



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII – ARARUNA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL

TIAGO WEBER DOS SANTOS

ANÁLISE DO RISCO AMBIENTAL: UM ESTUDO DE CASO DA BARRAGEM
SAULO MAIA, AREIA - PB

ARARUNA

2019

TIAGO WEBER DOS SANTOS

**ANÁLISE DO RISCO AMBIENTAL: UM ESTUDO DE CASO DA BARRAGEM
SAULO MAIA, AREIA - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Me. Igor Souza Ogata.

ARARUNA

2019

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S237a Santos, Tiago Weber dos.
Análise do risco ambiental: um estudo de caso da barragem Saulo Maia, Areia-PB [manuscrito] / Tiago Weber dos Santos. - 2019.
47 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2019.
"Orientação : Prof. Me. Igor Souza Ogata, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."
1. Análise de Risco. 2. Metodologia APP. 3. Qualidade da Água. 4. Barragem Saulo Maia. I. Título
21. ed. CDD 627

TIAGO WEBER DOS SANTOS

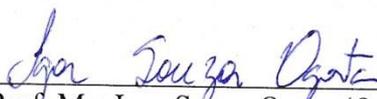
ANÁLISE DO RISCO AMBIENTAL: UM ESTUDO DE CASO DA BARRAGEM SAULO
MAIA, AREIA – PB.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia Civil
da Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

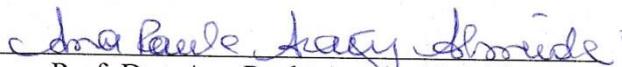
Área de concentração: Recursos Hídricos.

Aprovado em: 10 / 12 / 2019.

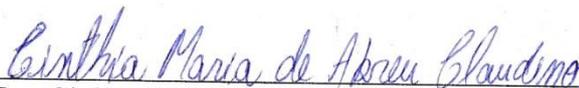
BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Igor Souza Ogata (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Ana Paula Araújo Almeida
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)



Eng. Civil Cinthia Maria de Abreu Claudino
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Ao meu pai, pela dedicação, companheirismo
e amizade, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Igor Ogata pelas leituras sugeridas ao longo dessa orientação e pela dedicação em repassar o conteúdo, de forma, a despertar o interesse pela área e motivação para continuar o curso.

A minha mãe Maria da Piedade, a minha avó Raimunda, as minhas tias, por todo apoio e motivação para concluir esta etapa.

Ao meu pai Hans Hermann (*in memoriam*), embora fisicamente ausente, sentia sua presença ao meu lado, dando-me força e sempre sendo meu maior exemplo de simplicidade, determinação e de pai.

Aos meus irmãos Thomas, Michael, Jasmin e Maria Clara, que deram todo apoio e suporte possível e alguns mesmo a distância não hesitaram em ajudar.

A minha eterna companheira Ana Cecília, que apesar de nossas diferenças e desavenças ela sempre me motivou e me apoiou nesses anos árduos.

Aos professores do Curso de Graduação da UEPB, em especial, Igor Ogata, Leonardo Medeiros, Adriana, Ana Paula, Raimundo Leidmar, Arthur Leão, Lauandes Marques, Daniel Baracuy, Altamir, Vitória, Maria Cordão e Pedro Filipe, que contribuíram ao longo desses anos por meio das disciplinas e debates, para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos funcionários da UEPB, Joaline e João, pela presteza e atendimento quando nos foi necessário.

Aos colegas de classe João Pedro, Brenda, Rivaildo, Rodolfo, Marks, André, Josival, Gleidson pelos momentos de amizade e apoio, nas horas de estudo e desespero onde todos estavam na mesma batalha.

Aos meus amigos Gabriel, Fernando, Daniel, André, Maurilio, Raphael, Andrei, Yoh, Thiago que sempre fizeram parte da minha vida e me apoiaram nessa batalha.

“A felicidade não é algo pronto. Ela é feita das suas próprias ações.”
Dalai Lama

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar os riscos ambientais e a saúde da população que fazem uso da barragem Saulo Maia. Foram elencados dez perigos mais relevantes, foram escolhidos baseados no Relatório de Inspeção de Segurança de Barragem realizado pela AESA relacionado a estrutura e operação da barragem. A metodologia utilizada foi a Análise Preliminar de Perigos (APP), tendo sido realizados planejamento, elaboração, e preenchimento da planilha APP, e em seguida, foi realizada a classificação dos riscos e seus efeitos. Fornecendo uma indicação qualitativa esperada das ocorrências em cada um dos cenários identificados. Os perigos referentes a falha na cobertura vegetal dos taludes e processo de estiagem foram classificados como categoria de risco “moderado, já os perigos referentes ao sistema de drenagem, assoreamento, excesso de demanda e baixa qualidade da água foram classificados com categoria de risco “sério e os perigos presença de formigueiros, vegetação inadequada dos taludes, eutrofização e degradação da APP foram classificadas com categoria de risco “crítico”. A utilização da metodologia revelou níveis de riscos aceitáveis, mas que necessitam de um controle maior referente a operação e qualidade da água encontradas na Barragem Saulo Maia, localizada no município de Areia-PB. A análise de risco foi satisfatória para o objetivo do trabalho.

Palavras-Chave: Análise de Risco. Metodologia APP. Qualidade da Água. Barragem Saulo Maia.

ABSTRACT

This paper aims to analyze the environmental risks and health of the population that makes use of the Saulo Maia dam. Ten most significant hazards were eliminated and were selected in the Dam Safety Inspection Report by AESA, related to the dam structure and operation. A methodology used was the Preliminary Hazard Analysis (APP), and the planning, creation and completion of the spreadsheet APP were performed, and then the risk classification and its effects were performed. Providing an expected qualitative indication of occurrences in each of the detected scenarios. Hazards related to crop failure and stigma were classified as a "moderate" hazard category, while hazards related to drainage, siltation, over-demand, and poor water quality were classified as "severe" and the dangers presence of anthills, inadequate story vegetation, eutrophication and degradation of APP were classified as risk category "critical". The use of the methodology demonstrated acceptable levels of risk, but determined greater control of operation and water quality found at Saulo Maia Dam, located in Areia-PB. A risk analysis was satisfactory for the purpose of the study.

Keywords: Risk Analysis. APP methodology. Water quality. Saulo Maia Dam.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Classe de enquadramento águas doces dos corpos hídricos.....	22
Figura 2 –	Classe de enquadramento águas salobras dos corpos hídricos.....	23
Figura 3 –	Localização da Barragem Saulo Maia.....	27
Figura 4 –	Formigueiros no talude.....	34
Figura 5 –	Canaleta de drenagem obstruída.....	35
Figura 6 –	Vegetação inadequada nos taludes.....	36
Figura 7 –	Assoreamento da barragem.....	37
Figura 8 –	Precipitação durante os meses de 2019.....	37
Figura 9 –	Caminhão pipa para retirada de água.....	38
Figura 10 –	Excesso de algas.....	39
Figura 11 –	Delimitação da APPs.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Exemplo planilha de Análise Preliminar de Perigos.....	29
Tabela 2 –	Matriz de classificação de risco.....	31
Tabela 3 –	Planilha de Análise Preliminar de Perigos.....	33
Quadro 1 –	Categoria de frequência.....	30
Quadro 2 –	Categoria de severidade.....	30
Quadro 3 –	Legenda da matriz de classificação de risco.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.c.	Antes de Cristo
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
APP	Análise Preliminar de Perigos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
THMs	Trihalometanos
APPs	Área de Proteção Permanente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral	17
2.2 Objetivos específicos	17
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1 Ciclo hidrológico	18
3.1.1 Balanço hídrico	18
3.1.2 Eventos extremos	19
3.2 Barragens	20
3.2.1 Usos e sua influência	21
3.3 Qualidade	22
3.3.1 Qualidade x Uso	23
3.3.2 Enquadramento	24
3.3.3 Efeitos da má qualidade da água	26
3.4 Análise de risco	28
3.4.1 Perigo e risco	28
3.4.2 Análise Preliminar de Perigos	29
4 METODOLOGIA	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 Caracterização da Barragem	35
5.2 Perigos Associados a Barragem	35
7 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

As barragens são obras de terra, madeira ou concreto construídas ao longo de um rio com o objetivo de barrar seu curso. Que embora tenha mudado a forma e tecnologia empregada, em seu processo construtivo, o conceito continua o mesmo desde a construção de barragens no ano 504 a.c. em Ceilão, que possuía 17 quilômetros de comprimento, 21 metros de altura e contendo cerca de 15 milhões de metros cúbicos de material (MARAGON, 2004). Tendo como principal uso no controle de cheias e irrigação de terras agricultáveis. No entanto, diante do crescimento populacional outro objetivo se tornou necessário, o de suprir a demanda hídrica, para diversos fins como abastecimento humano e industrial, pesca, lazer, transporte, geração de energia, entre outros.

Além dos aspectos quantitativos do barramento, também é importante os aspectos qualitativos, em que se analisa a natureza química, física e microbiológica da água, assim como a relação das atividades naturais e antrópicas que a influenciam (VON SPERLING, 2005). Neste sentido, o próprio crescimento populacional influencia negativamente no nível de qualidade dos corpos de água, pois tanto a retira em demasia, quanto o lançamento de efluentes – mesmo que tratados – na natureza, devido as diversas atividades humanas, degradam a qualidade da água, destacando-se dentro os principais impactos quanto a qualidade dos recursos hídricos a eutrofização, que afeta com maior ou menor intensidade, os ambientes aquáticos, sendo considerado um dos processos poluidores, mais presentes nos ecossistemas aquáticos (FIGUEIRÊDO et al., 2007). Assim, diferentes compostos como hidrocarbonetos, metais, nutrientes, substâncias radioativas e principalmente matéria orgânica vem prejudicando a qualidade da água, especialmente em barragens pelo fato de serem corpos lênticos, que possuem menores capacidades de autodepuração (HELLER; PÁDUA, 2010).

Contudo os impactos negativos associados a construção de barragens não são apenas por atividades externas, pois a própria construção traz consigo vários impactos negativos, os malefícios, atrelado à aspectos sociais, ambientais, econômicos e culturais, a partir do momento em que devido a inundação da área da barragem, se perde toda uma organização social, incluindo cidades inteiras, perdendo fauna e flora, apresenta altos custos e muda todo um hábito de pessoas e que utilizavam a área. Independente da sua finalidade, seja para irrigação, controle de enchentes, abastecimento humano, geração de energia, etc, sua construção, provoca inegáveis danos e perdas matérias aos atingidos.

Para analisar os impactos negativos externos e internos associados a construção, manutenção e operação de barragens é importante desenvolver uma metodologia estruturada a

fim de avaliar todos os aspectos associados a esses impactos. Podendo ser incluída nessa análise estimativas de probabilidade de ocorrência de um determinado acontecimento e a provável magnitude de efeitos adversos.

Uma metodologia capaz de analisar essa probabilidade de ocorrência de um efeito adverso, é a análise de risco, que é um processo organizado e sistematizado por meio de uma metodologia específica, que tem como objetivo final a valorização ou definição do grau de risco (ANDRADE, 2019). Essa metodologia é interessante, pois é uma técnica mais abrangente, já que informa as causas da ocorrência de cada um dos eventos e suas respectivas consequências e além de garantir a obtenção de uma avaliação qualitativa da severidade das consequências e frequência de ocorrência do cenário de acidente e risco associado.

Desta maneira, este trabalho busca realizar análise de risco dos impactos ambientais negativos associados a construção, manutenção e operação da Barragem Saulo Maia, no município de Areia – PB, que vem sendo utilizado no abastecimento humano, piscicultura, pesca e lazer e vem passando por um processo de degradação quali-quantitativa devido a esses usos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar os impactos ambientais negativos na construção, manutenção e operação da Barragem Saulo Maia, Areia – PB, através da análise preliminar de risco.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a Barragem Saulo Maia, quanto aos aspectos construtivos, de manutenção e operação.
- Definir os principais perigos associados ao processo de construção, manutenção e operação da barragem.
- Definir critérios para avaliar os perigos em função da magnitude e frequência.
- Quantificar os riscos dos perigos listados, com base na análise preliminar de risco.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Ciclo hidrológico

Diante do conceito de balanço hídrico denomina-se de ciclo hidrológico de uma região a circulação, em uma área limitada de terra, da água em seus diferentes estados físicos entre a superfície terrestre e atmosfera. Esta dinâmica só é possível devido a energia fornecida pelo sol para ascender a água da superfície terrestre para a atmosfera no fenômeno de evapotranspiração, e a gravidade proporciona a precipitação da água bem como a circulação através de rios, oceanos e lagos e infiltração nos solos e rochas (CARVALHO et al., 2006).

O processo do ciclo hidrológico é longo e nem toda água precipitada chega à superfície terrestre, pois parte é interceptada pela vegetação e volta a evaporar. Outra parte da água neste processo é absorvida pelas raízes das plantas e através da transpiração é devolvida a atmosfera, além disso, a parcela de água que continua a se infiltrar entra na circulação subterrânea recarregando assim os aquíferos. No entanto, a água armazenada subterraneamente pode ressurgir a superfície e alimentar as linhas de água ou ser descarregada diretamente no oceano compondo assim o ciclo hidrológico.

Segundo Pinto et al. (1976) a evapotranspiração que mantém o equilíbrio do ciclo hidrológico, porém para o homem a fase mais importante deste ciclo é a fase líquida, em que ela está disponível e pronta para utilização (TUNDISI, 2003).

3.1.1 Balanço hídrico

Para entendimento e quantificação do ciclo hidrológico é importante conhecer o conceito de balanço hídrico, que é a diferença entre a entrada e saída de água numa determinada região hídrica, que também influencia na degradação e conservação dos recursos naturais relacionados. Mesmo sendo um conceito simplificado, os processos e métodos para estimar o balanço hídrico são complexos e requerem monitoramento dispendiosos financeiramente e temporalmente (SCHÄFER, 2009). Diante dessa, geralmente este é calculado em escalada intermediária, em que basicamente, para um reservatório, a entrada é a precipitação e a saída a evapotranspiração.

A precipitação compreende toda água proveniente do vapor de água da atmosfera depositada na superfície terrestre na forma de chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada (PINTO et al., 1976). Essa precipitação é de suma importância na caracterização do clima de

uma determinada região, pois as peculiaridades do regime de chuva influenciam na variação de temperatura e na umidade do ar, na nebulosidade e na quantidade de radiação incidente à superfície (MORAES et al., 2005).

Entretanto a chuva possui uma perspectiva aleatória, em que a quantidade, distribuição e formas de ocorrência variam bastante, sendo o estudo por um longo período de tempo para refletir a tendência da precipitação em uma determinada região (SANTOS et al., 2002). Além da dimensão temporal ainda há a dimensão espacial, relacionado ao posicionamento latitudinal e longitudinal da bacia e a influência de sistemas atmosféricos produtores de precipitação (SANTOS et al. 2011).

A evapotranspiração compreende ao conjunto ações de evaporação e transpiração. Onde a evaporação é o conjunto dos fenômenos de natureza física que transformam em vapor a água da superfície do solo, a dos cursos de água, lagos, reservatórios e mares e a transpiração é a evaporação das plantas, em que parte da água para suas funções vitais é cedida a atmosfera (MARTINS et al., 1976). Como qualquer processo físico há fatores intervenientes que podem aumentar ou diminuir a intensidade da evaporação, estes, variam de acordo com a topografia, cobertura vegetal, tipo de solo e o grau presente neste, etc. Os fatores intervenientes são: o grau de umidade relativa do ar atmosférico, temperatura, vento, pressão barométrica, salinidade da água, evaporação na superfície do solo, transpiração e evaporação da superfície das águas (MARTINS et al., 1976).

3.1.2 Eventos extremos

Ao longo da história foram registrados muitos eventos extremos do ciclo hidrológico, que influenciaram e ainda influenciarão o destino de populações. Porém com o aumento populacional e concentração nos centros urbanos, os efeitos desses eventos são cada vez mais intensos. Sabendo que esses eventos possuem um padrão de nível global, os estudos científicos vêm trabalhando a fim de traduzir essa dinâmica e prever esses eventos. Contudo, ainda não há uma resposta completa de como estes se comportam.

O que caracteriza um evento extremo climático é a persistência de um padrão climático de proporções fora do comportamento médio em uma localidade por algumas semanas (DIAS, 2014). Todavia esse aspecto temporal é de difícil identificação, pois em eventos como seca que se estabelece vagarosamente, os efeitos só são verificados após um longo período de evento extremo. Um dos fatores que aumentam a frequência de eventos extremos é a mudança climática, no qual a síntese do *Intergovernmental Panel on Climate*

Change (IPCC) (2004) relata que o risco de eventos extremos aumenta paralelamente como o aumento da temperatura média global. Induzindo-nos a rever algumas formas de planejamento e adequação das infraestruturas, principalmente aquelas associadas aos recursos hídricos (DIAS, 2014).

Os fenômenos El Niño e La Niña são os mais conhecidos proporcionadores de eventos extremos, porém não são os únicos, há eventos menos conhecidos que desempenham papéis importantes. De modo geral pode-se dizer que o El Niño é o aquecimento das temperaturas das águas dos oceanos em torno dos 25 °C, enquanto a La Niña é oposta, com o resfriamento para cerca de 22° a 23 °C (MARENGO, OLIVEIRA, 1998). Todos os extremos climáticos associados ao El Niño e La Niña variam muito, podendo ter ocorrências fortes ou fracas, e sendo os anos onde são muito fracos chamados de anos neutros. Geralmente entre a ocorrência de El Niño e La Niña passassem-se de dois a quatro anos.

3.2 Barragens

As barragens são estruturas que interceptam transversalmente o fluxo de um rio, de forma que a estrutura detenha a água e assim consiga armazenar para posterior uso na irrigação, consumo humano, lazer, geração de energia, controle de enchentes, retenção de resíduos minerais e industriais, navegação, pesca e outros usos. Este tipo de infraestrutura desempenha um papel importante no desenvolvimento de um país, por proporcionar disponibilidade contínua de água e energia (MELO, 2014).

Essa infraestrutura tem participação ativa no ciclo hidrológico, onde por sua vez fica responsável de reter as águas provenientes da precipitação e do escoamento superficial, de maneira a ser posteriormente usada para alguma finalidade socioeconômica e ambiental. Desta maneira a infraestrutura passa a desempenhar papel importante na sociedade sendo o principal o de conter os efeitos devastadores provenientes da escassez de água.

De acordo com o material utilizado para a sua construção, as barragens são classificadas como barragens de enrocamento, barragens de terra, barragens de concreto e barragens de madeira. A escolha do material depende de vários fatores, tais como a topografia local, geologia e condições das fundações, matérias de construção, tipo de solo das jazidas, sequencia construtiva.

As barragens de terra quando bem projetadas e executadas, possuem um bom desempenho e um custo mais acessível quando comparado às barragens de concreto. Sendo mais indicadas sua construção, quando a topografia for mais suave (COSTA, 2012).

Entretanto, rupturas em barragens de terra são constantes em todo o mundo, requerendo uma manutenção maior e mais constante. Vários são as causas que ocasionam às rupturas, mas para Veltrop (1991) *apud* Gago (2009), as principais causas de rupturas de barragens são as infiltrações e as erosões.

Vale ressaltar que o Brasil enfrenta problemas relacionados com essa infraestrutura, em que Tucci (2008) indica que estão condicionados aos processo de urbanização, destacando a falta de tratamento de esgoto, ocupação da calha de inundação, impermeabilização e canalização dos rios urbanos com o aumento da vazão de cheia e sua frequência, aumento da carga de resíduos sólidos e da má qualidade da água pluvial sobre os rios próximos das áreas urbanas.

3.2.1 Usos e sua influência

A água como já sabido é um recurso natural renovável, mas é finito, dependendo da forma como for utilizada nem sempre vai estar disponível para uso na quantidade e qualidade desejada. Apesar da água ser um recurso com grande disponibilidade em nosso planeta, apenas 2,5% é de água doce e 97,5% se encontram na forma de oceanos de água salgada (PHI/UNESCO, 2003). Entretanto, isso não quer dizer que toda água doce seja própria para consumo humano e que esteja disponível, grande parte estão na forma sólida nas calotas polares e geleiras e em reservatórios subterrâneos. Sua má distribuição é atribuída as precipitações irregulares do ciclo hidrológico, ou também, porque há uma alta demanda na bacia (REBOUÇAS, 2008).

Uma vez que a água esteja disponível, esta propicia vários tipos de uso, em função de sua quantidade e qualidade pode ser classificado em uso consuntivo e o uso não consuntivo. O uso consuntivo de forma mais ampla e explicativa é baseada nas demandas de água que diminuem as disponibilidades quantitativas de sua fonte natural. Dentro dessa classificação, há a subclassificação de uso urbano, rural, criação animal, irrigação e industrial. E de acordo com Tucci (2008), no Brasil, os usos consuntivos da água se distribuem em irrigação (63%), abastecimento humano (18%), setor industrial (14%) e uso animal (5%).

Aquele caso em que se faz uso da água, mas não afeta sua quantidade, ou ainda em que a água servirá só como veículo e não é consumida durante o processo, é definido como uso não consuntivo (CARVALHO et al., 2006). O uso não consuntivo também é dividido em categorias, sendo essas a geração de energia elétrica, navegação, pesca, lazer e turismo. Em um corpo hídrico na maioria das vezes a sua capacidade hídrica é utilizada de forma múltipla,

consistindo, no uso consuntivo e não consuntivo concomitantemente e de forma que seja disponível uma parcela correspondente à necessidade de cada usuário de forma equilibrada.

3.3 Qualidade

No processo de condensação até a precipitação a água acumula impurezas encontradas na atmosfera e no solo ou corpos de água, várias são as substâncias incorporadas à água, tais como cálcio, magnésio, sódio, bicarbonatos, cloretos, sulfatos e nitratos e traços de alguns metais provenientes dos processos de decomposição que ocorrem no solo (HELLER; PÁDUA, 2010). Neste sentido, o conceito de uma água quimicamente pura é desnecessário para a maioria dos usos, pois para remover essa quantidade de poluentes da água seria inviável, bem como essas impurezas, em alguns casos são necessárias ao desenvolvimento dos organismos.

A poluição/contaminação de uma barragem pode ter como fonte as águas afetadas de uma bacia hidrográfica que a alimenta, pode ser influenciada ou agravada por diversos fatores como, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia e o uso e manejo do solo. Tais fatores são responsáveis por disponibilizar e regularizar a quantidade de sedimento e nutrientes que são carregados para os cursos d'água, modificando suas características físicas, químicas e biológicas.

Segundo Cunha apud LUZ (2009), as principais consequências da poluição das águas são a eutrofização, acidificação e salinização, destruição e/ou extinção da fauna e flora aquática, contaminação do organismo humano por ingestão e proliferação de doenças relacionadas a água. Além de carrear problemas relacionados aos usos prioritários da água, processos de tratamento mais complexos e dispendiosos, serviços de saneamento oneroso e contribuindo para que o recurso se torne cada vez mais escasso.

Para Boneto (2007), no sentido sanitário a água está contaminada quando seu consumo oferece risco à saúde humana ou quando sua utilização para balneabilidade não é recomendada ou é inadequada.

Portanto, o nível de qualidade da água está intrinsecamente ligado ao tipo de uso a que se destina a água, devido à variedade de exigências que o uso da água nas atividades humanas possui. E, uma eventual disponibilidade de água com qualidade inadequada para o uso, geram perdas econômicas e humanas, necessitando avaliar a qualidade da água através de parâmetros físicos, químicos e biológicos, associando esses parâmetros a interação com o meio ambiente (CARVALHO et al., 2006).

Comumente se relaciona o conceito de qualidade de água a poluição e contaminação, porém seus conceitos são bem distintos em um ponto de vista amplo. Analisando os conceitos em um ponto de vista mais amplo, a poluição é tida como a alteração das propriedades físicas, químicas, radiológicas ou biológicas naturais do meio ambiente, causada por qualquer forma de energia ou por qualquer substância sólida, líquida ou gasosa, ou combinação de elementos (HELLER; PÁDUA, 2010). A contaminação constitui um caso particular da poluição, é restrita ao uso da água como alimento. Lançamento de elementos que sejam nocivos à saúde humana, de forma essa água seja utilizada para criação de animais, cultivo de vegetais que viverem no meio aquático ou não, constitui a contaminação.

3.3.1 Qualidade x Uso

Uma vez que qualidade da água varia de acordo com o uso a qual se destina, o padrão para definir essa qualidade depende de um uso preponderante, assim como preconizado na Resolução CONAMA N° 357/2005. Nesta legislação são definidos limites aceitáveis de poluentes, de maneira a enquadrar as fontes de água conforme o uso que se quer determinar, classificando os corpos de água segundo condições físicas, químicas e biológicas das águas. Segundo a Resolução CONAMA N° 357/2005 as águas doces, salinas e salobras são classificadas, em treze classes de qualidade. As quais definem usos mais exigentes para águas de melhor qualidade, mas sem impedi-las de serem empregadas em usos menos exigentes, desde que este uso não prejudique a qualidade da água da fonte.

Por necessitar vastos conhecimentos e a complexidade para determinação da qualidade das águas, é notório a ampla variação de suas qualidades em diferentes regiões. Destacando-se também que os diversos usos da água, afetam de modos diferentes a qualidade da água.

Atrelado ao crescimento populacional tem-se o crescimento das atividades agrícolas e industriais que aumentam cada vez mais a sua demanda por água e paralelamente contribuindo para a deterioração da sua qualidade. Mas como a água é um bem essencial para manutenção da vida e saúde humana e desenvolvimento econômico, fica esse conflito entre os diversos usos da água, no que se refere a sua qualidade e quantidade (HELLER; PÁDUA, 2010).

3.3.2 Enquadramento

Com base no uso a que se é destinado as águas de um corpo hídrico podem ser enquadradas, julgando a qualidade da água a partir do estabelecimento de metas a serem, obrigatoriamente, alcançadas ou mantidas em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos ao longo do tempo. A Resolução do CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) define que o objetivo do enquadramento é assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, diminuindo os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

Mas para enquadrar uma água necessita que haja o conhecimento de quais serão os usos preponderantes, proporcionando o uso múltiplo das águas respeitando a vazão mínima para cada corpo de água, tais como: preservação das comunidades aquáticas, abastecimento doméstico, recreação, irrigação, dessedentação animal, navegação, produção de energia, etc. Devido que cada uso requer uma qualidade maior ou menor, assim, é feita a análise qualificando a água de acordo com sua exigência de qualidade. Com isso, foram criadas classes da qualidade de água com base nas suas exigências. As águas doces são enquadradas em 5 categorias, em uma ordem decrescente de qualidade, as salobras foram em 4 categorias e analogamente as águas salinas (Figuras 1 e 2).

As águas subterrâneas segundo a Resolução CONAMA Nº 396/2008 também podem ser enquadradas em diferentes classes de qualidade. Desde as águas reservadas a preservação de ecossistemas ou águas para atividades antrópicas que necessitem ou não de tratamento, seguindo a linha de quanto maior for a classe de enquadramento os valores definidos para os parâmetros são menos restritivos.

Para garantir que o processo de enquadramento está sendo bem-sucedido é necessário que instrumento de controle, como monitoramento da qualidade da água seja utilizado. Este monitoramento deve ser realizado por laboratórios cadastrados e certificados por órgãos competentes e deve apresentar relatório anual ao órgão gestor dos recursos hídricos, declarando a carga poluidora remanescente. O órgão gestor deve estar articulado ao Comitê de Bacia, Conselhos de Recursos Hídricos e Órgão Ambiental, a fim de que juntos possam tomar providências para alcançar as metas e determinar penalidades administrativas e judiciais em caso de não cumprimento (DINIZ et al., 2006).

Figura 1 – Classes de enquadramento águas doces de corpos hídricos

USOS DAS ÁGUAS DOCES		CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
		ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas			Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário						
Aquicultura						
Abastecimento para consumo humano		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário						
Pesca						
Irrigação			Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais						
Navegação						
Harmonia paisagística						

Observação: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água.

Figura 2 – Classes de enquadramento águas salobras de corpos hídricos

USOS DAS ÁGUAS SALOBRAS		CLASSES DE ENQUADRAMENTO			
		ESPECIAL	1	2	3
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral			
Proteção das comunidades aquáticas					
Recreação de contato primário					
Aquicultura					
Abastecimento para consumo humano			Após tratamento convencional ou avançado		
Irrigação			Hortalças consumidas cruas, frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, parques, jardins, campos de esporte e lazer.		
Recreação de contato secundário					
Pesca					
Navegação					
Harmonia paisagística					

Observação: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água.

Fonte: Acqua Expert Engenharia Ambiental (2019).

3.3.3 Efeitos da má qualidade da água

Para Von Sperling (1996) existem duas formas em que o poluente pode atingir um corpo hídrico, a pontual e a difusa. Na poluição pontual os poluentes atingem o corpo hídrico de forma concentrada e na poluição difusa a disseminação da poluição acontece ao longo de sua extensão, através de vários focos. Independentemente do tipo de poluição a consequente degradação da qualidade da água, inclusive pode transformar a água em um veículo transmissor de doenças, como, febre tifoide, cólera, salmonelose, shigelose, poliomielite, hepatite A, verminoses, amebíase e giardíase, provocando surtos epidêmicos, que em situações extremas causa a morte, principalmente em populações vulneráveis como crianças e idosos.

Além dos efeitos nocivos à saúde humana, o lançamento de efluentes também afeta a qualidade do meio ambiente. Um dos fenômenos que mais afetam a qualidade ambiental dos corpos de água é a eutrofização, que devido ao excesso de nutrientes – Nitrogênio e Fósforo – lançados pelos efluentes domésticos, agrícolas e industriais, que enriquece a água e associado a boa luminosidade aumenta a biomassa do corpo de água, consumindo o oxigênio presente na água e tornando-o anaeróbico. Fenômeno este que muitos autores consideram como o maior problema da atualidade em corpos de águas superficiais, o exemplo mais visível das alterações causadas pelas atividades antrópicas do homem à biosfera. Além de causar a eutrofização, o enriquecimento das águas superficiais favorece para o desenvolvimento de floração de cianobactérias e microalgas.

Os problemas desencadeados pela eutrofização estão associados a diminuição do uso da água para recreação, ao aumento da produtividade do corpo hídrico que causa aumento das bactérias heterotróficas, que consomem o oxigênio dissolvido no meio líquido, ausência de fotossíntese acarretando mortandade dos peixes, liberação de amônia, tóxica ao seres humanos e animais do meio aquático, desaparecimento do lago, por assoreamento. Ademais a eutrofização resulta no aumento dos custos do tratamento da água para o abastecimento público, a eutrofização pode causar efeitos indiretos como: aumento do processo de biodegradação de produtos petroquímicos, hidrocarbonetos aromáticos e pesticidas, uma vez que o estado trófico promove o aumento da biomassa bacteriana (BARRETO et al., 2013).

3.4 Análise de risco

Com implemento de tecnologia, aumento da complexidade dos sistemas e dos processos industriais e com a necessidade de incrementar a segurança houve uma demanda pela análise de risco (MODARRES, 2006). A área nuclear foi pioneira no uso de análise de risco, nas décadas de 50, 60 e 70, onde surgiram as primeiras publicações contendo as bases teóricas e as metodologias necessárias à execução.

A análise de risco é um processo organizado e sistematizado por meio de uma metodologia específica, tendo como objetivo final a valorização ou definição do grau de risco (ANDRADE, 2019). Os riscos sempre estarão presentes em todas atividades do ser humano, sendo impossível eliminá-los por completo e ainda manter a atividade. Portanto, os eventos perigosos são analisados a fim de verificar a probabilidade de ocorrência destes, de maneira a propor medidas que possam prevenir que estes se concretizem.

Heinz-Peter Berg (2010) afirma que para composição de uma análise de riscos, técnicas qualitativas, semiquantitativas e quantitativas são utilizadas, desde que consideradas as características dos riscos, do objeto da análise e das respectivas informações e dados disponíveis.

Assim vem sendo usada constantemente como ferramentas de suporte às atividades de diversas áreas, recentemente surgiu o interesse em pesquisas voltadas para riscos e desastres relacionados a perigos naturais (ZONNO, 2003).

3.4.1 Perigo e risco

Para melhor entender a análise de risco é necessário esclarecer dois conceitos que muitas vezes são confundidos, o de perigo e risco, no qual o perigo representa a situação potencial em que ocorre danos, lesões ou mortes. Por sua vez o risco é a probabilidade de que um perigo ocorra, medido na forma de probabilidade de ocorrência.

O perigo é caracterizado como a fonte de dano ou prejuízo potencial, ou uma situação com potencial para provocar danos ou prejuízo (LÉLIS, 2004). Fonte, situação ou ato com potencial para causar danos humanos, em termos de lesão ou doença, ou uma combinação destes (OHSAS, 2007). Então identificar os perigos é baseado no levantamento de substâncias perigosas, agentes perigosos, produtos perigosos, situações perigosas, eventos danosos, entre outras coisas.

Risco para Cicco e Fantazzi (1994), expressa uma probabilidade de possíveis danos dentro de um período específico de tempo, podendo significar ainda, incerteza quanto à ocorrência de um determinado evento. Sendo intrínseco a tudo e a todos, contudo, é compreendido como algo negativo e como um gerador de mudanças. Já Lélis (2004) afirma que é possível que decisões que envolvam riscos possam gerar efeitos altamente positivos, sendo imprescindível o papel do gerenciamento e análise de risco.

3.4.2 Análise Preliminar de Perigos

Para Ramos e Beatriz (2009), análise preliminar de perigos é uma expressão genérica utilizada para descrever um exercício cujo objetivo é identificar perigos e eventos associados que têm potencial de resultar em um risco significativo. A ferramenta de Análise Preliminar de Perigo (APP) pode ser utilizada para analisar toda ou a parte de uma instalação ou operação de um sistema.

No uso da APP devem ser identificados os perigos, assim como as suas possíveis causas, efeitos potenciais e as categorias de severidade correspondentes, bem como as observações e recomendações pertinentes. Dependendo do sistema a ser avaliado e da documentação disponível, o processo usado para conduzir uma APP pode variar.

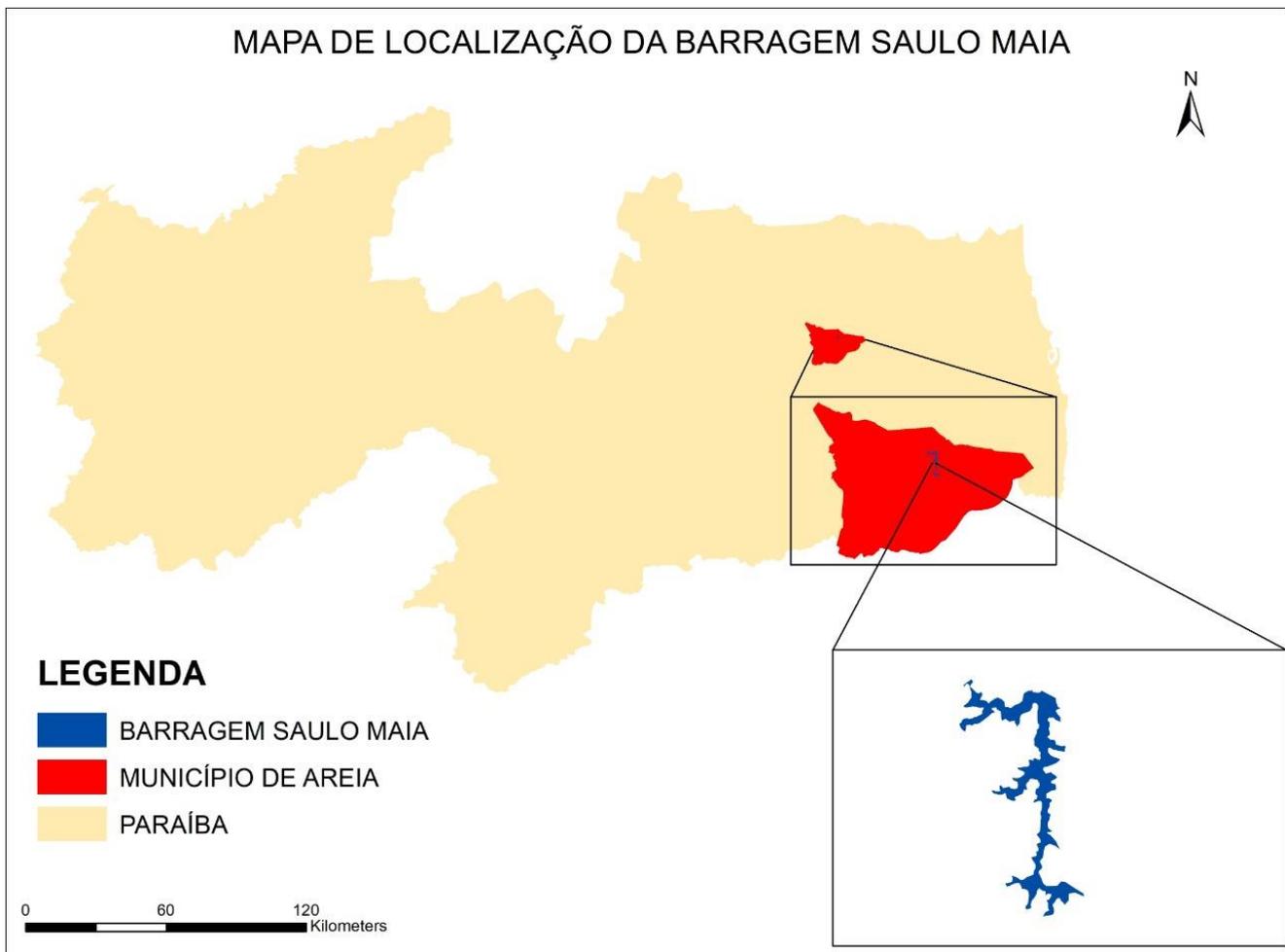
A natureza dos resultados ocorre de forma qualitativa, de acordo com a frequência da ocorrência, da severidade das consequências e do risco associado para assim possível análise dos resultados e preparação do relatório. E os perigos considerados significativos são priorizados em avaliações mais aprofundadas.

4 METODOLOGIA

4.1 Objeto de estudo e coleta de dados

O objeto de estudo do trabalho é a barragem Saulo Maia, localizada no município de Areia nas coordenadas $06^{\circ}55'01.6''S$ e $35^{\circ}40'36.2''W$ (Figura 3). O município está a aproximadamente 139 km da capital do estado João Pessoa e a 56 km da cidade de Campina Grande, enquanto o açude possui uma capacidade de $9.833.615 \text{ m}^3$ (AESAs, 2017). Para confirmar informações referentes a relatórios disponibilizados pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs) foram realizadas visitas técnicas na infraestrutura do corpo de água, de maneira a subsidiar a caracterização e a análise de risco posteriormente realizada.

Figura 3 – Localização da Barragem Saulo Maia



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 Avaliação de risco

O método de APP foi o método selecionado para realizar a análise de risco, devido a capacidade de identificar da forma mais completa possível todos os perigos inerentes à operação da barragem e priorizar aqueles cuja percepção de risco pareça mais significativa, selecionando os possíveis perigos que venham inviabilizar a operação da barragem ou comprometer sua estrutura e ressaltar que devam ser objeto de constante atenção ao longo do horizonte de projeto.

As informações para aplicação da APP foram cedidas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), órgão supervisor da barragem. Referem-se a um Relatório de Inspeção de Segurança de Barragem realizada no dia 18 de novembro de 2018, com objetivo de apresentar os problemas observados que comprometam a estrutura da barragem.

Além das informações cedidas pela AESA, foi revisado a literatura sobre operação e manutenção de barragens para adquirir embasamento teórico, possibilitando uma análise visual quanto aos possíveis perigos ao longo da visita *in loco*. Para realização do método é necessário utilizar a tabela característica da APP (Tabela 1), que deve ser preenchida reunindo as informações sobre os perigos selecionados.

O primeiro passo para preenchimento da tabela de APP deve ser o preenchimento das informações sobre o sistema estudado, definindo local, nome, responsável e data de preenchimento, em seguida é preenchida a identificação dos perigos a serem analisados, que são aqueles perigos mais relevantes para o estudo. As causas devem ser averiguadas, associando-as aos respectivos efeitos e a forma de detectar, ou seja, identificar o perigo. Além disso, são preenchidos os valores de frequência e severidade, que irá dar base para o cálculo do risco. Em complemento, ainda há um quadro para preenchimento de possíveis observações que possam auxiliar no gerenciamento do risco.

Com a finalidade de orientar o preenchimento das colunas frequência e severidade foram criadas tabelas específicas para determinar categorias de cada uma (Quadro 1 e 2). Vale a pena destacar que a frequência é a probabilidade de ocorrência que determinado perigo possui. Enquanto que a magnitude é o grau de impacto do evento perigoso, caso ele ocorra.

Quadro 1 – Categorias de frequência

Categoria	Denominação	Faixa de Frequência (anual)	Descrição
A	Extremamente difícil	Inferior a 1 em 20 anos	Extremamente remota a possibilidade de ocorrer durante o horizonte de projeto.
B	Difícil	1 em 20 anos	Não deve ocorrer durante o horizonte de projeto.
C	Inesperável	Entre 1 em 10 e 1 em 20 anos	Baixa possibilidade de ocorrer durante o horizonte de projeto.
D	Provável	Entre 1 em 5 e 1 em 10 anos	Esperado ocorrer até uma vez durante o horizonte de projeto.
E	Regular	Superior a 1 por ano	Esperado ocorrer várias vezes durante o horizonte de projeto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 2 – Categorias de severidade

Categorias	Denominação	Descrição/Características
I	Insignificante	Sem danos ou danos desprezíveis a estrutura, ao corpo hídrico e/ou ao meio ambiente. Não ocorre o colapso ou interrupção de seu uso.
II	Marginal	Danos leves a estrutura, ao corpo hídrico e/ou ao meio ambiente. Sendo danos controláveis e de baixo custo de reparo.
III	Crítica	Danos severos a estrutura, ao corpo hídrico e/ou ao meio ambiente. Necessita de reparos imediatos para que não ocorra uma catástrofe.
IV	Catastrófica	Danos irreparáveis a estrutura, ao corpo hídrico e/ou ao meio ambiente. Reparação lenta ou impossível.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A severidade do impacto fornece uma indicação qualitativa esperada das ocorrências em cada um dos cenários identificados.

Quadro 3– Legenda da matriz de classificação de risco

SEVERIDADE	FREQUÊNCIA	RISCO
I Insignificante	A Extremamente difícil	1 Desprezível
II Marginal	B Difícil	2 Menor
III Crítica	C Inesperável	3 Moderado
IV Catastrófica	D Provável	4 Sério
	E Regular	5 Crítico

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por sua vez, o nível de risco é baseado na relação entre a frequência e severidade, assim como apresentado na Tabela 2. A tradução qualitativa do significado dos valores de severidade, frequência e risco são apresentados no Quadro 3, para melhor entendimento dos usuários.

Tabela 2 – Matriz de classificação de risco

		FREQUÊNCIA				
		A	B	C	D	E
SEVERIDADE	IV	2	3	4	5	5
	III	1	2	3	4	5
	II	1	1	2	3	4
	I	1	1	1	2	3

Fonte: Elaborado pelo autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da barragem

A Barragem Saulo Maia é uma barragem de terra com a finalidade de abastecimento humano e dessedentação de animais. Desde o ano de 2018 essa barragem vem sendo usada para o abastecimento das cidades de Areia e Pilões, no entanto, sempre houve o uso para o abastecimento humano através da retirada de água com carros-pipa, bem como uso para piscicultura, lazer, diluição de efluentes domésticos, pesca e agricultura

Em relação as condições operacionais da barragem, um relatório técnico produzido pela AESA (2018) levantou problemas nos aspectos construtivos como a ausência de cerca de proteção, e a inexistência de placas de aviso na barragem. Onde a única parte murada é referente a infraestrutura de um condomínio as margens do corpo hídrico construído de forma irregular, onde previsto pelo Código Florestal – Lei 12.727/2012 (BRASIL, 2012) – a retirada da mata ciliar inviabiliza a Área de Preservação Permanente. Também estabelecido que em Área de Preservação Permanente do tipo ciliar, 100 (cem) metros de vegetação nativa florestal, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros.

Além da ocupação irregular e a falta de estruturas de proteção a barragem opera com seus taludes de montante e jusante apresentam vegetação inadequada, além de falha na cobertura vegetal. Além da presença de formigueiros e canaletas obstruídas. O vertedouro se encontra em bom estado de conservação e operação, não sendo identificados impedimentos ou vegetação inadequada.

5.2 Perigos associados a Barragem

Diante do exposto sobre as condições operacionais da Barragem Saulo Maia foram definidos dez perigos considerados relevantes para a operação e manutenção do corpo de água. Esses perigos, assim como a análise deles na forma de risco pelo método APP, estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Planilha de Análise Preliminar de Perigos

Análise Preliminar de Perigos							
Local:		Sistema:			Elaborado por:		Aprovado por:
Referência:					Data:		Revisão:
Perigo	Causa	Modo de detecção	Efeito	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Categoria de Risco	Observações
Presença de formigueiros	Falta de controle dos insetos	Visual	Fragilização do talude com consequente percolação da água e eventual colapso da estrutura	E	II	4	-
Sistema de drenagem pluvial obstruído	Falta de manutenção e inspeção	Visual	Água flui para regiões onde não possui drenos acarretando a erosão e possível colapso da estrutura	E	III	5	-
Vegetação inadequada dos taludes	Falta de controle e política de vegetação nos taludes	Visual	Criação de caminhos preferenciais para infiltração e ocorrência do piping	E	III	5	-
Falha na cobertura vegetal dos taludes	Falta de manutenção	Visual	Provoca a erosão, podendo originar ravinas e eventual colapso da estrutura	C	III	3	-
Assoreamento	Quantidade e intensidade das chuvas, cobertura e uso do solo, topografia e erosão das terras	Visual e medição	Mudanças na qualidade da água, ecológicas, impossibilidade de operação da barragem e perda de capacidade útil	C	IV	4	-
Processo de estiagem	Secas prolongadas	Visual	Escassez hídrica, mudanças na qualidade da água, efeitos ecológicos	E	I	3	-
Excesso de demanda	Crescimento populacional e uso não controlado	Visual e medição	Diminuição do volume e qualidade da água afetada	E	II	4	-
Eutrofização	Excesso de nutrientes na água, devido ao descarte de esgotos	Visual e através de análises químicas	Redução do oxigênio e impedimento da entrada de luz na água, aumento da turbidez, crescimento de cianobactérias e macroalgas	E	III	5	-
Baixa qualidade da água	Mal uso, lançamento de poluentes e piscicultura	Visual e através de parâmetros químicos	Doenças, efeitos ecológicos, desuso do corpo hídrico e THMs	D	III	4	-
Degradação da APP	Desmatamento, uso do solo para agricultura e moradia	Visual	Degradação dos recursos hídricos, assoreamento, desproteção do solo e eventual erosão	D	IV	5	-

Fonte: Elaborada pelo autor.

A presença de formigueiros (Figura 4) é um risco sério da Barragem Saulo Maia, uma vez que ocorre regularmente – pelo menos uma vez por ano – e pode apresentar um problema marginal, pois segundo Barbosa (2014) esses insetos criam tuneis no talude da barragem que a fragiliza, pois podem diminuir o caminho de percolação, facilitar a saturação, com danos severos a infraestrutura e imediata necessidade de ação. Apesar do perigo ser sério, sua detecção e controle são de fácil execução, pois visualmente é possível verificar a presença desses insetos, bem como o controle de pragas rapidamente resolve o problema.

Figura 4 – Formigueiros no talude



Fonte: Elaborado pelo autor.

A obstrução do sistema de drenagem (Figura 5) é causada pela falta de manutenção e inspeção, ocorre ao menos uma vez por ano, fazendo com que a água flua para regiões onde não possui drenos acarretando a erosão e possível colapso da estrutura. Considerado um

problema crítico e de risco sério, mas sua detecção e controle são de fácil execução, pois visualmente é possível verificar a obstrução, bem como a limpeza e desobstrução do sistema de drenagem resolvendo o problema.

Figura 5 – Canaleta de drenagem obstruída



Fonte: AESA (2018).

Segundo Oliveira (2008) uma boa cobertura vegetal seja imprescindível, a presença de arbustos ou árvores nos taludes é indesejável (Figura 6), pois grandes raízes tendem a criar caminhos preferenciais de percolação que eventualmente podem provocar erosão interna. É um risco crítico, já que sua frequência de ocorrência é de ao menos uma vez por ano. Embora o perigo ser sério, sua detecção e controle são de fácil execução, pois visualmente é possível verificar a presença dessa vegetação e seu controle por meio de limpeza.

A falha na cobertura vegetal é um risco moderado da Barragem Saulo Maia, uma vez que ocorre raramente e pode apresentar um problema crítico, pois segundo Barbosa (2014) podem causar deslizamentos e erosão, podendo originar ravinas e eventual colapso da estrutura. Apesar do perigo ser sério, sua detecção e controle são de fácil execução, pois

visualmente é possível verificar a falha na cobertura vegetal, bem como o controle e plantio de vegetações adequadas.

Figura 6 – Vegetação inadequada dos taludes



Fonte: Elaborado pelo autor.

O assoreamento (Figura 7) é um risco sério da Barragem Saulo Maia, sua ocorrência é inesperada durante o horizonte de projeto, mas pode apresentar um problema catastrófico, pois segundo Oliveira (2008) a ocorrência próxima a barragem e nas instalações de descarga pode diminuir o volume útil do reservatório, influenciando no efeito de amortecimento das cheias. Sua detecção pode se visualmente ou através de medições, sua ocorrência acarreta danos irreparáveis e sendo sua recuperação lenta ou impossível.

Apesar de ser comum da região nordeste o processo de estiagem, pois acontece de forma regular. É um perigo insignificante para Barragem Saulo Maia, pois a região do município de areia é favorecida por elevadas precipitações ao decorrer do ano (Figura 8). Barbosa (2014) relaciona que a estiagem e o alto grau de evaporação elevem as concentrações de sais e fósforo comprometem a qualidade da água. Apesar do perigo ser frequente, sua

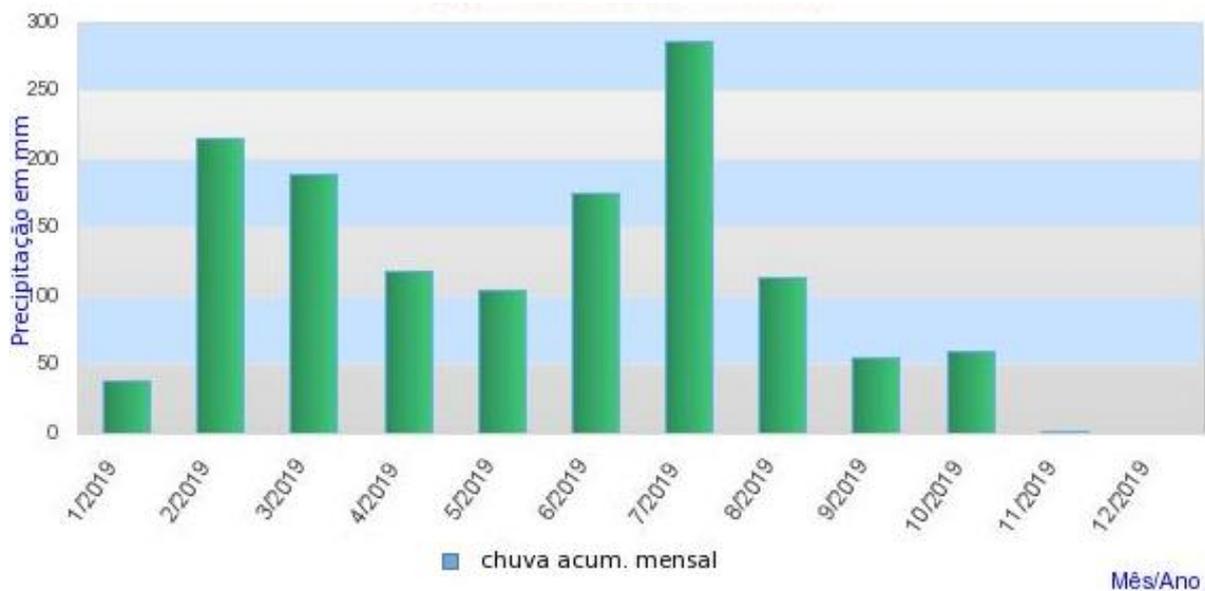
detecção é fácil, pois visualmente é possível verificar o rebaixamento do nível da água e seu controle se dá com a diminuição do seu uso.

Figura 7 – Assoreamento da barragem



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8 – Precipitação durante os meses de 2019



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O excesso de demanda (Figura 9) é um risco sério da Barragem Saulo Maia, uma vez que ocorre regularmente – pelo menos uma vez por ano – e pode apresentar um problema marginal, pois segundo agentes do exército que controlam a retirada de água saem aproximadamente 300 caminhões pipa por dia com destino a diversos municípios da Paraíba. Além de possuir duas adutoras, que abastecem as cidades de Areia e Pilões, causando diminuição do volume e afetando a qualidade da água. Sua detecção pode ser feita visualmente e através de medições, já seu controle se torna difícil diante do crescimento populacional e uso não controlado da água.

Figura 9 – Caminhão pipa para retirada de água



Fonte: Elaborado pelo autor.

A eutrofização (Figura 10) é um risco crítico da Barragem Saulo Maia, uma vez que ocorre regularmente – pelo menos uma vez por ano – e pode apresentar um problema crítico, pois segundo Albuquerque et al. (2018) no processo de eutrofização ocorre a redução do oxigênio no corpo hídrico, além do impedido da passagem de luz atrelado ao aumento da turbidez e a proliferação de cianobactérias que produzem cianotoxinas, que são tóxicas a

saúde humana, com danos severos ao corpo hídrico e imediata necessidade de ação. Apesar do perigo ser sério, sua detecção e controle são de fácil execução, pois visualmente e através de análises químicas é possível verificar a ocorrência do processo de eutrofização, bem como o cessamento do descarte de efluentes domésticos e diminuição de nutrientes na água resolve o problema.

Figura 10 – Excesso de algas



Fonte: Elaborada pelo autor.

A baixa qualidade da água é um perigo crítico, onde acontece – pelo menos uma vez em cinco anos e uma vez em dez anos – resultado do mal-uso do corpo hídrico e do lançamento de poluentes domésticos e da piscicultura local. A água coletada no reservatório é condicionada em caminhões pipa e realizado processo de desinfecção com adição de hipoclorito para serem distribuídas a população, segundo Albuquerque et al. (2018) a cloração da água contendo matéria orgânica favorece a formação de trihalometanos (THMs) que pode colocar a saúde humana em risco Sua detecção pode ser feita visualmente e através de parâmetros químicos, já seu controle se torna difícil diante da falta de fiscalização.

Por fim, a degradação da APPs (Figura 11) é um risco crítico da Barragem Saulo Maia, uma vez que sua ocorrência seja provável – pelo menos uma vez em cinco anos e uma vez em dez anos– e pode apresentar um problema catastrófico, pois segundo Barbosa (2014) as APPs são uma barreira natural que tem como função proteger contra a erosão, assoreamento e lixiviação de resíduos oriundos de práticas agrícolas e pecuária, com danos

severos a infraestrutura e imediata necessidade de ação. Por ser um perigo ser catastrófico, requer sua detecção e controle imediatos.

Figura 11 – Delimitação da APPs



Fonte: Elaborada pelo autor

7 CONCLUSÃO

O uso da ferramenta APP possibilitou o levantamento de perigos mais relevantes a operação e a manutenção da estrutura da Barragem Saulo Maia. A presença de formigueiros é comum e não possui controle, representa um risco crítico pondo em risco a estrutura e acarretando um eventual colapso. Sistema de drenagem pluvial obstruído representa um risco crítico, o mesmo desempenha papel importantíssimo evitando a erosão e possível colapso da estrutura. A vegetação inadequada nos taludes é evidente e expressiva, é um perigo crítico, pois as raízes profundas criam caminhos preferenciais para infiltração e possibilitando a ocorrência da erosão interna. O excesso de algas é visível e preocupante, representa o excesso de nutrientes na água que desencadeia o processo de eutrofização, um risco crítico. Pois causa a redução de oxigênio e impedimento da entrada de luz na água e crescimento de cianobactérias e algas. A degradação da APPs é visível em boa parte das margens da barragem, representa um risco crítico, interfere diretamente na erosão e na qualidade da água.

Diante do exposto, a Barragem Saulo Maia necessita de manutenção corretiva e preventiva. Mas necessitando de reparos imediatos como, a limpeza da vegetação inadequada do coroamento e dos taludes, desobstrução das canaletas do talude de jusante, eliminar os formigueiros, recuperação da mata ciliar e cessar o excesso de lançamentos de nutrientes.

A política de segurança de barragens estabelece de forma clara a distribuição de responsabilidades, tanto do empreendedor como dos órgãos fiscalizadores, visando à aplicação de medidas para garantir a segurança e a boa operação de barragens.

A análise de risco revelou ser um método muito eficaz na caracterização de riscos associados a manutenção e operação de uma barragem.

O método APP apresentou resultados consistentes em relação aos perigos elencados na barragem, dando uma ideia da proporção que muito deles causam ao ecossistema e a saúde humana.

Recomendam-se estudos sobre a qualidade da água acerca do despejo de esgotos e a piscicultura intensa na barragem Saulo Maia, e, para trabalhos posteriores, levantamento do custo para regularizar todos os problemas operacionais.

REFERÊNCIAS

- AESA. **Relação dos Açudes Monitorados**. 2017. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAcudes.do?metodo=listarAcudesUltimaCota>> Acesso em: 14 de Novembro de 2019.
- ALBUQUERQUE, Maria Virgínia da Conceição et al. Diagnóstico das Variáveis Físico-Químicas e Biológicas como Indicadoras da Qualidade de Água do Reservatório Saulo Maia – Pb. In: Alternativas de Financiamentos Para O Saneamento Público, 48., 2018, Fortaleza - Ce. **Anais**. Fortaleza - Ce: Congresso Nacional de Saneamento da Assemae, 2018. p. 129 - 136.
- ALCÂNTARA, Danilo Cunha. **Avaliação da Qualidade da Água em Mananciais Superficiais - Estudos para Criação de Unidade de Conservação em Itapema/SC**. 2010. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- ANDRADE, Felipe Scarpelli de. **Análise de Riscos Estratégicos: Proposição de uma Metodologia com Foco nos Valores Organizacionais a Partir do Contexto da Segurança Pública**. 2019. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.
- BARBOSA, Rodrigo de Andrade. **Diagnóstico e Execução de Ações Corretivas Visando à Recuperação da Barragem Poleiros, em Barra De Santa Rosa, PB**. 2014. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.
- BARRETO, Luciano Vieira et al. Eutrofização em Rios Brasileiros. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p.2165-2179, 2013. Mensal.
- BERG, H. P. Risk Management: Procedures, Methods and Experiences. V. 2(17), **Reliability: Theory & Applications**. 2010.
- BONETO, R. M. C. G. **Aspectos limnológico-sanitários das águas do rio Caulim na Região Metropolitana de São Paulo**. Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública – São Paulo – SP, 2007.
- Ciclo Hidrológico e Gerenciamento Integrado**. São Paulo, out. 2003.
- CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO/Lei 12.727/2012**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm>. Acesso em: 21 de novembro de 2019.
- COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS, 2., 2017, Belo Horizonte. **Métodos de Análise de Risco: Aplicabilidade e Limitações no Gerenciamento de Riscos Associados a Barragens**. Belo Horizonte: Comitê Brasileiro de Barragens II Seminário de Gestão de Riscos e Segurança de Barragens de Rejeitos - Sgbr, 2017. 20 p.
- COSTA, Walter Duarte. **Geologia de Barragens**. São Paulo: Oficina Textos, 2012.

DE CICCO, Francesco, FANTAZZINI, Mário Luiz. **Introdução à engenharia de segurança de sistemas**. São Paulo: FUNDACENTRO, 1994.

DECRETO nº 24.643/1934. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 21 de novembro de 2019.

DIAS, Maria Assunção Faus da Silva. Eventos Extremos. **Usp**, São Paulo, v. 103, p.33-40, 2014. Semanal. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

Distribuição Espaço Temporal da Precipitação Pluvial e Sua Interação com o Relevo na Bacia do Rio Jacaré Guaçu (SP). São Paulo: Ciência e Natura, Santa Maria, v. 39, 02 out. 2017. Mensal.

Estudo da Variabilidade da Precipitação Pluvial em Municípios da Região Sul dos Campos Gerais, Paraná, Brasil: Revista Brasileira de Climatologia. Ponta Grossa-pr: Revista Brasileira de Climatologia, v. 6, jun. 2010. Mensal.

GAGO, Rogério. **Gestão de crises no Atendimento Inicial a Emergências com Rupturas de Barragens: Análise e proposta**. 2009. 204 f. (Monografia) – Centro de Aperfeiçoamento e Estudos Superiores. São Paulo, 2009.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. 2. ed. Belo Horizonte: Ufmg, 2010. 415 p.

(INMET), Instituto Nacional de Meteorologia (Org.). **Chuva Acumulada Mensal na Estação Automática: Areia (PB)**.2019. Disponível em:

<http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_iframe.php?codEst=A310&mesAno=2019>. Acesso em: 08 dez. 2019.

LÉLIS, Eliacy Cavalcanti. Gerenciamento de riscos da inovação tecnológica. In: Congresso Virtual Brasileiro de Administração, 2004, [s.]. **Anais Eletrônico...** Disponível em: <http://www.convibra.com.br/pdf/184.pdf>. Acesso em: 16 out. 2019.

LUZ, C. N. **Uso e Ocupação do Solo e os Impactos na Qualidade dos Recursos Hídricos Superficiais da Bacia do Rio Ipitanga**. Salvador, 2009. 131 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia).

MARAGON, Márcio. **Barragens de Terra e Enrocamento**. Apostila do Curso de Engenharia Civil – Área Departamental de Geotecnia e Obras de Terra, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2004.

MARENGO, Jose A.; OLIVEIRA, Gilvan Sampaio de. Impactos do Fenômeno de La Niña no Tempo e Clima do Brasil: Desenvolvimento e Intensificação Do La Niña 1998/99. **Research Gate**, Cachoeira Paulista, p.1-4, jul. 2019. Semanal.

MELO, Alexandre Vaz de. **Análises de Risco Aplicadas A Barragens de Terra e Enrocamento: Estudo de Caso de Barragens da Cemig Gt**. 2014. 168 f. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Geotecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

MODARRES, M. Risk Analysis in Engineering: Techniques, Tools, and Trends. CRC/ Taylor & Francis, 401p. 2006.

OHSAS. **Linhas de Interpretação da Norma OHSAS 18001/ NP 4397**. APCER – Agencia Portuguesa de Certificação, 2003.

OLIVEIRA., Jader Roosevelt de Carvalho. **Contribuição para a Verificação e Controle da Segurança de Pequenas Barragens De Terra**. 2008. 263 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

PINTO, Nelson L.de Sousa et al.**HIDROLOGIA BÁSICA**.Paraná: Blucher, 1976. 304 p. Prof. M. Marangon, D. Sc.**Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra: Unidade 5 – Barragens de terra e encoramento**.2004.

RAMOS, Marcelo; BEATRIZ, Faustina. **Metodologia para Análise Preliminar de Riscos de um Navio de Transporte de Gás Natural Comprimido**, São Paulo, Novembro de 2009.

REBOUÇAS, Aldo. **Uso Inteligente da Água**. São Paulo: Loyola, 2008. 206 p.
SCHÄFER, Rossana Ferrari. **Precipitação e Evapotranspiração de Referência Estimadas com Metodologia Alternativa, Voltadas à Realização do Balanço Hídrico Diário**.2009. 62 f.

SIQUEIRA, Antenora et al. **Riscos de Desastres Relacionados à Água**: Aplicabilidade de bases conceituais das Ciências Humanas e Sociais para a análise de casos concretos. São Carlos: Rima, 2015. 528 p.

SOUZA, Juliana Rosa de et al. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **Rede - Revista Eletrônica do Prodem**, Fortaleza, v. 8, p.26-45, 2014.

TUCCI, C.E.M. Águas urbanas. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 97 – 112. 2008.

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **Water for people, water for life**: UN World Water Development Report. Paris, 2003.

VON SPERLING, Marcos. **Os Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuais**. 2. ed. Belo Horizonte: Segrac, 1996. 243 p.

ZONNO, I.V. **Integração da Análise de Risco na atuação da ANP**. Projeto Final de Curso, Agência Nacional de Petróleo, 2003.