

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E PARNAÍBA

BARRAGEM BOACICA

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

VOLUME 3. PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA



Documento:
BO-00-RT-005_R0i

Revisão nº:
0i

SUMÁRIO DO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM BOACICA

- Volume 1 Resumo Geral: resumo técnico e executivo de todo conteúdo do Projeto da Barragem, do Plano de Segurança de Barragens e demais estudos técnicos associados.
- Volume 1A Documentação Técnica: compilação de toda documentação técnica e administrativa do empreendimento, incluindo, projetos, estudos, títulos de propriedade, licenças ambientais e outorgas de recursos hídricos.
- Volume 2 Plano de Operação, Manutenção e Monitoramento (POMM): manual técnico para normatizar e orientar as atividades de: 2.1. Inspeção (Regular e Especial), 2.2. Operação, 2.3. Manutenção, 2.4. Instrumentação.
- Volume 2A Registros do POMM: compilação das fichas e relatórios relativos as atividades normatizadas pelo Volume 2: 2.1. Inspeção (Regular e Especial), 2.2. Operação, 2.3. Manutenção, 2.4. Instrumentação.
- Volume 3 Plano de Ação de Emergência (PAE): manual técnico para normatizar e orientar as atividades de identificação, comunicação, prevenção e resposta a eventos de emergência.**
- Volume 4 Revisão Periódica de Segurança da Barragem (RPS): 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.

Acesso a documentação digital

Servidor interno: <\\drive\AD.Barragens\PSB\5SR\I.5.1.Boacica>

Servidor Externo: N/E.

VOLUME 3 – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA

1. INFORMAÇÕES GERAIS DO PAE E DA BARRAGEM.....	1
1.1. APRESENTAÇÃO DO PAE	1
1.2. OBJETIVO DO PAE	3
1.3. IDENTIFICAÇÃO E CONTATOS DO EMPREENDEDOR, DO COORDENADOR DO PAE E DAS ENTIDADES CONSTANTES DO FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO	4
1.4. DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM E ESTRUTURAS ASSOCIADAS	9
1.5. RECURSOS MATERIAIS E LOGÍSTICOS NA BARRAGEM EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA.....	30
2. DETECÇÃO, AVALIAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE RESPOSTA.....	33
2.1. CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES	34
2.2. AÇÕES ESPERADAS.....	40
3. PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÕES E SISTEMAS DE ALERTA.....	45
3.1. OBJETIVO.....	45
3.2. NOTIFICAÇÃO	45
3.3. SISTEMA DE ALERTA	46
3.4. FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO	46
4. RESPONSABILIDADES GERAIS NO PAE	49
4.1. RESPONSABILIDADES DO EMPREENDEDOR	49
4.2. RESPONSABILIDADES DO COORDENADOR DO PAE	50
4.3. RESPONSABILIDADES E ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE DO PAE	51
4.4. SISTEMA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL (SINPDEC).....	53
5. SÍNTESE DO ESTUDO DE RUPTURA DA BARRAGEM E MAPA DE INUNDAÇÃO	55
5.1. SÍNTESE DO ESTUDO DE ROMPIMENTO	55
5.2. DELIMITAÇÃO DAS ZONAS DE AUTOSSALVAMENTO E SEGURANÇA SECUNDÁRIA.....	66
5.3. PLANEJAMENTO DE ROTAS DE FUGA E PONTOS DE ENCONTRO	67
5.4. LEVANTAMENTO CADASTRAL E MAPEAMENTO DA POPULAÇÃO DA ZAS, INCLUINDO A IDENTIFICAÇÃO DE VULNERABILIDADES SOCIAIS.....	68
REFERÊNCIAS.....	73
ANEXO 1 – PLANO DE TREINAMENTO DO PAE.....	A
ANEXO 2 – MEIOS E RECURSOS EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA	A
ANEXO 3 – FORMULÁRIOS DE NOTIFICAÇÃO.....	A
ANEXO 4 – COORDENADAS DAS ESTRUTURAS E PONTOS VULNERÁVEIS NA ZAS.....	A
ANEXO 5 – PERSONOGRAMA	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 barragem Boacica foi classificada, com base na categoria de risco e de dano potencial associado, como sendo de **CLASSE A**, conforme indicado na Revisão Periódica da Barragem Boacica (RPSB), que corresponde ao Volume 4 do Plano de Segurança da Barragem Boacica (PSB). Assim, o presente Plano de Ação de Emergência (PAE) da barragem Boacica 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 Boacica 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 Boacica (PSB).

O PAE da barragem Boacica 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 normativas 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 12.334/2010, 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;
- Resolução n.º 236 da Agência Nacional de Águas (ANA), de janeiro de 2017. Estabelece 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.
- Portaria nº 694 da Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH/AL), de 9 de setembro de 2015. Estabelece o conteúdo mínimo de informações dos Planos de Ação de Emergência para segurança de barragens.

O PAE da barragem Boacica 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 4 do PSB de Boacica;
- 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 da barragem Boacica 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 Boacica deverá ser atualizado anualmente, sendo incluídas as novas informações, e com remoção dos dados 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 DO PAE

O PAE da barragem Boacica 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 Boacica 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 PAE da barragem Boacica processasse através da realização de ensaios e 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 da Figura 3.1 (Capítulo III – 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:	gabinete@codevasf.gov.br

Coordenador Geral			
Resp. Regional:	5ª/SR - 5ª Superintendência Regional		
Representante:	João José Pereira Filho		
Cargo:	Superintendente		
Telefone:	(82) 3551-2265	E-mail:	5a_gb@codevasf.gov.br

Coordenador do PAE e Supervisor Regional			
Resp. Regional:	5ª/GRD – Gerência Regional de Infraestrutura		
Cargo:	Gerente		
Resp. Técnico:	Thaise Lima Tojal		
Telefone:	(082) 3551-9463	E-mail:	thaise.tojal@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	(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
SEMARH - ENTIDADE FISCALIZADO - SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HIDRÍCOS DO ESTADO DE ALAGOAS Secretário: Fernando Pereira	(82) 3315-2680	http://www.semarh.al.gov.br/ semarh@semarh.al.gov.br
SEMARH – SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HIDRÍCOS DO ESTADO DE SERGIPE Secretário: Olivier Ferreira das Chagas	(79) 3179-7300	https://www.semarh.se.gov.br/ ascom@semarh.se.gov.br
SISTEMA DE DEFESA CIVIL DO ESTADO DE ALAGOAS (CEDEC) Presidente: Moisés Pereira de Melo	(82) 3315-2843 (82) 3315-2822	www.defesacivil.al.gov.br defesacivil@bombeiros.al.gov.br
SISTEMA DE DEFESA CIVIL DO ESTADO DE SERGIPE (CEDEC) Diretor: Alexandre José Alves Silva	(79) 3179-3760	https://www.defesacivil.se.gov.br/ defesacivil@defesacivil.se.gov.br
POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE ALAGOAS Comandante Geral: Coronel Marcos Sampaio Lima	(82) 3315-7226	http://www.pm.al.gov.br/ ascom.pmal2@gmail.com
POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SERGIPE Comandante Geral: Marcony Cabral Santos	(79) 3213-0023 (79) 3226-7121 (79) 98867-6255	http://pm.se.gov.br/ pm5@pm.se.gov.br
CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE ALAGOAS Comandante Geral: Coronel BM André Alessandro Madeiro De Oliveira	(82) 3315-2840	http://www.cbm.al.gov.br/
CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SERGIPE Comandante Geral: Coronel QOBM Gilfran Marcelliocopete Santos Mateus	(79) 3179-3604	https://www.cbm.se.gov.br/

Órgãos Municipais		
Órgão	Contato	Site / E-mail
PREFEITURA MUNICIPAL DE IGREJA NOVA - AL Prefeita: Verônica Dantas Lima e Silva	(82) 3554-1128 (82) 99666-7271 (82) 98165-9897	http://www.igrejanova.al.gov.br/ gabineteprefeita@igrejanova.al.gov.br
DEFESA CIVIL (COMDEC) IGREJA NOVA - AL Coordenador:	Sem informação	Sem informação

Órgãos Municipais		
Órgão	Contato	Site / E-mail
PREFEITURA MUNICIPAL DE PENEDO - AL Prefeito: Marcius Beltrão	(82) 3551-2727 (82) 3551-3148	https://penedo.al.gov.br/ contato@penedo.al.gov.br
DEFESA CIVIL (COMDEC) PENEDO - AL Coordenador:	Sem informação	Sem informação
PREFEITURA MUNICIPAL DE NEÓPOLIS - SE Prefeito: Luiz Melo de França	(79) 3344-2914 (79) 3344-1864	https://www.neopolis.se.gov.br/
DEFESA CIVIL (COMDEC) NEÓPOLIS - SE Coordenador:	Sem informação	Sem informação
PREFEITURA MUNICIPAL SANTANA DO SÃO FRANCISCO - SE Prefeito: Gilson Guimarães Barrozo Júnior	(79) 3339-1309	https://www.santanadosaofrancisco.se.gov.br/
DEFESA CIVIL (COMDEC) SANTANA DO SÃO FRANCISCO - SE Coordenador:	Sem informação	Sem informação

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

Rede de Saúde Regional		
Unidade	Contato	Endereço
HOSPITAL REGIONAL MEMORIAL DR. JOSÉ CORREIA FILHO	(82) 3551-2888	Av. Wanderley, 574 - Santa Luzia, Penedo - AL, 57200-000
SANTA CASA DE MISERICÓRDIA DE PENEDO	(82) 3551-2508	Av. Getúlio Vargas, 423 - Centro, Penedo - AL, 57200-000
UPA PENEDO	(82) 3551-2405	Rua Tenente Eulógio Bispo, 202-350 - Sr. do Bonfim, Penedo - AL, 57200-000

Rede de Saúde Regional		
Unidade	Contato	Endereço
HOSPITAL DE NEOPOLIS	(79) 99829-0051	Av. José Odim Ribeiro, 460-540, Neópolis - SE, 49980-000

O PAE de Boacica deve estar disponível conforme apresentado na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Disponibilidade do PAE barragem Boacica

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 de Boacica 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).

Ainda, segundo a Lei nº 14.066/2020s, o presente PAE deverá atualizado conforme as seguintes ocasiões:

- 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 a partir da segunda a cada 10 anos. O PAE deve ser revisado por ocasião da realização da RPSB. (Portaria SEMARH/AL nº 694/2015).

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). O empreendimento tem como objetivos a regularização de vazões, a defesa contra inundações, a irrigação e a piscicultura, sendo que seu projeto executivo foi desenvolvido pela Themag Engenharia no ano de 1986.

Para o empreendimento em questão, há registro de ocorrências de seca pouco usual no verão de 2016/2017.

Atualmente, estão em desenvolvimento as seguintes atividades de reabilitação: execução de barracão provisório, pavimentação da crista, cercamento, proteção do talude de jusante, limpeza superficial, escadas de acesso, guarda-corpos no vertedouro e descarregador de fundo, implantação de régua de monitoramento de nível de água, execução de canal de drenagem a jusante, medidor da vazão de percolação a jusante da barragem, escada marinho para acesso ao rápido do vertedouro.

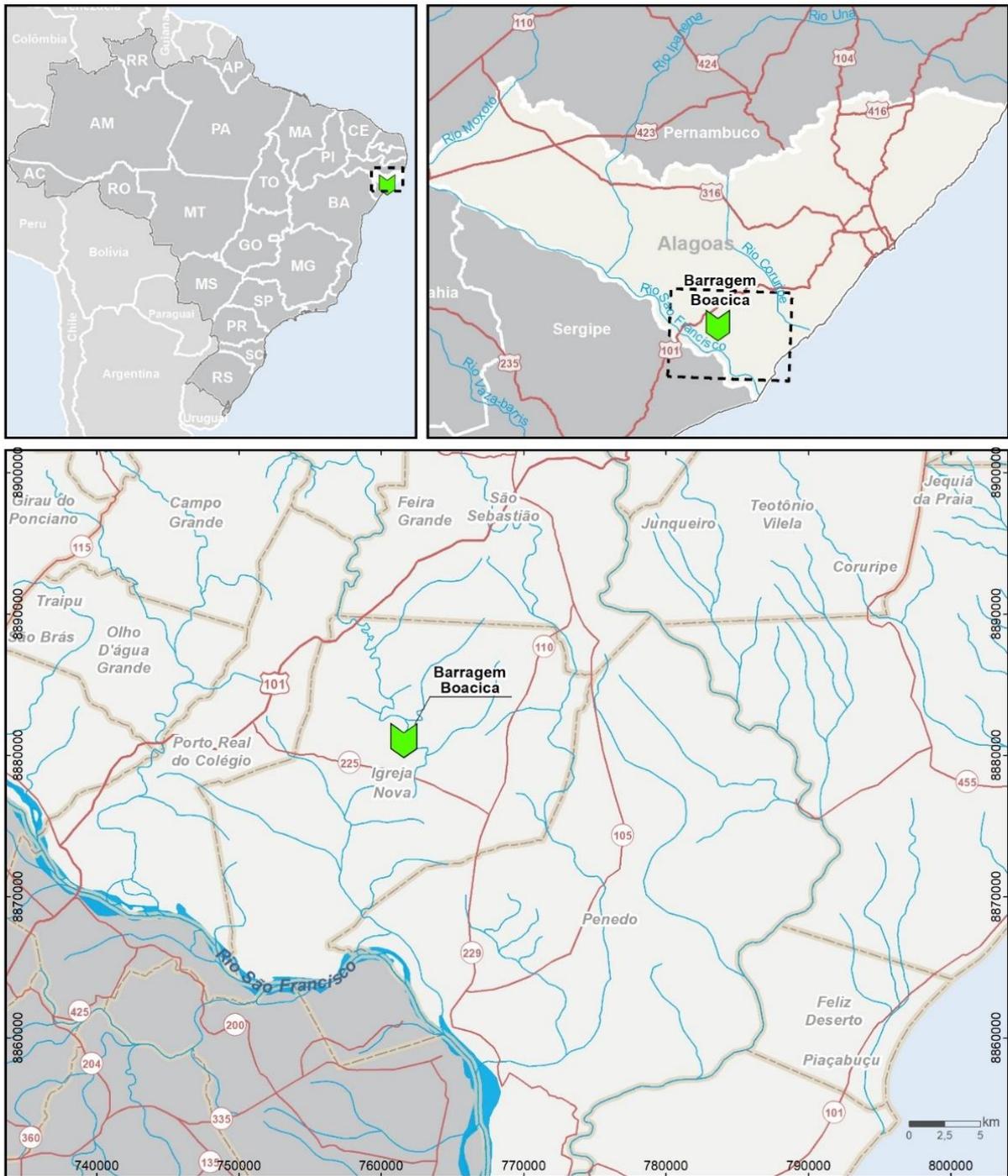
A Resolução n.º 143/2013 do CNRH, complementada pela Resolução n.º 132/2016 da ANA, apresenta parâmetros para cálculo dos itens que compõem a Matriz de Classificação das Barragens segundo Categoria de Risco e Dano Potencial Associado. Para a barragem em questão, a classificação resultou em **CLASSE A**, devido à Categoria de Risco **MÉDIO** e ao Dano Potencial Associado **ALTO**. Classificação segundo o Volume 4 do Plano de Segurança da Barragem Boacica.

1.4.1. IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM

A barragem Boacica, com o Empreendedor Codevasf, está localizada no município de Igreja Nova, no estado de Alagoas e barra o rio Boacica, afluente da margem esquerda do rio São Francisco. As respectivas coordenadas são 10°06'50"S de Latitude e 36°36'46" O de Longitude (DATUM WGS-84). A montante e a jusante da barragem de Boacica não existem barragens.

A localização do empreendimento encontra-se representada na Figura 1.1.

Figura 1.1 – Localização Georreferenciada da Barragem Boacica



Fonte: RHA, 2021.

1.4.2. DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM

A barragem Boacica é de terra zoneada e possui 33,50 m de altura máxima a partir do maciço de fundação e crista com comprimento total de 400 m e largura de 8 m, não instrumentada. O nível máximo normal situa-se na El. 36,10 m. O volume acumulado no reservatório é da ordem de 55,00 hm³ e a área alagada é de 483 ha.

O sistema de drenagem interna do maciço é constituído por filtro de areia vertical e horizontal conjugado com um dreno de pé em enrocamento.

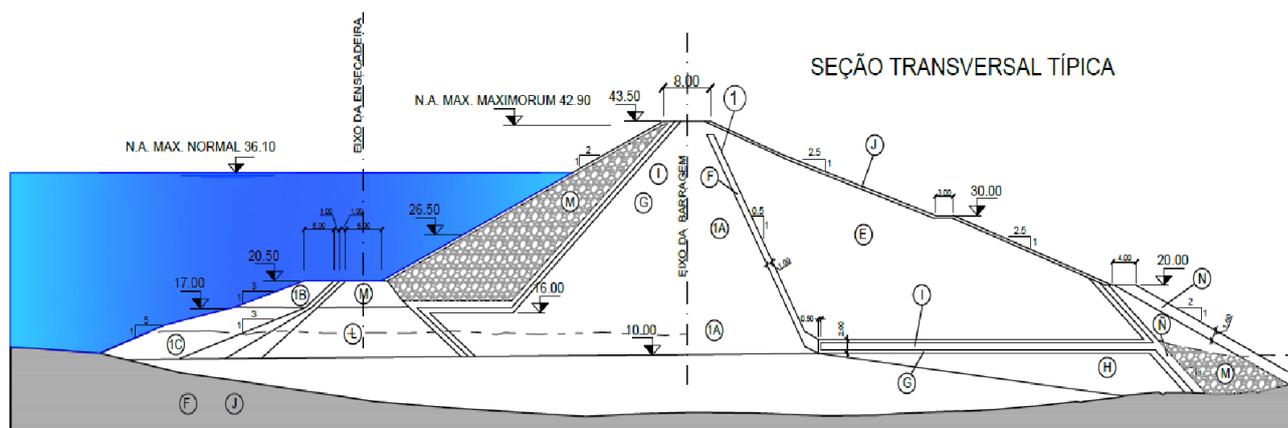
O extravasamento de cheias é realizado por um vertedouro localizado na ombreira esquerda, composto por uma soleira livre, com extensão de 30 m e bacia amortecedora pré-escavada. A vazão efluente de projeto centenário é de 900 m³/s.

A barragem Boacica é constituída por:

- duas ensecadeiras
 - a de montante, totalmente incorporada ao maciço da barragem, executada por tanto com o mesmo nível de exigência;
 - a de jusante, desincorporada, utilizada para isolar a área de implantação, possibilitando seu esgotamento.
- tomada de adução e descarga na margem direita
- vertedouro de soleira livre na ombreira esquerda

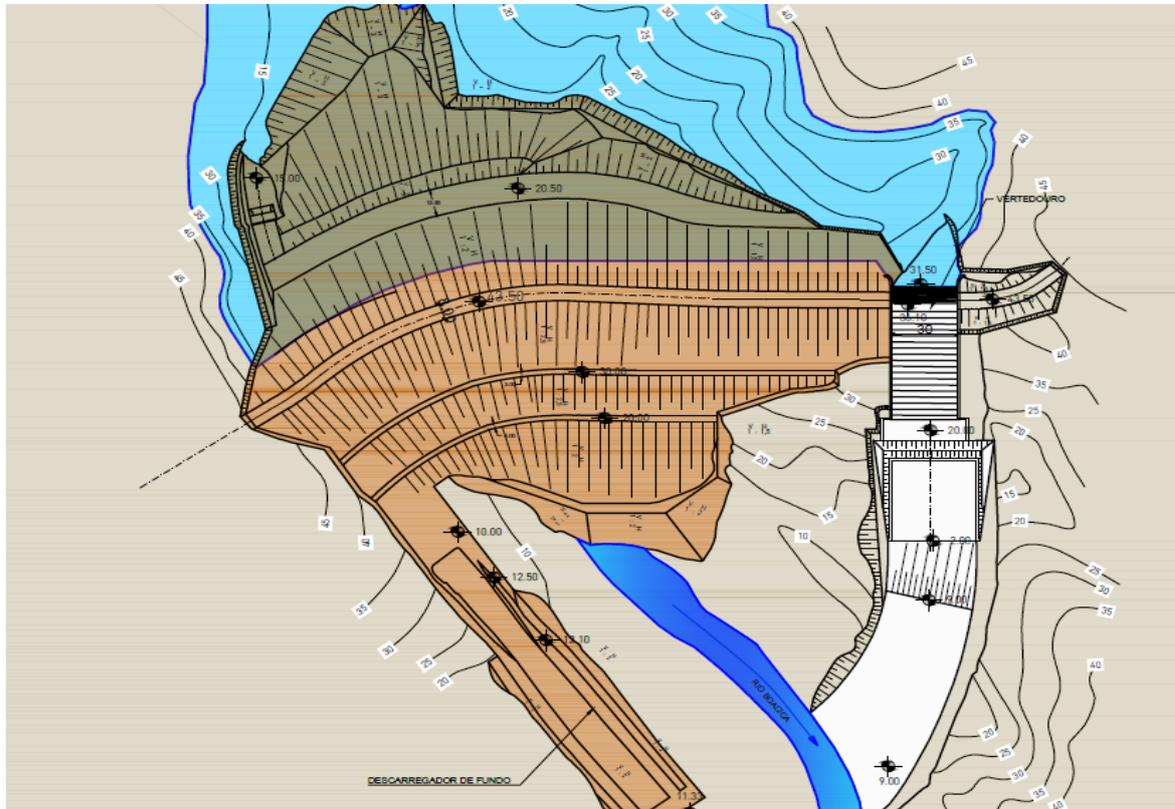
A Figura 1.3 apresenta a planta baixa da barragem Boacica. A Figura 1.2 apresenta uma seção transversal típica da barragem.

Figura 1.2 – Seção transversal da barragem Boacica



Fonte: Ministério da Integração Nacional (2018) - Plano de Ações Estratégicas para Reabilitação de 162 Barragens da União.

Figura 1.3 – Planta Esquemática da Barragem e Estruturas Associadas



Fonte: Ministério da Integração Nacional (2018) - Plano de Ações Estratégicas para Reabilitação de 162 Barragens da União

A Tabela 1.2 apresenta uma síntese das principais características da barragem Boacica.

Tabela 1.2 – Principais características da barragem Boacica

Principais características da barragem Boacica	
Denominação Oficial	Barragem Boacica
Empreendedor:	Codevasf
Entidade Fiscalizadora:	SEMARH/AL
SNIBS	2376
Localização	
Rio:	Boacica, afluente margem esquerda São Francisco
Município:	Igreja Nova
Unidade da Federação:	Alagoas
Coordenadas:	10°06'50" S 36°36'46" O (DATUM WGS-84)
Existência de barragens a montante e a jusante:	Não

Barragem			
Tipo:	Barragem de Terra Zoneada	PSB – Volume 4, 2019za	h Anexo I
Altura máxima acima da fundação:	33,50 m		
Cota do coroamento:	43,50 m		
Comprimento do coroamento:	400 m		
Largura do coroamento:	8,00 m		
Inclinação do paramento de montante:	2H:1V		
Inclinação do paramento de jusante:	2H:1V / 2,5H:1V		

Bacia hidrográfica			
Área:	460 km ²	PSB – Volume 4, 2019c	9
Precipitação média na bacia:	972 mm/ano		25
Vazão Afluente Máxima:	1880 m ³ /s		67
Vazões máximas:	764 m ³ /s (TR 1.000 anos; Instantânea)		47

Características geológicas regionais			
Fundação:	Maciço rochoso de boa qualidade, ocorrendo por vezes trechos extremamente ou medianamente fraturados. Baixos graus de alteração da rocha são. Gnaisse granítico com intercalações frequentes de micaxistos e, às vezes, veios de quartzo. Recoberto por cerca de 1.0 a 1.5 m de um solo de alteração e nas margens espessas camadas de aluvião superando as vezes 10 m.	PSB – Volume 4, 2019u Themag, 1986	2 49
Susceptibilidade a escorregamento de taludes do reservatório	Não identificado	-	-
Sismicidade potencial:	Zona 0, $a_g = 0,025 \text{ m/s}^2$	ABNT NBR 15421, 2006	6 e 7

Reservatório			
Nível Mínimo Operacional (NmO):	16,0 m	PSB – Volume 4, 2019w	3
Nível Máximo Normal (NMN):	El.36,1 m		
Nível Máximo Maximorum (NMM):	El.42,9 m		
Nível da máxima cheia (T=10.000 anos)	El.41,00 m	PSB – Volume 4, 2091d	25
Capacidade total do reservatório:	55,106 hm ³	Themag, 1986	11
Capacidade útil do reservatório:	55 hm ³		
Área inundada (NMN):	483 ha	PSB – Volume 4, 2019w	3

Órgãos Extravasores			
<i>Descarregador de fundo e Tomada d'água:</i>	Controle de cheias. Esvaziamento do reservatório. Uma tomada de água com dois galerias e duas comportas. Uma Bacia de dissipação. Um canal de restituição. <i>Localização:</i> margem direita	PSB – Volume 4, 2019w	7, 9
<i>Vertedouro:</i>	Soleira livre. Lançamento em salto de esqui em fossa pré-escavada com fundo na elevação 2,00 m. Vão único <i>Localização:</i> Ombreira esquerda	PSB – Volume 4, 2019w	3

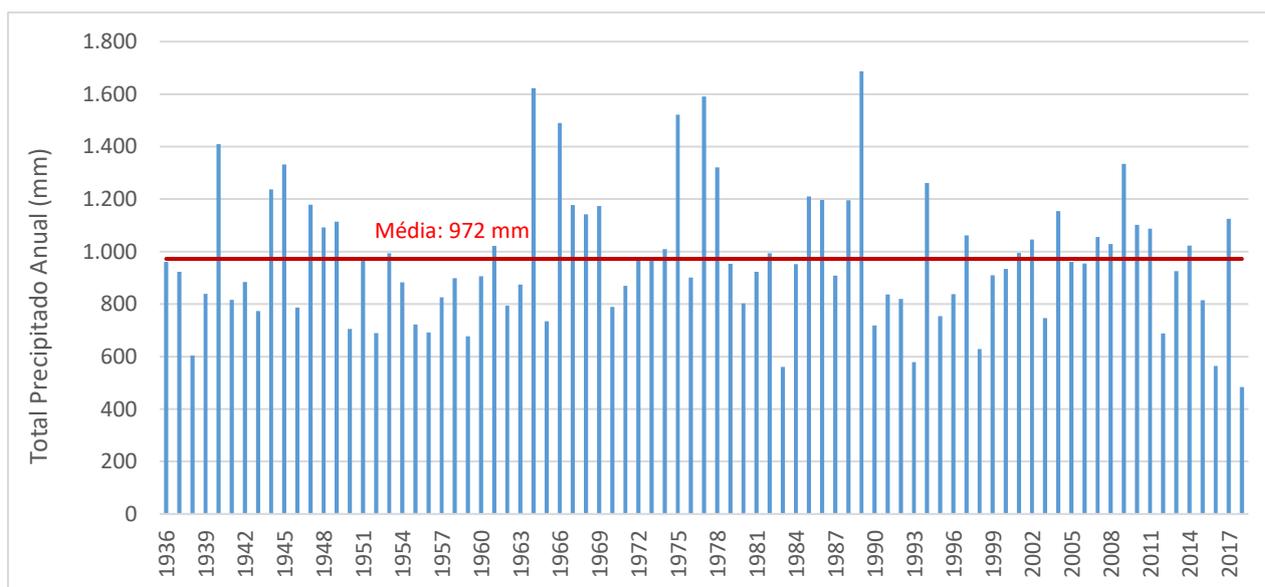
1.4.3. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS, GEOLÓGICAS E SÍSMICAS

- HIDROLOGIA**

O documento da Tecnosan Engenharia S.A, empresa responsável pelos estudos hidrológicos em 1981, apresenta o referido estudo de maneira bastante sucinta, porém cita que, devido à ausência de dados locais, foi adotado o método de transposição de bacias, utilizando registros existentes para os riachos Itiúba e Propriá referentes ao período maio-junho de 1962 e que, a partir desses, foram obtidos hidrogramas unitários.

O total anual precipitado médio sobre a bacia hidrográfica da Barragem do Rio Boacica resultou em 972 mm, com valores variando de 484 mm, em 2018, a 1.687 mm, em 1989. A Figura 1.4 apresenta, o total anual ao longo do tempo.

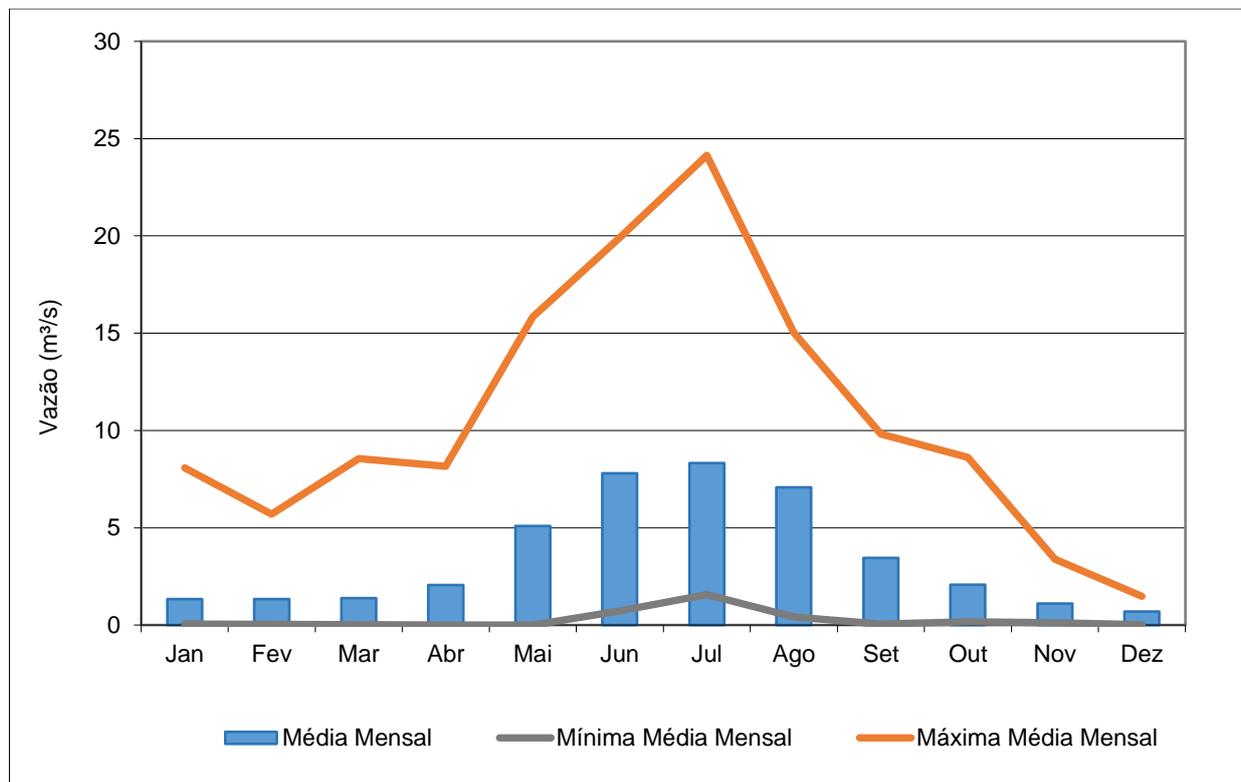
Figura 1.4 - Totais Precipitados Anuais (mm) Bacia Hidrográfica Barragem do Rio Boacica



Fonte: PSB – Volume 4, 2019c.

As séries de vazões médias mensais e anuais junto à barragem Boacica foram estimadas a partir da série da estação básica, Fazenda São Pedro. Para a transferência foi adotada a relação entre as vazões médias de longo termo ($3,47 \text{ m}^3/\text{s} / 2,90 \text{ m}^3/\text{s} = 1,20$) São Pedro. A Figura 1.5 apresenta os valores médios característicos da série obtida.

Figura 1.5 - Vazões Médias Características – barragem Boacica

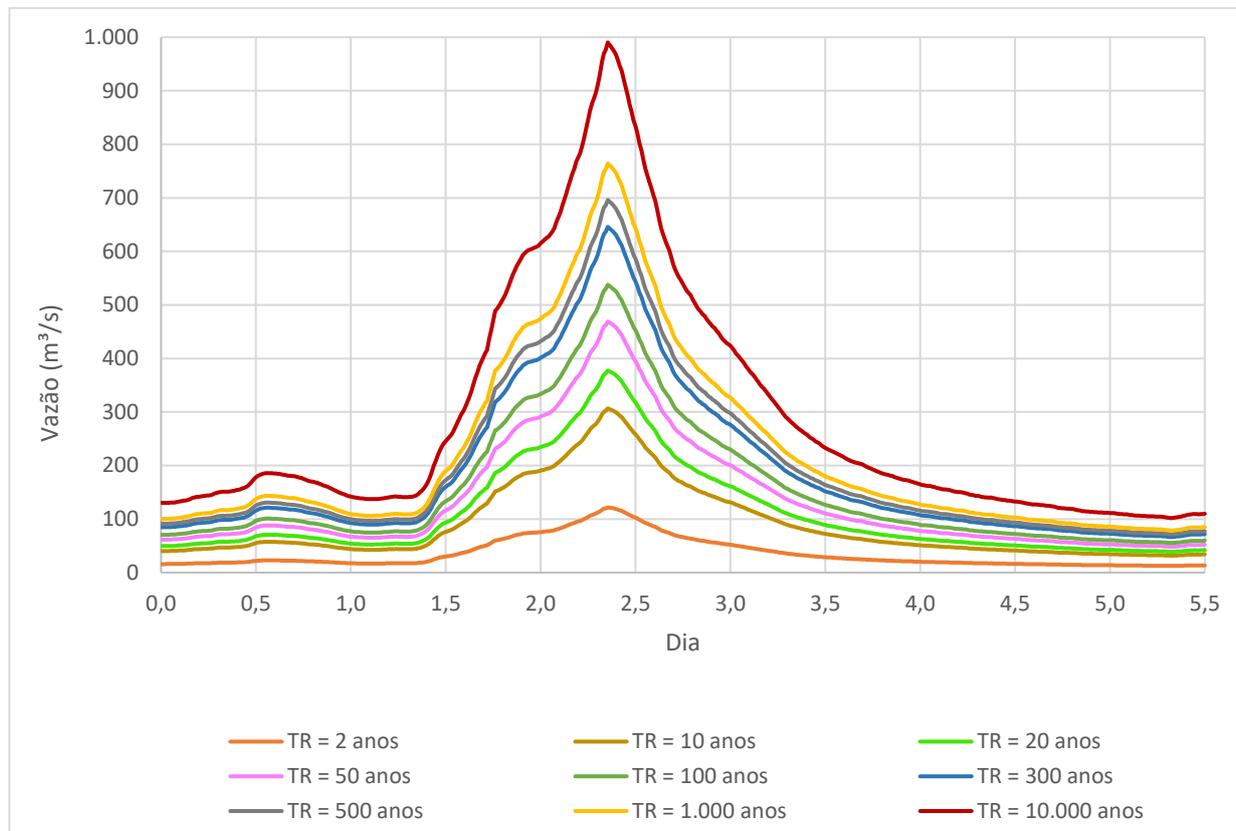


Fonte: PSB – Volume 4, 2019c.

A estimativa dos hidrogramas de cheia na barragem Boacica foi efetuada a partir dos registros de vazões médias diárias disponíveis para as estações adotadas: Engenho Retiro, Vitória de Santo Antão, Engenho Bento, Santana do Mundaú, São José da Laje, Viçosa, Fazenda São Pedro, Camaçari. Também foram utilizados a análise dos dados telemétricos disponíveis para as estações Fazenda São Pedro, Viçosa, São José da Laje, Santana do Mundaú, Engenho Bento e Vitória de Santo Antão.

As vazões de cheia em função do tempo de recorrência são apresentadas na Figura 1.6. A Tabela 1.3 apresenta uma síntese dos parâmetros hidrológicos da bacia na seção do barramento de Boacica.

Figura 1.6 - Hidrogramas de Cheias – barragem Boacica



Fonte: PSB – Volume 4, 2019c.

Tabela 1.3 – Parâmetros Hidrológicos da Bacia do Rio na Seção do Barramento

Informação	Referência	Pág.
Área de drenagem da bacia (aproximado)	Ab = 710 km ²	8
Área de drenagem da bacia sendo controlada pela barragem (aproximado)	A _{bm} = 460 km ²	8
Comprimento do Talvegue Principal	L = 57,1 km	9
Perímetro	P = 128 km	9
Comprimento total dos cursos d'Água	LT = 1097,2 km	9
Comprimento Reto entre a Nascente e a Exutória	L _t = 34,4 km	9
Elevação da Nascente	H _n = 250 m	9
Elevação no Barramento	H _f = 30 m	9
Declividade Média (i)	2,72 m/km	10
Tempo de concentração	19 hs	10
Evaporação potencial local	1.270 mm/ano	17
Precipitação total anual média	972 mm	26
Vazão Média Mensal	3,47 m ³ /s	37
Coefficiente de Escoamento Sup.	0,10 km	12
Vazões máximas	764 m ³ /s (TR 1.000 anos; Instantânea)	10

- **GEOLOGIA REGIONAL**

O mapa geológico regional da Bacia do Rio Boacica, apresentado no Relatório Preliminar (Tecnosan, 1981), indica duas unidades litológicas: as rochas Pré-Cambrianas do Complexo Cristalino, caracterizadas por gnaisses, migmatitos, granitos e xistos micáceos, e os sedimentos Cretáceos da bacia sedimentar Sergipe-Alagoas, que compreendem arenitos, siltitos e folhelhos, além dos depósitos quaternários.

A formação mais representativa ao longo do Rio Boacica é o Grupo Vaza Barris, representado por xistos micáceos e biotita-gnaisses, com veios pegmatíticos constituídos de quartzo leitoso (Tecnosan, 1981).

No curso inferior do Rio Boacica encontram-se as formações sedimentares representadas pelo Subgrupo Igreja Nova e a Formação Penedo. O Subgrupo Igreja Nova compreende argilitos, folhelhos e arenitos feldspáticos, localmente conglomeráticos. A Formação Penedo é constituída de espessos leitos de arenitos mal selecionados com intercalações de folhelhos e siltitos micáceos.

As rochas sedimentares da bacia Sergipe-Alagoas são recobertas por sedimentos recentes do Grupo Barreiras na forma de tabuleiros discordantes, composto por areias grossas, argilas e arenitos conglomeráticos mal consolidados e com matriz caulínica.

Os depósitos aluvionares presentes em toda a calha do rio são constituídos por areias médias a grossas, quartzo-feldspáticas e com pouca mica. Na várzea do rio ocorrem extensas áreas compostas por solos finos silto-argilosos.

- **GEOLOGIA LOCAL**

O relevo local apresenta-se ondulado, vertentes convexas, elevada declividade e poucos cursos de água. O vale do barramento é de fundo chato e preenchido pela planície aluvial. As ombreiras apresentam-se mais íngremes na margem direita. O aluvião que ocorre no leito do rio e em extensa faixa marginal constitui-se essencialmente de areias finas e médias e localmente siltoargilosas. O Aluvião apresenta coloração marrom amarelada, com grãos bem selecionados, e grau de arredondamento médio, com presença de mica. Ocorrem também lentes milimétricas de argila distribuídas de maneira dispersa.

O mapa geológico (Themag, 1986) indicam que nas ombreiras predominam gnaisses e quartzitos, com intercalações de micaxistos na forma de lentes de espessura centimétrica até cerca de 3 metros. Já no leito do rio, predominam as intercalações de micaxistos. Os gnaisses possuem textura média a grossa, granoblástica e são de coloração rosada clara, apresentando comumente veios de aplito e pegmatito centimétricos. Apresenta xistosidade e veios graníticos paralelos com a estrutura, de espessuras de até 2 metros. O maciço apresenta-se alterado superficialmente, resultando em um solo residual arenoso de

espessuras que variam de 1 a 2 metros, com blocos de rocha. Intercalado com o gnaisse, ocorrem quartzitos na forma de camadas ou lentes, de espessuras maiores que 40 m, e que coincidem com a direção da xistosidade do maciço.

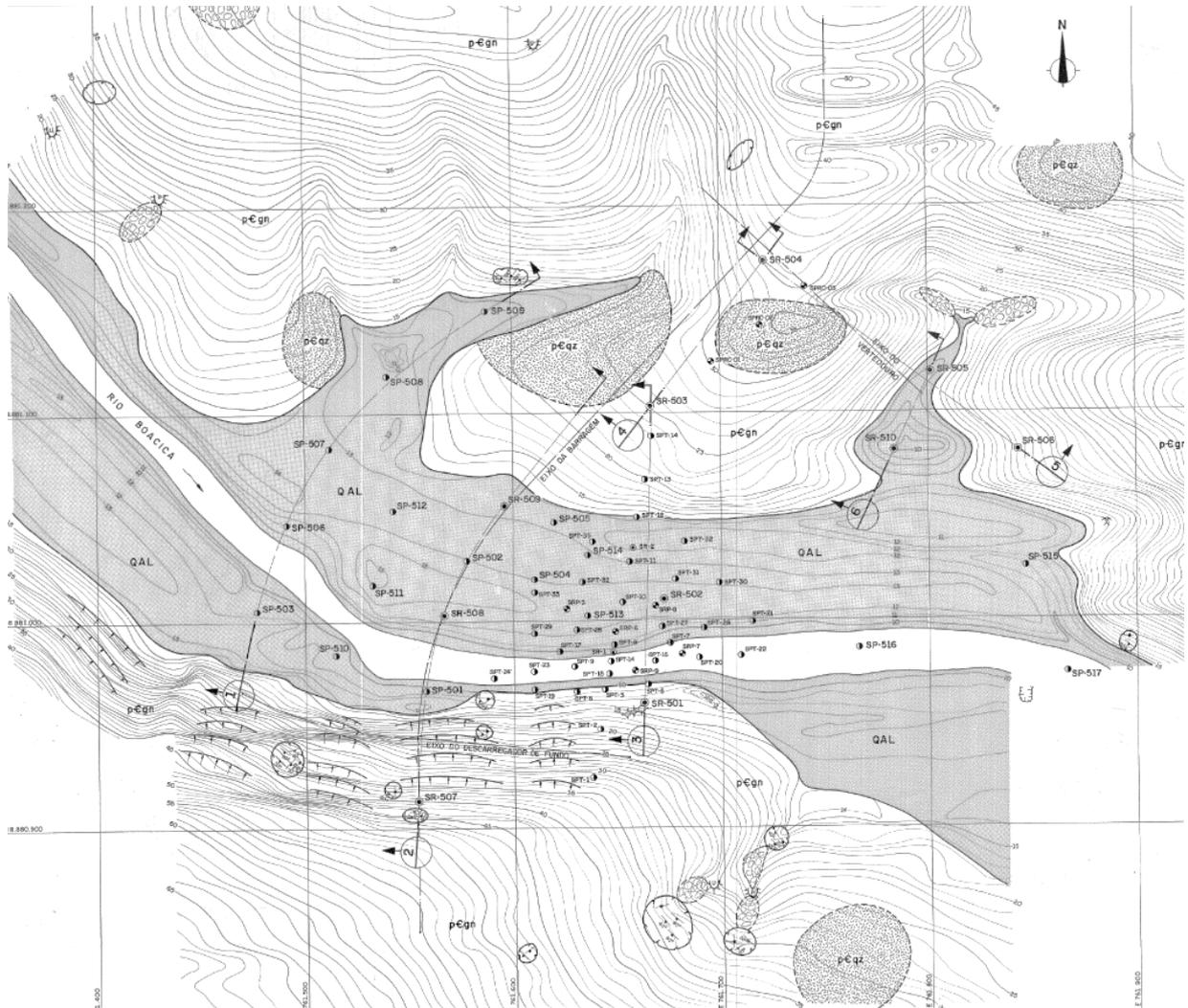
A área apresenta três famílias de fraturas, com atitudes médias de N28°E/84SE, N20W/84°SW e N80°E/64SE. Os dois primeiros sistemas apresentam fraturas fechadas e muitas vezes preenchidas por veios de quartzo; o último apresenta fraturas com abertura milimétrica. Verificou-se um provável falhamento ao longo do Rio Boacica, abrangendo o sítio do barramento. A xistosidade apresenta direção EW, com mergulho variando entre 30° e 60° para S, sendo está a atitude dos contatos litológicos obtidos.

Com base nas principais descontinuidades presentes na área, correlacionou-se a direção e mergulho das fraturas e da xistosidade com a face dos taludes existentes no vertedouro e no descarregador de fundo, com o objetivo de analisar geometricamente as superfícies potenciais de ruptura.

Considerando as análises apresentadas no Volume 4 do Plano de Segurança da Barragem Boacica, conclui-se que os taludes esquerdos do vertedouro e do canal de restituição podem apresentar superfícies potenciais de deslizamento relacionadas ao plano de fratura S2 (N20°W/84SW). No talude esquerdo do descarregador de fundo, os planos de fratura S3 (N80°E/64SE) e a xistosidade S0 (EW/30S), podem ser superfícies potenciais de deslizamento. Já no talude direito do vertedouro e do descarregador de fundo, verificou-se que não há planos de descontinuidades com caimento voltado para a face destes taludes. Para uma análise da estabilidade dos taludes, conforme mencionado anteriormente, é necessária a disponibilização de informações do mapeamento geológico e da caracterização geomecânica das descontinuidades.

No mapa geológico-geotécnico apresentado pela empresa Themag (1986), Figura 1.7, podem ser visualizadas as litologias presentes na área do barramento e a localização das sondagens executadas.

Figura 1.7 – Mapa geológico-geotécnico da área do barramento



LEGENDA

TIPOS LITOLÓGICOS

EM PLANTA

- ALUVIÃO
- GNAISSE
- MICAXISTO
- QUARTZITO
- GRANITO

EM SEÇÃO

- SOLO DE ALTERAÇÃO
- GNAISSE
- MICAXISTO
- QUARTZITO
- GRANITO

ESTRUTURAS

- FALHA INFERIDA
- XISTOSIDADE C/ DIREÇÃO E MERGULHO INDICADOS
- FRATURA C/ DIREÇÃO E MERGULHO INDICADOS
- FRATURA SUB-VERTICAL
- FRATURA SUB-HORIZONTAL

GERAIS

- CONTATO GEOLÓGICO
- CONTATO LITOLÓGICO INFERIDO
- TOPO DE ROCHA Sã OU POUCO ALTERADA
- TOPO DE ROCHA ALTERADA
- AFLORAMENTO DE ROCHA
- CONCENTRAÇÃO DE MATAÇÕES

FENOMENOLOGIA

- RAVINAMENTO
- ABATIMENTO
- MATERIAL ESCORREGADO
- UMIDADE
- PINGOS

Fonte: Themag, 1986.

- **CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA**

- Fundação

Caracterização geotécnica indicou que os testemunhos de sondagens apresentaram um maciço são a pouco alterado, medianamente fraturado, com trechos extremamente fraturados. Do ponto de vista de resistência e deformabilidade, o maciço foi classificado como de boa qualidade para a fundação das estruturas.

Os ensaios de perda d'água realizados nas sondagens na década de 1980 indicaram em geral baixos valores de permeabilidade equivalente, variando entre 10^{-6} e 10^{-4} cm/s. Entretanto, em um trecho da ombreira esquerda, onde se verificou a presença de um veio de quartzo foi observada perda total de água. Nesse caso, foi previsto no projeto a execução de uma linha de injeções exploratórias, caso fossem observadas em campo absorções elevadas.

A resistência à penetração obtida pelo SPT indicou na margem direita valores entre 1 e 3 golpes/30 cm em profundidades de até 10 metros. Já na margem esquerda, apenas os 2 a 3 metros iniciais apresentam baixos valores de SPT, indicando características mecânicas indesejáveis para fundação. Para profundidades crescentes, entretanto, os ensaios SPT indicaram a ocorrência de um aluvião de compacidade média a alta. A permeabilidade do aluvião foi estimada com base em sua granulometria em cerca de 10^{-2} cm/s, tratando-se, portanto, de um material bastante permeável.

- Materiais de Empréstimo

Duas jazidas de solo na região do reservatório foram estudadas pela projetista (Themag, 1986), Volta do Rio e Igreja Nova. A jazida Volta do Rio, situada a 2 km do eixo da barragem, é constituída por solo residual de gnaiss com cerca de 3 m de espessura, composta por areia silto-argilosa com camada superficial de pedregulhos com espessura média de 0,5 m. A jazida Igreja Nova, localizada a cerca de 9 km do eixo, é constituída por solo residual da Formação Barreiras, com espessura média de 6,0 m.

Os ensaios de caracterização e adensamento em amostras das jazidas indicaram que as amostras provenientes de Volta do Rio apresentaram maior compressibilidade e baixa resistência ao cisalhamento do material. Dessa forma o solo compactado de Igreja Nova foi destinado para as zonas de maior solicitação, devido às propriedades físicas e mecânicas apresentadas. A montante e no restante do maciço foi indicado o solo compactado de Volta do Rio.

As jazidas de areia e cascalho viriam dos depósitos aluviais existentes no leito do Rio Boacica, composto de areia média, micácea com porcentagens de fino menores que

5%, exceto em alguns níveis que apresentaram 8 a 12% e que foram descartados para uso na construção dos filtros. Já a areia grossa, proveniente de uma jazida a cerca de 30 km da barragem, é composta de cascalho arenoso e areia média a grossa.

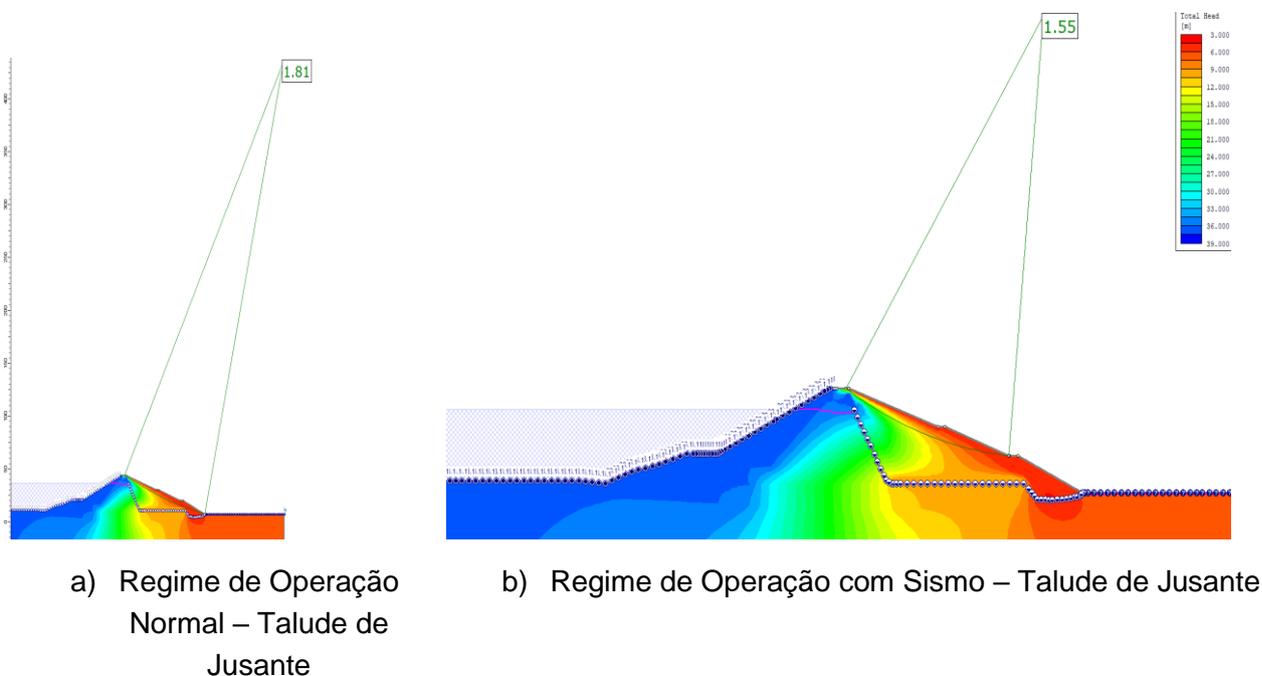
O material pétreo seria das escavações do vertedouro e do canal de restituição, que apresenta gnaisses medianamente fraturados e subordinadamente intercalações de micaxistos e quartzitos.

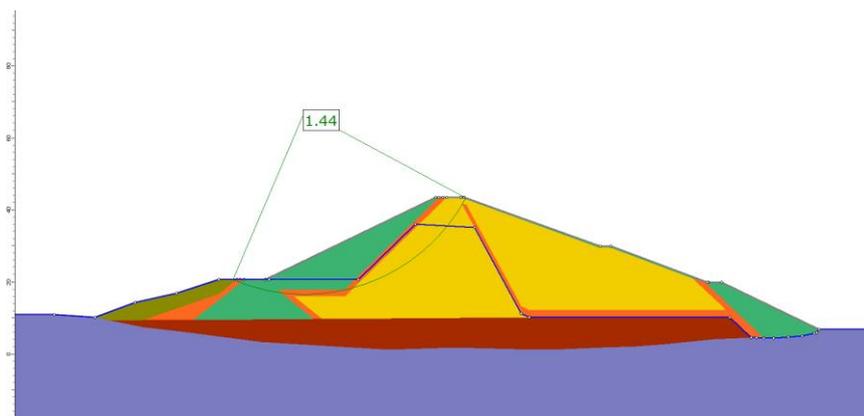
• **ANÁLISES DE ESTABILIDADE**

As verificações de estabilidade dos taludes de montante e jusante da barragem Boacica foram verificadas para três casos de carregamento: rebaixamento rápido, operação normal e operação normal com sismo com nível de água na El. 36,10 m (associado à cota da crista da soleira do vertedouro), conforme Critérios da Eletrobrás.

De acordo com os Critérios de Projeto Civil da Eletrobrás (2003), recomenda-se realização de análises pseudo-estáticas para avaliação da barragem face a sismos naturais ou induzidos, adotando-se cargas sísmicas correspondentes a acelerações de 0,05g na direção horizontal e 0,03 da direção vertical. Os resultados das análises são apresentados na Tabela 1.4 e na Figura 1.8.

Figura 1.8 – Análises de Estabilidade – Superfícies de Ruptura.





c) Regime de Rebaixamento Rápido – Talude de Montante
 Fonte: PSB – Volume 4, 2019v

Tabela 1.4 – Resultados das Análises de Estabilidade da Barragem.

Caso de carregamento	FS Mínimo	FS Obtido
Rebaixamento Rápido	1,05	1,44
Operação Normal	1,50	1,81
Operação Normal com Sismo	1,20	1,55

Fonte: I PSB – Volume 4, 2019v

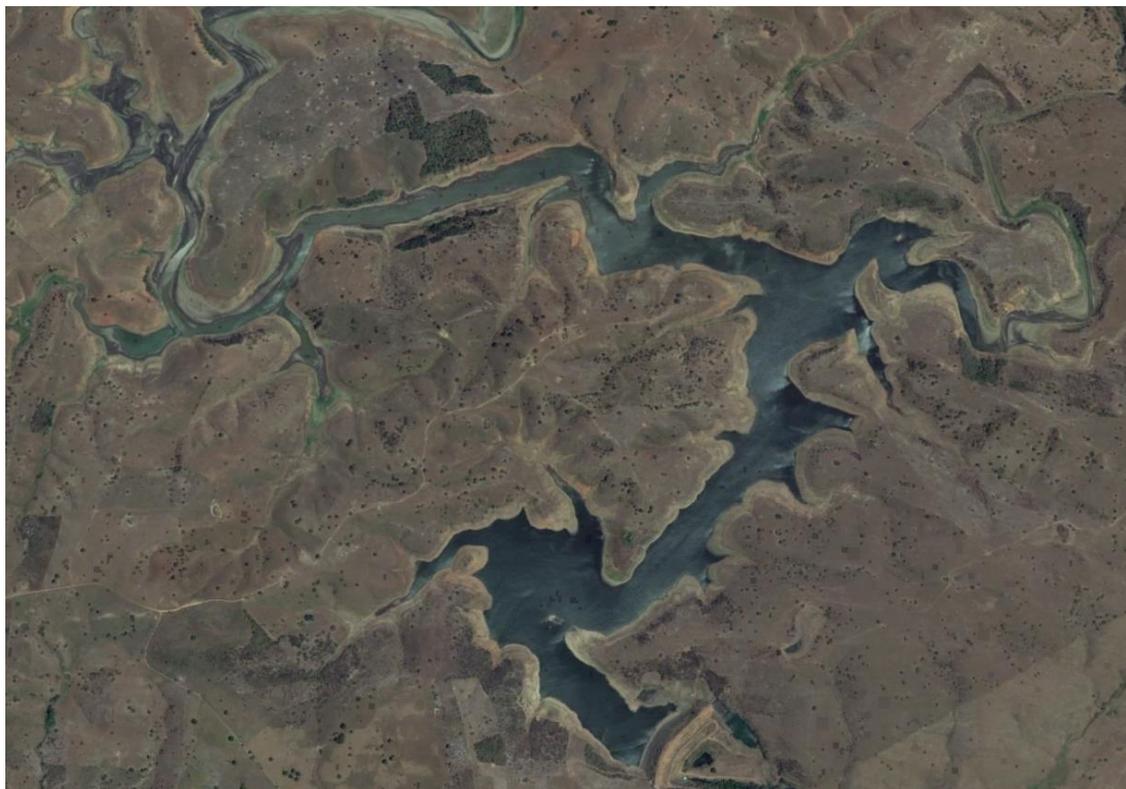
CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS

Recomenda-se a realização de estudos sismológicos visando à definição das ações sísmicas. De acordo com os Critérios de Projeto Civil da Eletrobrás (2003), recomenda-se realização de análises pseudo-estáticas para avaliação da barragem face a sismos naturais ou induzidos.

1.4.4. RESERVATÓRIO

O reservatório possui uma área alagada de aproximadamente 483 há. A Figura 1.9 ilustra o reservatório. A Tabela 1.5 apresenta as principais características do reservatório.

Figura 1.9 – Reservatório barragem Boacica.



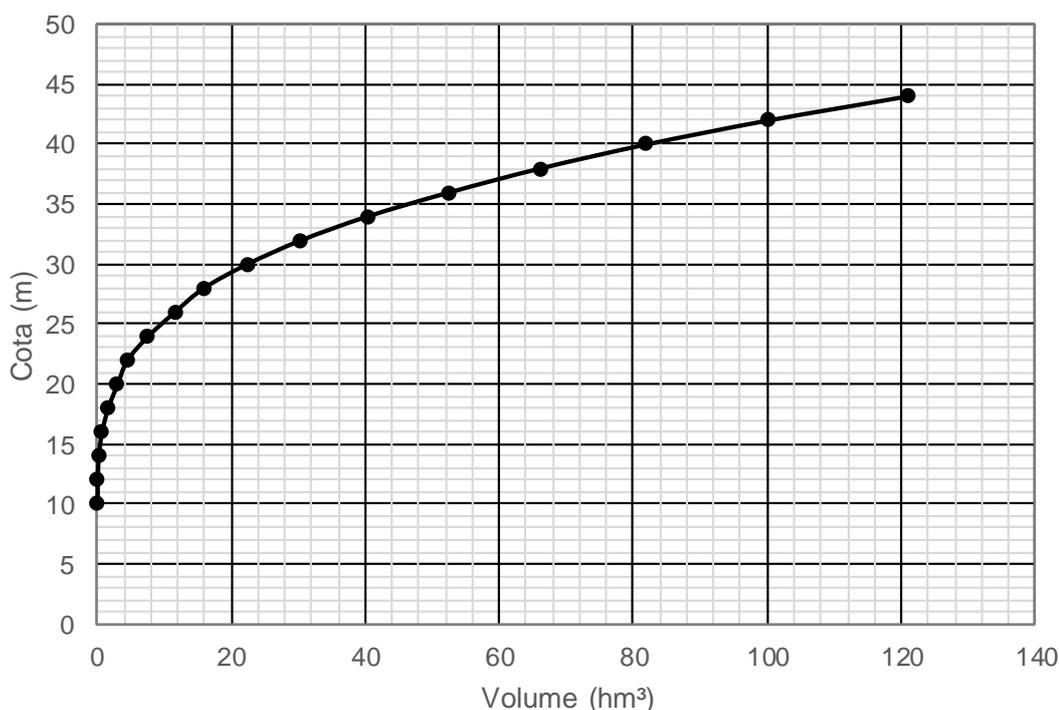
Fonte: Google Earth, 2021.

Tabela 1.5 – Principais características do reservatório da barragem de Boacica

Informação		Referência	Pág.
Área alagada	483 há.	PSB – Volume 4, 2019w	3
Nível Máximo Maximorum (NMM)	El.42,9 m		3
Nível Máximo Normal (NMN)	El.36,1 m		3
Nível Mínimo Operacional (NMO)	16,0 m		3
Cota Coroamento	43,5 m		3
Cota da crista do Vertedouro	36,10 m	PSB – Volume 4, 2019x	12
Cota Tomada	16,0 m		j
Cota Descarregador (início da galeria)	15,82 m		
Volume Total	55,106 hm ³	THEMAG, 1986	11
Volume Útil (16,0 m -36,1 m)	55 hm ³		
Volume Morto	Não existe informação	-	-
Tempo de Recorrência de Projeto (TR)	10.000 anos	PSB - Volume 4, 2019c	78
Vazão Afluente Máxima El. 43,5 m	1880 m ³ /s		67
Vazão Efluente Máxima para cheia El. 43,5 m	Descarregador de Fundo: 27,0 m ³ /s Vertedouro: 1300,3 m ³ /s Total: 1327,3 m ³ /s Nível de água máximo 43,5 m Amortecimento 29%		

A curva cota-volume do reservatório de Boacica utilizada no estudo da RPSB, correspondente ao Volume 4 do PSB (2019) é apresentada na Figura 1.10. A curva foi obtida a partir da curva da Cema (1988) com uma extrapolação exponencial para o trecho compreendido entre os níveis 36,1 a 43,5 metros.

Figura 1.10 – Curva cota-volume da barragem Boacica



Fonte: PSB – Volume 4, 2019c

1.4.5. ÓRGÃOS EXTRAVAZORES

Conforme indicado na documentação de projeto, elaborada pela Themag Engenharia em 1986, a função principal do empreendimento é realizar o controle das cheias no vale a jusante. Para isso, utiliza-se o volume do reservatório para amortecer o hidrograma das cheias afluentes pelo rio Boacica, priorizando a descarga das vazões pelo descarregador de fundo. Neste sentido, na ocasião da elaboração do projeto, a operação do descarregador de fundo foi definida para ocorrer sem controle de comportas. Em outras palavras, a comporta de jusante de pelo menos uma das galerias deveria permanecer totalmente aberta, diminuindo a necessidade de manobras e, ao mesmo tempo, as regras de operação em situação de cheia.

A seguir é feita uma caracterização geral dos órgãos extravasores, em particular: vertedouros de superfície, descarregadores de fundo e tomadas de água.

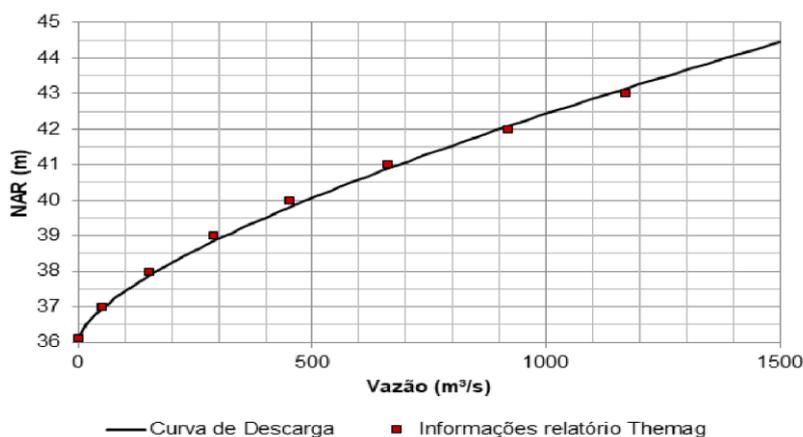
• **VERTEDOIRO**

As cheias afluentes ao reservatório de Boacica são descarregadas através de um vertedouro livre, de 30 metros de largura, localizado junto à ombreira esquerda. Conforme indicado na documentação de projeto, esta estrutura foi dimensionada para descarregar a cheia decamilenar com o nível máximo maximorum na El. 42,90 m. Durante a passagem da cheia pelo reservatório, ocorre o amortecimento do hidrograma, o que resulta em vazões efluentes menores que as afluentes. As características principais da estrutura estão indicadas na sequência.

- Tipo do vertedouro..... Soleira livre
- Largura da soleira..... 30 metros
- Elevação da soleira..... El. 36,10 metros
- Nível máximo maximorum El. 42,90 metros
- Declividade do paramento de montante 3H:1V
- Coeficiente de descarga adotado 2,15
- Comprimento aproximada da calha 70 metros
- Restituição do fluxo..... Lançamento em fossa pré-escavada
- O canal de aproximação foi concebido de forma a evitar perdas de cargas excessivas, limitando a velocidade do escoamento em 2,5 m/s durante a descarga da vazão milenar.

Durante a passagem da cheia pelo reservatório ocorre o amortecimento do hidrograma, o que resulta em vazões efluentes menores que as afluentes. A curva de descarga do vertedouro de Boacica está indicada na Figura 1.11.

Figura 1.11– Curva de Descarga do Vertedouro de Boacica



Fonte: PSB – Volume 4, 2019c.

• DESCARREGADOR DE FUNDO

O descarregador de fundo foi dimensionado de maneira a limitar a vazão efluente por comporta a 24 m³/s quando o nível de água se encontrar na elevação 36,10 m, correspondente à crista do vertedouro livre, permitindo a realização do amortecimento das cheias menores que 10 anos de recorrência sem a ocorrência de vertimento.

A curva de descarga de uma galeria do descarregador de fundo, com abertura total e parcial da comporta é indicada na Figura 1.12.

As principais características desta estrutura estão descritas abaixo.

Características do emboque

- Cota da soleira..... El. 16,00 m
- Largura 1,65 m

Características da galeria

- Cota do início..... El. 15,82 m
- Cota do fim da galeria..... El. 13,34 m
- Seção transversalCircular
- Diâmetro 1,65 m
- Comprimento 220 m

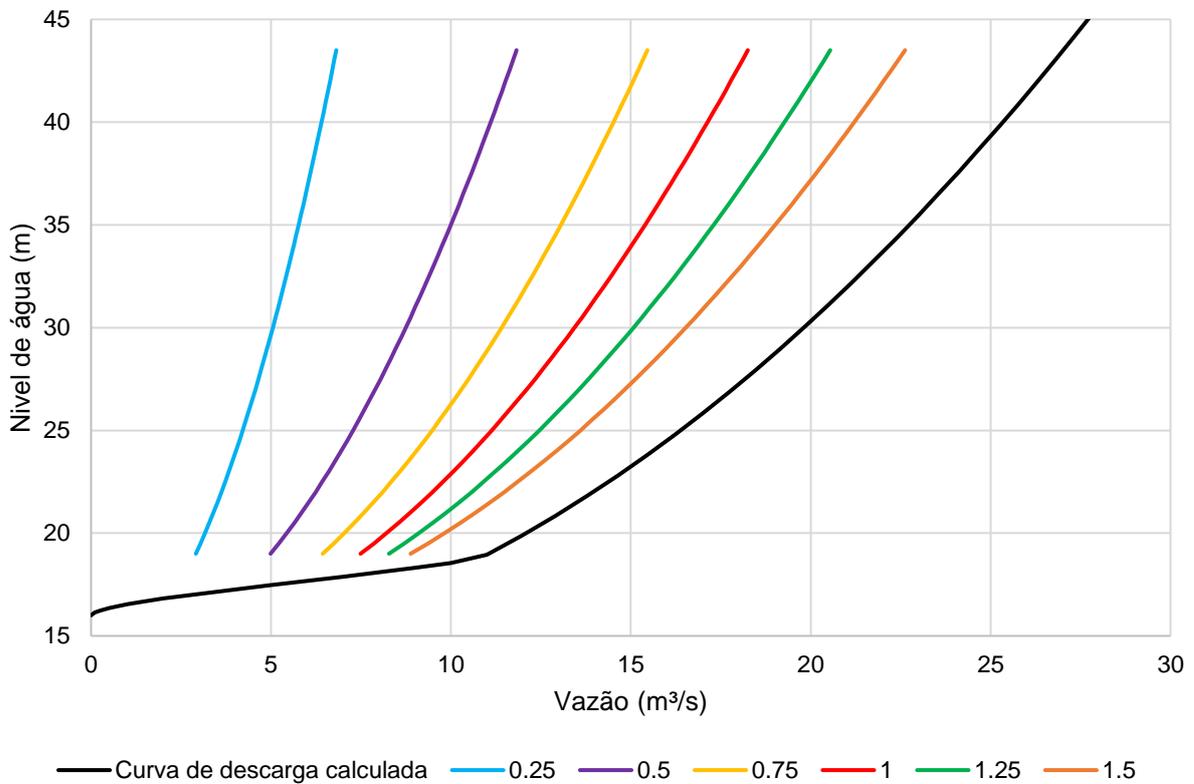
Características da comporta segmento

- Cota do batente El. 13,34 m
- Dimensões..... 1,65 m x 1,65 m
- Seção transversalRetangular
- Raio da comporta..... 2,60 m

Bacia de dissipação

- Cota do piso da bacia de dissipação El. 10,00 m
- Cota do canal a jusante El. 12,00 m
- Seção transversalRetangular
- Largura da bacia..... 15,00 m
- Largura do escoamento na entrada da bacia 7,50 m
- Nível de água de jusante El. 16,00 m

Figura 1.12 - Curva de Descarga de uma galeria do Descarregador de Fundo



Fonte: PSB – Volume 4, 2019x

• **TOMADAS D'ÁGUA**

A tomada de água da barragem Boacica e sua descarga encontram-se posicionadas na margem direita da barragem, com soleira na elevação 16,00 m. Nos documentos do projeto executivo não são apresentadas memoriais de cálculo estrutural, nem de estabilidade global da estrutura da tomada de água.

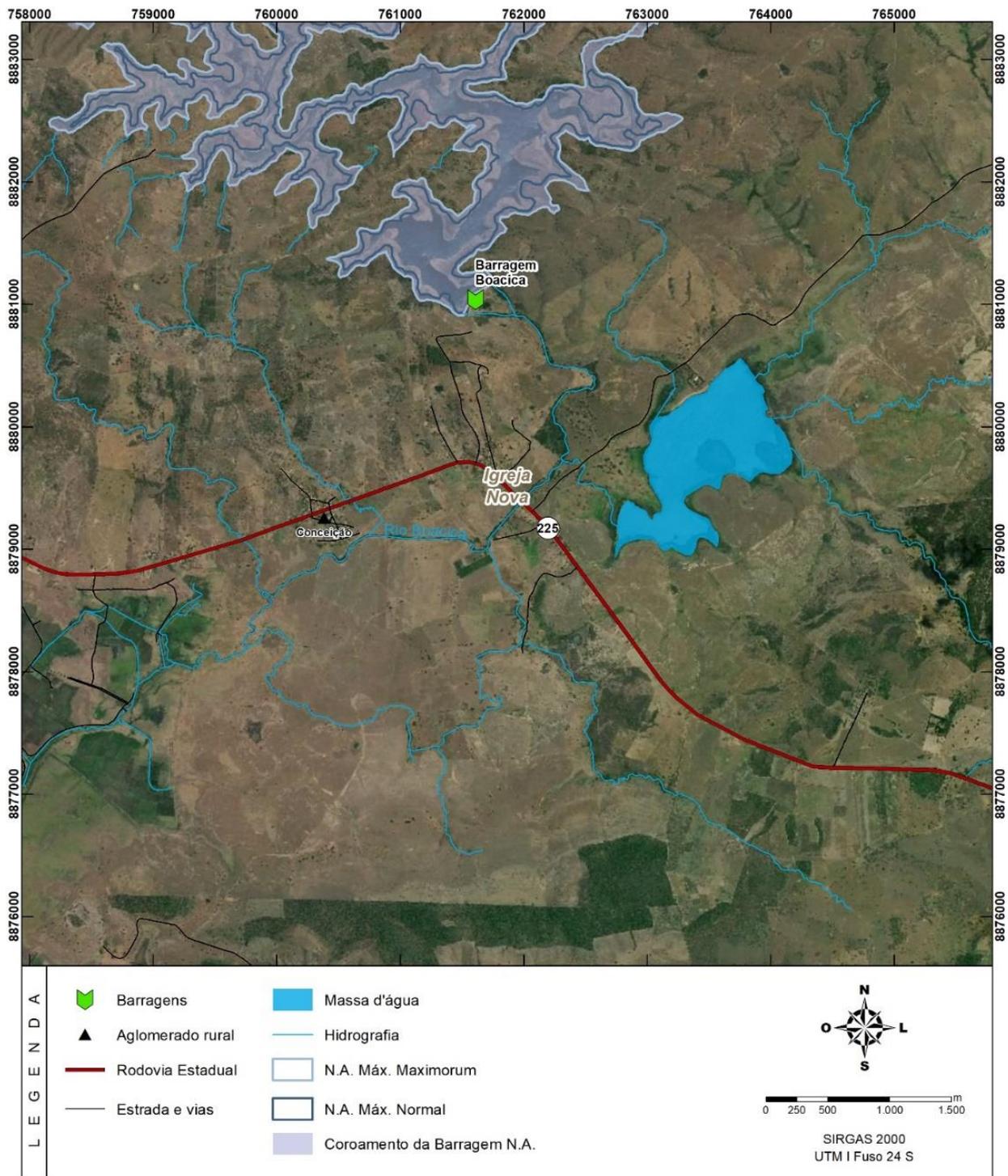
1.4.6. INSTRUMENTAÇÃO

Não há instrumentos instalados na barragem Boacica, sendo que, atualmente, o monitoramento do desempenho das estruturas é realizado de maneira visual, através de inspeções rotineiras anuais. O Volume 4 do Plano de Segurança da barragem Boacica contém o documento 2019y - 1901-BO-0-GE-G00-00-C-32-RT-0001_0, que apresenta o plano de monitoramento e instrumentação da barragem Boacica.

1.4.7. ACESSOS À BARRAGEM

Os aeroportos comerciais mais próximos estão localizados nas cidades de Maceió (AL) e Aracaju (SE). Os acessos à barragem são apresentados na Figura 1.13.

Figura 1.13 – Acessos à Barragem de Boacica



Fonte: RHA, 2021.

Partindo do aeroporto de Maceió, segue-se pela BR-104, sentido Noroeste, por cerca de 1,9 km até o trevo (viaduto) que dá acesso à rodovia BR-101. Ao acessar a BR-101, deve-se seguir em direção a São Miguel dos Campos (AL) e percorrer, aproximadamente, 132 km até o trevo de acesso da cidade de São Sebastião (AL). Neste trevo, deve-se acessar a AL-110 em direção a cidade de Penedo (AL) e seguir por, aproximadamente, 161 km até o acesso a AL-225. Acessando a AL-225, deve-se seguir em direção a cidade de Igreja Nova por cerca de 7,9 km até entrada não pavimentada à direita (Figura 1.14). Pelo trecho de terra, segue-se por cerca de 1600 m até a barragem Boacica.

Figura 1.14 – Acesso à barragem Boacica via Maceió.



Fonte: RHA, 2021.

A outra opção, via Aracaju, é feita pela BR-101, sentido norte, percorrendo-se, desde o aeroporto de Aracaju, 126 km até a cidade Porto Real do Colégio. Desta cidade, segue-se ainda pela BR-101 por, aproximadamente, 12,7 km até a AL-225, estrada que dá acesso as cidades de Igreja Nova e Penedo. Entrando na AL-225, percorre-se, aproximadamente, 6,5 km até Igreja Nova. Passada a área urbana de Igreja Nova, permanece-se na AL-225 rumo a cidade de Penedo por, aproximadamente, 4,1 km até entrada de estrada de terra situada à esquerda (Figura 1.15). Pelo trecho de terra, segue-se por cerca de 1600 m até a barragem Boacica.

Figura 1.15 - Acesso à barragem Boacica via Aracaju.



Fonte: RHA, 2021.

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

A Codevasf está em articulação com os órgãos de proteção e defesa civil municipais e estaduais, de tal forma a promover e operacionalizar os procedimentos emergenciais constantes no PAE da barragem Boacica, 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 Boacica, 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 deve ser composta, no mínimo, por:

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

Para fazer face a 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, retro escavadoras, 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 deverá ser revisado após conclusão dessa etapa.

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

A barragem Boacica possui um encarregado pelo monitoramento diário da barragem e entorno. O encarregado, devidamente treinado pela Codevasf por meio dos treinamentos dispostos no Anexo 1, 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 Boacica 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 Boacica.

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

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

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

Tabela 2.1 – Resumo dos Procedimentos de Identificação

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

Fonte: RHA, 2021.

2.1. CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES

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

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

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

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

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

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

Tabela 2.2 - Níveis de Resposta com Respectivas Caracterizações

Níveis de Resposta	Caracterização
NÍVEL DE RESPOSTA 0 (NR-0) – NORMAL (Verde)	Quando as anomalias ou a ação de eventos externos à barragem não comprometem a segurança da barragem, mas devem ser controladas e monitoradas ao longo do tempo.
NÍVEL DE RESPOSTA 1 (NR-1) – ATENÇÃO (Amarelo)	Quando as anomalias ou a ação de eventos externos à barragem não comprometerem 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 Boacica não possui sistema de instrumentação para monitoramento e controle de estabilidade, apenas monitoramento visual conforme apresentado no item anterior. No entanto, a Codevasf está implementando o sistema indicado na última Revisão Periódica de Segurança de Barragem, Volume 4 do PSB de Boacica.

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

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

A Tabela 2.3 apresenta a classificação das possíveis situações anômalas na barragem e estruturas associadas por meio de indicadores quantitativos, assim como os eventuais procedimentos corretivos para cada situação apresentada. Somente a situação de cheias pode ser avaliada de forma quantitativa, em que os dados foram obtidos da RPSB, que corresponde ao Volume 4 da PSB.

Para as situações classificadas em NR-3, o Anexo 7 apresentam 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, quantos os procedimentos preventivos e corretivos.

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

Situação Anômala	Cenários possíveis	Indicador	NR
		NA = Nível de Água (m) PLU = Precipitação (mm/dia) Bacia da Barragem Boacica	
Cheias	Operação normal	NA < NMN (El.36,1 m)	0
	Vertimento projetado	(El.42,9 m) NMM > NA > NMN (El.36,1 m) E PLU < TR100 = 148 mm	1
		(El.42,9 m) NMM > NA > NMN (El.36,1 m) E PLU < TR1000 = 191 mm	2
	Vertimento acima do projetado com Risco de Galgamento	NA > NMM (El.42,9 m) OU (El.42,9 m) NMM > NA > NMN (El.36,1 m) E PLU > TR10000 = 235 mm	Ficha nº 01

Fonte: Adaptado de PSB - Volume 4, 2019.

A Tabela 2.4 apresenta a classificação das possíveis situações anômalas na barragem e estruturas associadas em Níveis de Resposta por meio de indicadores qualitativos.

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

Inspeção visual	Situação Anômala	Eventuais medidas de intervenção	Cenários possíveis	NR
Tomada de água / descarga de fundo	Deterioração das paredes da galeria;	Intervenções de impermeabilização do concreto e/ou juntas da galeria;	Instabilidade estrutural da galeria;	1
	Deterioração do conduto; e	Reforço estrutural da galeria;	Perda de estanqueidade da galeria; e	
	Erosão, fissuras, fendas no concreto, passagens de água.	Substituição dos trechos danificados; e	Erosão interna.	
			Observação.	
	Falha dos órgãos extravasores ou de equipamento de operação	Manutenção;	Impossibilidade de manobra ou de esvaziamento do reservatório (fora da época de cheias)	1
		Reparos; e	Impossibilidade de manobra ou de esvaziamento do reservatório (época de cheias)	2
		Observação.		

Inspeção visual	Situação Anômala	Eventuais medidas de intervenção	Cenários possíveis	NR
			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 materiais/obturação.	Intervenções de reabilitação e de limpeza / reposição das condições de escoamento; Reforço estrutural; e Observação.	Alterações químicas do concreto;	0
			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	Perda de borda livre; e Erosão interna;	1
			Danos estruturais à barragem e estruturas associadas	2

Inspeção visual	Situação Anômala	Eventuais medidas de intervenção	Cenários possíveis	NR
		drenagem a jusante, obras de impermeabilização a montante, etc.); e Reforço da observação.	<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
			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 da 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	

Inspeção visual	Situação Anômala	Eventuais medidas de intervenção	Cenários possíveis	NR
	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 da qualidade da água; e Possibilidade de poluição do ar ou do solo.	1
	Cheias	Rebaixamento do nível de água no reservatório; e Observação.	Inundação a jusante; e Galgamento.	Ver Tabela 2.3
Geral	Ação criminosa: sabotagem, ameaça de bomba e atos de guerra.	Contactar autoridades competentes; Reparos; Manter órgãos extravasores abertos; e Observação.	Impossibilidade de manobra ou de esvaziamento do reservatório; Perda de borda livre; Danos à barragem e estruturas associadas	2
			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	

Inspeção visual	Situação Anômala	Eventuais medidas de intervenção	Cenários possíveis	NR
	Sismos	Inspeções na barragem e estruturas associadas.	Impossibilidade de notificação e de alerta (época de cheias)	2
			Danos à barragem e estruturas associadas	2
			Galgamento iminente ou ocorrendo	Ficha nº 01
			Ruptura da Barragem ocorrendo / ocorreu devido ao galgamento	Ficha nº 09
			Instabilização da estrutura.	Ficha nº 08
			Ruptura da Barragem ocorrendo / ocorreu devido à instabilidade gerada pela Sismicidade	Ficha nº 10

Fonte: Adaptado de ANA, 2016.

2.2. AÇÕES ESPERADAS

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

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

2.2.1. NÍVEL VERDE

Corresponde à etapa em que os serviços rotineiros estão **NORMAIS**, não existindo risco à segurança das estruturas dos barramentos nem ao sistema operacional das barragens. Deverão ser seguidos os procedimentos de rotina conforme POMM – Plano de Operação Manutenção e Monitoramento.

2.2.2. NÍVEL AMARELO

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

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

- Informar a situação às unidades internas: O Coordenador do PAE (Supervisor Regional) assim que confirmar a situação de atenção, deverá informar o fato, no prazo de 30 dias, ao Empreendedor (Codevasf) e ao Coordenador Geral (Superintendente 5ªSR), 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 5ªSR) 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 afluyente 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 5ªSR), 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 5ªSR) deverá atualizar a planilha de prioridade e verificar a disponibilidade dos recursos orçamentários e extraordinários necessários. O Coordenador Geral (Superintendente 5ªSR) deverá analisar a necessidade de aumento na frequência do monitoramento hidrológico ou estrutural. O Coordenador Geral (Superintendente 5ªSR) deverá adotar a seguinte medida:

- Informar a situação às unidades externas especializadas: O Coordenador Geral deverá comunicar o estado da barragem e as condições de risco, bem como as medidas a serem adotadas as unidades externas especializadas: SEMARH-AL (entidade fiscalizadora), Defesas Cíveis Estaduais (Alagoas e Sergipe) e Prefeituras Municipais. O contato dos responsáveis consta no Capítulo 1.

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

2.2.4. NÍVEL VERMELHO

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

As tarefas serão desenvolvidas por todos os participantes deste plano, sendo que a partir da decisão de retirada das populações o comando desta ação deverá passar para a

Coordenação da Defesa Civil dos Estados de Alagoas e Sergipe 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 5ªSR) 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 5ªSR) deverá adotar a seguinte medida:

- Informar a situação às unidades externas especializadas: O Coordenador Geral (Superintendente 5ªSR) deverá comunicar o estado da barragem e as condições de risco, bem como as medidas a serem adotadas nas unidades externas especializadas: SEMARH- AL (entidade fiscalizadora), Defesas Civas Estaduais (Alagoas e Sergipe) e Defesas Civas 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 as 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 Civas Estaduais (Alagoas e Sergipe) e Defesas Civas 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 (SEMARH-AL) 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 notificação 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 para o NR-2 e NR-3; e
- Acionar o Sistema de Proteção e Defesa Civil para o NR-2 e NR-3.

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 (SEMARH-AL e Sistema de Defesa Civil), conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

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 - **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

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 Fluxograma de Notificação que consta na Figura 3.1 (Capítulo 3 – Procedimentos de notificação e sistema de alerta).

3.3. SISTEMA DE ALERTA

O sistema de alerta estabelecido, no caso do PAE, para a ZAS deve constar com sistema 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 estaduais e a as Prefeituras Municipais das cidades afetadas. 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.

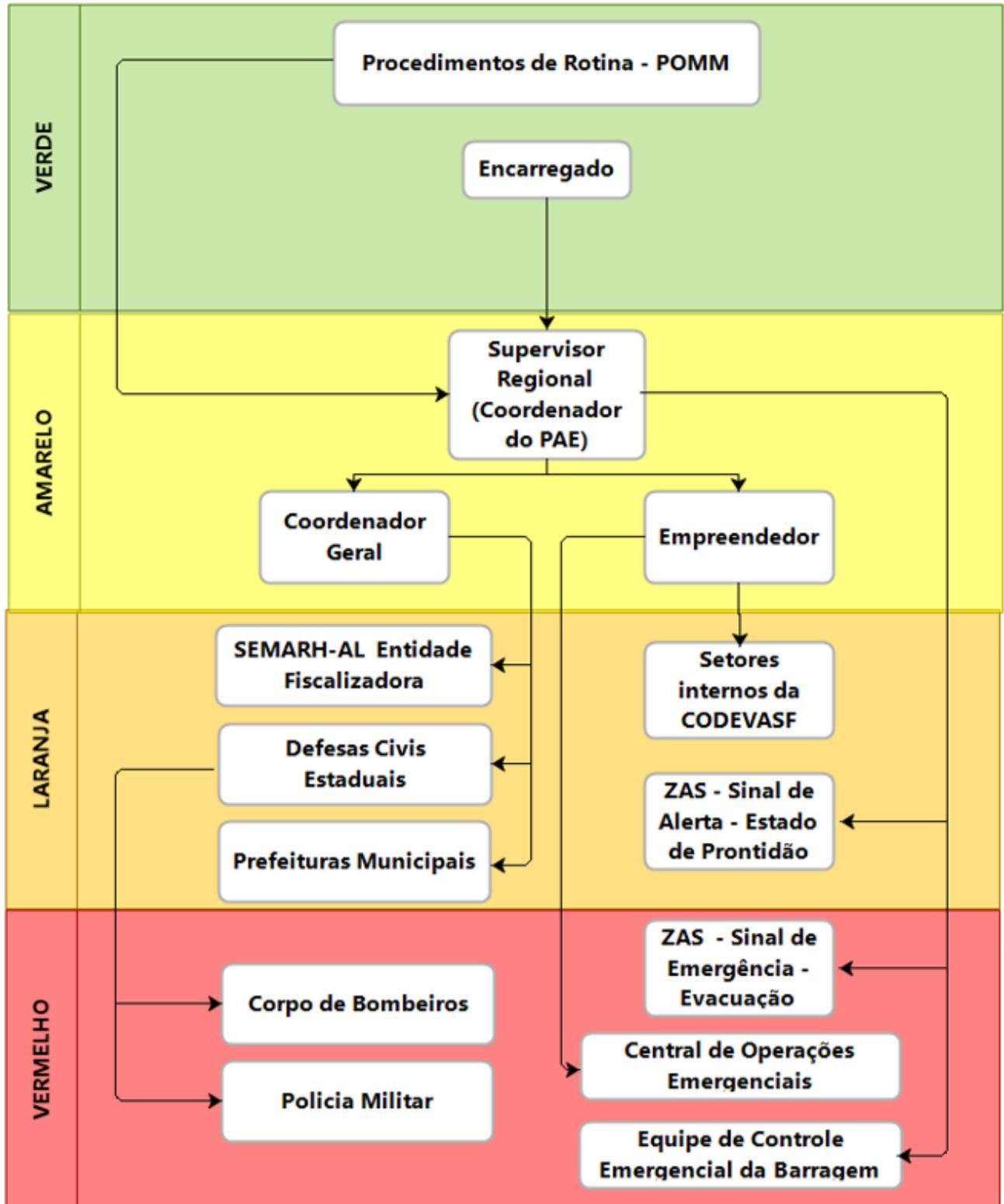
O alerta a população da ZAS consiste em estabelecer estado de prontidão e emergência para o NR-2 e NR-3, respectivamente. Sendo necessário esclarecer a gravidade de cada situação a população da ZAS.

A Lei n.º 12.608, de 10 de abril de 2012, atribuiu aos municípios a elaboração dos seus respectivos Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil. Nos termos técnicos normativos aplicáveis ao tema de barragens, as ações para alerta e comunicação a serem implementadas pela Codevasf se limita à ZAS, pois é apenas nesta área que se presume a impossibilidade de atuação das autoridades públicas de proteção e defesa civil por falta de tempo hábil (art. 3.º, XXIII, da resolução da ANA 236/2017). Assim, para as áreas potencialmente afetadas fora da ZAS, a Codevasf apenas notificará as autoridades.

3.4. FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO

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

Figura 3.1 – Fluxograma de Notificação.



Fonte: RHA, 2019.

Figura 3.2 – Contatos do Fluxograma de Notificação

<p>DEFESA CIVIL <u>ALAGOAS</u> (82) 3315-2843 www.defesacivil.al.gov.br defesacivil@bombeiros.al.gov.br</p> <p><u>SERGIPE</u> (79) 3179-3760 https://www.defesacivil.se.gov.br/ defesacivil@defesacivil.se.gov.br</p> <p>POLICIA MILITAR <u>ALAGOAS</u> (82) 3315-7226 http://www.pm.al.gov.br/ ascom.pmal2@gmail.com</p> <p><u>SERGIPE</u> (79) 3213-0023 http://pm.se.gov.br/ pm5@pm.se.gov.br</p> <p>CORPO DE BOMBEIROS <u>ALAGOAS</u> (82) 3315-2840 http://www.cbm.al.gov.br/</p> <p><u>SERGIPE</u> (79) 3179-3604 https://www.cbm.se.gov.br/</p> <p>PREFEITURAS MUNICIPAIS <u>IGREJA NOVA - AL</u> (82) 3554-1128 http://www.igrejanova.al.gov.br/ gabineteprefeita@igrejanova.al.gov.br</p> <p><u>PENEDO - AL</u> (82) 3551-2727 https://penedo.al.gov.br/ contato@penedo.al.gov.br</p> <p><u>NEÓPOLIS - SE</u> (79) 3344-2914 https://www.neopolis.se.gov.br/</p> <p><u>SANTANA DO SÃO FRANCISCO - SE</u> (79) 3339-1309 https://www.santanadosaofrancisco.se.gov.br</p>	<p>ENTIDADE FISCALIZADORA - SEMARH - AL (82) 3315-2680 http://www.semarh.al.gov.br/ semarh@semarh.al.gov.br</p> <p>EMPREENDEDOR PRESIDENTE Marcelo Andrade Moreira Pinto (61) 98244-6100 marcelo.moreira@codevasf.gov.br</p> <p>COORDENADOR GERAL 5ª/SR - 5ª Superintendência Regional Superintendente James Marlan Ferreira Barbosa (82) 3551-9401 marlan.ferreira@codevasf.gov.br</p> <p>COORDENADOR DO PAE (SUPERVISOR REGIONAL) 5ª/GRD – Gerência Regional de Infraestrutura Gerente Thaise Lima Tojal (082) 3551-9463 thaise.tojal@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 Cíveis Estaduais (Alagoas e Sergipe) e Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais) para promover e operacionalizar os procedimentos emergenciais constantes do PAE;
- Ouvir o Corpo de Bombeiros, Polícia Civil, Defesas Cíveis Estaduais (Alagoas e Sergipe) e Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais) na fase de elaboração do PAE quanto às medidas de segurança e aos procedimentos de evacuação em caso de emergência;
- Realizar, juntamente o Corpo de Bombeiros, Polícia Civil, Defesas Cíveis Estaduais (Alagoas e Sergipe) e Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais), em periodicidade a ser definida pelo órgão fiscalizador (SEMARH - AL), exercício prático de simulação de situação de emergência com a população da área potencialmente afetada por eventual ruptura da barragem;
- Estender os elementos de autoproteção existentes na ZAS aos locais habitados da ZSS nos quais o Corpo de Bombeiros, Polícia Civil, Defesas Cíveis Estaduais (Alagoas e Sergipe) e Defesas Cíveis Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais), não possam atuar tempestivamente em caso de vazamento ou rompimento da barragem;

Ademais, a Codevasf possui as seguintes responsabilidades.

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



Estaduais (Alagoas e Sergipe) 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 Boacica;
- 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 (Alagoas e Sergipe) 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 (Alagoas e Sergipe) e as Defesas Civas Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais).

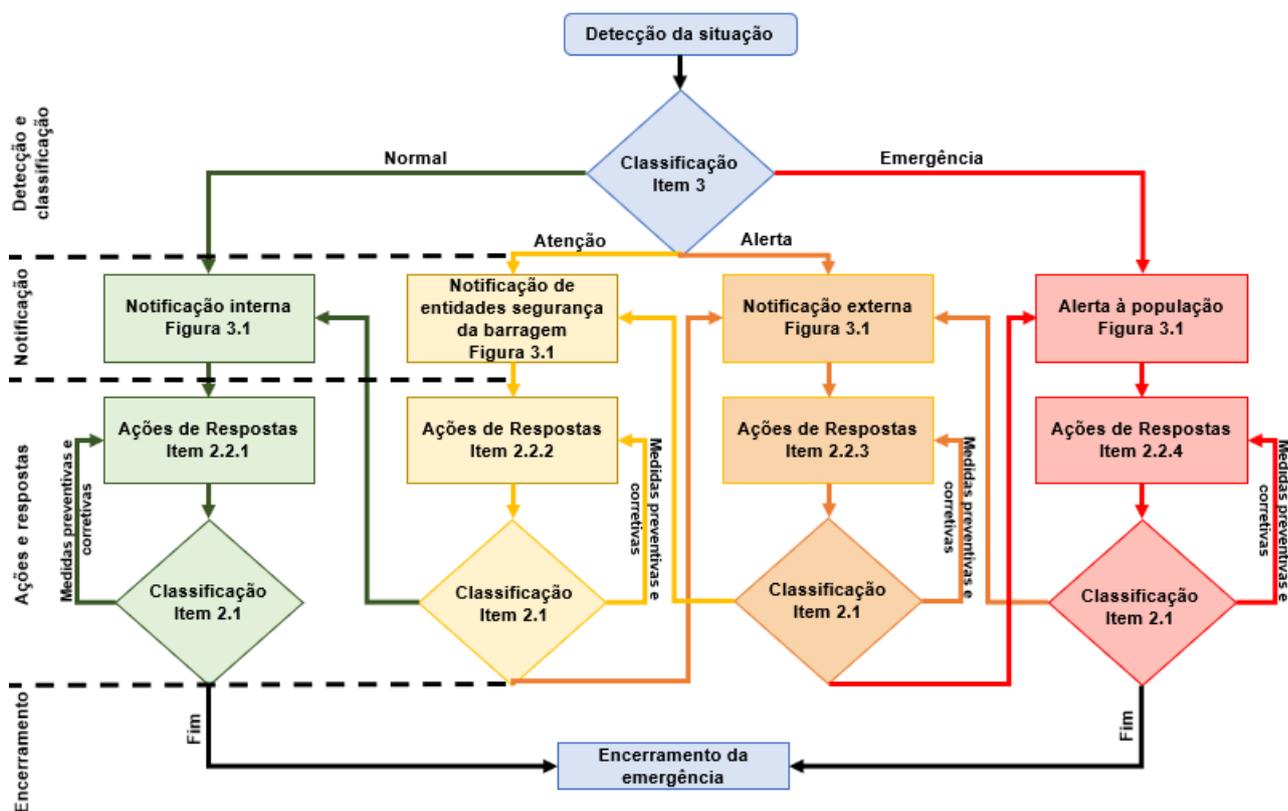
4.2. RESPONSABILIDADES DO COORDENADOR DO PAE

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 Boacica;
- 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 Boacica; e
- Auxiliar na elaboração do relatório de encerramento de eventos de emergência.

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

Figura 4.1 – Ações a Implementar pelo Coordenador PAE



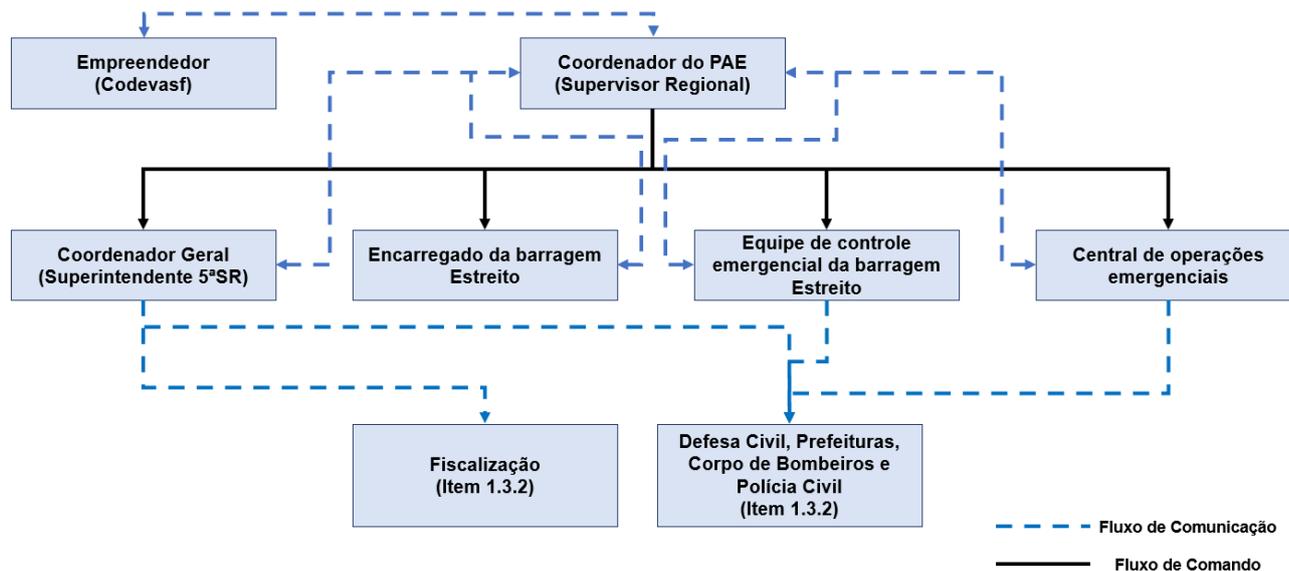
Fonte: adaptado ANA, 2021

4.3. RESPONSABILIDADES E ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE DO PAE

4.3.1. INTRODUÇÃO

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

Figura 4.2 – Organização a nível de Barragem



Fonte: adaptado ANA, 2021

4.3.2. COORDENADOR GERAL

O Coordenador Geral (Superintendente 5ª SR), por delegação da Codevasf, possui as seguintes responsabilidades:

- Estabelecer e manter contato com as Defesas Civas Estaduais (Alagoas e Sergipe) e as Defesas Civas Municipais (na falta dessas, as respectivas Prefeituras Municipais) e a Entidade Fiscalizadora (SEMARH-AL);
- 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 Boacica, 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 Boacica 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 (Alagoas e Sergipe) 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 Boacica 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 (Alagoas e Sergipe) 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 Boacica 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 Boacica 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 Boacica 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 (a largura e a forma final), o tempo de ruptura, bem como a evolução da brecha ao longo do tempo.

A condição hidrodinâmica do rio Boacica 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 (ou seja, 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 deverá incidir entre a seção de início do reservatório da barragem em ruptura, a montante, e uma determinada seção a jusante.

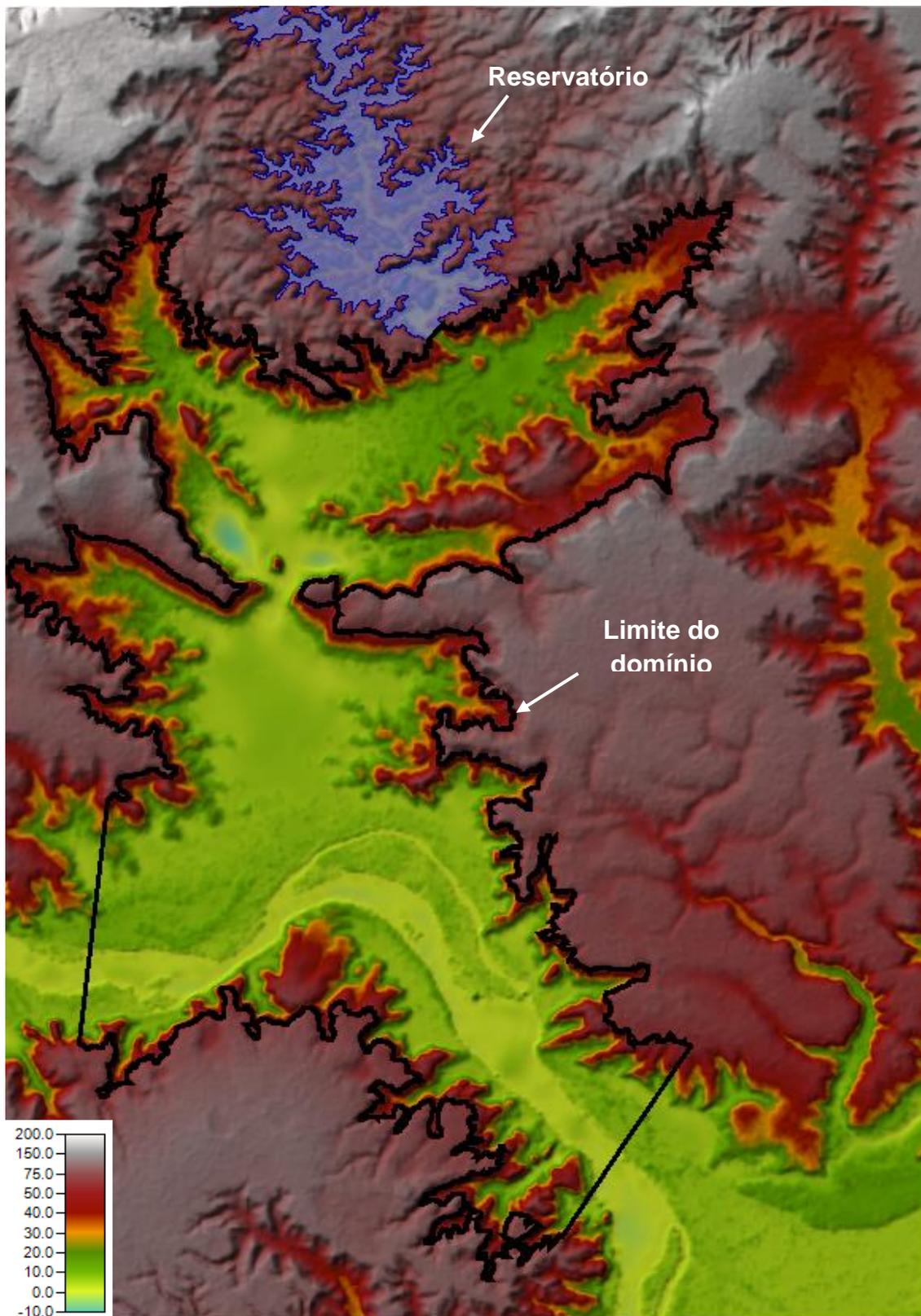
Segundo este documento, os critérios mais adequados para a fixação do limite de jusante são os que se baseiam em fronteiras físicas, ou seja, a foz do rio no oceano, a seção de confluência com outro rio de maior dimensão ou um reservatório a jusante. Também é possível adotar uma seção a partir da qual 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 a ordem de grandeza dos correspondentes a determinadas cheias características.

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

- Como limite de montante para a área de estudo a barragem de Boacica;
- Como limite de jusante para a área de estudo uma seção do rio São Francisco, localizada a aproximadamente 8km da foz do riacho Boacica.

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

Figura 5.1 - Base Cartográfica na região de Interesse



Fonte: PSB – Volume 4, 2019d.

• **CONDIÇÃO DE CONTORNO DE JUSANTE**

As informações de níveis de água de jusante atribuídas ao modelo numérico são provenientes da estação maregráfica de Piaçabuçu (Figura 5.2). Os níveis de água nesta estação foram amarrados à rede do IBGE, como pode ser observado na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Informações estação maregráfica Piaçabuçu-AL amarradas à rede do IBGE

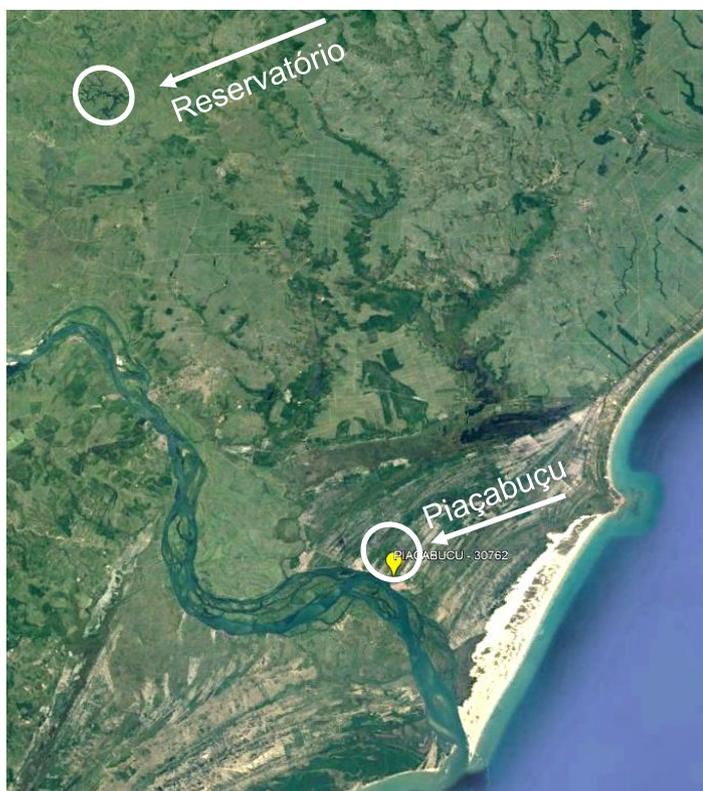
Estação Maregráfica ¹	Referência de Nível em relação ao zero de Imbituba-SC ²	Referência de Nível em relação ao Nível Médio ³	Nível Médio em relação ao zero de Imbituba-SC ⁴	Em relação ao zero de Piaçabuçu - AL	Em relação ao zero de Imbituba ⁵
	Cota altimétrica (m)	Altitude ortométrica (m)	Nível Médio (m)	Zero da Régua (m)	Zero da Régua (m)
Piaçabuçu	3,23	2,90	0,33	4,80	-1,57

NOTAS

- 1 Coordenadas: Latitude (Sul): 10° 24' 02" e Longitude (Oeste): 36° 26' 01" (UTM 8849163 N 781002 E);
- 2 Informação obtida pelo Relatório de Estação Geodésica disponibilizado pelo IBGE, ver ANEXO 2 arquivo d1901-BO-0-GE-G00-00-C-13-RT-0001_0 PSB - VOLUME 4;;
- 3 Ver ANEXO 1 arquivo d1901-BO-0-GE-G00-00-C-13-RT-0001_0 PSB - VOLUME 4;
- 4 Nível Médio = Cota Altimétrica - Altitude Ortométrica = 3.2274-2.9 = 0.3274 m;
- 5 Zero da régua = 4.799-3.2274 = -1.5716 m.

Fonte: PSB – Volume 4, 2019d.

Figura 5.2 – Localização da estação maregráfica Piaçabuçu



Fonte: Google Earth - Modificado, 2019.

• DEFINIÇÃO DO COEFICIENTE DE RUGOSIDADE

Para a reprodução da perda de energia decorrente do atrito do fluxo com os contornos sólidos foi adotada a equação de Manning. Os valores do coeficiente de Manning sugeridos por Chow (1959) para planícies de inundação e canais naturais semelhantes ao observado na região de interesse está indicada na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Valores de coeficiente de rugosidade de Manning (CHOW, 1959)

Tipo de Canal e descrição	Valor do coeficiente (s/m ^{1/3})		
	Mínimo	Normal	Máximo
Planícies limpas, retas, com gramíneas	0,025	0,030	0,033
Igual a anterior, com pedriscos e gramas	0,030	0,035	0,040
Áreas sem cultivo	0,020	0,030	0,040
Cultivos em linha maduros	0,025	0,035	0,045
Campos de cultivo maduros	0,030	0,040	0,050
Arbustos dispersos, muita grama	0,035	0,050	0,070

Fonte: PSB – Volume 4, 2019d.

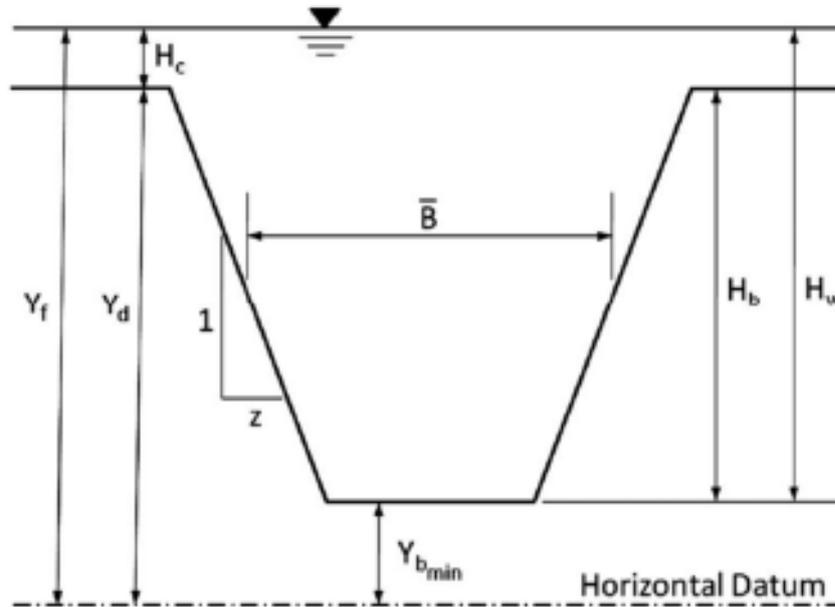
A região a jusante da barragem de Boacica é predominantemente ocupada por plantações e vegetações nativas. Portanto, o coeficiente de rugosidade de Manning único adotado para o rio Boacica para os estudos de ruptura hipotética é igual a 0,060 m^{1/2}s. Este valor está próximo ao limite superior sugerido pela bibliografia, o que resulta em valores conservadores do ponto de vista dos níveis de água obtidos nas simulações.

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 estão descritos na Figura 5.3.



Figura 5.3 - Parâmetros para definição da brecha.



Fonte: PSB – Volume 4, 2019d.

As características da brecha foram determinadas conforme indicado a seguir:

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

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

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

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 - pipping);
- 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 pipping);

Dadas as equações apresentadas, na sequência são apresentadas as características da brecha de ruptura determinadas para a barragem Boacica (Tabela 5.3).

Tabela 5.3 – Descrição das brechas simuladas

Cenário	Tipo de ruptura	Z _{crista} (m)	NA (m)	Z _b (m)	H _b (m)	V _w (hm ³)	K ₀ (-)	z (H:V)	T (h)	B̄ (m)	B _b (m)
5	Pipping	43,5	36,10	20,0	23,5	53	1,0	0,7	1,84	91	74
6	Galgamento	43,5	43,65	20,0	23,5	117	1,3	1,0	2,57	152	128

Fonte: PSB – Volume 4, 2019d.

5.1.3. CRITÉRIOS E CENÁRIOS DE MODELAGEM DA CHEIA DE RUPTURA

O “Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens” comenta 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.

As condições de verificação previstas no Termo de Referência, o qual deu origem ao contrato cujo objeto se constitui na elaboração do presente estudo, apresentadas na Tabela 5.4, serão os cenários a serem simulados.

Tabela 5.4 - Descrição dos cenários simulados.

Cenário	Descrição do cenário	Critério	Vazão afluyente (m ³ /s)	Vazão efluente (m ³ /s)
1	Operação Hidráulica Extrema	TR = 100 anos	537	342
2		TR = 1.000 anos	764	503
3		TR = 10.000 anos	990	670
4	Vertimento máximo (nível de água na El. 43,50 m)	Q = 1307 m ³ /s	1850	1307
5	Ruptura com volume mais provável (Pipping)	QMLT	3,47	5280
6	Ruptura por galgamento	TR = 10.000 anos	990	12191

Fonte: PSB – Volume 4, 2019d.

• 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 Boacica, esses casos sempre resultarão em inundações a jusante iguais ou menores que aquelas que ocorreriam

em caso de inexistência da barragem. Isso ocorre uma vez que o vertedouro é de superfície livre, seu funcionamento é independente de decisões de equipes de operação, o que impede a existência de casos de aberturas abruptas de comportas.

Foram simulados 4 cenários de operações hidráulicas extremas, sendo 3 deles associados a tempos de recorrências específicos e um deles associado ao vertimento máximo possível, ou seja, aquele que ocorreria em caso de nível de água na cota do coroamento da barragem (El. 43,50 m).

• CENÁRIOS DE RUPTURA

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

○ Cenário de Ruptura em Volume Mais Provável

O hidrograma efluente pela brecha encontra-se indicado na Figura 5.4. Para o cenário de ruptura em volume mais provável considerou-se a ruptura por mecanismo estrutural (Piping) ou por percolação que origina o cenário de ruptura em dia de sol – sem influência da precipitação. Neste cenário, foram consideradas as seguintes premissas:

- Vazão afluente correspondente à vazão média de longo termo estimada no estudo hidrológico atual (3,47 m³/s);
- Nível do reservatório no instante inicial correspondente ao nível máximo normal – cota da soleira do vertedouro (El. 36,10 m);
- Nível de água de jusante igual ao nível de água médio da estação maregráfica Piaçabuçu;
- Características da brecha de ruptura conforme Froehlich (2008).

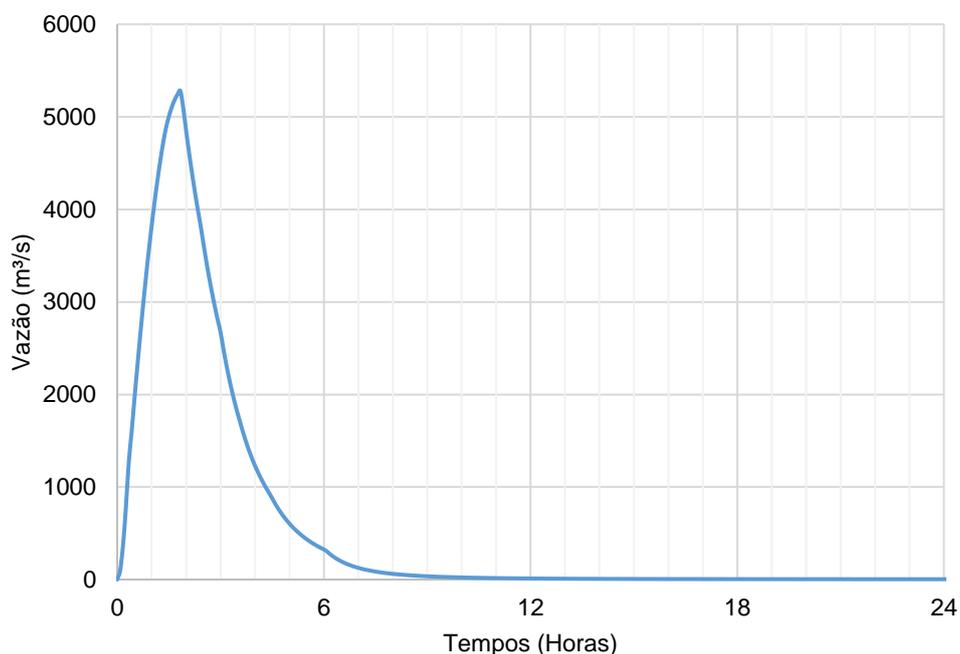
○ Cenário de Ruptura por Galgamento

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

- Vazão afluente correspondente ao pico do hidrograma da cheia decamilenar;
- Nível do reservatório no início da formação da brecha na elevação 43,65 m, ou seja, 0,15 m acima da cota de coroamento da barragem;
- Nível de água de jusante igual ao nível de água médio da estação maregráfica Piaçabuçu;
- Características da brecha de ruptura conforme Froehlich (2008).

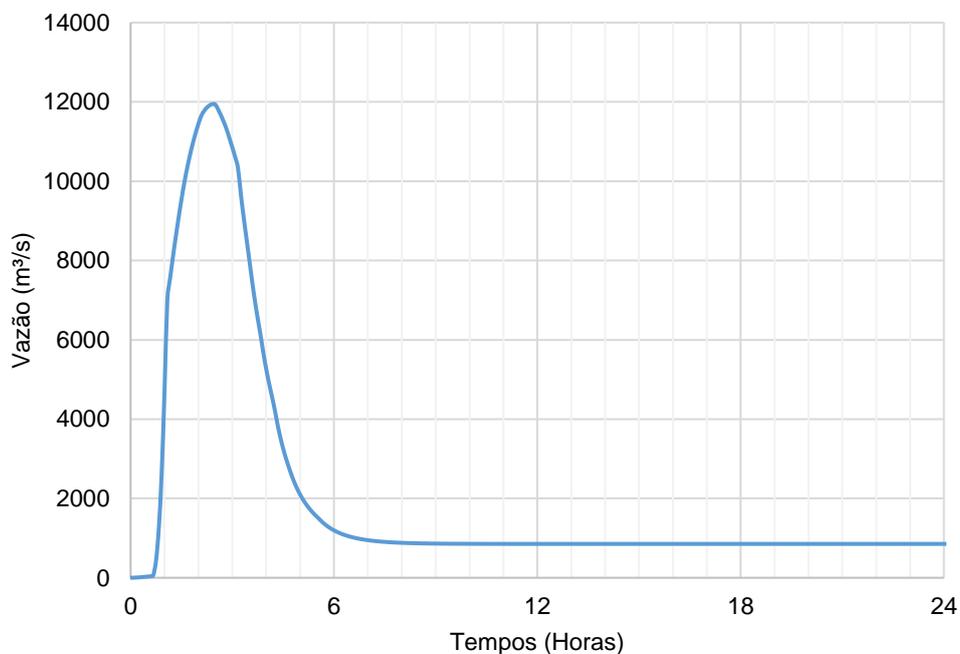


Figura 5.4 - Hidrograma de ruptura por Piping – Barragem Boacica



Fonte: PSB – Volume 4, 2019d.

Figura 5.5 - Hidrograma de ruptura por Galgamento – Barragem Boacica



Fonte: PSB – Volume 4, 2019d.

• CENÁRIOS DETALHADOS A SIMULAR

Estão apresentados de maneira detalhada na Tabela 5.5 os cenários objeto deste estudo hidráulico.

Tabela 5.5 – Descrição detalhada dos cenários a serem simulados

Cenário	Descrição	Vazão		Largura da brecha (m)	Tempo de ruptura	Nível de água no reservatório no início da simulação (m)	Nível de água definido como condição de jusante (m) ⁱⁱⁱ
		Critério	Vazão (m ³ /s)				
1	Operação Hidráulica Extrema	TR = 100 anos	537	N/A	N/A	39,30	0,33
2		TR = 1.000 anos	764	N/A	N/A	40,30	
3		TR = 10.000 anos	990	N/A	N/A	41,00	
4	Vertimento Máximo	Vertimento Máximo Efluente	1307	N/A	N/A	43,50	
5	Ruptura mais provável por mecanismo estrutural (piping)	Média de Longo Termo	3,41	91 m Froehlich (2008)	1,84 horas Froehlich (2008)	36,10 ⁱ	
6	Ruptura extrema por galgamento	TR = 10.000 anos	990	152 m Froehlich (2008)	2,57 horas Froehlich (2008)	43,65 ⁱⁱ	

NOTAS:

ⁱ Cota da crista do Vertedouro;

ⁱⁱ Cota 15 cm acima da crista da Barragem.

ⁱⁱⁱ Conforme definido no item 0.527.1.□□;

N/A: não se aplica.

Fonte: PSB – Volume 4, 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 do rio Boacica, atendendo à recomendação da ANA de apresentar os resultados do cálculo do mapa de inundação com intervalos de pelo menos 1 km nos primeiros cinco quilômetros a jusante da barragem, prosseguindo depois com uma cadência de intervalos maiores, garantindo informação mais detalhada nas zonas singulares, que coincidam com elementos em risco.

Para cada perfil foram coletadas as seguintes informações:

- A velocidade máxima da onda de inundação (m/s);
- A vazão máxima atingida (m³/s);

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

Essas informações são apresentadas de maneira resumida na Tabela 5.6 e na Tabela 5.7. As seções transversais do rio para os cenários simulados estão representadas detalhadamente nos documentos listados a seguir.

Tabela 5.6 – 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):	Vazão máxima (m³/s)	Nível máximo (m):	Duração da onda (h):
Seção 1	0:10	1:50	4.3	5279	25.1	14:45
Seção 2	0:15	1:50	6.1	5269	21.5	8:45
Seção 3	0:30	1:55	2.4	3406	16.8	12:15
Seção 4	0:55	2:45	2.5	3283	15.6	10:45
Seção 5	1:35	2:50	2	3259	12.8	11:00
Seção 6	1:30	3:05	2.1	3214	10.4	0:40
Seção 7	2:00	3:20	1.8	3152	8	9:15
Seção 8 ⁽¹⁾	3:20	5:10	0.5	347	6	-
Seção 9 ⁽¹⁾	3:15	4:45	0.7	1953	5.3	-
Seção 10 ⁽¹⁾	4:35	17:10	1	550	5.2	-
Seção 11 ⁽¹⁾	-	-	0.5	33	5.2	-
Seção 12 ⁽¹⁾	-	-	0.2	6	5.1	-

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

Fonte: PSB – Volume 4, 2019d.

Tabela 5.7 – Características Hidráulicas – Cenário de Ruptura Extrema

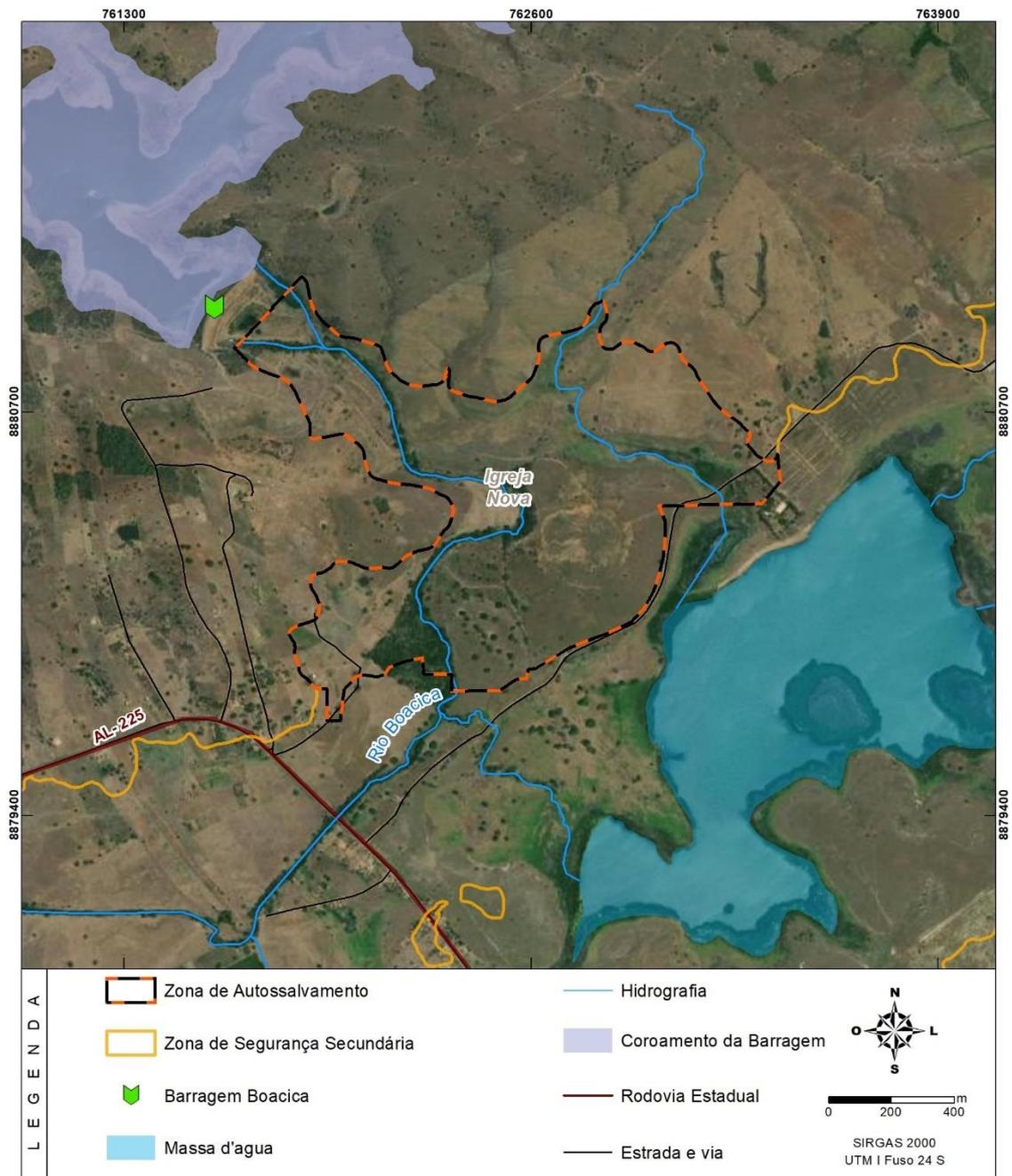
Características Hidráulicas	Tempo de chegada da frente de onda (h):	Tempo de chegada do pico da onda (h)	Velocidade máxima (m):	Vazão máxima (m³/s)	Nível máximo (m):	Duração da onda (h):
Seção 1	0:20	1:50	6.5	12192	28.6	4:45
Seção 2	0:20	1:55	7.8	12193	24.2	4:20
Seção 3	0:45	2:20	3	11551	18.7	4:35
Seção 4	0:50	2:20	3.7	11499	17.5	4:05
Seção 5	0:55	2:25	2.8	11473	14.6	4:15
Seção 6	1:05	2:35	2.5	11412	12.6	4:45
Seção 7	1:20	3:10	2.3	11208	10.8	7:35
Seção 8	2:00	3:45	0.3	904	10.3	7:45
Seção 9	2:10	3:55	1.3	8498	10.1	7:35
Seção 10	2:30	4:10	2.6	7113	9.7	7:10
Seção 11	3:45	5:25	0.9	5579	8.9	5:30
Seção 12	4:15	5:50	0.8	4927	8.7	4:40

Fonte: PSB – Volume 4, 2019d.

5.2. DELIMITAÇÃO DAS ZONAS DE AUTOSSALVAMENTO E SEGURANÇA SECUNDÁRIA

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

Figura 5.6 – Zona de Autossalvamento (ZAS)

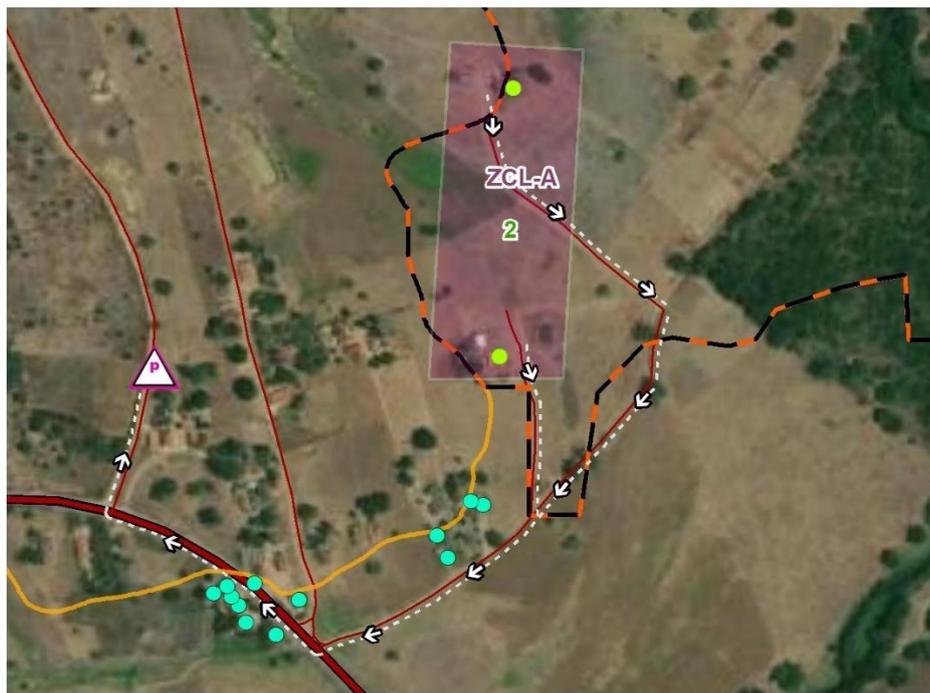


Fonte: PSB – Volume 4, 2019d.

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 8. A Figura 5.7 exemplifica a representação adotada no Mapa da ZAS (Anexo 9), enquanto que a Tabela 5.8 relaciona as ZCLs com seus respectivos PEs.

Figura 5.7 – Exemplo de representação utilizado no Mapa da ZAS



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

Fonte: RHA, 2021.

Tabela 5.8 – Resumo das ZCLs e PEs adotadas no Mapa da ZAS

Cód. ZCL	Nº Edif. ZCL	Cód. PE
ZCL-A	2	PE-A

Fonte: RHA, 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 Boacica, os quais incluem:

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

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

As metodologias e procedimentos adotados estão apresentados no Anexo 8.

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

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

As estimativas foram então atualizadas para o ano de 2019 por meio da taxa de crescimento populacional estimada pelo IBGE para cada município atingido, disponível no portal Brasil em Síntese/ IBGE Cidades (Tabela 5.9).

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

Tabela 5.9 – Estimativa da População

UF	Município	População 2010	População 2019	Taxa de crescimento calculada	
				Diferença	Taxa (%)
AL	Igreja Nova	23292	24499	1207	5,182
	Penedo	60378	63683	3305	5,474
SE	Propriá	28451	29626	1175	4,130
	Neópolis	18506	18719	213	1,151
	Santana do São Francisco	7038	7780	742	10,543

Fonte: IBGE, 2010.

Tabela 5.10 – Estimativa da População e das Edificações Atingidas pela Mancha de Inundação do Cenário Mais Crítico – Barragem Boacica

UF	Município	Descrição	População Atingida		
			Urbano	Rural	Total
AL	Igreja Nova	População atingida (habitantes)	965	3285	4250
		Edificações Atingidas (unidades)	261	894	1155
	Penedo	População atingida (habitantes)	7	309	316
		Edificações Atingidas (unidades)	2	74	76
SE	Neópolis	População atingida (habitantes)	10	-	10
		Edificações atingidas (unidades)	3	-	3
	Santana do São Francisco	População atingida (habitantes)	8	3	11
		Edificações atingidas (unidades)	2	1	3

Fonte: RHA Engenharia, 2021.

Tabela 5.11 – Levantamento dos Danos na Zona de Autossalvamento e na Zona de Segurança Secundária – Barragem Boacica

Levantamento dos danos		Quantificação					
Tema	Descrição	ZAS		ZSS		Total	
Área do município no recorte de estudo	Igreja Nova (AL)	1,15 km ²	0,27%	68,90 km ²	16,06%	70,05 km ²	16,33%
	Penedo (AL)	-	-	28,83 km ²	4,13%	28,83 km ²	4,13%
	Neópolis (SE)	-	-	4,01 km ²	1,46%	4,01 km ²	1,46%
	Santana do São Francisco (SE)	-	-	8,59 km ²	19,09%	8,59 km ²	19,09%
	Propriá (SE)	-	-	0,04 km ²	0,04%	0,04 km ²	0,04%
	Área total atingida (km²)		1,15 km²		110,37 km²		111,52 km²
População e edificações	População atingida	8 habitantes		4.579 habitantes		4.587 habitantes	
	Edificações - Domicílio	2 unidades		1.235 unidades		1.237 unidades	
	Edificações - Equipamento social	-		2 unidades		2 unidades	
	Edificações - Indústria	-		3 unidades		3 unidades	
	Edificações - Comércio	-		37 unidades		37 unidades	
	Quadras esportivas	-		1 unidade		1 unidade	
	Cemitérios	-		1 unidade		1 unidade	

Levantamento dos danos		Quantificação		
Tema	Descrição	ZAS	ZSS	Total
Sistema viário	Rodovias	-	4 km	4 km
	Estradas	3 km	156 km	159 km
	Vias primárias	-	2 km	2 km
	Vias secundárias	-	5 km	5 km
	Caminhos e trilhas	-	-	-
	Ferrovias	-	-	-
	Total (quilômetros)	3 km	167 km	170 km
Energia e saneamento	Pontes sujeita à danos	-	75 unidades	75 unidades
	Linha de transmissão	-	6 km	6 km
	Estação tratamento de esgoto	-	-	-

Fonte: RHA, 2021.

5.4.2. VULNERABILIDADE SOCIAL NA REGIÃO DA ZAS

A análise da vulnerabilidade social na região da ZAS da barragem Boacica 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.

Casa subíndice é composto pelos indicadores apresentados na Tabela 5.12.

Tabela 5.12 – Indicadores para análise dos subíndices do IVS

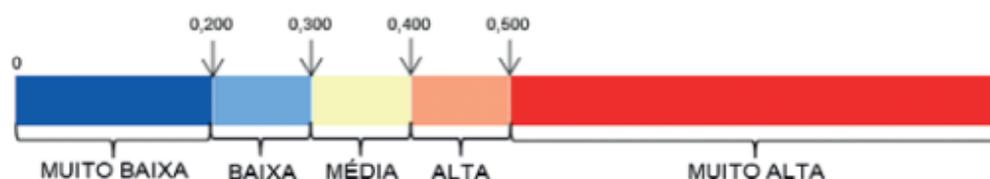
Subíndice	Indicador
Infraestrutura urbana	Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados
	Percentual da população que vive em domicílios urbanos sem serviço de coleta de lixo
	Percentual de pessoas que vivem em domicílios com renda per capita inferior 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
	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
Renda e trabalho	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
	Proporção de pessoas com renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário-mínimo.
	Taxa de desocupação da população de 18 anos ou mais de idade
	Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem fundamental completo e em ocupação informal
	Percentual de pessoas em domicílios com renda per capita inferior a meio salário-mínimo (2010) e dependentes de idosos
	Taxa de atividade das pessoas de 10 a 14 anos de idade

Fonte: IPEA, 2015.

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

A Figura 5.8 apresenta a escala de variação do IVS.

Figura 5.8 – Variação do IVS



Fonte: IPEA, 2015.

A Tabela 5.13 apresenta os IVS para os municípios inseridos na ZAS.

Tabela 5.13 – IVS para os municípios inseridos na ZAS

Município	IVS	Escala
Igreja Nova	0,601	Muita Alta

Fonte: IPEA, 2015.

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



REFERÊNCIAS

- ANA. Guia de Orientação e Formulários do Plano de Ação de Emergência – PAE. Brasília, DF, 2016.
- ANA. Resolução nº 236/2017, de 30 de janeiro de 2017. Seção 1 do D.O.U de 7 de fevereiro de 2017.
- Chow, V. Open-Channel Hydraulics. Auckland: McGraw-Hill Book Company. 1959.
- Codevasf. Plano de Segurança da Barragem Boacica. 2018.
- Themag Engenharia (1986) – Projeto Executivo da Barragem Boacica.
- Froehlich, D. Embankment Dam Breach Parameters. Journal of Hydraulic Engineering 1708-1721. Dezembro, 2008.
- Ministério da Integração Nacional – Secretaria da Infraestrutura Hídrica. Manual de Segurança e Inspeção de Barragens. Brasília, 2002.
- Ministério da Integração Nacional – Secretaria da Infraestrutura Hídrica. Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem. Brasília, 2010.
- Ministério de Integração Nacional. Plano de Ações Estratégicas para Reabilitação de 162 barragens da União. Brasília, 2018.
- Planalto (2010). Lei nº 12.334/2010. Seção 1 do D.O.U de 21 de setembro de 2010.
- Planalto (2012). Lei n.º 12.608/2012. Seção 1 do D.O.U de 11 de abril de 2012.
- Planalto (2012). Lei n.º 14.066/2020, de 30 de setembro de 2012.
- RHA Engenharia (2021). Plano de Segurança da Barragem Boacica.

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.

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

Tipo	Informações
Teste dos Sistemas de Notificação e Alerta	<ul style="list-style-type: none"> • Testar os números de telefone; • Verificar a capacidade dos participantes do PAE de estabelecer e manter as comunicações durante a emergência; • Verificar a capacidade do Coordenador do PAE de mobilizar e ativar a equipe operacional e os meios de resposta à emergência. • Testar a operacionalidade dos meios de alerta e verificar a capacidade de notificar rapidamente a população na ZAS.
Exercício de Nível Interno	<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.
Exercício de Simulação (Treinamento Externo)	<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.

A1.3 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 têm 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 relativa 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 eminência 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 Boacica, 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.

**A2.2 – 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.

A2.3 - 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 abaixo traz a quantificação das edificações atingidas na Zona de Autossalvamento em caso de ruptura da estrutura da barragem Boacica. 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 24 Sul. Para cada edificação, têm-se, também, o risco hidrodinâmico, que consiste no grau de perigo e o tempo de chegada da onda.

Cód. Edificação	Cód. ZCL	Nº de edif. na ZCL	Cód. PE	Tipo	Coord (x)	Coord (y)	Cénario Ruptura Extrema		Localização
							Risco hidrodinâmico (m ² /s)	Tempo chegada onda (h)	
1	A	2	PE-A	Residência	761930	8880056	0,54496	-	ZAS
2	A		PE-A	Residência	761923	8879835	3,54519	0,819444	ZAS

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

Resp. Legal:	PR - Presidência		
Representante:	Marcelo Andrade Moreira Pinto		
Cargo:	Presidente		
Telefone:	(61) 2028 4766	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:	rosendo.junior@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:	emilio.santos@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:	flavio.aragao@Codevasf.gov.br

Resp. Setor Regional:	5ª/SR - 5ª Superintendência Regional		
Representante:	João José Pereira Filho		
Cargo:	Superintendente		
Telefone:	(82) 3551-2265	E-mail:	joao.pereira@Codevasf.gov.br

Resp. Regional:	5ª/GRD – Gerência Regional de Infraestrutura		
Resp. Técnico:	Thaise Lima Tojal		
Cargo:	Gerente		
Formação:			
Telefone:	(082) 3551-9463	E-mail:	thaise.tojal@Codevasf.gov.br

Setor Regional:	5ª/GRD/UIP – Unidade Regional de Estudos e Projeto		
Resp. Técnico:	Vicente De Paulo Ribeiro Carneiro		
Cargo:	Analista de desenvolvimento regional		
Formação:			
Telefone:	(082) 3551-9483	E-mail:	vicente.carneiro@Codevasf.gov.br

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

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

Produto elaborado por meio de contrato N°. 0.039.00/2019 entre Codevasf e empresa RHA Consultoria e Engenharia (RHA), com objeto da consultoria de apoio técnico para gestão de operação e segurança de barragens da Codevasf e PISF.

Codevasf: Coordenação Geral

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

Codevasf: Elaboração Técnica

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

RHA. Representante Legal

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

RHA. Responsável Técnico

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

RHA. EQUIPE DE CHAVE: Elaboração Técnica

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

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

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

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

Mariane Chimite Nossa (MCN). Eng. Civil.

Otávio Maruyama Wogel (OMW). Eng. Civil.

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

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

Nº	Data	Órgão/Setor	Protocolo
1		AD/GEP/USB	
2		Biblioteca Central	
3		5ª/SR	
4		Igreja Nova - AL	
5		Penado - AL	
6		Neópolis - SE	
7		Santana do São Francisco - SE	

A6.2 - Acesso a documentação digital

Versão final no servidor interno da Codevasf: <\\drive\AD.Barragens\PSB\5SR\I.5.1.Boacica>

Servidor Externo: Não há.

A6.3 - REGISTROS DE REVISÕES

Projeto:	Plano de Segurança das Barragens da Codevasf	Brasília, 04/10/2021
Título:	Volume 3 – Plano de Ação Emergencial	
Código: 1912-BO-00-RT-005	Revisão. RHA:	0i

HISTÓRICO DE REVISÕES				
No	Descrição	Prep.	Aprov.	Data
-	EMISSÃO INICIAL	PBS /IMMS	PBS	OUT/21

Elaborador	Verificador	Supervisor	Emissão Inicial	Gerente do Projeto	Resp. Técnico
RHA	PBS	LMC	OUT/21	João Carlos Franco Contin	Laertes Munhoz da Cunha CREA 5124/D-PR
ART Nº	1720214585607				

A6.4 - CONTROLE DE PÁGINAS REVISADAS

Volume VI: Plano de Ação de Emergência da Barragem Boacica

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

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

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						

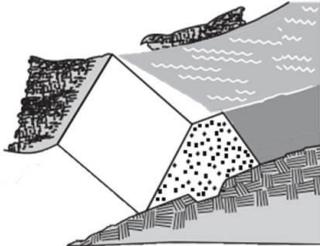
Anexo 5						Anexo 6						Anexo 7															
FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5	FI/Re	0	1	2	3	4	5
a							a							a							f						
b							b							b							g						
n/e							n/e							c							h						
n/e							n/e							d							i						
n/e							n/e							e							j						

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

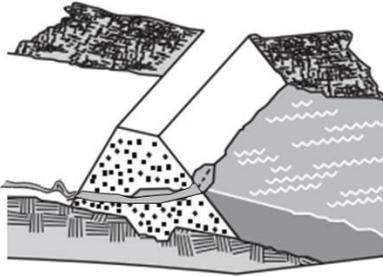
ANEXO 7 – FICHAS DE EMERGÊNCIA – NÍVEL DE RESPOSTA 3

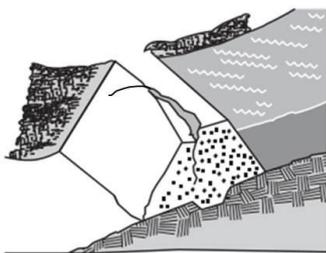
A7.1 RUPTURA IMINENTE¹

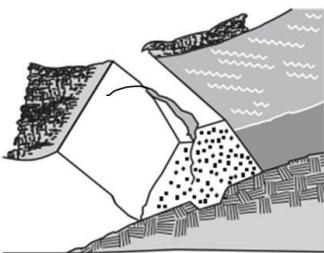
	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 01	
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR- 3	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA			
<p><i>Nível do reservatório próximo ao da cota da crista da barragem. O galgamento da barragem é iminente com potencial evolução para o desenvolvimento de brecha.</i></p>			
CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA		POSSÍVEIS IMPACTOS 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		Inspeções visuais / Informações hidrometeorológicas.	

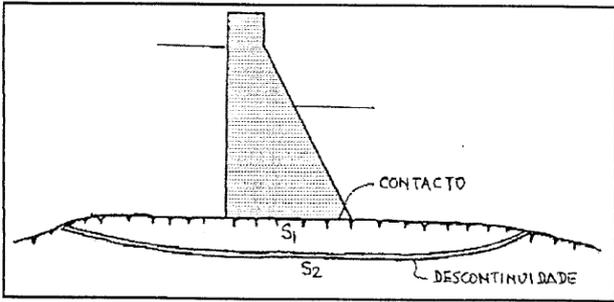
¹ As figuras que são apresentadas como “Croqui Típico da Anomalia” foram obtidas dos seguintes documentos:

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

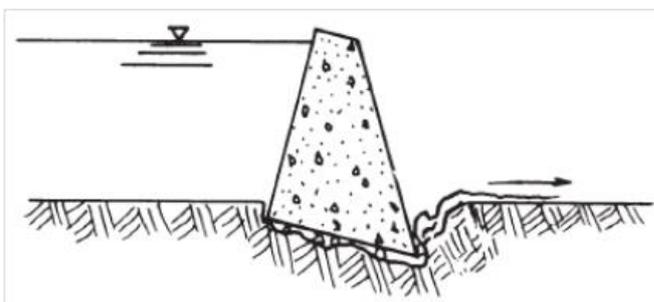
	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 02	
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA			
Erosão interna (piping) com potencial evolução para desenvolvimento de brecha de ruptura. A ruptura é iminente.			
CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA		POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
		<p>Ocorrência de entubamento ou <i>piping</i>. 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.	

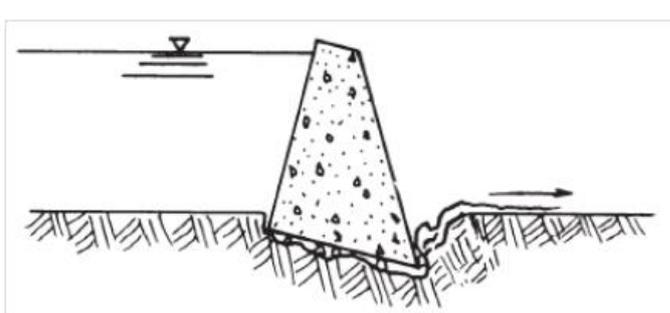
	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 03	
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA			
<i>Instabilização global com potencial evolução para desenvolvimento de brecha de ruptura. A ruptura é iminente</i>			
CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA		POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS	
		Formação de superfície de ruptura no maciço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

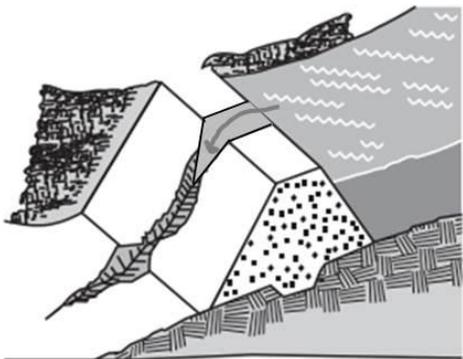
	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 05
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
<i>Presença ou surgimento de plano de deslizamento preferencial no maciço de fundação ou no contato concreto-fundação que afetaram a estabilidade da estrutura de modo severo e a ruptura é iminente.</i>		
ILUSTRAÇÕES TÍPICAS DA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

	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 06
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
<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; Continuação da realização das inspeções das estruturas, onde tais atividades possam ser realizadas de forma segura; Continuação da realização da auscultação da instrumentação e análise dos resultados das leituras, onde tal atividade possa ser realizada de forma segura; Continuação do monitoramento das situações adversas identificadas (fissuração, infiltrações de água, turbidez da água infiltrada, rupturas do concreto, etc.), onde isso possa ser realizado de forma segura; Atualização permanente das informações aos órgãos internos e externos; Acompanhamento das ações dos órgãos externos.</p>		
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Inspeção / avaliação visual	

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

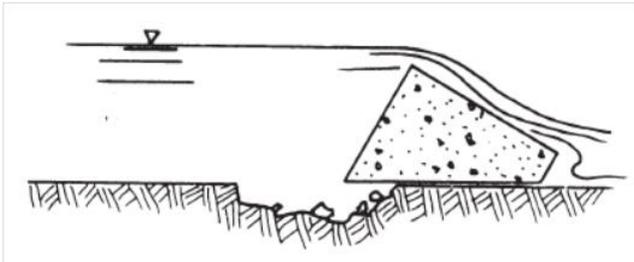
	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 08	
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA			
<p><i>Ocorrência de abalo sísmico nas proximidades ou no local da barragem, tendo-se identificado uma ou mais anomalias não extintas e/ou controladas, que levaram a uma situação adversa que afeta a estrutura de modo severo 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 OCORREU²

	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	

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

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

	FICHA DE EMERGÊNCIA	Nº 10	
	NÍVEL DE RESPOSTA	NR-3	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA			
<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.

O mapa, em escala 1:4.000, está sendo entregue em formato editável de Map Packages (*.mpk), e em formato PORTABLE DOCUMENT FORMAT (.pdf).

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

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

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

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

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

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

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

A8.2 – ZONA DE CONCENTRAÇÃO LOCAL (ZCL)

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

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

A8.3 – PONTOS DE ENCONTRO

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

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

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



Fonte: ANDRADE, SÍLVIO DE (2019).

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

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

A8.4 – ROTAS DE FUGA

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

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

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

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

A8.5 – EDIFICAÇÕES

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

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

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

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

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

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

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

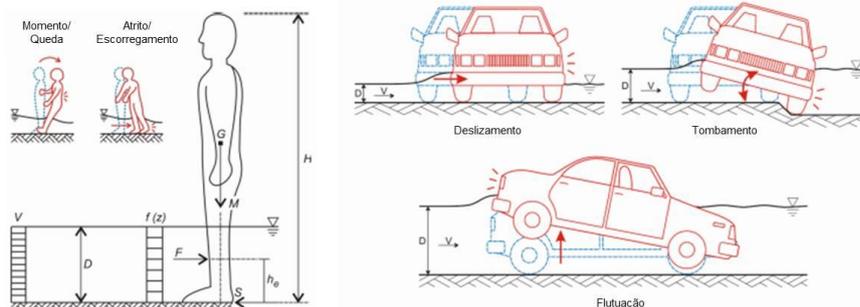
A atribuição das edificações com os valores de risco hidrodinâmico se justifica pela relevância desta informação expressar o nível de perigo para cada edificação mapeada. Neste contexto, é mister expor os conceitos compreendem esta temática.

A8.5.1 – RISCO HIDRODINÂMICO

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

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

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



Fonte: COPEL, 2019.

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

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

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

Fonte: (Viseu et al., 1999).

A8.6 – PONTES DANIFICADAS

Para o mapeamento da pontes danificadas utilizou-se de software de Sistema de Informação Geográfica (GIS) para edição vetorial. Para reconhecimento destas feições, no recorte de estudo (ZAS, ZSS), realizou-se a interpretação de imagens de satélite (World Imagery Basemap – DigitalGlobe), observando as intersecção do sistema viário por corpos d’água.

A8.7 – SISTEMA VIÁRIO E HIDROGRAFIA

O sistema viário foi adquirido em formato vetorial shapefile⁴, através do portal do OpenStreetMap (OSM), Sistema Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

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



O OSM é um projeto de mapeamento colaborativo para produção de dados geo-espaciais abertos, o que permite a atualização constante dos dados. Os dados do IBGE e do DNIT provém de suas plataformas de dados georreferenciados de acesso aberto ao público. Além disso, os dados das vias, estradas e rodovias apresentam escala detalhada, pertinente a representação utilizada no mapa de ZAS.

Para utilização deste dado, foi necessário realizar complementação em algumas vias, de modo que todas as edificações encontradas dentro da ZAS tivessem escoamento viário. Para digitalização vetorial das vias faltantes, utilizou-se de software de Sistema de Informação Geográfica (GIS) e da interpretação de imagens de satélite (World Imagery Basemap – DigitalGlobe).

Além disso, também foi necessária a adequação da classe de vias, conforme a hierarquia viária: (i) rodovia; (ii) estrada; (iii) via primária, e; (iv) via secundária. No mapa de Zona de segurança secundária as vias primárias e secundárias são unidas e denominadas de vias urbanizadas.

A hidrografia foi adquirida através do portal do OpenStreetMap (OSM), sendo necessário realizar complementação dos trechos de cursos d'água faltantes.

Para digitalização dos corpos d'água faltantes, utilizou-se do software de Sistema de Informação Geográfica (GIS) para edição vetorial e da interpretação de imagens de satélite (World Imagery Basemap – DigitalGlobe) e observação da topografia do terreno.

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

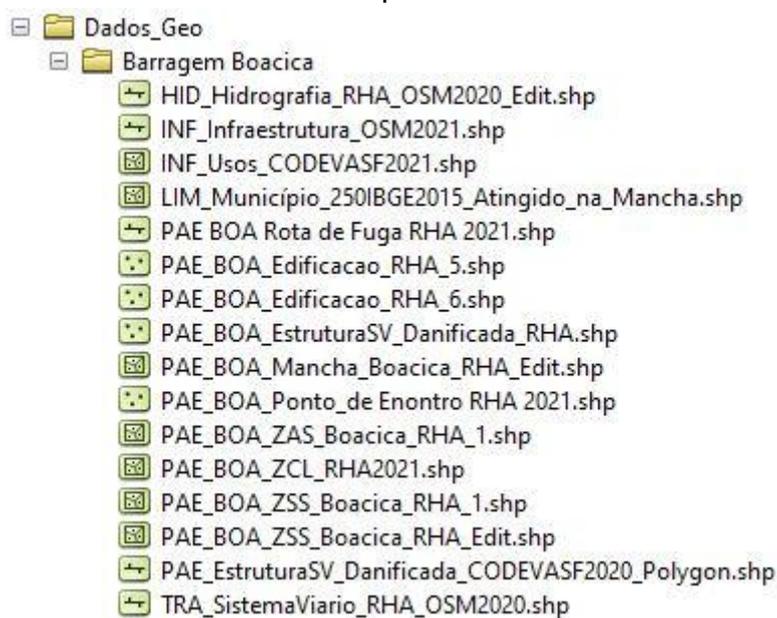
A conversão das informações para o meio digital, sob o formato padrão SIG, requer a utilização de informações espaciais mediante alguns padrões de organização básicos. Sendo assim, estes arquivos precisam: (i) estar organizados em layers; (ii) georreferenciados, e; (iii) em formato editável (vetorial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

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 Boacica.

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 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-BO-0-GE-G00-00-C-13-DE-0001 – BARRAGEM BOACICA – MAPA DE INUNDAÇÃO OPERAÇÃO - PLANTA – OPERAÇÃO HIDRÁULICA – TR = 100 ANOS;
4. 1901-BO-0-GE-G00-00-C-13-DE-0002 – BARRAGEM BOACICA – MAPA DE INUNDAÇÃO OPERAÇÃO - PLANTA – OPERAÇÃO HIDRÁULICA – TR = 1.000 ANOS;
5. 1901-BO-0-GE-G00-00-C-13-DE-0003 – BARRAGEM BOACICA – MAPA DE INUNDAÇÃO OPERAÇÃO - PLANTA – OPERAÇÃO HIDRÁULICA – TR = 10.000 ANOS;
6. 1901-BO-0-GE-G00-00-C-13-DE-0004 – BARRAGEM BOACICA – MAPA DE INUNDAÇÃO OPERAÇÃO - PLANTA – VERTIMENTO MÁXIMO;
7. 1901-BO-0-GE-G00-00-C-13-DE-0005 – BARRAGEM BOACICA – MAPA DE INUNDAÇÃO OPERAÇÃO - PLANTA – RUPTURA MAIS PROVÁVEL;
8. 1901-BO-0-GE-G00-00-C-13-DE-0006 – BARRAGEM BOACICA – MAPA DE INUNDAÇÃO OPERAÇÃO - PLANTA – RUPTURA POR GALGAMENTO.
9. 1901-BO-0-GE-G00-00-C-13-DE-0011 – BARRAGEM BOACICA – MAPA DE INUNDAÇÃO OPERAÇÃO - SEÇÕES TRANSVERSAIS – OPERAÇÃO HIDRÁULICA – TR = 100 ANOS;
10. 1901-BO-0-GE-G00-00-C-13-DE-0012 – BARRAGEM BOACICA – MAPA DE INUNDAÇÃO OPERAÇÃO - SEÇÕES TRANSVERSAIS – OPERAÇÃO HIDRÁULICA – TR = 1.000 ANOS;
11. 1901-BO-0-GE-G00-00-C-13-DE-0013 – BARRAGEM BOACICA – MAPA DE INUNDAÇÃO OPERAÇÃO - SEÇÕES TRANSVERSAIS – OPERAÇÃO HIDRÁULICA – TR = 10.000 ANOS;
12. 1901-BO-0-GE-G00-00-C-13-DE-0014 – BARRAGEM BOACICA – MAPA DE INUNDAÇÃO OPERAÇÃO - SEÇÕES TRANSVERSAIS – VERTIMENTO MÁXIMO;
13. 1901-BO-0-GE-G00-00-C-13-DE-0015 – BARRAGEM BOACICA – MAPA DE INUNDAÇÃO OPERAÇÃO - SEÇÕES TRANSVERSAIS – RUPTURA MAIS PROVÁVEL;
14. 1901-BO-0-GE-G00-00-C-13-DE-0016 – BARRAGEM BOACICA – MAPA DE INUNDAÇÃO OPERAÇÃO - SEÇÕES TRANSVERSAIS – RUPTURA POR GALGAMENTO.