



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
COORDENAÇÃO DE MONOGRAFIA**

JOÃO MARCOS SARAIVA LEAL GUARINO

**ANÁLISE TÉCNICO-COMPARATIVA DA SEGURANÇA DE BARRAGENS
PÚBLICAS NA PARAÍBA: UM ESTUDO COM BASE NOS RELATÓRIOS DE
INSPEÇÃO (ISR/2024)**

**JOÃO PESSOA
2025**

JOÃO MARCOS SARAIVA LEAL GUARINO

ANÁLISE TÉCNICO-COMPARATIVA DA SEGURANÇA DE BARRAGENS
PÚBLICAS NA PARAÍBA: UM ESTUDO COM BASE NOS RELATÓRIOS DE
INSPEÇÃO (ISR/2024)

Trabalho de conclusão de curso
apresentado a Universidade Federal da
Paraíba (UFPB), no curso de Bacharelado
em Engenharia Civil, como requisito para a
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Igor Fernandes
Gomes

JOÃO PESSOA
2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

G915a Guarino, Joao Marcos Saraiva Leal.

Análise técnico-comparativa da segurança de barragens públicas na paraíba: um estudo com base nos relatórios de inspeção (isr/2024) / Joao Marcos Saraiva Leal Guarino. - João Pessoa, 2025.

50 f. : il.

Orientação: Igor Fernandes Gomes.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Estado de conservação. 2. Anomalias. 3. Nível de perigo. 4. Magnitude. 5. Manutenção preventiva. I. Gomes, Igor Fernandes. II. Título.

UFPB/BSCT

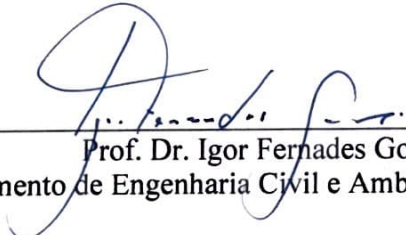
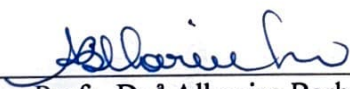
CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

JOÃO MARCOS SARAIVA LEAL GUARINO

ANÁLISE TÉCNICO-COMPARATIVA DA SEGURANÇA DE BARRAGENS PÚBLICAS NA PARAÍBA: UM ESTUDO COM BASE NOS RELATÓRIOS DE INSPEÇÃO (ISR/2024)

Trabalho de Conclusão de Curso em 01/10/2025 perante a seguinte Comissão Julgadora:

 Prof. Dr. Igor Fernandes Gomes Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB	<u>APROVADO</u>
 Profa. Dr.ª Albanise Barbosa Marinho UFPB	<u>APROVADO</u>
 Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva UFPB	<u>APROVADO</u>

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus por ser minha fortaleza em todos os momentos, por segurar minha mão nas horas de incerteza, por me guiar com fé e esperança e por nunca me deixar desamparado. Sem Ele, nada disso seria possível.

Aos meus pais e ao meu irmão, que sempre foram minha maior inspiração e alicerce, agradeço por me darem coragem e motivação para seguir em frente desde 2015, quando, ainda com 11 anos, precisei sair de casa para estudar longe. Todo o sacrifício, cuidado, amor, oração e incentivo de vocês é a razão pela qual cheguei até aqui.

Aos meus primos, que se tornaram parte essencial da minha caminhada, Guilherme, Igo, Ana Lysia e Roseane (Dho), sendo cada um muito importante, estiveram sempre ao meu lado nessa trajetória e foram essenciais em cada etapa dessa conquista.

Aos meus amigos, que mesmo distantes fisicamente nunca deixaram de estar perto do coração, especialmente Jônatas Sousa e Marina Oliveira, que sempre me lembraram da força da verdadeira amizade, agradeço por cada conversa, cada risada compartilhada, cada palavra de apoio nos momentos difíceis e por fazerem parte desta jornada comigo.

Ao primo que João Pessoa me presenteou, Thiago, um verdadeiro irmão que esteve ao meu lado ao longo desses anos, agradeço de coração pelo apoio, incentivo e parceria, foi fundamental nessa jornada.

Aos irmãos que a UFPB me deu, Henrique Góes, Marcilio Neto, Vinicius Fernandes, Daniel Vasconcelos, Raquel Ferreira, André Viana, Gabriel Soares, Cássio Duré, Victor Nóbrega, Diego Nunes e José Alberto. Minha eterna gratidão pela parceria em todos esses períodos, imprescindíveis nessa jornada de 5 anos. Mais do que companheiros de curso, tornaram-se parte da minha vida. Juntos, enfrentamos desafios, angústias e conquistas, o que tornou essa caminhada muito mais significativa.

Agradeço ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) pela oportunidade de aprendizado e pelo suporte durante o período em que realizei meu estágio na Coordenadoria Estadual da Paraíba (CEST/PB). Registro meu agradecimento especial aos engenheiros André Sarmiento, Danilo Magalhães e

Marcílio Lira pela generosidade em compartilhar seus conhecimentos, assim como pela orientação e pelos ensinamentos constantes ao longo desse período.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Igor Gomes, deixo meus mais sinceros agradecimentos por cada contribuição, dedicação e ensinamento que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Por fim, estendo minha gratidão a todos os familiares e amigos que, mesmo não citados, fizeram parte da minha vida e da construção deste sonho. Cada gesto, palavra e demonstração de carinho teve um papel importante para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

Este estudo analisa o estado de conservação de cinco barragens públicas na Paraíba: Mãe D'Água, Estevam Marinho, São Gonçalo, Curimataú e Engenheiro Ávidos, com base nos Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR) de 2024 elaborados pelo DNOCS. A pesquisa, de caráter documental e comparativo, utilizou o Nível de Perigo como parâmetro de avaliação, conforme previsto na Política Nacional de Segurança de Barragens (Lei nº 12.334/2010), atualizada pela Lei nº 14.066/2020 e regulamentada por resoluções da ANA nº 236/2017, 121/2022 e 231/2024. Os resultados mostraram que todas as barragens foram classificadas no Nível de Perigo 1 (Atenção), apresentando anomalias de magnitude média (M), ou seja, problemas de dimensões médias sem aparente evolução, que exigem acompanhamento e manutenção regulares para não se agravarem. As anomalias mais recorrentes foram vegetação invasora, problemas de drenagem, ausência ou falhas de instrumentação, fissuras e erosões, fatores agravados pela idade avançada das estruturas, todas com mais de 70 anos. Outro aspecto observado foi a ausência de cercamento em algumas barragens, o que permite a presença de animais nas áreas de proteção, o que pode comprometer sua conservação. Além de identificar essas anomalias, o estudo propõe um plano de ações com recomendações, voltado à manutenção preventiva, ao monitoramento e à melhoria da segurança das barragens. Essas medidas visam reforçar a conservação das estruturas e garantir a proteção da população, do meio ambiente e dos recursos hídricos no semiárido paraibano.

Palavras-chave: Estado de conservação; Anomalias; Nível de perigo; Magnitude; Manutenção preventiva.

ABSTRACT

This study analyzes the conservation status of five public dams in Paraíba, Brazil: Mãe D'Água, Estevam Marinho, São Gonçalo, Curimataú, and Engenheiro Ávidos, based on the 2024 Regular Safety Inspection (RSI) Reports prepared by DNOCS. The research, of documentary and comparative nature, adopted the Hazard Level as an evaluation parameter, in accordance with the National Dam Safety Policy (Law No. 12,334/2010), updated by Law No. 14,066/2020 and regulated by ANA Resolutions No. 236/2017, 121/2022, and 231/2024. The results showed that all dams were classified at Hazard Level 1 (Attention), presenting médium magnitude (M) anomalies, that is, médium scale problems with no apparent evolution, requiring regular monitoring and maintenance to prevent worsening. The most recurrent anomalies were invasive vegetation, drainage problems, lack or failure of instrumentation, cracks, and erosions, aggravated by the advanced age of the structures, all over 70 years old. Another relevant issue was the absence of fencing in some dams, allowing animal access to protection areas, which may compromise conservation. In addition to identifying these anomalies, the study proposes an action plan with recommendations focused on preventive maintenance, monitoring, and improvement of dam safety. These measures aim to strengthen structural conservation and ensure the protection of the population, the environment, and water resources in the semi arid region of Paraíba.

Keywords: State of conservation; Anomalies; Danger level; Magnitude; Preventive maintenance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Rompimento da barragem de Algodões (PI) em 2009.....	20
Figura 2 - Acidente após o rompimento da barragem de Camará em 2004.....	21
Figura 3 - Imagem após o rompimento da barragem do Fundão em 2015.....	22
Figura 4 - Vista do desastre da barragem B1 em Brumadinho (MG).....	22
Figura 5 - Açude Orós (CE) após o rompimento em 1960, durante seu primeiro enchimento.....	23
Figura 6 - Fluxograma do processo metodológico.....	24
Figura 7 - Dados gerais da condição de cada barragem no momento da inspeção.....	26
Figura 8 - Campo de avaliação de anomalias em Ficha de Inspeção Regular de Barragem.....	30
Figura 9 - Avaliação das anomalias.....	30
Figura 10 - Classificação do Nível de Perigo Geral (NPGB) de cada barragem.....	31
Figura 11 - Barragem Mãe D'Água.....	32
Figura 12 - Barragem Estevam Marinho.....	33
Figura 13 - Barragem São Gonçalo.....	34
Figura 14 - Barragem Curimataú.....	35
Figura 15 - Barragem Engenheiro Ávidos.....	36
Figura 16 - Presença de árvores e arbustos no talude de jusante na barragem Estevam Marinho.....	40
Figura 17 - Sarjeta obstruída na barragem Engenheiro Ávidos.....	40
Figura 18 - Réguas milimétricas quebradas na barragem Curimataú.....	41
Figura 19 - Presença de erosão no talude de jusante da barragem Curimataú.....	41
Figura 20 - Presença de gado pastando na barragem Estevam Marinho.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz de Classificação de Risco de Barragens (CRI × DPA)	15
Tabela 2 - Classificação de barragens por volume do reservatório.....	16
Tabela 3 - Itens obrigatórios de verificação na ISR.....	17
Tabela 4 - Instrumentação de gestão da PNSB	18
Tabela 5 – Competências na fiscalização de Barragens.....	19
Tabela 6 - Situação da anomalia.....	26
Tabela 7 - Magnitude da anomalia	27
Tabela 8 - Nível de perigo da anomalia.....	28
Tabela 9 - Nível de Perigo Global da Anomalia.....	28
Tabela 10 - Características técnicas e classificações de segurança das barragens estudadas.....	37
Tabela 11 - Correlação entre tipo construtivo, idade e anomalias preponderantes...	38
Tabela 12 - Anomalias identificadas.....	39
Tabela 13 - Matriz de ações para mitigação das anomalias críticas	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO

AES - AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA

ANM - AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO

ART - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

CPI - COMISSÃO PARLAMENTAR DE INQUÉRITO

CREA - CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA

CRI - CATEGORIA DE RISCO

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS

DPA - DANO POTENCIAL ASSOCIADO

ICOLD - INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS

ISR - INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR

MDR - MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

NPA - NÍVEL DE PERIGO DA ANOMALIA

NPGB - NÍVEL DE PERIGO GLOBAL DA BARRAGEM

PAE - PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA

PISF - PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO

PNSB - POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

PSB - PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

SNISB - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SEGURANÇA DE BARRAGENS

ZAS - ZONA DE AUTOSSALVAMENTO

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 OBJETIVO GERAL	13
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS NO BRASIL	14
2.2 INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR)	16
2.3 POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS (PNSB)	17
2.4 ÓRGÃOS FISCALIZADORES E O SNISB.....	18
2.5 CENÁRIO NACIONAL	19
3 METODOLOGIA	24
3.1 DIMENSÕES DA PESQUISA	24
3.2 DELIMITAÇÃO DE ESTUDO	25
3.3 FONTES E MATERIAIS	25
3.4 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE COLETA E ORGANIZAÇÃO	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DAS BARRAGENS ESTUDADAS	31
4.1.1 BARRAGEM MÃE D'ÁGUA	31
4.1.2 BARRAGEM ESTEVAM MARINHO	32
4.1.3 BARRAGEM SÃO GONÇALO	33
4.1.4 BARRAGEM CURIMATAÚ	34
4.1.5 ENGENHEIRO ÁVIDOS	35
4.2 ANÁLISE CRÍTICA.....	36
4.2.1 SÍNTESE COMPARATIVA DO PERFIL DE RISCO	36
4.2.2 ANÁLISE DE PADRÕES CONSTRUTIVOS.....	37
4.2.3 ANÁLISE DE RECORRÊNCIA DAS ANOMALIAS	39
4.2.4 SÍNTESE DOS PRINCIPAIS ACHADOS.....	42
5 PLANO DE AÇÃO	43
5.2 MATRIZ DE AÇÕES PRIORITÁRIAS POR CATEGORIA DE ANOMALIA	44
6 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1 INTRODUÇÃO

As barragens representam uma das mais antigas tecnologias de gestão hídrica da humanidade, utilizadas há cerca de 5.000 anos para armazenar água em períodos de abundância e liberá-la em épocas de escassez (ICOLD, s.d.). No contexto brasileiro, e particularmente no Nordeste, essas estruturas assumiram papel estratégico desde o século XX como resposta aos ciclos de seca que historicamente assolam a região. O Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) é uma das instituições mais antigas voltadas ao desenvolvimento do semiárido brasileiro. Criado em 1909, sob o nome de Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), pelo Decreto nº 7.619, editado pelo presidente Nilo Peçanha (BRASIL, 1909), foi o primeiro órgão a estudar e enfrentar sistematicamente os efeitos das secas no Nordeste. Em 1919, passou a denominar-se Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS), conforme o Decreto nº 13.687 (BRASIL, 1919), e, em 1945, recebeu a atual denominação de Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), por meio do Decreto-Lei nº 8.486 (BRASIL, 1945). Posteriormente, foi transformado em autarquia federal pela Lei nº 4.229, de 1º de junho de 1963 (BRASIL, 1963), consolidando-se como uma instituição essencial na execução de políticas e obras voltadas ao combate à seca e ao desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro.

As barragens construídas pelo DNOCS ao longo de sua história representam uma das principais estratégias de convivência com o semiárido. Essas obras são fundamentais para o armazenamento e a gestão dos recursos hídricos, garantindo o abastecimento de água para consumo humano, irrigação, dessedentação animal e geração de energia. Além disso, contribuem diretamente para o desenvolvimento socioeconômico das comunidades locais, reduzindo os impactos das estiagens prolongadas e promovendo melhores condições de vida para a população nordestina. Dessa forma, o DNOCS tem desempenhado papel essencial na infraestrutura hídrica e na sustentabilidade ambiental do semiárido brasileiro, reafirmando sua relevância histórica e atual na busca por soluções permanentes para o problema da seca.

As barragens no semiárido brasileiro consolidaram-se como elementos vitais para o abastecimento humano, a irrigação agrícola e o controle de cheias em bacias intermitentes (BRASIL, 2020). Contudo, muitas estruturas apresentam histórico de manutenção insuficiente e degradação progressiva, o que aumenta os riscos associados ao seu uso. Esse problema foi evidenciado no Relatório Final da Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) da Barragem de Brumadinho, que investigou falhas na gestão e fiscalização da barragem B1 (Câmara dos Deputados, 2019). O envelhecimento das barragens, das quais muitas foram construídas há várias décadas, constitui um fator crítico que aumenta os riscos de falhas e demanda manutenção constante e monitoramento rigoroso (POFF; HART, 2002).

Este cenário de desatenção ganhou contornos dramáticos com os rompimentos catastróficos em Mariana (2015) e Brumadinho (2019), que expuseram falhas sistêmicas na gestão de riscos de barragens. O rompimento da barragem do Fundão em Mariana evidencia que deficiências no projeto, operação e manutenção de barragens podem resultar em consequências catastróficas, reforçando a importância de monitoramento contínuo, manutenção rigorosa e atualização tecnológica das estruturas.

Esses eventos impulsionaram a atualização das regras brasileiras de segurança de barragens. Como resposta a essas tragédias, a legislação vigente, em especial a Lei nº 12.334/2010, foi significativamente ampliada e endurecida pela Lei nº 14.066/2020. Diversas normas da Agência Nacional de Águas (ANA) complementam esse quadro: a Resolução ANA nº 121/2022 trata da caracterização das barragens, a Resolução ANA nº 236/2017 estabelece a periodicidade e o conteúdo mínimo do Plano de Segurança da Barragem (PSB) e, a mais recente, Resolução ANA nº 231/2024, define procedimentos para a fiscalização do uso de recursos hídricos, segurança de barragens e prestação de serviços públicos de irrigação e adução de água bruta em corpos d'água da União.

Esse conjunto de normativas estabelece parâmetros modernos para classificação de risco, Inspeção de Segurança Regular (ISR) e Planos de Ação de Emergência (PAE), representando um avanço significativo na gestão da segurança hídrica no país.

A relevância deste estudo está na oportunidade de organizar dados oficiais recentes, oferecendo uma análise que vai além de apenas registrar as anomalias. Ele permite comparar as barragens entre si, relacionando suas anomalias, e fornece

informações que podem apoiar possíveis recomendações de intervenções, com base em critérios técnicos disponíveis, contribuindo para ações voltadas à segurança hídrica no semiárido.

Dessa forma, para a realização deste estudo, a seleção das barragens foi considerada critérios como relevância regional, idade, volume de armazenamento e importância de utilização, incluindo também estruturas de menor dimensão. Essa diversidade de características permite comparar o comportamento das barragens entre si, verificando se padrões de desempenho e de ocorrência de anomalias se repetem independentemente do tamanho ou da capacidade, contribuindo para uma análise mais abrangente sobre a segurança e a gestão das barragens no semiárido.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar, de forma técnica e comparativa, o estado de conservação e segurança de cinco barragens públicas na Paraíba: Mãe D'Água, Estevam Marinho, Curimataú, Engenheiro Ávidos e São Gonçalo.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Sistematizar as características técnicas e o nível de perigo de cada barragem estudada, conforme identificado nos Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR).
- b) Identificar, categorizar e quantificar as anomalias estruturais contidas nos ISR, respeitando a classificação de Magnitude e Nível de Perigo atribuída pelos inspetores.
- c) Analisar a distribuição e a recorrência das anomalias, buscando padrões comuns e particularidades entre as estruturas.
- d) Elaborar uma tabela das condições das barragens e propor com base nas informações disponíveis, recomendações de manutenção preventivas, considerando a gravidade das anomalias identificadas e alinhadas às normas nacionais (Lei nº 14.066/2020 e Resolução ANA nº 231/2024).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS NO BRASIL

A classificação de barragens no território nacional é estabelecida pelo Art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 (BRASIL, 2010), que instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) além de ser baseada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), posteriormente alterada e ampliada pela Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020 (BRASIL, 2020). Embora a legislação utilize a Categoria de Risco (CRI) e o Dano Potencial Associado (DPA) como parâmetros formais de classificação.

Neste estudo, serão considerados exclusivamente os níveis de perigo indicados nos Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR), de acordo com os critérios aplicados pelo DNOCS.

Conforme a legislação, a avaliação da segurança de uma barragem é realizada mediante a aplicação integrada de três critérios técnicos fundamentais: a Categoria de Risco (CRI), o Dano Potencial Associado (DPA) e o Volume do reservatório.

A Categoria de Risco (CRI) é um parâmetro que avalia a probabilidade de falha da estrutura e considera um conjunto de fatores, como: o estado estrutural (presença de fissuras, erosões, vazamentos anômalos e deformações); as características do projeto e da obra (adequação às condições geotécnicas, qualidade dos materiais e conformidade de execução); o desempenho operacional (histórico de comportamento, resposta a eventos extremos e eficácia de sistemas de drenagem e monitoramento); e a idade e histórico de manutenção, sendo a idade avançada um agravante significativo, especialmente quando associada à falta de manutenção sistemática.

Em contrapartida, o Dano Potencial Associado (DPA) avalia as consequências de um eventual rompimento, considerando os danos à vida humana, ao meio ambiente, ao patrimônio cultural e à economia da região a jusante. Sua classificação, também em Alto, Médio ou Baixo, é prioritária na análise de segurança. Os fatores considerados incluem: o tamanho da população a jusante residente na Zona de Autossalvamento (ZAS), obrigatoriamente delimitada por simulações de ruptura; o impacto ambiental potencial (contaminação de corpos hídricos, destruição de

biomas); e a presença de infraestruturas críticas (estradas, linhas de transmissão, usinas) que seriam afetadas.

A classificação de segurança final de uma barragem resulta da combinação matricial entre a CRI e o DPA. A Lei nº 14.066/2020 estabeleceu a preponderância do DPA sobre a CRI, de modo que um DPA Alto implica, automaticamente, na classificação final de risco Alto, independentemente da CRI técnica inicial. Esta premissa visa priorizar ações onde as consequências de um desastre seriam catastróficas. A Tabela 1 ilustra a matriz de classificação definitiva, que rege a gestão da segurança.

Tabela 1 - Matriz de Classificação de Risco de Barragens (CRI × DPA)

Dano Potencial Associado (DPA)	CRI Baixa	CRI Média	CRI Alta
DPA Baixo	Baixa	Baixa	Média
DPA Médio	Média	Média	Alta
DPA Alto	Alta	Alta	Alta

Fonte: Adaptado de Brasil (2010; 2020)

Essa matriz aplica o Princípio da Precaução onde o Dano Potencial Associado (DPA) prevalece sobre a Categoria de Risco (CRI) na classificação final. A regra é clara:

- DPA Alto = Risco Alto: Se o rompimento pode causar uma catástrofe (alto impacto socioambiental), a barragem é automaticamente classificada como de Risco Alto, independentemente de sua condição técnica ser boa (CRI Baixa) ou ruim. A existência de um grande perigo potencial é, por si só, motivo para a máxima prioridade em ações de segurança.
- DPA Médio/Baixo: Para danos potenciais menores, a condição técnica da barragem (CRI) passa a determinar a classificação final. Uma barragem em mau estado (CRI Alta) sobre uma área de dano potencial médio, por exemplo, será classificada como de Risco Alto.

Em resumo, a matriz prioriza a prevenção de consequências graves, garantindo que barragem com alto potencial de causar danos recebam a máxima atenção, inspeções semestrais e planos de emergência robustos, mesmo que sua probabilidade de falha pareça baixa. É a principal lição aplicada após os grandes desastres.

Por fim, o volume armazenado é um critério complementar utilizado para classificar o porte da barragem (Pequeno, Médio, Grande ou Muito Grande) e para priorizar ações fiscais e alocação de recursos. Conforme diretrizes da ANA (BRASIL, 2010; BRASIL, 2017; BRASIL, 2020; BRASIL, 2022) o porte está diretamente relacionado ao potencial impacto de um evento. A Tabela 2 apresenta essa classificação e exemplos no contexto paraibano.

Tabela 2 - Classificação de barragens por volume do reservatório

Porte da Barragem	Faixa de Volume (milhões de m³)
Pequeno	< 5
Médio	≥ 5 a ≤ 75
Grande	> 75 a ≤ 200
Muito grande	> 200

Fonte: BRASIL (2025)

2.2 INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR)

A Inspeção de Segurança Regular (ISR) constitui o principal instrumento de verificação in loco para a detecção precoce de anomalias em barragens, conforme estabelecido na Lei nº 12.334/2010, que define as diretrizes gerais de segurança de barragens no país. Este procedimento técnico obrigatório tem como finalidade avaliar periodicamente as condições físicas e operacionais das estruturas, sendo fundamental para a manutenção da segurança hídrica.

O não cumprimento das inspeções obrigatórias ou de outras medidas de segurança previstas na lei pode sujeitar o responsável a sanções administrativas, incluindo multas e embargo das atividades. A execução prática da ISR, como a contratação de profissionais ou empresas habilitadas, é regulamentada por normas técnicas e resoluções da ANA, garantindo que o procedimento seja realizado de acordo com padrões especializados.

Quanto ao escopo dos trabalhos, a ISR deve abranger, no mínimo, os itens previstos na Resolução ANA nº 121/2022 (BRASIL, 2010; BRASIL, 2022) conforme sintetizado na Tabela 3.

Tabela 3 - Itens obrigatórios de verificação na ISR

Item	Descrição
Documentação técnica	Análise do projeto original, manutenções anteriores e relatórios de inspeção
Elementos estruturais	Inspeção visual de taludes, crista, fundação, vertedouro e tomada d'água
Instrumentos de monitoramento	Verificação de piezômetros, réguas milimétricas e marcos de assentamento
Anomalias	Identificação, descrição e registro fotográfico de fissuras, erosões e vazamentos
Análise comparativa	Avaliação da evolução temporal com base em relatórios anteriores

Fonte: ANA (2022)

A exigência de um relatório de Inspeção de Segurança Regular (ISR), contendo identificação do empreendedor e a Anotação de responsabilidade Técnica (ART), ficha de inspeção visual, prazos para correção de anomalias e classificação dos Níveis de Perigo, é definida por meio da Lei nº 12.334/2010. Essa exigência complementa as diretrizes gerais estabelecidas pela Política Nacional de Segurança de Barragens, que define a obrigatoriedade das inspeções e responsabilidades dos empreendedores.

Conforme disciplinado pela Resolução ANA nº 232/2024, os relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR) devem ser integrados ao Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) dentro dos prazos específicos estabelecidos, constituindo o descumprimento desta obrigação infração sujeita às sanções da Lei nº 12.334/2010 (BRASIL, 2010; BRASIL 2014).

2.3 POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS (PNSB)

A PNSB estabelece responsabilidades para empreendedores, órgãos públicos e profissionais técnicos, estabelecendo diretrizes para inspeções, monitoramento, planos de segurança e medidas corretivas, com o objetivo de garantir a segurança das barragens e proteger vidas, o patrimônio e o meio ambiente. Operando por meio de instrumentos de gestão específicos, cuja aplicação varia conforme a classificação e o porte da barragem, conforme sintetizado na Tabela 4.

Tabela 4 - Instrumentação de gestão da PNSB

Instrumento	Obrigatoriedade	Finalidade Principal
Plano de Segurança de Barragens (PSB)	Todas as barragens	Gestão preventiva e contínua dos riscos
Plano de Ação Emergencial (PAE)	Barragens com DPA Médio ou Alto	Resposta a emergências e proteção da população
Inspeção Regular (ISR)	Conforme a CRI (Alta, Média, Baixa)	Diagnóstico periódico das condições da estrutura

Fonte: Lei nº 12.334/2010 e Lei nº 14.066/2020

A PNSB opera sob um modelo de competências compartilhadas entre União, Estados e empreendedores. A União atua por meio de órgãos como a Agência Nacional de Águas (ANA), para barragens de rios federais, e a Agência Nacional de Mineração (ANM), para barragens de mineração. Os entes estaduais, por meio de suas agências reguladoras (como a AESA-PB), são responsáveis por fiscalizar as barragens outorgadas em seus territórios. Ao empreendedor cabe a responsabilidade direta pela elaboração e implementação dos instrumentos de gestão e pela execução das medidas corretivas necessárias (BRASIL, 2010; BRASIL 2020).

O descumprimento das obrigações previstas na PNSB acarreta sanções administrativas severas, conforme da Lei nº 12.334/2010 e reforçado pela Lei nº 14.066/2020, que ampliou a responsabilização e detalhou procedimento de segurança e fiscalização.

2.4 ÓRGÃOS FISCALIZADORES E O SNISB

A gestão da segurança de barragens no Brasil opera em um modelo descentralizado, com competências distribuídas entre diferentes entidades, integradas por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) (BRASIL, 2022; BRASIL 2024). Este sistema constitui uma plataforma unificada para coleta, armazenamento e divulgação de informações sobre a segurança de barragens, concentrando dados essenciais como classificações de risco (CRI/DPA), documentação técnica (PSB, PAE, ISR) e informações de monitoramento. O SNISB garante transparência e acesso às informações por todos

os órgãos envolvidos, fortalecendo a fiscalização e a gestão preventiva da segurança das barragens.

As competências na fiscalização de barragens estão distribuídas conforme sintetizado na Tabela 5.

Tabela 5 – Competências na fiscalização de Barragens

Órgão/Entidade	Âmbito de Atuação	Principais Atribuições
ANA	Barragens em rios de domínio da União	Fiscalização, regulamentação e aplicação de sanções
ANM	Barragens de mineração	Fiscalização específica do setor mineral
Órgãos Estaduais	Barragens em rios estaduais	Fiscalização e outorga no âmbito estadual
DNOCS	Barragens públicas no semiárido	Construção, operação e manutenção das barragens sob sua responsabilidade

Fonte: Lei nº 12.334/2010, Resolução ANA nº 121/2022

O Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS) assume papel estratégico como órgão federal responsável pela fiscalização das barragens públicas por ele construídas no semiárido brasileiro. Sua atuação é particularmente relevante no contexto do Nordeste brasileiro, onde historicamente implementou estruturas hídricas fundamentais para o desenvolvimento regional.

A integração eficiente entre esses órgãos, por meio do SNISB, é essencial para garantir a implementação adequada da PNSB em todo o território nacional, assegurando a padronização de procedimentos e o compartilhamento de informações críticas para a segurança de barragens.

2.5 CENÁRIO NACIONAL

A análise histórica de incidentes e acidentes com barragens no Brasil fornece percepções cruciais sobre as vulnerabilidades mais comuns e os fatores de risco preponderantes, justificando a rigidez da legislação atual.

O rompimento da barragem da Vale em Brumadinho (2019) resultou em 272 mortes confirmadas (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2023) e constitui-se como o maior desastre industrial da história do Brasil em perda de vidas humanas. Este evento

catalisou as mudanças significativas consolidadas na Lei nº 14.066/2020, que ampliou consideravelmente as exigências de segurança e os mecanismos de fiscalização.

Os perigos que podem comprometer a segurança de barragens são diversificados e complexos, podendo manifestar-se de forma lenta ou repentina. A detecção precoce é crucial para prevenir a evolução para cenários de colapso.

Os vazamentos estruturais manifestam-se como filtragem excessiva através do maciço ou fundação, frequentemente associados à erosão interna (*piping*). Esses processos são particularmente perigosos por serem silenciosos e progressivos (BRASIL, 2024) que podem evoluir para rupturas catastróficas se não detectados e contidos a tempo, a exemplo disto temos o seguinte caso:

- Barragem de Algodões-PI (2009): Segundo o CREA-PI (2010), o rompimento da Barragem de Algodões I ocorreu por filtragem na fundação, liberando 3 milhões de m³ de rejeitos e contaminando o Rio Parnaíba (Figura 1).

Figura 1 – Rompimento da barragem de Algodões (PI) em 2009



Fonte: G1 (2014)

Já os rompimentos catastróficos, representam a liberação brusca e incontrolável do volume armazenado, geralmente resultando de uma combinação de fatores técnicos e gerenciais. Como exemplos, pode-se destacar:

1. Barragem Camará-PB (2004): localizada na Paraíba (Figura 2), rompeu-se, liberando aproximadamente 17 milhões de metros cúbicos de água, que percorreram cerca de 25 km, atingindo os municípios de Alagoa Grande, Areia, Alagoa Nova e Mulungu. O desastre resultou em cinco mortes e deixou mais de 3 mil pessoas desabrigadas (JORNAL DA PARAÍBA, 2023).

Figura 2 - Acidente após o rompimento da barragem de Camará em 2004



Fonte: Jornal da Paraíba (2023)

2. Mariana-MG (2015): Rompimento da barragem do Fundão por erosão interna progressiva, liberando 55 milhões de m³ de rejeitos e causando 19 mortes (CONSELHO NACIONAL DOS DIREITOS HUMANOS, 2016). A Figura 3 registra a extensão da lama que soterrou a região, simbolizando o maior desastre ambiental do país até então.

Figura 3 – Imagem após o rompimento da barragem do Fundão em 2015



Fonte: G1 (2015)

3. Brumadinho-MG (2019): Rompimento por liquefação estática dos rejeitos, com 272 fatalidades (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2023). A Figura 4 ilustra a magnitude da área afetada pelo colapso da estrutura.

Figura 4 – Vista do desastre da barragem B1 em Brumadinho (MG)



Fonte: G1 (2023)

4. Orós – CE: Rompimento durante o primeiro enchimento quando chuvas torrenciais causaram o extravasamento e a consequente ruptura parcial de sua parede. O desastre afetou diretamente 170 mil pessoas (BRASIL, 2006).

A Figura 5 documenta a estrutura após o colapso, servindo como um registro histórico de um dos maiores acidentes do gênero no país.

Figura 5 – Açude Orós (CE) após o rompimento em 1960, durante seu primeiro enchimento



Fonte: Blog do Inhare (2016)

A análise retrospectiva dos acidentes evidencia padrões comuns e lições críticas para a prevenção de desastres futuros.

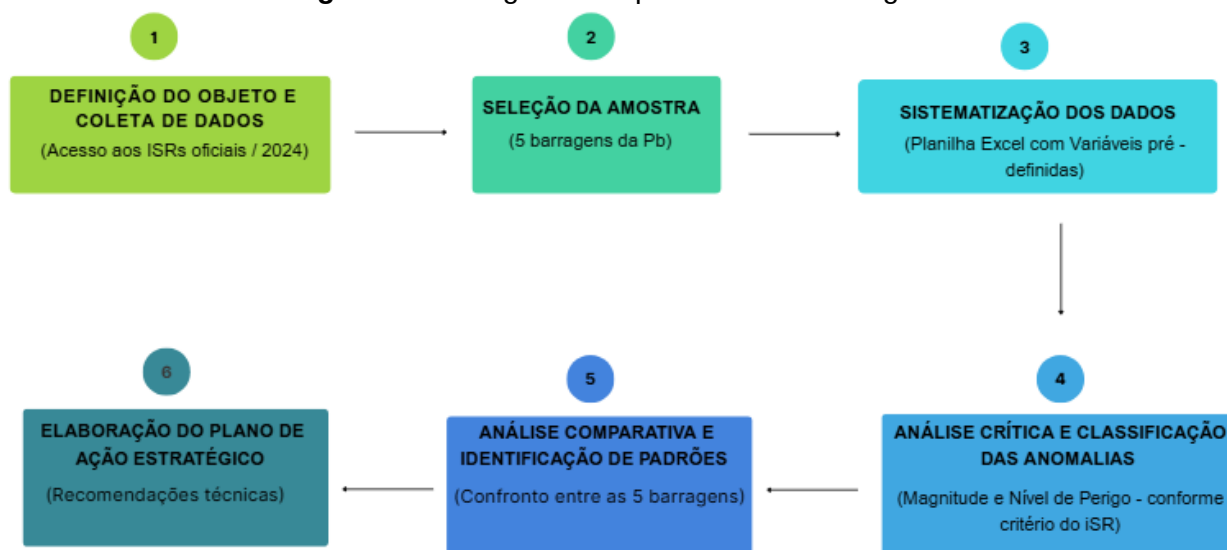
As principais lições aprendidas incluem: a necessidade de sistemas robustos de monitoramento contínuo; a importância da manutenção preventiva regular; a obrigatoriedade de planos de ação emergencial realistas e testados; e a necessidade de uma cultura organizacional priorizando a segurança sobre considerações econômicas. A implementação efetiva dessas lições através da legislação vigente representa o principal legado desses eventos trágicos para a segurança de barragens no Brasil (BRASIL, 2020).

O estado da Paraíba tem implementado iniciativas para aprimorar a gestão da segurança de suas barragens, alinhando-se às diretrizes nacionais, como o I Simpósio Paraibano de Segurança de Barragens (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 2023): Evento realizado em João Pessoa para discutir desafios regionais e difundir as novas diretrizes da Lei nº 14.066/2020.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa baseia-se em uma abordagem que combina métodos qualitativos e quantitativos, permitindo uma análise mais ampla do tema. A sequência lógica do processo metodológico adotado é sintetizada no fluxograma da Figura 6, que oferece uma visão geral das etapas percorridas.

Figura 6 - Fluxograma do processo metodológico



Fonte: Elaboração própria

3.1 DIMENSÕES DA PESQUISA

A investigação caracteriza-se por três dimensões principais:

- I. Documental: A análise foi baseada em documentos técnicos oficiais (Relatório de Inspeção de Segurança Regular – ISR), o que possibilitou trabalhar com fontes primárias sem a necessidade de interferir diretamente nas barragens.
- II. Descritiva: O estudo buscou descrever as anomalias encontradas nas barragens, registrando suas características, localização e forma de ocorrência.
- III. Comparativa: Foi feita uma comparação entre as condições das cinco barragens, para identificar semelhanças, diferenças e características próprias de cada uma.

3.2 DELIMITAÇÃO DE ESTUDO

Este estudo tem seus limites definidos pelas seguintes fronteiras:

- I. Fronteira Espacial: A pesquisa restringe-se a cinco barragens públicas localizadas no estado da Paraíba: Mãe D'Água, Estevam Marinho, Curimataú, Engenheiro Ávidos e São Gonçalo.
- II. Fronteira Temporal: A análise utiliza como base os Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR) do exercício de 2024, não abarcando a evolução histórica das estruturas.
- III. Fronteira Metodológica: A investigação se limitará à análise documental dos ISR, focando nos seguintes aspectos:
 - Características técnicas das estruturas;
 - Nível de perigo das barragens, conforme identificado nos relatórios ISR;
 - Inventário e dupla classificação (Magnitude e Nível de Perigo) das anomalias;

3.3 FONTES E MATERIAIS

A pesquisa foi estruturada com base na utilização de fontes primárias, definidas com atenção para manter a consistência e a relevância das informações analisadas. A escolha dos materiais priorizou documentos oficiais e normativos que refletem a realidade técnica e legal das barragens estudadas.

Os Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR/2024) constituem a espinha dorsal da investigação, fornecendo dados técnicos atualizados e detalhados sobre o estado real das estruturas. Apresentam dados importantes sobre anomalias, aspectos estruturais e riscos, contribuindo diretamente para a análise documental.

O estudo segue as regras brasileiras de segurança de barragens, garantindo que as análises estejam de acordo com a legislação vigente.

As principais referências normativas incluem: Lei nº 12.334/2010, atualizada pela Lei nº 14.066/2020 (BRASIL, 2010; BRASIL, 2020): Institui e altera a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), definindo diretrizes, responsabilidades, instrumentos de gestão.

Os ISR constituem uma ferramenta importante para avaliar a segurança de barragens no Brasil, enquanto a base legal assegura que a análise esteja alinhada com os padrões técnicos e jurídicos nacionais.

3.4 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE COLETA E ORGANIZAÇÃO

A sistematização dos dados foi realizada mediante organização e tabulação das informações contidas nos Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR/2024) das cinco barragens estudadas (Figura 7). Os dados foram compilados em planilha do Excel, contendo as seguintes variáveis:

Figura 7 - Dados gerais da condição de cada barragem no momento da inspeção

1 - Nome da Barragem:		
2 - Coordenadas: ° ' " S	° ' " O	Datum:
3 - Município/Estado:		
4 - Vistoriado Por:	Assinatura:	
5 - Cargo:		
6 - Data da Vistoria: / /	Vistoria N.º: /	
7 - Cota atual do nível d'água:		
8 - Bacia:	Curso d'água barrado:	
9 - Empreendedor:		
10 - Nível de Perigo Global da Barragem (NPGB):		

Fonte: Modelo de relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR)

A análise das anomalias foi conduzida com base em parâmetros técnicos estabelecidos pelos Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR): Situação da anomalia (Tabela 6), magnitude da anomalia (Tabela 7), nível de perigo da anomalia (NPA) que consta a Tabela 8 e o nível de perigo global da barragem (Tabela 9).

Tabela 6 - Situação da anomalia

Sigla	Significado
NA	Este item Não é Aplicável
NE	Anomalia Não Existente
PV	Anomalia constatada pela Primeira Vez
DS	Anomalia desapareceu
DI	Anomalia diminuiu
PC	Anomalia Permaneceu Constante
AU	Anomalia aumentou
NI	Este item não foi inspecionado (Justificar)

Fonte: Modelo de relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR)

A Situação da anomalia corresponde ao registro inicial feito pelo inspetor, indicando a pertinência do item avaliado e a forma como a anomalia se apresenta no momento da inspeção. Essa classificação contempla diferentes possibilidades.

- NA – Não é Aplicável: o item examinado não é pertinente à barragem inspecionada.
- NE – Não Existente: não há ocorrência de anomalia em relação ao item avaliado.
- PV – Primeira Vez: anomalia constatada pela primeira vez, sem registros em inspeções anteriores.
- DS – Desapareceu: anomalia identificada em inspeção anterior não está mais presente.
- DI – Diminuiu: anomalia apresenta menor intensidade ou dimensão em comparação à inspeção anterior.
- PC – Permaneceu Constante: anomalia mantém a mesma intensidade ou dimensão em relação à vistoria anterior.
- AU – Aumentou: anomalia apresenta maior intensidade ou dimensão, evidenciando evolução negativa.
- NI – Não Inspecionado: o item deveria ter sido verificado, mas não foi possível realizar a inspeção.

Tabela 7 - Magnitude da anomalia

Sigla	Magnitude
I	Insignificante
P	Pequena
M	Média
G	Grande

Fonte: Modelo de relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR)

A magnitude corresponde à dimensão física da anomalia identificada, associada à sua evolução ao longo do tempo. Essa classificação permite diferenciar problemas de pequena expressão daqueles que apresentam maior impacto estrutural. As categorias utilizadas são:

- I – Insignificante: anomalia de pequenas dimensões, sem aparente evolução.

- P – Pequena: anomalia de pequena dimensão, mas que apresenta evolução ao longo do tempo.
- M – Média: anomalia de média dimensão, sem aparente evolução.
- G – Grande: anomalia de média dimensão com evolução evidente ou de grande dimensão.

Tabela 8 - Nível de perigo da anomalia

Código	Nível de Perigo da Anomalia (NPA)
0	Nenhum
1	Atenção
2	Alerta
3	Emergência

Fonte: Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR)

O nível de perigo da anomalia (NPA) de uma barragem reflete a gravidade de qualquer irregularidade detectada e pode variar conforme o risco que representa à sua integridade.

Pontuação do NPA:

- 0 – Normal: Anomalia não compromete a segurança da barragem.
- 1 – Atenção: Anomalia não compromete de imediato, mas requer monitoramento ou reparo caso progrida.
- 2 – Alerta: Anomalia compromete a segurança, necessitando providências imediatas.
- 3 – Emergência: Anomalia indica alta probabilidade de ruptura; ação imediata é crítica.

Tabela 9 - Nível de Perigo Global da Anomalia

Nível de Perigo Global da Barragem	0 - Normal	O efeito conjugado das anomalias não compromete a segurança da barragem.
	1 - Atenção	Não compromete de imediato a segurança, mas, caso venha a progredir, pode comprometê-la, devendo ser controlada, monitorada ou reparada.
	2 - Alerta	Compromete a segurança da barragem, devendo ser tomadas providências imediatas para eliminá-las.
	3 - Emergência	Representa alta probabilidade de ruptura da barragem.

Fonte: Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR)

O Nível de Perigo Global da Barragem (NPGB) avalia o impacto conjunto de todas as anomalias detectadas na estrutura, refletindo o risco geral à sua segurança.

Classificação dos níveis:

- 0 – Normal: O efeito conjunto das anomalias não compromete a segurança da barragem.
- 1 – Atenção: O efeito conjunto das anomalias não compromete de imediato, mas requer monitoramento ou reparo caso progrida.
- 2 – Alerta: O efeito conjunto das anomalias compromete a segurança, exigindo providências imediatas.
- 3 – Emergência: O efeito conjunto das anomalias indica alta probabilidade de ruptura; ação imediata é crítica.

Com base na ficha preenchida em campo (Figura 8), cada inspeção atribui classificações de Situação, Magnitude e Nível de Perigo às anomalias observadas. Essa análise é realizada em diferentes áreas da barragem, abrangendo tanto elementos estruturais quanto operacionais, o que garante uma visão completa do seu estado de conservação. Esse procedimento permite não apenas identificar a ocorrência de problemas, mas também acompanhar sua evolução ao longo do tempo, verificando se surgiram pela primeira vez, se permaneceram estáveis, aumentaram, diminuíram ou desapareceram.

Figura 8 - Campo de avaliação de anomalias em Ficha de Inspeção Regular de Barragem

A. INFRAESTRUTURA OPERACIONAL		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
1	Falta de documentação sobre barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Falta de material para manutenção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Falta de treinamento do pessoal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Precariedade de acesso de veículos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falta de energia elétrica	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Falta de sistema de comunicação eficiente	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Falta ou deficiência de cercas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Falta ou deficiência nas placas de aviso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Falta de acompanhamento da Gerência Regional	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Falta de manuais de operação e manutenção dos equipamentos Hidromecânicos e elétricos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														
B. BARRAGEM		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
B.1	TALUDE DE MONTANTE	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Rachaduras/afundamento (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	

Fonte: Modelo de relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR)

Após a análise dos dados registrados na ficha de campo, é realizada a “avaliação de anomalias” nos mesmos locais já identificados, considerando sua Situação, Classificação da Magnitude e Nível de Perigo. Essa avaliação, presente no relatório, tem como objetivo classificar de forma padronizada as anomalias observadas, relacionando os registros de inspeção com a condição real de cada barragem (Figura 9).

Figura 9 - Avaliação das anomalias

a – Coroamento: Falha no revestimento e defeitos na drenagem devido à obstrução na linha d’água (sarjeta)

Situação: Magnitude - M (Média) ; Nível de Perigo - 1 (Atenção)

b – Talude de Jusante: Erosões, falha na proteção vegetal, presença de árvores e arbustos, canaletas quebradas ou obstruídas.

Situação: Magnitude - M (Média) ; Nível de Perigo - 1 (Atenção)

Fonte: Relatórios de Inspeção de Segurança Regular de São Gonçalo (ISR/2024)

Após a avaliação das anomalias, realiza-se então a Avaliação do Nível de Perigo da Barragem (NPGB), na qual é classificado o nível de risco da barragem como um todo (Figura 10). Essa etapa considera o efeito conjunto de todas as anomalias identificadas, permitindo determinar se a barragem apresenta condição normal, requer

atenção, se está em alerta ou se se encontra em emergência, conforme os critérios técnicos estabelecidos pelos Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR).

Figura 10 - Classificação do Nível de Perigo Geral (NPGB) de cada barragem

Após a realização da presente inspeção e a análise das anomalias encontradas e registradas na Ficha de Inspeção (anexa), a barragem São Gonçalo foi classificada no **NÍVEL DE PERIGO 1 - ATENÇÃO**. Assim, para acompanhamento da evolução das anomalias e das providências e recomendações apontadas no presente Relatório, recomenda-se que seja feita pelo menos uma Inspeção da referida barragem em **2025**, de acordo com o que **estabelece a Resolução ANA nº 236/2017, de 30 de janeiro de 2017**.

Fonte: Relatórios de Inspeção de Segurança Regular de São Gonçalo (ISR)

Conforme a normativa, o NPGB segue a classificação conforme estabelecido pela Resolução ANA nº 236/2017, o NPGB será no mínimo igual ao NPA de maior gravidade identificado na estrutura.

A etapa comparativa incluiu a análise do perfil de risco das barragens, a avaliação dos padrões construtivos, a relação entre idade e ocorrência de anomalias para identificar possíveis sinais de envelhecimento ou problemas de desempenho, a consideração do tipo construtivo e a verificação da recorrência das anomalias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DAS BARRAGENS ESTUDADAS

Este capítulo detalha as características técnicas, construtivas e operacionais das cinco barragens analisadas, com base nos Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR/2024) e no Relatório de Segurança de Barragens (2024/2025). As estruturas foram selecionadas por representarem perfis diversificados de idade, tipologia e gravidade, permitindo uma análise abrangente do parque hídrico paraibano.

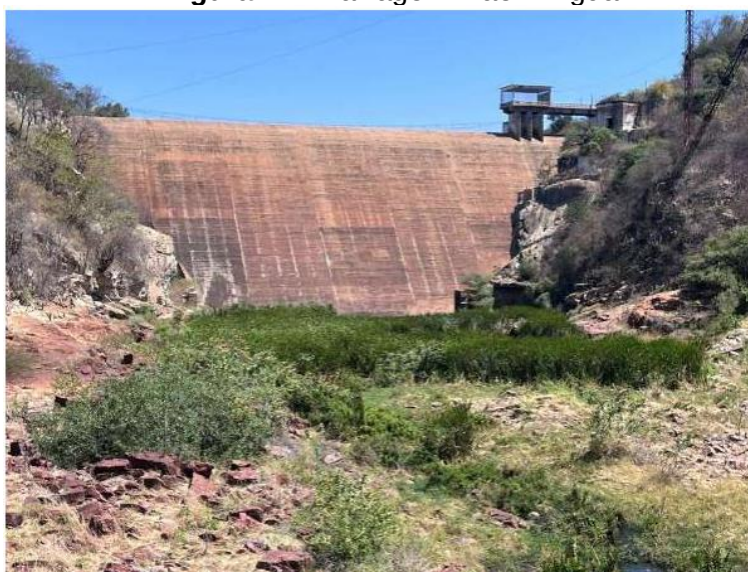
4.1.1 BARRAGEM MÃE D'ÁGUA

Localizada no complexo Coremas (Figura 11), a barragem Mãe D'Água é a segunda maior do estado em capacidade de armazenamento (545 milhões de m³). Sua estrutura em Terra (35 m de altura) apresenta sinais de deterioração, incluindo

percolação no paramento de jusante e fissuras no coroamento. Suas anomalias críticas incluem réguas milimétricas danificadas e precariedade de acesso à galeria de inspeção. A barragem opera sem Plano de Segurança de Barragens (PSB) formalizado, agravando seu perfil de risco.

- I. Localização: Município de Coremas, Rio Piancó
- II. Coordenadas: 7°01'25,8"S, 37°59'36"W
- III. Tipo Construtivo: Terra
- IV. Volume: 545 hm³
- V. Altura: 35 m
- VI. Ano de Construção: 1933
- VII. Magnitude: Média (M)
- VIII. Nível de Perigo Global da Barragem (NPGB): 1
- IX. Principal Finalidade: Abastecimento humano, regularização de vazão, irrigação e piscicultura.

Figura 11 - Barragem Mãe D'Água



Fonte: Relatório de inspeção de segurança regular (ISR/2024)

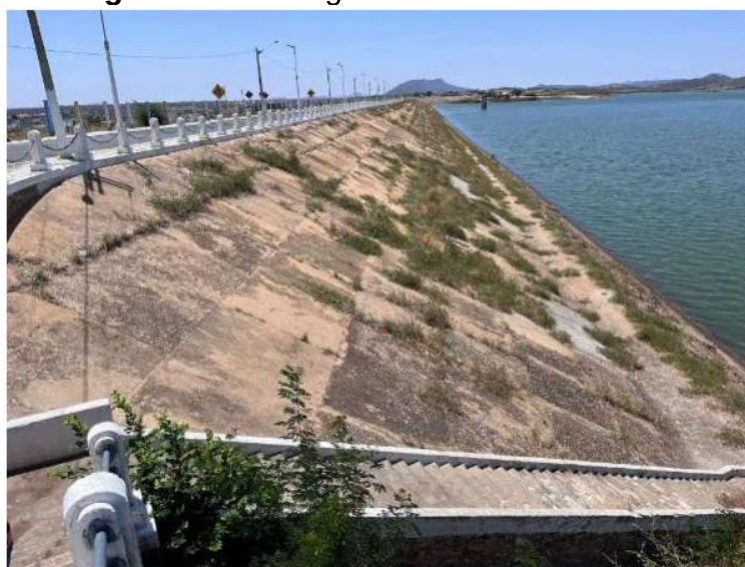
4.1.2 BARRAGEM ESTEVAM MARINHO

Integrada operacionalmente à Mãe D'Água (Figura 12), forma o maior sistema hídrico do estado (1,29 bilhão de m³). Apresenta estrutura de terra e exhibe rachaduras nas placas de concreto presentes no talude de montante e deficiência de drenagem na torre de tomada D'água. A vegetação invasora nos taludes e as erosões localizadas

demandam intervenções de manutenção corretiva. Sua integração ao Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) amplifica sua relevância estratégica e indica áreas que merecem atenção na gestão de riscos.

- I. Localização: Município de Coremas, Rio Piancó
- II. Coordenadas: 7°01'23,5"S, 37°56'52,4"W
- III. Tipo Construtivo: Terra
- IV. Volume: 744 hm³
- V. Altura: 47 m
- VI. Ano de Construção: 1933
- VII. Magnitude: Média (M)
- VIII. Nível de Perigo Global da Barragem (NPGB): 1
- IX. Principal Finalidade: Abastecimento humano, regularização de vazão, irrigação, piscicultura e geração de energia, quando possível

Figura 12 - Barragem Estevam Marinho



Fonte: Relatório de inspeção de segurança regular (ISR/2024)

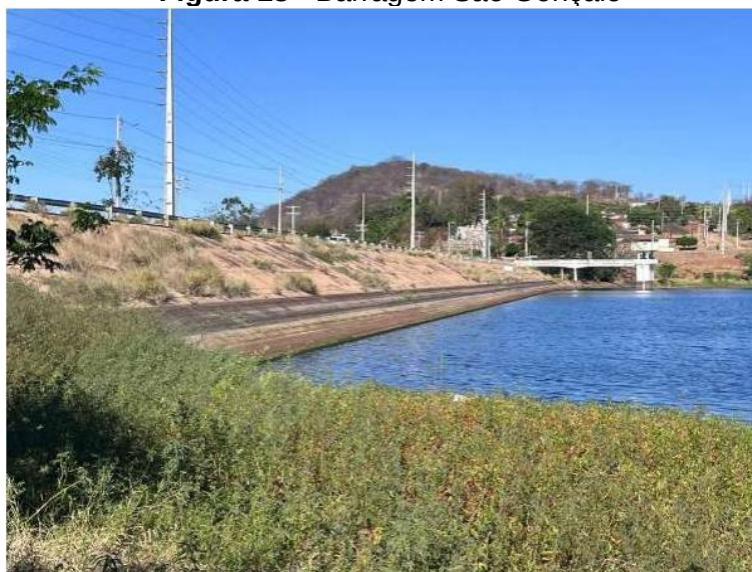
4.1.3 BARRAGEM SÃO GONÇALO

Estrutura de terra com 40,58 milhões de m³ de capacidade, crucial para abastecimento e irrigação no sertão (Figura 13). Apresenta erosões no talude de

jusante e ausência total de monitoramento instrumental (piezômetros inoperantes, réguas faltando). A vegetação invasora no reservatório e as construções irregulares na área de proteção refletem abandono da manutenção rotineira.

- I. Localização: Município de Sousa, Rio Piranhas
- II. Coordenadas: 6°50'36,6"S, 38°13'50,2"W
- III. Tipo Construtivo: Terra
- IV. Volume: 40,58 hm³
- V. Altura: 28 m
- VI. Ano de Construção: 1936
- VII. Magnitude: Média (M)
- VIII. Nível de Perigo Global da Barragem (NPGb): 1
- IX. Principal Finalidade: Abastecimento, irrigação e piscicultura

Figura 13 - Barragem São Gonçalo



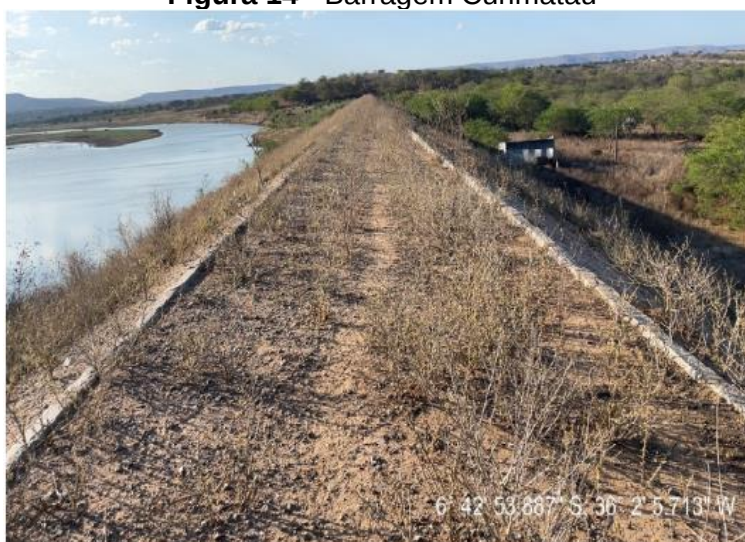
Fonte: Relatório de inspeção de segurança regular (ISR/2024)

4.1.4 BARRAGEM CURIMATAÚ

Possui estrutura de terra com 5,89 milhões de m³ (Figura 14). Sendo importante para abastecimento. Apresenta árvores no seu talude de montante e falta de instrumentação. Presença de erosões no seu talude de jusante e nas ombreiras.

- I. Localização: Barra de Santa Rosa
- II. Coordenadas: 6°42'48,4"S, 36°02'07,7"W
- III. Tipo Construtivo: Terra
- IV. Volume: 5,89 hm³
- V. Altura: 15,2 m
- VI. Ano de Construção: 1952
- VII. Magnitude: Média (M)
- VIII. Nível de Perigo Global da Barragem (NPGb): 1
- IX. Principal Finalidade: Abastecimento

Figura 14 - Barragem Curimataú



Fonte: Relatório de inspeção de segurança regular
(ISR/2024)

4.1.5 ENGENHEIRO ÁVIDOS

Barragem de terra com 293,6 milhões de m³ de capacidade, importante nos desafios de manutenção no semiárido (Figura 15). Exibe problemas de drenagem obstruída, ausência completa de instrumentação, construções irregulares e presença de gado na área de proteção

- I. Localização: Município de Cajazeiras
- II. Coordenadas: 6°59'09,1"S, 38°27'13,4"W
- III. Tipo Construtivo: Terra

- IV. Volume: 293,6 hm³
- V. Altura: 45 m
- VI. Ano de Construção: 1936
- VII. Magnitude: Média (M)
- VIII. Nível de Perigo Global da Barragem (NPGB): 1
- IX. Principal Finalidade: Abastecimento

Figura 15 - Barragem Engenheiro Ávidos



Fonte: Relatório de inspeção de segurança regular
(ISR/2024)

4.2 ANÁLISE CRÍTICA

Este capítulo apresenta uma análise integrada dos dados caracterizados no capítulo anterior, identificando padrões de vulnerabilidade, recorrência de anomalias e a criticidade das barragens estudadas, com base nos Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR/2024) e nas classificações oficiais consolidadas no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB).

4.2.1 SÍNTESE COMPARATIVA DO PERFIL DE RISCO

A avaliação do nível de perigo é o primeiro passo para uma gestão eficaz de barragens. Com base nos Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR) de 2024 do DNOCS, a classificação do nível de perigo e magnitude direciona a frequência

das inspeções e orienta as recomendações de medidas preventivas e planos de emergência. A Tabela 10 consolida essas informações para as cinco barragens estudadas, oferecendo uma visão panorâmica e comparativa de sua criticidade.

Tabela 10 - Características técnicas e classificações de segurança das barragens estudadas

Barragem	Município-Bacia	Tipo Construtivo	Volume (hm³)	Nível de Perigo Global da Barragem (ISR)	Magnitude
Mãe D'Água	Coremas / Piancó	Terra	545	Atenção (N1)	Média (M)
Estevam Marinho	Coremas / Piancó	Terra	744	Atenção (N1)	Média (M)
São Gonçalo	Sousa / Piranhas	Terra	40,58	Atenção (N1)	Média (M)
Barra Curimataú	Barra de Santa Rosa / Curimataú	Terra	5,6	Atenção (N1)	Média (M)
Eng. Ávidos	Cajazeiras / Piancó	Terra	293,6	Atenção (N1)	Média (M)

Fonte: BRASIL (2024)

A análise da Tabela 10 mostra que todas as cinco barragens estudadas apresentam nível de perigo Atenção (N1), o que indica que, embora as anomalias identificadas não representem risco imediato de ruptura, precisam ser acompanhadas de perto para evitar evolução. Em complemento, todas foram classificadas com magnitude média (M), ou seja, apresentam anomalias de dimensão intermediária, mas sem sinais claros de agravamento no momento. Esse conjunto de resultados sugere que a situação, embora estável, exige monitoramento regular e manutenção preventiva, de modo a impedir que essas ocorrências aumentem de intensidade e levem a níveis mais críticos de classificação, como Alerta (N2) ou Emergência (N3).

4.2.2 ANÁLISE DE PADRÕES CONSTRUTIVOS

Este tópico busca identificar correlações entre a idade, o tipo construtivo e o desempenho das barragens estudadas, analisando como essas variáveis se relacionam com as anomalias críticas identificadas nos Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR/2024). A Tabela 11 mostra essa correlação.

Tabela 11 - Correlação entre tipo construtivo, idade e anomalias preponderantes.

Barragem	Volume (hm³)	Tipo Construtivo	Idade (anos)	Anomalia Crítica Preponderante
Eng. Ávidos	293,6	Terra	~89 (1932/1936)	Drenagem obstruída
Curimataú	5,6	Terra	~73 (1952)	Vegetação, falta de cercamento
Mãe D'Água	545	Terra	~92 (1932 / 1933)	Deterioração do concreto
Estevam Marinho	744	Terra	~92 (1932 / 1933)	Fissuras no coroamento
São Gonçalo	40,58	Terra	~89 (1932/1936)	Falta de instrumentação

Fonte: BRASIL (2024)

O panorama geral mostra que a idade avançada das barragens é um fator importante para o surgimento de anomalias críticas, independentemente do volume armazenado. Por isso, é fundamental acompanhar regularmente as barragens, realizar manutenção preventiva e corrigir rapidamente qualquer anomalia, garantindo que essas estruturas históricas permaneçam seguras e confiáveis.

4.2.2.1 RELAÇÃO IDADE – ANOMALIA: ENVELHECIMENTO ACELERADO

A análise dos dados da Tabela 11 revela que todas as barragens estudadas (100%) possuem idade superior a 70 anos, com destaque para Mãe D'Água e Estevam Marinho, com cerca de 92 anos de operação. Esse envelhecimento avançado está diretamente relacionado a anomalias críticas de natureza estrutural e operacional, incluindo:

- **Deterioração de materiais:** De acordo com os Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR/2024), O concreto presente nas placas da barragem Mãe D'Água apresenta sinais de carbonatação e pequenas degradações superficiais, enquanto barragens de terra, como Estevam Marinho, mostram fissuras e deformações moderadas, o que requer atenção e acompanhamento contínuo para preservar sua segurança.
- **Obstrução de sistemas de drenagem:** Ainda segundo os ISR/2024, é observada em barragens de terra, como Eng. Ávidos e Curimataú, caracteriza-se pelo acúmulo de sedimentos e presença de vegetação nos drenos,

demandando atenção e manutenção para garantir o funcionamento adequado das estruturas.

Esse cenário evidencia não apenas os efeitos naturais do tempo sobre as estruturas, mas também reforça a importância de um acompanhamento e manutenção regulares para preservar sua integridade.

4.2.3 ANÁLISE DE RECORRÊNCIA DAS ANOMALIAS

A identificação e o registro das anomalias são importantes para o acompanhamento das barragens. Mais do que apenas listar problemas, esta análise procura entender a frequência, a natureza e a relevância das questões observadas nos Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR/2024).

Com esse objetivo, a Tabela 12 apresenta um resumo das anomalias mais comuns, mostrando sua ocorrência nas barragens estudadas, o nível de perigo associado, possíveis mecanismos de falha e recomendações para acompanhamento ou medidas preventivas.

Tabela 12 - Anomalias identificadas

Anomalia	Ocorrência (nº de barragens)	Percentual
Vegetação invasora	5	100%
Problemas de drenagem	4	80%
Problema ou Falta de instrumentação	5	100%
Fissuras/Erosão	3	60%

Fonte: ISR/2024 (DNOCS)

A vegetação invasora (árvores e arbustos) foi observada em todas as cinco barragens (100%), indicando a necessidade de roçagem e controle da vegetação, de forma a evitar que o crescimento descontrolado comprometa a manutenção e o monitoramento das estruturas (Figura16).

Figura 16 - Presença de árvores e arbustos no talude de jusante na barragem Estevam Marinho



Fonte: Relatório fotográfico Estevam Marinho (ISR/2024)

Problemas de drenagem (Figura 17) foram identificados em quatro barragens (80%), ressaltando a importância de limpeza, desobstrução e, quando necessário, recuperação ou criação de trechos de drenos, para garantir o funcionamento adequado dos sistemas hidráulicos e a segurança das estruturas.

Figura 17 - Sarjeta obstruída na barragem Engenheiro Ávidos



Fonte: Relatório fotográfico Engenheiro Ávidos (ISR/2024)

Quanto à instrumentação, três das barragens analisadas não possuem equipamentos, enquanto as outras duas apresentam falhas de funcionamento ou dificuldades de leitura (Figura 18). Essa situação reforça a necessidade de implantação, verificação e manutenção dos piezômetros e réguas milimétricas, garantindo um acompanhamento mais confiável dos parâmetros de segurança.

Figura 18 - Réguas milimétricas quebradas na barragem Curimataú



Fonte: Relatório fotográfico Curimataú (ISR/2024)

Fissuras e processos erosivos (Figura 19) foram observados em três barragens (60%), indicando a importância de acompanhamento regular e manutenção preventiva, quando necessário, para garantir o bom estado das estruturas.

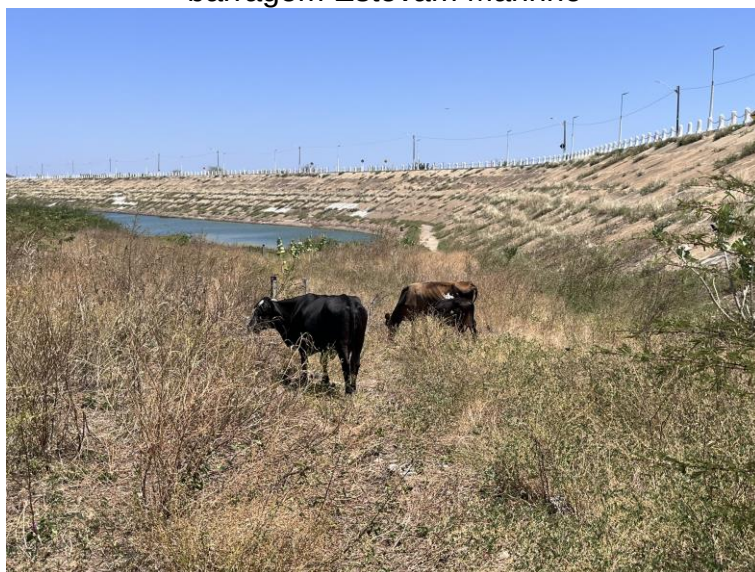
Figura 19 - Presença de erosão no talude de jusante da barragem Curimataú



Fonte: Relatório fotográfico Estevam Marinho (ISR/2024)

Outro aspecto observado foi a ausência de cercamento em algumas barragens, o que permite o acesso livre de animais às áreas de proteção. A presença de gado pastando (Figura 20) sobre os taludes acelera processos erosivos, causa compactação do solo e compromete a estabilidade local. Além disso, a presença de animais nessas áreas interfere no controle da vegetação e no monitoramento das estruturas, criando condições menos favoráveis para a manutenção da segurança das barragens.

Figura 20 - Presença de gado pastando na barragem Estevam Marinho



Fonte: Relatório fotográfico Estevam Marinho (ISR/2024)

A análise integrada dos dados das cinco barragens estudadas evidencia padrões recorrentes de anomalias e características que merecem atenção, indicando a importância de acompanhamento e manutenção contínuos.

4.2.4 SÍNTESE DOS PRINCIPAIS ACHADOS

A consolidação dos resultados permite afirmar que:

- I. Padrão de envelhecimento e degradação: Observa-se uma correlação entre a idade avançada das estruturas (~73 a 92 anos) e a ocorrência de anomalias estruturais e operacionais, como fissuras, degradação do concreto e problemas de drenagem.
- II. Necessidade de manutenção preventiva: A recorrência de anomalias, como vegetação invasora em todas as barragens e problemas de drenagem,

evidencia que ações de manutenção e acompanhamento contínuo são essenciais para garantir o funcionamento adequado das estruturas.

- III. Três das barragens não possuem equipamentos, e as duas restantes apresentam falhas ou problemas de leitura, indicando que o aperfeiçoamento do monitoramento e da instrumentação é importante para subsidiar decisões de operação e segurança com dados confiáveis.

4.2.4.2 IMPLICAÇÕES PARA A SEGURANÇA HÍDRICA DE RISCOS

Dadas as observações deste estudo, pode-se destacar que:

- Riscos potenciais: Estruturas mais antigas e com instrumentação limitada indicam a necessidade de acompanhamento regular e manutenção preventiva, para apoiar a operação segura das barragens e reduzir a probabilidade de problemas não detectados.
- Gestão preventiva: Inspeções periódicas, acompanhamento contínuo e realização de manutenções regulares podem contribuir de forma mais eficiente para a segurança das barragens, em comparação com intervenções realizadas apenas em situações pontuais. A atenção contínua por parte dos órgãos gestores é importante para garantir que pequenas anomalias sejam identificadas e corrigidas antes que evoluam para problemas maiores.
- Modernização das estruturas: A ausência de barragens recentes na amostra indica a necessidade de investimentos em manutenção, instrumentação e atualização das estruturas existentes, como a instalação de sistemas de monitoramento mais modernos. Essas ações contribuem para fortalecer a resiliência do parque hídrico e apoiar uma gestão mais segura e eficiente da água na região.

5 PLANO DE AÇÃO

Com base na análise realizada no capítulo anterior, que identificou pontos de atenção e aspectos a serem acompanhados nas barragens da Paraíba, este capítulo apresenta um conjunto de recomendações, visando orientar ações de manutenção, monitoramento e melhoria da segurança das estruturas.

Para apoiar a gestão e a manutenção das barragens estudadas, recomenda-se a adoção das seguintes medidas:

- Acompanhamento de situações de atenção: Para anomalias classificadas com Nível de Perigo 1 (Atenção) e magnitude média (M), recomenda-se monitoramento contínuo e ações preventivas, garantindo que pequenos problemas sejam identificados e tratados antes de evoluírem.
- Gestão contínua das estruturas: Realizar limpezas de drenos, retirar a vegetação dos taludes, vertedouros e sangradouros, recuperar sistemas de drenagem e corrigir pequenas erosões ou rachaduras, mantendo registros das intervenções. Essas ações ajudam a evitar que problemas se agravem e exijam obras maiores.
- Atualização ou instalação de sistemas de monitoramento: Investir em equipamentos como piezômetros, régua milimétrica e pluviômetros para acompanhar com mais precisão o comportamento das barragens, especialmente porque algumas não possuem instrumentos de auscultação, o que impede a identificação de anomalias internas apenas por inspeção visual.
- Integração institucional: Promover a coordenação entre DNOCS, AESA, Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e ANA, facilitando a captação de recursos, apoio técnico e troca de experiências e boas práticas.
- Capacitação e treinamento: Desenvolver programas de capacitação técnica para equipes de operação e fiscalização, reforçando boas práticas de gestão e segurança de barragens.

5.2 MATRIZ DE AÇÕES PRIORITÁRIAS POR CATEGORIA DE ANOMALIA

A Tabela 13 apresenta o plano de ações específicas para acompanhar e mitigar as anomalias mais recorrentes identificadas nos Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR/2024), organizadas por prazo de implementação e complexidade. O objetivo é promover manutenção preventiva, monitoramento contínuo e melhorias estruturais, mantendo o nível de segurança das barragens.

Tabela 13 - Matriz de ações para mitigação das anomalias críticas

Anomalia	Ação Imediata (Curto Prazo: 0-6 meses)	Ação Estrutural (Médio Prazo: 6-24 meses)
----------	--	---

Falta de Instrumentação	Instalação de piezômetros e réguas milimétricas, onde necessário	Aquisição e instalação de sistema de monitoramento eletrônico básico, incluindo registro automático de níveis de água e medições periódicas dos piezômetros e réguas milimétricas
Drenagem Obstruída	Limpeza de drenos e manutenção das canalizações existentes	Elaboração de projeto para adequação e melhorias do sistema de drenagem
Fissuras/Erosão	Monitoramento periódico com registro das anomalias, usando marcações de referência simples, para acompanhamento da evolução das fissuras ou erosões.	Pequenos reparos localizados nas áreas afetadas, utilizando técnicas simples de reforço e estabilização quando necessário, de forma a preservar a integridade da estrutura.
Vegetação Invasora	Roçagem e limpeza manual da área do maciço	Implementação de programa continuado de manutenção fitossanitária com herbicidas específicos.

Fonte: Elaboração própria

A análise das ações propostas mostra que a manutenção e o acompanhamento das barragens devem ser feitos de forma preventiva e gradual. No curto prazo, o foco é garantir que os sistemas de instrumentação, drenagem e controle da vegetação estejam funcionando bem, permitindo acompanhar qualquer mudança antes que se torne um problema maior. No médio prazo, as ações incluem pequenas melhorias estruturais, ajustes nos sistemas de drenagem e manutenção contínua da vegetação e dos instrumentos. De modo geral, a estratégia busca evitar problemas maiores, mantendo a segurança das barragens por meio de cuidados regulares e monitoramento constante.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho realizou uma análise detalhada das condições de segurança de cinco barragens públicas na Paraíba: Mãe D'Água, Estevam Marinho, São Gonçalo, Curimataú e Engenheiro Ávidos, com base nos Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR) de 2024. O estudo permitiu identificar padrões de vulnerabilidade e de nível de atenção, mostrando que o envelhecimento das estruturas e a manutenção insuficiente são os principais fatores que afetam a segurança das barragens.

Todas as barragens apresentaram pontos que merecem atenção, incluindo vegetação invasora (100%), problemas de drenagem (80%), fissuras ou erosões (60%), deficiências na instrumentação, sendo que três barragens apresentam equipamentos inadequados ou inoperantes, além da presença de animais ao redor dos taludes. Além disso, todas se encontram no Nível de Perigo 1 (Atenção), com

anomalias de magnitude média (M). Indicando que, apesar de não haver risco imediato de falha, as anomalias demandam acompanhamento e manutenção regulares para que não se agravem.

O estudo apresentou ainda um conjunto de propostas simples de manutenção preventiva, monitoramento e pequenas melhorias graduais, organizadas em prazos curtos e médios, que podem apoiar a preservação das estruturas. Embora essas medidas não esgotem todas as possibilidades, elas oferecem um ponto de partida para que a gestão das barragens seja mais organizada e voltada à prevenção.

Conclui-se que a segurança das barragens estudadas está diretamente relacionada à realização de acompanhamento contínuo, manutenção preventiva e monitoramento adequado. Embora não se possa afirmar que haja riscos imediatos graves, a presença de pequenas anomalias de magnitude média a idade avançada das estruturas e a necessidade de melhorias nos sistemas de instrumentação indicam que cuidados regulares são importantes para preservar a integridade das barragens. Assim, a adoção de medidas preventivas, mesmo que simples, contribui para a gestão responsável da água e para a proteção da população, do meio ambiente e dos recursos hídricos no semiárido paraibano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Modelo ANA - Ficha de Inspeção de Segurança Regular de Barragem de Concreto**. Brasília, DF: ANA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sre/barragens/modeloanafichaparainspecaoregulardebarragemdeconcreto.docx/view>. Acesso em: 23 jul. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Modelo ANA - Ficha de Inspeção de Segurança Regular de Barragem de Terra**. Brasília, DF: ANA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sre/barragens/modeloanafichaparainspecaoregulardebarragemdeterra.docx>. Acesso em: 23 jul. 2025.

BLOG DO INHARE. **Construção e tragédia do Açude Orós**. 2016. Disponível em: <https://blogdoinhare.blogspot.com/2016/05/construcao-e-tragedia-do-acude-oros.html>. Acesso em: 17 ago. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 7.619, de 21 de outubro de 1909**. Cria a Inspetoria de Obras Contra as Secas. Diário Oficial da União, Rio de Janeiro, 1909. Disponível em: <https://www.gov.br/dnocs/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/historia>. Acesso em: 5 out. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 13.687, de 1919**. Altera a denominação da Inspetoria de Obras Contra as Secas. Diário Oficial da União, Rio de Janeiro, 1919. Disponível em: <https://www.gov.br/dnocs/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/historia>. Acesso em: 5 out. 2025.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 8.486, de 28 de dezembro de 1945**. Dá nova denominação ao órgão. Diário Oficial da União, Rio de Janeiro, 1945. Disponível em: <https://www.gov.br/dnocs/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/historia>. Acesso em: 5 out. 2025.

BRASIL. **Lei nº 4.229, de 1º de junho de 1963**. Transforma o DNOCS em autarquia federal. Diário Oficial da União, Brasília, 1963. Disponível em: <https://www.gov.br/dnocs/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/historia>. Acesso em: 5 out. 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010**. Institui a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 21 set. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm. Acesso em: 28 jun. 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020**. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que institui a Política Nacional de Segurança de Barragens. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 1 out. 2020. Disponível

em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14066.htm. Acesso em: 21 jul. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Relatório de Segurança de Barragens 2024-2025**. Brasília, DF: ANA, 2025. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/api/file/download/1135/4/rsb2024_2025_2025_07_01_13_23_02.pdf. Acesso em: 15 ago. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Resolução ANA nº 121, de 9 de maio de 2022**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 10 maio 2022. Disponível em: https://participacao-social.ana.gov.br/api/files/Resolucao_n%C2%BA121_-_altera_a_Resolucao_n%C2%BA_236-1652723776600.pdf. Acesso em: 26 ago. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Resolução ANA nº 231, de 22 de março de 2024**. Estabelece procedimentos para a fiscalização do uso de recursos hídricos, segurança de barragens e prestação de serviços públicos de irrigação e adução de água bruta em corpos d'água da União. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ed. 57, p. 45, 22 set. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2024/231>. Acesso em: 6 jul. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Resolução ANA nº 236, de 15 de dezembro de 2017**. Estabelece procedimentos para a gestão da segurança de barragens. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ed. 240, p. 80, 18 dez. 2017. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-ana-n-236-de-15-de-dezembro-de-2017-19605106>. Acesso em: 7 ago. 2025.

BRASIL. Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS). **Relatório de Gestão do Exercício de 2020**. Brasília, DF: DNOCS, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/dnocs/pt-br/assuntos/transparencia/prestacao-de-contas/relatorio-prestacao-de-contas/relatorio_gestao_2020.pdf. Acesso em: 19 set. 2025.

BRASIL. Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS). **Sistema Curema-Mãe: um verdadeiro mar no sertão construído pelo DNOCS**. Brasília, DF: DNOCS, [s.d.]. Disponível em: https://www.gov.br/dnocs/pt-br/assuntos/transparencia/prestacao-de-contas/relatorio-prestacao-de-contas/relatorio_gestao_2020.pdf. Acesso em: 11 jul. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). **Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)**. Brasília, DF: MDR, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/cnrh>. Acesso em: 5 ago. 2025.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Comissão Parlamentar de Inquérito da Barragem de Brumadinho – Relatório Final**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2019. Disponível

em: <https://www.camara.leg.br/internet/comissoes/cpi/cpibruma/RelatorioFinal.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2025.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Famílias das vítimas pedem punição para responsáveis por tragédia em Brumadinho**. Brasília, 25 jan. 2023. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/1040943-familias-das-vitimas-pedem-punicao-para-responsaveis-por-tragedia-em-brumadinho/>. Acesso em: 5 ago. 2025.

CONSELHO NACIONAL DOS DIREITOS HUMANOS (CNDH). **Relatório da missão de investigação e verificação sobre os impactos do rompimento da barragem de fundão, em Mariana (MG)**. Brasília: MDH, 2016. Disponível em: https://www.gov.br/mdh/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/old/cndh/relatorios/RelatriodaBarragemdoRioDoce_FINAL_APROVADO.pdf. Acesso em: 15 ago. 2025.

CREA-PI. **Relatório Técnico sobre o Acidente da Barragem de Algodões I: rompimento por filtragem na fundação, liberando 3 milhões de m³ de rejeitos e contaminando o Rio Parnaíba**. Teresina: CREA-PI, 2010. Disponível em: <https://www.confea.org.br/crea-pi-divulga-relatorio-tecnico-que-aponta-causas-do-sinistro-em-algodoes-i>. Acesso em: 17 ago. 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS (DNOCS). **Boletim Anual de Barragens 2020**. Fortaleza: DNOCS, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/dnocs/pt-br/assuntos/transparencia/prestacao-de-contas/relatorio-prestacao-de-contas/relatorio_gestao_2020.pdf. Acesso em: 11 jul. 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS (DNOCS). **Rompimento da Barragem do Orós: um marco na história do DNOCS**. Fortaleza, 25 maio 2006. Disponível em: <https://www.gov.br/dnocs/pt-br/assuntos/noticias/noticia-site-antigo-2006>. Acesso em: 21 ago. 2025.

G1. **Famílias de mortos em tragédia no PI aguardam há 5 anos por indenizações**. Piauí, 27 maio 2014. Disponível em: <https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2014/05/familias-de-mortos-em-tragedia-no-pi-aguardam-ha-5-anos-por-indenizacoes.html>. Acesso em: 10 set. 2025.

G1. **Quatro anos da tragédia em Brumadinho: 270 mortes, três desaparecidos e nenhuma punição**. Minas Gerais, 25 jan. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2023/01/25/quatro-anos-da-tragedia-em-brumadinho-270-mortes-tres-desaparecidos-e-nenhuma-punicao.ghtml>. Acesso em: 1 jul ago. 2025.

G1. **Rompimento de barragens em Mariana: perguntas e respostas**. Ciência e Saúde, 11 nov. 2015. Disponível em: <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2015/11/rompimento-de-barragens-em-mariana-perguntas-e-respostas.html>. Acesso em: 25 ago. 2025.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. **Simpósio Paraibano de Segurança de Barragens discute procedimentos de inspeção e manutenção de reservatórios**. João Pessoa, 29 nov. 2023. Disponível

em: <https://paraiba.pb.gov.br/noticias/simposio-paraibano-de-seguranca-de-barragens-discute-procedimentos-de-inspecao-e-manutencao-de-reservatorios>. Acesso em: 3 set. 2025.

INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS (ICOLD). **Dams – Role of dams**. [S.l.]: ICOLD, [s.d.]. Disponível em: <https://www.icold-cigb.org/gb/dams/dams.asp>. Acesso em: 10 jul. 2025.

JORNAL DA PARAÍBA. **STJ confirma que desastre de Camará foi provocado por falta de manutenção da barragem**, 29 mar. 2023. Disponível em: <https://jornaldaparaiba.com.br/politica/conversa-politica/barragem-de-camara-20-anos-decisao-stj>. Acesso em: 5 out. 2025.

POFF, N. Leroy; HART, David D. **How dams vary and why it matters for the emerging science of dam removal: An ecological classification of dams is needed to characterize how the tremendous variation in dam size, operational mode, age, and number in a watershed influences the potential for restoring regulated rivers through dam removal**. *BioScience*, v. 52, n. 8, p. 659–668, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0659:HDVAWI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0659:HDVAWI]2.0.CO;2). Acesso em: 20 jul. 2025.