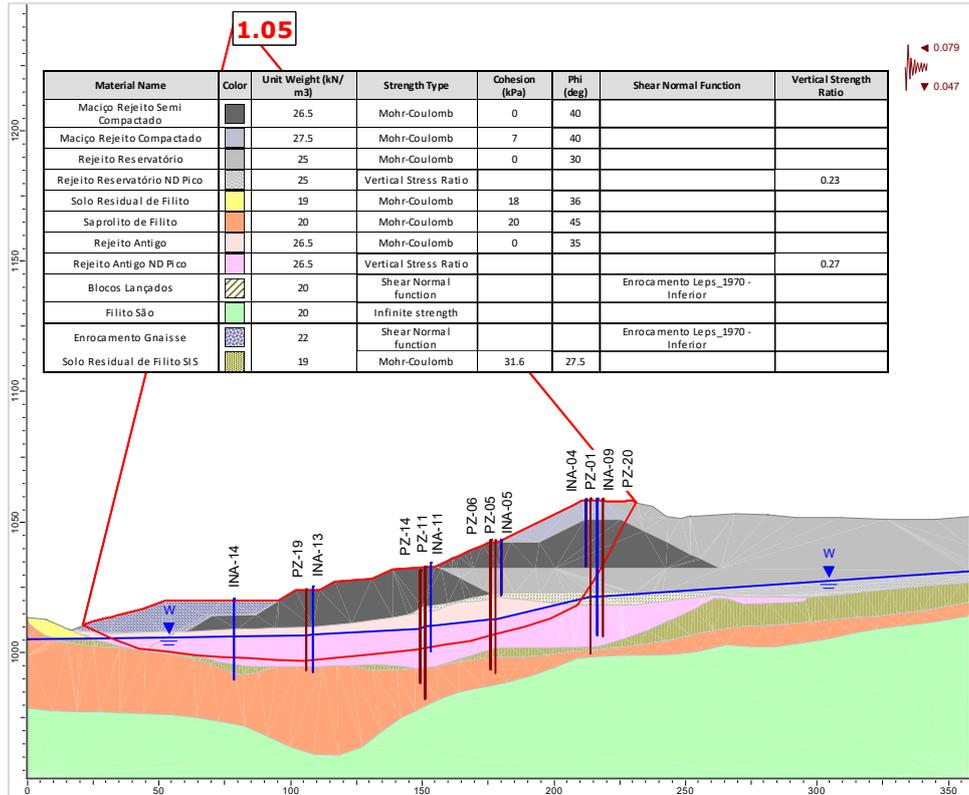


Figura 5.119 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

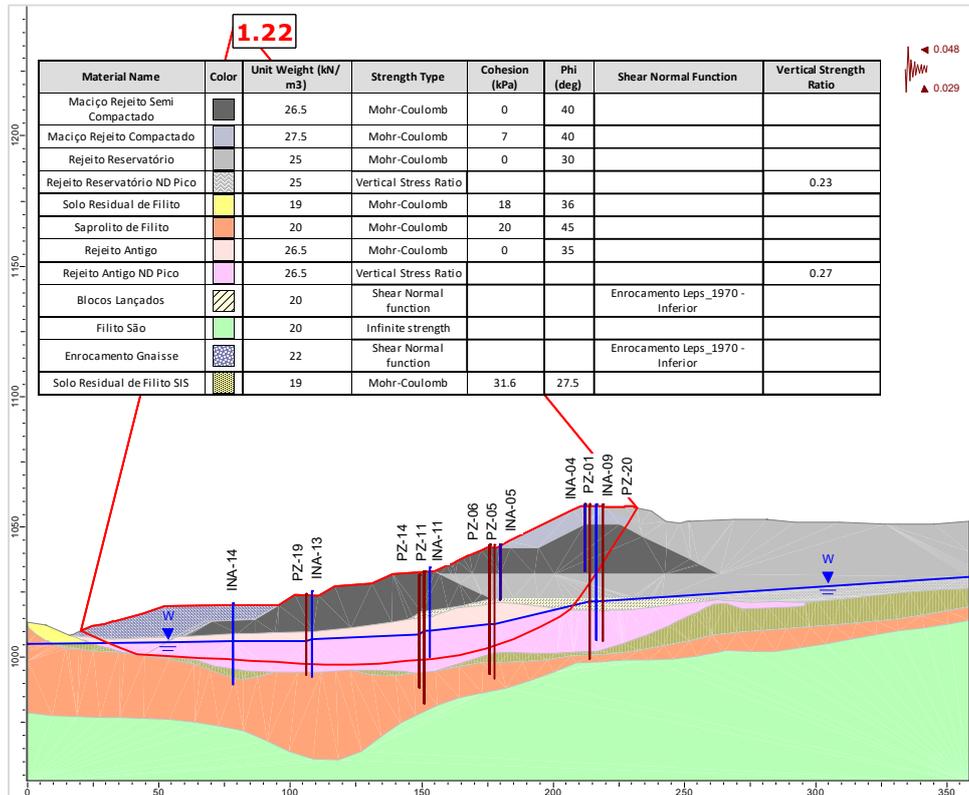


Figura 5.120 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

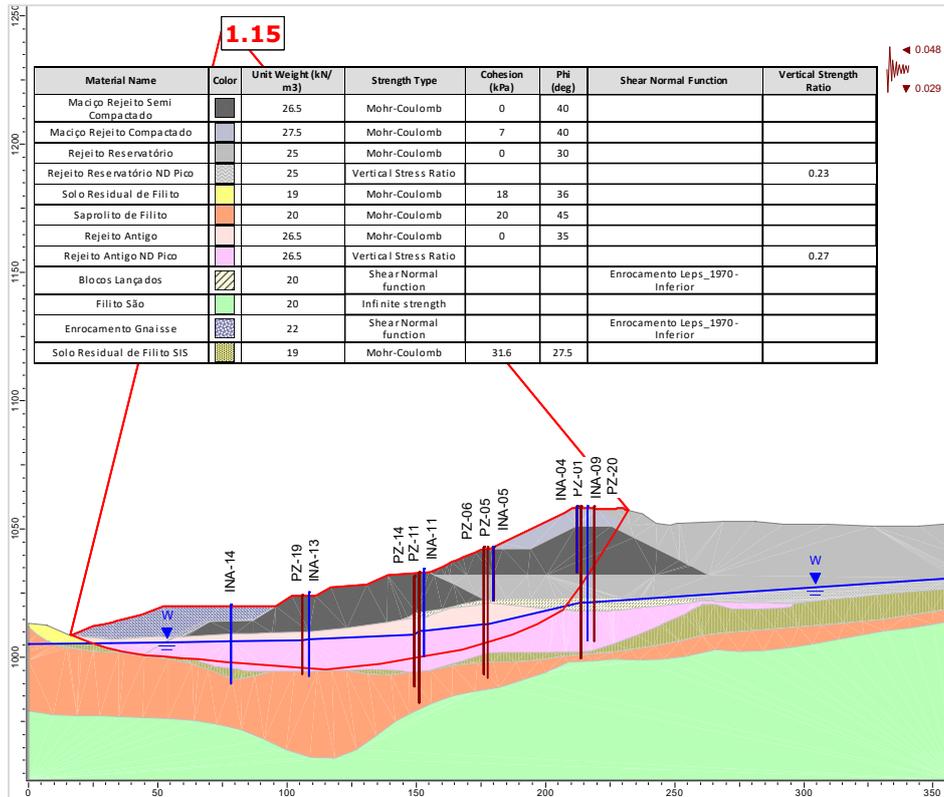


Figura 5.121 – Seção B-B' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

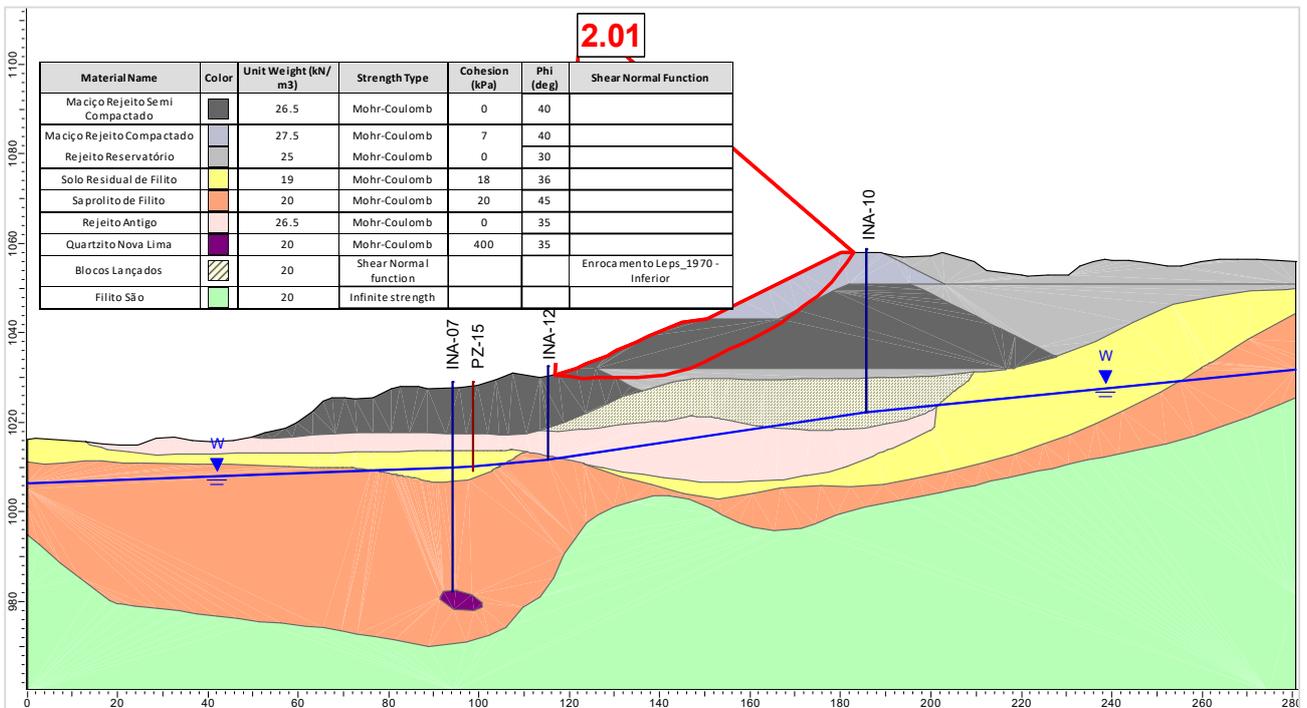


Figura 5.122 – Seção C-C' – Análise Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25.

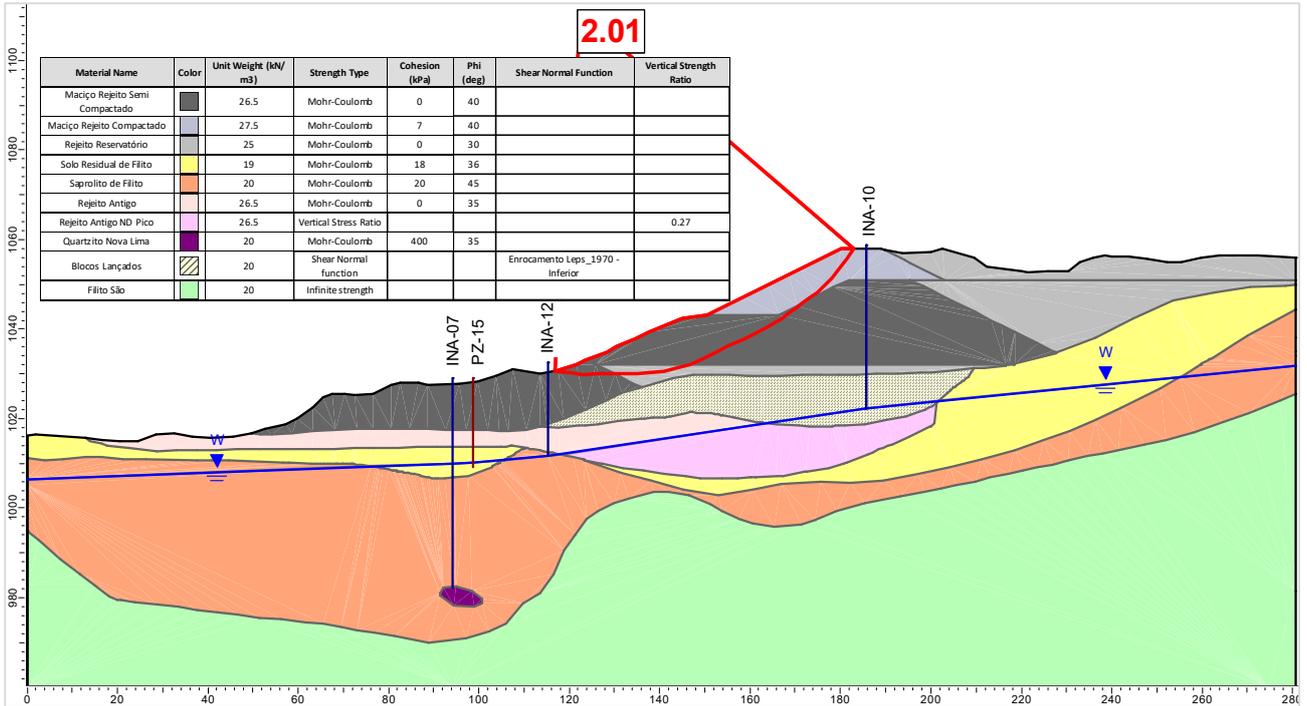


Figura 5.123 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico.

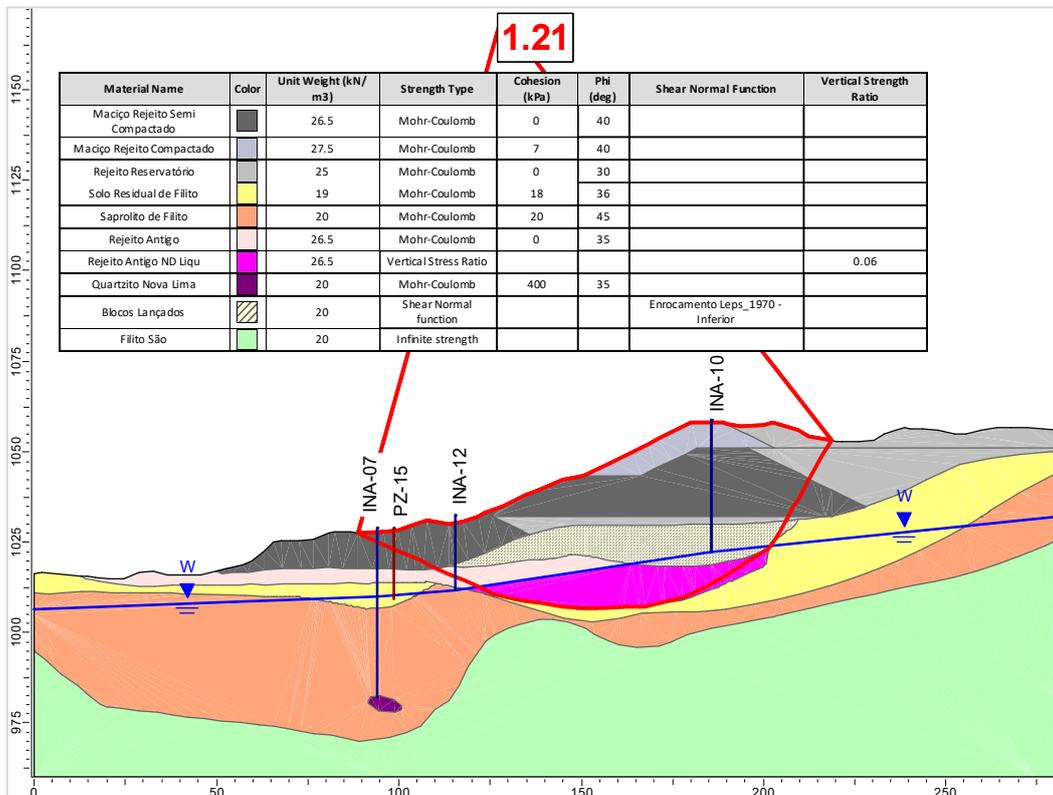


Figura 5.124 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada liquefeito.

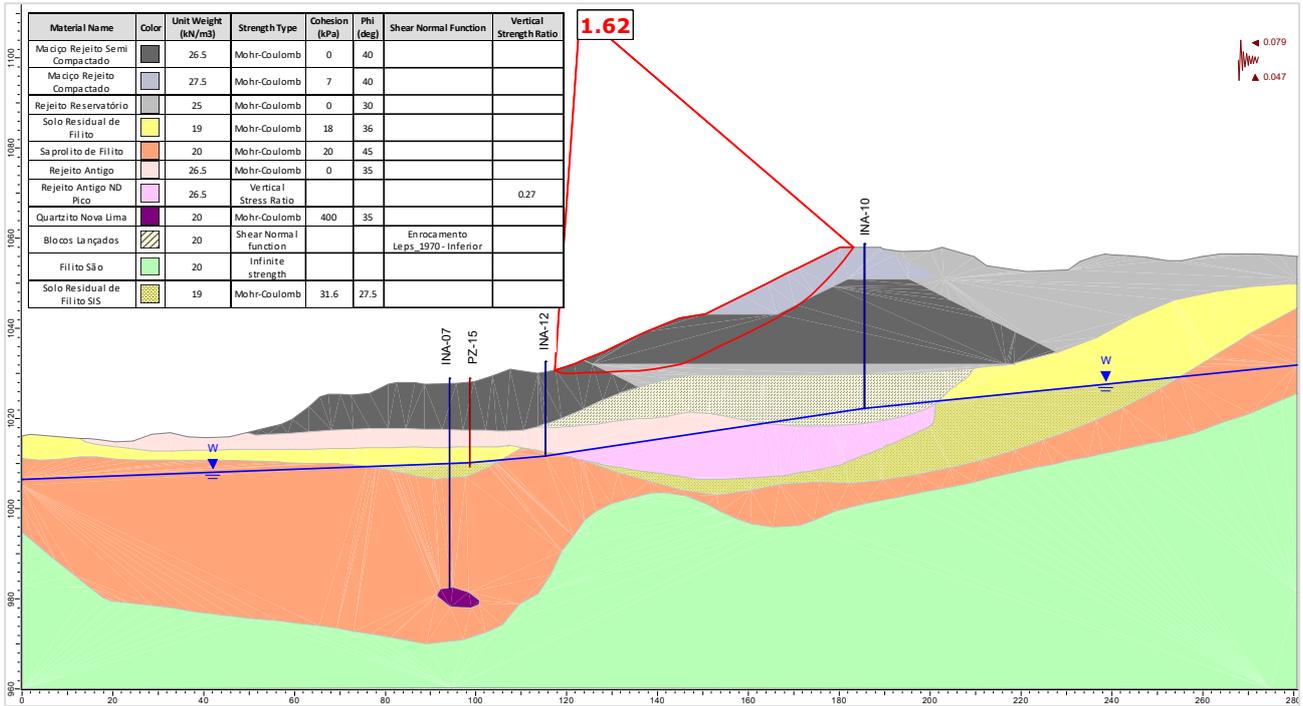


Figura 5.125 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério CDA).

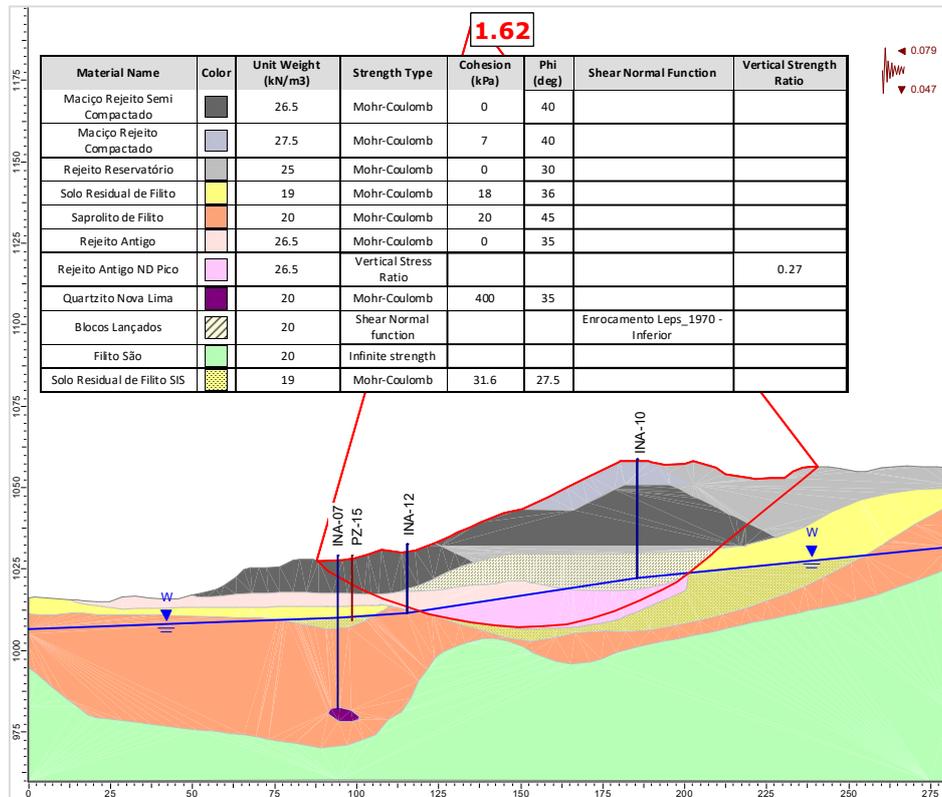


Figura 5.126 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério CDA).

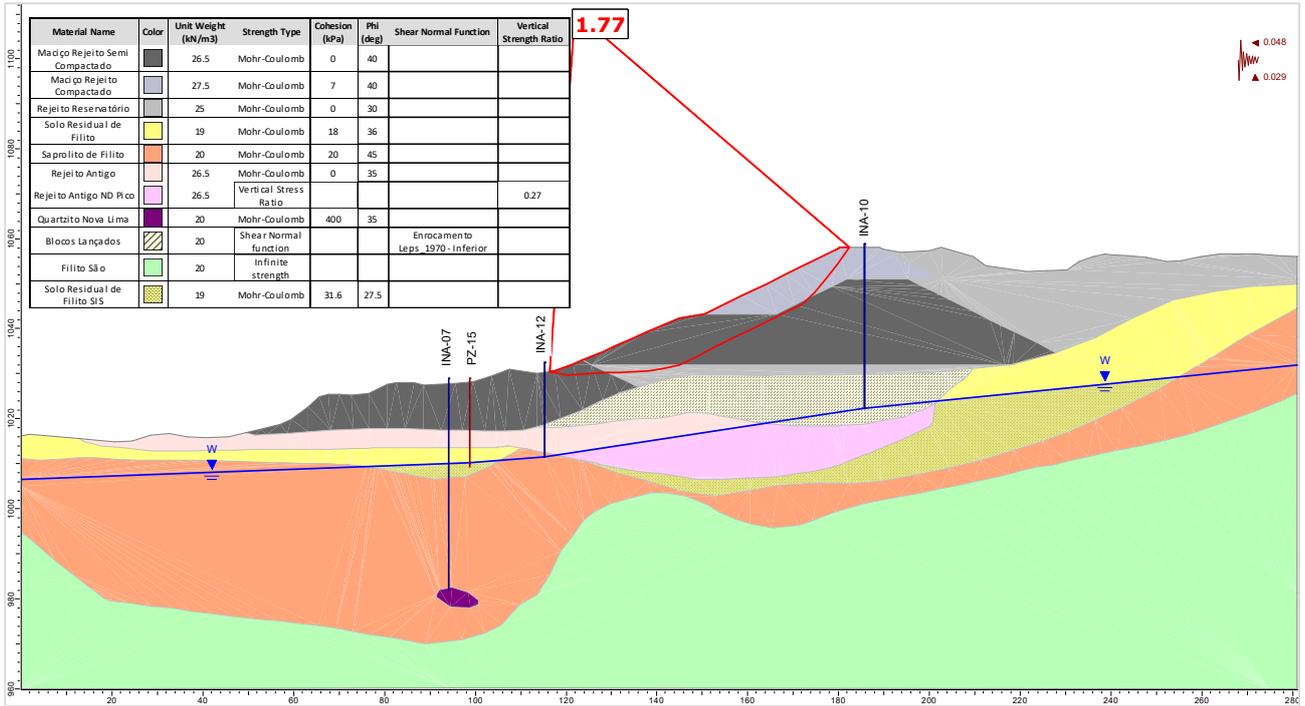


Figura 5.127 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↑ (critério vida útil).

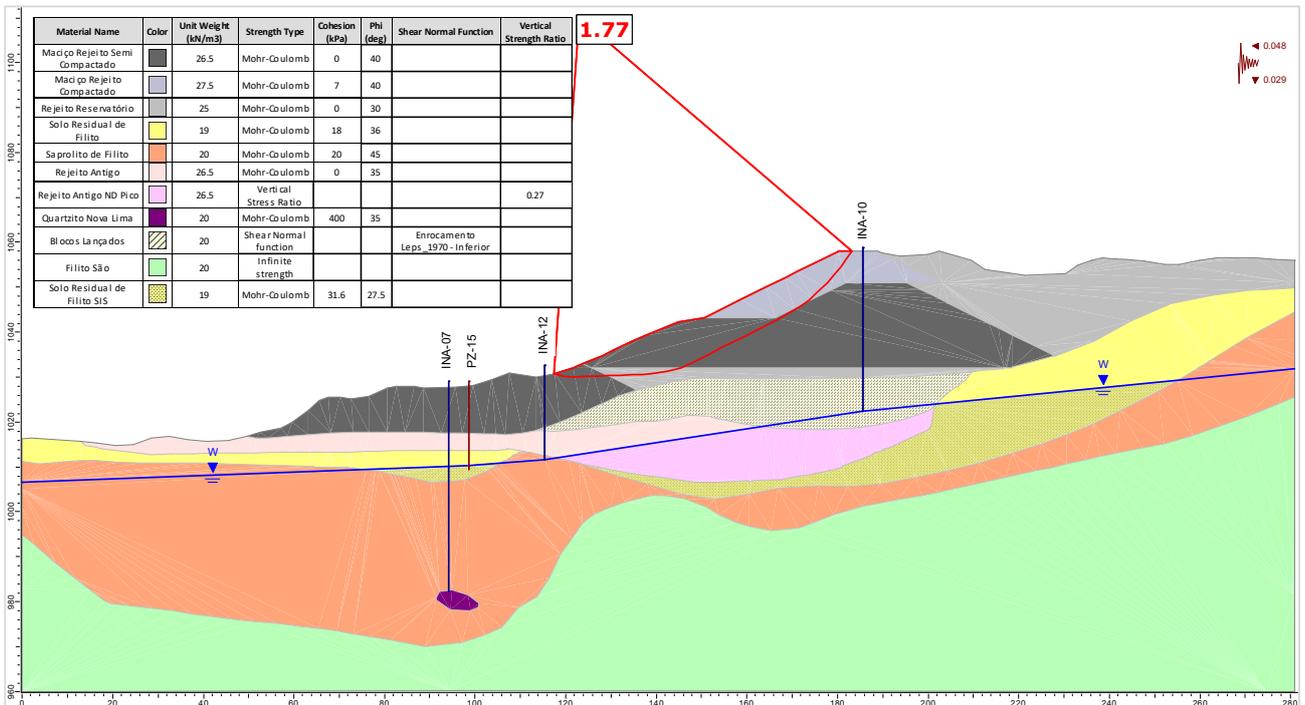


Figura 5.128 – Seção C-C' – Análise Não Drenada – Superfície de ruptura plano-circular otimizada – Freática 29/01/25 – Razão de resistência não drenada de pico + sismo ↓ (critério vida útil).

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

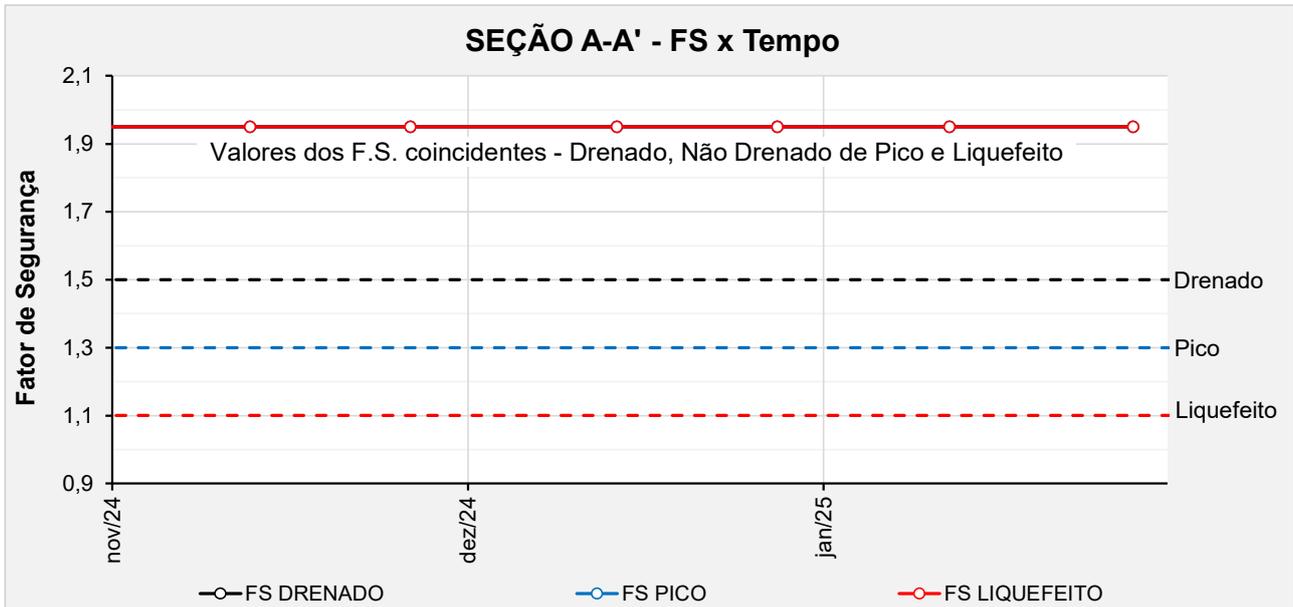


Figura 5.129 – Seção A-A' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

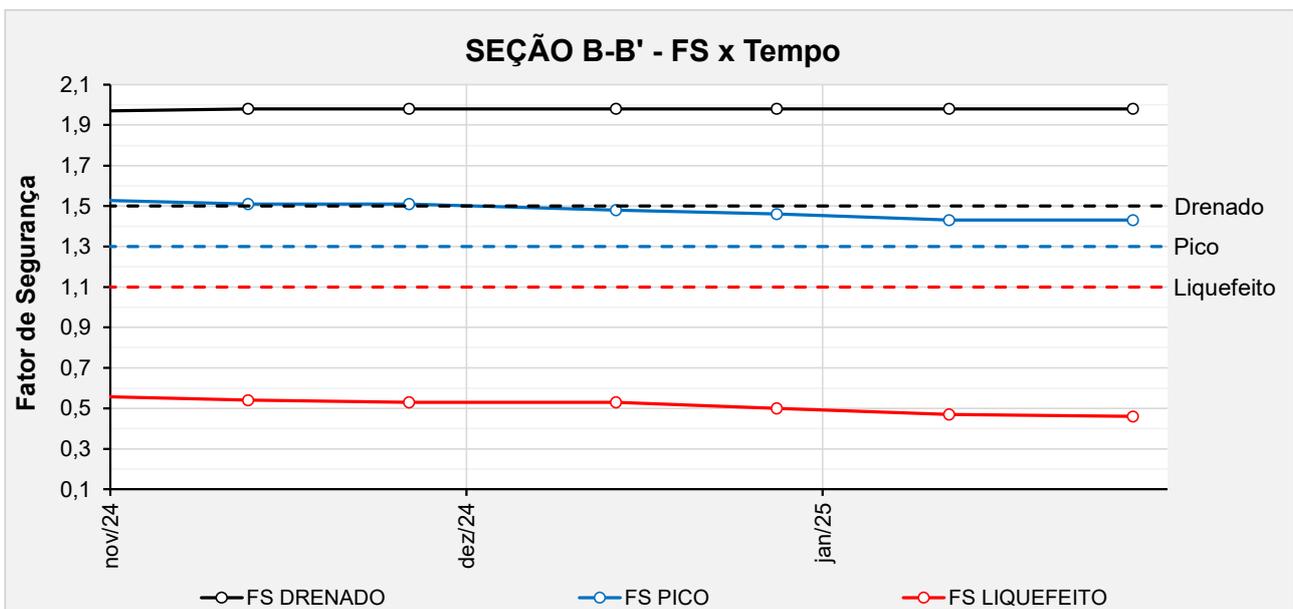


Figura 5.130 – Seção B-B' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

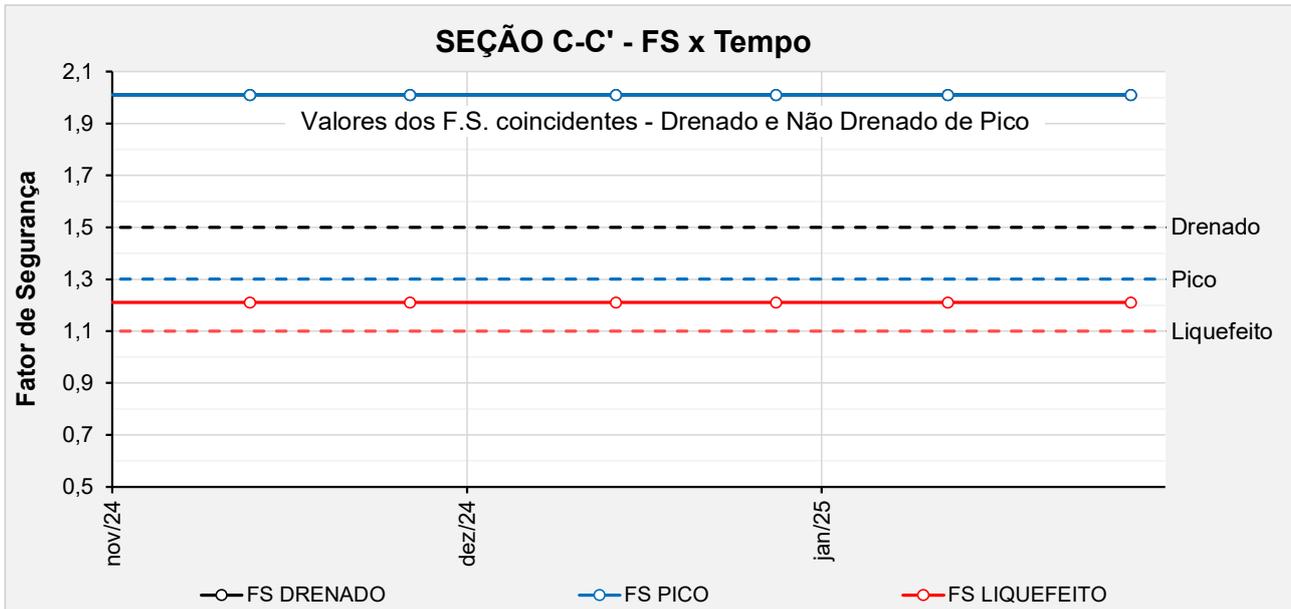


Figura 5.131 – Seção C-C' - Histórico dos F.S. obtidos nas análises de estabilidade no período avaliado.

5.8 Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

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

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

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

5.9 Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

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

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

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

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

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

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

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

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

5.10 Rotina de Monitoramento

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

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

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

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

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

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

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

6. Obras de Descaracterização

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

7. Situação atual dos demais itens do Termo de Referência

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

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

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

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

| ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA | JUSTIFICATIVA |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>Gerais no item 1.3 relativo às obras de descaracterização é solicitada a apresentação de análise dos resultados das inspeções visuais realizadas na estrutura no período avaliado em relação às obras de descaracterização, informando a periodicidade das inspeções. Conforme justificativa apresentada, as obras de descaracterização não foram iniciadas.</p> <p>Quinzenalmente, são realizadas inspeções na estrutura pela equipe interna da MMI e do EoR e são emitidos relatórios de performance geotécnica com avaliação das leituras dos instrumentos, relatório fotográfico, análises de estabilidade da estrutura e indicação das anomalias verificadas, evolução das tratativas para suas correções e prazos para atendimento de recomendações.</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.</p> <p>Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p> <p>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.</p> <p>Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p> <p>Foram apresentadas leituras da instrumentação atualizada com histórico de dois anos hidrológicos.</p> |
| <p>XI. Informar os períodos de interrupção dos trabalhos, devidamente justificados (ex: período chuvoso), se pertinente;</p> | <p>Não aplicável.</p> <p>Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e 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</p> |

| ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA | JUSTIFICATIVA |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | da Barragem B1 – Mina Ipê. O projeto atende ao exposto no item 3.3.1 do TR. Tal protocolo é exigido apenas para estruturas que se encontram em nível de alerta. De qualquer forma o projeto trata de critérios de inspeção e monitoramento para paralisação das obras conforme apresentado no Capítulo 12, mais específico no item 12.3 do Relatório de Descaracterização (IPE.OP.RL.8000.GT.20.763). |
| XIII. Descrição e registros fotográficos de cada atividade já concluída ou em andamento para a descaracterização da barragem; | <p>Não aplicável.</p> <p>Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p> <p>Registros fotográficos da condição atual da estrutura são apresentados quinzenalmente nos relatórios de performance geotécnica</p> |
| 1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO | |
| I. Apresentar o estado das estruturas de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais, durante o atual estágio das obras de descaracterização, quando couber; | <p>Não aplicável.</p> <p>Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</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>Não aplicável.</p> <p>Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</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>Não aplicável.</p> <p>Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</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>Não aplicável.</p> <p>Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</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>Não aplicável.</p> <p>Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p> |

| ITEM DO TERMO DE REFERÊNCIA | JUSTIFICATIVA |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <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 atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e 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 atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e 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 descaracterizada e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal;</p> | <p>Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p> |
| <p>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.</p> | <p>Não aplicável. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p> |
| 1.5 ASSINATURAS | |
| <p>Assinaturas de todos os responsáveis técnicos pelo projeto, pelo acompanhamento das obras e de quem elaborou o relatório técnico no período avaliado.</p> | <p>Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p> |
| 1.6 ANEXO | |
| <p>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.</p> | <p>Não aplicável, considerando o acompanhamento das obras. Aguardando atingir F.S. liquefeito $\geq 1,1$ e aprovação do projeto executivo de descaracterização para que sejam iniciadas as obras.</p> |

8. Assinaturas

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



Élias Josafá Cota

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

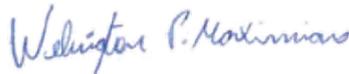
- Responsável técnico pela elaboração do relatório de acompanhamento do processo de descaracterização:



Guilherme de Freitas Roriz Lima

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

- Responsável técnico pela barragem:



Wellington P. Maximiano

Wellington Pereira Maximiano

Engenheiro Civil – RNP 1411469151 (CREA-MG)

9. Anexos

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