

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E PARNAÍBA

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

BARRAGEM ESTREITO

VOLUME VI. PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA



Documento:
1912-ES-00-RT-006

Revisão nº:
01

SUMÁRIO DO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM ESTREITO

- Volume I Informações Gerais: resumo técnico e executivo de todo conteúdo do Projeto da Barragem, do Plano de Segurança de Barragens e demais estudos técnicos associados.
- Volume II Documentação Técnica do Empreendimento: compilação de toda documentação técnica e administrativa do empreendimento, incluindo, projetos, estudos, títulos de propriedade, licenças ambientais e outorgas de recursos hídricos.
- Volume III Planos e Procedimentos: manual técnico para normatizar e orientar as atividades de: Operação, Manutenção, Recuperação, Melhoria, Inspeção (Regular e Especial), Monitoramento e Instrumentação.
- Volume IV Registros e Controles: compilação das fichas e relatórios relativos às atividades normatizadas pelo Volume III.
- Volume V Revisão Periódica de Segurança da Barragem (RPSB): relatório técnico cujo objetivo é revisar os conteúdos do PSB e diagnosticar o estado geral de segurança da barragem, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização de dados hidrológicos, as alterações das condições a montante e a jusante do empreendimento, e indicar as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança.
- Volume VI Plano de Ação de Emergência (PAE): manual técnico para normatizar e orientar as atividades de identificação, comunicação, prevenção e resposta a eventos de emergência. Registros do PAE: compilação das comunicações e relatórios relativos às situações de alerta e emergência.**

Acesso à documentação digital

Servidor Interno: [\\drive\AD.Barragens\PSB\2SR\I.2.3.Estreito](#)

Servidor Externo: N/E

VOLUME VI – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA

1. INFORMAÇÕES GERAIS DO PAE E DA BARRAGEM	1
1.1. APRESENTAÇÃO DO PAE.....	1
1.2. OBJETIVO.....	3
1.3. IDENTIFICAÇÃO E CONTATOS DO EMPREENDEDOR, DO COORDENADOR DO PAE E DAS ENTIDADES CONSTANTES DO FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO.....	4
1.3.1. CONTATOS INTERNOS	5
1.3.2. CONTATOS EXTERNOS	5
1.4. DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM E ESTRUTURAS ASSOCIADAS	10
1.4.1. IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM.....	11
1.4.2. DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM	12
1.4.3. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS, GEOLÓGICAS E SÍSMICAS	16
1.4.4. RESERVATÓRIO	26
1.4.5. ÓRGÃOS EXTRAVASORES.....	29
1.4.6. INSTRUMENTAÇÃO	36
1.4.7. ACESSOS À BARRAGEM.....	36
1.5. RECURSOS MATERIAIS E LOGÍSTICOS NA BARRAGEM EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA	39
2. DETECÇÃO, AVALIAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE RESPOSTA	41
2.1. CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES	42
2.2. AÇÕES ESPERADAS	49
2.2.1. NÍVEL VERDE.....	49
2.2.2. NÍVEL AMARELO.....	49
2.2.3. NÍVEL LARANJA.....	50
2.2.4. NÍVEL VERMELHO	51
3. PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÕES E SISTEMAS DE ALERTA.....	54
3.1. OBJETIVO.....	54
3.2. NOTIFICAÇÃO	54
3.3. SISTEMA DE ALERTA	55
3.4. FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO	55
4. RESPONSABILIDADES GERAIS NO PAE	58
4.1. RESPONSABILIDADES DO EMPREENDEDOR.....	58
4.2. RESPONSABILIDADES DO COORDENADOR DO PAE	59

4.3. RESPONSABILIDADES E ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE DO PAE	60
4.3.1. INTRODUÇÃO	60
4.3.2. COORDENADOR GERAL	61
4.3.3. ENCARREGADO DA BARRAGEM	61
4.3.4. EQUIPE DE CONTROLE EMERGENCIAL DA BARRAGEM.....	62
4.3.5. CENTRAL DE OPERAÇÕES EMERGENCIAIS	62
4.4. SISTEMA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL (SINPDEC).....	62
5. SÍNTESE DO ESTUDO DE RUPTURA DA BARRAGEM E MAPA DE INUNDAÇÃO	64
5.1. SÍNTESE DO ESTUDO DE ROMPIMENTO	64
5.1.1. MODELO HIDRODINÂMICO	64
5.1.2. MODELO DE DESENVOLVIMENTO DA BRECHA DE RUPTURA	66
5.1.3. CRITÉRIOS E CENÁRIOS DE MODELAGEM DA CHEIA DE RUPTURA.....	68
5.1.4. RESULTADOS DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO E MAPA DE INUNDAÇÃO	71
5.2. DELIMITAÇÃO DAS ZONAS DE AUTOSSALVAMENTO E SEGURANÇA SECUNDÁRIA	74
5.3. PLANEJAMENTO DE ROTAS DE FUGA E PONTOS DE ENCONTRO.....	75
5.4. LEVANTAMENTO CADASTRAL E MAPEAMENTO DA POPULAÇÃO DA ZAS, INCLUINDO A IDENTIFICAÇÃO DE VULNERABILIDADES SOCIAIS.....	76
5.4.1. MAPEAMENTO DE DANOS NA MANCHA DE INUNDAÇÃO	76
5.4.2. VULNERABILIDADE SOCIAL NA REGIÃO DA ZAS	80
REFERÊNCIAS	82
ANEXO 1 – PLANO DE TREINAMENTO DO PAE.....	A
ANEXO 2 – MEIOS E RECURSOS EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA	A
ANEXO 3 – FORMULÁRIOS DE NOTIFICAÇÃO.....	A
ANEXO 4 – COORDENADAS DAS ESTRUTURAS E PONTOS VULNERÁVEIS NA ZAS	A
ANEXO 5 – PERSONOGRAMA	B
ANEXO 6 – REGISTROS.....	A
ANEXO 7 – FICHAS DE EMERGÊNCIA – NÍVEL DE RESPOSTA 3.....	A
ANEXO 8 – METODOLOGIA PARA DELIMITAÇÃO DA ZAS, DA ZSS, DAS ROTAS DE FUGA E DOS PONTOS DE ENCONTRO	A
ANEXO 9 – MAPAS DE INUNDAÇÃO	A

1. INFORMAÇÕES GERAIS DO PAE E DA BARRAGEM

1.1. APRESENTAÇÃO DO PAE

A Revisão Periódica de Segurança da Barragem Estreito (RPSB) é apresentada no Volume V do Plano de Segurança da Barragem Estreito (PSB). Conforme apresentado na RPSB, a barragem Estreito foi classificada, com base na categoria de risco e de dano potencial associado, como sendo de **CLASSE A**. Assim, o presente Plano de Ação de Emergência (PAE) da barragem Estreito é um documento formal em que estão estabelecidas as ações a serem executadas pela Codevasf durante uma situação de emergência que ameace as estruturas da barragem Estreito no sentido de reduzir o risco de perda de vida humana e minimizar os danos materiais bem como identificar os agentes a serem notificados dessa ocorrência. Este é um documento para suporte na elaboração dos planos de contingência municipais pelos respectivos órgãos de Defesa Civil (Art. 12 da Lei nº 12.334/2010).

A gestão de emergências aplicada a barragens é constituída por um conjunto de ações coordenadas que visam minimizar a magnitude dos possíveis danos devidos a incidentes e acidentes, assegurando a resposta mais adequada durante e após a ocorrência de um evento anômalo à operação da barragem.

Procedimentos internos de controle da barragem são mantidos pela Codevasf, prevendo desde ações de monitoramento contínuo da barragem até a identificação e tratamento de anomalias que venham a ser diagnosticadas e que possam causar risco à segurança da barragem. Estes procedimentos são objeto do Plano de Segurança da Barragem Estreito (PSB).

O PAE da barragem Estreito é um documento operacional, destinado também aos órgãos e ao público externo, elaborado com informações suficientes para torná-lo eficaz em caso de emergência na barragem. E, por esse motivo, encontram-se informações úteis à gestão de emergência externa à barragem e estruturas associadas.

Foram utilizados como referência para a elaboração do presente PAE as seguintes legislações vigentes:

- Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010, referente à Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB);
- Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020, altera a Lei nº 12.334, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB);
- Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens (Volume IV) – Guia de Orientação e Formulários do Plano de Ação de Emergência, publicado pela Agência Nacional de Águas (ANA) do Ministério do Meio Ambiente em 2016; e

- Resolução n.º 236 da Agência Nacional de Águas (ANA), de janeiro de 2017. Estabelecendo a periodicidade e conteúdo a ser apresentado nos Planos de Segurança de Barragens, Revisões Periódicas de Segurança de Barragens, Inspeções de Segurança e Planos de Ação de Emergência.
- Resolução n.º 143 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, de 10 de julho de 2012. Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.
- Resolução n.º 132 da Agência Nacional de Águas (ANA), de 22 de fevereiro de 2016. Estabelece critérios complementares de classificação de barragens reguladas pela Agência Nacional de Águas – ANA, quanto ao Dano Potencial Associado - DPA, com fundamento no art. 5º, §3º, da Resolução CNRH nº 143, de 2012, e art. 7º da Lei nº 12.334, de 2010.

O PAE está dividido nos seguintes itens:

- Capítulo 1: apresenta informações gerais sobre o PAE e a caracterização da barragem, sendo que as referências de caracterização foram obtidas do Volume V do Plano de Segurança da Barragem Estreito.
- Capítulo 2: define critérios para identificação de anomalias ou de condições potenciais de ruptura da barragem, bem como os procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência;
- Capítulo 3: apresenta os procedimentos de notificação e o sistema de alerta necessários para notificar as entidades intervenientes na gestão de emergências e desencadear o aviso às populações;
- Capítulo 4: inclui a definição da cadeia de decisão e a identificação dos principais intervenientes no processo de gestão da emergência; e
- Capítulo 5: caracteriza a cheia induzida pela ruptura da barragem, incluindo os mapas de inundação e o correspondente zoneamento de risco a jusante.

O PAE contém ainda os seguintes anexos:

- Anexo 1: Plano de Treinamento PAE
- Anexo 2: Meios e Recursos em Situação de Emergência;
- Anexo 3: Formulários Tipo;
- Anexo 4: Coordenadas das estruturas e pontos vulneráveis nas ZAS.
- Anexo 5: Personograma
- Anexo 6: Controle de Revisão e Distribuição

- Anexo 7: Fichas de Emergência - NR3
- Anexo 8: Delimitação ZAS, ZSS, rotas de fuga, pontos de encontro
- Anexo 9: Mapas de Inundação

O presente PAE da barragem Estreito deverá ser atualizado anualmente, sendo incluídas as novas informações, e com remoção dos dados tornados desatualizados e/ou incorretos (Anexo 6). As folhas corrigidas deverão ser anotadas adequadamente em seu rodapé e suas cópias serão distribuídas para todas as pessoas que participem do PAE e tenham em seu poder uma cópia para uso.

1.2. OBJETIVO

O PAE da barragem Estreito tem por objetivo principal estabelecer ações a serem executadas nas situações de emergência que ameacem a integridade física da barragem e estruturas associadas ou gerem riscos aos habitantes da região, buscando minimizar os danos sociais e econômicos previamente identificados.

O PAE da barragem Estreito contempla, seguindo as determinações do Artigo 12.º da Lei n.º 12.334/2010, alterada pela Lei n.º 14.066/2020, os seguintes tópicos:

- I. Descrição das instalações da barragem e das possíveis situações de emergência;
- II. Procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento, de condições potenciais de ruptura da barragem ou de outras ocorrências anormais;
- III. Procedimentos preventivos e corretivos e ações de resposta às situações emergenciais identificadas nos cenários acidentais;
- IV. Programas de treinamento e divulgação para os envolvidos e para as comunidades potencialmente afetadas, com a realização de exercícios simulados periódicos;
- V. Atribuições e responsabilidades dos envolvidos e fluxograma de acionamento;
- VI. Medidas específicas, em articulação com o poder público, para resgatar atingidos, pessoas e animais, para mitigar impactos ambientais, para assegurar o abastecimento de água potável e para resgatar e salvaguardar o patrimônio cultural;
- VII. Dimensionamento dos recursos humanos e materiais necessários para resposta ao pior cenário identificado;
- VIII. Delimitação da Zona de Autossalvamento (ZAS) e da Zona de Segurança Secundária (ZSS), a partir do mapa de inundação referido no inciso XI do caput do art. 8º desta Lei;
- IX. Levantamento cadastral e mapeamento atualizado da população existente na ZAS, incluindo a identificação de vulnerabilidades sociais;

- X. Sistema de monitoramento e controle de estabilidade da barragem integrado aos procedimentos emergenciais;
- XI. Plano de comunicação, incluindo contatos dos responsáveis pelo PAE no empreendimento, da prefeitura municipal, dos órgãos de segurança pública e de proteção e defesa civil, das unidades hospitalares mais próximas e das demais entidades envolvidas;
- XII. Previsão de instalação de sistema sonoro ou de outra solução tecnológica de maior eficácia em situação de alerta ou emergência, com alcance definido pelo órgão fiscalizador;
- XIII. Planejamento de rotas de fuga e pontos de encontro, com a respectiva sinalização.

O Anexo 4 apresenta as coordenadas das estruturas e pontos vulneráveis na Zona de Autossalvamento, ou seja, a região a jusante da barragem em que se considera não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de acidente.

O PAE é um documento que deve ser adaptado à fase de vida da obra, às circunstâncias de operação e às suas condições de segurança. É, por isso, um documento datado que deve ser periodicamente revisado, nomeadamente, sempre que haja lugar a alterações dos dados dos intervenientes e, ainda, na sequência da realização de exercícios de teste ou da ocorrência de situações de emergência, que justifiquem alterações ao plano.

O treinamento e divulgação do Plano de Ação de Emergência da barragem Estreito será realizado por meio de exercícios de simulação, bem como de ações de sensibilização da população como descritos no Anexo 1.

1.3. IDENTIFICAÇÃO E CONTATOS DO EMPREENDEDOR, DO COORDENADOR DO PAE E DAS ENTIDADES CONSTANTES DO FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO

Os contatos para notificação de entidades com responsabilidades instituídas, em particular do Empreendedor, do Coordenador do PAE, do Sistema de Defesa Civil são apresentados a seguir e no Fluxograma de Notificação que consta na Figura 3.1 (Capítulo 3 – Procedimentos de notificação e sistema de alerta).

1.3.1. CONTATOS INTERNOS

Empreendedor			
Resp. Legal:	PR - Presidência		
Representante:	Marcelo Andrade Moreira Pinto		
Cargo:	Presidente		
Telefone:	(61) 2028-4660	E-mail:	marcelo.moreira@codevasf.gov.br

Coordenador Geral			
Resp. Regional:	2ª/SR - 2ª Superintendência Regional		
Representante:	Harley Xavier Nascimento		
Cargo:	Superintendente		
Telefone:	(077) 3481-8000	E-mail:	harley.nascimento@codevasf.gov.br

Coordenador do PAE e Supervisor Regional			
Resp. Regional:	2ª/GRD – Gerência Regional de Infraestrutura		
Cargo:	Gerente		
Resp. Técnico:	Renato do Rosário Bittencourt Lopes		
Formação:	Eng. Civil, MSc		
Telefone:	(077) 3481-8021	E-mail:	renato.lopes@codevasf.gov.br

1.3.2. CONTATOS EXTERNOS

Órgãos Federais		
Órgão	Contato	Site / E-mail
Secretaria Nacional de Defesa Civil Federal – SEDEC Secretário: Renato Newton Ramlow	(61) 2034-5513	http://www.mi.gov.br/sedec sedec@mdr.gov.br
Departamento de Operações de Socorro em Desastres Diretor: Armin Augusto Braun Coord. Geral de Prevenção e Preparação: César da Silva Santana	(61) 2034-4513 (61) 2034-4215	http://www.mi.gov.br/sedec
Departamento de Reabilitação e de Reconstrução Diretor: Paulo Roberto Farias Falcão Coord. Geral de Reabilitação e Reconstrução: Rosilene Vaz Cavalcanti	(61) 2034-5584 (61) 2034-5862	http://www.mi.gov.br/sedec
Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CENAD Diretor: Washington Cezar Duarte Coord. Geral de Operação e Monitoramento: Tarcísio de Souza Vasconcelos	(61) 2034-4600 (61) 2034-4612 (61) 2034-4620	http://www.mi.gov.br/sedec cenad@integracao.gov.br

Órgãos Estaduais		
Órgão	Contato	Site / E-mail
SEMA – SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DA BAHIA Secretário: João Carlos de Oliveira da Silva	(71) 3115-9802 (71) 3115-3804	http://www.meioambiente.ba.gov.br/ gabinete.sema@sema.ba.gov.br
SEMAD – SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE MINAS GERAIS Secretário: Germano Luiz Gomes Vieira	(31) 3915-1905 (31) 3228-7834	http://www.meioambiente.mg.gov.br/ secretario.semam@meioambiente.mg.gov.br
SISTEMA DE DEFESA CIVIL DO ESTADO DA BAHIA (CEDEC) Diretor: Paulo Sérgio Menezes Luiz	(71) 3115-3000 (71) 3371-9874	http://www.defesacivil.ba.gov.br/ paulosergio.luz@sudec.ba.gov.br
SISTEMA DE DEFESA CIVIL DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CEDEC) Diretor: Cor. PM Rodrigo Sousa Rodrigues	(31) 99818-2400 (31) 3915-0199	http://www.defesacivil.mg.gov.br/
POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DA BAHIA Comandante Geral: Coronel PM Anselmo Alves Brandão	(71) 3117-6048 (71) 3117-4802	http://www.pm.ba.gov.br/ cg.cmt@pm.ba.gov.br
POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE MINAS GERAIS Comandante Geral: Coronel Giovanna Gomes da Silva	(31) 3071-2540 (31) 3071-2608	https://www.policiamilitar.mg.gov.br/
CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DA BAHIA Comandante Geral: Francisco Luiz Telles de Macêdo	(71) 3116-6782	http://www.cbm.ba.gov.br/ cg.gabinete@cbm.ba.gov.br
CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE MINAS GERAIS Comandante Geral: Coronel BM Edgard Estevo da Silva	(31) 3915-7525 (31) 3915-7510	http://www.bombeiros.mg.gov.br/

Órgãos Municipais		
Órgão	Contato	Site / E-mail
PREFEITURA MUNICIPAL URANDI - BA Prefeito: Warlei Oliveira de Souza	(77) 3456-2127	http://www.urandi.ba.gov.br/ prefeitura.urandi@urandi.ba.gov.br
DEFESA CIVIL (COMDEC) URANDI - BA Coordenador:	Sem informação*	Sem informação*
PREFEITURA MUNICIPAL SEBASTIÃO LARANJEIRAS - BA Prefeito: Pedro Antônio Pereira Malheiros	(77) 3668-2243	contato@sebastiao-laranjeiras.ba.gov.br
DEFESA CIVIL (COMDEC) SEBASTIÃO LARANJEIRAS - BA Coordenador:	Sem informação*	Sem informação*

Órgãos Municipais		
Órgão	Contato	Site / E-mail
PREFEITURA MUNICIPAL IUIU - BA Prefeito: Reinaldo Barbosa de Góes	(77) 3682-2122 (77) 3682-2009	http://www.iuiu.ba.gov.br/ pmiuiugp@hotmail.com
DEFESA CIVIL (COMDEC) IUIÚ - BA Coordenador:	Sem informação*	Sem informação*
PREFEITURA MUNICIPAL MALHADA - BA Prefeito: Dr Gimmy Ramos	(77) 3691-2145 (77) 3691-2149	www.malhada.ba.gov.br contato@malhada.ba.gov.br
DEFESA CIVIL (COMDEC) MALHADA - BA Coordenador:	Sem informação*	Sem informação*
PREFEITURA MUNICIPAL ESPINOSA - MG Prefeito: Milton Barbosa Lima	(38) 3812-2000	http://espinosa.mg.gov.br/ prefeituraespinosa@yahoo.com.br
DEFESA CIVIL (COMDEC) ESPINOSA - MG Coordenador: João Carlos Alves Boa-Sorte	Sem informação*	Sem informação*
PREFEITURA MUNICIPAL GAMELEIRAS – MG Prefeito: Gilmar Rodrigues de Oliveira	(38) 3811-9104	https://www.gameleiras.mg.gov.br/ contato@gameleiras.mg.gov.br
DEFESA CIVIL (COMDEC) GAMELEIRAS – MG Coordenador:	Sem informação*	Sem informação*
PREFEITURA MUNICIPAL MATIAS CARDOSO - MG Prefeito: Maurelio Santos Pereira	(38) 3616-3151	https://www.matiascardoso.mg.gov.br/ prefeitura@matiascardoso.mg.gov.br
DEFESA CIVIL (COMDEC) MATIAS CARDOSO - MG Coordenador:	Sem informação*	Sem informação*
PREFEITURA MUNICIPAL (COMDEC) MANGA - MG Prefeito: Anastácio Guedes Saraiva	(38) 3615-2112	https://manga.mg.gov.br/ gabinetemanga@hotmail.com
DEFESA CIVIL (COMDEC) MANGA - MG Coordenador:	Sem informação*	Sem informação*

* Sugere-se novas tentativas de contato para complementação da tabela em versões futuras do PSB.

Outras Agências		
Agência	Contato	Site / E-mail
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) - COORDENAÇÃO DE FISCALIZAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS E SEGURANÇA DE BARRAGENS - COFIS Diretora Presidente: Christianne Dias	(61) 2109-5400 (61) 2109-5252	http://www.ana.gov.br/cofis@ana.gov.br

Rede de Saúde Regional		
Unidade	Contato	Endereço
HOSPITAL REGIONAL DE GUANAMBI	(77) 3451-6060	Rua Dr. José Humberto Nunes, 1750 - Paraíso, Guanambi - BA, 46430-000
HOSPITAL NOVA ALIANÇA	(77) 3452-3500	Rua Álvaro Guimarães, 45 - Aeroporto Velho, Guanambi - BA, 46430-000
HOSPITAL MUNICIPAL PADRE ANTÔNIO MANOEL ROCHA	(77) 3456-2154	Rua Anísio Teixeira, 2, Urandi , BA
HOSPITAL MUNICIPAL SÃO GERALDO	(77) 3691-2162	Av. Santa Cruz, s/n - Centro, Malhada - BA, 46440-000
SANTA CASA MONTES CLAROS	(38) 3229-2000	Praça Honorato Alves, 22 - Centro, Montes Claros - MG, 39400-103
HOSPITAL DAS CLÍNICAS DR. MÁRIO RIBEIRO	(38) 3218-8161	Rua Plínio Ribeiro, 539 - Jardim Brasil, Montes Claros - MG, 39401-222
HOSPITAL PRONTOSOCORO DE MONTES CLAROS	(38) 2101-1999	Av. Mestra Fininha, 920 - Melo, Montes Claros - MG, 39401-074
HOSPITAL UNIVERSITÁRIO CLEMENTE DE FARIA	(38) 3224-8000	Av. Cula Mangabeira, 562 - Santo Expedito, Montes Claros - MG, 39401-001
HOSPITAL PRÓ-VIDA	(38) 2211-6000	Av. Nossa Sra. de Fátima, 719 - São Judas Tadeu, Montes Claros - MG, 39402-369
HOSPITAL MUNICIPAL RISOLETA GUIMARÃES TOLENTINO NEVES	(38) 3812-1995	Av. Juscelino Kubitscheck, 725, Espinosa - MG, 39510-000
HOSPITAL REGIONAL DE JANAÚBA	(38) 3821-1138	Av. Pedro Álvares Cabral, 140 - Veredas, Janaúba - MG, 39440-000

O PAE da barragem Estreito deve estar disponível conforme apresentado na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Disponibilidade do PAE

Local	Meio
Site do Empreendedor	Digital
SNISB	Digital
Entidade Fiscalizadora	Digital
Residência do Coordenador do PAE	Físico
Empreendimento	Físico
Escritório Regional, caso exista	Físico
Sede	Físico
Prefeituras Municipais	Físico
Defesas Cíveis Estaduais e Municipais	Físico

Fonte: Lei nº 12.334/2020. Lei nº 14.066/2020. Res. ANA nº 236/2017.

O PAE deverá ser atualizado anualmente nos seguintes aspectos: endereços, telefones e e-mails dos contatos contidos no Fluxograma de Acionamento; responsabilidades gerais no PAE; listagem de recursos materiais e logísticos disponíveis a serem utilizados em situação de emergência; e outras informações que tenham se alterado no período (ANA nº 236/2017).

O PAE deve ser revisado nas seguintes ocasiões (Lei nº 14.066/2020): i) Quando o relatório de inspeção ou a Revisão Periódica de Segurança de Barragem assim o recomendar; ii) Sempre que a instalação sofrer modificações físicas, operacionais ou organizacionais capazes de influenciar no risco de acidente ou desastre; iii) Quando a execução do PAE em exercício simulado, acidente ou desastre indicar a sua necessidade; iv) Em outras situações, a critério do órgão fiscalizador.

A periodicidade da RPSB para barragens Classe A é de 5 anos e o PAE deve ser revisado por ocasião da realização da RPSB. (ANA nº 236/2017).

A revisão do PAE implica na reavaliação da ocupação a jusante e da eventual necessidade de elaboração de novo mapa de inundação (ANA nº 236/2017).

A implementação eficaz de um PAE exige que os documentos-base sejam controlados, com a distribuição de cópias restringidas às entidades com responsabilidades instituídas, garantindo o conhecimento e a utilização de planos sempre atualizados. Assim, deve estar identificada a relação das entidades que receberam cópia do PAE (Anexo 6).

1.4. DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM E ESTRUTURAS ASSOCIADAS

O empreendimento é de propriedade da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf). Não foram encontrados projetos executivos ou “como construído”. Estima-se que as obras do empreendimento tenham ocorrido na década de 1950.

A Resolução n.º 143/2013 do CNRH, complementada pela Resolução n.º 132/2016 da ANA, apresenta parâmetros para cálculo dos itens que compõem a Matriz de Classificação das Barragens segundo Categoria de Risco e Dano Potencial Associado. Para a barragem em questão, a classificação resultou em **CLASSE A**, devido à Categoria de Risco **MÉDIO** e ao Dano Potencial Associado **ALTO**. Classificação segundo o Volume V do Plano de Segurança da Barragem Estreito.

No período em que o projeto da estrutura foi realizado, as elevações consideradas não estavam amarradas à rede do IBGE. Segundo Nota Técnica de Topografia e Hidrologia (2002), há um erro de 52,259 m em relação à RN do IBGE. Por outro lado, em função das divergências de elevações existentes na documentação existente da Barragem Estreito, as elevações apresentadas nesse relatório baseiam-se no Parecer Técnico n.º: 13/20/AD/GEP/USB da Codevasf, datado de 10/06/2020, que expõe tais divergências e o histórico dos levantamentos de campo realizados. Ademais, o Parecer Técnico define, em suas conclusões, as elevações relevantes do empreendimento a serem consideradas, conforme Tabela 1.2.

Tabela 1.2 – Correção de altitude.

Detalhe	Altitude Ortométrica – H (Datum Vertical – Imbituba – SC)
CDV – BCM01	551,397
Coroamento	552,247
Vertedouro	548,247
Nível Máximo Maximorum*	550,837

* Coroamento = Cota Superior da Mureta; N.M.Max. = H Vertedouro Estreito + 2,60 metros.

Fonte: Codevasf (2020) – Parecer Técnico n.º: 13/20/AD/GEP/USB.

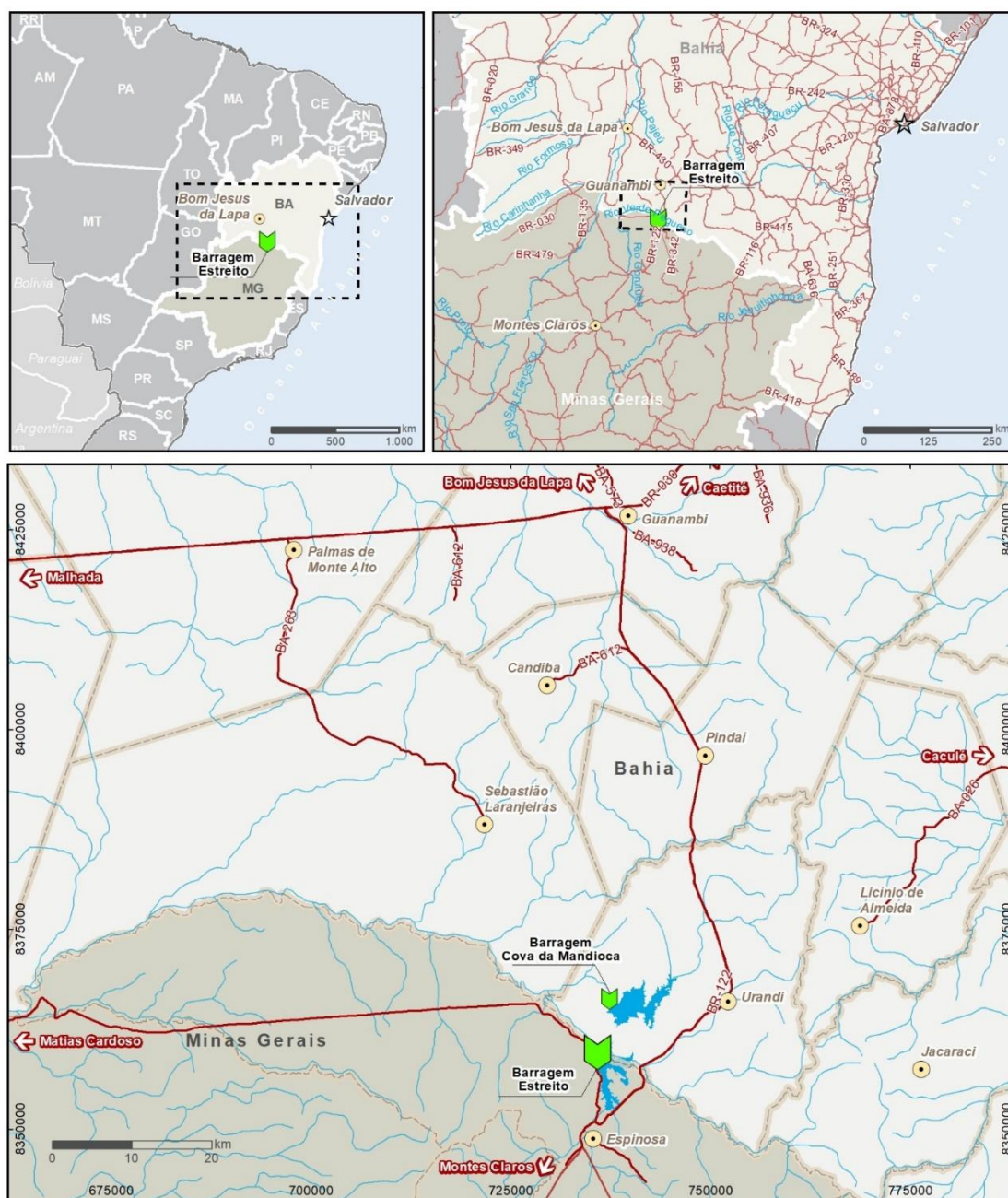
Complementarmente, ressalta-se que as elevações constantes em figuras, tabelas e textos obtidos de documentos elaborados por terceiros e reproduzidos no presente relatório não foram modificadas.

Todas as informações relacionadas a barragem de Estreito foram obtidas do PSB, especificamente o Volume V, que corresponde à Revisão Periódica de Segurança da Barragem Estreito.

1.4.1. IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM

A barragem Estreito está localizada no município de Urandi, estado da Bahia, nas coordenadas aproximadas 14°49'41" S e 42°48'30" O, barrando o rio Verde Pequeno (de domínio federal) e seu afluente rio Galheiros, ambos na margem direita do rio São Francisco. O Código no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) é 54. A localização do empreendimento encontra-se representada na Figura 1.1.

Figura 1.1 – Localização Georreferenciada da Barragem Estreito



Fonte: RHA Engenharia, 2021.

1.4.2. DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM

O maciço da barragem Estreito é de terra homogênea, com cerca de 23 m de altura máxima a partir do maciço de fundação e crista com comprimento de 1091 m e 5 m de largura, coroada na El. 552,25 m. Esta estrutura possui proteção tipo rip-rap a montante e proteção vegetal a jusante.

O extravasamento de cheias é realizado por um vertedouro de concreto do tipo soleira livre localizado na ombreira esquerda, com 302 m de largura, coroado na El. 548,25 m, sendo que a restituição do fluxo é feita em uma bacia de dissipação natural rochosa.

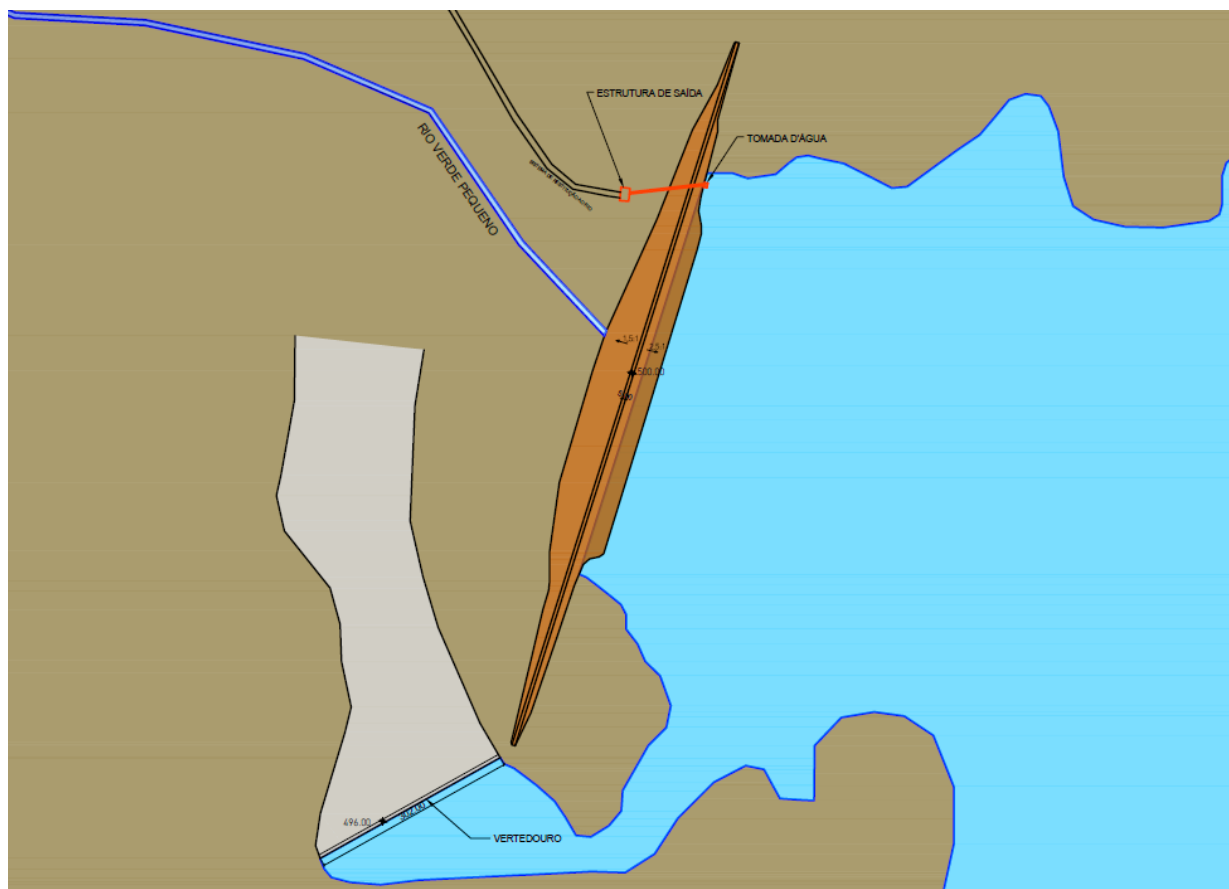
O empreendimento possui um canal de interligação com o reservatório da barragem Cova da Mandioca, que está localizado a direita do barramento, o qual possui uma extensão de 3,8 km escavado em terreno natural, incluindo um túnel escavado em rocha e uma estrutura de controle com duas comportas.

A barragem Estreito é constituída por:

- canal de interligação com o reservatório da barragem Cova da Mandioca
- a tomada de água, que é composta por:
 - torre de controle;
 - galeria de tubulação de ferro fundido;
 - casa de controle de vazão.
- vertedouros
 - principal na barragem Estreito
 - secundário na barragem Cova da Mandioca

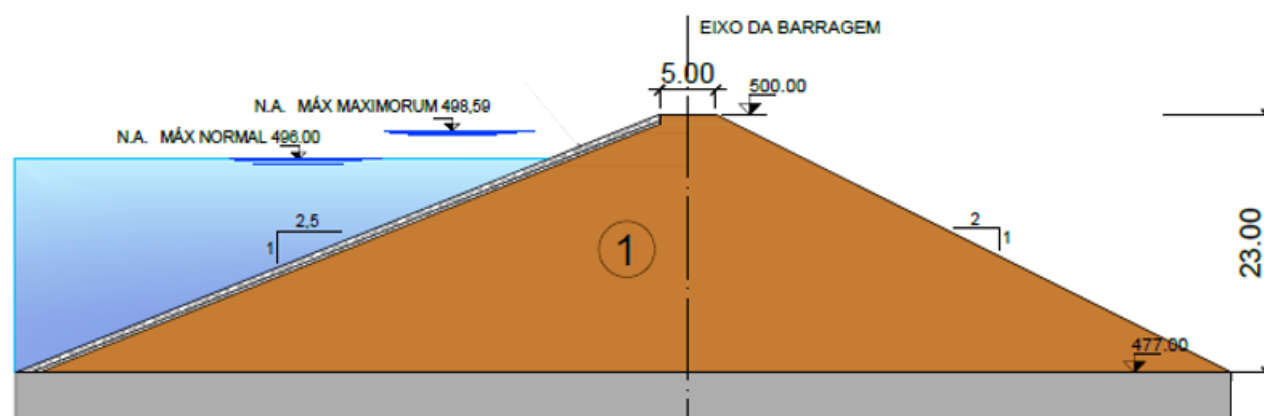
A Figura 1.2 apresenta a planta esquemática da barragem Estreito e a Figura 1.3 ilustra a seção tipo da barragem.

Figura 1.2 – Planta Esquemática da Barragem e Estruturas Associadas



Fonte: Ministério da Integração Nacional (2018) - Plano de Segurança da Barragem Estreito.
Para as elevações apresentadas nesta figura, ver o item 1.4 do presente documento.

Figura 1.3 – Seção Tipo da Barragem Estreito



Fonte: HEL - Holanda Engenharia Ltda (1991) - Projeto Básico Vol5. Desenhos Técnicos
Para as elevações apresentadas nesta figura, ver o item 1.4 do presente documento.

A Tabela 1.3 apresenta uma síntese das principais características da barragem Estreito.

Tabela 1.3 – Principais características da barragem Estreito

Principais características da barragem Estreito	
Denominação Oficial	Barragem Estreito
Empreendedor:	Codevasf / 2ªSR
Entidade Fiscalizadora:	ANA
SNIBS	54

Localização	
Rio:	Rio Verde Pequeno
Município:	Urandi
Unidade da Federação:	Bahia
Coordenadas:	14°49'41" S 42°48'30" O
Macro Bacia:	São Francisco
Sub-Bacia:	Verde Grande/Pequeno
Existência de barragens a montante: e a jusante:	Cova da Mandioca UHE Sobradinho (dista 925 km, no rio São Francisco)

Barragem		Fonte	Pag.
Tipo:	Terra homogênea	PSB - Volume V 2021b ANEXO 1	a
Altura máxima acima da fundação:	23 m		a
Cota do coroamento:	El.552,25 m		a
Comprimento do coroamento:	1091 m		a
Largura do coroamento:	5,0 m		a
Inclinação do paramento de montante:	2,5H:1V		a
Inclinação do paramento de jusante:	1,5H:1V		a

Bacia Hidrográfica		Fonte	Pag.
Área de drenagem da bacia (aproximado)	$A_b = 6.230 \text{ km}^2$	PSB - Volume V, 2019c	14
Precipitação total anual média	730 mm		31
Elevação no Barramento	$H_r = 550 \text{ m}$		15
Vazões máximas	601 m³/s (TR 1.000 anos; Instantânea)		10

Características geológicas regionais		Fonte	Pag.
Fundação:	<u>Sistema Adutor:</u> Maciço rochoso homogêneo, constituído por um sienito sã a ligeiramente alterado, possui excelentes características de autossuporte, ocorrência de água subterrânea praticamente nula.	HIDROPAN, 1991	129
	<u>Açude:</u> A região do açude de Estreito compreende rochas metamórficas arqueanas, da Associação Pré-Espinhaço, representada na área por sienitos e	PSB - Volume V, 2019t	5 e 6

	granitos. Essas rochas são recobertas por sedimentos coluvionares/aluvionares recentes. <u>Barramento</u> : está localizado em uma região de falhamentos regionais, caracterizados por um complexo cavalgamento de blocos do embasamento, apresentando lineamentos NNE e NNW associados a feições cataclásticas.		
Susceptibilidade a escorregamento de taludes do reservatório	Na ISE foi avaliado o reservatório percorrendo-se as margens do lago utilizando barco. As observações desta inspeção podem ser consultadas no relatório PSB, VOLUME V (2019b). De maneira geral, o reservatório não apresentou problemas de erosões em suas margens, assoreamento ou excesso de plantas aquáticas. O maior problema detectado foi o uso irregular da área de proteção permanente, com diversos pontos de captação de água para uso em lavoura e criação de animais	PSB, Volume V, 2019b	
Sismicidade potencial:	Zona 0, $a_g = 0,0-0,025 \text{ m/s}^2$	ABNT NBR 15421, 2006	6 e 7

Reservatório		Fonte	Pag.
Nível Mínimo Operacional (NmO)	El.539,25 m	(*)	(*)
Nível Máximo Normal (NMN)	El.548,25 m		
Nível Máximo Maximorum (NMM)	El.550,84 m		
Nível de máxima cheia (T = 10.000 anos): Estreito Cova da Mandioca	548,36 m 551,01 m	PSB, Volume V, 2019c	83
Capacidade total do reservatório	125,97 hm ³ (**)	PSB, Volume V, 2019x	18
Capacidade útil do reservatório	96,80 hm ³ (**)		
Área inundada (NMN)	12,33 km ² (**)		

(*) Parecer Técnico nº:13/20/AD/GEP/USB. | (**) Obs.: Áreas e volumes obtidos do PSB, Volume V, 2021.

Órgãos Extravasores		Fonte	Pag.
Vertedouro principal Estreito	Tipo: soleira livre Localização: ombreira esquerdada	PSB, Volume V, 2019w	
Vertedouro secundário Cova da Mandioca	Tipo: soleira livre Localização: Leito do rio		
Tomada d'água	Tipo: torre de controle acoplada ao maciço e comportas a montante e jusante Localização: Maciço na margem direita, incorporada ao aterro		
Sistema Tronco Adutor	Canal de interligação com o reservatório da Barragem Cova da Mandioca		

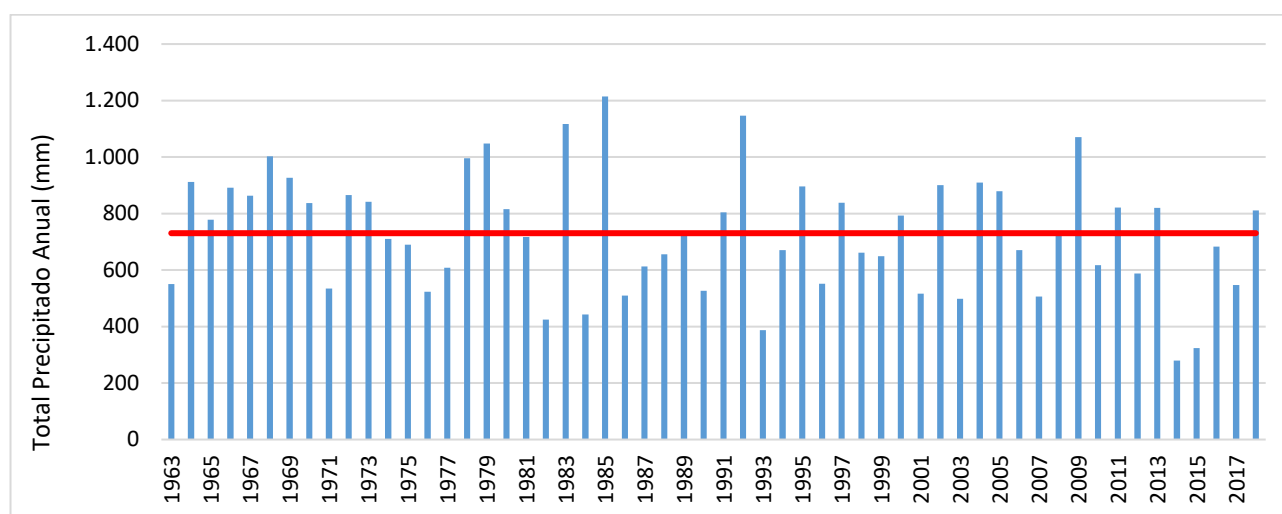
Ressalta-se que a RPSB realizada pela empresa Intertechne em 2019, corresponde ao Volume V do PSB elaborado pela RHA.

1.4.3. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS, GEOLÓGICAS E SÍSMICAS

• HIDROLOGIA

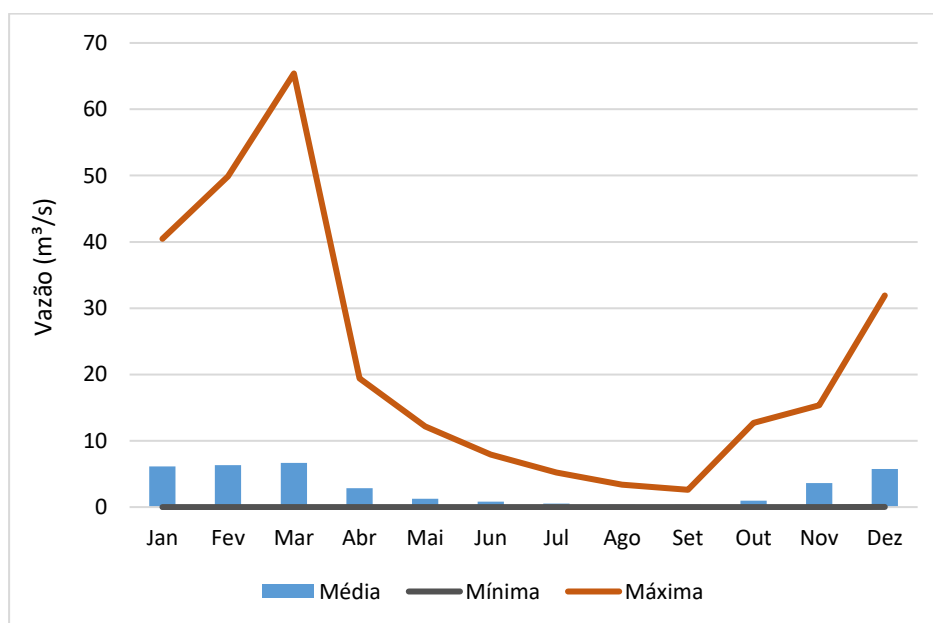
O total anual precipitado médio sobre a bacia hidrográfica da barragem Estreito é de 730 mm, com valores variando de 279 mm, em 2014, a 1.215 mm, em 1985. A Figura 1.4 apresenta os totais precipitados anuais. A série de vazões médias mensais afluentes ao reservatório de Estreito é apresentada na Figura 1.5.

Figura 1.4 – Totais Precipitados Anuais (mm)



Fonte: PSB, Volume V, 2019c.

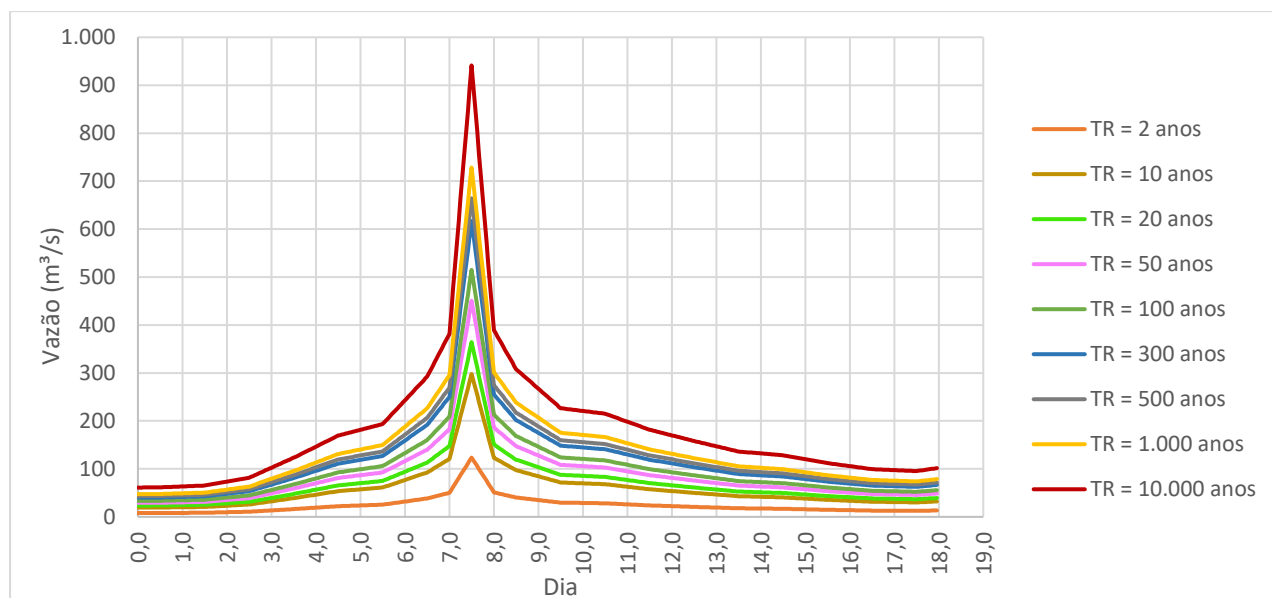
Figura 1.5 – Vazões Médias Características



Fonte: PSB, Volume V, 2019c.

As vazões de cheia, em função do tempo de recorrência, são apresentadas na Figura 1.6. A Tabela 1.4 indica os principais parâmetros hidrológicos da bacia do rio na seção do barramento.

Figura 1.6 – Hidrogramas de Cheias



Fonte: PSB, Volume V, 2019c.

Tabela 1.4 – Parâmetros Hidrológicos da Bacia do Rio na Seção do Barramento

Informação		Referência	Pág.
Área de drenagem da bacia (aproximado)	$A_b = 6.230 \text{ km}^2$	PSB - Volume V, 2019c	14
Área de drenagem da bacia sendo controlada pela barragem (aproximado)	$A_{bm} = 1.637 \text{ km}^2$		14
Comprimento do Talvegue Principal	$L = 59,0 \text{ km}$		15
Perímetro	$P = 274 \text{ km}$		15
Comprimento total dos cursos d'Água	$LT = 591,09 \text{ km}$		15
Comprimento Reto entre a Nascente e a Exutória	$L_t = 39,2 \text{ km}$		15
Elevação da Nascente	$H_n = 826 \text{ m}$		15
Elevação no Barramento	$H_r = 550 \text{ m}$		15
Declividade Média (i)	$2,71 \text{ m/km}$		19
Tempo de concentração	18 horas		20
Evaporação potencial local	1708 mm/ano		22
Precipitação total anual média	730 mm		31
Vazão Média Mensal	$2,97 \text{ m}^3/\text{s}$		43
Coeficiente de Escoamento Sup.	0,45		2
Vazões máximas	$601 \text{ m}^3/\text{s}$ (TR 1.000 anos; Instantânea)		10

- **GEOLOGIA REGIONAL**

Na região do açude de Estreito afloram em grande parte da área rochas de idade Pré-Cambriana, da unidade estratigráfica Associação Pré-Espinhaço, constituída principalmente por sienitos e secundariamente tonalitos, monzonitos, granitos, e granodioritos, além de migmatitos heterogêneos (metatexitos). A unidade estratigráfica subjacente, compreende metarenitos, filitos grafitosos e quartzitos sericíticos e feldspáticos, correspondentes ao Super-grupo Espinhaço. A oeste da área, ocorrem rochas metassedimentares do Super-grupo São Francisco, composto por metarcósios, metagrauvacas, metassiltitos, além de diamictitos, calcários e dolomitos.

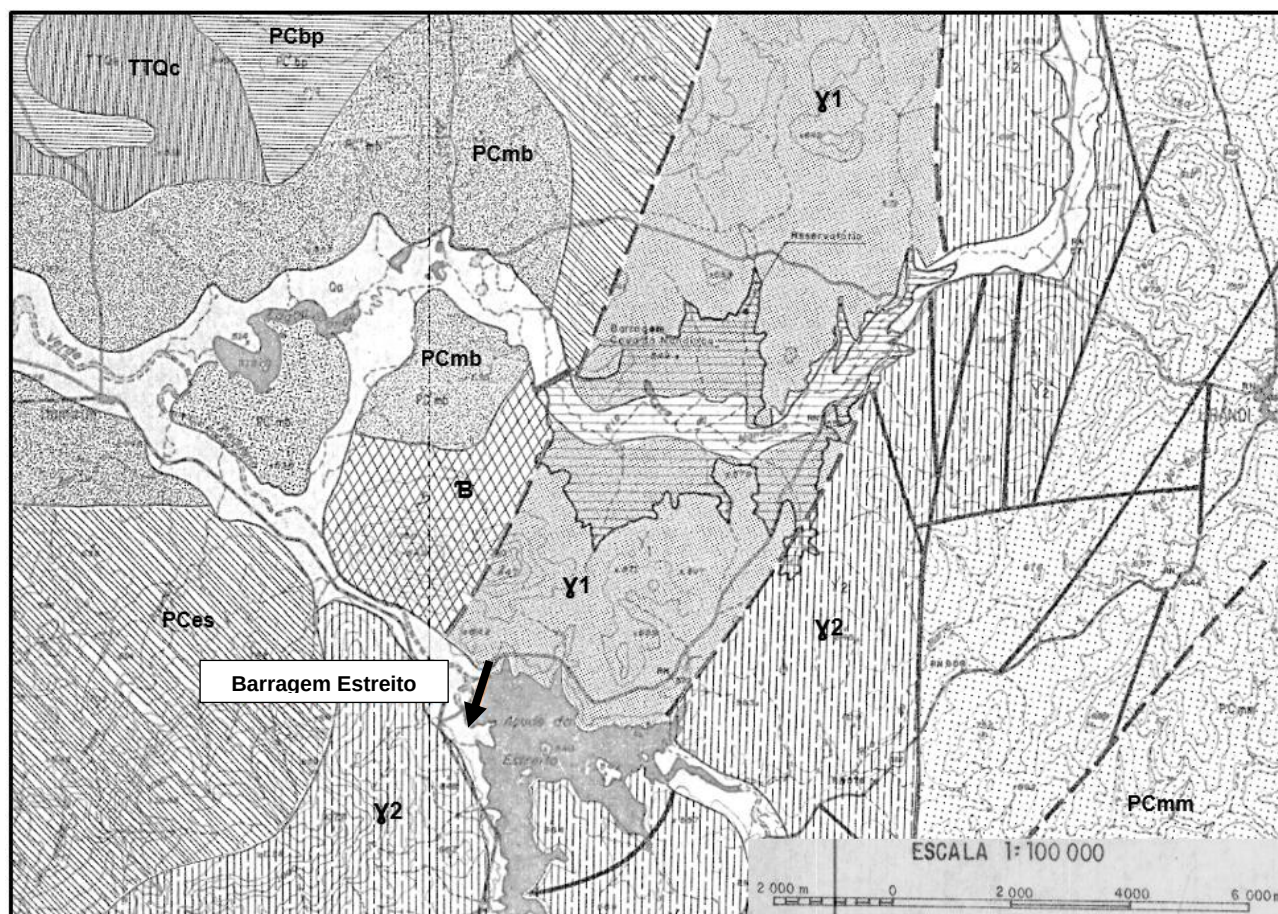
Na região, ocorrem intrusivas básicas na forma de sills que cortam as litologias anteriormente descritas, sendo constituídas principalmente por metadiabásios.

Há presença de cobertura detrítica laterizada, de idade terciário-quaternário, formada por depósitos arenosos e/ou argilosos. Na Figura 1.7 pode ser visualizado o mapa geológico regional, extraído do relatório de Projeto Básico da Ecoplan (1985).

O sítio do barramento Estreito está localizado em uma região de falhamentos regionais, caracterizados por um complexo cavalgamento de blocos do embasamento, apresentando lineamentos NNE e NNW associados a feições cataclásticas.

A associação Pré-Espinhaço apresenta falhamentos regionais de grande extensão com direção preferencial N20°E. Os eventos tectônicos atuantes condicionaram a formação da calha de sedimentação vulcano-sedimentar do Super-grupo Espinhaço sobre os lineamentos.

Figura 1.7 – Mapa Geológico Regional.



COLUNA ESTRATIGRÁFICA				
PERÍODO	UNIDADE LITO-ESTRATIGRÁFICA	SÍMBOLO	LITOLOGIA	
QUATERNÁRIO	Aluviões	Qa	Areias, limos e argilas	
TERCIÁRIO-QUATERNÁRIO	Cobertura detritica lateritizada	TTQc	Depósitos arenosos e/ou argilosos	
PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR	S. GRUPO SUPER GRUPO ESPINHAÇO S. FRANCISCO BAMBUI	Formação PARAÓPEBA	Calcários, metassiltitos, dolomitos, margas, brechas intraformacionais, calcário oolítico (co), níveis de ardósia (arc)	
		Grupo MACAUBAS	Diamictitos, metarcósios, metagrauvascos, metassiltitos, ardósias (st), unidade ferrífera (ff)	
		Grupo ESPINHAÇO SUPERIOR	Filitos grafíticos hematíticos e/ou manganíferos, quartzitos sericiticos e feldspáticos com intercalações de filitos	
PRÉ-CAMBRIANO INDIVISO	Associação PRÉ-ESPINHAÇO	PCmm	Metaxenitos	
		Y1	Plutonitos de composicao sienítica e monzonítica	
		Y2	Plutonitos, granitos, granodioritos, tonalitos, monzonitos, sienitos	
INTRUSIVAS			Intrusivos básicos	

—	Contato normal
- - -	Contato inferido
—	Falha
- - -	Falha inferida
—	Alinhamento estrutural

Fonte: Adaptado de Ecoplan, 1985.

- **GEOLOGIA LOCAL**

A região do açude de Estreito compreende rochas metamórficas arqueanas, da Associação Pré-Espinhaço, representada na área por sienitos e granitos. Essas rochas são recobertas por sedimentos coluvionares/aluvionares recentes.

De acordo com as investigações e com o mapeamento de campo, realizados pela Ecoplan e apresentados no relatório do projeto do tronco adutor (1991), a área do canal de interligação apresenta sienito de textura fina a média próximo ao divisor do rio Verde Pequeno, e sienito de textura média a grossa em direção ao sítio de Cova da Mandioca.

O sienito é composto por plagioclásios e minerais máficos, com textura equigranular a porfirítica. Em superfície o maciço apresenta-se pouco alterado, com deslocamento esférico concêntrico, e um sistema bem definido de fraturas com atitudes N19°E/87NW. As permeabilidades do maciço são elevadas, com valores entre 10^{-3} e 10^{-4} cm/s.

As sondagens realizadas ao longo do trecho do canal de interligação indicam tipos litológicos alterados a muito alterados e um grau elevado de fraturamento. Os índices RQD obtidos indicam um maciço uniformemente mais fraco junto ao canal sul, quando comparado com o canal e emboque norte. Nesta parte da obra ocorre uma maior heterogeneidade no maciço, que apresenta valores normalmente baixos a muito baixos de RQD.

Recobrimo esta litologia ocorre solo silto-arenoso, com teores variáveis de argila, e localmente com pedregulhos de quartzo leitoso. Apresenta-se compacto a muito compacto com espessura média de 4,0 m, sendo mais espesso na área do canal sul. Na base desse horizonte pode ocorrer um nível conglomerático, cimentado por óxido de ferro, de coloração variada.

- **CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA**

- Região da Barragem Estreito

A documentação disponibilizada não contempla informações a respeito de investigações na área da barragem de Estreito, somente contém o relatório de projeto básico do canal de interligação entre o açude de Estreito e o barramento de Cova da Mandioca. Não foi encontrada informação a respeito do Projeto Executivo e/ou As Built. Também não há informações sobre os materiais de empréstimo utilizados durante a construção da barragem Estreito.

Também não há informações sobre os materiais de empréstimo utilizados durante a construção da barragem de Estreito.

- Canal de Interligação, sistema tronco adutor

O histórico do desenvolvimento do canal de interligação / tronco adutor é descrito no Relatório de Projeto – Vol 01 – Tronco Adutor – Ecoplan, datado de 1991. A interligação dos reservatórios de acumulação das barragens Cova da Mandioca e Estreito foi inicialmente estudada no Projeto Básico desenvolvido pela Ecoplan em 1985, em que uma depressão natural do terreno foi utilizada para se projetar o canal de interligação. O projeto preconizava uma escavação a céu aberto em seção trapezoidal.

Posteriormente, em estudo solicitado pela Codevasf, elaborados por Bureau of Reclamation, Hidropan e Engenord, resultou em recomendação de execução do sistema adutor em túnel, com canais junto ao reservatório da Cova da Mandioca e de Estreito. O projeto básico do tronco adutor foi desenvolvido pela Engenord.

Em 1991, a Ecoplan elaborou um projeto de detalhamento do tronco adutor, baseada em todos os estudos feitos anteriormente. A descrição das características geológico-geotécnicas apresentada na sequência será realizada com base nas informações constantes no projeto datado de 1991.

Segundo o mapa geológico regional e o mapa geológico do reservatório, o local onde se situa a obra é composto por maciço sienítico. Entretanto, as sondagens executadas no local (SMC-01, SM-02, SM-01 e SM-03) identificaram outros tipos litológicos: quartzitos, gnaisses e granitos cataclasados. O relatório do projeto aponta estas incompatibilidades, mencionando que pode ter havido descrição incorreta de materiais, e realça a necessidade de complementação dos estudos geológicos.

Levantou-se a possibilidade de haver uma zona perturbada ou falha, ao longo do eixo da obra. Esta hipótese foi levantada a partir do exame da situação geológica da área, aerofotos e das descrições das sondagens. Entretanto, a confirmação desta possibilidade somente poderia ser feita quando da execução de uma campanha de investigações complementares.

As características geológico-geotécnicas consideradas em projeto para definição das escavações do canal sul foram estimadas a partir do resultado da sondagem SMC-01. Esta sondagem apresentou uma cobertura de 3,50 m de solo. Entre as profundidades de 3,50 e 6,50 m, o material é descrito como gnaiss, com recuperação de 80%, juntas do tipo predominantemente abertas com ângulos de mergulho variados.

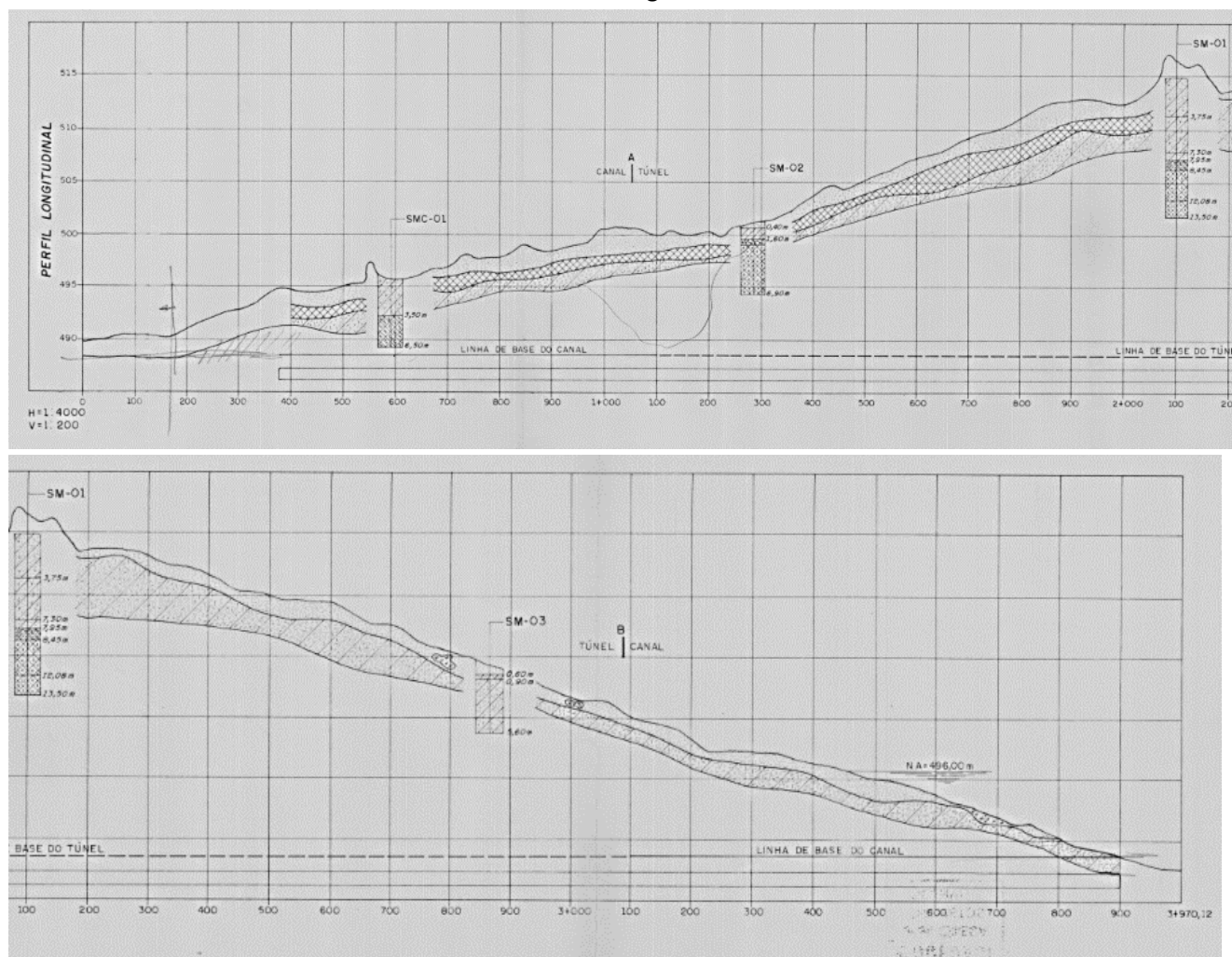
O emboque do túnel (canal sul, junto ao reservatório de Estreito), foi caracterizado conforme a descrição da sondagem SM-02. Esta sondagem possui capa de solo de 1,68 m de espessura. A rocha é formada por uma capa delgada blocos de quartzito e, até 6,90 m de profundidade, granito cataclástico muito fraturado a pouco alterado.

O desemboque do túnel (canal norte, junto ao reservatório de Cova da Mandioca), teve sua geologia caracterizada pela sondagem SM-03. A capa de solo nesta região tem

aproximadamente 0,60 m de espessura. A rocha descrita é um sienito alterado e muito fraturado e sienito são, medianamente fraturado, na parte final da sondagem. O RQD do sienito variou de 0 a 58%, sendo de 32% na parte mais profunda da sondagem.

O perfil geológico do projeto do tronco adutor, com base nas sondagens SMC-01, SM-02, SM-01 e SM-03, é apresentado na Figura 1.8. O relatório destaca que nenhuma sondagem executada atingiu a cota em que o túnel seria escavado. Portanto, foram indicadas sondagens complementares a fim de melhor caracterizar a região onde se dariam as escavações.

Figura 1.8 – Projeto Estreito IV – Projeto do Tronco Adutor – Perfil geológico e localização das sondagens



Fonte: Ecoplan, 1991.

O projeto do túnel e de seus emboques datado de 1991 tomou como base os dados: Mapa geológico regional; Seção geológica elaborada com base nos levantamentos geofísicos e sondagens; Quatro sondagens mistas; Ensaios de solos das jazidas J1, J2 e do eixo da barragem Cova da Mandioca; Diagrama de falhamentos regionais; Diagramas de fraturas individuais do quartzito, sienito e gnaiss; Velocidades sísmicas dos diferentes materiais.

As atitudes dos planos de falhamento, disponíveis na ocasião, são indicadas na Tabela 1.9.

Tabela 1.9 – Atitudes dos planos de falhamento

Unidade de referência ou Tipo rochoso	Estrutura	Direção	Mergulho
<i>Associação Pré-Espinhaço</i>	Falhamentos regionais	N 0° - 20° E	-
	Estruturas secundárias	N 30° - 50° E N 10° - 20° W N 40° - 50° W	-
<i>Gnaiss</i>	Xistosidade do embasamento	N 27° E N 55° E	64° NW 72° SE
-	Fraturamento	N 19° E N 56° W	86° SE 86° NE
-	Falha	N 20° E	60° NW
<i>Sienito</i>	-	N 19° E	87° NW
<i>Quartzitos e Metarenitos</i>	-	N 51° E	86° NW

Fonte: Ecoplan, 1991.

Os parâmetros de resistência dos solos a escavar nos canais norte e sul foram definidos com base em bibliografia, resultados dos ensaios triaxiais realizados para a barragem Cova da Mandioca e nas descrições das quatro sondagens existentes. Os resultados dos ensaios triaxiais são mostrados na Tabela 1.10. Cabe destacar que não é explicitado na memória de cálculo qual parâmetro foi adotado para dimensionamento dos taludes de escavação.

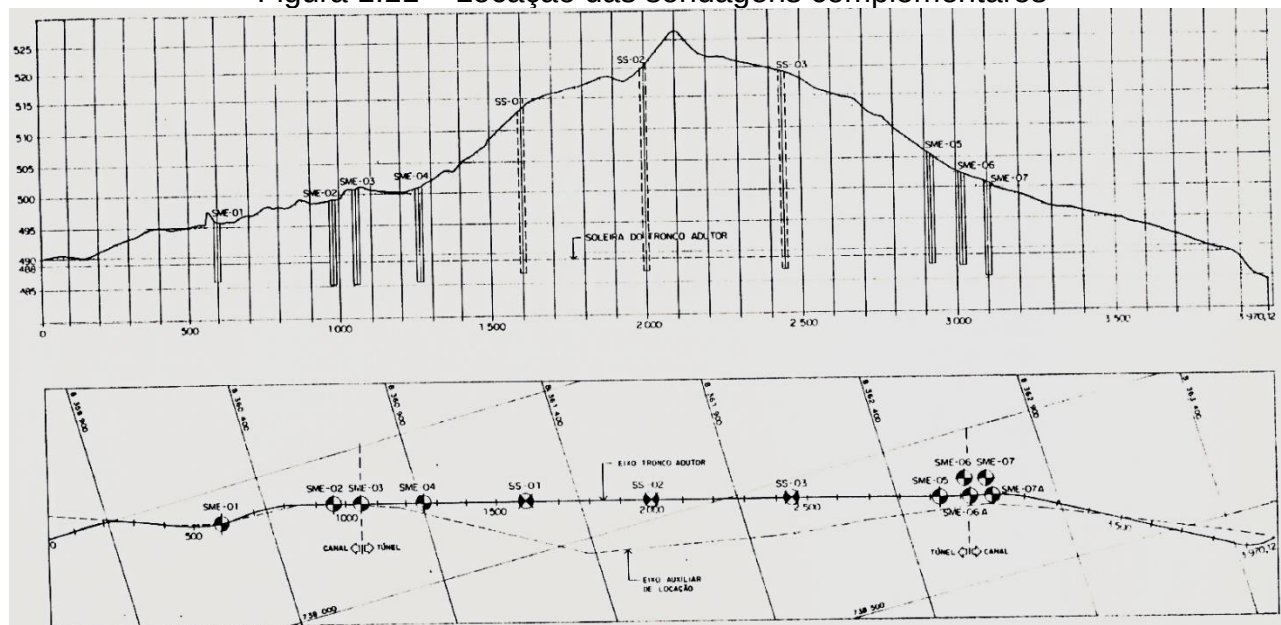
Tabela 1.10 – Parâmetros de resistência – Ensaios Triaxiais

Grau de Saturação	Total		Efetivo		Tipo de Ensaio
	c (kg/cm²)	f (°)	c (kg/cm²)	f (°)	
84 a 90	0,90	27,0	0,85	28,0	CU
85 a 86	0,55	19,3	0,60	27,4	UU
75 a 84	0,45	24,8	0,25	32,5	CU
78 a 86	0,50	19,7	0,45	27,3	UU
7 a 81	0,40	24,4	0,45	28,0	CU
	0,70	12,7	0,55	23,2	UU

Fonte: Ecoplan, 1991.

Em 1992, foram realizadas investigações complementares seguindo o que recomendava o relatório de 1991. A distribuição das sondagens se concentrou junto aos emboques do túnel (Figura 1.11).

Figura 1.11 – Locação das sondagens complementares



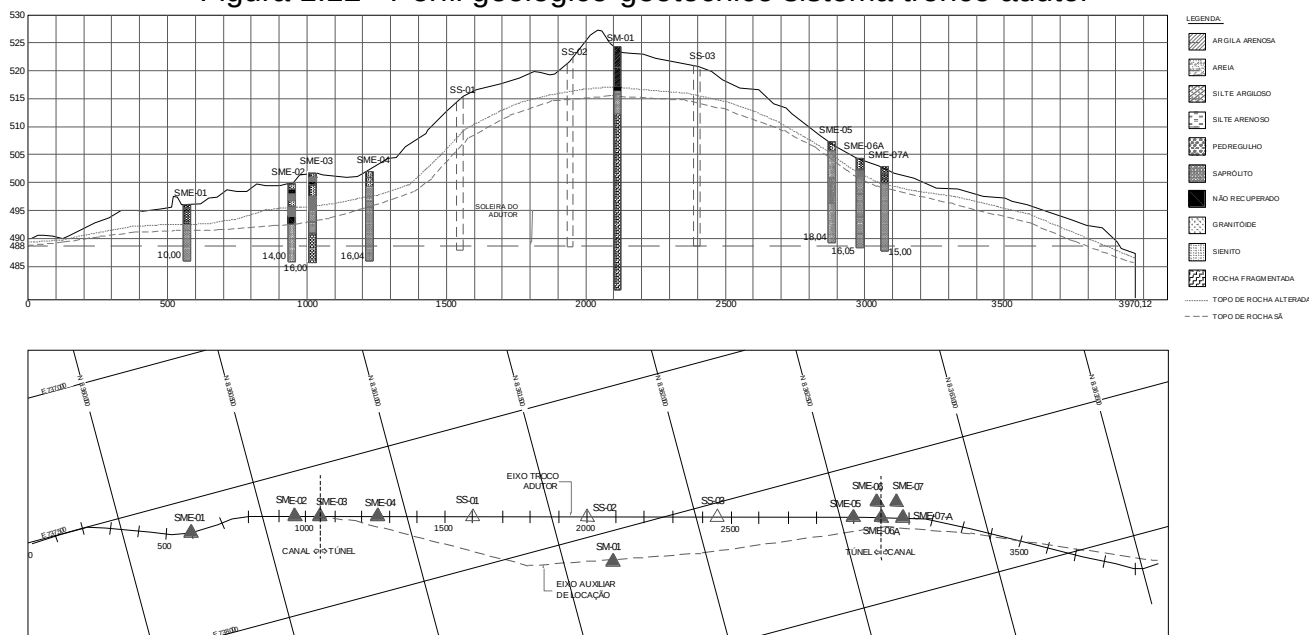
Fonte: Ecoplan, 1991.

Na área do canal sul e emboque sul (junto ao reservatório de Estreito) foram realizadas as sondagens: SME-01, SME-02, SME-04 e SME-04. Já no emboque e canal norte (junto ao reservatório de Cova da Mandioca) foram feitas as sondagens: SME-05, SME-06, SME-06A, SME-07 e SME-07A. Também foram previstas três sondagens ao longo do eixo do tronco adutor, entretanto, não foram disponibilizados relatórios que contemplassem os resultados destas investigações.

O solo da região de implantação do túnel é descrito como silto-arenoso, sendo caracterizados dois horizontes. O primeiro horizonte, mais superficial, é composto por solo homogêneo, poroso e concrecionado, enquanto o segundo horizonte é formado por solo conglomerático. O maciço rochoso identificado nos furos de sondagem rotativa é descrito como granítico e sienítico.

A partir das informações contidas nas sondagens SME-01, SME-02, SME-03, SME-04, SME-05, SME-06, SME-06A, SME-07, SME-07A, SMC-01, SM-02, SM-01 e SM-03 foi gerado um perfil geológico para o tronco adutor. O objetivo deste perfil é agrupar as informações disponíveis, a fim de interpretá-las de forma conjunta. Entretanto, o perfil não considera a totalidade das investigações realizadas, visto que consta nos relatórios a menção a sondagens a executar. Desta forma, o perfil indicado na Figura 1.12 não se trata de um *As-Built/As-is*.

Figura 1.12 - Perfil geológico-geotécnico sistema tronco adutor



Fonte: Ecoplan, 1991.

• ANÁLISES DE ESTABILIDADE

Na documentação disponibilizada da barragem Estreito não foram encontrados dados do maciço que permitam análises de estabilidade da barragem. Destaca-se que, em inspeção realizada (PSB - Volume V, 2019b), não foram observadas instabilidades nos taludes do reservatório e, também, não se observou nos taludes do reservatório ravinamento, erosão superficial ou desmoronamento nas margens.

• CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS

De acordo com o relatório de Projeto Básico da Ecoplan (1985), com base no levantamento estatístico dos sismos ocorridos em um raio de 600 km em torno da área de implantação das obras do barramento de Cova da Mandioca, barramento próximo à Estreito, no período de dezembro de 1970 e novembro de 1981, verificou-se a ocorrência de 21 sismos registrados, e a maior magnitude foi 4,2.

Devido a poucos dados, não foi realizado o cálculo probabilístico confiável para a determinação da magnitude do sismo para a área do barramento. Sendo assim, foi calculada a intensidade do sismo com base na maior magnitude verificada na região, com distância epicentral de 10 km do barramento, que resultou em um sismo de intensidade VI na escala Mercalli modificada. Para uma distância epicentral de 1 km, a intensidade calculada foi de VI-VII.

Recomendou-se medidas preventivas contra os efeitos de possíveis sismos com intensidades VI a VII na escala Mercalli, o que resultou em considerar uma aceleração do maciço da ordem de 0,05 g por ocasião de sismos.

Os sismos induzidos pelo reservatório são geralmente pequenos e esparsos, e de difícil previsão. Isso decorre da falta de informações sobre o estado de tensões atuantes na região da barragem e do conhecimento dos aspectos geomecânicos das rochas e zonas de falha.

Os estudos geológicos regionais indicam a atuação de esforços tectônicos compressivos, de direção aproximada E-W, responsáveis pelo surgimento de falhas de cavalgamento de extensão regional. Entretanto, o estado atual de tensões tectônicas no sítio do barramento de Estreito não é conhecido, não sendo possível verificar a intensidade de sismos induzidos pelo reservatório.

Realizou-se um levantamento dos sismos ocorridos em um raio de 300 km do entorno do eixo do barramento, entre os anos de 1972 a 2013, período em que há registros disponibilizados no catálogo sísmico brasileiro. Nesse período foram registrados 66 sismos com magnitude acima de 3 na escala Richter. Entre esses, o evento de maior magnitude ocorreu em 2007 nas proximidades do município de Itacarambi, localizado a cerca de 162 km da área de interesse, com magnitude de 4.9 na escala Richter. Não houve registros de sismos num raio de 121 km do eixo.

1.4.4. RESERVATÓRIO

Os reservatórios de Cova da Mandioca e Estreito são interligados pelo sistema denominado Tronco Adutor e um túnel intermediário escavado em rocha localizado à direita do barramento. A Tabela 1.5 indica as informações do reservatório da barragem Estreito.

Tabela 1.5 – Reservatório barragem Estreito

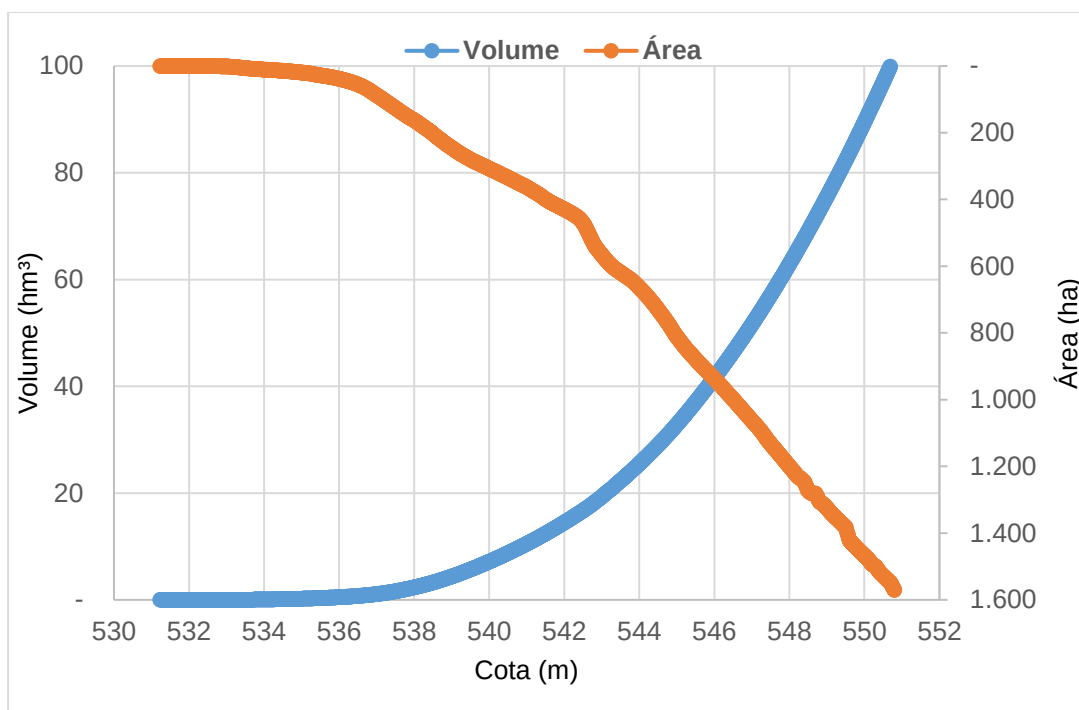
Reservatório		Fonte	Pag.
Nível Máximo Maximorum (NMM)	El.550,84 m	(*)	(*)
Nível Máximo Normal (NMN)	El.548,25 m		
Nível Mínimo Operacional (NMO)	El.539,25 m		
Área alagada para cota de coroamento (El. 552,25 m)	17,86 km ² (**)	PSB, Volume V, 2019x	18
Volume para cota de coroamento (El. 552,25 m)	125,97 hm ³ (**)		
Área alagada para NMM (El. 550,84 m)	15,80 km ² (**)		
Volume para NMM (El. 550,84 m)	101,68 hm ³ (**)		
Área alagada para NMN (El. 548,25 m)	12,33 km ² (**)		
Volume para NMN (El. 548,25 m)	65,34 hm ³ (**)		

Reservatório		Fonte	Pag.
Área alagada volume morto (El. 539,25 m)	2,64 km ² (**)		
Volume Morto (El. 539,25 m)	4,88 hm ³ (**)		
Volume Útil Máximo	96,80 hm ³ (**)		
Amortecimento atualizado do hidrograma pelo Vertedouro (Estreito) com <u>vazão afluente em Estreito</u> (Vazão no túnel negativa: Fluxo Estreito para Cova). Sem afluência em Cova da Mandioca.	Para El. 552,25 m (Crista), pode-se descarregar hidrograma com vazão 5.600 m ³ /s. Vazão máxima no Túnel = -29 m ³ /s. Para El. 550,85 m (NMM), pode-se descarregar cheia de 2.970 m ³ /s. Vazão máxima no Túnel = -23 m ³ /s.	PSB, Volume V, 2019c	77
Amortecimento atualizado do hidrograma pelo Vertedouro com <u>vazão afluente em Cova da Mandioca</u> (Vazão no túnel positiva: Fluxo Cova para Estreito). Sem Afluência em Estreito.	Para El. 550,64 m (Crista), pode-se descarregar (Vertedouro de Cova da Mandioca) hidrograma com vazão 547 m ³ /s. Vazão máxima no Túnel = +23 m ³ /s. Para El. 549.767 m (NMM), pode-se descarregar totalmente pelo vertedouro de Estreito uma cheia de 302 m ³ /s. Vazão máxima no Túnel = +19 m ³ /s	PSB, Volume V, 2019c	83
Amortecimento atualizado do hidrograma pelo Vertedouro com vazão afluente em Estreito e Cova da Mandioca para TR 100 anos. Vazão no túnel positiva: Fluxo Cova para Estreito.	Amortecimento das cheias para os níveis de água máximos alcançados nas barragens. Vazão máxima no Túnel = +21 m ³ /s <u>Vertedouro de Estreito:</u> NA máximo = 549,05 m Vazão Efluente = 456 m ³ /s Vazão Afluente = 515 m ³ /s <u>Vertedouro de Cova da Mandioca:</u> NA máximo = 550,40 m Vazão Efluente = 9 m ³ /s Vazão Afluente = 425 m ³ /s	PSB, Volume V, 2019c	88

(*) Parecer Técnico nº:13/20/AD/GEP/USB. | (**) Obs.: Áreas e volumes obtidos da PSB, Volume V, 2019

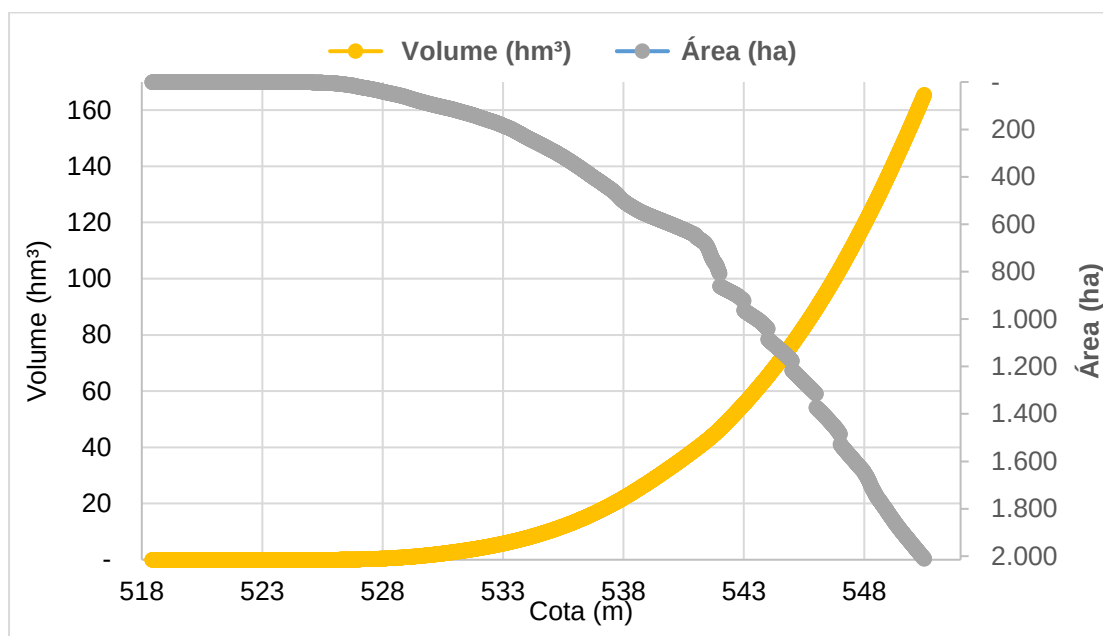
As Figuras 1.13 e 1.14 indicam as curvas cota-área-volume das barragens de Estreito e Cova da Mandioca, respectivamente.

Figura 1.13 – Curva CAV da barragem Estreito



Fonte: Engefoto, 2019.

Figura 1.14 – Curva CAV da barragem Cova da Mandioca



Fonte: Engefoto, 2019.

1.4.5. ÓRGÃOS EXTRAVASORES

O empreendimento possui um canal de interligação com o reservatório da barragem Cova da Mandioca, o qual possui uma extensão de 3,8 km escavado em terreno natural, incluindo um túnel escavado em rocha e uma estrutura de controle com duas comportas. A soleira do canal está assentada na El. 488,60 m

- SISTEMA TRONCO ADUTOR**

O Tronco Adutor possui a função de permitir a operação conjunta dos reservatórios de Cova da Mandioca e Estreito. Neste sentido, pode-se dividir sua operação em operação em condições normais e operação durante eventos de cheias. Do ponto de vista hidráulico, a condição crítica para seu dimensionamento é a operação durante eventos de cheia, pois, nestes casos, a vazão pelo túnel é maior. Neste sentido, e considerando que a descarga das cheias ocorrerá principalmente pelo vertedouro do reservatório de Estreito, o Tronco Adutor deverá ter capacidade suficiente para permitir a passagem do fluxo de um reservatório para outro sem que ocorra galgamento das barragens.

A Tabela 1.6 apresenta uma síntese das principais características do sistema Tronco Adutor. A Figura 1.15 apresenta um esquema em planta do sistema tronco adutor.

Tabela 1.6 – Síntese do sistema Tronco Adutor

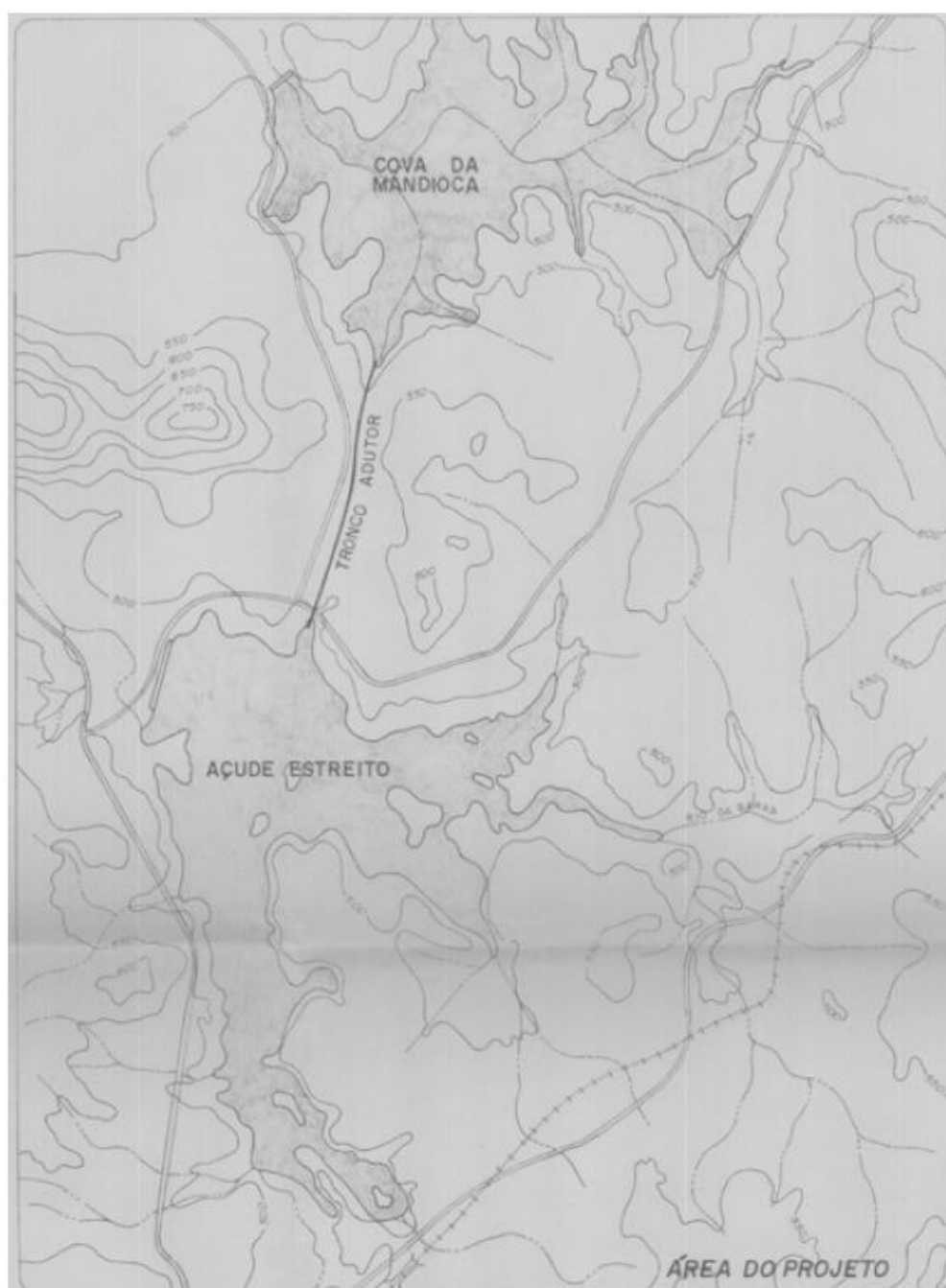
Sistema Tronco Adutor: Canal Sul		Fonte	Pág.
Extensão:	1.050,0 m	ECOPLAN, 1991a	42
Declividade:	0,015 %		
Largura da Base:	5,0 m		
Taludes Solo: Alteração: Rocha:	1V:1,75H 2V:1H 10V:1/ 2:1H		
Cota do fundo Início: Fim:	El. 540,792 m El. 540,235 m		
Sistema Tronco Adutor: Canal Norte		Fonte	Pág.
Extensão:	810,0 m	ECOPLAN, 1991a	42
Declividade:	0,450 % (km 3+020/3+100) 0,015 % (km 3+100/3+820)		
Largura da Base:	5,0 m		
Taludes Solo: Alteração: Rocha:	1V:1,75H 2V:1H 10V:1/ 4:1H		
Cota do fundo - ajustadas Início: Fim:	El. 539,932 m (487,732 m) El. 540,210 m (488,010 m)		

Sistema Tronco Adutor: Túnel Intermediário		Fonte	Pág.
Extensão:	1.970,0 m	ECOPLAN, 1991a	43
Declividade:	0,01538 %		
Cota do fundo Início: Fim:	(km 1+050: 488,035 m) (km 3+020: 487,732 m)		
Seção Típica Arco-Ferradura retificado Raio da Abóboda: Raio das Paredes: Largura da soleira:	R = 2,5 m R = 5,0 m 3,75 m		
Sistema de Suporte Tirantes de ancoragem: Concreto projetado: Tela metálica: Estrutura leve de aço CA-50B: Enfilagens: Cambotas Metálicas: Injeções de consolidação:	15.000 m 1,000 m³ 16.000 m² 60 t 180 m 600 kg 40 m³		
Coeficiente de rugosidade : Perda de carga localizada no emboque do túnel: Perda de carga localizada no desemboque do túnel:	Ks = 28 0,2 1,0	PSB, Volume V 2019w	41

Sistema Tronco Adutor: Obras complementares		Fonte	Pág.
Ensecadeira Localização (açude estreito): Extensão: Cota de coroamento: Largura da crista: Largura da fundação (máxima): Altura (máxima): Talude a montante: Talude a jusante: Enrocamento:	Km 0-10 400 m (496,50 m) 4,00 m 22,75 7,50 1V:1,5H 1V:1H 900 m³	ECOPLAN, 1991a	43
Septo Localização: Cota do coroamento: Largura da crista: Largura da fundação (máxima): Altura (máxima): Talude a montante/jusante: Enrocamento:	Km 0-510 (498,00 m) 10,00 m 57,40 9,50 1V:2,5H 110 m³	ECOPLAN, 1991a	43
Stoplogs Localização: Estrutura de concreto – volume: Vão livre: Cota da laje superior: Painéis: Cota da soleira: Cota do topo: Galgamento: Largura da comporta:	Km 0+980 e km 3+100 45 m³ 2 x 12,5 m² (Km 0+980: 493,74 m) (Km 0+980: 493,74 m) 4 x 2,7 m x 5,0 m 68 pranchas de 5 x 30 x 270 cm El. 543,70 m El. 547,20 m 0,50 m acima do topo 2,5 m	ECOPLAN, 1991a PSB, Volume V 2019w	43 15

Sistema Tronco Adutor: Obras complementares		Fonte	Pág.
Altura da comporta:	3,5 m		
Carga máxima:	4,0 mca		
Ponte sobre o Canal Adutor			
Localização:	Km 0+566	ECOPLAN, 1991a	43
Extensão:	42 m		
Largura da Plataforma:	10,40 m		

Figura 1.15 – Sistema Tronco Adutor



Fonte: Ecoplan, 1991.

• VERTEDOURO

As cheias afluentes ao reservatório de Estreito são descarregadas através de um vertedouro livre, de 302 metros de largura, localizado junto à ombreira esquerda. Conforme indicado na documentação de projeto, esta estrutura foi dimensionada para operar em conjunto com o vertedouro de Cova da Mandioca, descarregando a cheia decamilenar sem galgamento das barragens. A Tabela 1.7 apresenta uma síntese de informações do vertedouro principal, Estreito, e secundário, Cova da Mandioca.

Tabela 1.7 - Síntese de informações do vertedouro principal e secundário

Vertedouro Principal (Barragem Estreito)		Fonte	Pág.
Tipo:	Soleira livre	PSB, Volume V, 2019w	13
Localização:	Ombreira esquerda	PSB, Volume V, 2019w	13
Lançamento:	Lançamento no rio Verde Pequeno, diretamente na ombreira rochosa	PSB, Volume V, 2019w	13
Número de vãos:	Vão único	PSB, Volume V, 2019w	13
Elevação da crista da barragem:	El. 552,25 m	PSB, Volume V, 2019w	5
Nível Máximo Maximorum (NMM):	El. 550,84 m	PSB, Volume V, 2019w	5
Elevação da soleira Cota inicial do nível d'água:	El. 548,25 (496,00 m)	PSB, Volume V, 2019w	13
Lâmina vertente máxima:	2,60 m	PSB, Volume V, 2019c	69
Inclinação da soleira:	Não identificada	-	-
Coeficiente de descarga adotado:	2,10	PSB, Volume V, 2019w	13
Coeficiente de ombreira adotado:	0,1	PSB, Volume V, 2019c	69
Largura da soleira:	302,00 m	PSB, Volume V, 2019w	13
Vazão afluente decamilenar:	3.184 m³/s	PSB, Volume V, 2019c	37 e 38
Capacidade de Descarga:	2.450 m³/s	PSB, Volume V, 2019b	b
Equipamentos hidromecânicos:	Não possui	-	-
Sistema de operação emergencial (falha):	Não possui (tipo soleira)	-	-

Vertedouro Secundário (Barragem Cova da Mandioca).		Fonte	Pág.
Tipo:	Soleira livre	PSB, Volume V, 2019w	11
Lançamento:	Lançamento no rio Cova da Mandioca	PSB, Volume V, 2019w	11
Número de vãos:	Vão único	PSB, Volume V, 2019w	11
Localização:	Leito do rio	PSB, Volume V, 2019w	11
Largura da soleira:	100,00 m	PSB, Volume V, 2019w	11
Elevação da soleira Cota inicial do nível d'água:	El. 550,25 m (496,00 m)	PSB, Volume V, 2019v	11
Lâmina vertente máxima:	2,30 m	PSB, Volume V, 2019c	71
Vazão:	Tabela 1.5 – Reservatório	-	-

Durante a passagem da cheia pelo reservatório, ocorre o amortecimento do hidrograma, o que resulta em vazões efluentes menores que as afluentes. As características principais da estrutura estão presentes no Volume V do PSB de Estreito, indicadas no documento w.1901-ES-0-GE-G00-00-C-13-RT-0002_0.

Em caso de necessidade, o esvaziamento do reservatório será realizado pela Tomada de Água. O empreendimento não possui procedimento de manutenção do canal de aproximação, mas o procedimento elaborado no âmbito da atual RPSB pode ser encontrado no Volume V do PSB de Estreito em x.1901-ES-0-GE-G00-00-G-00-RT-0003_4.

O vertedouro não possui sistemas de drenagem ou aeração e é do tipo soleira livre, portanto não possui dispositivos de controle, equipamentos hidromecânicos e nem sistemas de operação emergencial.

A avaliação do escoamento na restituição foi feita utilizando a modelagem bidimensional do HEC-RAS 5.0.5, cujo software é de domínio público (USACE, 2008, <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras>). Para este estudo foi realizada uma simulação considerando a vazão máxima efluente decorrente da passagem da cheia de 10.000 anos a fim de determinar as características hidráulicas do fluxo de restituição a jusante da barragem e na ombreira esquerda.

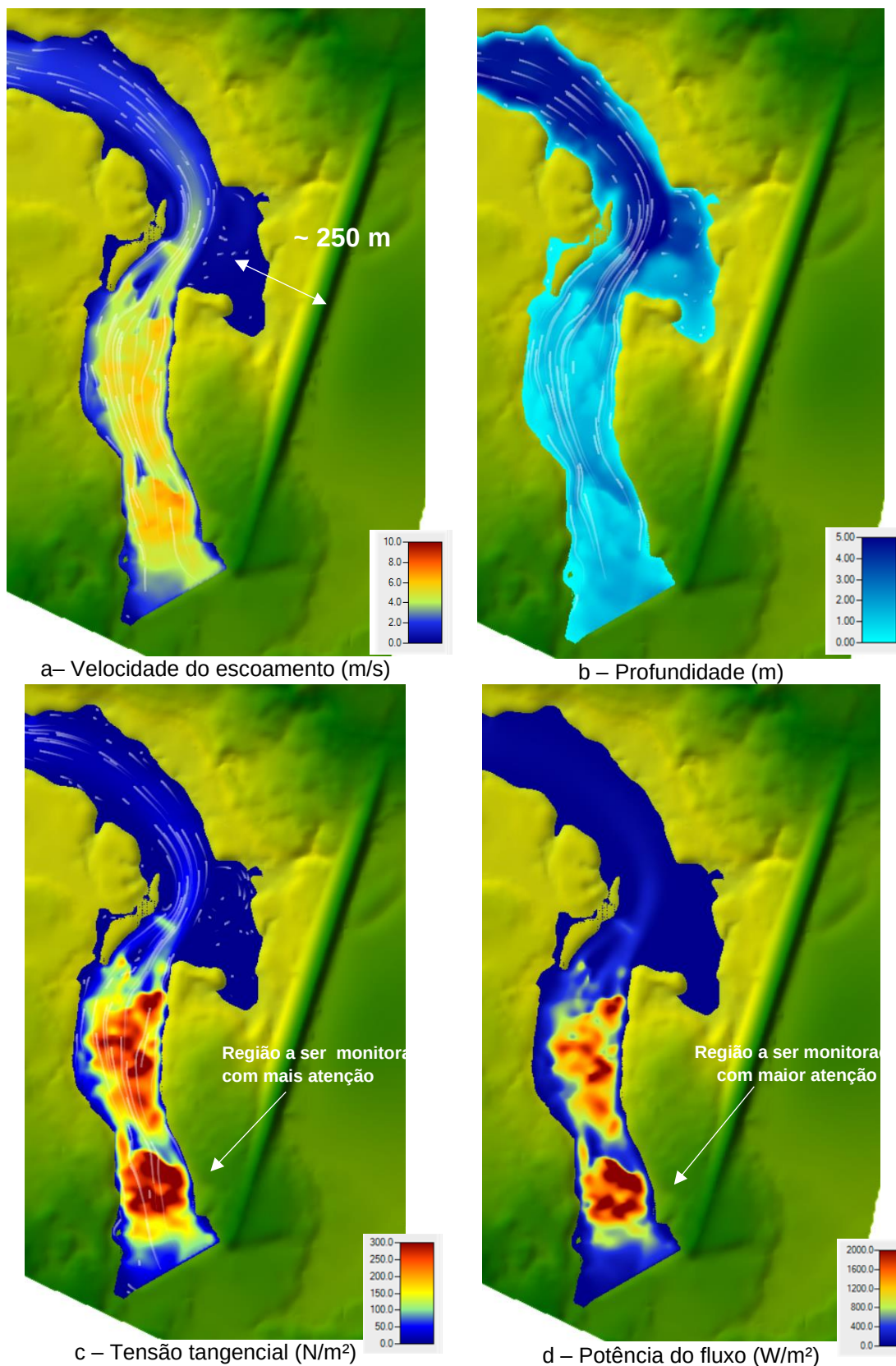
Em linhas gerais, o estudo contemplou a simulação da descarga da vazão de pico do hidrograma efluente. A simulação foi realizada utilizando a metodologia de cálculo de escoamento em regime não permanente, sendo que a vazão ao longo do tempo foi constante.

Os resultados obtidos na simulação estão indicados na Figura 1.16. Conforme pode ser observado, para a vazão decamilenar, as velocidades do escoamento podem chegar a aproximadamente 10 m/s na região da ombreira. Na região do leito do rio, o fluxo principal ocorre a mais de 250 metros de distância da fundação da barragem.

A análises dos resultados de tensão tangencial e potência do escoamento indicam que a margem direita do canal de restituição do vertedouro é a região que, do ponto de vista das características hidráulicas, está submetida a fluxos com maior potencial erosivo. Nesse sentido, destaca-se a região localizada a aproximadamente 150 metros da soleira do vertedouro, onde ocorrem fluxos com os maiores potenciais erosivos, relativamente próximo à fundação da barragem.

Pelos resultados obtidos, observa-se que em caso de ocorrência de cheias, conforme indicado nas análises de amortecimento ao longo do reservatório apresentadas no âmbito da atual RPSB (Volume V do PSB) pode ser encontrado em c.1901-ES-0-GE-G00-00-C-11-RT-0001_2, o vertedouro de Estreito pode operar por diversos dias com vazões da ordem de 100 a 200 m³/s. O pico dos hidrogramas, ou seja, período em que ocorrem vazões efluentes mais elevadas, ocorre em aproximadamente 24 horas.

Figura 1.16 – Fluxo de restituição do vertedouro – TR = 10.000 anos.



Fonte: PSB, Volume V, 2019w.

• TOMADAS D'ÁGUA

Na margem direita, encontra-se a tomada de água, que é composta por uma torre de controle com uma comporta tipo stop-log, galeria de tubulação de ferro fundido com 1 m de diâmetro e casa de controle de vazão, realizado por válvula, a jusante.

Não foram encontradas maiores informações a respeito desta estrutura, de maneira que não foi possível realizar análises mais detalhadas. Sem posse dos dados do projeto torna-se impossível realizar qualquer verificação da tomada de água frente aos critérios de projetos atuais. Deve-se realizar um levantamento geométrico “As is” das estruturas para viabilizar as verificações de estabilidade da tomada de água em seu estado atual. Sugere-se também a realização de ensaios na rocha de fundação para a caracterização das propriedades do contato entre concreto e rocha, e a execução de ensaios não destrutivos no concreto da tomada de água.

Com base na inspeção visual de campo, apresentadas no Volume V da PSB de Estreito (2019b) verifica-se que a estrutura da torre da tomada de água apresenta problemas pontuais de armadura exposta que devem ser tratadas. Ainda na torre da tomada de água, na época da inspeção, verificou-se fissuras na base dos pilares na face de montante que devem ser monitoradas, provável fissura devido à flexão dos pilares no sentido de montante para jusante. Como não são apresentados os projetos e a memória de cálculo da tomada de água não se consegue identificar problemas de dimensionamento que possam ter gerado tais anomalias.

Tabela 1.8 - Principais Características da Tomada d'água

Tomada de água		Fonte	Pág.
Tipo	Uma torre de controle acoplada ao maciço e comportas a montante e jusante.	PSB, Volume V, 2019b	b
Localização	Maciço na margem direita, incorporada ao aterro	PSB, Volume V, 2019b	b
Cota do piso da galeria adutora	El. 539,25 m (487,00 m + 52,25m)	2 IPH 001 (2001) Capítulo 2, Tabela 2.2	2
Controle na entrada	Comporta ensecadeira de isolamento da tubulação de adução. Regulação de vazão por abertura/fechamento (inoperante) da comporta deslizante a montante através Mancal e Volante de acionamento manual através de volante de manobra.	PSB, Volume V, 2019b	27 a 33
Controle na saída	Por válvula de controle/isolamento e vertedouro lateral de soleira livre na esquerda hidráulica da estrutura de saída.	PSB, Volume V, 2019b	32 e 33
Vazão máxima de projeto da comporta	4.5 m³/s	PSB, Volume V, 2019b	b

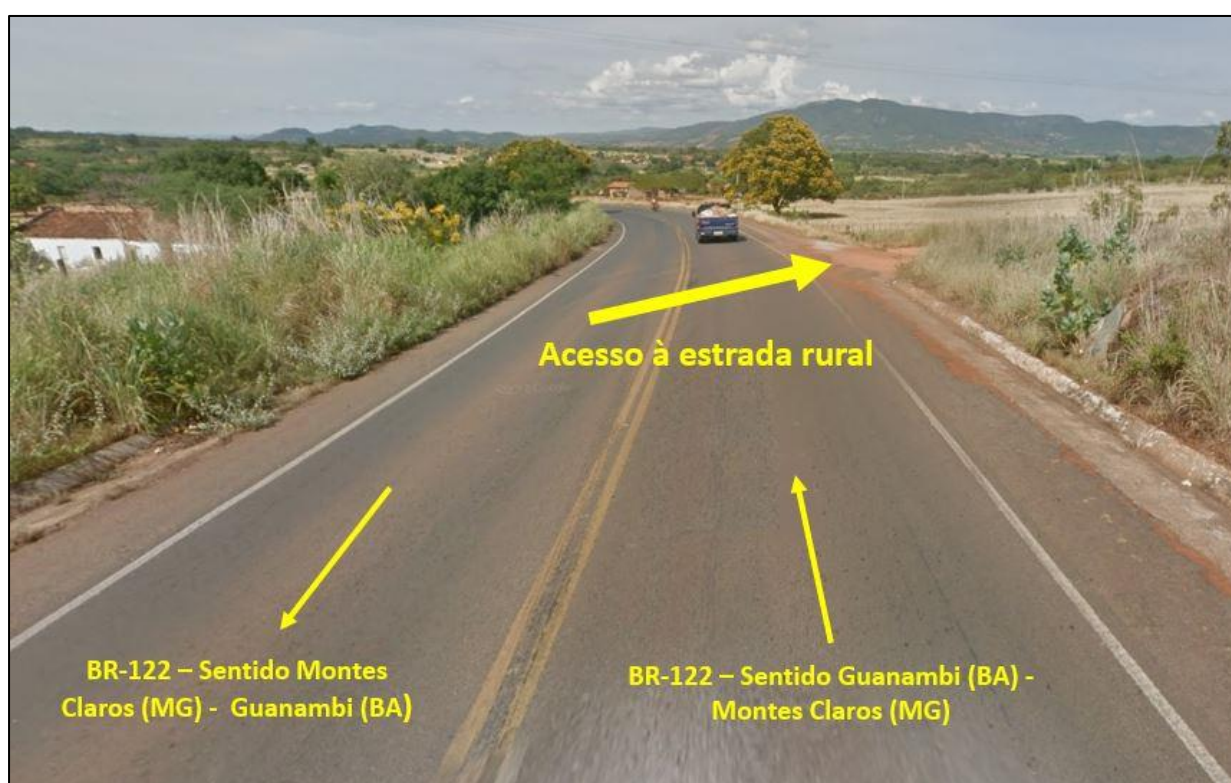
1.4.6. INSTRUMENTAÇÃO

Não há instrumentos instalados na barragem Estreito, sendo que, atualmente, o monitoramento do desempenho das estruturas é realizado de maneira visual, através de inspeções rotineiras anuais.

1.4.7. ACESSOS À BARRAGEM

A barragem Estreito, preferencialmente, pode ser acessada a partir dos escritórios regionais da Codevasf situados nas cidades de Guanambi (BA) e Montes Claros (MG). Partindo de Guanambi (BA), deve-se percorrer a BR-122 por, aproximadamente, 67 km até a cidade de Urandi (BA). Passada Urandi, deve-se permanecer na BR-122 por mais 13,8 km até acesso à estrada rural (Figura 1.17). Do acesso à estrada rural, percorre-se ainda 9,5 km até a barragem.

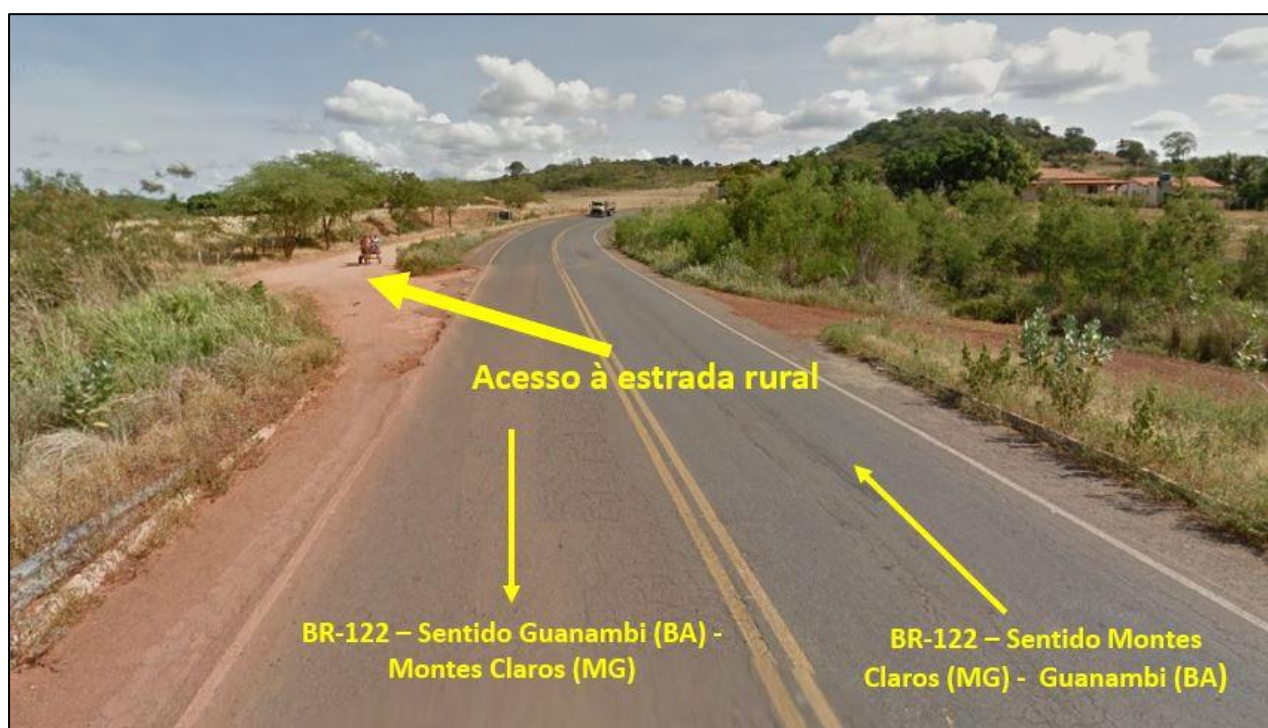
Figura 1.17 - Acesso à estrada rural - Via Guanambi.



Fonte: RHA Engenharia e Consultoria (GoogleMaps, 2020).

Partindo de Montes Claros, deve-se acessar a BR-251, no sentido Salinas (MG) e percorrê-la por, aproximadamente, 26,6 km até trevo que dá acesso a BR-122. Acessando a BR-122 deve-se permanecer nesta até a cidade de Janaúba. Em Janaúba, permanecendo na BR-122 deve-se cruzar a ponte sobre o Rio Gorutuba e seguir em direção a Espinosa (MG). Passada Espinosa, ainda na BR-122, deve-se percorrer cerca de 10,5 km até ponte que marca a divisa estadual entre Minas Gerais e Bahia. Superada a Divisa, deve-se percorrer mais 150 metros pela BR-122 até acesso à estrada rural situada a esquerda da rodovia (Figura 1.18). Do acesso à estrada rural, percorre-se ainda 9,5 km até a barragem.

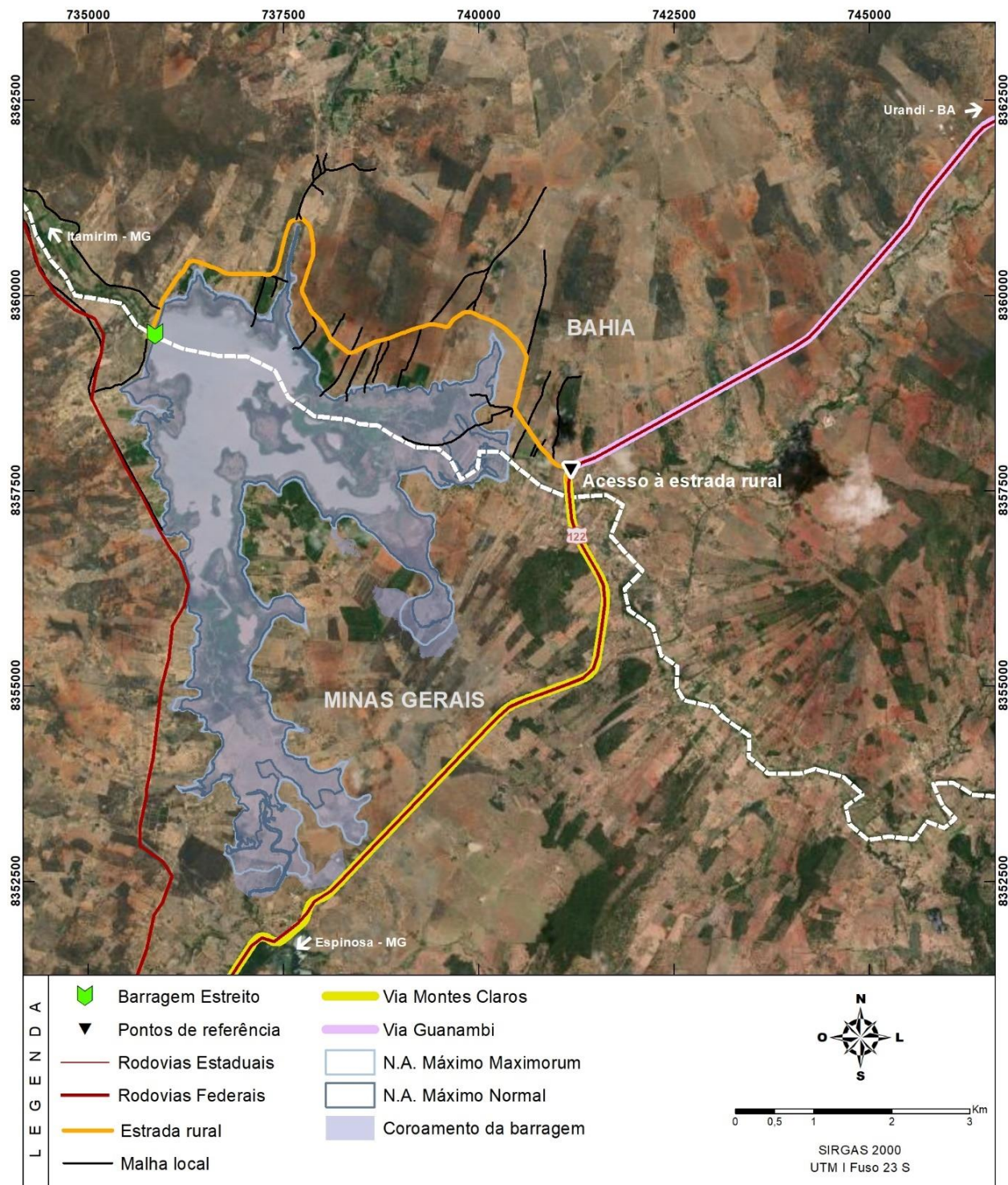
Figura 1.18 - Acesso à estrada rural - Via Montes Claros (MG).



Fonte: RHA Engenharia e Consultoria (GoogleMaps, 2020).

A Figura 1.19 ilustra os principais acessos à barragem Estreito, pela via Guanambi (BA) e pela via Montes Claros (MG).

Figura 1.19 – Acessos à barragem Estreito



Fonte: RHA Engenharia, 2021.

1.5. RECURSOS MATERIAIS E LOGÍSTICOS NA BARRAGEM EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

A Codevasf está em articulação com os órgãos de proteção e defesa civil municipais e estaduais (Bahia e Minas Gerais), de tal forma a promover e operacionalizar os procedimentos emergenciais constantes no PAE da barragem Estreito, conforme indicado na Lei nº 12.334/2010, alterada pela Lei nº 14.066/2020. Nessa fase, a Codevasf, em consonância com o poder público, estabelecerá as medidas específicas para resgatar atingidos, pessoas e animais, para mitigar impactos ambientais, para assegurar o abastecimento de água potável e para resgatar e salvaguardar o patrimônio cultural. Deste modo, o PAE deverá ser revisado após conclusão dessa etapa.

A resposta ao pior cenário identificado na barragem Estreito, sendo tal cenário caracterizado como o rompimento dessa estrutura, deve ter subsídio de recursos humanos e materiais suficientes para gerir a situação com eficiência.

Os recursos humanos correspondem tanto a Equipe de Controle Emergencial da Barragem, quanto aos demais envolvidos no PAE da Codevasf.

A Equipe de Controle Emergencial deverá ser composta, no mínimo, por:

- Eng. Hidrólogo;
- Eng. Geotécnico;
- Eng. de Estruturas;
- Eng. Mecânico;
- Bombeiro Hidráulico;
- Auxiliar de Obra; e
- Motorista.

Para fazer face à situação de emergência devem existir recursos materiais fixos, mobilizáveis e renováveis, com destaque para os meios de comunicação, de fornecimento de energia, de alerta, de transporte e outros.

Quanto aos recursos fixos salientam-se os seguintes:

- Sistema de alimentação de energia elétrica;
- Central de Operações; e
- Sistema de comunicações, instalado na Central de Operações, e o sistema de alerta constituído por unidades dispersas na ZAS.

A Central de Operações é o local onde o Coordenador do PAE e os recursos humanos irão permanecer em situação de alerta, e de onde se pode:

- Recolher e disseminar informação;
- Coordenar e emitir ordens para ações,
- Mobilizar e gerir recursos;
- Manter e arquivar registros do desenrolar da situação e dos custos relacionados com as operações de emergência;
- Manter a comunicação com os agentes envolvidos no controle da situação de emergência (Centros Operacionais de Defesa Civil e Entidades Fiscalizadoras).

Os recursos mobilizáveis são essencialmente equipamentos e recursos de materiais diversos, devendo também ser identificadas as zonas próximas onde é possível obter estes recursos. Os municípios podem, por exemplo, providenciar, numa situação de acidente, mão de obra, equipamento e materiais.

Em relação aos recursos materiais mobilizáveis, incluem-se os seguintes:

- Equipamentos diversos (gruas, caminhões, retroescavadeiras, barco de alumínio, bombas de drenagem e de esgotamento, gerador, ferramentas gerais, etc.);
- Meios de transporte terrestres disponíveis para as operações de alerta na ZAS, em complemento do sistema de alerta fixo e meios de transporte fluviais;
- Equipamento de segurança, do qual se salientam: i) grupos eletrogêneos móveis; ii) projetores e material de iluminação; iii) meios portáteis de emissão em alta-voz; iv) meios de comunicação suplementares.

No que diz respeito aos recursos materiais renováveis, incluem-se os seguintes:

- Combustíveis e lubrificantes;
- Material diverso de manutenção e reparação, como areia, brita, cordas, lona plástica, gabião tela, aço zincado, tábuas, tijolos, etc.;
- Material para primeiros socorros.

A Codevasf está implantando em seus empreendimentos os recursos humanos e materiais necessários conforme dimensionamento apresentado nesse capítulo. Deste modo, o PAE da barragem Estreito deverá ser revisado após conclusão dessa etapa.

2. DETECÇÃO, AVALIAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE RESPOSTA

A barragem Estreito possui um encarregado pelo monitoramento diário da barragem e entorno. O encarregado, devidamente treinado pela Codevasf por meio dos treinamentos dispostos no ANEXO 1 – PLANO DE TREINAMENTO DO PAE, poderá identificar possíveis ocorrências excepcionais nas estruturas do empreendimento, relatando o ocorrido via celular ao Coordenador do PAE (Supervisor Regional) e registrando no Livro de Ocorrências.

A Inspeção de Segurança Regular (ISR) da barragem Estreito é realizada anualmente. Nela uma equipe multidisciplinar avalia qualitativamente as condições da barragem e estruturas associadas. A classificação da ISR deve estar compatibilizada com os NRs do PAE, de tal forma a proporcionar a integração e efetividade do Plano de Segurança da Barragem Estreito.

Por fim, o último procedimento de identificação implantado pela Codevasf corresponde as visitas mensais a serem realizadas pelo Coordenador do PAE (Supervisor Regional) da barragem Estreito.

A Tabela 2.1 apresenta o resumo dos procedimentos de identificação das possíveis ocorrências excepcionais e circunstâncias anômalas na barragem e estruturas associadas.

As notificações devem ser realizadas conforme Plano de Comunicação e Fluxograma de Acionamento estabelecidos no Capítulo 3, de tal forma a propiciar o início da aplicação das Ações de Resposta e Medidas Mitigadoras, apresentadas neste Capítulo, sendo que cada participante do PAE deve estar ciente de suas responsabilidades instituídas no Capítulo 4.

Tabela 2.1 – Resumo dos Procedimentos de Identificação

Quem	Análise Quantitativa	Análise Qualitativa	Periodicidade
Encarregado	Leitura da elevação do nível de água do reservatório	Monitoramento visual simplificado à barragem e estruturas associadas	Diária
Coordenador do PAE (Supervisor Regional)	Leitura da elevação do nível de água do reservatório	Monitoramento visual à barragem e estruturas associadas	Mensal
Equipe multidisciplinar (Inspeção de Segurança Regular)	Leitura da elevação do nível de água do reservatório	Inspeção visual técnica à barragem e estruturas associadas	Anual

Fonte: RHA Engenharia, 2021.

2.1. CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES

Considera-se uma situação anômala qualquer ocorrência gerada por eventos naturais ou provocados, que em combinação com a resposta da barragem, podem dar origem a deteriorações e que, no caso mais extremo, podem ocasionar a ruptura da mesma, levando à liberação súbita do volume de água armazenado.

Deste modo, são necessários procedimentos para gerir tais situações de forma a garantir a segurança da barragem ou de atenuar os efeitos de um possível rompimento da estrutura.

O PAE realiza a descrição das possíveis situações anômalas no empreendimento, considerando no mínimo as seguintes ocorrências:

- Ocorrências excepcionais naturais exteriores à barragem, como as tempestades, os sismos, as cheias provocadas por precipitações intensas ou por ruptura de barragens a montante;
- Ocorrências excepcionais provocadas pelo homem, exteriores à barragem;
- Circunstâncias anômalas de comportamento que derivam de deteriorações no corpo da barragem e/ou sua fundação, nos órgãos extravasores e seu equipamento de operação que são consequência das características da estrutura e do seu estado de manutenção; e
- Situações internas à barragem relacionadas com a operação da barragem que derivam da operação dos respectivos órgãos extravasores ou, situações que podem ocorrer nas instalações da barragem tais como incêndios, inundações e atos de vandalismo.

As situações devem ser classificadas em quatro Níveis de Resposta (NR), conforme caracterização apresentada na Tabela 2.2, com base na observação ou inspeção à barragem (que permitem a detecção de “sinais” – indicadores qualitativos – de eventuais anomalias de comportamento) e/ou através da análise dos resultados da exploração da instrumentação (baseando-se na definição de bandas de variação para grandezas observadas consideradas representativas do estado da obra – indicadores quantitativos).

Após a identificação de qualquer anomalia, a primeira ação do Coordenador do PAE (Supervisor Regional) é a classificação do NR. Posteriormente, consoante a classificação estabelecida, este deve seguir as ações predefinidas para cada NR.

Tabela 2.2 - Níveis de Resposta com Respectivas Caracterizações

Níveis de Resposta	Caracterização
NÍVEL DE RESPOSTA 0 (NR-0) – NORMAL (Verde)	Quando as anomalias ou a ação de eventos externos à barragem não comprometem a segurança da barragem, mas devem ser controladas e monitoradas ao longo do tempo.
NÍVEL DE RESPOSTA 1 (NR-1) – ATENÇÃO (Amarelo)	Quando as anomalias ou a ação de eventos externos à barragem não comprometerem a segurança da barragem no curto prazo, mas exigirem monitoramento, controle ou reparo ao decurso do tempo.
NÍVEL DE RESPOSTA 2 (NR-2) – ALERTA (Laranja)	Quando as anomalias ou a ação de eventos externos à barragem representem risco à segurança da barragem, exigindo providências para manutenção das condições de segurança.
NÍVEL DE RESPOSTA 3 (NR-3) – EMERGÊNCIA (Vermelho)	Quando as anomalias ou a ação de eventos externos à barragem representem risco de ruptura iminente, exigindo providências para prevenção e mitigação de danos humanos e materiais decorrentes do colapso da barragem.

Fonte: ANA, 2016.

A instrumentação é uma ferramenta importante na identificação de possíveis situações anômalas que possam estar ocorrendo nas estruturas, possibilitando intervenções corretivas ou preventivas, minimizando o risco de acidentes e preservando a segurança da estrutura.

A barragem Estreito não possui sistema de instrumentação para monitoramento e controle de estabilidade, apenas monitoramento visual conforme apresentado no item anterior. No entanto, a Codevasf está implementando o sistema indicado na última Revisão Periódica de Segurança de Barragem (Volume V do PSB da barragem Estreito) e disponibilizado a ANA (Agência Nacional de Águas).

O sistema de monitoramento indicado na RPSB tem intuito de aferir as subpressões no maciço e fundação, além da movimentação no corpo da barragem por meio da instalação dos seguintes instrumentos:

- Piezômetros sendo dois posicionados no maciço de terra homogênea e dois na fundação, distribuídos em quatro seções diferentes, podendo ser elétrico ou Casagrande;
- Marcos superficiais, sendo dez na crista da barragem e dois marcos indeslocáveis para realização das leituras.

A Tabela 2.3 apresenta a classificação das possíveis situações anômalas na barragem e estruturas associadas por meio de indicadores quantitativos, assim como os eventuais procedimentos corretivos para cada situação apresentada. Somente a situação de cheias pode ser avaliada de forma quantitativa, em que os dados foram obtidos da RPSB, que corresponde ao Volume V da PSB.

Para as situações classificadas em NR-3, o Anexo 7 apresenta as Fichas de Emergência para situações de ruptura iminente ou nas quais a barragem já rompeu ou está

rompendo, respectivamente. As fichas apresentam tanto uma descrição geral da situação de emergência, quanto os procedimentos preventivos e corretivos.

Tabela 2.3 – Indicadores quantitativos para avaliação e classificação das possíveis situações anômalas na barragem e estruturas associadas.

Situação Anômala	Cenários possíveis	Indicador		NR
		NA = Nível de Água (m) PLU = Precipitação (mm/dia) ES = Bacia da Barragem Estreito CO = Bacia da Barragem Cova da Mandioca		
Cheias	Operação normal	ES	NA < NMN (El.548,25 m)	0
		CO	NA < NMN (El.548,20 m)	
	Vertimento projetado	ES	NMM (El.550,84 m) > NA > NMN (El.548,25 m) <u>E</u> PLU < TR100 = 141	1
		CO	NMM (El.549,50 m) > NA > NMN (El.548,20 m) <u>E</u> PLU < TR100 = 145	
		ES	NMM (El.550,84 m) > NA > NMN (El.548,25 m) <u>E</u> PLU < TR1000 = 193	2
		CO	NMM (El.549,50 m) > NA > NMN (El.548,20 m) <u>E</u> PLU < TR1000 = 189	
	Vertimento acima do projetado com Risco de Galgamento	ES	NA > NMM (El.550,84 m) <u>OU</u> NMM (El.550,84 m) > NA > NMN (El.548,25 m) <u>E</u> PLU > TR10.000 = 245	Ficha nº 01
		CO	NA > NMM (El.549,50 m) <u>OU</u> NMM (El.549,50 m) > NA > NMN (El.548,20 m) <u>E</u> PLU > TR10.000 = 232	

Fonte: Adaptado de PSB, Volume V, 2019.

A Tabela 2.4 apresenta a classificação das possíveis situações anômalas na barragem e estruturas associadas em Níveis de Resposta por meio de indicadores qualitativos. As fichas de respostas de emergência estão apresentadas no Anexo 8.

Tabela 2.4 – Indicadores qualitativos para avaliação e classificação das possíveis situações anômalas na barragem e estruturas associadas.

Inspeção visual	Situação Anômala	Eventuais medidas de intervenção	Cenários possíveis	NR
Tomada de água / descarga de fundo	Deterioração das paredes da galeria;	Intervenções de impermeabilização do concreto e/ou juntas da galeria;	Instabilidade estrutural da galeria;	1
	Deterioração do conduto; e	Reforço estrutural da galeria; Substituição dos trechos danificados; e	Perda de estanqueidade da galeria; e	
	Erosão, fissuras, fendas no concreto, passagens de água.	Observação.	Erosão interna.	
	Falha dos órgãos extravasores ou de equipamento de operação	Manutenção; Reparos; e Observação.	Impossibilidade de manobra ou de esvaziamento do reservatório (fora da época de cheias)	1
			Impossibilidade de manobra ou de esvaziamento do reservatório (época de cheias)	2
			Galgamento da barragem iminente ou ocorrendo	Ficha nº 01
Ombreiras da barragem	Ressurgências nas ombreiras	Impermeabilização a montante e/ou de filtragem/drenagem e confinamento a jusante; e Observação	Ruptura por Galgamento da barragem ocorreu ou ocorrendo	Ficha nº 09
			Arrastamento de finos do trecho superficial da fundação, do aterro, do preenchimento de caixas de falha e/ou de fraturas.	1
Vertedouro	Erosões regressivas a jusante da bacia de dissipação.	Proteção da saída da bacia com enrocamento ou outras obras; Proteção do pé da barragem; e Observação.	Potencial instabilidade estrutural; e Erosão do pé da barragem.	1
	Movimentos, erosões, fissuras, fendas; e	Intervenções de reabilitação e de limpeza / reposição das condições de escoamento;	Alterações químicas do concreto;	0

Inspeção visual	Situação Anômala	Eventuais medidas de intervenção	Cenários possíveis	NR
	Deposição de materiais/obturação.	Reforço estrutural; e Observação.	Modificação das condições de escoamento	1
			Danos estruturais no vertedouro	2
			Instabilização da estrutura	Ficha nº 05
			Ruptura do vertedouro ocorrendo / ocorreu	Ficha nº 09
Corpo da barragem	Movimentos, fissuras, trincas e erosões; e Zonas úmidas e/ou ressurgências no talude de jusante ou na inserção da barragem na fundação.	Rebaixamento do nível de água no reservatório; Obras de reabilitação (por exemplo: alteamento da crista, rebaixamento da soleira, execução de bermas estabilizadoras e de drenagem a jusante, obras de impermeabilização a montante, etc.); e Reforço da observação.	Perda de borda livre; e Erosão interna;	1
			Danos estruturais à barragem e estruturas associadas	2
			<i>Piping</i>	Ficha nº 02
			Instabilidade global	Ficha nº 03
			Instabilidade localizada	Ficha nº 04
			Ruptura da barragem ocorrendo / ocorreu	Ficha nº 09
Reservatório	Escorregamento de taludes / deslizamento de encostas.	Intervenções de estabilização de taludes; Rebaixamento do nível de água no reservatório; e Avaliação da possibilidade de novos escorregamentos.	Obstrução dos órgãos extravasores	1
			Geração de ondas anormais a montante (sem galgamento)	2

Inspeção visual	Situação Anômala	Eventuais medidas de intervenção	Cenários possíveis	NR
			Galgamento iminente ou ocorrendo	Ficha nº 01
			Ruptura da barragem ocorrendo / ocorreu	Ficha nº 09
	Impactos negativos para peixes ou vida selvagem.	Remover os eventuais animais mortos; Identificar a origem dos impactos; e Notificar as entidades que utilizam a água e as autoridades de saúde pública e ambiental.	Possibilidade de afetar a qualidade da água.	1
	Sedimentos afluentes.	Descarga de fundo; Melhorias a nível da conservação do solo da bacia; e Valas perimetrais no reservatório.	Obstrução da entrada da descarga de fundo.	1
	Derrame de substâncias perigosas ou descarga de materiais poluentes.	Determinar a dimensão, natureza e origem da descarga; Avaliar os impactos da descarga; Notificar as entidades que utilizam a água e as autoridades de saúde pública e ambiental; e Estimar o esforço e equipamento necessário para conter.	Possibilidade de afetar a qualidade da água; e Possibilidade de poluição do ar ou do solo.	1
	Cheias	Rebaixamento do nível de água no reservatório; e Observação.	Inundação a jusante; e Galgamento.	Ver Tabela
Geral	Ação criminosa: sabotagem, ameaça de bomba e atos de guerra.	Contactar autoridades competentes; Reparos; Manter órgãos extravasores abertos; e	Impossibilidade de manobra ou de esvaziamento do reservatório; Perda de borda livre;	2

Inspeção visual	Situação Anômala	Eventuais medidas de intervenção	Cenários possíveis	NR
		Observação.	Danos à barragem e estruturas associadas	
			Galgamento iminente ou ocorrendo	Ficha nº 01
			Instabilidade localizada	Ficha nº 04
			Instabilidade global	Ficha nº 03
			Ruptura da barragem ocorrendo / ocorreu	Ficha nº 09
	Falha dos sistemas de notificação e alerta	Manutenção e reparos; e Observação.	Impossibilidade de notificação e de alerta (fora da época de cheias)	1
			Impossibilidade de notificação e de alerta (época de cheias)	2
	Sismos	Inspeções na barragem e estruturas associadas.	Danos à barragem e estruturas associadas	2
			Galgamento iminente ou ocorrendo	Ficha nº 01
			Ruptura da Barragem ocorrendo / ocorreu devido ao galgamento	Ficha nº 09
			Instabilização da estrutura.	Ficha nº 08
			Ruptura da Barragem ocorrendo / ocorreu devido à instabilidade gerada pela Sismicidade	Ficha nº 10

Fonte: Adaptado de ANA, 2016.

2.2. AÇÕES ESPERADAS

Após a detecção de qualquer anomalia ou ocorrência, a primeira ação a empreender é a classificação do nível de resposta. Consoante a classificação estabelecida, que em certos casos poderá não ser imediata, deve-se seguir as ações indicadas nos itens seguintes, para cada nível de resposta.

Os contatos para notificação de entidades com responsabilidades instituídas, em particular do Empreendedor, do Coordenador do PAE, do Sistema de Defesa Civil são apresentados a seguir e no Fluxograma de Notificação que consta na Figura 3.1 (Capítulo 3 – Procedimentos de notificação e sistema de alerta).

2.2.1. NÍVEL VERDE

Corresponde à etapa em que os serviços rotineiros estão **NORMAIS**, não existindo risco à segurança das estruturas dos barramentos nem ao sistema operacional das barragens. Seguem-se os procedimentos de rotina conforme o Volume III - Planos e Procedimentos.

2.2.2. NÍVEL AMARELO

Corresponde a etapa na qual existem situações que impõem um estado de **ATENÇÃO** na barragem e/ou no vale a jusante, devido a pequenos riscos estruturais ou hidrológicos, inclusive no caso em que a magnitude da vazão afluyente ao reservatório exija a liberação de vazão efluente igual às condições de restrição a jusante (cotas ou vazões limites impostas para evitar inundação de habitações ou infraestruturas importantes).

As tarefas deste nível devem ser coordenadas pelo Coordenador do PAE (Supervisor Regional) adotando as seguintes medidas:

- Informar a situação às unidades internas: O Coordenador do PAE (Supervisor Regional) assim que confirmar a situação de atenção, deverá informar o fato, no prazo de 30 dias, ao Empreendedor (Codevasf) e ao Coordenador Geral (Superintendente 2ªSR), contendo indicações das ações necessárias para garantia da normalidade.

O Empreendedor (Codevasf) deverá solicitar ao setor competente a adoção das medidas indicadas.

O Coordenador Geral (Superintendente 2ªSR) deverá atualizar a planilha de prioridade e verificar a disponibilidade dos recursos orçamentários necessários.

2.2.3. NÍVEL LARANJA

Corresponde a etapa na qual existem situações que impõem um estado de **ALERTA** na barragem e/ou no vale a jusante, devido a consideráveis riscos estruturais ou hidrológicos, devido a existência de problemas no maciço da barragem e/ou previsão de cheias naturais com elevado período de retorno, inclusive no caso em que a magnitude da vazão afluente ao reservatório exija a liberação de vazão efluente superior às condições de restrição a jusante (cotas ou vazões limites impostas para evitar inundação de habitações ou infraestruturas importantes).

As tarefas deste nível devem ser coordenadas pelo Coordenador do PAE (Supervisor Regional) adotando as seguintes medidas:

- Informar a situação às unidades internas: O Coordenador do PAE (Supervisor Regional) assim que confirmar a situação de alerta, deverá informar o fato, no prazo de 15 dias, ao Empreendedor (Codevasf) e ao Coordenador Geral (Superintendente 2ªSR), contendo indicações das ações necessárias para garantia da normalidade, principalmente o rebaixamento do volume do reservatório ou elaboração de projeto de recuperação da barragem.
- Informar o alerta de inundação na Zona de Autossalvamento: Em caso de liberação de vazão efluente superior às condições de restrição a jusante, o Coordenador do PAE (Supervisor Regional) deverá comunicar o risco de alagamento das Zona de Autossalvamento. Para as demais situações correspondentes ao Nível de Resposta 2, o Coordenador do PAE (Supervisor Regional) deverá estabelecer sinal de alerta de estado de prontidão na ZAS.

O Empreendedor (Codevasf) deverá solicitar ao setor interno competente a adoção das medidas indicadas com prioridade.

O Coordenador Geral (Superintendente 2ªSR) deverá atualizar a planilha de prioridade e verificar a disponibilidade dos recursos orçamentários e extraordinários necessários. O Coordenador Geral (Superintendente 2ªSR) deverá analisar a necessidade de aumento na frequência do monitoramento hidrológico ou estrutural. O Coordenador Geral (Superintendente 2ªSR) deverá adotar a seguinte medida:

- Informar a situação às unidades externas especializadas: O Coordenador Geral (Superintendente 2ªSR) deverá comunicar o estado da barragem e as condições de risco, bem como as medidas a serem adotadas nas unidades externas especializadas: ANA (Entidade Fiscalizadora), Defesas Cíveis Estaduais (Bahia e Minas Gerais) e Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais) o contato dos responsáveis consta no Capítulo 1.

Defesas Cíveis Estaduais (Bahia e Minas Gerais) e Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais) deverão atuar na Zona de Segurança Secundária.

2.2.4. NÍVEL VERMELHO

Corresponde a etapa na qual existem situações que impõem um estado de **EMERGÊNCIA** na barragem e/ou no vale a jusante, devido a grandes e iminentes riscos estruturais ou hidrológicos, que pode acarretar em inundações naturais ou induzidas pelo rompimento/galgamento da barragem, devido a existência de problemas no maciço da barragem e/ou previsão de cheias com elevado período de retorno, inclusive no caso em que a magnitude da vazão afluente ao reservatório exija a liberação de vazão efluente superior às condições de restrição a jusante (cotas ou vazões limites impostas para evitar inundação de habitações ou infraestruturas importantes).

As tarefas serão desenvolvidas por todos os participantes deste plano, sendo que a partir da decisão de retirada das populações o comando desta ação deverá passar para a Coordenação da Defesas Cíveis Estaduais (Bahia e Minas Gerais) e Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais). No entanto, as ações na Zona de Autossalvamento são responsabilidade do Empreendedor (Codevasf).

As medidas a serem adotadas pelo Coordenador do PAE (Supervisor Regional) serão as seguintes:

- Informar a situação às unidades internas: O Coordenador do PAE (Supervisor Regional), confirmada a situação de emergência, deverá informar o fato imediatamente ao Empreendedor (Codevasf) e ao Coordenador Geral (Superintendente 2ªSR) solicitando mobilização de pessoal especializado para as ações emergenciais.
- Alertar a Zona de Autossalvamento: O Coordenador do PAE (Supervisor Regional) deverá ativar o sistema de alerta para emergência na Zona de Autossalvamento para evacuação da população.

O Coordenador Geral (Superintendente 2ªSR) deverá adotar a seguinte medida:

- Informar a situação às unidades externas especializadas: O Coordenador Geral (Superintendente 2ªSR) deverá comunicar o estado da barragem e as condições de risco, bem como as medidas a serem adotadas nas unidades externas especializadas: ANA (Entidade Fiscalizadora), Defesas Cíveis Estaduais (Bahia e Minas Gerais) e Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas,

as respectivas Prefeituras Municipais), o contato dos responsáveis consta no Capítulo 1.

O Empreendedor (Codevasf) deverá criar a Equipe de Controle Emergencial da Barragem, sob coordenação do Coordenador do PAE (Supervisor Regional), assim como estabelecer a Central de Operações. A seguir são apresentadas demais informações em relação às medidas citadas.

- Controle Emergencial da Barragem: A equipe coordenada pelo Coordenador do PAE (Supervisor Regional) deverá intensificar o monitoramento estrutural e/ou hidrológico no barramento; elaborar e executar planejamento das intervenções imediatas na barragem, e auxiliar sempre que solicitado as Defesas Cíveis Estaduais (Bahia e Minas Gerais) e Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais) sobre a necessidade de evacuação da população a jusante.
- Montar Central de Operações: O Empreendedor (Codevasf) deve articular imediatamente um escritório com as Prefeituras Municipais para montar uma Central de Operações Emergenciais, que servirá de base para planejamento e execução dos serviços emergenciais, articulação com demais órgãos de proteção civil, e comunicação com autoridades e atingidos.

A Central de Operações corresponde a uma sala de situação para encaminhamento das ações de emergência e para comunicação transparente com a sociedade, com participação do Empreendedor (Codevasf), de representantes dos órgãos de proteção e defesa civil, da autoridade licenciadora do SISNAMA, dos órgãos fiscalizadores e das comunidades e Municípios afetados (Lei nº 14.066/2020).

As Defesas Cíveis Estaduais e Municipais (na falta dessas, as Prefeituras Municipais) deverão comunicar a situação de risco à Polícia Militar e ao Corpo de Bombeiros, assim como atuar na Zona de Segurança Secundária.

Terminada a situação de emergência, o Empreendedor (Codevasf) deve providenciar a elaboração do Relatório de Encerramento de evento de emergência, cujo conteúdo mínimo encontra-se apresentado e recomenda-se minimamente que contenha os seguintes itens (Res. ANA nº 236/2017):

- Descrição detalhada do evento e possíveis causas;
- Relatório fotográfico;
- Descrição das ações realizadas durante o evento, inclusive cópia das declarações emitidas e registro dos contatos efetuados;
- Indicação de áreas afetadas com identificação dos níveis ou cotas altimétricas atingidas pela onda de cheia;

- Consequências do evento, inclusive danos materiais, à vida, à propriedade, ao meio ambiente e às atividades econômicas afetadas;
- Proposições de melhorias para revisão do PAE, caso seja necessário;
- Conclusões do evento;
- Proposta/projeto de recuperação da área afetada; e
- Ciência do responsável legal pelo empreendimento.

Esse relatório deverá ser enviado ao órgão fiscalizador (ANA - Agência Nacional de Águas) assim que concluído.

3. PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÕES E SISTEMAS DE ALERTA

3.1. OBJETIVO

O objetivo dos sistemas de notificação e alerta é o de avisar os intervenientes e decisores principais das ações de emergência e, quando se revelar necessário, alertar a população em risco na ZAS. A notificação através do PAE associada aos níveis de alerta mais elevados poderá acionar o planejamento de emergência do Sistema de Defesa Civil.

Os procedimentos de comunicação visam garantir os seguintes pontos:

- Definir quem notifica e quem é notificado;
- Identificar os nomes dos intervenientes, das organizações responsáveis e principais tomadores de decisão das ações emergenciais, com respectivos números para contato e recursos alternativos de comunicação;
- Definir os meios de comunicação entre o Coordenador do PAE (responsável por desencadear o alerta) e as entidades a alertar;
- Definir os dispositivos de alerta sonoros para informar a população da ZAS da iminência ou ocorrência de um acidente na barragem; e
- Acionar o Sistema de Proteção e Defesa Civil.

3.2. NOTIFICAÇÃO

A comunicação deve ser estabelecida entre os indivíduos responsáveis pela operação e segurança da barragem (notificação interna), e entre estes e as entidades externas com responsabilidades instituídas (ANA e Sistema de Defesa Civil), conforme Figura 4.2.

O Capítulo 1 apresenta os contatos dos responsáveis do PAE no empreendimento, da prefeitura municipal, dos órgãos de segurança pública e defesa civil, das unidades hospitalares mais próximas e das demais entidades envolvidas é apresentado no Subcapítulo 1.3.

O Anexo 3 apresenta formulários direcionados para o PAE, nomeadamente, os formulários de declaração de início e de encerramento de emergência e o de mensagem de notificação.

O Fluxograma de Acionamento está apresentado no Fluxograma de Notificação que consta na Figura 3.1 (Capítulo 3 – Procedimentos de notificação e sistema de alerta).

3.3. SISTEMA DE ALERTA

O sistema de alerta estabelecido para a ZAS deve contar com sistemas em funcionamento permanente e que possam ser facilmente acionados, de modo a garantir o alerta à população e aos ocupantes desta região. Além disso, deve considerar a delimitação de meios de comunicação para estabelecer contato com as autoridades de proteção e Defesa Civil. O sistema de alerta deve prevenir a ocorrência de falsos alarmes e manter um programa de manutenção para garantir seu pleno funcionamento.

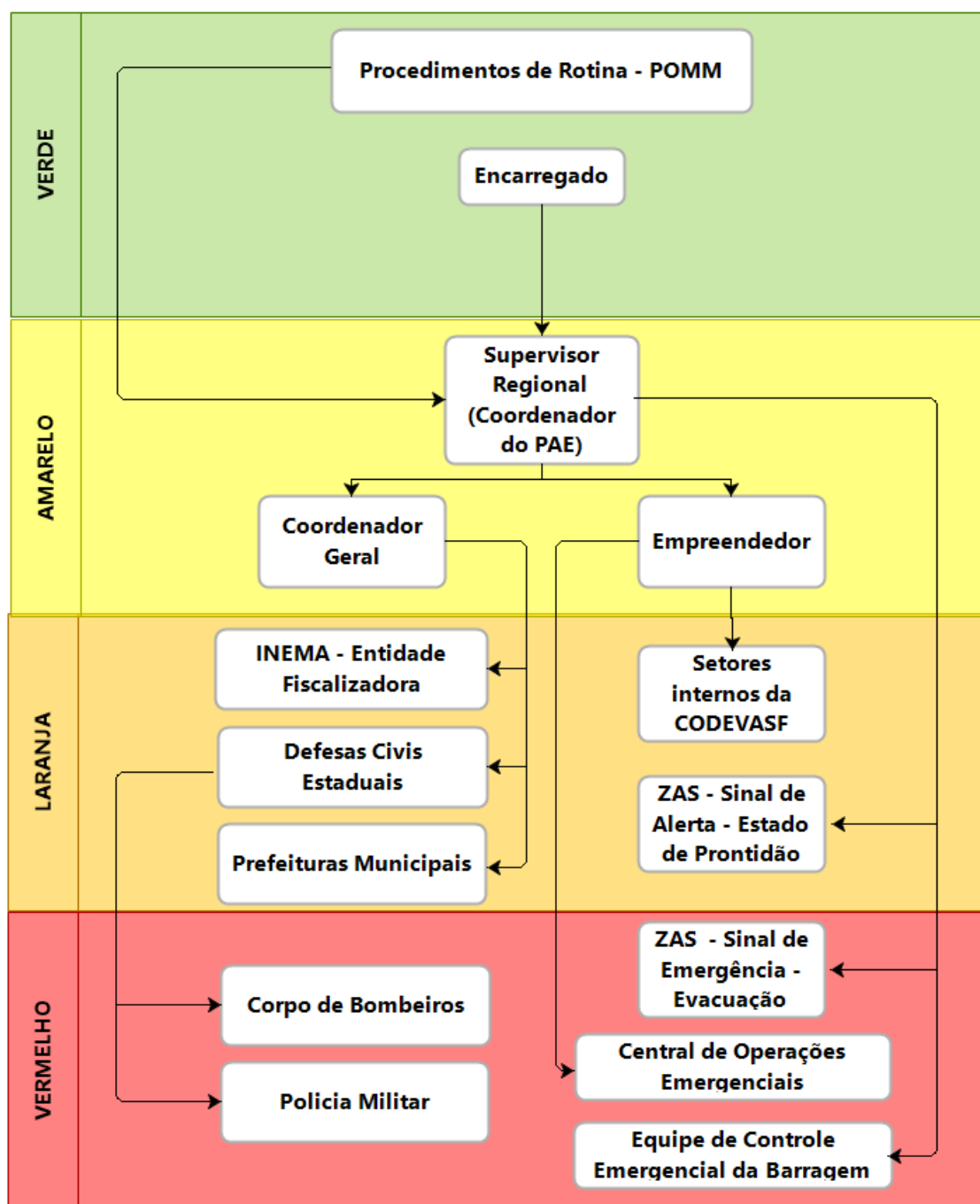
As estratégias de alerta, comunicação e orientação à população potencialmente afetada na ZAS serão debatidas com as Defesas Cíveis e as Prefeituras Municipais. Os avisos de situações de emergência para a população na ZAS poderão ser feitos por telefone (ligação ou mensagens), sinais sonoros ou luminosos tais como: buzinas, apitos, sirenes etc. Esses avisos somente serão acionados quando deflagrados uma situação de emergência correspondente ao NR-2 e NR-3 e que reúna circunstâncias necessárias para uma evacuação interna da barragem e na ZAS. Outros meios de comunicação também poderão ser utilizados, por exemplo, rádio e televisão.

O alerta à população da ZAS consiste em estabelecer estado de prontidão e emergência para o NR-2 e NR-3, respectivamente. Sendo necessário esclarecer a gravidade de cada situação a população da ZAS.

3.4. FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO

Em caso de emergência, deve-se seguir o Fluxograma de Notificação apresentado na Figura 3.1, para a notificação dos indivíduos e das entidades e o alerta da população em risco. A Figura 3.2 apresenta um resumo dos contatos presentes no Fluxograma de Notificação.

Figura 3.1 – Fluxograma de Notificação.



Fonte: RHA, 2019.

Figura 3.2 – Contatos do Fluxograma de Notificação

DEFESA CIVIL MINAS GERAIS (31) 3915-0199 http://www.defesacivil.mg.gov.br/ BAHIA (71) 3115-3000 http://www.defesacivil.ba.gov.br/ paulosergio.luz@sudec.ba.gov.br POLICIA CIVIL MINAS GERAIS (31) 3071-2540 https://www.policiamilitar.mg.gov.br/ BAHIA (71) 3117-6048 http://www.pm.ba.gov.br/ cg.cmt@pm.ba.gov.br CORPO DE BOMBEIROS MINAS GERAIS (31) 3915-7525 http://www.bombeiros.mg.gov.br/ BAHIA (71) 3116-6782 http://www.cbm.ba.gov.br/ cg.gabinete@cbm.ba.gov.br PREFEITURAS MUNICIPAIS URANDI - BA (77) 3456-2127 http://www.urandi.ba.gov.br/ prefeitura.urandi@urandi.ba.gov.br SEBASTIÃO LARANJEIRAS - BA (77) 3668-2243 contato@sebastiaolaranjeiras.ba.gov.br IUIU - BA (77) 3682-2122 (77) 3682-2009 http://www.iuiu.ba.gov.br/ pmiuiugp@hotmail.com MALHADA - BA (77) 3691-2145 www.malhada.ba.gov.br contato@malhada.ba.gov.br	ESPINOSA - MG (38) 3812-2000 http://espinosa.mg.gov.br/ prefeituraespinosa@yahoo.com.br GAMELEIRAS - MG (38) 3811-9104 https://www.gameleiras.mg.gov.br/ contato@gameleiras.mg.gov.br MATIAS CARDOSO - MG (38) 3616-3151 https://www.matiascardoso.mg.gov.br/ prefeitura@matiascardoso.mg.gov.br MANGA - MG (38) 3615-2112 https://www.manga.mg.gov.br/ gabinetemanga@gmail.com DEFESAS CIVIS MUNICIPAIS EXISTENTES ESPINOSA - MG (38) 99222-2425 Sr. João Carlos Boa-Sorte ENTIDADE FISCALIZADORA - INEMA (71) 3118-4133 http://www.inema.ba.gov.br/ EMPREENDEDOR PR - Presidência Marcelo Andrade Moreira Pinto Presidente (61) 98244-6100 marcelo.moreira@codevasf.gov.br COORDENADOR GERAL 2º/SR - 2ª Superintendência Regional Harley Xavier Nascimento Superintendente (077) 3481-8000 harley.nascimento@codevasf.gov.br COORDENADOR DO PAE (SUPERVISOR REGIONAL) 2º/GRD – Gerência Regional de Infraestrutura Gerente Renato do Rosário Bittencourt Lopes Eng. Civil, MSc (077) 3481-8021 renato.lopes@codevasf.gov.br
--	--

Fonte: RHA, 2019.

4. RESPONSABILIDADES GERAIS NO PAE

4.1. RESPONSABILIDADES DO EMPREENDEDOR

A Codevasf, representada pelo contato do empreendedor apresentado no Capítulo 1, de acordo com a (Lei nº12.334/2010, alterada pela Lei nº 14.066/2020), deve:

- Articular com o Corpo de Bombeiros, Polícia Civil, Defesas Cíveis Estaduais (Bahia e Minas Gerais) e Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais) para promover e operacionalizar os procedimentos emergenciais constantes do PAE;
- Ouvir o Corpo de Bombeiros, Polícia Civil, Defesas Cíveis Estaduais (Bahia e Minas Gerais) e Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais) na fase de elaboração do PAE quanto às medidas de segurança e aos procedimentos de evacuação em caso de emergência;
- Realizar, juntamente o Corpo de Bombeiros, Polícia Civil, Defesas Cíveis Estaduais (Bahia e Minas Gerais) e Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais), em periodicidade a ser definida pelo órgão fiscalizador (ANA), exercício prático de simulação de situação de emergência com a população da área potencialmente afetada por eventual ruptura da barragem;
- Estender os elementos de autoproteção existentes na ZAS aos locais habitados da ZSS nos quais o Corpo de Bombeiros, Polícia Civil, Defesas Cíveis Estaduais (Bahia e Minas Gerais) e Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais), não possam atuar tempestivamente em caso de vazamento ou rompimento da barragem;

Ademais, a Codevasf possui as seguintes responsabilidades.

- Providenciar a elaboração e atualização do PAE;
- Promover treinamentos internos, no máximo a cada dois anos, e manter os respectivos registros de treinamento;
- Participar dos treinamentos organizados pelos organismos de Defesas Cíveis Estaduais (Bahia e Minas Gerais) e Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais);
- Designar o Coordenador do PAE (Supervisor Regional);
- Disponibilizar recursos quando a necessidade desses for além da autonomia do Coordenador do PAE (Supervisor Regional);
- Protocolar o PAE nas autoridades públicas com funções na gestão da emergência, em especial Corpo de Bombeiros, Polícia Civil, Defesas Cíveis

Estaduais (Bahia e Minas Gerais) e Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais);

- Estabelecer a Central de Operações Emergenciais em caso de NR-3;
- Contactar os setores internos competentes da Codevasf para auxílio ao Coordenador do PAE quando necessário;
- Determinar os membros da Equipe de Controle Emergencial da barragem Estreito;
- Autorizar a emissão da declaração de encerramento de emergência;
- Programar as reuniões de avaliação depois dos eventos de emergência;
- Ter pleno conhecimento das Ações de Resposta do PAE e do Plano de Comunicação;
- Estabelecer, em conjunto com as Defesas Cíveis Estaduais (Bahia e Minas Gerais) e as Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais), estratégias de comunicação e de orientação à população potencialmente afetada na ZAS sobre procedimentos a serem adotados nos Níveis de Resposta 2 e 3; e
- Providenciar a elaboração do relatório de encerramento de emergência com a ciência do responsável legal da barragem e das Defesas Cíveis Estaduais (Bahia e Minas Gerais) e as Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais).

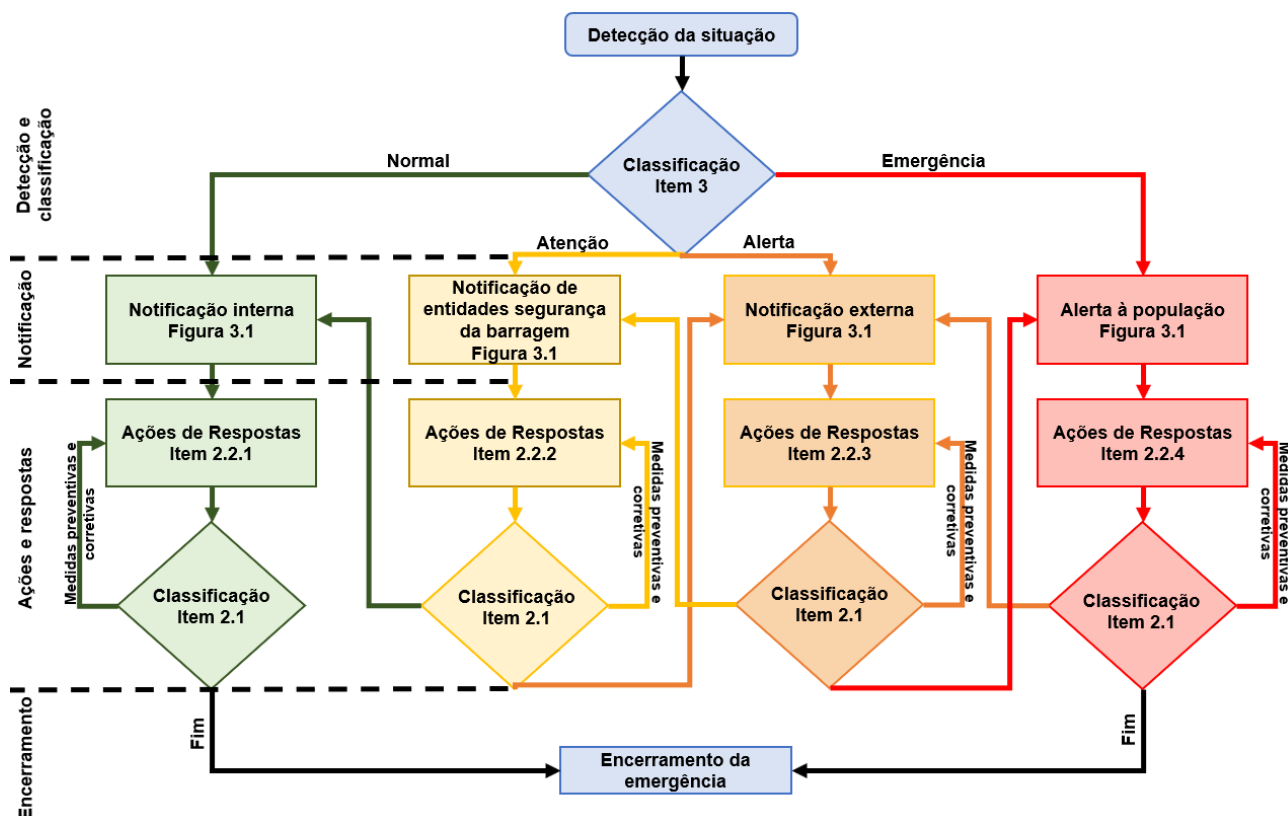
4.2. RESPONSABILIDADES DO COORDENADOR DO PAE

O Coordenador do PAE (Supervisor Regional) por delegação da Codevasf, possui as seguintes responsabilidades:

- Detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial, de acordo com os Níveis de Resposta;
- Visitar mensalmente a barragem Estreito;
- Estabelecer contatos com o Empreendedor (Codevasf) e Coordenador Geral;
- Emitir declaração de início e encerramento de situação de emergência;
- Ter pleno conhecimento das Ações de Resposta do PAE e do Plano de Comunicação;
- Coordenar a Equipe de Controle Emergencial da barragem Estreito; e
- Auxiliar na elaboração do relatório de encerramento de eventos de emergência.

O Coordenador do PAE, é, assim, o responsável por coordenar as ações descritas no PAE (vide Figura 4.1), devendo estar disponível para atuar prontamente nas situações de emergência em potencial da barragem

Figura 4.1 – Ações a Implementar pelo Coordenador PAE



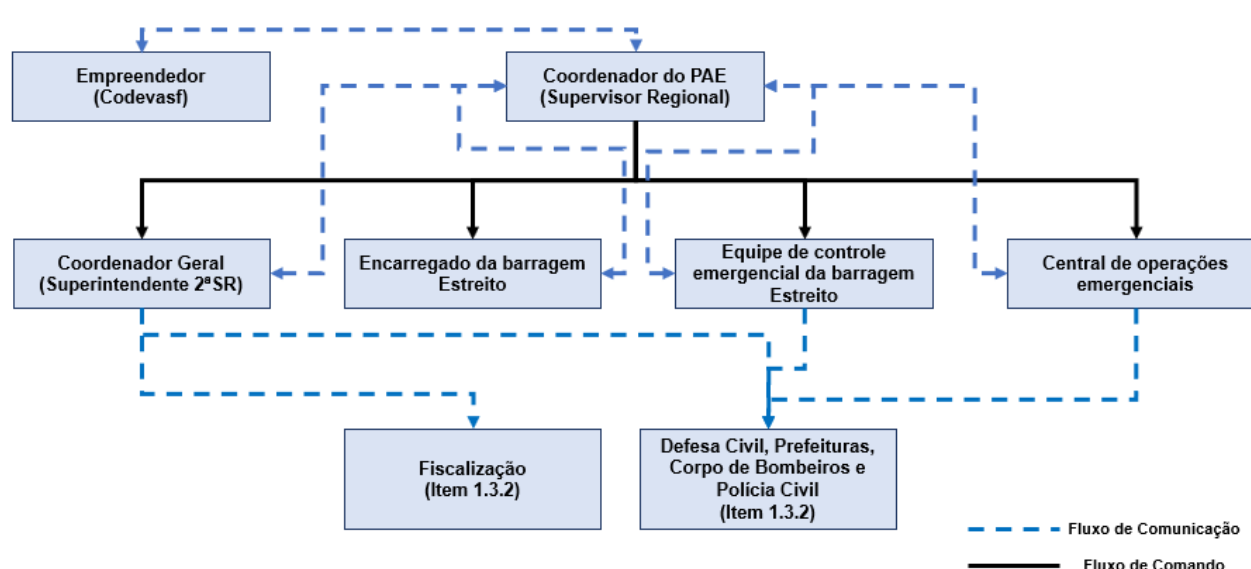
Fonte: adaptado ANA, 2021

4.3. RESPONSABILIDADES E ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE DO PAE

4.3.1. INTRODUÇÃO

A Figura 4.2 apresenta a organização da equipe do PAE da barragem Estreito, em que o fluxo de comando e comunicação estão ilustrados. As responsabilidades e organização da equipe do PAE estão descritas a seguir.

Figura 4.2 – Organização a nível de Barragem



Fonte: adaptado ANA, 2021

4.3.2. COORDENADOR GERAL

O Coordenador Geral (Superintendente 2ª SR), por delegação da Codevasf, possui as seguintes responsabilidades:

- Estabelecer e manter contato com as Defesas Cíveis Estaduais (Bahia e Minas Gerais) e as Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais) e a Entidade Fiscalizadora (ANA);
- Ter pleno conhecimento das Ações de Resposta do PAE e do Plano de Comunicação;
- Verificar a disponibilidade dos recursos orçamentários e extraordinários necessários para eventuais situações anômalas;
- Verificar a necessidade do aumento de frequência no monitoramento hidrológico e estrutural do empreendimento; e
- Auxiliar na elaboração do relatório de encerramento de eventos de emergência.

4.3.3. ENCARREGADO DA BARRAGEM

O Encarregado da Barragem Estreito, por delegação da Codevasf, possui as seguintes responsabilidades:

- Monitorar diariamente a barragem e estruturas associadas; e
- Contatar o Coordenador do PAE ao detectar alguma possível anomalia no empreendimento.

4.3.4. EQUIPE DE CONTROLE EMERGENCIAL DA BARRAGEM

A Equipe de Controle Emergencial da barragem Estreito será criada pela Codevasf quando definida uma situação de Nível de Resposta 3. A Equipe será liderada pelo Coordenador do PAE (Supervisor Regional) e possui as seguintes responsabilidades:

- Intensificar o monitoramento hidrológico e/ou estrutural no empreendimento;
- Elaborar e executar o planejamento das intervenções imediatas na barragem; e
- Auxiliar sempre que solicitado as Defesas Cíveis Estaduais (Bahia e Minas Gerais) e as Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais).

4.3.5. CENTRAL DE OPERAÇÕES EMERGENCIAIS

A Central de Operações Emergenciais da barragem Estreito será criada pela Codevasf quando definida uma situação de NR-3. A Central de Operações possui as seguintes responsabilidades:

- Planejamento e execução dos serviços emergenciais;
- Articulação com as Defesas Cíveis Estaduais (Bahia e Minas Gerais) e as Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais); e
- Comunicação com demais autoridades e atingidos.

4.4. SISTEMA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL (SINPDEC)

O Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), que atua na redução de desastres em todo o território nacional, e, no que interessa a emergências em barragens, é constituído no nível estadual pela Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (CEDEC), órgão ligado ao gabinete do Governador, que comporta diversos órgãos estaduais (por exemplo, a polícia militar e os Corpos de bombeiros) e no âmbito municipal, pelas Comissões Municipais de Defesa Civil (COMDEC) que comportam diversos órgãos da administração pública municipal (por exemplo, secretarias municipais de saúde, subprefeituras, serviços de águas e esgoto).

Por força da Lei nº 12.608/2012, os municípios estão obrigados a elaborar os seus respectivos Planos de Contingência Municipais de Proteção e Defesa Civil (PLANCON) para favorecer a ação de proteção e defesa civil para toda e qualquer ameaça a qual o município esteja submetido.

Portanto, os órgãos e as autoridades públicas já possuem a responsabilidade formal

de atuar durante a ocorrência de situações de emergência nos municípios, pela ação coordenada entre estes nas diferentes esferas municipal, estadual e federal.

As COMDECs dos municípios situados a jusante e que são atingidos devido a uma hipotética ruptura da barragem, devem alertar e conduzir ações de salvamento às populações, tendo o apoio da Codevasf para as ações na ZAS, onde entende-se que, na emergência, não haverá tempo hábil para ações das autoridades de proteção e defesa civil dos municípios implantarem o previsto nos respectivos planos de contingências.

A participação das autoridades de defesa civil na implantação do PAE é essencial para a efetividade das ações de emergência aqui estabelecidas; assim, entende-se que as responsabilidades das autoridades de proteção e defesa civil devem concentrar em ações de planejamento contemplando, dentre outras, as seguintes atividades:

- Fornecer informações sobre quais os meios de comunicação utilizado pelas autoridades de proteção e defesa civil envolvidas nas ações do PAE;
- Orientar a Codevasf sobre quais os meios de comunicação são mais efetivos a serem adotados nas situações de emergência para alertar a população da ZAS;
- Analisar e aprovar as rotas de fuga e pontos de encontro na ZAS, propostos pela Codevasf;
- Proceder à determinação de rotas de fuga e pontos de encontro na ZSS; e
- Divulgar as ações de autossalvamento, organizar treinamentos e simulados externos, com apoio da Codevasf.

5. SÍNTESE DO ESTUDO DE RUPTURA DA BARRAGEM E MAPA DE INUNDAÇÃO

5.1. SÍNTESE DO ESTUDO DE ROMPIMENTO

Para avaliação dos danos provocados pela hipotética ruptura da barragem Estreito ao vale a jusante é necessário determinar as zonas potencialmente inundadas pela cheia provocada pela hipotética ruptura da barragem, que afetariam a população, instalações, infraestruturas e ambiente. Para tanto, utiliza-se do estudo de inundação, que por sua vez, se baseia na simulação da cheia induzida.

Os critérios definidos para este estudo seguiram principalmente as diretrizes do “Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens – Volume IV: Guia de Orientação e Formulários do Plano de Ação de Emergência – PAE” da Agência Nacional de Águas (ANA) e as condições de verificação previstas no Termo de Referência do contrato.

5.1.1. MODELO HIDRODINÂMICO

A representação da hipotética ruptura da barragem de Estreito e definição dos respectivos mapas de inundação foram realizados utilizando a modelagem bidimensional do software HEC-RAS 5.0.7 (USACE, 2008). Foram realizadas simulações para a barragem Estreito para alguns cenários de ruptura hipotética, a fim de determinar a mancha de inundação considerando o deságue no rio São Francisco a jusante.

Em linhas gerais, o estudo contemplou a simulação de desenvolvimento da brecha de ruptura da barragem e do hidrograma efluente da mesma, bem como o processo de propagação da cheia ao longo do vale a jusante.

Para efetuar a simulação do processo de formação da brecha, o HEC-RAS exige a definição da metodologia para a determinação da geometria da brecha, o tempo de ruptura, bem como a evolução da brecha ao longo do tempo.

A condição hidrodinâmica do rio Verde Pequeno a jusante da barragem principal no instante de sua hipotética ruptura será correspondente ao pico da vazão afluente, em condição previamente estabilizada (regime permanente) à simulação da hipotética ruptura.

As simulações foram realizadas utilizando a metodologia de cálculo de escoamento em regime não permanente, sendo que, para os cenários de operação hidráulica extrema, sem a ocorrência de rompimento da barragem, as vazões ao longo do tempo serão constantes e, para as simulações de ruptura hipotética, as vazões efluentes serão variáveis ao longo do tempo, correspondentes à formação da brecha.

- **EXTENSÃO DO CÁLCULO**

Conforme orientações do documento “*Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens*” da Agência Nacional de Águas (ANA), o domínio de estudo deve incidir entre a seção de início do reservatório da barragem em ruptura, a montante, e uma determinada seção a jusante.

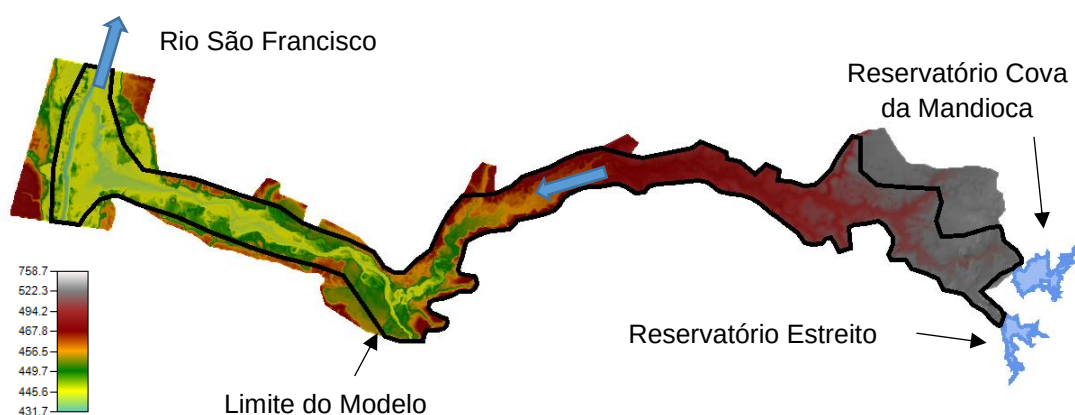
Segundo este documento, os critérios mais adequados para a fixação do limite de jusante são os que se baseiam em fronteiras físicas, ou seja, a foz do rio no oceano, a seção de confluência com outro rio de maior dimensão ou um reservatório a jusante. Também é possível adotar uma seção a partir da qual se estabeleça um grau de risco que seja considerado aceitável. Sendo este o caso, é necessário considerar uma seção onde os níveis de água atinjam uma ordem de grandeza correspondente a determinada cheia característica.

Dessa forma, para o estudo da hipotética ruptura da barragem Estreito foram definidos os limites:

- Limite de Montante: Barragem de Estreito;
- Limite de Jusante: uma seção do rio São Francisco, localizada a aproximadamente 4km da foz do rio Verde Pequeno.

A base cartográfica que gerou o Modelo Digital do Terreno (MDT) foi desenvolvida a partir de duas informações Perfilamento laser aerotransportado e Imagens SRTM. A base cartográfica completa utilizada nas simulações computacionais está indicada na Figura 5.1 com os reservatórios delimitados em cor azul e o limite computacional delimitado em cor preta.

Figura 5.1 – Base Cartográfica de Interesse



Fonte: PSB, Volume 5, 2019d

• CONDIÇÕES DE CONTORNO A JUSANTE

Como condição de contorno de jusante, devido à falta de informações disponíveis, definiu-se a declividade da linha de energia na seção de saída como sendo igual a 0,1%. Essa declividade é um valor típico para rios de grande porte como o rio São Francisco.

• DEFINIÇÃO DO COEFICIENTE DE RUGOSIDADE

Para a reprodução da perda de energia decorrente do atrito do fluxo com os contornos sólidos foi adotada a equação de Manning. Os valores do coeficiente de Manning sugeridos por Chow (1959) para planícies de inundação e canais naturais semelhantes ao observado na região de interesse está indicada na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Valores de coeficiente de rugosidade de Manning

Tipo de Canal e descrição	Valor do coeficiente ($m^{-1/3}s$)		
	Mínimo	Normal	Máximo
Pastagens, sem arbustos e com grama alta	0.030	0.035	0.050
Campos de cultivo maduros	0.030	0.040	0.050
Arbustos pequenos e arvores no inverno	0.035	0.050	0.060

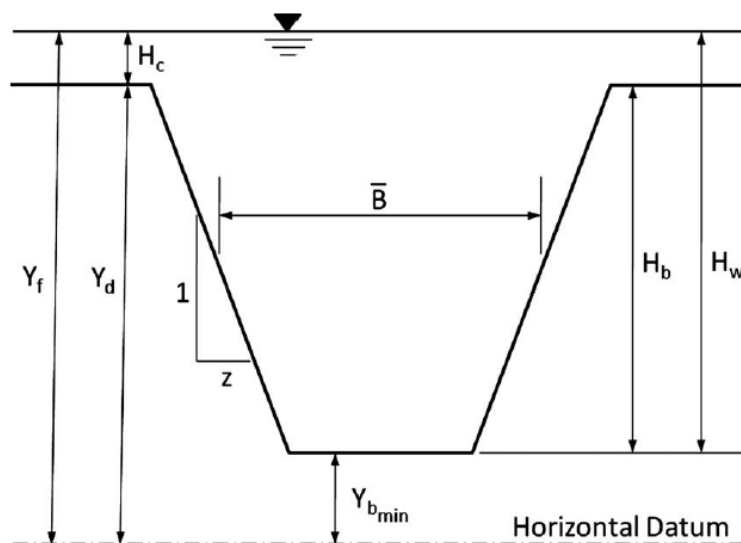
Fonte: PSB, Volume 5, 2019d

A região a jusante da barragem de Estreito é predominantemente ocupada por plantações e vegetações nativas. Portanto, o coeficiente de rugosidade de Manning adotado para o rio Verde Pequeno para os estudos de ruptura é igual a $0,030 m^{-1/3}s$.

5.1.2. MODELO DE DESENVOLVIMENTO DA BRECHA DE RUPTURA

O modelo de desenvolvimento de brecha utilizado neste estudo foi o de Froehlich (2008). Os principais parâmetros utilizados neste modelo para a caracterização da brecha de ruptura são apresentados na Figura 5.2.

Figura 5.2 – Parâmetros para Definição da Brecha



Fonte: PSB - Volume V, 2019d.

As características da brecha foram determinadas conforme indicado a seguir:

$$\bar{B} = 0,27 K_0 V_W^{0,32} H_b^{0,04} \quad \text{Equação 5-1}$$

$$t_f = 63,2 \sqrt{\frac{V_W}{g H_b^2}} \quad \text{Equação 5-2}$$

$$B_b = \bar{B} - z H_b \quad \text{Equação 5-3}$$

Onde,

- $\bar{B}$: Largura média da brecha final (m);
- K_0 : Coeficiente do modo da ruptura ($K_0 = 1,3$ para galgamento ou $K_0 = 1,0$ para erosão interna - piping);
- V_W : Volume do reservatório acima da cota final do fundo da brecha (m³);
- t_f : Tempo de formação da brecha (s);
- g : Aceleração da gravidade = 9,81 m/s²;
- B_b : Largura final do fundo da brecha (m);
- z : Declividade do talude ($z = 1,0$ para galgamento ou $z = 0,7$ para piping);
- Z_b : Elevação do fundo da brecha (m).

Dadas as equações apresentadas, na sequência são apresentadas as características da brecha de ruptura determinadas para a barragem Estreito (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 – Descrição das brechas simuladas

Cenário	Tipo de ruptura	Z _{crista} (m)	NA (m)	Z _b (m)	H _b (m)	V _w (hm³)	K ₀ (-)	z (H:V)	T (h)	B̄ (m)	B _b (m)
5	Mais Provável	552,25	549,02	534	18,25	74,17	1,0	0,7	2,65	100,1	87
6	Extrema	552,25	552,25	535,85	16,4	131,8	1,3	1,0	3,92	155,7	139

Fonte: PSB - Volume V, 2019d.

5.1.3. CRITÉRIOS E CENÁRIOS DE MODELAGEM DA CHEIA DE RUPTURA

O “Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens” determina que se deve optar por construir o menor número possível de cenários. Assim, para garantir uma adequada segurança associada aos diferentes tipos de barragem, o referido manual define dois tipos de cenários: o cenário de operação hidráulica extrema, que pode dar origem a descargas importantes, que, sem conduzir à ruptura, pode colocar em risco pessoas e bens no vale a jusante, e o cenário de ruptura propriamente dita. Estes dois cenários serão detalhados na sequência em itens específicos.

Os critérios e cenários simulados foram determinados a partir das considerações do “Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens” e do Termo de Referência, que deu origem ao contrato cujo objeto se constitui na elaboração do presente estudo. Os cenários simulados são descritos na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Descrição dos cenários simulados

Cenário	Descrição do cenário	Vazão afluente
1	Cheias naturais – Sem considerar a existência da barragem	TR = 100 anos
2		TR = 1.000 anos
3		TR = 10.000 anos
4	Operação hidráulica extrema Vertimento máximo (nível de água na El. 552,25 m)	Vertimento Máximo
5	Ruptura com volume mais provável	TR = 100 anos
6	Ruptura extrema	Vertimento Máximo

Fonte: PSB - Volume V, 2019d.

- **CENÁRIO DE CHEIAS NATURAIS**

Foram simulados 3 cenários de cheias naturais, ou seja, sem considerar a existência da barragem. Os cenários de cheias naturais simulados foram as recorrências de 100, 1.000 e 10.000 anos. Nestes cenários considerou-se sempre o pico dos hidrogramas.

- **CENÁRIO DE OPERAÇÃO HIDRÁULICA EXTREMA**

Estes são os cenários de ocorrência de eventos hidrológicos extremos que geram vertimentos importantes. Vale ressaltar que, no caso da Barragem Estreito, esses casos sempre resultarão em inundações a jusante iguais ou menores que aquelas que ocorreriam em caso de inexistência da barragem. Isso ocorre uma vez que o vertedouro é de superfície livre, seu funcionamento é independente de decisões de equipes de operação, o que impede a existência de casos de aberturas abruptas de comportas.

Para o cenário de Operação Hidráulica Extrema foi realizada uma simulação considerando vertimento máximo, ou seja, aquela que ocorreria em caso do nível de água estivesse na cota do coroamento da barragem (El. 552,25 m).

- **CENÁRIOS DE RUPTURA**

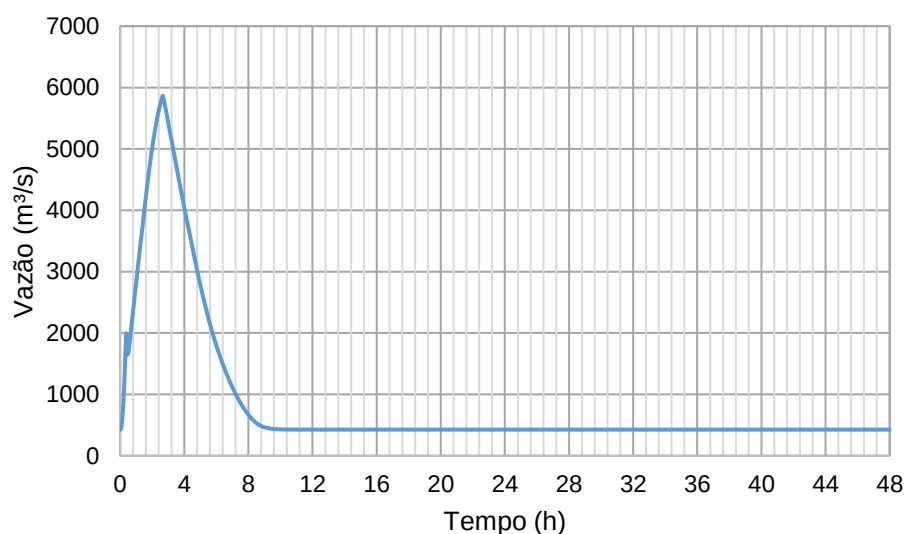
Para as simulações de ruptura da barragem foram considerados dois cenários: um com ruptura por mecanismo estrutural (Piping) com o nível de água em volume mais provável e outro de ruptura extrema, que considera a ocorrência de galgamento.

- Cenário de Ruptura Mais Provável

O hidrograma efluente pela brecha encontra-se indicado na Figura 5.3. Para o cenário de ruptura mais provável considerou-se a ruptura por mecanismo estrutural (Piping) que pode ser considerado um cenário de ruptura em dia de sol – sem influência da precipitação. Neste cenário, foram consideradas as seguintes premissas:

- Vazão efluente correspondente ao pico da vazão de 100 anos de recorrência;
- Nível do reservatório no instante inicial correspondente ao nível máximo decorrente da passagem da cheia de 100 anos pelo reservatório (El. 549,02 m);
- Características da brecha de ruptura conforme Froehlich (2008).

Figura 5.3 – Hidrograma da Brecha de Ruptura – Cenário 5



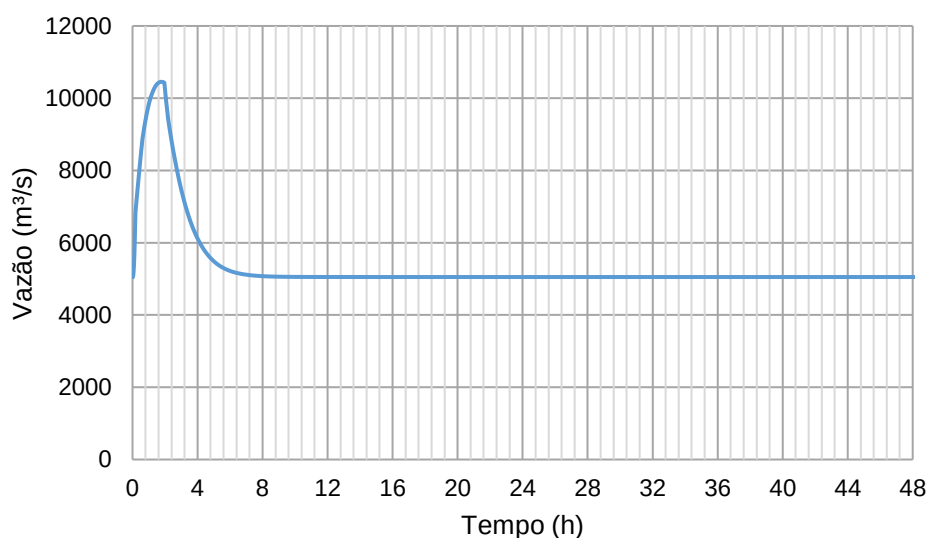
Fonte: PSB - Volume V, 2019d.

○ Cenário de Ruptura Por Galgamento

O hidrograma efluente pela brecha encontra-se indicado na Figura 5.4. Para o cenário de ruptura por galgamento, foram consideradas as seguintes premissas:

- Vazão efluente correspondente ao pico do hidrograma de máximo vertimento;
- Nível do reservatório no início da formação da brecha na elevação 552,25 m, ou seja, na cota de coroamento da barragem;
- Características da brecha de ruptura conforme Froehlich (2008).

Figura 5.4 – Hidrograma da Brecha de Ruptura – Cenário 6



Fonte: PSB - Volume V, 2019d.

• CENÁRIOS DETALHADOS A SIMULAR

Estão apresentados de maneira detalhada na Tabela 5.4 os cenários objeto deste estudo hidráulico.

Tabela 5.4 - Descrição detalhada dos cenários a serem simulados

Cenário	Descrição do cenário	Critério	Vazão afluente (m³/s)	Vazão efluente (m³/s)	Largura média da brecha (m)	Tempo de formação da brecha	Nível de água no reservatório no início da simulação (m)
1	Cheias Naturais	TR = 100 anos	515	515	não se aplica	não se aplica	não se aplica
2		TR = 1.000 anos	728	728			
3		TR = 10.000 anos	941	941			
4	Operação Hidráulica Extrema Vertimento máximo	Vertimento Máximo Efluente	5.600	5.052	não se aplica	não se aplica	552,25
5	Ruptura mais provável por mecanismo estrutural (piping)	TR = 100 anos efluente	515	425	100,1 m Froehlich (2008)	2,65 horas Froehlich (2008)	549,02
6	Ruptura extrema por galgamento	Vertimento Máximo Efluente	5.600	5.052	155,7 m Froehlich (2008)	3,92 horas Froehlich (2008)	552,25

Fonte: PSB - Volume V, 2019d.

5.1.4. RESULTADOS DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO E MAPA DE INUNDAÇÃO

Para a apresentação dos resultados do estudo de inundação foram elaborados mapas de inundação. Esses mapas são apresentados no Anexo 9.

Complementarmente, foram traçadas seções transversais no rio Verde Pequeno, atendendo à recomendação da ANA de apresentar os resultados do cálculo do mapa de inundação com intervalos de pelo menos 1 km nos primeiros cinco quilômetros a jusante da barragem, prosseguindo depois com uma cadência de intervalos maiores, garantindo informação mais detalhada nas zonas singulares, que coincidam com elementos em risco.

Para cada perfil foram coletadas as seguintes informações:

- A velocidade máxima da onda de inundação (m/s);
- A vazão máxima atingida (m³/s);
- O nível máximo da cheia atingido (altura e cota);
- A altura máxima da onda de inundação (m);
- O hidrograma com a representação gráfica do comportamento hidrodinâmico (vazão e altura da água) da onda de inundação em função do tempo.

Essas informações são apresentadas de maneira resumida na Tabela 5.5 e na Tabela 5.6 e apresentadas detalhadamente no Anexo 9. A posição das seções está indicada de maneira esquemática na Figura 5.5.

Os desenhos do reservatório para o nível de água máximo maximorum e para o coroamento da barragem, não foram emitidos pela ausência de informações topobatimétricas para o complemento das curvas.

Tabela 5.5 – Características Hidráulicas – Cenário de Ruptura Mais Provável

Características Hidráulicas	Tempo de chegada da frente de onda (h):	Tempo de chegada do pico da onda (h):	Velocidade Máxima (m/s):	Vazão Máxima (m³/s)	Nível Máximo (m):	Duração da Onda (h):
Seção 1	00:22	02:41	3,3	5865	537,4	06:22
Seção 2	00:26	02:45	3,9	5811	536,2	06:21
Seção 3	00:21	02:47	3,9	5772	535,3	08:03
Seção 4	00:27	02:49	5,5	5761	533,7	07:35
Seção 5	00:33	02:51	5,2	5752	531,4	07:15
Seção 6	01:28	02:54	3,9	5741	529,8	03:50
Seção 7	01:45	03:09	3,1	3021	523,3	04:24
Seção 8	02:22	04:51	1,6	1005	519,7	15:50
Seção 9	00:44	03:04	4,1	2674	523,2	08:31
Seção 10	03:43	05:04	4,1	1664	519,3	04:14
Seção 11	03:37	05:04	3,7	3741	516,8	04:02
Seção 12	02:10	05:47	2,1	3667	509,7	09:51
Seção 13	06:18	07:28	3,6	3377	499,4	03:18
Seção 14	08:02	10:08	2,0	2986	485,7	08:21
Seção 15	10:49	13:06	2,6	2657	473,1	08:54
Seção 16	15:14	16:38	1,4	2439	459,8	04:26
Seção 17	20:26	21:19	1,9	2170	449,0	02:30
Seção 18	27:37	29:21	1,3	1340	446,1	04:19
Seção 19	28:50	36:18	1,0	1119	444,0	22:38
Seção 20	42:38	46:12	0,9	1066	441,3	08:29
Seção 21	40:01	48:16	0,8	912	440,7	21:28

Fonte: PSB - Volume V, 2019d.

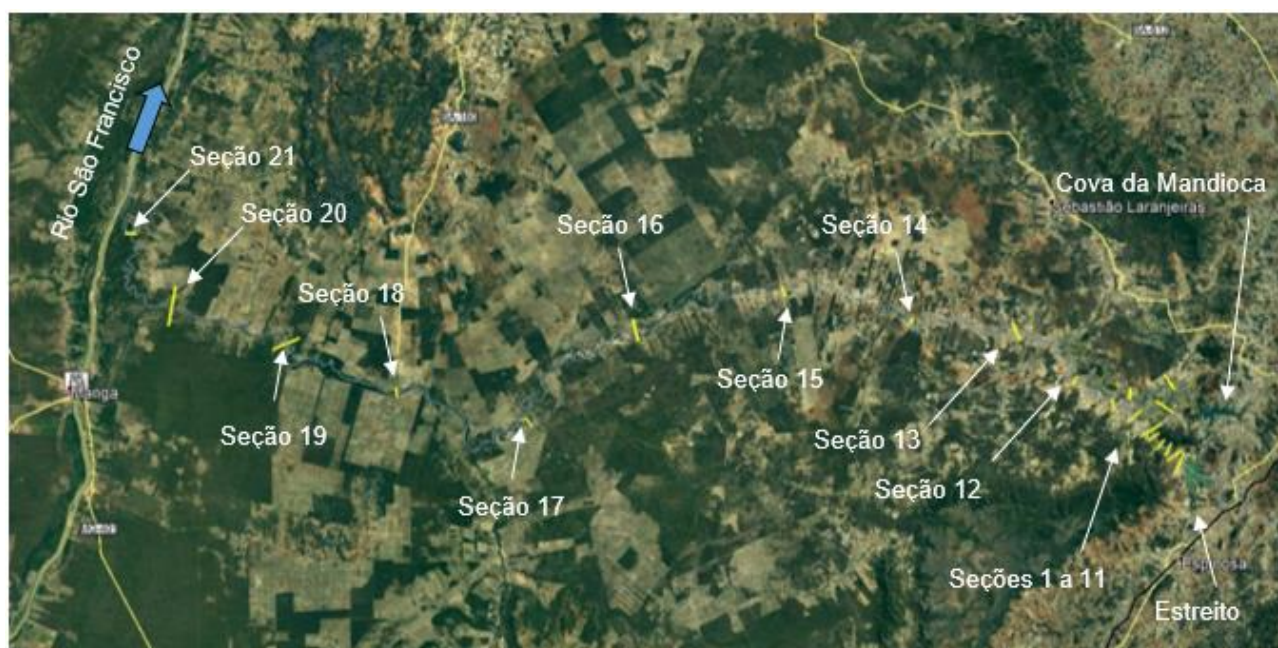
Tabela 5.6 – Características Hidráulicas – Cenário de Ruptura Extrema

Características Hidráulicas	Tempo de chegada da frente de onda (h):	Tempo de chegada do pico da onda (h):	Velocidade Máxima (m/s):	Vazão Máxima (m³/s)	Nível Máximo (m):	Duração da Onda (h):
Seção 1	00:18	01:49	3,8	10452	539,5	03:07
Seção 2	00:19	01:51	4,4	10450	538,4	03:11
Seção 3	00:19	01:50	5,0	10449	537,5	03:17
Seção 4	00:23	01:51	7,1	10449	535,6	02:55
Seção 5	00:34	01:51	6,6	10448	532,7	02:15
Seção 6	01:02	01:53	4,5	10448	530,8	01:16
Seção 7	00:56	02:03	3,8	6393	524,3	01:46
Seção 8	01:06	02:16	0,6	659	522,2	02:43
Seção 9	01:29	02:00	4,4	4050	524,1	00:44
Seção 10	01:24	02:17	2,8	6127	521,3	01:59
Seção 11	01:21	02:17	4,5	10015	518,8	02:06
Seção 12	01:39	02:30	3,1	9972	511,6	01:55
Seção 13	02:08	03:01	4,7	9742	501,5	02:08
Seção 14	03:01	03:52	2,7	9365	487,9	02:04
Seção 15	03:50	04:44	3,3	9114	475,6	02:16
Seção 16 ⁽¹⁾	-	05:59	2,2	8756	461,8	-
Seção 17	07:34	07:43	1,9	8429	452,1	00:28
Seção 18 ⁽¹⁾	-	09:03	2,4	7269	449,9	-
Seção 19 ⁽¹⁾	-	10:46	1,4	6958	448,0	-
Seção 20 ⁽¹⁾	-	13:32	0,8	6647	445,8	-
Seção 21 ⁽¹⁾	-	13:44	1,8	6191	445,2	-

Nota (1) – Não há caracterização de onda, pois a variação do Nível de Água é inferior a 1 metro.

Fonte: PSB - Volume V, 2019d.

Figura 5.5 – Posição esquemática das seções

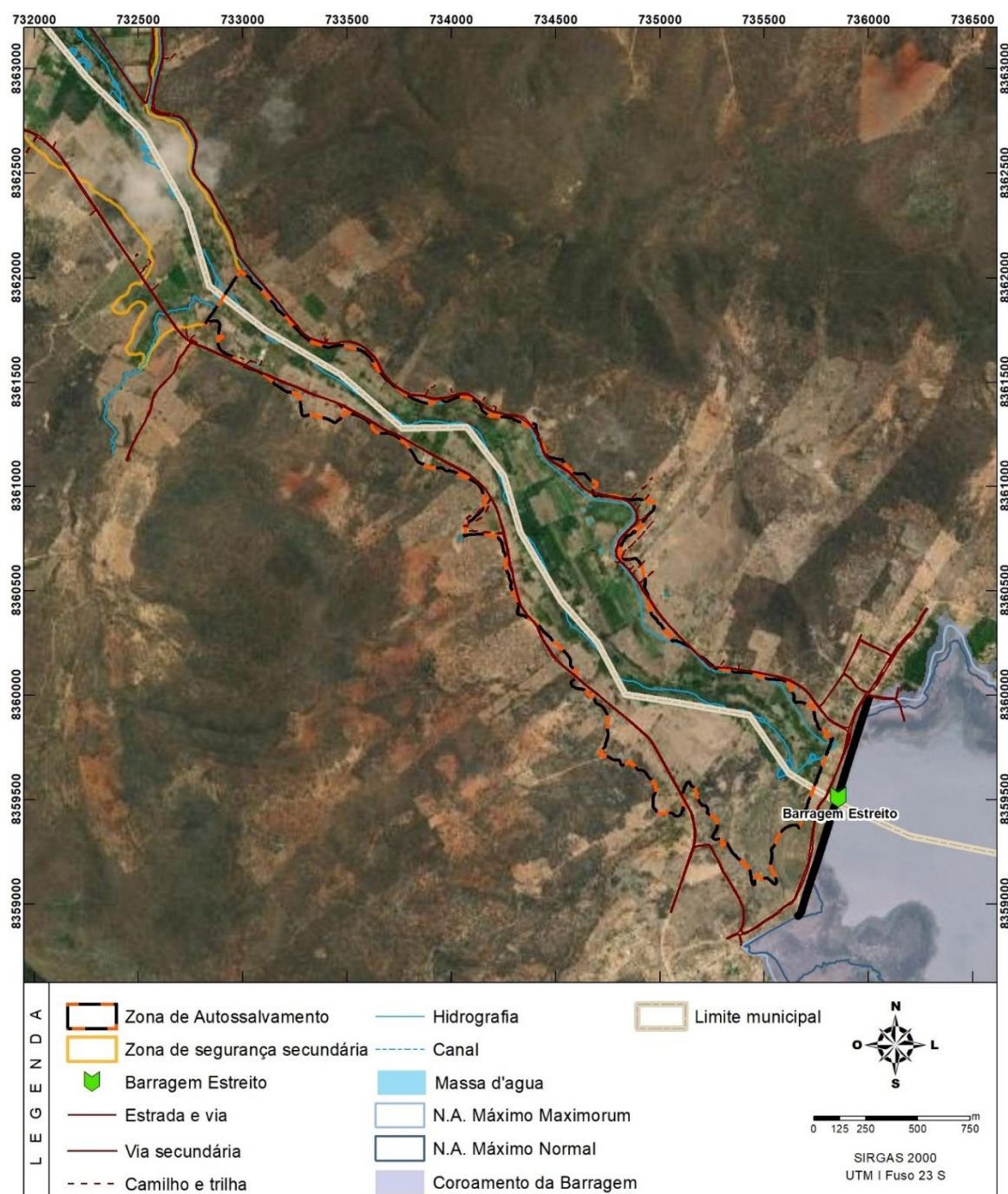


Fonte: PSB - Volume V, 2019d.

5.2. DELIMITAÇÃO DAS ZONAS DE AUTOSSALVAMENTO E SEGURANÇA SECUNDÁRIA

Os critérios adotados para delimitação da ZAS, esquematicamente apresentada na Figura 5.6, e ZSS estão inseridos no Anexo 8. Os Mapas da ZAS e Mancha de Inundação Máxima, com demarcação da ZSS, estão dispostos no Anexo 9.

Figura 5.6 – Zona de Autossalvamento (ZAS)



Fonte: RHA Engenharia, 2021.

5.3. PLANEJAMENTO DE ROTAS DE FUGA E PONTOS DE ENCONTRO

Os critérios adotados para delimitação das Rotas de Fuga (RF) e Pontos de Encontro (PE) das Zonas de Concentração Local (ZCL) estão inseridos no Anexo 6. A Figura 5.7 exemplifica a representação adotada no Mapa da ZAS (Anexo 9), enquanto que a Tabela 5.7 relaciona as ZCLs com seus respectivos PEs.

Figura 5.7 – Exemplo de representação utilizado no Mapa da ZAS



Fonte: Recorte do Mapa de Zona de Autossalvamento, RHA (2021).

Tabela 5.7 – Resumo das ZCLs e PEs adotadas no Mapa da ZAS

Cód. ZCL	Nº Edif. ZCL	Cód. PE
ZCL-A	6	PE-A
ZCL-B	1	PE-B
ZCL-C	5	PE-C; PE-E
ZCL-D	9	PE-D
ZCL-E	4	PE-C; PE-E
ZCL-F	4	PE-F; PE-G
ZCL-G	4	PE-F; PE-G

Fonte: RHA Engenharia, 2021.

5.4. LEVANTAMENTO CADASTRAL E MAPEAMENTO DA POPULAÇÃO DA ZAS, INCLUINDO A IDENTIFICAÇÃO DE VULNERABILIDADES SOCIAIS

5.4.1. MAPEAMENTO DE DANOS NA MANCHA DE INUNDAÇÃO

Com o objetivo de mitigar os estragos humanos e da infraestrutura em um cenário de desastre, a partir de dados cartografados foram identificados e quantificados os danos no vale de jusante afetado pelo possível rompimento da Barragem Estreito, os quais incluem:

- Área total e percentual do(s) município(s);
- Estimativa da população atingida;
- Estimativa de domicílios atingidos;
- Quantificação do sistema viário atingido;
- Número de pontes atingidas; e
- Quantificação das infraestruturas de energia atingidas.

Os resultados desta quantificação são apresentados nas Tabelas 5.8, 5.9, 5.10 e 5.11. Tais tabelas trazem o cômputo dos danos tanto para o vale a jusante (mancha de inundação) quanto para a ZAS.

As metodologias e procedimentos adotados estão apresentados no Anexo 6.

Embora tenha-se buscado retratar as circunstâncias do território com dados na melhor escala disponível, vale ressaltar que, o cômputo dos danos é susceptível à variação da escala utilizada, bem como, a fonte, atualidade e método de obtenção.

A metodologia adotada para a determinação da população atingida envolveu a análise espacial da interseção entre as manchas de inundação e os setores censitários delimitados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os quais foram atribuídos com os valores de população residente extraídos do Censo 2010 (IBGE, 2010).

As estimativas foram então atualizadas para o ano de 2019 por meio da taxa de crescimento populacional estimada pelo IBGE para cada município atingido, disponível no portal Brasil em Síntese/ IBGE Cidades (Tabela 5.8).

O mapeamento da população existente realizado na ZAS tem intuito de subsidiar cadastro em campo a ser desenvolvido pela Codevasf em revisões futuras do PAE.

Tabela 5.8 – Estimativa da População

UF	Município	População 2010	População 2019	Taxa de crescimento calculada	
				Diferença	Taxa (%)
MG	Espinosa	31113	31617	504	1,62
	Gemeleiras	5139	5109	-30	-0,58
	Manga	19813	18407	-1406	-7,10
	Matias Cardoso	9979	11157	1178	11,80
BA	Iuiú	10900	10994	94	0,86
	Malhada	16014	16845	831	5,19
	Sebastião Laranjeiras	10371	11434	1063	10,25
	Urundi	16466	16658	192	1,17

Fonte: IBGE, 2010.

Tabela 5.9 – Estimativa da População e das Edificações Atingidas pela Mancha de Inundação do Cenário Mais Crítico

UF	Município	Descrição	População Atingida		
			Urbano	Rural	Total
MG	Espinosa	População atingida (hab.)	292	1277	1569
		Edificações Atingidas (unid.)	80	334	414
	Gameleiras	População atingida (hab.)	-	18	18
		Edificações Atingidas (unid.)	-	5	5
	Manga	População atingida (hab.)	-	-	0
		Edificações atingidas (unid.)	-	-	0
	Matias Cardoso	População atingida (hab.)	-	442	442
		Edificações atingidas (unid.)	-	97	97
BA	Iuiú	População atingida (hab.)	-	105	105
		Edificações atingidas (unid.)	-	26	26
	Malhada	População atingida (hab.)	-	319	319
		Edificações atingidas (unid.)	-	84	84
	Sebastião Laranjeiras	População atingida (hab.)	-	1238	1238
		Edificações atingidas (unid.)	-	265	265
	Urandi	População atingida (hab.)	-	1665	1665
		Edificações atingidas (unid.)	-	393	393
População total atingida (hab.)			5356		
Edificações total atingidas (unid.)			1284		

Fonte: RHA Engenharia, 2021.

Tabela 5.10 – Levantamento dos Danos na Zona de Segurança Secundária

Tema	Descrição	Quantificação	%
Dados Gerais	Área do município de Espinosa/MG na mancha de inundação	55,23	2,94
	Área do município de Gameleiras/MG na mancha de inundação	12,81	0,74
	Área do município de Iuiú/BA na mancha de inundação	27,13	1,79
	Área do município de Malhada/BA na mancha de inundação	34,28	1,73
	Área do município de Manga/MG na mancha de inundação	4,30	0,22
	Área do município de Matias Cardoso/MG na mancha de inundação	103,76	5,30
	Área do município de Sebastião Laranjeiras/BA na mancha de inundação	97,37	4,89
	Área do município de Urandi/BA na mancha de inundação	20,39	2,26
	Área total atingida (km ²)	355,27	
População e edificações	População atingida (habitantes)	5.227	
	Cemitérios (unidade)	2	
	Edificações - Domicílios (unidade)	1.251	
	Edificações - Equipamento Social (unidade)	8	
	Edificações - Comércio (unidade)	2	
	Estação de bombeamento - irrigação (unidade)	3	
	Quadra Esportiva (unidade)	5	
	Total de Edificações atingidas (unidades)	1.271	
Sistema Viário	Estradas (quilômetros)	129	
	Vias Secundárias (quilômetros)	91	
	Caminho e Trilha (quilômetros)	105	
	Total (quilômetros)	324	
	Nº de Ponte/passarela sujeita à danos (unidade)	16	
Saneamento e Energia	Linha de transmissão (quilômetros)	195	

Fonte: RHA Engenharia, 2021.

Tabela 5.11 – Levantamento dos Danos na Zona de Autossalvamento

Tema	Descrição	Quantificação	%
Dados Gerais	Área do município de Sebastião Laranjeiras	0,90	0,05
	Área do município de Urandi	0,92	0,1
	Área total atingida (km ²)	1,82	
População e domicílios	População atingida (habitantes) - 2019	129	
	Cemitérios (unidade)	0	
	Edificações - Domicílios (unidade)	33	
	Edificações - Equipamento Social (unidade)	0	
	Edificações - Comércio (unidade)	0	
	Estação de bombeamento - irrigação (unidade)	0	
	Quadra Esportiva (unidade)	0	
	Total de Edificações atingidas (unidades)	33	
Sistema Viário	Estradas (Quilômetros)	4	

Tema	Descrição	Quantificação	%
	Vias Secundárias (Quilômetros)	0	
	Caminho e Trilha (Quilômetros)	1	
	Total (Quilômetros)	5	
	Nº de Ponte/passarela sujeita à danos (unidade)	0	
Saneamento e energia	Linha de transmissão (Quilômetros)	7	

Fonte: RHA Engenharia, 2021.

Tabela 5.12 – Levantamento dos Danos na Mancha Máxima

Tema	Descrição	Quantificação	%
Dados Gerais	Área do município de Espinosa/MG na mancha de inundação	56,14	2,99
	Área do município de Gameleiras/MG na mancha de inundação	12,81	0,74
	Área do município de Iuiú/BA na mancha de inundação	27,13	1,79
	Área do município de Malhada/BA na mancha de inundação	34,28	1,73
	Área do município de Manga/MG na mancha de inundação	4,30	0,22
	Área do município de Matias Cardoso/MG na mancha de inundação	103,76	5,3
	Área do município de Sebastião Laranjeiras/BA na mancha de inundação	97,37	4,89
	Área do município de Urandi/BA na mancha de inundação	21,31	2,36
	Área total atingida (km²)	357,09	
População e edificações	População atingida (habitantes)	5.356	
	Cemitérios (unidade)	2	
	Edificações - Domicílios (unidade)	1.284	
	Edificações - Equipamento Social (unidade)	8	
	Edificações - Comércio (unidade)	2	
	Estação de bombeamento - irrigação (unidade)	3	
	Quadra Esportiva (unidade)	5	
	Total de Edificações atingidas (unidades)	1.304	
Sistema Viário	Estradas (quilômetros)	133	
	Vias Secundárias (quilômetros)	91	
	Caminho e Trilha (quilômetros)	106	
	Total (quilômetros)	330	
	Nº de Ponte/passarela sujeita à danos (unidade)	16	
Saneamento e Energia	Linha de transmissão (quilômetros)	201	

Fonte: RHA Engenharia, 2021.

5.4.2. VULNERABILIDADE SOCIAL NA REGIÃO DA ZAS

A análise da vulnerabilidade social na região da ZAS da barragem Estreito foi realizada com base no Atlas da Vulnerabilidade Social nos Municípios Brasileiros, desenvolvido pelo IPEA em 2015. Esse Atlas apresenta os Índices de Vulnerabilidade Social (IVS) no território nacional.

O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), construído a partir de indicadores do Atlas do Desenvolvimento Humano (ADH) no Brasil, procura dar destaque a diferentes situações indicativas de exclusão e vulnerabilidade social no território brasileiro, numa perspectiva que vai além da identificação da pobreza entendida apenas como insuficiência de recursos monetários.

O IVS é um índice sintético que reúne indicadores do bloco de vulnerabilidade social do ADH, os quais, apresentados por meio de cartogramas e estruturados em diferentes dimensões, servem de suporte para a identificação de porções do território onde há a sobreposição daquelas situações indicativas de exclusão e vulnerabilidade social no território, de modo a orientar gestores públicos municipais, estaduais e federais para o desenho de políticas públicas mais sintonizadas com as carências e necessidades presentes nesses territórios.

O IVS tem a pretensão de sinalizar o acesso, a ausência ou a insuficiência de alguns “ativos” em áreas do território brasileiro, os quais deveriam, a princípio, estar à disposição de todo cidadão, por força da ação do Estado. Os três subíndices que o compõem – i) infraestrutura urbana; ii) capital humano; e iii) renda e trabalho – representam três grandes conjuntos de ativos, cuja posse ou privação determina as condições de bem-estar das populações nas sociedades contemporâneas.

Cada subíndice é composto pelos indicadores apresentados na Tabela 5.13.

Tabela 5.13 – Indicadores para análise dos subíndices do IVS

Subíndice	Indicador
Infraestrutura urbana	Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados
	Percentual da população que vive em domicílios urbanos sem serviço de coleta de lixo
	Percentual de pessoas que vivem em domicílios com renda per capita inferior a meio salário-mínimo e que gastam mais de uma hora até o trabalho no total de pessoas ocupadas, vulneráveis e que retornam diariamente do trabalho.
Capital humano	Mortalidade até um ano de idade
	Percentual de crianças de 0 a 5 anos que não frequentam a escola
	Percentual de pessoas de 6 a 14 anos que não frequentam a escola
	Percentual de mulheres de 10 a 17 anos de idade que tiveram filhos
	Percentual de mães chefes de família, sem fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade, no total de mães chefes de família

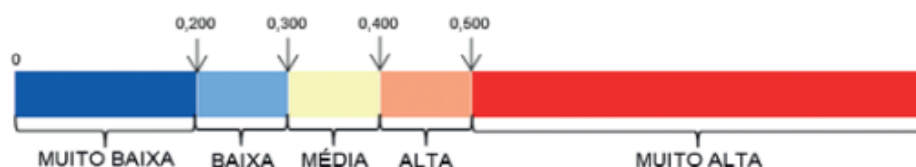
Subíndice	Indicador
	Taxa de analfabetismo da população de 15 anos ou mais de idade
	Percentual de crianças que vivem em domicílios em que nenhum dos moradores tem o ensino fundamental completo
	Percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e possuem renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário-mínimo (2010), na população total dessa faixa etária
Renda e trabalho	Proporção de pessoas com renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário-mínimo.
	Taxa de desocupação da população de 18 anos ou mais de idade
	Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem fundamental completo e em ocupação informal
	Percentual de pessoas em domicílios com renda per capita inferior a meio salário-mínimo (2010) e dependentes de idosos
	Taxa de atividade das pessoas de 10 a 14 anos de idade

Fonte: IPEA, 2015.

O IVS varia de 0 a 1 com base na sobreposição dos subíndices supracitados, sendo que quanto mais próximo a uma unidade, maior é a vulnerabilidade social do município.

A Figura 5.8 apresenta a escala de variação do IVS.

Figura 5.8 – Variação do IVS



Fonte: IPEA, 2015.

A Tabela 5.14 apresenta os IVS para os municípios inseridos na ZAS.

Tabela 5.14 – IVS para os municípios inseridos na ZAS

Município	IVS	Escala
Espinosa	0,457	Alta
Urandi	0,412	Alta

Fonte: IPEA, 2015.

A análise de vulnerabilidade social realizada na ZAS da Barragem de Estreito é de caráter simplificado, de tal forma que a Codevasf desenvolverá um estudo mais detalhado em revisões futuras do PAE.

REFERÊNCIAS

ANA. Guia de Orientação e Formulários do Plano de Ação de Emergência – PAE. Brasília, DF, 2016.

ANA. Resolução nº 236/2017, de 30 de janeiro de 2017. Seção 1 do D.O.U de 7 de fevereiro de 2017.

Chow, V. Open-Channel Hydraulics. Auckland: McGraw-Hill Book Company. 1959.

CODEVASF. Plano de Segurança da Barragem Estreito. 2018.

Ecoplan. Proj. Básico Estreito IV Vol. 4.2. Estudos Geológicos e Geotécnicos. 1985.

Ecoplan. Relatório do Projeto Vol. 1 – Detalhamento do Projeto do Tronco Adutor – Canal / Túnel / Canal. 1991.

Froehlich, D. Embankment Dam Breach Parameters. Journal of Hydraulic Engineering 1708-1721. Dezembro, 2008.

Ministério da Integração Nacional – Secretaria da Infraestrutura Hídrica. Manual de Segurança e Inspeção de Barragens. Brasília, 2002.

Ministério da Integração Nacional – Secretaria da Infraestrutura Hídrica. Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem. Brasília, 2010.

Ministério de Integração Nacional. Plano de Ações Estratégicas para Reabilitação de 162 barragens da União. Brasília, 2018.

Planalto (2010). Lei nº 12.334/2010. Seção 1 do D.O.U de 21 de setembro de 2010.

Planalto (2012). Lei n.º 12.608/2012. Seção 1 do D.O.U de 11 de abril de 2012.

Planalto (2012). Lei n.º 14.066/2020, de 30 de setembro de 2012.

RHA Engenharia (2021). Plano de Segurança da Barragem Estreito

ANEXO 1 – PLANO DE TREINAMENTO DO PAE

A avaliação da credibilidade do PAE, na ausência de situações reais de crise, é conseguida através de um sistema de avaliação, constituído por ordem ascendente de complexidade: i) teste dos sistemas de notificação e de alerta; ii) exercício de nível interno (“tabletop exercise”) e iii) exercício de simulação. Os dois primeiros níveis estão inclusos no treinamento interno, de competência da Codevasf, e o último nível corresponde ao treinamento externo, de competência do empreendedor e dos órgãos locais de proteção e defesa civil, de acordo com a Lei nº 14.066/2020.

A1.1 RESUMO DO PLANO DE TREINAMENTO E DIVULGAÇÃO DO PAE

Tipo	Informações
Teste dos Sistemas de Notificação e Alerta	• Testar os n°s de telefone; • Verificar a capacidade dos participantes do PAE de estabelecer e manter as comunicações durante a emergência; • Verificar a capacidade do Coordenador do PAE de mobilizar e ativar a equipe operacional e os meios de resposta à emergência. • Testar a operacionalidade dos meios de alerta e verificar a capacidade de notificar rapidamente a população na ZAS.
Exercício de Nível Interno	• Avaliar o nível de conhecimento da equipe operacional relativamente ao PAE; • Testar a operacionalidade dos órgãos extravasores da barragem; • Determinar a eficácia dos procedimentos internos e, nomeadamente, das medidas operativas e corretivas que constam do PAE; • Avaliar a adequação das instalações, equipamento e outros materiais para suportar o cenário de emergência em exercício; • Determinar o nível de cooperação e coordenação entre o Empreendedor e a Entidade Fiscalizadora na resposta à emergência; • Determinar a capacidade para estabelecer e manter as comunicações durante a emergência. • Testar a eficácia do sistema de informação ao público e de disseminação de mensagens, providenciando informações oficiais e instruções à população da ZAS para facilitar uma resposta tempestiva e apropriada durante uma emergência.
Exercício de Simulação (Treinamento Externo)	• Ações e decisões no terreno; • Evacuação de pessoas e bens; • Emprego de meios de comunicação; • Mobilização de Equipamento; • Colocação real de pessoal e recursos.

Fonte: RHA Engenharia, 2021.

A1.2 REGISTROS DOS TREINAMENTOS DO PAE

[illegible]

A1.3 TREINAMENTO INTERNO

Face à tipologia dos exercícios sugeridos, deve o PAE prever a seguinte periodicidade:

- Anual: teste dos Sistemas de Notificação e Alerta;
- 2 em 2 anos: exercício de nível interno.

O objetivo do teste dos sistemas de notificação e alerta é essencialmente confirmar os números de telefone e verificar a operacionalidade dos meios de comunicação, bem como a funcionalidade do fluxograma de acionamento.

O objetivo de um exercício de nível interno é testar o sistema de resposta no nível da barragem e avaliar a eficácia dos procedimentos de resposta definidos no PAE. Este exercício serve para verificação e correção da capacidade operacional de resposta e coordenação de ações de acordo com o estabelecido nos planos, nomeadamente, as comunicações e a identificação de competências e de capacidade de mobilização.

Os treinamentos internos promovidos pela Codevasf serão destinados ao público interno e poderão ser convidadas as autoridades da Defesa Civil e da Agência Fiscalizadora.

Por meio desses exercícios é possível:

- Esclarecer os papéis e as responsabilidades dos participantes;
- Identificar pontos de melhoria no PAE;
- Identificar falhas nos Níveis de Resposta;
- Melhorar a coordenação do PAE; e
- Aumentar a confiança dos participantes do PAE, promovendo o entrosamento da equipe, mostrando a importância das ações, conscientizando e motivando os funcionários.

Este tipo de exercício equivale ao que é usualmente designado na terminologia inglesa como um *tabletop exercise*.

Este exercício tem o propósito de proporcionar a análise de uma situação de emergência num ambiente informal. Os moderadores que coordenam o exercício têm como missão liderar a discussão, ajudando os participantes a não saírem do objetivo do exercício.

Tipicamente o exercício começa com a descrição do evento a simular e prossegue com debates pelos participantes para avaliar o PAE e os procedimentos de resposta e para resolver as preocupações relativas à coordenação e responsabilidades.

Neste nível não há utilização de equipamentos ou instalação de recursos, portanto, todas as atividades são simuladas, e os participantes interagem através do diálogo. A narrativa estabelece o cenário para a simulação do evento. Ela descreve brevemente o que

aconteceu e o que é conhecido até ao momento do exercício. Este exercício deve proporcionar aos participantes a recepção de mensagens como um estímulo para a possibilidade de respostas dinâmicas.

A vantagem deste tipo de exercício traduz-se no investimento que não é significativo em termos de tempo, custo e recursos. Ele oferece um método eficaz de revisão dos planos, procedimentos de execução e políticas e serve como um instrumento de formação para o pessoal-chave com responsabilidades numa eventual emergência. Um exercício deste tipo serve também para familiarizar os técnicos do Empreendedor com outros técnicos e agentes de defesa civil.

A1.4 EXERCÍCIOS DE SIMULAÇÃO

Este tipo de treinamento externo simula um evento real tão realisticamente quanto possível, tendo o objetivo de avaliar a capacidade operacional de um sistema de gestão da emergência num ambiente de tensão elevada que simula as condições reais de resposta.

Deverá haver a participação de todas as entidades listadas no plano de emergência (pessoal e meios referentes ao Empreendedor, Entidade Fiscalizadora, Agentes de Defesa Civil e da população e seus representantes). Para auxiliar quanto ao realismo, este tipo de exercício requer a mobilização efetiva de meios e recursos através de:

- Ações e decisões no terreno;
- Evacuação de pessoas e bens;
- Emprego de meios de comunicação;
- Mobilização de equipamento;
- Colocação real de pessoal e recursos.

A realização de um exercício de simulação completa o programa de exercícios e expande o alcance e a visibilidade do mesmo. Como resultado, um exercício de campo produtivo pode resultar na melhoria substancial da atenção do público e da credibilidade.

É de notar que a presença dos meios de comunicação social pode ser vantajosa na realização de um exercício de simulação, pelo que se recomenda a sua inclusão num programa de exercícios. Estes podem ser extremamente úteis de várias formas, nomeadamente, aumentando o realismo, se estiverem presentes. Na conclusão do exercício, a crítica e relatório de avaliação são importantes para que as necessárias medidas de acompanhamento possam ser tomadas.

A1.5 DIVULGAÇÃO

A preparação da população é uma ação de mitigação de risco que deve ser concretizada através da sensibilização de sessões de esclarecimento, divulgação de informações relativas ao risco de habitar em vales a jusante de barragens e da existência de treinamentos constantes do PAE. Estas sessões devem ser conduzidas pelas autoridades de proteção e defesa civil e ocorrer nas instalações designadas pela(s) prefeitura(s), com apoio da Codevasf e participação da população da ZAS e seus representantes.

A preparação da população é uma ação de mitigação de risco, sendo concretizada através de dois tipos de ações que são, no essencial:

- Sensibilização da população, promovendo sessões de esclarecimento e divulgando informação relativa ao risco de habitar em vales a jusante de barragens e à existência de planos de emergência (sob a forma de folhetos, cartazes, brochuras);
- Educação e treino da população, para fazer face à eventualidade de uma cheia induzida, promovendo programas de informação pública em sentido estrito, relativos ao zoneamento de risco, à codificação dos significados das mensagens e às regras de evacuação das populações; estes programas devem envolver a realização de exercícios controlados.

Na preparação das ações de sensibilização e de educação e treino da população, há que se atentar para o nível cultural e educacional dos indivíduos em risco. Por exemplo, no caso de estes terem um nível de escolaridade muito baixo, deve-se limitar o uso da comunicação escrita, investindo-se no suporte visual e audiovisual e no contato direto com a população. Os cidadãos que residem na área de risco devem ser esclarecidos sobre algumas práticas de mitigação do risco que podem ser implementadas, de forma simples, nomeadamente, as seguintes:

- Ser pré-informado sobre a entidade que lhe transmite a notícia da iminência de emergência, bem como a ordem de estado de prontidão;
- Conhecer o significado dos diversos alertas; no caso de sirenes fixas, deve ser divulgado, por exemplo, o significado do sinal de alerta para ficar em estado de prontidão (preparar-se para uma eventual evacuação e de alerta para proceder à evacuação);
- Conhecer o plano de evacuação e, nomeadamente:
 - Deve estar informado sobre a entidade que lhe transmite a notícia da iminência de emergência, bem como a ordem de evacuação;
 - Deve conhecer os limites do perímetro de inundação;

- Deve conhecer o local de refúgio (e certificar-se de que todos os elementos próximos também o conhecem), no caso de habitar na ZAS, onde se preconiza o autossalvamento;
- Deve conhecer os acessos ao local de refúgio.
- Deve ser pré-esclarecido no sentido de agir de acordo com as informações sobre o evoluir da situação, nomeadamente, sobre o momento em que é permitido aos desalojados regressar às áreas afetadas após o período crítico do desastre e sobre o modo de implementar as necessárias medidas para a recuperação.

Tais informações são preciosas principalmente para os indivíduos residentes na ZAS, dos quais, em situação de emergência e dada a escassez de tempo que a situação pode conferir, se exigem grandes níveis de autonomia (nomeadamente, através do autossalvamento).

ANEXO 2 – MEIOS E RECURSOS EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

A Codevasf se compromete a fazer o levantamento de meios e recursos em situação de emergência para a barragem Estreito, conforme exemplo, em fase de implementação do Plano de Ação Emergencial.

Materiais / Equipamento	Local de Depósito
Sacola, areia, gravilha, enrocamento	
Material de escoramento, Membranas PVC	
Diversas ferramentas e material para trabalhos de manutenção	
Combustíveis e lubrificantes	
Malas de assistência médica	

	Bens / Equipamentos	Características	Local de Estacionamento ou Depósito	Número
Equipamentos	Giratória			
	Pá			
	Carregadeira			
	Bulldozer			
	Grua móvel			
	Dumper			
	Caminhão basculante			
Meios de Transporte	Caminhão cisterna			
	Barco			
	Viatura do terreno			
Equipamentos de Segurança	Gerador diesel			
	Bombas Submersíveis			
	Meios de comunicação portáteis			
	Projetores, lâmpadas			

ANEXO 3 – FORMULÁRIOS DE NOTIFICAÇÃO**A3.1 – FORMULÁRIO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA URGENTE****SITUAÇÃO:** _____

Empreendedor: _____

BARRAGEM: _____

Eu, _____ (nome e cargo) _____, na condição de Coordenador do PAE da Barragem _____ e no uso das atribuições e responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da Declaração de Emergência, na Situação de _____, para a Barragem _____ a partir das horas e minutos do dia ____ / ____ / ____, em função da ocorrência de: _____

_____ (local) _____, _____ de _____ de _____

(nome e assinatura)_____
(cargo e RG)

FIM DE MENSAGEM.

A3.2 – DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA URGENTE**SITUAÇÃO:** _____

Empreendedor: _____

BARRAGEM: _____

Eu, _____ (nome e cargo) _____, na condição de Coordenador do PAE da Barragem _____ e no uso das atribuições e responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da Declaração de Emergência, na Situação de _____, para a Barragem _____ a partir das horas e minutos do dia ____ / ____ / ____, em função da recuperação das condições adequadas de Segurança da Barragem e eliminação do Risco de Ruptura.

_____ (local) _____, _____ de _____ de _____

(nome e assinatura)_____
(cargo e RG)

FIM DE MENSAGEM.

A3.3 - MENSAGENS DE NOTIFICAÇÃO

Mensagem resultante da aplicação do Plano de Ação de Emergência - PAE da Barragem

_____ em ____ / ____ / ____.

Município: _____ Rio: _____ Bacia Hidrográfica _____

A partir das ____: ____ h de ____ / ____ / ____, está sendo ativado o nível de resposta:

☐ Verde

☐ Amarelo

☐ Laranja

☐ Vermelho

Esta mensagem está sendo enviada simultaneamente:

Empreendedor: _____

Entidade Fiscalizadora: _____

CEDEC - Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado de _____

COMDEC – Comissão Municipal de defesa Civil de _____

Barragens a montante: _____

Barragem a jusante: _____

Descrição da situação (causas, evolução) A causa da Declaração é (descrição mínima da situação, identificação da condição anormal, possíveis danos, risco de ruptura potencial ou real, etc.) _____

Medidas adotadas:

As circunstâncias ocorridas fazem com que devam se precaver e pôr em ação as recomendações e atividades delineadas em sua cópia do Plano de Ação de Emergência - PAE da Barragem _____ e os respectivos Mapas de Inundação.

Esta é uma mensagem de (Declaração/Alteração) do Nível de Segurança, feita por _____, Coordenador do PAE da Barragem _____.

Favor confirmar o recebimento desta comunicação ao Sr. _____ pelo telefone número _____, e fax número _____ e/ou e-mail _____@_____.

Nós os manteremos atualizados da situação em caso de mudança do Nível de Segurança, caso ela se resolva ou se torne pior. Nova Comunicação será emitida novamente, dentro de _____ horas ou de hora em hora, para sua atualização.

Para outras informações, entre em contato com o Sr. _____ pelo telefone número _____, e fax número _____ e/ou e-mail _____@_____.

Fim da Mensagem.

ANEXO 4 – COORDENADAS DAS ESTRUTURAS E PONTOS VULNERÁVEIS NA ZAS

O quadro abaixo traz a quantificação das edificações atingidas na Zona de Autossalvamento em caso de ruptura da estrutura da barragem Estreito. Destacando o agrupamento das residências nas zonas de concentração local (ZCL) e seus respectivos pontos de encontro, fora da região atingida pela água. O sistema de referência das coordenadas está em SIRGAS 2000 zona 23 Sul. Para cada edificação, têm-se, também, o risco hidrodinâmico, que consiste no grau de perigo e o tempo de chegada da onda.

Cód. Edificação	Cód. ZCL	Nº de edif. na ZCL	Cód. PE	Tipo	Coord (x)	Coord (y)	Cénario Ruptura Extrema		Localização
							Risco hidrodinâmico (m²/s)	Tempo chegada onda (h)	
1	ZCL-A	6	PE-A	Residência	735149	8359610	0,43	-	ZAS
2	ZCL-A	6	PE-A	Residência	734882	8359745	4,51	0,37	ZAS
3	ZCL-A	6	PE-A	Residência	734772	8359858	9,86	0,37	ZAS
4	ZCL-A	6	PE-A	Residência	734611	8360044	0,96	1,93	ZAS
5	ZCL-A	6	PE-A	Residência	734655	8360090	9,59	0,40	ZAS
6	ZCL-A	6	PE-A	Residência	734640	8360105	7,34	0,40	ZAS
7	ZCL-B	1	PE-B	Residência	735051	8360080	26,24	0,37	ZAS
8	ZCL-C	5	PE-C; PE-E	Residência	734356	8360482	11,94	0,40	ZAS
9	ZCL-C	5	PE-C; PE-E	Residência	734315	8360557	8,19	0,40	ZAS
10	ZCL-C	5	PE-C; PE-E	Residência	734280	8360555	-	-	ZAS
11	ZCL-C	5	PE-C; PE-E	Residência	734314	8360574	7,72	0,40	ZAS
12	ZCL-C	5	PE-C; PE-E	Residência	734296	8360721	17,96	0,43	ZAS
13	ZCL-D	9	PE-D	Residência	734886	8360636	0,17	-	ZAS
14	ZCL-D	9	PE-D	Residência	734876	8360654	0,08	-	ZAS
15	ZCL-D	9	PE-D	Residência	734808	8360664	0,25	-	ZAS
16	ZCL-D	9	PE-D	Residência	734748	8360639	8,12	0,40	ZAS
17	ZCL-D	9	PE-D	Residência	734735	8360661	9,44	0,40	ZAS
18	ZCL-D	9	PE-D	Residência	734808	8360783	1,25	1,27	ZAS
19	ZCL-D	9	PE-D	Residência	734891	8360793	0,01	-	ZAS
20	ZCL-D	9	PE-D	Residência	734867	8360933	0,05	-	ZAS
21	ZCL-D	9	PE-D	Residência	734620	8360944	5,06	0,43	ZAS
22	ZCL-E	4	PE-C; PE-E	Residência	733888	8361095	-	-	ZAS
23	ZCL-E	4	PE-C; PE-E	Residência	733892	8361121	10,77	0,43	ZAS
24	ZCL-E	4	PE-C; PE-E	Residência	733860	8361125	4,69	0,53	ZAS
25	ZCL-E	4	PE-C; PE-E	Residência	733836	8361157	10,77	0,43	ZAS
26	ZCL-F	4	PE-F; PE-G	Residência	733479	8361361	3,06	2,00	ZAS
27	ZCL-F	4	PE-F; PE-G	Residência	733472	8361368	4,84	1,20	ZAS
28	ZCL-F	4	PE-F; PE-G	Residência	733462	8361372	7,55	0,57	ZAS
29	ZCL-F	4	PE-F; PE-G	Residência	733282	8361415	2,48	1,80	ZAS
30	ZCL-G	4	PE-F; PE-G	Residência	733141	8361590	24,36	0,50	ZAS
31	ZCL-G	4	PE-F; PE-G	Residência	733086	8361616	22,09	0,50	ZAS
32	ZCL-G	4	PE-F; PE-G	Residência	733097	8361642	22,08	0,50	ZAS
33	ZCL-G	4	PE-F; PE-G	Residência	732981	8361616	9,14	0,50	ZAS

ANEXO 5 – PERSONOGRAMA**A5.1 – PERSONOGRAMA DO EMPREENDEDOR**

Resp. Legal:	PR - Presidência		
Representante:	Marcelo Andrade Moreira Pinto		
Cargo:	Presidente		
Telefone:	(61) 2028-4660	E-mail:	gabinete@codevasf.gov.br

Resp. Setor Central:	AD – Área de Desenvolvimento Integrado e Infraestrutura		
Representante:	Antônio Rosendo Neto Júnior		
Cargo:	Diretor		
Telefone:	(61) 2028-4734	E-mail:	gabinete@codevasf.gov.br

Resp. Regional:	2ª/SR - 2ª Superintendência Regional		
Representante:	Harley Xavier Nascimento		
Cargo:	Superintendente		
Telefone:	(077) 3481-8000	E-mail:	harley.nascimento@codevasf.gov.br

Setor Central:	AD/GEP – Gerência de Estudos e Projetos		
Resp. Técnico:	Emílio de Souza Santos		
Cargo:	Gerente de Estudos e Projetos		
Formação:	Eng. Agrícola e Ambiental, M.Sc.		
Telefone:	(61) 2028-4389	E-mail:	ad.gep@codevasf.gov.br

Resp. Regional:	2ª/GRD – Gerência Regional de Infraestrutura		
Cargo:	Gerente		
Resp. Técnico:	Renato do Rosário Bittencourt Lopes		
Formação:	Eng. Civil, MSc		
Telefone:	(077) 3481-8021	E-mail:	renato.lopes@codevasf.gov.br

Setor Central:	AD/GEP/USB – Unidade De Gestão E Segurança De Barragens		
Resp. Técnico:	Flávio Damasceno Aragão		
Cargo:	Chefe		
Formação:	Eng. Agrônomo		
Telefone:	(61) 2028 4500	E-mail:	ad.gep.usb@codevasf.gov.br

Setor Regional:	2ª/GRR/UMA – Unidade Regional de Meio Ambiente		
Resp. Técnico:	Sergio Roberto Alves Farias		
Cargo:	Analista de desenvolvimento regional		
Formação:	Eng. Civil, MSc		
Telefone:	(077) 3481-8056	E-mail:	sergio.farias@codevasf.gov.br

A5.2 – PERSONOGRAMA DO GRUPO DE TRABALHO PARA A REALIZAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM ESTREITO

ÁREA DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO E INFRAESTRUTURA GERÊNCIA DE ESTUDOS E PROJETOS UNIDADE DE GESTÃO E SEGURANÇA DE BARRAGENS

Produto elaborado por meio de contrato Nº. 0.039.00/2019 entre Codevasf e empresa RHA Consultoria e Engenharia (RHA), com objeto da consultoria de apoio técnico para gestão de operação e segurança de barragens da Codevasf e PISF.

Codevasf: Coordenação Geral

Emílio de Souza Santos (ESS). Eng. Agrícola e Ambiental, M.Sc. CREA 125.840/MG.

Codevasf: Elaboração Técnica

Flávio Damasceno Aragão (FDA). Eng. Agrônomo, CREA 15248/D-DF.

RHA: Representante Legal

Candice Schauffert Garcia (CSG). Eng. Civil, M.Sc. CREA 67059/D-PR

RHA: Responsável Técnico

Laertes Munhoz da Cunha (LMC). Eng. Civil, M.Sc. CREA 5124/D-PR

RHA: EQUIPE DE CHAVE: Elaboração Técnica

Amauri Robinski (AR) Eng. Civil. Esp Estruturas. CREA 24657/D-PR.

Laertes Munhoz da Cunha (LMC). Eng. Civil, M.Sc. CREA 5124/D-PR.

Paulo Levis (PL). Bel. Geologia, M.Sc. CREA 5997/D-PR.

RHA. EQUIPE DE APOIO: Organização da Documentação Técnica

Camila Ebberts Fabiani (CEF). Eng. Civil.

Carlos Henrique Machado (CHM). Eng. Civil.

Karine Krunn (KK). B.Sc. Geógrafa.

Mariane Chimite Nossa (MCN). Eng. Civil.

Patrícia Barcelos e Silva (PBS), Eng. Civil, M.Sc.

Raphael Garcia da Silva Luiz Pereira (RGSLP). Eng. Ambiental.

Sabrina Robeck Luchetta (SRL). Eng. Civil, M.Sc.

Nelson Padrón Sánchez (NPS). Eng. Civil, D.Sc.

Wesley Leonel de Sousa (WLS). Eng. Civil.

João Vicente Zancan Godoy (JVZG). Eng. Hídrico.

João Carlos Franco Contin (JCFC). Eng. Civil.

Isabella Maria Martins de Souza (IMMS). Eng. Civil.

ANEXO 6 – REGISTROS**A6.1 - REGISTRO DE CÓPIAS DISTRIBUIDAS**

Nº	Data	Órgão/Setor	Protocolo
1		AD/GEP/USB	
2		Biblioteca Central	
3		2ª/SR	
4		2ª/EGU	
5		RHA Engenharia e Consultoria	
6		Prefeitura Municipal de Urandi - BA	
7		Prefeitura Municipal de Sebastião Laranjeiras - BA	
8		Prefeitura Municipal de Malhada - BA	
9		Prefeitura Municipal de Espinosa - MG	
10		Prefeitura Municipal de Gameleiras - MG	

A6.2 - Acesso a documentação digital

Versão final no servidor interno da Codevasf: [\\drive\AD.Barragens\PSB\2SR\I.2.3.Estreito](#)

Servidor Externo: Não há.

A6.3 - REGISTROS DE REVISÕES

Projeto:	Plano de Segurança das Barragens da Codevasf	Brasília, 28/09/2021
Título:	Volume VI: Plano de Ação de Emergência	
Código: 1912-ES-00-RT-006	Revisão:	01

HISTÓRICO DE REVISÕES				
No	Descrição	Prep.	Aprov.	Data
-	EMIÇÃO INICIAL	NPS/RGSLP/CHM	SRL	MAR/21
00	REVISÃO CONTATOS, PERSONOGRAMA, CONTROLE DE REVISÃO E ART	RGSLP	PBS	MAI/21
01	REVISÃO RECOMENDAÇÕES OFÍCIO Nº 217/2021/SFI/ANA	IMMS/PBS	PBS	SET/21

Elaborador	Verificador	Supervisor	Emissão Inicial	Gerente do Projeto	Resp. Técnico
RHA	JCFC	LMC	MAR/21	João Carlos Franco Contin	Laertes Munhoz da Cunha CREA 5124/D-PR
ART Nº	1720214585437				

A6.4 - CONTROLE DE PÁGINAS REVISADAS

Volume VI: Plano de Ação de Emergência da Barragem Estreito

FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5
Capa		x					21		x					45		x					69		x				
i		x					22		x					46		x					70		x				
ii		x					23		x					47		x					71		x				
iii	x	x					24		x					48		x					72		x				
1		x					25		x					49		x					73		x				
2		x					26		x					50		x					74		x				
3		x					27		x					51		x					75		x				
4		x					28		x					52		x					76		x				
5		x					29		x					53		x					77		x				
6		x					30		x					54		x					78		x				
7		x					31		x					55		x					79		x				
8		x					32		x					56		x					80		x				
9		x					33		x					57		x					81		x				
10		x					34		x					58		x					n/e						
11		x					35		x					59		x					n/e						
12		x					36		x					60		x					n/e						
13		x					37		x					61		x					n/e						
14		x					38		x					62		x					n/e						
15		x					39		x					63		x					n/e						
16		x					40		x					64		x					n/e						
17		x					41		x					65		x					n/e						
18		x					42		x					66		x					n/e						
19		x					43		x					67		x					n/e						
20		x					44		x					68		x					n/e						

Anexos Volume VI: Plano de Ação de Emergência da Barragem Estreito

Anexo 1							Anexo 2							Anexo 3							Anexo 4						
FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5
a							a							a							a						
b							n/e							b							b						
c							n/e							c							n/e						
d							n/e							n/e							n/e						
e							n/e							n/e							n/e						
f							n/e							n/e							n/e						

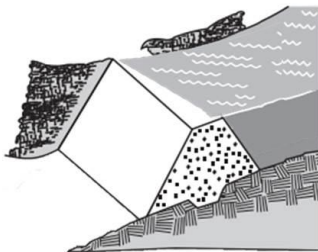
Anexo 5							Anexo 6							Anexo 7													
FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5
a	x	x					a	x	x					a							f						
b	x	x					b	x	x					b							g						
n/e							n/e							c							h						
n/e							n/e							d							i						
n/e							n/e							e							j						

Anexo 8							Anexo 9																				
FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5
a		x					A9.1							A9.8							n/e						
b		x					A9.2							A9.9							n/e						
c		x					A9.3							A9.10							n/e						
d		x					A9.4							A9.11							n/e						
e		x					A9.5							A9.12							n/e						
f		x					A9.6							A9.13							n/e						
g		x					A9.7							A9.14							n/e						

*n/e – Não existe

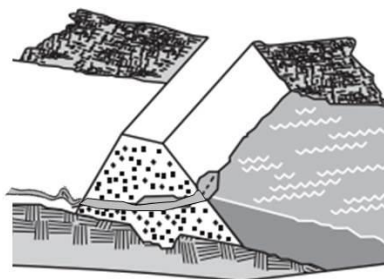
ANEXO 7 – FICHAS DE EMERGÊNCIA – NÍVEL DE RESPOSTA 3

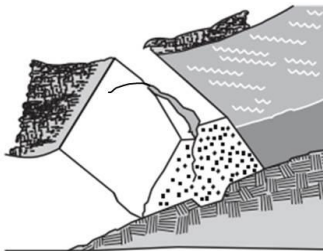
A7.1 RUPTURA IMINENTE¹

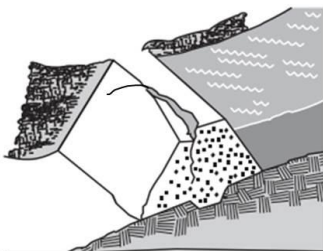
	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 01	
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR- 3	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA			
Nível do reservatório próximo ao da cota da crista da barragem. O galgamento da barragem é iminente com potencial evolução para o desenvolvimento de brecha.			
CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA		POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
		Ocorrência de erosões no maciço ou ombreiras. Instabilidade do talude. Ruptura do talude de montante ou de jusante.	
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO			
Estabelecer SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA na ZAS e possíveis áreas impactadas a jusante e implementar NR-3; Rebaixar ponto específico da crista da barragem ou ombreira, empregando escavadeira ou equipamento similar, conforme plano desenvolvido anteriormente, para induzir o transbordamento por um ponto desejado; Restabelecer as condições operacionais de desempenho da estrutura; Atualização permanente das informações aos órgãos internos e externos; Acompanhamento das ações dos órgãos externos.			
MEDIDAS DE IDENTIFICAÇÃO		Inspeções visuais / Informações hidrometeorológicas.	

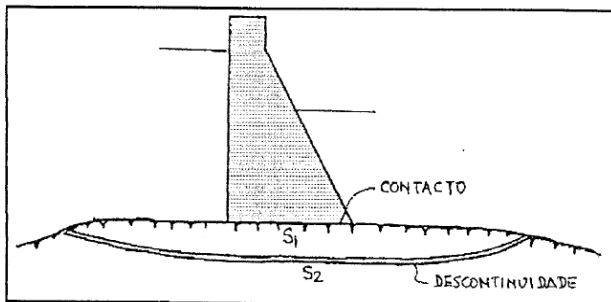
¹ As figuras que são apresentadas como “Croqui Típico da Anomalia” foram obtidas dos seguintes documentos:

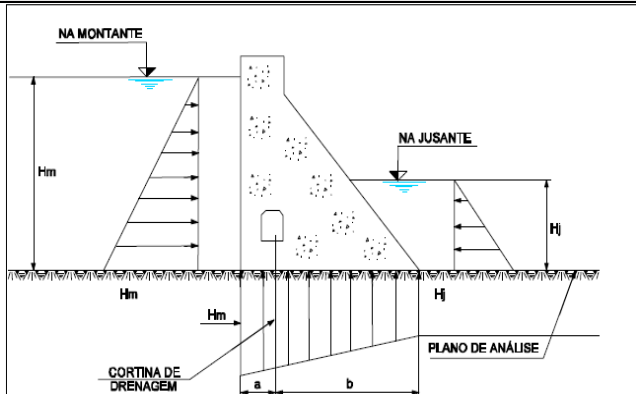
- Manual de Segurança e Inspeção de Barragens - Ministério da Integração Nacional – Secretaria da Infraestrutura Hídrica – Brasília, 2002.
- Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem – Ministério da Integração Nacional – Secretaria da Infraestrutura Hídrica – Brasília, 2010.

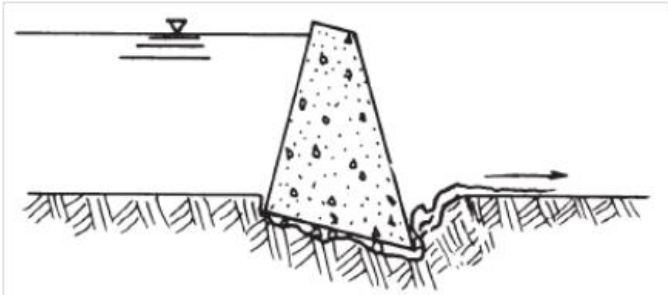
	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 02	
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA			
Erosão interna (piping) com potencial evolução para desenvolvimento de brecha de ruptura. A ruptura é iminente.			
CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA		POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
		Ocorrência de entubamento ou <i>piping</i> . Ocorrência de erosões no maciço ou ombreiras. Instabilidade do talude ou ombreira. Recalque da crista e galgamento da barragem.	
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO			
Estabelecer SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA na ZAS e possíveis áreas impactadas a jusante e implementar NR-3; Abertura imediata das comportas do tronco adutor, permitindo a transposição de vazões, para rebaixamento do reservatório; Avaliar a possibilidade de continuidade das ações de mitigação em andamento; Restabelecer as condições operacionais de desempenho da estrutura; Atualização permanente das informações aos órgãos internos e externos; Acompanhamento das ações dos órgãos externos.			
MEDIDAS DE IDENTIFICAÇÃO		Inspeções visuais.	

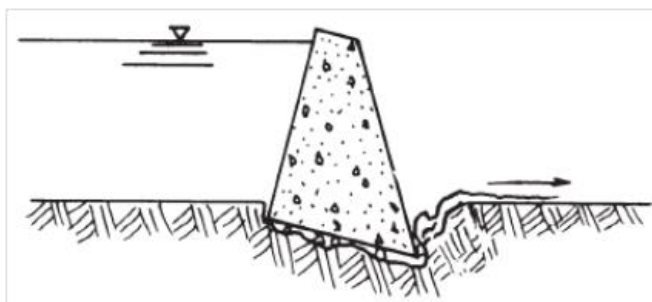
	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 03	
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA			
Instabilização global com potencial evolução para desenvolvimento de brecha de ruptura. A ruptura é iminente			
CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA		POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
		Formação de superfície de ruptura no maciço ou ombreiras. Instabilidade do talude. Ruptura do maciço ou fundação.	
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO			
Estabelecer SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA na ZAS e possíveis áreas impactadas a jusante e implementar NR-3; Abertura imediata das comportas do tronco adutor, permitindo a transposição de vazões, para rebaixamento do reservatório; Avaliar a possibilidade de continuidade das ações de mitigação em andamento; Restabelecer as condições operacionais de desempenho da estrutura; Atualização permanente das informações aos órgãos internos e externos; Acompanhamento das ações dos órgãos externos.			
MEDIDAS DE IDENTIFICAÇÃO		Inspeções visuais.	

	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 04
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
Instabilização localizada com potencial evolução para desenvolvimento de brecha de ruptura. A ruptura é iminente		
CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA	POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
	Formação de superfície de ruptura localizada no maciço ou ombreiras. Instabilidade do talude. Ruptura do maciço ou fundação.	
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO		
Estabelecer SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA na ZAS e possíveis áreas impactadas a jusante e implementar NR-3; Abertura imediata das comportas do tronco adutor, permitindo a transposição de vazões, para rebaixamento do reservatório; Avaliar a possibilidade de continuidade das ações de mitigação em andamento; Restabelecer as condições operacionais de desempenho da estrutura; Atualização permanente das informações aos órgãos internos e externos; Acompanhamento das ações dos órgãos externos.		
MEDIDAS DE IDENTIFICAÇÃO	Inspeções visuais.	

	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 05
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
Presença ou surgimento de plano de deslizamento preferencial no maciço de fundação ou no contato concreto-fundação que afetaram a estabilidade da estrutura de modo severo e a ruptura é iminente.		
ILUSTRAÇÕES TÍPICAS DA ANOMALIA	POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
	Deslizamento da estrutura de concreto para jusante. Redução dos coeficientes de segurança da estrutura de concreto. Ruptura da estrutura.	
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO		
Estabelecer SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA na ZAS e possíveis áreas impactadas a jusante e implementar NR-3; Continuação da realização das inspeções das estruturas, fundações, onde tais atividades possam ser realizadas de forma segura; Continuação da realização da auscultação da instrumentação e análise dos resultados das leituras, onde tal atividade possa ser realizada de forma segura; Continuação do monitoramento das situações adversas identificadas (fissuração, infiltrações de água, turbidez da água infiltrada, rupturas do concreto, etc.), onde isso possa ser realizado de forma segura; Atualização permanente das informações aos órgãos internos e externos; Acompanhamento das ações dos órgãos externos.		
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Inspeção / avaliação visual	

	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 06	
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA			
Falha do sistema de drenagem ou do sistema de bombeamento com aumento da subpressão levando à instabilização da estrutura de modo severo e a ruptura é iminente.			
ILUSTRAÇÕES TÍPICAS DA ANOMALIA		POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
		Aumento da subpressão. Inundação da galeria de drenagem. Redução dos coeficientes de segurança da estrutura de concreto. Instabilização/ruptura da estrutura.	
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO			
Estabelecer SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA na ZAS e possíveis áreas impactadas a jusante e implementar NR-3; Continuação da realização das inspeções das estruturas, onde tais atividades possam ser realizadas de forma segura; Continuação da realização da auscultação da instrumentação e análise dos resultados das leituras, onde tal atividade possa ser realizada de forma segura; Continuação do monitoramento das situações adversas identificadas (fissuração, infiltrações de água, turbidez da água infiltrada, rupturas do concreto, etc.), onde isso possa ser realizado de forma segura; Atualização permanente das informações aos órgãos internos e externos; Acompanhamento das ações dos órgãos externos.			
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO		Inspeção / avaliação visual	

	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 07
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
Ocorrência de combinação de carregamentos que favoreçam o tombamento, levando à instabilização da estrutura de modo severo e a ruptura é iminente.		
ILUSTRAÇÕES TÍPICAS DA ANOMALIA	POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
	Descolamento da estrutura de sua fundação. Redução da área de compressão na base da estrutura. Redução dos coeficientes de segurança ao tombamento. Instabilização/ruptura da estrutura.	
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO		
Estabelecer SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA na ZAS e possíveis áreas impactadas a jusante e implementar NR-3; Continuação do monitoramento e acompanhamento das medições hidrométricas a montante da barragem e do NA do reservatório; Continuação da realização das inspeções das estruturas, onde tais atividades possam ser realizadas de forma segura; Continuação da realização da auscultação da instrumentação e análise dos resultados das leituras, onde tal atividade possa ser realizada de forma segura; Continuação do monitoramento das situações adversas identificadas (fissuração, infiltrações de água, turbidez da água infiltrada, rupturas do concreto, etc.), onde isso possa ser realizado de forma segura; Abertura imediata das comportas do tronco adutor, permitindo a transposição de vazões, para rebaixamento do reservatório; Atualização permanente das informações aos órgãos internos e externos; Acompanhamento das ações dos órgãos externos.		
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Inspeção / avaliação visual	

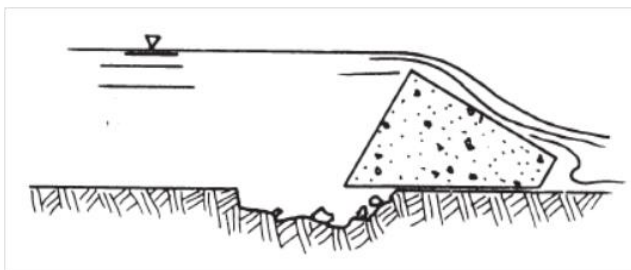
	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 08
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
Ocorrência de abalo sísmico nas proximidades ou no local da barragem, tendo-se identificado uma ou mais anomalias não extintas e/ou controladas, que levaram a uma situação adversa que afeta a estrutura de modo severo e a ruptura é iminente.		
ILUSTRAÇÕES TÍPICAS DA ANOMALIA	POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
	Abalo da estrutura de concreto/terra ou da fundação. Redução dos coeficientes de segurança da estrutura de concreto. Anomalias às comportas dos órgãos extravasores. Instabilização/ruptura da estrutura.	
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO		
Estabelecer SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA na ZAS e possíveis áreas impactadas a jusante e implementar NR-3; Continuação da realização das inspeções das estruturas, fundações e comportas, onde tais atividades possam ser realizadas de forma segura; Continuação da realização da auscultação da instrumentação e análise dos resultados das leituras, onde tal atividade possa ser realizada de forma segura; Continuação do monitoramento das situações adversas identificadas logo após o sismo (fissuração, infiltrações de água, turbidez da água infiltrada, rupturas do concreto, etc.), onde isso possa ser realizado de forma segura; Abertura imediata das comportas do tronco adutor, permitindo a transposição de vazões, para rebaixamento do reservatório; Atualização permanente das informações aos órgãos internos e externos; Acompanhamento das ações dos órgãos externos.		
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Inspeção / avaliação visual	

A7.2 - RUPTURA ESTÁ OCORRENDO OU JÁ OCORREU²

	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 09	
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA			
<i>Formação de brecha de ruptura.</i> <i>A ruptura está ocorrendo ou já ocorreu.</i>			
CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA		POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
		Descarga descontrolada de água para jusante com formação de onda de cheia induzida pela ruptura da barragem. Inundação do vale a jusante, com alta probabilidade de perdas de vidas humanas e de animais e prejuízos às propriedades e infraestrutura de jusante. Danos ambientais. Prejuízos financeiros e à imagem da empresa. Problemas de ordem legal e jurídica.	
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO			
Estabelecer SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA na ZAS e possíveis áreas impactadas a jusante e implementar NR-3; Evacuar as instalações industriais afetadas, conforme rotas de fuga pré-estabelecidas; Atualização permanente das informações aos órgãos internos e externos; Acompanhamento das ações dos órgãos externos; e Restabelecer as condições operacionais de desempenho da estrutura.			
MEDIDAS DE IDENTIFICAÇÃO		Inspeções visuais periódicas	

² As figuras que são apresentadas como “Croqui Típico da Anomalia” foram obtidas dos seguintes documentos:

- Manual de Segurança e Inspeção de Barragens - Ministério da Integração Nacional – Secretaria da Infraestrutura Hídrica – Brasília, 2002.
- Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem – Ministério da Integração Nacional – Secretaria da Infraestrutura Hídrica – Brasília, 2010.

	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 10
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
Ocorrência de abalo sísmico nas proximidades ou no local da barragem, tendo-se chegado a uma situação em que a ruptura já ocorreu ou está ocorrendo.		
CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA	POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
	Descarga descontrolada de água para jusante com formação de onda de cheia induzida pela ruptura da barragem. Inundação do vale a jusante, com alta probabilidade de perdas de vidas humanas e de animais e prejuízos às propriedades e infraestrutura de jusante. Danos ambientais. Prejuízos financeiros e à imagem da empresa. Problemas de ordem legal e jurídica.	
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO		
Estabelecer SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA na ZAS e possíveis áreas impactadas a jusante e implementar NR-3; Evacuar as instalações industriais afetadas, conforme rotas de fuga pré-estabelecidas; Atualização permanente das informações aos órgãos internos e externos; Acompanhamento das ações dos órgãos externos; e Restabelecer as condições operacionais de desempenho da estrutura.		
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Avaliação visual	

ANEXO 8 – METODOLOGIA PARA DELIMITAÇÃO DA ZAS, DA ZSS, DAS ROTAS DE FUGA E DOS PONTOS DE ENCONTRO

O Mapa de Zona de Autossalvamento, Anexo 9 apresenta a delimitação da Zona de Autossalvamento, as rotas de fuga sugeridas e outras informações de apoio aos procedimentos de resposta às situações emergenciais, como a representação cartográfica das infraestruturas afetadas e demais informações essenciais para conhecimento do território atingido.

O mapa, em escala 1:7.500, está sendo entregue em formato editável de Map Packages (*.mpk), e em formato PORTABLE DOCUMENT FORMAT (.pdf).

Para melhor compreensão do conteúdo dos mapas, os itens a seguir apresentam os conceitos e as metodologias aplicadas na consolidação das feições espaciais que compõe o mapa.

A8.1 – ZONA DE AUTOSSALVAMENTO (ZAS) e ZONA DE SEGURANÇA SECUNDÁRIA (ZSS)

A Zona de Autossalvamento (ZAS) é definida como a região a jusante da barragem em que se considera não haver tempo suficiente para intervenção das autoridades competentes em caso de acidente. A ZAS é delimitada pelos maiores níveis de água alcançados no percurso da onda de cheia pelo vale do rio, limitada a menor distância entre 10 km a jusante do eixo da barragem ou a distância percorrida pela onda de cheia em até 30 minutos (ANA, 2016). Por esse critério, a mancha foi delimitada pela seção em que o nível de água demora 30 minutos para se elevar em 0,5 metro, o que caracteriza a chegada da onda segundo o relatório “Estudos de Rompimento da Barragem” da Revisão Periódica das Barragens da Codevasf.

Por sua vez, a Zona de Segurança Secundária (ZSS) corresponde ao trecho constante do mapa de inundação não definido como ZAS, isto é, são as áreas atingidas pela mancha de inundação a jusante dos limites da ZAS.

A delimitação das áreas de inundação foi realizada com a ferramenta RAS Mapper, tecnologia SIG que é compatível com o HEC-RAS®. A ferramenta permite delimitar as manchas de inundação em níveis de detalhamento e precisão que são impraticáveis para os métodos manuais. As manchas permitem a visualização espacial de informações do escoamento. Após a geração, as manchas foram editadas para a produção do mapa da Zona de Autossalvamento (ZAS).

Em uma situação de emergência, acredita-se que o alerta de autossalvamento deverá ser acionado para a área do pior cenário de inundação induzida pelo rompimento. Devido ao improvável conhecimento da vazão afluente associada ao evento de rompimento

e ao baixo tempo de resposta nesta situação, a ZAS é definida para o cenário mais crítico da inundação induzida pelo rompimento.

A8.2 – ZONA DE CONCENTRAÇÃO LOCAL (ZCL)

A Zona de Concentração Local corresponde a uma divisão de setores que serve para auxiliar, de forma ordenada, a fuga da população que se encontra dentro da ZAS.

A ZCL engloba um conjunto de edificações próximas, cujo ponto de encontro é o mesmo e a rota de fuga é semelhante. Para sua delimitação se observou as seguintes elementos: (i) presença ou não de aglomerados de edificações uniformes (edificações com destinação de uso semelhante); (ii) o agrupamento das edificações deve permitir a possibilidade de escoamento das populações abrangidas, através de uma via (ou mais) até um ponto de encontro; (iii) deverá considerar número de pessoas estimadas, as quais deveram escoar por uma ou mais vias, até um ponto de encontro; (iv) preferencialmente, a rota de fuga não deve cruzar por um rio, banhando ou outra impedância que impeça o escoamento das pessoas; (v) para uma ZCL pode haver mais de um ponto de encontro.

A8.3 – PONTOS DE ENCONTRO

Os pontos de encontro são locais seguros, previamente informados, para os quais a população em risco deve se dirigir após o rompimento da barragem. Geralmente os pontos de encontro são locais públicos como pátios de igreja, campos de futebol, áreas de lazer e outros espaços abertos localizados em cotas mais elevadas (BALBI, 2008).

Para facilitar o conhecimento das comunidades afetadas, sugere-se a alocação de placas de indicação nos locais destinados a serem Pontos de Encontro, bem como, treinamento adequado para que essas pessoas procedam seu próprio salvamento.

Figura A8.1 – Exemplo de Identificação de um Ponto de Encontro



Fonte: ANDRADE, SÍLVIO DE (2019).

Para definir os pontos de encontro levou-se em consideração as seguintes características: (i) pontos bem identificáveis no terreno e de fácil acesso; (ii) evitar percursos muito longos, que obriguem pessoas a percorrerem grandes distâncias a pé³; (iii) preferência por locais com acesso rodoviário e/ou vias de maior hierarquia no sistema viário, para facilitar chegada do resgate; (iv) estar preferencialmente em altimetria mais elevada que a ZAS e a ZSS; (v) local com livre acesso.

Os pontos de encontro foram definidos por meio de interpretação visual de imagens de satélite (SAI, 2020 e World Imagery Basemap – DigitalGlobe) e vetorizados de forma manual, em software de Sistema de Informação Geográfica (GIS). Por terem sido avaliados somente através de base cartográfica, sugere-se a validação em campo desses locais em conjunto com a Defesa Civil, para averiguar a acessibilidade, estrutura e capacidade de acolhimento do contingente de população prevista ao local.

A8.4 – ROTAS DE FUGA

As rotas de fuga são os percursos indicados que as pessoas e os agentes devem utilizar para evacuação, sendo classificadas nos mapas em rotas primárias e secundárias.

As rotas principais caracterizam-se por representarem as vias principais. Ou seja, vias de maior hierarquia no sistema viário e, portanto, com melhor estrutura para escoamento da população. As rotas secundárias (vicinais) são as vias que ligam as edificações às rotas principais.

Para cada ZCL foram elaboradas rotas de fuga principais, apontando o sentido do deslocamento até o ponto de encontro mais próximo.

Assim como os pontos de encontro, sugere-se a validação em campo dessas rotas em conjunto com a Defesa Civil, para averiguar as condições de acessibilidade e trafegabilidade das vias.

A8.5 – EDIFICAÇÕES

O levantamento das edificações considerou o recorte espacial do levantamento cartográfico aerofotogramétrico digital das áreas a jusante dos reservatórios Cova da Mandioca e Estreito (SAI, 2020). Complementarmente se utilizou da interpretação de imagens de satélite (World Imagery Basemap – DigitalGlobe).

A restituição do levantamento cartográfico, originalmente, representava as edificações em formato poligonal, sendo estas convertidas para o formato de ponto. A conversão baseou-se no centroide dos polígonos e foi processada automaticamente em

³ Para fugir da área de risco, o deslocamento deve ser feito a pé. Meios de transporte como os automóveis podem provocar congestionamentos e bloquear as passagens.

software de Sistema de Informação Geográfica (GIS). Complementarmente, utilizou-se a interpretação visual de imagens de satélite (SAI, 2020 e World Imagery Basemap – DigitalGlobe) para avaliar os pontos gerados e descartar edificações auxiliares (currais, garagens, área de lazer, caixas d'água). Durante esta rotina, constatou-se a ocorrência de edificações sem correspondência na restituição, sendo estas incluídas a informação final de edificações.

A classificação das edificações quanto à situação (urbana/rural) foi baseada na definição dos setores censitários delimitados no último Censo Demográfico do IBGE (2010).

Já a classificação quanto à tipologia industrial, comercial e equipamento social (escolas, igrejas, ginásio esportivo, posto de saúde e instituições públicas) foi estabelecida por meio da interpretação das imagens de satélite, consulta à bases secundárias (Googlemaps; OpenStreetMaps) e análise de contexto espacial, podendo desta forma conter erro de classificação. Sendo assim, sugere-se a verificação em campo.

O arquivo georreferenciados das edificações, em formato shapefile, ainda contém: (i) valores das manchas de tempo de chegada da onda e risco hidrodinâmico; (ii) coordenadas geográficas; (iii) código da edificação; (iv) código da ZCL relacionada; (v) código do ponto de encontro relacionado; (vi) tipo (urbano / rural / edificação / indústria / comercial)).

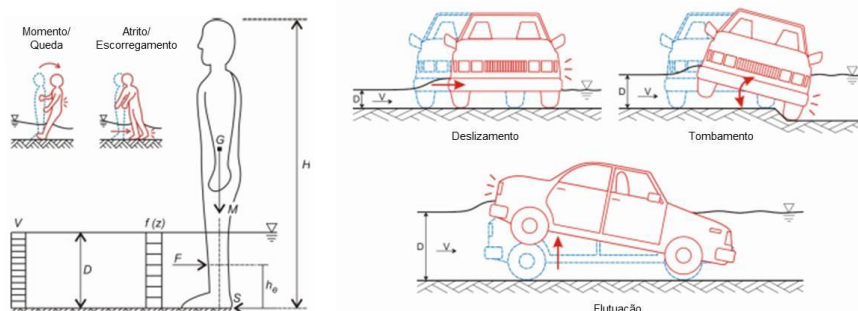
A atribuição das edificações com os valores de risco hidrodinâmico se justifica pela relevância desta informação expressar o nível de perigo para cada edificação mapeada. Neste contexto, é mister expor os conceitos compreendem esta temática.

A8.5.1 – RISCO HIDRODINÂMICO

A segurança das pessoas, veículos e edificações durante os eventos de inundação pode ser comprometida quando estes estão expostos a escoamentos que causem escorregamento/deslizamento, queda/tombamento ou flutuação. Estes mecanismos, ilustrados na Figura A8.2, podem levar a uma perda total da estabilidade, resultando no arraste para jusante.

Para a definição do grau de perigo da inundação, os principais parâmetros para a classificação dos danos provocados por uma cheia, induzida por reservatórios, são a profundidade da água na área inundada e a velocidade do escoamento da onda de enchente. Segundo Messner (2007), a avaliação do risco a vidas é influenciada pela velocidade do fluxo, enquanto os danos materiais são principalmente influenciados pela profundidade atingida durante a inundação. A ameaça provocada por esses fatores combinados corresponde ao risco hidrodinâmico, que é definido pelo produto entre a profundidade e a velocidade.

Figura A8.2 – Mecanismos de falha de estabilidade devido a inundações



Fonte: COPEL, 2019.

A Tabela A8.1 apresenta o critério para graduação do risco, estático e dinâmico, em função da profundidade e da velocidade (VISEU *et al.*, 1999).

Tabela A8.1 – Classificação do risco hidrodinâmico conforme sua magnitude

Nível	Classe	Inundação estática (H)	Inundação dinâmica (HxV)	Consequências
Reduzido	Verde	$H < 1 \text{ m}$	$HxV < 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$	Crianças são arrastadas
Médio	Amarelo	$1 \text{ m} < H < 3 \text{ m}$	$0,5 \text{ m}^2/\text{s} < HxV < 0,75 \text{ m}^2/\text{s}$	Adultos são arrastados
Importante	Laranja	$3 \text{ m} < H < 6 \text{ m}$	$0,75 \text{ m}^2/\text{s} < HxV < 1,0 \text{ m}^2/\text{s}$	Veículos são arrastados
Muito importante	Vermelho	$H > 6 \text{ m}$	$HxV > 1,0 \text{ m}^2/\text{s}$	Colapso em edificações

Fonte: (Viseu et al., 1999).

A8.6 – PONTES DANIFICADAS

Para o mapeamento de pontes danificadas utilizou-se de *software* de Sistema de Informação Geográfica (GIS) para edição vetorial. O reconhecimento destas feições teve como base de informação, o levantamento cartográfico aerofotogramétrico digital das áreas a jusante do reservatório Estreito (SAI, 2020). Complementarmente se utilizou da interpretação de imagens de satélite (World Imagery Basemap – DigitalGlobe), observando as intersecções do sistema viário por corpos d'água.

A8.7 – SISTEMA VIÁRIO E HIDROGRAFIA

O sistema viário se utilizou de duas fontes de informação, (i) do sistema viário oriundo do levantamento cartográfico aerofotogramétrico digital das áreas a jusante dos reservatórios Cova da Mandioca e Estreito (SAI, 2020) e, (ii) do sistema viário do

OpenStreetMap (OSM, 2020).

Os dados cartográficos produzidos pela SAI, sob contratação da Codevasf, é resultante do levantamento de perfilamento laser e tomadas de fotografias aéreas, o qual produziu cartas planialtimétricas, em escala de 1:5.000, através do trabalho de restituição aerofotogramétrica. Este levantamento, contempla toda a região da mancha de inundação, no entanto, parte do recorte espacial representado no mapa de ZAS não está contemplado. Entendendo-se que o sistema viário é um dado fundamental para a logística das operações de resgate, para o recorte não contemplado, utilizou-se os dados do OpenStreetMap.

Os dados do OpenStreetMap foram adquiridos em formato vetorial do tipo linha, através do portal do OpenStreetMap (OSM, 2020). Estes dados estão organizados em diferentes categorias de atributos, como por exemplo, as rodovias principais correspondem ao atributo “highway”, já as autos-estradas como “motorway”, as ligações de auto-estradas como “motorway_link”, rodovias importantes “trunk”, as ligações de rodovia primária como “primary_link”.

Assim, compatibilizar os dados de fontes diferentes, realizou-se a reclassificação dos dados de atributos do OSM para três categorias, sendo elas: (i) rodovia federal; (ii) rodovia estadual; (iii) estrada e via.

Por sua vez, a hidrografia utilizou-se dos arquivos vetoriais oriundos do levantamento cartográfico aerofotogramétrico digital das áreas a jusante dos reservatórios Cova da Mandioca e Estreito (SAI, 2020). Complementarmente se utilizou da interpretação de imagens de satélite (SAI, 2020; World Imagery Basemap – DigitalGlobe), observando a cobertura do solo, vegetação e massas d’água representantes da drenagem.

A8.8 – BASE DE DADOS GEOGRÁFICA PARA A BARRAGEM ESTREITO

A conversão das informações para o meio digital, sob o formato padrão SIG, requer a utilização de informações espaciais mediante alguns padrões de organização básicos. Sendo assim, estes arquivos precisam: (i) estar organizados em layers; (ii) georreferenciados, e; (iii) em formato editável (vetorial ou raster).

Todos os dados geográficos, procedentes de várias fontes, utilizados na composição do mapa de ZAS foram organizados em uma única base de dados espaciais. Estes dados foram armazenados em diferentes camadas temáticas, conhecidas como layers. Foi definido como padrão de formato vetorial da base de dados geográfica, o formato “shapefile”⁴.

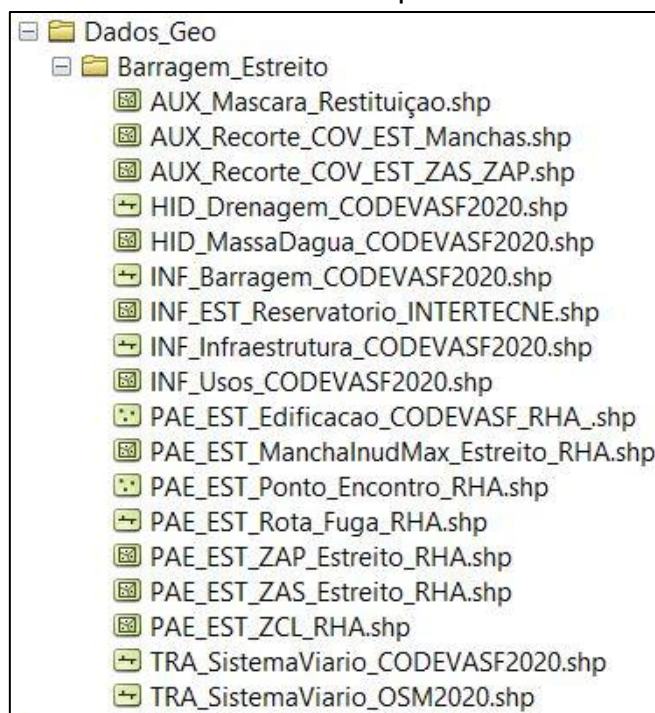
Os dados geográficos foram organizados em uma pasta geral denominada

⁴ O “shapefile” é um conjunto de vários arquivos com estrutura vetorial capaz de caracterizar geometrias (sejam pontos, linhas ou polígonos) e incorporar atributos descritivos, como por exemplo: nome, profundidade, altitude, códigos, entre outros.

“Dados_Geo”, que contém em sua raiz informações gerais competentes a todas as barragens e, em subpasta, as informações específicas da barragem Estreito.

Para facilitar a identificação dos arquivos e seu conteúdo, adotou-se como padrão a nomenclatura “TEMA_Descrição_FONTE”, exemplificado na figura a seguir:

Figura A8.3: Exemplo da estrutura de pastas e nomenclatura adotada para nomear os arquivos



Fonte: RHA, 2021.

Todos os dados foram georreferenciados ao Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS-2000). Para os dados com recorte espacial regional (que engloba mais de um fuso UTM), optou-se em utilizar Sistemas de Coordenadas Geográficas. Já os dados com recorte menores, Sistemas de Coordenadas planas, UTM, Fuso 23.

Estando todos os dados no mesmo formato de arquivo e com a mesma referência espacial (SIRGAS-2000) foi possível, através de um software SIG, visualizar todas as informações em uma única base.

ANEXO 9 – MAPAS DE INUNDAÇÃO

1. Mapa da Zona de Autossalvamento
2. Mapa da Zona de Segurança Secundária
3. 1901-ES-0-GE-G00-00-C-13-DE-0001: Mapa de Inundação; Planta; Cheia Natural
TR = 100 Anos
4. 1901-ES-0-GE-G00-00-C-13-DE-0002: Mapa de Inundação; Planta; Cheia Natural
TR = 1000 Anos
5. 1901-ES-0-GE-G00-00-C-13-DE-0003: Mapa de Inundação; Planta; Cheia Natural
TR = 10000 Anos
6. 1901-ES-0-GE-G00-00-C-13-DE-0004: Mapa de Inundação; Planta; Vertimento
Máximo.
7. 1901-ES-0-GE-G00-00-C-13-DE-0005: Mapa de Inundação; Planta; Ruptura mais
provável
8. 1901-ES-0-GE-G00-00-C-13-DE-0006: Mapa de Inundação; Planta; Ruptura
Extrema
9. 1901-ES-0-GE-G00-00-C-13-DE-0011: Mapa de Inundação - Seções Transversais –
Cheia Natural – TR = 100 Anos;
10. 1901-ES-0-GE-G00-00-C-13-DE-0012: Mapa de Inundação - Seções Transversais –
Cheia Natural – TR = 1.000 Anos;
11. 1901-ES-0-GE-G00-00-C-13-DE-0013: Mapa de Inundação - Seções Transversais –
Cheia Natural – TR = 10.000 Anos;
12. 1901-ES-0-GE-G00-00-C-13-DE-0014: Mapa de Inundação - Seções Transversais –
Vertimento Máximo;
13. 1901-ES-0-GE-G00-00-C-13-DE-0015: Mapa de Inundação - Seções Transversais –
Ruptura Mais Provável;
14. 1901-ES-0-GE-G00-00-C-13-DE-0016: Mapa de Inundação - Seções Transversais –
Ruptura Extrema.