

JOAO PEDRO CHAVES DA SILVA RODRIGUES

**IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS EM
BARRAGENS DE TERRA, NO ESTADO DA PARAÍBA.**

Artigo Científico apresentado ao Curso de Especialização em Segurança de Barragem para usos Múltiplos; Departamento de Engenharia Ambiental- DEA; Escola Politécnica; Universidade Federal da Bahia- UFBA; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico- ANA, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista

Orientador: Pof. Msc. Josimar Alves de Oliveira

Salvador
2024

IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS EM BARRAGENS DE TERRA, NO ESTADO DA PARAÍBA.

JOAO PEDRO CHAVES DA SILVA RODRIGUES

Resumo

Este artigo focou na análise das condições de barragens de terra em diversos municípios do estado da Paraíba, com o objetivo de identificar e caracterizar anomalias estruturais e operacionais que possam comprometer a segurança e eficiência dessas infraestruturas. Durante a pesquisa, foram realizadas inspeções em 3 barragens, permitindo uma avaliação abrangente e detalhada dos problemas comuns enfrentados por essas estruturas. Os resultados das inspeções revelaram uma série de deficiências críticas que afetam 100% das barragens avaliadas, incluindo a falta de material para manutenção e a deficiência no treinamento dos operadores. Problemas estruturais também foram universalmente identificados, como a presença de vegetação nos taludes montante e jusante, corrosão e vazamentos nas tubulações de saída, além de construções inapropriadamente próximas nas regiões de jusante. Outras anomalias como obstruções no sangradouro, falhas no revestimento do coroamento e erosão nas ombreiras foram detectadas em proporções significativas. As conclusões deste trabalho sugerem a implementação imediata de medidas corretivas, aumento de recursos para manutenção, e uma revisão nos programas de treinamento dos responsáveis pela operação das barragens, como passos essenciais para mitigar os riscos identificados e garantir a segurança a longo prazo das barragens de terra na Paraíba.

Palavras-chave: Anomalias em Barragens, Segurança de Barragens, Manutenção de Barragens, Inspeção de Barragens, Barragens de Terra

Abstract

This article focused on analyzing the conditions of earth dams in various municipalities of the state of Paraíba, aiming to identify and characterize structural and operational anomalies that may compromise the safety and efficiency of these infrastructures. During the research,

inspections were carried out on 3 dams, allowing for a comprehensive and detailed evaluation of the common problems faced by these structures. The results of the inspections revealed a series of critical deficiencies affecting 100% of the evaluated dams, including the lack of maintenance materials and deficiencies in the training of operators. Structural problems were also universally identified, such as the presence of vegetation on the upstream and downstream slopes, corrosion and leaks in the outlet pipes, and inappropriately close constructions in the downstream regions. Other anomalies such as obstructions in the spillway, failures in the crowning coating, and erosion in the abutments were detected in significant proportions. The conclusions of this work suggest the immediate implementation of corrective measures, increased resources for maintenance, and a review of the training programs for those responsible for operating the dams, as essential steps to mitigate the identified risks and ensure the long-term safety of earth dams in Paraíba.

Keywords: Dam Anomalies, Dam Safety, Dam Maintenance, Dam Inspection, Earth Dams

1 INTRODUÇÃO

Barragens têm sido erigidas ao longo de milênios - seja para regular inundações, represar águas como fonte de energia hidrelétrica, prover água para consumo humano direto, uso industrial ou para irrigação agrícola (CMB, 2000).

As barragens, estruturas essenciais para a administração dos recursos hídricos, podem ser de grande ou pequeno porte e são projetadas tanto para armazenar água da chuva quanto para captar água de rios existentes. Essas construções variam em forma e material, podendo ser feitas de terra, concreto ou enrocamento. Este estudo foca especificamente nas barragens de terra.

A técnica de barrar um curso d'água, que consiste em acumular água durante os períodos de chuva para utilizá-la durante a estiagem, apesar de ser um método muito antigo, é ainda considerada a técnica mais prática e eficaz para o aproveitamento múltiplo das águas de rios ou córregos (MORANO, 2006).

As barragens de terra estão se tornando cada vez mais comuns em áreas rurais e são frequentemente construídas por iniciativa privada, visando benefícios como abastecimento de água para consumo humano ou para suportar a produção agrícola local.

No entanto, muitos desses projetos não contam com estudos preliminares adequados para embasar a elaboração dos projetos e a subsequente construção. A falta dessas informações essenciais torna a construção, operação e vida útil da estrutura frágeis, podendo resultar em anomalias ao longo do tempo.

De acordo com o Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens (2016), algumas das anomalias mais comuns em barragens de terra incluem fissuras, surgências de água, instabilidade dos taludes, recalques localizados, afundamentos, proteção deficiente dos taludes, erosão superficial e presença de árvores, arbustos e tocas de animais.

Para prevenir anomalias e evitar grandes desastres e tragédias humanitárias, é fundamental que as barragens de terra recebam atenção constante por meio de ações mitigadoras, como inspeções periódicas e manutenções preventivas e corretivas. Os rompimentos das barragens de Mariana/MG em 2015 e Brumadinho/MG em 2019 exemplificam as graves consequências de uma gestão inadequada dessas estruturas, resultando em tragédias humanitárias e desastres ambientais de grandes proporções, com danos ao meio ambiente que são irreversíveis ou cujas soluções são economicamente dispendiosas e demoradas.

Não se deve, contudo, ignorar a relevância socioeconômica das barragens para os municípios. A presença de uma barragem pode significar um aumento na economia local, proporcionando geração de emprego, crescimento econômico e valorização da população local. Portanto, é essencial balancear os benefícios econômicos e sociais que essas construções trazem com uma gestão responsável e vigilante para assegurar sua segurança e integridade a longo prazo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Desde os primórdios das civilizações, as barragens têm proporcionado benefícios essenciais à sobrevivência humana, como reservatórios para abastecimento e irrigação, garantindo a subsistência em períodos de seca, além do controle de inundações e, mais recentemente, a geração de energia. Os registros das primeiras barragens remontam a cerca de 5000 anos atrás, e as ruínas dessas obras ainda podem ser encontradas em países como Índia e Egito (JANSEN, 1983).

No Brasil, as primeiras barragens de terra foram construídas no Nordeste no início do século XX, como parte do plano de combate à seca, e foram projetadas com base em conhecimentos empíricos (MASSAD, 2010). Barragens são estruturas de longa vida útil, envelhecendo ao longo dos anos, requerendo conservação e reavaliação periódica quanto à segurança (SILVEIRA, 2015).

Entretanto, no Brasil, ainda há uma significativa dificuldade em quantificar o número de barragens existentes e sua distribuição pelo território nacional, principalmente devido à falta de cadastros por parte dos estados (ANA, 2013). Segundo dados Sistema Nacional de Segurança de barragens (SNISB), das 26.436 barragens existentes, 24.182 pela Agência

Nacional de Águas e Saneamento Básico e pelas agências estaduais, 1302 fiscalizadas pela Agência nacional de Energia Elétrica, 952 fiscalizadas pela Agência Nacional de Mineração

Com o aumento da construção de barragens de terra nos municípios brasileiros, cresce também a preocupação com os fatores de segurança, incluindo a identificação de anomalias e a implementação de medidas preventivas e corretivas para evitar danos à estrutura e acidentes.

3 METODOLOGIA

Este estudo adotou uma abordagem metodológica qualitativa, utilizando a pesquisa exploratória que engloba investigações bibliográficas, e documental.

3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa bibliográfica foi conduzida com o objetivo de consolidar conceitos e fundamentações relacionados às anomalias em barragens de terra. Para isso, utilizou-se uma variedade de fontes, incluindo leis vigentes, livros, manuais, publicações e artigos. Estes recursos foram acessados principalmente por meio de sites acadêmicos e portais de órgãos governamentais.

3.2 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada por meio de:

- Pesquisa bibliográfica: que permitiu a revisão de literatura existente sobre o tema, proporcionando um entendimento teórico aprofundado das questões envolvendo as anomalias em barragens de terra.
- Pesquisa documental: que consistiu na análise de documentos oficiais, relatórios técnicos e registros históricos pertinentes às barragens estudadas enviados pelo DNOCS.

Este método compreensivo e integrado foi escolhido para garantir uma visão holística e detalhada das anomalias em barragens de terra, contribuindo para um diagnóstico preciso e proposição de soluções eficazes.

As leis utilizadas para a pesquisa foram:

- 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.

- LEI Nº 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).

- LEI Nº 12.608, DE 10 DE ABRIL DE 2012 que 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.

Para a revisão bibliográfica foram pesquisados os sites da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o site Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) e publicações no site Google Acadêmico. Também foram utilizados como material da pesquisa as Inspeções de Segurança Regular - ISR produzidas DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, que realiza as inspeções nas barragens e elabora os relatórios. A fim de verificar a existência ou não do risco de acidentes que a barragem pode causar na região. O levantamento destas informações foi desenvolvido no período de 2023, nos municípios Boqueirão, São José de Piranhas e Cajazeiras.

A equipe de engenharia do DNOCS é responsável pela realização das inspeções nas barragens, que incluem o levantamento de dados essenciais, como localização, tipo de estrutura, tempo de construção e identificação do proprietário. Além disso, verifica-se se a

barragem está em conformidade com a legislação de segurança de barragens e se toda a documentação está atualizada.

Após a coleta desses dados, inicia-se a vistoria propriamente dita, que consiste em inspeções visuais nos elementos visíveis da barragem, sem a utilização de equipamentos ou a realização de ensaios. As fundações da estrutura não são inspecionadas, uma vez que estão enterradas.

As anomalias identificadas durante a vistoria são avaliadas e categorizadas conforme os tipos conhecidos de anomalias em barragens de terra. Essas observações são documentadas em um relatório fotográfico detalhado. Subsequentemente, um Relatório de Inspeção Regular é elaborado, contendo um registro completo da vistoria realizada na estrutura e seu entorno. Esta nota também inclui considerações sobre as medidas e providências que devem ser adotadas, além da identificação dos riscos associados.

Este relatório deve ser enviado ao órgão estadual responsável pela fiscalização de barragens, a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a definição encontrada no Manual de Segurança de Pequenas Barragens (2014) sobre anomalias em barragens, uma barragem de terra é uma estrutura formada pelo lançamento e compactação de materiais terrosos em camadas sucessivas. Essa construção possui uma característica que permite a acomodação das partículas ao longo do tempo, facilitando assim a estabilização das camadas.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ANOMALIAS EM BARRAGEM DE TERRA

As inspeções realizadas nas barragens são essenciais para identificar anomalias e possíveis falhas que possam comprometer a estabilidade da estrutura, levando a acidentes potenciais. Conforme estipulado pela Resolução nº 236, de 30 de janeiro de 2017, da Agência Nacional de Águas (ANA) para as barragens que estão em rios de dominialidade federal e a resolução nº 01, de 28 de dezembro de 2023 – AESA para dominialidade estadual, normas específicas foram estabelecidas para as inspeções de segurança regulares das barragens. Estas inspeções são cruciais para o monitoramento de possíveis anomalias e a frequência com que são

conduzidas varia de acordo com a classificação de perigo da barragem. De acordo com a ANA e AESA, os níveis de risco são classificados como: Normal, Atenção e Emergência.

As inspeções são categorizadas conforme o nível de alerta e complexidade da situação, sendo divididas em: formais, especializadas e emergenciais. Cada tipo de inspeção é desenhado para responder a diferentes necessidades de avaliação da segurança da barragem, permitindo intervenções adequadas e tempestivas conforme a urgência e a gravidade das condições identificadas.

O quadro abaixo organiza e apresenta as principais anomalias encontradas em uma barragem de terra, categorizadas por tipo e respectiva localização:

Tipos	Localização
Recalques, trincas e fissuras	Crista da barragem
Percolação	Aterro ou fundação
Erosão	Aterro ou nas canaletas
Colmatação dos drenos	Drenos
Deterioração do talude	Taludes

Quadro 1 - principais anomalias encontradas em uma barragem de terra.

Esta tabela resume os problemas mais comuns que podem ocorrer em diferentes partes de uma barragem de terra, destacando a importância de monitorar essas áreas específicas para manutenção e inspeção regulares.

As inspeções devem ser meticulosamente realizadas in loco para avaliar cada elemento da estrutura da barragem, descrevendo sua condição atual. Essas avaliações são tipicamente conduzidas a pé, seguindo um percurso em ziguezague ou em linhas paralelas para uma cobertura abrangente da área.

Crista da Barragem

A crista da barragem, sendo o ponto mais alto do barramento, é uma área crítica que requer atenção especial durante as inspeções. Ela pode ser revestida ou pode ser uma superfície não revestida. Durante a inspeção, é essencial observar a presença de vegetação ou cupinzeiros,

ambos podem facilitar o escoamento de águas superficiais para dentro do maciço, aumentando o risco de infiltrações que podem comprometer a integridade estrutural da barragem.

Outra preocupação significativa na crista da barragem é a acomodação das camadas de terra. Esta acomodação pode resultar em deslocamento das camadas, manifestando-se como recalques. Problemas surgem particularmente quando o abaixamento da crista ocorre de maneira não uniforme, pois isso pode levar ao surgimento de trincas e fissuras se o recalque for diferencial. As consequências de tais anomalias são melhor ilustradas na figura 1 a 6 a seguir, que demonstram visualmente as potenciais falhas e seus impactos sobre a estrutura da barragem.



Figura 1 - vegetação talude de montante.



Figura 4 - sarjeta obstruída.



Figura 2 - erosão no encontro de ombreira



Figura 5 - canaleta quebradas/obstruídas.



Figura 3 - falta de revestimento no coroamento.



Figura 6 - construções no vale de jusante.

fonte: DNOCS-Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, barragem lagoa do Arroz ISR 2022.

Talude Montante e Jusante

Os taludes de montante e jusante são componentes cruciais em uma barragem de terra, sujeitos a diversos tipos de desgaste ao longo do tempo. Esses taludes enfrentam erosão contínua que pode comprometer a integridade estrutural da barragem.

Talude Montante: A face do talude montante, que fica em contato direto com as águas do reservatório, está particularmente vulnerável à degradação. A ação das ondas, ao chocarem-se contra essa superfície, provoca não apenas a erosão, mas também o deslocamento de partículas que protegem o barramento. Isso expõe a superfície à ação erosiva mais intensa, aumentando o risco de infiltrações e agravando o processo erosivo. Outra anomalia significativa que afeta o talude montante é a percolação de água. Esta ocorre quando a água atravessa a barragem por caminhos formados pelas raízes de vegetação que crescem profundamente na face do talude. A presença de vegetação, embora possa parecer benigna, na verdade pode criar vias para a água infiltrar-se através do barramento, o que potencialmente enfraquece a estrutura ao permitir o movimento de água por dentro do maciço.

Este fenômeno é ilustrado na figura 1 a 6, que mostram visualmente como a percolação ocorre e os potenciais riscos associados à presença de raízes e vegetação no talude montante da barragem.

Talude Jusante: Embora o texto original não detalhe problemas específicos no talude jusante, é importante notar que este lado da barragem também pode sofrer com a erosão, especialmente devido a escoamentos superficiais e águas pluviais que descem pela face da barragem. A estabilidade deste talude é igualmente crucial, pois problemas aqui podem levar a deslizamentos de terra e outros tipos de movimento do solo que podem afetar a segurança da estrutura.

A inspeção e manutenção regulares dessas áreas são essenciais para detectar sinais precoces de erosão e outros problemas, permitindo intervenções oportunas para mitigar os riscos à barragem.

No talude jusante, as anomalias frequentemente surgem devido à perda de resistência do material que compõe o maciço da barragem. Esta perda de resistência pode ser atribuída a diversos fatores:

1. Infiltração de água no maciço: A penetração de água através do corpo da barragem pode enfraquecer o material, reduzindo sua capacidade de suportar as cargas impostas pela estrutura e pelo reservatório.
2. Falta de suporte da fundação: Quando a fundação não oferece suporte adequado, o talude pode se tornar instável, aumentando o risco de deslizamentos e outras formas de falhas estruturais.
3. Erosão superficial causada por águas de chuva: As águas pluviais que descem pela superfície do talude podem carregar material, formando valas e grotas de erosão. Esses canais de erosão não apenas deterioram a barragem, mas também facilitam a infiltração de mais água, agravando o problema.
4. Crescimento desordenado de árvores e arbustos: A vegetação pode ajudar a estabilizar o solo com suas raízes, mas o crescimento descontrolado de árvores e arbustos pode também comprometer a estrutura. As raízes podem criar caminhos para a água infiltrar mais profundamente no talude, e o peso adicional das árvores pode induzir movimentos no solo.
5. Tocas ou buracos escavados por animais: A presença de tocas ou buracos feitos por animais pode facilitar o processo de erosão interna, onde canais se formam dentro do maciço, levando à perda de material e eventual colapso de partes da barragem.

4.2 VISTORIAS REALIZADAS

Neste estudo, foi realizada uma análise detalhada das condições estruturais de barragens de terra localizadas em diversos municípios do estado da Paraíba, com o objetivo de identificar e caracterizar as anomalias presentes. Estas barragens, vitais para a gestão de recursos hídricos na região, desempenham funções cruciais no abastecimento de água, irrigação e controle de enchentes. No entanto, preocupações com a integridade e segurança dessas estruturas têm

crescido, especialmente em função de desastres ocorridos em outras regiões, que sublinharam a necessidade de vigilância e manutenção contínua.

Ao longo deste projeto, foram visitadas 03 barragens, conhecidas estruturas como Epitácio Pessoa (Boqueirão), Engenheiro Avidos (São José de Piranhas) e Lagoa do Arroz (Cajazeiras), entre outras. Cada uma dessas barragens foi escolhida com base em critérios que consideraram a importância hídrica para a região, a história operacional e os riscos potenciais associados à sua operação e condição atual.

O objetivo das visitas foi realizar uma vistoria minuciosa que permitisse não apenas a identificação de problemas existentes, como recalques, fissuras, erosão e outros tipos de deterioração, mas também proporcionar uma base sólida de dados para a formulação de estratégias de manutenção e reabilitação. Este relatório é essencial para assegurar a operação segura das barragens e para a proteção das comunidades locais e dos ecossistemas que dependem dessas infraestruturas. O Quando seguinte informa todas as estruturas vistoriadas.

Quadro 2 - Lista de anomalias

BARRAGEM ENGENHEIRO AVIDOS	BARRAGEM EPITÁCIO PESSOA (BOQUEIRÃO)	BARRAGEM LOGOA DO ARROZ
MUNICÍPIO: SÃO JOSÉ DE PIRANHAS	MUNICÍPIO: BOQUEIRÃO	MUNICÍPIO: CAJAZEIRAS
LICENÇA DE OBRA HÍDRICA - AESA	LICENÇA DE OBRA HÍDRICA - AESA	LICENÇA DE OBRA HÍDRICA - AESA
INFRAESTRUTURA OPERACIONAL	INFRAESTRUTURA OPERACIONAL	INFRAESTRUTURA OPERACIONAL
Falta de documentação sobre barragem	Falta de documentação sobre barragem	Falta de documentação sobre barragens
Falta de material para manutenção	Falta de material para manutenção	Falta de material para manutenção
Falta de treinamento do pessoal	Falta de treinamento do pessoal	Falta de treinamento do pessoal
Falta de manuais de operação e manutenção dos equipamentos Hidromecânicos e elétricos	Falta ou deficiência de cercas de proteção	Precariedade de acesso de veículos
TALUDE DE MONTANTE	Falta ou deficiência nas placas de aviso	Falta de manuais de operação e manutenção dos equipamentos Hidromecânicos e elétricos
Defeitos na drenagem	Falta de acompanhamento da Gerência Regional	TALUDE DE MONTANTE
COROAMENTO	Falta de manuais de operação e manutenção dos equipamentos	Erosão nos encontros das ombreiras

	Hidromecânicos e elétricos	
Afundamentos e buracos	TALUDE DE MONTANTE	Árvores e arbustos
TALUDE DE JUSANTE	Árvores e arbustos	COROAMENTO
Árvores e arbustos	COROAMENTO	Falha no revestimento
REGIÃO A JUSANTE DA BARRAGEM	Falha no revestimento	Defeitos na drenagem
Fuga d'água	Falta de revestimento	Defeitos do meio-fio
Construções irregulares próximas ao leito do rio	TALUDE DE JUSANTE	TALUDE DE JUSANTE
INTRUMENTAÇÃO	Afundamentos e buracos	Erosões
Falta de instrumentação	Canaletas quebradas ou obstruídas	Falha na proteção vegetal
SANGRADOURO/ VERTEDOURO	Árvores e arbustos	Canaletas quebradas ou obstruídas
Desalinhamento dos taludes e muros laterais	REGIÃO A JUSANTE DA BARRAGEM	Árvores e arbustos
RESERVATÓRIO	Construções irregulares próximas ao leito do rio	REGIÃO A JUSANTE DA BARRAGEM
Construções em áreas de proteção	Construções irregulares próximas ao leito do rio	Construções irregulares próximas ao leito do rio
Desmatamentos na área de proteção	INTRUMENTAÇÃO	Árvores e arbustos na faixa de 10 m do pé da barragem
	Falta de instrumentação	INTRUMENTAÇÃO
	SANGRADOURO/ VERTEDOURO	Falta de instrumentação
	Erosão na área à jusante (erosão regressiva)	SANGRADOURO/ VERTEDOURO
	Árvores e arbustos	Árvores e arbustos
	RESERVATÓRIO	RESERVATÓRIO
	Construções em áreas de proteção	Réguas danificadas ou faltando
	Desmatamentos na área de proteção	Construção em área de proteção
	Poluição por esgoto, lixo, entulho, pesticidas etc.	Existência de vegetação aquática excessiva
	Erosões	Desmatamento na área de proteção
	Assoreamento	Gado pastando
	ESTRUTURA DE SAÍDA	ESTRUTURA DE SAÍDA
	Corrosão e vazamentos na tubulação	Corrosão e vazamentos na tubulação
	Precariedade de acesso (árvores e arbustos)	Defeitos nos dispositivos de controle
	Falta de manutenção	Vazamento nos dispositivos de controle
	Construções irregulares	Falta de manutenção
		Construções irregulares
		Falta ou deficiência de drenagem da caixa de válvulas

A partir das inspeções realizadas nas barragens estudadas do empreendedor DNOCS, observou-se que existem falhas consistentes e preocupantes em diversas áreas críticas das estruturas. Notavelmente, 100% das barragens apresentaram anomalias significativas, incluindo a falta de material adequado para manutenção e a deficiência no treinamento do pessoal responsável pela operação e conservação das barragens. Estes fatores são cruciais para a manutenção da integridade e segurança das barragens, indicando uma vulnerabilidade sistêmica na infraestrutura operacional delas.

Além dessas questões operacionais, problemas estruturais foram identificados em todas as barragens visitadas. As seguintes anomalias foram universalmente observadas:

- Presença de árvores e arbustos tanto no talude montante quanto na jusante: A vegetação nesses locais pode causar danos significativos à estrutura das barragens, pois as raízes podem facilitar caminhos para infiltração de água e consequentemente, a erosão do solo.
- Corrosão e vazamentos na tubulação de saída: Esse problema pode comprometer a eficiência da barragem em controlar o fluxo de água, além de potencialmente enfraquecer a estrutura com o passar do tempo.

Adicionalmente, outras falhas foram detectadas com frequências variadas:

- 66,6% das barragens apresentaram obstrução no sangradouro: Isso pode impedir a passagem adequada de água, aumentando o risco de transbordamento e ruptura durante períodos de chuva intensa.
- 100% das inspeções constataram a presença de construções próximas ao rio na região de jusante: Tal proximidade pode aumentar o risco de impactos em caso de falha da barragem e também pode contribuir para a pressão adicional sobre as estruturas devido ao uso humano intensificado.
- 66,6% mostraram falha no revestimento do coroamento: O que compromete a proteção contra erosão na parte mais alta da barragem, crucial para a integridade da estrutura.
- 33,3% das barragens tinham erosão evidente nas ombreiras: O que é um sinal de degradação estrutural que pode evoluir para problemas mais graves se não for corrigido a tempo.

Estes resultados destacam a necessidade urgente de melhorias na gestão, manutenção e fiscalização das barragens, especialmente considerando os potenciais riscos para a segurança pública e para o meio ambiente. A implementação de medidas corretivas, juntamente com o

aumento no financiamento para manutenção e treinamento adequado do pessoal, são passos essenciais para garantir a estabilidade e funcionalidade dessas infraestruturas críticas.

3. CONCLUSÃO

Neste estudo, abordamos as Anomalias em Barragem de Terra e, a partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, concluímos que todas as estruturas de barragem, independentemente de seu tipo e finalidade, devem seguir rigorosamente as diretrizes estabelecidas pela Lei de Segurança de Barragem, tanto pelos proprietários quanto pelos órgãos fiscalizadores.

Recomenda-se que as vistorias sejam realizadas com frequência constante para a identificação de falhas e riscos. Além disso, diante dos problemas identificados, é crucial que sejam tomadas as devidas providências, incluindo a manutenção preventiva e corretiva, para prevenir o colapso estrutural e o potencial rompimento da barragem.

A importância desta prática é amplificada pelo fato de que as consequências de um acidente com barragens podem ser devastadoras tanto para a população quanto para o meio ambiente, com danos muitas vezes irreversíveis e de vasta magnitude, como já constatado ao longo da história.

Este trabalho também se mostrou muito importante para o enriquecimento de conhecimento, proporcionando uma compreensão profunda dos métodos que devem ser seguidos para garantir a segurança de uma estrutura de barragem.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 6023: informação e documentação: artigo em publicação periódica científica impressa: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 6022: informação e documentação: artigo em publicação periódica científica impressa: apresentação. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR6028: resumos. Rio de Janeiro, 2003. 2 p.

_____. NBR 14724: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002. 6 p.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Manual de segurança e inspeção de barragens. Brasília, 2002.

BRASIL< Agência Nacional de Águas – ANA. Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens – Vol. III. Brasília, 2016.

BRASIL< Agência Nacional de Águas – ANA. Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens – Vol. VII. Brasília, 2016.

BRASIL< Agência Nacional de Águas – ANA. Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens – Vol. VIII. Brasília, 2016.

BRASIL< Agência Nacional de Águas – ANA. Manual de Segurança de Pequenas Barragens – Produto 7. Brasília, 2014.

BRASIL< Agência Nacional de Águas – ANA. Manual de Segurança de Pequenas Barragens – Produto 10. Brasília, 2014.

BRASIL< Agência Nacional de Águas – ANA. Curso Segurança de Barragens – Módulo 2 – Unidade 1. Brasília, 2014.

BRASIL< Agência Nacional de Águas – ANA. Relatório de segurança de barragens 2011 / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2013.

COMISSÃO MUNDIAL DE BARRAGENS. CMB. Barragens e Desenvolvimento: Um Novo Modelo para Tomada de Decisões - Um Sumário. Brasil, 2000.

GOMES, Matheus; TEXEIRA, Raphael (orgs.). Análise e Desenvolvimento de Projeto Construtivo de uma Pequena Barragem de Terra no Córrego da Cava – Morrinhos/GO, com Foco na Segurança. Local: Aparecida de Goiânia, 2017. Disponível em <https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/126/3/tcc_Matheus%20Gomes_Rafael%20Teixeira.pdf> Acesso em 15 mar. 2024.

JANSEN, R. B. Dams and public safety. [Washington, D.C.?] : Denver, Colo.: U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Reclamation ; For sale by the Supt. of Docs., U.S. G.P.O., 1983. xii, 332 p. Disponível em: < <http://catalog.hathitrust.org/Record/006184299> > Acesso em 20 mar. 2024.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. Fundamentos de metodologia científica. 7. ed. rev. São Paulo: Atlas, 2010.

MASSAD, Façal. Obras de Terra, Curso básico de Geotecnia. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. Disponível em

<https://www.google.com.br/books/edition/Obras_de_terra/rueVAwAAQBAJ?hl=ptBR&gbpv=1&dq=Barragem+de+terra&printsec=frontcover> Acesso em 20 mar. 2024.

MIRANDA, Antônio. Notas de Aula: Inspeção de Barragens. Local: Itaipu, 2016. Disponível em <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2207/1/Material_didatico_-_Parte_I.pdf> Acesso em 19 mar. 2024.

MORANO, José Roberto. Pequenas barragens de terra: metodologia para projetos e obras. CODASP, 2006.

SANTOS, Wesley. Estudo das Condições Gerais da Barragem de Itans no município de Caicó/RN. Local: Angicos/RN, 2019. Disponível em <<https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/2386>> Acesso em 07 fev. 2024.

SILVEIRA, João. Instrumentação e Segurança d Barragem de Terra e Enrocamento. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. Disponível em <https://www.google.com.br/books/edition/Instrumenta%C3%A7%C3%A3o_e_seguran%C3%A7a_de_barrage/VLk6DwAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1> Acesso em 20 mar. 2024.