

**Condições operacionais de barragens destinadas ao armazenamento de água no Vale do
Rio Pajeú, Brasil**

**Operational conditions of dams intended for water storage in the Pajeú River Valley,
Brazil**

**Condiciones operativas de presas destinadas al almacenamiento de agua en el valle del
río Pajeú, Brasil**

Recebido: 27/09/2020 | Revisado: 29/09/2020 | Aceito: 02/10/2020 | Publicado: 04/10/2020

Ana Karlla Penna Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4717-6359>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: karllapenna@hotmail.com

Genival Barros Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0042-1633>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: barrosjunior@yahoo.com.br

Resumo

Dentre os problemas relacionados aos recursos hídricos no Brasil, além do uso inconsciente e em demasia feito pela população, é a sua distribuição geográfica irregular. Um dos rios mais importantes e que constitui a maior bacia hidrográfica pernambucana é o Pajeú. Por se tratar de rio intermitente, uma das principais iniciativas do poder público para aumentar a oferta hídrica ao longo do tempo foi e continua sendo a construção de grandes obras hidráulicas como açudes e barragens, cujo propósito é de armazenar água para abastecimento das cidades, agricultura e pecuária. No entanto, ao visualizarmos a conservação destes reservatórios e suas respectivas bacias de armazenamento ao longo da bacia, constata-se que o estado atual das condições operacionais destes corpos hídricos apresenta uma visível e preocupante decadência, grande parte em função da ausência de ações do poder público destinadas ao manejo e conservação dos mesmos. Em função deste quadro de degradação das estruturas hídricas, o presente trabalho se propôs a levantar o nível de deterioração em que se encontram os 6 dos principais corpos hídricos do Rio Pajeú e seus afluentes. Constatou-se que a maioria das estruturas apresentam um quadro de abandono preocupante e podem ser classificadas

como de alto dano potencial associado e alta categoria de risco, portanto, propensas a rupturas caso permaneçam sem a contemplação a curto prazo de um plano de manutenção preventivo.

Palavras-chave: Segurança de barragens; Abastecimento de água; Rio endorreico; Obras hidráulicas.

Abstract

Among the problems related to water resources in Brazil, besides the unconscious and excessive use made by the population, it is their irregular geographical distribution. One of the most important rivers and which constitutes the largest hydrographic basin in Pernambuco is the Pajeú. As it is an intermittent river, one of the main initiatives of the government to increase the water supply over time was and continues to be the construction of large hydraulic works such as weirs and dams, whose purpose is to store water for supplying cities, cultivation of land and animal breeding. However, when viewing the structures of these reservoirs and their respective storage basins along the basin, it appears that the current aspect of the operational conditions of these water bodies presents a visible and worrying decay, largely due to the absence of power actions aimed at their management and conservation. Due to this situation of water structure degradation, the present work proposed to raise the level of deterioration in which the 6 of the main water bodies of the Pajeú River and its tributaries are found. It was found that most structures present a worrying abandonment situation and can be classified as having high associated potential damage and high risk category, therefore, prone to ruptures if they remain without the short-term contemplation of a preventive maintenance plan.

Keywords: Dam safety; Water supply; Endoreic river; Hydraulic works.

Resumen

Entre los problemas relacionados con los recursos hídricos en Brasil, además del uso inconsciente y excesivo que hace la población, es su distribución geográfica irregular. Uno de los ríos más importantes y que constituye la mayor cuenca hidrográfica de Pernambuco es el Pajeú. Al tratarse de un río intermitente, una de las principales iniciativas del gobierno para incrementar el suministro de agua en el tiempo fue y sigue siendo la construcción de grandes obras hidráulicas como presas y embalses, cuya finalidad es almacenar agua para abastecimiento de ciudades, cultivos de la tierra y la cría de animales. Sin embargo, al observar las estructuras de estos reservorios y sus respectivas cuencas de almacenamiento a lo largo de la cuenca, parece que el aspecto actual de las condiciones operativas de estos cuerpos

de agua presenta un deterioro visible y preocupante, en gran parte debido a la ausencia de acciones de poder dirigidas a su manejo y conservación. Debido a esta situación de degradación de la estructura hídrica, el presente trabajo propuso elevar el nivel de deterioro en el que se encuentran los 6 de los principales cuerpos de agua del río Pajeú y sus afluentes. Se encontró que la mayoría de las estructuras presentan una situación de abandono preocupante y pueden clasificarse como de alto potencial de daño asociado y categoría de alto riesgo, por lo tanto, propensas a roturas si permanecen sin la contemplación a corto plazo de un plan de mantenimiento preventivo.

Palabras clave: Seguridad de las presas; Abastecimiento de agua; Río endorreico; Obras hidráulicas.

1. Introdução

O globo terrestre possui cerca de 75% de água em toda sua extensão, porém, por sua condição natural e de origem (geleiras congeladas e oceanos salgados), apenas 3 % de toda esta água é apta para o consumo humano ou animal. Nesta conjuntura o Brasil é um país privilegiado por possuir aproximadamente 12% de toda a água potável mundial.

Por outro lado, um dos problemas relacionados aos recursos hídricos no Brasil, além do uso inconsciente e em demasia feito pela população, é a sua distribuição geográfica irregular onde apenas 3% destes recursos estão localizados no Nordeste (grande parte subterrânea e com teores de sais acima do permitido para o consumo humano e de animais) e ainda em menor proporção na sua região Semiárida (Ministério da Integração Nacional [MI], 2005). O Estado de Pernambuco tem 88% de toda sua área inserida nesta região semiárida, cuja precipitação média é igual ou inferior a 800 mm/ano e possui alto risco de ocorrência de eventos extremos de seca em função dos baixos índices pluviométricos e com chuvas submetidas a uma grande variabilidade temporal e espacial (Ministério da Integração Nacional [MI], 2017).

Neste contexto, um dos rios mais importantes do Estado de Pernambuco e que constitui a maior bacia hidrográfica pernambucana é o Pajeú. Este nasce no município de Brejinho – PE e deságua na barragem de Itaparica com foz localizada entre os Municípios de Floresta e Itacuruba, ambos em território pernambucano, percorrendo 353 km de extensão e margeando 27 municípios. É um rio cuja drenagem desemboca no interior do continente direcionando-se para outro rio (o Pajeú tem sua foz no Rio São Francisco) ou lago, apresentando regime intermitente, sendo de domínio estadual cuja gestão é de

responsabilidade da Agência Pernambucana de Águas e Climas - APAC. Por se tratar de rio intermitente uma das principais soluções para aumentar a oferta hídrica encontrada pelos Governos Federais e Estaduais ao longo dos anos foi a construção de grandes obras hidráulicas como açudes e barragens, cujo propósito é de armazenar água para abastecimento das cidades e para o cultivo de terras e criatórios de animais.

Açudes e barragens são considerados tecnologias sociais de convivência com a seca, instaladas no leito de um rio a fim de represar certa quantidade de água, sendo o último de maior extensão. No entanto, possuem desvantagens consideráveis quando instaladas em regiões semiáridas e que devem ser levadas em conta quando de seu planejamento, pois quanto maior sua extensão, maior será a perda de água armazenada por evaporação e, como toda obra hidráulica, necessitam de acompanhamento técnico especializado para manejo, fiscalização, manutenção e reparos quando necessários (Ministério da Integração Nacional [MI], 2002).

Ao longo do Rio Pajeú existem 30 reservatórios com capacidade acima de 1 milhão de m³ de água, sendo a barragem de Serrinha II a que possui maior potencial de armazenamento com 311 milhões de m³. No entanto, ao visualizarmos as principais obras de armazenamento de água ao longo do Rio Pajeú, constata-se que o estado atual das condições operacionais destes corpos hídricos apresenta uma visível e preocupante decadência, grande parte em função da ausência de ações do poder público destinadas ao manejo e conservação dos mesmos, onde, em muitos dos casos, já é possível observar fissuras, estruturas danificadas, infiltrações, vazamentos, acúmulo de materiais carreados e de uma grande quantidade de sedimentos, além da presença de árvores no leito a montante e a jusante dos barramentos, o que põe em risco a qualidade da água e o investimento público feito na região.

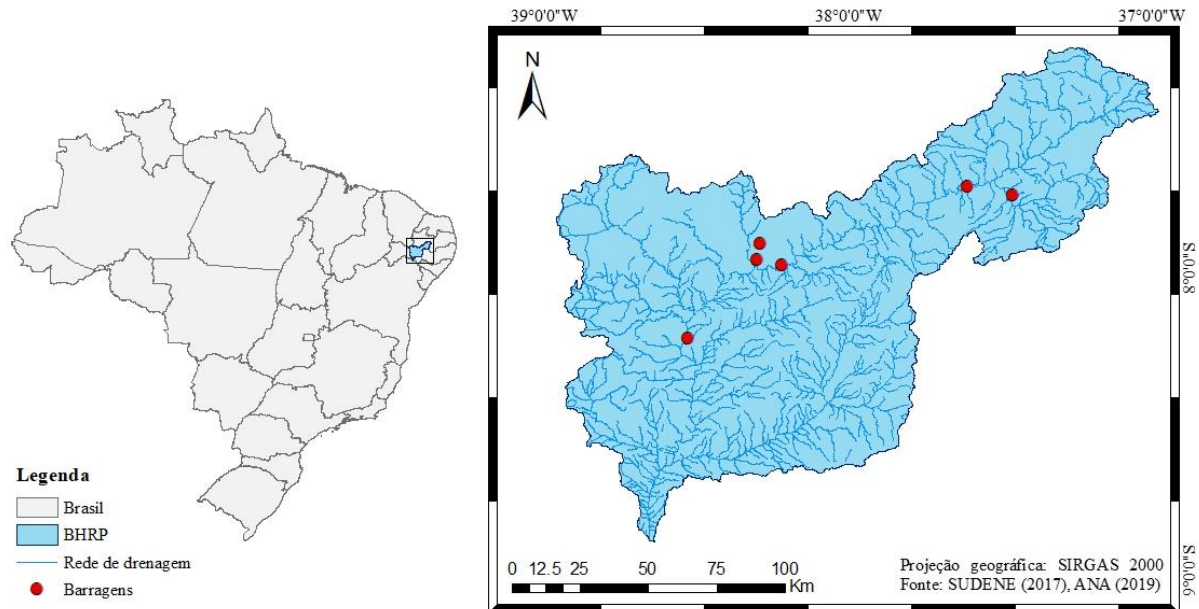
Diante do quadro de visível de degradação, o presente trabalho se propôs a levantar as condições atuais de operação e manutenção, caracterizar o grau de deterioração e de abandono em que se encontram os principais corpos hídricos do Rio Pajeú e seus afluentes.

2. Metodologia

A bacia do Rio Pajeú (Figura 1) está posicionada na mesorregião do São Francisco no Sertão pernambucano, possui clima semiárido e apresenta baixos índices pluviométricos anuais, com uma média de 564 mm no ano de 2016 (Agência Pernambucana de Águas e Clima [APAC], 2016). Os municípios da Bacia do Pajeú apresentam escassez de chuvas acentuada (tendência pluviométrica negativa), portanto, em períodos de baixa pluviosidade,

só é possível localizar água superficial apenas em seus grandes reservatórios (Conti, 2005; Maranhão & Ayrimoraes, 2012).

Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú e das barragens estudadas.



Fonte: Os autores (2019).

O presente trabalho, realizado de agosto a dezembro de 2018, tratou-se de uma pesquisa qualitativa, desenvolvida por meio de um estudo de caso múltiplo (Pereira et al., 2018), ou seja, foram avaliadas seis importantes e estratégicas barragens ao longo do Vale do Rio Pajeú de um total de oito existentes. A escolha das obras envolvidas na investigação se deu pela importância destes corpos hídricos para o abastecimento da população da região e por estarem em pleno funcionamento. A coleta de dados foi executada em duas etapas: 1) Condições de operação das barragens: Rosário, Brotas, Jazigo, Saco, Cachoeira e Serrinha e 2) Entrevista semiestruturada juntos aos gestores de cada barragem: Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) e Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de Pernambuco (SDE).

2.1 Condições de operação de importantes barragens no Vale do Pajeú

Nesta etapa do trabalho foram realizadas visitas “in loco” nas áreas das estruturas hídricas para levantamento fotográfico e de qualificação dos problemas estruturais existentes,

bem como da operacionalização dos sistemas de captação e abastecimento de água em funcionamento. Durante a permanência nas respectivas áreas foram levantadas com detalhes e mediante relatório técnico as condições dos equipamentos hidrológicos e hidráulicos instalados na abrangência das barragens, como a parede principal e ombreiras, vertedores, comportas, as régua linimétricas, a vazão liberada, presença de operadores e outras observações relevantes. Também se verificou o acesso as obras e as condições das tomadas d'água existentes.

2.2 Entrevista semiestruturada com os gestores das barragens

Nesta segunda etapa foram levantadas informações sobre o plano de manejo das estruturas e plano de manutenção preventiva e de recuperação das estruturas (existem ou não e se existem como estão sendo aplicados); quantitativos de pessoas habilitadas para operação e efetivamente em atividade; periodicidade da presença de agentes capacitados no acompanhamento do manejo das estruturas hidráulicas e de realização de obras de manutenção explicitando aquelas que foram realizadas recentemente e o tempo passado desde a última ação de manutenção preventiva ou de recuperação das estruturas; solicitações de manutenção e proteção encaminhadas aos gestores competentes e pendentes de execução que precisam ser efetivadas para o melhor aproveitamento e proteção das estruturas de barramento e utilização da água.

A escolha dos entrevistados se deu pela aproximação aos objetivos da pesquisa e ainda por serem os responsáveis pela fiscalização, manutenção e/ou funcionamento das barragens. Após a coleta dos dados, os relatórios de condições das barragens foram separados por cada obra e em seguida tiveram seus conteúdos analisados, descartando informações irrelevantes e destacando as principais. Já as entrevistas foram codificadas conforme os roteiros, com o descarte de dados que não se aplicam ao estudo e manutenção das informações pertinentes para posterior análise e discussão.

3. Resultados e Discussão

Todas as barragens deste estudo possuem a APAC como seu órgão fiscalizador e podem ser classificadas como de alto dano potencial associado, o que faz com que todas sejam submetidas à Lei 12.334/2010 (Agência Nacional de Águas [ANA], 2018; Brasil, 2010). Na Tabela 1 é possível observar um resumo quanto às condições físicas gerais de cada

barragem.

Tabela 1. Síntese das estruturas hidráulicas dos barramentos vistoriados neste trabalho.

Barragem	Ano de construção	Tipologia da parede	Aspecto da parede principal	Condições do vertedor	Situação da comporta
Rosário	1985	Terra	Com vegetação	Com vegetação	Em boas condições
Brotas	1978	Concreto	Com vazamento e rachaduras	Com vazamento e rachaduras	Em boas condições
Jazigo	1983	Concreto	Com vazamento e rachaduras	Com vazamento e rachaduras	Submersa
Saco	1936	Alvenaria	Em boas condições	Em boas condições	Em boas condições
Cachoeira	1965	Alvenaria	Em boas condições	Em boas condições	Submersa
Serrinha	1996	Terra	Com vegetação	Com vegetação	Com vazamento e quebrada

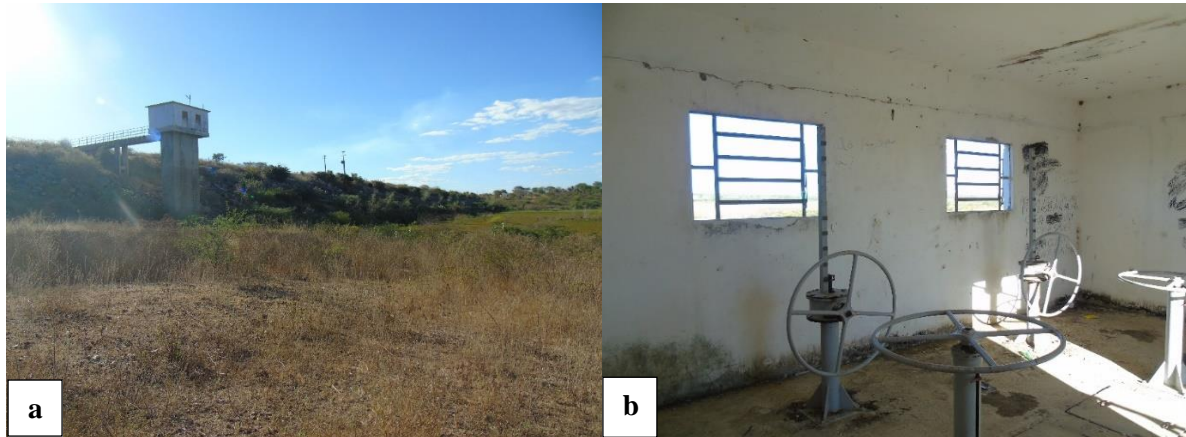
Fonte: Os autores (2019)

A barragem do Rosário está classificada como de alto dano potencial associado, indicando que possíveis danos na sua estrutura provocados por rompimento, vazamento ou infiltração será de alto impacto social, ambiental, econômico e poderá causar perdas de vidas humanas (ANA, 2018; Brasil, 2010).

O acesso ao barramento não possui sinalização que indique sua localização, porém a estrada está em bom estado de conservação. Durante a visita não haviam operadores no local, estando totalmente aberta e sem fiscalização. A montante foram identificadas tomadas d'água e cultivos na borda do manancial em áreas destinadas a mata ciliar. Identificou-se ainda uma adutora de ferro fundido equipada com ventosa e bico de pitot para realização de pitometria, pertencente à COMPESA. Sob a condição geral do barramento, foi possível constatar que a parede principal da barragem se encontrava em bom estado de conservação, podendo-se transitar normalmente por cima de sua crista. Contudo havia a presença de vegetação excessiva nos taludes da parede principal tanto a montante quanto a jusante (Figura 2), o que indica falta de manutenção e que pode ocorrer infiltrações devido ao crescimento das raízes das plantas, podendo ocasionar aberturas na estrutura e aparecimento de tocas e ninhos de

animais, situação que pode ser agravadas por ventanias que abalam as estruturas das raízes sendo necessária a limpeza e a retirada da vegetação de seus taludes (Zuffo, 2005).

Figura 2. a) Presença de vegetação densa na parede principal da barragem do Rosário, b) Sala de controle das comportas da barragem do Rosário.

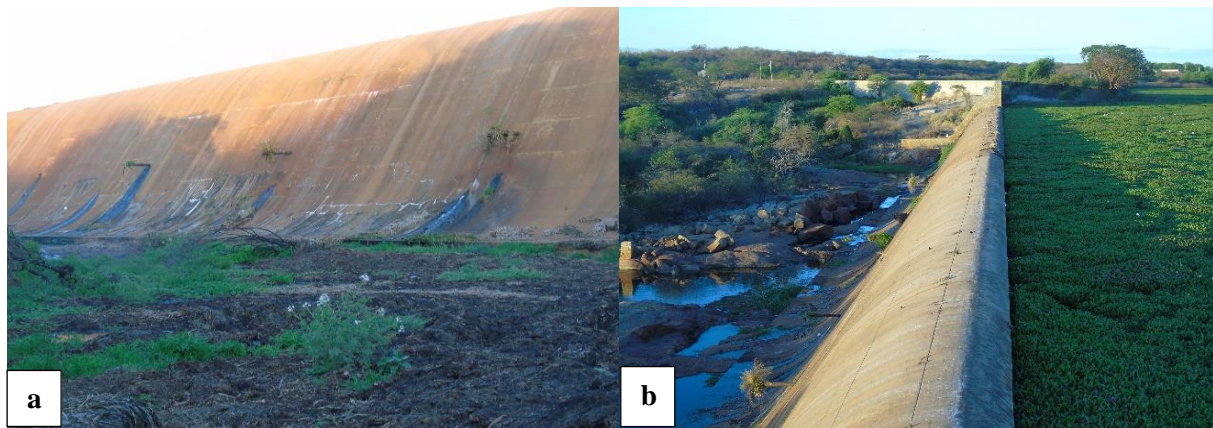


Fonte: Os autores (2019)

O vertedor de dissipação e as ombreiras direita e esquerda, apresentavam um bom estado de conservação, porém, foi possível visualizar a presença de vegetação em crescimento nas proximidades e adjacências da soleira. Entretanto observou-se que a sala de controle das comportas encontra-se completamente depredada e sem porta na entrada, fazendo com que o acesso seja permitido livremente (Figura 2b), indicando que o local está abandonado e sem vigilância. Foram visualizadas as régua linimétricas aparentemente novas e recém instaladas na calha hidráulica do barramento.

Por se tratar de uma barragem urbana e próxima à cidade, a barragem de Brotas possuía livre acesso para visitantes. No eixo da barragem, foram detectadas placas de advertência com relação ao risco de pessoas não autorizadas ao circularem no local, entretanto foi possível visualizar banhistas a jusante e muito lixo depositado no seu entorno. Foi possível constatar que sua parede principal se encontrava em boas condições a montante, porém a jusante existem infiltrações e rachaduras em toda sua extensão (Figura 3a), o que pode levar a um aumento na falha da estrutura e instabilidade no talude (Zuffo, 2005). Havia também à montante da parede presença de plantas aquáticas submersas no reservatório (Figura 3b), o que pode ocasionar entupimentos nas comportas (Zuffo, 2005). A presença de água a jusante do barramento é um indicador de que são necessárias medidas corretivas urgentes para consequências potenciais de rupturas futuras.

Figura 3. Parede principal da barragem de Brotas.



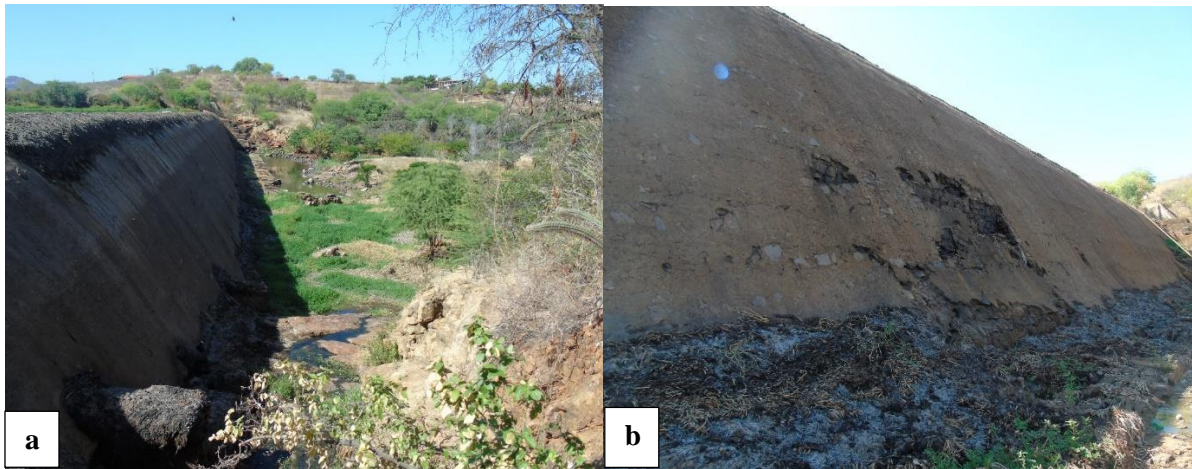
Fonte: Os autores (2019.)

Segundo o MI (2002) para garantir a segurança da barragem de concreto, é necessária regularidade na limpeza no sistema de drenagem e eventuais manutenções no sistema impermeabilizante da estrutura.

As réguas linimétricas foram visualizadas a montante do barramento aparentemente novas e recém instaladas. O acesso ao mecanismo de controle das comportas encontra-se liberado e ao alcance da população; em função disto, a retirada do volante com o qual se manobra as comportas foi constatada.

A barragem do Jazigo é localizada próxima a BR 232, barrando a calha principal do Rio Pajeú no município de Serra Talhada – PE. O acesso à parede (que também assume a condição de vertedor) é dificultado pela não localização de uma estrada de serviço e a um quantitativo de pedras soltas e presença de vegetação. A jusante da barragem acumula-se muito lixo, água estagnada, com presença de caramujos, mosquitos e vegetação arbórea (Figura 4a), constituindo-se um forte indicador que há infiltrações na parede do reservatório e drenagem insuficiente da água acumulada (Zuffo, 2005). Constatou-se também a presença de pescadores na crista do vertedor, fato muito perigoso uma vez que a parede possui 15 metros de altura e não tem estrutura de proteção para circulação de pessoas. Observou-se que no local existem muitas tomadas d'água e que algumas delas constata-se vazamentos importantes.

Figura 4. a) Presença de vegetação, infiltração, água parada a jusante da parede principal; b) Desgastes físicos observados na parede do vertedor da Barragem do Jazigo.



Fonte: Os autores (2019).

Como foi verificado nas barragens anteriores, não foi possível encontrar operadores e/ou vigilantes na área, denotando não haver uma preocupação dos gestores públicos no tocante à proteção e conservação da estrutura hídrica. No talude da parede principal, a jusante do barramento, que se constitui também na parede do vertedor da barragem, detectaram-se desgastes físicos, rachaduras, erosões e vazamentos (Figura 4b), situação que indica falha potencial da estrutura, com possível instabilidade no talude podendo causar o desmoronamento da parede (Zuffo, 2005). Segundo Collischonn & Tucci (1997), erosões situadas no pé do vertedor constituem em riscos futuros de rompimento da estrutura, principalmente no caso onde as vazões aí detectadas estejam aquém do estimado.

Como se trata de uma barragem de alto risco e de alto dano potencial associado, a mesma deve ser inspecionada semestralmente, ou seja, deve ser verificada toda a sua estrutura para identificar situações que possam comprometer a segurança da barragem (Agência Nacional de Águas [ANA], 2016).

Localizada na área da estação experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA de Serra Talhada, esta barragem hoje encontra-se em colapso desde o início do ano de 2018. Este barramento foi construído pelo DNOCS em 1936 em alvenaria de pedra com 30,5 metros de altura. A barragem não está na calha principal do Rio Pajeú e represa as águas advindas dos riachos Medéia e Abóbora. Sua parede principal, dentre as barragens vistoriadas é aquela que apresentam as melhores condições de conservação (Figura 5). As ombreiras direita e esquerda se projetam para os maciços de pedra. Foi possível verificar que a

comporta, situada na parede principal, estava fechada e em bom estado de conservação, o mesmo ocorrendo com as régua linimétricas presentes a montante da parede.

Figura 5. Vista da parede principal a montante da barragem do Saco I.



Fonte: Os autores (2019).

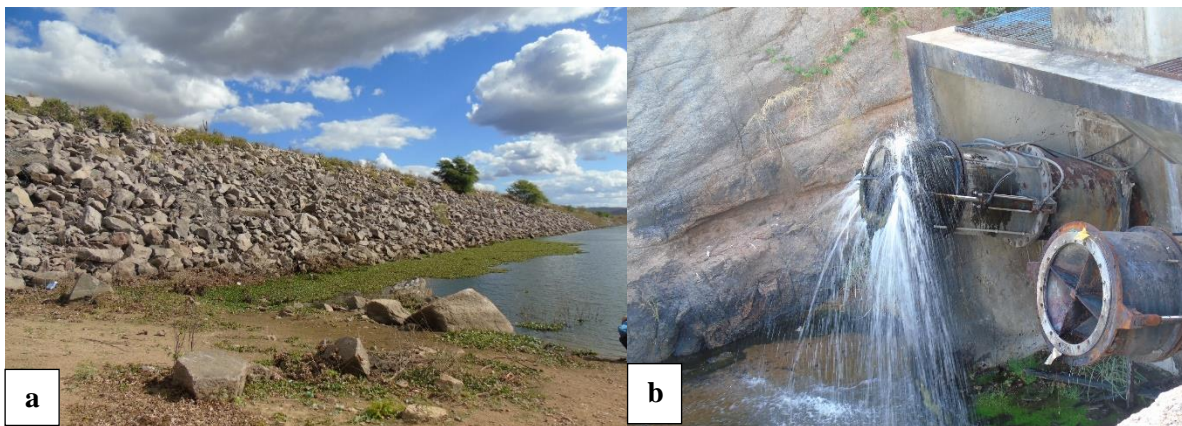
A barragem do Cachoeira está localizada nas mediações do município de Serra Talhada e possui capacidade para até 21.031.000 m³ de água, com acesso por estradas bem conservadas. Entretanto, constata-se a presença de muito lixo descartado a montante do barramento e também no entorno de sua bacia hidrográfica. Esta parede, barra o Riacho Cachoeira, importante tributário do Rio Pajeú e foi construída pelo DNOCS em 1965, com barramento construído em alvenaria com 30,1 metros de altura.

Durante a visita, foi possível detectar que a parede principal da barragem estava em bom estado de conservação, tendo as ombreiras direita e esquerda encravadas no maciço rochoso e um vertedor em bom estado de conservação. Ressalta-se a presença de muita vegetação na área de dissipação para o vertedor a montante. As régua linimétricas instaladas estavam em boas condições e aparentemente foram recém trocadas. De acordo com o MI (2002) esta é uma questão preocupante, pois a depender da quantidade de vegetação e entulhos presentes no entorno reservatório, poderá haver interferência no fluxo da água, provocando danos nas estruturas.

Localizada na zona rural do município de Serra Talhada, a barragem de Serrinha é o segundo maior reservatório de Pernambuco, com capacidade máxima de 311.080.000 m³ de água e está totalmente inclusa na bacia hidrográfica do rio Pajeú. Seu barramento está na calha principal do Rio Pajeú, sendo construída pelo DNOCS em 1996 com altura de 37 metros.

O reservatório possui fácil acesso, sendo utilizado pelos pescadores da região e por agricultores irrigantes. Durante a vistoria técnica foi possível observar barcos e pescadores a montante do barramento. Contudo, não havia operadores ou pessoas destinadas à fiscalização e proteção da área. Observou-se também que os taludes se encontram bem protegidos por enrocamento de pedras, tanto a montante quanto a jusante, porém, já é possível detectar uma quantidade razoável de vegetação arbórea em crescimento (Figura 6).

Figura 6. a) Parede principal a montante do barramento; b) Comportas da barragem de Serrinha.



Fonte: Os autores (2019).

A presença de vegetação arbórea nos taludes é um indicador que não há manutenção da parede e que, devido a presença das raízes das árvores, pode haver o aparecimento de infiltrações, o que danificará a estrutura hídrica (Zuffo, 2005). Sua ombreira esquerda está encravada na rocha e a direita no maciço de terra, adjacente a qual foi construído um vertedor que possui soleira rente ao solo e onde constata-se a presença de vegetação espontânea. A face esquerda do vertedor foi construída e está bem conservada, o mesmo não ocorrendo com a face direita que apenas foi escavada na rocha bruta.

Esta barragem possui duas comportas do tipo “rabo de pavão”, estando uma no momento da vistoria técnica fechada e a outra, apesar de fechada, apresentando vazamento (Figura 6b). Destaca-se ainda que, a montante destas comportas, no túnel que aloja a tubulação que leva água da montante para jusante do barramento, constatou-se um vazamento de alta intensidade e corrosões significativas na parte externa desta tubulação. Estas constatações in loco já nos permitem deduzir que não há manutenção nas comportas e nem na parede do túnel, de onde gerou-se a liberação de uma vazão que não é prevista o que pode levar a uma ruptura futura da estrutura hídrica (Zuffo, 2015).

Conforme o MI (2002), as estruturas metálicas, como as comportas e condutos, devem ser alinhadas, rebitadas, soldadas e possuir revestimento de proteção para evitar danos como os que podem ocorrer na Barragem de Serrinha II.

Em relatos publicados por Cardia (2008) e Tanus (2018), estes enfatizam a importância das ações de manutenção preventiva nas barragens, como um dos fatores de segurança para redução de riscos e de gastos inapropriados devido à interrupção da atividade principal e, acima de tudo, minimizará danos potenciais relacionados à perda de vidas humanas. Por se tratar de uma obra de grande risco, as barragens devem ser submetidas às constantes ações de inspeções, garantindo assim, a sua segurança, dos seus operadores e da população em geral. Caso necessitem de manutenções, correções devem ser feitas de imediato e assim poder minimizar consequências que gerarão quadros catastróficos. Na Tabela 2 é possível observar, de forma resumida, as informações das entrevistas realizadas com alguns dos responsáveis pela segurança de cada barragem.

4. Considerações Finais

Não foram identificados planos de operação e/ou de manutenção preventiva ou corretiva para os barramentos estudados neste trabalho, fato atestado pelos empreendedores de cada uma delas. Não existindo a curto prazo perspectivas de mudança neste sentido, podemos enquadrar estas barragens num quadro de vulnerabilidade, uma vez que estão a mercê das intempéries do tempo e da falta de pessoal técnico na operação de suas atividades.

Além disto, as barragens estudadas não são cadastradas Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, e muito menos possuem um Plano de Segurança de Barragens, instrumentos de suma importância conforme prevê a Lei de Segurança das Barragens, possuindo assim alto dano potencial e alto risco, que não se mudando o quadro podem gerar danos ambientais, sociais, estruturais, econômicos de grande importância e perdas de vidas humanas.

Por fim, é necessário que os empreendedores das barragens se comprometam com sua responsabilidade e realizem o que determina a Lei de Segurança das Barragens para segurança da sociedade de todo o Vale do Pajeú e da preservação de sua biodiversidade.

Referências

Agência Nacional de Águas. (2016). *Instruções para Apresentação do Plano de Segurança da Barragem*. Brasília: Agência Nacional de Águas. Recuperado de <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/downloads/instrucoes-para-apresentacao-plano-seguranca-barragens>

Agência Nacional de Águas. (2018). *Relatório de Segurança das Barragens 2017*. Brasília: Agência Nacional de Águas. Recuperado de <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2017/rsb-2017-versao-enviada-ao-cnrh.pdf>

Agência Pernambucana de Águas e Clima. (2016). *Boletim do clima: síntese climática*. Recife: Agência Pernambucana de Águas e Clima. Recuperado de https://www.apac.pe.gov.br/arquivos_portal/boletins/Boletim%20climatico%20-%20Dezembro_2016.pdf

Araújo, G. (2018). *Em audiência sobre barragens, DNOCS diz que faltam recursos para manutenção*. Teresina: G1. Recuperado de <https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2018/12/03/em-audiencia-sobre-barragens-dnocs-diz-que-faltam-recursos-para-manutencao.ghtml>

Brasil. (2010). *Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4o da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000*. Brasília: Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112334.htm

Cardia, R. J. R. (2008). Auditoria em segurança e controle de barragens. *Simpósio Brasileiro sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas*. Belo Horizonte, MG, Brasil, 6.

Collischonn, W., & Tucci, C. E. M. (1997). Análise do rompimento hipotético da barragem de Ernestina. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 2(2), 191-206.

Conti, J. B. (2005). A questão climática do Nordeste brasileiro e os processos de desertificação. *Revista Brasileira de Climatologia*, Curitiba, 1(1), 07-14.

G1. (2018). *Cresce o número de barragens com problemas graves de estrutura, diz ANA*. Brasília: G1. Recuperado de <https://g1.globo.com/economia/noticia/2018/11/19/cresce-o-numero-de-barragens-com-problemas-graves-de-estrutura-diz-ana.ghtml>

Maranhão, N., & Ayrimoraes, S. (2012). Os usos da água e o desenvolvimento regional. In Agência Nacional de Águas (Coord.), *A Questão da Água no Nordeste* (pp. 123-156). Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

Ministério da Integração Nacional. (2002). *Manual de Segurança e Inspeção de Barragens*. Brasília: Ministério da Integração Nacional. Recuperado de <http://arquivos.ana.gov.br/cadastros/barragens/inspecao/ManualdeSegurancaeInspecaodeBarragens.pdf>

Ministério da Integração Nacional. (2005). *Relatório final do grupo de trabalho interministerial para a redelimitação do semi-árido nordestino e do polígono das secas*. Brasília: Ministério da Integração Nacional. Recuperado de http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=090e3f78-bde3-4a1b-a46c-da4b1a0d78fa&groupId=10157

Ministério da Integração Nacional. (2017). *Nova delimitação do Semiárido*. Brasília: Ministério da Integração Nacional. Recuperado de http://sudene.gov.br/images/arquivos/semiarido/arquivos/Rela%C3%A7%C3%A3o_de_Munic%C3%ADpios_Semi%C3%A1rido.pdf

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da Pesquisa Científica*. Santa Maria, Brasil: Núcleo de Tecnologia Educacional da Universidade Federal de Santa Maria.

Tanus, H. M. (2018). Importância da inspeção na prevenção de falhas em barragens: Estudo de Caso (Monografia). Faculdade de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Zuffo, M. S. R. (2005). *Metodologia para avaliação da segurança de barragens* (Dissertação de mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Ana Karlla Penna Rocha – 60%

Genival Barros Junior – 40%