



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 10, nº 1 (2024)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2024v10n1ID34843>



Contribuições para a gestão de segurança de barragens de dois empreendedores estaduais de Pernambuco

Contributions to the dam safety management of two state entrepreneurs from Pernambuco

Amanda Rafaely Monte do Prado¹; Simone Rosa da Silva²

¹ Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife/PE, Brasil. Email: armp@poli.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9293-1344>

² Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife/PE, Brasil. Email: simonerosa@poli.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7138-7546>

Resumo: Este estudo propõe o estabelecimento de uma ordem de prioridades das barragens dos dois principais empreendedores estaduais de Pernambuco, através da aplicação da metodologia do PLANERB, a fim de atender a instrumentos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Também está proposto o planejamento financeiro para execução das ações necessárias. Os resultados apontam que a existência de documentação técnica e monitoramento da barragem influencia diretamente na ordem de prioridades. A partir das ordens de prioridades obtidas, os planejamentos propostos visam atender 5% das barragens da COMPESA e 10% da SEINFRA, totalizando cerca de R\$ 2.000.000,00 e R\$ 1.800.000,00, ao final do primeiro ano, respectivamente. Os resultados fornecem subsídios para o processo de implementação da PNSB, contribuindo para a gestão da segurança das barragens, e servindo como ferramenta de auxílio à tomada de decisões.

Palavras-chave: Segurança de barragens; Pernambuco; Empreendedores.

Abstract: This study proposes to establish an order of priorities of dams of the two main state entrepreneurs of Pernambuco, through the application of the PLANERB methodology, in order to meet the instruments of the National Dam Safety Policy (PNSB). It also proposes the financial planning for the execution of the necessary actions. The results indicate that the existence of technical documentation and monitoring of the dam directly influences the order of priorities. From the orders of priorities obtained, the proposed plans aim to serve 5% of the dams of COMPESA and 10% of SEINFRA, totaling around R\$ 2,000,000.00 and R\$ 1,800,000.00, by the end of the first year, respectively. The results provide subsidies for the PNSB implementation process, contributing to the management of dam safety, and serving as a tool to aid in decision-making.

Keywords: Dam safety; Pernambuco; Entrepreneurs.

1. Introdução

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a segurança de barragem pode ser definida como uma condição que objetiva a manutenção das integridades estrutural e operacional da barragem, diminuindo o risco de incidentes e/ou acidentes, a fim de que sua finalidade seja alcançada e, conjuntamente, que ocorra a preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente (ANA, 2021). Para a Federal Emergency Management Agency (FEMA), a definição de segurança de barragens é “a arte e a ciência de garantir a integridade e viabilidade das barragens de modo que não apresentem riscos inaceitáveis para o público, a propriedade e o meio ambiente” (FEMA, 2004; WISHART et al., 2020).

No Brasil, a temática é abordada, fundamentalmente, através da Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Em 2020, a PNSB sofreu alterações através da Lei Federal nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. A Política trouxe avanços para a área e estabeleceu a figura do empreendedor, caracterizando-o como a pessoa física ou jurídica responsável pela barragem e sua segurança (BRASIL, 2010; BRASIL 2020).

Assim, uma das definições mais importantes contidas na PNSB foi a das responsabilidades do empreendedor sobre a segurança das barragens, bem como das relacionadas aos órgãos fiscalizadores. Antes disso, não se sabia a quem cabiam as responsabilidades, com evidente desarticulação do poder público e órgãos ambientais lidando isoladamente com os acidentes (ANA, 2013). No que tange as responsabilidades do empreendedor, foram definidas vinte e duas competências, das quais destacam-se: prover os recursos necessários à garantia da segurança da barragem; providenciar a elaboração e a atualização do Plano de Segurança da Barragem (PSB); e realizar as Inspeções de Segurança Regular (ISR) e Especial (ISE).

Dada a importância da temática de segurança de barragens e as diversas responsabilidades estabelecidas pela PNSB, faz-se necessária a definição da ordem de prioridades das barragens nas quais serão executadas as ações por parte dos empreendedores, auxiliando em seus processos de tomada de decisões. Nesse sentido, diversos autores na literatura propuseram metodologias, visando contribuir com a gestão da segurança de barragens.

Zuffo (2005) propôs o chamado Índice de Segurança de Barragens (ISB), que consiste em uma metodologia que pondera critérios relacionados a avaliação de segurança de barragens, resultando numa nota final que caracteriza a condição do empreendimento quanto à segurança, variando do nível insatisfatória até o nível bom. Para tal finalidade, o autor propôs dezoito critérios relacionados a potencial de risco, desempenho e fatores ambientais. Ainda, o ISB serve de referência para a avaliação da segurança de barragens, não possuindo como objetivo principal o auxílio a tomada de decisão.

Aguiar (2014) propôs alterações no ISB, acrescentando critérios e reduzindo a subjetividade no emprego do método. Para tanto, foram escolhidos 29 critérios, baseados na legislação brasileira sobre segurança de barragens, no trabalho de Zuffo (2005) e na bibliografia consultada acerca dos acidentes ocorridos. O trabalho desenvolvido pelo autor não abrangeu o cálculo final do ISB, por se fazer necessário desenvolver as funções de valor para cada critério, tornando-se sugestão para trabalhos futuros.

Salloum & Alrhieh (2019) propuseram uma estrutura baseada no processo de hierarquia analítica, com o objetivo principal de fornecer uma classificação relativa das barragens, com o propósito de recuperá-las ou, ainda, conduzir avaliações mais detalhadas, a fim de auxiliar na tomada de decisões prioritárias. A estrutura proposta agregava critérios quantitativos e qualitativos relacionados à segurança de barragens, segurança operacional, potencial de risco, requisitos regulatórios e valor comercial.

O Ministério da Integração Nacional desenvolveu o Plano de Ações Estratégicas para a Reabilitação de Barragens da União (PLANERB), tendo por finalidade a reabilitação das barragens da União, cujos empreendedores são o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), ou ainda o extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) (MI, 2018; De Vito et. al., 2019).

A fim de elaborar o plano estratégico de ações, com definição das prioridades, foi desenvolvida uma metodologia com base na classificação das barragens de acordo com a Categoria de Risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA), que se constitui em um dos instrumentos da PNSB e é regulamentada pela Resolução CNRH nº 143/2012 (CNRH, 2012). A partir de discussões e oficinas ad hoc com especialistas, promoveram-se alterações e acréscimos de outras metodologias, objetivando obter uma melhor classificação de risco e, conseqüentemente, de prioridades das ações e investimentos, sob o ponto de vista da urgência (De Vito et. al., 2019).

Conforme Wishart et al. (2020), tendo em vista os orçamentos restritos, o planejamento financeiro é primordial, associado com ferramentas que auxiliem na priorização das medidas e recursos de segurança de barragens. Ainda segundo

o mesmo autor, os recursos financeiros para segurança de barragens podem ser oriundos de duas fontes básicas de receitas sustentáveis: impostos por meio de alocações orçamentárias do governo; ou tarifas de sistemas de pagamentos dos usuários. Comumente, a combinação de ambas é a que mais ocorre na prática. Contudo, o atendimento total as ações necessárias são prejudicadas pelas baixas taxas de arrecadação, além da competição com outras demandas.

Em Pernambuco, destacam-se a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) e a extinta Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos (SEINFRA) atualmente Secretaria de Recursos Hídricos e de Saneamento (SRHS) como principais empreendedores a nível estadual. Ambos são importantes tanto sob o ponto de vista do número de barragens sob sua responsabilidade, quanto pela capacidade de armazenamento dos seus reservatórios (PRADO, 2022). Tendo em vista que os quantitativos de barragens apresentados neste trabalho se referem aqueles que vigoravam em 2022, optou-se pela manutenção da utilização da nomenclatura SEINFRA.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é aplicar a metodologia do PLANERB nos dois principais empreendedores estaduais de Pernambuco, sendo eles a COMPESA e a SEINFRA, a fim de construir uma ordem de prioridades para auxiliar na gestão e na tomada de decisão quanto à segurança de suas barragens. Além disso, também será realizada proposta de dimensionamento financeiro para os órgãos.

2. Metodologia

2.1. Classificação para fins de gestão de segurança de barragens

Na metodologia desenvolvida para o PLANERB, tem-se o chamado Índice de Risco (IR), que é obtido através do produto entre o CRI e DPA modificados (Equação 1). O IR reflete o real perigo que a barragem oferece à comunidade, incluindo as situações observadas durante as inspeções técnicas.

$$IR = CRI^* \times DPA^* \quad (1)$$

Onde, IR – Índice de Risco; CRI* – Categoria de Risco modificado; DPA* - Dano Potencial Associado modificado.

Os cálculos do CRI* e DPA* são semelhantes aos da Resolução CNRH nº 143/2012, com as modificações desenvolvidas e inseridas pelo PLANERB. Dessa forma, se caracterizam por serem somatórios de critérios, para os quais são atribuídas pontuações com o auxílio de tabelas.

Abaixo apresentam-se os somatórios referentes a cada variável, bem como um resumo do cálculo do IR (Figura 1). As tabelas não constam neste estudo devido a sua grande extensão, contudo podem ser visualizadas no trabalho de De Vito et. al. (2019).

O CRI* é calculado pelo somatório apresentado na Equação 2.

$$CRI^* = CT^* + EC^* + PS^* \quad (2)$$

Onde, CT* – Características Técnicas modificadas; ES* – Estado de Conservação modificado; PS* – Plano de Segurança modificado.

Os cálculos de CT*, ES* e PS*, de maneira geral, se resumem em somatórias de pontuações atribuídas a critérios, os quais são avaliados a partir das características e condições das barragens, bem como o cálculo do DPA*, que também corresponde a um somatório, os quais podem ser observados na Figura 1.

As informações necessárias para a aplicação da metodologia do PLANERB foram obtidas através dos relatórios das ISRs e ISEs, dos PSBs e dos projetos de recuperação disponibilizados pelos empreendedores. Pontua-se, ainda, que caso a informação não tenha sido encontrada nos documentos citados, foi considerado o pior cenário para o critério em questão.

Para a classificação do DPA* também foram consultadas as manchas de inundação das barragens, disponibilizadas pela APAC. Para as estruturas que não possuem essa informação, foi realizada estimativa pelo Google Earth, analisando-se a proximidade com municípios. De modo que, para barragens localizadas dentro da cidade ou muito próxima a elas, foram considerados $b^* = 30$ e $d = 8$. Já para a situação inversa, com as barragens longe das cidades, considerou-se $b^* = 15$ e $d = 4$.

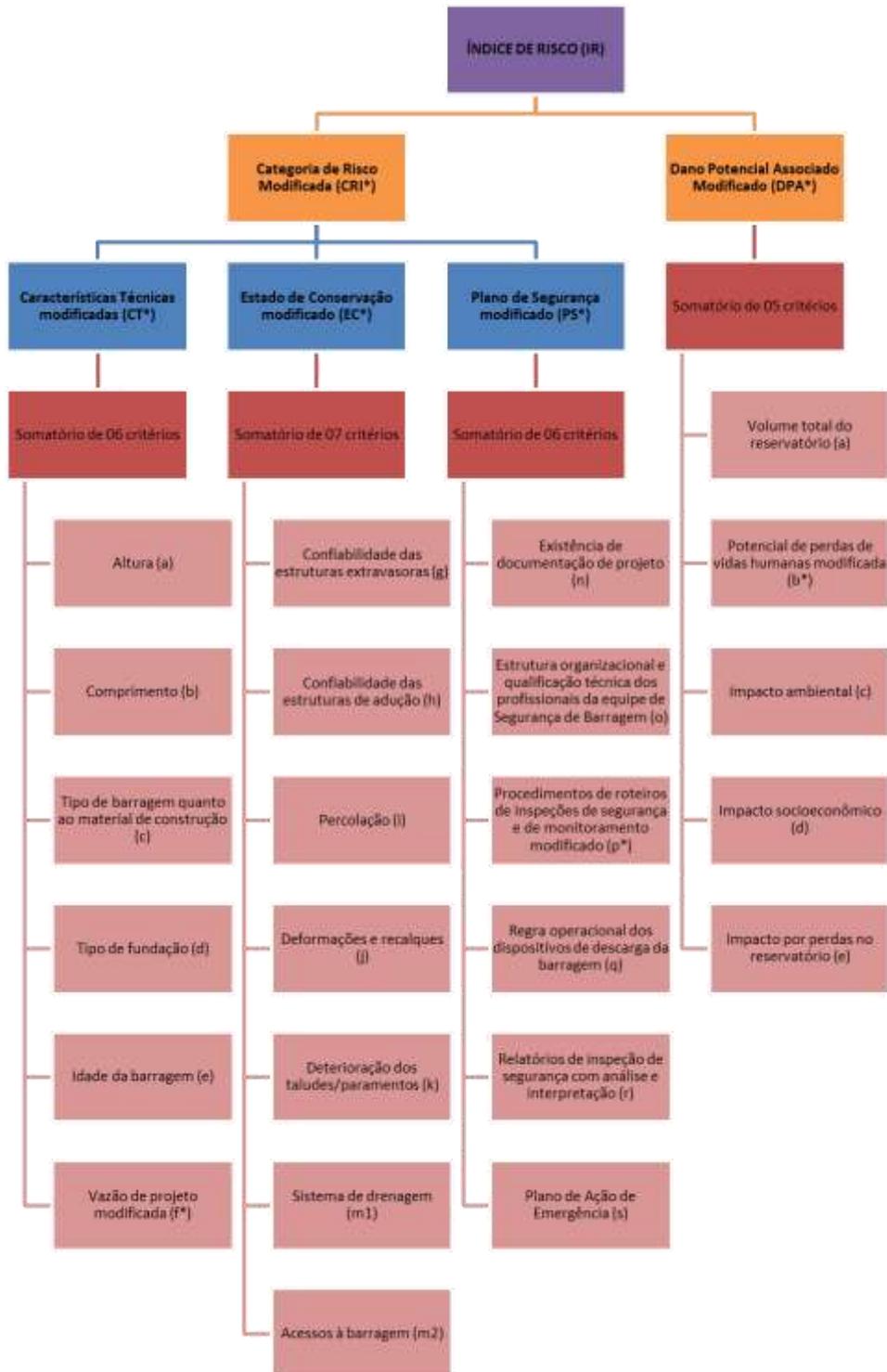


Figura 1 – Esquema de cálculo do IR.
 Fonte: Adaptado de De Vito et. al. (2019).

2.2. Proposta de dimensionamento financeiro

A partir da ordem de prioridades obtida após a aplicação da etapa anterior, foi realizado o planejamento das ações para atendimento à legislação. Foram estabelecidos horizontes de atuação, respeitando um teto financeiro máximo. Tanto o intervalo de tempo, quanto o valor monetário máximo, foram definidos com cada empreendedor, de forma que melhor se adequassem a situação de cada um.

As ações consideradas no planejamento foram:

- Realização de ISRs;
- Elaboração de PSB e PAE;
- Elaboração de projetos de recuperação;
- Realização de manutenção.

Os valores financeiros estipulados se basearão em licitações e/ou contratações que os empreendedores já realizaram. Ou ainda, a partir de preços praticados por terceiros ou aqueles constantes em documentos de referência na literatura.

3. Resultados e discussão

3.1. Classificação para fins de gestão de segurança de barragens

Como limitações a esta etapa tem-se a não existência de manchas de inundação para todas as barragens, tendo sido realizada a estimativa descrita anteriormente; e o acesso a documentação técnica das estruturas, tendo sido os relatórios de ISR a principal fonte de dados utilizada nesta etapa.

Cabe comentar que, devido a não existência de documentação técnica para a maioria das barragens, para muitos critérios foram atribuídas as piores pontuações, uma vez que, para determinados critérios, as próprias tabelas utilizadas já caracterizam a ausência e/ou desconhecimento da informação como o pior cenário. Em contrapartida, para as poucas barragens que possuem acervo técnico, é visível o efeito na classificação, com tais estruturas ocupando posições mais baixas na ordem de prioridades.

Outro ponto que cabe destacar diz respeito a influência da classificação do DPA*, no que tange ao critério b*, que se relaciona com o potencial de perdas de vidas humanas. A existência de pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante eleva significativamente o IR encontrado para a barragem, e tendo em vista a ausência de documentação técnica, influencia diretamente na ordem de prioridades.

3.1.1. COMPESA

Para a COMPESA foram consideradas 132 barragens sob sua responsabilidade, de acordo com a quantidade de estruturas que foram inspecionadas entre 2019 e 2021, cujos IR e classificação obtidos estão apresentadas na Tabela 1. A tabela não consta completa neste estudo devido a sua grande extensão, contudo pode ser visualizada em Prado (2022).

Em primeiro lugar, tem-se a barragem Pirapama, uma das mais importantes para o abastecimento de água da Região Metropolitana do Recife. Em seguida, tem-se mais quatro barragens de grande importância e que se localizam próximas aos centros urbanos, com suas respectivas manchas de inundação implicando em grande potencial de perdas de vidas humanas (Tabela 1).

As barragens Cipó, Jaime Nejaim, Lagoa do Barro, Gurjaú, Barriguda, Jucati, Cachoeira II e Pindoba constam entre as mais preocupantes no Estado, em geral, devido a anomalias em suas estruturas, consoante RSB 2021 (ANA, 2022). No presente estudo, as barragens foram classificadas em 10°, 54°, 36°, 21°, 99°, 50°, 12° e 23°, respectivamente, com critérios sendo adotados na pior situação. Os resultados apontados refletem as diferentes metodologias aplicadas. No RSB 2021, a classificação baseia-se em critérios definidos pelo órgão fiscalizador estadual, sendo eles: o nível de Perigo Global da Barragem (NPGB) definido como Emergência; a análise das ISR/ISE apresentadas à APAC, com prioridade para as barragens com NPGB definido como atenção, de maior volume e com anomalias de maior relevância; bem como, outras barragens com anomalias de maior relevância (ANA, 2021). Enquanto a metodologia deste trabalho aborda diversos outros critérios.

Ainda no RSB 2021, são mencionados outros órgãos empreendedores para algumas das estruturas mencionadas (ANA, 2022). Essas divergências exemplificam as lacunas ainda existentes para a definição do real empreendedor das barragens, se é o órgão que construiu ou o que opera.

Tabela 1 – Classificação para fins gerenciais das barragens da COMPESA.

Classificação	Barragem	IR
1º	Pirapama	6222
2º	Tapacurá	6138
3º	Jangadinha	6077
4º	Duas Unas	5978
5º	Taquara	5760
6º	Severino Guerra (Bitury)	5439
7º	Goitá	5246
8º	Pão de Açúcar	5243
9º	São José I	5232
10º	Cipó	5184
...
128º	Piedade	830
129º	Macaparana	728
130º	Plaina (Riacho Brasileiro)	720
131º	Carau	700
132º	Mocambo	672

Fonte: Autoras (2023).

3.1.2. SEINFRA

Para a SEINFRA foram consideradas 26 barragens sob sua responsabilidade, cujos IR e classificação obtidos estão apresentadas na Tabela 2. Assim como para a COMPESA, a tabela não consta completa neste estudo, podendo ser visualizada em Prado (2022). A importância da existência de documentação técnica e monitoramento é constatada para a barragem Serro Azul, que é o sexto maior reservatório existente em Pernambuco. Analisando-se a mancha de inundação em caso de ruptura, o potencial de perdas de vidas humanas apresenta a maior pontuação, com $b^* = 40$. Apesar disso, devido aos dois motivos citados inicialmente, a barragem ocupa a 24ª posição.

No RSB 2021, as barragens Senador Nilo Coelho e Poço Grande, localizadas nos municípios de Terra Nova e Serrita, respectivamente, estão entre as catorze que mais preocupam no estado de Pernambuco. Ambas apresentam anomalias em suas estruturas e, ainda, Poço Grande é uma barragem inacabada (ANA, 2022). Pontua-se que a barragem Senador Nilo Coelho está classificada com nível de perigo global em emergência desde 2020, conforme verificado nos relatórios ISR 2020 e 2021. Assim como apontado para as barragens da COMPESA, a metodologia utilizada para elencar essas barragens foi definida pelo órgão fiscalizador estadual, diferindo da aplicada no presente trabalho. Apesar disso, as duas estruturas citadas estão entre as 15 primeiras na ordem de prioridade, ocupando a 7ª e 11ª posição, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Classificação para fins gerenciais das barragens da SEINFRA.

Classificação	Barragem	IR
1º	Jazigo	4312
2º	Manopla	4094
3º	Chapéu	3900
4º	Chinelo	3542
5º	São José II	3528
6º	Borborema	3486
7º	Senador Nilo Coelho	3185
8º	Serrinha dos Carlos	2592
9º	Inhumas	2550

Classificação	Barragem	IR
10°	Mãe D'água	2484
...
22°	Poço Grande II	1917
23°	Ipanema I	1824
24°	Serro Azul	1792
25°	Cajarana	1722
26°	Ingazeira	1386

Fonte: Autoras (2023).

3.2. Proposta de dimensionamento financeiro

A partir da ordem de prioridades obtida após a aplicação da etapa anterior, estabeleceu-se uma proposta de planejamento das ações para atendimento à legislação. Para atendimento à Política Nacional, muitas ações necessitam ser executadas e, em contrapartida, existem limitações técnicas e econômicas nos dois empreendedores estudados. Para este trabalho, foram abordadas a elaboração do PSB e de projetos de recuperação ou “As Is”, a realização das ISRs e a realização de manutenção.

Dessa forma, buscou-se fazer alusão ao processo utilizado para enquadramento dos recursos hídricos, a partir dos eixos “O rio que temos”, “O rio que queremos” e “O rio que podemos ter”. Nesse caso, foi considerado “O cenário de segurança de barragens que temos”, “O cenário de segurança de barragens que queremos ter” e “O cenário de segurança de barragens que podemos ter”.

No primeiro cenário temos a situação atual, onde a maioria das barragens não possuem acervo técnico, seja do nível de um anteprojeto até um projeto as built (como construído); não possuem PSB; e não passam por manutenção, sendo necessário a sua recuperação. No segundo cenário temos a situação ideal, na qual se teria disponibilidade técnica e financeira para elaborar projetos “As Is”, elaborar o PSB, realizar as manutenções para todas as barragens, dentre outras atividades englobadas na gestão da segurança dessas estruturas. E no terceiro cenário, tem-se a prospecção de uma situação futura, mas que leva em consideração as limitações existentes.

Para tanto, estabeleceu-se que, no prazo de um ano, seriam realizadas as ISRs para todas as barragens dos empreendedores, cumprindo o que determina as Resoluções dos órgãos fiscalizadores federal e estadual, e seriam elaborados os PSBs, PAEs e projetos de recuperação ou “As Is” cabíveis para um determinado percentual das barragens sob a responsabilidade do empreendedor. Além disso, seria considerada a manutenção para essas estruturas.

O horizonte de atuação considerado foi de 05 anos e a cada ano a quantidade de barragens objeto das ações aumentaria conforme a taxa percentual definida para cada empreendedor. Para a COMPESA será considerado um valor de 5% e para a SEINFRA de 10%. Os percentuais escolhidos baseiam-se na quantidade de barragens de cada empreendedor, justificando a diferença entre ambas.

Foram buscados valores financeiros em licitações e/ou contratações dos próprios empreendedores, encontrando-se valores recentes, uma vez que os contratos foram finalizados entre o segundo semestre de 2021 e o segundo semestre de 2022 ou ainda estão em execução. Apenas dois contratos de recuperação datam de 2019. Além desses, utilizaram-se valores apresentados no PLANERB, por serem considerados valores de referência para o planejamento a que se propõe.

Para a elaboração do Plano de Segurança de Barragens será considerado o valor médio de R\$ 339.691,51, obtido através dos valores apresentados na Tabela 3. Pontua-se que, os valores obtidos nos contratos da SEINFRA/PE abrangem a elaboração do PSB e podem abranger também do PAE, ISE e projeto “As Is”, variando em cada caso. Para os valores obtidos nos documentos do PLANERB, não foi possível distinguir o escopo abrangido, ou seja, se envolve a elaboração do PAE ou mesmo do “As Is”. Assim, considerou-se que são abrangidos PSB e PAE, mas não o “As Is”.

Tabela 3 – Valores para elaboração de PSB.

Órgão	Valor
SEINFRA/PE	R\$ 179.431,00
SEINFRA/PE	R\$ 371.156,81
SEINFRA/PE	R\$ 342.662,77

Órgão	Valor
SEINFRA/PE	R\$ 305.225,00
PLANERB - DNOCS	R\$ 497.482,05
PLANERB - CODEVASF	R\$ 227.475,47
PLANERB - DNOS	R\$ 454.407,48
Valor médio:	R\$ 339.691,51

Fonte: Autoras (2023).

Ainda sobre a elaboração do PSB, estimou-se que o valor envolve a elaboração do PAE. Entretanto, é importante destacar que além da existência do documento, também se faz necessário que o PAE seja implementado em campo. Essa ação é de suma importância, para que o Plano não seja apenas teórico, mas que, de fato, possa ser executado na prática. Assim, pontua-se que o custo da implementação não está inserido no valor utilizado neste trabalho.

Para a elaboração do projeto de recuperação ou do projeto “As Is” foi considerado o mesmo valor, baseado na justificativa de que, em licitações da SEINFRA, o projeto de recuperação foi utilizado como projeto “As Is”. Assim, foi considerado o valor médio de R\$ 278.916,61, obtido através dos valores apresentados na Tabela 4. Os valores obtidos da COMPESA são referentes aos chamados “projetos de requalificação”, os quais abrangem seis atividades, dentre elas o projeto de recuperação. Assim, considerou-se o valor total dividido pela quantidade de ações previstas.

Tabela 4 – Valores para elaboração de projeto de recuperação ou “As Is”.

Órgão	Valor
SEINFRA/PE	R\$ 461.704,10
SEINFRA/PE	R\$ 382.111,75
SEINFRA/PE	R\$ 465.059,10
SEINFRA/PE	R\$ 293.942,44
SEINFRA/PE	R\$ 291.956,65
COMPESA	R\$ 75.833,20
COMPESA	R\$ 244.217,00
COMPESA	R\$ 158.250,00
COMPESA	R\$ 256.666,67
COMPESA	R\$ 159.425,15
Valor médio:	R\$ 278.916,61

Fonte: Autoras (2023).

Para os valores de manutenção, buscou-se obter uma estimativa de valor por barragem, cujo valor encontrado foi de R\$ 54.249,48, o qual foi obtido a partir dos dados constantes nos documentos do PLANERB (Tabela 5). Conforme constante no Relatório Final do PLANERB, esse valor se refere a manutenção, vigilância e auscultação anual, tendo recebido a nomenclatura MANT 1 (MI, 2018). Pontua-se que as barragens dos três órgãos abrangidos pelo PLANERB apresentam, em sua maioria, porte consideravelmente superior as das barragens da COMPESA e SEINFRA. Desse modo, o valor apresentado representa uma média.

Tabela 5 – Valores para manutenção de barragens.

Órgão	Valor
PLANERB - DNOCS	R\$ 81.871,66
PLANERB - CODEVASF	R\$ 30.868,84
PLANERB - DNOS	R\$ 50.007,94
Valor médio:	R\$ 54.249,48

Fonte: Autoras (2023).

Por fim, para estimar o valor envolvido na realização das ISR, foram realizadas as seguintes considerações:

- 01 barragem inspecionada por viagem;
- Viagem com duração de 02 dias;
- 02 profissionais técnicos;
- 01 motorista;
- Valor diária – profissional técnico: R\$ 54,00;
- Valor diária – motorista: R\$ 80,00;
- Distância média (ida e volta): 824 km;
- Valor do litro da gasolina: R\$ 5,73 (jul/2023);
- Toro – Consumo: 11,2 km/L.

O cenário descrito acima resulta no valor envolvido na realização da ISR para apenas uma barragem. Na prática, sabe-se que as viagens envolvem mais de uma estrutura. Contudo, realizou-se essa aproximação para obter um “valor unitário”. Pontua-se que a distância média considerada equivale a distância de ida e volta entre os municípios de Recife e Serra Talhada. A cidade foi escolhida por se localizar, visualmente, no meio do mapa de Pernambuco. A partir de tais considerações, obteve-se o valor R\$ 612,02. Ressalta-se que esse valor é apenas operacional, sem considerar os custos posteriores para elaboração dos relatórios.

3.2.1. COMPESA

Para a COMPESA, 5% das barragens equivalem a 6,65 estruturas, tendo sido consideradas 07 barragens por ano. Dessa forma, tem-se a proposta de planejamento de ações apresentada na Tabela 6, abrangendo as atividades de elaboração de PSB e projetos de recuperação ou “As Is”. O máximo valor obtido foi de cerca de R\$ 3.300.000,00, no quarto e quinto ano, e ao final do período considerado, 35 barragens possuirão os dois documentos citados, correspondendo a 27% do total.

As barragens que não apresentam valores em uma das colunas são aquelas cujas documentações já se encontram elaboradas ou em elaboração. Embora essa quantidade seja significativa para a COMPESA, optou-se por não acrescentar outras barragens da ordem de prioridades, a fim de manter a taxa anual definida e não elevar o orçamento demasiadamente nos anos iniciais considerados. Além disso, grande parte dos PSBs foram elaborados pela própria equipe de segurança de barragens do órgão e pode-se ter a necessidade de revisá-los, a critério da COMPESA, e tal atividade poderá ser encaixada nas lacunas mencionadas.

Tabela 6 – Proposta de planejamento para PSB e projetos de recuperação ou “As Is” para a COMPESA.

PRIMEIRO ANO		
Barragem	PSB	Projeto de recuperação ou “As Is”
Pirapama	-	-
Tapacurá	-	-
Jangadinha	-	R\$ 278.916,61
Duas Unas	-	R\$ 278.916,61
Taquara	-	R\$ 278.916,61
Severino Guerra (Bitury)	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Goitá	-	-
Valor parcial:	R\$ 339.691,51	R\$ 1.115.666,42
Valor total:	R\$ 1.455.357,93	
SEGUNDO ANO		
Barragem	PSB	Projeto de recuperação ou “As Is”
Pão de Açúcar	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
São José I	-	R\$ 278.916,61
Cipó	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Condadinho	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Cachoeira II	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61

Botafogo	-	R\$ 278.916,61
Zamba	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Valor parcial:	R\$ 1.698.457,56	R\$ 836.749,82
Valor total:	R\$ 2.535.207,37	
TERCEIRO ANO		
Barragem	PSB	Projeto de recuperação ou “As Is”
do Prata	-	R\$ 278.916,61
Marrecas	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Cursaf	-	R\$ 278.916,61
Tiúma	-	R\$ 278.916,61
Cajueiro	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Machado	-	R\$ 278.916,61
Gurjaú	-	R\$ 278.916,61
Valor parcial:	R\$ 679.383,02	R\$ 1.952.416,24
Valor total:	R\$ 2.631.799,26	
QUARTO ANO		
Barragem	PSB	Projeto de recuperação ou “As Is”
Vertentinha (Açude Cruzeiro)	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Pindoba	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Queimadas	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Pedro Moura Junior	-	R\$ 278.916,61
Comunaty	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Poço Fundo	-	R\$ 278.916,61
Matriz Da Luz (Queira Deus)	-	R\$ 278.916,61
Valor parcial:	R\$ 1.358.766,05	R\$ 1.952.416,24
Valor total:	R\$ 3.311.182,28	
QUINTO ANO		
Barragem	PSB	Projeto de recuperação ou “As Is”
Utinga	-	R\$ 278.916,61
Duas Unas Velha	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Mororó	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Besouro	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Gercino Pontes (Tabocas)	-	R\$ 278.916,61
São Sebastião	-	R\$ 278.916,61
Tatuaçu	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Valor parcial:	R\$ 1.358.766,05	R\$ 1.952.416,24
Valor total:	R\$ 3.311.182,28	

Fonte: Autoras (2023).

Para as atividades relacionadas à manutenção, a cada ano foram acrescentadas sete barragens, seguindo a taxa de 5% estabelecida para o órgão. Os valores mensais iniciam em torno de R\$380.000,00 e alcançam aproximadamente R\$ 2.000.000,00 no final dos cinco anos (Tabela 7). A proposta apresentada não especifica a prioridade das barragens, pois o empreendedor poderá realizar adequações as necessidades identificadas no dia a dia.

Por exemplo, para o primeiro ano pode-se iniciar com as sete primeiras barragens da ordem de prioridades. Já no segundo ano, pode-se manter as sete iniciais e acrescentar outras sete, e assim sucessivamente nos anos posteriores. Outra

opção é iniciar pelas sete barragens já mencionadas, mas, no segundo ano, realizar a manutenção em outras catorze estruturas diferentes das do primeiro ano. Desse modo, a manutenção seria realizada em mais barragens, em menos tempo, e ao final dos cinco anos considerados, 105 barragens teriam passado por manutenção, alcançando 80% do total de 132 estruturas.

Tabela 7 – Proposta financeira para atividades relacionadas à manutenção para a COMPESA.

PRIMEIRO ANO		
Barragem	Valor Unitário	Valor Total
07	R\$ 54.249,48	R\$ 379.746,35
SEGUNDO ANO		
Barragem	Valor Unitário	Valor Total
14	R\$ 54.249,48	R\$ 759.492,69
TERCEIRO ANO		
Barragem	Valor Unitário	Valor Total
21	R\$ 54.249,48	R\$ 1.139.239,04
QUARTO ANO		
Barragem	Valor Unitário	Valor Total
28	R\$ 54.249,48	R\$ 1.518.985,38
QUINTO ANO		
Barragem	Valor Unitário	Valor Total
35	R\$ 54.249,48	R\$ 1.898.731,73

Fonte: Autoras (2023).

Quanto à realização das ISRs, o total anual é de R\$ 80.786,64, considerando a realização das inspeções em todas as barragens do órgão. Em 2021, a COMPESA realizou o maior quantitativo de ISRs identificado, com 85 inspeções realizadas, que representam 64% da meta proposta. Pontua-se que, devido à distribuição regional das sedes da COMPESA por todo o território estadual, o custo de realização das ISRs poderá diminuir, tendo em vista menores distâncias e redução dos valores pagos nas diárias dos profissionais.

Assim, considerando as três ações propostas, tem-se que os orçamentos anuais apresentados na Tabela 8, cujo valor máximo alcança, aproximadamente, R\$ 5.300.000,00. Como era de se esperar, os valores tendem a crescer com o passar dos anos e o aumento do grupo de barragens objeto das atividades.

Tabela 8 – Resumo da proposta financeira para a COMPESA.

PRIMEIRO ANO	
Ações	Valor
PSBs e Projetos de recuperação / “As Is”	R\$ 1.455.357,93
Manutenção	R\$ 379.746,35
ISR	R\$ 80.786,64
Valor:	R\$ 1.915.890,92
SEGUNDO ANO	
Ações	Valor
PSBs e Projetos de recuperação / “As Is”	R\$ 2.535.207,37
Manutenção	R\$ 759.492,69
ISR	R\$ 80.786,64
Valor:	R\$ 3.375.486,70
TERCEIRO ANO	
Ações	Valor

PSBs e Projetos de recuperação / “As Is”	R\$ 2.631.799,26
Manutenção	R\$ 1.139.239,04
ISR	R\$ 80.786,64
Valor:	R\$ 3.851.824,94
QUARTO ANO	
Ações	Valor
PSBs e Projetos de recuperação / “As Is”	R\$ 3.311.182,28
Manutenção	R\$ 1.518.985,38
ISR	R\$ 80.786,64
Valor:	R\$ 4.910.954,30
QUINTO ANO	
Ações	Valor
PSBs e Projetos de recuperação / “As Is”	R\$ 3.311.182,28
Manutenção	R\$ 1.898.731,73
ISR	R\$ 80.786,64
Valor:	R\$ 5.290.700,65
Valor total (05 anos):	R\$ 19.344.857,51

Fonte: Autoras (2023).

3.2.2. SEINFRA

Para a SEINFRA, 10% das barragens equivalem a 2,6 estruturas, tendo sido consideradas 03 barragens por ano. Dessa forma, tem-se a proposta de planejamento de ações apresentada na Tabela 9, abrangendo as atividades de elaboração de PSB e projetos de recuperação ou “As Is”. Ao final dos cinco anos, 15 barragens possuiriam PSB e projeto, representando 58% do total. As barragens que não apresentam valores para projeto de recuperação ou “As Is” são aquelas que o empreendedor já possui contratos em andamento atualmente ou que os projetos já foram elaborados.

Tabela 9 – Proposta de planejamento para PSB e projetos de recuperação ou “As Is” para a SEINFRA.

PRIMEIRO ANO		
Barragem	PSB	Projeto de recuperação ou “As Is”
Jazigo	R\$ 339.691,51	-
Manopla	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Chapéu	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Valor parcial:	R\$ 1.019.074,53	R\$ 557.833,21
Valor total:	R\$ 1.576.907,74	
SEGUNDO ANO		
Barragem	PSB	Projeto de recuperação ou “As Is”
Chinelo	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
São José II	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Borborema	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Valor parcial:	R\$ 1.019.074,53	R\$ 836.749,82
Valor total:	R\$ 1.855.824,35	
TERCEIRO ANO		
Barragem	PSB	Projeto de recuperação ou “As Is”
Senador Nilo Coelho	R\$ 339.691,51	-
Serrinha dos Carlos	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61

Inhumas	R\$ 339.691,51	-
Valor parcial:	R\$ 1.019.074,53	R\$ 278.916,61
Valor total:	R\$ 1.297.991,14	
QUARTO ANO		
Barragem	PSB	Projeto de recuperação ou “As Is”
Mãe D'Água	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Poço Grande	R\$ 339.691,51	-
Açude da Nação	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Valor parcial:	R\$ 1.019.074,53	R\$ 557.833,21
Valor total:	R\$ 1.576.907,74	
QUINTO ANO		
Barragem	PSB	Projeto de recuperação ou “As Is”
Tabira	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Oitis	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Laje do Gato	R\$ 339.691,51	R\$ 278.916,61
Valor parcial:	R\$ 1.019.074,53	R\$ 836.749,82
Valor total:	R\$ 1.855.824,35	

Fonte: Autoras (2023).

Para as atividades relacionadas a manutenção, a cada ano foram acrescentadas três barragens, seguindo a taxa de 10% estabelecida para o órgão. Os valores mensais iniciam em torno de R\$160.000,00 e alcançam aproximadamente R\$ 810.000,00 no final dos cinco anos (Tabela 10). Assim como para a COMPESA, a proposta apresentada para a SEINFRA não especifica a prioridade das barragens, pois o empreendedor poderá realizar adequações as necessidades identificadas no dia a dia.

Tabela 10 – Proposta financeira para atividades relacionadas à manutenção para a SEINFRA.

PRIMEIRO ANO		
Barragem	Valor Unitário	Valor Total
03	R\$ 54.249,48	R\$ 162.748,43
SEGUNDO ANO		
Barragem	Valor Unitário	Valor Total
06	R\$ 54.249,48	R\$ 325.496,87
TERCEIRO ANO		
Barragem	Valor Unitário	Valor Total
09	R\$ 54.249,48	R\$ 488.245,30
QUARTO ANO		
Barragem	Valor Unitário	Valor Total
12	R\$ 54.249,48	R\$ 650.993,74
QUINTO ANO		
Barragem	Valor Unitário	Valor Total
15	R\$ 54.249,48	R\$ 813.742,17

Fonte: Autoras (2023).

Quanto à realização das ISRs, o total anual é de R\$ 15.912,52, considerando a realização das inspeções em todas as barragens do órgão. Em 2021, a SEINFRA realizou as ISRs de 21 estruturas, alcançando 81% da meta proposta.

Assim, considerando as três ações propostas tem-se que os orçamentos anuais apresentados na Tabela 11, cujo valor máximo não ultrapassa R\$ 3.000.000,00. Como era de se esperar, os valores tendem a crescer com o passar dos anos e o aumento do grupo de barragens objeto das atividades.

Tabela 11 – Resumo da proposta financeira para a SEINFRA.

PRIMEIRO ANO	
Ações	Valor
PSBs e Projetos de recuperação / “As Is”	R\$ 1.576.907,74
Manutenção	R\$ 162.748,43
ISR	R\$ 15.912,52
Valor:	R\$ 1.755.568,69
SEGUNDO ANO	
Ações	Valor
PSBs e Projetos de recuperação / “As Is”	R\$ 1.855.824,35
Manutenção	R\$ 325.496,87
ISR	R\$ 15.912,52
Valor:	R\$ 2.197.233,74
TERCEIRO ANO	
Ações	Valor
PSBs e Projetos de recuperação / “As Is”	R\$ 1.297.991,14
Manutenção	R\$ 488.245,30
ISR	R\$ 15.912,52
Valor:	R\$ 1.802.148,96
QUARTO ANO	
Ações	Valor
PSBs e Projetos de recuperação / “As Is”	R\$ 1.576.907,74
Manutenção	R\$ 650.993,74
ISR	R\$ 15.912,52
Valor:	R\$ 2.243.814,00
QUINTO ANO	
Ações	Valor
PSBs e Projetos de recuperação / “As Is”	R\$ 1.855.824,35
Manutenção	R\$ 813.742,17
ISR	R\$ 15.912,52
Valor:	R\$ 2.685.479,04
Valor total (05 anos):	R\$ 10.684.244,43

Fonte: Autoras (2023).

3.2.3. Possíveis fontes de recursos

Os valores apresentados nas propostas para ambos os empreendedores são expressivos, ultrapassando mais de R\$10.000.000,00 ao final do período considerado. A obtenção desses recursos é um desafio. A SEINFRA não obtém receita com as barragens sob sua responsabilidade, de modo que, a origem dos recursos para ações de segurança de barragens é, em geral, do próprio orçamento do Estado. E a COMPESA, embora gere receita com a operação das barragens, também possui outras demandas e custos envolvidos que podem comprometer a destinação orçamentária para as ações de segurança de barragens. Além disso, a taxa de serviços cobrada aos usuários, não contempla uma parcela destinada à manutenção das barragens.

Uma das alternativas para origem dos recursos são os financiamentos junto a organismos internacionais. O Banco Mundial, por exemplo, financiou diversos projetos do setor de recursos hídricos, em nível estadual e federal, envolvendo barragens, tal como o projeto federal PROÁGUA, que teve assistência técnica do órgão direcionada para o planejamento, construção e manutenção de barragens, além de outras atividades, como a elaboração de planos de preparação para emergências. Em 2012, após a ANA ser incumbida como reguladora de segurança de barragens no país, houve parceria com o Banco Mundial, por meio da prestação de serviços analíticos e consultivos em segurança de barragens (ANA, 2012).

Outra possibilidade é o Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), cujos recursos se destinam ao suporte financeiro necessário para cumprimento da Política Estadual de Recursos Hídricos e das ações dos componentes do Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos (SIGRH). As ações relativas à segurança de barragens integram a gestão dos recursos hídricos, uma vez que impactam diretamente no planejamento dos usos da água de uma bacia hidrográfica. Menescal (2009) pontua que a gestão dos recursos hídricos não é completa sem a gestão da segurança de barragens.

Foram analisados os planos de aplicação de recursos do FEHIDRO da SEINFRA, no período de 2019 a 2022, e constatou-se a existência do planejamento de ações voltadas para segurança de barragens. Desde 2019 tem-se ações referentes a projetos, recuperações e manutenções de barragens, com a inclusão de contratação de consultoria em 2020 e de elaboração dos PSBs em 2022. Esses recursos são uma possibilidade para a SEINFRA, por ser o Órgão Gestor dos Recursos Hídricos do Estado.

Ainda, uma outra fonte de recursos seria advinda da cobrança da água, que, embora atualmente não se encontre implementada em Pernambuco, é uma alternativa passível de implementação. Na Paraíba, por exemplo, existe o Programa de Manutenção de Barragens, criado em 2019 pela Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs), cujos recursos utilizados são oriundos do FEHIDRO, através da cobrança de água bruta. No mesmo ano de criação, 15 barragens foram contempladas e em 2020, a estimativa eram entre 20 e 25 estruturas (AESAs, 2020).

4. Conclusões

O desenvolvimento de estudos que abordem a temática de segurança de barragens apresenta relevância, uma vez que os recentes acidentes ocorridos no país alertaram a sociedade sobre as graves consequências que os rompimentos dessas estruturas podem causar. Arelado a isso, tem-se o fato que a PNSB ainda é considerada uma política recente e sofreu novas alterações em 2020, não se encontrando implementada em sua totalidade.

Assim, a metodologia apresentada neste trabalho, bem como os resultados obtidos, busca auxiliar nesse processo de implementação, contribuindo para a gestão da segurança das barragens sob a responsabilidade dos dois principais empreendedores públicos estaduais de Pernambuco, quanto ao quantitativo de estruturas enquadradas na PNSB e a capacidade dos reservatórios delas.

Em contrapartida a alta demanda, tem-se empreendedores que sofrem com limitações de equipe técnica e orçamento. O caso da SEINFRA representa um grande desafio nesse sentido, uma vez que não se obtém receita com as barragens que constam sob sua responsabilidade. Na prática, a quase totalidade das estruturas foi “herdada” de órgãos já extintos, cujo histórico de projetos e construção se perdeu ao longo dos anos.

Nesse cenário, a proposição de ferramentas de auxílio à tomada de decisões dos dois empreendedores, cooperando para a segurança das barragens e, por consequência, evitando possíveis acidentes e suas consequências desastrosas, apresenta caráter de grande importância. A aplicação da metodologia do PLANERB possibilitou a construção de uma ordem de prioridades das estruturas e, conseqüentemente, de propostas de planejamento financeiro e técnico, que servirá de suporte aos órgãos.

Pontua-se que a inexistência e/ou falta de acesso a documentos técnicos das barragens foi um fator limitante, tendo sido adotadas as piores pontuações, a fim de possibilitar a construção de um primeiro cenário. Tendo em vista o melhor entendimento e prática profissional diária, sugere-se que as avaliações realizadas para esta pesquisa sejam revisadas e aprofundadas pelos empreendedores. De modo que, com maior grau de conhecimento acerca da operação e possíveis especificidades das barragens que não constam nos relatórios das inspeções, a metodologia aplicada possa ser ainda mais assertiva, contribuindo diretamente para a prática diária da gestão da segurança de barragens.

Referências

AESA. Agência Executiva de Gestão de Águas. *Webinar – 10 anos da PNSB – 2º Encontro*. 2020. Disponível em: (15) YouTube. Acesso 17.02.22.

- AGUIAR, D. P. O. *Contribuição ao estudo do Índice de Segurança de Barragens – ISB*. Campinas, 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, na área de concentração em Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais). Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2014.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Relatório de Segurança de Barragens 2011*. Brasília, DF: ANA, 2013.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Relatório de Segurança de Barragens 2020*. Brasília, DF: ANA, 2021.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Relatório de Segurança de Barragens 2021*. Brasília, DF: ANA, 2022.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Relatório de Segurança de Barragens 2022*. Brasília, DF: ANA, 2023.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Serviços analíticos e consultivos em segurança de barragens para a Agência Nacional de Águas (ANA) – Produto 01: Plano de Trabalho – Contrato n 051/ANA/2012*. Brasília, DF: ANA – BANCO MUNDIAL, 2012.
- Brasil. Lei Federal 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). *Diário Oficial da União*, Brasília, 2020.
- Brasil. Lei Federal 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. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2010.
- CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. *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. Disponível em: [resolucao-cnrh-143-2012.pdf](https://www.snisb.gov.br/resolucao-cnrh-143-2012.pdf) (snisb.gov.br). Acesso em: 13/12/2023.
- De Vito, M. et. al. Adaptação da metodologia legal da classificação por categoria de risco – CRI e dano potencial associado – DPA para fins gerenciais. *Revista Brasileira de Engenharia de Barragens*, ano V, n. 7, 2019.
- FEMA. Federal Emergency Management Agency. *Federal guidelines for dam safety*. US: FEMA, 2004.
- MENESCAL, R. A. (2009). *Gestão da segurança de barragens no Brasil - Proposta de um sistema integrado, descentralizado, transparente e participativo*. Fortaleza, 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2009.
- MI. Ministério da Integração Nacional. *Plano de Ações Estratégicas para Reabilitação de Barragens (PLANERB) – Relatório Final*. Brasília, DF: MI, 2018.
- PRADO, A. R. M. *Análise da evolução de segurança de barragens em Pernambuco, a partir das ações dos empreendedores*. Recife, 2022. 158f. Dissertação (Mestrado – Construção Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Recife-PE, 2022.
- Salloum, T.; Alrhih, S. Dam safety framework for decision-making and asset portfolio management. In: Annual Meeting and Symposium of the International Commission on Large Dams, 87th, Ottawa. *Anais [...]*. Canadá: ICOLD, 2019.

ZUFFO, M. S. R.. *Metodologia para avaliação da segurança de barragens*. Campinas, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil na área de concentração de Recursos Hídricos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2005.

Wishart, M. J. et al. *Laying the foundations: a global analysis of regulatory frameworks for the safety of dams and downstream communities*. Washington, US: World Bank Groupe, 2020.