

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Júlia Botan Airoidi

**Análise da Evolução e Proposições sobre a Legislação de Segurança de Barragens no
Brasil**

Florianópolis

2022

Júlia Botan Airoidi

**Análise da Evolução e Proposições sobre a Legislação de Segurança de Barragens no
Brasil**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Prof. Patrícia Kazue Uda, Dra.

Coorientador: Felipe Pereira Diniz, MSc.

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra

Airoidi, Júlia Botan

Análise da Evolução e Proposições sobre a Legislação de Segurança de Barragens no Brasil / Júlia Botan Airoidi ; orientadora, Patrícia Kazue Uda, coorientador, Felipe Pereira Diniz, 2022.

111 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Segurança de Barragens. . 3. Ruptura . 4. Legislação. I. Uda, Patrícia Kazue. II. Diniz, Felipe Pereira. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. IV. Título.

Júlia Botan Airoidi

Análise da Evolução e Proposições sobre a Legislação de Segurança de Barragens no Brasil.

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Florianópolis, 01 de agosto de 2022.

Prof. Maria Elisa Magri, Dra.

Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof.a Patrícia Kazue Uda, Dra.

Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Jose Marques Filho, Dr.

Avaliador

Universidade Federal do Paraná

Henrique Lucini Rocha, MSc.

Avaliador

Fractal Engenharia e Sistemas

AGRADECIMENTOS

À minha mãe: que é grande parte de mim – e as vezes oposta –, que me inspira e que é meu exemplo, só tenho a agradecer e retribuir todo amor, carinho e cuidado. Amo você!

À minha avó Maria, que me dá força em pensamento e coração, sem faltar um dia: você me ensinou bondade e paciência, e sua falta me ensina dor e força. Sou eternamente grata, e você será eternamente amada.

À minha vó Lúcia: por ser sempre presente, por tanto cuidado e pelos momentos únicos e especiais. Tenho você sempre no meu coração.

Aos meus dois pais: o que me deu a vida, e o que a vida me deu. Rogério, obrigada pelo apoio emocional, intelectual e por tanto que em pouco tempo você me ensinou. Ricardo, sem você eu não seria muito do que sou, obrigada por aparecer, compreender e permanecer.

À minha irmã, Lu: você é um dos melhores presentes que ganhei e que quero sempre ter perto! Obrigada por ser você e estar comigo.

Marina: sua companhia torna a vida mais leve e sou feliz por poder contar com teu apoio e amor. Te amo.

Aos meus amigos da faculdade Amanda, Camilla, Eduarda, Laura, Letícia, Maria Eduarda, Neto e Nikollas: entramos juntos e não saímos os mesmos. E é lindo acompanhar nossa evolução. Ter vocês pra compartilhar momentos fizeram a cidade nova e graduação serem mais tranquilas. Vocês são, pra mim, sinônimo de lar.

Às minhas amigas Giovanna, Júlia e Larissa: agradeço o apoio de sempre. Levo vocês pra vida.

Aos meus roomies, Júlio e Miriã: vocês alegram dias inalegráveis, obrigada por serem surpresa na vida.

Aos meus colegas de primeiro estágio, na CASAN: agradeço o conhecimento, a experiência e a disponibilidade compartilhados, que foram essenciais para minha formação intelectual e profissional.

Aos meus colegas da Fractal Engenharia e Sistemas: agradeço a oportunidade dada de me desenvolver e as trocas diárias. Muito dos ensinamentos de cada um se faz presente nesse estudo!

Aos meus orientadores, Felipe e Patrícia: obrigada por todo conhecimento compartilhado, pela paciência e didática ao ensinar e sugestões sempre válidas. Vocês tornaram esse trabalho muito melhor!

Aos componentes da banca, agradeço a disponibilidade para avaliação e interesse pelo meu estudo!

Agradeço, por fim, todos os professores e colegas da UFSC que contribuíram com minha formação acadêmica e profissional.

RESUMO

Em 2010 uma significativa mudança ocorreu na legislação brasileira: foi aprovada a primeira lei da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Entretanto, uma década mais tarde, ainda são identificadas pelo Relatório de Segurança de Barragens de 2020, da Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA), 122 barragens apontadas por órgãos fiscalizadores com algum comprometimento estrutural importante, das quais, 63 são pelo seu mau estado de conservação. Ainda, órgãos fiscalizadores registraram, no ano de 2020, 44 acidentes – caso em que há a liberação incontrolável do fluido presente no reservatório, ocasionado pelo colapso parcial ou total da barragem ou estruturas adjacentes- e 95 incidentes – qualquer ocorrência na estrutura, que se não controlada, pode causar um acidente. O presente trabalho visou expor e analisar a evolução da legislação brasileira de segurança de barragens, relacionando-a com determinados marcos que engatilharam suas alterações. Para isso, por meio da revisão bibliográfica, fez-se um levantamento dos principais acidentes relacionados aos desastres ocasionados por ruptura de barragens no país; foi realizada a revisão das principais legislações nacionais e internacionais, no âmbito de segurança de barragens; e, através do compilado dessas informações, foi feita a análise crítica para proposição de melhorias em lacunas encontradas na legislação vigente. No decorrer do estudo, percebem-se a carência nas estruturas dos órgãos fiscalizadores e defesas civis, a falta de ações preventivas e a prorrogável formalização da legislação, que desampararam ecossistemas e contribuíram para o surgimento de vítimas de graves acidentes no país.

Palavras-chave: Segurança de Barragens. Ruptura. Acidentes. Legislação. Brasil.

ABSTRACT

In 2010, a significant change happened in Brazilian legislation: the first law of the National Policy on Dam Safety was approved. Fiscal agencies identify 122 dams with some structural problems, and 63 of them are in their poor conservation state. In addition, fiscal agencies recorded, in 2020, 44 accidents – in case of uncontrollable release of the fluid in the reservoir, the dam's collapse or partial collapse – and 95 incidents – any occurrence in the structure that, if not controlled, can cause an accident. This work aimed to explore and analyze the evolution of the Brazilian legislation on dam safety, linked with some milestones that triggered the changes. For this, through the literature review, a survey of the accidents related to the major disasters caused by dam breaks in the country was made; a review of the main national and international legislation for dam safety; and, a compilation of this information, a critical analysis was carried out to propose improvements in gaps found in the current legislation. In the course of the study, the lack of fiscal agencies and civil defense was observed, the lack of preventive actions, and the extendable update of legislation that abandoned ecosystems and contributed to accidents to the victims' emergence of severe accidents in the country.

Keywords: Dam Safety. Break. Accidents. Legislation. Brazil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema do barramento e estruturas associadas.	20
Figura 2. Métodos construtivos para barragens de rejeito.....	21
Figura 3. Fluxograma do sistema de fiscalização de barragens.	22
Figura 4. Galgamento na Barragem.	23
Figura 5. Formação de piping.....	24
Figura 6 - Esquematização da estratégia de pesquisa.....	76
Figura 7. Linha do tempo integrada entre rompimentos de barragens e surgimento de legislações.....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Exposição dos principais acidentes em barragens brasileiras de 2001 até 2021.....	27
Tabela 2. Matriz de classificação das barragens da ANA em 2012.....	33
Tabela 3. Matriz de classificação das barragens da ANA em 2017.....	33
Tabela 4. Matriz de classificação das barragens da ANA em 2022.....	35
Tabela 5. Matriz de classificação das barragens da ANM em 2012.....	37
Tabela 6. Níveis de resposta ANA em 2017.....	49
Tabela 7. Níveis de resposta ANA em 2022.....	51
Tabela 8. Matriz de classificação das barragens da ANEEL.....	71
Tabela 9. Compilado de conteúdo das versões da PNSB.....	88
Tabela 10. Compilado de conteúdo das resoluções da ANA.....	89
Tabela 11. Conteúdo da resolução da ANEEL.....	89
Tabela 12. Compilado de conteúdo das resoluções do CNRH.....	89
Tabela 13. Compilado de conteúdo das resoluções da DNPM/ANM.....	89
Tabela 14. Resumo de Proposições.....	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANM Agência Nacional de Mineração
ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica
ART Anotação de Responsabilidade Técnica
CGH Centrais Geradoras Hidrelétricas
CONPDEC Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil
CRI Classificação por Categoria de Risco
DCE Declaração de Condição de Estabilidade
EIR Extrato de Inspeção Regular
EPE Empresa de Pesquisa Energética
IBAMA Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBRAM Instituto Brasileiro de Mineração
ICOLD International Commission on Large Dams
ISR Inspeções de Segurança Regular
ISE Inspeções de Segurança Especial
Nº Número
PAE Plano de Ação e Emergência
PAEBM Plano de Ação e Emergência para Barragens de Mineração
PCH Pequenas Centrais Hidrelétricas
PL Projeto de Lei
PNPDEC Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
PNSB Política Nacional de Segurança de Barragens
RCCA Relatório de Causas e Consequências do Acidente
RCO Relatório de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM
PSB Plano de Segurança da Barragem
RPSB Revisão Periódica de Segurança de Barragem
SINPDEC Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil
SNISB Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens
UHE Usina Hidrelétrica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVOS	18
1.1.1	Objetivo Geral.....	18
1.1.2	Objetivos Específicos	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	USOS DE BARRAGENS	19
2.2	CAUSAS DE RUPTURA DE BARRAGENS	22
2.3	PRINCIPAIS ACIDENTES COM BARRAGENS NO BRASIL	25
2.4	HISTÓRICO DA LEGISLAÇÃO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS.....	28
2.4.1	APLICABILIDADE DAS NORMAS	29
2.4.2	ESTRUTURAÇÃO DO PSB	31
2.4.3	ESTRUTURAÇÃO DO PAE OU PAEBM	40
2.4.4	ESTRUTURAÇÃO DA ISR	46
2.4.5	ESTRUTURAÇÃO DA RPS	53
2.4.6	IMPLEMENTAÇÃO DO PAE OU PAEBM.....	62
2.4.7	ZONA DE AUTOSSALVAMENTO (ZAS) E ZONA DE SEGURANÇA SECUNDÁRIA (ZSS).....	58
2.4.8	SISTEMAS DE ALARME.....	67
2.4.9	MAPAS E ESTUDO DE INUNDAÇÃO (DAM-BREAK).....	70
2.4.10	PROIBIÇÃO DE MÉTODO DE ALTEAMENTO	74
3	METODOLOGIA.....	75
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	79
4.1	RELAÇÃO ENTRE OS PRINCIPAIS DESASTRES ENVOLVENDO ROMPIMENTOS DE BARRAGENS NO BRASIL E O SURGIMENTO DAS LEGISLAÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGENS	79
4.2	DISCUSSÃO SOBRE AS NORMAS BRASILEIRAS	84

4.2.1	APLICABILIDADE DAS NORMAS: CONSIDERAÇÕES SOBRE A SEGURANÇA DE PEQUENOS BARRAMENTOS.....	84
4.2.2	PROIBIÇÃO DO MÉTODO CONSTRUTIVO DE ALTEAMENTO A MONTANTE.....	86
4.2.3	CONTEÚDO DAS NORMAS BRASILEIRAS E PROPOSIÇÕES.....	88
4.2.3.1	<i>Conteúdo mínimo do PSB, PAE, ISR e RPS.....</i>	91
4.2.3.2	<i>Necessidade de definição da ZAS e ZSS.....</i>	91
4.2.3.3	<i>Necessidade de instruções para implementação do PAE ou PAEBM.....</i>	93
4.2.3.4	<i>Necessidade de exigência de lei de sistema de alarme.....</i>	96
4.2.3.5	<i>Necessidade de conteúdo mínimo para estudos de inundação.....</i>	98
4.2.4	PROPOSIÇÕES.....	100
5	CONCLUSÕES.....	102
	REFERÊNCIAS.....	104

1 INTRODUÇÃO

De acordo a Lei Nº 14.066, de 30 de setembro de 2020, da Política Nacional de Segurança de barragens (PNSB) – Brasil (2020) –, entende-se como barragem qualquer estrutura construída dentro ou fora de um curso permanente ou temporário de água, em talvegue ou em cava exaurida com dique, para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas. E como segurança de barragens - conforme estipulado pela lei Nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a PNSB -, a condição que visa a manter a sua integridade estrutural e operacional e a preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente.

No Brasil, as barragens são de extrema importância para gestão de recursos hídricos – em aspectos de geração hidrelétrica, irrigação, defesa contra inundações, regulação de vazão e abastecimento urbano – e contenção de rejeitos – podendo ser minerais, industriais e nucleares. A matriz energética brasileira, segundo EPE (2021), é composta por 12.6% de energia hidráulica, advinda, portanto, de Usinas Hidrelétricas (UHEs), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) ou Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGHs) e suas respectivas estruturas de barramento. Enquanto a mineração, que está associada à construção de barragens para contenção de rejeitos de extração, tem, conforme IBRAM (2020), uma importante influência no saldo comercial nacional, apresentando um faturamento de R\$ 39 bilhões no segundo trimestre de 2020.

A operação associada ao funcionamento das barragens, entretanto, sem a instrumentalização, o monitoramento e boas práticas necessárias, podem inferir danos socioambientais gravíssimos e até mesmo irreversíveis.

Conforme exposto pelo Relatório de Segurança de Barragens de 2020 da ANA verificou-se a existência de 21.953 barragens cadastradas no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), dispersas por todo território nacional. O abundante número de estruturas ainda reflete em uma grande quantidade, segundo o documento, de 44 acidentes – conforme Brasil (2020), definido pelo comprometimento da integridade estrutural com liberação incontrolável do conteúdo do reservatório, ocasionado pelo colapso parcial ou total da barragem ou de estrutura anexa – e 95 incidentes – também definido em Brasil (2020) como ocorrência que afeta o comportamento da barragem ou de estrutura anexa que, se não controlada, pode causar um acidente –, em 16 estados. A principal causa apontada é o subdimensionamento das estruturas para períodos de chuvas intensas. Esses dados, se

apresentam de forma muito maior que no ano de 2010, quando se instaurava a PNSB. Pelo Relatório de Segurança de Barragens de 2011 – ANA (2011) –, a agência afirma que foram computados 4 acidentes e 4 incidentes relacionados às estruturas.

De fato, há de se levar em consideração da anterior inexistência de um sistema nacional de cadastramento ter gerado uma subnotificação nas denúncias, entretanto, deve-se entender o porquê de eventos adversos continuarem acontecendo em uma grandeza tão expressiva.

Dados quantitativos e qualitativos relacionados aos barramentos no Brasil transparecem a necessidade de uma análise sobre a legislação que visa a garantia da segurança das estruturas. Dessa forma, este trabalho objetiva apresentar uma revisão bibliográfica acerca da legislação de segurança de barragens já existente, por leis federais, alteradas e vigentes, percebendo o histórico de sua evolução e as causas. A partir disso, com base em legislações internacionais consolidadas, serão analisadas possíveis melhorias e propostas aplicações para a legislação vigente.

1.1 OBJETIVOS

Nas seções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos deste TCC.

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar, criticar e propor melhorias à legislação brasileira de segurança de barragens, através da observação de sua evolução.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Relacionar os principais desastres envolvendo rompimentos de barragens no Brasil e o surgimento das legislações de segurança de barragens.
- Fazer uma análise crítica da evolução das legislações brasileiras federais.
- Propor melhorias na legislação brasileira através da comparação com documentos consolidados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 USOS DE BARRAGENS

No Brasil, de acordo com a Agência Nacional de águas e Saneamento Básico (ANA), as barragens podem ter seu uso relacionado ao abastecimento humano, aquicultura, combate às secas, contenção de rejeitos de mineração, contenção de resíduos indústrias, contenção de sedimentos, defesa contra inundações, dessedentação animal, hidrelétrica, industrial, irrigação, navegação, paisagismo, proteção do meio ambiente, recreação e regularização de vazão.

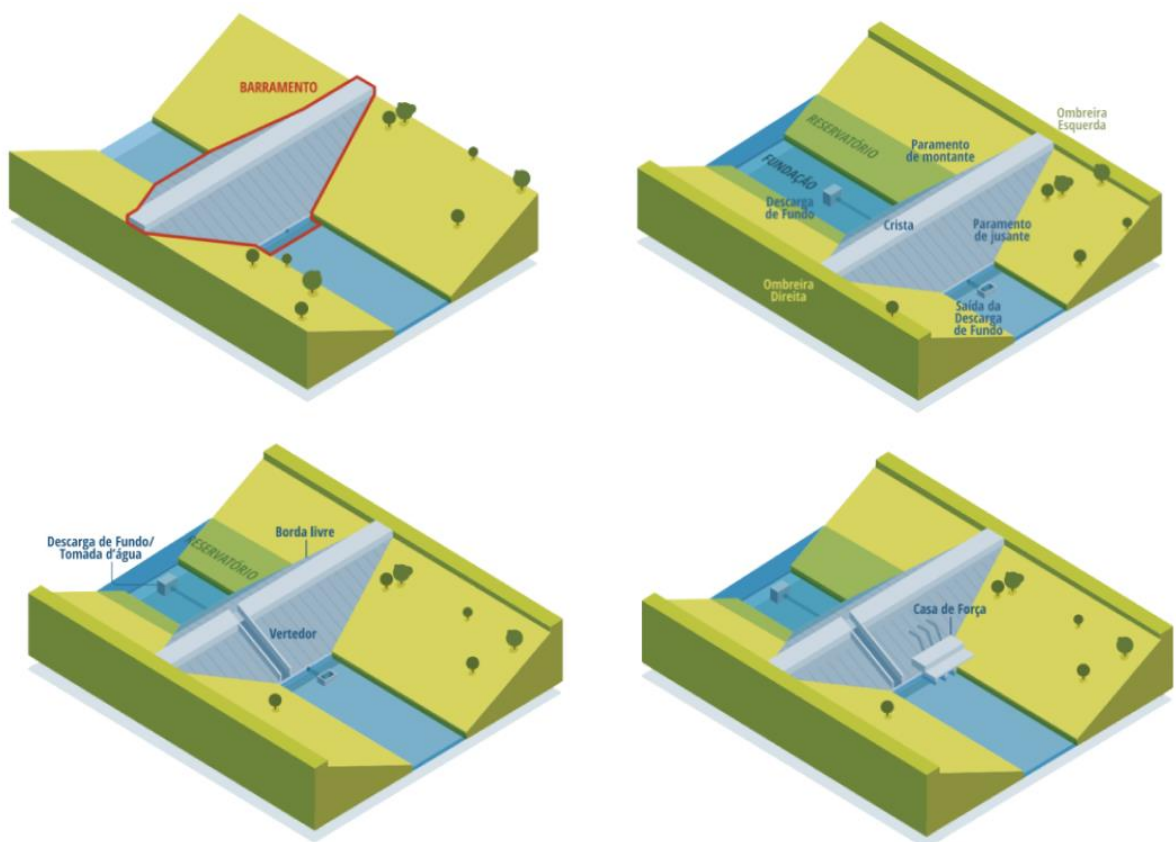
Como conceituado, de acordo com BRASIL (2020), barragem é uma estrutura construída dentro ou fora de um curso permanente ou temporário de água, em talvegue ou em cava exaurida com dique, para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos. Convencionalmente, seus componentes principais, conforme definição dada por ANA (2020) são:

- Reservatório – local contido pela barragem onde são acumulados: água, substância líquida ou mistura de líquidos e sólidos.
- Barramento - estrutura construída transversalmente ao curso de água que, com a fundação e as ombreiras, retém o conteúdo do reservatório. Essa estrutura pode ser executada com diferentes materiais, como aterro (terra, enrocamento, rejeitos), concreto (convencional, ciclópico, compactado com rolo), alvenaria, e outros;
 - Fundação – parte do barramento em contato com o terreno natural;
 - Talude (ou parâmetro) de montante – parte do barramento em contato com o reservatório;
 - Talude (ou parâmetro) de jusante – paramento do lado oposto ao talude de montante, ligeiramente anterior ao curso d'água;
 - Crista (ou coroamento) – topo do barramento, que liga transversalmente as duas margens;
 - Ombreiras – são as zonas das margens em contato direto com o barramento. Vistas por um observador posicionado a montante, a estrutura do lado direito é denominada ombreira direita, da mesma forma que a ombreira esquerda, do lado esquerdo.
 - Vertedouros de superfície – são estruturas extravasoras para a evacuação de cheias.
 - Descargas de fundo – são estruturas para esvaziamento do reservatório, na sua grande maioria, um conduto inserido na fundação da barragem;

- Borda livre - diferença entre a cota do coroamento da barragem e o nível máximo maximorum (nível máximo que se prevê que a água atinja durante uma cheia);
- Tomada d'água – conduto que permite captar a água do reservatório;
- Casa de força – apenas em barragens de aproveitamento hidrelétrico. Estrutura que abriga a turbina, que com a energia da água correndo, gera a energia. Fica localizada no paramento de jusante.

As estruturas podem ser localizadas nos esquemas da Figura 1 abaixo:

Figura 1. Esquema do barramento e estruturas associadas.



Fonte: ANA, 2020.

As barragens de contenção de rejeitos, por sua vez, são construídas à sua própria maneira:

A partir de uma estrutura inicial de contenção denominada dique de partida os rejeitos são lançados para armazenamento, formando um depósito com uma zona denominada praia e outra denominada lagoa de decantação.

A partir do momento em que a capacidade operacional é atingida, é necessário que o dique de partida seja elevado gradualmente, com fim de acumular mais resíduos. Este processo é denominado de alteamento e pode ser executado geralmente de três formas

diferentes, tendo como referência a direção que a crista de alteamento se desenvolve em relação à posição inicial do dique de partida. (ANA, 2020)

Para barragens de contenção de rejeitos, são utilizados diferentes métodos de construção, conforme ANM (2019) podem ser caracterizados como:

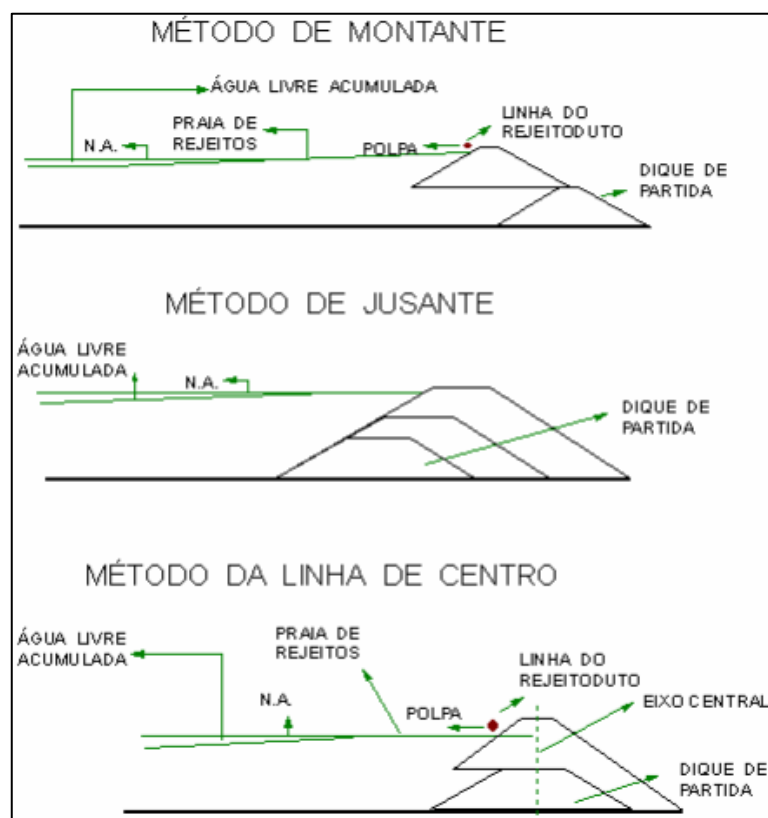
I - Método "a montante": quando os maciços de alteamento se apoiam sobre o próprio rejeito/sedimento previamente lançado e depositado; também se enquadram nessa categoria os maciços formados sobre rejeitos de reservatórios já implantados – atualmente o método é banido em território nacional;

II - Método "a jusante": alteamento para jusante a partir do dique inicial, onde os maciços de alteamento são construídos com material de empréstimo ou com o próprio rejeito;

III - Método "linha de centro": quando os alteamentos têm o eixo da barragem alinhado com o eixo do dique de partida;

Na Figura 2 são apresentados os métodos descritos.

Figura 2. Métodos construtivos para barragens de rejeito.



Fonte: Espósito, 2000 Apud. Duarte, 2008.

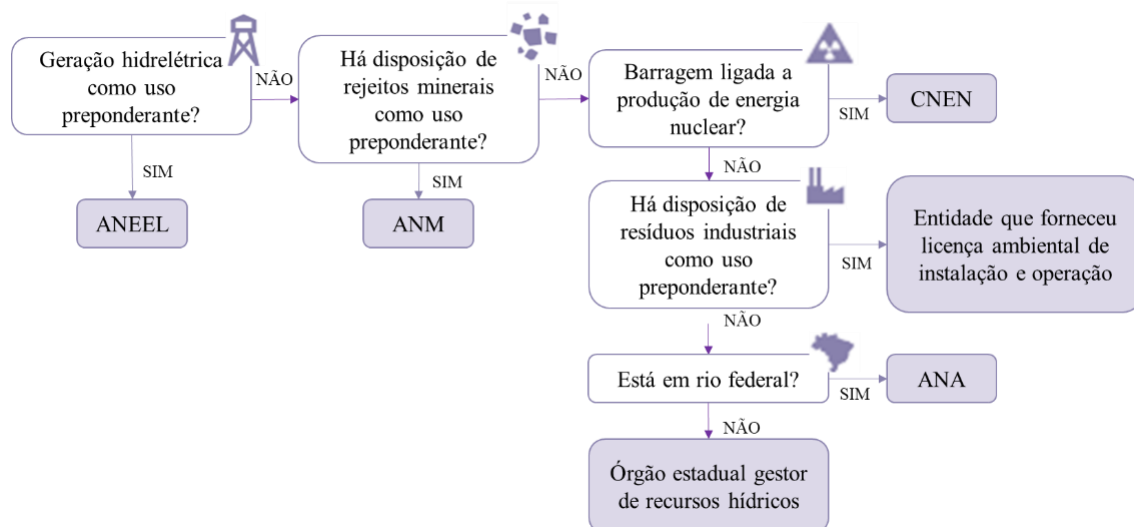
A fiscalização das barragens, conforme definido pela Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 e atualizada pela Lei 14.066, de 30 de setembro de 2020, compete aos órgãos fiscalizadores – que, segundo Brasil (2010), são as autoridades do poder público responsáveis pelas ações de fiscalização da segurança da barragem de sua competência.

Esses agentes encaminham informações para ANA, que é incumbida de compilar anualmente os dados para os Relatórios de Segurança de Barragens e disponibilizar informações no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. Ambos os materiais podem ser acessados por qualquer membro da sociedade civil, no site da Agência.

Antes da promulgação da lei, ANA (2011) aponta que não havia a indicação direta de responsabilidades pela fiscalização das estruturas em âmbito federal. Na época, órgãos ambientais lidavam isoladamente com acidentes, sem uma articulação do poder público para lidar com a segurança de barragens.

Atualmente a estrutura brasileira de fiscalização de barragens segue o esquema expresso na Figura 3.

Figura 3. Fluxograma do sistema de fiscalização de barragens.



Fonte: a autora, adaptado de ANA (2019).

2.2 CAUSAS DE RUPTURA DE BARRAGENS

De acordo com FEMA (2013), barragens estão suscetíveis a falhas por múltiplas causas e podem variar dependendo do tipo de material de sua construção. As estruturas podem falhar por condições: hidrológicas (geralmente envolvendo eventos de chuvas intensas); geológicas (relacionadas a infiltração da água em barragens de aterro ou projeto geotécnico inadequado); estruturais (relacionadas a projeto, execução, materiais ou reparos inadequados,

assim como degradação dos materiais conforme idade), sísmicas (decorrentes de movimentação do solo por sismos) ou humanas (envolvendo projeto, manutenção ou operação inadequados).

Através de análises de publicações da International Commission On Large Dams (ICOLD) – Comissão Internacional de Grandes Barragens, conclui-se que as causas mais frequentes de ruptura são:

- a) a insuficiente capacidade de vazão ou o mau funcionamento dos equipamentos de descarga de cheias (incluindo a deficiente avaliação da vazão de dimensionamento, a incorreta utilização dos critérios de dimensionamento hidráulico e o não funcionamento das comportas), representando cerca de 42% do número total de rupturas de barragens;
- b) as relacionadas com as fundações (percolação, erosão interna), com as erosões localizadas e com o deficiente comportamento estrutural, representando cerca de 23% das rupturas. (RAMOS E MELO, 2006 APUD COLLE 2008)

A primeira causa está diretamente ligada ao Galgamento, que, de acordo com FEMA (2013), é uma falha hidráulica que ocorre quando a água contida no reservatório tem uma elevação além da altura da barragem, ultrapassando sobre a crista, ombreira ou um ponto baixo na borda do reservatório. Ainda conforme a organização, a principal causa desse modo de falha é a inadequação do projeto do vertedouro e capacidade do reservatório subdimensionada para suporte de eventos envolvendo chuvas intensas. Um exemplo ser visto na Figura 4.

Figura 4. Galgamento na Barragem.



Fonte: FEMA (2013).

Enquanto a segunda causa citada, relaciona-se ao fenômeno de *piping*, definido por FEMA (2013) como uma infiltração que passa pelo barramento ou fundação, quando o material é constituído de terra, deixando espaços vazios no solo, por onde a água cria um caminho preferencial, acelerando o processo de erosão. Forma-se, então, uma espécie de tubulação (originando o nome “*piping*”, de “tubulação” traduzido do inglês) com os vazios do solo, atravessando por completo o aterro. Conforme a organização, quando a conexão de tubulação

é formada, é tecnicamente complexo impedir o rompimento da barragem. O mecanismo é esquematizado na Figura 5.

Figura 5. Formação de piping.



Fonte: Ladeira, Esposito e Naghettini (2007).

Para Freire Neto (2009), uma preocupação relevante que deve ser considerada na avaliação da segurança de barragens de rejeitos: a ocorrência de liquefação em rejeitos granulares. Para Casagrande (1975); Castro (1969); Poulos (1981); Terzaghi; Peck; Mesri, (1996) *apud* Souza (2018) a liquefação é um processo que ocorre em solos não coesivos, saturados e em condições de carregamento não drenado. Ao se aplicar um carregamento, a poropressão aumenta, a tensão efetiva existente no material é reduzida a zero e, assim, o material perde praticamente a resistência cisalhante, comportando-se como um líquido viscoso.

Os seguintes gatilhos são potenciais para a ocorrência da liquefação em barragens de rejeitos:

- Aumento das poropressões induzido por uma subida da superfície freática;
- Aumento das poropressões induzido por uma taxa de carregamento excessiva, como por exemplo, devido a um rápido alteamento da barragem;
- Tensões cisalhantes estáticas atuantes ultrapassando a superfície de colapso, levando a uma liquefação espontânea;
- Remoção da camada de suporte posicionada no “pé” da estrutura, promovida por galgamento da barragem ou por qualquer outra situação, aumentando as tensões cisalhantes atuantes;
- Movimento da fundação rápido o suficiente para criar um carregamento não drenado em rejeitos suscetíveis ao colapso espontâneo (DAVIES ET AL., 2002 APUD SOUZA, 2018).

2.3 PRINCIPAIS ACIDENTES COM BARRAGENS NO BRASIL

A documentação de registros de acidentes no país antes da década de 90 era escassa. Conforme Guidicini, Sandroni e Mello (2021), isso se dá porque casos de acidentes somente alcançavam registros em noticiários quando afetaram condições de vida da população ribeirinha ou interromperam vias de comunicação do local, já que um grande número de barragens de pequeno e médio porte foram implementadas sem projeto, em regiões afastadas de centros urbanos, e por vezes, até desprovidas de atividades de operação e manutenção.

Ainda de acordo com os autores no Brasil, a principal fonte de informações sobre acidentes de barragens, historicamente, tem sido a imprensa regional, que mesmo sem detalhes técnicos apurados, elas fornecem quadros e relatos, majoritariamente, fidedignos sobre o alcance dos danos ocasionados pelos desastres.

Pelos dados levantados por Guidicini, Sandroni e Mello (2021), para cerca de 700 grandes barragens – maiores de 15m de altura – construídas até 1990, tem-se o registro de pouco mais de 10 acidentes de barragens. E esse número não reflete a situação real: são apenas os casos que alcançaram a imprensa.

De acordo com ANA (2011), no início da década de 2000 identificam-se eventos significativos que acenderam o sinal de alerta sobre segurança de barragens para a sociedade. As consequências dos eventos são diversas e envolvem comprometimento do abastecimento de água da população, milhões de m³ de água ou rejeito vazados e/ou mortes, são eles: em 2001, o acidente da mineração Rio Verde; em 2002, diversas ocorrências de pequeno porte; em 2003, o acidente com a barragem de resíduos industriais em Cataguases; em 2004, o rompimento da Barragem de Camará, na Paraíba; e em 2009, destaca-se o rompimento de Algodões I, no Piauí, dentre muitos outros.

Guidicini, Sandroni e Mello (2021) apontam que um aumento exponencial de medidas adotadas pelos órgãos governamentais vem acontecendo acerca da segurança das barragens no Brasil, principalmente a partir dos desastres nas barragens do Fundão, em 2015, e do Córrego do Feijão, em 2019.

Paiva (2020) mostra que nos últimos anos o Brasil registrou oito desastres que se destacaram pelo número de fatalidades. Além das já citadas: Rio Verde, Camará, Algodões I, Fundão e B1, são listados também os rompimentos das barragens Santo Antônio do Jari (2014) e Herculano (2014).

Para melhor visualização e comparação, foram compiladas na Tabela 1 informações sobre os mais graves acidentes de rompimento de barragens que aconteceram no Brasil desde o início dos anos 2000, onde em quase todos houve morte de pessoas e muitos prejuízos ambientais, econômicos e sociais que perduram até hoje.

Tabela 1. Exposição dos principais acidentes em barragens brasileiras de 2001 até 2021.

Nome da barragem	Local	Ano do acidente	Uso Principal	Tipo do Material	Método de construção	Altura do barramento (m)	Volume do Reservatório	Modo de Falha da Ruptura	Consequências	Fontes
CI - Rio Verde	Nova Lima - MG	2001	Contenção de rejeitos de Minério de Ferro	Cava Exaurida e barramento de estéreis	Diques alteados sem projeto específico	Sem informação	513.000 m ³	Falha estrutural e falta de manutenção	5 mortes; danos em uma extensão de 5km	(PESSOA, 2008), (ROCHA, 2007) E (ÁVILA ET. AL., 2021)
B - Florestal Cataguases	Cataguases - MG	2003	Contenção de rejeitos da produção de Celulose (Lixívia)	Terra	Convencional	5	Sem informação	Piping	Vazamento de 1,4 bilhão de m ³ resíduos; poluição no rio da pomba e ribeirão do cágado, chegando ao rio Paraíba do Sul (RJ); 39 municípios atingidos; cerca de 600 mil pessoas com o abastecimento de água comprometido	(PESSOA, 2008) E (ÁVILA ET. AL., 2021)
Camará	Alagoa Nova-PB	2004	Abastecimento Humano	Concreto CCR	Convencional	50	26.000.000 m ³	Piping na fundação da barragem	6 mortes; inundação com danos em 4 municípios	(KANJI, 2004), (MARIANO NETO ET. AL., 2016) E (ROCHA, 2007)
São Francisco	Miraf - MG	2007	Contenção de rejeitos da produção de Mineração	Terra	Alteamento a jusante	50	4.000.000 m ³	Galgamento e processo erosivo na ombreira direita do barramento	Vazamento de 2 milhões de m ³ , atingindo 4 municípios	(PESSOA, 2008) E (ÁVILA ET. AL., 2021)
Algodões I	Cocal - PI	2009	Regularização da vazão do rio Pirangí	Terra	Convencional	Sem informação	52.000.000 m ³	Falha estrutural e falta de manutenção	9 mortes; vazamento de 50 milhões de m ³ de água; mais de 90 feridos; 601 famílias atingidas; perda de milhares de animais, plantações e infraestrutura da região	(SOARES; VIANA, 2016) E (SILVA; SALES, 2010)
Santo Antonio do Jari	Laranjal do Jari - AP	2014	Hidrelétrica	Terra	Convencional	Sem informação	Sem informação	Galgamento	4 mortes	(ANA, 2014)
B1 - Mineração Herculano	Itabirito - MG	2014	Contenção de rejeitos de Minério de Ferro	Terra	Alteamento a montante	66	3200000 m ³	Erosão interna	3 mortes; vazamento de 300.000m ³ de lama de rejeitos	(ÁVILA ET. AL., 2021), (ANA, 2014) e (DE PAULO ET. AL., 2020)
Fundão	Mariana - MG	2015	Contenção de rejeitos de Minério de Ferro	Terra	Alteamento a montante	110	54.296.000 m ³	Liquefação	18 mortes confirmadas; 1 desaparecido; vazamento de 34 milhões de m ³ de lama com destruição de 1.469 ha; contaminação e comprometimento do abastecimento de água	(ÁVILA ET. AL., 2021), (IBAMA, 2016) E (ROCHA, 2007)
Barragem I - Córrego do Feijão	Brumadinho - MG	2019	Contenção de rejeitos de Minério de Ferro	Terra	Alteamento a montante	86	11.741.320 m ³	Liquefação	270 mortes; vazamento de 9,7 milhões de m ³ de rejeitos; contaminação e comprometimento do abastecimento de água	(ANA, 2018), (ÁVILA ET. AL., 2021) E (CIMNE, 2021)

Fontes: Indicadas na tabela.

Através do compilado, percebe-se que, dentro do intervalo associado, os acidentes mais frequentes ocorreram em barragens de contenção de rejeitos. Grandes vazamentos, que ganharam bastante atenção da mídia e sociedade (B1 – Herculano, Fundão e Barragem 1 – Córrego do Feijão), foram de barragens de terra construídas através da técnica de alteamento a montante.

As causas dos acidentes são diversas, envolvendo galgamento, piping, erosão, falta de manutenção e falha estrutural, onde nenhuma delas se destaca quantitativamente em relação às outras.

Observa-se que, apesar de menos frequentes, os rompimentos de barragens de água não se isentam do alto potencial de dano com consequências graves, incluindo perda de vidas humanas e de animais.

2.4 HISTÓRICO DA LEGISLAÇÃO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Em âmbito Federal, são vários os órgãos importantes na legislação de segurança de barragens brasileira. Enquanto o Ato do Poder Legislativo legisla para as barragens de forma mais abrangente, órgãos fiscalizadores aplicam suas resoluções e portarias para barragens sob sua jurisdição, são eles: ANA, ANM, ANEEL e DNPM (atual ANM). Ainda, ao CNRH, que compete por zelar e estabelecer diretrizes para implementação da PNSB, cabe a criação de resoluções para barragens, no geral.

Dessa forma foram revisadas as normas:

1. a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 (BRASIL, 2010) - alterada pela lei 14.066/2020;
 2. a Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020 (BRASIL, 2020) - vigente;
 3. a Resolução CNRH nº 143, de 10 de julho de 2012 (CNRH, 2012a) - vigente;
 4. a Resolução CNRH nº 144, de 10 de julho de 2012 (CNRH, 2012b) - alterada pela Resolução CNRH nº 223/2020);
 5. a Resolução CNRH nº 178, de 29 de junho de 2016 (CNRH, 2016) - revogada;
 6. e a Resolução CNRH nº 223, de 20 de novembro de 2020 (CNRH, 2020) - vigente.
- Para barragens de acumulação de água, selecionaram-se as normativas:
7. a Resolução ANA nº 742, de 17 de outubro de 2011 (ANA, 2011) – vigente;
 8. a Resolução ANA nº 91, de 02 de abril de 2012 (ANA, 2012) – vigente;
 9. a Resolução ANA nº 132, de 22 de fevereiro de 2016 (ANA, 2016) – vigente;

10. a Resolução ANA nº 236, de 30 de janeiro de 2017 (ANA, 2017) – alterada pela resolução nº121/2022;

11. a Resolução ANA nº 123, de 16 de dezembro de 2019 (ANA, 2019) – vigente;

12. a Resolução ANA nº 24, de 20 de maio de 2020 (ANA, 2020) – vigente;

13. e a Resolução ANA nº 121, de 09 de maio de 2022 (ANA, 2022) – vigente.

Para barragens de geração de energia, selecionou-se a normativa:

14. a Resolução Normativa ANEEL nº 696, de 15 de dezembro de 2015 (ANEEL, 2015) - vigente;

E, por fim, para barragens de rejeitos, tem-se as normas:

15. a Portaria DNPM nº 416, de 03 de setembro de 2012 (DNPM, 2012) - revogada;

16. a Portaria DNPM nº 526, de 09 dezembro de 2013 (DNPM, 2013) - revogada;

17. a Portaria DNPM nº 14, de 15 de janeiro de 2016 (DNPM, 2016) - revogada;

18. a Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017 (DNPM, 2017) - revogada;

19. a Resolução ANM nº 13, de 8 de agosto de 2019 (ANM, 2019) - revogada;

20. a Resolução ANM nº 32, de 11 de maio de 2020 (ANM, 2020a) - revogada;

21. a Resolução ANM nº 40, de 6 de julho de 2020 (ANM, 2020b) - revogada;

22. a Resolução ANM nº 51, de 24 de dezembro de 2020 (ANM, 2020c) - revogada;

23. a Resolução ANM nº 95, de 7 de fevereiro de 2022 (ANM, 2022) – vigente.

Para melhor visualização e exposição das normas, suas descrições serão subdivididas em tópicos que servirão de base para a análise da legislação - a ser descrita na metodologia deste estudo. A divisão em tópicos seguirá critérios de grande relevância a serem analisados nos resultados.

Para entendimento das normas, é necessário conceituar previamente os conceitos de:

I - Categoria de risco: “classificação da barragem de acordo com os aspectos que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente ou desastre” (BRASIL, 2020);

II - Dano potencial associado: “dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e os impactos sociais, econômicos e ambientais” (BRASIL, 2020);

2.4.1 APLICABILIDADE DAS NORMAS

A Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que

estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4o da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. (BRASIL, 2010)

se aplica para barragens que apresentem, no mínimo, as seguintes características:

- I - altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m (quinze metros);
- II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos);
- III - reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;
- IV - categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas (BRASIL, 2010).

Atualizadas mais tarde pela segunda lei da PNSB, a Lei 14.066, de 30 de setembro de 2020, que

altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração) (BRASIL, 2020).

Esta se aplica para todas as barragens que apresentem no mínimo uma das seguintes características:

- I - altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, maior ou igual a 15 (quinze) metros;
- II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos);
- III - reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;
- IV - categoria de dano potencial associado médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 7º desta Lei;
- V - categoria de risco alto, a critério do órgão fiscalizador, conforme definido no art. 7º desta Lei. (BRASIL, 2020)

As legislações exclusivas para barragens de reservatório majoritariamente composto de água são publicadas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), ou Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). As resoluções por estes órgãos publicadas, serão válidas para estruturas de barramento que cabem a PNSB e respectivamente são

outorgadas e fiscalizadas pelas agências, onde a ANA é responsável por barragens de aproveitamento de água em rios federais, enquanto a ANEEL se responsabiliza por legislar para barragens de geração hidrelétrica.

Já as legislações exclusivas para barragens cujo reservatório seja composto por rejeitos foram e são publicadas pelo Departamento Nacional De Produção Mineral (DNPM) ou Agência Nacional de Mineração (ANM), onde o antigo DNPM pelo Decreto 9587, de 28 de novembro de 2018, é substituído pela ANM, com diferente estrutura regimental e quadro de cargos. Nessas normas, a exceção do Capítulo I – que em todas trata sobre cadastro de barragens de mineração – que se aplica a todas as barragens de mineração; os demais dispositivos se aplicam para as Barragens de Mineração inseridas na PNSB.

2.4.2 ESTRUTURAÇÃO DO PSB

O Plano de Segurança de Barragem (PSB), de acordo com ANA (2016), é um instrumento da PNSB de implantação obrigatória pelo empreendedor, que objetiva o auxílio na gestão da segurança da barragem;

- Lei Nº 12.334, de 20 de setembro De 2010 (BRASIL, 2010);

A primeira lei a estabelecer a necessidade do PSB foi a Lei 12.334, de 20 de setembro de 2010. O documento objetiva dados da barragem, com no mínimo: informações dos empreendedores responsáveis pela estrutura; dados técnicos do empreendimento; organização e qualificação da equipe de segurança; manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem; regra operacional para dispositivo de descarga; indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos, que devem ser resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes – exceto aqueles indispensáveis à manutenção e à operação da barragem; Plano de Ação e Emergência, de acordo com exigência do órgão fiscalizador; Inspeções de Segurança Regulares e Revisões Periódicas da Segurança da Barragem.

- Lei 14.066, de 30 de setembro de 2020 (BRASIL, 2020);

Na atualização da PNSB, o PSB é exigido com, no mínimo: informações dos empreendedores responsáveis pela estrutura; dados técnicos do empreendimento; organização e qualificação da equipe de segurança; manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem; regra operacional para dispositivo de descarga; indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos,

que devem ser resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes – exceto aqueles indispensáveis à manutenção e à operação da barragem; PAE, quando exigido; relatórios das ISR e ISE; RPS; identificação e avaliação dos riscos, com definição das hipóteses e dos cenários possíveis de acidente ou desastre; mapa de inundação, considerado o pior cenário identificado; e identificação e dados técnicos das estruturas, das instalações e dos equipamentos de monitoramento da barragem.

- Resolução ANA nº 742, de 17 de outubro de 2011 (ANA, 2011);

Essa resolução não trata da estruturação do PSB.

- Resolução ANA nº 91, de 02 de abril DE 2012 (ANA, 2012);

Para as barragens de água, ANA (2012) estipula no Capítulo I do Título II em conjunto com o ANEXO II a estrutura e conteúdo mínimo do PSB e seu conteúdo mínimo, que deve conter cinco volumes.

O Volume I deve conter as informações gerais – identificação do Empreendedor; caracterização do empreendimento; características técnicas do projeto e construção; indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos a serem resguardados de usos ou ocupações permanentes; estrutura organizacional, contatos dos responsáveis e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem; indicação da entidade responsável pela regra operacional do reservatório (quando for o caso); declaração da classificação da barragem quanto à categoria de risco e dano potencial; formulário técnico (constante do Anexo IV da resolução) preenchido; projetos básico e/ou executivo; projeto como construído (As built); manuais dos equipamentos; licenças ambientais, outorgas e demais requerimentos legais

O volume II contém planos e procedimentos, sendo necessários: plano de operação, destacando-se a obrigatoriedade de regra operacional dos dispositivos de descarga e procedimentos para atendimento das regras operacionais; planejamento das manutenções; plano de monitoramento e instrumentação; planejamento das inspeções de segurança; e cronograma de testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos. Para a barragens classificadas como D e E (em função da categoria de risco e dano potencial associado, na Tabela 2) faz-se obrigatório apenas a contenção de plano de operação. Também é observado que deve constar no PSB a frequência mínima de inspeções de segurança regulares.

Tabela 2. Matriz de classificação das barragens da ANA em 2012.

ANA (2012)	Dano potencial associado		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	A	B	C
Médio	A	C	D
Baixo	A	C	E

Fonte: adaptado pela autora de ANA (2012).

No Volume III é necessária a exposição dos registros e controles – de operação, manutenção, monitoramento e instrumentação, dos testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos e fichas e relatórios de Inspeções de Segurança.

O Volume IV deve conter o PAE, que conforme observado pela resolução, será tratado em regulamento específico.

Por fim, o Volume V, que deve conter a Revisão Periódica de Segurança de barragem, detalhada no item 2.4.5.

- Resolução ANA nº 132, de 22 de fevereiro de 2016 (ANA, 2016);

Essa resolução não trata da estruturação do PSB.

- Resolução ANA nº 236, de 30 de janeiro de 2017 (ANA, 2017);

Em ANA (2017) há uma atualização de conteúdo mínimo previsto pelo PSB. A seção I do capítulo II e o Anexo II dispõem sobre o conteúdo mínimo e nível de detalhamento do PSB, que deve ser composto por 6 volumes.

O Volume I deve conter as informações gerais – identificação do Empreendedor; caracterização do empreendimento; características do projeto e construção; indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos a serem resguardados de usos ou ocupações permanentes; estrutura organizacional, contatos dos responsáveis e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem; indicação da entidade responsável pela regra operacional do reservatório (quando for o caso); e classificação da barragem quanto à Categoria de Risco e quanto ao Dano Potencial Associado, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3. Matriz de classificação das barragens da ANA em 2017.

ANA (2017)	Dano potencial associado		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	A	B	C
Médio	A	C	D
Baixo	A	D	D

Fonte: adaptado pela autora de ANA (2017).

No volume II deve constar a documentação técnica do empreendimento. Barragens construídas antes de 21/09/2010 devem conter projetos em nível básico e/ou executivo, se não existirem, devem ser feitos estudos simplificados no que se refere a caracterização geotécnica do maciço, fundações e estruturas associadas, topografia e estudo hidrológico/hidráulico das estruturas de descarga. Barragens construídas após essa data devem apresentar o Projeto como construído (As built). Todas elas precisam apresentar manuais dos equipamentos e licenças ambientais, outorgas e demais requerimentos legais.

O volume III contém os planos e procedimentos, sendo necessários: regra operacional dos dispositivos de descarga; planejamento das manutenções; plano de monitoramento e instrumentação; planejamento das inspeções de segurança; e cronograma de testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos.

No Volume IV é necessária a exposição dos registros e controles – de operação, manutenção, monitoramento e instrumentação, dos testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos e relatórios de Inspeções de Segurança.

O Volume V deve conter a Revisão Periódica de Segurança de barragem, detalhada no item 2.4.5.

E, por fim, o Volume V deve conter o PAE – com conteúdo mínimo indicado no item 2.4.3.

- Resolução ANA nº 123, de 16 de dezembro DE 2019 (ANA, 2019)

Essa resolução não trata da estruturação do PSB.

- Resolução ANA nº 24, de 20 de maio de 2020 (ANA, 2020)

Essa resolução não trata da estruturação do PSB.

- Resolução ANA nº 121, de 09 de maio de 2022 (ANA, 2022)

Nessa resolução há uma atualização de conteúdo mínimo previsto pelo PSB. A seção I do capítulo II e o Anexo II dispõem sobre o conteúdo mínimo e nível de detalhamento do PSB, que deve ser composto por 6 volumes.

O Volume I deve conter as informações gerais – identificação do Empreendedor; caracterização do empreendimento; características do projeto e construção; indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos a serem resguardados de usos ou ocupações permanentes; estrutura organizacional, contatos dos responsáveis e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem; indicação da entidade responsável pela regra operacional do reservatório (quando for o caso); e classificação da

barragem quanto à Categoria de Risco e quanto ao Dano Potencial Associado, de acordo com a Tabela 5.

Tabela 4. Matriz de classificação das barragens da ANA em 2022.

ANA (2022)	Dano potencial associado		
Categoria de Risco	Alto	Médio	Baixo
Alto	A	B	C
Médio	A	B	D
Baixo	A	B	D

Fonte: adaptado pela autora de ANA (2022).

No volume II deve constar a documentação técnica do empreendimento. Barragens construídas antes de 21/09/2010 devem conter projetos em nível básico e/ou executivo, se não existirem, devem ser feitos estudos simplificados no que se refere a caracterização geotécnica do maciço, fundações e estruturas associadas, topografia e estudo hidrológico/hidráulico das estruturas de descarga. Barragens construídas após essa data devem apresentar o Projeto como construído (As built). Todas elas precisam apresentar manuais dos equipamentos e licenças ambientais, outorgas e demais requerimentos legais e identificação e dados técnicos das estruturas, das instalações e dos equipamentos de monitoramento da barragem.

O volume III contém os planos e procedimentos, sendo necessários: regra operacional dos dispositivos de descarga; planejamento das manutenções; plano de monitoramento e instrumentação; planejamento das inspeções de segurança; e cronograma de testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos.

No Volume IV é necessária a exposição dos registros e controles – de operação, manutenção, monitoramento e instrumentação, dos testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos e relatórios de Inspeções de Segurança e Inspeções de Segurança Especial.

O Volume V deve conter a Revisão Periódica de Segurança de barragem, detalhada no item 2.4.5. E, por fim, o Volume V deve conter o PAE – com conteúdo mínimo indicado no item 2.4.3.

- Resolução Normativa ANEEL nº 696, de 15 de dezembro de 2015 (ANEEL, 2015);
Nessa resolução a sessão I do capítulo 3 da resolução apresenta sobre a estrutura do Plano de Segurança de Barragens (PSB), que deve conter minimamente o exigido pelo PSB da PNSB pela Lei nº 12.334/2010.

- Resolução CNRH nº 143, de 10 de julho DE 2012 (CNRH, 2012a);

Essa resolução não trata da estruturação do PSB.

- Resolução CNRH nº 144, de 10 de julho de 2012 (CNRH, 2012b);

O CNRH estabelece na Resolução nº 144, de 10 de julho de 2012 que o PSB deve ser elaborado pelo empreendedor e conter, no mínimo: identificação do empreendedor; dados técnicos referentes à implantação do empreendimento (e quando o empreendimento for construídos após a promulgação da Lei nº 12.334/2010 devem constar também dados do projeto como construído, e aqueles necessários para a operação e manutenção da barragem); estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem; manuais de procedimentos das inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem; regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem; indicação da área do entorno das instalações e acessos a serem resguardados de usos ou ocupações permanentes, exceto os indispensáveis à manutenção e à operação da barragem; PAE, quando exigido; relatórios das inspeções de segurança; e revisões periódicas de segurança. Ainda, é determinado que PSB deve ser atualizado em decorrência das inspeções regulares e especiais e das revisões periódicas de segurança da barragem, incorporando suas exigências e recomendações.

- Resolução CNRH nº 178, de 29 de junho de 2016 (CNRH, 2016);

Essa resolução não trata da estruturação do PSB.

- Resolução CNRH nº 223, de 20 de novembro de 2020 (CNRH, 2020).

Essa resolução não trata da estruturação do PSB.

- Portaria DNPM nº 416, de 03 de setembro de 2012 (DNPM, 2012)

Para as barragens de minério, DNPM (2012) resoluta na seção I do capítulo II conjuntamente com o Anexo II que o conteúdo mínimo e nível de detalhamento do PSB deve ser composto por 6 volumes.

O Volume I deve conter as informações gerais – identificação do Empreendedor; caracterização do empreendimento; características do projeto e construção; indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos a serem resguardados de usos ou ocupações permanentes; estrutura organizacional, contatos dos responsáveis e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem; indicação da entidade responsável pela regra operacional do reservatório (quando for o caso); classificação da barragem quanto à Categoria de Risco e quanto ao Dano Potencial Associado, de acordo com a Tabela 3; e documentação técnica do empreendimento.

Tabela 5. Matriz de classificação das barragens da ANM em 2012.

ANM	Dano potencial associado		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	A	B	C
Médio	B	C	D
Baixo	C	D	E

Fonte: adaptado pela autora de ANM (2012).

No volume II deve constar plano de operação, incluindo a regra operacional dos dispositivos de vertimento, caso existam; procedimentos para atendimento às regras operacionais definidas pelo Empreendedor ou por entidade responsável, quando for o caso; planejamento das manutenções; plano de monitoramento e instrumentação; planejamento das inspeções de segurança da barragem; e cronograma de testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos, caso existam. Para barragens Classe D e E (Tabela 5), dos componentes descritos, somente o plano de operação será obrigatório para o Volume II.

No Volume III é necessária a exposição dos registros e controles – de operação, manutenção, monitoramento e instrumentação, dos testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos e relatórios de Inspeções de Segurança.

O Volume IV deve conter a RPS, com conteúdo mínimo detalhado no item 2.4.5.

Por fim, o Volume V é necessário quando se tratar de barragens com Dano Potencial Associado Alto. Deve conter o PAE cujo conteúdo mínimo e o nível de detalhamento serão tratados em regulamento específico.

- Portaria DNPM n° 526, de 09 dezembro de 2013 (DNPM, 2013)

Essa resolução não trata da estruturação do PSB.

- Portaria DNPM n° 14, de 15 de janeiro de 2016 (DNPM, 2016)

Essa resolução não trata da estruturação do PSB.

- Portaria DNPM n° 70.389, de 17 de maio de 2017 (DNPM, 2017)

DNPN (2017) atualiza as exigências do PSB. A seção I do capítulo II e o Anexo II dispõem sobre o conteúdo mínimo e nível de detalhamento do PSB, que deve ser composto por 6 volumes.

O Volume I deve conter as informações gerais – identificação do Empreendedor; caracterização do empreendimento; estrutura organizacional, contatos dos responsáveis e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança atualizadas; declaração da classificação da barragem pelo DNPM quanto à categoria de risco e dano potencial associado; e licenças ambientais, outorgas e demais requerimentos legais. Ainda, deve conter a

documentação técnica do Empreendimento, com no mínimo características técnicas do projeto e construção; projeto básico e/ou executivo; projeto como construído (as built), no caso de barragem construída após a promulgação da PNSB; projeto como está (as is), no caso de barragem construída antes da promulgação da PNSB, que não possua o projeto “as built”.

No Volume II deve constar plano de operação, incluindo a regra operacional dos dispositivos de vertimento, caso existam; procedimentos para atendimento às regras operacionais definidas pelo Empreendedor ou por entidade responsável, quando for o caso; planejamento das manutenções; plano de monitoramento e instrumentação; planejamento das inspeções de segurança da barragem; e manuais dos equipamentos com cronogramas de testes e calibração, se existirem.

No Volume III é necessária a exposição dos registros e controles – de operação, manutenção, monitoramento e instrumentação, e dos testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos, caso existam. Também são necessárias as fichas de inspeções de segurança, os relatórios de ISR e os relatórios conclusivos de Inspeção de Segurança Especial,

O Volume IV deve conter a RPS, e o volume V o PAEBM, ambos com detalhamento do conteúdo mínimo, respectivamente no item 2.4.5 e item 2.4.3.

- Resolução ANM n° 13, de 8 de agosto de 2019 (ANM, 2019)

Essa resolução não trata da estruturação do PSB.

- Resolução ANM n° 32, de 11 de maio de 2020 (ANM, 2020a)

Essa resolução não trata da estruturação do PSB.

- Resolução ANM n° 40, de 6 de julho de 2020 (ANM, 2020b)

Essa resolução não trata da estruturação do PSB.

- Resolução ANM N° 51, DE 24 DE DEZEMBRO DE 2020 (ANM, 2020c)

Essa resolução não trata da estruturação do PSB.

- Resolução ANM n° 95, de 7 de fevereiro de 2022 (ANM, 2022)

A resolução determina que o PSB deverá ser composto por seis volumes.

O Volume I deve conter as informações gerais – identificação do Empreendedor; caracterização do empreendimento; indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos a serem resguardados de usos ou ocupações permanentes; estrutura organizacional, contatos dos responsáveis e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem; indicação da entidade responsável pela regra operacional do reservatório (quando for o caso); exigências a cópia do título minerário associado, a

caracterização do empreendimento e a ART do elaborador do PSB, com manifestação de concordância do empreendedor.

No Volume II deve constar plano de operação; plano de monitoramento e instrumentação; planejamento das manutenções, com identificação e descrição das estruturas que possuem requisitos de manutenção; cronogramas de testes e calibração de equipamentos e instrumentos, caso existam; e plano de treinamento. É indicado para os planos conteúdo mínimo.

No Volume III é necessária a exposição dos registros e controles – de operação, manutenção, monitoramento e instrumentação. Também são necessárias as fichas de inspeções de segurança, os relatórios de ISR e os relatórios conclusivos de Inspeção de Segurança Especial.

O Volume IV deve conter a RPS, detalhada no item 2.4.5.

O Volume V deve conter o PAEBM, cujo conteúdo será explicitado no item 2.4.3.

Por fim, o Volume VI do PSB incluirá o Processo de Gestão de Risco (PGRBM), que deve conter identificação da equipe e responsabilidades; definição do escopo e dos objetivos contemplando a descrição da estrutura que será submetida à análise; justificativa e descrição da(s) metodologia(s) utilizada(s); identificação, análise e avaliação dos riscos associados às diferentes etapas do ciclo de vida da estrutura; tratamento dos riscos com a identificação, implementação e registro das ações necessárias para mitigação e redução dos riscos a um nível ALARP ¹ e avaliação da eficácia do tratamento dos riscos através do monitoramento e análise crítica; identificação dos controles de riscos e dos controles críticos e identificação das ações caso o controle crítico não seja mantido; cronograma com prazos para medidas de mitigação; justificativa para decisões tomadas e possíveis modificações na implementação das ações previstas no Processo de Gestão dos Riscos; e Plano de Comunicação para divulgação dos resultados oriundos do Processo de Gestão de Risco aos interessados. Fica determinado que o PGRBM deverá ser aplicado para barragens com DPA alto.

¹ Conforme ANM (2022) “ALARP” significa "tão baixo como razoavelmente exequível", em que os esforços para a redução de risco devem ser contínuos até que custo-benefício, viabilidade técnica, tempo, esforço ou outro emprego de recursos sejam desproporcionais para a redução de risco alcançada.

2.4.3 ESTRUTURAÇÃO DO PAE OU PAEBM

BRASIL (2020) define o Plano de Ação e Emergência (PAE) como documento que estabelece as ações a serem executadas pelo empreendedor da barragem em caso de emergência e identifica os agentes a serem notificados.

- Lei Nº 12.334, de 20 de setembro De 2010 (BRASIL, 2010)

O conteúdo mínimo exigido para elaboração do documento, nessa lei, é a identificação e análise das possíveis situações de emergência; procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem; procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, com indicação do responsável pela ação; e estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência.

- Lei 14.066, de 30 de setembro de 2020 (BRASIL, 2020)

Para BRASIL (2020) o PAE é exigido quando a barragem for de médio e alto dano potencial associado, ou alto risco (a critério do órgão fiscalizador) e para todas as barragens destinadas à acumulação ou à disposição de rejeitos de mineração, independente de classificação, e conter, no mínimo:

- 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 - estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência.
- 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 (BRASIL, 2020, Art. 12).

- Resolução ANA nº 742, de 17 de outubro de 2011 (ANA, 2011)

Essa resolução não trata da estruturação do PAE.

- Resolução ANA nº 91, de 02 de abril DE 2012 (ANA, 2012)

Essa resolução não trata da estruturação do PAE.

- Resolução ANA nº 132, de 22 de fevereiro de 2016 (ANA, 2016)

Essa resolução não trata da estruturação do PAE.

- Resolução ANA nº 236, de 30 de janeiro de 2017 (ANA, 2017)

A Resolução da ANA preconiza que o PAE deve conter, no mínimo: apresentação e objetivo; identificação e contatos do empreendedor, do coordenador do PAE e entidades do fluxograma de notificação; descrição geral da barragem e estruturas associadas, incluindo acessos à barragem e características hidrológicas, geológicas e sísmicas; recursos materiais e logísticos na barragem; classificação das situações de emergência em potencial de acordo com nível de resposta; procedimentos de notificação (com o fluxograma de notificação) e sistema de alerta; empreendedor, coordenador do PAE, equipe técnica e Defesa Civil responsáveis pelo PAE; síntese do estudo de inundação com os respectivos mapas, indicação da ZAS e pontos vulneráveis potencialmente afetados; plano de treinamento do PAE; meios e recursos disponíveis para serem utilizados em situações potenciais de emergência; formulários de declaração de início da emergência, de declaração de encerramento da emergência e de mensagem de notificação; relação das entidades que receberam cópia do PAE com protocolos de recebimento.

O documento deverá contemplar o previsto no artigo 12 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 – ou seja, conter a identificação e análise das possíveis situações de emergência; procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem; procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, com indicação do responsável pela ação; e estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência.

É dito que o PAE será exigido para barragens de Classes A e B, conforme Matriz de Classificação constante na Tabela 5. Para barragens com altura menor que 15 m e volume do

reservatório menor que 3 milhões de m³, a ANA (sob seu julgamento) poderá aceitar a apresentação de estudo simplificado para elaboração do mapa de inundação.

- Resolução ANA nº 123, de 16 de dezembro DE 2019 (ANA, 2019)

Essa resolução não trata da estruturação do PAE.

- Resolução ANA nº 24, de 20 de maio de 2020 (ANA, 2020)

Essa resolução não trata da estruturação do PAE.

- Resolução ANA nº 121, de 09 de maio de 2022 (ANA, 2022)

A Resolução da ANA preconiza que o PAE deve conter, no mínimo: apresentação e objetivo; comprovação de entrega e recebimento do PAE nos locais estabelecidos (no local da barragem, no escritório regional e sede; nos órgãos de proteção e defesa civil dos Municípios inseridos no mapa de inundação ou, na ausência destes, nas respectivas prefeituras; na residência do coordenador do PAE; e no site do empreendedor); identificação e contatos do empreendedor, do coordenador do PAE e entidades do fluxograma de notificação; descrição geral da barragem e estruturas associadas, com acessos à barragem e características hidrológicas, geológicas e sísmicas, assim como das possíveis situações de emergência; recursos humanos, materiais e logísticos na barragem para resposta ao pior cenário identificado; classificação das situações de emergência em potencial de acordo com nível de resposta; procedimentos para identificação e notificação de mal funcionamento e de prevenção e correção às situações emergenciais; plano de comunicação, com detalhamento dos procedimentos de notificação (com o fluxograma de notificação) e sistema de alerta, com alcance de toda a ZAS; empreendedor, coordenador do PAE, equipe técnica e Defesa Civil responsáveis pelo PAE; síntese do estudo de inundação contendo os respectivos cenários, mapas e avaliação do risco hidrodinâmico, indicação da ZAS e ZSS, levantamento cadastral e mapeamento atualizado da população existente na ZAS, com a identificação de vulnerabilidades sociais, e pontos vulneráveis potencialmente afetados; sistema de monitoramento da barragem integrado aos procedimentos emergenciais; planejamento de rotas de fuga e pontos de encontro, com sinalização; plano de treinamento e divulgação do PAE, com programação de exercícios simulados periódicos; meios e recursos disponíveis para serem utilizados em situações potenciais de emergência; formulários de declaração de início da emergência, de declaração de encerramento da emergência e de mensagem de notificação; relação das entidades que receberam cópia do PAE com protocolos de recebimento; medidas específicas, em articulação com o poder público, para resgatar atingidos, pessoas e animais, mitigar impactos ambientais, assegurar o abastecimento de água potável e resgatar e salvaguardar o patrimônio cultural;

identificação e avaliação dos riscos, com definição das hipóteses e dos cenários possíveis de acidente ou desastre; e mapa de inundação, considerado o pior cenário identificado.

É dito que o PAE será exigido para barragens de Classes A e B, conforme Matriz de Classificação constante na Tabela 5. Para barragens com altura menor que 15 m e volume do reservatório menor que 3 milhões de m³, a ANA (sob seu julgamento) poderá aceitar a apresentação de estudo simplificado para elaboração do mapa de inundação.

- Resolução Normativa ANEEL nº 696, de 15 de dezembro de 2015 (ANEEL, 2015)

Em ANEEL (2015) é dito que o documento é obrigatório em barragens de Classe A e B (Tabela 3); entretanto, a ANEEL pode exigir do empreendedor elaboração do PAE sempre que julgar necessário, independentemente da classificação da barragem, mediante fundamentação. O PAE deve ser elaborado pelo empreendedor, sob condução de responsável técnico e complementar, com conteúdo mínimo previsto na primeira lei da PNSB.

- Resolução CNRH nº 143, de 10 de julho DE 2012 (CNRH, 2012a)

Essa resolução não trata da estruturação do PAE.

- Resolução CNRH nº 144, de 10 de julho de 2012 (CNRH, 2012b)

Essa resolução não trata da estruturação do PAE.

- Resolução CNRH nº 178, de 29 de junho de 2016 (CNRH, 2016)

Essa resolução não trata da estruturação do PAE.

- Resolução CNRH nº 223, de 20 de novembro de 2020 (CNRH, 2020)

Essa resolução não trata da estruturação do PAE.

- Portaria DNPM nº 416, de 03 de setembro de 2012 (DNPM, 2012)

Essa resolução não trata da estruturação do PAEBM.

- Portaria DNPM nº 526, de 09 dezembro de 2013 (DNPM, 2013)

Para as barragens de rejeitos, ANM (2013) define o PAEBM como

um documento técnico e de fácil entendimento, a ser elaborado pelo empreendedor, no qual estão identificadas as situações de emergência que possam pôr em risco a integridade da barragem e onde são estabelecidas as ações imediatas necessárias nesses casos e definidos os agentes a serem notificados de tais ocorrências, com o objetivo de evitar ou minimizar danos com perdas de vida, às propriedades e às comunidades a jusante. (DNPM, 2013)

Conforme Neves (2018) apud Souza (2019), para a elaboração desta Portaria o DNPM precisou alterar a nomenclatura “PAE” para “PAEBM” – de Plano de Ações Emergenciais para

Barragens de Mineração -, isto porque a sigla PAE já fazia referência ao Plano de Aproveitamento Econômico, já consagrado no departamento.

O documento deve possuir como conteúdo mínimo: informações gerais da barragem; procedimentos preventivos e corretivos para situações de emergência; detecção, avaliação e classificação das situações de emergência; fluxograma e procedimentos de notificação com os telefones, quando for o caso, dos envolvidos associados; responsabilidades gerais no PAEBM; análise do estudo de inundação compreendendo os possíveis impactos a jusante resultantes de uma hipotética ruptura de barragem, com seu associado mapa de inundação georreferenciado; e anexos e apêndices.

- Portaria DNPM n° 14, de 15 de janeiro de 2016 (DNPM, 2016)

Essa resolução não trata da estruturação do PAEBM.

- Portaria DNPM n° 70.389, de 17 de maio de 2017 (DNPM, 2017)

A portaria dispõe que o PAEBM deve possuir, minimamente: apresentação e objetivo; identificação e contatos do empreendedor, do coordenador do PAEBM e das entidades constantes do Fluxograma de Notificações; descrição geral da barragem e estruturas associadas; detecção, avaliação e classificação das situações de emergência em níveis 1 (quando detectada anomalia de 10 pontos – contabilizados em tabela anexa a resolução), 2 (quando o resultado das ações adotadas na anomalia for classificado como “não controlado”) e/ou 3 (ruptura iminente ou ocorrendo; ações esperadas para cada nível de emergência; descrição dos procedimentos preventivos e corretivos; recursos materiais e logísticos disponíveis para uso em caso de emergência; procedimentos de notificação, com fluxograma de notificação, e sistema de alerta; responsabilidades no PAEBM (empreendedor, coordenador, equipe técnica e Defesa Civil); síntese do estudo de inundação com os respectivos mapas, indicação da ZAS e ZSS e pontos vulneráveis potencialmente afetados; declaração de encerramento de emergência, se acontecer; plano de treinamento do PAEBM; descrição do sistema de monitoramento utilizado; registros dos treinamentos do PAEBM; relação das autoridades competentes que receberam o PAEBM e os respectivos protocolos; e relatório de causas e consequências do evento em emergência nível 3.

- Resolução ANM n° 13, de 8 de agosto de 2019 (ANM, 2019)

Essa resolução não trata da estruturação do PAEBM.

- Resolução ANM n° 32, de 11 de maio de 2020 (ANM, 2020a)

Essa resolução não trata da estruturação do PAEBM.

- Resolução ANM n° 40, de 6 de julho de 2020 (ANM, 2020b)

Essa resolução não trata da estruturação do PAEBM.

- Resolução ANM N° 51, DE 24 DE DEZEMBRO DE 2020 (ANM, 2020c)

Essa resolução não trata da estruturação do PAEBM.

- Resolução ANM n° 95, de 7 de fevereiro de 2022 (ANM, 2022)

A resolução determina o conteúdo mínimo do PAE como: O documento deve possuir, no mínimo: apresentação e objetivo; identificação e contatos do empreendedor, do coordenador do PAE e das entidades constantes do Fluxograma de Notificações; responsabilidades e atribuições no PAEBM, incluindo ciência expressa do coordenador sobre suas obrigações; descrição geral da barragem e estruturas associadas; detecção, avaliação e classificação das situações de emergência em níveis 1, 2 e/ou 3²; ações para cada nível de emergência descrição dos procedimentos preventivos e corretivos; recursos humanos, materiais e logísticos disponíveis para uso em caso de emergência; procedimentos de comunicação e notificação, com fluxograma de notificação; descrição do sistema de alerta, incluindo modo de acionamento; síntese do estudo de inundação com os respectivos mapas, indicação da ZAS e ZSS; medidas, em articulação com o Poder Público, para resgatar atingidos, mitigar impactos ambientais, assegurar o abastecimento de água potável e resgatar e salvaguardar o patrimônio cultural; descrição das rotas de fuga e pontos de encontro, com a respectiva sinalização, desenvolvida em conjunto com a Defesa Civil; descrição de treinamento e divulgação para os envolvidos e para as comunidades potencialmente afetadas, com a realização de exercícios simulados periódicos; descrição do sistema de monitoramento integrado à segurança da barragem; registros dos treinamentos; protocolos de entrega do PAEBM às autoridades competentes; Relatório de Causas e Consequências do Acidente (RCCA); declaração de encerramento de emergência, se acontecer; e Relatório de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM (RCO).

² Na resolução, são considerados: Nível de Emergência 1 - barragem com Categoria de Risco Alta; for detectada anomalia com pontuação 6 em 4 Extratos de Inspeção Especial (EIR) seguidos; ou detectada anomalia com pontuação 10 no EIR; ou Categoria de risco (CRI) alta; ou Fator de Segurança drenado entre $1,3 \leq FS < 1,5$ ou Fator de Segurança não drenado de pico entre $1,2 \leq FS < 1,3$ ou o Fator de Segurança não drenado de pico estiver entre $1,2 \leq FS < 1,5$ para os casos elencados no inciso I, §3º do art. 59 da Resolução; ou qualquer outra situação com potencial comprometimento de segurança da estrutura.

Nível de Emergência 2: quando o resultado das ações adotadas na anomalia referida no inciso I for classificado como "não controlado"; ou quando o Fator de Segurança drenado entre $1,1 \leq FS < 1,3$ ou Fator de Segurança não drenado de pico entre $1,0 \leq FS < 1,2$.

Nível de Emergência 3: ruptura inevitável ou ocorrendo; ou Fator de Segurança drenado abaixo de 1,1 ou Fator de Segurança não drenado de pico abaixo de 1,0.

2.4.4 ESTRUTURAÇÃO DA ISR

A Inspeção de Segurança Regular (ISR), conforme DNPM (2017), é a atividade que visa identificar e avaliar eventuais anomalias que afetem potencialmente as condições de segurança da barragem.

- Lei Nº 12.334, de 20 de setembro De 2010 (BRASIL, 2010)

Pela PNSB, a periodicidade, a qualificação da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento da ISR serão definidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem.

- Lei 14.066, de 30 de setembro de 2020 (BRASIL, 2020)

Assim como em BRASIL (2010), mantém-se nessa lei a premissa de que a periodicidade, a qualificação da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento da ISR serão definidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem.

- Resolução ANA nº 742, de 17 de outubro de 2011 (ANA, 2011)

Para ANA, nessa resolução, é definido pelo capítulo II conteúdo e detalhamento das Inspeções de Segurança Regulares de Barragem. O Art. 5º resoluta que terão três produtos finais: a Ficha de Inspeção preenchida (definida pelo empreendedor, com todos os componentes e estruturas associadas da barragem), o Relatório de Inspeção Regular e o extrato da Inspeção de Segurança Regular de Barragem.

Os Relatórios de Inspeção de Segurança Regular de Barragem, por sua vez, deverão conter no mínimo a identificação do representante legal do Empreendedor, a identificação do responsável técnico pela segurança da barragem, a avaliação das anomalias encontradas e registradas, identificando possível mau funcionamento, deterioração ou defeito de construção, relatório fotográfico com, no mínimo, as anomalias de magnitude média e grande, reclassificação (quando necessário) quanto a magnitude e nível de perigo de cada anomalia identificada na ficha de inspeção, comparação com os resultados da ISR anterior, avaliação do resultado de inspeção e revisão dos registros de instrumentação disponíveis (com indicação de necessidade de manutenção), ciente do representante legal e classificação do nível de perigo da barragem, sendo:

- a) Normal: quando não foram encontradas anomalias ou as anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem, mas devem ser controladas e monitoradas ao longo do tempo;

- b) Atenção: quando as anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem a curto prazo, mas devem ser controladas, monitoradas ou reparadas ao longo do tempo;
- c) Alerta: quando as anomalias encontradas representam risco à segurança da barragem, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema; e
- d) Emergência: quando as anomalias encontradas representam risco de ruptura iminente, devendo ser tomadas medidas para prevenção e redução dos danos materiais e a humanos decorrentes de uma eventual ruptura da barragem (ANA, 2011).

- Resolução ANA nº 91, de 02 de abril DE 2012 (ANA, 2012)

Para essa resolução, a ISR deve ser realizada sob encargo da equipe de Segurança da Barragem e abranger todas as estruturas do barramento, retratando suas condições de segurança, conservação e operação. Os relatórios de ISR devem conter, minimamente: a identificação do representante legal do empreendedor; a identificação do responsável técnico; a avaliação da instrumentação da barragem, indicando necessidade de manutenção, reparo ou aquisição de equipamentos; a avaliação de anomalias que podem provocar mau funcionamento, deterioração ou defeitos construtivos da barragem; o comparativo com inspeção de segurança regular anterior; o diagnóstico do nível de segurança da barragem, de acordo com as categorias:

- a) normal: quando não houver anomalias ou as que existirem não comprometerem a segurança da barragem, mas que devem ser controladas e monitoradas ao longo do tempo;
- b) atenção: quando as anomalias não comprometerem a segurança da barragem no curto prazo, mas exigirem monitoramento, controle ou reparo ao decurso do tempo;
- c) alerta: quando as anomalias representem risco à segurança da barragem, exigindo providências para manutenção das condições de segurança; e
- d) emergência: quando as anomalias representem risco de ruptura iminente, exigindo providências para prevenção e mitigação de danos humanos e materiais (ANEEL, 2015).

e, por fim, a indicação de medidas necessárias à garantia da segurança da barragem.

- Resolução ANA nº 132, de 22 de fevereiro de 2016 (ANA, 2016)

Essa resolução não trata da estruturação da ISR.

- Resolução ANA nº 236, de 30 de janeiro de 2017 (ANA, 2017)

Em ANA (2017) a seção I do capítulo III e o Anexo II dispõem sobre o conteúdo mínimo e nível de detalhamento da ISR. O produto da inspeção é o relatório, que deve conter minimamente: identificação do representante legal do empreendedor; identificação do responsável técnico pela elaboração do Relatório e sua ART; ficha de inspeção visual preenchida, englobando todas as estruturas da barragem e a indicação de anomalias; avaliação

e registro, inclusive fotográfico, de todas as anomalias encontradas, avaliando suas causas, desenvolvimento e consequências para a segurança da barragem; comparação com os resultados da ISR anterior; avaliação das condições e registros da instrumentação existente; classificação do NPGB, em Normal, Atenção, Alerta ou Emergência; assinatura do responsável técnico pela elaboração do relatório; e ciente do representante legal do empreendedor.

Também é definido que o relatório deve conter a classificação do Nível de Perigo da Anomalia (NPA) e será definida de acordo com as seguintes orientações:

- a) Normal: quando determinada anomalia não compromete a segurança da barragem;
- b) Atenção: quando determinada anomalia não compromete de imediato a segurança da barragem, mas, caso venha a progredir, pode comprometê-la, devendo ser controlada, monitorada ou reparada;
- c) Alerta: quando determinada anomalia compromete a segurança da barragem, devendo ser tomadas providências imediatas para a sua eliminação;
- d) Emergência: quando determinada anomalia representa alta probabilidade de ruptura da barragem. (ANA, 2017)

Para anomalias classificadas como Alerta ou Emergência, deverá constar obrigatoriamente no Relatório da ISR o prazo máximo para que sejam sanadas.

Ainda, deve constar no relatório o Nível de Perigo Global da Barragem (NPGB), considerando as definições:

- a) Normal: quando o efeito conjugado das anomalias não compromete a segurança da barragem.
- b) Atenção: quando o efeito conjugado das anomalias não compromete de imediato a segurança da barragem, mas caso venha a progredir, pode comprometê-la, devendo ser controlada, monitorada ou reparada.
- c) Alerta: quando o efeito conjugado das anomalias compromete a segurança da barragem, devendo ser tomadas providências imediatas para eliminá-las.
- d) Emergência: quando o efeito conjugado das anomalias representa alta probabilidade de ruptura da barragem (ANA, 2017).

O artigo 27 da resolução explica que ao se detectar uma situação que possa comprometer a segurança da barragem e/ou de áreas no vale a jusante, deve-se avaliá-la de acordo com o Nível de Resposta, conforme código de cores padrão:

Tabela 6. Níveis de resposta ANA em 2017.

Nível de resposta 0	Quando a situação encontrada ou a ação de eventos externos à barragem não compromete a sua segurança, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo;
Nível de resposta 1	Quando a situação encontrada ou a ação de eventos externos à barragem não compromete a sua segurança no curto prazo, mas deve ser controlada, monitorada ou reparada
Nível de resposta 2	Quando a situação encontrada ou a ação de eventos externos à barragem represente ameaça à segurança da barragem no curto prazo, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema;
Nível de resposta 3	Quando a situação encontrada ou a ação de eventos externos à barragem represente alta probabilidade de ruptura, devendo ser tomadas medidas para prevenção e redução dos danos decorrentes do colapso da barragem.

Fonte: A autora, adaptado de ANA (2017).

Resoluta-se que o NPGB deve ser no mínimo igual ao NPA de maior gravidade, devendo estar compatibilizado com o Nível de Resposta, no que couber.

- Resolução ANA nº 123, de 16 de dezembro DE 2019 (ANA, 2019)

Essa resolução não trata da estruturação da ISR.

- Resolução ANA nº 24, de 20 de maio de 2020 (ANA, 2020)

Essa resolução não trata da estruturação da ISR.

- Resolução ANA nº 121, de 09 de maio de 2022 (ANA, 2022)

Nessa resolução é determinado que o relatório, produto da ISR, deve conter minimamente: identificação do representante legal do empreendedor; identificação do responsável técnico pela elaboração do Relatório e sua ART; ficha de inspeção visual preenchida, englobando todas as estruturas da barragem e a indicação de anomalias; avaliação e registro, inclusive fotográfico, de todas as anomalias encontradas, avaliando suas causas, desenvolvimento e consequências para a segurança da barragem; comparação com os resultados da ISR anterior; avaliação das condições e registros da instrumentação existente; classificação do NPGB, em Normal, Atenção, Alerta ou Emergência; assinatura do responsável técnico pela elaboração do relatório; e ciente do representante legal do empreendedor; avaliação da implementação das recomendações da ISR Anterior; e recomendações para segurança da barragem com prazos para implementação.

Também é definido que o relatório deve conter a classificação do Nível de Perigo da Anomalia (NPA) e será definida de acordo com as seguintes orientações:

- I - normal: quando determinada anomalia não compromete a segurança da barragem;
- II - atenção: quando determinada anomalia não compromete de imediato a segurança da barragem, mas, caso venha a progredir, pode comprometê-la, devendo ser monitorada, controlada ou reparada;
- III - alerta: quando determinada anomalia compromete a segurança da barragem, devendo ser tomadas providências imediatas para a sua eliminação;
- IV - emergência: quando determinada anomalia acarreta alta probabilidade de ocorrência de acidente ou desastre (ANA, 2022).

Para anomalias classificadas como Alerta ou Emergência, deverá constar obrigatoriamente no Relatório da ISR o prazo máximo para que sejam sanadas.

Ainda, deve constar no relatório o Nível de Perigo Global da Barragem (NPGB), considerando as definições:

- a) Normal: quando o efeito conjugado das anomalias não compromete a segurança da barragem.
- b) Atenção: quando o efeito conjugado das anomalias não compromete de imediato a segurança da barragem, mas caso venha a progredir, pode comprometê-la, devendo ser controlada, monitorada ou reparada.
- c) Alerta: quando o efeito conjugado das anomalias compromete a segurança da barragem, devendo ser tomadas providências imediatas para eliminá-las.
- d) Emergência: quando o efeito conjugado das anomalias representa alta probabilidade de acidente ou desastre (ANA, 2022).

O artigo 27 da resolução explica que ao se detectar uma situação que possa comprometer a segurança da barragem e/ou de áreas no vale a jusante, deve-se avaliá-la de acordo com o Nível de Resposta, conforme código de cores padrão:

Tabela 7. Níveis de resposta ANA em 2022.

Nível de resposta 0	Quando a situação encontrada ou a ação de eventos externos à barragem não compromete a sua segurança, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo;
Nível de resposta 1	Quando a situação encontrada ou a ação de eventos externos à barragem não compromete a sua segurança no curto prazo, mas deve ser controlada, monitorada ou reparada
Nível de resposta 2	Quando a situação encontrada ou a ação de eventos externos à barragem represente ameaça à segurança da barragem no curto prazo, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema;
Nível de resposta 3	Quando a situação encontrada ou a ação de eventos externos à barragem represente alta probabilidade de acidente ou desastre, devendo ser tomadas medidas para prevenção e redução dos danos decorrentes do colapso da barragem.

Fonte: A autora, adaptado de ANA (2022).

Resoluta-se que o NPGB deve ser no mínimo igual ao NPA de maior gravidade, devendo estar compatibilizado com o Nível de Resposta, no que couber.

- Resolução Normativa ANEEL nº 696, de 15 de dezembro de 2015 (ANEEL, 2015)

Essa resolução não trata da estruturação da ISR.

- Resolução CNRH nº 143, de 10 de julho DE 2012 (CNRH, 2012a)

Essa resolução não trata da estruturação da ISR.

- Resolução CNRH nº 144, de 10 de julho de 2012 (CNRH, 2012b)

Essa resolução não trata da estruturação da ISR.

- Resolução CNRH nº 178, de 29 de junho de 2016 (CNRH, 2016)

Essa resolução não trata da estruturação da ISR.

- Resolução CNRH nº 223, de 20 de novembro de 2020 (CNRH, 2020)

Essa resolução não trata da estruturação da ISR.

- Portaria DNPM nº 416, de 03 de setembro de 2012 (DNPM, 2012)

Já para barragens de rejeito, DNPM (2012) resoluta que o relatório, produto da ISR deve conter, no mínimo: identificação do representante legal do empreendedor e do responsável técnico pela segurança da barragem; avaliação e classificação das anomalias encontradas e registradas, identificando possível mau funcionamento e indícios de deterioração ou defeito de construção; relatório fotográfico contendo, pelo menos, as anomalias com pontuações 6 ou 10 conforme tabela de Estado de Conservação referente a Categoria de Risco da Barragem (anexa

na resolução); reclassificação quanto ao estado de conservação referente a Categoria de Risco da Barragem de cada anomalia identificada na Ficha de Inspeção Regular (quando necessário); comparação com a Inspeção de Segurança Regular anterior; avaliação do resultado da inspeção e revisão dos registros de instrumentação disponíveis, indicando a necessidade de manutenção, reparos ou de inspeções regulares e especiais, recomendando os serviços necessários; ciente do empreendedor ou representante legal; e Declaração de Condição de Estabilidade da Barragem.

- Portaria DNPM n° 526, de 09 dezembro de 2013 (DNPM, 2013)

Essa resolução não trata da estruturação da ISR.

- Portaria DNPM n° 14, de 15 de janeiro de 2016 (DNPM, 2016)

Essa resolução não trata da estruturação da ISR.

- Portaria DNPM n° 70.389, de 17 de maio de 2017 (DNPM, 2017)

Conforme DNPM (2017) os relatórios da ISR necessitam, minimamente, da identificação do representante legal do empreendedor e da equipe externa contratada responsável técnica pela elaboração do Relatório de ISR, quando for o caso; descrição das inspeções quinzenais executadas durante o semestre, com as eventuais anomalias encontradas, as tratativas executadas e eventual reclassificação com relatório fotográfico contendo, pelo menos, as anomalias com pontuações 6 ou 10 (tabela de pontuação anexa na resolução); análise da estabilidade da Barragem pela declaração de Condição de Estabilidade; caracterização tecnológica dos rejeitos: natureza, granulometria, mineralogia e plasticidade dos rejeitos, resistência em condições drenadas e não drenadas e susceptibilidade dos rejeitos ao fenômeno da liquefação, quando for o caso; declaração de condição de estabilidade da barragem; ciente do empreendedor ou de seu representante legal; e os níveis de controle da instrumentação.

- Resolução ANM n° 13, de 8 de agosto de 2019 (ANM, 2019)

Essa resolução não trata da estruturação da ISR.

- Resolução ANM n° 32, de 11 de maio de 2020 (ANM, 2020a)

Essa resolução não trata da estruturação da ISR.

- Resolução ANM n° 40, de 6 de julho de 2020 (ANM, 2020b)

Essa resolução não trata da estruturação da ISR.

- Resolução ANM N° 51, DE 24 DE DEZEMBRO DE 2020 (ANM, 2020c)

Essa resolução não trata da estruturação da ISR.

- Resolução ANM n° 95, de 7 de fevereiro de 2022 (ANM, 2022)

Para ANM (2022) os relatórios da ISR necessitam, minimamente, da identificação do representante legal do empreendedor e da equipe externa contratada responsável técnica pela

elaboração do Relatório de ISR; descrição das inspeções quinzenais executadas durante o semestre, com as eventuais anomalias encontradas, as tratativas executadas e eventual reclassificação com relatório fotográfico; caracterização dos materiais construtivos e do rejeito; avaliação dos resultados do monitoramento da instrumentação; avaliação das séries, estudos hidrológicos e do monitoramento hidráulico e da capacidade dos dispositivos de vertimento existentes; análise da estabilidade da Barragem; análise crítica da evolução das análises de estabilidade quinzenais executadas ao longo do semestre; recomendações de ações e medidas que visem a garantia e melhoria da segurança da barragem, objetivando a redução da categoria de risco; declaração de condição de estabilidade da barragem; ciência e concordância do empreendedor e declaração de condição de estabilidade da barragem.

2.4.5 ESTRUTURAÇÃO DA RPS

De acordo com BRASIL (2020), Revisão Periódica de Segurança (RPS) é o estudo que objetiva verificar o estado geral de segurança da barragem, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização de dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante do empreendimento.

- Lei Nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 (BRASIL, 2010)

É determinado nessa lei que a Revisão Periódica de Segurança de Barragem deve indicar as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança da barragem, compreendendo o exame de toda a documentação da barragem, em particular dos relatórios de inspeção; o exame dos procedimentos de manutenção e operação adotados pelo empreendedor; e a análise comparativa do desempenho da barragem em relação às revisões efetuadas anteriormente.

- Lei 14.066, de 30 de setembro de 2020 (BRASIL, 2020)

De acordo com a lei, assim como em Brasil (2010), a RPS deve indicar as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança da barragem, compreendendo o exame de toda a documentação da barragem, em particular dos relatórios de inspeção; o exame dos procedimentos de manutenção e operação adotados pelo empreendedor; e a análise comparativa do desempenho da barragem em relação às revisões efetuadas anteriormente. É incluído que para garantir que o empreendedor cumpra as ações previstas na Revisão Periódica de Segurança de Barragem, o órgão fiscalizador deve estabelecer prazos.

- Resolução ANA nº 91, de 02 de abril DE 2012 (ANA, 2012)

Para barragens de água ANA (2012), no Capítulo I do Título III, estrutura a RPS, que deve conter, no mínimo: o exame de toda a documentação da barragem, em particular dos relatórios de inspeção; o exame dos procedimentos de manutenção e operação; a análise comparativa do desempenho da barragem em relação às revisões anteriores. O produto final da RPS deve compreender em um relatório que corresponde ao Volume V do PSB, que tem previsto no seu conteúdo mínimo o resultado da inspeção detalhada do local da barragem e estruturas associadas; reavaliação do projeto existente, com critérios de projeto atualizados, reavaliação da categoria de risco e dano potencial associado; a atualização das séries e estudos hidrológicos – sendo confrontados esses dados com a capacidade dos dispositivos de descarga existentes; a reavaliação dos procedimentos de operação, manutenção testes, instrumentação e monitoramento; a reavaliação do PAE, se necessário; a revisão dos relatórios de RPS feitos anteriormente; e o relatório final do estudo. Ainda, no volume V deve contar um resumo executivo, com Identificação da barragem e empreendedor, identificação do autor e período de realização do trabalho, listagem dos estudos realizados, conclusões, recomendações e plano de ação de melhorias com cronograma para as ações.

É observado que a reavaliação do projeto existente, contido na RPS, deve englobar, dentre esses elementos aqueles que possam ter sofrido alteração desde a última RPS: registros de construção; avaliação da estabilidade e adequação estrutural, resistência a percolação e erosão de todas as partes do barramento; verificação do projeto de comportas, válvulas, dispositivos de acionamento e controle de fluxo; avaliação do comportamento da barragem frente a eventos extremos, considerando os eventos que ocorreram desde a construção da barragem; e, por fim, a verificação da adequação das instalações para enfrentar fenômenos especiais que afetem a segurança (ex: erosão avaliada insuficientemente na fase de projeto).

- Resolução ANA nº 132, de 22 de fevereiro de 2016 (ANA, 2016)

Essa resolução não trata da estruturação da RPS.

- Resolução ANA nº 236, de 30 de janeiro de 2017 (ANA, 2017)

Essa resolução atualiza o conteúdo necessário para RPS, sendo então: o resultado da inspeção de segurança especial da barragem e estruturas associadas; reavaliação do projeto existente, com análise conclusiva de estabilidade da barragem (de acordo com critérios de projeto da época de revisão); se pertinente, a atualização das séries e estudos hidrológicos – sendo confrontados esses dados com a capacidade dos dispositivos de descarga existentes; a reavaliação do PAE, se necessário; a revisão dos relatórios de RPS feitos anteriormente; considerações sobre reavaliação da classificação, se necessário; conclusões sobre segurança de

barragem; recomendações de melhorias para reforço da segurança de barragem e suas estimativas de custos e prazos para implementação; e um resumo executivo, com Identificação da barragem e empreendedor, identificação do responsável técnico pela revisão periódica, período de realização do trabalho, listagem dos estudos realizados, conclusões, recomendações e plano de ação de melhorias com cronograma para as ações.

- Resolução ANA nº 123, de 16 de dezembro DE 2019 (ANA, 2019)

Essa resolução não trata da estruturação da RPS.

- Resolução ANA nº 24, de 20 de maio de 2020 (ANA, 2020)

Essa resolução não trata da estruturação da RPS.

- Resolução ANA nº 121, de 09 de maio de 2022 (ANA, 2022)

Essa resolução, em relação a Resolução 236/2017 da ANA, atualiza o conteúdo necessário para RPS, sendo então: o resultado da inspeção de segurança especial e últimas ISRs da barragem e estruturas associadas; reavaliação do projeto existente, com análise conclusiva de estabilidade da barragem (de acordo com critérios de projeto da época de revisão); se pertinente, a atualização das séries e estudos hidrológicos – sendo confrontados esses dados com a capacidade dos dispositivos de descarga existentes; a reavaliação do PAE, se necessário; a revisão dos relatórios de RPS feitos anteriormente; considerações sobre reavaliação da classificação, se necessário; conclusões sobre segurança de barragem; recomendações de melhorias para reforço da segurança de barragem e suas estimativas de custos e prazos para implementação; e um resumo executivo, com Identificação da barragem e empreendedor, identificação do responsável técnico pela revisão periódica, período de realização do trabalho, listagem dos estudos realizados, conclusões, recomendações e plano de ação de melhorias com cronograma para as ações.

- Resolução Normativa ANEEL nº 696, de 15 de dezembro de 2015 (ANEEL, 2015)

Para ANEEL (2015) a elaboração da RPS compete ao empreendedor, sob condução de responsável técnico e deve indicar as medidas a serem adotadas por ele para a manutenção da segurança da barragem. Seu conteúdo mínimo deve compreender alguns itens referenciados da PNSB, são eles:

I - identificação do empreendedor;

II - dados técnicos referentes à implantação do empreendimento, inclusive, no caso de empreendimentos construídos após a promulgação desta Lei, do projeto como construído, bem como aqueles necessários para a operação e manutenção da barragem;

III - estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem;
 IV - manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem;
 V - regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem;
 VI - indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos, a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes, exceto aqueles indispensáveis à manutenção e à operação da barragem;
 VII - Plano de Ação de Emergência (PAE), quando exigido;
 VIII - relatórios das inspeções de segurança;
 IX - revisões periódicas de segurança (BRASIL, 2010, Art. 8).

I - o exame de toda a documentação da barragem, em particular dos relatórios de inspeção;
 II - o exame dos procedimentos de manutenção e operação adotados pelo empreendedor;
 III - a análise comparativa do desempenho da barragem em relação às revisões efetuadas anteriormente. (BRASIL, 2010, Art. 10).

- Resolução CNRH nº 143, de 10 de julho DE 2012 (CNRH, 2012a)

Essa resolução não trata da estruturação da RPS.

- Resolução CNRH nº 144, de 10 de julho de 2012 (CNRH, 2012b)

Essa resolução não trata da estruturação da RPS.

- Resolução CNRH nº 178, de 29 de junho de 2016 (CNRH, 2016)

Essa resolução não trata da estruturação da RPS.

- Resolução CNRH nº 223, de 20 de novembro de 2020 (CNRH, 2020)

Essa resolução não trata da estruturação da RPS.

- Resolução ANA nº 742, de 17 de outubro de 2011 (ANA, 2011)

Essa resolução não trata da estruturação da RPS.

- Portaria DNPM nº 416, de 03 de setembro de 2012 (DNPM, 2012)

Para as barragens de rejeitos, essa resolução define o conteúdo mínimo da RPS como: o resultado de inspeção detalhada e adequada do local da barragem e de suas estruturas associadas; reavaliação do projeto existente, de acordo com os critérios de projeto aplicáveis à época da revisão; reavaliação da categoria de risco e dano potencial associado; atualização das séries e estudos hidrológicos e confrontação desses estudos com a capacidade dos dispositivos de vertimento existentes; reavaliação dos procedimentos de operação, manutenção, testes, instrumentação e monitoramento; reavaliação PAE, se necessário; revisão dos relatórios das revisões periódicas de segurança de barragem de anteriores; e relatório final do estudo. Também, nesse volume, deve ser apresentado um resumo executivo, com identificação da barragem e empreendedor, do autor do trabalho, o período de realização, listagem dos estudos

realizados, conclusões, recomendações, plano de ação de melhoria e cronograma de implantação das ações.

- Portaria DNPM n° 526, de 09 dezembro de 2013 (DNPM, 2013)

Essa resolução não trata da estruturação da RPS.

- Portaria DNPM n° 14, de 15 de janeiro de 2016 (DNPM, 2016)

Essa resolução não trata da estruturação da RPS.

- Portaria DNPM n° 70.389, de 17 de maio de 2017 (DNPM, 2017)

De acordo com essa resolução, a RPS deve conter, no mínimo: o resultado de inspeção detalhada e adequada do local da barragem e de suas estruturas associadas; reavaliação do projeto existente, de acordo com os critérios de projeto aplicáveis à época da revisão; reavaliação da categoria de risco e dano potencial associado; atualização das séries e estudos hidrológicos e confrontação desses estudos com a capacidade dos dispositivos de vertimento existentes; reavaliação dos procedimentos de operação, manutenção, testes, instrumentação e monitoramento; reavaliação PAEBM, se necessário; revisão dos relatórios das revisões periódicas de segurança de barragem de anteriores; relatório final do estudo; e declaração da condição de estabilidade.

- Resolução ANM n° 13, de 8 de agosto de 2019 (ANM, 2019)

Essa resolução não trata da estruturação da RPS.

- Resolução ANM n° 32, de 11 de maio de 2020 (ANM, 2020a)

Essa resolução não trata da estruturação da RPS.

- Resolução ANM n° 40, de 6 de julho de 2020 (ANM, 2020b)

Essa resolução não trata da estruturação da RPS.

- Resolução ANM N° 51, DE 24 DE DEZEMBRO DE 2020 (ANM, 2020c)

Essa resolução não trata da estruturação da RPS.

- Resolução ANM n° 95, de 7 de fevereiro de 2022 (ANM, 2022)

ANM (2022) detalha o conteúdo da RPS, com no mínimo: o resultado da barragem e de suas estruturas associadas; atualização das séries e estudos hidrológicos e confrontação desses estudos com a capacidade dos dispositivos de vertimento existentes; reavaliação dos manuais de operação e manutenção, com testes, instrumentação e monitoramento; reavaliação PAEBM, se necessário; reavaliação do PGRBM; revisão dos relatórios das revisões periódicas de segurança de barragem de anteriores; Avaliação da aderência da instrumentação instalada em relação ao projeto; avaliação dos estudos sísmicos da barragem; avaliação da necessidade

de intervenções para garantir a estabilidade estrutural da barragem; outros aspectos relevantes indicados pelo responsável técnico pelo documento; recomendações que visem a garantia e melhoria da segurança da barragem, para a redução da categoria de risco; avaliação e implementação de soluções voltadas à redução do aporte de água operacional nas barragens; avaliação e implementação das soluções técnicas para evitar o aporte de água superficial e subterrânea no reservatório em desacordo com o projeto; reavaliação da categoria de risco e dano potencial associado; Declaração de Condição de Estabilidade (DCE); manifestação de ciência e concordância por parte do empreendedor.

2.4.6 ZONA DE AUTOSSALVAMENTO (ZAS) E ZONA DE SEGURANÇA SECUNDÁRIA (ZSS)

A ZAS e ZSS são definidas, respectivamente como “trecho do vale a jusante da barragem em que não haja tempo suficiente para intervenção da autoridade competente em situação de emergência, conforme mapa de inundação” (BRASIL, 2020) e “trecho constante do mapa de inundação não definido como ZAS” (BRASIL, 2020).

- Lei Nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 (BRASIL, 2010)

Essa lei não menciona ZAS e ZSS.

- Lei 14.066, de 30 de setembro de 2020 (BRASIL, 2020)

É mencionado pela lei que a delimitação da ZAS e da ZSS, deve estar contida no PAE, assim como o levantamento cadastral e mapeamento atualizado da população existente na ZAS, incluindo a identificação de vulnerabilidades sociais. A lei também veda a implantação da implantação de barragem de mineração cujos estudos de cenários de ruptura identifiquem a existência de comunidade na ZAS e no caso de barragem em instalação ou em operação em que seja identificada comunidade na ZAS, deverá ser feita a descaracterização da estrutura; o reassentamento da população e o resgate do patrimônio cultural; ou obras de reforço que garantam a estabilidade efetiva da estrutura. A opção se definirá por decisão do poder público, sendo ouvido o empreendedor e consideradas a anterioridade da barragem em relação à ocupação e, também, a viabilidade técnico-financeira das alternativas.

A lei dispõe ainda que a permanência na ZAS será somente de trabalhadores estritamente necessários ao desempenho das atividades de operação e manutenção da barragem ou de estruturas adjacentes. Enquanto caberá ao poder público municipal adotar as medidas necessárias para impedir o parcelamento, o uso e a ocupação do solo urbano na ZAS, sob pena de caracterização de improbidade administrativa.

- Resolução ANA nº 742, de 17 de outubro de 2011 (ANA, 2011)

Essa resolução não menciona ZAS e ZSS.

- Resolução ANA nº 91, de 02 de abril de 2012 (ANA, 2012)

Essa resolução não menciona ZAS e ZSS.

- Resolução ANA nº 132, de 22 de fevereiro de 2016 (ANA, 2016)

Essa resolução não menciona ZAS e ZSS.

- Resolução ANA nº 236, de 30 de janeiro de 2017 (ANA, 2017)

Para delimitação da ZAS, nessa normativa, é determinado que se deve adotar a menor das seguintes distâncias: a distância do tempo de chegada da onda de inundação igual a 30 minutos ou 10 km; enquanto a ZSS é definida como trecho constante no mapa de inundação que está fora da ZAS.

O empreendedor recebe a obrigação de participar de simulações de emergências, em conjunto com prefeituras, Defesa Civil e população potencialmente afetada na ZAS e alertar a população potencialmente afetada na ZAS, caso se declare nível de resposta 2 e 3 (laranja e vermelho). Também, deve estabelecer, em conjunto com a Defesa Civil, estratégias de comunicação e de orientação à população potencialmente afetada na ZAS sobre procedimentos a serem adotados nas situações de nível de resposta 2 e 3. Além disso, a ZAS mencionada como obrigatória nos mapas de inundação do PAE. A ZSS, por sua vez, não é mencionada.

- Resolução ANA nº 24, de 20 de maio de 2020 (ANA, 2020)

Essa resolução não menciona ZAS e ZSS.

- Resolução ANA nº 121, de 09 de maio de 2022 (ANA, 2022)

Essa resolução define ZAS como região a jusante da barragem em que se considera que os avisos de alerta à população são da responsabilidade do empreendedor. Para sua delimitação, se não houver manifestação do sistema de defesa civil quanto ao tempo necessário para sua atuação, a distância de um tempo de chegada da onda de inundação igual a 30 minutos. Já a ZSS é definida como trecho que consta no mapa de inundação e não é definido como ZAS.

A ZAS é incluída como alcance mínimo na elaboração do sistema de alerta – que deve estar contido com o plano de comunicação no PAE; é indicada, junto com a ZSS, na síntese do estudo de inundação; e deve ser realizado o levantamento cadastral e mapeamento da população existente na ZAS, com a identificação de vulnerabilidades sociais, e pontos vulneráveis potencialmente afetados.

- Resolução Normativa ANEEL nº 696, de 15 de dezembro de 2015 (ANEEL, 2015)

Essa resolução não menciona ZAS e ZSS.

- Resolução CNRH nº 143, de 10 de julho DE 2012 (CNRH, 2012a)

Essa lei não menciona ZAS e ZSS.

- Resolução CNRH nº 144, de 10 de julho de 2012 (CNRH, 2012b)

Essa resolução não menciona ZAS e ZSS.

- Resolução CNRH nº 178, de 29 de junho de 2016 (CNRH, 2016)

Essa resolução não menciona ZAS e ZSS.

- Resolução CNRH nº 223, de 20 de novembro de 2020 (CNRH, 2020)

Essa resolução não menciona ZAS e ZSS.

- Portaria DNPM nº 416, de 03 de setembro de 2012 (DNPM, 2012)

Essa resolução não menciona ZAS e ZSS.

- Portaria DNPM nº 526, de 09 dezembro de 2013 (DNPM, 2013)

Essa resolução não menciona ZAS e ZSS.

- Portaria DNPM nº 14, de 15 de janeiro de 2016 (DNPM, 2016)

Essa resolução não menciona ZAS e ZSS.

- Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017 (DNPM, 2017)

Para delimitação da ZAS, nessa normativa, ordena-se adotar a maior das seguintes distâncias: a distância do tempo de chegada da onda de inundação igual a 30 minutos ou 10 km; enquanto a ZSS é definida como trecho constante no mapa de inundação que está fora da ZAS.

É definido que a ZAS e ZSS devem estar explicitadas nos mapas de inundação.

Também, é dada como obrigação do empreendedor apoiar e participar de simulados de situações de emergência, junto com prefeituras, defesa civil, equipe de segurança da barragem, empregados do empreendimento e população da ZAS, assim, como deve estabelecer, com a Defesa Civil, estratégias de alerta, comunicação e orientação à população da ZAS sobre procedimentos a serem adotados nas situações de emergência e alertar essa população, caso se declare Nível de Emergência 3. São dadas ainda diretrizes sobre sistemas de alarme, que devem ser instalados na ZAS. Por fim, determina-se que se houver de Nível 3 o empreendedor é obrigado a alertar a da ZAS, de forma rápida e eficaz, utilizando os sistemas de alerta e de avisos constantes no PAEBM.

- Resolução ANM nº 13, de 8 de agosto de 2019 (ANM, 2019)

Nessa resolução determina-se a proibição ao empreendedor de construir, manter e operar na área da ZAS instalações administrativas, de vivência, saúde e recreação; barragens de mineração imediatamente à jusante da barragem e qualquer serviço que utilize, armazene ou manipule fontes radioativas. Não é mencionada ZSS.

- Resolução ANM n° 32, de 11 de maio de 2020 (ANM, 2020a)

Para essa resolução as barragens de mineração que necessitam ter PAEBM, a ZAS é citada no art. 7, em que se determina a obrigatoriedade sistemas automatizados de acionamento de sirenes instaladas fora da mancha de inundação e outros mecanismos adequados ao eficiente alerta na ZAS. Além disso deve ser explicitada – em conjunto com a ZSS – no mapa de inundação.

- Resolução ANM n° 40, de 6 de julho de 2020 (ANM, 2020b)

Essa resolução não menciona ZAS e ZSS.

- Resolução ANM N° 51, de 24 de dezembro de 2020 (ANM, 2020c)

Nessa resolução, é disposto que o empreendedor, com participação da equipe externa contratada e após validação do mapa de inundação, deve promover e realizar Seminário Orientativo anuais, junto com prefeituras, defesa civil, equipe de segurança da barragem, empregados do empreendimento, população da ZAS e, caso tenha sido solicitado formalmente pela defesa civil, a população da ZSS, também. Esses seminários são pré-requisitos da Avaliação de Conformidade e Operacionalidade (ACO) do PAEBM.

Também, se solicitado formalmente pela defesa civil, o empreendedor é obrigado a apoiar e participar de simulados de situações de emergência e apoiar e participar de simulados de situações de emergência na Zona de Segurança Secundária (ZSS).

- Resolução ANM n° 95, de 7 de fevereiro de 2022 (ANM, 2022)

Para delimitação da ZAS, nessa normativa, ordena-se adotar a maior das seguintes distâncias: a distância do tempo de chegada da onda de inundação igual a 30 minutos ou 10 km; enquanto a ZSS é definida como trecho constante no mapa de inundação que está fora da ZAS.

É determinado que se houver declaração de Nível de Emergência 3 o empreendedor é obrigado a alertar a população da ZAS eficaz e rapidamente para evacuação, utilizando os sistemas de alerta e de avisos constantes no PAEBM; em caso de Nível de Emergência 2, o empreendedor deve articular-se com a Defesa Civil para a evacuação preventiva da população da ZAS.

Também em relação a ZAS, fica vedada a implantação de novas barragens cujo mapa de inundação identifique a existência de comunidade no local. Barragens de mineração que iniciaram a instalação ou a operação antes da entrada em vigor da Lei n° 14.066/2020 em que seja identificada comunidade, conforme conceito de áreas urbanas, aglomerados rurais ou subnormais e aldeias definidos pelo IBGE, na ZAS, deverá ser feita a descaracterização da

estrutura, ou o reassentamento da população e o resgate do patrimônio cultural, ou obras de reforço que garantam a estabilidade efetiva da estrutura.

Por fim, veda-se ao empreendedor construir, manter e operar na ZAS, onde somente se admite a permanência de trabalhadores estritamente necessários à operação. Se houver estruturas e equipamentos associados à barragem, as áreas de lavra, beneficiamento e de disposição de rejeitos e estéril na ZAS, as barragens devem: ter Fator de Segurança na condição não drenada global igual ou superior a 1,5 para resistência de pico, quando os materiais forem sujeitos à mobilização por resistência não drenada; possuir borda livre mínima maior ou igual a 1 metro ou conforme projeto (qual for maior); e contar com Centro de Monitoramento Geotécnico operando 24 horas por dia.

2.4.7 IMPLEMENTAÇÃO DO PAE OU PAEBM

Nesse tópico serão revisadas ações, constantes nas normas, para implementação prática do documento do PAE ou PAEBM.

- Lei Nº 12.334, de 20 de setembro De 2010 (BRASIL, 2010)

Essa resolução não trata da implementação do PAE.

- Lei Nº 14.066, de 30 de setembro de 2020 (BRASIL, 2020)

Na prática, é instituído que o empreendedor deverá, antes do início do primeiro enchimento do reservatório da barragem, elaborar, implementar e operacionalizar o PAE; além de realizar reuniões com as comunidades para a apresentação do plano e a execução das medidas preventivas nele previstas, em conjunto com as prefeituras municipais e os órgãos de proteção e defesa civil. Ainda, o empreendedor e os órgãos de proteção e defesa civil municipais e estaduais deverão se articular conjuntamente para promover e operacionalizar os procedimentos emergenciais constantes do PAE; também, na fase de elaboração do documento deve-se ouvir os órgãos de proteção e defesa civil e os representantes da população da área potencialmente afetada quanto às medidas de segurança e aos procedimentos de evacuação em caso de emergência. Exercícios práticos de simulação de situação de emergência com a população da área potencialmente afetada por eventual ruptura da barragem devem ser realizadas pelo empreendedor e órgãos locais de proteção e defesa civil, com periodicidade a ser definida pelo órgão fiscalizador. Além disso, o empreendedor tem o dever de estender elementos de autoproteção da ZAS para locais habitados da ZSS, em que os órgãos de proteção e defesa civil não possam atuar em caso de vazamento ou rompimento da barragem.

Para casos de desastre, a lei indica que deve ser instalada sala de situação para encaminhamento das ações de emergência e comunicação transparente com a sociedade. A reunião deve contar com participação do empreendedor, representantes dos órgãos de proteção e defesa civil, autoridade licenciadora do Sisnama, órgãos fiscalizadores e comunidades e Municípios afetados.

- Resolução ANA nº 742, de 17 de outubro de 2011 (ANA, 2011)

Essa resolução não trata da implementação do PAE.

- Resolução ANA nº 91, de 02 de abril DE 2012 (ANA, 2012)

Essa resolução não trata da implementação do PAE.

- Resolução ANA nº 132, de 22 de fevereiro de 2016 (ANA, 2016)

Essa resolução não trata da implementação do PAE.

- Resolução ANA nº 236, de 30 de janeiro de 2017 (ANA, 2017)

A resolução determina que na prática cabe ao empreendedor promover treinamentos internos, no máximo a cada dois anos, e manter os respectivos registros das atividades; participar, em conjunto com as prefeituras os órgãos de proteção e defesa civil e população potencialmente afetada pela ZAS, de simulações de situações de emergência; executar as ações previstas no Fluxograma de Notificação do PAE; alertar a população da ZAS em caso de Nível de resposta 2 e 3; e estabelecer estratégias de comunicação e orientação a população da ZAS, em conjunto com a defesa civil, sobre os procedimentos a serem adotados em caso de Nível de resposta 2 e 3.

- Resolução ANA nº 123, de 16 de dezembro de 2019 (ANA, 2019)

Essa resolução não trata da implementação do PAE.

- Resolução ANA nº 24, de 20 de maio de 2020 (ANA, 2020)

Essa resolução não trata da implementação do PAE.

- Resolução ANA nº 121, de 09 de maio de 2022 (ANA, 2022)

O PAE somente será considerado implementado quando tiverem sido concluídas as seguintes ações:

- I – Instalação do sistema de monitoramento e controle de estabilidade da barragem integrado aos procedimentos emergenciais;
- II - Integração de sistema sonoro ou de outra solução tecnológica de maior eficácia em situação de alerta ou emergência, com alcance na ZAS;
- III - Sinalização de rotas de fuga e pontos de encontro;

IV - Articulação de procedimentos de emergência com os órgãos competentes de defesa civil atuantes nas comunidades potencialmente afetadas, comprovada por manifestação formal de seus respectivos dirigentes;

V - Execução de programas de treinamento e divulgação para os envolvidos e para as comunidades potencialmente afetadas (ANA, 2022, Art. 8-B).

A resolução determina que na prática cabe ao empreendedor promover treinamentos internos, no máximo a cada dois anos, e manter os respectivos registros das atividades; realizar, com os órgãos locais de proteção e defesa civil, e em consonância com o estabelecido no Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil (PLANCON)³, pelo menos uma vez antes do primeiro enchimento, e posteriormente pelo menos a cada cinco anos, exercícios práticos de simulações de emergência; executar as ações previstas no Fluxograma de Notificação do PAE; alertar a população da ZAS em caso de Nível de resposta 2 e 3; estabelecer, com a defesa civil, estratégias de comunicação e orientação a população da área potencialmente afetada sobre os procedimentos a serem adotados em caso de Nível de resposta 2 e 3; e monitorar as condições de segurança de barragens desativadas e a implantação de medidas preventivas de acidentes ou desastres até o seu descomissionamento.

- Resolução Normativa ANEEL nº 696, de 15 de dezembro de 2015 (ANEEL, 2015)

Essa resolução não trata da implementação do PAE.

- Resolução CNRH nº 143, de 10 de julho DE 2012 (CNRH, 2012a)

Essa resolução não trata da implementação do PAE.

- Resolução CNRH nº 144, de 10 de julho de 2012 (CNRH, 2012b)

Essa resolução não trata da implementação do PAE.

- Resolução CNRH nº 178, de 29 de junho de 2016 (CNRH, 2016)

Essa resolução não trata da implementação do PAE.

- Resolução CNRH nº 223, de 20 de novembro de 2020 (CNRH, 2020)

Essa resolução não trata da implementação do PAE.

- Portaria DNPM nº 416, de 03 de setembro de 2012 (DNPM, 2012)

Essa portaria não trata da implementação do PAE.

- Portaria DNPM nº 526, de 09 dezembro de 2013 (DNPM, 2013)

Essa portaria não trata da implementação do PAE.

- Portaria DNPM nº 14, de 15 de janeiro de 2016 (DNPM, 2016)

³ Conforme ANA (2022) é um instrumento de planejamento de resposta em que são definidos os procedimentos, ações e decisões que devem ser adotados diante da potencial ocorrência de um evento, fenômeno ou acidente, em um cenário de incertezas que pode se concretizar ou não em um decurso de tempo.

Essa portaria não trata da implementação do PAE.

- Portaria DNPM n° 70.389, de 17 de maio de 2017 (DNPM, 2017)

Em relação a implantação do PAEBM, cabe ao empreendedor promover treinamentos internos, no mínimo de 6 em 6 meses, com registros das atividades desenvolvidas; apoiar e participar de simulados de situações de emergência, em conjunto com prefeituras, organismos de defesa civil, equipe de segurança da barragem, empregados do empreendimento e a população da ZAS, com registros destas atividades no Volume V do PSB; executar as ações e notificações do fluxograma de notificação; notificar órgãos de defesa civil, prefeituras envolvidas, órgãos ambientais competentes e o DNPM em caso de situação de emergência; fornecer aos organismos de defesa civil municipais os elementos necessários para a elaboração dos Planos de Contingência em toda a área do mapa de inundação e prestar apoio técnico aos municípios com realização de simulados e audiências públicas; estabelecer, em conjunto com a Defesa Civil, estratégias de alerta, comunicação e orientação à população da ZAS sobre procedimentos para situações de emergência; alertar a população da ZAS, caso se declare Nível de Emergência 3; orientar, acompanhar e dar suporte no desenvolvimento dos procedimentos operacionais do PAEBM e verificar se os procedimentos necessários foram seguidos.

- Resolução ANM n° 13, de 8 de agosto de 2019 (ANM, 2019)

Essa resolução não trata da implementação do PAE.

- Resolução ANM n° 32, de 11 de maio de 2020 (ANM, 2020a)

Essa resolução não trata da implementação do PAE.

- Resolução ANM n° 40, de 6 de julho de 2020 (ANM, 2020b)

Essa resolução não trata da implementação do PAE.

- Resolução ANM N° 51, de 24 de dezembro de 2020 (ANM, 2020c)

Por essa resolução determina-se que o empreendedor deve, no máximo a cada 6 meses, realizar treinamentos com participação da equipe externa contratada para esta finalidade com exercícios expositivos internos: fazer apresentações expositivas em salas de treinamento, com explicação dos procedimentos do PAEBM; realizar exercícios de fluxo de notificações internos: realizar exercício conduzido pelo empreendedor para testar os procedimentos de notificação interna do PAEBM; e exercícios simulados internos, podendo ser: hipotético - teste hipotético e lúdico de efetividade e operacionalidade do PAEBM feito em sala de treinamento, com situações de tempo próximas ao real previsto, para avaliar a capacidade e o tempo de resposta do empreendedor em caso de emergência; e prático - exercícios de campo simulando uma

situação de emergência envolvendo a ativação e mobilização dos centros de operação internas de emergências, pessoal e recursos disponíveis, inclusive dos procedimentos de evacuação internos.

Além disso, o empreendedor, com participação da equipe externa contratada após validação do mapa de inundação, deve promover e realizar Seminários Orientativos anuais -, com a participação das prefeituras, organismos de defesa civil, equipe de segurança da barragem, demais empregados do empreendimento, a população da ZAS e, caso tenha sido solicitado formalmente pela defesa civil, a população da ZSS – em que deve compreender a exposição do mapa de inundação visando a discussão de procedimentos não abrangendo um teste real.

Se solicitado formalmente pela Defesa Civil, o empreendedor é obrigado a apoiar e participar de simulados de situações de emergência em conjunto com prefeituras, organismos de defesa civil, equipe de segurança da barragem, demais empregados do empreendimento e a população da ZAS, e deve manter registros destas atividades no Volume V do PSB. Também, se solicitado formalmente pela Defesa Civil, o empreendedor deve apoiar e participar de simulados de situações de emergência na ZSS.

- Resolução ANM n° 95, de 7 de fevereiro de 2022 (ANM, 2022)

Pela resolução, cabe ao empreendedor promover treinamentos internos, no máximo a cada 6 meses, e manter os respectivos registros das atividades; realizar, com órgãos locais de proteção e defesa civil, exercício prático de simulação de situação de emergência com a população da área potencialmente afetada por eventual ruptura da barragem e, se houver solicitação formal da Defesa Civil, deve-se apoiar e participar de simulados de situações de emergência na ZSS, devendo manter registros destas atividades no Volume V do PSB; executar as ações e notificações do fluxograma de notificação; notificar a defesa civil estadual, municipal e nacional, as prefeituras, os órgãos ambientais e a ANM em caso de situação de emergência; fornecer aos organismos de defesa civil municipais o necessário para a elaboração de Planos de Contingência em toda a extensão do mapa de inundação; prestar apoio técnico aos municípios potencialmente impactados nas ações de elaboração e desenvolvimento dos Planos de Contingência Municipais, com a realização de simulados e audiências públicas; estabelecer estratégias de alerta, comunicação e orientação à população potencialmente afetada na ZAS, sobre procedimentos a serem adotados nas situações de emergência, com a defesa civil, auxiliando na elaboração e implementação do plano de ações na citada zona; alertar a população potencialmente afetada na ZAS, caso se declare Nível de Emergência 3; orientar, acompanhar

e dar suporte no desenvolvimento dos procedimentos operacionais do PAEBM; e acompanhar o andamento das ações em situação de emergência, verificando se os procedimentos necessários foram seguidos. Cabe, ainda, ao empreendedor, com a participação da equipe externa contratada, depois de validado o mapa de inundação, prover seminários orientativos anuais para prefeituras, defesa civil, equipe de segurança da barragem, empregados do empreendimento, população da ZAS, e se solicitado formalmente pela defesa civil, população da ZSS.

2.4.8 SISTEMAS DE ALARME

- Lei Nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 (BRASIL, 2010)

Essa lei não menciona sistema de alarme.

- Lei 14.066, de 30 de setembro de 2020 (BRASIL, 2020)

Sistemas de alarme são citados unicamente no inciso XII do artigo 12, que estabelece o conteúdo mínimo do PAE, sendo obrigatória a previsão de instalação de sistema sonoro ou de outra solução de maior eficácia em situação de alerta ou emergência, com alcance definido pelo órgão fiscalizador.

- Resolução ANA nº 742, de 17 de outubro de 2011 (ANA, 2011)

Essa resolução não menciona sistema de alarme.

- Resolução ANA nº 91, de 02 de abril DE 2012 (ANA, 2012)

Essa resolução não menciona sistema de alarme.

- Resolução ANA nº 132, de 22 de fevereiro de 2016 (ANA, 2016)

Essa resolução não menciona sistema de alarme.

- Resolução ANA nº 236, de 30 de janeiro de 2017 (ANA, 2017)

Sistema de alerta é definido pela resolução como “conjunto de equipamentos ou recursos tecnológicos para informar a população potencialmente afetada na Zona de Autossalvamento - ZAS sobre a ocorrência de perigo iminente” (ANA, 2017). Sua menção é relacionada a obrigatoriedade para constar no PAE.

Essa resolução não menciona sistema de alarme.

- Resolução ANA nº 24, de 20 de maio de 2020 (ANA, 2020)

Essa resolução não menciona sistema de alarme.

- Resolução ANA nº 121, de 09 de maio de 2022 (ANA, 2022)

O sistema de alerta é definido pela resolução como o conjunto de equipamentos ou recursos tecnológicos para informar a da ZAS sobre a ocorrência de perigo iminente.

É obrigatório, pela resolução, a integração do sistema de alerta sonoro – ou outra solução tecnológica – para o PAE ser considerado implementado. O sistema também é exigido como conteúdo mínimo do PAE, devendo abranger toda a ZAS.

- Resolução Normativa ANEEL nº 696, de 15 de dezembro de 2015 (ANEEL, 2015)

Essa resolução não menciona sistema de alarme.

- Resolução CNRH nº 143, de 10 de julho de 2012 (CNRH, 2012a)

Essa resolução não menciona sistema de alarme.

- Resolução CNRH nº 144, de 10 de julho de 2012 (CNRH, 2012b)

Essa resolução não menciona sistema de alarme.

- Resolução CNRH nº 178, de 29 de junho de 2016 (CNRH, 2016)

Essa resolução não menciona sistema de alarme.

- Resolução CNRH nº 223, de 20 de novembro de 2020 (CNRH, 2020)

Essa resolução não menciona sistema de alarme.

- Portaria DNPM nº 416, de 03 de setembro de 2012 (DNPM, 2012)

Essa portaria não menciona sistema de alarme.

- Portaria DNPM nº 526, de 09 de dezembro de 2013 (DNPM, 2013)

Essa portaria não menciona sistema de alarme.

- Portaria DNPM nº 14, de 15 de janeiro de 2016 (DNPM, 2016)

Essa portaria não menciona sistema de alarme.

- Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017 (DNPM, 2017)

Os sistemas de alerta, de acordo com a resolução, são uma obrigatoriedade do PAEBM, devem contemplar sirenes e outros mecanismos adequados ao eficiente alerta na ZAS.

É apontada, também, a obrigação de alerta para a população da ZAS de forma rápida e eficaz, com sistema de alerta e de avisos constantes, conforme deve constar no PAEBM, quando a emergência for de nível 3.

- Resolução ANM nº 13, de 8 de agosto de 2019 (ANM, 2019)

Para os sistemas de alarme é determinado que as barragens de mineração que necessitam ter PAEBM devem possuir sistemas automatizados de acionamento de sirenes instaladas fora da mancha de inundação e outros mecanismos para o alerta na ZAS. Esses componentes do sistema devem ser instalados em lugar seguro, e dotados de modo contra falhas em caso de rompimento da estrutura, complementando os sistemas de acionamento manual no empreendimento e o remoto. Em casos de mancha de inundação demasiadamente larga ou em casos excepcionais em que haja impossibilidade de instalação das sirenes fora da mancha de

inundação, estas podem ser instaladas dentro da mancha desde que devidamente justificado pelo projetista no PAEBM.

Por fim, é dito que os sistemas de alerta de acionamento automático e manual devem ser projetados e implementados conforme definido na Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017, e de acordo com as características da barragem e critérios de acionamento relacionados a parâmetros de deformação e deslocamentos - esses limites deverão ser definidos pelo projetista.

- Resolução ANM nº 32, de 11 de maio de 2020 (ANM, 2020a)

Nessa resolução é determinado que as barragens de mineração que necessitam ter PAEBM devem possuir sistemas automatizados de acionamento de sirenes instaladas fora da mancha de inundação e outros mecanismos para o alerta na ZAS. Esses componentes do sistema devem ser instalados em lugar seguro, e dotados de modo contra falhas em caso de rompimento da estrutura, complementando os sistemas de acionamento manual no empreendimento e o remoto.

- Resolução ANM nº 40, de 6 de julho de 2020 (ANM, 2020b)

Essa resolução não menciona sistema de alarme.

- Resolução ANM N° 51, de 24 de dezembro de 2020 (ANM, 2020c)

Essa resolução não menciona sistema de alarme.

- Resolução ANM nº 95, de 7 de fevereiro de 2022 (ANM, 2022)

Essa resolução apresenta o Centro de Monitoramento Geotécnico, definido como ambiente físico dedicado ao monitoramento de barragens e acionamento dos dispositivos de alerta e alarme. O Centro deve conter com equipe tratando e analisando os dados advindos da instrumentação, câmeras e demais dispositivos garantindo a segurança das barragens, e objetivando intervenção e imediata quando necessário, com operação 24 horas por dia. Essa estrutura deve estar presente em barragens que iniciaram a instalação ou a operação antes da entrada em vigor da Lei nº 14.066/2020 em que seja identificada presença de comunidade na ZAS. Essas barragens devem ser descaracterizadas, ou o ser promovido o reassentamento da população e resgate do patrimônio cultural, ou obras de reforço com garantia de estabilidade da estrutura.

Também, barragens com DPA alto ou médio se atingir 10 pontos no item "existência de população a jusante" (em tabela anexa a resolução), obrigam-se a ter sistemas automatizados de acionamento de sirenes e outros mecanismos adequados instalados fora da mancha de

inundação para alerta da ZAS, instalados em lugar seguro, e dotados de modo contra falhas em caso de rompimento da estrutura, em complemento aos sistemas de acionamento manual e o remoto. Ainda, caso haja solicitação formal da Defesa Civil solicite o empreendedor deve manter sistema de alerta ou avisos à população potencialmente afetada na ZSS.

2.4.9 MAPAS E ESTUDO DE INUNDAÇÃO (DAM-BREAK)

O estudo de inundação (*Dam Break*) é definido como “estudo que se baseia, essencialmente, na simulação da cheia induzida. Em geral são usados nesta avaliação modelos hidrodinâmicos” (ANA, 2016). Já a definição de mapa de inundação deve seguir atrelada ao estudo, já que, - conforme Brasil (2020) - é o produto do estudo de inundação, que delimita geograficamente as áreas potencialmente afetadas por vazamento ou ruptura da barragem e seus possíveis cenários associados; seu objetivo é facilitar a notificação eficiente e a evacuação de áreas afetadas por essa situação;

- Lei Nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 (BRASIL, 2010)

A legislação em questão cita apenas que o mapa de inundação é produto desse estudo e afirma que o PSB deve conter esse mapa considerando o pior cenário identificado. Também é dito que o empreendedor tem o dever de elaborar o mapa de inundação, quando exigido pelo órgão fiscalizador.

- Lei 14.066, de 30 de setembro de 2020 (BRASIL, 2020)

Nessa lei é mencionada apenas a obrigatoriedade do mapa de inundação, quando exigido pelo órgão fiscalizador.

- Resolução ANA nº 742, de 17 de outubro de 2011 (ANA, 2011)

Nessa resolução não é mencionado o estudo de inundação.

- Resolução ANA nº 91, de 02 de abril de 2012 (ANA, 2012)

Nessa resolução não é mencionado o estudo de inundação.

- Resolução ANA nº 132, de 22 de fevereiro de 2016 (ANA, 2016)

Nessa resolução não é mencionado o estudo de inundação.

- Resolução ANA nº 236, de 30 de janeiro de 2017 (ANA, 2017)

Nessa resolução, na estruturação do conteúdo do PAE, menciona-se a obrigatoriedade da síntese do estudo de inundação (*dam break*) contendo mapas, indicação da ZAS e pontos vulneráveis potencialmente afetados.

- Resolução ANA nº 123, de 16 de dezembro DE 2019 (ANA, 2019)

Nessa resolução não é mencionado o estudo de inundação.

- Resolução ANA nº 24, de 20 de maio de 2020 (ANA, 2020)

Nessa resolução não é mencionado o estudo de inundação.

- Resolução ANA nº 121, de 09 de maio de 2022 (ANA, 2022)

Conforme a resolução o estudo de inundação (*dam-break*) deve conter o instante de chegada da frente e do pico da onda de inundação, os níveis máximos atingidos em termos de cota e altura da onda, a velocidade máxima, a vazão máxima e o tempo de duração da fase crítica da inundação.

A síntese do estudo deve contar no PAE com os cenários considerados, mapas e avaliação do risco hidrodinâmico, indicação da ZAS e ZSS, levantamento cadastral e mapeamento atualizado da população existente na ZAS, incluindo a identificação de vulnerabilidades sociais, e pontos vulneráveis potencialmente afetados.

Ainda, conforme a resolução, o estudo de rompimento deverá ser elaborado a partir do pior cenário identificado, tendo como base a avaliação de 3 possíveis situações: operação hidráulica extrema, que, sem conduzir à ruptura, pode dar origem a descargas importantes e mais duradouras e, de igual forma, colocar em risco pessoas e bens no vale a jusante; ruptura propriamente dita, incluindo o cenário de ruptura mais provável; e ruptura mais desfavorável ou extremo.

- Resolução Normativa ANEEL nº 696, de 15 de dezembro de 2015 (ANEEL, 2015)

Nessa resolução é dado que para as barragens de Classe A ou B (Na Tabela 8 em função da categoria de risco e dano potencial associado), devem ser elaborados estudos de inundação e propagação de cheia, nos quais a área de abrangência deve considerar as estruturas à jusante com capacidade de amortecer uma cheia associada. É permitido, dessa forma, que empreendedores se articulem para produção de estudo comum, na área onde se encontram.

Tabela 8. Matriz de classificação das barragens da ANEEL.

ANEEL	Dano potencial associado		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	A	B	B
Médio	B	C	C
Baixo	B	C	C

Fonte: adaptado pela autora de ANEEL (2015).

- Resolução CNRH nº 143, de 10 de julho DE 2012 (CNRH, 2012a)

Nessa resolução não é mencionado o estudo de inundação.

- Resolução CNRH nº 144, de 10 de julho de 2012 (CNRH, 2012b)

Nessa resolução não é mencionado o estudo de inundação.

- Resolução CNRH nº 178, de 29 de junho de 2016 (CNRH, 2016)

Nessa resolução não é mencionado o estudo de inundação.

- Resolução CNRH nº 223, de 20 de novembro de 2020 (CNRH, 2020)

Nessa resolução não é mencionado o estudo de inundação.

- Portaria DNPM nº 416, de 03 de setembro de 2012 (DNPM, 2012)

Nessa resolução não é mencionado o estudo de inundação.

- Portaria DNPM nº 526, de 09 dezembro de 2013 (DNPM, 2013)

Nessa resolução, determina-se apenas que, em relação ao estudo de *dam-break*, cabe ao empreendedor providenciar a elaboração estudo e o mapa de inundação.

- Portaria DNPM nº 14, de 15 de janeiro de 2016 (DNPM, 2016)
- Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017 (DNPM, 2017)

Nessa portaria estudo e os respectivos mapas de inundação, com indicação das ZAS e ZSS são citados como uma obrigatoriedade do PAEBM.

- Resolução ANM nº 13, de 8 de agosto de 2019 (ANM, 2019)

Nessa resolução não é mencionado o estudo de inundação.

- Resolução ANM nº 32, de 11 de maio de 2020 (ANM, 2020a)

Conforme a norma, o empreendedor é obrigado a elaborar mapa de inundação para auxílio na classificação referente ao DPA e suporte às demais ações descritas no PAEBM de cada barramento.

O mapa de inundação, por sua vez, deve ser detalhado e exibir em gráficos e mapas georreferenciados as áreas a serem inundadas, explicitando: a ZAS e a ZSS, os tempos de viagem para os picos da frente de onda e inundações em locais críticos abrangendo os corpos hídricos e possíveis impactos ambientais. O deslocamento da frente de onda deve ser feito considerando modelos 2D contemplando o acréscimo de materiais e sedimentos que a onda carreará. De acordo com a lei, deve ser executado pelo empreendedor, no mínimo: a caracterização geotécnica, físico-química e mineralógica dos materiais do reservatório, contemplando minimamente ângulo de repouso, peso específico, granulometria e identificação de superfícies preferenciais de ruptura; classificação dos rejeitos ou sedimentos armazenados no reservatório segundo a norma ABNT/NBR 10.004⁴ ou norma que a suceda; e batimetria atualizada do reservatório.

⁴ Norma brasileira de Classificação de Resíduos Sólidos.

A norma salienta que quando houver barragens a jusante da estrutura de avaliação e que estejam dentro da área de influência da inundação, o estudo e o mapa de inundação devem considerar também uma análise de ruptura em cascata.

Além disso, é disposto que o mapa de inundação deve ser elaborado por responsável técnico com ART, respeitando as boas práticas de engenharia e com explicitação do método adotado para elaboração.

Conforme determinado pela resolução, os mapas devem refletir o cenário atual da barragem e estar em conformidade com sua cota licenciada. Também, devem ser executados com base topográfica atualizada em escala apropriada, para a representação da tipologia do vale a jusante devendo identificar e manter atualizada: residências com o quantitativo de população existente e com identificação de vulnerabilidades sociais, tais como portadores de necessidades especiais, idosos, crianças; infraestruturas de mobilidade tais como ferrovias, estradas de uso local e rodovias; equipamentos urbanos tais como escolas, hospitais, presídios, subestações de energia, estações de tratamento de água ou de esgoto; equipamentos com potencial de contaminação, como postos de gasolina, indústrias ou depósitos químicos/radiológicos; infraestruturas de interesse cultural, artístico, histórico e de outra natureza que integrem ou sejam relevantes ao patrimônio cultural; sítios arqueológicos e espeleológicos; unidades de conservação, áreas de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica; existência de comunidades indígenas tradicionais ou quilombolas; e estações de captação de água para abastecimento urbano.

Por fim, sobre o tópico é dito que os modos de ruptura constantes do estudo e do mapa de inundação devem considerar o cenário de maior dano. Se o caso de modo de falha for por liquefação, a totalidade do maciço e do volume contido no reservatório devem ser considerados no cálculo do volume mobilizável.

- Resolução ANM n° 40, de 6 de julho de 2020 (ANM, 2020b)

Nessa resolução não é mencionado o estudo de inundação.

- Resolução ANM N° 51, de 24 de dezembro de 2020 (ANM, 2020c)

Por essa resolução fica determinado que o mapa e o estudo de inundação da barragem devem ser validados pela equipe externa contratada.

- Resolução ANM n° 95, de 7 de fevereiro de 2022 (ANM, 2022)

De acordo com essa resolução, o estudo e mapa de inundação são responsabilidade do empreendedor para auxílio na classificação de DPA e suporte às ações do PAEBM.

Os mapas devem ser executados com base topográfica atualizada em escala apropriada e serem detalhados com gráficos e mapas georreferenciados das áreas inundadas, indicando ZAS, ZSS, tempos de viagem para picos da frente da onda e inundações em locais críticos. Na confecção, devem-se abranger corpos hídricos, possíveis impactos ambientais e barragens a jusante da estrutura avaliada, se estiver dentro da área de influência de inundação – nesse caso, tanto o mapa quanto o estudo de inundação devem considerar uma análise conjunta para as estruturas.

Ainda, os mapas devem apresentar e manter atualizados os dados de residências com o quantitativo de população existente e com identificação de vulnerabilidades sociais, tais como portadores de necessidades especiais, idosos, crianças; infraestruturas de mobilidade tais como ferrovias, estradas de uso local e rodovias; equipamentos urbanos tais como escolas, hospitais, presídios, subestações de energia, estações de tratamento de água ou de esgoto; equipamentos com potencial de contaminação, como postos de gasolina, indústrias ou depósitos químicos/radiológicos; infraestruturas de interesse cultural, artístico, histórico e de outra natureza que integrem ou sejam relevantes ao patrimônio cultural; sítios arqueológicos; unidades de conservação, áreas de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica; existência de comunidades indígenas tradicionais ou quilombolas; e estações de captação de água para abastecimento urbano.

Para exposição dos modos de ruptura constantes do estudo e mapa de inundação, deve ser considerado o cenário de maior dano, e, se o modo de falha for liquefação, consideram-se nos cálculos o volume contido no reservatório e a totalidade do maciço. A norma resoluta, também, que o estudo de inundação deve conter o critério utilizado de parada da onda de ruptura escolhido.

Como conteúdo do PAEBM é exigida a síntese do estudo de inundação com os respectivos mapas, indicação da ZAS e ZSS. Por fim, é dito que o estudo de inundação deve conter explicitamente o critério de parada da onda de ruptura escolhido.

2.4.10 PROIBIÇÃO DE MÉTODO DE ALTEAMENTO

Esse item se aplica para barragens de rejeitos. São duas as normas decisivas na proibição do método de alteamento a montante:

- Lei 14.066, de 30 de setembro de 2020 (BRASIL, 2020)

Pelo artigo 2-A da lei proíbe-se a construção ou alteamento da barragem de mineração pelo método a montante. Nessa circunstância, o empreendedor deve concluir a

descaracterização da barragem construída ou alteada por esse método até 25 de fevereiro de 2022, considerada a solução técnica exigida pela entidade que regula e fiscaliza a atividade minerária e pela autoridade licenciadora do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama). No entanto, a entidade que regula e fiscaliza a atividade minerária pode prorrogar o prazo de descaracterização previsto em razão da inviabilidade técnica para a execução no período previsto, desde que a decisão, para cada estrutura, seja referendada pela autoridade licenciadora do Sisnama.

Pela lei, define-se barragem descaracterizada como “aquela que não opera como estrutura de contenção de sedimentos ou rejeitos, não possuindo características de barragem, e que se destina a outra finalidade” (BRASIL, 2020).

- Resolução ANM n° 13, de 8 de agosto de 2019 (ANM, 2019)

A norma proíbe o método de alteamento de barragens de mineração denominado "a montante" em todo o território nacional. Também, fica proibido aos empreendedores conceber, construir, manter e operar, nos locais pertencentes a área outorgada ou em áreas averbadas no respectivo título minerário e inseridos ZAS: instalações de atividades administrativas, de vivência, de saúde e de recreação; barragens de mineração ou estruturas vinculadas ao processo operacional de mineração para armazenamento de efluentes líquidos, situadas imediatamente à jusante da barragem de mineração cuja existência possa comprometer a segurança da barragem situada à montante; e qualquer instalação, obra ou serviço que manipule, utilize ou armazene fontes radioativas.

Na resolução, não se define barragem descaracterizada.

3 METODOLOGIA

A elaboração do estudo foi feita através do método da revisão bibliográfica de normas e trabalhos acadêmicos. Após a definição do tema, artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses, entre outros materiais acadêmicos foram pesquisados em bases de dados com devidas confiabilidade e credibilidade, com o objetivo de encontrar artigos e trabalhos acadêmicos. São elas: Portal de periódicos da CAPES, Google Acadêmico e Scielo.

Para a pesquisa, foram definidas as palavras-chave e utilizados os operadores booleanos:

- AND, que busca por todos os termos digitados;

- E OR, em que pelo menos um dos termos digitados tem que ser encontrado.

A seguir, na Figura 6 encontra-se a esquematização da estratégia de pesquisa.

Figura 6 - Esquematização da estratégia de pesquisa.

Legislação	AND	Segurança de Barragens	AND	Brasil
Leis	OR	Barragens	OR	Brasileiras
Normas				Nacional

Acidente	AND	Barragens	AND	Brasil
Ruptura	OR	Barramentos	OR	Brasileiros
Desastres	OR			Territorio Nacional

Acidente OR Desastre OR Ruptura	AND	Rio Verde	AND	2001
	AND	Florestal Cataguases	AND	2003
	AND	Camará	AND	2004
	AND	São Francisco	AND	2007
	AND	Algodões I	AND	2009
	AND	Mineração Herculano	AND	2014
	AND	Fundão	AND	2015
	AND	Córrego do Feijão	AND	2019
	AND	Santo Antonio do Jari	AND	2014

Legislação	AND	Segurança de Barragens	AND	Internacional
Leis	OR	Barragens	OR	Estado Unidos
Normas	OR			USA
				EUA
				Canadá
				Portugal
				FEMA
				CDA
				ICOLD
				APA
				APEGBC

Fonte: Elaboração da autora.

A partir da execução da busca, foram obtidos os materiais e analisadas as suas relações com o tema proposto, a partir da leitura dos seus resumos. Os documentos selecionados estão devidamente referenciados no presente trabalho, de modo que o resultado da busca foi satisfatório.

Também, houve contribuição dos orientadores com trabalhos acadêmicos, materiais de congressos e livros que abrangem a temática proposta pelo trabalho.

As normas nacionais foram encontradas nos sites oficiais do governo e agências de fiscalização; as internacionais, nos sites oficiais do governo, agências e associações, que serão detalhadas no item 3.3 a seguir.

Os resultados do trabalho basearam-se em três tópicos, relacionados aos objetivos específicos do trabalho, são eles:

3.1 Relação entre os principais desastres envolvendo rompimentos de barragens no Brasil e o surgimento das legislações de segurança de barragens.

Com base em material encontrado em sites federais, livros, e material acadêmico foram selecionados os principais desastres envolvendo acidentes de barragens no país. Concomitantemente, foi realizada a pesquisa acerca da existência das normas citadas no presente estudo.

A partir da reunião das pesquisas, realizou-se a construção de uma linha temporal, integrando os eventos de desastres com o surgimento da legislação. Esse material serviu como base para discussão de resultados e conclusões do estudo.

3.2 Análise crítica da evolução das legislações brasileiras federais.

Para análise das normas, foram estabelecidos alguns critérios de grande relevância a serem analisados:

i) se é feita a estruturação do conteúdo mínimo do Plano de Segurança de Barragem (PSB), Plano de Ação e Emergência (PAE) ou Plano de Ação e Emergência de Barragem de Mineração (PAEBM), Inspeção de Segurança Regular (ISR) e Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPS);

ii) se é instruída a implantação do PAE ou PAEBM;

iii) se é exigido sistema de alerta, em caso de emergência;

iv) se são determinadas maneiras palpáveis de delimitar a Zona de Autossalvamento (ZAS) e a Zona de Segurança Secundária (ZSS); e

v) se é obrigatória a confecção do estudo de inundação.

Para a análise desses critérios confeccionou-se um checklist que possibilitou observar com maior facilidade lacunas na legislação brasileira.

3.3 Proposição de melhorias na legislação brasileira através da comparação com documentos consolidados.

Foram selecionados, para procura de material sobre segurança de barragens, os países Estados Unidos e Canadá e o Comitê ICOLD (International Commission On Large Dams – Comissão Internacional de Grandes Barragens), por apresentarem preocupação anterior à legislação brasileira em relação à publicação de regulamentos de segurança de barragens.

Portugal foi escolhido por apresentar semelhanças culturais com nosso país, apesar de apresentar preocupação ao tema anterior à nossa.

Nos Estados Unidos, conforme Zuffo e Genovez (2009), por meio do Dam Safety e Security Act of 2002 – Decreto de Segurança e Proteção de Barragens de 2002 –, a responsabilidade de coordenação de atividades federais e estaduais do Programa Nacional de Segurança e Proteção de Barragens passou a ser do National Dam Safety Review Board - Comissão Nacional Revisora em Segurança de Barragens. Conforme as autoras, essa comissão é responsável por aconselhar o diretor da Federal Emergency Management Agency (FEMA) – Agência Federal de Gestão de Emergências – quanto às prioridades do Programa Nacional de Segurança e Proteção de Barragens e deliberar sobre questões de segurança de barragens, além de auxiliar a agência em relação ao desenvolvimento e estabelecimento de custos dos programas estaduais de barragens.

FEMA é a Agência do Departamento de Segurança Interna dos EUA. Conforme FEMA (2022) seu diretor se comunica diretamente com a secretaria do departamento ou a presidência dos Estados Unidos. A agência publica diversos guias para população relacionada a segurança de barragens – com assuntos desde a convivência da população com as barragens até técnicas de elaboração de mapas de inundação.

No Canadá, a Canadian Dam Association (CDA) – Associação de Barragens do Canadá tem o papel de orientar boas práticas para barragens. Conforme CDA (2022), o comitê é responsável pela revisão, garantia de qualidade e comunicação envolvendo os Guias e Boletins Técnicos e fornece orientação especializada ao Conselho de Administração no desenvolvimento e supervisão de programas, projetos e publicações relacionadas à segurança de barragens. A Association of Professional Engineers and Geoscientists of the Province of British Columbia (APEGBC) – Associação de Engenheiros Profissionais e Geocientistas da Columbia Britânica é composta por Engenheiros e Geocientistas que regulam e governam as profissões sob a autoridade de Lei, conforme APEGBC (2022). Nesse caso, somente engenheiros e empresas licenciadas pela associação estão autorizados por lei a realizar e assumir a responsabilidade por projetos de engenharia e geociências em British Columbia. A organização também é responsável por publicações de materiais, dentre eles guias com diretrizes que estabelecem padrões para segurança de barragens.

Já a International Commission On Large Dams (ICOLD) – Comissão Internacional De Grandes Barragens – é uma comissão cujo objetivo, conforme ICOLD (2022), é estabelecer padrões e diretrizes para garantir a segurança da construção e operação de barragens com

eficiência, economia e sustentabilidade. A comissão publica boletins com “estado da arte” com recomendações para engenharia de barragens; mantém um banco de dados com arquivos do mundo todo; realiza congressos mundiais a cada 3 anos; entre outras atividades.

Em Portugal, a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) é a agência responsável pela implementação de políticas de ambiente em Portugal, dentre eles, conforme APA (2021), a prevenção e gestão de riscos. Nesse nicho, encontra-se a segurança de barragens, que conforme a agência portuguesa, é salvaguardada pelo cumprimento das regras existentes de projeto, construção e exploração. À APA compete o controle da segurança das barragens, fiscalização e promoção do cumprimento dos regulamentos. Também, foi coletado material da Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil de Portugal (ANEPC), que planeja, coordena e executa políticas de emergência e proteção civil no país.

Assim, foram organizados tópicos para cada proposição de melhoria para normas nacionais baseadas no material internacional e manuais nacionais analisados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 RELAÇÃO ENTRE OS PRINCIPAIS DESASTRES ENVOLVENDO ROMPIMENTOS DE BARRAGENS NO BRASIL E O SURGIMENTO DAS LEGISLAÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Conforme acontecem os acidentes envolvendo as barragens em todo o Brasil, percebe-se uma movimentação em prol da publicação de leis que respaldam a segurança dessas estruturas.

Em 2003, de acordo com Guidicini, Sandroni e Mello (2021), por motivação do rompimento da barragem de Cataguases, onde 1,4 bilhões de m³ de rejeitos foram liberados, impactando mais de 600 mil pessoas no estado de MG, ocorreu o ponto de partida de legislação de Segurança de Barragens através de uma versão preliminar de Projeto de Lei (PL) denominado Substitutivo de PL N° 1181, de 2003, de autoria do deputado Leonardo Monteiro (PT/MG), com a ementa inicial: “estabelece diretrizes para verificação da segurança de barragens de cursos de água para quaisquer fins e para aterros de contenção de resíduos líquidos industriais” (BRASIL, 2003). No mesmo ano, conforme os autores, foi criado um grupo do CNRH para análise sobre o tema, que deu origem ao Projeto de Lei da Câmara n° 168/2009, cuja ementa era:

Estabelece a política nacional de segurança de barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais e alterar a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. (BRASIL, 2009)

Em que o primeiro artigo alterado das leis dá as competências do CNRH, enquanto o segundo dispõe sobre a atuação da ANA.

Guidicini, Sandroni e Mello (2021), ainda expõem que apenas em 2010, após sete anos de tramitação na Câmara dos Deputados e aprovação do Senado, foi transformada em Lei Ordinária a Lei nº 12.334 que estabeleceu a PNSB, com a mesma ementa do PLC nº 168/2009.

Para ANA (2011), com a publicação da PNSB, houve uma mudança de paradigma, que eliminou o vácuo institucional e estabeleceu uma cadeia de responsabilidades relacionadas a como encarar a segurança das barragens brasileiras.

Conforme o Senado Notícias (2020), uma nova versão da PNSB foi sancionada após o rompimento da barragem em Brumadinho – MG, que ocorreu em 2019, com a entrada em vigor da Lei 14.066, de 30 de setembro de 2020, apresentado pela senadora Leila Barros (PSB-DF). Como grande destaque das alterações desta lei estão a proibição do uso do método de alteamento a montante, a criação de infrações e sanções pelo descumprimento da PNSB, maior responsabilização dos empreendedores de barragens em relação à segurança do empreendimento e ampliação do escopo do PAE e sua implementação.

De acordo com Souza (2019), de forma geral, a PNSB é utilizada como referência para os órgãos fiscalizadores. As agências ANA, ANEEL e ANM (e antigo DNPM), por sua vez cumpriram com o dever de estabelecer diversas resoluções – antes e depois da publicação da atualização da Lei Federal – a fim de garantir a segurança das estruturas sob sua jurisdição. Assim como o CNRH, que dá as diretrizes para a aplicação da Lei.

De acordo com IBRAM (2021), em 2015, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) editou a Portaria nº 70.389/2017, que revogou as Portarias nº 416/2012 e 526/2013 e atualizou a regulamentação das barragens de mineração a nível nacional, envolvendo, entre outros, a elaboração do PSB e a implementação do PAE (se necessário) e a definição da periodicidade e da finalidade das inspeções de segurança.

A partir do rompimento da Barragem B1, conforme IBRAM (2021), a ANM editou uma série de atos normativos relevantes - como as Resoluções nº 13/2019, 32/2020, 40/2020, 51/2020, 56/2021 e 95/2022, que trouxeram rigor à adequação de barragens de mineração à segurança de barragens.

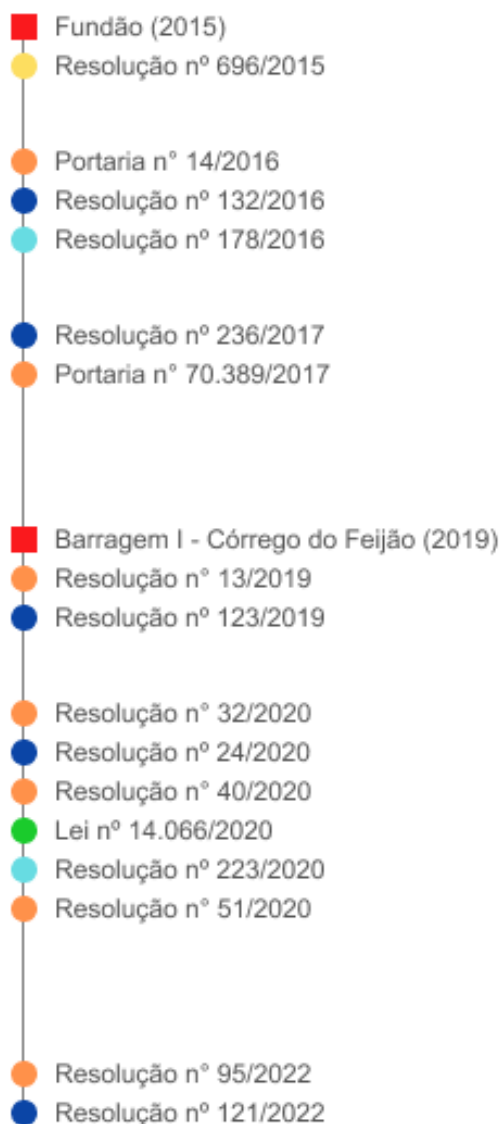
Em suma, a integração do histórico de acidentes e surgimento da legislação pode ser visualizado na linha do tempo expresso na Figura 7.

Figura 7. Linha do tempo integrada entre rompimentos de barragens e surgimento de legislações.

LEGENDA

■ Rompimento de barragem	● Resolução ANEEL
● Lei Federal	● Resolução CNRH
● Portaria DNPM/ Resolução ANM	● Resolução ANA





Fonte: elaboração da autora.

Percebe-se que após o rompimento das estruturas do Fundão, em 2015, e Barragem I – Córrego do Feijão, em 2019, a publicação de novas leis é intensificada.

Pode-se concluir, dessa forma, que apesar de já existirem normas e guias a nível internacional para serem utilizadas como modelo para uma possível legislação consistente, o processo legislativo brasileiro acerca de segurança de barragens evoluiu, engatilhado pelos acidentes de rompimento das estruturas.

Esse fato deve servir de exemplo: deve-se pensar, futuramente, na legislação como mitigadora de danos de forma preventiva, e não paliativa – como se fez até então na história. Já

que, majoritariamente, as inovações das normas trouxeram não um conceito ou método novo, mas uma recomendação ou definição de algo já existente.

Pode se servir como exemplo disso o alteamento a montante, que já era um método usado como facilitador, com menores custos ao empreendedor, mas apresentava menor índice de segurança comparado aos outros. Ou até mesmo, podem ser citadas as melhorias nas estruturas de documentos ao longo dos anos, como o PAE, PSB, ISR e RPS.

4.2 DISCUSSÃO SOBRE AS NORMAS BRASILEIRAS

Após analisadas as legislações nacionais, foram destacados alguns aspectos a serem discutidos, que a seguir serão elencados em tópicos.

4.2.1 APLICABILIDADE DAS NORMAS: CONSIDERAÇÕES SOBRE A SEGURANÇA DE PEQUENOS BARRAMENTOS

Como exposto, a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e as resoluções e portarias derivadas são aplicadas para estruturas com altura do maciço igual ou maior a 15 metros; capacidade total do reservatório igual ou maior a 3.000.000 m³; reservatório que contenha resíduos perigosos; categoria de Dano Potencial Associado (DPA) médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas; e Categoria de Risco (CRI) alto, a critério do órgão fiscalizador.

O ICOLD, segundo Luccas et. al. (2020), define as barragens pequenas como as que tem: altura superior a 2,5 metros e inferior a 15 metros – medida a partir do nível do leito do rio até o nível máximo da crista; e/ou $H^2 \times \sqrt{V} < 200$, onde H é a altura (em metros) e V é o volume armazenado (em milhões de m³) no nível máximo de operação.

De acordo com Piasentin e Pecin (2021) existem, no Brasil, milhares de pequenos barramentos, principalmente utilizados na agricultura. Em sua maioria estas estruturas são de aterro e estão disseminadas em toda área rural do Brasil. Lima et. al. (2022) apontam que, diferente das grandes barragens, as pequenas geralmente não são construídas com fins lucrativos ou não geram grande renda para o seu proprietário.

Para Lima et. al. (2022) embora haja menos relatos, os acidentes com pequenas barragens são frequentes e poucos países possuem legislação ou critérios específicos para avaliar a segurança dessas estruturas. Os acidentes são agravados, ainda, com a comumente

disposição dessas estruturas em cascata – ou seja, uma barragem posteriormente à jusante de outra, que em caso de rompimento, acumulam seus respectivos volumes.

Apontado por Luccas et. al. (2020) o problema ganha maiores proporções, uma vez que, no Brasil, não há consenso sobre a definição de pequena barragem e há divergências entre os regulamentos existentes.

A conformidade brasileira, entretanto, como observado por Piasentin e Pecin (2021), não exclui automaticamente os pequenos barramentos da PNSB, podendo alcançar critérios, por exemplo de DPA alto ou médio e se enquadrar nas exigências da lei.

Os proprietários desses diques, conforme os autores, geralmente pequenos produtores, não têm condições financeiras de arcar com estudos e levantamentos exigidos pela PNSB, a ponto de não conseguir custear, por exemplo, o estudo para a verificação da sua aderência ou não à lei, em função da sua classificação de DPA e CRI.

É válido lembrar que conforme o Art. 7 da PNSB, em BRASIL (2020), as barragens devem ser classificadas pelos agentes fiscalizadores por categoria de risco, dano potencial associado e seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo CNRH.

Os órgãos fiscalizadores possuem prerrogativa, conferida pela lei, para complementar ou modificar os critérios gerais estabelecidos pelo CNRH, melhor adaptando a regulamentação para suas particularidades. Tais modificações foram realizadas pela ANEEL (Resolução 696/2015), ANM (Portaria 70.389/2017) e ANA (Resolução 132/2016). A ANA, por exemplo, optou por modificar alguns aspectos da metodologia de cálculo do DPA, tornando-a menos rigorosa e permitindo melhor distinção entre as barragens. No entanto, muitos órgãos estaduais reproduziram os critérios gerais do CNRH, o que levou a um contrassenso: barragens em rios estaduais, geralmente menores, estão, em muitos casos, sujeitas a critérios mais rigorosos do que barragens em rios federais. (PIASENTIN e PECIN, 2021, p. 3)

Em suma, a sugestão dos Piasentin e Pecin (2021) proposta pelo artigo é que os critérios para delimitação de DPA e CRI considerem os fatores protagonizados por esse nicho de estrutura: são simples, de pequena altura, com material uniforme, sem muitos dados de projeto e sem equipe de inspeção rotineira.

Ou seja, é inviável exigir de uma barragem de 3 metros, em região rural, raramente visitada e classificada como DPA alto sem o determinado cuidado e critério para determinada escolha o mesmo que exigido a uma hidrelétrica que fatura milhões por mês, com sua estrutura, projeto e equipe de manutenção, operação e segurança. Dessa forma, deve-se pensar de forma

diferente as pequenas em relação às grandes barragens, considerando suas idiossincrasias e garantindo sua segurança com o material necessário e cabível a ela.

Luccas et. al. (2020) define, ainda, alguns destaques em termos de projeto a serem levados em consideração pela legislação, já que o galgamento em pequenas barragens mostrou ser a causa mais comum para o rompimento das estruturas. São estes: critérios de projeto bem definidos para adequação de vertedouro, uma vez que essas estruturas não são associadas a grandes reservatórios, e muitas vezes não possuem a borda livre adequada para suportar um aumento do nível do reservatório; e critérios para adoção de período de retorno condizentes com a realidade das possíveis vazões de cheia a serem suportadas pelo barramento.

Como observado por Piasentin e Pecin (2021) é justamente o rigor da lei atual, quando aplicado a estruturas menores, que inviabiliza a eficácia prática da manutenção da segurança das pequenas barragens.

4.2.2 PROIBIÇÃO DO MÉTODO CONSTRUTIVO DE ALTEAMENTO A MONTANTE

De acordo com Guidicini, Sandroni e Mello (2021), em 2020 existiam no Brasil entre 80 e 90 barragens de “alteamento por montante”, o que corresponde a cerca de 10% das barragens de mineração em território nacional.

Avanços na área de segurança foram: a proibição de construções de novas barragens pelo alteamento a montante; paralisação de todos os empreendimentos construídos ou em construção por esta técnica; e desativação, descomissionamento e descaracterização das barragens existentes – determinados pela Resolução ANM nº 13/2019 e posteriormente registrados na Lei nº 14066/2020.

Após análise de dados do ICOLD, Souza (2019) conclui que o método construtivo mais comum das barragens que se romperam é o de alteamento a montante. Para ANM (2019) o modelo construtivo era uma opção para o setor – largamente adotada entre as décadas de 70 e 90 – que proporcionava a edificação de barragens com menor custo ao empreendedor. Contudo, os acidentes colocam em xeque a eficiência do método e estabilidade real das barragens alteadas a montante.

A agência afirma que o consenso atual quanto a maior eficiência de outros métodos de construção (a jusante e em linha de centro) evidenciam a obsolescência do método “a montante”.

Entre as desvantagens do método construtivo a montante pode-se citar:

(i) menor coeficiente de segurança, em função da linha freática, em geral, situada muito próxima ao talude de jusante (ii) a superfície crítica de ruptura passa pelos rejeitos sedimentados, porém não devidamente compactados; (iii) há possibilidade de ocorrer entubamento, resultando no surgimento de água na superfície do talude de jusante, principalmente quando ocorre concentração de fluxo entre dois diques compactados; (iv) há risco de ruptura provocado pela liquefação da massa de rejeitos, por efeito de sismos naturais ou vibrações causadas por explosões ou movimentação de equipamentos. (SOARES, 2010 apud PAULA, 2021)

É posto por ANM (2019) que barragens alteadas a montante, principalmente as mais antigas, – cujas características de fundação são comumente desconhecidas –, devem ter tratamento e monitoramento próximos até que sejam extintas. Essa situação demanda alterações e inovações legais para garantia de segurança das estruturas.

Entretanto, para as barragens que já existem, o processo de descaracterização não está isento de impactos socioambientais. Por exemplo, FDTE (2021) apud Paula (2021), computou que entre os 46 projetos de descaracterização já apresentados no estado de Minas Gerais, em pelo menos seis destes deve haver a remoção das populações localizadas nas ZAS e ZSS, com 1263 pessoas retiradas de suas casas. No nicho ambiental, a FDTE (2021) apud Paula (2021) aponta que para obras de descaracterização, será necessário suprimir pelo menos 181 ha de vegetação nativa.

Para Paula (2021) no estabelecimento de diretrizes legais no sentido de determinar a realização do processo de descaracterização, ainda há omissão quanto a existência de um plano de ação e emergência para o processo de descaracterização propriamente dito.

Diante das lacunas legislativas, FDTE (2021) apud Paula (2021) elenca algumas práticas a serem adotadas no processo de descaracterização:

- Atuação colaborativa entre empresas desenvolvimento de programas de comunicação, repositórios de dados de monitoramento, aplicativos para comunicar emergências, entre outros.
- Diálogo permanente entre os empreendedores e as comunidades diretamente afetadas
- Desenvolvimento de pesquisa objetivando entender preocupações, expectativas e percepção sobre a desativação/fechamento das barragens.

- Promoção de políticas de reassentamento e realocação da população da ZAS e ZSS, garantido total suporte financeiro e assistencial.

- Promoção de compensações florestais pela supressão do bioma, quando da realização das obras de descaracterização da barragem, e acompanhamento ambiental.

Deve-se, portanto, se atentar legalmente ao processo de descaracterização e suas exigências físicas, sociais e ambientais: tanto no estabelecimento de ações de segurança e diretrizes para descaracterização; quanto na prática, com as instruções para implementação dessas ações e diretrizes.

Vale citar que a resolução nº 95/2022 traz algumas exigências para descaracterização: documento atestando o ato e cópia de documento específico expedido pelo órgão ambiental comprovando a descaracterização. Entretanto tais propostas se apresentam rasas frente à problemática e devem ser complementadas.

4.2.3 CONTEÚDO DAS NORMAS BRASILEIRAS E PROPOSIÇÕES

Com base na revisão bibliográfica feita no presente trabalho foi possível realizar um compilado das informações que estão presentes nas leis. Visualmente, os dados podem ser visualizados na Tabela 9, Tabela 10, Tabela 11, e Tabela 12.

Tabela 9. Compilado de conteúdo das versões da PNSB.

Leis PNRS	nº 12.334/2010	nº 14.066/2020
Conteúdo mínimo do PSB	✓	✓
Conteúdo mínimo do PAE	✓	✓
Conteúdo mínimo da ISR	-	-
Conteúdo mínimo da RPS	✓	✓
Implementação do PAE	-	✓
Delimitação da ZAS	-	-
Delimitação da ZSS	-	-
Obrigatoriedade de sistema de alarme	-	✓
Obrigatoriedade de estudo de inundação	-	-

Fonte: a autora.

Tabela 10. Compilado de conteúdo das resoluções da ANA.

Resoluções ANA	nº 742/2011	nº 91/2012	nº 132/2016	nº 236/2017	nº 123/2019	nº 24/2020	nº 121/2022
Conteúdo mínimo do PSB	-	✓	-	✓	-	-	✓
Conteúdo mínimo do PAE	-	-	-	✓	-	-	✓
Conteúdo mínimo da ISR	✓	✓	-	✓	-	-	✓
Conteúdo mínimo da RPS	✓	-	-	✓	-	-	✓
Implementação do PAE	-	-	-	✓	-	-	✓
Delimitação da ZAS	-	-	-	✓	-	-	✓
Delimitação da ZSS	-	-	-	-	-	-	-
Obrigatoriedade de sistema de alarme	-	-	-	✓	-	-	✓
Obrigatoriedade de estudo de inundação	-	-	-	✓	-	-	✓

Fonte: a autora.

Tabela 11. Conteúdo da resolução da ANEEL.

Resolução ANEEL	nº 696/2015
Conteúdo mínimo do PSB	✓
Conteúdo mínimo do PAE	✓
Conteúdo mínimo da ISR	-
Conteúdo mínimo da RPS	✓
Implementação do PAE	-
Delimitação da ZAS	-
Delimitação da ZSS	-
Obrigatoriedade de sistema de alarme	-
Obrigatoriedade de estudo de inundação	✓

Fonte: a autora.

Tabela 12. Compilado de conteúdo das resoluções do CNRH.

Resoluções CNRH	nº 143/2012	nº 144/2012	nº 178/2016	nº 223/2020
Conteúdo mínimo do PSB	-	✓	-	-
Conteúdo mínimo do PAE	-	-	-	-
Conteúdo mínimo da ISR	-	-	-	-
Conteúdo mínimo da RPS	-	-	-	-
Implementação do PAE	-	-	-	-
Delimitação da ZAS	-	-	-	-
Delimitação da ZSS	-	-	-	-
Obrigatoriedade de sistema de alarme	-	-	-	-
Obrigatoriedade de estudo de inundação	-	-	-	-

Fonte: a autora.

Tabela 13. Compilado de conteúdo das resoluções da DNPM/ANM.

Resoluções DNPM/ANM	nº416/2012	nº526/2013	nº14/2016	nº70.389/20nº13/2019	nº32/2020	nº40/2020	nº51/2020	nº95/2022
Conteúdo mínimo do PSB	✓	-	-	✓	-	-	-	✓
Conteúdo mínimo do PAEBM	-	✓	-	✓	-	-	-	✓
Conteúdo mínimo da ISR	✓	-	-	✓	-	-	-	✓
Conteúdo mínimo da RPS	✓	-	-	✓	-	-	-	✓
Implementação do PAEBM	-	-	-	✓	-	-	✓	✓
Delimitação da ZAS	-	-	-	✓	-	-	-	✓
Delimitação da ZSS	-	-	-	-	-	-	-	-
Obrigatoriedade de sistema de alarme	-	-	-	✓	✓	✓	-	✓
Obrigatoriedade de estudo de inundação	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓

Fonte: a autora.

No geral, percebe-se que as resoluções da ANM são muito mais completas nos termos analisados do que as outras entidades fiscalizadoras, e até mesmo leis federais. Essa diferença

se dá principalmente pela completude de dados em termos de obrigatoriedade de estudos de inundação, sistemas de alarme e definição de valores para delimitação da ZAS.

Conforme analisado anteriormente, essa grande movimentação por parte da ANM, provavelmente se dá pela protagonização de barragens de minério no cenário de acidentes brasileiros – principalmente, em questão de gravidade.

Depois da ANM, a ANA atinge uma grande gama de critérios dos termos analisados, principalmente com a publicação da Resolução nº 121/2022 que atualiza a Resolução nº 236/2017.

A PNSB deveria ser base para as resoluções das instituições fiscalizadoras, mas hoje, percebe-se as resoluções muito mais completas, demonstrando independência, um olhar atento e criticidade em relação as barragens que estão sob sua jurisdição. Entretanto, a PNSB está bastante incompleta nos termos analisados – até mesmo em definições que deveriam ser básicas para se começar a pensar em segurança de barragens, como a definição da ZAS.

A até então única resolução ANEEL apresentou-se bastante incompleta quanto aos termos analisados. A resolução, de 2015, provavelmente se baseou na primeira publicação da PNSB, de 2010, cumprindo seus mínimos critérios, mas não inovando muito além disso, a não ser pela inédita obrigatoriedade do estudo de inundação.

A ANEEL, por ser fiscalizadora de Usinas e Centrais Geradoras Hidrelétricas, lida diretamente com barragens de grande porte e possivelmente alto DPA e CRI associados, dessa forma, se faz necessária publicação de nova resolução, acompanhando minimamente o exigido pela segunda lei da PNSB, mas não se limitando a isso, e se baseando em resoluções recentemente atualizadas da ANA e ANM, bem como guias de boas práticas nacionais e internacionais.

É válido salientar que uma nova resolução da ANEEL está, nesse momento, em tramitação interna do órgão fiscalizador para publicação, e alguns desses critérios podem ser abrangidos pela respectiva futura resolução.

As resoluções da CNRH são bastante insuficientes em questão do conteúdo avaliado, onde apenas a resolução nº 144/2012 preenche um dos requisitos: a elaboração do PSB.

Por fim, vale informar de que normativos técnicos da ABNT estão em estudo pelo país, e, futuramente serão emitidos, complementando a gama de normalização de segurança de barragens.

O órgão tem como objetivo, nas suas resoluções estabelecer diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, mas não acompanha o mínimo

exigido pela PNSB. No geral, as resoluções da CNRH tratam de processos burocráticos quanto a atualização do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), sua comunicação com a ANA e com Congresso Nacional e estabelece critérios para classificação de barragem em termos de DPA e CRI.

Dado o panorama geral, serão elencadas proposições sobre as legislações brasileiras:

4.2.3.1 Conteúdo mínimo do PSB, PAE, ISR e RPS

Percebe-se, de acordo com os resultados da análise das normas brasileiras que a ANA e ANM apresentam completude dos conteúdos mínimos presentes no PSB, PAE, IRS e RPS. O CNRH, por sua vez, define apenas o conteúdo mínimo do PSB. A ANEEL e Lei Federal (PNSB), dentre esses, não preveem conteúdo mínimo para ISR.

Para as normas que apresentam conteúdo mínimo para os documentos, observa-se que este é complementado a cada atualização da lei que trata sobre. Por exemplo a resolução nº 95/2022 da ANM que inova ao trazer um sexto volume associado ao PSB, incluindo o Processo de Gestão de Risco (PGRBM).

É importante que à medida que as necessidades vão surgindo, as normas continuem se atualizando. E que, as normas que não apresentam estruturas dos documentos citados, passem a acrescentar nas atualizações futuras de suas normativas.

Por esse trabalho, sugere-se que sejam definidas as estruturas dos documentos PSB, PAE, ISR e RPS com base no proposto pela resolução nº 95/2022 da ANM e Resolução nº 121/2022 da ANA, que se apresentam quantitativa e qualitativamente mais completas em relação ao conjunto de normas analisado.

4.2.3.2 Necessidade de definição da ZAS e ZSS

Após a análise das normas brasileiras, percebe que uma definição tangível acerca da ZAS é tardia e as definições são dadas apenas pela ANA e DNPM/ANM.

Para Resolução ANA nº 236/2017 – ANA (2017) – é determinado que se deve adotar a menor das distâncias entre:

- a distância do tempo de chegada da onda de inundação igual a 30 minutos;
- ou 10 km.

Com a Resolução ANA nº 121/2022 – ANA (2022) – a definição é atualizada para a distância de um tempo de chegada onda de inundação igual a 30 minutos. Essa medida será

adotada se não houver manifestação do sistema de defesa civil quanto ao tempo necessário para sua atuação.

Em seguida de ANA (2017), a Portaria DNPM n° 70.389/2017 – DNPM (2017) – define ZAS com um critério mais rigoroso – a maior das distâncias entre:

- a distância do tempo de chegada da onda de inundação igual a 30 minutos;
- ou 10 km.

A Resolução ANM n° 95/2022 – ANM (2022) – mantém o determinado por DNPM (2017).

Não são especificadas nas resoluções se o tempo de chegada da onda é medido a partir da frente ou do pico desta. Outra problemática na redação é a abertura da ANA (e PNSB) para manifestação da defesa civil, que nem sempre tem estrutura ou preparo para agir em situações de emergência, saberá o tempo necessário para chegada no empreendimento e atuação.

De acordo com DSO (1999) mais de 99% das fatalidades nos Estado Unidos ocorrem a 24 km ou menos da barragem onde ocorre o acidente.

Percebe-se, ainda, que as definições da ZAS não são acompanhadas de definições igualmente concretas da ZSS, que quando definida, é definida como “trecho constante do mapa de inundação não definido como ZAS”.

Dito isso, observa-se que a norma não traz critérios técnicos tangíveis para definição de qual dano seria considerado para delimitação da ZSS. Isso deixa a norma aberta para interpretações, onde pode ser utilizado qualquer incremento em relação a vazão natural do rio no caso de acidente com vazamento do conteúdo do reservatório, e não necessariamente um incremento possível de causar danos à região.

Nos Estados Unidos, FEMA (2013) defende que a onda está amortecida quando a vazão incremental associada à vazão natural do rio é inferior a 0,61 m.

Para barragens de mineração, no mercado, a definição usada para ZSS deve ser personalizada, de acordo com a característica de cada barragem, a citar como exemplos a ZSS até onde há saída da vazão incremental da calha natural do rio ou ser feita uma análise da carta de inundação e identificação de benfeitorias atingidas.

É ideal, observados os pontos, que seja feita uma definição padrão de ZAS e ZSS por meio de resolução geral (através do CNRH) ou mesmo em atualização de Lei Federal, a serem adotadas posteriormente pelos órgãos fiscalizadores.

Sugere-se, por esse trabalho, que seja definida ZAS como a distância do tempo de chegada da onda de inundação igual a 30 minutos ou 10 km, o que for maior. E a ZSS seja

padronizada – seguindo a recomendação de amortecimento de onda adotado nos Estados Unidos – para barragens de água como “área que possui vazão incremental associada à vazão natural do rio igual ou superior a 0,61 m”.

Para barragens de rejeito, entretanto, por ser um material denso e com um impacto social, econômico e ambiental maior, é necessária uma avaliação de cada estrutura sobre o método a ser considerado para o critério de parada da onda. Como a decisão entre o critério mais rigoroso entre: avaliar se a onda está dentro da calha do rio; avaliar se a onda está em área urbana, afetando potencialmente a região; ou adotar limite inferior a 60cm.

Ainda, vale buscar delimitar onde seria a atuação do empreendedor nesse trecho. Justificado conforme critérios estabelecidos pela DSO, pode-se definir 24 Km – onde, segundo estudo, ocorre 99% das fatalidades. A partir desse trecho, cabe atribuir a responsabilidade à defesa civil.

4.2.3.3 Necessidade de instruções para implementação do PAE ou PAEBM

O documento com as diretrizes do plano de ação e emergência está, em lei, bem estruturado em questões de conteúdo mínimo. A atualização de norma percebe-se que se acrescentam novas obrigações, de forma a dar mais rigor às ações propostas pelo plano, a fim da garantia de segurança.

É exposto na lei nº 14.066/2020 e nas resoluções ANA nº 236/2017, ANA nº 121/2022, DNPM nº 70389/2017, ANM nº 51/2020 e ANM nº 95/2022 obrigações do empreendedor relacionadas ao PAE. É importante, no entanto, salientar que em nenhum momento as normas separam em item específico as ações que devem ser realizadas para implementação do PAE.

Conforme trazido na 10ª Reunião Câmara Técnica de Segurança e Barragem, de 2021 – CTSB, 2021 –, percebe-se que há a necessidade de diretrizes mais tangíveis para instruir a implementação do PAE ou PAEBM, como:

- é dada como obrigação do empreendedor, por exemplo, a necessidade de, em conjunto com a defesa civil e prefeituras municipais realizar reuniões com as comunidades para a apresentação do plano e a execução das medidas preventivas e deve-se, em conjunto com a defesa civil, promover e operacionalizar os procedimentos emergenciais constantes do PAE e exercício prático de simulação de situação de emergência com a população da área afetada por eventual ruptura da barragem. No entanto, percebe-se que a partir dessas obrigações não são estabelecidos critérios técnico-operacionais para execução ou definições claras dos limites de

responsabilidade entre agentes, ou seja, não se sabe até onde vai a obrigação do empreendedor e da defesa civil nesse trabalho conjunto;

- também, em Lei Federal, são obrigatórios por realização do empreendedor programas de treinamento e divulgação para envolvidos e comunidades potencialmente afetadas, com a realização de exercícios simulados periódicos. Mas não são apontados critérios mínimos para realização dos simulados, ou seja, sob quais condições eles devem acontecer ou qual conteúdo deve ser abrangido;

- ainda, apenas ANA e ANM deixam clara a periodicidade dos simulados.

Quando são citados esses pontos as mesmas problemáticas se replicam para as resoluções das agências fiscalizadoras.

Nos Estados Unidos, de acordo com FEMA (2013), embora o dono da barragem seja responsável pelo desenvolvimento e manutenção do PAE, o plano não será eficaz a menos que seja implementado em coordenação com todas as autoridades de gestão de emergência aplicáveis. A agência inclui que as pessoas envolvidas na implementação do PAE devem receber treinamento para garantia de familiarização com os elementos do plano, equipamentos disponíveis, e suas responsabilidades e deveres de acordo com o plano.

Para o país, FEMA (2013) apud Sampaio (2016) define dois grupos de exercícios para implementação do PAE. No primeiro grupo sugere-se seminários, workshops, exercícios de mesa (Tabletop Exercises) e jogos, e reúnem empregados da empresa, consultores e poder público com para conhecer e a dar conhecimento das responsabilidades e dos procedimentos previstos no plano. Nesse caso, acontecem operações simuladas envolvendo equipes num ambiente competitivo, utilizando-se das regras, informações e procedimentos para descrever uma situação real ou hipotética e testar, validar ou rever as previsões do plano.

No segundo grupo, estão os exercícios simulados – com procedimento de simulação de emergência de pequena expressão para validar procedimentos ou avaliar a eficiência dos meios de comunicação –; os funcionais – exercícios para avaliar as habilidades e grau de efetividade de tarefas envolvendo grupos diversos para aprimorar capacidades de coordenação e resposta, onde as atividades são conduzidas num ambiente e em tempo reais, portanto sob tensão, embora o movimento de pessoal e de equipamento seja normalmente simulado; e os de “escala plena” – exercício onde são envolvidas várias agências, organizações e competências para avaliar os múltiplos aspectos e atividades descritas no plano, sobretudo no nível operacional, onde atividades, mobilização de pessoas e equipamentos, são conduzidas em tempo real e num ambiente de tensão próximos de uma situação real.

Para Sampaio (2016) a diferença entre os grandes grupos é que o primeiro é de caráter discursivo, enquanto o segundo, simulado.

Em Portugal, conforme Castro, Nisa e Duque (2018), surgiu a necessidade de discutir uma série de assuntos que não foram considerados ou não foram claros desde a fase de elaboração PAE, sobre a sua implementação. São eles:

- procedimentos a serem realizados nas sessões de conscientização pública a serem promovidas pelo empreendedor (contatos com autoridades nacionais e locais, programa do sessões de informação e informação a disponibilizar ao público);
- instalação da rede de sirene externa (praticidade de localização, características técnicas);
- sistemas de comunicação (rede de telefonia móvel disponível em áreas remotas, redundâncias);
- e aspectos de evacuação pública em caso de emergência (pontos de abrigo).

Observa-se que as diretrizes dos Estados Unidos, em relação aos simulados, por exemplo, são muito bem desenvolvidas. Portugal, no entanto, possui também a necessidade de maior discussão e aprofundamento em alguns pontos previamente determinados por legislação.

No Brasil é ideal, que seja feita uma definição de diretrizes específicas para implementação do PAE por meio de atualização de Lei Federal, envolvendo órgãos governamentais com suas respectivas responsabilidades definidas, aperfeiçoando as atuais determinações. Essas diretrizes devem ser mimetizadas e aperfeiçoadas posteriormente pelos órgãos fiscalizadores.

Dessa forma, recomenda-se, por meio desse trabalho que, além do proposto atualmente pela Lei Federal, que sejam definidas periodicidade de simulados e em grupos diversos, com dinâmicas similares às propostas por FEMA (2013) – onde em um primeiro momento haja seminários, workshops e jogos, que reúnam empregados da empresa, consultores e poder público com para conhecer e a dar conhecimento das responsabilidades e dos procedimentos previstos no plano; e em segundo momento sejam organizados os exercícios “drills; os exercícios funcionais; e, em sequência, os de “escala plena”.

Sugere-se que os simulados com a população da ZAS e ZSS ocorra a cada dois anos, enquanto os simulados de conhecimento de responsabilidades e procedimentos do plano ocorram com frequência anual.

Seria interessante, ainda, a definição de um líder da comunidade da ZAS e da ZSS para comunicação direta com empreendedor, podendo auxiliar em alguns repasses de informação à população; assim como informar ao empreendedor as necessidades da população, fazendo com que essa comunicação seja pouco burocrática.

Além disso, é necessário que sejam estabelecidos critérios técnico-operacionais para execução ou definições dos limites de responsabilidade entre agentes, assim:

- Para “realizar reuniões com as comunidades para a apresentação do PAE e a execução das medidas preventivas, em conjunto com as prefeituras municipais e os órgãos de proteção e defesa civil” é necessário que se defina o papel das prefeituras e órgão de proteção civil, por exemplo: o empreendedor é responsável pela apresentação do plano, a prefeitura responsável por reunir a população, enquanto a defesa civil estrutura o local para realização de medidas preventivas.

- “Exercícios práticos de simulação de situação de emergência com a população da área potencialmente afetada por eventual ruptura da barragem devem ser realizadas pelo empreendedor e órgãos locais de proteção e defesa civil”, onde o empreendedor poderia ser responsável pela realização de exercícios “drills” e funcionais, enquanto a defesa civil pode trabalhar nos seminários, workshops, jogos e exercícios de escala plena.

Recomenda-se, ainda, que as demais leis, se não apresentaram, sejam complementadas com essas informações.

4.2.3.4 Necessidade de exigência de lei de sistema de alarme

Na análise da legislação brasileira, percebe-se que algumas das normas trazem diretrizes acerca de sistema de alarme – desde uma obrigatoriedade de previsão de instalação, escrita no PAE (pela Lei 14.066/2020) até criação de Centro de Monitoramento Geotécnico, dentre outras responsabilidades, para acionamento dos dispositivos de alerta e alarme (pela Resolução nº 95/2022).

Conforme FEMA (2013), as falhas de barragens que causaram altas taxas de fatalidade foram aquelas em que as residências foram destruídas e avisos oportunos de falha de barragem não foram emitidos. É recomendado, portanto, que o aviso seja redundante, podendo variar desde sirenes até notificações por celulares.

CDA (2011) determina que em áreas onde não é prático o controle adequado da população (como confirmação de eliminação de acesso público) devem ser utilizados avisos visuais e sonoros. De acordo com a agência observa-se que o alerta sonoro não é um sinal de

evacuação, mas um meio de notificar que um perigo está sendo introduzido na área. No entanto, o momento e duração do alerta devem fornecer tempo adequado ao público para deixar a área de risco. Ainda, os sinais devem ser diferentes de outros no ambiente, incluindo alarmes industriais ou de incêndio e devem conter um nível de urgência. O sistema de notificação necessita um nível de redundância e deve incluir planos de contingência em caso de os sinais sonoros estarem fora de serviço.

Por Portugal (2008), define-se que os sistemas de alarme são compreendidos em recursos humanos e técnicos, incluindo meios de telecomunicação permanentemente operacionais entre a barragem e os centros de decisão ou de operação, destinados à transmissão de informações e ordens em situações de emergência. No país, recomenda-se o uso de no mínimo dois sistemas de alerta, havendo uma preferência pela sirene.

Conforme Guia de Orientação e Formulários do Plano de Ação de Emergência – ANA (2016) – a escolha do sistema de alerta à população deve ser baseada na extensão da zona afetada, no tipo, dimensão e dispersão geográfica da população a avisar (pequenas povoações rurais, grandes aglomerados urbanos, fazendas dispersas, etc.), na proximidade geográfica dos agentes de defesa civil e nos meios e recursos disponíveis pelo Sistema de Defesa Civil. A ANM, entretanto, exige do empreendedor, instalação obrigatória de sistema de sirenes com acionamento automatizado.

Conforme Agência Minas (2021) o aplicativo “Proximidade” da Companhia Energética de Minas Gerais S.A (CEMIG) informa a comunidade sobre variação dos níveis e vazões dos rios e reservatórios das Usinas Hidrelétricas (UHEs) e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) de suas áreas de concessão. A tecnologia, ainda, expandiu as aplicabilidades da ferramenta, que passou a se chamar “PROX” e abrange empresas de mineração, visando melhorias principalmente nos procedimentos de comunicação de risco.

É importante salientar que para o uso desse tipo de aplicativo seria necessário entregar à população a garantia de funcionalidade, seja de celulares ou de sinal de internet, de modo que no caso de ausência, isso seja fornecido pelo empreendedor.

Considerando o alto custo da sirene, de sua instalação, manutenção e possibilidade de danos ou roubos, é necessário que seja verificada sua efetividade. Porque, de nada é efetivo o empreendedor instalar a sirene que não alcance sonoramente toda a extensão da ZAS/ZSS, enquanto poderia distribuir a todos os moradores em posição de vulnerabilidade no caso de

rompimento ou vazamento do conteúdo da barragem, avisos visuais e sonoros por aplicativo, por exemplo.

Essa é uma maneira de direcionar os custos da gestão de segurança das barragens, com medidas que realmente mitiguem o risco de atingir a população. Vale, aqui, ressaltar que a economia gerada permite que o empreendedor invista em estudos e outras medidas preventivas de segurança que evitem a necessidade de uso do PAE – o que deve ser a prioridade da PNSB.

Dada a sua importância, é necessária a obrigatoriedade do sistema de alerta, de acordo com as alternativas que serão mais eficazes para notificação da barragem. Para isso, todas as agências fiscalizadoras devem exigir das barragens sob sua jurisdição o cumprimento dessa atividade. Atualmente, há uma exigência dos sistemas apenas pela ANA e ANM, onde não são citadas pela ANEEL ou CNRH a instalação de qualquer sistema de notificação.

Sugere-se, por meio desse estudo, a exigência de sistema de alerta que melhor se adequar à barragem em questão – considerando, conforme dado por ANA, a extensão da zona afetada, tipo, dimensão e dispersão geográfica da população a avisar, a proximidade geográfica dos agentes de defesa civil e os meios e recursos disponíveis pelo Sistema de Defesa Civil. A escolha deve ser feita contanto que sejam proporcionadas condições para população receber o alerta. No caso de aplicativo, por exemplo, com garantia que sejam entregues celulares e sinal de internet à população, se necessário.

4.2.3.5 Necessidade de conteúdo mínimo para estudos de inundação

Com análise das leis, percebe-se que o estudo de inundação (dam-break) é requisitado pela ANEEL, ANM e recentemente, na última atualização de resolução, pela ANA, não constando em Lei Federal.

Atualmente a Resolução ANA nº 121/2022 define que o estudo de inundação deve conter o instante de chegada da frente e do pico da onda de inundação, os níveis máximos atingidos em termos de cota e altura da onda, a velocidade máxima, a vazão máxima e o tempo de duração da fase crítica da inundação. A síntese do estudo também deve contar no PAE com os cenários considerados, mapas e avaliação do risco hidrodinâmico, indicação da ZAS e ZSS, levantamento cadastral e mapeamento atualizado da população existente na ZAS, incluindo a identificação de vulnerabilidades sociais, e pontos vulneráveis potencialmente afetados.

A resolução Normativa ANEEL nº 696/2015 dispõe apenas que para as barragens de Classe A ou B, devem ser elaborados estudos de inundação e propagação de cheia, nos quais

deve-se considerar estruturas em cascata e capacidade de amortecimento de uma cheia associada.

A ANM pela Resolução mais atualizada n° 95/2022 define que o estudo e mapa de inundação são responsabilidade do empreendedor para auxílio na classificação de DPA e suporte às ações do PAEBM. Na resolução é detalhado o conteúdo dos mapas de inundação – principal produto do estudo, que deve ser executado com base topográfica atualizada em escala apropriada e serem detalhados com gráficos e mapas georreferenciados das áreas inundadas, indicando ZAS, ZSS, tempos de viagem para picos da frente da onda, inundações em locais críticos, corpos hídricos e possíveis impactos ambientais e barragens a jusante da estrutura avaliada, se estiver dentro da área de influência de inundação – e para o estudo é exigida a síntese com os respectivos mapas, indicação da ZAS e ZSS e critério de parada da onda de ruptura escolhido.

Segundo APEGBC (2017) deve-se aderir certos padrões para confecção de estudos de inundação a fim de garantir a consistência e o nível de utilidade para usuários. No Canadá não são determinados esses critérios, mas nos Estados Unidos a FEMA mantém uma série de padrões para estudo e mapa de inundação.

É citado por APEGBC (2017) também a importância da acurácia do mapa. No Canadá as diretrizes nacionais fazem referência à FEMA, onde, por exemplo, o nível de especificação mais alto é para uma precisão vertical é equivalente a uma precisão de 0,6 m. Outro ponto trazido pela associação é importância de se determinar um sistema de projeção uniforme: no país as coordenadas devem ser expressas em Universal Transverse Mercator (UTM).

Nos Estados Unidos, para FEMA (2013) o conteúdo exigido do estudo ou mapa de inundação é a distância da seção transversal a jusante da barragem; tempos de chegada (em horas e minutos) da frente e pico das ondas de inundação de ruptura da barragem a partir da falha da barragem; elevações esperadas; incrementos de vazão crescentes nos níveis de água; descargas de pico; e duração estimada da inundação.

Em Portugal, de acordo com o ANEPC (2009), determina-se que a representação do comportamento da onda de inundação deve ser feita em escala 1:25.000, e complementada com mapas de maior escala em zonas urbanas e industriais incluídas na ZAS. Em cada cenário simulado devem ser traçados perfis para diferentes seções transversais do rio, contendo minimamente as informações de instante de chegada da frente da onda de inundação (em formato 00H00M); instante de chegada do pico da onda de inundação (em formato 00H00M);

nível máximo da cheia atingido (altura e cota); duração da cheia (em formato 00H00M); velocidade máxima da onda de inundação (m/s); altura máxima da onda de inundação (m); vazão máxima atingida (m³/s); hidrograma com a representação gráfica do comportamento hidrodinâmico (vazão e altura) da onda de inundação em função do tempo; modelo e software utilizados e metodologia aplicada; e apresentação dos dados de entrada e saída do modelo.

Em ANA (2016) é recomendado que mapas tenham escalas variando entre 1:2.000 e 1:10.000 em regiões urbanas e entre 1:20.000 até 1:50.000 em regiões de baixa densidade populacional, já que o tamanho da escala está associado ao erro/qualidade dos dados altimétricos. ICOLD (1998) apud ANA (2016) afirma que as cartas topográficas de 1:20.000 e 1:50.000 são satisfatórias na maioria dos países onde são utilizadas.

Percebe-se, portanto, a resolução da ANA e ANM muito mais completas em relação ao conteúdo que deve abranger o estudo de inundação. A Lei Federal, por atualização ou por meio de resolução do CNRH deve ser complementada em relação às exigências e conteúdo do estudo de inundação, assim como a ANEEL.

Sugere-se, por esse trabalho, que esses regulamentos sejam atualizados e sejam exigidos, de acordo com Estados Unidos, Portugal, ANA e ANM, no mínimo, para cada cenário: a distância da seção transversal a jusante da barragem; tempos de chegada (em horas e minutos) da frente, de pico e de fim das ondas de inundação de ruptura da barragem a partir da ruptura da barragem; velocidade máxima da onda de inundação (m/s); nível máximo da cheia atingido (altura incremental e cota); perigo hidrodinâmico (cota x velocidade); a vazão máxima; o modelo e software utilizados e metodologia aplicada; indicação da ZAS e ZSS; possíveis impactos ambientais e barragens a jusante da estrutura avaliada; e duração estimada da inundação.

Ainda, seria interessante a exigência de escala 1:10.000 dos mapas para regiões urbanas e 1:25.000 dos mapas para regiões de baixa densidade populacional, a fim de manter fiel a representação à realidade.

4.2.4 PROPOSIÇÕES

Em suma, as proposições podem ser organizadas de acordo com a exposição da Tabela 14.

Tabela 14. Resumo de Proposições

Item	Proposição
Aplicabilidade das normas	Legislação direcionada para pequenos barramentos
Proibição do método construtivo "a montante"	Estabelecimento legal de ações de segurança e diretrizes para descaracterização; e na prática, com as instruções para implementação dessas ações e diretrizes
Conteúdo mínimo do PSB, PAE, ISR e RPS	Estrutura com base no proposto pela resolução nº 95/2022 da ANM e Resolução nº 121/2022 da ANA
Necessidade de definição da ZAS	Definir ZAS como "a distância do tempo de chegada da onda de inundação igual a 30 minutos ou 10 km, o que for maior"
Necessidade de definição da ZSS	Para barragens de água, definir ZSS como "área que possui vazão incremental associada à vazão natural do rio igual ou superior a 0,61 m"
	Para barragens de rejeito, avaliar cada estrutura sobre o método a ser considerado para o critério de parada da onda. Exemplos: se a onda está dentro da calha do rio; se a onda está em área urbana, afetando potencialmente a região; ou limite inferior a 60 cm
	Definir atuação do empreendedor no trecho: 24 Km. A partir disso demarca-se responsabilidade da defesa civil
Necessidade de instruções para implementação do PAE ou PAEBM	Necessidade de critérios técnico-operacionais para definições de limites de responsabilidade entre agentes
	Definição de periodicidade para: - simulados com a população da ZAS e ZSS: a cada dois anos - simulados de conhecimento de responsabilidades e procedimentos do plano: anualmente
Necessidade de exigência de lei de sistema de alarme	Exigência de sistema de alerta que melhor se adequar à barragem em questão, considerando: a extensão da zona afetada, tipo, dimensão e dispersão geográfica da população a avisar, a proximidade geográfica dos agentes de defesa civil e os meios e recursos disponíveis pelo Sistema de Defesa Civil
Necessidade de conteúdo mínimo para estudos de inundação	Definição de conteúdo para mapa de inundação, sendo este: a distância da seção transversal a jusante da barragem; tempos de chegada (em horas e minutos) da frente, de pico e de fim das ondas de inundação de ruptura da barragem a partir da ruptura da barragem; velocidade máxima da onda de inundação (m/s); nível máximo da cheia atingido (altura incremental e cota); a vazão máxima; o modelo e software utilizados e metodologia aplicada; indicação da ZAS e ZSS; possíveis impactos ambientais e barragens a jusante da estrutura avaliada; e duração estimada da inundação
	Escala 1:10.000 dos mapas para regiões urbanas e 1:25.000 dos mapas para regiões de baixa densidade populacional

Fonte: Elaboração da autora.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho visou analisar a evolução da legislação brasileira de segurança de barragens através de desastres que marcaram as alterações. A obtenção de resultados foi desenvolvida através da revisão bibliográfica e interpretação crítica das normas existentes no Brasil e, assim, foram apresentadas proposições.

Conclui-se que a evolução da legislação brasileira ocorreu de forma reativa aos desastres envolvendo barragens no Brasil, de modo que esperou-se acontecer acidentes para que medidas legais fossem tomadas e padrões de segurança mínimos fossem ajustados.

Entretanto, ainda que mais completa quantitativamente que hoje se apresente, percebe-se que o conjunto de normas vigentes ainda deixa lacunas em determinações de conceitos e estabelecimento de diretrizes para os empreendedores e agentes de defesa civil, dando margem para equívocos na interpretação, e conseqüentemente, diminuindo a efetividade da segurança de barragens no país.

Recomenda-se, dessa forma, conforme apresentados nos resultados do presente estudo, ajustes na legislação em termos de conteúdo mínimo do Plano de Segurança de Barragem (PSB), Plano de Ação e Emergência (PAE), Inspeção de Segurança Regular (ISR) e Revisão Periódica de Segurança (RPS), bem como diretrizes específicas para implementação do PAE.

Ainda, se mostrou a necessidade de uma definição palpável da Zona de Autossalvamento (ZAS) e Zona de Segurança Secundária (ZSS) em todos os nichos de barramentos; necessidade de exigência de sistema de alarme, focado nas características de cada barramento e não engessando a escolha para apenas um tipo de alarme – como acontece hoje na mineração – a fim de efetivamente alcançar o objetivo de alertar a população; e necessidade de um conteúdo mínimo para os estudos de inundação (dam-break) e seus respectivos mapas, como produto.

Também, percebeu-se ser necessário que sejam atendidas às barragens de menor porte – que não têm estrutura para serem cobradas da mesma maneira que grandes barramentos – e suas diferenças evidenciadas na criação de uma legislação específica para estas.

Salienta-se a importância de regulamentação do processo de descaracterização de barragens atualmente alteadas pelo método recentemente proibido “a montante”, que necessitam de um plano de ação e emergência para o processo propriamente dito.

Apesar das recomendações acerca da preparação da população e atuações para momentos em que haja acidentes, deve-se salientar a importância que deve ser dada no investimento e fiscalizações para evitar o acidente ou tentar – relembrando do primeiro objetivo da PNSB: “garantir a observância de padrões de segurança de barragens de maneira a fomentar a prevenção e a reduzir a possibilidade de acidente ou desastre e suas consequências” (BRASIL, 2020).

Por fim, recomenda-se que sejam realizados estudos: com base em desastres inseridos na realidade brasileira, entendendo o número de fatalidades que aconteceram em determinada área a partir do eixo da barragem, para que assim, possam existir mais referências para delimitação da ZSS; das periodicidades oportunas para que ocorram de forma produtiva os simulados de implementação do PAE/PAEBM; e, acerca do processo de descaracterização de barragens e diretrizes para ação ocorrer de forma ambiental e socialmente segura.

REFERÊNCIAS

ALVES, Maria Bernadete Martins; ARRUDA, Susana Margareth. **Como fazer referências:** bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documento. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Biblioteca Universitária, c2001. Disponível em: <http://www.bu.ufsc.br/design/framerefer.php>. Acesso em: 11 abr. 2013.

ALVES, Maria Bernardete Martins et al. **Fontes de informação on line:** nível avançado: revisão de literatura. Florianópolis, 2012. 69 slides, color. Disponível em: <<http://www.bu.ufsc.br/design/ModuloAvancadoPesquisaIntegrativa2011oficial.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2022.

ANA. **Guia de Orientação e Formulários do Plano de Ação de Emergência – PAE.** 2016. Brasília. ANA: 2016. Disponível em: https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2954/1/link_pae.txt. Acesso em: 10 jun. 2022

ANA. **Resolução nº 24, de 20 de maio de 2020.** Estabelece procedimentos acerca das atividades de fiscalização do uso de recursos hídricos e da segurança de barragens objeto de outorga em corpos d'água de domínio da União exercidas pela Agência Nacional de Águas. Disponível em: https://www.snish.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada. Acesso em: 05 mai. 2022.

ANA. **Resolução nº 123, de 16 de dezembro de 2019.** Delega competência para exame, decisão e classificação de barragens fiscalizáveis pela ANA. Disponível em: https://www.snish.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada 05 mai. 2022. Acesso em: 05 mai. 2022.

ANA. **Resolução nº 132, de 22 de fevereiro de 2016.** Estabelece critérios complementares de classificação de barragens reguladas pela ANA, quanto ao Dano Potencial Associado – DPA. Disponível em: https://www.snish.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada. Acesso em: 05 mai. 2022.

ANA. **Resolução nº 236, de 30 de janeiro de 2017.** Estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB. Disponível em <https://drive.google.com/file/d/1XVXdQWpZtoePOJ2JqgIHxJPGSQ6VZCOI/view>. Acesso em: 05 mai. 2022.

ANA. **Resolução nº 742, de 17 de outubro de 2011.** Estabelece a periodicidade, qualificação da equipe responsável, conteúdo mínimo e nível de detalhamento das inspeções de segurança regulares de barragem, conforme art.9º da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010. Disponível em: <http://www.semarrh.al.gov.br/recursos-hidricos/seguranca-de-barragens/DOCUMENTO%205%20RESOLUCaO%20742-2011%20ANA.pdf/view>. Acesso em: 05 mai. 2022.

ANA. **Resolução nº 91, de 02 de abril de 2012.** Estabelece a periodicidade de atualização, a qualificação do responsável técnico, conteúdo mínimo e nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem e da Revisão Periódica de Segurança da Barragem, conforme art. 8º, 10 e 19 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010. (ANA, 2012). Disponível em: <http://www.semrah.al.gov.br/recursos-hidricos/seguranca-de-barragens/DOCUMENTO%206%20RESOLUCaO%2091-2012%20ANA.pdf/view>. Acesso em: 05 mai. 2022.

ANA. **Relatório de Segurança de Barragens:** 2011. Brasília: ANA, 2011. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/anteriores/2011/rsb-2011>. Acesso em: 07 mar. 2022.

ANA. **Relatório de Segurança de Barragens:** 2014. Brasília: ANA, 2011. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/anteriores/2011/rsb-2011>. Acesso em: 07 mar. 2022.

ANA. **Relatório de Segurança de Barragens:** 2018. Brasília: ANA, 2018. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/anteriores/2018/rsb-2018>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ANA. **Relatório de Segurança de Barragens:** 2020. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2019/rsb19-v0.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2022.

ANEEL. **Resolução nº 696, de 15 de dezembro de 2015.** Estabelece critérios para classificação, formulação do Plano de Segurança e realização da Revisão Periódica de Segurança em barragens fiscalizadas pela ANEEL de acordo com o que determina a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Disponível em: <https://progestao.ana.gov.br/destaque-superior/eventos/oficinas-de-intercambio-1/seguranca-de-barragens/curso-de-seguranca-de-barragens-joao-pessoa-pb/normativos/ren-no-696-2015.pdf/view>. Acesso em: 26 mar. 2022.

ANM. **Resolução nº 13, de 8 de agosto de 2019.** Estabelece medidas regulatórias objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado "a montante" ou por método declarado como desconhecido e dá outras providências. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada. Acesso em: 19 abr. 2022.

ANM. **Resolução nº 32, de 11 de maio de 2020.** Altera a Portaria no 70.389, de 17 de maio de 2017 e dá outras providências. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada. Acesso em: 20 abr. 2022.

ANM. **Resolução nº 40, de 6 de julho de 2020.** Altera o artigo 7º da Portaria no 70.389, de 17 de maio de 2017. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada. Acesso em: 20 abr. 2022.

ANM. **Resolução nº 51, de 24 de dezembro de 2020.** Cria e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o

nível de detalhamento da Avaliação de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM - ACO, que compreende o Relatório de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM - RCO e a Declaração de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM - DCO. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada. Acesso em: 21 abr. 2022.

ANM. **Resolução nº 95, de 7 de fevereiro de 2022**. Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-95-de-7-de-fevereiro-de-2022-380760962>. Acesso em: 21 abr. 2022.

ANM. **Segurança de barragens focada nas barragens construídas ou alteadas pelo método a montante, além de outras especificidades referentes**. Brasil, 2019. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/noticias/nota-explicativa-sobre-temade-seguranca-de-barragens-focado-nas-barragens-construidas-ou-alteadaspelo-metodo-a-montante-alem-de-outras-especificidades-referentes>>, Acesso em: 30 mai. 2022.

ANPC. **Guia de Orientação para Elaboração de Planos de Emergência Internos de Barragens**. Portugal: ANPC, 2009. Disponível em: <http://www.prociv.pt/bk/cadernos/5.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2022.

APA. **Prevenção e gestão de riscos**. 2021. Disponível em: <https://apambiente.pt/prevencao-e-gestao-de-riscos>. Acesso em: 22 mai. 2022.

APEGBC. **FLOOD MAPPING IN BC APEGBC: PROFESSIONAL PRACTICE GUIDELINES**. 2017. Disponível em: <https://fractaleng.sharepoint.com/sites/840-EDPLegislaoPAE/Documentos%20Compartilhados/Material%20bibliogr%C3%A1fico/Normas%20-%20Canada/APEGBC-Guidelines-for-Flood-Mapping-in-BC.pdf?CT=1655849551678&OR=ItemsView>. Acesso em: 02 jun. 2022.

APEGBC. **WHO WE ARE**. 2022. Disponível em: <https://www.egbc.ca/About/About-Us/Who-We-Are>. Acesso em: 22 mai. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024**: informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento escrito: apresentação. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

ÁVILA, Joaquim Pimenta de et al. **SEGURANÇA DE BARRAGENS DE REJEITOS NO BRASIL: AVALIAÇÃO DOS ACIDENTES RECENTES**. Geotecnia. N, p. 435-464. jul. 2021. Disponível em: <https://impactum-journals.uc.pt/geotecnia/article/view/10013>. Acesso em: 01 abr. 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.** Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112334.htm Acesso em: 21 abr. 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012.** Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm Acesso em: 21 mar. 2022.

BRASIL. **Lei nº 14.066 de 30 de setembro de 2020.** Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114066.htm. Acesso em: 21 abr. 2022.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 1181, de 2003.** Estabelece a política nacional de segurança de barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais e alterar a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=118248>. Acesso em: 21 abr. 2022.

BRASIL. **Projeto de Lei da Câmara nº 168, de 2009.** Estabelece a política nacional de segurança de barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais e alterar a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/93108>. Acesso em: 21 abr. 2022.

CASTRO, Paulo; NISA, Arnaldo; DUQUE, Marta. EMERGENCY ACTION PLANS - RECENT PORTUGUESE EXPERIENCE. **Third International Dam World Conference**, Foz do Iguaçu, v. 3, p. 1-10, set. 2018.

CDA. **About Us.** 2022. Disponível em: <https://cda.ca/about-cda/about-us>. Acesso em: 19 maio 2022.

CDA. **Structural Design and Factors of Safety: Technical Bulletin.** 2011.

CNRH. Resolução nº 143, 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. Disponível em: Acesso em: https://www.snishb.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada/resolucao-cnrh-143-2012.pdf 25 de março de 2022. Acesso em: 21 abr. 2022.

CNRH. Resolução nº 144, de 10 de julho de 2012. Estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, em atendimento ao art. 20 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que alterou o art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: https://www.snishb.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada/resolucao-cnrh-144-2012.pdf. Acesso em: 23 abr. 2022.

CNRH. Resolução nº 178, de 29 de junho de 2016. Altera a Resolução CNRH nº 144, de 10 de julho de 2012, que “Estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, em atendimento ao art. 20 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que alterou o art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997”. Disponível em: https://www.snishb.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada/resolucao-cnrh-178-2016.pdf. Acesso em: 23 abr. 2022.

CNRH. Resolução nº 223, de 20 de novembro de 2020. Altera a Resolução CNRH n. 144, de 10 de julho de 2012, que estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, e dá outras providências. Disponível em: https://www.snishb.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada/resolucao-223-2020.pdf. Acesso em: 23 abr. 2022.

CIMNE. Análise computacional da ruptura da Barragem I na Mina do Córrego do Feijão, em Brumadinho. Catalunya: Centro Internacional de Métodos Numéricos En Ingeniería (Upc - Universidad Politécnica de Catalunya), 2021. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/docs/2021/relatorio-final-cinme-upc-traducao-do-sumario-executivo-final.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2022.

COLLE, Giselle de Andrade. **METODOLOGIAS DE ANÁLISE DE RISCO PARA CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS SEGUNDO A SEGURANÇA.** 2008. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Departamento de Hidráulica e Saneamento Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. Disponível em: https://docs.ufpr.br/~bleninger/dissertacoes/143-Gisele_de_Andrade_Colle.pdf. Acesso em: 16 abr. 2022.

CTSB. 10ª REUNIÃO CÂMARA TÉCNICA DE SEGURANÇA E BARRAGEM. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/cnrh/camaras-tecnicas/ctsb/memo-10a-ctsb.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2022.

DUARTE, Anderson Pires. **CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS DE CONTENÇÃO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO E DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM RELAÇÃO AO POTENCIAL DE RISCO.** 2008. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e

Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUDB-8AUPNJ/1/classifica_o_das_barragens_de_conten_o.pdf. Acesso em: 16 abr. 2022.

DNPM. **Portaria nº 416, de 03 de setembro de 2012.** Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração e dispõe sobre o Plano de Segurança, Revisão Periódica de Segurança e Inspeções Regulares e Especiais de Segurança das Barragens de Mineração conforme a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Segurança de Barragens. Disponível em: https://sistemas.anm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=7230. Acesso em: 24 abr. 2022.

DNPM. **Portaria nº 526, de 11 de dezembro de 2013.** Estabelece a periodicidade de atualização e revisão, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Ação de Emergência das Barragens de Mineração (PAEBM), conforme art. 8º, 11 e 12 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), e art. 8º da Portaria nº 416, de 3 de setembro de 2012. Disponível em: https://sistemas.anm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=7230. Acesso em: 24 abr. 2022.

DNPM. **Portaria nº 14, de 15 de janeiro de 2016.** Estabelece prazo para apresentação de comprovante de entrega das cópias físicas do Plano de Ação de Emergência de Barragem de Mineração (PAEBM) para as Prefeituras e Defesas Cíveis municipais e estaduais, conforme exigido pelo art. 7º da Portaria nº 526, de 2013, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/legislacao/portaria-dnpm-14-2016-barragens-de-mineracao.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2022.

DNPM. **Portaria nº 70.389, de 17 de maio de 2017.** Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20222904/do1-2017-05-19-portaria-n-70-389-de-17-de-maio-de-2017-20222835. Acesso em: 24 abr. 2022.

EPE. **Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2021: ano base 2020.** Rio de Janeiro, RJ: Epe, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>. Acesso em: 28 mar. 2022.

FEMA. **About Us.** 2022. Disponível em: <https://www.fema.gov/pt-br/about>. Acesso em: 22 maio 2022.

FEMA. **Federal Guidelines for Dam Safety Emergency Action Planning for Dams.** 2013.

FEMA. **Federal Guidelines for Inundation Mapping of Flood Risks Associated with Dam Incidents and Failures**. 2013.

FEMA. **Living with dams – Know your risks**. 2013.

FREIRE NETO, João Pimenta. **ESTUDO DA LIQUEFAÇÃO ESTÁTICA EM REJEITOS E APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE ANÁLISE DE ESTABILIDADE**. 2009. 1 v. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Geotécnica, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009. Disponível em: [http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3232/1/DISSERTA%
%20EstudoLiquefa%
%20EstudoLiquefa%
%20EstudoLiquefa%](http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3232/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_%20EstudoLiquefa%c3%a7%c3%a3oEst%c3%a1tica.PDF). Acesso em: 16 abr. 2022.

GUIDICINI, Guido; SANDRONI, Sandro Salvador; MELLO, Flavio Miguez de. **LIÇÕES APRENDIDAS COM ACIDENTES E INCIDENTES EM BARRAGENS E OBRAS ANEXAS NO BRASIL**. Rio de Janeiro 2021: Comitê Brasileiro de Barragens, 2021.

IBAMA. **PAR. 02022.000443/2016-43 CPROD/IBAMA**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2016. Disponível em: [https://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/pareceres/2016-08-
parecer_02022.000443-2016-43.pdf](https://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/pareceres/2016-08-parecer_02022.000443-2016-43.pdf). Acesso em: 06 abr. 2022.

IBRAM. **Mineração tem grande influência no saldo comercial brasileiro**. 2020. Disponível em: <https://ibram.org.br/release/mineracao-tem-grande-influencia-no-saldo-comercial-brasileiro/>. Acesso em: 28 mar. 2022.

ICOLD. **Organization and Mission**. 2022. Disponível em: https://www.icold-cigb.org/GB/icold/organization__mission.asp. Acesso em: 19 maio 2022.

KANJI, Milton Assis. **Parecer Técnico sobre as Causas da Ruptura da Barragem Camará**. São Paulo: Min. Público Paraíba (R0), 2004. Disponível em: [https://livrozilla.com/doc/1250857/parecer-t%
%20Parecer%
%20Parecer%
%20Parecer%](https://livrozilla.com/doc/1250857/parecer-t%C3%A9cnico-sobre-as-causas-da-ruptura-da-barragem-ca....). Acesso em: 06 abr. 2022.

LADEIRA, Josias Eduardo Rossi. **AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA EM BARRAGEM DE TERRA, SOB O CENÁRIO DE EROÇÃO TUBULAR REGRESSIVA, POR MÉTODOS PROBABILÍSTICOS: o caso UHE São Simão**. 2007. 230 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/FRPC-78HHUG>. Acesso em: 29 mar. 2022.

LIMA, Daniel Andrioli de et al. **Application of a simplified methodology for classification of small dams in cascade**. Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 1-11, 8 fev. 2022. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi).

LUCCAS, Matheus L. de et al. **A COMPARATIVE ANALYSIS ON REGULATORY FRAMEWORKS FOR SMALL DAMS**. Fourth International Dam World Conference, Lisboa, Portugal, p. 1-12, set. 2020.

MARIANO NETO, Belarmino et al. **A BARRAGEM CAMARÁ SOB OS IMPACTOS DA DESTRUÇÃO E RECONSTRUÇÃO: UM ESTUDO ESPAÇOTEMPO ENTRE 2004/2014.** Revista de Geografia, Recife, p. 56-70, jun. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/viewFile/229226/23604>. Acesso em: 02 abr. 2022.

PESSOA, Fernanda Fonseca. **COMPARAÇÃO DA COBERTURA JORNALÍSTICA DE ACIDENTES AMBIENTAIS POR VEÍCULOS IMPRESSOS DE MINAS GERAIS E RIO DE JANEIRO.** 2008. 1 v. Dissertação (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2971/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2022.

PIASENTIN, Corrado; PECIN, Thiago. **CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA LEI DE SEGURANÇA DE BARRAGENS A PEQUENOS BARRAMENTOS.** Revista Brasileira de Engenharia de Barragens do CBDB: Comitê Brasileiro de Barragens. P. 1-10, maio 2021.

PORTUGAL. Decreto-Lei n° 21/2008, **Altera o Regulamento de Segurança de Barragens e aprova o Regulamento de Pequenas Barragens.** Disponível em: <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/21-2018-114937037>. Acesso em: 12 jun. 2022.

SAMPAIO, J.A.L. **The Deficiencies of the Emergency Action Planning for Dams in Brazil.** Revista Brasileira de Direito, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 7-17, 18 dez. 2016. Complexo de Ensino Superior Meridional S.A.. <http://dx.doi.org/10.18256/2238-0604/revistadedireito.v12n2p7-17>.

SENADO NOTÍCIAS. **Brasil tem nova lei de segurança de barragens.** Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2020/10/01/brasil-tem-nova-lei-de-seguranca-de-barragens#:~:text=Com%20a%20nova%20lei%2C%20fica,25%20de%20fevereiro%20de%202022..> Acesso em: 12 abr. 2022.

SILVA, Antonio Erivelto Tavares da; SALES, Juscelino Chaves. **BARRAGEM DE ALGODÕES I: UMA BREVE ANÁLISE SOBRE O LAUDO PERICIAL DA TRAGÉDIA.** 2010. 1 v. Projeto de Pesquisa. Universidade Estadual Vale do Acaraú, 2010. Disponível em: <https://www.iwra.org/member/congress/resource/PAP00-6105.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2022.

SNISB. **Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens.** Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/>. Acesso em: 31 mar. 2022.

SOARES, Léia Lima; VIANA, Masilene Rocha. **Vidas Arrastadas: a ruptura da barragem algodões I.** Revista FSA, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 247-264, 1 maio 2016. Revista FSA. <http://dx.doi.org/10.12819/2016.13.3.14>. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/43aa/e195ec6d92525e436aa396a7f8c840dbb253.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2022.

SOUZA, Thainá Suzanne Alves. **EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E DO ESTADO DE MINAS GERAIS RELACIONADO AO TEMA DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO EM BARRAGENS**. 2019. 1 v. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2342/1/MONOGRRAFIA_Evolu%C3%A7%C3%A3oHist%C3%B3ricaLegisla%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 08 abr. 2022.

SOUZA, Thiago Coutinho de. **METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE LIQUEFAÇÃO EM BARRAGENS DE REJEITO: UMA ABORDAGEM PROBABILÍSTICA**. 2018. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Geotecnia e Transportes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

ZUFFO, Monica Soares Resio; GENOVEZ, Ana Inés Borri. **A SEGURANÇA DE BARRAGENS SOB A ÓTICA DE ALGUMAS LEGISLAÇÕES INTERNACIONAIS**. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande, 17p. nov. 2009.