



ANEXO 1.

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA E CADASTRO TECNICO FEDERAL



Dados de ART e CTF

Com o objetivo de promover as disposições da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018, Lei Geral de Proteção de Dados – LGPD, foi retirado deste arquivo as ARTs e CTFs dos profissionais envolvidos, a fim de resguardar os dados pessoais.



Importante destacar que estes documentos foram disponibilizados nos estudos ambientais protocolados no órgão ambiental para respectiva análise do processo de Licenciamento Ambiental.



ANEXO 2.



PROJETO DE OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM DE CAETANO LOPES



		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 2/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO E OBJETIVO	3
2.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	4
3.0	INFORMAÇÕES GERAIS	5
4.0	GEOLOGIA REGIONAL E LOCAL	6
5.0	BOMBEAMENTO	10
6.0	DESCARACTERIZAÇÃO – BARRAGEM CAETANO LOPES	14
7.0	DISPOSIÇÃO DO MATERIAL OBTIDO DURANTE A OBRA	20
8.0	IMPLANTAÇÃO DO CANAL NA REGIÃO DO MACIÇO	20
9.0	IMPLANTAÇÃO DO LAGO PROJETADO	23
10.0	FECHAMENTO E REVEGETAÇÃO NA ÁREA DE SUPRESSÃO VEGETAL	24
11.0	ANÁLISE DE ESTABILIDADE PRELIMINAR	25
12.0	CRITÉRIOS DE SEGURANÇA	25
13.0	SIMULAÇÕES	25
14.0	REBAIXAMENTO RÁPIDO	30
15.0	ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE ESCAVAÇÃO DO CANAL E IMPLANTAÇÃO DO LAGO	39
16.0	ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS	45
17.0	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA	53
18.0	VAZÕES DE PROJETO	56
19.0	DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO	57
20.0	AVALIAÇÃO HIDROLÓGICA DO SISTEMA PROJETADO	60
21.0	DIMENSIONAMENTO DA BACIA DE DISSIPAÇÃO	63
22.0	AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DAS ESTRUTURAS A JUSANTE DO CANAL	65
23.0	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	67

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p>	<p>PÁGINA</p> <p>3/67</p>
			<p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>REV.</p> <p>6</p>

1.0 INTRODUÇÃO E OBJETIVO

A GeoHydroTech Engenharia S/S (GEOHYDROTECH), foi contratada pela VALE S.A, para elaboração do Projeto de Descaracterização da Barragem Caetano Lopes.

A Barragem Caetano Lopes, pertencente à VALE, atualmente, não possui informações técnicas. Sendo uma estrutura de reserva de água, anteriormente, para fins agrícolas e de lazer. A estrutura não possui cadastro em órgãos fiscalizadores.

Este documento tem por objetivo apresentar, de forma consolidada, as características técnicas, métodos e premissas adotadas na elaboração do Projeto de Descaracterização da Barragem Caetano Lopes. O Projeto foi elaborado em Datum Sirgas 2000.

A estrutura está implantada no município de Jeceaba – MG. A Figura 1.1 apresenta o mapa de localização da Barragem Caetano Lopes.

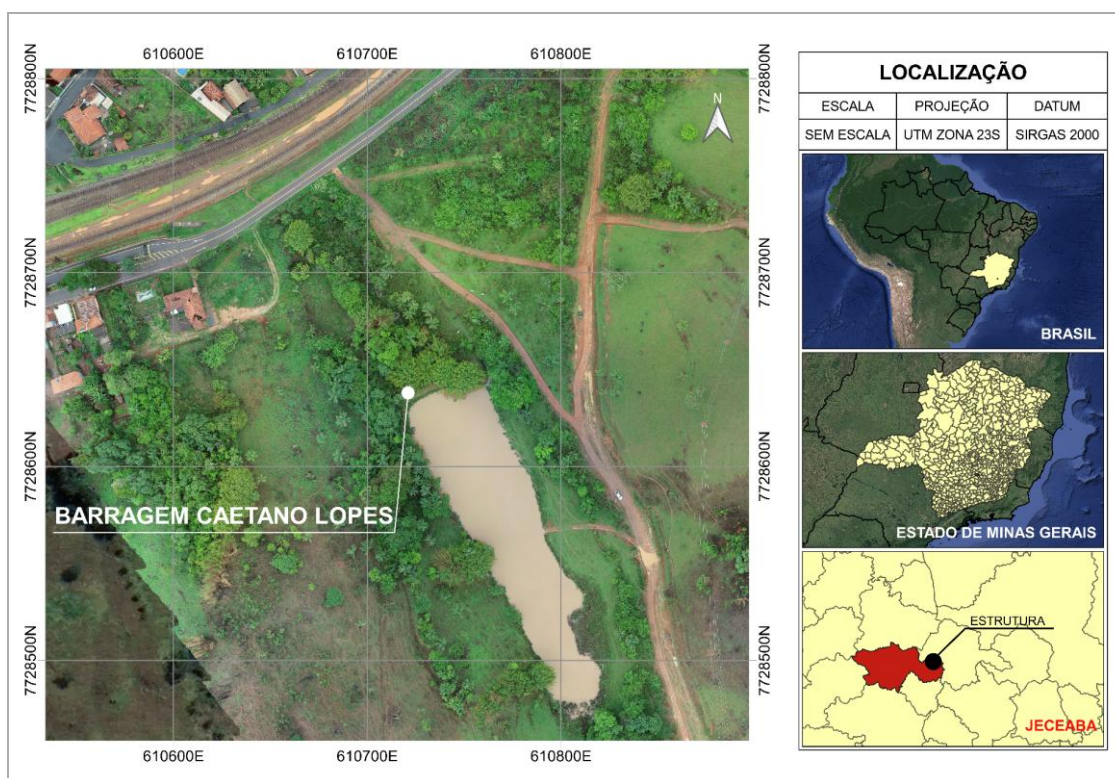




Figura 1.1– Vista geral da Barragem Caetano Lopes em Jeceaba – MG.

Ressalta-se que o projeto foi desenvolvido considerando-se as mais recentes normas técnicas e códigos vigentes no Brasil e, na ausência de instruções normativas brasileiras, observando-se normas técnicas e/ou recomendações da bibliografia técnica relacionada ao estado da arte geotécnico praticado no exterior.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 4/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

2.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS – BARRAGEM 7 – FERROUS – S4808-F4 - RI-1850HH-X-30703, GHT 2022.

ENGENHARIA DETALHADA DA BARRAGEM DE REJEITOS 7 - DIQUE DE PARTIDA-FASE ÚNICA EL. 925,00 MEMORIAL DESCRITIVO - VGA-002-D-2085-Y-RET-WET-0008, Walm (2016)

PINHEIRO, C. M. DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS E DIMENSIONAMENTOS HIDRÁULICOS EM OBRAS DE MINERAÇÃO. [s.l.] ABRH, 2011.

SARTORI, A. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 10, n. 4, 2005.

TABORGA, T. J. J. Práticas hidrologicas. 2. ed. 2007

TUCCI, C. M. Hidrologia Ciência y Aplicação. 4. ed. UFRGS, 2007. v. 1

PROJETO CONCEITUAL DETALHADO PARA DESCARACTERIZAÇÃO - BARRAGEM CAETANO LOPES - RL-1850VA-X-00061

NBR 13028 e DECRETO Nº 48.140, DE 25 DE FEVEREIRO DE 2021, FEAM - MG.



MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Manual de Segurança e Inspeção de Barragens. Brasília, 2002. p. 20-44.

MODESTO, B. ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE FLUXO EM UMA BARRAGEM DE TERRA, XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, (ISSN 2318-0358) 2019 – PR.

Os desenhos técnicos relacionados para elaboração deste relatório que contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele estão apresentados na Tabela 2.1, a seguir:

Tabela 2.1 - Lista de desenhos referente a Barragem Caetano Lopes.

LISTA DE DESENHOS			
1850VA-X-00146	BASE TOPOGRÁFICA BARRAGEM CAETANO LOPES	GHT (2025)	REV 2
1850VA-X-00147	PLANTA DE INTERFERÊNCIAS BARRAGEM CAETANO LOPES	GHT (2025)	REV 3
1850VA-X-00149	IMPLANTAÇÃO DO CANAL	GHT (2025)	REV 7
1850VA-X-00191	POLIGONAL DE INTERVENÇÃO AMBIENTAL	GHT (2025)	REV 4
1850VA-X-00304	ARRANJO GERAL - BARRAGEM CAETANO LOPES	GHT (2025)	REV 0
1850VA-X-00305	EXTRAVASOR E BACIA DE DISSIPAÇÃO SEÇÕES 1-2 - BARRAGEM CAETANO LOPES	GHT (2025)	REV 0
1850VA-X-00306	EXTRAVASOR E BACIA DE DISSIPAÇÃO SEÇÕES 2-2 - BARRAGEM CAETANO LOPES	GHT (2025)	REV 0

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 5/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

1850VA-X-00307	ACESSO DE MANUTENÇÃO DO LAGO PROJETADO - BARRAGEM CAETANO LOPES	GHT (2025)	REV 0
1850VA-X-00308	PLANTA - SEÇÕES - PLATÔ - BARRAGEM CAETANO LOPES	GHT (2025)	REV 1
1850VA-X-00309	PONTOS NOTAVEIS DO LAGO PROJETADO - BARRAGEM CAETANO LOPES	GHT (2025)	REV 1
1850VA-X-00310	SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA BARRAGEM CAETANO LOPES	GHT (2025)	REV 2
1850VA-X-00311	ADME - BARRAGEM CAETANO LOPES	GHT (2025)	REV 0
1850VA-X-00313	DEPÓSITO DE MATERIAL LENHOSO - BARRAGEM CAETANO LOPES	GHT (2025)	REV 1

3.0 INFORMAÇÕES GERAIS

Em setembro de 2021, a CEPEMAR realizou o levantamento topográfico e topobatimétrico na estrutura, sendo revisado e atualizado em setembro de 2024. A Tabela 3.1 apresenta as informações técnicas obtidas no levantamento realizado



Tabela 3.1 - Informações Gerais da Barragem Caetano Lopes.

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome da estrutura:	Barragem Caetano Lopes
Comprimento da Crista:	~40,0 m
Largura da Crista:	Variável entre 2,00 e 3,0 m
Cota do pé do talude de jusante:	El. 852,8 m
Altura da barragem:	6,0 m
Volume Total do reservatório:	10.603,33 m³
Área da Barragem (EL. 858,60):	5.455,55 m²
Inclinação do Talude de Montante:	1,00 (V): 0,78 a 2,86 (H)
Inclinação do Talude de jusante:	1,00 (V): 1,18 (H)
Soleira do canal escavado na ombreira direita:	El. 858,2 m

3.1 LEI Nº 12.334/2010

A Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, a qual estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), é aplicada às barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, desde que apresente pelo menos uma das seguintes características:

- I. *“altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m (quinze metros);*
- II. *capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos);*
- III. *reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;*
- IV. *categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 6º.”*

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p>	<p>PÁGINA</p> <p>6/67</p>
			<p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>REV.</p> <p>6</p>

De acordo com o levantamento topobatimétrico e topográfico, realizado pela CEPEMAR, em setembro de 2021 e atualizado em setembro de 2024, a Barragem possui uma altura menor do que 15 m (6,0 m) e uma capacidade do reservatório inferior à 3.000.000 m³ (11.219,90 m³). O reservatório da Barragem Caetano Lopes não possui resíduos perigosos (reservação de água apenas). Entretanto, não há informações técnicas para classificação quanto ao Dano Potencial Associado (DPA) da barragem, conforme definido no Art. 6º da Lei 12.334/2010.

3.2 PORTARIAS DO INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUA – IGAM

De acordo com a Portaria nº 02, de fevereiro de 2019, o IGAM é responsável pela fiscalização das barragens de usos múltiplos, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico, abrangidas pela PNSB e que possuem uma das seguintes características:

- I. *“altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m (quinze metros);*
- II. *capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos);*
- III. *categoria de dano potencial associado, médio ou alto, conforme definido no inciso VIII do artigo 2º e no Anexo II.”*

Conforme informado pela equipe da VALE e com base na localização da estrutura, a Barragem Caetano Lopes não possui histórico de finalidades para processos minerários. Anteriormente, a estrutura era utilizada para usos múltiplos (agrícolas e lazer).



De acordo com o Anexo I – “Critérios de porte e datas limites para envio do Formulário Técnico para Cadastro de Barragem” da Portaria IGAM nº 03, de 26 de fevereiro de 2019, descreve que para estruturas com Volume Total do Reservatório (VTR) inferiores à 250.000 m³ tem como data limite o dia 31/12/2023, ou a qualquer momento, por solicitação do IGAM.

4.0 GEOLOGIA REGIONAL E LOCAL

4.1 GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo do projeto encontra-se na Província Geotectônica São Francisco, abrangendo todo o Cráton São Francisco. O Cráton São Francisco é uma unidade geotectônica arqueana consolidada durante o evento Transamazônico, no Paleoproterozóico, e relativamente estável para os sucessivos eventos brasileiros neoproterozóicos (Almeida, 1977; Almeida et al., 1981). Os limites considerados para o Cráton São Francisco se configuram na série de Faixas neoproterozóicas estabelecidas durante o Brasiliano, representadas por Araçuaí-Ribeira, Brasília, Rio Preto, Riacho do Pontal e Sergipana (Almeida, 1977).

Uma das principais unidades geológicas que compreende o Cráton São Francisco é o Quadrilátero Ferrífero. Encontra-se localizado na porção meridional do Cráton SF, na borda sudeste, onde é possível encontrar rochas pertencentes ao embasamento cristalino

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p> <p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>PÁGINA</p> <p>7/67</p> <p>REV.</p> <p>6</p>

arqueano da região. O embasamento é constituído por rochas gnáissicas e migmatíticas de composição tonalítica-trondhjemíticas-granodioríticas, granitóides e intrusivas máficas, que ocorrem na forma de domos quilométricos, circundados por quilhas sinformais, onde estão inseridas as rochas supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas e Minas.

A Figura 4.1 apresenta o mapa geológico da porção sul do Cráton São Francisco.

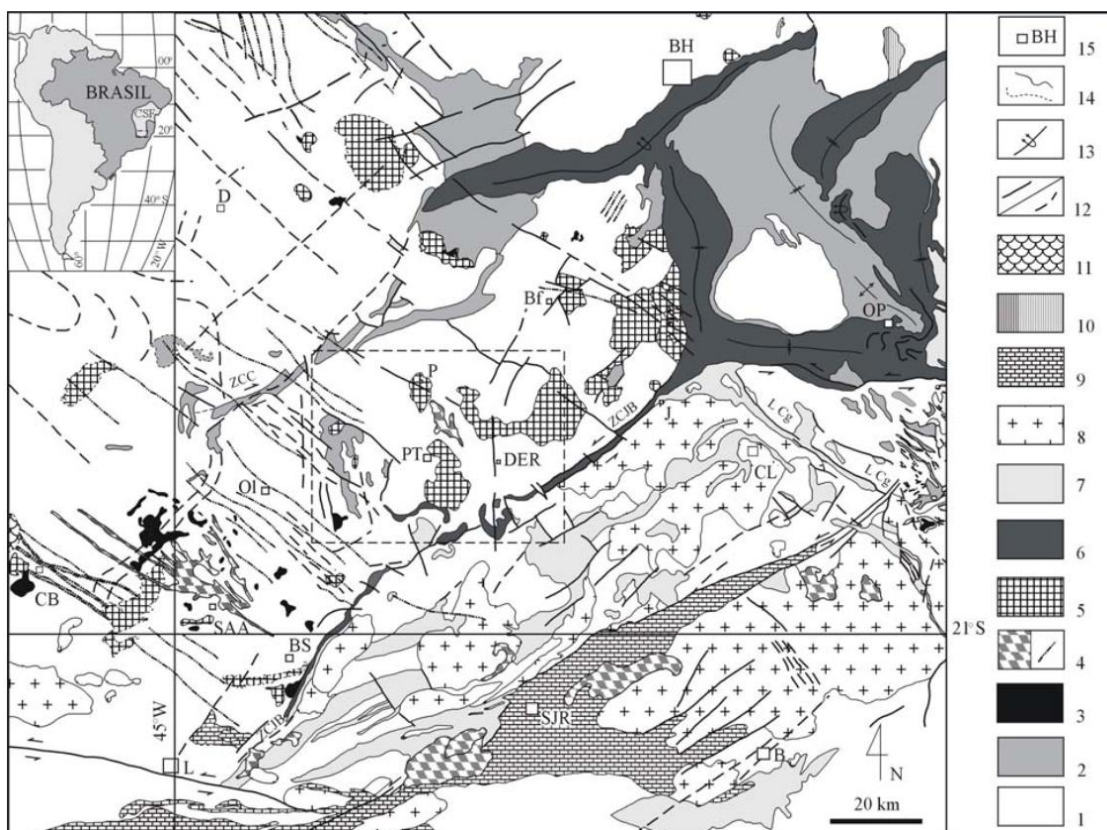




Figura 4.1 – Mapa geológico da porção sul do Cráton São Francisco, com destaque para a região do Quadrilátero Ferrífero e Complexo Metamórfico Passa Tempo (adaptado de Campos et al. 2003).

Legenda: 1 = Terrenos arqueanos e paleoproterozóico indiscriminados; 2 = Supergrupo Rio das Velhas (Neoarqueano); 3 = Suíte máfico-ultramáficas [Ribeirão dos Motas (Neoarqueano) e Morro das Almas]; 4 = Rochas gabróicas e dioríticas (diques e sills) do Neoarqueano, Paleoproterozóico e do Mesoproterozóico; 5 = Granitóides neoarqueanos; 6 = Supergrupo Minas (Paleoproterozóico); 7 = Sequências do tipo greenstone paleoproterozóicas indiscriminadas; 8 = Granitóides paleoproterozóicos; 9 = Grupos São João del Rei e Andrelândia (Mesoproterozóico?); 10 = Supergrupo Espinhaço (Mesoproterozóico); 11 = Cobertura cratônica indivisa (Neoproterozóico); 12 = Falhas e fraturas (ZCC = Zona de Cisalhamento Cláudio; ZCJB = Zona de Cisalhamento Jeceaba-Bom Sucesso; LCg = Lineamento Congonhas); 13 = Eixo de dobras; 14 = Contatos geológicos; 15 = Principais Cidades: B = Barbacena; BH = Belo Horizonte; Bf = Bonfim; BS = Bom Sucesso; CB = Campo Belo; CL = Conselheiro Lafaiete; DER = Desterro de Entre Rios; D = Divinópolis; J = Jeceaba; L = Lavras; Ol = Oliveira; P = Piracema; PT = Passa Tempo; SAA = Santo Antônio do Amparo; SJR = São João del Rei.

A estratigrafia do Quadrilátero Ferrífero foi determinada pelos levantamentos geológicos de Dorr (1969). A coluna estratigráfica (Figura 4.2), de modo geral, pode ser dividida em três grandes unidades geológicas: Terrenos Granito-gnáissicos Arqueanos (Sequência TTG), Sequência Vulcano-sedimentar Arqueana (Supergrupo Rio das Velhas) e Sequência Sedimentar e Vulcano-sedimentar Proterozóica (Supergrupo Minas).

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p> <p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>PÁGINA</p> <p>8/67</p> <p>REV.</p> <p>6</p>

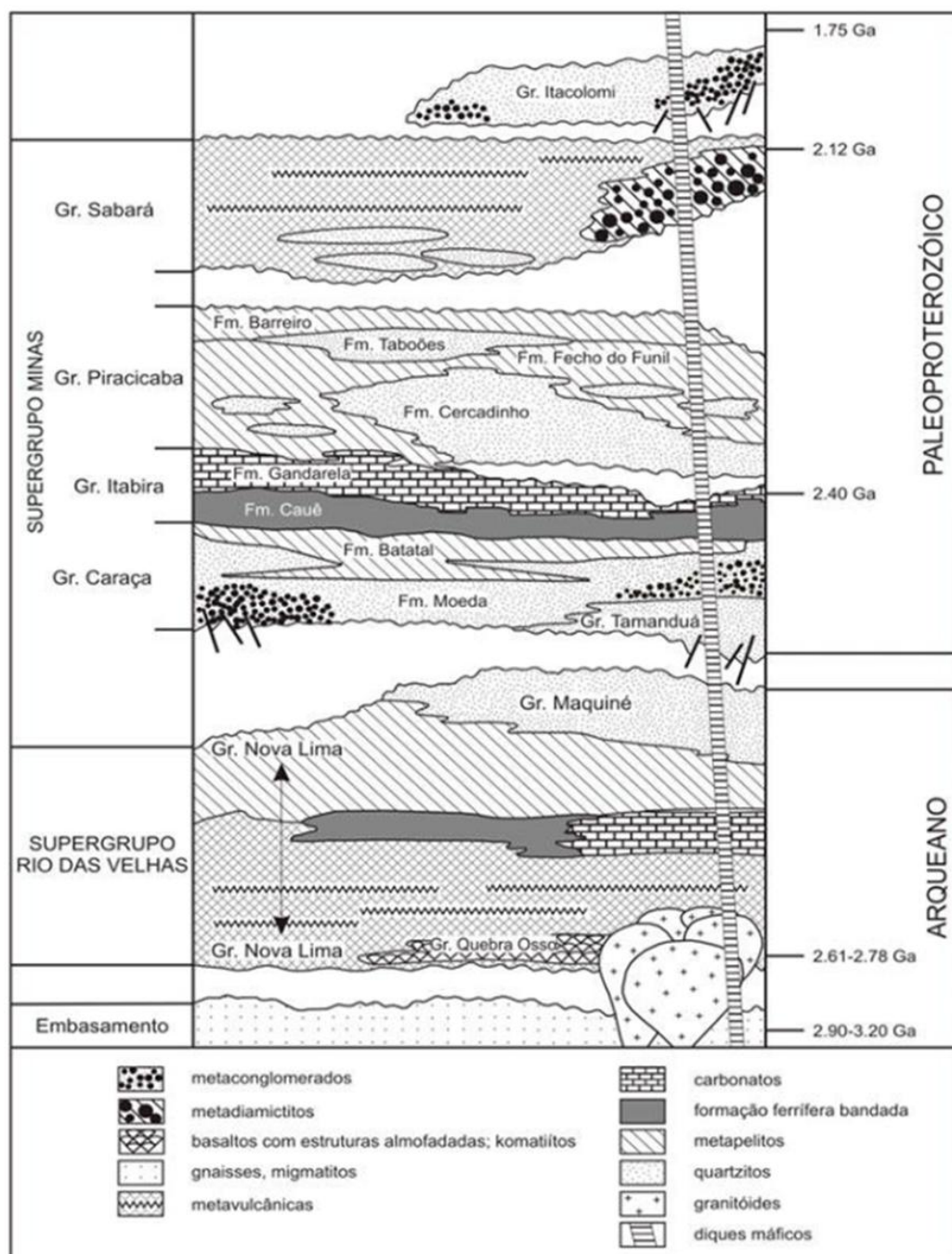




Figura 4.2 – Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero (Alkmim & Marshak, 1998).

- **Terrenos Granito-gnáissicos:** essa é unidade mais abrangente no Quadrilátero Ferrífero. Sua litologia é composta por corpos ígneos e gnáissicos, de composição tonalito-trondhjemitó-granodiorito (TTG), metamorizados em fácies anfibolito e esporadicamente migmatizados (Noce, 1995). É comum encontrar, na unidade, intrusões anfibolíticas e de granitóides potássicos (Romano et al., 2013, Lana et al., 2013). Em relação a geocronologia, análises U-Pb em zircão sugerem idades médias

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 9/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

de cristalização entre o intervalo de 2.900 Ma a 2.750 Ma (Carneiro, 1992; Noce, 1995).

- **Supergrupo Rio das Velhas:** composto por um greenstone belt arqueano que se situa, sobretudo, na porção interna do Quadrilátero Ferrífero (Schorscher, 1978). O Supergrupo é dividido, da base para o topo, em Grupo Nova Lima e Grupo Maquiné (Dorr, 1969). O metamorfismo do Supergrupo Rio das Velhas é predominantemente fácies xisto verde, o que evidência sobremaneira pela preservação de texturas e estruturas reliquias e pela presença de mineralogia típica desta fácies (Noce et al., 1992).
- **Supergrupo Minas:** constitui a sucessão supracrustal proterozóica de maior expressão do Quadrilátero Ferrífero. É dividido estratigraficamente em grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará. Sua disposição espacial de metassedimentos configura o formato quadrático característico do Quadrilátero Ferrífero (Dorr, 1969). O Supergrupo Minas representa um contexto de sedimentação plataformar, no domínio do Quadrilátero Ferrífero, no período entre 2.580 a 2050 Ma (Renger et al., 1994). Sua transição para as unidades geológicas subjacentes ocorre majoritariamente através de contatos tectônicos, mas também há transições a partir de discordâncias erosivas (Dorr, 1969).

4.2 GEOLOGIA LOCAL

A área do projeto encontra-se no Supergrupo Rio das Velhas, especificamente no Grupo Nova Lima (Figura 4.3).

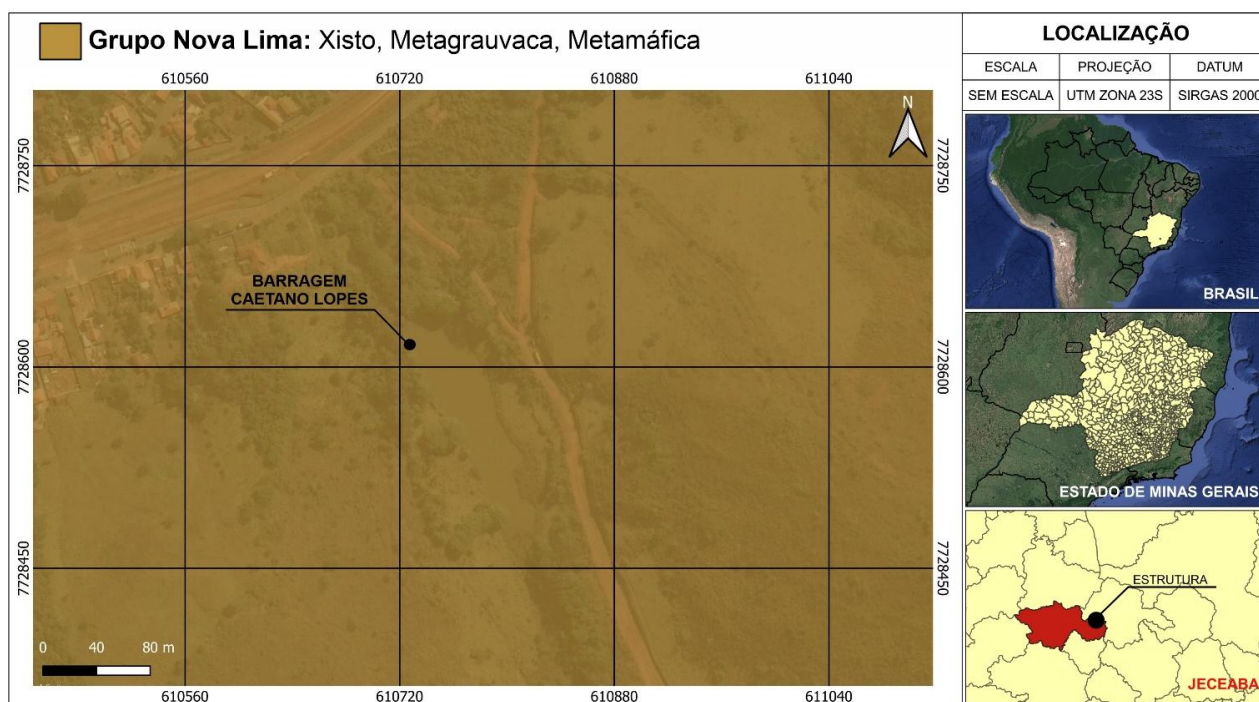




Figura 4.3 - Mapa geológico local (adaptado de CPRM, 2004). Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero (Alkmim & Marshak, 1998)

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 10/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

O Grupo Nova Lima representa a transição do domínio vulcânico ao domínio sedimentar no contexto de abertura da Bacia Rio das Velhas (Dorr, 1969; Schrank et al., 1990). Sua litologia é composta por rochas magmáticas básicas a ultrabásicas na porção inferior, associadas a metassedimentos químicos e clásticos em sua porção superior (Zuchetti & Baltazar, 1998).

As rochas do Grupo Nova Lima são subdivididas em três unidades: Unidade Metavulcânica, Unidade Metassedimentar Química e Unidade Metassedimentar Clástica (Ladeira, 1980).

- **Unidade Metavulcânica:** é representada por derrames básicos-ultrabásicos, associados às rochas ácidas em menor escala. É composta por metakomatiitos e metabasaltos com texturas reliquias, frequentemente associadas a serpentinitos, talco, xistos, esteatitos, clorita-xistos e anfibólio-xistos;
- **Unidade Metassedimentar Química:** corresponde à sedimentação associada a componentes químicos. É composta por metacherts, formação ferrífera bandada, quartzo-carbonato xistos e filitos subordinados;
- **Unidade Metassedimentar Clástica:** corresponde à sedimentação clástica, empobrecida em componentes vulcânicos e/ou químicos. É composta por quartzo-mica xistos, quartzo-filitos e quartzitos associados à níveis conglomeráticos.



5.0 BOMBEAMENTO

Serão realizados dois bombeamentos, sendo eles:

1. Bombeamento para secagem do lago existente.
2. Bombeamento para controle do fluxo D'água natural contínuo durante a execução das obras.

Para execução do bombeamento de secagem do lago existente, a retirada da água presente no interior da Barragem Caetano Lopes será feita a partir do uso de bomba e com coleta pelo extravasor, constituído por canal escavado. O período de rebaixamento será de 30 (trinta) dias de atividade, com volume inicial de 10.603,33 m³ de água considerando o reservatório com o nível d'água na cota (El. 858,60). O bombeamento será feito até a cota estimada de 855,00m, com o reservatório totalmente esvaziado. Portanto, serão retirados do reservatório uma média de 55m³/h, com expectativa de 7h de bombeamento diário até completar 30 dias de rebaixamento. A taxa de rebaixamento não deve ser maior que a estimada, com o objetivo de garantir a integridade do maciço (Figura 5.3) com o controle do rebaixamento da cota em relação ao tempo para que não haja risco de rompimento.

Para realizar esse rebaixamento será necessário a criação de um aterro de conquista partindo da lateral direita do lago se estendendo até a maior profundidade conhecida e apresentada na Tabela 5.1 e nos desenhos 1850VA-X-00146 e 1850VA-X-00310. Esse aterro é utilizado para locação da bomba que fara o bombeamento.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087 Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	PÁGINA 11/67 REV. 6

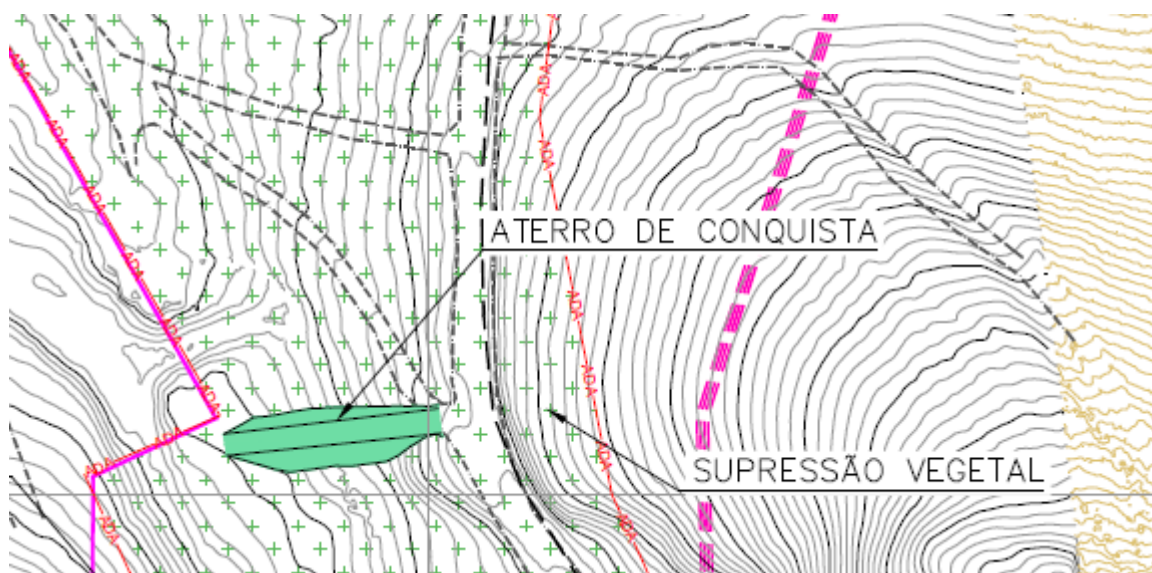



Figura 5.1 - Indicação da locação do aterro de conquista

Concomitante com o rebaixamento, também deverá ser feito o rebaixamento da soleira do extravasor existente, mantendo a cota desse extravasor sempre na mesma cota do rebaixamento do dia, impedindo que, em situações de pausas no bombeamento ou ocorrência de chuvas o nível do reservatório volte a subir. Para auxílio da bomba, o sifão existente na barragem também deverá ser acionado, se necessário. Esse processo deve ser realizado até a conclusão do bombeamento de secagem do lago existente

Para atender a vazão solicitada é importante que a bomba disponível tenha capacidade trabalhar com o fluxo de sucção entre 60m³/h e 100m³/h, caso a bomba disponibilizada apresente vazão superior a solicitada o tempo de operação deverá ser controlado para não ultrapassar a quantidade diária estabelecida.

Após a conclusão do bombeamento para secagem do lago, é necessário a criação de uma ensecadeira próximo ao fundo do antigo reservatório para ser iniciado o bombeamento de controle do fluxo D'água natural contínuo durante a execução das obras com locação de uma bomba de sucção. A água presente a montante da ensecadeira que será bombeada constantemente e deve ser direcionada para jusante do barramento principal existente, de forma que não atrapalhe o fluxo operacional das atividades de escavação. Para detalhes sobre ensecadeira e aterro de conquista, visualizar o desenho técnico 1850VA-X-00310. O tamanho das estruturas de ensecadeira e aterro compactado não estão em escala, essas estruturas são provisórias e precisam ter dimensionamento necessário para realização das atividades previstas.

O fluxo bombeado deverá ser direcionado para o sistema extravasor atual, escolhendo uma localização para a bomba que facilite a condução eficiente desse fluxo. É essencial enfatizar que tanto bombas submersas quanto bombas de superfície podem ser adotadas, contanto que satisfaçam as exigências de bombeamento da vazão necessária e da altura manométrica mínima requerida.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE RL-1850VA-X-00087</p> <p>Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>PÁGINA 12/67</p> <p>REV. 6</p>

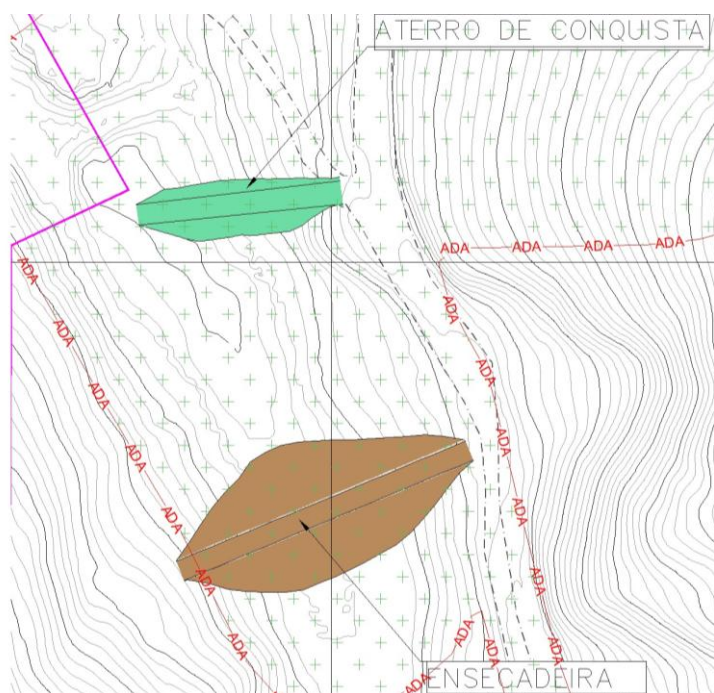


Figura 5.2 - Localização da enseadeira e aterro de conquista

Recomenda-se que as obras sejam desenvolvidas no período seco, para garantir uma maior segurança no desenvolvimento das obras.

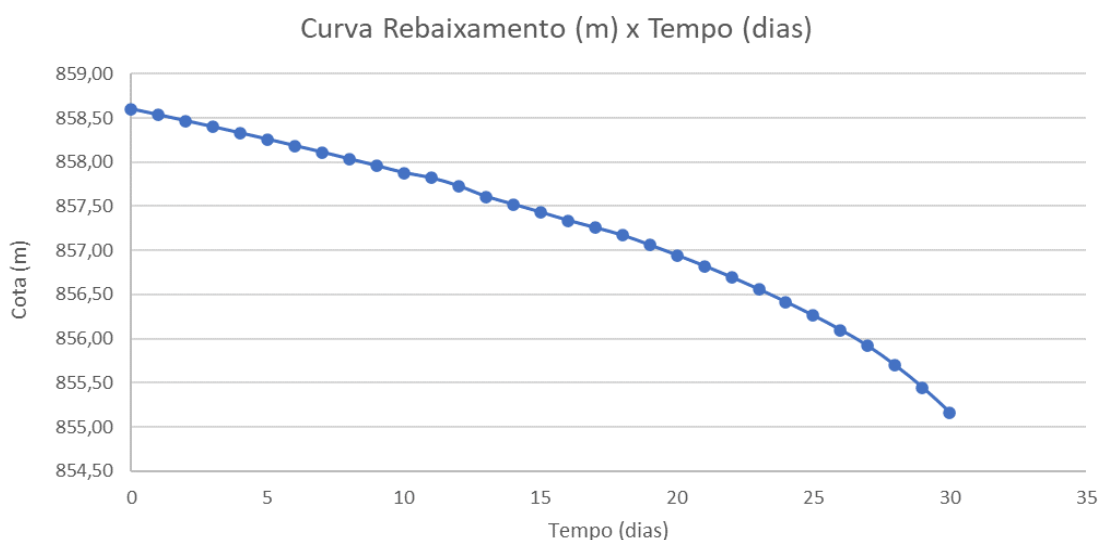




Figura 5.3 – Diagrama Cota x Dia referente ao bombeamento de água da Barragem Caetano Lopes.

Cabe ressaltar que durante a etapa de rebaixamento do reservatório, deve ser prevista a despesca, etapa que será planejada e executada pela VALE, não sendo escopo deste


		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 13/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

projeto e que consiste no processo de colher ou retirar os peixes ou outros animais, seu início se dá com a drenagem gradual da água dos viveiros, até atingir aproximadamente 30% do seu volume inicial, onde posteriormente acontece a retirada total do viveiro, esvaziando o reservatório e coletando toda a produção.

Desta forma, a Tabela 5.1 define o cronograma estimado de **início** e **fim** do período de rebaixamento do reservatório da barragem, que foi estimado com a duração de 30 (trinta) dias, conforme solicitado pela VALE, onde, no final, o reservatório estará vazio, como indicado a seguir:

Tabela 5.1 – Tempo de início das etapas de rebaixamento.

PERÍODO (dias)	COTA (m)	VOLUME ACUMULADO (m³)
INÍCIO	858,60	10.603,33
1º	858,53	10.249,89
2º	858,47	9.896,45
3º	858,40	9.543,01
4º	858,33	9.189,57
5º	858,26	8.836,13
6º	858,18	8.482,69
7º	858,11	8.129,25
8º	858,03	7.775,81
9º	857,96	7.422,37
10º	857,88	7.068,93
11º	857,82	6.715,49
12º	857,73	6.362,05
13º	857,61	6.008,61
14º	857,52	5.655,17
15º	857,43	5.301,73
16º	857,34	4.948,29
17º	857,26	4.594,85
18º	857,17	4.241,41
19º	857,06	3.887,97
20º	856,94	3.534,53
21º	856,82	3.181,09
22º	856,70	2.827,65
23º	856,56	2.474,21
24º	856,41	2.120,77
25º	856,26	1.767,33
26º	856,10	1.413,89
27º	855,92	1.060,45
28º	855,70	707,01
29º	855,45	353,57

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 14/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

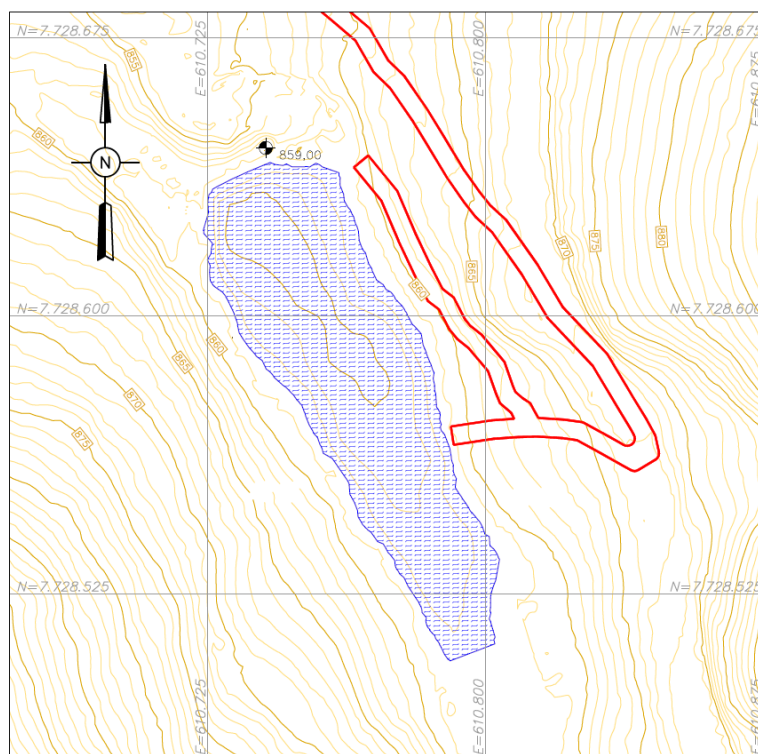
PERÍODO (dias)	COTA (m)	VOLUME ACUMULADO (m³)
30º	855,16	0,13


6.0 DESCARACTERIZAÇÃO – BARRAGEM CAETANO LOPES

Após a despesca e posterior esvaziamento do reservatório (ver item 5.0), faz-se necessário proceder com uma limpeza adequada, visando garantir a integridade estrutural e assegurar a qualidade da execução deste empreendimento. Essa fase engloba a remoção do acúmulo de sedimentos, resíduos e quaisquer objetos estranhos presentes na área, estima-se uma camada de 1,5m de sedimentos. Cumpre ressaltar que os resíduos sólidos e materiais removidos do reservatório devem ser devidamente segregados e descartados em conformidade com as normas e regulamentos ambientais vigentes.

Não poderá ser realizada nenhuma escavação de solo ou implantação de aterros nos acessos já existentes devido ao rejeitoduto locado na região de intervenção do projeto.

A remoção de material do corpo da barragem para a implantação do canal deve ser realizada após a conclusão dos tópicos anteriores nesse documento, com equipamento adequado às obras de terraplanagem.



		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087 Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	PÁGINA 15/67 REV. 6

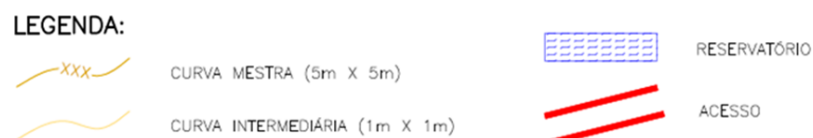


Figura 6.1 - Condição Inicial do Reservatório.

6.1 SEQUENCIAMENTO CONSTRUTIVO

Durante a execução de todas as atividades, fica restrito o acesso de veículos e equipamento no barramento, com exceção ao equipamento que irá realizar o corte do maciço, respeitando os prazos e atividades da sequência construtiva. Durante o bombeamento ficará restrito o acesso de pessoas a crista e a jusante do barramento, com exceção a equipe de Geotecnia para realização de inspeções.

- Para a etapa 1 (um), será feito o bombeamento e despesca do reservatório (Figura 6.2), supressão vegetal da área indicada na Figura 6.3, com armazenamento de material lenhoso conforme a Figura 6.4 e construção do canteiro de obras conforme Figura 6.5 e a criação de acessos para execução da obra

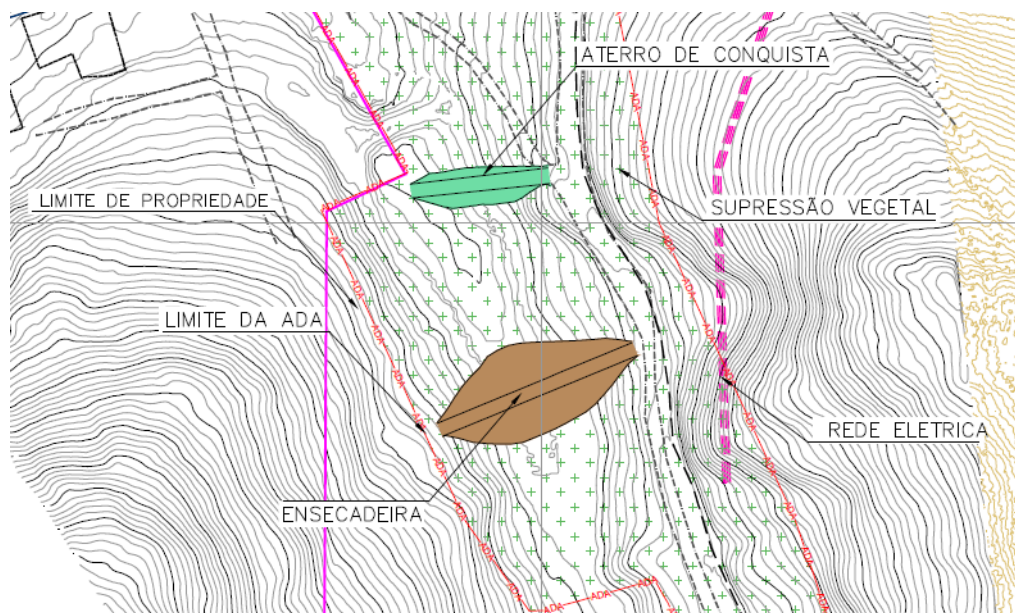




Figura 6.2 – Bombeamento do reservatório.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p>	<p>PÁGINA</p> <p>16/67</p>
			<p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>REV.</p> <p>6</p>

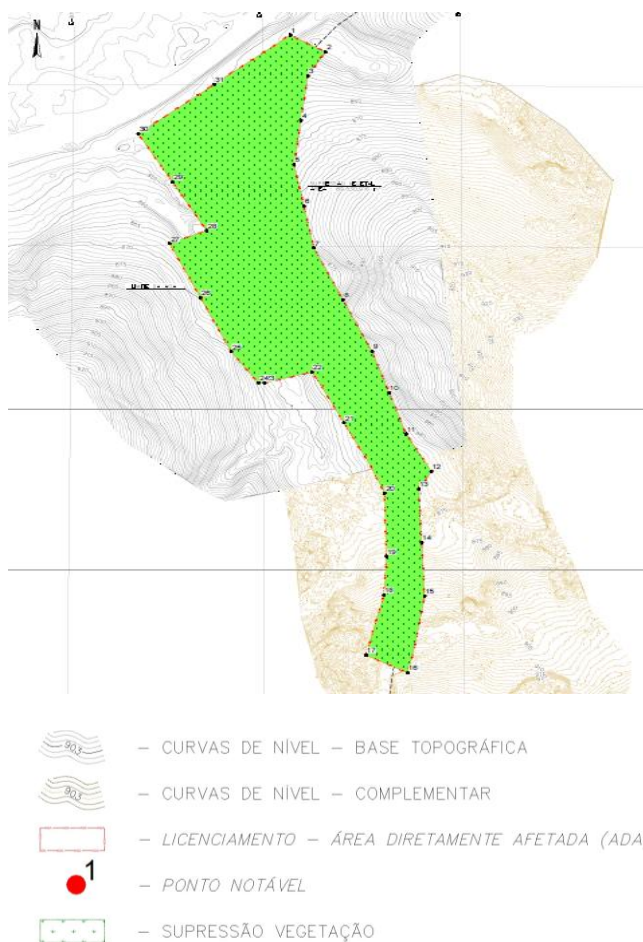




Figura 6.3 - Supressão Vegetal.



Figura 6.4 - Armazenamento de material lenhoso – ADML

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087 Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	PÁGINA 17/67 REV. 6

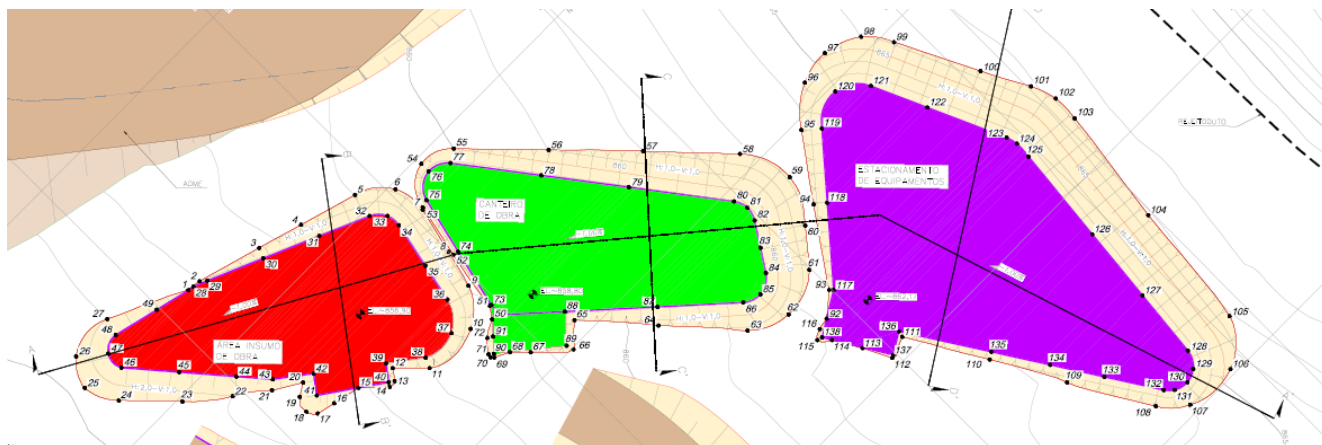
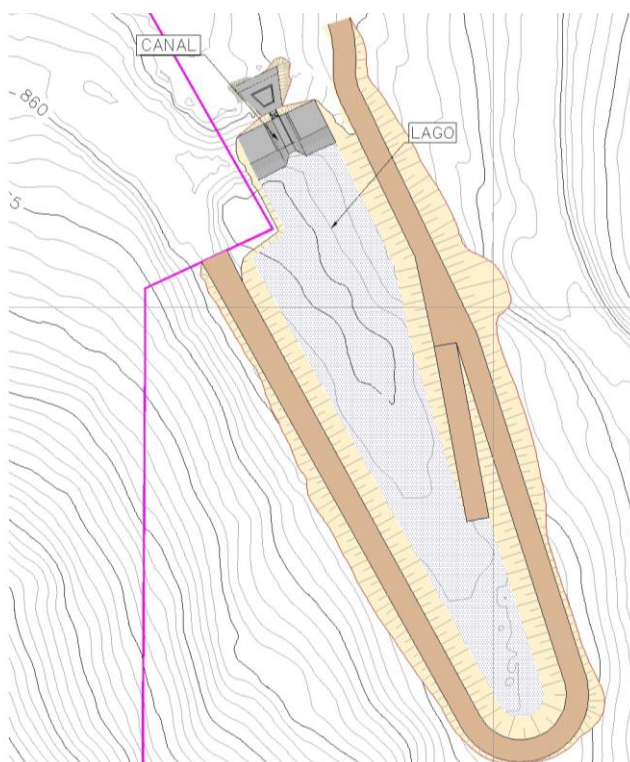




Figura 6.5 - Implantação do canteiro de obras

- Na etapa 2 (dois) logo após o bombeamento será realizada a limpeza de sedimentos e início das escavações.
- A etapa 3 (três) conta com os serviços de terraplanagem, corte do maciço da barragem, implantação do canal, execução do lago projetado com acessos e passagem molhada e a disposição de material na região das ADME's (Área de material excedente). A Figura 6.6 a Figura 6.9 apresentam a implantação do canal e dissipador de energia, as Figura 6.10 e Erro! Fonte de referência não encontrada. representam as áreas de disposição das ADME's.



		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p> <p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>PÁGINA</p> <p>18/67</p> <p>REV.</p> <p>6</p>

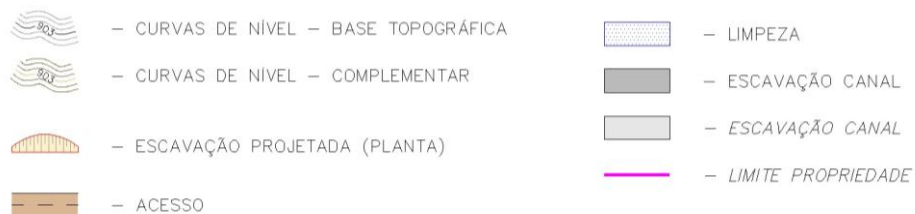


Figura 6.6 – Implantação dos acessos e implantação do lago projetado.

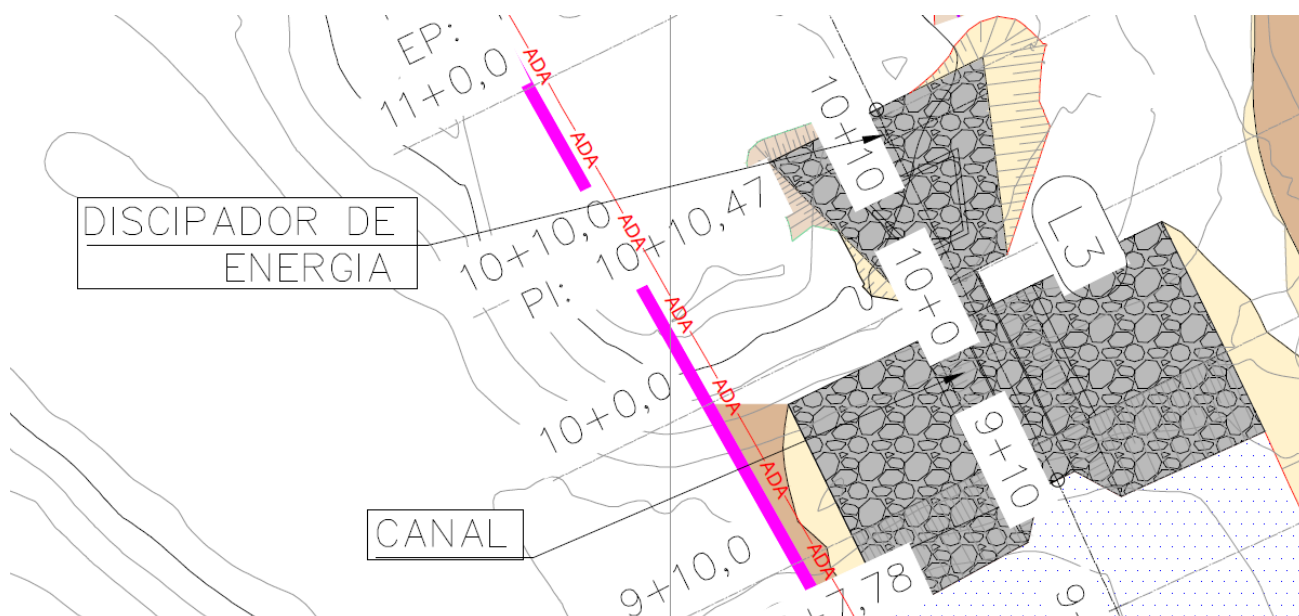


Figura 6.7 – Planta do canal e do dissipador de energia.

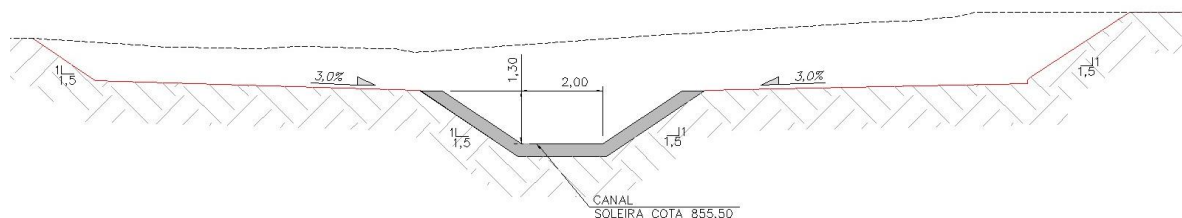


Figura 6.8 - Detalhe do canal

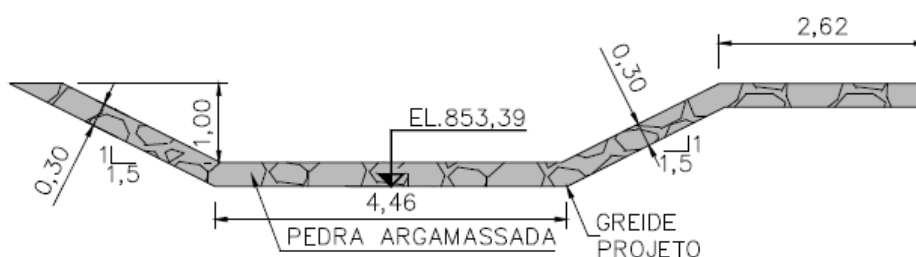



Figura 6.9 - Detalhe do dissipador de energia

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p> <p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>PÁGINA</p> <p>19/67</p> <p>REV.</p> <p>6</p>

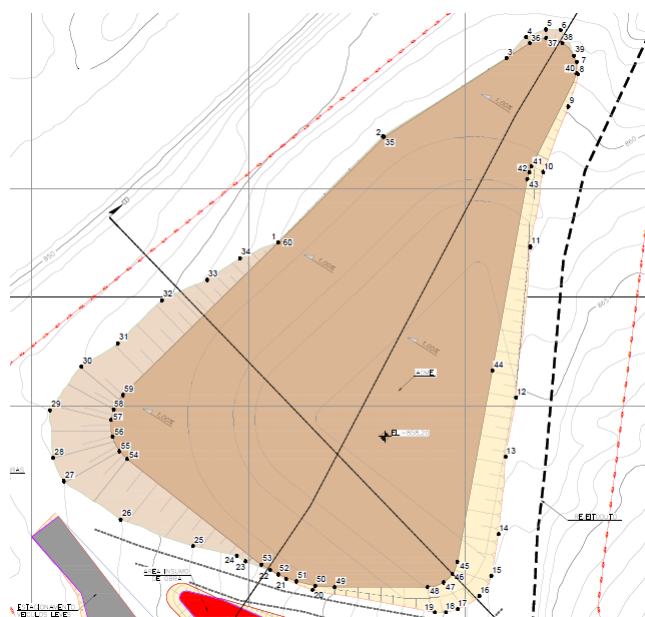


Figura 6.10 - Implantação da ADME

- a etapa 4 (quatro) realiza o fechamento e revegetação na área de supressão vegetal com hidrossemeadura

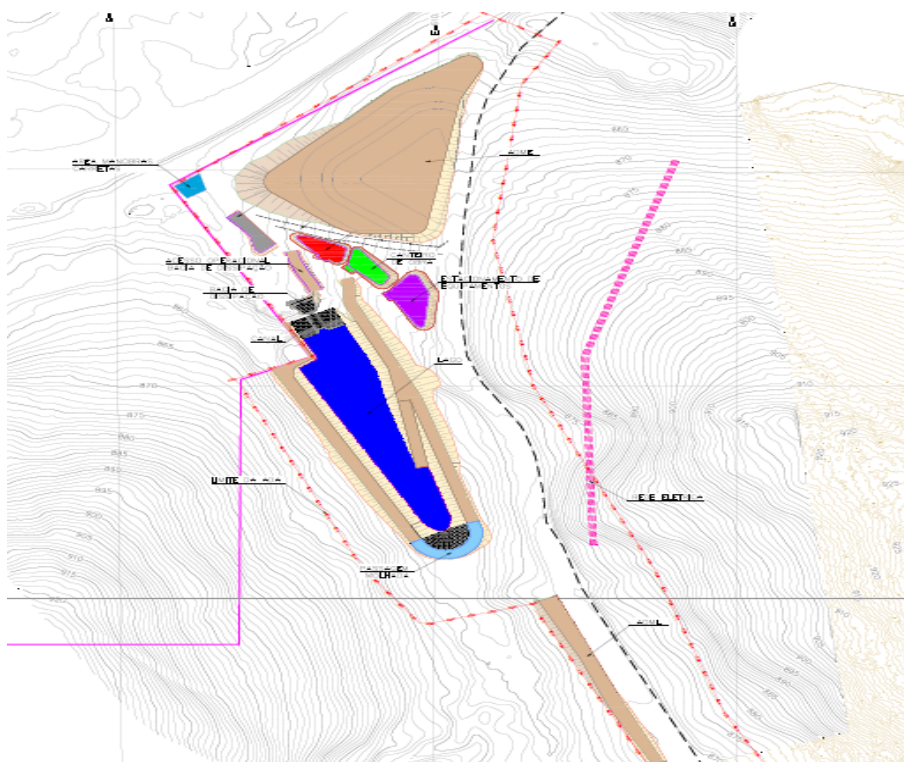




Figura 6.11 - Arranjo Geral do empreendimento

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 20/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

7.0 DISPOSIÇÃO DO MATERIAL OBTIDO DURANTE A OBRA

A disposição em pilha do material proveniente das escavações de limpeza, denominada camada de solo superficial (*top soil*), provavelmente com presença de matéria orgânica, quanto dos demais solos escavados durante as fases de limpeza do reservatório e escavação do maciço da barragem e áreas de acesso, deverão seguir alguns critérios de qualidade, descritos abaixo, e serão enviados para a ADME de forma definitiva. Importante ressaltar que a área de capacidade da ADME não comporta todo o material gerado, estima-se que 4mil m³ deverão ser transportados para pontos de descarte em regiões a serem sinalizadas pela Vale nas dependências da Barragem 7.

Os materiais saturados, provenientes das escavações na região do reservatório deverão ser depositados em uma parte preliminar da ADME para secagem antes do processo de compactação. Após a secagem, o solo poderá ser encaminhado para o processo de empilhamento acima das camadas já dispostas anteriormente na ADME.

O material da ADME deverá ser espalhado em camadas de 25cm de altura e densificado através da passagem de equipamentos, recomenda-se a utilização do Rolo Compactador pé de carneiro, partindo-se da premissa de 4 (quatro) passadas (ida e volta) e variando até 12 (doze) passadas, sem a necessidade de controle tecnológico de aterro.

As áreas definidas para disposição do material, denominadas 'ADME' (Área de Disposição de Material Excedente), podem ser visualizadas em planta e seções no desenho técnico 1850VA-X-00311 e na Figura 6.10.

8.0 IMPLANTAÇÃO DO CANAL NA REGIÃO DO MACIÇO

O canal, em enrocamento argamassado, será implantado conforme o desenho técnico 1850VA-X-00149, com a inclinação do talude lateral da parede do canal de 1,00 (V): 1,5 (H), base inferior de 2,00 m e altura mínima de 1,30 m, esta será feita por meio de escavação no maciço, após o esvaziamento do reservatório.

A Tabela 8.1 traz o levantamento de volume e áreas das implantações. As Figura 8.1 a Figura 8.3 apresentam as etapas de implantação do canal da Barragem Caetano Lopes.





		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 21/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

Tabela 8.1 – Levantamento dos volumes e áreas para as implantações.

VOLUMES E ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DO CANAL, BACIA DE DISSIPAÇÃO DE ENERGIA E LAGO PROJETADO - FAZENDA CAETANO LOPES	UNIDADE	QUANTIDADE
IMPLANTAÇÃO DO CANAL, DISSIPADOR DE ENERGIA E ESCAVAÇÃO		
Área de limpeza para execução da obra de terraplanagem (supressão vegetal)	m ²	69.530,92
Volume de escavação do canal	m ³	268,00
Volume de escavação do dissipador de energia	m ³	124,00
Volume de escavação do lago e acessos de manutenção	m ³	15.998,97
Volume Total de escavação (canal+bacia+limpeza+Escavação+Acessos)	m ³	16.390,97
DISPOSIÇÃO DE MATERIAL EXCEDENTE (ADME's)		
ADME		
Área de implantação da ADME	m ²	8.877,1
Volume de corte gerado para a implantação do platô da ADME	m ³	14.494,36
Volume de volume de aterro gerado para a implantação do platô da ADME	m ³	2.976,41
Volume de capacidade total de armazenamento da ADME	m ³	20.701,00
CANTEIRO DE OBRAS E ESPAÇOS PARA EXECUTORA		
Área do canteiro de Obras	m ²	257,33
Área do estacionamento de carretas e equipamentos	m ²	451,70
Área do estacionamento de veículos	m ²	235,70
Área de insumos	m ²	248,38
Volumes de escavação canteiro de Obras	m ³	648,93
Volumes de escavação estacionamento de carretas e equipamentos	m ³	1.234,86
Volumes de escavação estacionamento de veículos	m ³	30,76
Volumes de escavação insumos	m ³	182,15

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR</p> <p>BARRAGEM CAETANO LOPES</p> <p>S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO</p> <p>UTILIDADES BARRAGENS</p> <p>PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE</p> <p>DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES</p> <p>RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p> <p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>PÁGINA</p> <p>22/67</p> <p>REV.</p> <p>6</p>

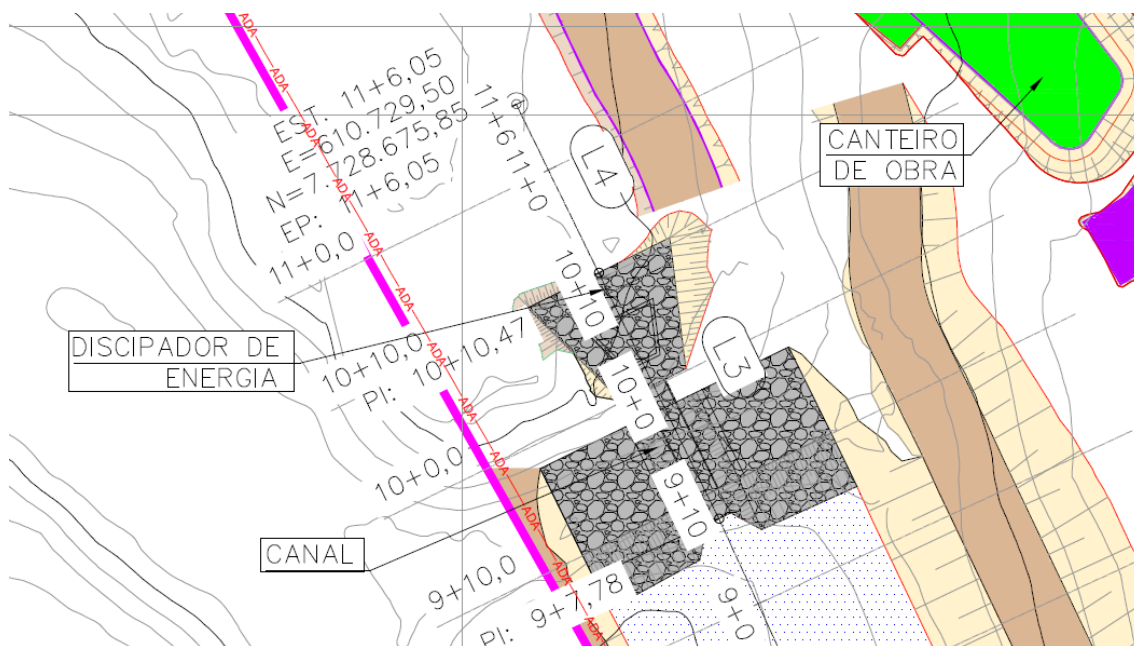


Figura 8.1 – Implantação Canal e bacia de dissipação na Barragem Caetano Lopes.

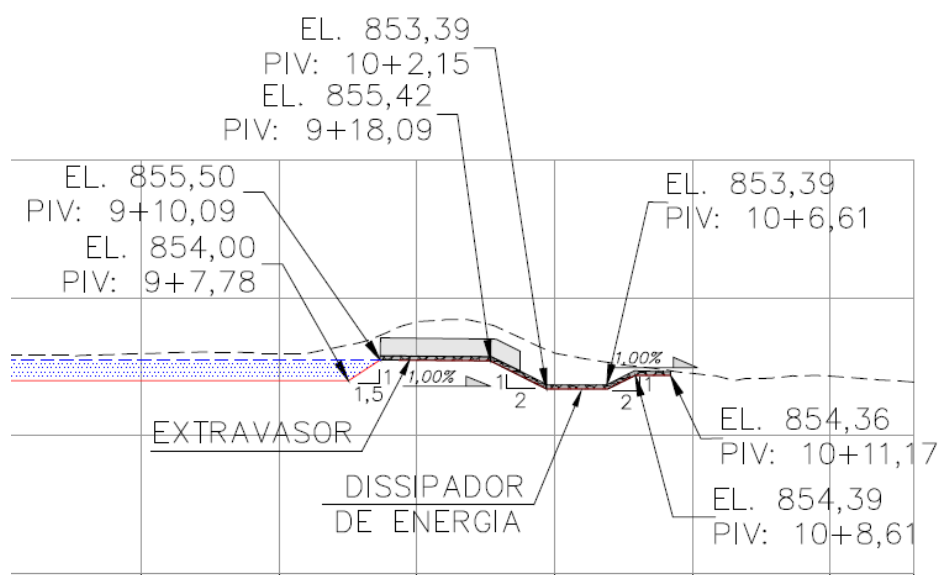




Figura 8.2 – Projeção do Corte no maciço, Implantação do Canal e Bacia de Dissipação.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 24/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

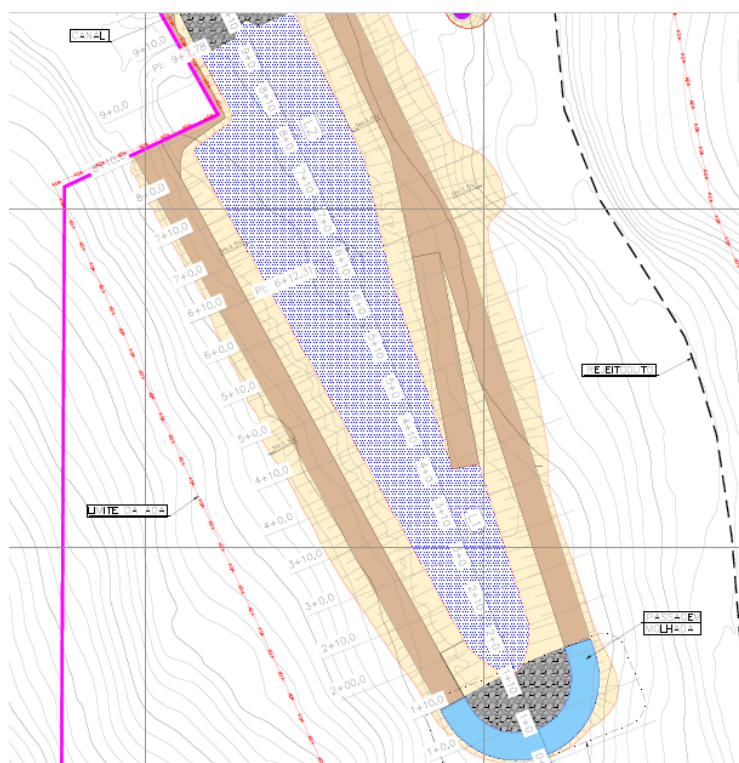


Figura 9.1 - Implantação do lago projetado, escavações, acessos de manutenção e passagem molhada

10.0 FECHAMENTO E REVEGETAÇÃO NA ÁREA DE SUPRESSÃO VEGETAL

O fechamento será realizado com o plantio de hidrossemeadura conforme a Figura 10.1, e recomenda-se ser executado após o processo de sequenciamento construtivo referenciado no tópico 6.1.

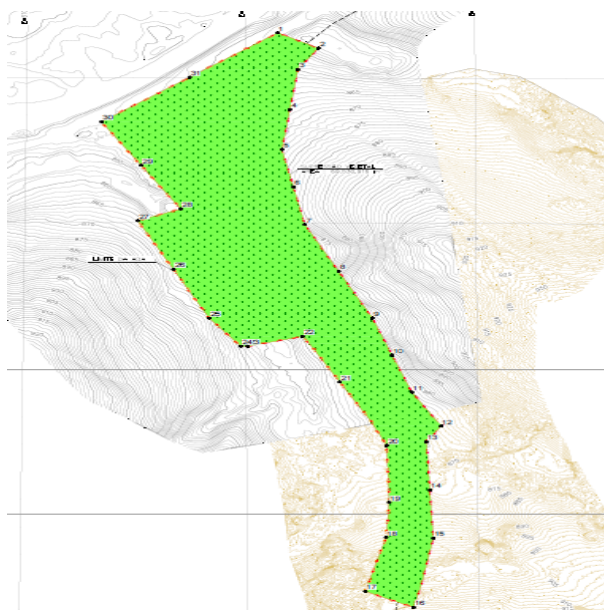



Figura 10.1 – Área a ser realizado com o plantio de hidrossemeadura

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 25/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

11.0 ANÁLISE DE ESTABILIDADE PRELIMINAR

As análises de estabilidade foram processadas utilizando-se o módulo Slope/W componente do programa GeoStudio 2018 R2 v.9.1.1, desenvolvido pela Geo-Slope International e o software Slide versão 6.0, desenvolvido pela Rocscience. Os programas permitem, também, o processamento de análises pseudoestática, com a introdução de forças horizontais, correspondentes a uma porcentagem da aceleração da gravidade, geradas por um sismo.

12.0 CRITÉRIOS DE SEGURANÇA

A Norma Brasileira NBR 13.028: 2024 requer das barragens para contenção de sedimentos e reservação de água em condição normal de operação um fator de segurança (FS) maior ou igual a 1,5, quando determinado através de modelos matemáticos. Para solicitação sísmica, o fator de segurança mínimo solicitado pela supracitada norma é de 1,1.



13.0 SIMULAÇÕES

Para os cálculos dos fatores de segurança, as análises de estabilidade foram desenvolvidas empregando-se 3 (três) metodologias distintas e que abordam a questão de estabilidade pela teoria do Equilíbrio-Limite, isto é, na iminência de ruptura as forças ativas são igualadas às forças resistentes, sendo admitida a hipótese da ruptura circular pelo método de **Bishop** e ruptura qualquer (otimizada) pelos métodos de **Morgenstern-Price** e **Spencer**.

13.1 SEÇÕES E ANÁLISES

A estabilidade da barragem foi analisada através das seções apresentadas abaixo. As Figura 13.1, 13.2 e 13.3 apresentam, respectivamente, a localização das seções, e a seção AA e seção BB.

As análises de estabilidade detalhadas estão no Projeto Conceitual da Barragem Caetano Lopes - S9048: RL-1850VA-X-00061 da GHT (2023).

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR</p> <p>BARRAGEM CAETANO LOPES</p> <p>S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO</p> <p>UTILIDADES BARRAGENS</p> <p>PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE</p> <p>DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES</p> <p>RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p> <p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>PÁGINA</p> <p>26/67</p> <p>REV.</p> <p>6</p>

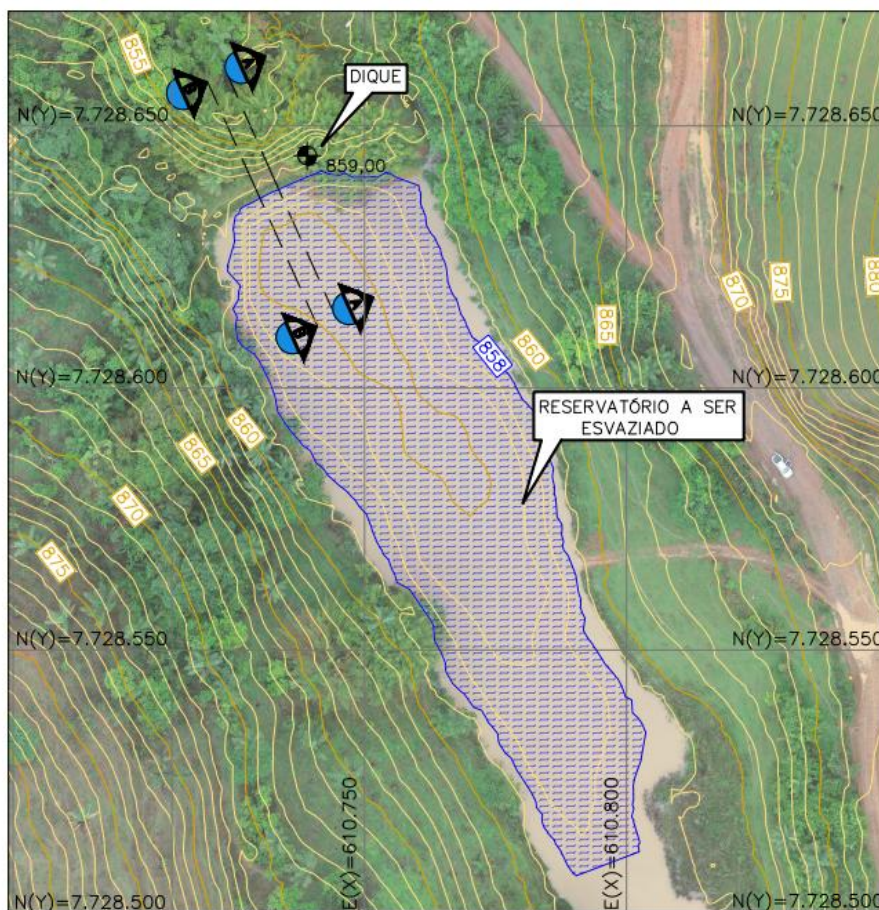


Figura 13.1 – Reservatório a ser esvaziado.

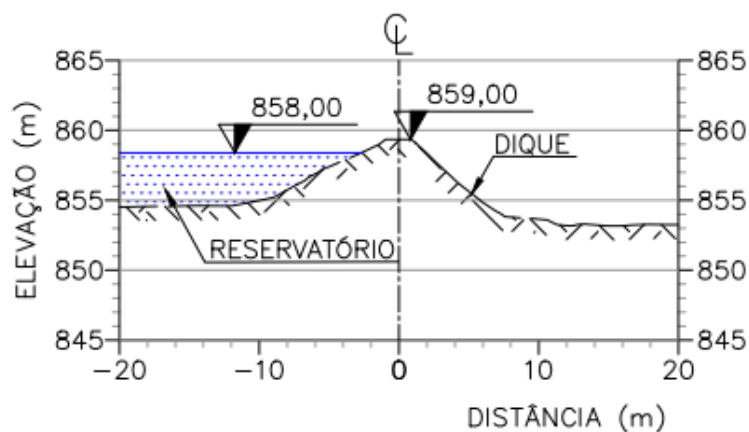



Figura 13.2 – Seção AA - Barragem Caetano Lopes.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 27/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

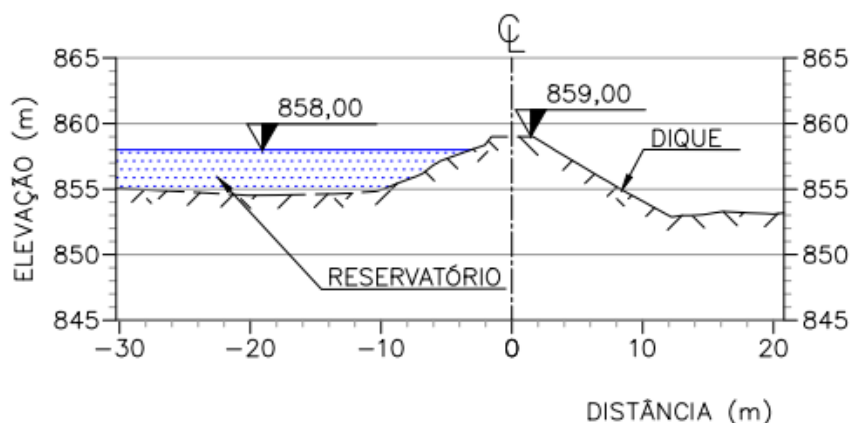



Figura 13.3 – Seção BB - Barragem Caetano Lopes.

13.2 SOLICITAÇÃO SÍSMICA

Para se levar em conta a possibilidade de ocorrência de sismos, e conforme é preconizado na NBR 13.028/2024 foram processadas análises pseudoestática para as seções da Barragem Caetano Lopes.

Na falta de estudos específicos para a estrutura, a aceleração horizontal considerada foi baseada nos valores PGA (*Peak Ground Acceleration*) presentes no mapa de ameaça sísmica, para a probabilidade de 2% de excedência em 50 anos, equivalente ao tempo de retorno (TR) de 2.475 anos, apresentado no estudo “Terremotos no Brasil: Preparando-se para Eventos Raros”, publicado no Boletim da SBGf (Sociedade Brasileira de Geofísica), vol. 96, em 2016. O estudo foi desenvolvido pelos profissionais Marcelo Assumpção e Marlon Pirchiner, IAG-USP (Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo), em parceria com João Carlos Dourado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual de São Paulo, e Lucas Barros, Observatório Sismológico da Universidade de Brasília.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE RL-1850VA-X-00087</p> <p>Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>PÁGINA 28/67</p> <p>REV. 6</p>

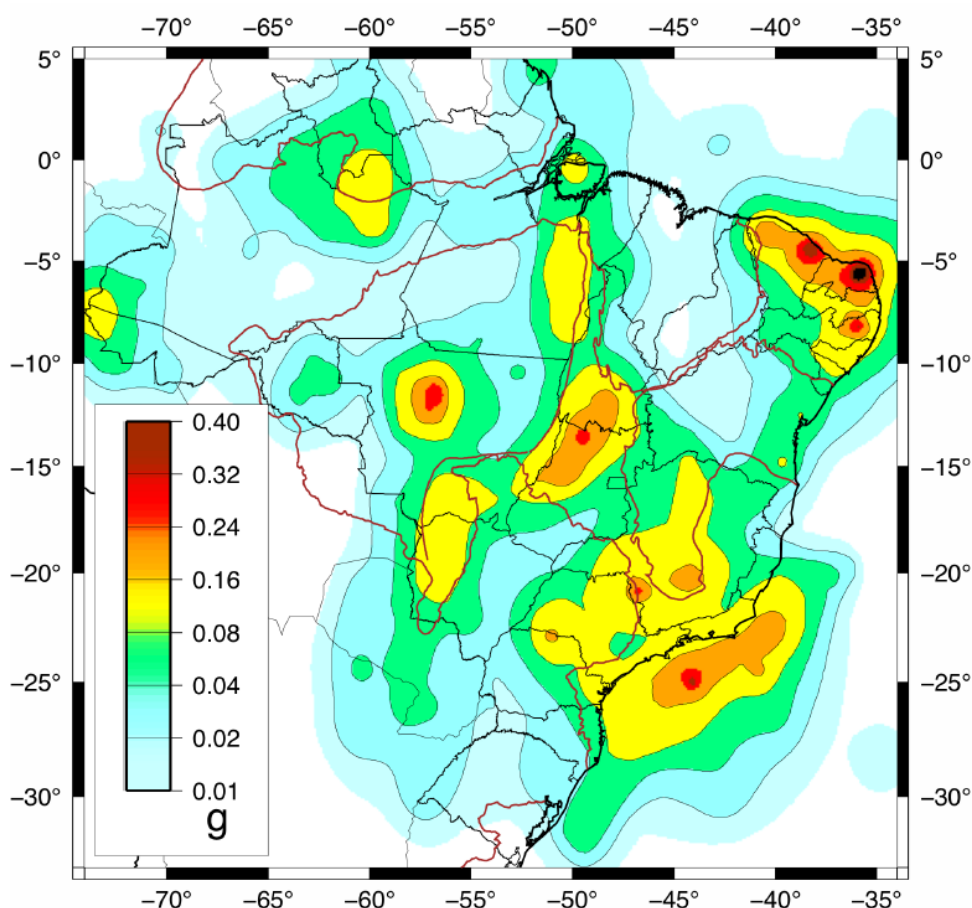




Figura 13.4 - Mapa de Ameaça Sísmica (“Seismic Hazard Maps”) para a aceleração de pico (PGA) em rocha, para o período de retorno de 2.475 anos. Fonte: Estudo “Terremotos no Brasil: Preparando-se para Eventos Raros”, publicado no Boletim da SBGf (Sociedade Brasileira de Geofísica)

Nota-se, conforme o estudo supracitado, que para a região onde se encontra a estrutura o PGA pode variar de 0,08 a 0,24 da aceleração da gravidade (g). Como o espectro de um sismo natural se apresenta com bastante oscilação, o valor do pico, por vezes, ocorre em um período bastante curto de tempo, podendo ser, por exemplo, milionésimos de segundos. A CDA – *Canadian Dam Association* recomenda, para análises pseudoestática, a adoção do $\frac{1}{2}$ do PGA para os valores da aceleração horizontal (kx).

Para as análises pseudoestática da Barragem Caetano Lopes, a GEOHYDROTECH considerou o PGA de 0,16 g, equivalente à média dos valores apresentados pelo mapa ameaça sísmica apresentado (0,08 – 0,24). Com isso, seguindo-se a recomendação da CDA, o valor da aceleração horizontal adotado nas análises foi de 0,08 g. De maneira conservadora, foi desconsiderada a adoção de valores no sentido vertical, por se entender que valores nesse sentido colaboram para estabilidade do maciço.

Ressalte-se que o critério adotado para a análise pseudoestática da Barragem Caetano Lopes, resultou em valor superior, consequentemente mais crítico, quando comparado com

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 29/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

os recomendados no Manual da Eletrobrás (2003) e NBR 15421/2006 (norma sísmica brasileira), para mesma região onde está implantada a estrutura.

13.3 PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA ESTIMADOS

Para a análise preliminar do Fator de Segurança (FS) da Barragem Caetano Lopes, considerou-se a topografia atualizada em abril de 2022 e através de referências bibliográficas que correlacionam a classificação do solo com seus respectivos parâmetros de resistências.

Diante do nível de água do reservatório e considerando as surgências no talude de jusantes, foram realizados estudos de percolação paramétrica. De forma a variar as permeabilidades, a fim de se obter um modelo próximo ao encontrado em inspeções. Obteve-se parâmetros de permeabilidades (k) na ordem de 1×10^{-5} para o solo de fundação e 1×10^{-7} . As Figura 13.5 e Figura 13.6 a seguir apresentam os resultados de percolação para as Seções A-A e B-B.

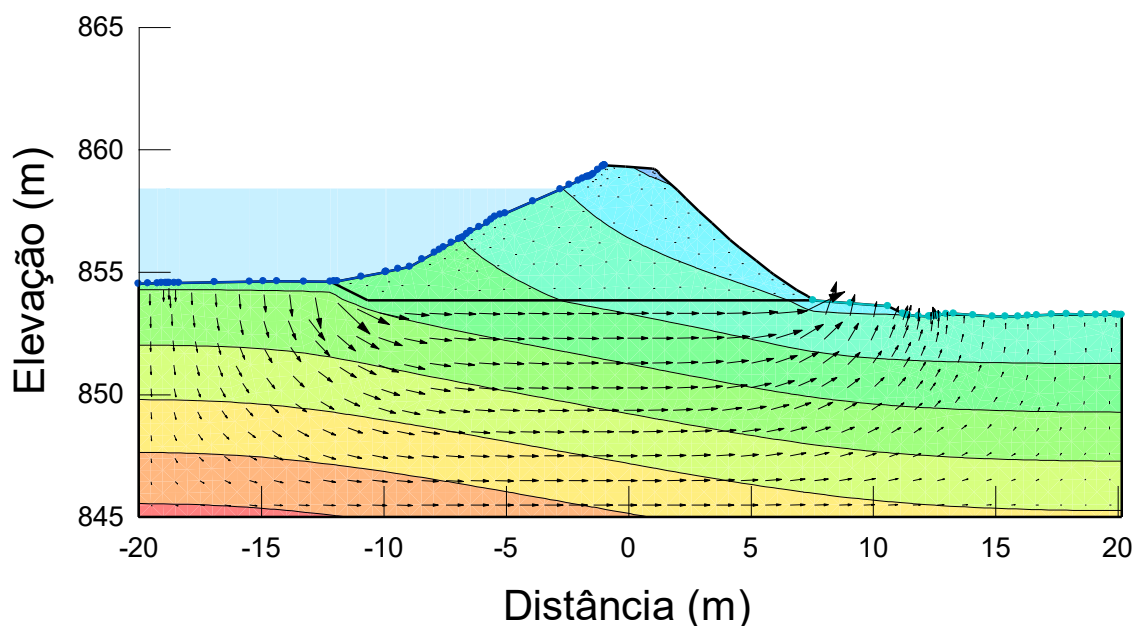


Figura 13.5 - Resultado de percolação paramétrica – Seção A-A.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 30/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

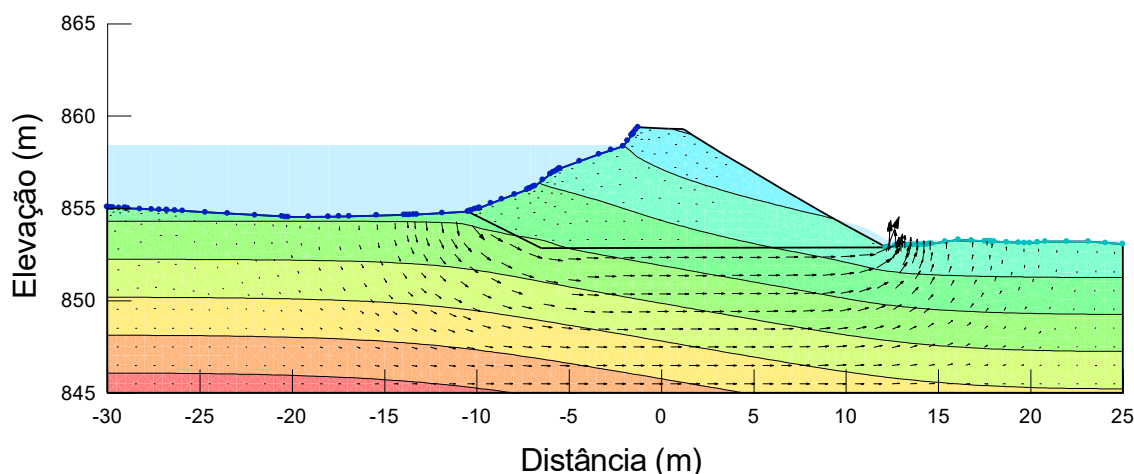


Figura 13.6 – Resultado de percolação paramétrica – Seção B-B.

A Tabela 13.1 apresenta os valores de parâmetros estimados para as análises preliminares de estabilidade da Barragem Caetano Lopes. Para a estimativa dos parâmetros, utilizou-se o Sistema Unificado de Classificação de Solos, sendo que para a fundação estimou-se um Solo Residual de classificação para um Silte de alta compressibilidade, e para o aterro, um solo com de classificação para uma Argila de baixa compressibilidade e Grau de Compactação baixo (85%). Sendo assim, os parâmetros apresentados na Tabela 14.1 têm como referências Marques, Ehrlich, Riccio (2006) e Budhu (2013).

Tabela 13.1 - Parâmetros de resistência estimados.


MATERIAIS	γ_{sat} (KN/m ³)	PARÂMETROS DE PERMEABILIDADE	PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA	
		k (cm/s)	c' (kN/m ²)	Φ' (°)
Solo Residual (Fundação) - Silte Argiloso de alta compressibilidade (Preliminar)	16,0	1×10^{-5}	10,0	25,0
Aterro - Argila de baixa compressibilidade (Preliminar)	16,0	1×10^{-7}	10,0	20,0

Fonte: GeoHydroTech (2023)

14.0 REBAIXAMENTO RÁPIDO

Foram realizadas análises de estabilidade para 30 (trinta) dias em etapa de rebaixamento rápido através do *software* Slide, versão 6.0, desenvolvido pela Rocscience. Para esta análise, o fator de segurança mínimo solicitado pela norma é de 1,1 para operação com rebaixamento rápido do nível d'água do reservatório a montante. O controle do nível de rebaixamento está citado no tópico 5.0.

Para a área de jusante, o fator de segurança mínimo solicitado pela norma é de 1,3 para operação com rebaixamento rápido do nível d'água do reservatório.


		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 31/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

Na Tabela 14.1 a seguir são apresentados os valores de FS obtidos nas análises de estabilidade para cada metodologia aplicada.

Tabela 14.1 - Resumo dos resultados das análises de estabilidade para o rebaixamento rápido.

SEÇÃO	CONDIÇÃO	FATOR DE SEGURANÇA (FS) PRELIMINAR OBTIDO			FS _{REQ}
		BISHOP	SPENCER	MORGENSTERN-PRICE	
A-A	Jusante – Estágio Inicial (Dia 0)	1,36	1,36	1,36	1,3
	Jusante – 5º dia de rebaixamento	1,37	1,37	1,37	1,3
	Jusante – 10º dia de rebaixamento	1,38	1,39	1,39	1,3
	Jusante – 15º dia de rebaixamento	1,41	1,41	1,41	1,3
	Jusante – 20º dia de rebaixamento	1,44	1,44	1,44	1,3
	Jusante – 25º dia de rebaixamento	1,47	1,47	1,47	1,3
	Jusante – 30º dia de rebaixamento (Estágio Final)	1,50	1,50	1,50	1,3
	Montante – Estágio Inicial (Dia 0)	4,94	4,93	4,93	1,1
	Montante – 5º dia de rebaixamento	4,26	4,25	4,25	1,1
	Montante – 10º dia de rebaixamento	3,65	3,65	3,64	1,1
	Montante – 15º dia de rebaixamento	3,09	3,09	3,08	1,1
	Montante – 20º dia de rebaixamento	2,68	2,67	2,67	1,1
	Montante – 25º dia de rebaixamento	2,31	2,30	2,30	1,1
	Montante – 30º dia de rebaixamento (Estágio Final)	2,04	2,03	2,03	1,1

Da Figura 14.1 a Figura 14.14 a seguir apresentam os resultados das análises de estabilidade para o rebaixamento rápido na Barragem Caetano Lopes. Os gráficos da curva de FS x Tempo (dias) x Nível d'água são apresentados nas Figuras 14.15 a 14.16.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 32/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

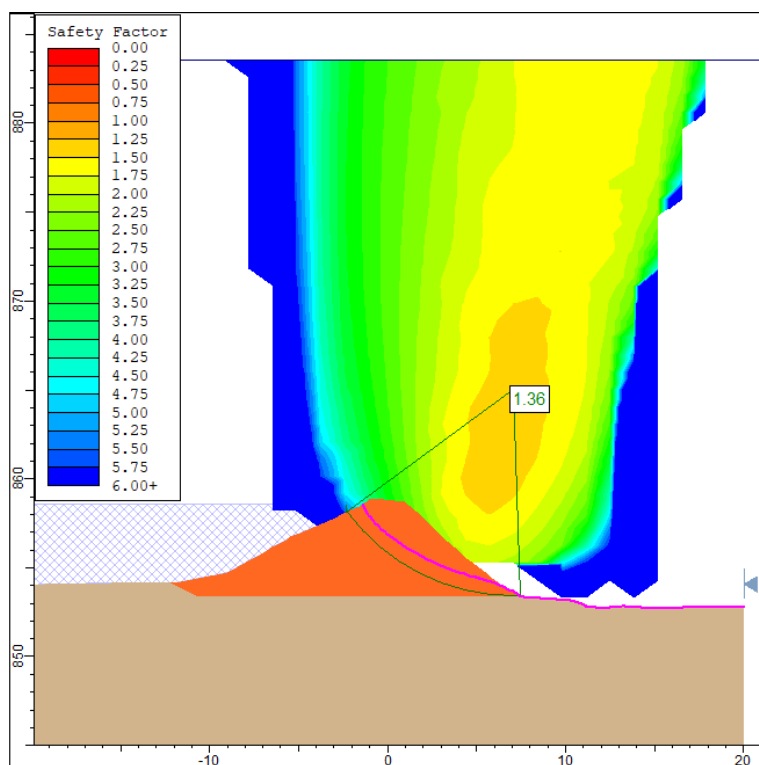


Figura 14.1 - Seção AA – Jusante – Rebaixamento rápido – Estágio Inicial (dia 0) – Bishop.

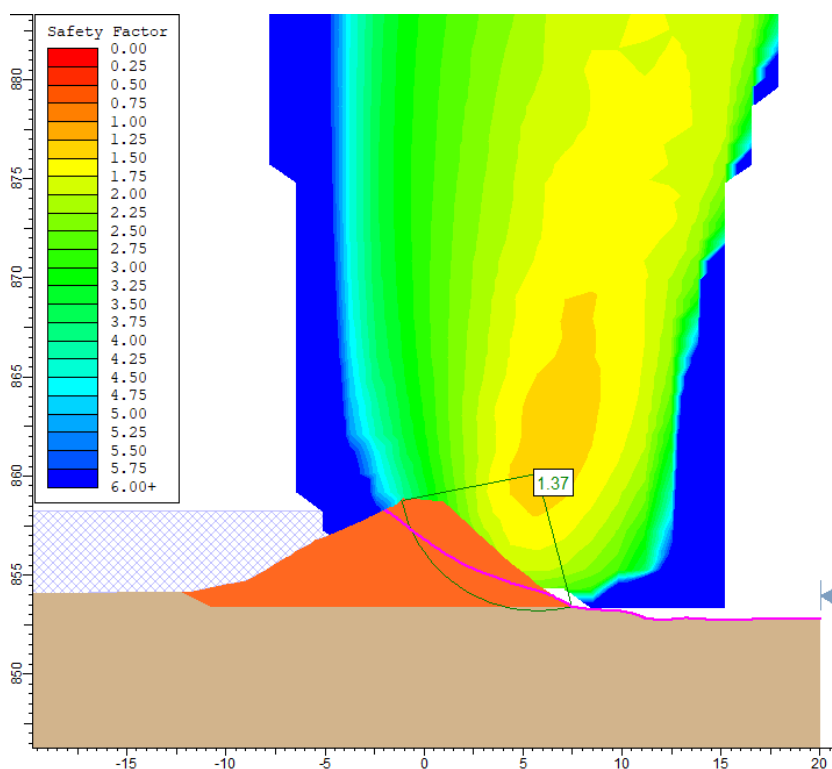


Figura 14.2 - Seção AA – Jusante – Rebaixamento rápido – 5º dia de rebaixamento – Bishop.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE RL-1850VA-X-00087</p> <p>Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>PÁGINA 33/67</p> <p>REV. 6</p>

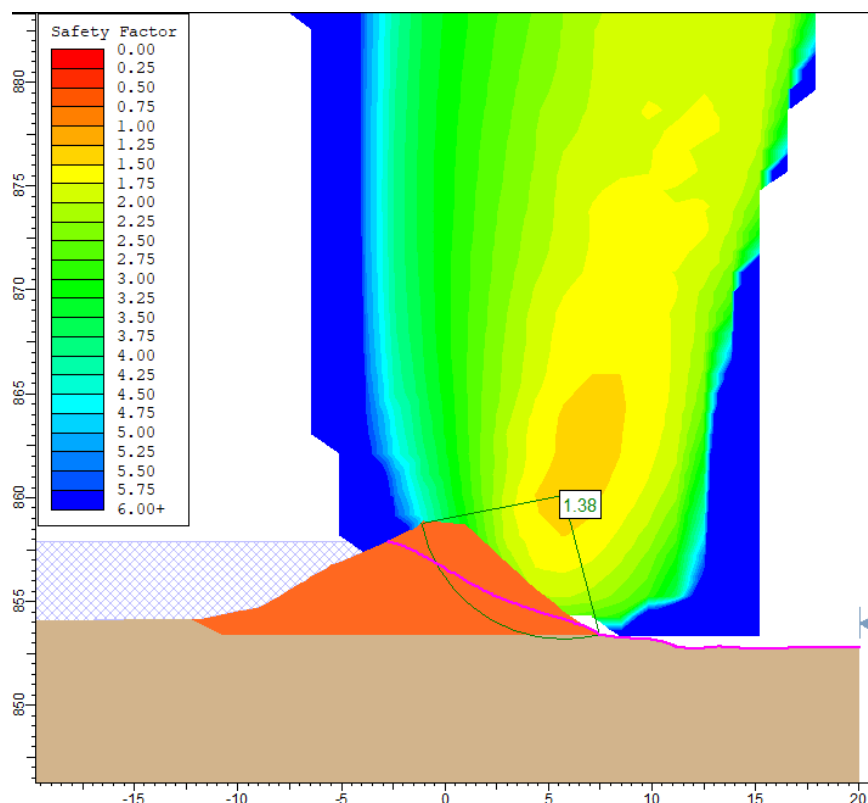


Figura 14.3 - Seção AA – Jusante – Rebaixamento rápido – 10º dia de rebaixamento – Bishop.

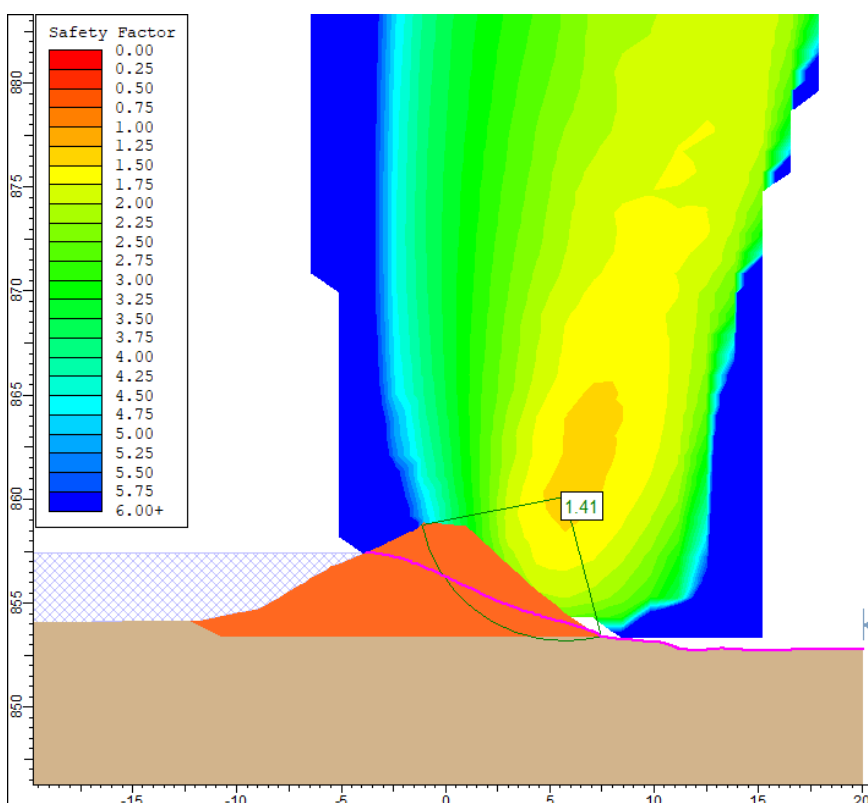




Figura 14.4 - Seção AA – Jusante – Rebaixamento rápido – 15º dia de rebaixamento – Bishop.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 34/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

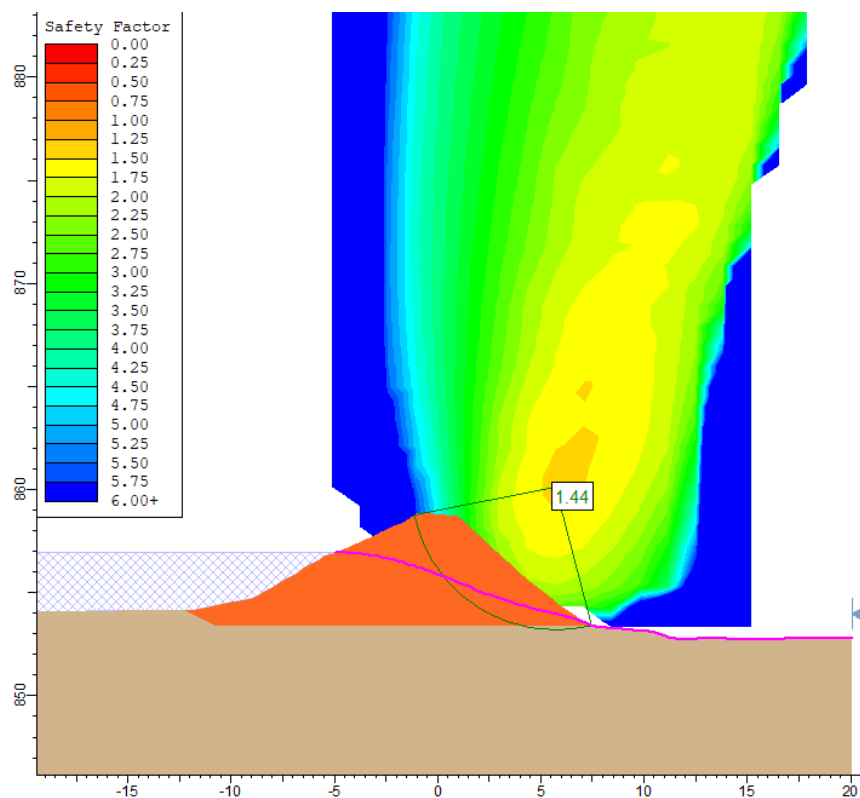


Figura 14.5 - Seção AA – Jusante – Rebaixamento rápido – 20º dia de rebaixamento – Bishop.

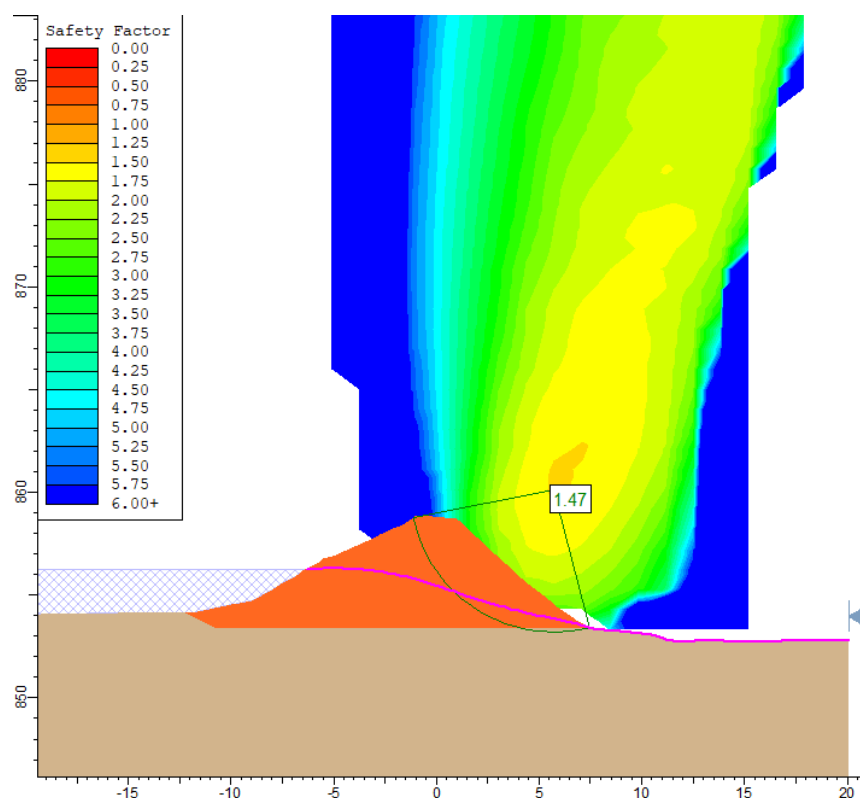



Figura 14.6 – AA – Jusante – Rebaixamento rápido – 25º dia de rebaixamento – Bishop.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p>	<p>PÁGINA</p> <p>35/67</p>
			<p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>REV.</p> <p>6</p>

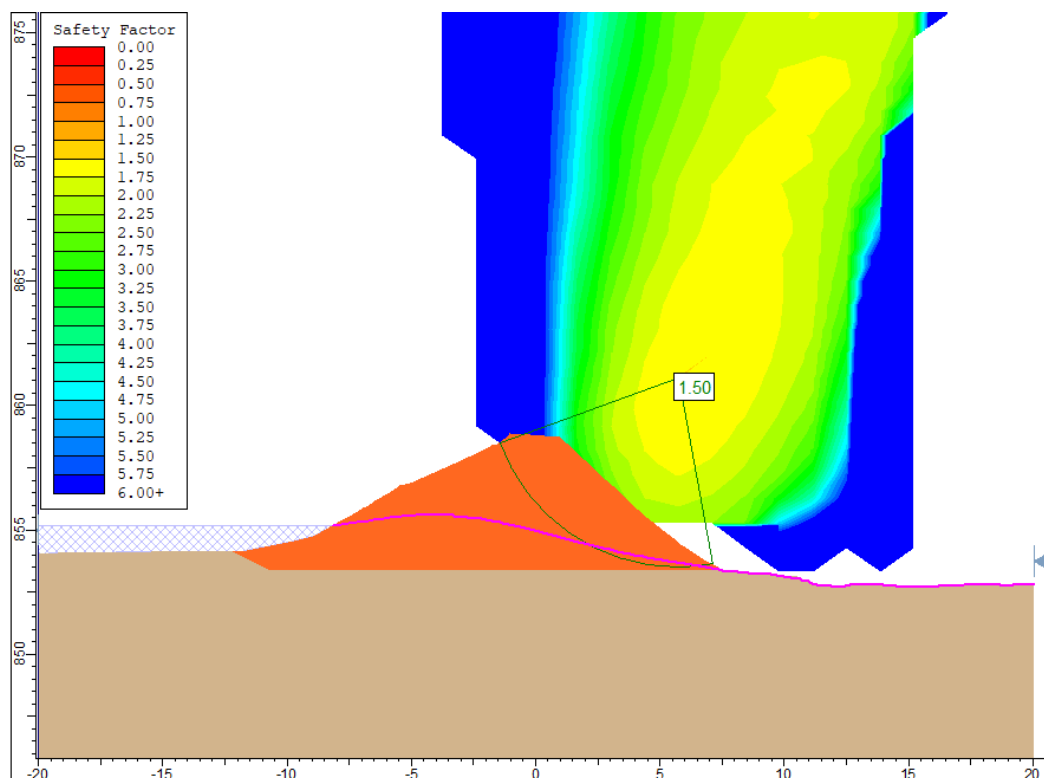


Figura 14.7 – AA – Jusante – Rebaixamento rápido – 30º dia de rebaixamento (Etapa Final) – Spencer.

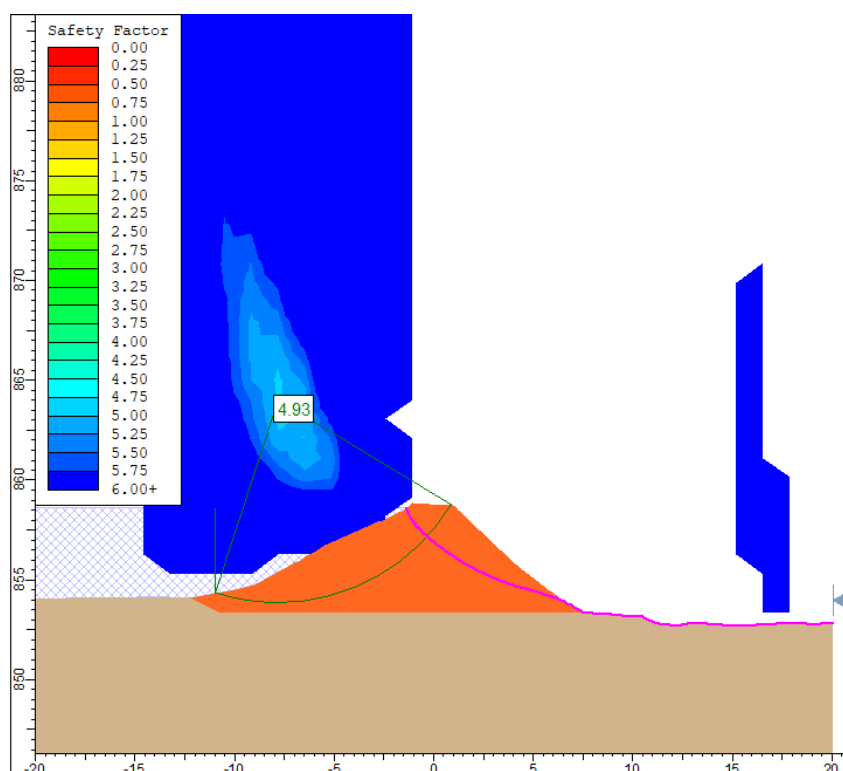




Figura 14.8 – Seção AA – Montante – Rebaixamento rápido – Estágio Inicial (dia 0) Morgenstern-Price.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p>	<p>PÁGINA</p> <p>36/67</p>
			<p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>REV.</p> <p>6</p>

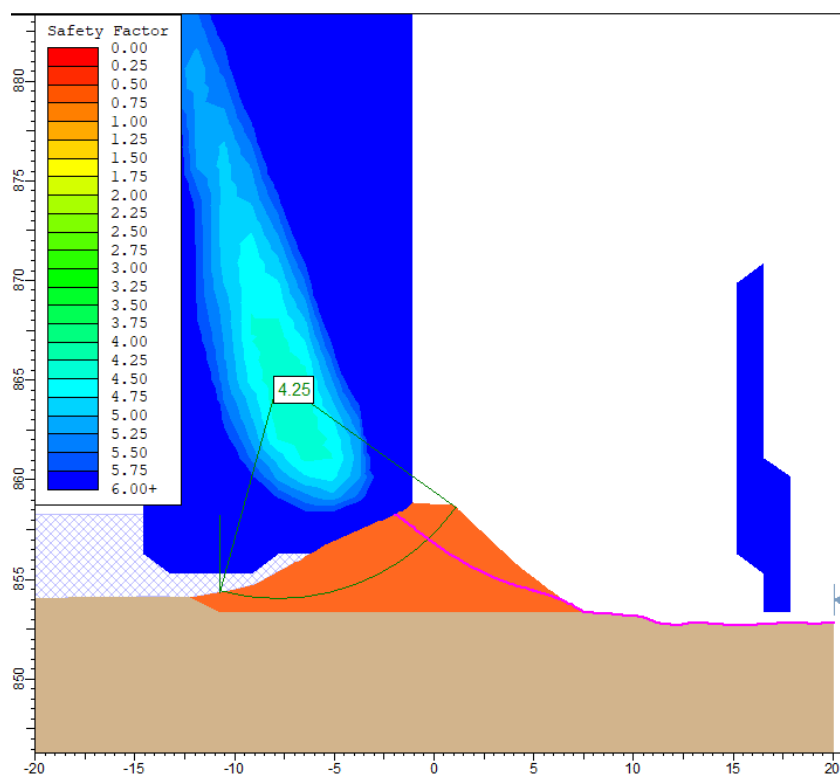


Figura 14.9 - Seção AA – Montante – Rebaixamento rápido – 5º dia de rebaixamento – Morgenstern-Price.

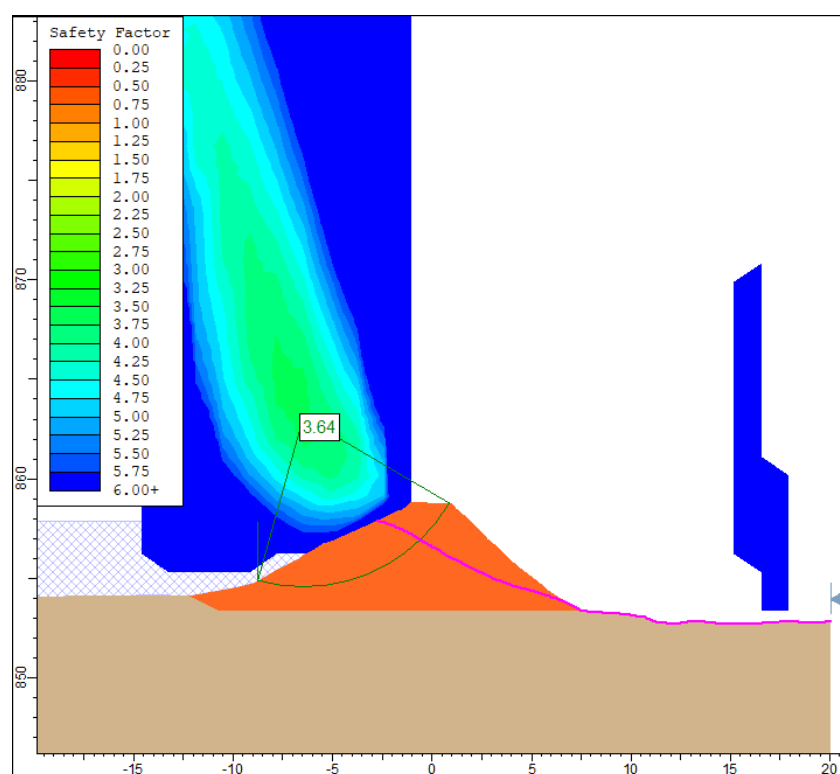




Figura 14.10 – Seção AA – Montante – Rebaixamento rápido – 10º dia de rebaixamento – Morgenstern-Price.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p>	<p>PÁGINA</p> <p>37/67</p>
			<p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>REV.</p> <p>6</p>

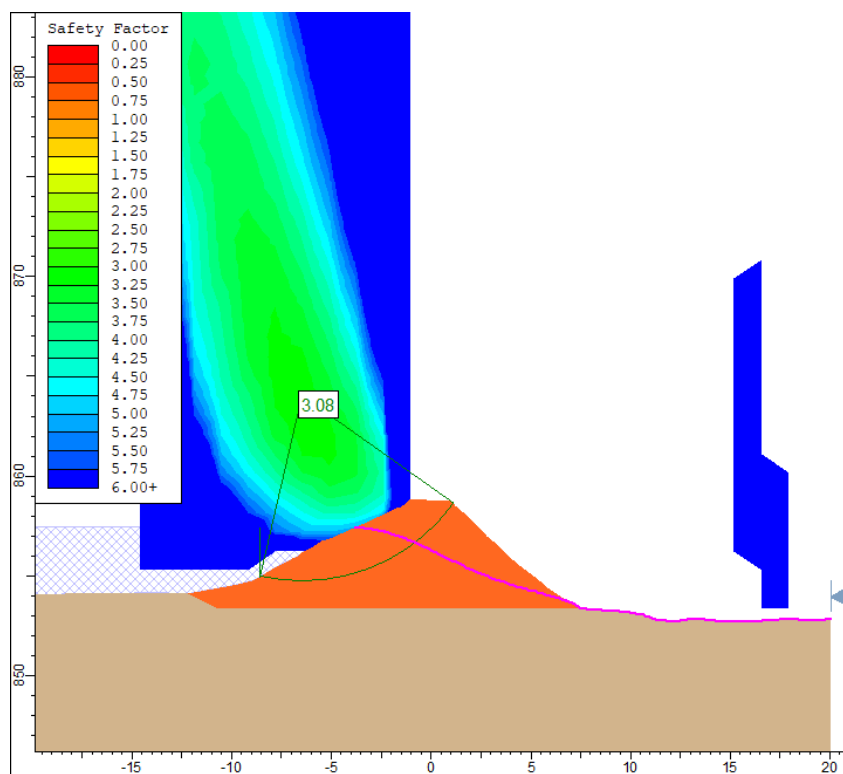


Figura 14.11 – Seção AA – Montante – Rebaixamento rápido – 15º dia de rebaixamento – Morgenstern-Price.

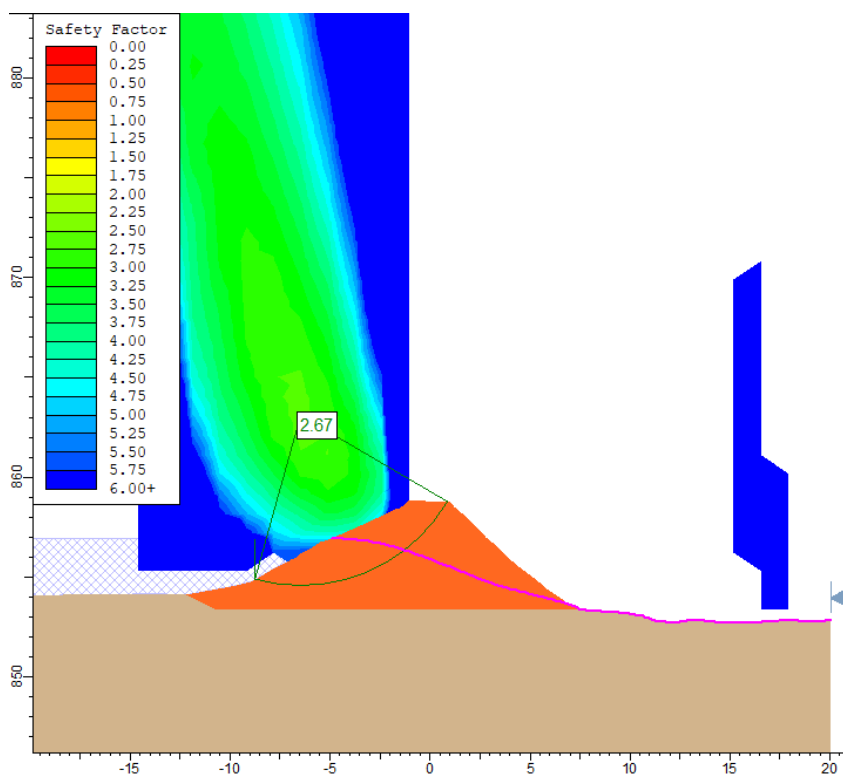




Figura 14.12 – Seção AA – Montante – Rebaixamento rápido – 20º dia de rebaixamento – Morgenstern-Price.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE RL-1850VA-X-00087</p> <p>Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>PÁGINA 38/67</p> <p>REV. 6</p>

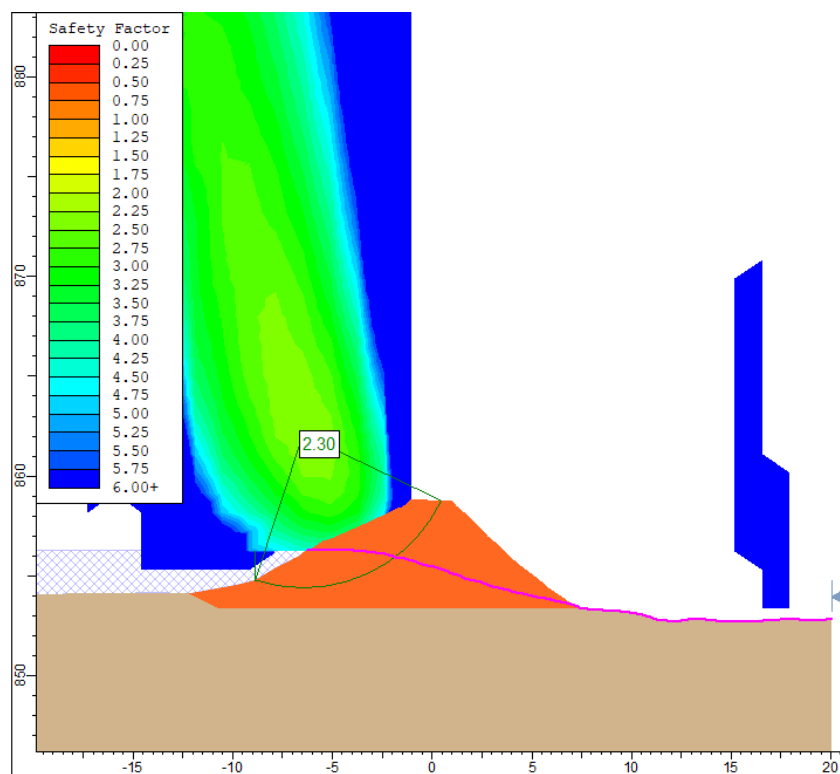


Figura 14.13 – Seção AA – Montante – Rebaixamento rápido – 25º dia de rebaixamento – Morgenstern-Price.

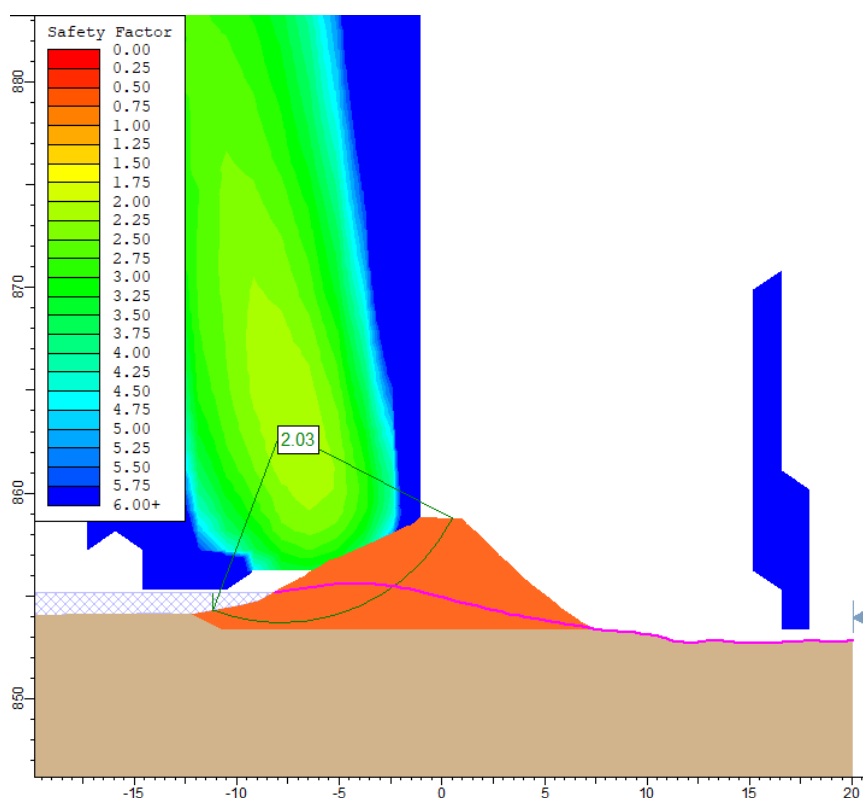




Figura 14.14 – Seção AA – Montante – Rebaixamento rápido – 30º dia de rebaixamento – Morgenstern-Price.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 39/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

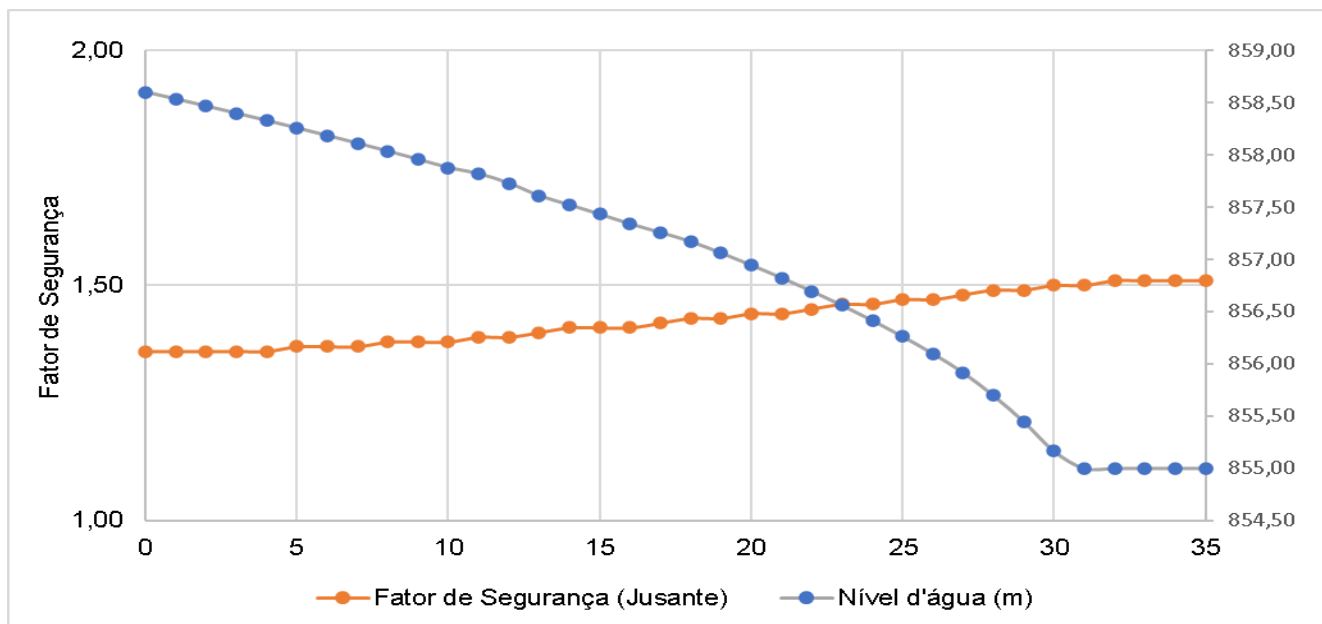


Figura 14.15 - Seção AA - Gráfico Curva FS x Tempo (dias) x Nível d'água (m). Talude de Jusante

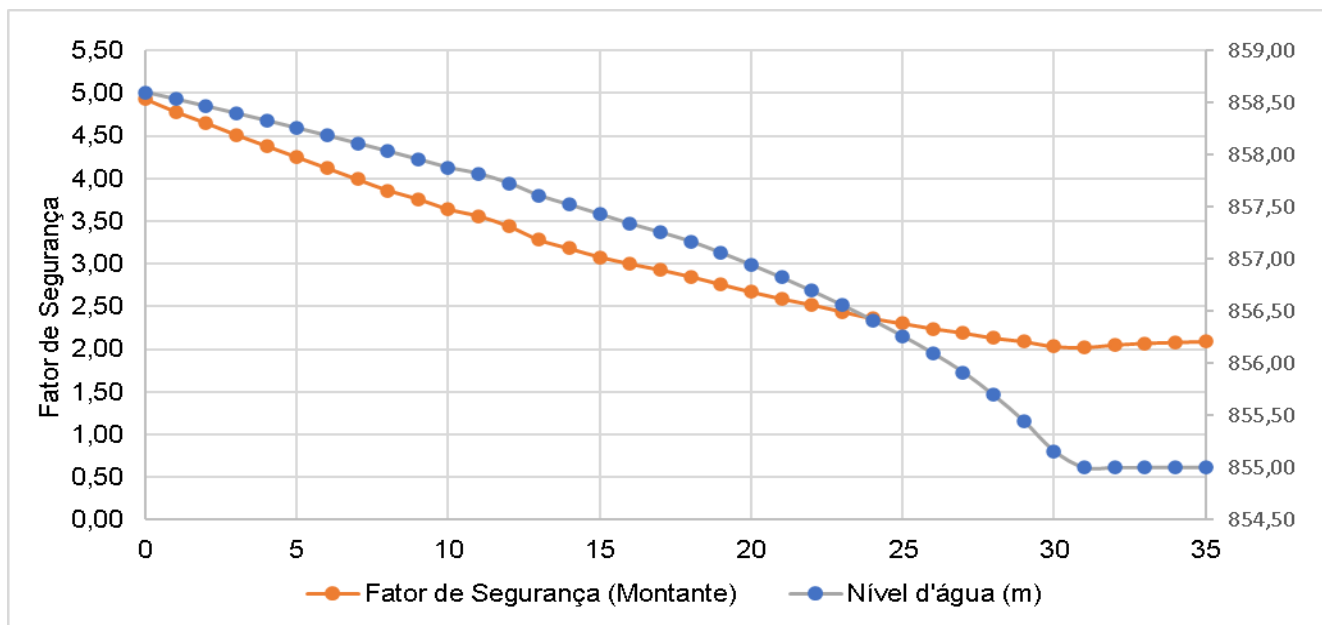




Figura 14.16 - Seção AA - Gráfico Curva FS x Tempo (dias) x Nível d'água (m). Talude de Montante

15.0 ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE ESCAVAÇÃO DO CANAL E IMPLANTAÇÃO DO LAGO

Para critérios de segurança, a Norma Brasileira NBR 13.028: 2024 requer das barragens para contenção de sedimentos e reservação de água em condição normal de operação um fator de segurança (FS) maior ou igual a 1,5, e para condições pseudoestática FS maior ou igual a 1,3 quando determinado através de modelos matemáticos. Todas as características de barragem foram eliminadas, porém, para garantia de estabilidade da área implantada, garante-se o FS exigido pela norma.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE RL-1850VA-X-00087</p> <p>Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>PÁGINA 40/67</p> <p>REV. 6</p>

A estabilidade da escavação para implantação do canal e implantação do lago projetado foi analisada através do Software Slide, versão 6.0, desenvolvido pela Rocscience. As seções para análise foram as seções críticas (mais altas) denominadas pelas seções C-C para implantação do canal e estaca 7+0 do desenho 1850VA-X-00149 escavação de implantação do lago, conforme indicada nas Figura 15.1 a Figura 15.9.

Os parâmetros de resistência utilizados mantem o mesmo critério informado na Tabela 13.1.

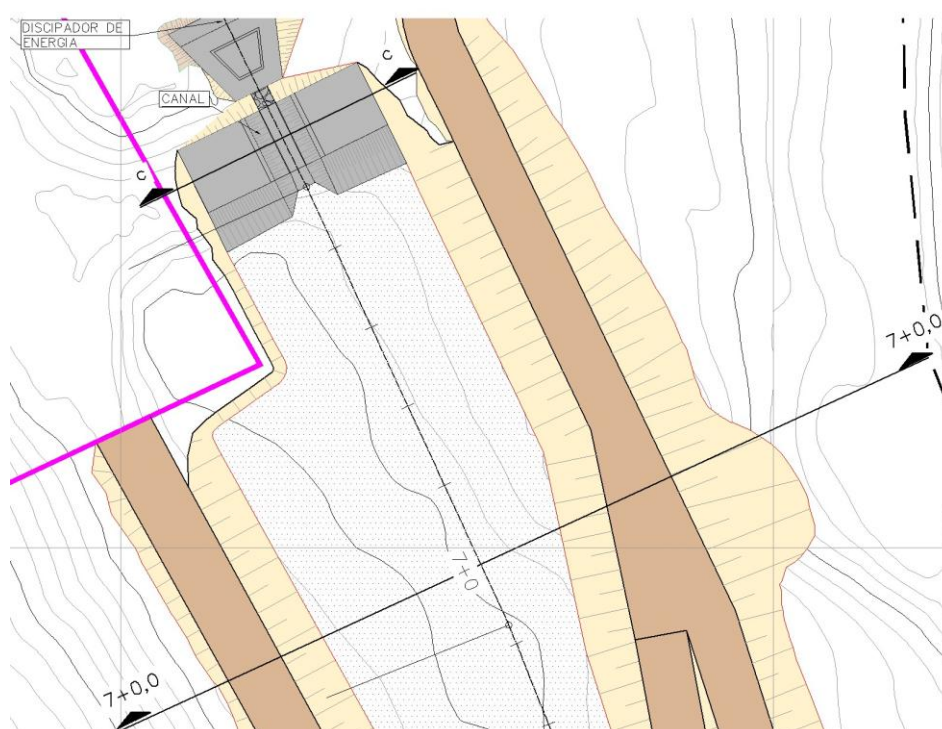


Figura 15.1 - Localização da estaca 7+0 e seção C-C na Barragem Caetano Lopes.

As figuras com os resultados das análises de estabilidade com o FS mínimo identificado se encontram a seguir:

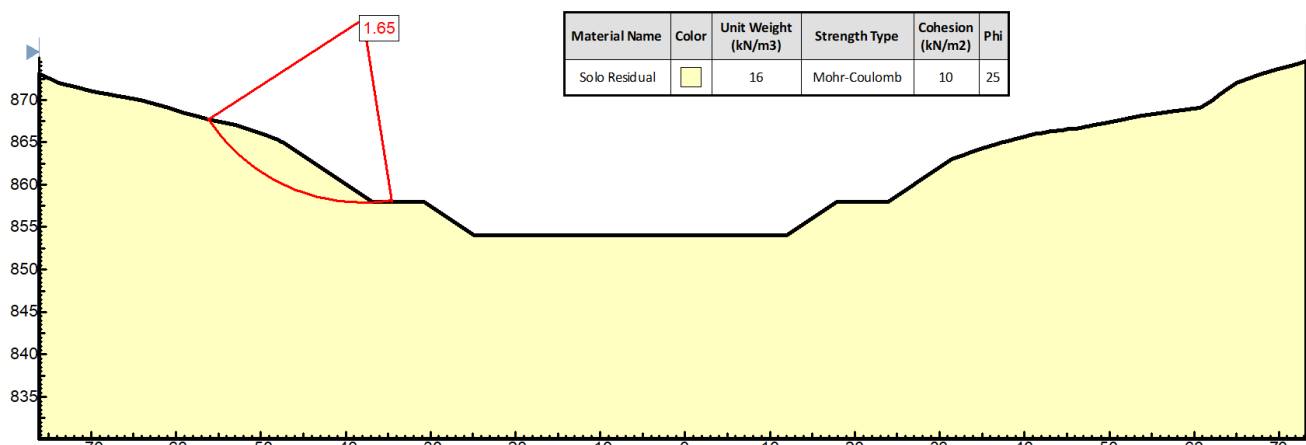


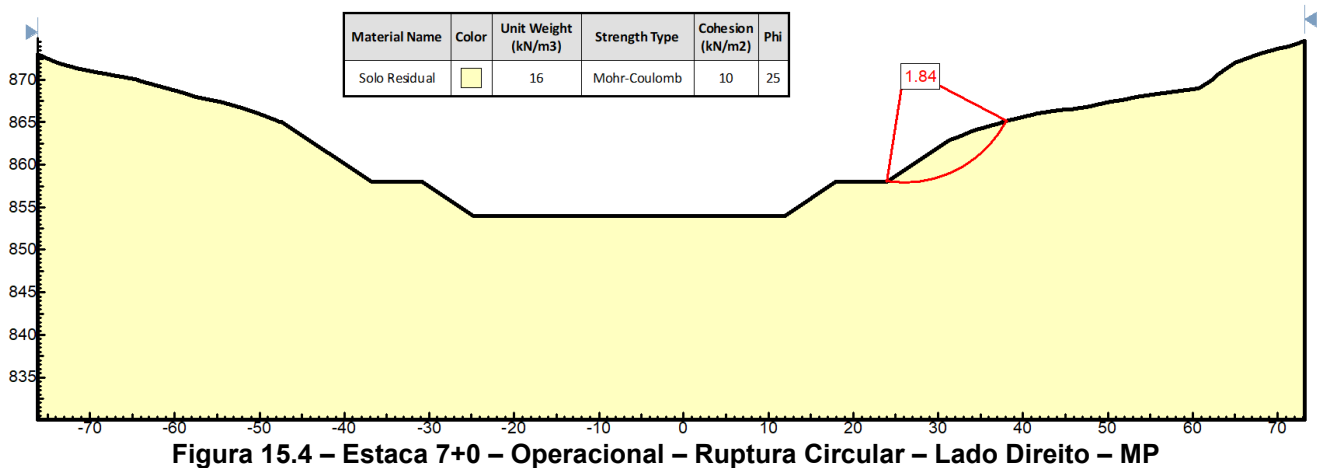
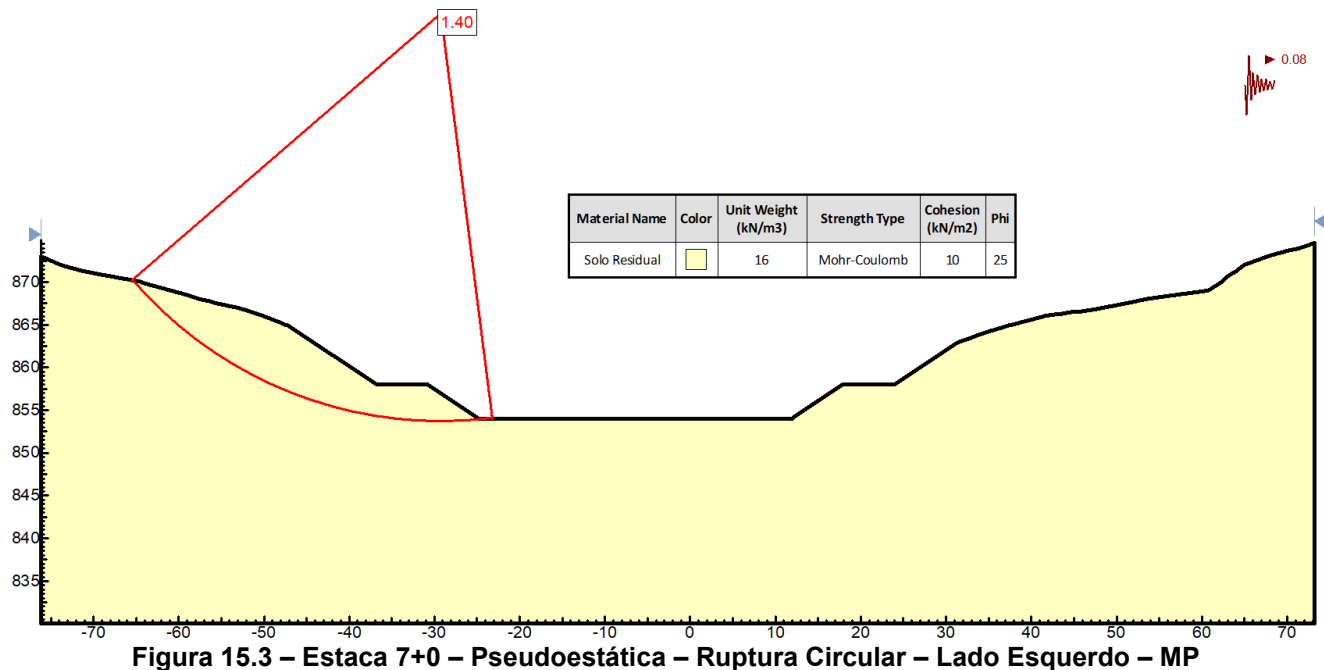




Figura 15.2 – Estaca 7+0 – Operacional – Ruptura Circular – Lado Esquerdo – MP

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p>	<p>PÁGINA</p> <p>41/67</p>
			<p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>REV.</p> <p>6</p>



		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE RL-1850VA-X-00087</p> <p>Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>PÁGINA 42/67</p> <p>REV. 6</p>

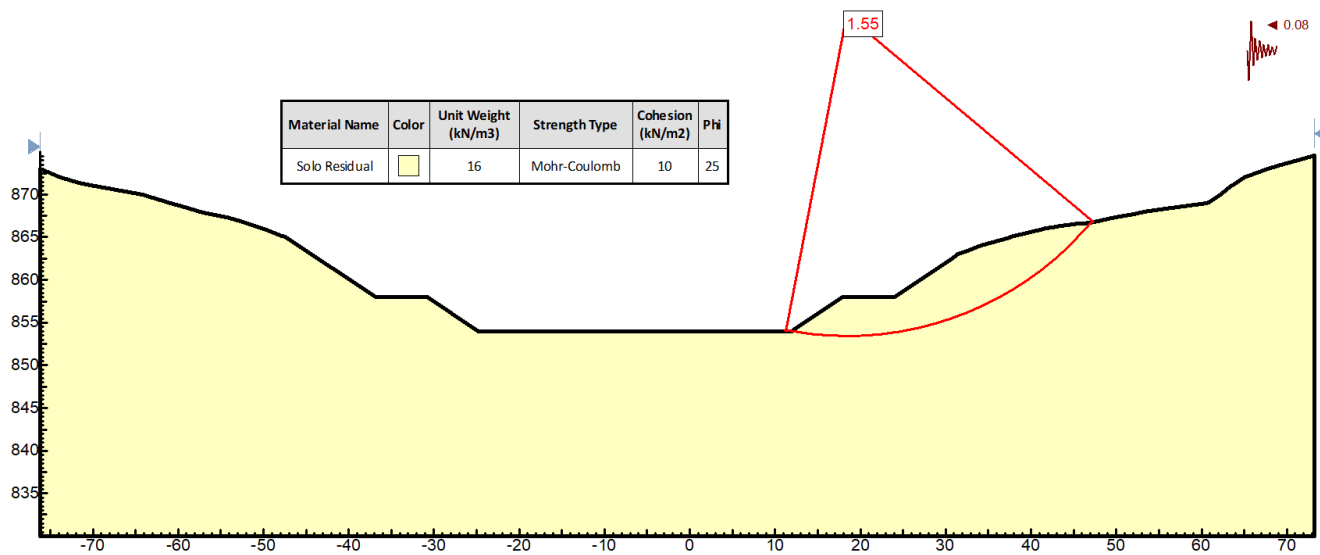


Figura 15.5 – Estaca 7+0 – Pseudoestática – Ruptura Circular – Lado Direito – MP

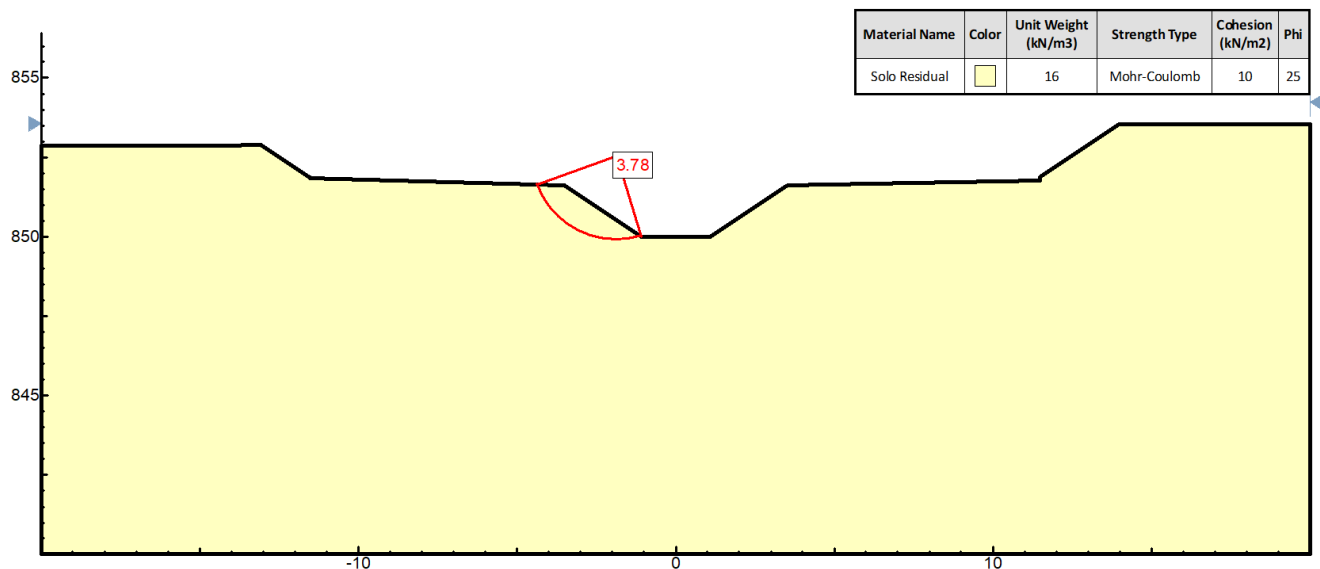




Figura 15.6 - Seção C-C – Operacional – Ruptura Circular – Lado Esquerdo – MP

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p>	<p>PÁGINA</p> <p>43/67</p>
			<p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>REV.</p> <p>6</p>

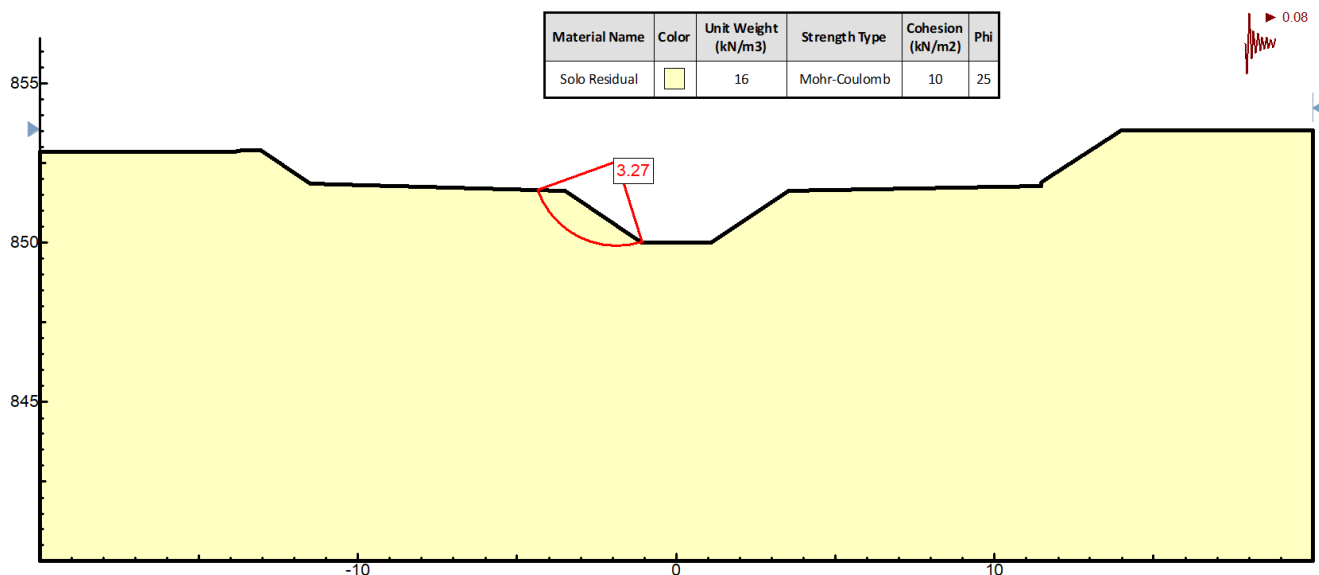


Figura 15.7 - Seção C-C – Pseudoestática – Ruptura Circular – Lado Esquerdo – MP

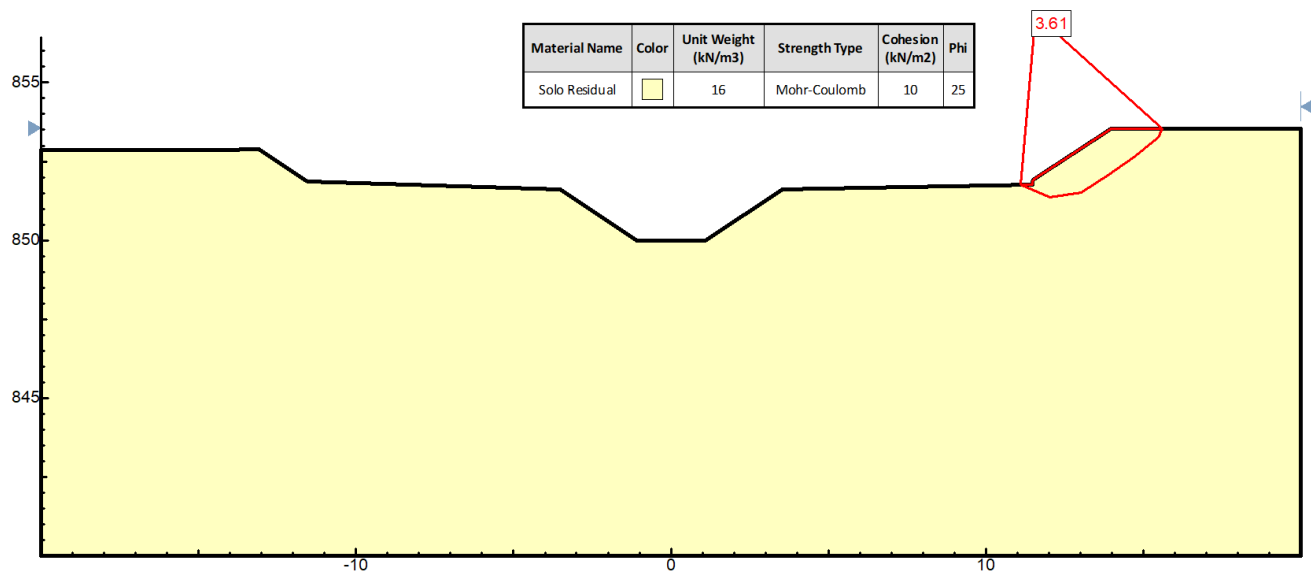



Figura 15.8 - Seção C-C – Operacional – Ruptura não circular – Lado Direito – MP

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p>	<p>PÁGINA</p> <p>44/67</p>
			<p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>REV.</p> <p>6</p>

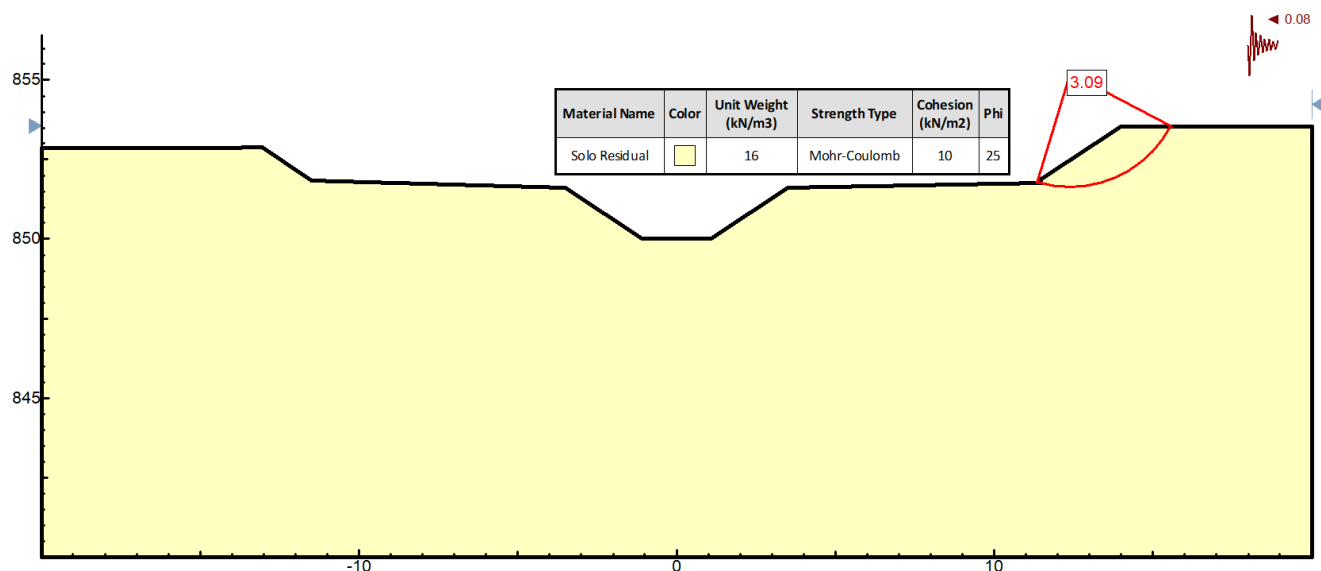




Figura 15.9 - Seção C-C – Pseudoestática – Ruptura Circular – Lado Direito - MP

Na Tabela 15.1 a seguir, são apresentados os valores de FS obtidos nas análises de estabilidade na Estaca 7+0 e Seção C-C para cada uma das metodologias aplicadas, sendo os mesmos comparados com os mínimos requeridos pelas legislações vigentes no Brasil.

Tabela 15.1 - Resumo das análises de estabilidade realizadas na seção transversal do canal.

Seção	Análise	Ruptura	Lado Esquerdo		Lado Direito		FS _{REQ}
			MP	Spencer	MP	Spencer	
Estaca 7+0	Operacional	Circular	1,65	1,66	1,84	1,85	1,5
		Poligonal	1,68	1,68	1,91	1,92	
	Pseudoestática	Circular	1,40	1,40	1,55	1,55	1,1
		Poligonal	1,43	1,43	1,55	1,56	
Seção C-C	Operacional	Circular	3,78	3,78	3,67	3,67	1,5
		Poligonal	3,82	3,86	3,61	3,63	
	Pseudoestática	Circular	3,27	3,28	3,09	3,09	1,1
		Poligonal	3,28	3,35	3,11	3,15	

Nota-se que os valores de FS obtidos nas análises para a Estaca 7+0 e Seção C-C são superiores ao mínimo exigido pela NBR 13.028: 2024 para as condições normais de operação. Reforça-se que os parâmetros foram estimados através de uma avaliação preliminar da estrutura, pois, não há campanha de investigações geológicas-geotécnicas de campo e laboratório sobre os materiais de construção (aterro e fundação) da Barragem Caetano Lopes.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 45/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

16.0 ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS

Existem diferentes métodos de distribuição teórica de probabilidades, tais como Normal (Laplace-Gauss), Log-Normal (Galton), Exponencial (Fuller), Pearson, Log-Pearson III, Gumbel e GEV, no entanto, as distribuições comumente utilizadas na caracterização dos eventos extremos são a Exponencial, Log-Normal, Log-Pearson, Gumbel e GEV.

Considerando que a caracterização pluviométrica da área de estudo tem sido realizada a partir dos registros da estação 02043013 Congonhas – Linigrafo, presente no município de Congonhas/MG, conforme consta nos relatórios VGA-002-D-2085-Y-RET-WET-0008 da Walm (2016) e RI-1850HH-X-30703 da GHT (2022), procedeu-se a descrever o regime pluviométrico a partir dos dados atualizados desta estação, que foram recopilados do sistema Hidroweb da Agência nacional de Águas e saneamento Básico (ANA). A seguir na Tabela 16.1 é apresentada a descrição dos registros recopilados.



Tabela 16.1 - Avaliação das estações pluviométricas para caracterização dos estudos pluviométricos

Estação	plataforma	Distância da Barragem (km)	série histórica	Elevação da Estação (m)	Elevação da Barragem (m)
02043013	Hidroweb	12,0	1941-2021	896	858,8



As precipitações máximas estimadas a partir dos registros pluviométricos recopilados da plataforma Hidroweb foram organizadas por ano hidrológico em durações de 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20 e 30 dias, conforme exibido na Tabela 16.2. Cabe destacar que na caracterização foram desconsiderados os anos hidrológicos que apresentavam falhas em mais de 8 registros durante os meses chuvosos (Outubro – Fevereiro) e falhas em mais de 15 registros durante os meses de estiagem.

Tabela 16.2 - Série histórica das máximas precipitações da estação Congonhas - 02043013.

Ano Hidrológico	1 dia	2 dias	3 dias	5 dias	7 dias	10 dias	15 dias	20 dias	30 dias
1940-1941	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1941-1942	51,6	74,6	80,2	107,6	174,1	195,6	236,5	284,4	403,3
1942-1943	90,2	111,4	115	130,6	145,9	174,4	254,7	279,5	410,5
1943-1944	49,2	98,4	114,6	163,8	190,4	220,8	249,6	260	314
1944-1945	45,4	75,6	118,8	121,4	146,6	192,4	233,6	285,2	359,4
1945-1946	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1946-1947	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1947-1948	56,4	100,4	105,6	125,2	141,5	183,4	199,6	231,4	298,2
1948-1949	108,2	162,4	166	199	220,4	320,6	353,2	378,6	522,8
1949-1950	56,8	79,4	96,2	139,2	176,2	225,8	278,7	380,1	418,2
1950-1951	102,2	164,6	263	291,8	297,5	344,6	377,6	404,7	439,3
1951-1952	55,2	76,8	115,2	123,4	147	204,4	240,4	289,2	411
1952-1953	96,6	128,4	149,6	165	180	198,2	238,6	278	327
1953-1954	52,8	85,2	90,4	94,2	98	125,4	149,2	178,8	255,6
1954-1955	110,4	145,6	213,4	265,2	273,8	288,8	309,8	344,6	444,4
1955-1956	68,2	78,8	88,8	112,2	136,4	163,6	216,2	275,8	386
1956-1957	71,2	94,2	110,4	149	159	188	237,8	286,8	388
1957-1958	60,2	97,8	99,8	122	156,8	188,4	249,4	288,6	423,2

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 46/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

Ano Hidrológico	1 dia	2 dias	3 dias	5 dias	7 dias	10 dias	15 dias	20 dias	30 dias
1958-1959	65,8	116,6	129	187,4	221,2	243,2	258	268,6	327,8
1959-1960	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1960-1961	97,6	148,8	179,2	212,2	216	223,8	301,5	358	477
1961-1962	57,2	80,6	110,8	144,2	146,4	193,4	262,4	315,6	438,4
1962-1963	71,4	91,8	120,6	136,8	176,4	234	317,8	373,8	448,4
1963-1964	52,6	96,8	127,4	148,2	163,4	180,6	221,4	280,6	386,4
1964-1965	102,4	105,4	141	155	201,8	267,2	364,4	409,2	515
1965-1966	79,6	115,2	146,6	191,6	229	265,6	392	439,4	502,4
1966-1967	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1967-1968	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1968-1969	83,4	83,4	94	94	100,8	124,4	140,1	171,2	190,2
1969-1970	67,6	73,2	89,6	112,9	141,9	188,7	215,6	296,6	369,4
1970-1971	97,4	98,1	98,1	100,8	139	139	221,6	247,6	257,6
1971-1972	68,2	117,8	119	136,8	175,4	191	226	283,8	418,4
1972-1973	66,8	74,6	117	141,4	180,8	233,2	282,2	341,7	407,3
1973-1974	69,8	76,2	107	122,7	157	196,4	236,6	280,6	374,6
1974-1975	74,6	79,4	100,8	125	181,8	217,8	306	363,2	438,6
1975-1976	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1976-1977	88,6	119,2	128	145,4	174,2	203,8	342	352,3	365
1977-1978	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1978-1979	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1979-1980	63,4	78,6	92,5	134,2	199,4	256	334,6	343,4	455,9
1980-1981	54,2	87,8	94,3	133,5	160,1	186,2	271,5	282,5	379,1
1981-1982	63,4	89,6	95,8	149,2	188,1	225,3	314,9	339,4	443,3
1982-1983	143	170,2	186,6	188,1	188,7	238,5	256,7	319	390,4
1983-1984	62,2	67,8	87	122,3	146,3	197,8	228,8	242,9	313,7
1984-1985	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1985-1986	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1986-1987	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1987-1988	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1988-1989	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1989-1990	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1990-1991	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1991-1992	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1992-1993	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1993-1994	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1994-1995	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1995-1996	55,3	101,2	101,2	126,6	130,4	164	227,5	309,7	415,6
1996-1997	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
1997-1998	57,8	77	102,7	148,1	173,9	206,6	247,5	272,1	302,9
1998-1999	70,3	76,5	79,1	107,2	117,1	149,8	193	226,1	250,9
1999-2000	110,1	152,7	170,2	211,7	245,4	251,3	398,2	434,5	516,2
2000-2001	75,4	80,3	85,4	115,2	130	149,2	180,4	235	286,3
2001-2002	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
2002-2003	108,2	120,1	120,1	138,3	185,2	252,9	318,3	331,7	413,4
2003-2004	75,3	123,3	134,9	151,9	175,5	229,5	277,3	333,9	420,8
2004-2005	77	109	128,6	179,7	202,9	238,5	267,8	326,5	394
2005-2006	81,2	107,5	121,8	177,6	215,8	277,5	319	362,7	484,6
2006-2007	53	62,2	77,7	115,8	151,5	166,8	214,6	252,1	375,5
2007-2008	79,8	125,6	133,8	161	177,1	219,3	283,5	319,6	415,1
2008-2009	118,5	150,5	169,5	224,6	276,4	342,3	365,2	440,4	529,2

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 47/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

Ano Hidrológico	1 dia	2 dias	3 dias	5 dias	7 dias	10 dias	15 dias	20 dias	30 dias
2009-2010	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
2010-2011	80,3	87,5	111,8	138,4	189	271,3	302,8	325,7	341,4
2011-2012	Existem falhas em meses de estiagem (novembro a fevereiro), ano desconsiderado								
2012-2013	85,3	107,4	122,3	167,2	219,3	225,9	310,3	333,6	505,2
2013-2014	50,3	63,1	68	79,3	79,3	80,2	94,8	108,2	120,3
2014-2015	66,2	102,2	132,1	201,7	219,2	222,6	261,9	285,5	307,9
2015-2016	90,1	150	165,2	194,7	217,6	256,5	270,2	308	351,1
2016-2017	83,4	120,3	152,8	162,2	226,3	243,5	279,4	354,8	442,5
2017-2018	65,2	119,2	120,6	172,2	183,3	229,4	281,1	345	397,3
2018-2019	42,6	63,3	90,1	98,8	119	137,8	185,2	227,6	293,7
2019-2020	100,9	124,9	137	165,3	218,7	250,3	292,5	338,4	467
2020-2021	67,8	80,4	125,8	151,7	198,9	217,8	288,8	337,3	429,2

A partir da série histórica apresentada na Tabela 16.2, avaliaram-se as distribuições estatísticas: Normal (Laplace-Gauss), Log-Normal (Galton), Exponencial (Fuller), Pearson, Log-Pearson III, Gumbel e GEV, para determinar as precipitações de duração maior ou igual a 24 horas associadas a tempos de retorno: 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos. Os gráficos da Figura 16.1 à Figura 16.9 apresentam os resultados dessa avaliação.

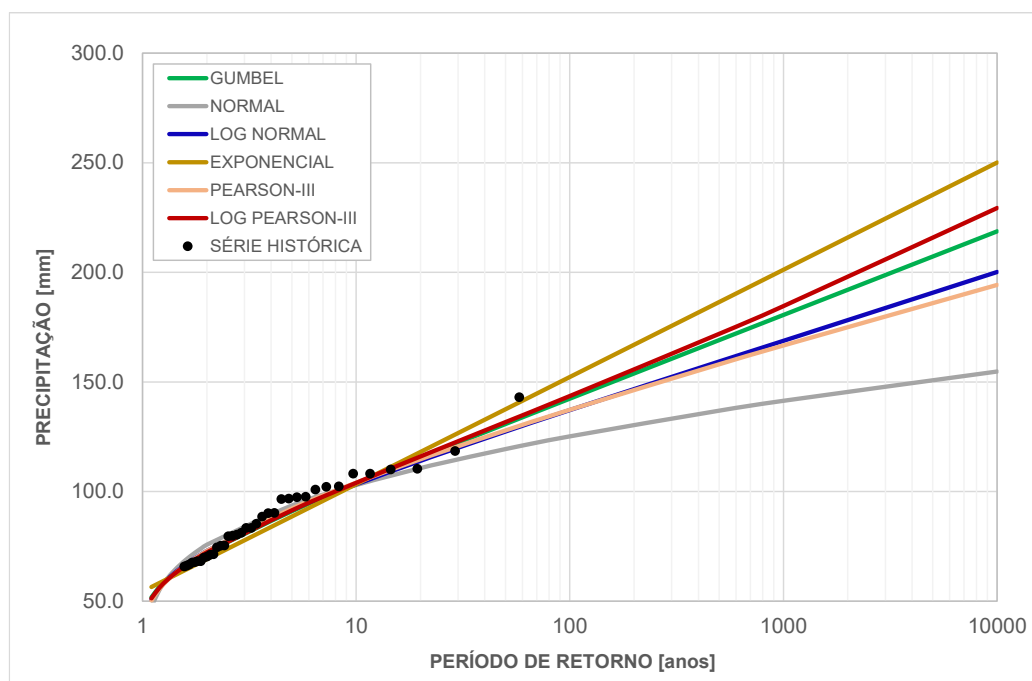




Figura 16.1 - Ajuste gráfico para precipitações máximas – 24 horas.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE RL-1850VA-X-00087</p> <p>Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>PÁGINA 48/67</p> <p>REV. 6</p>

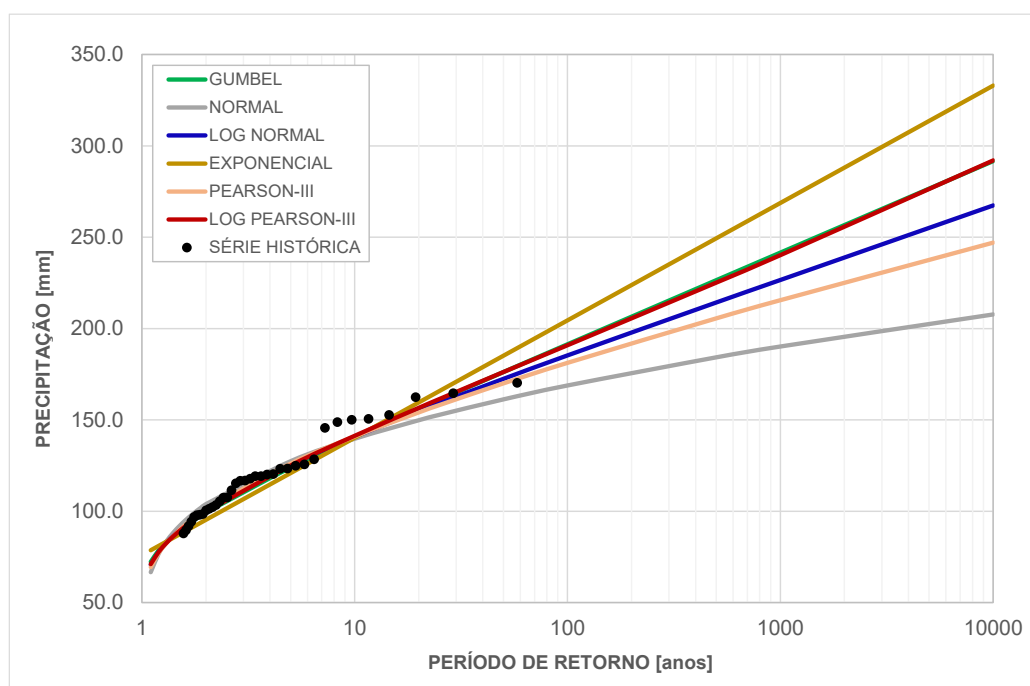


Figura 16.2 - Ajuste gráfico para precipitações máximas – 2 dias.

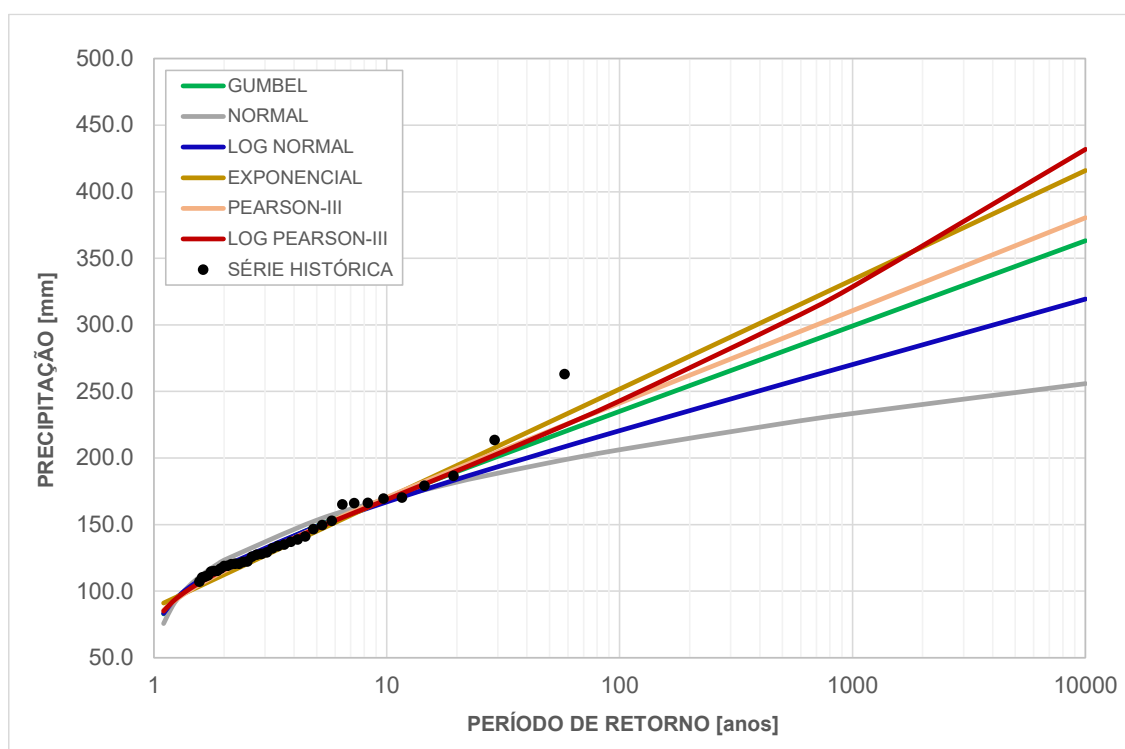




Figura 16.3 - Ajuste gráfico para precipitações máximas – 3 dias.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p>	<p>PÁGINA</p> <p>49/67</p>
			<p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>REV.</p> <p>6</p>

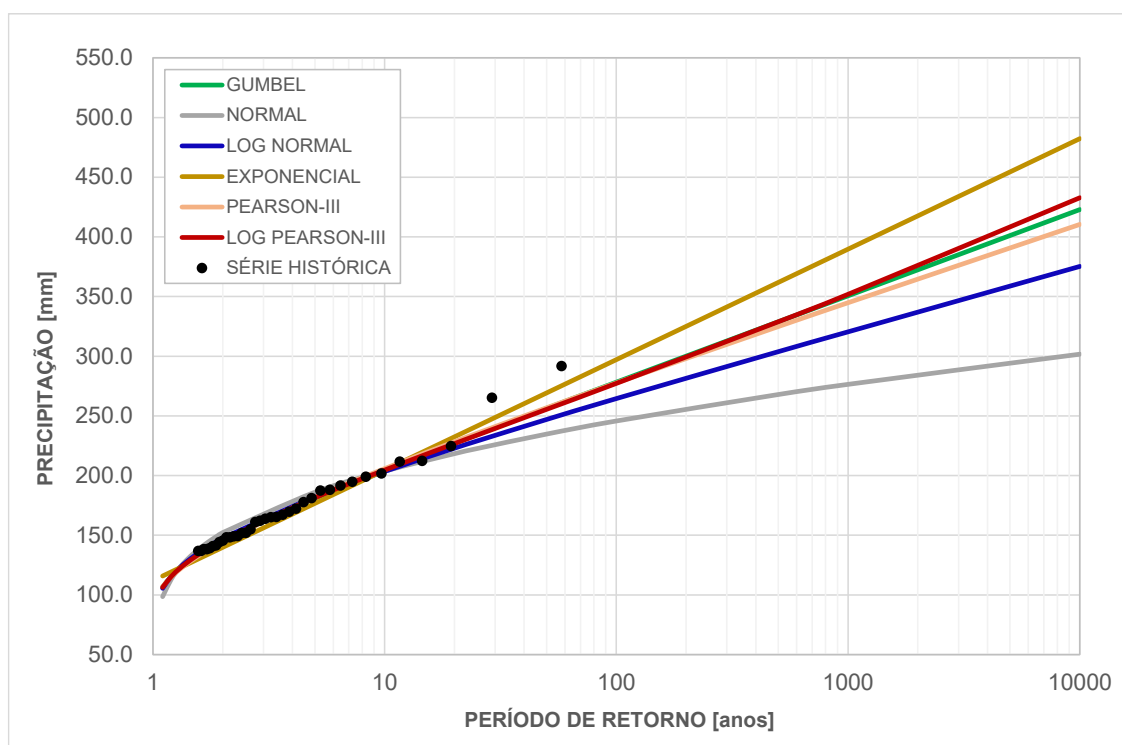


Figura 16.4 - Ajuste gráfico para precipitações máximas – 5 dias.

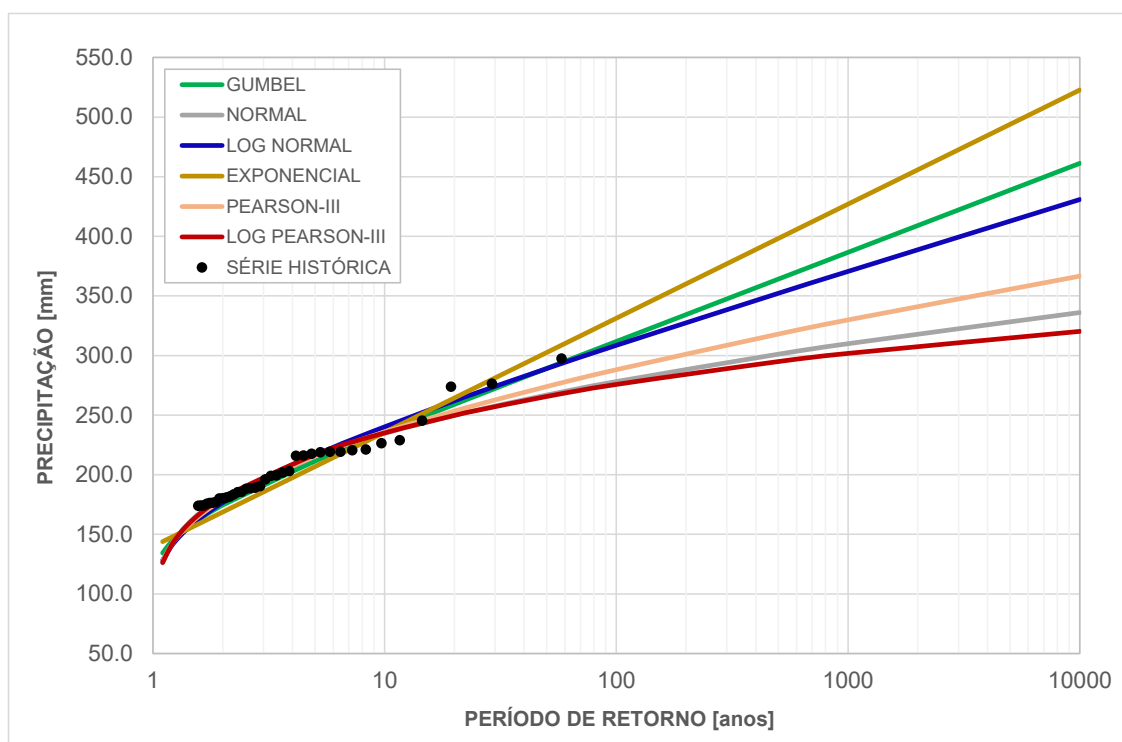




Figura 16.5 - Ajuste gráfico para precipitações máximas – 7 dias.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE RL-1850VA-X-00087</p> <p>Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>PÁGINA 50/67</p> <p>REV. 6</p>

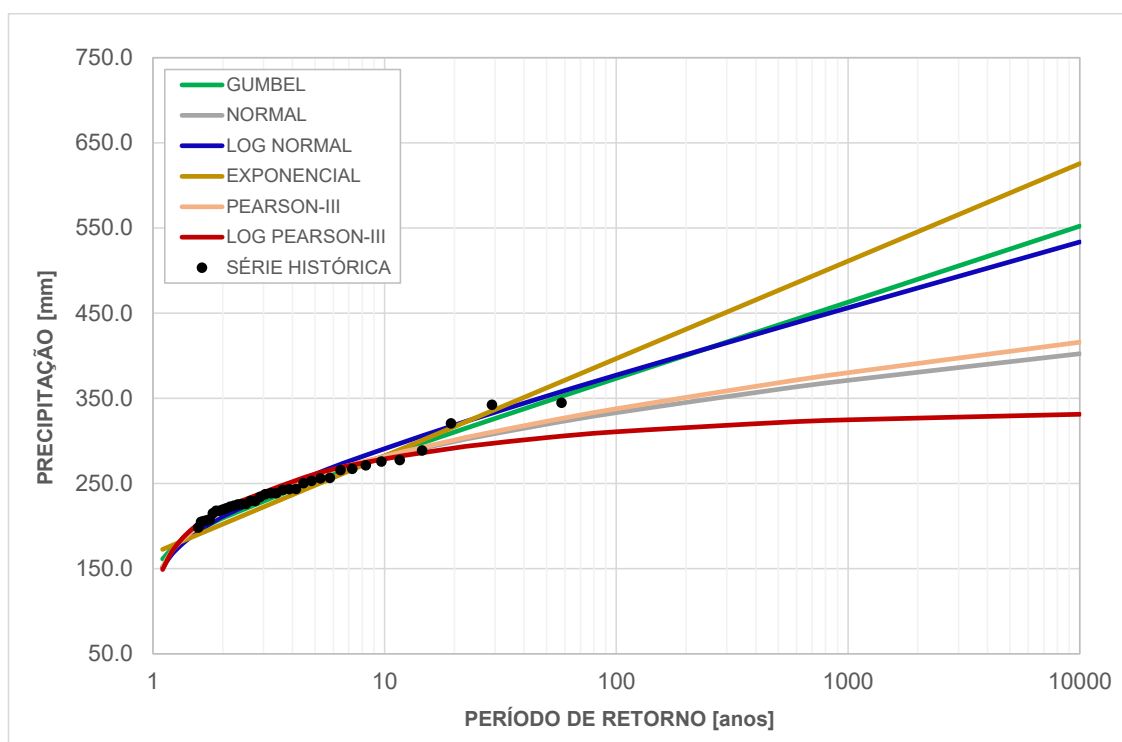


Figura 16.6 - Ajuste gráfico para precipitações máximas – 10 dias.

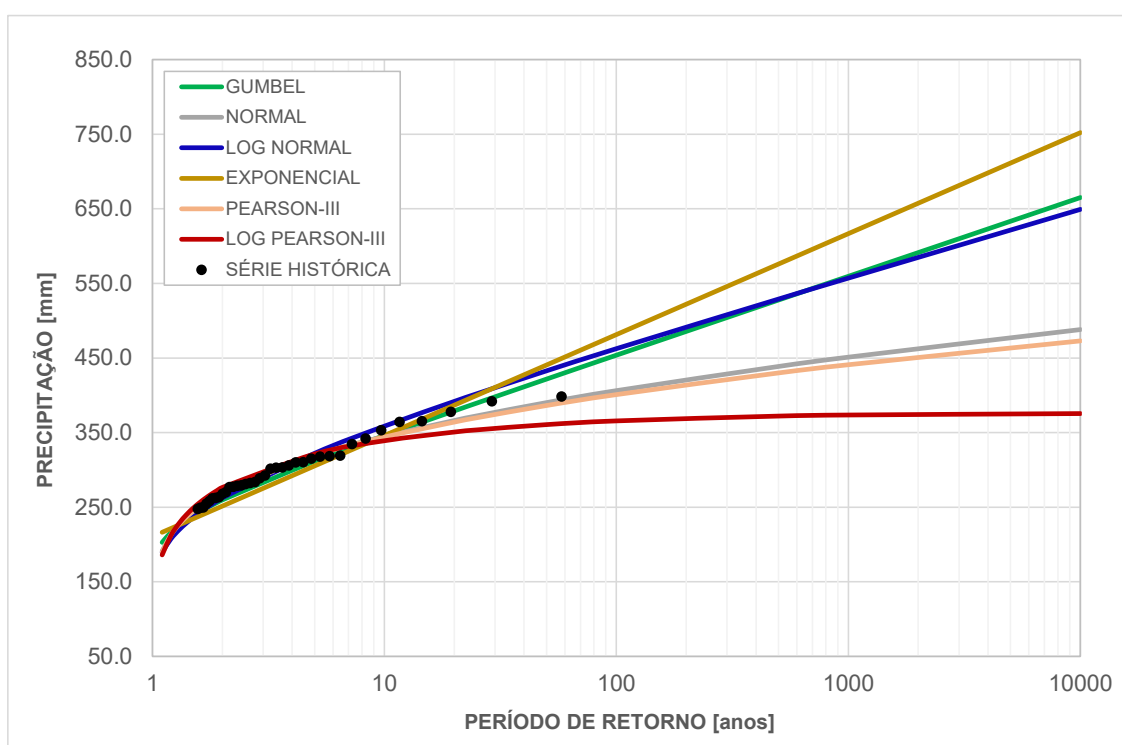



Figura 16.7 - Ajuste gráfico para precipitações máximas – 15 dias.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE RL-1850VA-X-00087</p> <p>Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>PÁGINA 51/67</p> <p>REV. 6</p>

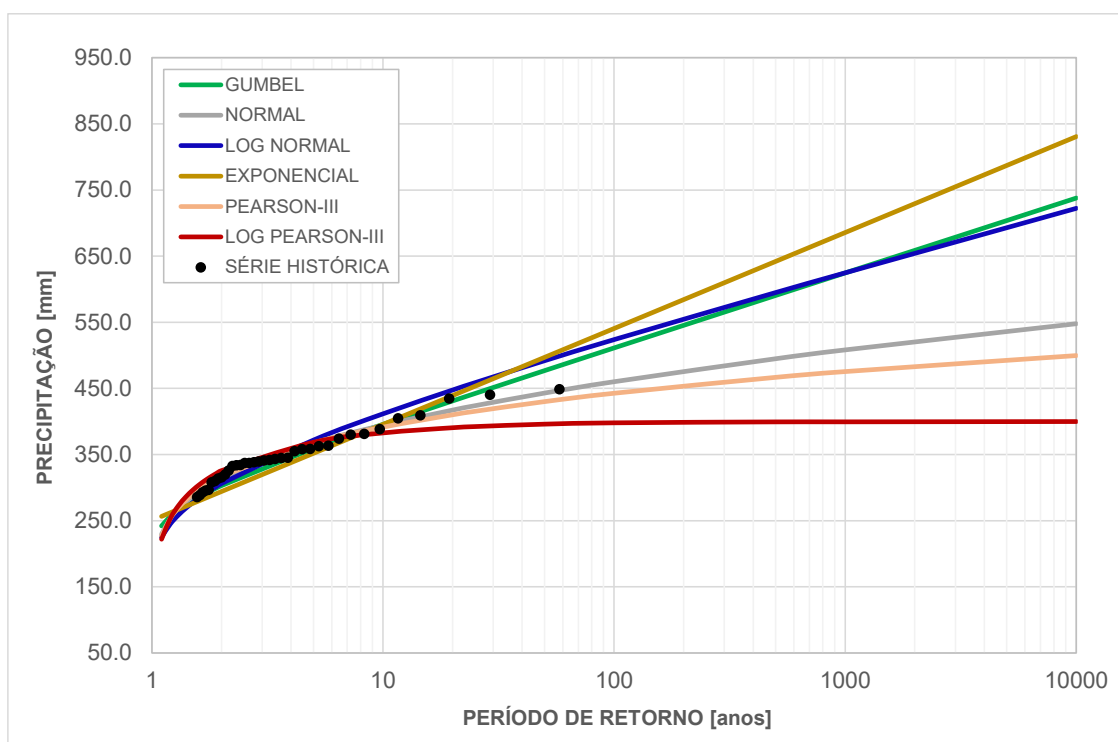


Figura 16.8 - Ajuste gráfico para precipitações máximas – 20 dias.

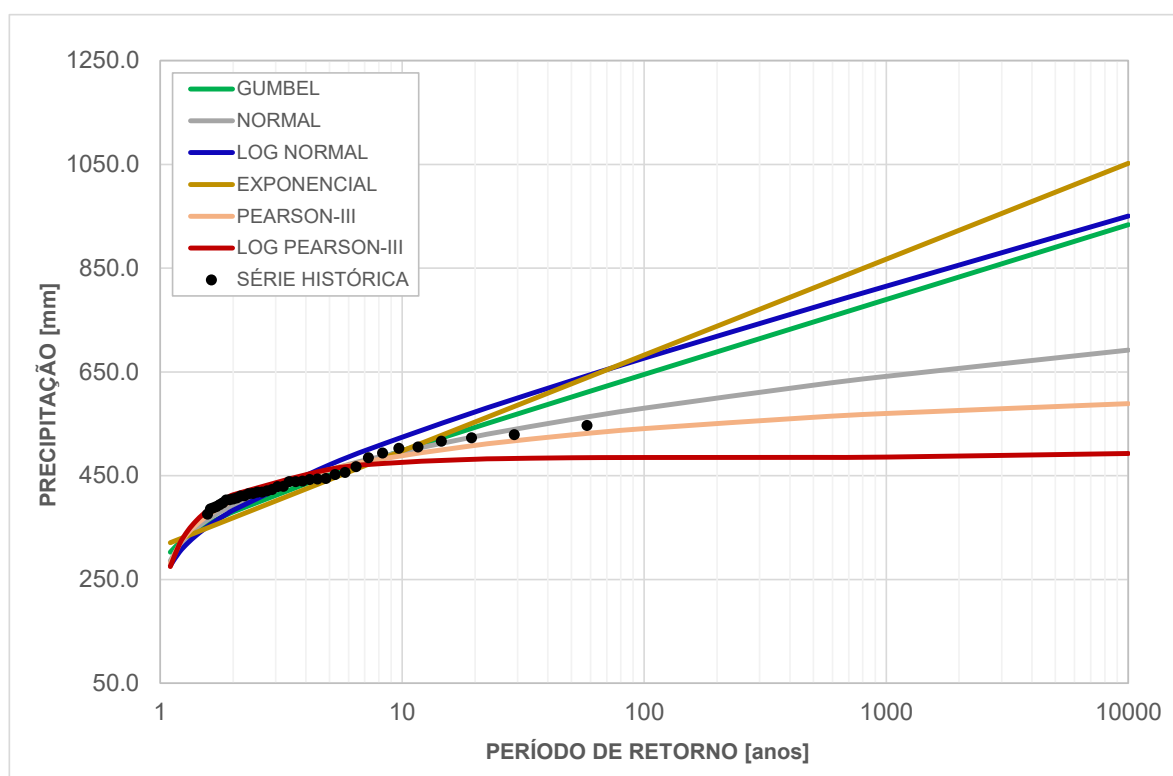


Figura 16.9 - Ajuste gráfico para precipitações máximas – 30 dias.



		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 52/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

Tabela 16.3 Resultados do teste de aderência


Distribuição	P-Value
Exponencial	0.63
Gumbel	0.89
Log-Normal II Parâmetros	0.92
Log-Normal III Parâmetros	0.91
Log-Pearson III	0.93

Os resultados deixaram em evidência que os registros pluviométricos se ajustam adequadamente à distribuição Exponencial, nesse sentido e levando em consideração as informações apresentadas nos relatórios VGA-002-D-2085-Y-RET-WET-0008 e RI-1850HH-X-30703 da GHT, adotou-se a distribuição exponencial para o desenvolvimento dos estudos hidrológicos.

A Tabela 16.4 apresenta a relação Precipitação-Duração-Frequência para a estação 2043013, resultante do estudo da atualização do estudo pluviométrico.

Tabela 16.4 Precipitação-Duração-Frequência da Estação Congonhas - 02043013.

DURAÇÃO	ALTURA PLUVIOMÉTRICA - P [mm]									
	PERÍODO DE RETORNO - T [ANOS]									
	2	5	10	20	25	50	100	500	1000	10000
6 min	7,7	9,9	11,5	13,1	13,6	15,3	15,2	16,8	20,0	24,9
10 min	13,0	16,6	19,3	21,9	22,7	25,4	26,7	29,4	34,4	42,0
15 min	17,2	22,0	25,4	28,8	29,9	33,4	35,8	39,4	45,8	55,5
20 min	20,2	25,8	29,8	33,8	35,0	39,2	42,2	46,8	53,9	65,2
30 min	24,3	31,2	36,0	40,7	42,3	47,2	51,3	56,5	65,3	78,7
1 h	31,5	40,3	46,5	52,6	54,6	60,9	66,9	73,5	84,7	101,9
2 h	41,8	53,5	62,0	70,3	73,0	81,6	90,0	99,2	115,9	141,4
3 h	47,8	61,2	71,0	80,7	83,8	93,8	103,4	114,3	134,2	164,5
4 h	52,0	66,6	77,4	88,1	91,5	102,3	113,0	125,0	147,1	180,9
6 h	58,1	74,3	86,4	98,4	102,3	114,5	126,4	140,0	165,4	204,0
8 h	62,3	79,8	92,8	105,8	110,0	123,0	136,0	150,7	178,3	220,4
10 h	65,6	84,0	97,8	111,5	115,9	129,7	143,4	159,0	188,4	233,1
12 h	68,3	87,4	101,8	116,1	120,8	135,2	149,5	165,7	196,6	243,5
18 h	74,3	95,1	110,8	126,5	131,6	147,3	162,9	180,8	214,8	266,6
1 dia	78,6	100,6	117,2	133,9	139,2	155,9	172,5	191,4	227,8	283,0
2 dias	94,0	119,7	139,2	158,7	164,9	184,4	203,8	226,0	268,5	333,2
3 dias	110,9	143,3	167,8	192,3	200,2	224,7	249,2	277,0	330,5	411,8
5 dias	138,0	175,5	203,9	232,4	241,5	269,9	298,3	330,7	392,7	487,1
7 dias	165,3	205,1	235,2	265,4	275,1	305,2	335,3	369,6	435,3	535,4
10 dias	198,4	245,2	280,6	316,0	327,4	362,7	398,1	438,4	515,7	633,2
15 dias	247,5	303,5	345,9	388,3	401,9	444,3	486,7	535,0	627,5	768,3
20 dias	288,4	347,4	392,1	436,7	451,1	495,8	540,5	591,3	688,8	837,2
30 dias	363,3	439,3	496,8	554,2	572,7	630,2	687,7	753,2	878,6	1069,5


		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 53/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 6

17.0 **ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FISIOGRÁFICA**

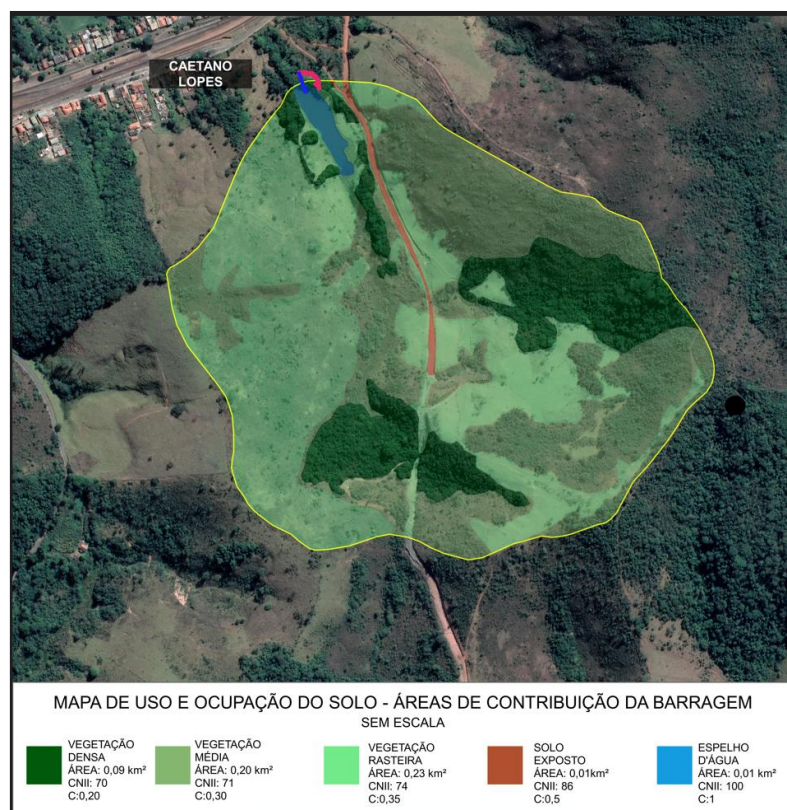
Ante a inexistência da topografia detalhada da área de contribuição da barragem, recopilou-se o levantamento ALOS Palsar AP_13113_FBD_F6770_RT1, que apresenta uma resolução de 12,5m. Foram utilizadas as imagens de satélite disponibilizadas no google Earth para definir o uso e ocupação do solo.

A partir do uso e ocupação do solo das áreas de contribuição, foi definido o coeficiente Runoff da área de contribuição, assim como o parâmetro CN para a condição de umidade antecedente II para o uso de Solo C. É importante ressaltar que essa classe de solo foi definida a partir da metodologia descrita por Sartori (2005).

A seguir, é apresentado o uso e cobertura do solo da área de contribuição atual e projetada após o processo de descaracterização.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>MEDIDAS CORRETIVAS BARRAGEM CONCEIÇÃO - S5742</p>	
<p>PROJETO BÁSICO UTILIDADES / BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO - BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p>	<p>PÁGINA</p> <p>54/67</p>
			<p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>REV.</p> <p>1</p>

a)



b)

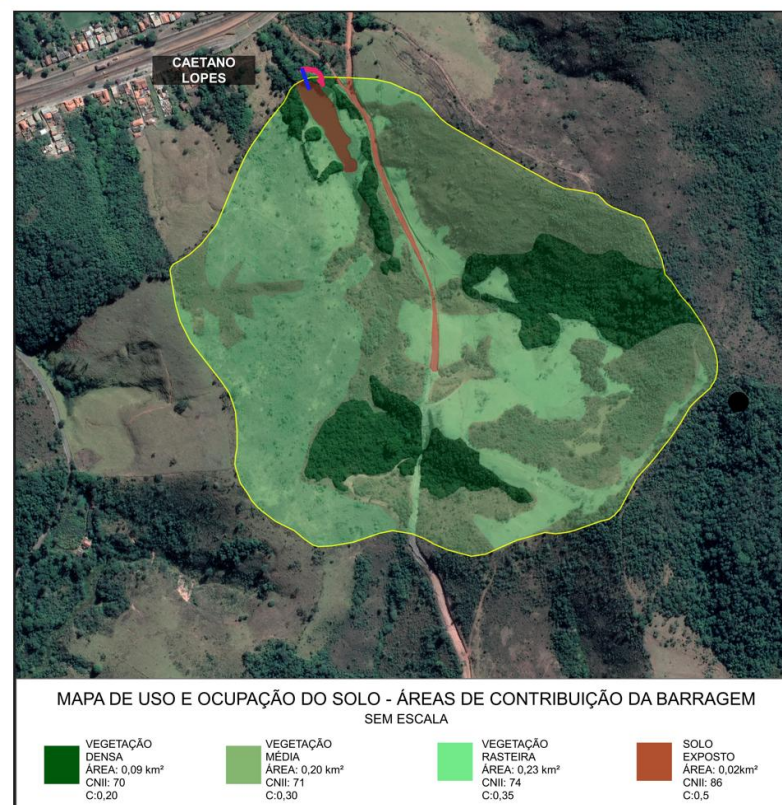




Figura 17.1 -Mapa de uso e ocupação do solo Barragem Caetano Lopez a) Condições atuais e b) Projetado após a descaracterização

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES / BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO - BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 55/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 1

17.1 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS

Uma vez identificadas as áreas de contribuição, foram estimadas as características fisiográficas da área de contribuição. Estimando assim a declividade equivalente do talvegue principal através da fórmula da média harmônica apresentada na Equação (1).

Equação (1)

$$I_e = \left(\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\frac{L_1}{\sqrt{I_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{I_2}} + \dots + \frac{L_n}{\sqrt{I_n}}} \right)^2$$

Sendo:

- I_e = declividade equivalente [m/km];
- $\sum_{i=1}^n L_i$ = somatória dos trechos de talvegue entre curvas de nível [m];
- L_n = comprimento “n” do trecho do talvegue entre curvas de nível [m];

Em seguida, foi estimado o tempo de concentração, o qual é definido como o tempo necessário para que toda a chuva que cai em uma bacia hidrográfica contribua para uma seção de interesse. Para o cálculo do tempo de concentração de cada bacia, utilizou-se a fórmula de Kirpich (1978), apresentada na Equação (2) a seguir:

Equação (2)

$$t_c = 57 \left(\frac{L^2}{I_e} \right)^{0,385}$$

Onde:

- T_c = tempo de concentração [h];
- L = comprimento do talvegue principal [km];
- I_e = declividade equivalente [m/km];

A seguir, na Tabela 17.1 é apresentado um resumo das características fisiográficas da bacia em estudo projetadas após a descaracterização.


		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES / BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO - BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 56/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 1

Tabela 17.1 - Resumo das características fisiográficas projetadas após a descaracterização.

Uso e ocupação	CN	Runoff	Área [km²]
	AMC II		
Vegetação rasteira	74	0,35	0,23
Vegetação média	71	0,30	0,20
Vegetação densa	70	0,20	0,09
Solo exposto	86	0,50	0,011
Área Total [km²]			0,54
CN Ponderado (AMC II)			72,4
C ponderado			0,31
Abstração Inicial [mm] - AMC II			19
Declividade equivalente [m/km]			25,96
Tempo de concentração [min]			18,6

18.0 VAZÕES DE PROJETO

A partir dos quantis de precipitação do item 16.0, e das áreas de drenagem projetadas após a descaracterização apresentadas no item 17.1, foram estimadas as vazões de projeto mediante a aplicação do Método Racional, que é recomendado para bacias com áreas inferiores a 2,0 km² (TUCCI, 2007). Neste método, a transformação de chuva em vazão é realizada a partir da aplicação do coeficiente de escoamento superficial (C), definido em função da cobertura vegetal da bacia de contribuição.

Para o desenho hidrológico considerou-se que os eventos chuvosos correspondentes às vazões máximas têm duração igual ao tempo de concentração (Tc), pois conforme a literatura é neste cenário que se geram as maiores vazões pico, a seguir são apresentadas as equações que descrevem o método racional.

Equação (3)

$$Q = (1/360) \cdot C \cdot I \cdot A$$

Sendo:

- Q é a vazão de projeto (m³/s);
- C é o coeficiente de escoamento superficial (adimensional);
- I é a intensidade da chuva de projeto (mm/h), para a duração *t* e tempo de retorno TR;
- A é a área da bacia de contribuição (ha);

Na estimativa das vazões de projeto foram adotados os coeficientes de escoamento superficial apresentados na Tabela 18.1 e descritos por Pinheiro (2011).



		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES / BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO - BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 57/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 1

Tabela 18.1 - Valores de coeficiente de escoamento superficial.

Tipologia de uso e ocupação do solo	Coeficiente de escoamento superficial (C)
Sem vegetação (solo exposto)	0,50
Campo natural (vegetação baixa)	0,35
Arbusto cerrado (vegetação média)	0,30
Floresta e matas densas	0,20
Reservatório (Espelho d'água)	1,00

Fonte: Adaptado de Pinheiro (2011).

Considerando que a área de contribuição apresenta várias coberturas, procedeu-se a adotar o coeficiente *Runoff* ponderado apresentado na Tabela 18.1. A seguir, na Tabela 18.2, encontra-se sintetizada a estimativa da vazão de projeto para o tempo de retorno adotado (500 anos).

Tabela 18.2 – Síntese do cálculo das vazões de projeto.

A_d	T_c	TR	I	C	Q
(km²)	(min)	(anos)	(mm/h)		(m³/s)
0,53	20*	500	140,41	0,31	6,40

*Adotado 20 minutos visto que o T_c estimado foi de 18 minutos.

19.0 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO



O canal trapezoidal com declividade longitudinal de 1% em enrocamento argamassado, inclinação lateral de 1,5H:1V e soleira vertente na cota 855,5m, apresentado na Figura 19.1, foi dimensionado mediante a equação de Manning apresentada na Equação (4) a seguir:

Equação (4)

$$Q = A * (1/n) * R^{\frac{2}{3}} * I^{0,5}$$

Sendo:

- Q é a vazão transportada (m³/s);
- n é o coeficiente de Manning (0,03 para enrocamento argamassado);
- R é o raio hidráulico;
- I é a declividade do canal (m/m);

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO BÁSICO UTILIDADES / BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO - BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p>	<p>PÁGINA</p> <p>58/67</p>
			<p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>REV.</p> <p>1</p>

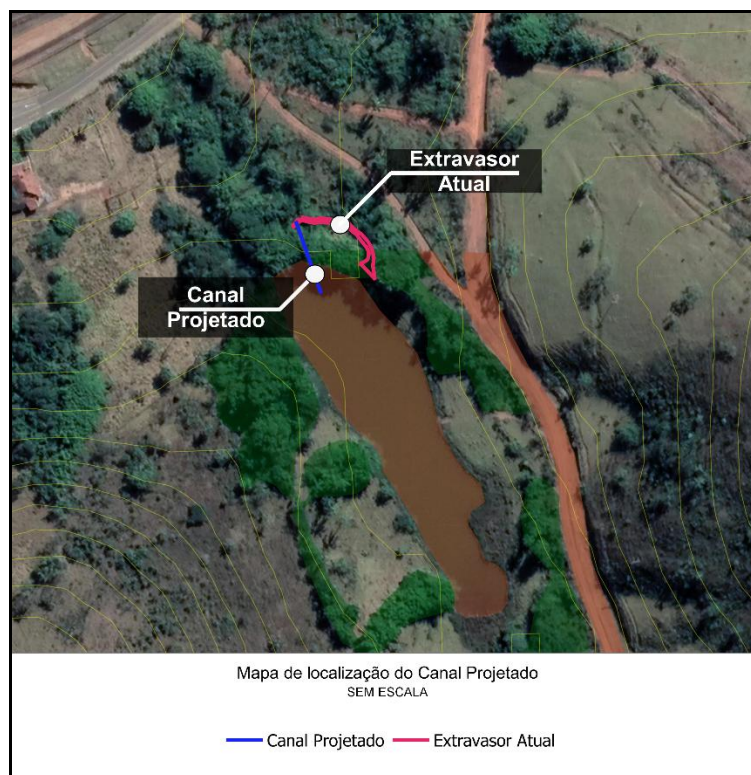


Figura 19.1 - Localização do Canal Projetado.



A espessura do enrocamento argamassado foi estimada mediante o Software SisCCOH, na sua versão 1.0. A seguir na Tabela 19.1 e Tabela 19.2 são apresentados os resultados do dimensionamento hidráulico do canal.

Tabela 19.1 – Sínteses do dimensionamento hidráulico do Canal.

Dispositivo	Material	Q (m³/s)	B (m)	n	H:V	I (%)	Y (m)	V (m/s)	BL (%)	H (m)
Canal-Extrav	Pedra Argamassada	6,4	2	0,035	1,5	1,0	0,86	2,25	28	1,3

Sendo:

- Q é a vazão de projeto;
- B é a largura da base;
- H é a profundidade do canal;
- n é o coeficiente de Manning;
- I é a declividade longitudinal;
- Y é a profundidade do escoamento;

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES / BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO - BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 59/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 1

- V é a velocidade do escoamento;
- BL é a borda livre.

Tabela 19.2– Síntese do cálculo da espessura do enrocamento.

Tamanho da pedra (m)	Diâmetro médio (cm)	Porcentagem de graduação menor que (%)	Espessura da camada (m)
1.5 D ₅₀	0,23	100	0,31
1.2 D ₅₀	0,18	85	
1.0 D ₅₀	0,15	50	
0.6 D ₅₀	0,10	15	

As análises desenvolvidas deixaram em evidência que ao considerar pedra argamassada como material de revestimento as velocidades apresentadas são próximas a 2,0 m/s, por tanto não é esperado processos erosivos, dessa forma, recomenda-se a implantação do canal com pedra argamassada.

19.1 LAGO PROJETADO



Conforme supracitado, o antigo reservatório da Barragem Caetano Lopes dará lugar a um lago projetado, a curva cota-área-volume deste lago é apresentado na Figura 19.2. Deste modo, é necessário estimar a produção de sedimentos produzida à montante, do qual parâmetros deste lago serão obtidos a fim de se obter uma aproximação do período de manutenção/limpeza da estrutura.

A Tabela 19.3 apresenta uma síntese dos cálculos realizados no âmbito do lago projetado da antiga barragem Caetano Lopes.

Tabela 19.3 – Sínteses da verificação hidráulica do Canal Complementar.

	Vegetação rasteira	Vegetação média	Vegetação densa	Solo exposto	Total
Área (ha)	23	20	9	1,1	53,1
Prod. de Sedimentos (m³/ha/ano)	30	30	30	300	-
Aporte de Sedimentos (m³/ano)	690	600	270	330	1890

Estimativa do Volume do Reservatório do Sump Caetano Lopes						
Áreas de Drenagem Total (ha)	Aporte de Sedimentos (m³/ano)	Cota da Soleira do Vertedouro (m)	Volume do Reservatório (m³)	Cota do Máxima dos sedimentos (m)	Espelho d'Água (m²)	Período de Manutenção (ano)
53,10	1.890	855,50	6.174,86	855,50	4.583	3,27

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES / BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO - BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087 Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	PÁGINA 60/67 REV. 1

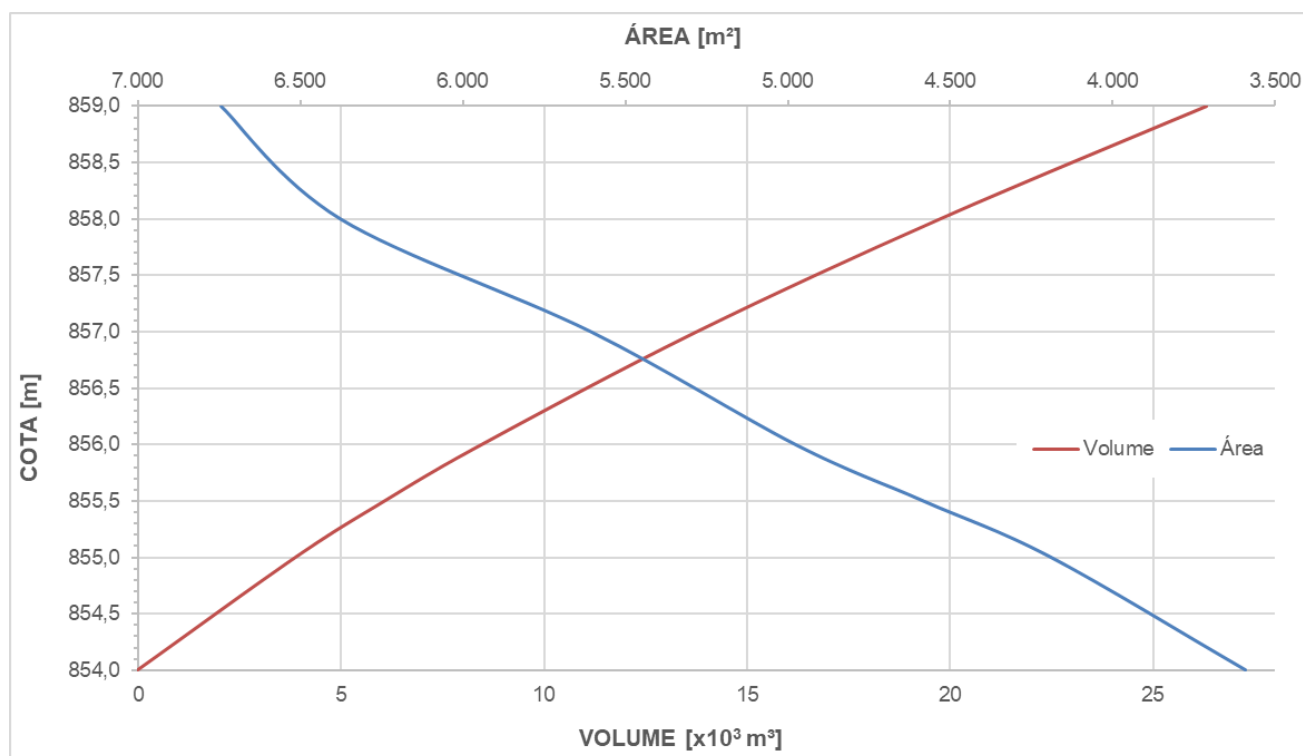




Figura 19.2 – Curva cota-área-volume do sump da antiga barragem de Caetano Lopes

20.0 AVALIAÇÃO HIDROLÓGICA DO SISTEMA PROJETADO

Foram avaliadas as precipitações com tempo de retorno de 500 anos associadas a diversas durações, com o propósito de verificar o N.A. máximum, visto que de forma temporária irá se manter parte do barramento, portanto, será necessário proteger o maciço remanescente. A verificação foi realizada no software Hec-HMS 4.9, considerando as características fisiográficas apresentadas no item 17.1.

A curva cota volume apresentada na (Figura 20.1) foi empregada na verificação, ressaltando que, foi construída a partir do levantamento topo batimétrico “04-ARQ_FAZ_CAETANO_LOPES_CN_ABRIL_2022”.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES / BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO - BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 61/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 1

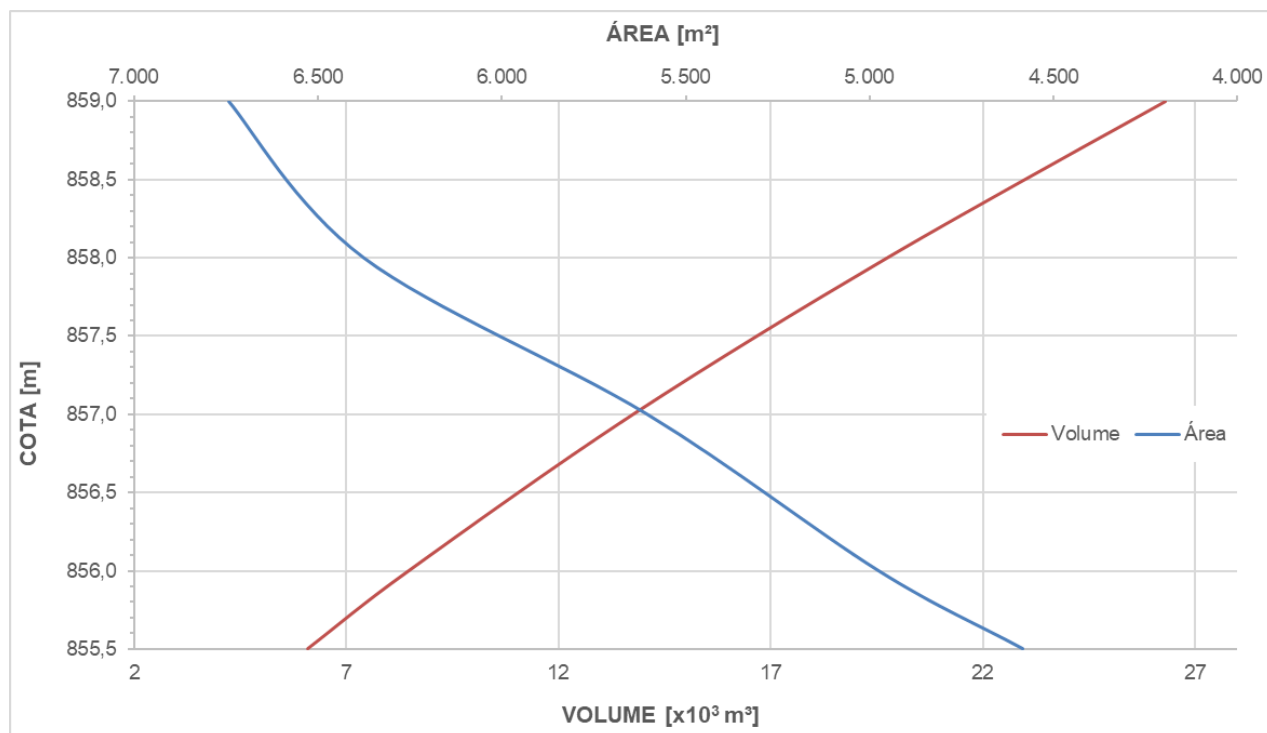




Figura 20.1 -Curva Cota área Volume do reservatório a partir da soleira do extravasor.

- **Tabela 20.1 – Curva Cota – Área Volume.**

EL. (m)	Área (m²)	Volume Acumulado (.10³ m³)
855,50	4582,86	6,1
856,00	4976,05	8,5
857,00	5605,16	13,8
858,00	6376,11	19,7
859,00	6743,49	26,3

De outra parte, a Curva Cota descarga apresentada na Figura 20.2 foi estimada considerando a implantação do canal projetado no item 19.0

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>ENGENHARIA DE REGISTRO EoR BARRAGEM CAETANO LOPES S9048-F4</p>	
<p>PROJETO BÁSICO UTILIDADES / BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO - BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE RL-1850VA-X-00087</p> <p>Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>PÁGINA 62/67</p> <p>REV. 1</p>

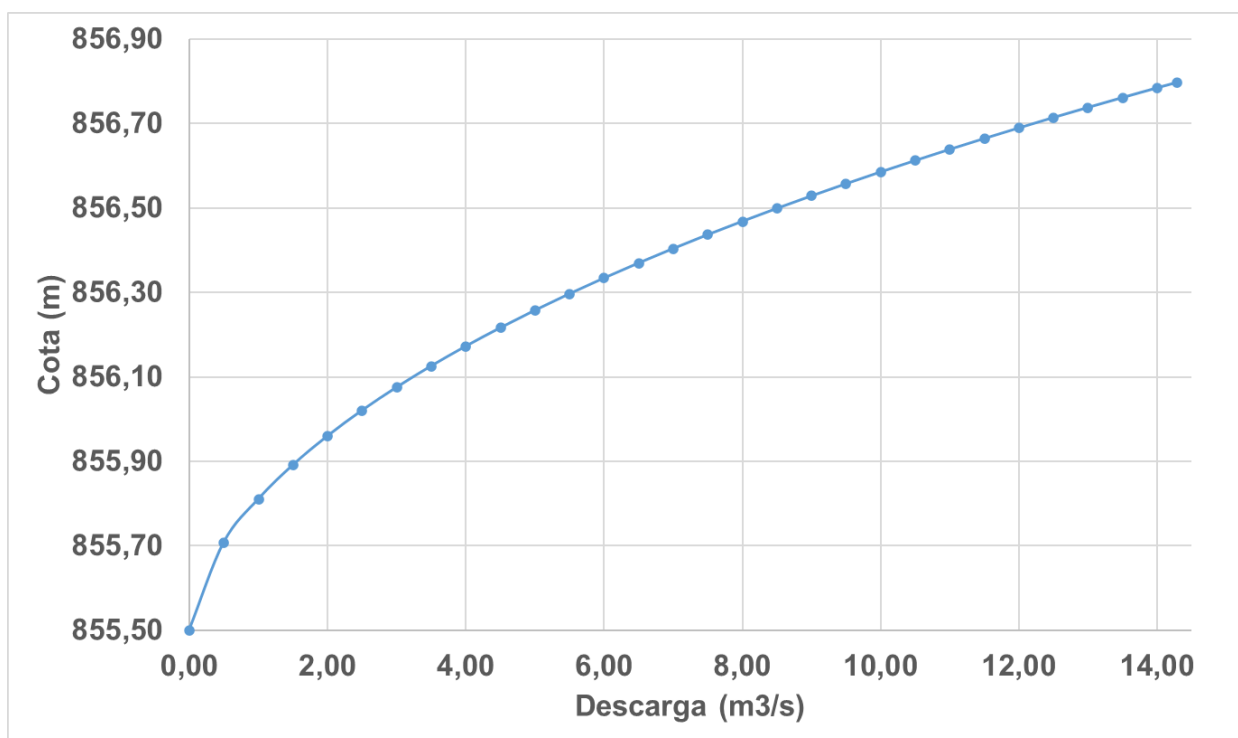




Figura 20.2 - Curva Descarga.

Tabela 20.2 – Curva Descarga Tabular.

Cota	Vazão
(m)	(m³/s)
855,500	0,00
855,708	0,50
855,810	1,00
855,891	1,50
855,960	2,00
856,020	2,50
856,075	3,00
856,125	3,50
856,172	4,00
856,216	4,50
856,257	5,00
856,296	5,50
856,334	6,00
856,369	6,50
856,403	7,00

Cota	Vazão
(m)	(m³/s)
856,436	7,50
856,468	8,00
856,499	8,50
856,528	9,00
856,557	9,50
856,585	10,00
856,612	10,50
856,638	11,00
856,664	11,50
856,689	12,00
856,714	12,50
856,738	13,00
856,761	13,50
856,784	14,00
856,797	14,29

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	MEDIDAS CORRETIVAS BARRAGEM CONCEIÇÃO - S5742	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES / BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO - BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087 Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	PÁGINA 63/67 REV. 1

Os resultados permitiram identificar uma duração crítica de 2 horas, para a qual, o nível máximo máximo seria de 856,43 m, conforme apresentado na Figura 20.3, desta forma, percebe-se que o canal projetado evita o acúmulo d'água nas áreas adjacentes ao barramento remanescente.

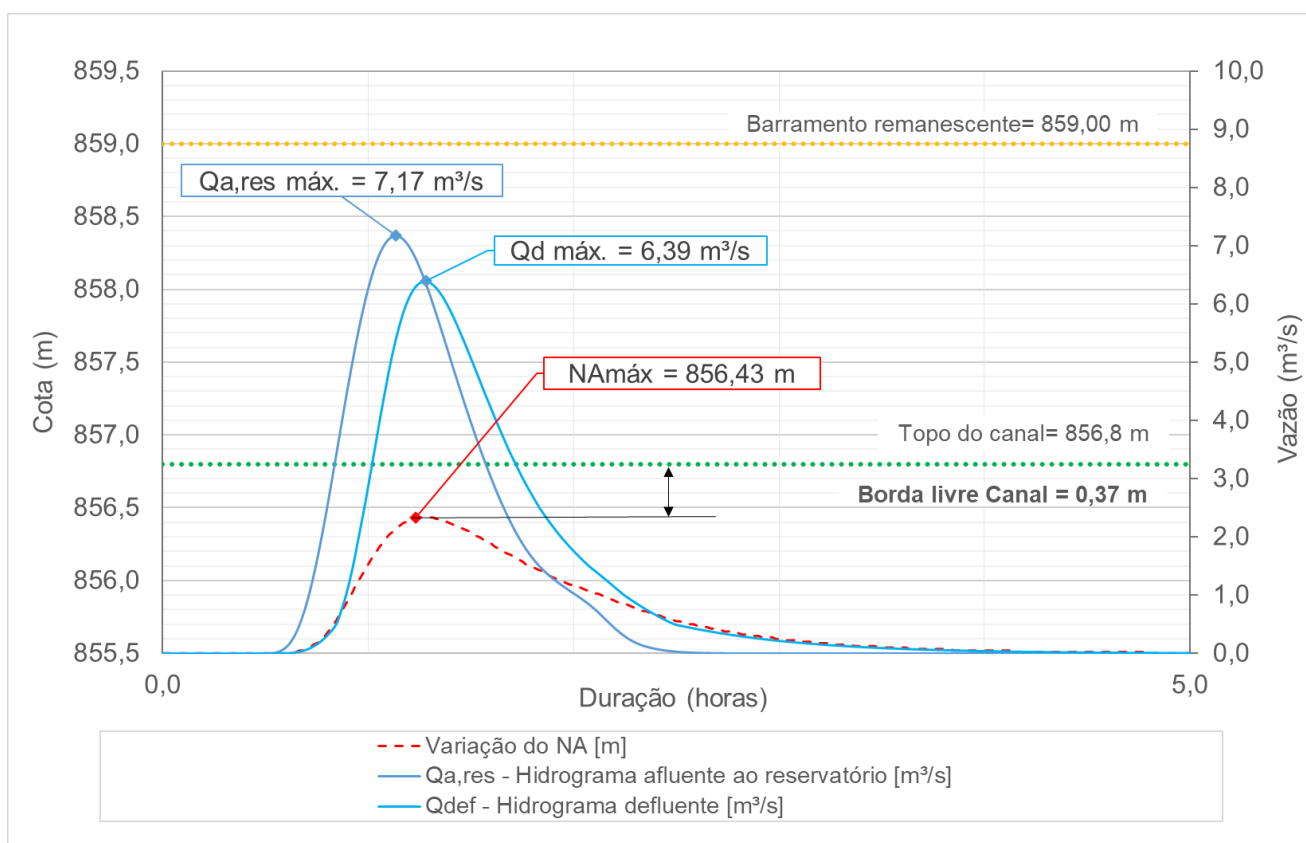


Figura 20.3 - Resultados da avaliação hidráulica – TR 500 anos

21.0 DIMENSIONAMENTO DA BACIA DE DISSIPAÇÃO

Com o propósito de evitar processos erosivos a jusante do canal projetado, optou-se pelo dimensionamento de uma bacia de dissipação revestida em enrocamento argamassado. O cálculo da bacia foi realizado no programa SisCooH 1,0, mediante o módulo de bacias de dissipação por enrocamento. No dimensionamento foi considerando a vazão máxima resultante da avaliação hidrológica apresentada no item 15 (6,4 m³/s). A seguir na Tabela 21.1 são apresentadas as dimensões da bacia projetada.



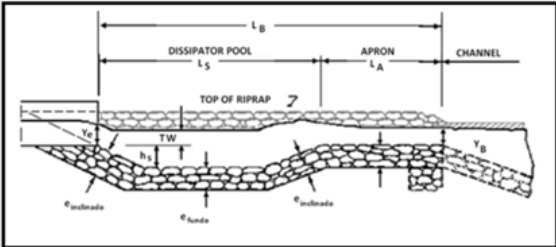
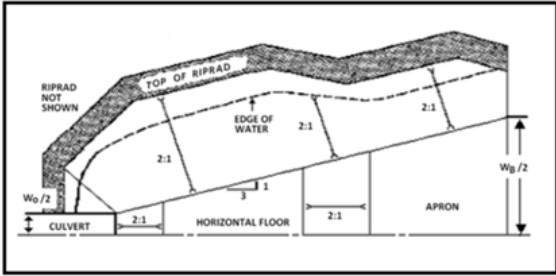
		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	MEDIDAS CORRETIVAS BARRAGEM CONCEIÇÃO - S5742	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES / BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO - BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 64/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 1

Tabela 21.1 – Síntese do dimensionamento da bacia de dissipação.

Parâmetro	Valor	Bacia em enrocamento argamassado
Largura a Montante - W (m)	2	
Profundidade a Montante - y (m)	0,93	
Diâmetro Médio do Enrocamento - D (m)	0,10	
Nível de Água a Jusante - TW (m)	0,1	
Velocidade a Montante - V (m/s)	2,01	
RESULTADOS		
Dmin (m)	0,063	
D50 (m)	0,10	
Dmax (m)	0,15	
LB (m)	8	
LA (m)	2	
WB	7,33	
Espessura do Fundo Inclinado Adotada (m)	0,30	
Espessura do Fundo Horizontal Adotada (m)	0,23	

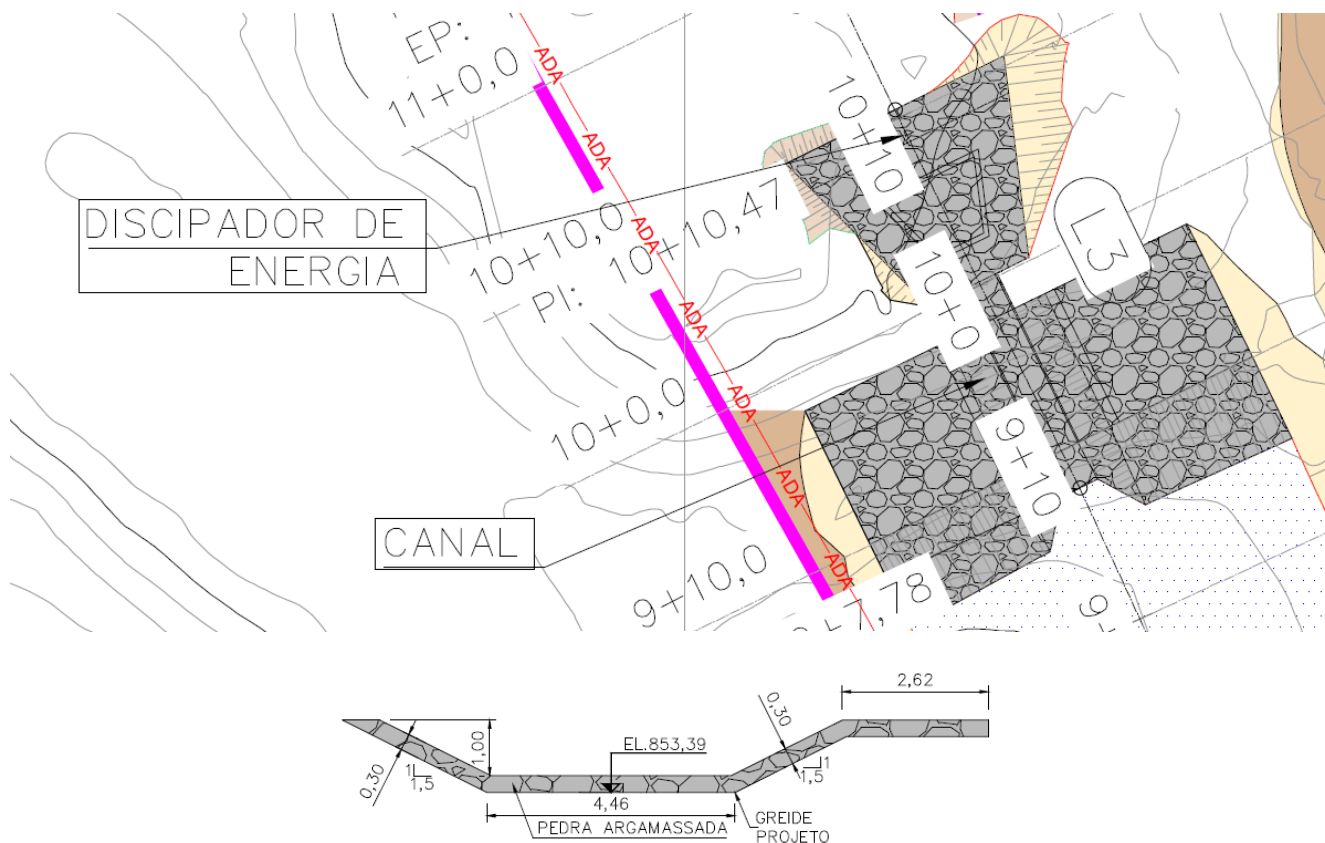




Figura 21.1 – Bacia de Dissipação.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>MEDIDAS CORRETIVAS BARRAGEM CONCEIÇÃO - S5742</p>	
<p>PROJETO BÁSICO UTILIDADES / BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO - BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p>	<p>PÁGINA</p> <p>65/67</p>
			<p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>REV.</p> <p>1</p>



22.0 AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DAS ESTRUTURAS A JUSANTE DO CANAL

Conforme apresentado no **Projeto Conceitual Barragem Caetano Lopes - RL-1850VA-X-00061_REV_B**, a jusante do extravasor e sotoposta à rodovia, encontram-se instalados dois bueiros de 1,0 m diâmetro (Ver Figura 22.1).

	
<p>Foto 1 – Canal escavado, localizado na ombreira direita. Canal sem seção definida, com presença de alguns blocos lançados.</p>	<p>Foto 2 – Trecho inicial do canal escavado da ombreira direita.</p>
	
<p>Foto 3 - Sedimentos e vegetação nos emboques das manilhas localizadas a jusante do canal escavado.</p>	<p>Foto 4 – Interior da manilha (esquerda - 100 cm) sotoposta à rodovia a jusante da barragem.</p>
	
<p>Foto 5 – Deságue das manilhas sotopostas à rodovia. Trecho em descida d'água.</p>	<p>Foto 6 – Escada de descida d'água (H=230 x L=330 cm) localizada no sistema de deságue do extravasor.</p>

Figura 22.1 – Detalhes do sistema extravasor da barragem Caetano Lopez.

Fonte: Relatório RL-1850VA-X-00061_REV_0

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITO</p>	<p>MEDIDAS CORRETIVAS BARRAGEM CONCEIÇÃO - S5742</p>	
<p>PROJETO BÁSICO UTILIDADES / BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO - BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1850VA-X-00087</p>	<p>PÁGINA</p> <p>66/67</p>
			<p>Nº (CONTRATADA)</p> <p>VAL-001-1822-RT-001</p>	<p>REV.</p> <p>1</p>

De acordo com o levantamento topográfico disponibilizado pela Vale, os Bueiros de concreto apresentam uma altura do aterro em relação ao emboque de 1,25 m, um comprimento de aproximadamente 40,0 m e a declividade é de 0,0019 m/m.

Uma vez conhecidas as características físicas dos Bueiros, foi verificado se estes dispõem da capacidade hidráulica suficiente para transportar e despejar a vazão máxima defluente apresentada na Figura 20.3, ressaltando que se incorporou o escoamento superficial que se produziria na área de jusante do Barramento com uma precipitação com tempo de retorno de 500 anos e duração crítica de 20 minutos (Figura 22.2 e Tabela 22.1).





Figura 22.2 - Localização dos Bueiros avaliados

Tabela 22.1— Vazões associadas ao tempo de retorno de 500 anos.

ÁREA	VAZÃO (m³/s)
Vazão máxima defluente do canal	4,02
Vazão máxima da área de jusante do Barramento	0,20
Total	4,22

A avaliação dos dispositivos foi realizada mediante o módulo Bueiros do software SisCOOH 1.0, os resultados deixaram em evidência que este não dispõe da capacidade suficiente para despejar as vazões associadas a um tempo de retorno de 500 anos e duração crítica de 8 horas. No entanto, contam com a capacidade suficiente para transportar e despejar um escoamento máximo de 3,6 m³/s, funcionando como orifício. Sendo capaz de absorver cheias associadas a pouco mais de 100 anos de tempo de retorno, onde a vazão afluente ao bueiro é 3,43 m³/s.

Por outro lado, se identificou que para despejar uma vazão de 4,22 m³/s é necessária uma altura do emboque ao aterro de 1,55 m, assim, o Bueiro teria a capacidade de despejar a vazão funcionando como orifício. Toda via, a área a montante entre a manilha e o canal tem potencial de comportar volume até o descarregamento total de precipitação crítica com TR de 500 anos.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	MEDIDAS CORRETIVAS BARRAGEM CONCEIÇÃO - S5742	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES / BARRAGENS PLANO COMPLEMENTAR PARA ETAPA INTERMEDIÁRIA DE DESCARACTERIZAÇÃO - BARRAGEM CAETANO LOPES RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850VA-X-00087	PÁGINA 67/67
			Nº (CONTRATADA) VAL-001-1822-RT-001	REV. 1

Importante ressaltar que o sistema mesmo na condição atual (com o barramento) não suporta as vazões para TR 500 anos.

23.0 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O documento apresentou as características técnicas, condicionantes, premissas, cálculos e análises desenvolvidas na elaboração do Projeto de descaracterização da Barragem Caetano Lopes, de propriedade da VALE. Os critérios aqui apresentados correspondem às normativas vigentes tanto no Brasil quanto no exterior. De acordo com o registrado neste relatório, pode-se concluir que:

- A solução do Plano de Descaracterização apresentou a alternativa de implantação de canal e lago projetado, com o propósito de eliminar a sua capacidade de barramento de água e garantir um trânsito seguro da contribuição que há dentro do reservatório para jusante.
- O rebaixamento controlado através de bombeamento do reservatório não apresenta riscos à estabilidade do maciço, elevando seu fator de segurança (FS) a partir da estabilização da linha freática dentro do maciço.
- O canal foi projetado considerando uma geometria trapezoidal, de 2 metros de base, H:V de 1:1,5 e 1,30 m de altura, declividade longitudinal de 1% e um tempo de retorno de 500 anos. Com o propósito de evitar processos erosivos na saída do canal, projetou-se uma bacia de dissipação.
- O lago foi projetado considerando a retirada de todo material sedimentar presente no antigo reservatório, mantendo acessos para limpezas periódicas e mantendo lâmina de água constante de 1,5m de altura que extravasam pelo canal projetado.
- Durante o período de obra, deve-se considerar um cenário onde estejam ocorrendo chuvas frequentes e decorrente disto, assumir que há a possibilidade de se utilizar do bombeamento constante.
- Como exposto no presente documento, o lago projetado formado a montante do canal projetado tem um período de manutenção estimado em cerca de 3 anos. Esta estimativa foi obtida através de metodologias empíricas e, portanto, podem variar por uma série de fatores, como exemplo, modificações na bacia de contribuição e formas de uso da estrutura.



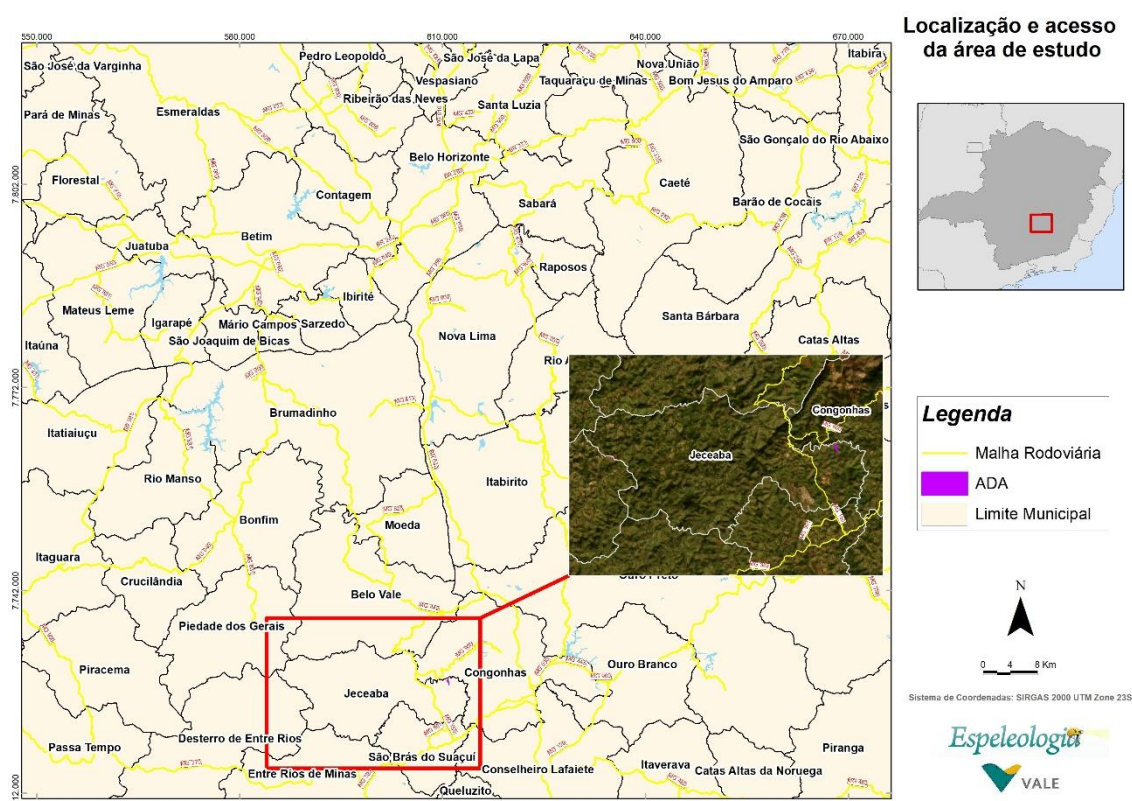
ANEXO 3.

ESPELEOLOGIA



Espeleologia: Descaracterização da Barragem de Caetano Lopes

Capítulo para EIA



Belo Horizonte, setembro de 2025

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO	
Razão social	VALE S.A.
CNPJ	33.592.510/0037-65
Inscrição Estadual	ISENTO
Endereço	Alameda Oscar Niemeyer, nº 132, Edifício Concórdia Corporate – Vale do Sereno, Nova Lima – MG CEP: 34006-049
Telefone	(31) 99580-5751
Contato	Ramon Araújo
E-mail	ramon.araujo@vale.com

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL		
Profissional	Função	Registro no conselho
Bruno Aguiar	Meio Físico	CREA-MG 254300MG/LD
Mariane Ribeiro	Meio Biótico	CRBIO-MG 098315 / 4ª região

Capítulo para EIA

Apresentação

Em Minas Gerais a Deliberação Normativa COPAM No. 217/2017 estabelece os critérios locacionais para o enquadramento de empreendimentos passíveis de licenciamento ambiental. Um dos critérios se refere à localização do empreendimento com relação à potencialidade de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas: *“Localização prevista em área de alto ou muito alto grau de potencialidade de ocorrência de cavidades, conforme dados oficiais do CECAV-ICMBio.”* Para os empreendimentos inseridos em área de grau de potencialidade “Médio”, “Baixo”, e com “Ocorrência Improvável” deverão seguir os procedimentos previstos na Instrução de Serviço da SEMAD No. 08/2017 – Revisão 1.

O projeto de descaracterização da barragem Caetano Lopes, localizado no município de Jeceaba, próximo à comunidade de Caetano Lopes, justifica-se em função da falta de informações técnicas sobre a construção da estrutura, fatores de segurança satisfatórios e segurança hidrológica-hidráulica apropriada da estrutura. Conclui-se que ela não apresenta condições de segurança adequada, além de possuir irregularidades/erosões no canal escavado localizado na ombreira direita (sistema extravasor), surgências no pé do talude de jusante, erosões e elevada vegetação nos taludes (bambuzal em ambos os taludes).

Dessa forma, foi executado o projeto de descaracterização, que contempla a retirada da condição de barramento, execução de um *sump* e um canal para o direcionamento do fluxo de água, além da recuperação da área. Para isso, foi necessário a supressão vegetal para viabilizar a execução das obras.

A ADA está integralmente englobada por propriedade Vale, a área de intervenção total é de aproximadamente 6,81 hectares; está previsto de ser encaminhado para a Barragem 7, estrutura pertencente à Mina de Viga, os sedimentos retirados da barragem Caetano Lopes. A região de Jeceaba, localizada no estado de Minas Gerais, Brasil, é caracterizada geologicamente pela presença de rochas do Complexo do Paraopeba. Essas rochas são predominantemente

gnaisse, granitóides e migmatitos. Além disso, se destaca a presença de granitóides biotíticos, sienito e granodiorito na região, que apresentam baixa porosidade e alta resistência.

O presente documento tem como objetivo informar a presença ou não de feições espeleológicas na vizinhança da Barragem Caetano Lopes, pertencente à VALE, sendo uma estrutura de reservação de água, anteriormente, para fins agrícolas e de lazer herdada na compra da Mina de Viga do antigo proprietário Ferrous Resources do Brasil.

A área de intervenção com as obras emergenciais (figuras 1 e 2) está localizada no município de Jeceaba – MG, nas coordenadas UTM 610.725,0 m E e 7.728.640,0 m N, do fuso 23 S, no Datum Sirgas 2000. O acesso à Barragem Caetano Lopes é feito percorrendo aproximadamente 84 km de trajeto a partir da saída de Belo Horizonte. Para isso, percorre-se cerca de 62 km pela rodovia BR-356, sentido Rio de Janeiro, e, aproximadamente, 15 km pela rodovia BR-040 no mesmo sentido. Nessa altura da rodovia deve-se virar à direita para a R. Profeta Isaías e contornar o município de Congonhas em direção a Av. Noeme Ferreira Lobo. Deve-se permanecer nessa Avenida por cerca de 6km e continuar para a R. Padre Pedro Machado, chegando ao acesso para a Barragem Caetano Lopes.

A escala regional de análise é representada pela Unidade Espeleológica Quadrilátero Ferrífero, onde mais de 2.000 cavidades são registradas.

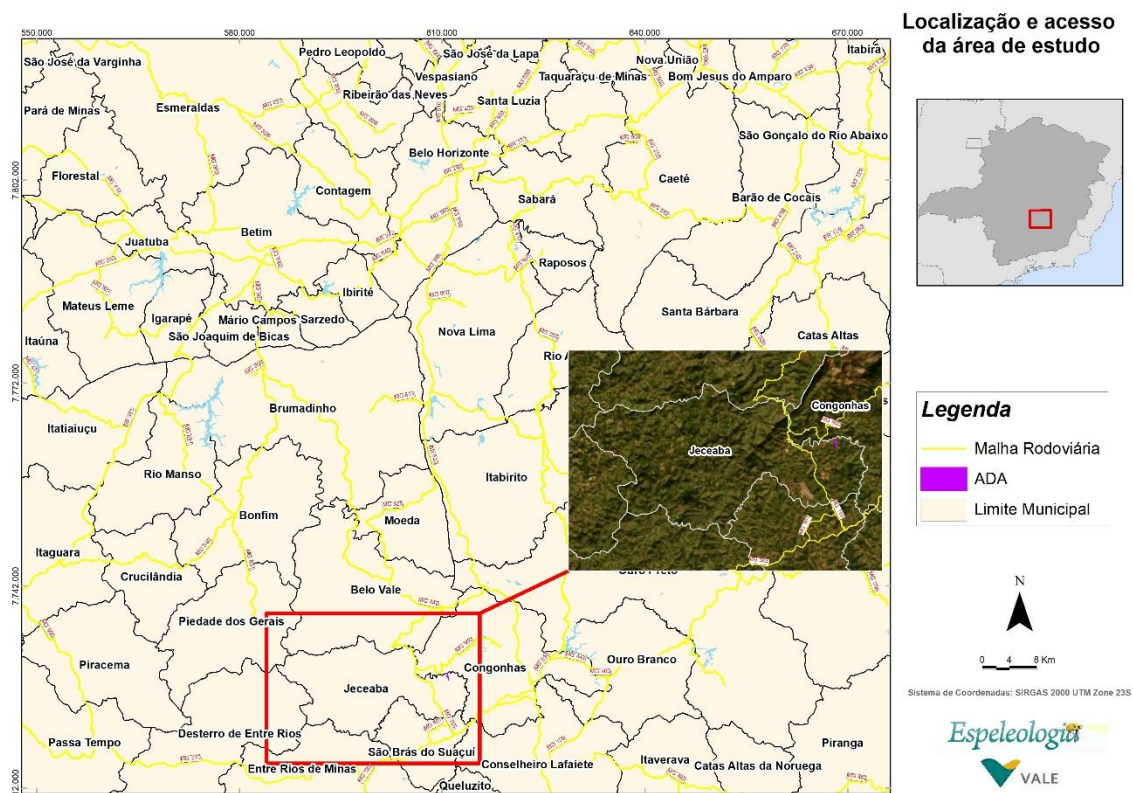


Figura 1: Localização e acesso da Barragem Caetano Lopes.

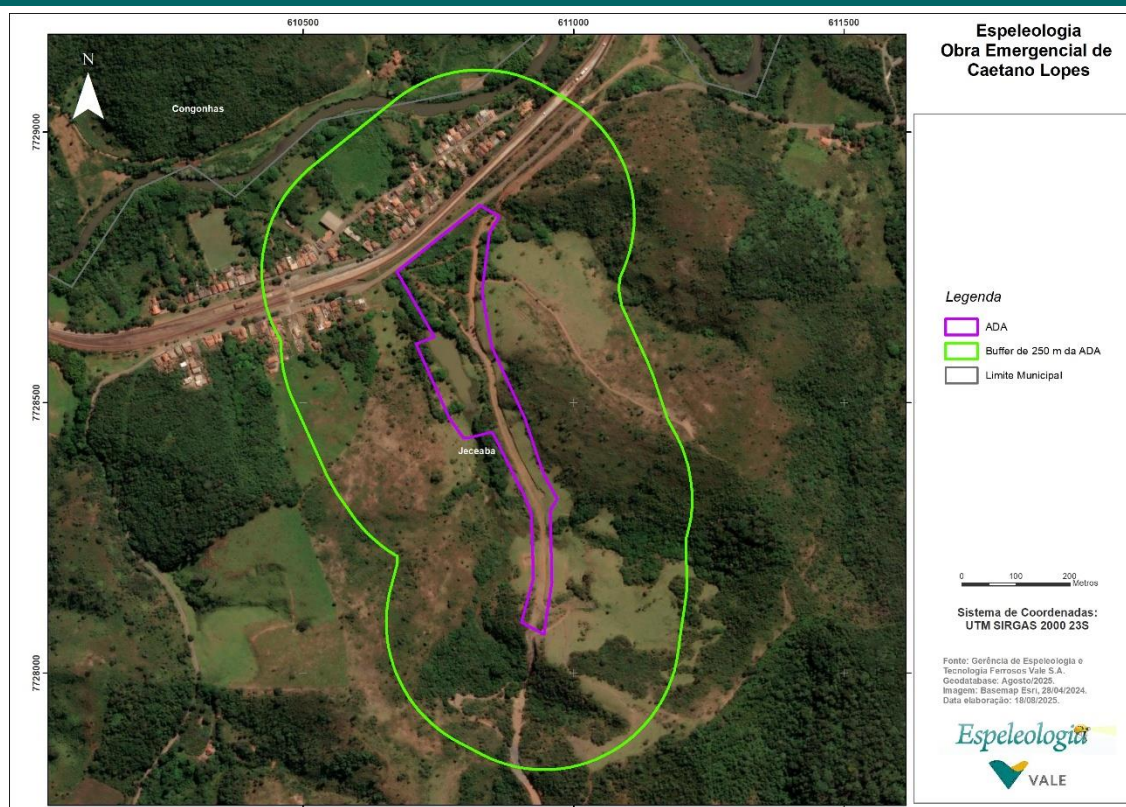


Figura 2: Mapa com a área da intervenção da obra a ser realizada na barragem de Caetano Lopes.

Método

A apresentação dos dados é feita conforme a deliberação COPAM descrita a seguir:

- “A Deliberação Normativa COPAM nº 217/2017 estabelece, em sua Tabela 4, os critérios locacionais para o enquadramento de empreendimentos passíveis de licenciamento ambiental”.

SEMAD - Termo de Referência: Critério Locacional Espeleologia

Critério Locacional de enquadramento previsto pela DN COPAM 217/2017	Peso
Localização prevista em área de alto ou muito alto grau de potencialidade de ocorrência de cavidades, conforme dados oficiais do CECAV-ICMBio.	1

Para a avaliação do critério locacional em questão, deverá ser consultado o mapa de potencialidade de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas elaborado pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV/ICMBio. O mapa encontra-se disponível na IDE-SISEMA (<http://www.idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>) e no seguinte link: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/potencialidade-de-ocorrencia-de-cavernas.html>. Segundo os dados oficiais do CECAV, o grau de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil, de acordo com a litologia, é apresentado no quadro a seguir:

SEMAD - Termo de Referência: Critério Locacional Espeleologia

Litotipo	Grau de Potencialidade
----------	------------------------

Calcário, Dolomito, Evaporito, Metacalcário, Formação ferrífera bandada, Itabirito e Jaspilito	Muito Alto
Calcrete, Carbonatito, Mármore e Marga	Alto
Arenito, Conglomerado, Filito, Folhelho, Fosforito, Grauvaca, Metaconglomerado, Metapelito, Metassiltito, Micaxisto, Milonito, Quartzito, Pelito, Riolito, Ritmito, Rocha calci-silicática, Siltito e Xisto	Médio
Anortosito, Arcóseo, Augengnaiss, Basalto, Charnockito, Diabasio, Diamictito, Enderbitito, Gabro, Gnaiss, Granito, Granitóide, Granodiorito, Hornfels, Kinzigito, Komatito, Laterita, Metachert, Migmatito, Monzogranito, Olivina gabra, Ortoanfibolito, Sienito, Sienogranito, Tonalito, Trondhjemito, entre outros litotipos	Baixo
Aluvião, Areia, Argila, Cascalho, Lamito, Linhito, Turfa e outros sedimentos	Ocorrência Improvável

A obra emergencial da Barragem de Caetano Lopes está inserida numa área de médio potencial espeleológico e de ocorrência improvável (Figura 3). Estes dados foram corroborados pela prospecção espeleológica realizada pela empresa Brandt (Anexo 2), no contexto do licenciamento da Mina de Viga, onde não foram identificadas feições espeleológicas.

Neste processo de licenciamento, a ADA da intervenção ambiental se dará pela supressão de vegetação, em área parcialmente antropizada se faz necessária para a realização da obra de descaracterização da Barragem Caetano Lopes que garantirá a segurança da estrutura e eliminará qualquer risco de colapso da barragem.

A região de Jeceaba, localizada no estado de Minas Gerais, Brasil, é caracterizada geologicamente pela presença de rochas do Complexo do Paraopeba. Essas rochas são predominantemente gnaisses, granitóides e migmatitos. Além disso, se destaca a presença de granitóides biotíticos, sienito e granodiorito na região, que apresentam baixa porosidade e alta resistência. Entretanto, a presença de zonas de cisalhamento, fraturas e veios de quartzo pode afetar significativamente a estabilidade geotécnica dessas rochas. Outro aspecto importante é a presença de solos lateríticos na região, os quais são solos vermelhos e amarelados formados a partir da alteração química das rochas. Esses solos apresentam elevada resistência e baixa permeabilidade. Localmente, os solos são espessos e não ocorrem afloramentos de rocha.

Considerando que a ADA possui ocorrência improvável e potencial médio para a ocorrência de cavidades, conforme demonstrado na figura 3, e considerando ainda que foi realizado caminhamento na área de médio potencial, entende-se que os estudos realizados são suficientes para atestar que não há impacto ao patrimônio espeleológico associados à obra emergencial.

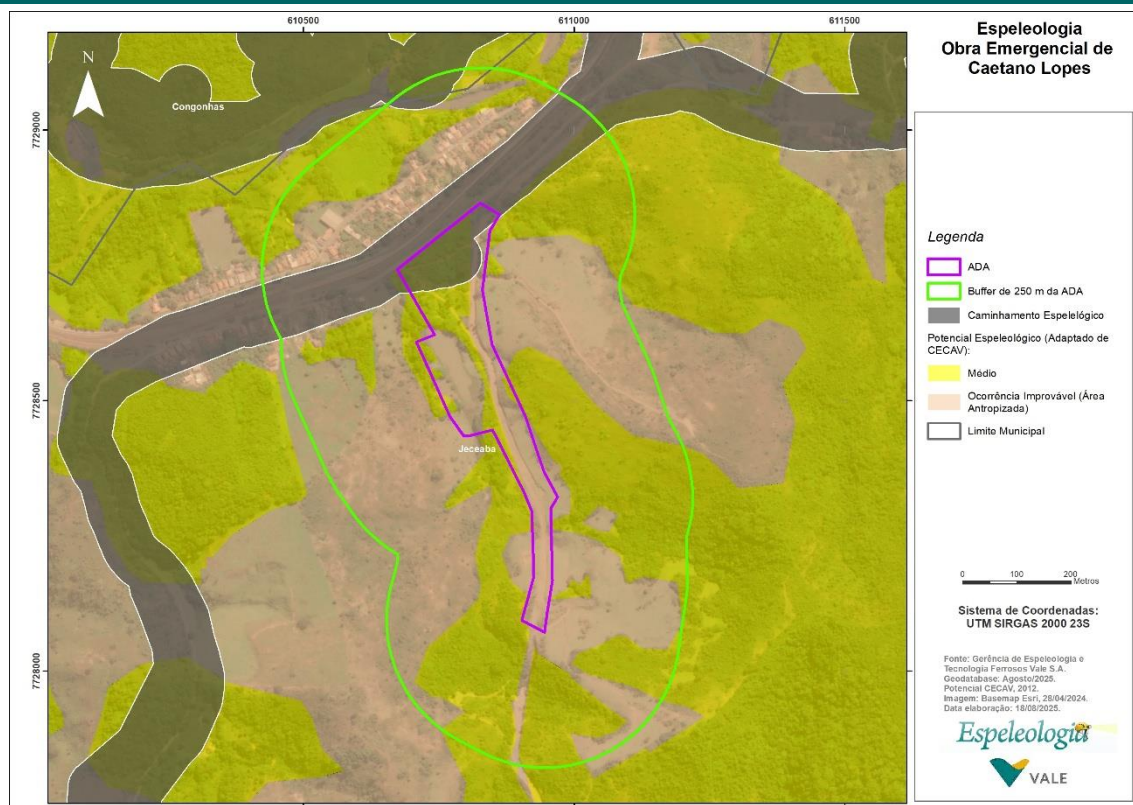


Figura 3: Mapa exibindo o médio potencial espeleológico na área da intervenção da obra a ser realizada na barragem de Caetano Lopes.

A Figura 4, apresenta o panorama da área de estudo espeleológico, evidenciando as características morfológicas e estruturais do relevo. A área não apresenta nenhum tipo de afloramento rochoso ou acúmulo de depósitos clásticos, os quais permitam a formação de feições espeleológicas, confirmando a potencialidade de ocorrência de cavidades evidenciada anteriormente.

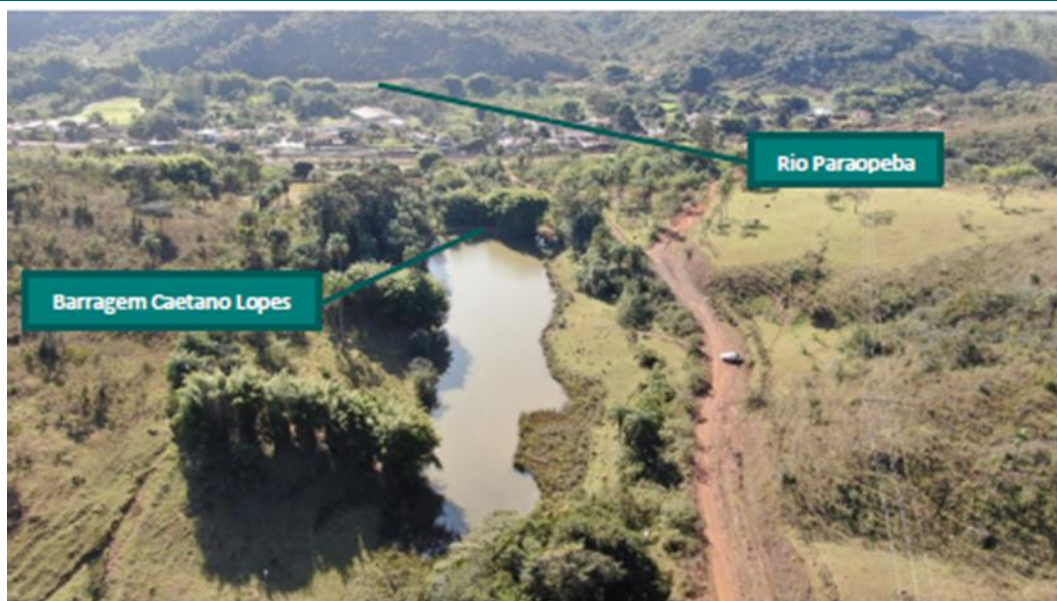


FIG: Visão geral da área de estudo. Destaque para áreas com ausência de afloramentos rochosos, que abriguem a evolução/formação de processos espeleogenéticos. Fonte: Relatório de Avaliação de Impacto Ambiental da descaracterização da Barragem Caetano Lopes (CLAM,2025).

Considerações Finais

A avaliação e os estudos espeleológicos na região da Obra Emergencial da Barragem de Caetano Lopes apresentados atendem a Instrução de Serviço SISEMA nº 08/2017 - Revisão 1 e o Termo de referência para os critérios locacionais de enquadramento referente à espeleologia - Deliberação Normativa COPAM nº 217/2017. Não foram diagnosticadas cavidades naturais subterrâneas, corroborando com o potencial espeleológico conferido à área caracterizado pela geologia local, além da área antropizada de potencial improvável para ocorrência de cavidades, diretamente relacionada ao local das intervenções da obra emergencial.

Anexo 1 – Cadastro Técnico Federal e Anotação de Responsabilidade Técnica

 <div style="text-align: center;"> Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR </div> 			
Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
7779607	18/09/2025	18/09/2025	18/12/2025
Dados básicos:			
CPF: 090.267.766-75			
Nome: BRUNO FERNANDES DE AGUIAR			
Endereço:			
logradouro: RUA ZILAH CORREA DE ARAUJO			
N.º:	461	Complemento:	AP 301/2
Bairro:	OURO PRETO	Município:	BELO HORIZONTE
CEP:	31330-090	UF:	MG
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA			
Código CBO	Ocupação	Área de Atividade	
2134-05	Geólogo	Controlar serviços de geologia, geofísica e oceanografia	
2134-05	Geólogo	Estudar ambientes terrestres e aquáticos	
2134-05	Geólogo	Pesquisar natureza geológica, geofísica e oceanográfica	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.			
A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.			
O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.			
O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
Chave de autenticação		RCD3JMYUE5BEM35P	

 <div style="text-align: center;"> Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR </div> 			
Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
4916099	18/09/2025	18/09/2025	18/12/2025
Dados básicos:			
CPF: 064.627.546-13			
Nome: MARIANE SOARES RIBEIRO			
Endereço:			
Logradouro: RUA DOS ATLETICANOS			
N.º: 850		Complemento: CASA A	
Bairro: MILIONÁRIOS		Município: BELO HORIZONTE	
CEP: 30620-060		UF: MG	
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA			
Código CBO	Ocupação	Área de Atividade	
2211-05	Biólogo	Estudar seres vivos	
2211-05	Biólogo	Inventariar biodiversidade	
2211-05	Biólogo	Manejar recursos naturais	
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental	
2211-05	Biólogo	Realizar diagnósticos biológicos, moleculares e ambientais	
<p>Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.</p> <p>A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.</p> <p>O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.</p> <p>O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.</p>			
Chave de autenticação		K6ZWZ9578Z9NJB35	

FERROUS RESOURCES DO BRASIL S.A.

CONGONHAS - MG

**INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES -
COMPLEMENTAÇÃO DO
LEVANTAMENTO ESPELEOLÓGICO
DO EIA**

**MINERAÇÃO DE FERRO - PROJETO
MINA VIGA**

FERROUS RESOURCES DO BRASIL S.A.

CONGONHAS - MG

**INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES -
COMPLEMENTAÇÃO DO
LEVANTAMENTO ESPELEOLÓGICO
DO EIA**

**MINERAÇÃO DE FERRO - PROJETO
MINA VIGA**

NOVEMBRO DE 2010

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO	
Razão social: Brandt Meio Ambiente Ltda.	http: www.brandt.com.br
CNPJ: 71.061.162/0001-88	Diretor: Sérgio Avelar
Nova Lima / MG - Alameda do Ingá, 89 - Vale do Sereno - 34 000 000 - Nova Lima - MG - Tel (31) 3071 7000 - Fax (31) 3071 7002 - bma@brandt.com.br	

EQUIPE TÉCNICA DA BRANDT MEIO AMBIENTE		
ESTA EQUIPE PARTICIPOU DA ELABORAÇÃO DESTE DOCUMENTO E RESPONSABILIZA-SE TECNICAMENTE POR SUAS RESPECTIVAS ÁREAS		
TÉCNICO	FORMAÇÃO / REGISTRO PROF.	RESPONSABILIDADE NO PROJETO
Maíra Lopes Nogueira	Geógrafa CREA MG 88.260/D	Coordenação e revisão técnica
Ataliba Coelho	Geógrafo / Espeleólogo	Informações complementares ao levantamento espeleológico
Marcelo Bastos	Historiador / Espeleólogo	Informações complementares ao levantamento espeleológico
PRODUÇÃO GRÁFICA	Gustavo Freitas	Auxiliar de produção
	Fabiano Fernando	Assistente de produção
	Leonardo Ferreira	Assistente de produção
	Eli Lemos	Gerenciamento / edição

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO	
Razão social:	Ferrous Resources do Brasil S.A.
CNPJ:	08.852.207/0001-04
Inscrição Estadual:	Isento
Endereço:	Avenida Álvares Cabral, 1.777 - 5º, 6º e 7º andares - Santo Agostinho - Belo Horizonte - MG, CEP: 30.170-001
Telefone (fax):	(31) 3515-8913
Contato:	Cristiano Monteiro Parreiras
E-mail:	cristiano.parreiras@ferrous.com.br

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	1
6.1.4.3 - Caracterização espeleológica	2
ANEXO 18 - Levantamento espeleológico na área do empreendimento	46

Quadros

QUADRO 6.2 - Relação de cavernas encontradas	4
--	---

Figuras

FIGURA 6.23 - Caverna CV 01	17
FIGURA 6.24 - Caverna CV 02	21
FIGURA 6.25 - Caverna CV 03	23
FIGURA 6.26 - Caverna CV 04	26
FIGURA 6.27 - Caverna CV 05	29
FIGURA 6.28 - Caverna CV 06	32
FIGURA 6.29 - Caverna CV 07	35
FIGURA 6.29 - Fotomontagem 01 (FTM-01)	37
FIGURA 6.30 - Fotomontagem 02 (FTM-02)	37
FIGURA 6.31 - Fotomontagem 03 (FTM-03)	37
FIGURA 6.32 - Fotomontagem 04 (FTM-04)	37
FIGURA 6.33 - Fotomontagem 05 (FTM-05)	37
FIGURA 6.34 - Fotomontagem 06 (FTM-06)	38
FIGURA 6.35 - Fotomontagem 07 (FTM-07)	38
FIGURA 6.36 - Fotomontagem 08 (FTM-08)	38
FIGURA 6.37 - Fotomontagem 09 (FTM-09)	38
FIGURA 6.38 - Fotomontagem 10 (FTM-10)	38
FIGURA 6.39 - Fotomontagem 11 (FTM-11)	39
FIGURA 6.40A - Localização das cavernas CV 01 e 02 com relação ao empreendimento e seus raios de proteção legal (250 m)	42

FIGURA 6.40B - Localização das cavernas CV 03 e 04 com relação ao empreendimento e seus raios de proteção legal (250 m).....	43
FIGURA 6.40C - Localização das cavernas CV 05 e 06 com relação ao empreendimento e seus raios de proteção legal (250 m).....	44
FIGURA 6.40D - Localização da caverna CV 07 com relação ao empreendimento e seu raio de proteção legal (250 m).....	45

APRESENTAÇÃO

Em atendimento à solicitação de informações complementares para obtenção da Licença de Instalação (LI), este documento tem por objetivo apresentar o refinamento da malha de caminhamento espeleológico nas áreas a serem diretamente afetadas pelo empreendimento do Projeto Mina Viga em relação ao que foi apresentado no Estudo de Impacto Ambiental (EIA).

O Plano Diretor vigente refere-se a uma produção de 15 Mtpa e foi utilizado neste documento como sendo a Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento. Em resposta ao pedido de informação complementar feito pela SUPRAM Central, também foi percorrido um *buffer* de 250 metros no entorno de toda a ADA.

O texto a seguir e suas figuras representam todo o capítulo “Caracterização espeleológica” contido no EIA. Este capítulo, contudo, apresenta algumas complementações ao longo do corpo do texto, bem como apresenta novas fotos e mapas.

Tem destaque, neste documento, o mapa de caminhamento espeleológico final, que contempla os caminhamentos pretéritos e os atuais, realizados de forma a aumentar a densidade da malha amostral do levantamento espeleológico, conforme solicitado pela SUPRAM Central.

Como resultado desse detalhamento, foi identificada uma “nova” cavidade, cujo *buffer* de 250 metros interfere com a configuração da estrutura Pilha Sul do Plano Diretor de 15 Mtpa.

6.1.4.3 - Caracterização espeleológica

A prospecção espeleológica realizada na área de estudos contemplou o projeto conceitual do empreendimento, representado pelas estruturas de Cava, Pilhas, Barragens, Planta Industrial, Terminal de Embarque, Adutora, Aqueduto e Rejeitoduto. Também foi percorrida uma área de 250 m (*buffer*) no entorno dessas estruturas.

O objetivo do levantamento espeleológico é o de identificar cavidades naturais (cavernas) com desenvolvimento igual ou superior a 5 metros (em conformidade com a legislação em vigor CECAV-IBAMA) existentes nas áreas diretamente afetadas (ADAs) pelas atividades minerárias a serem realizadas.

Procedimentos Metodológicos

O inventário espeleológico foi realizado em concordância com os seguintes procedimentos:

a) Análise da cartografia

Com o objetivo de determinar com precisão as áreas de maior relevância a serem prospectadas, ou seja, áreas com maior potencial de ocorrência de cavernas, os trabalhos de prospecção foram precedidos de um estudo cartográfico da região, com ênfase na interpretação geológica.

Em áreas onde a litologia ou os padrões morfológicos do relevo apresentam maior potencial de ocorrência de cavernas, o caminhamento da prospecção deve ser realizado detalhadamente, a fim de identificar o maior número possível de cavernas.

Em áreas onde a litologia ou os padrões morfológicos do relevo apresentam baixo potencial de ocorrência de cavernas, o caminhamento da prospecção deve ser realizado de forma extensiva.

Também foram utilizadas imagens de satélite e ortofoto com escalas médias de 1:2.500, abrangendo a área do decreto minerário, bem como o projeto conceitual do empreendimento contendo a demarcação dos limites das ADAs.

b) Prospeção

A prospecção foi realizada por equipe de dois espeleólogos e registrada através de linhas de caminhamento em GPS da marca Garmin, modelos e-trex, e-trex-Legend e GPSMAP 60 CSX. A precisão da tomada de coordenadas é em média de 10 metros e o datum utilizado foi o SAD'69. A precisão das linhas de caminhamento e coordenadas tomadas em campo variaram em função da cobertura vegetal e/ou da ocorrência de céu encoberto. Em áreas de boa visibilidade com relevo pouco acidentado e/ou com vegetação rasteira anotou-se em imagem de satélite a abrangência visual em campo, permitindo assim a otimização dos trabalhos de caminhamento. Em áreas de vegetação fechada foram realizados caminhamentos sistemáticos no sentido da drenagem de modo a se verificar a presença de fendas, drenagens capturadas ou feições propícias à ocorrência de cavernas. Também foram realizados caminhamentos transversais ao sentido da drenagem em pontos onde se verificou a presença de escarpas rochosas.

c) Elaboração de croquis e breve descrição de cavernas

Quando da identificação de cavidades foram elaborados croquis em escala da planta baixa, além de registro fotográfico. Uma breve caracterização de cada caverna também foi realizada, com descrição de atributos como litologia, presença de espeleotemas, fraturas condicionantes e sedimentação.

d) Elaboração do relatório final

Após as atividades de campo os croquis foram digitalizados e redesenhados em plataforma CAD. Os caminhamentos foram transferidos do GPS através do programa *TrackMaker* a um formato *.dxf* e anexado a este relatório de modo a permitir a elaboração de um mapa de caminhamento sobre imagem de satélite em escala apropriada. Por fim, foi realizada a construção do relatório final contendo a descrição das cavernas identificadas bem como os métodos utilizados na etapa de campo.

Os resultados dos levantamentos espeleológicos foram divididos em três grupos, descritos a seguir.

Grupo 1) Cava, Pilhas e Planta Industrial

No que concerne à área da Cava, das Pilhas e da Planta Industrial, compreendidas nos limites do polígono do DNPM, foram identificadas como áreas de maior potencialidade à ocorrência de cavernamentos:

- a área da Cava e a borda oeste de seu entorno de proteção;
- a extremidade sudoeste da Pilha Norte 2, bem como os trechos oeste, sul e sudeste do seu entorno de 250 m;
- a extremidade noroeste do entorno de 250 m da Planta Industrial e;
- a borda nordeste do entorno de 250 m da Pilha Sul.

A área da cava corresponde aos domínios da Formação Cauê, parcialmente encoberta por lateritas (canga). Na extremidade oeste do entorno de proteção da cava e parte sul da Pilha Norte 2 ocorrem afloramentos de quartzitos da Formação Moeda e Cercadinho, que apesar de não ser uma rocha carbonática, oferece condições à formação de cavidades de porte variado, principalmente associadas a fendas e descontinuidades existentes no maciço rochoso. No compartimento central e norte da Pilha Norte 2 ocorrem espessos mantos de alteração, limitando as áreas de potencial espeleogenético aos poucos afloramentos, comumente situados nas margens das drenagens. As áreas de Planta Industrial e Pilha Sul estão assentadas sobre xistos e filitos do Grupo Nova Lima, tendo como resposta um relevo mais dissecado e com espesso manto de intemperismo.

As atividades de prospecção foram iniciadas em 2006 e, desde então, em função de alterações no projeto original, a distribuição das Áreas Diretamente Afetadas (ADAs) sofreu modificações. Desse modo, a área percorrida é maior que a atualmente afetada pelo empreendimento. Durante as atividades de prospecção foram identificadas sete cavidades, sendo que dessas, apenas três se encontram próximas às ADAs. No entanto, nenhuma cavidade será diretamente afetada pelo empreendimento.

O Quadro 6.2 apresenta as coordenadas, a litologia e o desenvolvimento das cavidades identificadas. O detalhamento dessas cavidades pode ser visto no item “Descrição das cavernas”.

QUADRO 6.2 - Relação de cavernas encontradas

Nº da caverna	Coordenadas UTM		Altitude	Projeção horizontal	Litologia
CV 01	0610764 m E	7732289 m N	936 m	17 m	Quartzito
CV 02	0610766 m E	7732329 m N	997 m	56 m	Quartzito
CV 03	0611580 m E	7733864 m N	1168 m	28 m	Quartzito
CV 04	0611713 m E	7733875 m N	1190 m	12 m	Quartzito
CV 05	0612574 m E	7734585 m N	1268 m	9,5 m	Itabirito
CV 06	0612320 m E	7734655 m N	1262 m	62 m	Canga
CV 07	0611849 m E	7732684 m N	974 m	10 m	Quartzito

Área da Pilha Norte 2 - está inserida em domínios de rochas quartzíticas da Formação Moeda e filitos da formação Batatal. A área se caracteriza por um vale pouco encaixado alinhado no sentido norte-sul. Em sua extremidade norte, onde ocorrem os filitos, apresenta cobertura de solos bem desenvolvida, com vegetação de capoeira e mata ciliar (Foto 60). Poucos afloramentos rochosos ocorrem próximos à drenagem. Em sua extremidade sul predominam quartzitos aflorados, recobertos por campo rupestre na vertente oeste, e filitos recobertos por mata ciliar na vertente leste



Foto 60 - Vista da área da Pilha Norte 2.

Nesse mesmo vale estão as extremidades sul, oeste e sudeste do entorno de 250 m da Pilha Norte 2 e a borda oeste de entorno da Cava (Foto 61). Apesar de constituir um trecho de potencial espeleogenético relativamente maior, se comparado à extremidade norte da Pilha 2, nenhuma cavidade foi registrada.



Foto 61 - Vista parcial da extremidade oeste do entorno de 250 m da Cava, com campo rupestre sobre afloramentos de quartzito na vertente oeste e mata na encosta leste.

Próximas à extremidade oeste, no entanto fora do limite de proteção de 250 m da Cava, na vertente oposta, verificam-se diversas locas não penetráveis. Essas ocorrências são favorecidas pela atitude da rocha, que apresenta mergulho em direção leste, gerando pontões rochosos na face oeste (Foto 62). Nesse compartimento foram identificadas também duas cavidades, CV 03 e CV 04, ambas em quartzitos. O detalhamento dessas cavidades pode ser visto no item “Descrição das cavernas”, a seguir.



Foto 62 - Afloramentos de quartzito com pontões rochosos voltados para oeste.

Área da Pilha Sul - esta área está situada no sopé da serra e possui em sua extremidade leste dois pequenos vales: um desenvolve-se de NW a SE com um curso d'água bastante volumoso. O segundo se orienta de NE a SW, e neste o curso d'água é menos volumoso. Na extremidade NW existe uma corredeira seguida de pequenas cascatas, e mais abaixo ocorre ainda uma pequena cachoeira por entre escarpas de quartzito tornando o riacho bastante encaixado. A partir deste ponto o canal torna-se novamente mais largo e sem a presença de rochas afloradas.

A extremidade norte desse setor, que se situa abaixo da linha férrea e na margem esquerda da drenagem, encontra-se entulhada por blocos e matacões provenientes da construção da ferrovia. Todo o curso dos dois riachos foi percorrido onde se verificou apenas a ocorrência de pequenas locas não penetráveis escavadas pela água em drenagens abandonadas e/ou secas. As vertentes que limitam as drenagens são bastante dissecadas, com afloramentos rochosos pontuais, mais concentrados às margens da drenagem (Fotos 63).



Foto 63 - Vista do vale que ocupa a extremidade leste da área. A rocha aflora pontualmente nas vertentes, sendo mais recorrentes no curso d'água.

No entorno de 250 m do setor nordeste da Pilha Sul afloram quartzitos da Formação Moeda, onde foram identificadas três cavidades. Duas apresentaram dimensões inferiores a cinco metros, quais sejam AB-03 e AB-04 (Fotos 64 e 65). As coordenadas UTM dessas cavidades são 0611419mE/7732603mN e 0611632mE/7732644mN, respectivamente. A terceira (CV-07) atingiu 10 m de desenvolvimento (Foto 66). O detalhamento dessa cavidade pode ser visto no item “Descrição das cavernas”, a seguir.



Foto 64 - Caverna com desenvolvimento inferior a 5 m denominada AB-03.



Foto 65 - Caverna AB-04 com desenvolvimento inferior a 5 m.



Foto 66 - Caverna CV-07 com desenvolvimento de 10 m.

A porção central da área da Pilha Sul é constituída por um pequeno divisor de águas, já bastante dissecado que limita as drenagens das bordas leste e oeste da área. Em sua extremidade sudeste esse divisor apresenta um pequeno vale bem encaixado que teve parte de sua cabeceira erodida, sendo hoje ocupada por uma grande voçoroca. Foram observados afloramentos rochosos ao longo da drenagem desse vale (Foto 67). Nenhuma caverna foi registrada nesse setor.

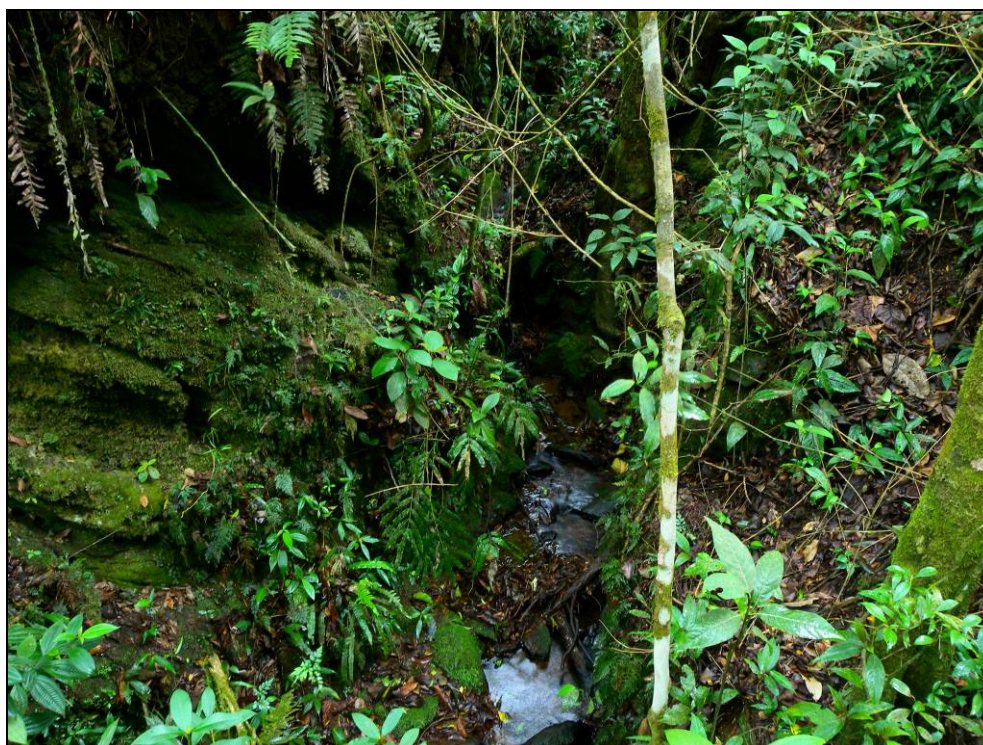


Foto 67 - Afloramento rochoso próximo ao curso d'água.

O setor sudoeste desta Pilha caracteriza-se por um vale pouco encaixado com vertentes dissecadas. As ocorrências de afloramentos rochosos limitam-se ao nível da drenagem sem ocorrência de cavidades penetráveis (Foto 68). Na extremidade norte deste setor afloram quartzitos, onde foi registrada a ocorrência de duas cavidades (CV 01 e CV 02). As cavernas se encontram inseridas na drenagem que alimenta o vale a montante. A cavidade mais próxima, Caverna CV 01, está próxima ao limite de 250 m no entorno da Pilha Sul, seguida pela Caverna CV 02, 40 m acima (Foto 69), mas o raio de proteção destas não está interferido pela ADA proposta para essa Pilha. O detalhamento dessas cavidades pode ser visto no item “Descrição das cavernas”, a seguir.



Foto 68 - Vista de parte da área da Pilha Sul; afloramentos apenas no curso d'água.



Foto 69 - Drenagem onde se inserem as cavernas CV 01 e CV 02.

Área da Cava - esta área é caracterizada por um morro de vertentes íngremes constituído de itabiritos da Formação Cauê, cortado a leste e sul por dois vales bastante encaixados. Na extremidade norte de seu entorno de 250 m a formação ferrífera encontra-se capeada por canga com espessuras que varia entre poucos centímetros a cerca de 3 metros. Neste setor foram encontradas duas cavernas, CV 05 e CV 06. O detalhamento dessas cavidades pode ser visto no item “Descrição das cavernas”, a seguir.

Os vales acima mencionados apresentaram afloramentos isolados de itabirito, que apesar de propícios à formação de cavernas, somente apresentaram pequenas cavidades inferiores a 5 m, denominadas AB-01 e AB-02, com coordenadas 0612315mE/7734597mN e 0612336mE/7734332mN respectivamente (Fotos 70 e 71).

A porção leste da Cava assenta-se sobre filitos do Grupo Nova Lima. A morfologia é caracterizada por vertentes de inclinação moderada em relevo bastante dissecado. A área está parcialmente recoberta por pastagem e remanescentes de mata a norte e plantação de eucaliptos a sul. Não foi observado nenhum afloramento rochoso com potencial para ocorrência de cavernas (Foto 72).



Foto 70 - Afloramento em itabiritos.



Foto 71 - Detalhe do afloramento com cavidade inferior a 5 m.

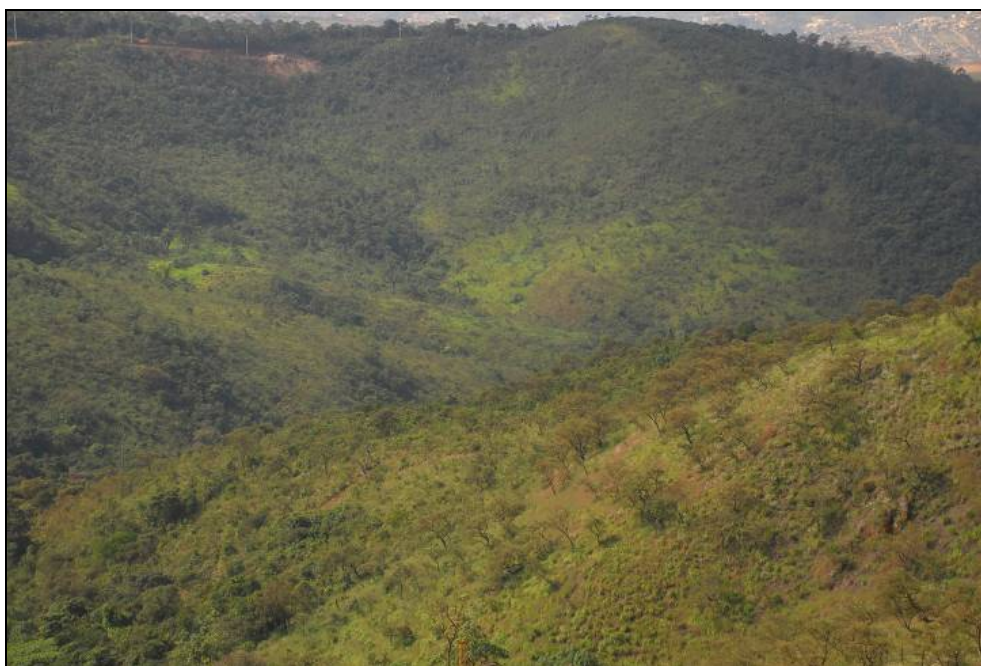


Foto 72 - Vista da área leste da Cava no segundo plano.

Área da Planta Industrial - a área destinada à instalação da Planta Industrial se situa a leste da Pilha Sul e sudoeste da Cava. Assenta-se sobre xistos e filitos do Grupo Nova Lima. A superfície do relevo é marcada pela presença de espesso manto de intemperismo, com afloramentos rochosos expostos ao longo das margens da drenagem que corta a área de norte a sul e na extremidade noroeste na forma de escarpas isoladas e pouco contínuas no interior da floresta. Ocorrem nesta área setores intensamente antropizados. Na extremidade sudeste uma extensa área foi terraplanada e destituída de cobertura vegetal (Foto 73) e sua porção central é afetada pela estrada de ferro corta a área de leste para oeste. Nenhuma cavidade foi encontrada nesse setor.



Foto 73 - Porção de terreno degradado encontrado na área prevista para a Planta Industrial.

Descrição das cavernas

Caverna CV 01

A caverna está localizada na média vertente sul e se desenvolve numa calha fluvial em domínio de rocha quartzítica (Figura 6.23). A vertente onde se insere é bastante inclinada afetando diretamente no desnível da caverna (cerca de 4 m). Grandes matacões se espalham pelo interior da cavidade, a NE a caverna é limitada pelo rochedo, sendo que as laterais, sul, sudeste e oeste seu desenvolvimento é limitado por abatimentos. Uma fratura subvertical com direção aproximada N/S é concordante com o desenvolvimento longitudinal da caverna.

Devido ao fato de estar dentro da drenagem pouco sedimento se mantém dentro da caverna, o único depósito observado está na extremidade sudeste da caverna. Onde o sedimento composto de areia fina é injetado através de uma pequena saída em clarabóia voltada para o lado esquerdo da vertente. Pequenos depósitos de cascalho são observados embaixo de blocos e locais onde podem ser represados. Logo abaixo da entrada a drenagem é capturada voltando a ocorrer em pequeno volume em alguns pontos mais baixos da caverna. Na parede leste nota-se sinal de fluxo intenso d'água possivelmente em períodos de cheia. Algumas brechas erodidas ainda são visíveis neste local (Fotos 74 a 79).

Os espeleotemas observados foram microtravertinos e cortinas de coloração escura, em blocos abatidos. Foi notado também o capeamento cor escura em blocos e paredes em locais de fluxo hídrico mais intenso. No teto foram registrados coralóides. Não possui zona afótica.



Foto 74 - Entrada da Caverna.



Foto 75 - Interior da Caverna.



Foto 76 - Crosta com microtravertinos.



Foto 76 - Cortinas no teto, abaixo cascalho depositado em represas.

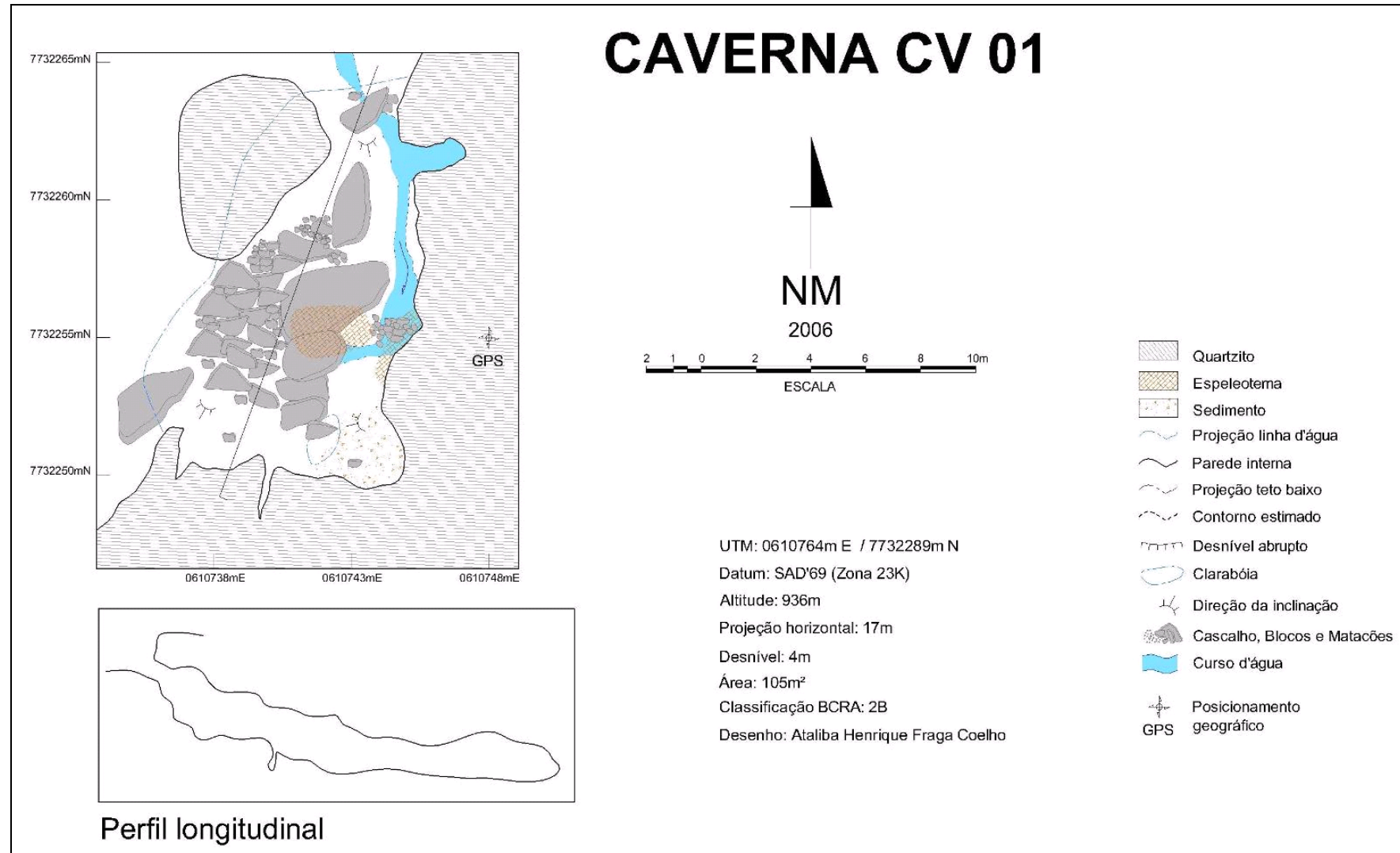


Foto 78 - Brecha erodida.



Foto 79 - Capeamento de blocos e cortinas.

FIGURA 6.23 - Caverna CV 01



Caverna CV 02

A caverna se insere na média vertente sul a cerca de 40 m a norte da CV 01. Como esta, também se desenvolve sobre a calha fluvial e em domínio quartzítico, e sua morfologia está possivelmente controlada por fraturas sub-verticais observáveis em diversos pontos da caverna (Fotos 80 a 87). O desnível é de aproximadamente 3,5 m e acompanha a inclinação da vertente apenas na lateral esquerda (oeste), sendo que a parte central é mais plana e cortada pelo curso d'água que ressurge no fundo da caverna (Figura 6.24).

Uma pequena barragem foi construída na entrada da gruta formando um pequeno lago e fazendo com que o nível interno atinja cerca de 3,5 m no conduto NE.

O piso é recoberto por blocos e matacões em boa parte da área, sendo que a lateral esquerda é seca e possui depósitos de sedimento fino, apesar do desnível. Foram observados depósitos químicos (espeleotemas) em diversos blocos mais próximos do curso d'água, em locais aparentemente inundáveis em períodos mais chuvosos. Registrou-se microtravertinos formados pela mesma crosta escura descrita na Caverna 01, além de capeamento dos blocos pelo mesmo material.

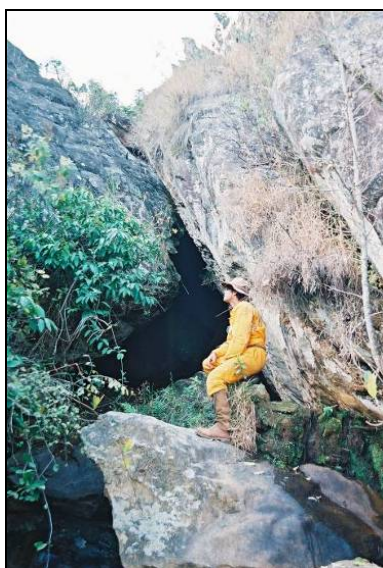


Foto 80 - Entrada sul.



Foto 81 - Entrada oeste.

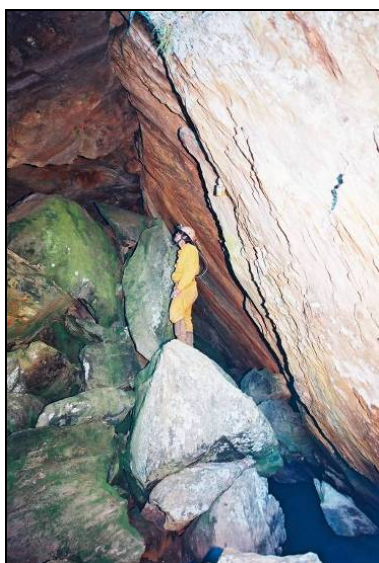


Foto 82 - Abatimentos.

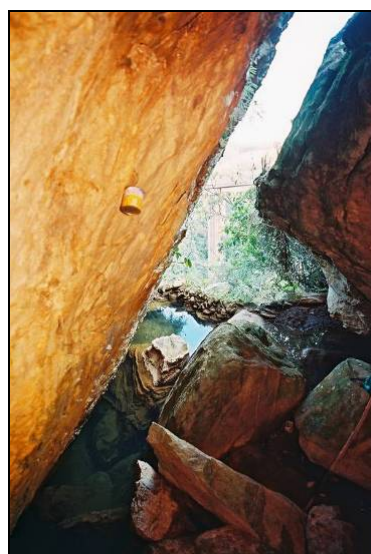


Foto 83 - Lago formado por dique.

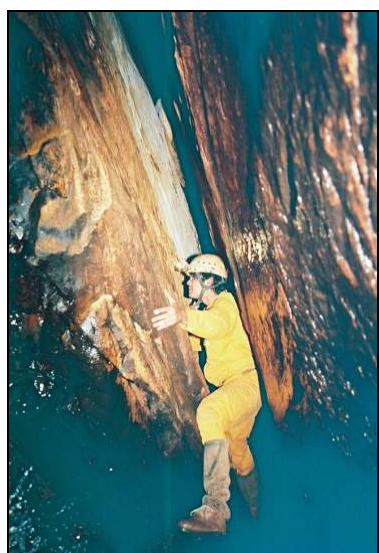


Foto 84 - Fenda na extremidade NE.

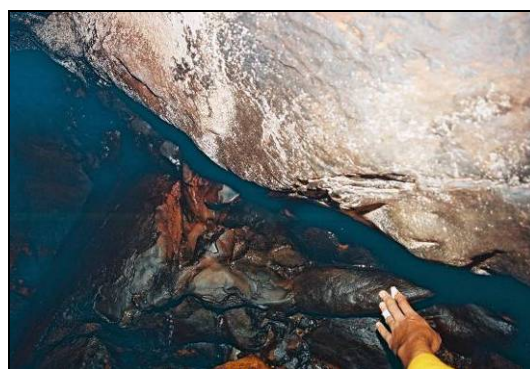


Foto 85 - Blocos cimentados por crosta.

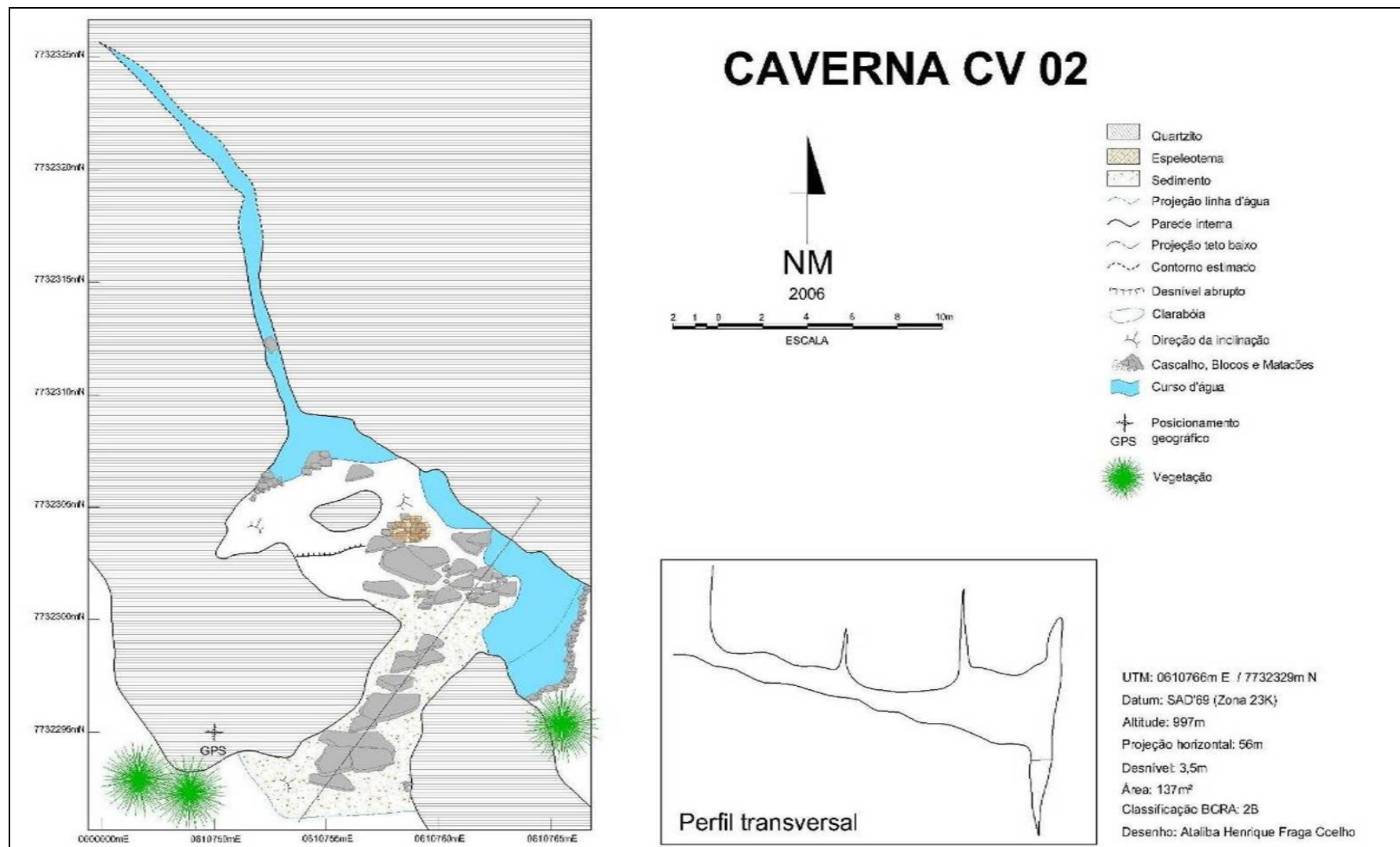


Foto 86 - Microtravertinos.



Foto 87 - Capeamento de blocos.

FIGURA 6.24 - Caverna CV 02



Caverna CV 03

Caverna de pequeno porte está localizada na média/alta vertente e inserida numa pequena drenagem intermitente, na base oeste de um pequeno maciço de quartzito (Fotos 88 a 90). Sua posição é de cerca de 200 m a leste da área da Pilha Norte 1 (Figura 6.25).

A caverna se desenvolve sob uma grande laje de quartzito inclinada cerca de 30 graus em direção oeste e é limitada a NE pelo maciço acima citado e o desnível não ultrapassa 1 m. O teto é baixo em toda a caverna que se desenvolve na direção N-S.

O piso é rochoso em boa parte da caverna com marmitas na área central. Nota-se grande quantidade de blocos abatidos. Uma pequena entrada na lateral SE injeta sedimento fino no interior da caverna. O desnível total é de aproximadamente 1 m.

Os únicos espeleotemas observados foram coralóides localizados na área central no teto. Não possui zona afótica.

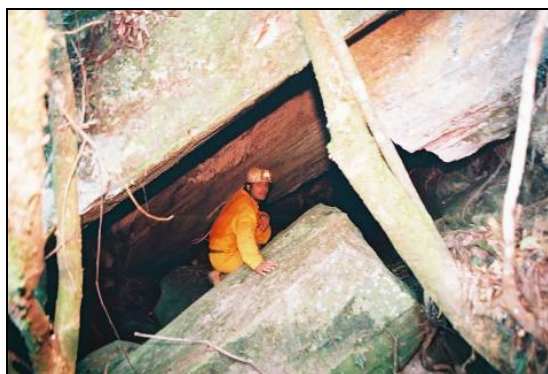


Foto 88 - Entrada.

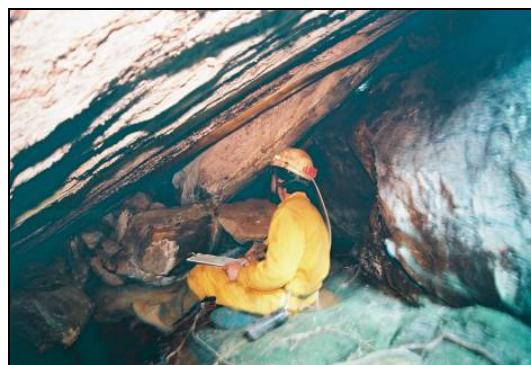


Foto 89 - Interior da caverna

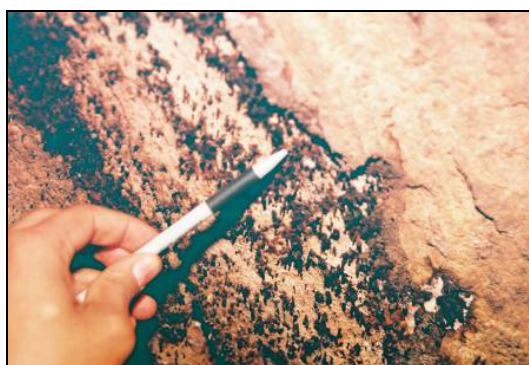
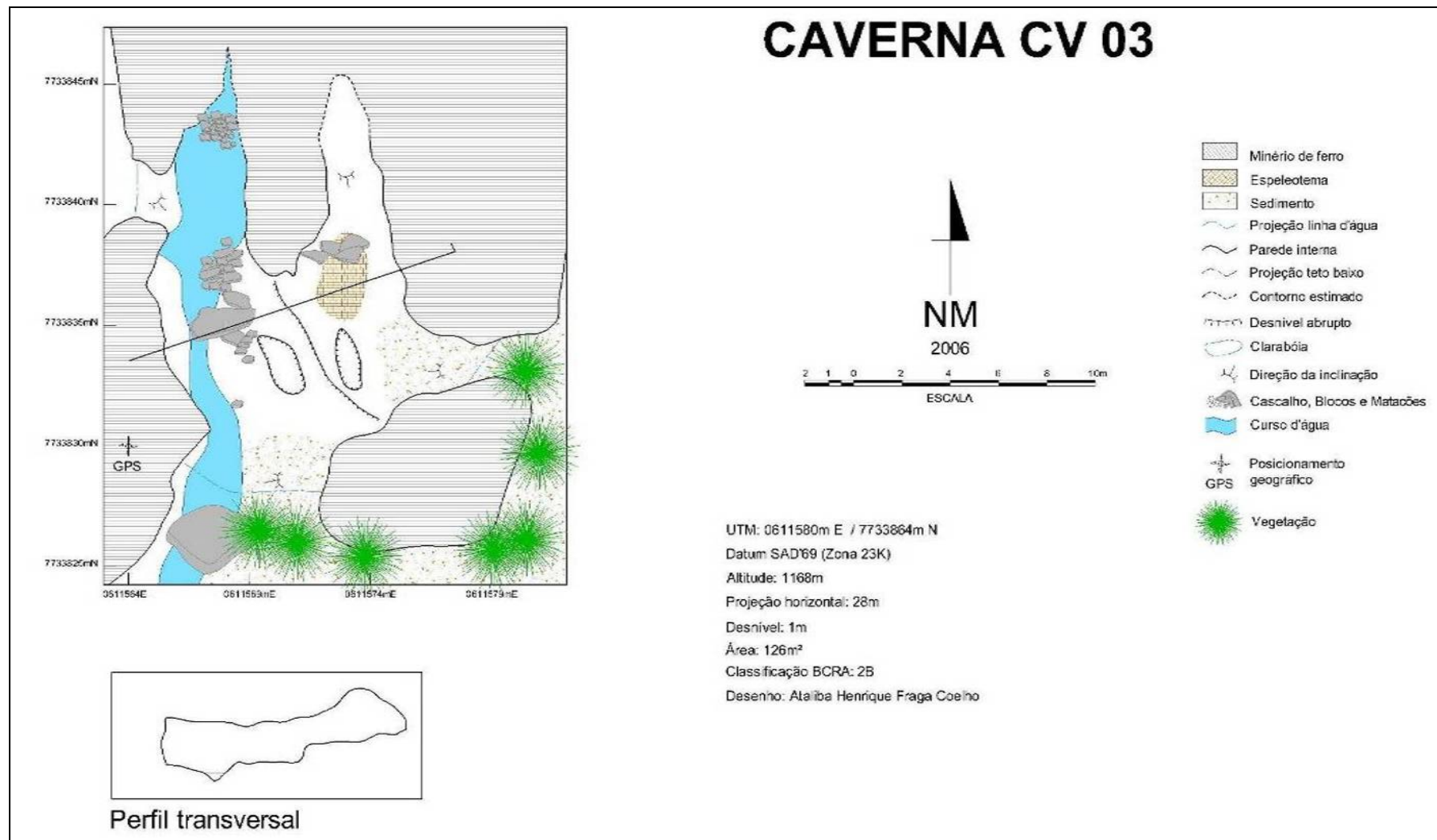


Foto 90 - Espeleotemas.

FIGURA 6.25 - Caverna CV 03



Caverna CV 04

A caverna 04 está localizada a cerca de 200 m a leste do limite da área da Pilha Norte 1 (Figura 6.26). Situada entre a média e alta vertente, trata-se da única cavidade não inserida em calha fluvial registrada no quartzito. A entrada da caverna está no lado oeste de um pequeno maciço rochoso isolado e fechado por uma mata baixa (Fotos 91 a 95).

Formada por um único salão de teto baixo a caverna também se desenvolve na direção N-S. A entrada mais alta é marcada pelo abatimento de blocos e sedimento, este último recobre todo o piso interno. Um sumidouro de aproximadamente 1,5 m de profundidade captura a drenagem pluvial através de profundas ravinas vindas do exterior da caverna. Ao contrário das demais cavernas, esta possui a entrada na extremidade mais alta de modo que todo o material transportado se acumula no interior da gruta.

O desnível é de aproximadamente 4 m e não foram observados espeleotemas. A cavidade não possui zona totalmente afótica.



Foto 91 - Entrada.



Foto 92 - Blocos abatidos próximos à entrada.



Foto 93 - Ravinamento no interior da caverna.

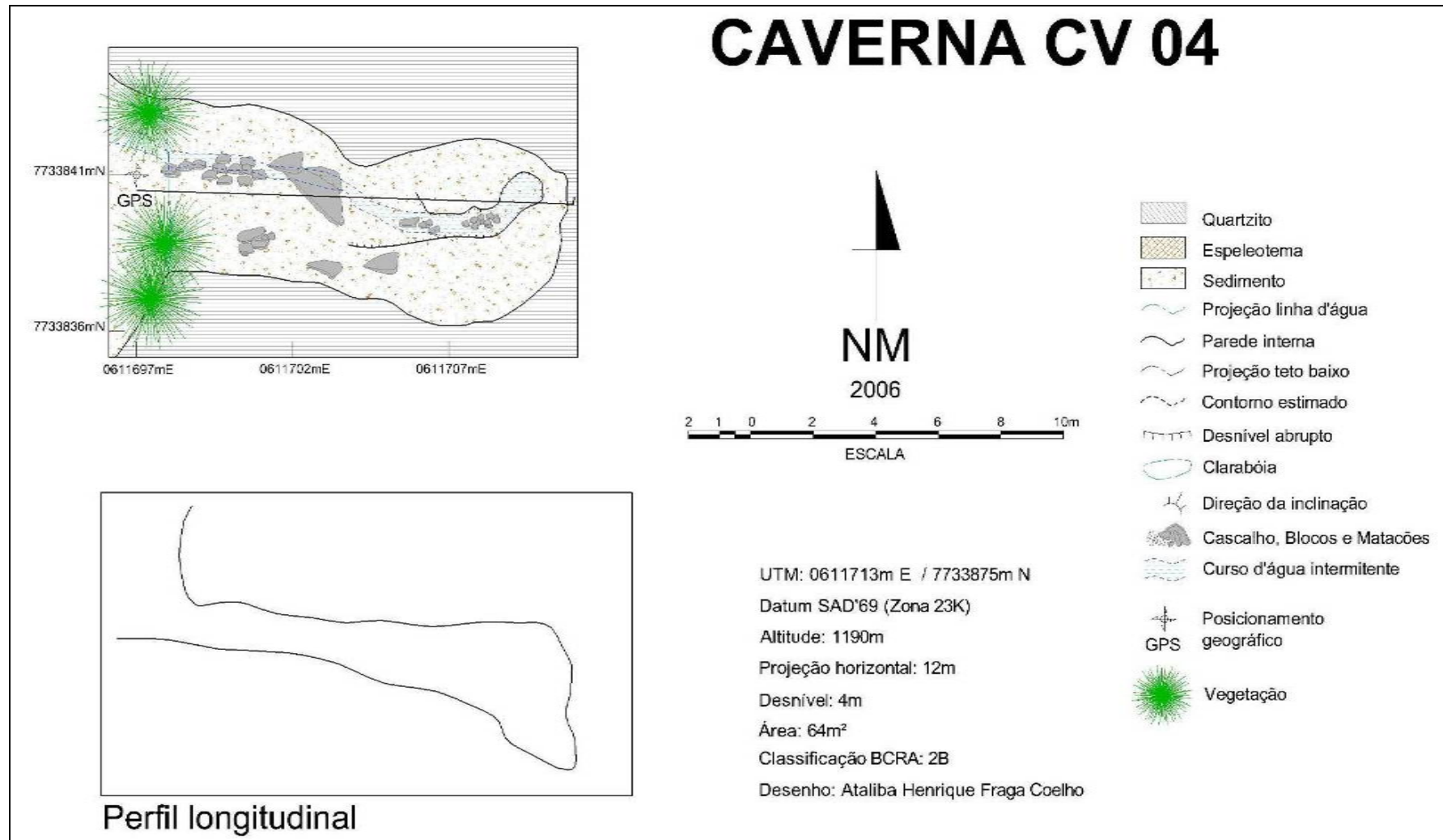


Foto 94 - Sumidouro.



Foto 95 - Vegetação na entrada da Caverna 04.

FIGURA 6.26 - Caverna CV 04



Caverna CV 05

A caverna está posicionada à alta vertente em campo de canga (Figura 6.27). A vegetação de entorno é de campo rupestre ferruginoso com pequeno adensamento no front da cavidade (Fotos 96 e 97). A escarpa em que esta se insere atinge 2 m de altura e não possui continuidade lateral.

A litologia observada é o itabirito bandado levemente alterado e bastante lixiviado da camada de sílica. Notam-se algumas fraturas e dobras no bandamento. A morfologia da caverna é retilínea com apenas um duto principal de comprimento pouco superior a 6 m. O teto é baixo em toda sua extensão e marcado por pontões de rocha e reentrâncias. O piso é levemente inclinado para fora. Os sedimentos se constituem de clastos de hematita angulosos de tamanho seixo a grânulos subordinados. Nota-se pouca participação de terrígenos. Os espeleotemas observados foram: coralóides, pequenas crostas marrons, na lateral esquerda uma crosta delgada de cor negra azulada pode estar associada à concentração de manganês.

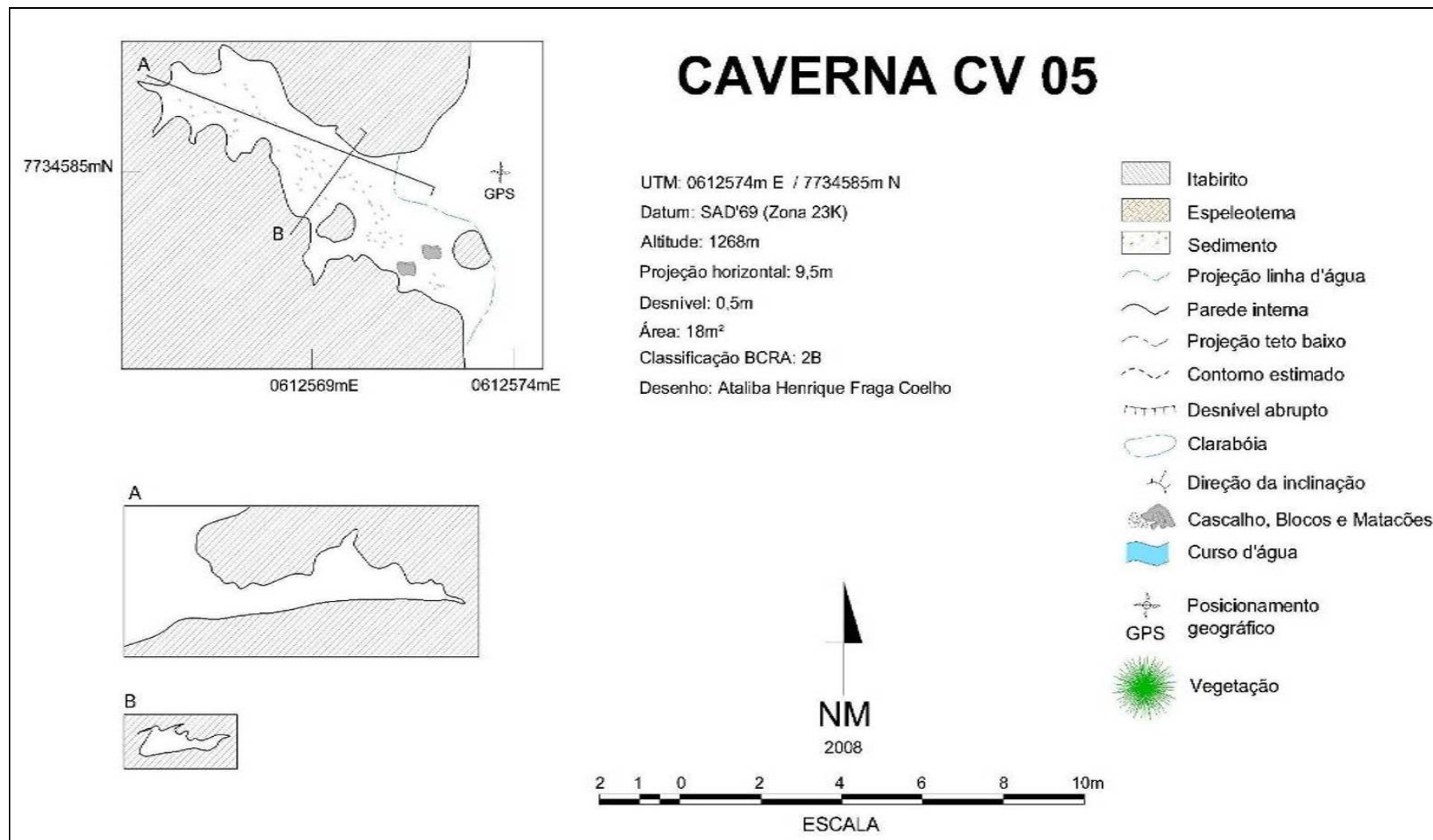


Foto 96 - Entrada da caverna CV 05.



Foto 97 - Interior da caverna.

FIGURA 6.27 - Caverna CV 05



Caverna CV 06

A caverna CV 06 está posicionada próxima a alta vertente em uma ruptura do platô de canga (Figura 6.28). A escarpa atinge cerca de 2 m na entrada da cavidade e possui pouca continuidade lateral (Fotos 98 a 101). A vegetação de entorno é de campo rupestre ferruginoso com pequeno aumento no porte da vegetação à frente da caverna. A litologia observada é a canga detrítica com reduzida participação de matriz limonítica, suportando clastos de hematita angulosos de granulometria variando entre grânulos e seixos. Alguns calhaus esparsos podem também ser vista na massa rochosa. As estruturas observadas se limitam a juntas de alívio sub-horizontalizadas e irregulares.

Com relação à morfologia a caverna se constitui de dois condutos paralelos orientados no eixo N-S, conectados por um terceiro com desenvolvimento perpendicular aos anteriores. O teto é baixo na entrada e torna-se mais alto no interior da caverna, apresentando pouca irregularidade. O piso é inclinado para oeste e acompanha a inclinação da vertente externa.

Os sedimentos se caracterizam por clastos de hematita sub-arredondados de granulometria seixo predominantemente, nota-se ocorrência pontual de calhaus. Matações se concentram em abatimentos na porção distal da cavidade. Associada aos líticos observa-se matéria orgânica constituída por restos de carvão, guano e fezes de tamanduá.

Os espeleotemas observados foram: crostas marrons, crosta ferruginosa espessa capeando parte do piso e coralóides.



Foto 98 - Entrada da caverna CV 06.

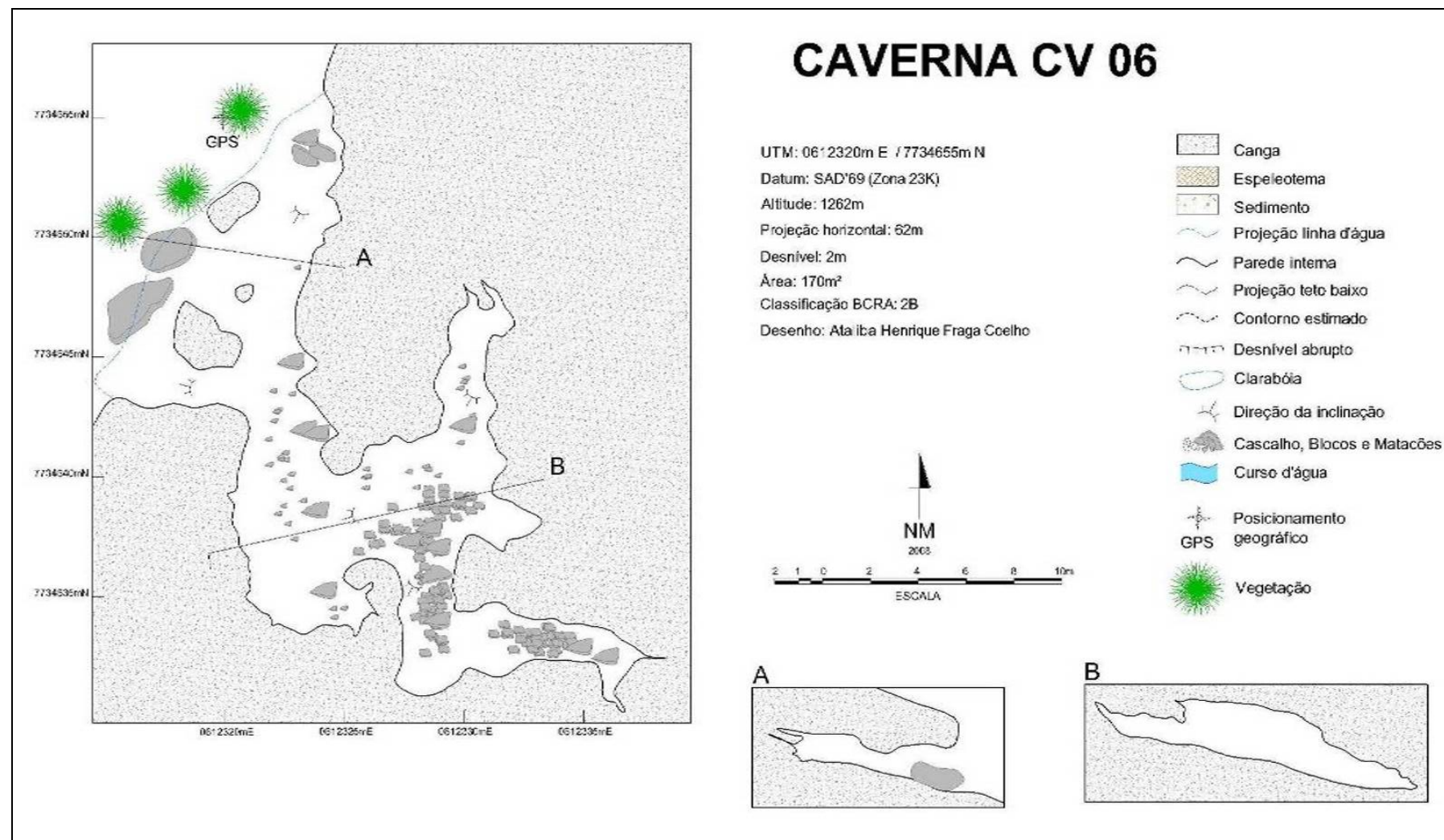


Foto 99 - Salão principal.



Foto 100 - Salão distal.

FIGURA 6.28 - Caverna CV 06



Caverna CV 07

A caverna CV 07 (Fotos 102 a 104) está posicionada na baixa vertente em um pequeno afloramento rochoso a cerca de 100 m a norte da estrada de ferro. Sua entrada é perpendicular ao sentido de inclinação da encosta. No entorno a vegetação é de campo rupestre.

Esta cavidade está inserida em quartzito da Formação Moeda. Tem como principais estruturas juntas ou fraturas plano-paralelas e foliação com mergulho em torno de 45° em direção NE. Há água empoçada no interior da cavidade, com origem certamente associada às intensas precipitações dos dias que precederam os trabalhos de campo. Trata-se de uma captura do escoamento superficial que ocorre pela lateral norte da entrada. O fluxo rapidamente retorna à superfície pela lateral oposta da entrada. O sedimento clástico observado caracteriza-se por calhaus e matações esparsos, alguns presos às paredes estreitas do conduto. Sedimento fino arenoso ocorre de modo incipiente no piso.

Com relação à morfologia, a caverna se constitui de um conduto de teto baixo e entrada larga (4 m), com pronunciado afunilamento em direção ao interior. O piso se inclina lateralmente na direção sul acompanhando a inclinação da encosta. O alinhamento do conduto é aproximadamente E-W. Não foram observados depósitos químicos.



Foto 102 - Entrada da caverna CV 07.

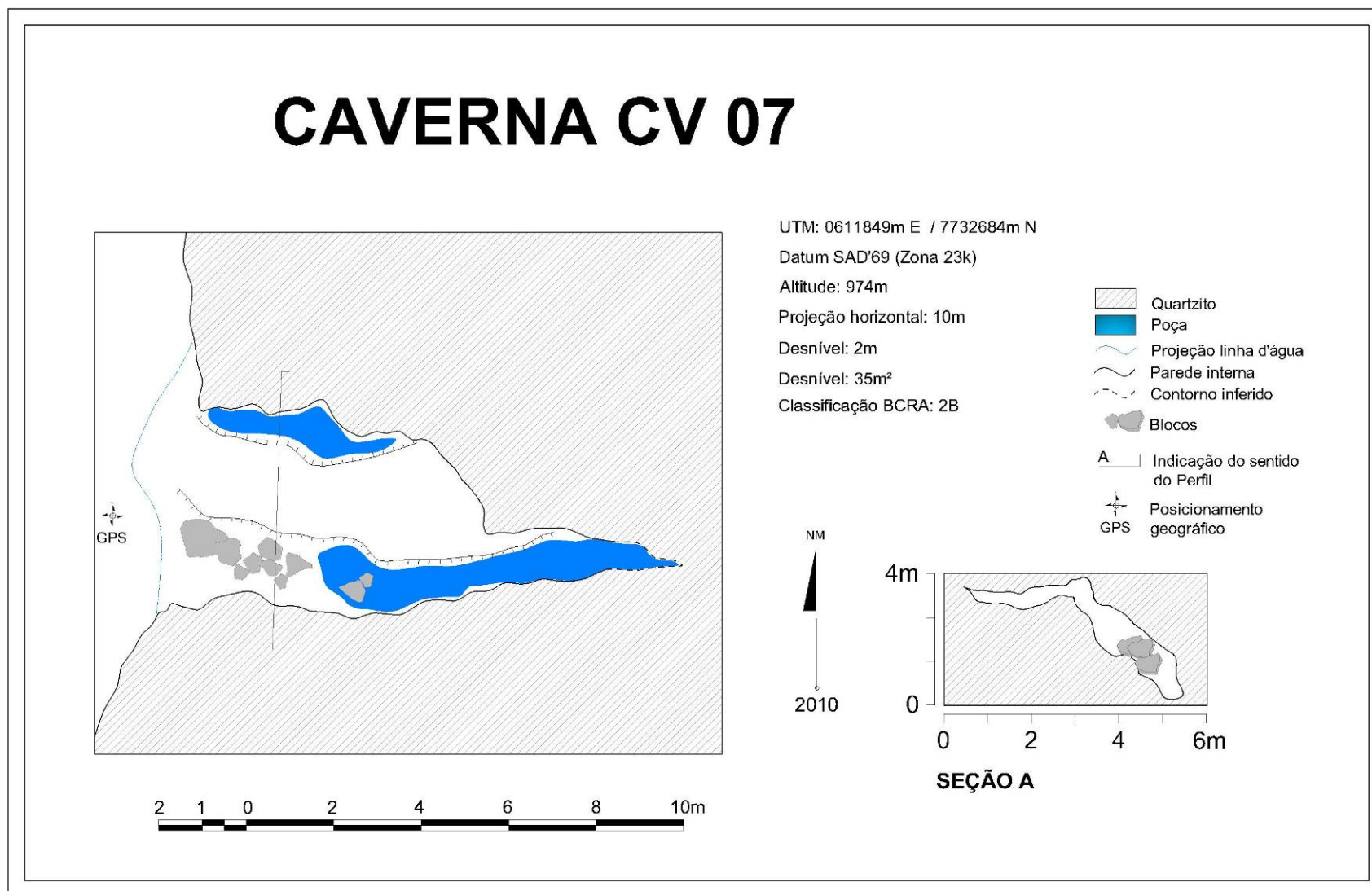


Foto 103 - Conduto com blocos entulhados.



Foto 104 - Parte central do conduto.

FIGURA 6.29 - Caverna CV 07



Grupo 2) Barragens

Após o reconhecimento geral da área e análise da litologia local da região abrangida pelas Barragens propostas pela Ferrous, notou-se um baixo potencial para espeleogênese¹.

Os afloramentos rochosos são distribuídos pontualmente na área prospectada, concentrando-se na porção nordeste das Barragens (Figura 6.40A, ao final). Estes afloramentos são constituídos de Gnaiss e apresentam feições arredondadas, pouco elevadas em relação ao nível do solo e dimensões variadas, predominando pequenos afloramentos com aproximadamente 20 m². Esses afloramentos apresentam potencial muito baixo para ocorrência de cavidades.

As drenagens naturais observadas nos trabalhos de prospecção estão geralmente inseridas em espessos perfis de solo e raramente apresentam calhaus e matacões transportados, diminuindo o potencial para formação de cavidades em depósito de tálus.

O relevo local corresponde a uma superfície planáltica, de morfologia representada por suaves colinas, características de áreas associadas às formações gnáissicas. Foram observados em campo diversos processos de movimento gravitacional de massa, ravinamentos e canais de origem antrópica. Em regiões com cobertura vegetal mais adensada, estas feições, observadas através do estudo da imagem de satélite promoviam a falsa impressão de constituírem rupturas do relevo. No entanto, a prospecção diagnosticou que estas feições são de origem erosiva ou antrópica e não apresentam potencial na formação de cavernas.

O uso do solo da região é constituído, em sua maioria, por amplas regiões cobertas por pastagens e pequenos fragmentos de cobertura vegetal nativa. As matas estão posicionadas principalmente nas regiões elevadas do relevo local, abrangendo áreas de nascentes e imediações de drenagens naturais. Estes fragmentos de cobertura vegetal nativa, observados em campo, apresentam a morfologia do relevo similar à observada em regiões amplamente cobertas por pastagens, onde não foram identificadas cavernas (Figura 6.40A, ao final, e Figuras 6.29 a 6.39, a seguir).

A prospecção realizada conforme o caminhamento apresentado não identificou a ocorrência de nenhuma caverna na região das Barragens propostas pela Ferrous. Apesar do baixo potencial para ocorrência de cavernas, deve-se ressaltar que os trabalhos de prospecção espeleológica são em geral uma amostragem, não excluindo assim a possibilidade, ainda que baixa, da ocorrência de alguma cavidade natural.

¹ Segundo Suguio (1998), a espeleogênese refere-se ao conjunto de processos como a corrosão, a erosão e o abatimento ou colapso que dá origem a cavidades naturais subterrâneas.

FIGURA 6.29 - Fotomontagem 01 (FTM-01)



FIGURA 6.30 - Fotomontagem 02 (FTM-02)



FIGURA 6.31 - Fotomontagem 03 (FTM-03)



FIGURA 6.32 - Fotomontagem 04 (FTM-04)



FIGURA 6.33 - Fotomontagem 05 (FTM-05)



FIGURA 6.34 - Fotomontagem 06 (FTM-06)



FIGURA 6.35 - Fotomontagem 07 (FTM-07)



FIGURA 6.36 - Fotomontagem 08 (FTM-08)



FIGURA 6.37 - Fotomontagem 09 (FTM-09)



FIGURA 6.38 - Fotomontagem 10 (FTM-10)



FIGURA 6.39 - Fotomontagem 11 (FTM-11)



Grupo 3) Aqueduto, Terminal de Embarque, Adutora e Rejeitoduto

A análise do mapa geológico indicou baixo potencial para a existência de cavidades. As áreas a serem afetadas por essas estruturas do empreendimento estão inseridas em xistos e filitos do Grupo Nova Lima (Terminal de Embarque e partes da Adutora, Aqueduto e Rejeitoduto), filitos da Formação Cercadinho (parte do Aqueduto e Rejeitoduto) e depósitos aluvionares compostos por argilas, areias e cascalhos (parte da Adutora).

Pouco se conhece sobre cavernas em rocha filítica no Brasil. Em algumas cavernas inseridas em metacalcários bandados na região de Botuverá, no estado do Paraná, filitos ocorrem como lentes intercaladas ao metacalcário, não podendo ser considerados rocha predominante (Genthner e Rabelo, 1999). No sul do estado da Bahia existem ocorrências esparsas de cavernas em filitos, nas margens do Riacho Moita dos Porcos, bacia do Rio de Contas, no entanto desconhecem-se publicações a respeito destas cavidades.

Nos filitos em Minas Gerais, apesar de estarem muitas vezes próximos a formações ferríferas (Formação Cauê), não se tem conhecimento, até o momento, de nenhuma ocorrência de cavernas.

Adutora

A área a ser utilizada para a implantação do adutora, com cerca de 6 km de extensão, inicia-se na margem direita do rio Paraopeba, próximo à coordenada UTM: 0607325m E - 7730753 mN. A partir deste ponto seu traçado segue na direção leste por aproximadamente 1,6 km, onde se curva para SE e posteriormente para NE. No primeiro trecho, onde ocorrem filitos da Formação Cercadinho, a superfície é marcada por avançado grau de intemperismo e o relevo é caracterizado por morros alongados e encostas com inclinação de até 45°. Os vales são pouco encaixados e afloramentos rochosos são vistos mais próximos à margem do rio Paraopeba. A vegetação é composta por pastagens e remanescentes isolados de floresta secundária. No trecho que se desenvolve a SE, sobre filitos e xistos (este último do Grupo Nova Lima) a superfície do relevo se mostra igualmente intemperizada e em alguns pontos alterada pelo traçado da ferrovia. Não foram identificados afloramentos com cavidades (Fotos 105 e 106).



Fotos 105 e 106 - Trechos do traçado da adutora (à esquerda ponto próximo à coordenada UTM: 0608864 mE - 7729865 mN e à direita ponto próximo à coordenada UTM: 0609928 mE - 7730110 mN).

Terminal de Embarque

A área destinada à instalação do Terminal de Embarque Ferroviário tem seu limite sul próximo à coordenada UTM 0611110 mE - 7730562 mN. Esta área também está inserida em xistos verdes do Grupo nova Lima. As características do relevo são as mesmas observadas na área da Planta Industrial. A vegetação é composta por faixas de pastagens associadas a relictos de mata secundária (Fotos 107 e 108).



Fotos 107 e 108 - Vistas parciais da área destinada à instalação do terminal de embarque ferroviário (coordenadas aproximadas da esquerda para a direita: UTM 0610900 mE - 7730640 mN e 0611007 mE - 7730510 mN).

Aqueduto e Rejeitoduto

As áreas destinadas à implantação do Aqueduto e do Rejeitoduto têm aproximadamente 7,4 km e 9,4 km de extensão, respectivamente, e se localizam a SE da área da futura Planta Industrial. A maior parte de seu traçado está inserida sobre domínio de xistos verdes do Grupo Nova Lima e depósitos aluviais de idade pleistocênica a holocênica. O relevo é pouco movimentado, constituído por colinas de topo arredondado e vertentes pouco íngremes (Fotos 109 e 110). A superfície encontra-se bastante intemperizada, o que dificulta a ocorrência de cavernamentos. A vegetação é composta em grande parte por pastagens e pequenas faixas de floresta secundária. Não foram observados afloramentos com cavidades.



Fotos 109 e 110 - Vistas parciais da área destinada à instalação dos dutos água e rejeito (coordenadas aproximadas da esquerda para a direita: UTM 0612570 mE - 7727810 mN e 0611810 mE - 7729050 mN).

Considerações finais

No decorrer das atividades de campo foram percorridos os limites internos de todas as estruturas denominadas de ADA do empreendimento, bem como um *buffer* de 250 metros além desses limites (Anexo 18). Ao todo, foram identificadas sete cavernas, sendo que quatro (CV 03, 04, 05, 06) se encontram próximas dos limites das ADAs da Cava e da Pilhas Norte 2 e uma (CV 07) tem seu *buffer* de 250 metros coincidente com a estrutura Pilha Sul (Figuras 6.40A, B, C e D).

A maioria das cavidades está inserida em domínio de rochas quartzíticas, sendo que três destas estão inseridas em calhas fluviais. Duas cavernas se inserem em rochas ferríferas, sendo uma em itabiritos e outra em canga. Quanto às dimensões pode-se dizer que as cavernas em quartzito podem ser consideradas de pequeno a médio porte, considerando a rocha encaixante. Quanto às cavidades em rocha ferrífera, uma delas, a CV 05, pode ser considerada de pequeno porte, ao passo que a caverna CV 06 apresenta porte relativamente grande para tal litologia.

Com relação à posição topográfica observou-se que três se situam próximas à baixa vertente (CV 01, 02 e 07), duas na média/alta vertente (CV 03 e 04) e outras duas em alta vertente (CV 05 e 06) com altitudes variando entre 936 e 1268 m.

Quanto aos atributos: volume, área, perímetro e análise de relevância, estes somente poderão ser avaliados após a realização de topografias e estudos mais detalhados.

FIGURA 6.40A - Localização das cavernas CV 01 e 02 com relação ao empreendimento e seus raios de proteção legal (250 m)

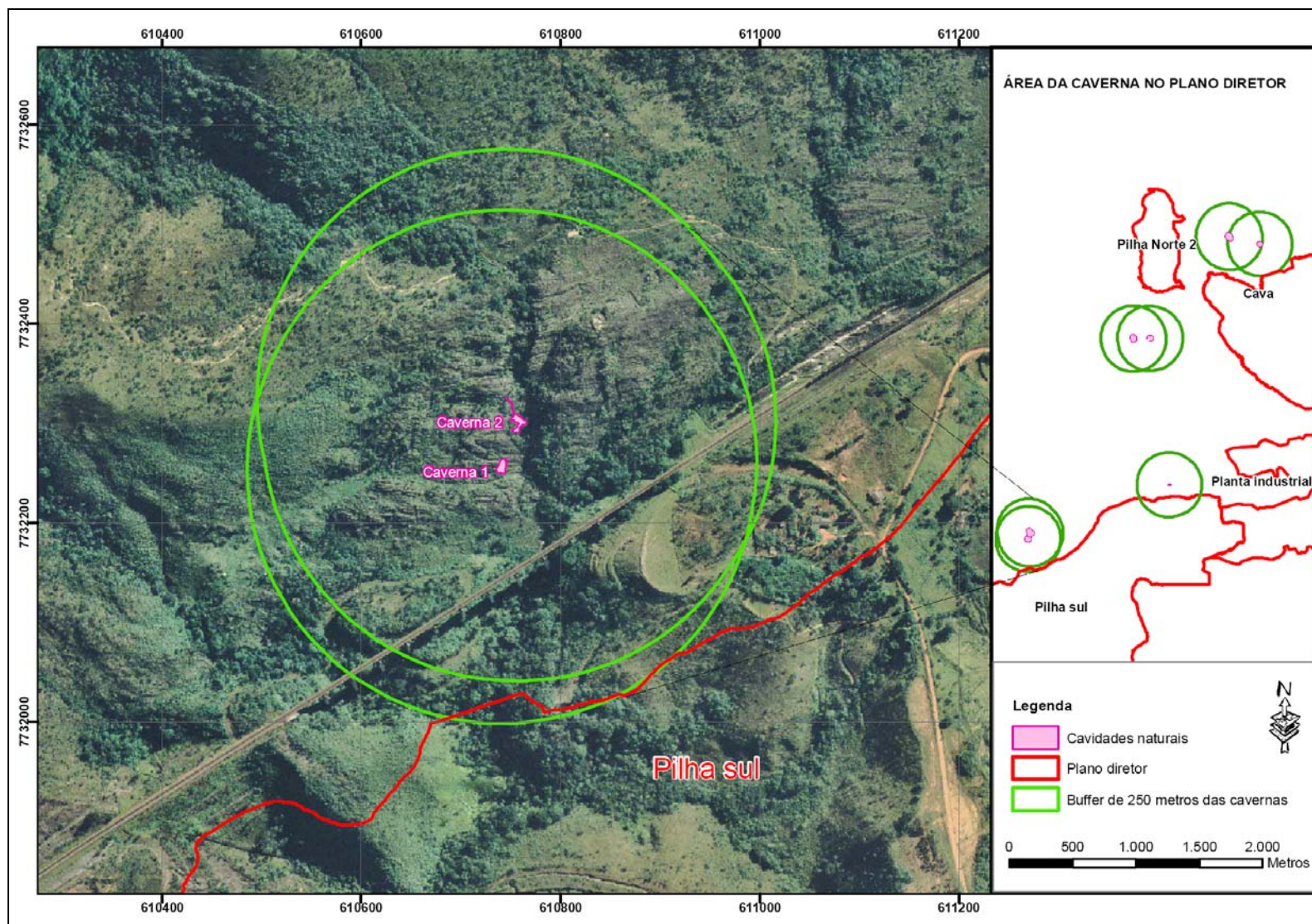


FIGURA 6.40B - Localização das cavernas CV 03 e 04 com relação ao empreendimento e seus raios de proteção legal (250 m)

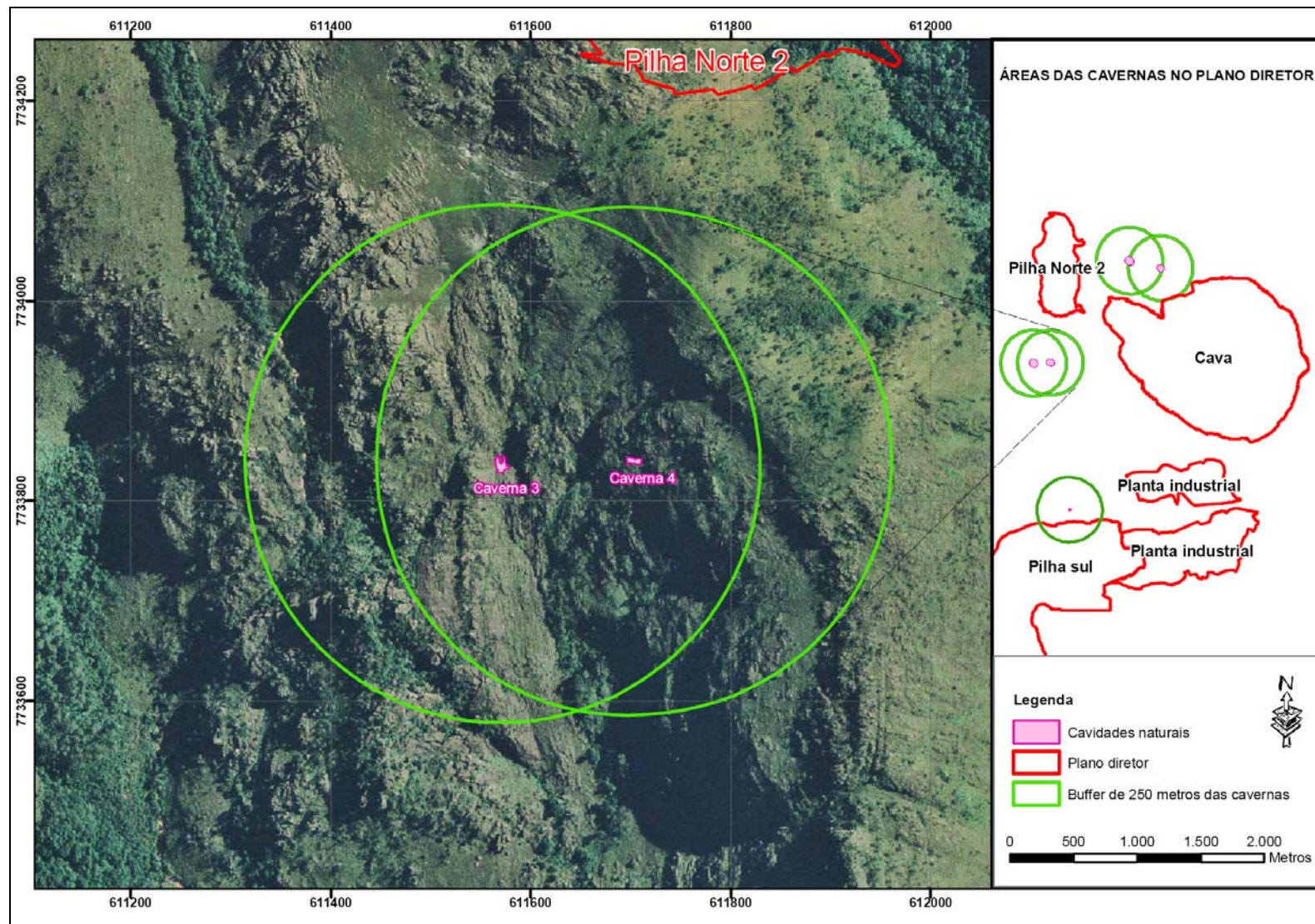


FIGURA 6.40C - Localização das cavernas CV 05 e 06 com relação ao empreendimento e seus raios de proteção legal (250 m)

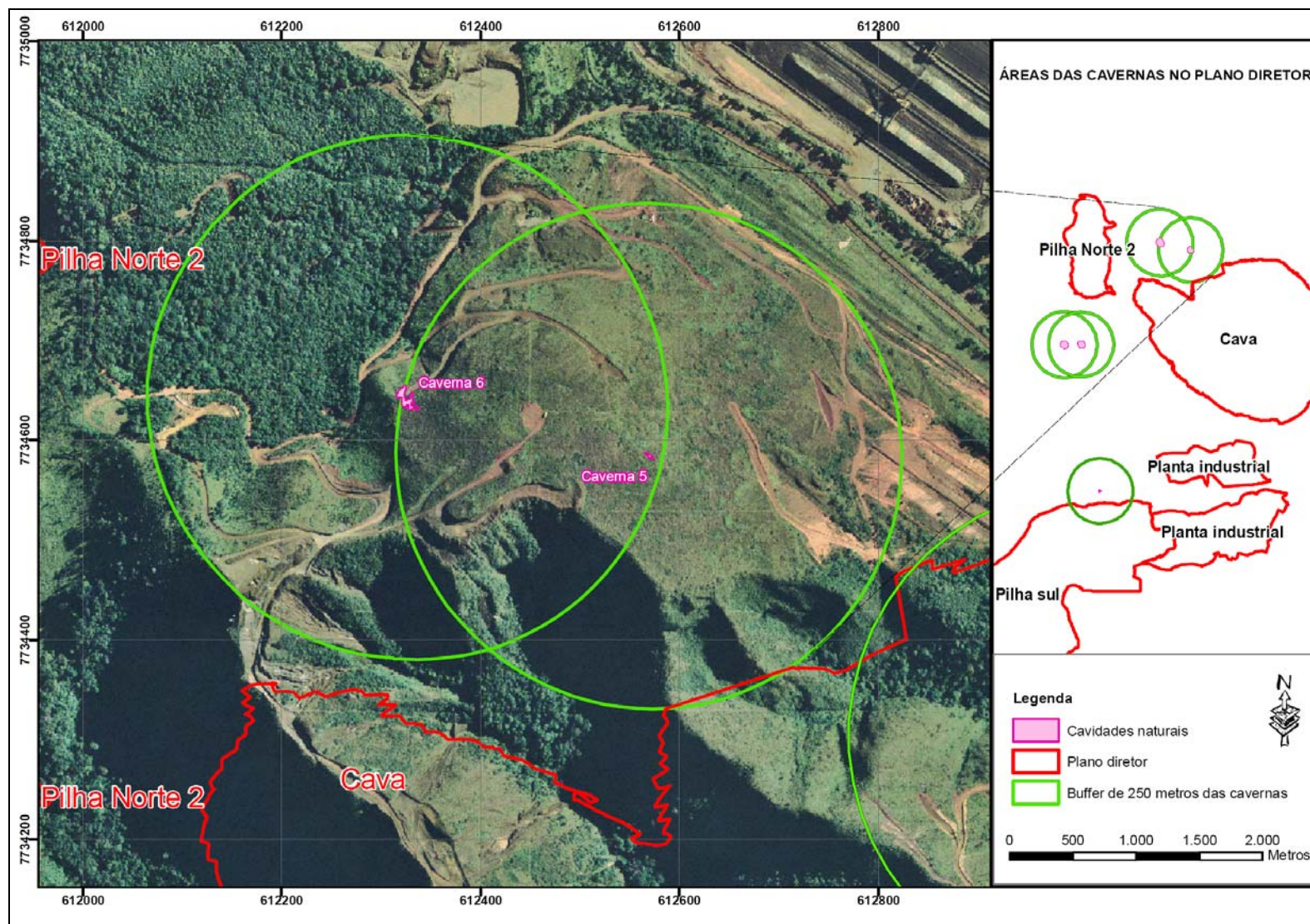
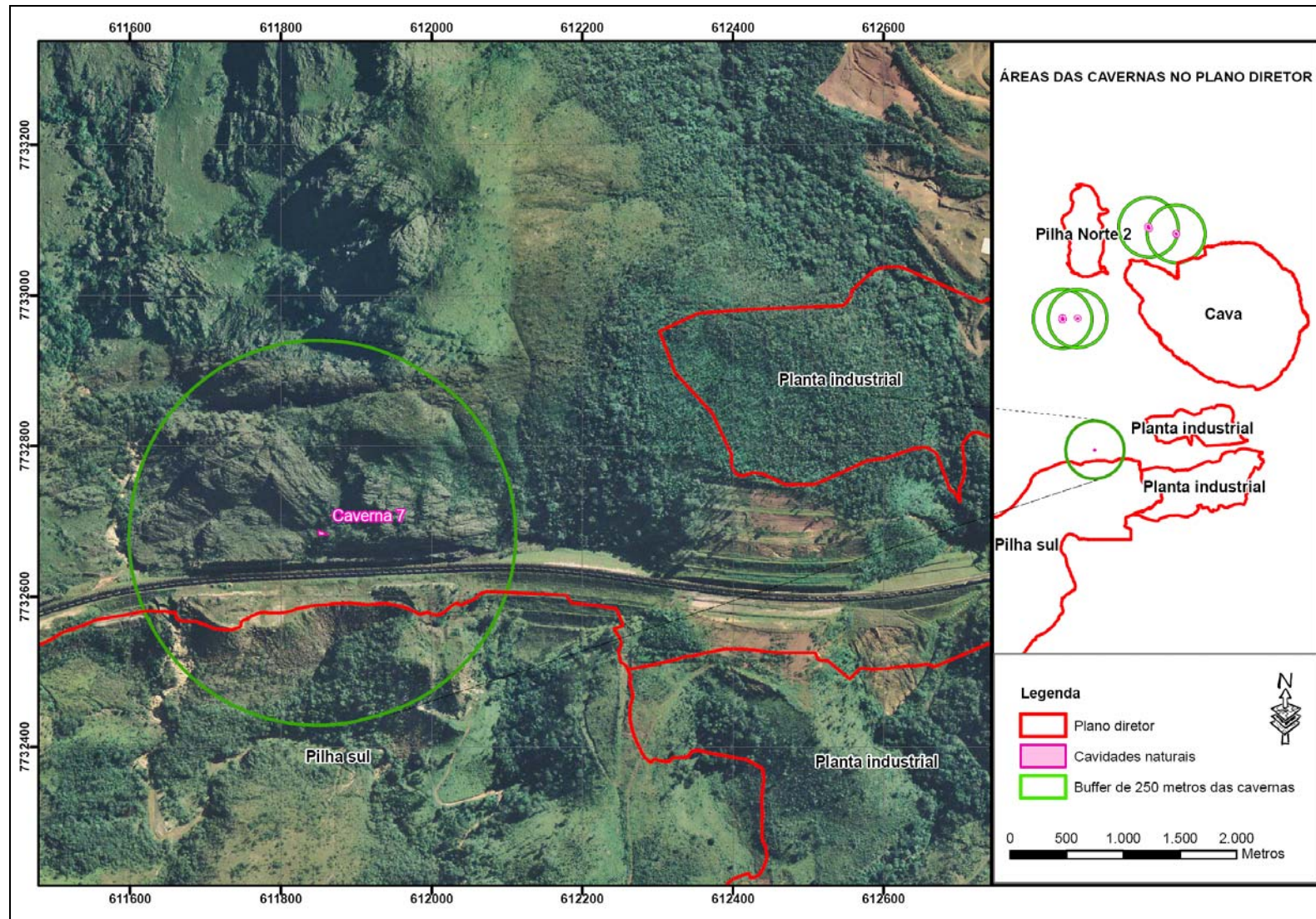


FIGURA 6.40D - Localização da caverna CV 07 com relação ao empreendimento e seu raio de proteção legal (250 m)



ANEXO 18 - LEVANTAMENTO ESPELEOLÓGICO NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20254296381

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

BRUNO FERNANDES DE AGUIAR

Título profissional: **ENGENHEIRO GEÓLOGO**

RNP: **1419510851**

Registro: **254300MG**

Empresa contratada: **VALE S/A**

Registro Nacional: **0000064699-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Vale S.A**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0037-65**

AVENIDA DOUTOR MARCO PAULO SIMON JARDIM

Nº: **3580**

Complemento:

Bairro: **MINA DE ÁGUAS CLARAS**

Cidade: **NOVA LIMA**

UF: **MG**

CEP: **34006270**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em: **01/09/2025**

Valor: **R\$ 10.000,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA DOUTOR MARCO PAULO SIMON JARDIM

Nº: **3580**

Complemento:

Bairro: **MINA DE ÁGUAS CLARAS**

Cidade: **NOVA LIMA**

UF: **MG**

CEP: **34006270**

Data de Início: **01/08/2025**

Previsão de término: **30/09/2025**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **AMBIENTAL**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **Vale S.A**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0037-65**

4. Atividade Técnica

14 - Elaboração

Quantidade

Unidade

2 - Análise > GEOCIÊNCIAS > CIÊNCIAS DA TERRA > #26.1.2 - DE ESPELEOLOGIA

1,00

un

5. Observações

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

Levantamento espeleológico

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/legpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente de que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

A3EM - Associação dos Antigos Alunos da Escola de Minas de Ouro Preto

Documento assinado digitalmente



BRUNO FERNANDES DE AGUIAR

Data: 19/09/2025 12:15:02-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

BRUNO FERNANDES DE AGUIAR - CPF: 090.267.766-75

_____, _____ de _____ de _____

Local

data

Vale S.A - CNPJ: 33.592.510/0037-65

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: yyZYW
 Impresso em: 19/09/2025 às 12:12:32 por: , ip: 155.190.29.38

www.crea-mg.org.br

Tel: 0800 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br

Fax:



Este documento foi assinado eletronicamente por Any Souza.

Para verificar as assinaturas vá ao site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br> e utilize o código 27DC-85A8-31C2-B13A. This document has been electronically signed by Any Souza. To verify the signatures, go to the site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br> and use the code 27DC-85A8-31C2-B13A.



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20254296381

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 103,03** Registrada em: **19/09/2025** Valor pago: **R\$ 103,02** Nosso Número: **8609276559**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: yyZYW
 Impresso em: 19/09/2025 às 12:12:34 por: , ip: 155.190.29.38

www.crea-mg.org.br
 Tel: 0800 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br
 Fax:



Este documento foi assinado eletronicamente por Any Souza.
 Para verificar as assinaturas vá ao site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br> e utilize o código 27DC-85A8-31C2-B13A. This document has been electronically signed by Any Souza. To verify the signatures, go to the site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br> and use the code 27DC-85A8-31C2-B13A.

PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Portal de Assinaturas Vale. Para verificar as assinaturas clique no link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/27DC-85A8-31C2-B13A> ou vá até o site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido. The above document was proposed for digital signature on the platform Portal de Assinaturas Vale . To check the signatures click on the link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/27DC-85A8-31C2-B13A> or go to the Website <https://vale.portaldeassinaturas.com.br> and use the code below to verify that this document is valid.

Código para verificação: 27DC-85A8-31C2-B13A



Hash do Documento

5D6B1234FB2FE2AFBA2CC79F640E88B9C1ED5558274EB0B6448AEEB8C7400163

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 19/09/2025 é(são) :

☒ Any Souza (Parte) - 097.320.936-41 em 19/09/2025 15:21 UTC-03:00

Tipo: Assinatura Eletrônica

Evidências

Client Timestamp Fri Sep 19 2025 15:21:30 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)

Geolocation Latitude: -19.98409 Longitude: -43.94598 Accuracy: 212

Geolocation Latitude: -19.98409 Longitude: -43.94598 Accuracy: 212

IP 189.3.251.117

Identificação: Por email: any.souza@vale.com

Hash Evidências:

A03053C70A7A427EEF18A6923B7140622D1F8161D0802171B76EE445261DE5EC





Serviço Público Federal
Conselho Federal de Biologia
Conselho Regional de Biologia - 4ª Região

Situação: DEFERIDO		Data: 18/09/2025	
ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART		Nº: 20251000115723	
CONTRATADO(A)			
Nome MARIANE SOARES RIBEIRO		Registro CRBio: 098315/04-D	
Cpf: 064.627.546-13		Tel: 983539938	
E-mail: MARIANE.SOARES.RIBEIRO@GMAIL.COM			
Endereço RUA CARLOS ROSCOE, 166			
Cidade: NOVA LIMA		Bairro: RETIRO	
CEP: 34.003-524		UF: MG	
CONTRATANTE			
Nome VALE S.A.			
Registro		CPF/CGC/CNPJ: 33.592.510/0037-65	
Endereço AVENIDA DOUTOR MARCO PAULO SIMON JARDIM, S/N			
Cidade NOVA LIMA		Bairro PIEMONTE	
CEP: 34.006-200		UF: MG	
Site:			
DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
Natureza Prestação de Serviço - EXECUÇÃO DE ESTUDOS, PROJETOS DE PESQUISA E/OU SERVIÇOS			
Identificação ELABORAÇÃO DO TERMO DE REFERÊNCIA ESPELEOLÓGICO PARA A OBRA EMERGENCIAL CAETANO LOPES			
Município do Trabalho: CONGONHAS,		UF :MG	Município da sede: NOVA LIMA,
			UF :MG
Forma de participação: EQUIPE		Perfil da equipe: EQUIPE FORMADA POR BIÓLOGOS E GEÓLOGOS.	
Área do Conhecimento: ECOLOGIA		Campo de Atuação: MEIO AMBIENTE E BIODIVERSIDADE	
Descrição sumária da atividade: Elaboração de Termo de Referência para capítulo de Estudo de Impacto Ambiental da obra emergencial da Barragem de Caetano Lopes			
Valor: R\$ 0,00		Total de horas: 40	
Início 01/09/2025		Término	
ASSINATURAS			
Declaro serem verdadeiras as informações acima			
Data: / /		Data: / /	
Assinatura do(a) Profissional		Assinatura e Carimbo do(a) Contratante	
Solicitação de baixa por distrato		Solicitação de baixa por conclusão	
Data: / / Assinatura do(a) Profissional		Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.	
Data: / / Assinatura e Carimbo do(a) Contratante		Data: / / Assinatura do(a) Profissional	
		Data: / / Assinatura e Carimbo do(a) Contratante	

verifique a autenticidade





ANEXO 4.

PROTOCOLO DE SOLICITAÇÃO DA DISPENSA DO PEA



Recibo Eletrônico de Protocolo - 123662005

Usuário Externo (signatário): Tamara Patrícia da Silva Pessoa
Data e Horário: 25/09/2025 11:00:01
Tipo de Peticionamento: Processo Novo
Número do Processo: 2090.01.0010532/2025-05
Interessados:

Tamara Patrícia da Silva Pessoa

Protocolos dos Documentos (Número SEI):

- Documento Principal:
- Formulário de Protocolo 123661909
- Documentos Complementares:
- Documento Carta de Apresentação 123661912
- Documento Formulário de solicitação de Dispensa 123661916
- Documento KML da ADA e AID 123661921
- Documento PEAP Vol.1 123661924
- Documento PEAP Vol.2 123661991
- Documento Relatório PEAP 123661997

O Usuário Externo acima identificado foi previamente avisado que o peticionamento importa na aceitação dos termos e condições que regem o processo eletrônico, além do disposto no credenciamento prévio, e na assinatura dos documentos nato-digitais e declaração de que são autênticos os digitalizados, sendo responsável civil, penal e administrativamente pelo uso indevido. Ainda, foi avisado que os níveis de acesso indicados para os documentos estariam condicionados à análise por servidor público, que poderá alterá-los a qualquer momento sem necessidade de prévio aviso, e de que são de sua exclusiva responsabilidade:

- a conformidade entre os dados informados e os documentos;
- a conservação dos originais em papel de documentos digitalizados até que decaia o direito de revisão dos atos praticados no processo, para que, caso solicitado, sejam apresentados para qualquer tipo de conferência;
- a realização por meio eletrônico de todos os atos e comunicações processuais com o próprio Usuário Externo ou, por seu intermédio, com a entidade porventura representada;
- a observância de que os atos processuais se consideram realizados no dia e hora do recebimento pelo SEI, considerando-se tempestivos os praticados até as 23h59min59s do último dia do prazo, considerado sempre o horário oficial de Brasília, independente do fuso horário em que se encontre;
- a consulta periódica ao SEI, a fim de verificar o recebimento de intimações eletrônicas.

A existência deste Recibo, do processo e dos documentos acima indicados pode ser conferida no Portal na Internet do(a) Fundação Estadual do Meio Ambiente.



clam.com.br