

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E PARNAÍBA

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

BARRAGEM BICO DA PEDRA

VOLUME VI. PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA



Documento:
1912-BI-00-RT-006

Revisão nº:
01

SUMÁRIO DO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM BICO DA PEDRA

- 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\1SR\1.1.1.Bico.da.Pedra>

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	6
1.3.2. CONTATOS EXTERNOS	6
HOSPITAL	9
1.4. DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM E ESTRUTURAS ASSOCIADAS.....	10
1.4.1. IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM.....	12
1.4.2. DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM	13
1.4.3. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS, GEOLÓGICAS E SÍSMICAS.....	18
1.4.4. RESERVATÓRIO	26
1.4.5. ÓRGÃOS EXTRAVASORES	27
1.4.6. INSTRUMENTAÇÃO	37
1.4.7. ACESSOS À BARRAGEM	37
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.....	48
2.2.1. NÍVEL VERDE	48
2.2.2. NÍVEL AMARELO.....	48
2.2.3. NÍVEL LARANJA	49
2.2.4. NÍVEL VERMELHO	50
3. PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÕES E SISTEMAS DE ALERTA	53
3.1. OBJETIVO.....	53
3.2. NOTIFICAÇÃO.....	53
3.3. SISTEMA DE ALERTA	54
3.4. FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO	54
4. RESPONSABILIDADES GERAIS NO PAE	57
4.1. RESPONSABILIDADES DO EMPREENDEDOR	57
4.2. RESPONSABILIDADES DO COORDENADOR DO PAE.....	58
4.3. RESPONSABILIDADES E ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE DO PAE	59
4.3.1. INTRODUÇÃO	59

4.3.2. COORDENADOR GERAL.....	60
4.3.3. ENCARREGADO DA BARRAGEM.....	60
4.3.4. EQUIPE DE CONTROLE EMERGENCIAL DA BARRAGEM	61
4.3.5. CENTRAL DE OPERAÇÕES EMERGENCIAIS	61
4.4. SISTEMA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL (SINPDEC)	61
5. SÍNTESE DO ESTUDO DE RUPTURA DA BARRAGEM E MAPA DE INUNDAÇÃO.....	63
5.1. SÍNTESE DO ESTUDO DE ROMPIMENTO	63
5.1.1. MODELO HIDRODINÂMICO	63
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.....	73
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	77
5.4.1. MAPEAMENTO DE DANOS NA MANCHA DE INUNDAÇÃO	77
5.4.2. VULNERABILIDADE SOCIAL NA REGIÃO DA ZAS	82
REFERÊNCIAS	84
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 E ZSS.....	A
ANEXO 5 – PERSONOGRAMA	A
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 Bico da Pedra (RPSB) é apresentada no Volume V do Plano de Segurança da Barragem Bico da Pedra (PSB). Conforme apresentado na RPSB, a barragem Bico da Pedra 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 Bico da Pedra 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 Bico da Pedra 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 Bico da Pedra (PSB).

O PAE da barragem Bico da Pedra 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.
- Lei IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) nº 23.291, de fevereiro de 2019. Institui a política estadual de segurança de barragens.

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 Bico da Pedra.
- 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 Bico da Pedra 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 Bico da Pedra 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 Bico da Pedra 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 Bico da Pedra 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 23 (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
SEMAD – SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE MINAS GERAIS Secretário: Marília Carvalho de Melo	(31) 3915-1905	http://www.meioambiente.mg.gov.br/ secretario.semad@meioambiente.mg.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 DE MINAS GERAIS Comandante Geral: Coronel Giovanne Gomes da Silva	(31) 3071-2540 (31) 3071-2608	https://www.policiamilitar.mg.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 JANAÚBA - MG Prefeito: José Aparecido Mendes Santos	(38) 3821-4973 (38) 3821-4009 (38) 99161-1480	prefeitura@janauba.mg.gov.br gabinete@janauba.mg.gov.br https://janauba.mg.gov.br/
DEFESA CIVIL (COMDEC) JANAÚBA - MG Coordenador: --	Sem informação*	Sem informação*
PREFEITURA MUNICIPAL NOVA PORTEIRINHA - MG Prefeito: Regina Antônia de Souza Freitas	(38) 3834-1748	https://www.novaporteirinha.mg.gov.br/ prefeito@novaporteirinha.mg.gov.br
DEFESA CIVIL (COMDEC) NOVA PORTEIRINHA - MG Coordenador: --	Sem informação*	Sem informação*
PREFEITURA MUNICIPAL PORTEIRINHA - MG Prefeito: Juracy Freire Martins	(38) 3831-1297	https://porteirinha.mg.gov.br/
DEFESA CIVIL – POLÍCIA MILITAR PORTEIRINHA - MG Coordenador: --	(38) 3831-1463 190	Sem informação*
PREFEITURA MUNICIPAL PAI PEDRO - MG Prefeito: Joaquim Rodrigues Junior	(38) 9831-8104	http://www.paipedro.mg.gov.br/ adm@paipedro.mg.gov.br
DEFESA CIVIL (COMDEC) PAI PEDRO - MG Coordenador: --	(38) 99877-8308	Sem informação

Órgãos Municipais		
Órgão	Contato	Site / E-mail
PREFEITURA MUNICIPAL JAÍBA - MG Prefeito: Reginaldo Silva	(38) 3833-1271 (38) 3833-1590	https://www.jaiba.mg.gov.br/
DEFESA CIVIL JAÍBA - MG Coordenador: --	(38) 98825-4369	Sem informação
PREFEITURA MUNICIPAL MONTE AZUL - MG Prefeito: Paulo Dias Moreira	(38) 3811-1059	https://www.montezul.mg.gov.br/
DEFESA CIVIL (COMPDEC) MONTE AZUL - MG Coordenador: --	(38) 3361-2789	Sem informação
PREFEITURA MUNICIPAL GAMELEIRAS - MG Prefeito: Gilmar Rodrigues de Oliveira	(38) 3811-9104	https://www.gameleiras.mg.gov.br/ administração@gameleiras.mg.gov.br
DEFESA CIVIL (COMDEC) GAMELEIRAS - MG Coordenador: --	(38) 3821-2692	auccon@auccon.net.br
PREFEITURA MUNICIPAL MATIAS CARDOSO - MG Prefeito:	(32) 3273-1344	https://www.matiascardoso.mg.gov.br/
DEFESA CIVIL (COMDEC) MATIAS CARDOSO - 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	Sem informação	R. Lagoa, 216 - Riacho dos Machados, MG, 39529-000
HOSPITAL E MATERNIDADE PORTERINHA LTDA.	(38) 3831-1358	R. Olegário Maciel, 71 - Porteirinha, MG, 39520-000

O PAE da barragem Bico da Pedra deve estar disponível conforme apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 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”. De acordo com relatório da Intertechne, a barragem foi concluída em 1979.

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 Bico da Pedra.

Em função das divergências de elevações existentes na documentação referente à barragem Bico da Pedra, as elevações apresentadas nesse relatório baseiam-se no Relatório Final de Atividades Executadas | Codevasf | Serviços Complementares de Análise de Área e Volume das Barragens: Bico de Pedra, Ceraíma, Cova da Mandioca, Estreito e Zabumbão, datado de fevereiro de 2019, elaborado pela Engefoto – Engenharia e Aerolevantamentos S.A., que consolida as elevações em sua

Tabela 2, reproduzida a seguir:

Tabela 2 – Definição dos níveis a serem considerados para a barragem Bico da Pedra

	Coroamento (m)		Maximorum (m)		Vertedouro (m)	
	Verificado	TR	Verificado	TR	Verificado	TR
<i>Bico de pedra</i>	576,00	558,80	574,17	557,00	570,10	553,00
<i>Cova da Mandioca</i>	550,50	498,00	550,01	497,57	548,20	496,00
<i>Estreito</i>	550,80	500,00	549,50	498,00	548,20	496,00
<i>Ceraíma</i>	575,10	518,50	573,62	517,00	571,65	515,00
<i>Zabumbão</i>	640,75	675,00	639,25	673,50	635,75	670,00

Fonte: Engefoto, 2019.

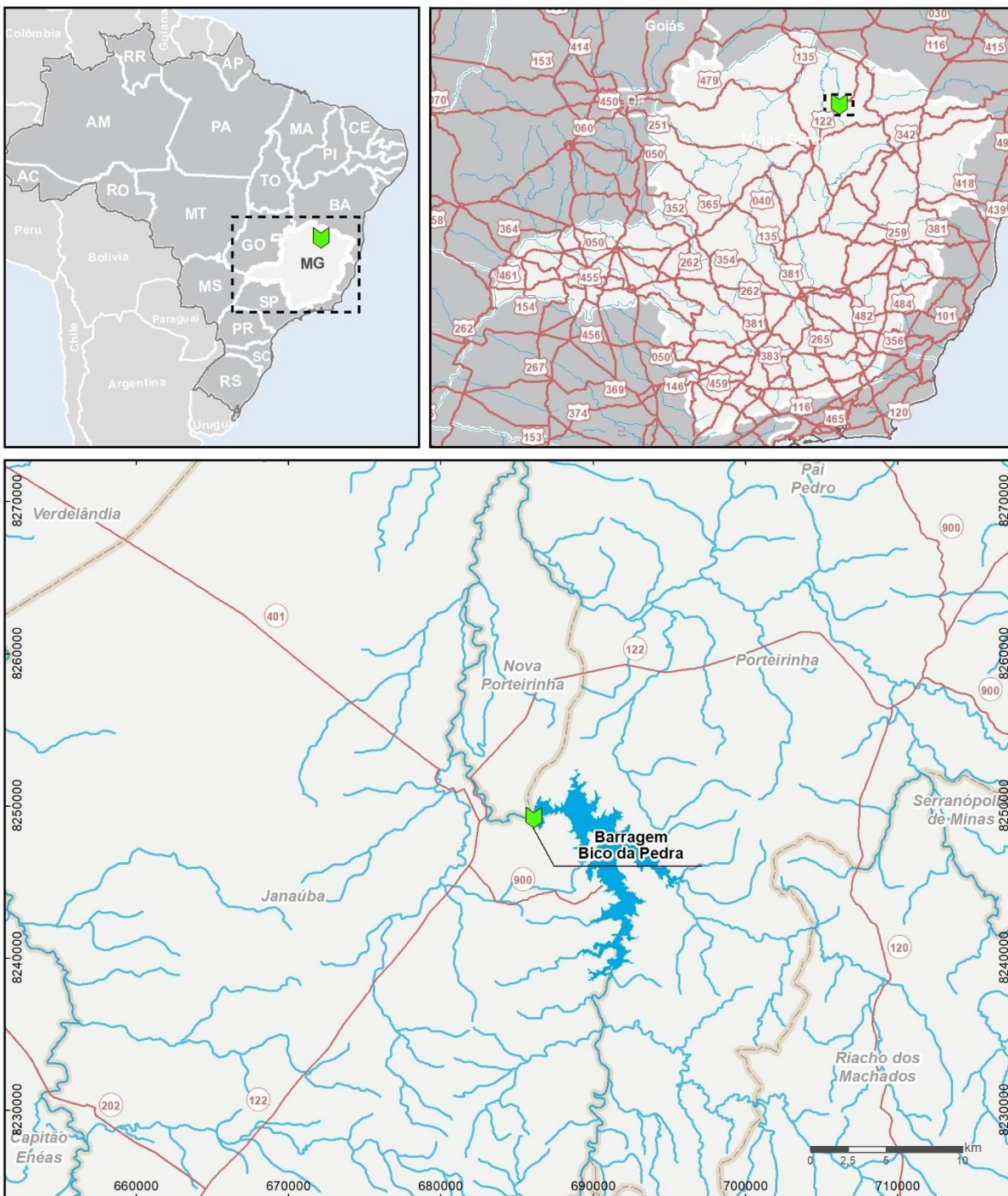
Complementarmente, ressalta-se que as elevações constantes em figuras, tabelas e textos obtidos de documentos elaborados por terceiros e reproduzidos no presente relatório não foram modificadas para adequação às definições do relatório da Engefoto.

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

1.4.1. IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM

A Barragem Bico da Pedra está localizada entre os municípios de Janaúba e Nova Porteirinha, no estado de Minas Gerais, nas coordenadas aproximadas 15°49'45" S e 43°15'45" O, barrando o rio Gortuba pertencente à Bacia do rio São Francisco. A Figura 1 apresenta uma planta da localização deste empreendimento.

Figura 1 - Localização Georreferenciada da Barragem Bico da Pedra



Fonte: RHA Engenharia, 2021.

1.4.2. DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM

A barragem é de Terra Homogênea, com cerca de 45 m de altura máxima e comprimento total da crista da ordem de 325 m e largura de 9 m, instrumentada. A crista da barragem situa-se na El. 576,00 m, sendo que o nível máximo normal se situa na El.

570,10 m. O volume acumulado em seu reservatório é da ordem de 515,90 hm³ e a área alagada é de 43,84 km², para o nível de água máximo normal.

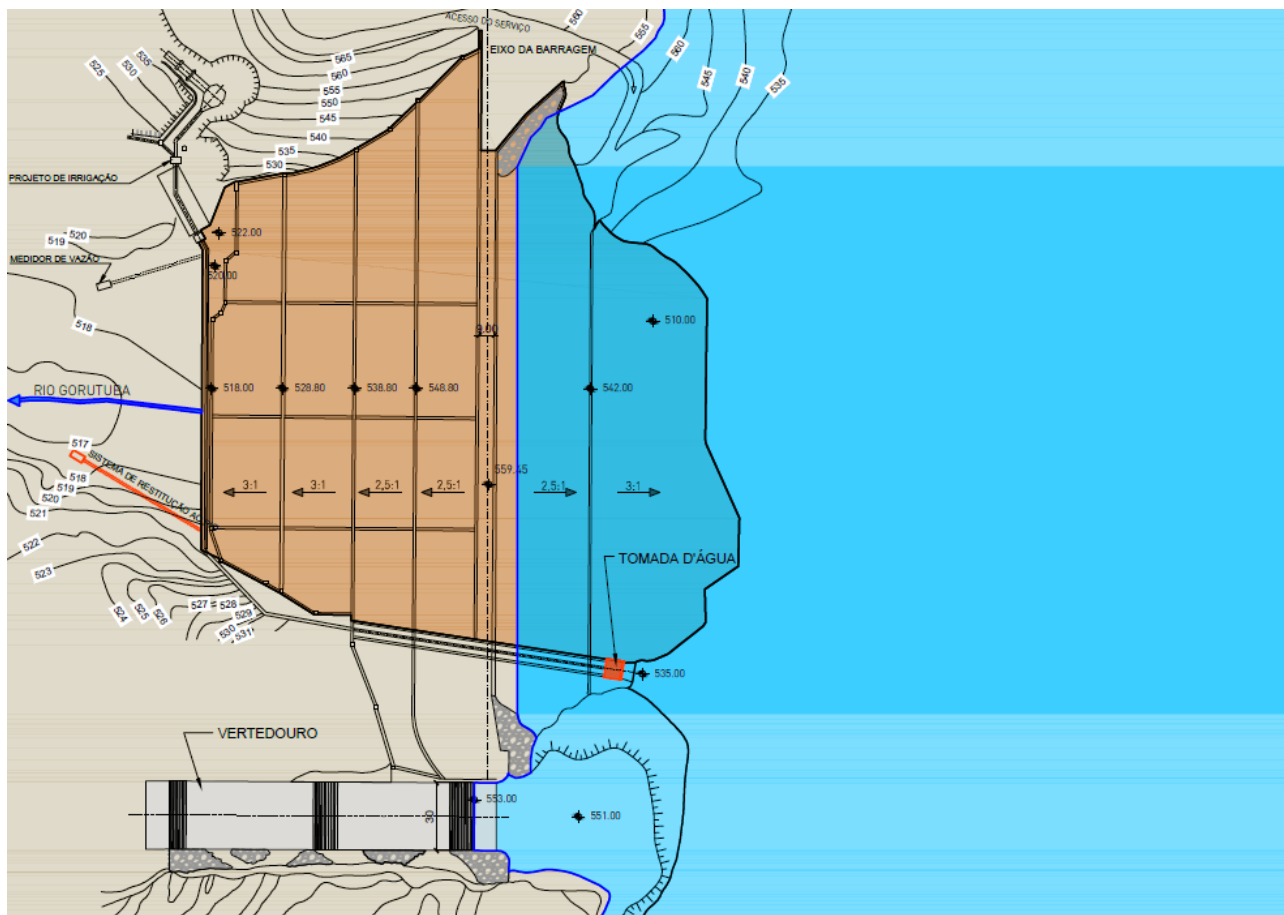
O extravasamento de cheias é realizado por um vertedouro de concreto do tipo soleira livre, disposto na margem esquerda do barramento. O vertedouro é constituído por uma soleira livre com largura de 30 m e comprimento de 134,90 m, com crista na El. 570,10 m. A vazão de projeto do vertedouro adotada é de 500 m³/s.

A barragem Bico da Pedra é constituída por:

- vertedouro de concreto do tipo soleira livre, disposto na margem esquerda do barramento;
- tomada d'água, localizada na ombreira esquerda é composta por duas partes principais: a torre e a galeria;
- sistema interno de drenagem e dreno de pé.

A Figura 2 apresenta a planta geral da barragem Bico da Pedra e a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** ilustra a seção tipo da barragem.

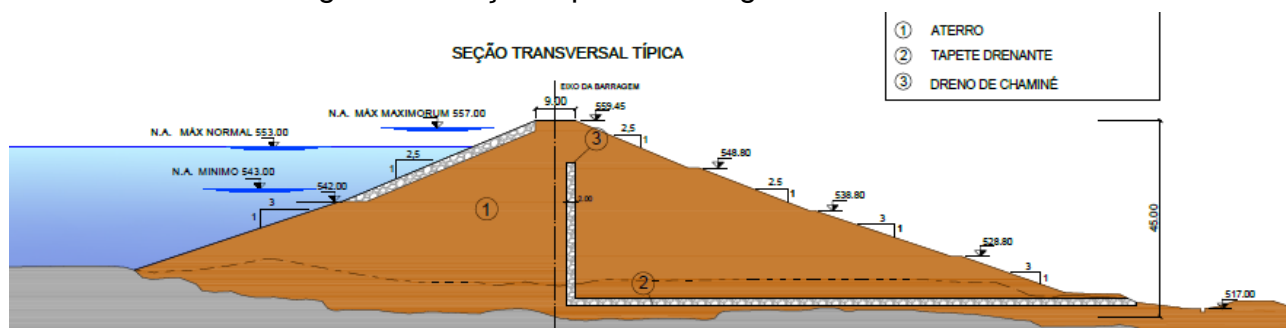
Figura 2 – Planta Esquemática da Barragem e Estruturas Associadas



Fonte: PSB GNF, 2018.

*Para as elevações apresentadas nesta figura, ver o item 1.4 do presente documento.

Figura 3 – Seção Tipo da Barragem Bico da Pedra



Fonte: PSB GNF, 2018.

*Para as elevações apresentadas nesta figura, ver o item 1.4 do presente documento.

A Tabela 3 apresenta uma síntese das principais características da barragem Bico da Pedra.

Tabela 3 – Principais características da barragem Bico da Pedra

Principais características da barragem Bico da Pedra	
Denominação Oficial	Barragem Bico da Pedra
Empreendedor:	Codevasf / 1ªSR
Entidade Fiscalizadora:	IGAM
SNIBS	Não cadastrada

Localização	
Rio:	Rio Gorutuba afluente pela margem direita do rio Verde Grande que, por sua vez, é afluente pela margem direita do rio São Francisco
Município:	Janaúba e Nova Porteirinha
Unidade da Federação:	Minas Gerais
Coordenadas:	15°49'45''S e 43°15'45'' (DATUM WGS-84)
Macro Bacia:	São Francisco
Sub-Bacia:	Sem informação
Existência de barragens a montante: e a jusante:	Não Não

Barragem		Fonte	Pag.
Tipo:	Terra homogênea	PSB - Volume V 2021b ANEXO 1	a
Altura máxima acima da fundação:	45 m		a
Cota do coroamento:	El.576 m		a
Comprimento do coroamento:	325 m		a
Largura do coroamento:	9 m		a
Inclinação do paramento de montante:	2,5H:1V / 3H:1V		a
Inclinação do paramento de jusante:	2,5H:1V / 3H:1V		a

Bacia Hidrográfica		Fonte	Pag.
Área:	A = 1.628 km²	PSB - Volume V, 2019c	9
Precipitação total anual na bacia:	875 mm		24
Volume anual médio afluente:	590 hm³ (TR=10.000 anos)		41
Vazões máximas	3.520 m³/s (TR 10.000 anos)		41

Características geológicas regionais		Fonte	Pag.
Fundação:	A fundação da barragem na região do leito do rio foi assente em quartzito são, sendo removidos os depósitos aluvionares e o quartzito alterado. Nas ombreiras foram retirados os solos moles, os detritos vegetais e os seixos rolados. Na área de fundação em rocha foi executado um programa de injeção de consolidação no contato do aterro com a fundação em rocha das ombreiras esquerda e direita	PSB - Volume V, 2019u	5 e 6

Susceptibilidade a escorregamento de taludes do reservatório	Somente as informações encontradas não são suficientes para verificação da estabilidade da estrutura frente aos critérios de projetos atuais. Desta forma, recomenda-se a realização de uma campanha de ensaios de laboratório e de campo a fim de se determinar as características / propriedades dos materiais principais da barragem.	PSB, Volume V, 2021v	11
Sismicidade potencial:	Entre os anos de 1972 a 2013, não houveram registros de sismos num raio de 26 km do eixo da barragem.	PSB, Volume V 2021t	11 e 12

Reservatório		Fonte	Pag.
Nível Máximo Normal (NMN):	El.570,10 m	PSB, Volume V, 2021c	55 e 56
Nível Máximo Maximorum (NMM):	El.574,17 m		
Nível de máxima cheia (T = 10.000 anos):	Para a condição de cheia afluyente com 10.000 anos recorrência ocorre o galgamento da barragem		
Capacidade total do reservatório (NMN):	515,90 hm ³	PSB, Volume V, 2021b	a
Área inundada (NMN)	43,84 km ²	ANEXO 1	

Vertedouro / Descarregador de Cheias		Fonte	Pag.
Solução:	Vertedouro de concreto tipo soleira livre de 30 metros de largura e 134,90 m de comprimento	PSB, Volume V 2021b	5
Localização:	Ombreira esquerda		5
Vazão de projeto:	500 m ³ /s		5
Controle:	Sem controle, soleira livre.		5
Tipo:	Soleira livre		b
Modalidade de dissipação de energia:	Salto esqui e bacia de tranquilização (lagoa natural)		b

Tomada d'água		Fonte	Pag.
Solução:	Torre com duas câmaras retangulares 2,6 x 4,0 m. Altura interna de 23,65m Galeria da tomada d'água com seção transversal de 3,4m de altura e 6,6m de largura e 117,6m de comprimento total que acomoda duas tubulações de captação	PSB, Volume V 2021b	6
Localização:	Ombreira esquerda da barragem		6
Vazão (sob o NMN):	Vazão máxima 20 m ³ /s	PSB, Volume V 2021w	14
Cota Entrada da tomada 'água:	El. 535,0 m		13
Equipamentos hidromecânicos	Não foram encontradas características dos equipamentos hidromecânicos. Tubulações de diâmetro interno de 2.200mm e declividade de 0,01 m/m.		13

Ressalta-se que a RPSB realizada pela empresa Intertechne em 2021, corresponde ao Volume V do PSB elaborado pela RHA.

1.4.3. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS, GEOLÓGICAS E SÍSMICAS

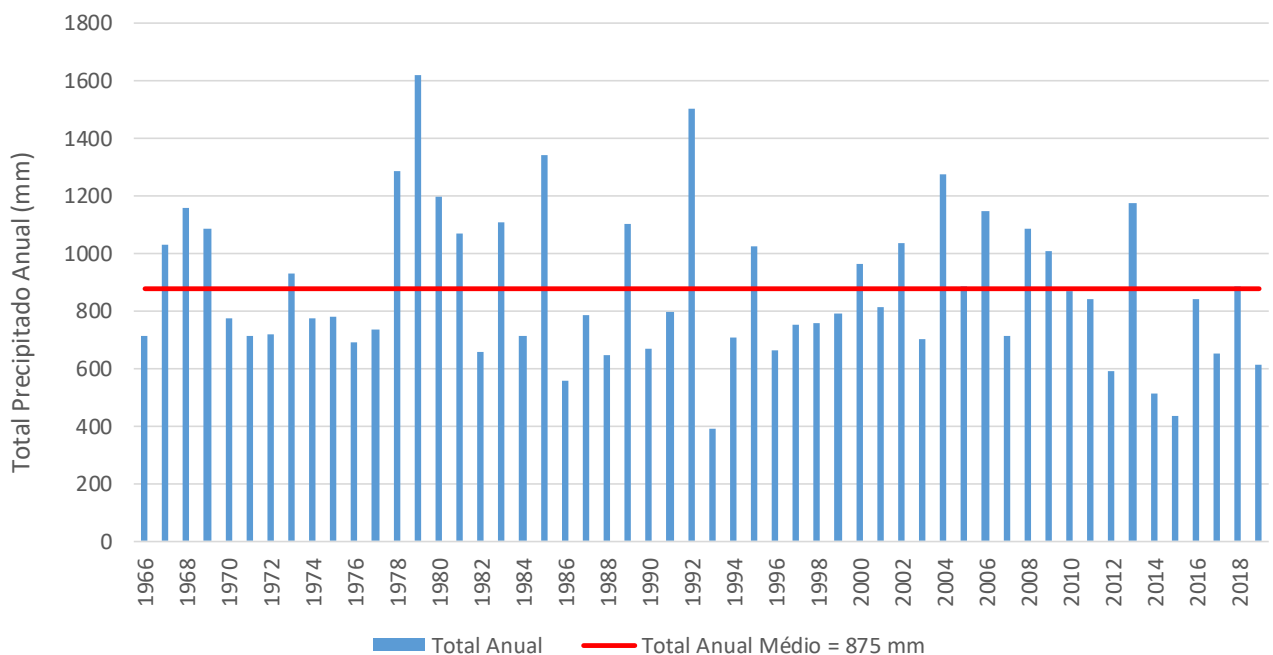
• HIDROLOGIA

Para a determinação da série de totais precipitados mensais sobre a bacia da Barragem Bico da Pedra, inicialmente foram verificadas quais seriam as estações pluviométricas básicas, ou seja, quais as estações com influência direta na bacia de drenagem. Essas estações são Riacho dos Machados, Janaúba e Pensão Caveiras, e os percentuais da área de influência dessas três estações, estimados por Thiessen, correspondem respectivamente a 46%, 12% e 42%.

As séries de totais precipitados mensais das estações básicas foram estendidas e tiveram suas falhas preenchidas a partir dos totais mensais disponíveis nas demais estações através do Método das Vizinhanças, que se baseia na ponderação dos postos vizinhos. No presente estudo, a ponderação foi efetuada a partir do total precipitado anual médio de cada estação.

O total anual precipitado médio sobre a bacia hidrográfica da barragem Bico da Pedra resultou em 875 mm, com valores variando de 391 mm, em 1993, a 1.620 mm, em 1979. A Figura 4 apresenta os totais precipitados anuais.

Figura 4 – Totais Precipitados Anuais (mm)



Fonte: PSB Volume V, 2021c.

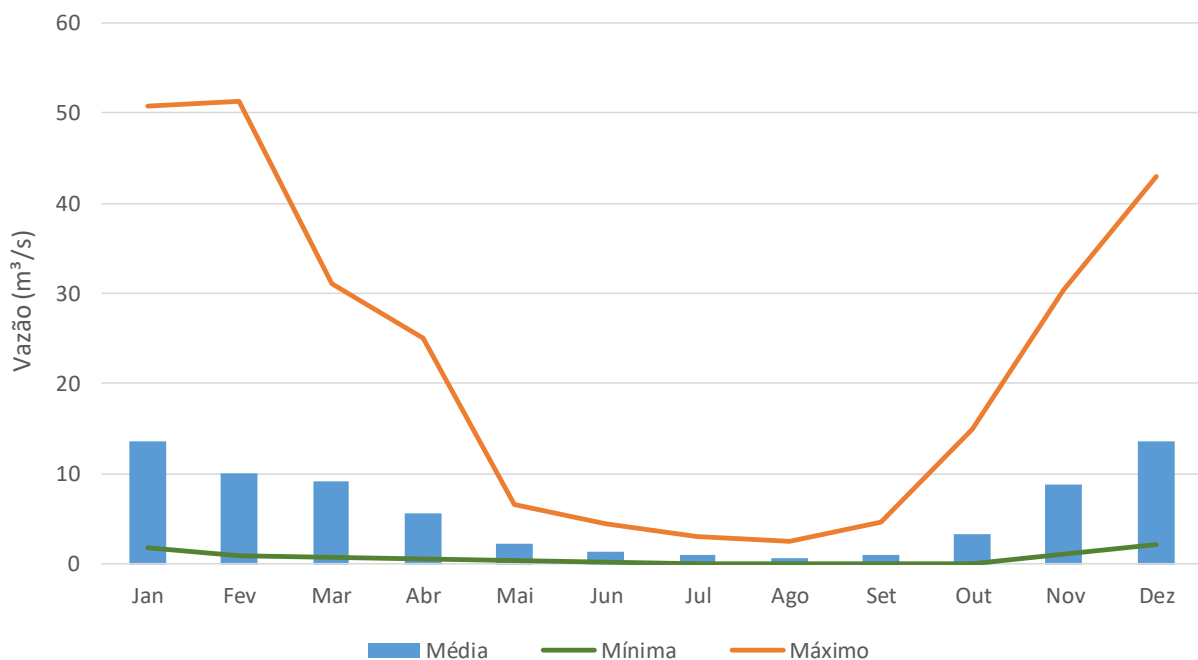
Das estações fluviométricas selecionadas para o desenvolvimento dos estudos, a estação Barreiro da Raiz foi adotada como estação básica, por se encontrar no rio Gorutuba, relativamente próxima com o local de interesse.

A estação Barreiro da Raiz localiza-se a montante da Barragem Bico da Pedra, com área de 735 km² e apresenta registros desde o fim de 2002 até início de 2020; entretanto, devido a existência de inúmeras vazões diárias nulas, em dias para o qual não há registro de cotas, nas análises foi considerado apenas o período consistido dos registros, ou seja, até 2014.

A série de vazões médias mensais do posto Barreira da Raiz, complementada e preenchida com outras regressões apresentadas na RPSB (Volume V do PSB de Bico da Pedra), foi transferida por relação entre vazões médias mensais para o local da Barragem Bico da Pedra. Para determinar a vazão média de longo termo junto ao barramento, foi estabelecida uma regressão linear entre as vazões específicas e áreas de drenagem das estações básica e de apoio. A partir dessa regressão obteve-se uma vazão específica média de 3,61 l/s/km² para o local da Barragem Bico da Pedra, e uma correspondente vazão de 5,88 m³/s.

A série de vazões médias mensais características de Bico da Pedra é apresentada na Figura 5.

Figura 5 – Vazões Médias Características



Fonte: PSB Volume V, 2021c.

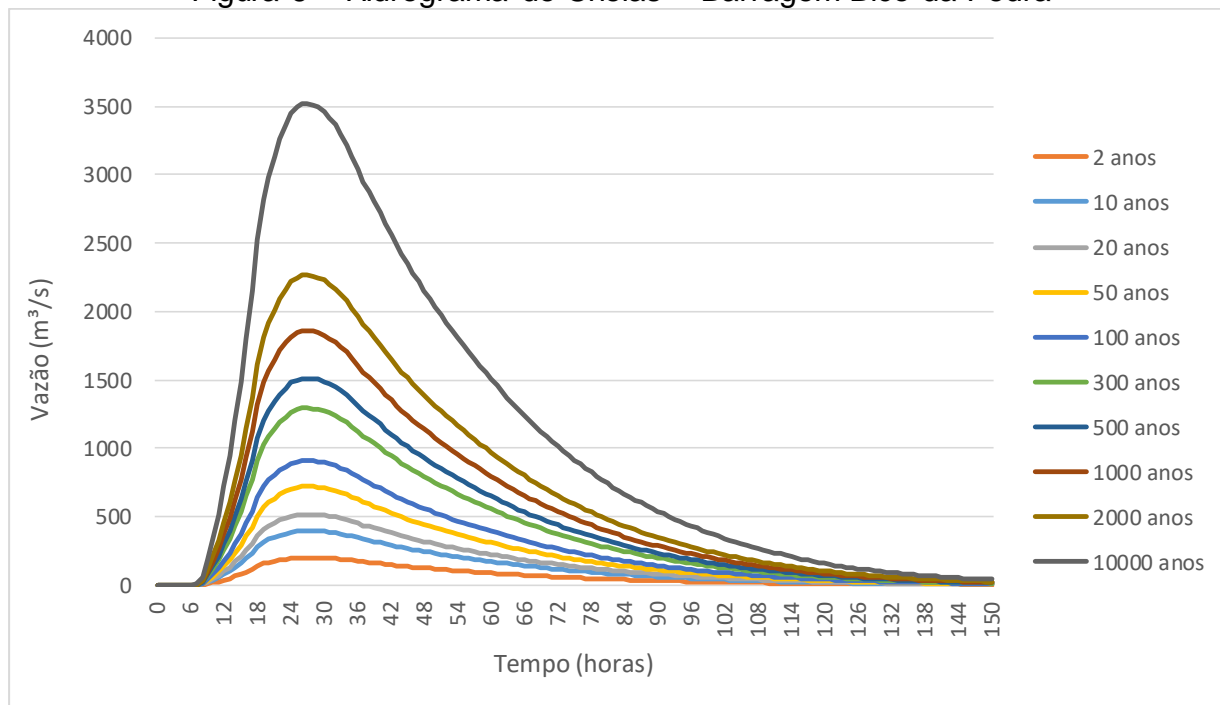
A Tabela 4 apresenta, para os diferentes tempos de recorrência, as vazões máximas resultantes na seção da barragem Bico da Pedra, bem como o volume total do hidrograma nessa seção. A Figura 6 apresenta os hidrogramas resultantes.

Tabela 4 - Vazões Máximas e Volumes dos Hidrogramas de Cheias – Barragem Bico da Pedra

TR (anos)	Vazão (m³/s)	Volume (hm³)
2	200	34
10	396	66
20	517	87
50	718	120
100	909	152
300	1.293	217
500	1.511	253
1000	1.857	311
10000	3.520	590

Fonte: PSB Volume V, 2021c.

Figura 6 – Hidrograma de Cheias – Barragem Bico da Pedra



Fonte: PSB Volume V, 2021c.

Tabela 5 – Parâmetros Hidrológicos da Bacia do Rio na Seção do Barramento

Informação		Referência	Pág.
Área de drenagem da bacia:	$A_b = 10.000 \text{ km}^2$	PSB - Volume V, 2019c	8
Área de drenagem da bacia sendo controlada pela barragem:	$A_{bm} = 1.628 \text{ km}^2$		8

Comprimento do Talvegue Principal	$L = 96,05 \text{ km}$	9
Perímetro	$P = 325,84 \text{ km}$	9
Comprimento total dos cursos d'Água	$LT = 1.138,73 \text{ km}$	9
Comprimento Reto entre a Nascente e a Exutória	$L_r = 64,02 \text{ km}$	9
Elevação da Nascente	$H_n = 1.064 \text{ m}$	9
Elevação no Barramento	$H_b = 569 \text{ m}$	9
Declividade Média (i)	$2,63 \text{ m/km}$	9
Tempo de concentração	25,39 horas	9
Evapotranspiração potencial média anual	1911 mm	18
Precipitação total anual média	2.059 mm	18
Vazão Média Mensal	$5,88 \text{ m}^3/\text{s}$	32
Coefficiente de distribuição espacial	0,7	2
Vazões máximas do Vertedouro	$500 \text{ m}^3/\text{s}$	51

- **GEOLOGIA REGIONAL**

A barragem Bico da Pedra está inserida no contexto geotectônico da Formação Serra do Catuni, pertencente ao Grupo Macaúbas, sendo estas unidades associadas a Província Mantiqueira. Tal formação é caracterizada por metadiamicititos, quartzitos, filitos e metassiltitos, todos de idade Neoproterozoica. A região é marcada por lineamentos estruturais de regime tectônico compressional, de direção aproximada NS, assim como a orientação geral das rochas da área.

Outra unidade presente na região, também do Neoproterozoico, são as rochas da Formação Lagoa do Jacaré, localizadas a oeste da barragem. Esta formação pertence ao Grupo Bambuí, inserido no contexto geotectônico do Cráton São Francisco, sendo composta por calcários, calcarenitos, margas e siltitos.

Já a leste do empreendimento, ocorrem rochas do Complexo Porteirinha, de idade Mesoarqueana, caracterizado por ortognaisses, migmatitos e anfibolitos. Associados a estas litologias, ocorrem as unidades da Suíte Paciência, do Paleoproterozoico, composta por tonalitos, gabros, monzodioritos e monzonitos, e do Riacho dos Machados, formada por anfibolitos, xistos e metaultramafitos que vão do Neoarqueano ao Paleoproterozoico.

Sobrepondo-se a estas unidades, há depósitos Cenozoicos formados por coberturas detrito lateríticas, compostas por areias com níveis de argila e cascalho laterizados, assim como depósitos aluvionares recentes, constituídos por areia com intercalações de argila e cascalho, além de restos de matéria orgânica.

- **GEOLOGIA LOCAL**

De acordo com o Relatório Final das Obras desenvolvido pela Geotécnica S.A. (1978), no sítio da Barragem Bico da Pedra são encontrados quartzitos arcoseanos friáveis, quartzitos silicificados e filitos. Na região das ombreiras, ocorrem quartzitos silicificados, com acamamentos próximos à direção NS e mergulhos altos, da ordem de 70° para leste, cujas camadas possuem espessuras que variam de 1 a 6 m. Foram observados na ombreira esquerda afloramentos de quartzitos duros com fraturas espaçadas de 30 a 80 cm, geralmente fechadas e, quando raramente abertas, apresentam abertura de 1 a 3 mm. Também se verificou a presença de intercalações de pequenas camadas de quartzito duro (menores que 1 cm) e quartzito friável, com espessura de 5 a 10 cm.

O quartzito encontrado na região do barramento é pouco alterado a são, intensamente fraturado e fragmentado, de permeabilidade entre 10⁻³ a 10⁻⁴ cm/s, desde o topo rochoso até cerca de 9,0 m de profundidade. Abaixo desse horizonte, foram encontradas permeabilidades de 10⁻⁵ cm/s até impermeável.

Sobrepondo essa litologia, ocorrem solos coluvionares constituídos por silte-argiloso a arenoso, com matações de quartzitos dispersos. Os depósitos aluvionares são encontrados ao longo do rio Gorutuba, e são compostos por areia média e grossa. Na

área do barramento, têm espessura da ordem de 20 m na margem direita, não ocorrendo na margem esquerda.

A permeabilidade dos solos de fundação foi verificada por meio de ensaios de permeabilidade “in-situ”, realizados concomitantemente com as sondagens a percussão, tendo-se encontrado valores entre $7,5 \times 10^{-2}$ e 1×10^{-5} cm/s. Assim, para fins de estudo de percolação pela fundação, consideram-se os valores de $5,66 \times 10^{-3}$ cm/s para permeabilidade média dos solos da fundação e 1×10^{-2} cm/s para permeabilidade da areia do leito do rio.

O mapa geológico local não foi apresentado na documentação disponibilizada.

- **CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA**

- Região da Barragem

No Relatório Final das Obras apresentado pela Geotécnica S.A. (1978), a caracterização geotécnica da região da barragem refere-se aos dados apresentados no tópico referente à geologia local do presente documento, sendo que o perfil geológico do eixo da barragem não foi apresentado na documentação disponibilizada, assim como não há informações a respeito de investigações realizadas nessa área.

Conforme o referido documento, a fundação da barragem na região do leito do rio foi assente em quartzito são, sendo removidos os depósitos aluvionares e o quartzito alterado. Nas ombreiras foram retirados os solos moles, os detritos vegetais e os seixos rolados.

- Vertedouro

Conforme apresentado pela Geotécnica S.A. no relatório Barragem do Rio Gorutuba – Projeto do Sangradouro de 1976, o subsolo da área do vertedouro foi investigado por meio de 8 poços de inspeção a céu aberto, sendo que a escavação de todos foi interrompida por ter sido encontrado quartzito duro em profundidades que variam de 2,00 a 5,35 m. O solo coluvionar encontrado é constituído por areia fina com pedregulhos e matações de quartzito friável.

De acordo com o Relatório Final das Obras desenvolvido pela Geotécnica S.A. (1978), foi encontrado na região do vertedouro quartzito friável, muito alterado, sendo este material removido e a fundação do vertedouro assente em quartzito são a pouco alterado.

O perfil geológico do vertedouro não foi apresentado na documentação disponibilizada, assim como não há informações a respeito de investigações profundas realizadas nessa área.

- Materiais de Construção

As informações acerca dos materiais de construção são descritas no Relatório Final das Obras (Geotécnica S.A., 1978). Durante a obra, foram exploradas duas áreas de empréstimos argilosos, denominadas empréstimos D e E, situadas na margem direita e esquerda do Rio Gorutuba, respectivamente.

O empréstimo D foi o principal a ser utilizado na construção do maciço e fica a cerca de 2 km do local das obras. O solo é homogêneo, composto por, predominantemente, areia argilosa marrom ou amarela, possuindo capeamento de solo vegetal variando de 10 a 20 cm. Já o empréstimo E, considerado alternativo, fica a 3,5 km do local das obras, sendo caracterizado por solo constituído por argila silto-arenosa, de coloração vermelha.

Além disso, como aflora areia em toda a calha do rio, este material também foi explorado em área situada a cerca de 1,6 km à jusante da barragem. Já os quartzitos provenientes das escavações das ombreiras foram utilizados na construção do dreno de pé e do rip-rap de proteção do talude de montante, tendo sido usados, também, como agregado de concreto. Entretanto, como a quantidade de rocha estocada não foi suficiente para consumo total da obra, foi necessária a exploração de uma pedreira de quartzito, situada à jusante da barragem, aproximadamente a 200 m à esquerda da bacia de dissipação do vertedouro.

• ANÁLISES DE ESTABILIDADE

Conforme exposto no RPSB da Intertechne, para elaboração das análises de estabilidade dos taludes do reservatório, faz-se necessário o recebimento da descrição litológica do maciço, realizada através de investigações geológicas de campo e ensaios de laboratório, bem como dos dados brutos que a subsidiaram. Neste sentido, com a informação disponibilizada, não é possível realizar esta análise.

Destaca-se que, em inspeção realizada nos taludes do reservatório mais próximos à barragem, não foram identificadas instabilidades nos taludes observados. A inspeção ao reservatório ocorreu apenas a partir da crista do barramento, não sendo possível percorrer o reservatório.

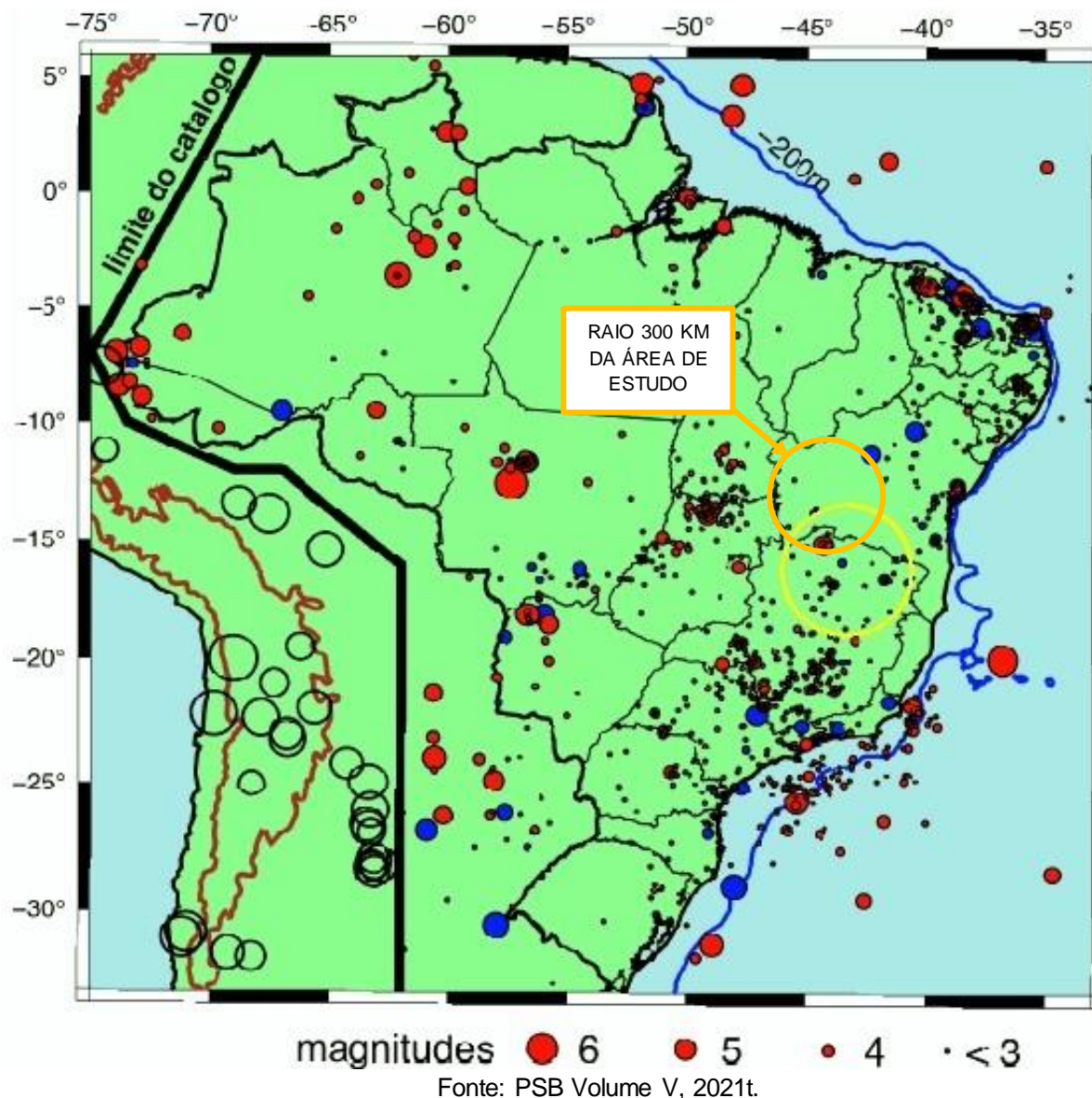
• CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS

No sítio da barragem Bico da Pedra a Intertechne realizou um levantamento dos sismos ocorridos em um raio de 300 km do entorno do eixo do barramento, entre os anos de 1972 e 2013, período em que há registros disponibilizados no catálogo sísmico brasileiro.

Na figura abaixo pode ser visualizado os epicentros dos sismos ocorridos no raio de estudo, onde os círculos em vermelho são eventos com magnitude Richter

instrumental, e os círculos azuis são eventos antigos com magnitudes estimadas com dados macrossísmicos.

Figura 7 – Epicentros do catálogo sísmico brasileiro



Nesse período foram registrados 72 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 142 km da área de interesse, com magnitude de 4.9 na escala Richter. Não houve registros de sismos num raio de 26 km do eixo.

1.4.4. RESERVATÓRIO

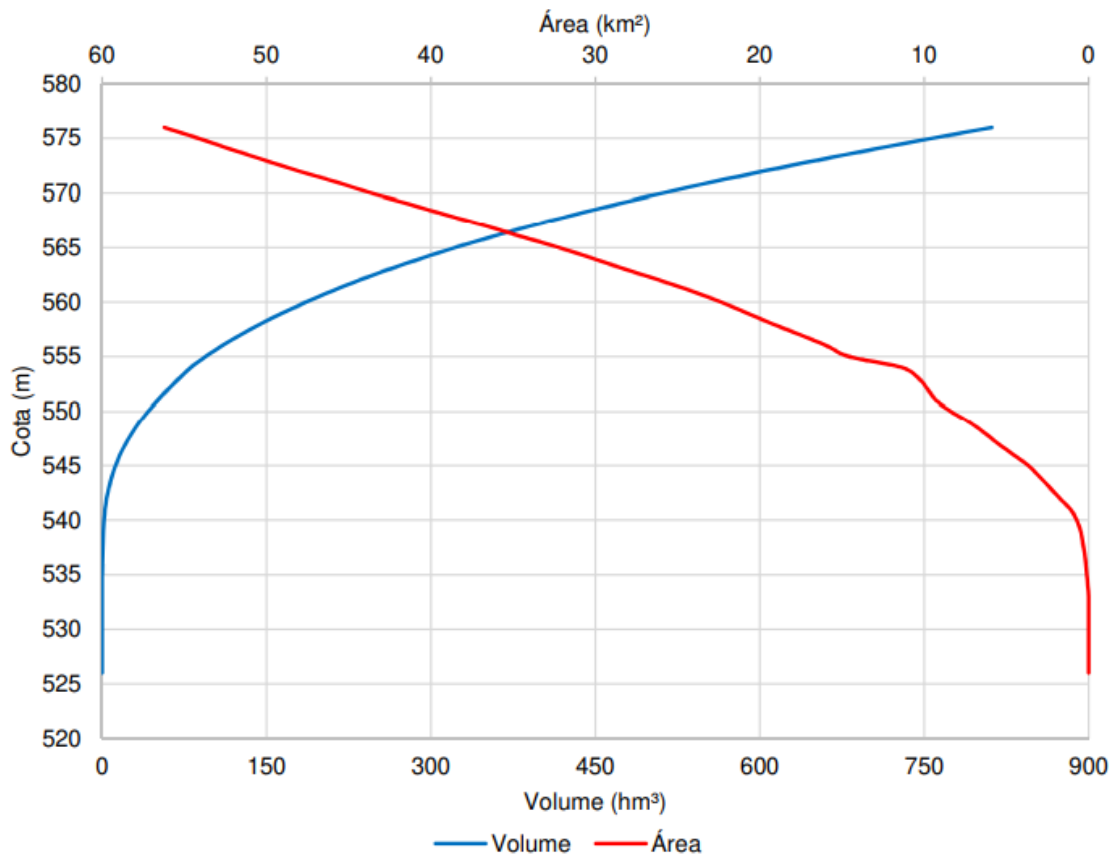
O reservatório da barragem Bico da Pedra tem seu nível normal de operação na elevação 570,10 m, quando então inunda uma área de 43,84 km². A capacidade total do reservatório (NMM) é de 515,90 hm³. Mais detalhes estão especificados na Tabela 6

Tabela 6 – Reservatório barragem Bico da Pedra

Reservatório		Fonte	Pag.
Nível Máximo Maximorum (NMM)	EI.574,17 m	PSB, Volume V, 2021c	51
Nível Máximo Normal (NMN)	EI.570,10 m		55
Nível Mínimo Operacional (NMO)	Sem informação	-	-
Área alagada para NMN	43,84 km ²	PSB, Volume V, 2021b ANEXO 1	a
Volume para NMN	515,90 hm ³		
Amortecimento de cheias	Vertedouro na ombreira esquerda	PSB, Volume V, 2021c	67

A Figura 8 indica a curva Cota x Área x Volume da barragem de Bico da Pedra, respectivamente.

Figura 8 – Curva CAV da Barragem Bico da Pedra



Fonte: Engefoto, 2019.

1.4.5. ÓRGÃOS EXTRAVASORES

- **VERTEDOIRO, DESCARREGADOR DE CHEIAS**

O extravasamento de cheias é realizado por um vertedouro de concreto do tipo soleira livre, disposto na margem esquerda do barramento. O vertedouro é constituído por uma soleira livre com largura de 30 m e comprimento de 134,90 m, com crista na El. 570,10 m. A vazão de projeto do vertedouro adotada é de 500 m³/s.

Figura 9 – Vistas do Vertedouro Barragem Bico da Pedra



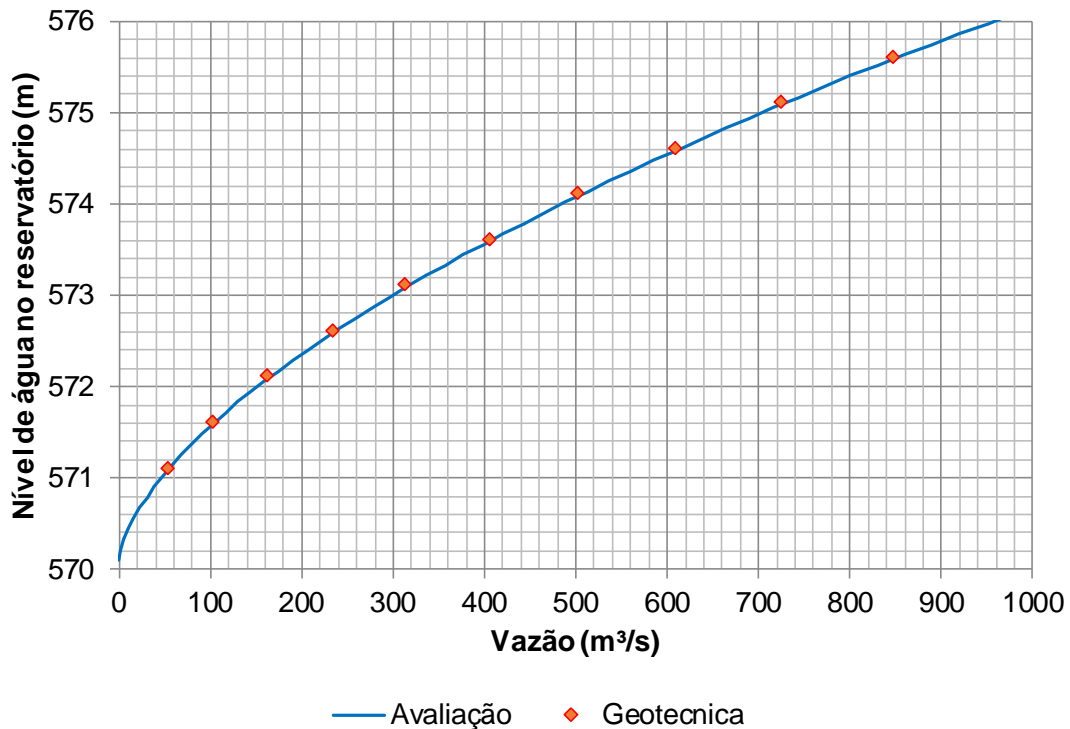
Fonte: PSB Volume V, 2021b.

Na indisponibilidade da curva de descarga do vertedouro definida na ocasião do Projeto Executivo, estimou-se uma curva de descarga com base nas características geométricas disponíveis da soleira na etapa de projeto básico, realizado pela Geotecnia no ano de 1976. Na memória de cálculo, a metodologia utilizada no dimensionamento foi a preconizada pelo *Bureau of Reclamation – USBR* (1960), a mesma utilizada nesta avaliação.

Para este estudo adotou-se as elevações revisadas conforme indicado pela Engefoto, em 2019. A curva de descarga do vertedouro da barragem de Bico da Pedra é apresentada na Figura 10. As características do vertedouro e dados utilizados para a elaboração da curva de descarga são apresentadas na sequência.

- Tipo do Vertedouro Soleira Livre
- Elevação a Soleira..... 570,10 m
- Cota de coroamento da Barragem 576,00 m
- Nível de Água Maximorum 574,17 m
- Comprimento Líquido da Soleira 30 m
- Altura do Paramento (P) 2 m
- Carga de Projeto (H_0) 4,00 m
- Vazão Máxima do Vertedouro (Projeto)..... 500 m³/s

Figura 10 - Curva de Descarga do Vertedouro



Fonte: PSB Volume V, 2021c.

De acordo com os documentos analisados, na ocasião do projeto básico, o vertedouro foi dimensionado para descarregar a vazão com tempo de recorrência de 2.000 anos considerando o nível máximo do reservatório na El. 574,86 m. Segundo os critérios da Agência Nacional de Águas (ANA), através do Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens¹ (2016), que regulamenta as Diretrizes para a Elaboração de Projeto de Barragens em todo o território nacional, para barragens acima de 30 m de altura é necessário que o empreendimento seja dimensionado para a cheia máxima provável (CMP) considerando uma borda livre mínima de 1,0 m.

De acordo com os critérios estabelecidos pelo ICOLD² (1992) e pela Eletrobrás³ (2003), para barragens dessa magnitude e com risco a vidas humanas, deve-se considerar a cheia decamilenar ou a cheia máxima provável para o dimensionamento dos órgãos extravasores. Para as condições atuais, a barragem sofre galgamento para a cheia decamilenar. Logo, sugere-se o aumento da capacidade de descarga, seguindo critérios dos agentes mencionados.

A Tabela 7 e Figura 11 a Figura 20 apresentam os resultados do estudo de amortecimento de cheias no reservatório de Bico da Pedra, considerando a hidrologia

¹ Agência Nacional de Águas. (2016). Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens.

² ICOLD. (1992). Bulletin 82 - Selection of Design Flood - Current methods. Paris.

³ Eletrobrás. (2003). Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidroelétricas.

revisada. Como é possível notar, considerando o estudo atualizado de máximas anuais, o reservatório apresenta capacidade para descarregar uma cheia afluyente com tempo de recorrência de 1.000 anos no nível máximo maximorum.

Tabela 7 – Resumo dos Resultados do Amortecimento de Cheias no Reservatório

TR (anos)	Vazão Afluyente	Vazão Efluyente	Nível de Água Inicial	Nível de Água Máximo	Amortecimento
	(m³/s)	(m³/s)	(m)	(m)	
2	200	25	570,10	570,70	88%
10	396	64	570,10	571,21	84%
20	517	93	570,10	571,50	82%
50	718	147	570,10	571,96	80%
100	909	201	570,10	572,37	78%
300	1.293	323	570,10	573,14	75%
500	1.511	396	570,10	573,55	74%
1.000	1.857	519	570,10	574,17	72%
2.000	2.265	671	570,10	574,86	70%
10.000*	3.520	-	570,10	-	-
Nível maximorum	1.856	519	570,10	574,17	72%
Coroamento	2.983	956	570,10	576,00	68%

*NOTA: Para a condição de cheia afluyente com 10.000 anos recorrência ocorre o galgamento da barragem.

Fonte: PSB Volume V, 2021c.

Figura 11 – Amortecimento para a cheia de 2 anos de recorrência

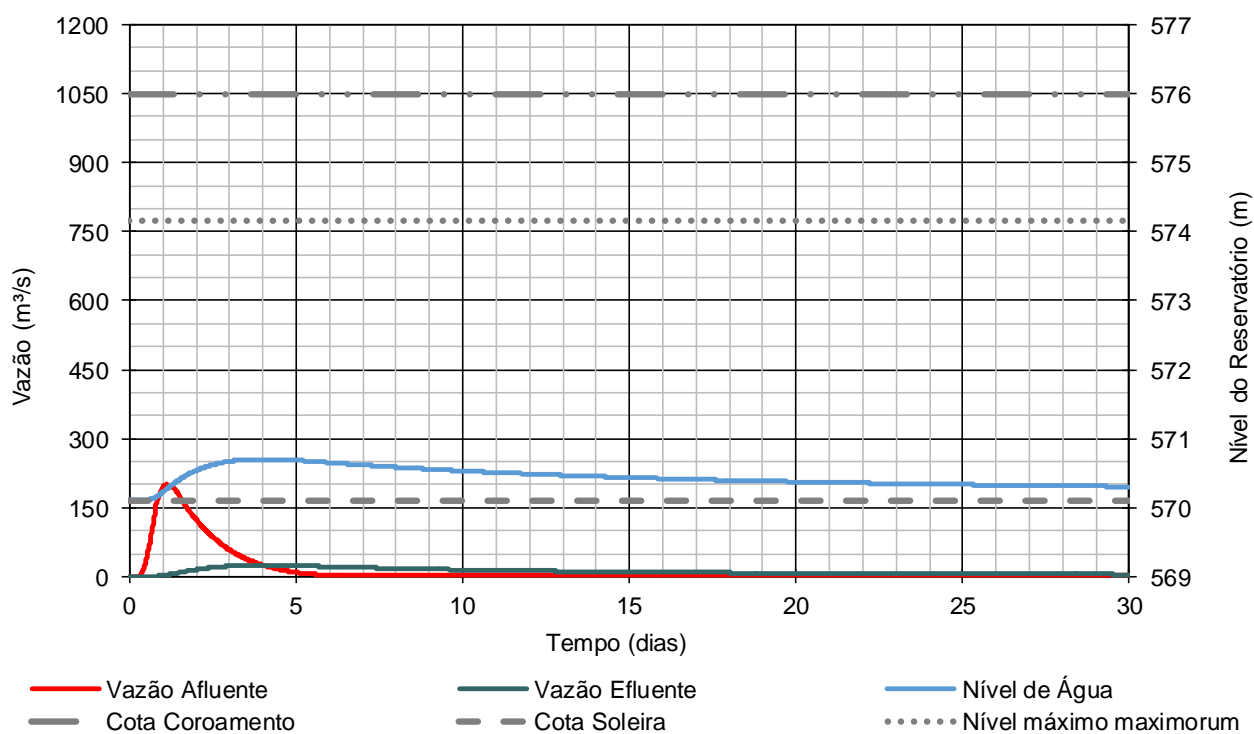


Figura 12 – Amortecimento para a cheia de 10 anos de recorrência

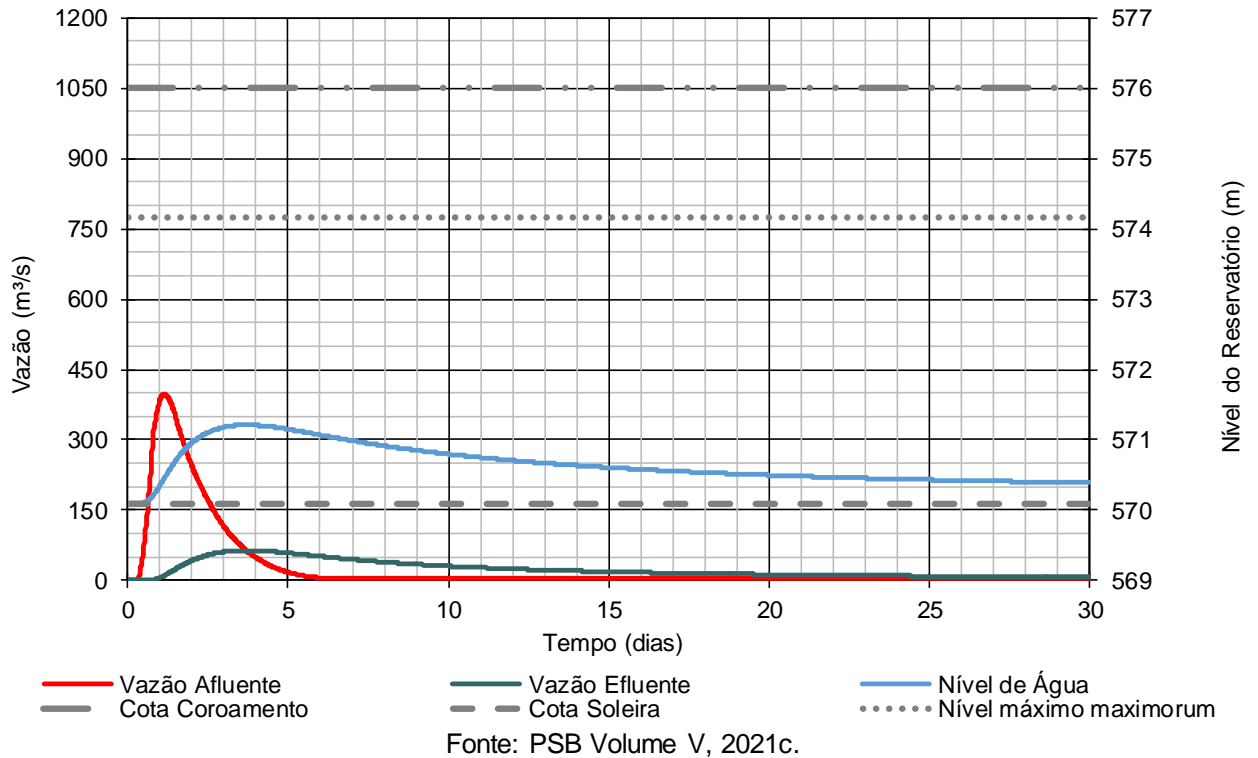


Figura 13 – Amortecimento para a cheia de 20 anos de recorrência

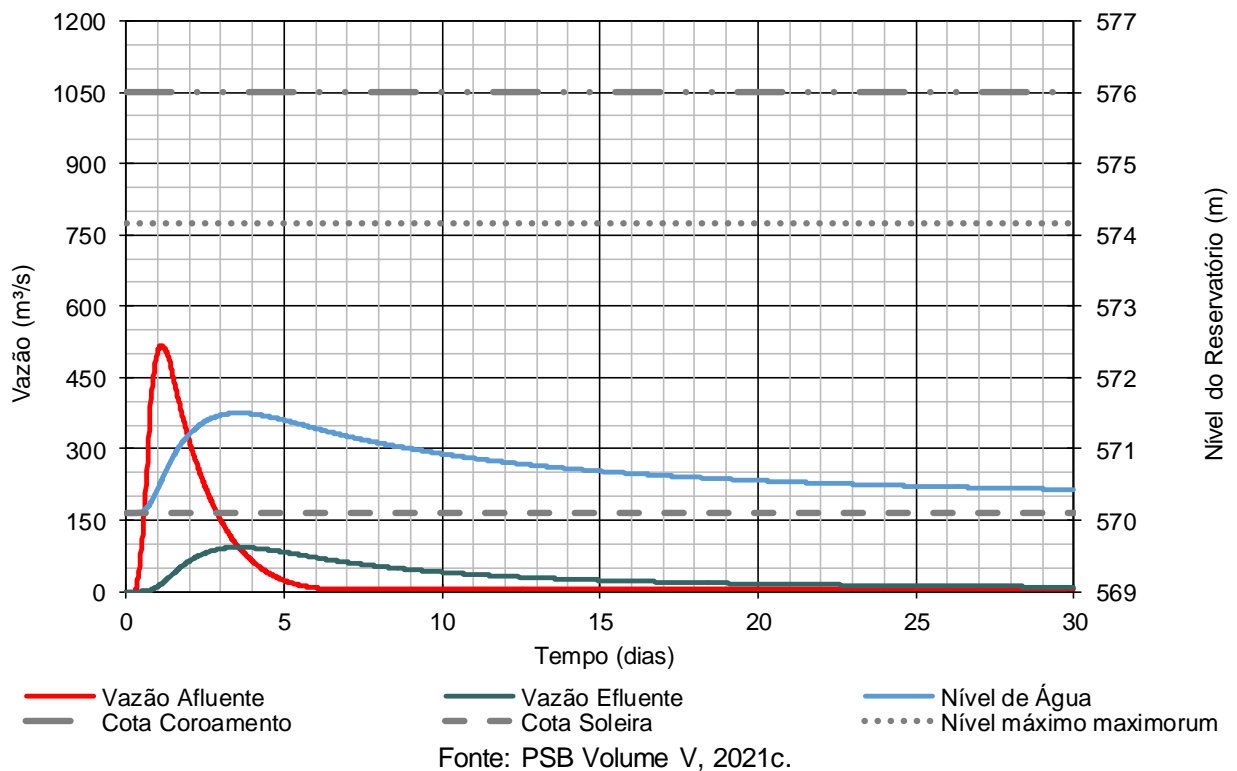


Figura 14 – Amortecimento para a cheia de 50 anos de recorrência

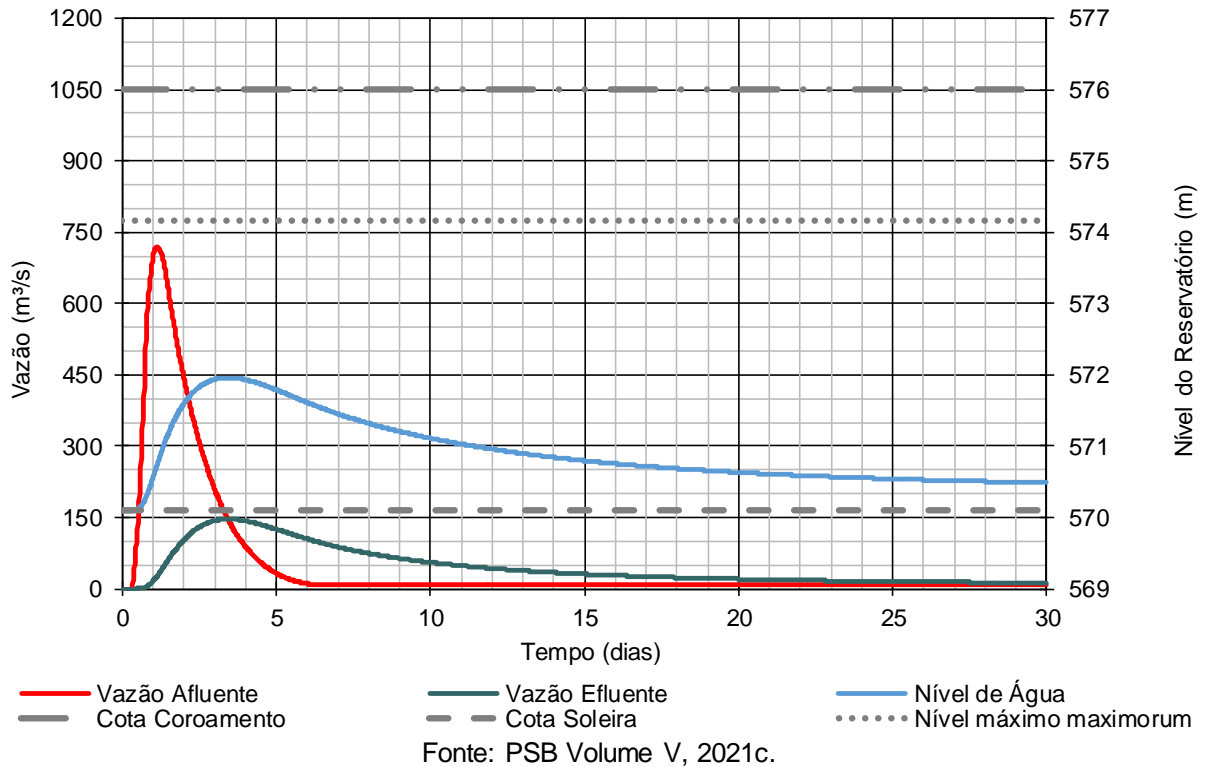


Figura 15 – Amortecimento para a cheia de 100 anos de recorrência

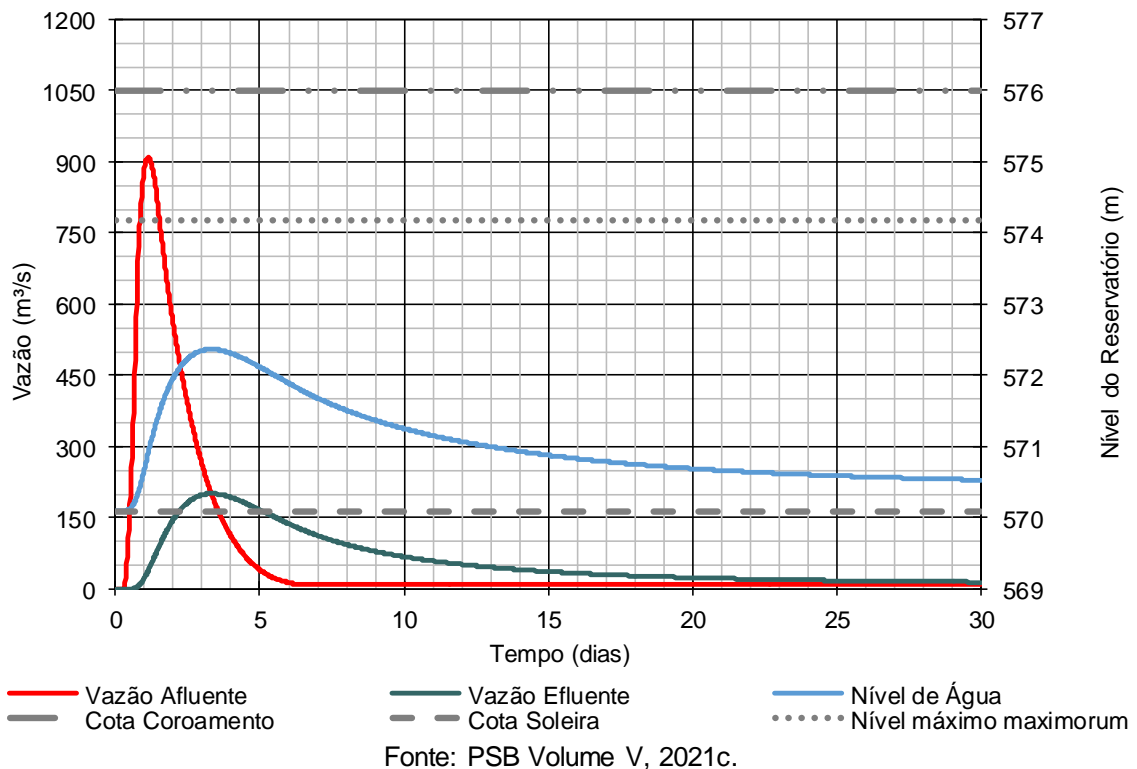


Figura 16 – Amortecimento para a cheia de 300 anos de recorrência

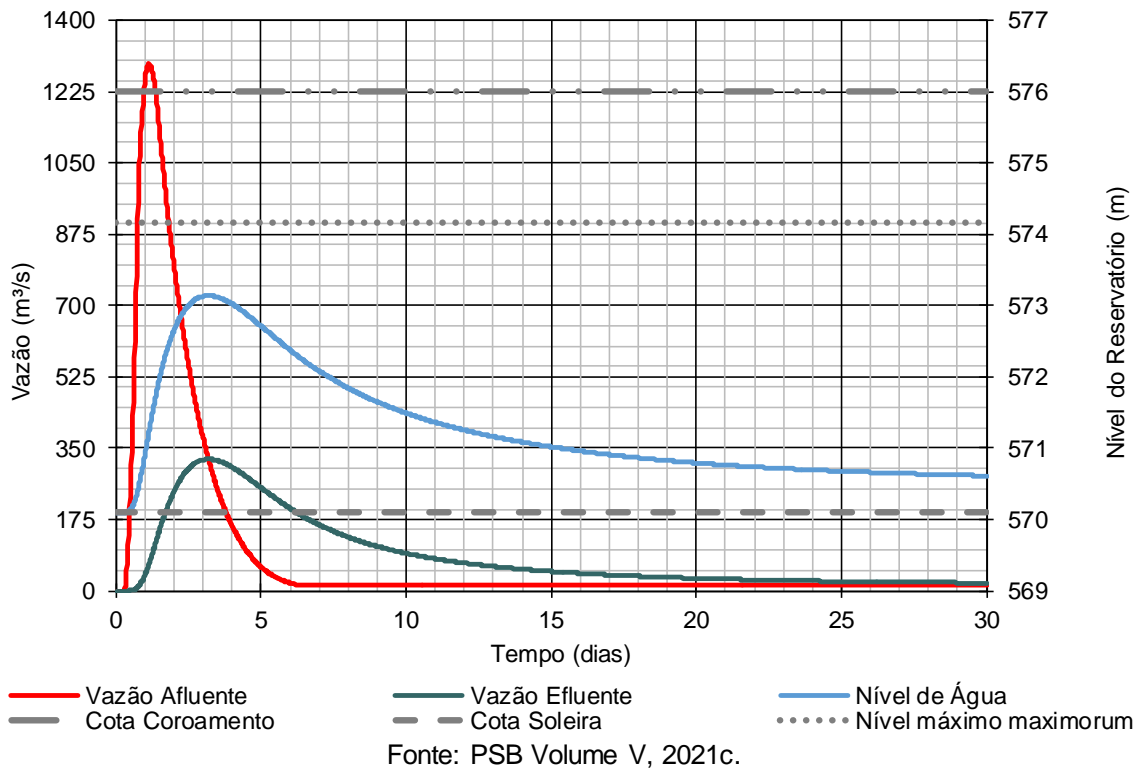


Figura 17 – Amortecimento para a cheia de 500 anos de recorrência

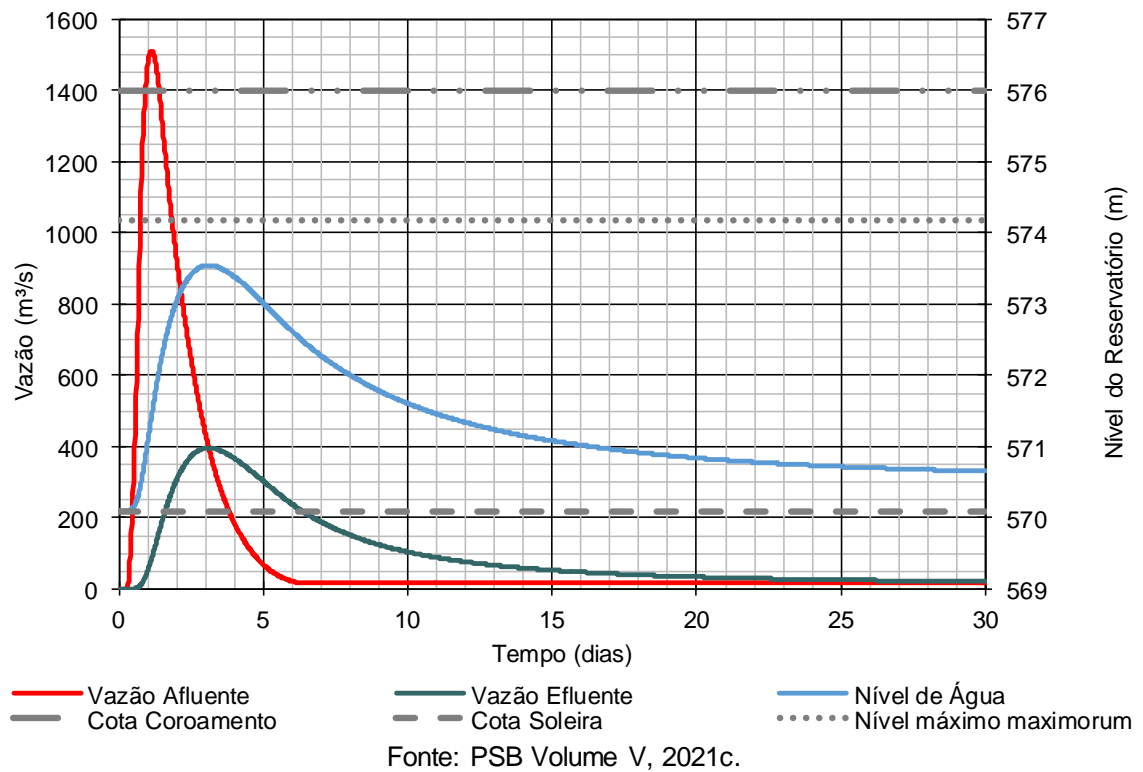


Figura 18 – Amortecimento para a cheia de 1.000 anos de recorrência

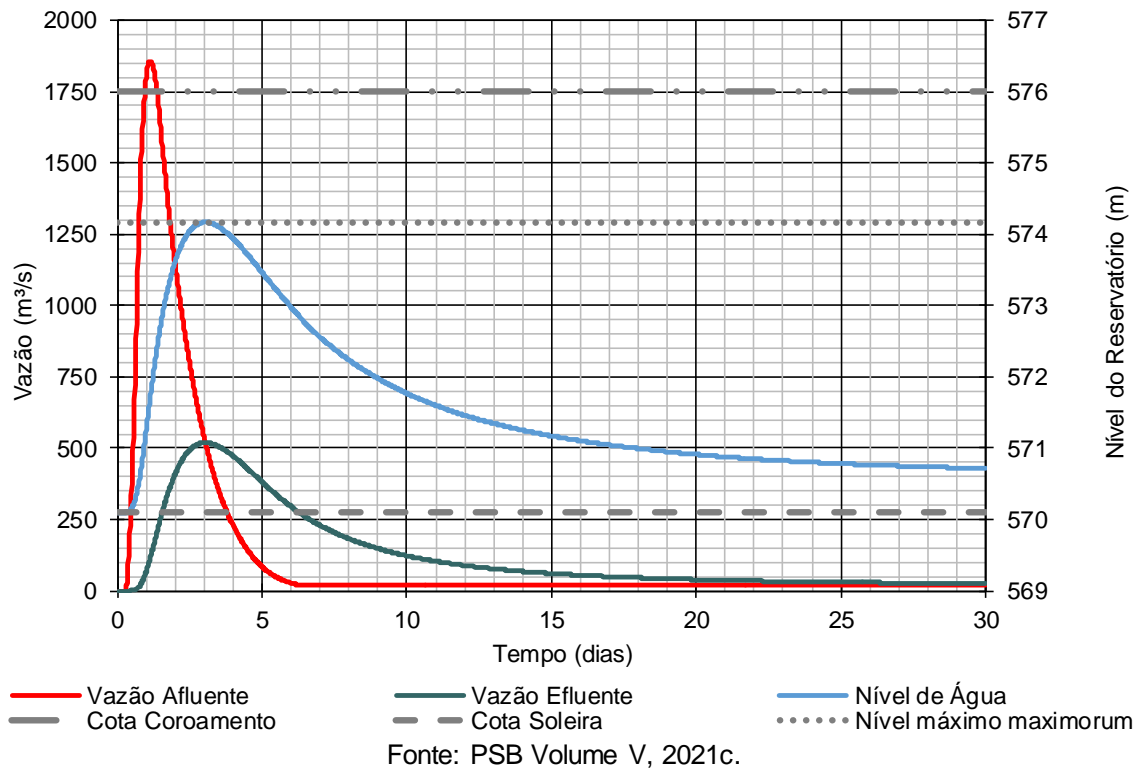


Figura 19 – Amortecimento para a cheia de 2.000 anos de recorrência

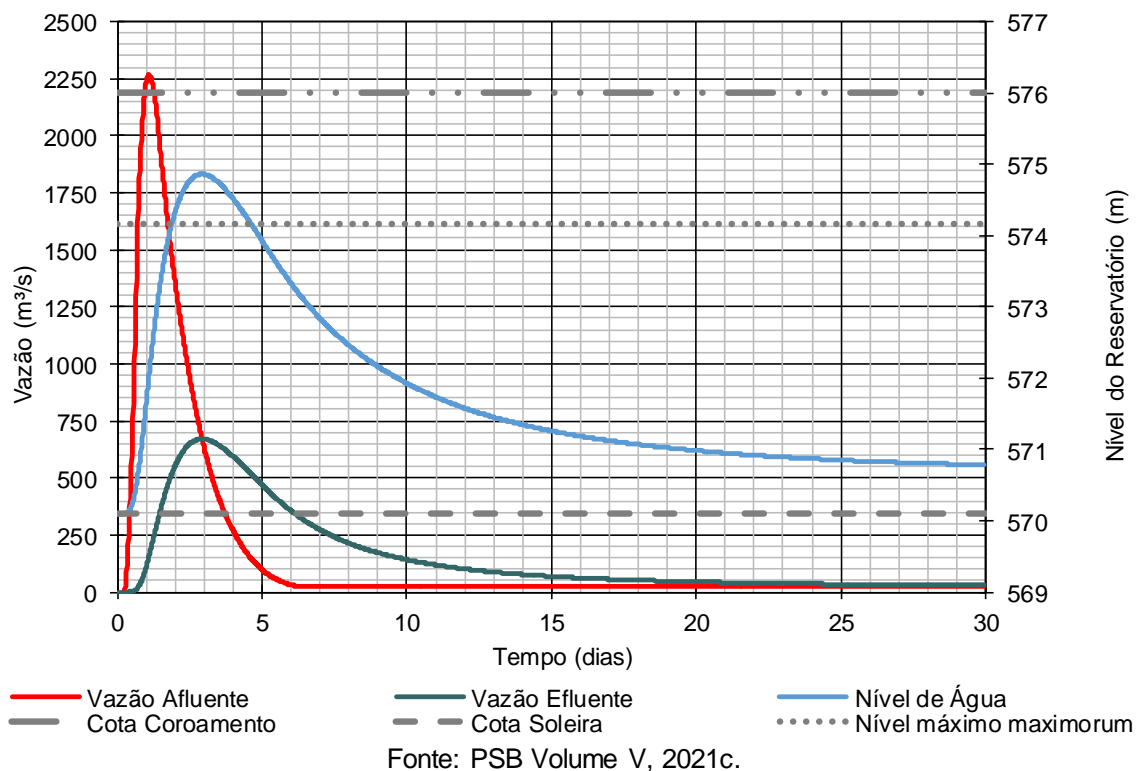
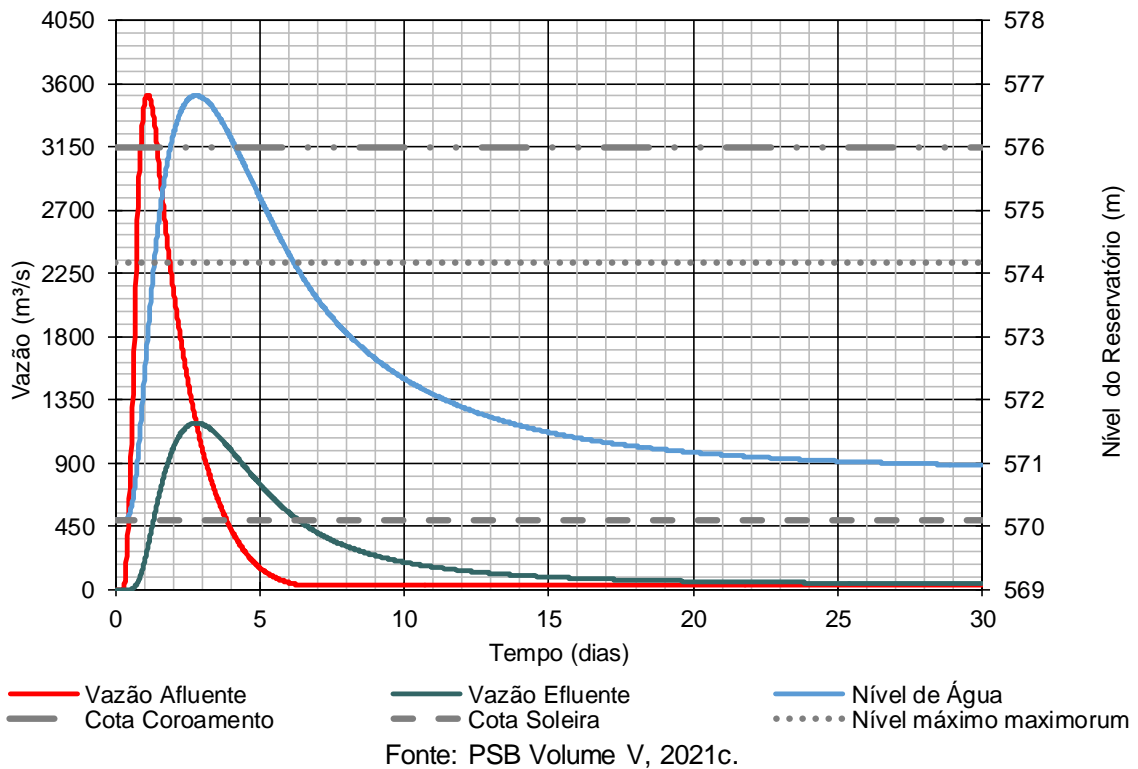


Figura 20 – Amortecimento para a cheia de 10.000 anos de recorrência



• **TOMADA D'ÁGUA**

A tomada d'água está localizada na ombreira esquerda da barragem e subdivide-se em 2 partes fundamentais: torre da tomada d'água e galeria da tomada d'água. A torre da tomada d'água é composta por duas câmaras retangulares contíguas, com dimensões internas de 2,6m x 4,0m, tem altura interna de 23,65 m e está assentada na cota 534m, com a soleira na cota 535 m.

Figura 21 – Tomada d'água barragem Bico da Pedra



Fonte: PSB Volume V, 2021b.

Não são apresentadas características dos equipamentos hidromecânicos, as únicas características das tubulações são que possuem diâmetro interno de 2.200mm e declividade de 0,01 m/m.

Conforme o volume do projeto básico de estudos de alternativas, a vazão máxima de efluência ficaria na ordem de 20 m³/s.

No entanto, não foram encontradas informações atualizadas a respeito do dimensionamento hidráulico da tomada durante o projeto executivo. Com isso, não é possível verificar o critério de dimensionamento, as características hidráulicas ou a capacidade de escoamento, pois não são apresentados detalhamentos de projetos das estruturas da tomada d'água e tubulações de adução.

Tabela 8 - Principais Características da Tomada d'água

Tomada de água		Fonte	Pág.
Tipo	Uma torre com 2 câmaras retangulares contíguas e uma galeria	PSB, Volume V, 2021b	6
Localização	Ombreira esquerda	PSB, Volume V, 2021b ANEXO 1	b
Controle	Manual	PSB, Volume V, 2021b ANEXO 1	b
Vazão máxima de projeto da comporta	4.5 m ³ /s	PSB, Volume V, 2019b	b

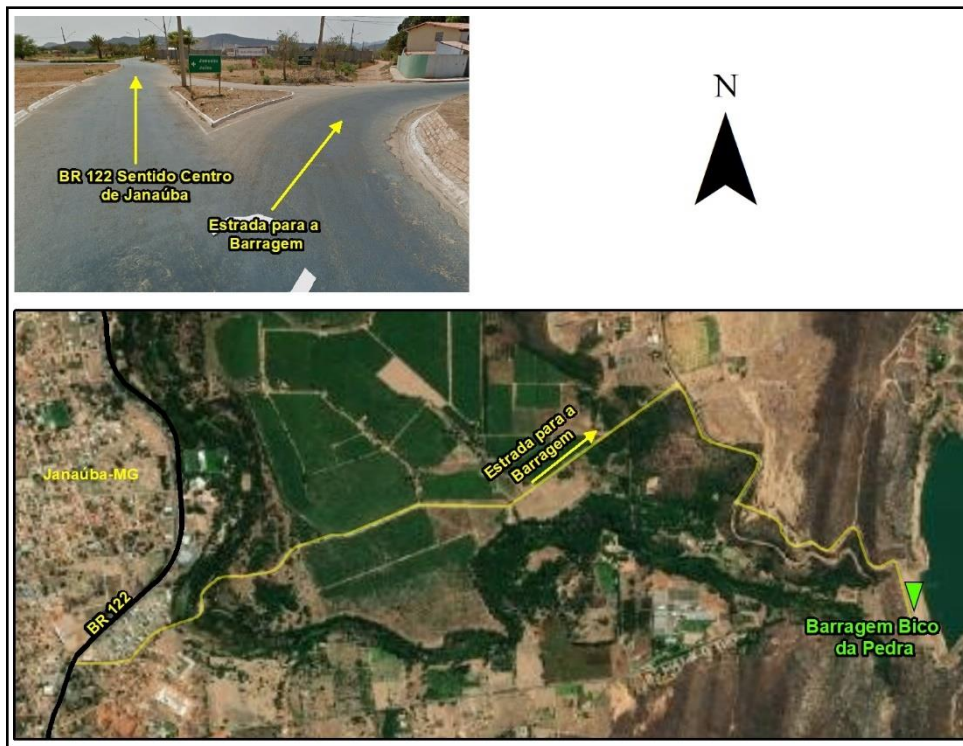
1.4.6. INSTRUMENTAÇÃO

Segundo o RPSB da Intertechne, a Barragem Bico da Pedra possui instrumentação, porém, grande parte delas encontra-se obsoleta ou abandonada. Os instrumentos em operação são piezômetros que tem suas leituras feitas rotineiramente, porém sem valores de controle.

1.4.7. ACESSOS À BARRAGEM

O acesso ao município de Janaúba é feito pelas rodovias BR-122 ou MG-401, e para acesso ao barramento segue-se pela Estrada da Barragem.

Figura 22 - Acesso à Barragem Bico da Pedra



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

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, de tal forma a promover e operacionalizar os procedimentos emergenciais constantes no PAE da barragem Bico da Pedra, 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 Bico da Pedra, 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 Bico da Pedra deverá ser revisado após conclusão dessa etapa.

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

A barragem Bico da Pedra deve possuir 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 Bico da Pedra 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 Bico da Pedra.

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

A Tabela 9 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 9 – 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 10, 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 10 - 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 à 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 Bico da Pedra possui sistema de instrumentação para monitoramento e controle de estabilidade, porém, boa parte se encontra obsoleta, há apenas 5 piezômetros operantes, os quais são verificados com certa frequência. No entanto não há uma definição dos valores de atenção e alerta, como indicado na última Revisão Periódica de Segurança de Barragem (Volume V do PSB da barragem Bico da Pedra).

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.

A Tabela 11 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 11 – 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; Deterioração do conduto; e Erosão, fissuras, fendas no concreto, passagens de água.	Intervenções de impermeabilização do concreto e/ou juntas da galeria; Reforço estrutural da galeria; Substituição dos trechos danificados; e Observação.	Instabilidade estrutural da galeria; Perda de estanqueidade da galeria; e Erosão interna.	1
	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
Ruptura por Galgamento da barragem ocorreu ou ocorrendo	Ficha nº 09			
Ombreiras da barragem	Ressurgências nas ombreiras	Impermeabilização a montante e/ou de filtragem/drenagem e confinamento a jusante; e Observação	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 Deposição de	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
	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 Erro! Fonte de referência não encontrada.
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 23 (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 afluente 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 Cívicas

Estaduais (Minas Gerais) e Defesas Civas Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais) o contato dos responsáveis consta no Capítulo 1.

Defesas Civas Estaduais (Minas Gerais) e Defesas Civas 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 Civas Estaduais (Minas Gerais) e Defesas Civas 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 (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 (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 26.

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 23 (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.

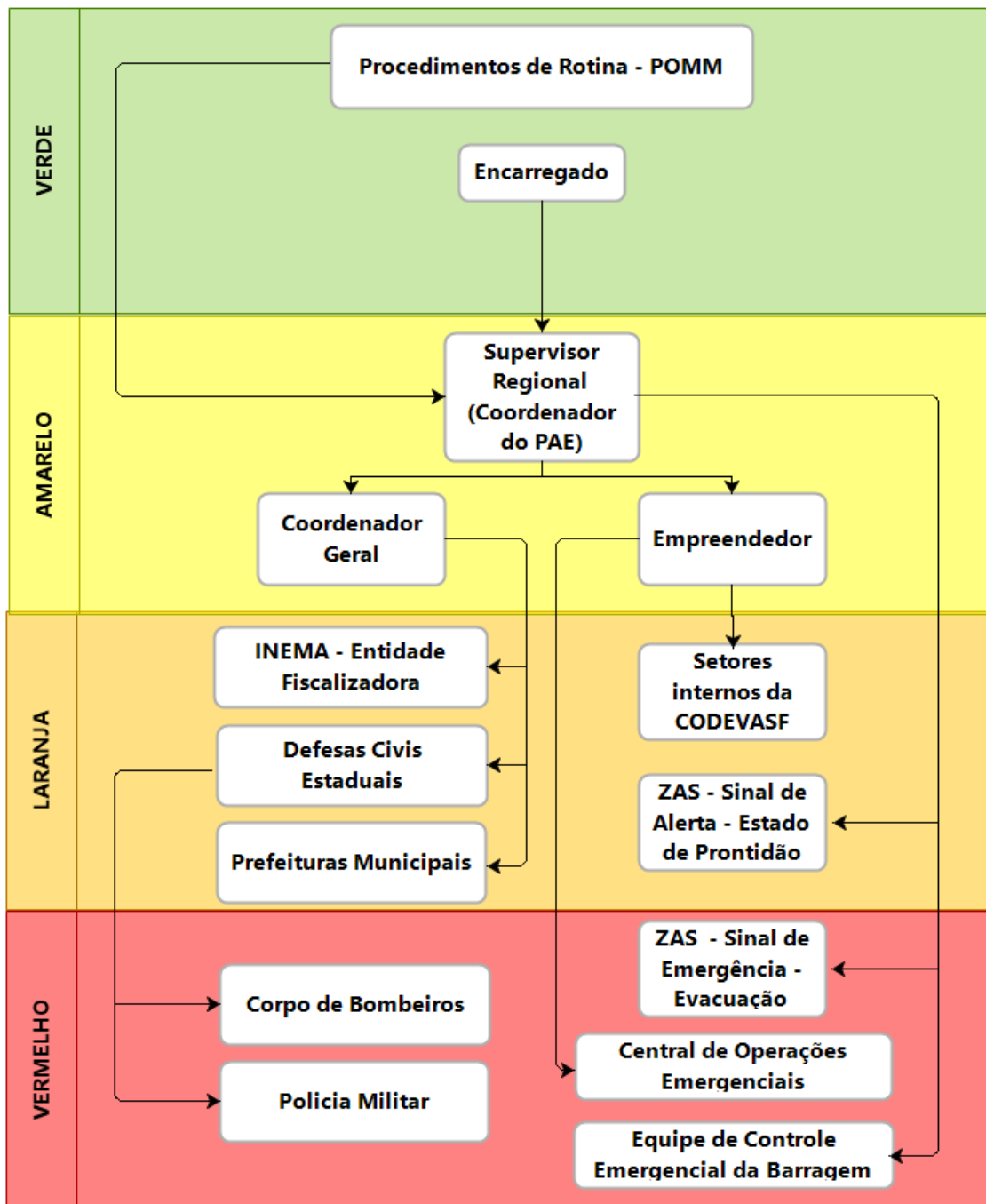
As estratégias de alerta, comunicação e orientação à população potencialmente afetada na ZAS serão debatidas com as Defesas Civas e as Prefeituras Municipais. Os avisos de situações de emergência para a população na ZAS poderão ser feitos por telefone (ligação ou mensagens), sinais sonoros ou luminosos 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 23, para a notificação dos indivíduos e das entidades e o alerta da população em risco. A Figura 24 apresenta um resumo dos contatos presentes no Fluxograma de Notificação.

Figura 23 – Fluxograma de Notificação.



Fonte: RHA, 2021.

Figura 24 – Contatos do Fluxograma de Notificação

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

Fonte: RHA, 2021.

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 Cívicas Estaduais (Minas Gerais) e Defesas Cívicas 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 Cívicas Estaduais (Minas Gerais) e Defesas Cívicas 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 Cívicas Estaduais (Minas Gerais) e Defesas Cívicas 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 Cívicas Estaduais (Minas Gerais) e Defesas Cívicas 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 Cívicas Estaduais (Minas Gerais) e Defesas Cívicas 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 Cívicas

Estaduais (Minas Gerais) e Defesas Civas 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 Bico da Pedra;
- 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 Civas Estaduais (Minas Gerais) e as Defesas Civas 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 Civas Estaduais (Minas Gerais) e as Defesas Civas Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais).

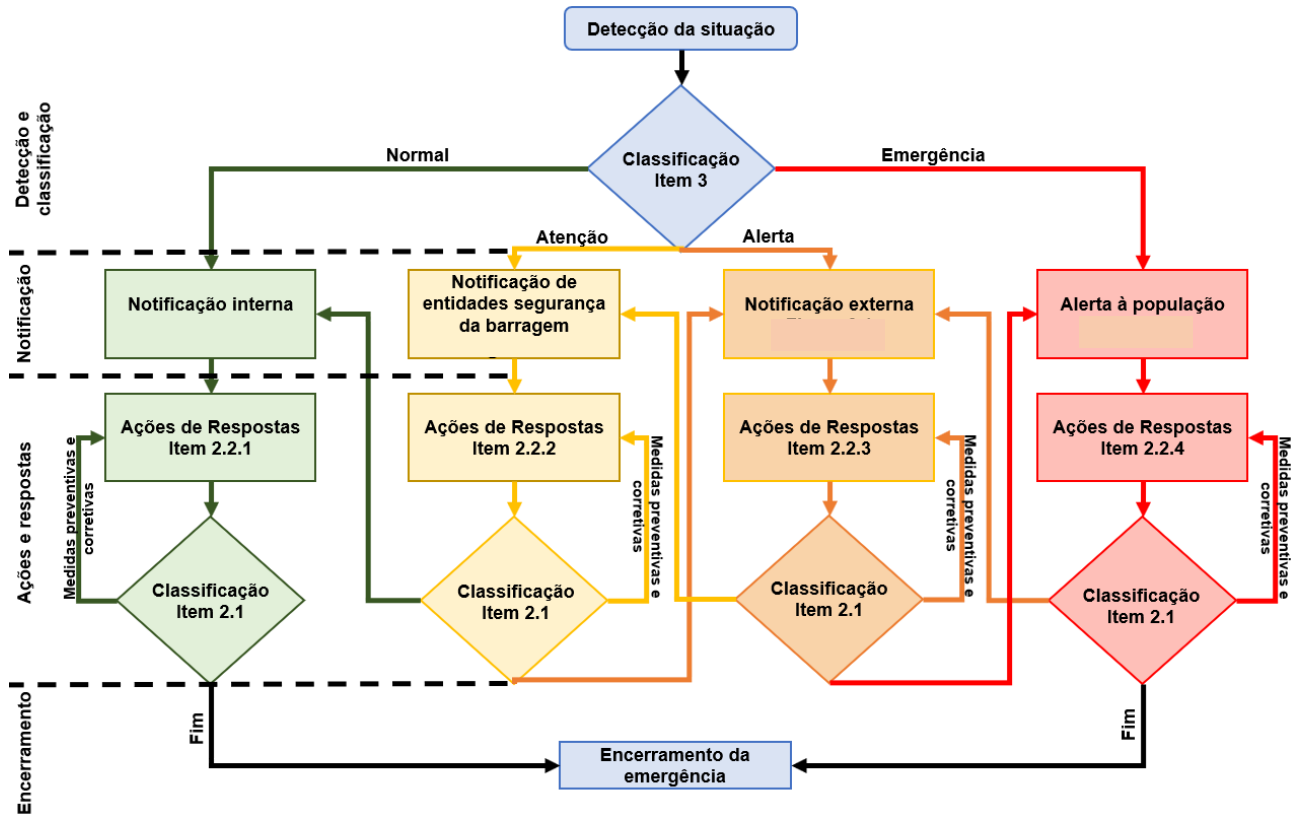
4.2. RESPONSABILIDADES DO COORDENADOR DO PAE

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 Bico da Pedra;
- 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 Bico da Pedra; 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 25), devendo estar disponível para atuar prontamente nas situações de emergência em potencial da barragem

Figura 25 – Ações a Implementar pelo Coordenador PAE



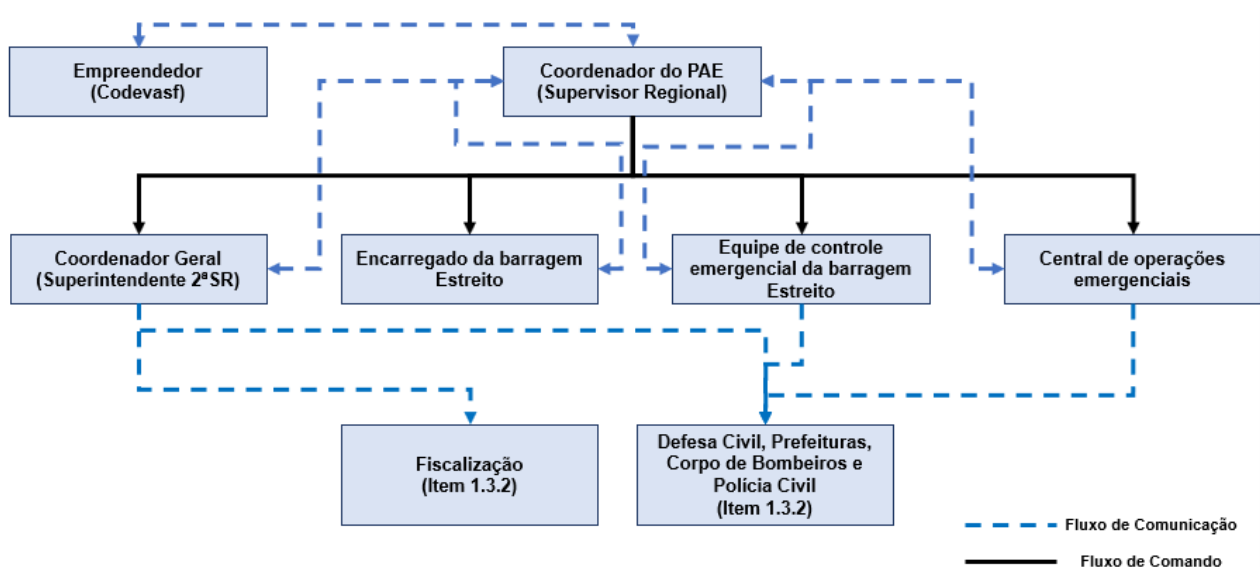
Fonte: adaptado ANA, 2021

4.3. RESPONSABILIDADES E ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE DO PAE

4.3.1. INTRODUÇÃO

A Figura 26 apresenta a organização da equipe do PAE da barragem Bico da Pedra, em que o fluxo de comando e comunicação estão ilustrados. As responsabilidades e organização da equipe do PAE estão descritas a seguir.

Figura 26 – 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 Civas Estaduais (Minas Gerais) e as Defesas Civas 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 Bico da Pedra, 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 Bico da Pedra 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 Civas Estaduais (Minas Gerais) e as Defesas Civas Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais).

4.3.5. CENTRAL DE OPERAÇÕES EMERGENCIAIS

A Central de Operações Emergenciais da barragem Bico da Pedra 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 Civas Estaduais (Minas Gerais) e as Defesas Civas 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 Bico da Pedra 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 Bico da Pedra 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 Bico da Pedra 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 Gorutuba 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.

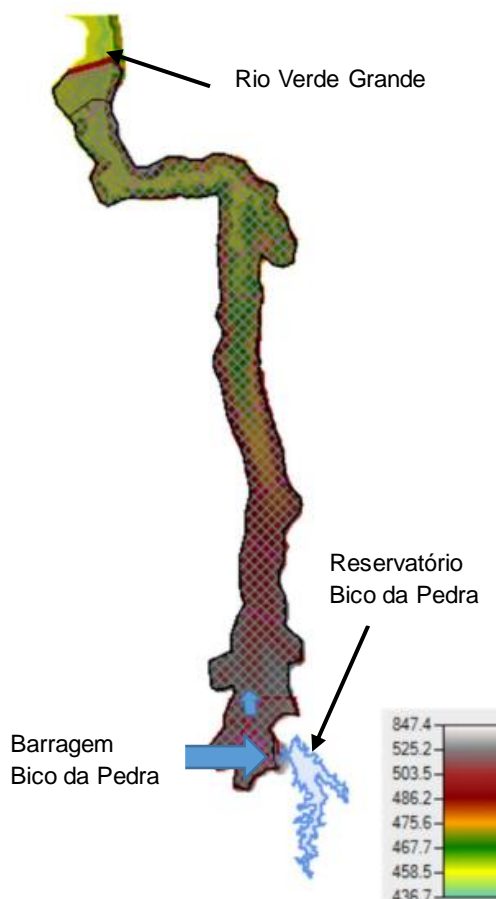
Segundo este documento, os critérios mais adequados para a fixação do limite de jusante são os que se baseiam em fronteiras físicas, ou seja, a foz do rio no oceano, a seção de confluência com outro rio de maior dimensão ou um reservatório a jusante. Também é possível adotar uma seção a partir da qual 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 Bico da Pedra foram definidos os limites:

- Limite de Montante: Barragem de Bico da Pedra;
- Limite de Jusante: Embocadura do Rio Gorutuba no Rio Verde Grande

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 27 com os reservatórios delimitados em cor azul e o limite computacional delimitado em cor preta.

Figura 27 – Base Cartográfica de Interesse



Fonte: PSB, Volume 5, 2021d

- **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%.

- **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 12.

Tabela 12 – 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

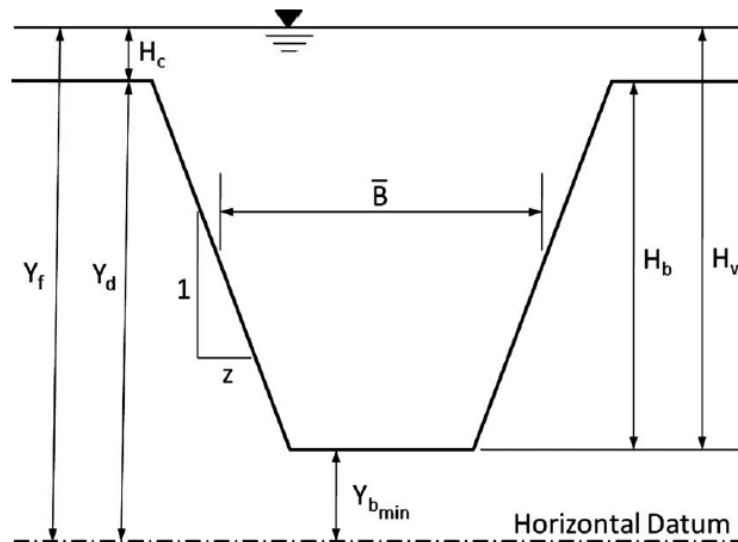
Fonte: PSB, Volume 5, 2019d

A região a jusante da barragem de Bico da Pedra 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 $0,035 m^{-1/3}s$.

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 28.

Figura 28 – 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).

A brecha inicialmente obtida pelo modelo de Froehlich não ficou bem representada no vale onde a barragem está encaixada. Nesse caso, a Intertechne adotou um modelo simplificado em que se definiu a largura da brecha (correspondente a uma fração da barragem) e se arbitrou o tempo de ruptura. Na sequência são apresentadas as características da brecha de ruptura determinada para a barragem Bico da Pedra (Tabela 13).

Tabela 13 – 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 _D /Z _E (H:V)	T (h)	\bar{B} (m)	B _b (m)
5	Mais Provável	576,00	572,37	544,00	32	612,42	1,0	1.0/7.0	3,63	518,0	390,0
6	Extrema	576,00	576,00	544,00	32	802,78	1,3	1.0/7.0	4,96	518,0	390,0

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 14.

Tabela 14 – 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 afluentes como vazão constante.

- **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 Bico da Pedra, 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 e 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. 576,00 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.

A seguir são apresentados detalhadamente as premissas adotadas em cada cenário.

- Cenário de Ruptura Mais Provável

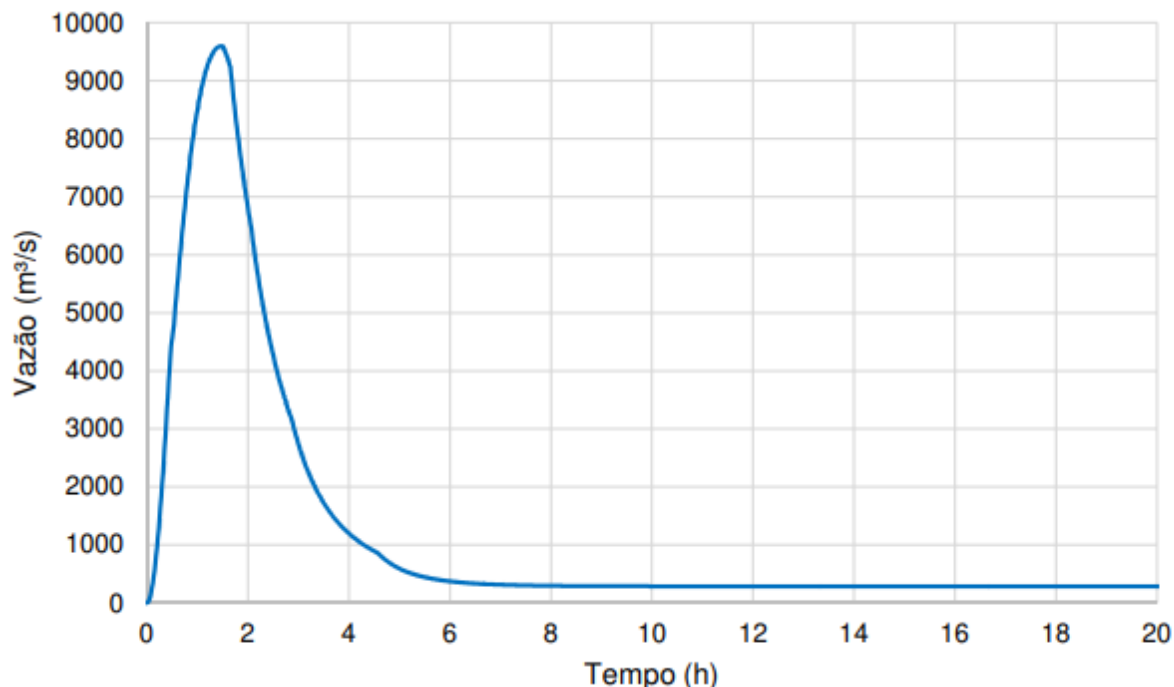
Para o cenário de ruptura mais provável considerou-se a ruptura por mecanismo estrutural (Piping) que pode ser considerado um cenário de ruptura em dia de sol – sem influência da precipitação. Neste cenário, foram consideradas as seguintes premissas:

- Condição inicial: Vale a jusante estabilizado com a passagem da vazão efluente correspondente ao pico da vazão de 100 anos de recorrência;
- 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. 572,37 m);
- Características da brecha de ruptura conforme Froehlich (2008)

- Coeficiente de piping: 0,5;
- Elevação inicial do piping: 545,00 m.

O hidrograma efluente pela brecha encontra-se indicado na Figura 29.

Figura 29 – Hidrograma da Brecha de Ruptura – Cenário 5



Fonte: PSB - Volume V, 2019d.

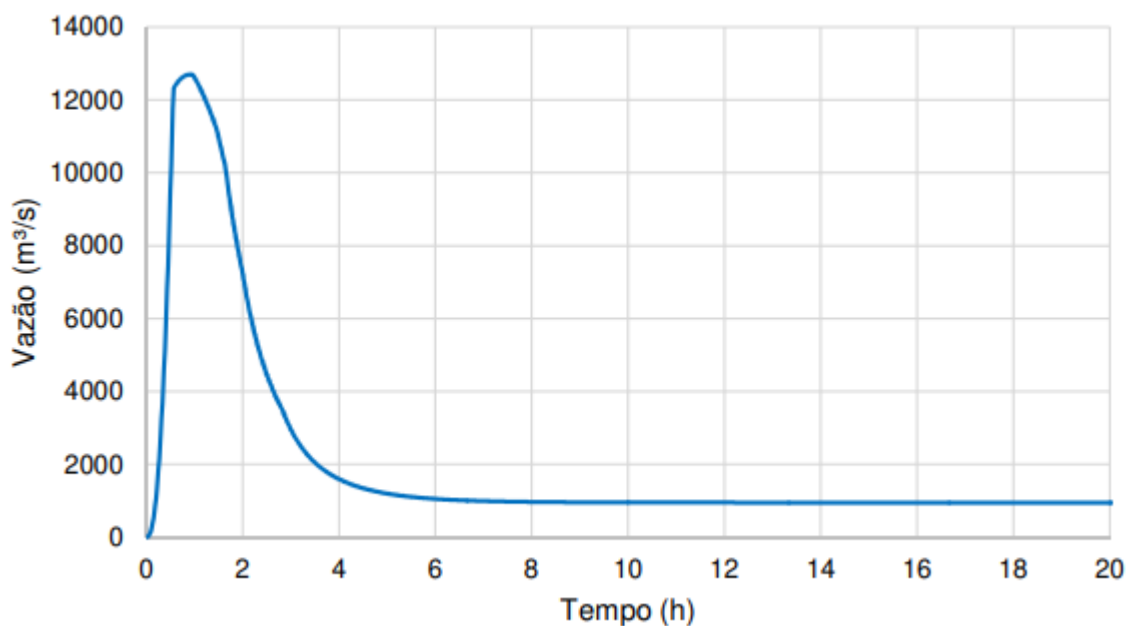
- Cenário de Ruptura Extrema

Para o cenário de ruptura por galgamento, foram consideradas as seguintes premissas:

- Condição inicial: Vale a jusante estabilizado com a passagem da vazão efluente correspondente ao pico do hidrograma de máximo vertimento;
- Vazão efluente correspondente ao pico do hidrograma de máximo vertimento;
- Nível do reservatório no início da formação da brecha na elevação 576,0 m, ou seja, na cota de coroamento da barragem;
- Características da brecha de ruptura conforme Froehlich (2008).

O hidrograma efluente pela brecha encontra-se indicado na Figura 30.

Figura 30 – Hidrograma da Brecha de Ruptura – Cenário 6



Fonte: PSB - Volume V, 2019d.

• **CENÁRIOS DETALHADOS A SIMULAR**

Estão apresentados de maneira detalhada na Tabela 15 os cenários objeto deste estudo hidráulico.

Tabela 15 - 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	909	909	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
2		TR = 1.000 anos	1.857	1.875			
3		TR = 10.000 anos	3520	3520			
4	Operação Hidráulica Extrema Vertimento máximo	Vertimento Máximo Efluente	2.983	956	Não se aplica	Não se aplica	576,00
5	Ruptura mais provável por mecanismo estrutural (piping)	TR = 100 anos efluente	909	201	518,0 m Froehlich (2008)	3,63 horas Froehlich (2008)	572,37
6	Ruptura extrema por galgamento	Vertimento Máximo Efluente	2.983	956	518,0 m Froehlich (2008)	4,96 horas Froehlich (2008)	576,00

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 Gorutuba, 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 16 e na Tabela 17 e apresentadas detalhadamente no Anexo 9.

Tabela 16 – 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 (m ³ /s)	Nível máximo (m):	Duração da onda (h):
Seção 1	00:05	02:35	15,1	47629	552,04	10:50
Seção 2	00:15	02:40	11,8	47622	544,80	06:35
Seção 3	00:15	02:40	7,3	47622	543,16	09:15
Seção 4	00:20	02:45	6,4	47363	538,83	09:45
Seção 5	00:30	02:45	5,2	47150	537,34	10:00
Seção 6	00:30	02:50	4,8	46269	536,71	11:20
Seção 7	00:30	02:50	5,2	45995	535,33	11:55
Seção 8	00:35	02:55	4,6	45567	533,49	11:20
Seção 9	01:05	03:15	5,5	45434	530,47	07:15
Seção 10	01:30	03:30	4,1	45155	524,75	06:15
Seção 11	03:00	04:55	3,6	38406	506,94	11:35
Seção 12	04:10	05:40	3,4	36753	493,90	10:20
Seção 13	05:25	06:50	3,3	32067	485,81	12:25
Seção 14	06:45	08:25	2,6	28273	477,86	13:05
Seção 15	09:00	11:35	2,9	21096	469,01	18:40
Seção 16	09:55	12:50	3,6	17636	467,28	23:55

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 17	11:25	15:40	2,4	11847	464,48	63:10
Seção 18	12:35	17:30	3,3	10929	462,48	65:10
Seção 19	14:40	19:25	2,1	10316	458,81	28:15
Seção 20	18:45	24:10	2,7	8213	452,74	46:55

Fonte: PSB - Volume V, 2019d.

Tabela 17 – Características Hidráulicas – Cenário de Ruptura Extrema

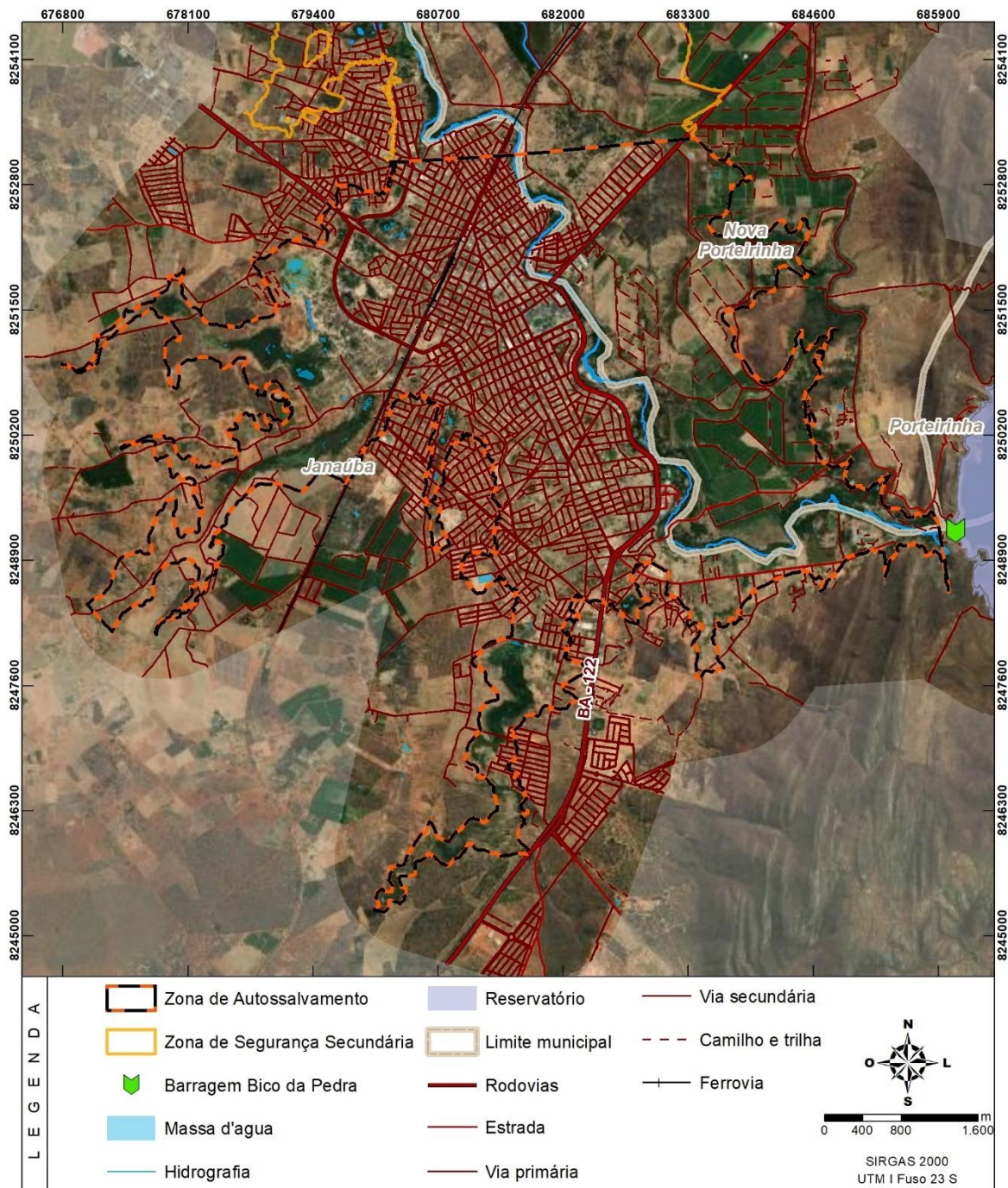
Características Hidráulicas	Tempo de chegada da frente de onda (h):	Tempo de chegada do pico da onda (h)	Velocidade máxima (m/s):	Vazão máxima (m³/s)	Nível máximo (m):	Duração da onda (h):
Seção 1	00:10	02:20	15,4	49530	552,31	09:10
Seção 2	00:15	02:25	11,9	49531	544,97	07:20
Seção 3	00:15	02:25	7,4	49531	543,26	09:00
Seção 4	00:25	02:30	6,9	49419	538,97	07:00
Seção 5	00:25	02:35	5,4	49317	537,57	10:05
Seção 6	00:25	02:35	4,8	48877	536,76	11:35
Seção 7	00:35	02:35	5,8	48747	535,44	06:10
Seção 8	00:40	02:40	5,5	48545	533,94	08:05
Seção 9	00:50	03:00	5,7	48472	530,63	06:20
Seção 10	01:10	03:15	4,2	48313	524,94	07:10
Seção 11	02:25	04:45	3,6	44632	507,50	11:20
Seção 12	03:30	05:25	3,5	43695	494,52	09:50
Seção 13	04:40	06:30	3,5	40443	486,66	11:35
Seção 14	05:50	07:50	2,6	37355	478,91	12:35
Seção 15	07:45	10:40	3,0	30672	470,28	18:20
Seção 16	08:30	11:30	3,7	26426	468,74	23:50
Seção 17	09:45	14:25	2,1	18832	466,00	31:30
Seção 18	10:45	15:15	2,6	17678	464,18	31:40
Seção 19	12:35	16:50	2,6	16893	460,31	18:25
Seção 20	15:40	20:25	3,0	14019	455,30	24:05

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 31, 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 31 – Zona de Autossalvamento (ZAS)



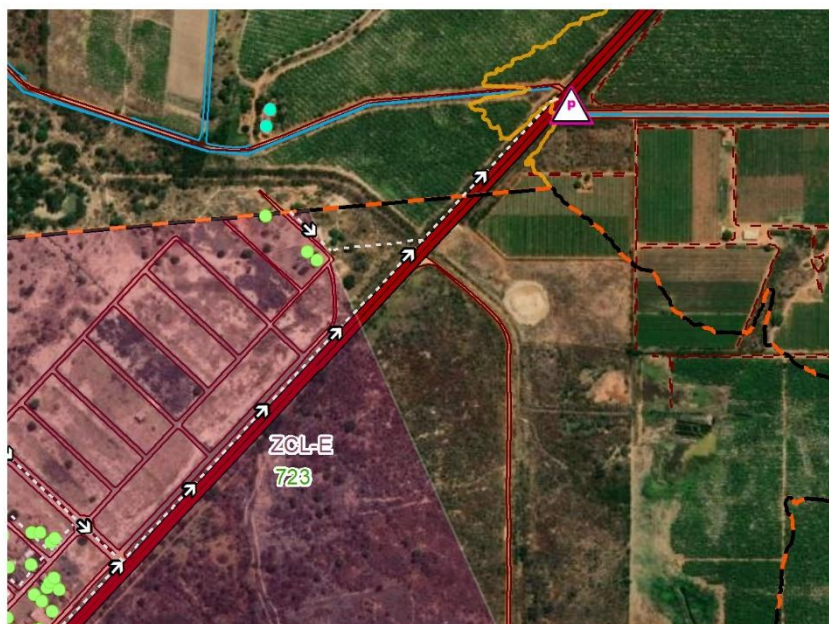
Fonte: RHA Engenharia, 2021.

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 32 exemplifica a representação adotada no Mapa da ZAS (Anexo 9), enquanto que

a Tabela 18 relaciona as ZCLs com seus respectivos PEs.

Figura 32 – Exemplo de representação utilizado no Mapa da ZAS



- Zona de Autossalvamento
- Zona de Segurança Secundária
- P Ponto de Encontro
- Rotas de Fuga
- Zona de concentração local
- Text Número total de edificações na ZCL

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

Tabela 18 – Resumo das ZCLs e PEs adotadas no Mapa da ZAS

Cód ZCL	Nº Edif. ZCL	Cód. PE
ZCL-A	8	PE - A-B
ZCL-B	18	PE - A-B
ZCL-C	33	PE-C
ZCL-D	10	PE-D
ZCL-E	713	PE-E
ZCL-F	29	PE-F
ZCL-G	70	PE-G
ZCL-H	328	PE-H
ZCL-I	218	PE-I
ZCL-J	279	PE-J
ZCL-K	749	PE-K
ZCL-L	1365	PE-L
ZCL-M	1598	PE-M
ZCL-N	12	PE-N
ZCL-O	1584	PE-O

ZCL-P	2877	PE-P
ZCL-Q	887	PE-Q
ZCL-R	8	PE-R
ZCL-S	151	PE-ST
ZCL-T	19	PE-ST
ZCL-U	22	PE-U

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 Bico da Pedra, 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 na Tabela 20, Tabela 21, Tabela 22 e Tabela 23. 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 19).

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 19 – Estimativa da População

Fonte: IBGE Cidades				Taxa de Crescimento 2010 - 2019	
UF	Município	População 2010	População 2019	Diferença	Taxa (%)
MG	JANAÚBA	66803	71648	4845	7,253
	PORTEIRINHA	37627	37906	279	0,741
	NOVA PORTEIRINHA	7398	7500	102	1,379
	PAI PEDRO	5934	6089	155	2,612
	JAÍBA	33587	38909	5322	15,845
	MONTE AZUL	21994	20854	-1140	-5,183
	GAMELEIRAS	5139	5109	-30	-0,584
	MATIAS CARDOSO	9979	11157	1178	11,805

Fonte: IBGE, 2010.

Tabela 20 – Estimativa da População e das Edificações Atingidas pela Mancha de Inundação do Cenário Mais Crítico

População atingida na mancha de inundação do cenário mais crítico					
UF	Município	Descrição	População Atingida		
			Urbano	Rural	Total
MG	Janaúba	População atingida (habitantes)	42160	3083	45243
		Edificações Atingidas (unidades)	11101	779	11880
	Nova Porteirinha	População atingida (habitantes)	3099	2224	5323
		Edificações Atingidas (unidades)	861	583	1444
	Gameleira	População atingida (habitantes)	-	533	533
		Edificações atingidas (unidades)	-	126	126
	Jaíba	População atingida (habitantes)	-	1019	1019
		Edificações atingidas (unidades)	-	239	239
	Matias Cardoso	População atingida (habitantes)	1071	163	1234
		Edificações atingidas (unidades)	228	36	264
	Monte Azul	População atingida (habitantes)	-	29	29
		Edificações Atingidas (unidades)	-	8	8
	Pai Pedro	População atingida (habitantes)	-	1186	1186
		Edificações Atingidas (unidades)	-	272	272
	Porteirinha	População atingida (habitantes)	-	374	374
		Edificações atingidas (unidades)	-	98	98
	Total	População atingida (habitantes)		54941	
		Edificações atingidas (unidades)		14331	

Fonte: RHA Engenharia, 2021.

Tabela 21 – Levantamento dos Danos na Zona de Segurança Secundária

Levantamento dos danos na ZSS - BARRAGEM BICO DA PEDRA				
Tema	Descrição	Quantificação	%	
Dados Gerais	Área do município de Janaúba na ZSS	103	4,72	
	Área do município de Nova Porteirinha na ZSS	45,43	37,57	
	Área do município de Gameleira na ZSS	53,55	3,09	
	Área do município de Jaíba na ZSS	89,28	3,39	
	Área do município de Matias Cardoso na ZSS	12,58	0,65	
	Área do município de Monte Azul na ZSS	2,29	0,23	
	Área do município de Pai Pedro na ZSS	54,16	6,45	
	Área do município de Porteirinha na ZSS	36,73	2,10	
		Área total atingida (km2)	397,02	
População e edificações	População atingida (habitantes)	14.764		
	Cemitérios (unidade)	4		
	Edificações - Domicílios (unidade)	3.674		
	Edificações - Equipamento Social (unidade)	13		
	Edificações - Indústria (unidade)	2		
	Edificações - Comércio (unidade)	21		
	Quadra Esportiva (unidade)	12		
		Total de Edificações atingidas (unidades)	3.726	
Sistema Viário	Rodovias (quilômetros)	0		
	Estradas (quilômetros)	7		
	Vias primárias (quilômetros)	2		
	Vias secundárias (quilômetros)	366		
	Caminho e Trilha (quilômetros)	44		
	Ferrovias (Quilômetros)	3		
		Total (quilômetros)	422	
		Nº de Ponte/passarela sujeita à danos (unidade)	4	
Saneamento e energia	Linha de transmissão (Quilômetros)	365		
	Estação de tratamento de esgoto	0		

Fonte: RHA Engenharia, 2021.

Tabela 22 – Levantamento dos Danos na Zona de Autossalvamento

Levantamento dos danos na Zona de Autossalvamento (ZAS) - BICO DA PEDRA			
Tema	Descrição	Quantificação	%
Dados Gerais	Área do município de Janaúba na ZAS	17,46	0,80
	Área do município de Nova Porteirinha na ZAS	7,91	6,54
	Área total atingida (km ²)	25,37	
População e domicílios	População atingida (habitantes) - 2019	40.177	
	Cemitérios (unidade)	1	
	Edificações - Domicílios (unidade)	10.657	
	Edificações - Equipamento Social (unidade)	49	
	Edificações - Indústria (unidade)	3	
	Edificações - Comércio (unidade)	269	
	Quadra Esportiva (unidade)	27	
	Total de Edificações atingidas (unidades)	11.006	
Sistema Viário	Rodovias (Quilômetros)	10	
	Estradas (Quilômetros)	5	
	Vias primárias (Quilômetros)	21	
	Vias Secundárias (Quilômetros)	186	
	Caminhos e trilhas (Quilômetros)	23	
	Ferrovias (Quilômetros)	5	
	Total (Quilômetros)	250	
	Nº de Ponte/passarela sujeita à danos (unidade)	2	
Saneamento e energia	Linha de transmissão (Quilômetros)	162	
	Estação de tratamento de esgoto	0	

Fonte: RHA Engenharia, 2021.

Tabela 23 – Levantamento dos Danos na Mancha Máxima

Levantamento dos danos na mancha - BICO DA PEDRA			
Tema	Descrição	Quantificação	%
Dados Gerais	Área do município de Janaúba na mancha	120,46	5,52
	Área do município de Nova Porteirinha na mancha	53,35	44,11
	Área do município de Gameleirana mancha	53,55	3,09
	Área do município de Jaíba na mancha	89,28	3,39
	Área do município de Matias Cardoso na mancha	12,58	0,65
	Área do município de Monte Azul na mancha	2,29	0,23
	Área do município de Pai Pedro na mancha	54,16	6,45
	Área do município de Porteirinha na mancha	36,73	2,10
	Área total atingida (km2)	422,39	
População e edificações	População atingida (habitantes)	54.941	
	Cemitérios (unidade)	5	
	Edificações - Domicílios (unidade)	14.331	
	Edificações - Equipamento Social (unidade)	62	
	Edificações - Indústria (unidade)	5	
	Edificações - Comércio (unidade)	290	
	Quadra Esportiva (unidade)	39	
	Total de Edificações atingidas (unidades)	14.732	
Sistema Viário	Rodovias (quilômetros)	10	
	Estradas (quilômetros)	12	
	Vias primárias (quilômetros)	22	
	Vias secundárias (quilômetros)	553	
	Caminho e Trilha (quilômetros)	67	
	Ferrovias (Quilômetros)	8	
	Total (quilômetros)	672	
	Nº de Ponte/passarela sujeita à danos (unidade)	6	
Saneamento e energia	Linha de transmissão (Quilômetros)	527	
	Estação de tratamento de esgoto	0	

Fonte: RHA Engenharia, 2021.

5.4.2. VULNERABILIDADE SOCIAL NA REGIÃO DA ZAS

A análise da vulnerabilidade social na região da ZAS da barragem Bico da Pedra 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 24.

Tabela 24 – 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

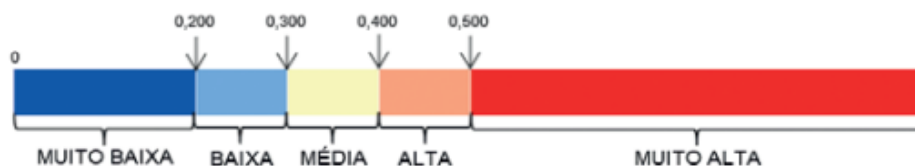
Subíndice	Indicador
	Taxa de analfabetismo da população de 15 anos ou mais de idade
	Percentual de crianças que vivem em domicílios em que nenhum dos moradores tem o ensino fundamental completo
	Percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e possuem renda domiciliar per capita 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 33 apresenta a escala de variação do IVS.

Figura 33 – Variação do IVS



Fonte: IPEA, 2015.

A Tabela 25 apresenta os IVS para os municípios inseridos na ZAS.

Tabela 25 – IVS para os municípios inseridos na ZAS

Município	IVS	Escala
Janaúba	0,313	Média
Nova Porteirinha	0,368	Média

Fonte: IPEA, 2010.

A análise de vulnerabilidade social realizada na ZAS da Barragem de Bico da Pedra 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.

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 Bico da Pedra

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
<p>Teste dos Sistemas de Notificação e Alerta</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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.
<p>Exercício de Nível Interno</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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.
<p>Exercício de Simulação (Treinamento Externo)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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

Tipo de Treinamento	Local da Realização	Data	Participantes	Observações

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 Bico da Pedra, 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 adoptadas:

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 em mídia digital do presente anexo traz a quantificação das edificações atingidas na Zona de Autossalvamento em caso de ruptura da estrutura da barragem Bico da Pedra. 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.

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 BICO DA PEDRA

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

Danielson Vieira de Araújo (DVA). Eng. Eletricista. CREA 4128/D-PB.

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.

Andreza Marta da Costa (AMC). Geóloga, CREA 96884/D-PR.

RHA. EQUIPE DE APOIO: Organização da Documentação Técnica

Douglas Meira Brito (DMB). Eng. Civil.

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

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

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

Karine Krunn (KK). B.Sc. Geógrafa.

Leticia Sayuri Okamoto (LSO). Estagiária em Eng. Civil

Lourival José da Rocha Júnior (LJRJ). Eng. Cartógrafo.

Mariane Chimite Nossa (MCN). Eng. Civil.

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

Roberto Lukas Ghirelli (RLG). Eng Civil

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

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 à documentação digital

Versão final no servidor interno da Codevasf:

<\\drive\AD.Barragens\PSB\1SR\1.1.1.Bico.da.Pedra>

Servidor Externo: Não há.

A6.3 - REGISTROS DE REVISÕES

Projeto:	Plano de Segurança das Barragens da Codevasf	Brasília, 26/11/2021
Título:	Volume VI: Plano de Ação de Emergência	
Código: 1912-BI-00-RT-006	Revisão:	01

HISTÓRICO DE REVISÕES				
No	Descrição	Prep.	Aprov.	Data
-	EMISSÃO INICIAL	NPS/RGSLP/CHM	SRL	NOV/21
00				
01				

Elaborador	Verificador	Supervisor	Emissão Inicial	Gerente do Projeto	Resp. Técnico
RHA	JCFC	LMC	NOV/21	João Carlos Franco Contin	Laertes Munhoz da Cunha CREA 5124/D-PR
ART N°	1720215903815				

A6.4 - CONTROLE DE PÁGINAS REVISADAS

Volume VI: Plano de Ação de Emergência da Barragem Bico Da Pedra

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

Anexos Volume VI: Plano de Ação de Emergência da Barragem Bico da Pedra

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						

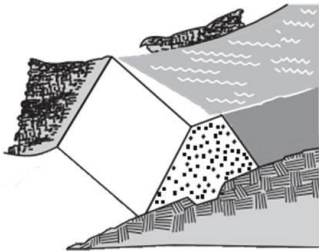
Anexo 5							Anexo 6							Anexo 7													
FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5
a							a							a							f						
b							b							b							g						
n/e							n/e							c							h						
n/e							n/e							d							i						
n/e							n/e							e							j						

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

*n/e – Não existe

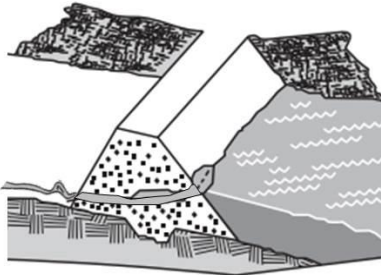
ANEXO 7 – FICHAS DE EMERGÊNCIA – NÍVEL DE RESPOSTA 3

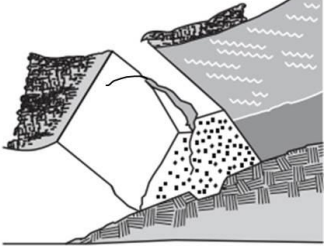
A7.1 RUPTURA IMINENTE⁴

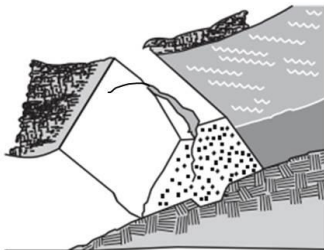
	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 01	
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR- 3	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA			
<p><i>Nível do reservatório próximo ao da cota da crista da barragem. O galgamento da barragem é iminente com potencial evolução para o desenvolvimento de brecha.</i></p>			
CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA		POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
		<p>Ocorrência de erosões no maciço ou ombreiras. Instabilidade do talude. Ruptura do talude de montante ou de jusante.</p>	
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO			
<p>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.</p>			
MEDIDAS DE IDENTIFICAÇÃO		<p>Inspeções visuais / Informações hidrometeorológicas.</p>	

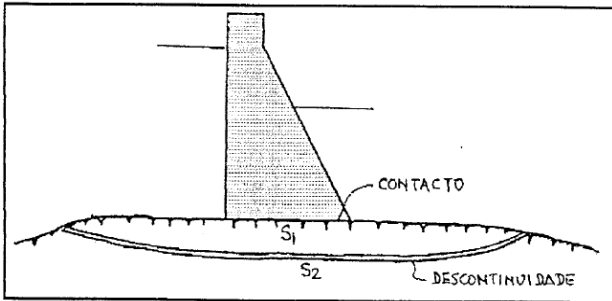
⁴ As figuras que são apresentadas como “Croqui Típico da Anomalia” foram obtidas dos seguintes documentos:

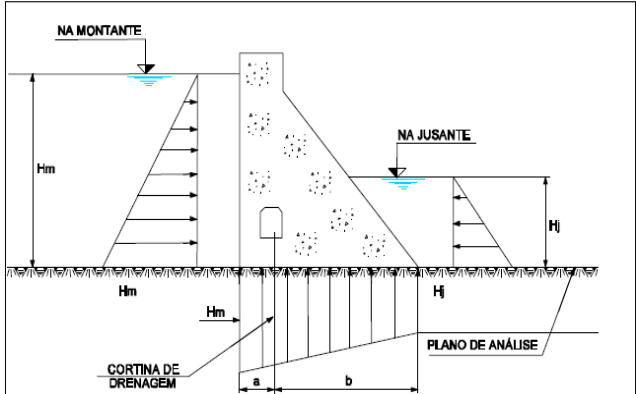
- Manual de Segurança e Inspeção de Barragens - Ministério da Integração Nacional – Secretaria da Infraestrutura Hídrica – Brasília, 2002.
- Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem – Ministério da Integração Nacional – Secretaria da Infraestrutura Hídrica – Brasília, 2010.

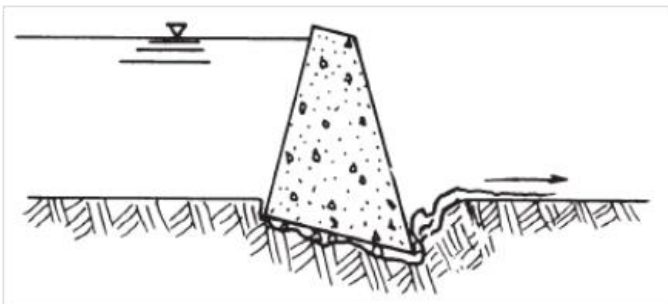
	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 02	
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA			
<i>Erosão interna (piping) com potencial evolução para desenvolvimento de brecha de ruptura. A ruptura é iminente.</i>			
CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA		POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
		<p>Ocorrência de entubamento ou <i>piping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

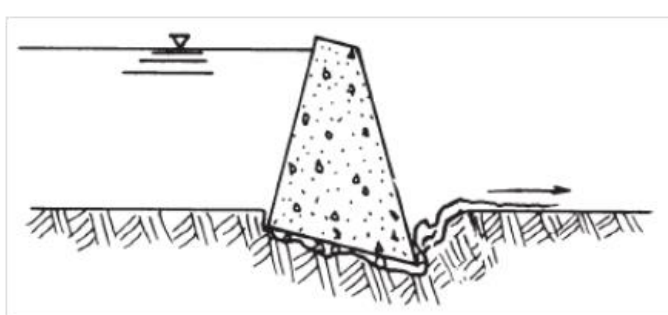
	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 03	
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA			
<i>Instabilização global com potencial evolução para desenvolvimento de brecha de ruptura. A ruptura é iminente</i>			
CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA		POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
		Formação de superfície de ruptura no maciço 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			
<i>Instabilização localizada com potencial evolução para desenvolvimento de brecha de ruptura. A ruptura é iminente</i>			
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.	

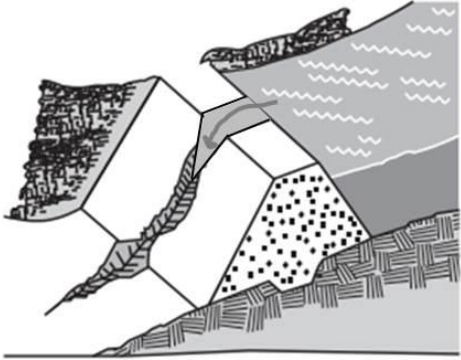
	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 05	
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA			
<p><i>Presença ou surgimento de plano de deslizamento preferencial no maciço de fundação ou no contato concreto-fundação que afetaram a estabilidade da estrutura de modo severo e a ruptura é iminente.</i></p>			
ILUSTRAÇÕES TÍPICAS DA ANOMALIA		POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
		<p>Deslizamento da estrutura de concreto para jusante. Redução dos coeficientes de segurança da estrutura de concreto. Ruptura da estrutura.</p>	
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO			
<p>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.</p>			
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO		Inspeção / avaliação visual	

	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 06	
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA			
<p><i>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.</i></p>			
ILUSTRAÇÕES TÍPICAS DA ANOMALIA		POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
		<p>Aumento da subpressão. Inundação da galeria de drenagem. Redução dos coeficientes de segurança da estrutura de concreto. Instabilização/ruptura da estrutura.</p>	
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO			
<p>Estabelecer SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA na ZAS e possíveis áreas impactadas a jusante e implementar NR-3;</p> <p>Continuação da realização das inspeções das estruturas, onde tais atividades possam ser realizadas de forma segura;</p> <p>Continuação da realização da auscultação da instrumentação e análise dos resultados das leituras, onde tal atividade possa ser realizada de forma segura;</p> <p>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;</p> <p>Atualização permanente das informações aos órgãos internos e externos;</p> <p>Acompanhamento das ações dos órgãos externos.</p>			
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO		Inspeção / avaliação visual	

	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 07	
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA			
<p><i>Ocorrência de combinação de carregamentos que favoreçam o tombamento, levando à instabilização da estrutura de modo severo e a ruptura é iminente.</i></p>			
ILUSTRAÇÕES TÍPICAS DA ANOMALIA		POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
		<p>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.</p>	
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO			
<p>Estabelecer SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA na ZAS e possíveis áreas impactadas a jusante e implementar NR-3;</p> <p>Continuação do monitoramento e acompanhamento das medições hidrométricas a montante da barragem e do NA do reservatório;</p> <p>Continuação da realização das inspeções das estruturas, onde tais atividades possam ser realizadas de forma segura;</p> <p>Continuação da realização da auscultação da instrumentação e análise dos resultados das leituras, onde tal atividade possa ser realizada de forma segura;</p> <p>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;</p> <p>Abertura imediata das comportas do tronco adutor, permitindo a transposição de vazões, para rebaixamento do reservatório;</p> <p>Atualização permanente das informações aos órgãos internos e externos;</p> <p>Acompanhamento das ações dos órgãos externos.</p>			
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO		Inspeção / avaliação visual	

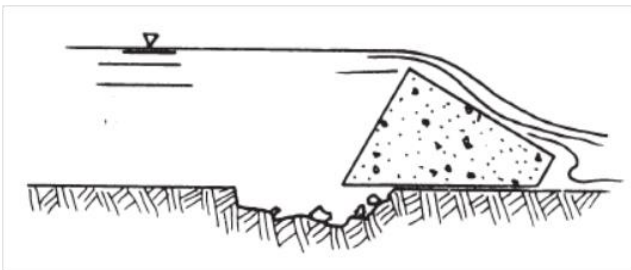
	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 08
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
<p><i>Ocorrência de abalo sísmico nas proximidades ou no local da barragem, tendo-se identificado uma ou mais anomalias não extintas e/ou controladas, que levaram a uma situação adversa que afeta a estrutura de modo severo e a ruptura é iminente.</i></p>		
ILUSTRAÇÕES TÍPICAS DA ANOMALIA	POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
	<p>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.</p>	
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO		
<p>Estabelecer SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA na ZAS e possíveis áreas impactadas a jusante e implementar NR-3;</p> <p>Continuação da realização das inspeções das estruturas, fundações e comportas, onde tais atividades possam ser realizadas de forma segura;</p> <p>Continuação da realização da auscultação da instrumentação e análise dos resultados das leituras, onde tal atividade possa ser realizada de forma segura;</p> <p>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;</p> <p>Abertura imediata das comportas do tronco adutor, permitindo a transposição de vazões, para rebaixamento do reservatório;</p> <p>Atualização permanente das informações aos órgãos internos e externos;</p> <p>Acompanhamento das ações dos órgãos externos.</p>		
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Inspeção / avaliação visual	

A7.2 - RUPTURA ESTÁ OCORRENDO OU JÁ OCORREU⁵

	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 09	
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA			
<p><i>Formação de brecha de ruptura. A ruptura está ocorrendo ou já ocorreu.</i></p>			
CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA		POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
		<p>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.</p>	
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO			
<p>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.</p>			
MEDIDAS DE IDENTIFICAÇÃO		Inspeções visuais periódicas	

⁵ 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			
<i>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.</i>			
CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA		POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
		<p>Descarga descontrolada de água para jusante com formação de onda de cheia induzida pela ruptura da barragem.</p> <p>Inundação do vale a jusante, com alta probabilidade de perdas de vidas humanas e de animais e prejuízos às propriedades e infraestrutura de jusante.</p> <p>Danos ambientais.</p> <p>Prejuízos financeiros e à imagem da empresa.</p> <p>Problemas de ordem legal e jurídica.</p>	
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO			
<p>Estabelecer SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA na ZAS e possíveis áreas impactadas a jusante e implementar NR-3;</p> <p>Evacuar as instalações industriais afetadas, conforme rotas de fuga pré-estabelecidas;</p> <p>Atualização permanente das informações aos órgãos internos e externos;</p> <p>Acompanhamento das ações dos órgãos externos; e</p> <p>Restabelecer as condições operacionais de desempenho da estrutura.</p>			
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.

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 pé;

⁶ 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.

(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 Bico da Pedra (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 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)).

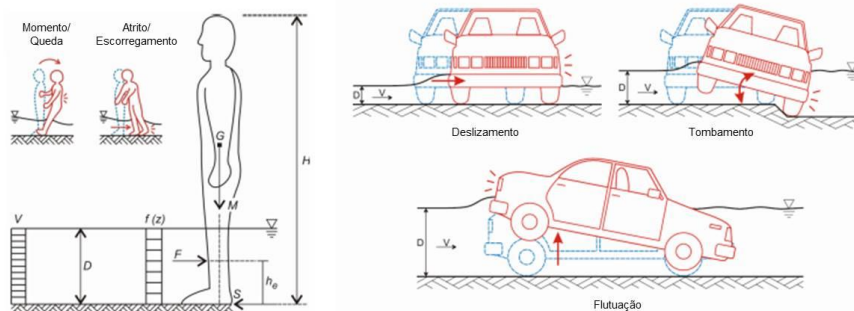
A atribuição das edificações com os valores de risco hidrodinâmico se justifica pela relevância desta informação expressar o nível de perigo para cada edificação mapeada. Neste contexto, é mister expor os conceitos compreendem esta temática.

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	$H < 1$ m	$HxV < 0,5$ m ² /s	Crianças são arrastadas
Médio	Amarelo	$1 \text{ m} < H < 3$ m	$0,5 \text{ m}^2/\text{s} < HxV < 0,75 \text{ m}^2/\text{s}$	Adultos são arrastados
Importante	Laranja	$3 \text{ m} < H < 6$ m	$0,75 \text{ m}^2/\text{s} < HxV < 1,0 \text{ m}^2/\text{s}$	Veículos são arrastados
Muito importante	Vermelho	$H > 6$ 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 Bico da Pedra (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 bico da Pedra (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 Bico da Pedra (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 BICO DA PEDRA

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).

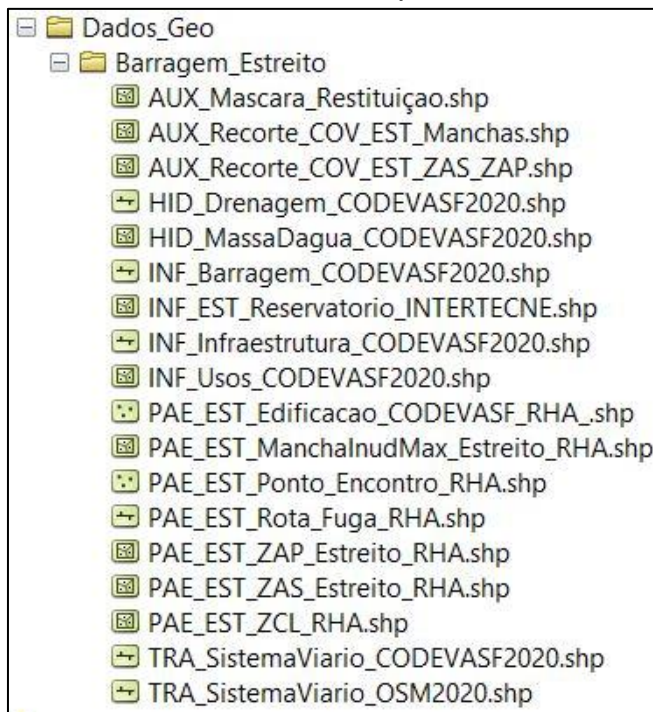
Todos os dados geográficos, procedentes de várias fontes, utilizados na composição do mapa de ZAS foram organizados em uma única base de dados espaciais. Estes dados foram armazenados em diferentes camadas temáticas, conhecidas como layers. Foi definido como padrão de formato vetorial da base de dados geográfica, o formato “shapefile”⁷.

Os dados geográficos foram organizados em uma pasta geral denominada “Dados_Geo”, que contém em sua raiz informações gerais competentes a todas as barragens e, em subpasta, as informações específicas da barragem Bico da Pedra.

⁷ 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.

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-BI-0-GE-G00-00-G-00-DE-0001: Mapa de Inundação; Planta; Cheia Natural
TR = 100 Anos
4. 1901-BI-0-GE-G00-00-G-00-DE-0002: Mapa de Inundação; Planta; Cheia Natural
TR = 1000 Anos
5. 1901-BI-0-GE-G00-00-G-00-DE-0003: Mapa de Inundação; Planta; Cheia Natural
TR = 10000 Anos
6. 1901-BI-0-GE-G00-00-G-00-DE-0005: Mapa de Inundação; Planta; Ruptura mais
provável
7. 1901-BI-0-GE-G00-00-G-00-DE-0006: Mapa de Inundação; Planta; Ruptura
Extrema
8. 1901-BI-0-GE-G00-00-G-00-DE-0011: Mapa de Inundação - Seções Transversais –
Cheia Natural – TR = 100 Anos;
9. 1901-BI-0-GE-G00-00-G-00-DE-0012: Mapa de Inundação - Seções Transversais –
Cheia Natural – TR = 1.000 Anos;
10. 1901-BI-0-GE-G00-00-G-00-DE-0013: Mapa de Inundação - Seções Transversais –
Cheia Natural – TR = 10.000 Anos;
11. 1901-BI-0-GE-G00-00-G-00-DE-0014: Mapa de Inundação – Seções Transversais
– Vertimento máximo;
12. 1901-BI-0-GE-G00-00-G-00-DE-0015: Mapa de Inundação - Seções Transversais –
Ruptura Mais Provável;
13. 1901-BI-0-GE-G00-00-G-00-DE-0016: Mapa de Inundação - Seções Transversais –
Ruptura Extrema.