

INSPEÇÃO TÉCNICA: ESTUDO DE CASO DA BARRAGEM PAU FERRO LOCALIZADA NA ZONA DA MATA SUL DE PERNAMBUCO

Micael Gomes de Lima (Centro Universitário Maurício de Nassau-Recife)

E-mail: micaellima201@gmail.com

Alice Jadneiza Guilherme de Albuquerque Almeida (Centro Universitário Maurício de Nassau-Recife)

E-mail: aliceguilherme@hotmail.com

Resumo: Obras hidráulicas são de grande importância para acumulação e distribuição de água, com isso, foi construída uma barragem em Concreto Compactado com Rolo (CCR) no município de Quipapá/PE, região da Mata Sul de Pernambuco, visando solucionar o problema de abastecimento de água em cinco cidades do Agreste de Pernambucano. Com apenas 5 anos de idade a barragem já apresentava manifestações patológicas expressivas. Atualmente, além das anomalias, a barragem conta com a inexistência dos projetos sobre a sua concepção, da mesma forma existindo a carência de planos emergenciais e manutenções. O objetivo da pesquisa foi investigar o histórico, arranjo, segurança e manifestações patológicas presentes no reservatório. Para isso, realizou-se visitas à Barragem Pau Ferro, tendo como intenção observar o seu corpo e localizar a maior quantidade de anomalias. As análises dos Relatórios de Inspeção de Segurança Regular do reservatório em questão complementaram a investigação sobre essas irregularidades, como também a análise de pesquisas bibliográficas sobre o tema barragens. A metodologia empregada foi fundamental para possibilitar uma visão atual da situação da barragem, que apresenta carência de documentos essenciais e reparos que são indispensáveis para a segurança da comunidade residente a jusante da barragem, ela garantiu ainda a constatação de anomalias em diversos pontos do paramento de montante e jusante, galerias de drenagem, vertedouro, bacia de dissipação e torre de comando.

Palavras-chave: Barragens, Má Conservação, Fiscalização, Recuperação.

TECHNICAL INSPECTION: CASE STUDY OF PAU FERRO DAM LOCATED IN THE SOUTH RAINFOREST ZONE OF PERNAMBUCO

Abstract: Hydraulic works are of great importance for the accumulation and distribution of water, therefore, a dam in Rolled Compacted Concrete (CCR) was built in the municipality of Quipapá/PE, in the Mata Sul region of Pernambuco, in order to solve the problem of water supply in five cities in the Agreste region of Pernambuco. With only 5 years old, the dam already presented expressive pathological manifestations. Currently, in addition to the anomalies, the dam has no projects in its design, as well as a lack of emergency and maintenance plans. The objective of the research was to investigate the history, arrangement, safety and pathological manifestations present in the reservoir. For this, visits were made to the Pau Ferro dam, in order to observe its body and locate the largest number of anomalies. The analysis of the Regular Safety Inspection Reports of the reservoir in question complemented the investigation of these irregularities, as well as the analysis of bibliographical research on the subject of dams. The methodology employed was essential to provide a current view of the situation of the dam, which lacks essential documents and indispensable repairs for the safety of the community residing downstream of the dam, it also ensured the finding of anomalies in various parts of the dam facing the dam upstream and downstream. downstream, drainage galleries, spillway, dissipation basin and control tower.

Keywords: Dams, Bad Conservation, Inspection, Recovery.

1. Introdução

O abastecimento de água da população do Agreste Pernambucano sempre foi um problema de difícil solução. Os recursos hídricos nessa e em outras regiões do estado,

são, nos seus aspectos quantitativos e qualitativos, limitantes e condicionantes para seu desenvolvimento econômico e social (SILVA, 2018). Obras hidráulicas são de enorme ajuda para acumulação e distribuição de água. Por exemplo, as barragens que têm o objetivo de acumular grandes quantidades de água, formando represas e reservatórios, que abastecem as cidades (GOMES; TEXEIRA, 2017).

Visando solucionar o problema de abastecimento de água de algumas cidades do agreste pernambucano, a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) resolveu introduzir uma barragem em um manancial próspero, localizado no município de Quipapá, Zona da Mata Sul de Pernambuco. A escolha da área ocorreu em virtude da boa localização aos municípios que seriam beneficiados pela obra. Então, para atender esse objetivo, nasceu a Barragem Pau Ferro, um reservatório em concreto compactado com rolo (CCR). De acordo com Cardoso et al. (2007), esse método de construção tem como característica a baixa necessidade de mão de obra, maior produtividade dos equipamentos, maior velocidade construtiva e redução de custos.

Determinados fatores podem aumentar o risco de incidentes ou até mesmo fortalecer a possibilidade de rompimentos de barragens, resultando em perdas de vidas humanas, problemas ambientais e socioeconômicos. Deficiências de projeto, construção e a ausência de uma manutenção adequada, são alguns desses fatores (AMORA SILVA; SILVA FILHO, 2013). As barragens necessitam de cuidados e manutenções constantes para evitar e corrigir anomalias, garantindo que elas permaneçam operando e capazes de realizar suas finalidades de projeto, garantindo segurança às pessoas e propriedades a sua jusante (MIRANDA, 2016).

Uma notícia divulgada no site do Ministério Público de Pernambuco (MPPE) na data de 21/11/2019 relata que foi realizada uma audiência após denúncias, onde foram discutidas as condições estruturais e a manutenção da Barragem Pau Ferro. O engenheiro representando a COMPESA expôs que o reservatório não tem um Plano de Ação Emergencial (PAE) e projetos sobre a construção do empreendimento, porém providências já estão sendo tomadas, ainda segundo o profissional, já teria sido aprovado o orçamento para a elaboração de todos os projetos perdidos/faltantes, assim como reparos básicos de manutenção e criação de um PAE. No entanto, segundo a COMPESA (2022), nenhuma dessas ações foram concretizadas até o presente momento da pesquisa.

Então, diante dessa problemática surgiu a seguinte pergunta: Qual a situação atual da Barragem Pau Ferro? Nesse sentido, é necessário compreender a atual situação do reservatório, identificando as principais anomalias que atingem a barragem de Quipapá, através de visitas em campo e registros fotográficos.

2. Barragem de concreto compactado com rolo (CCR)

Desde o princípio, os materiais mais usados para construção de barragens eram as pedras, terra, alvenaria e madeira. Com o tempo concreto ganhou visibilidade e passou a ser um dos materiais de construção empregado em barragens, graças às suas características únicas de durabilidade, baixo custo de produção, disponibilidade de materiais e adaptação a formas (POSSAN, 2012). Ao longo dos anos ocorreu uma grande evolução na construção de barragens, além de um expressivo desenvolvimento na tecnologia de concreto em barragens, tendo como grande visibilidade o CCR (CARDOSO et al., 2007).

O CCR é um método executivo com características únicas de uso intensivo de equipamentos empregados em obras de terra, utilizando o concreto, buscando obter um

elevado desempenho em velocidade de lançamento, junto ao baixo custo. Como faz o uso de equipamentos para colocação e compactação do concreto, aumenta a velocidade de execução e reduz a necessidade de mão de obra (MARQUES FILHO, 2005).

3. Metodologia

3.1 Área de estudo e histórico da obra

A Barragem Pau Ferro fica situada sobre o rio Pirangi, distrito de Pau Ferro, na zona rural do município de Quipapá-PE e tem uma altitude aproximada de 522 m. Distância de 216 km da cidade do Recife/PE e 12 km do centro de Quipapá/PE. Na Figura 1 é observada a localização de Quipapá no estado de Pernambuco, logo mais abaixo, na mesma figura, imagens de satélite da Barragem Pau Ferro.



Figura 1 - Localização de Quipapá em Pernambuco e da Barragem no município (Adaptado do IBGE (2021); adaptado do Google Maps (2021)).

Segundo uma estimativa do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (2022), a população quipapaense é composta por 26.309 pessoas. De acordo com as informações obtidas no site Clima-date.org, o clima da região é tropical chuvoso, quente e úmido, a precipitação apresenta uma média anual de 991 mm e ainda uma temperatura média anual de 21,9°C. Existe muito mais pluviosidade no inverno do que no verão, sendo novembro o mês mais seco e tem 41 mm de precipitação, já em junho cai a maioria da precipitação, com uma média de 127 mm.

A COTEC apresentou à COMPESA em 1998, três alternativas de barragem, de tipos e processos construtivos distintos, porém mantendo-se o mesmo nível de armazenamento de 12 milhões de metros cúbicos de água. A solução de menor custo adotada pela COMPESA foi de uma barragem em CCR, com vertedouro central e em degraus de R\$ 3.260.000,00. A construção foi realizada em duas etapas, a primeira de julho/2000 a outubro/2001 com o custo de R\$ 4,5 milhões e a segunda etapa em janeiro/2002 a dezembro/2002, com o custo de R\$ 1,5 milhões, totalizando R\$ 6 milhões em toda a obra, valor bem acima do estipulado inicialmente (GUILHERME, 2021).

A barragem em CCR com degraus no vertedouro e nos barramentos apresenta uma altura máxima de 32,62m (Figura 2), isso desconsiderando a fundação, já que todos os documentos e projetos do reservatório foram perdidos, não sabendo assim da sua profundidade e características. Ela apresenta uma extensão pelo coroamento de 216,25m.



Figura 2 - Barragem Pau Ferro.

O vertedouro incorporado à barragem tem uma largura de 58,18 m, com a capacidade de escoar, sem danos à barragem, a cheia máxima provável, cujo pico máximo é de 1.280 m³/s com um volume de aproximadamente 34 milhões de m³. A largura da crista é de 5,07 m. O reservatório é composto também por duas galerias de drenagem, as setas na Figura 3 indicam os seus respectivos acessos que ficam situados nos barramentos. Tanto o portão que dá acesso à galeria do barramento esquerdo, quanto o direito estão obstruídos em razão da vegetação crescente na barragem.



Figura 3 - Localização das galerias de drenagem na barragem.

A barragem é composta por uma torre de comando situada junto ao paramento de montante da barragem. Essa torre serve como abrigo para o sistema de acionamento das comportas das tubulações, a descarga de fundo e o abastecimento.

3.2 Coleta e análises das informações

Foram realizadas várias visitas a campo, com registros fotográficos da Barragem Pau Ferro com a intenção de verificar por meio de inspeções visuais e manuais quais seriam as manifestações patológicas presentes no reservatório. Foi seguida a metodologia do Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragens (2016), que recomenda andar sobre todo o corpo da barragem, tendo como alvo observar o seu arranjo por diferentes pontos de vista, a fim de localizar a maior quantidade de anomalias.

O levantamento primário das informações foi realizado por meio de teses, artigos acadêmicos, trabalhos de conclusão de curso. A COMPESA, que é a responsável pela

administração e manutenção da barragem, forneceu um relatório parcial do reservatório de 1998, realizado pela COTEC que contém previsões e informações básicas sobre a possível construção da barragem.

Foram realizadas análises também dos Relatórios da Inspeção de Segurança Regular (RISR) do reservatório dos anos de 2019 e 2020, realizados pela COMPESA e assim confrontando com as patologias descobertas nas visitas do presente estudo. Algumas anomalias verificadas nas visitas à barragem não constam mencionadas nos registros desses RISR. Dessa forma, se teve uma visão completa das principais manifestações presentes.

4. Resultados e discussão

4.1 Anomalias encontradas em Pau Ferro

No estado de Pernambuco a APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima) tem como atribuição estabelecer a segurança de barragens, pois tem o domínio do corpo hídrico do estado (APAC, 2022). A APAC determina o período de execução ou renovação do Plano de Segurança de Barragens, da Inspeção de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Barragem e do Plano de Ação de Emergência (ANDRETTA, 2020).

Similar às outras obras da engenharia, as barragens precisam de cuidados e manutenções contínuas para garantir sua segurança e estarem em conformidade com as especificações de projeto (MIRANDA, 2016). As patologias são capazes de afetar a segurança das barragens a curto e longo prazo, essas anomalias podem apresentar diversas origens que ocorrem em conjunto ou em sequência com a junção desses defeitos através do tempo (LEITE, 2019). Através das observações realizadas em diversas visitas ao corpo da Barragem Pau Ferro foi possível localizar as patologias e problemas que podem implicar em sua segurança.

Silva et al. (2020) aplicaram um questionário em uma amostra de 86 pessoas no meio de 1200 indivíduos que vivem a jusante da Barragem Pau Ferro, para saber a opinião a respeito do empreendimento. Para 95% dos entrevistados, as informações sobre a segurança da barragem não estão sendo repassadas corretamente. A enquete também informa que 91% destes indivíduos não confiam na segurança do reservatório, 75% já sentiram medo de um possível rompimento da barragem e que 98% desejariam um plano de ação imediato. Esse questionário reforça que existe por parte da população a sensação de medo, por se tratar de uma barragem de enormes dimensões e desconhecem as suas reais condições técnicas, ausência de um PAE e manutenções regulares.

4.1.1 Paramento de Jusante

A falta de capinação nos períodos chuvosos fez com que surgisse uma vegetação densa nos barramentos, ombreiras e degraus direito e esquerdo do reservatório (Figura 4), na grande maioria de porte pequeno, no entanto há alguns de médio porte. É primordial realizar a remoção de toda a vegetação que afeta a barragem, essa ação facilitará o acesso a barragem e novas inspeções poderão ser realizadas. Como também a avaliação de possíveis desgastes dos degraus causados pelas raízes dessa vegetação, procurando uma solução para recuperar os mesmos, para tal, é necessário a avaliação de um profissional em tecnologia do concreto.

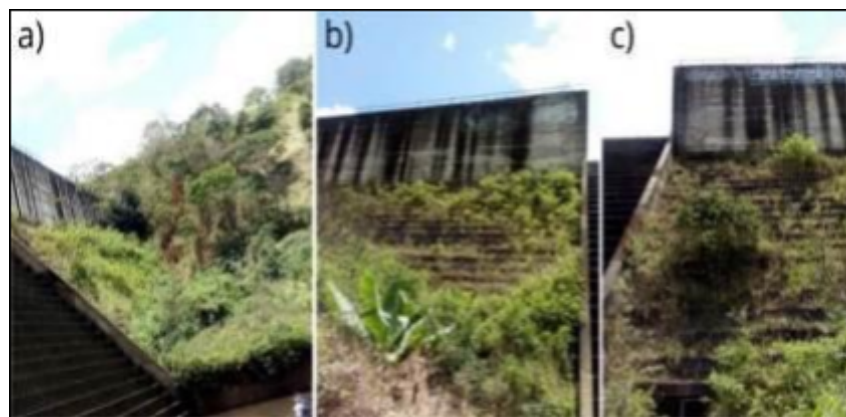


Figura 4 - Vegetação no barramento e ombreira (a). Vegetação no barramento direito e seus degraus (b). Vegetação no Barramento esquerdo e seus degraus (c).

Ninhos de concretagem foram encontrados em diversos pontos do reservatório (Figura 5), exclusivamente nos barramentos esquerdo, direito e vertedouro. Foi observado que na região das bicheiras existe a segregação do concreto, é recomendável a realização de análises de caracterização para adquirir o exato cenário do barramento e instituir a melhor restauração. Além de um incômodo estético, ninhos de concretagem são capazes de prejudicar a durabilidade e resistência de estruturas de concreto, causando deformidades ou até mesmo esgotamento (NAKAMURA, 2019).



Figura 5 - Ninhos de concretagem no barramento de jusante (a). Ninhos de concretagem nos degraus do barramento esquerdo (b). Ninhos de concretagem nos degraus do barramento direito (c).

Uma possível intervenção em bicheiras, já vista no item Ninhos de concretagem da presente pesquisa, é realizar a reconstrução da região afetada, porém é essencial retirar todo o material segregado, limpar antes de empregar o produto específico, o que vai permitir a aderência do novo concreto ao antigo, e finalmente aplicar a argamassa ou concreto com características mecânicas semelhantes aos do original.

4.1.1 Paramento de Montante

Foi possível apenas investigar a parte fora d'água do paramento de montante. O próprio apresenta concreto abaixo do nível máximo de enchimento com deterioração, por outro lado, o concreto acima apresenta melhor condição, conforme a Figura 6. O RISR de 2019 indica que as manchas claras e escuras acima da deterioração indicam uma

possível porosidade no concreto e conseqüentemente podem estar causando infiltrações no paramento de jusante. Mas é necessário considerar ainda as possíveis existências de juntas de dilatação desgastadas ou fissuras, isto é, locais pois possam causar o surgimento de água no paramento de jusante. Para as devidas intervenções no paramento de montante é indispensável ter conhecimento sobre as características da qualidade do concreto.

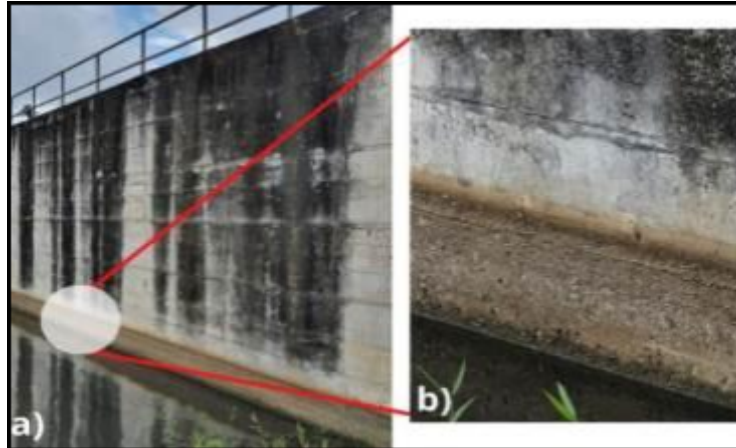


Figura 6 - Paramento de montante apresenta manchas (a). Detalhes da deterioração (b).

4.1.1 Galerias de Drenagem

O ingresso nas galerias de drenagem se deu através da entrada localizada no lado direito do barramento da barragem. A falta de iluminação do local dificulta a locomoção, foi necessário o uso de lanternas para a inspeção. De acordo com Cardia e Kupermann (2013), infiltração é a vazão de água por meio de fissuração, juntas de construção maltratadas, tubulação mal vedada, veda juntas deficientes, concreto deteriorado ou qualquer outra abertura de concreto da barragem.

As duas galerias apresentam diversos pontos de infiltrações com a presença de fluxo de água, umidade no concreto, eflorescência e a formação de estalactites nas paredes, teto e degraus de coloração avermelhada (Figura 7).



Figura 7 - Fluxo d'água no teto e paredes da galeria de drenagem (a). Eflorescência avermelhada e muita umidade na parede de concreto (b). Presença de estalactites no teto da galeria de drenagem (c). Infiltrações e eflorescência na região dos degraus e parede da galeria (d) e (e).

São essenciais estudos que desvendam as origens dessas infiltrações, com a finalidade de trazer a estanqueidade novamente ao local, bem como a averiguação da qualidade do concreto e o estado das armaduras que possivelmente entraram em processo corrosivo. A localização de cada ponto de infiltração será fundamental para verificar se existem vínculos entre a posição das juntas de dilatação, possivelmente deterioradas, a presença de fissuras no paramento de jusante ou montante, concreto deteriorado e a surgimento da água no local.

A laje da galeria de drenagem da barragem apresenta uma deformação expressiva, que é a alteração no elemento estrutural, além dos diversos pontos de infiltrações já mencionados. Essa deformação pode ter sido causada por erros de projeto, erros na execução ou falta de manutenção. A possível causa da deformação observada na Figura 8, foram as infiltrações presentes na galeria de drenagem do reservatório. A água pode ter causado o desgaste e corrosão das armaduras da laje, resultando na diminuição da resistência aos esforços mecânicos da estrutura, gerando assim a deformação vista.



Figura 8 - Deformação na laje da galeria de drenagem.

Foi avistada ainda uma abertura de 3 mm no teto da galeria de drenagem (Figura 9). Para estimativa da largura dessa abertura fez-se o uso de uma régua plástica. Esse problema também necessita da avaliação de profissionais na área do concreto que vão definir uma conduta a ser adotada para a solução, já que essa abertura permite a entrada de agentes agressivos. Os estudos mostrarão se essa abertura é ativa ou passiva, ou seja, se varia ou não ao longo do tempo.



Figura 9 - Abertura na laje da galeria de drenagem (a) e (b).

É possível observar na Figura 10, que o concreto das paredes da galeria de drenagem apresenta um alto grau de deterioração, podendo ser facilmente extraído manualmente.

Faz-se necessário a realização de ensaios que possam identificar a origem dessas manifestações, existindo a possibilidade de uma possível deterioração química, além das falhas de projeção ou exceção.





Figura 10 - Esfarelamento na galeria de drenagem.

As deficiências físicas no concreto, como o aumento da porosidade e permeabilidade, fissuração e diminuição da resistência são brechas para o surgimento das reações químicas (DNIT 090/2006). Sobre a qualidade do concreto, devem ser realizados ensaios e análises com o propósito de encontrar a melhor maneira que possa anular essa anomalia.

4.1.1 Vertedouro

Identificou-se a existência da presença de água nos degraus finais do vertedouro da barragem, próximo da bacia de dissipação, mais especificamente nas juntas de dilatação. Todos os registros fotográficos foram realizados em período de estiagem, descartando um possível sangramento do reservatório. Além disso, foi observado o processo de corrosão da armadura no muro do vertedouro, ocasionada pela falta de concreto. O Quadro 1 apresenta as patologias descritas anteriormente.

Quadro 1 - Patologias encontradas no vertedouro.

Patologia	Causa	Consequência	Imagens das patologias
Infiltrações no vertedouro	Pontos de infiltrações localizados nas juntas de dilatação.	Processo de corrosão das armaduras e o agravamento da situação.	 <p>Fonte: O autores (2021).</p>
Armadura exposta no muro do vertedouro.	Processo de corrosão ocasionada pela falta de concreto.	Diminuição da resistência aos esforços mecânicos da estrutura.	 <p>Fonte: O autores (2021).</p>

Fonte: Os autores (2021).

4.1.1 Bacia de dissipação

Identificou-se que a bacia de dissipação da barragem apresentava acúmulo de sedimentos. O RISR de 2020 relata que essa acumulação é resultado de um deslizamento de terra no talude localizado à frente da barragem, o material foi arrastado para a bacia de dissipação, deixando-a parcialmente assoreada (Figura 11). É conveniente realizar a remoção de todo material que ocupa de forma parcial a bacia, objetivando a restauração de sua função, como também, estudos para a estabilização de taludes a jusante da barragem.



Figura 11 - Assoreamento na bacia de dissipação

4.1.1 Torre de comando

Ao percorrer a crista da barragem, verificou-se que a torre de comando apresentava fissuras em diversos pontos do teto e paredes, falta de iluminação e portão de acesso enferrujado com falha no chumbamento à estrutura de alvenaria de bloco de concreto. Essa torre tem a designação de cobertura para o sistema de acionamento das comportas de descargas de fundo e abastecimento.

Consta no RISR de 2020, que ambos os sistemas de acionamento das comportas estão inoperantes. O sistema da descarga de fundo devido ao seu pórtico e guias de acionamento que estão danificados e desmontados, ainda a ausência de algumas peças vitais que garantem o seu funcionamento. Similar aos problemas do sistema anterior, o acionamento de abastecimento apresenta pedestal sem volante e oxidação das hastes e mancais, tornando-o inoperante (Figura 12).



Figura 12 - Danos na torre de comando (a). Sistema de acionamento da comporta da descarga de fundo (b) Sistema de acionamento da comporta de abastecimento (c).

5. Considerações finais

A Barragem Pau Ferro foi alvo de denúncias ao MPPE por apresentar diversas irregularidades, resultando em medo nas comunidades que vivem a sua jusante. O estudo possibilitou uma visão da atual situação de Pau Ferro no que diz respeito a sua segurança e manifestações patológicas presentes, já que o rompimento de uma barragem pode ocasionar diversos problemas sociais, econômicos e ambientais.

Pau Ferro é desprovida de documentações e projetos básicos, mas essenciais, além disso, sofre com a falta de um PAE, que em uma eventual adversidade que possa atingir a barragem, ajudaria a população precavendo estragos sociais, econômicos e ambientais. Para garantir a segurança da barragem, comunidade e a assistência para realização de novas inspeções e pesquisas sobre o reservatório, é oportuno a realização do PAE e a recriação dos projetos perdidos/faltantes.

Para tratar as patologias encontradas no reservatório são necessários estudos detalhados sobre as mesmas e ainda o seu impacto em todo o reservatório, que visem reduzir ou anular qualquer problema. É de extrema importância que as visitas técnicas sejam feitas regularmente pela COMPESA e que ações corretivas sejam aplicadas. Em 17 anos de existência, a Barragem Pau Ferro foi inspecionada apenas em 2007, 2009, 2019 e 2020, segundo consta no RISR de 2019, sendo que, é mencionada ainda a presença de infiltrações na galeria de inspeção em 2007.

A metodologia empregada foi vital para o desenvolvimento de toda a pesquisa. Todavia, limitações impediram a realização de um trabalho mais amplo, já que não existem informações sobre as características técnicas do processo construtivo da barragem.

Referências

- AMORA SILVA, M. B. F.; SILVA FILHO, F. C. **Avaliação de segurança em barragem por inspeção visual: estudo de múltiplos casos no Estado do Ceará**. Rev. Tecnol. Fortaleza, v. 34, n. 1 e 2, p. 33-45, dez. 2013.
- ANA – Agência Nacional do Águas. **Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem – Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens, Volume II**. Brasília/DF, 2016. 218 p.
- ANDREETTA, A. B. **AVALIAÇÃO COMPARATIVA DOS MARCOS REGULATÓRIOS ESTADUAIS DE SEGURANÇA DE BARRAGENS DE USOS MÚLTIPLOS DO BRASIL**. Tese (Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos). Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira/SP, 2020. 395 p. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/202720>>. Acesso em: 27 jan. 2021.
- APAC - Agência Pernambucana de Águas e Climas. **SEGURANÇA DE BARRAGENS**. Recife/PE (2022). Disponível em: <<https://www.apac.pe.gov.br/seguranca-de-barragens>>. Acesso em: 07 dez. 2022.
- CARDIA, R. J.; KUPERMANN, S. **Anomalias em barragens: Curso de segurança de barragens**. 2013. 110 p.
- CARDOSO, L. S.; SILVESTE, M. I. B. S.; SILVA, B. S.; TINÓS, R.; GOMES, C.A. **Uso do concreto compactado em rolo em barragens**. XI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VII Encontro Latino Americano de Pós Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. 2007. 3 p.
- CLIMATE-DATA.ORG. **Clima: Quipapá**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/pernambuco/quipapa-43051/>>. Acesso em: 12 mar. 2021.
- COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento. **Inspeção de Segurança Regular na Barragem de Pau Ferro (2019)**. Quipapá/PE, 2019.
- COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento. **Inspeção de Segurança Regular na Barragem de Pau Ferro (2020)**. Quipapá/PE, 2020.
- COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento. **Inspeção de Segurança Regular na**

Barragem de Pau Ferro (2022). Quipapá/PE, 2022.

COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento; COTEC – Consultoria Técnica Ltda. **1º Relatório parcial da barragem Pau Ferro.** Recife/PE, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT **090/2006-ES: Patologias do concreto – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro/RJ, 2006.

GOMES, M. O.; TEIXEIRA, R. L. **Análise e desenvolvimento de projeto construtivo de uma pequena barragem de terra no córrego da cava – Morrinhos/GO, com foco na segurança.** Tese (Bacharel em Engenharia Civil e desenvolvido na linha de pesquisa Geotecnia e Obras de Terra). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG. Aparecida de Goiânia/GO, 2017. 52 p.

GUILHERME, R. C. C.; OUVIDORIA DA COMPESA. **Resposta da Solicitação** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <gcon@ati.pe.gov.br> em 31 mar. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/quipapa/panorama>>. Acesso em: 12 Dez. 2022.

LEITE, S. R. **Modelo para Avaliação de Riscos em Segurança de Barragens com Associação de Métodos de Análise de Decisão Multicritério e Conjuntos Fuzzy.** Tese (Dissertação apresentada como requisito parcial para conclusão do Mestrado Profissional em Computação Aplicada). Universidade de Brasília. Brasília/DF. 2019. 222 p.

MARQUES FILHO, J. **MACIÇOS EXPERIMENTAIS DE LABORATÓRIO DE CONCRETO COMPACTADO COM ROLO APLICADO ÀS BARRAGENS.** Porto Alegre/RS. 2005.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE PERNAMBUCO. PROMOTORIA DE JUSTIÇA DE QUIPAPÁ. **Quipapá: condições estruturais da Barragem Pau Ferro é tema de audiência promovida pelo MPPE.** Disponível em: <<http://www.mppe.mp.br/mppe/comunicacao/noticias/11949-quipapa-condicoes-estruturais-da-barragem-pau-ferro-e-tema-de-audiencia-promovida-pelo-mppe>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

MIRANDA, A. N. **Inspeção e Segurança de Barragens.** 2016. 25 p. Disponível em: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2207/1/Material_didatico_-_Parte_I.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2020.

NAKAMURA, J. **Vazios de concretagem põem em risco desempenho de estruturas de concreto armado.** AECWEB, 2019.

POSSAN, E. **Barragens de concreto. Curso de segurança de barragens.** 2012. 63 p.

SILVA, E. T.; COUTINHO, A. P.; SILVA, S. M.; BEZERRA, E. V. M.; ARAÚJO, A. M. Q. **Avaliação da aplicação do método ISB para análise da segurança da barragem de Quipapá-PE.** XV SRHNE - Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2020. Disponível em: <<http://abrh.s3.amazonaws.com/Eventos/Trabalhos/130/XV-SRHNE0316-1-20200819-234723.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2021.

SILVA, M. G. L. **Água, conhecimento e ação local: cartilha como instrumento de aprendizagem.** Tese (Dissertação apresentada como parte das exigências do Mestrado Profissional). Universidade Federal de Pernambuco Recife/PE. 2018. 76 p.