CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFTC

COLEGIADO DE ENGENHARIA CIVIL

CAMPUS FEIRA DE SANTANA/JEQUIÉ-BA

ALESSANDRO CORREIA SENA

DAVID ROCHA DA SILVA

ISABELA LIMA FERREIRA

GESTÃO DE RISCOS EM BARRAGENS: UM ESTUDO DE CASO FRENTE AS PRINCIPAIS MEDIDAS DE SEGURANÇA AOS RISCOS DE ROMPIMENTO DA BARREGEM MINA SANTA RITA.

FEIRA DE SANTANA/JEQUIÉ – BA

2022

ALESSANDRO CORREIA SENA

DAVID ROCHA DA SILVA

ISABELA LIMA FERREIRA

GESTÃO DE RISCOS EM BARRAGENS: UM ESTUDO DE CASO FRENTE AS PRINCIPAIS MEDIDAS DE SEGURANÇA AOS RISCOS DE ROMPIMENTO DA BARREGEM MINA SANTA RITA.

Projeto de Pesquisa, apresentado a Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana/Jequié, como requisito de avaliação da disciplina de TCC II.

Orientador: Eng. Eder Bruno.

FEIRA DE SANTANA/JEQUIÉ – BA

2022

RESUMO

O cenário atual mostra um grande número de rupturas de barragens dos mais diversos tipos e dimensões que ocorre constantemente em todo o mundo. A questão da segurança de barragens é premente, pois as consequências advindas de quaisquer faltas de segurança acarretam danos para numerosas pessoas, além do prejuízo causado, por muitas vezes, incalculável. O presente trabalho tem como finalidade fazer uma análise mais sucinta a respeito da tomada de medidas que sejam eficazes contra potenciais riscos de rompimento de barragens, tomando como um estudo de caso a barragem localizada na Fazenda Santa Rita, em Itagibá, Bahia, sob a gestão e controle da mineradora Atlantic Nickel. A respeito desta barragem, ela é classificada como uma barragem de rejeito, já que sua alimentação é feita através das atividades da mineradora que teve suas operações iniciadas desde abril de 2009 até os dias atuais. O conteúdo deste TCC contém uma compilação dos aspectos utilizados na mineradora quanto as suas atuais análises de risco aplicada à segurança de barragens. Inseridos neste contexto, foram encontrados na literatura técnica métodos, metodologias e ferramentas capazes de mensurar o valor do risco por meio de indicadores. É notório a exigência de uma atenção especial para esse grupo de atividades geotécnicas, já que elas têm como principal função o armazenamento de água e/ou rejeitos. Pelo fato das barragens serem projetadas para terem grandes dimensões é extremamente importante que haja um plano de medidas preventivas. Tais medidas podem ser tomadas por quaisquer escopos de barragens de rejeito.

Palavras-chave: Segurança. Barragem. Rompimento.

ABSTRACT

The current scenario shows a large number of dam failures of the most diverse types and dimensions that occur constantly occur around the world. The issue of dam safety is urgent, as the consequences arising from any lack of safety cause damage to numerous people, in addition to the damage caused, which is often incalculable. The present work aims to make a more succinct analysis regarding the

taking of measures that are effective against potential risks of dam failure, taking as a case study the dam located at Fazenda Santa Rita, in Itagibá, Bahia, under the management of and control of the Atlantic Nickel mining company. Regarding this dam, it is classified as a tailings dam, since its supply is made through the activities of the mining company that had its operations started from April 2009 to the present day. The content of this TCC contains a compilation of aspects used by the mining company regarding its current risk analysis applied to dam safety. Inserted in this context, methods, methodologies and tools capable of measuring the value of risk through indicators were found in the technical literature. It is well known that special attention is required for this group of geotechnical activities, since their main function is the storage of water and/or tailings. Because dams are designed to have large dimensions, it is extremely important to have a plan of preventive measures. Such measures can be taken by any tailings dam scopes.

Keywords: Safety. Dam. Failure.

1. INTRODUÇÃO

Barragens são algumas das estruturas mais complexas e grandiosas que o homem já construiu. Sua construção envolve diversos ramos da engenharia, sendo necessários diversos estudos para realização de um projeto (ÁVILA, 2012).

As técnicas de observação do comportamento das barragens durante a operação vieram reforçar as necessidades do controle da segurança em longo prazo. Com o passar do tempo, a produção de rejeitos aumentou, e as áreas para disposição se tornaram cada vez mais escassas, culminando no desenvolvimento dos projetos de engenharia que permitiam a construção de barragens com alturas cada vez maiores (DUARTE, 2008).

As dificuldades existentes na engenharia são um empecilho que se tornam prejudiciais à sociedade como um todo. A incapacidade de visualizar futuros problemas e/ou desastres custa caro quando engloba a vida comunitária. Os reflexos desta falta de precaução estão diretamente ligados à gestão, ao controle, aos investimentos e à ética. Não é incomum nos inícios dos anos o volume das chuvas

ser mais intenso, comumente chamada por “chuvas de verão”. Neste período, estas chuvas ocasionam uma grande elevação dos níveis das barragens, que podem causar rompimentos por diversos fatores relacionados às medidas de segurança.

Os principais problemas relacionados as estruturas de barragens se dão por conta de diversos aspectos, sendo eles, desde o estudo inicial geotécnico do vale de implantação da estrutura, falhas de projetos executivos, falta de controle de anomalias, deficiência ou inexistência do processo de monitoramento, más definições de projetos de métodos construtivos considerando suas particularidades (solo, topografia, hidrologia, etc). Por não possuir valor comercial, o rejeito necessita ser descartado da forma mais econômica, minimizando, porém, os impactos ambientais resultantes (MACHADO, 2007).

Desde 2000, grandes tragédias ocorreram no Brasil. Cerca de 2 rompimentos anualmente. O seu rompimento pode liberar em segundos uma enorme massa de água, causando grandes prejuízos, materiais e humanos. O estudo dos acidentes que já aconteceram pelo mundo comprovou que a maior parte aconteceu por falhas humanas. Na verdade, as barragens são seguras, desde que tenham adotadas todas suas medidas de segurança. Por isso, é essencial regular e fiscalizar essas construções através de: monitoramento e registro de dados, elaboração de planos de ações de emergência, inspeções e revisões periódicas da segurança.

Tendo em vista tal problema e tendo buscado soluções viáveis, o presente trabalho traz elementos que são necessários para a solução deste problema que periodicamente acontece. Diante disto, aponta-se como pergunta diretriz: quais as medidas de segurança podem ser adotadas frente aos riscos de rompimento de barragens?

Tais medidas coletadas foram: a exposição da importância de investimentos em equipamentos de proteção individual; apresentar soluções para evitar que novos rompimentos ocorram; expor a importância que a segurança do trabalho tem diante da problemática; propor soluções tecnológicas que tragam maiores eficiências no controle de barragens. Pode-se citar, também, a utilização do documento chamado Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração – PAEBM, muito comum nas mais diversas barragens das mineradoras. É um sistema que explica como funcionam as barragens e ensina como nos portar no caso de emergências. Pois, é através dela que decisões podem ser tomadas em casos de riscos de rompimento de

barragens, trazendo uma segurança mais preventiva de qualquer sinal geotécnico, estrutural que envolva a segurança nas barragens.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

A pesquisa realizada neste trabalho tem o intuito de analisar as principais medidas de segurança que podem ser adotadas frente aos riscos de rompimento de barragens.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar as boas práticas de segurança e conservação;
- Analisar os principais Planos de Ação de Emergência;
- Identificar sistemas de monitoramento e emergência.

3. JUSTIFICATIVA

Atualmente, o Brasil tem 22.589 barragens em sua extensão territorial, porém apesar deste grande número, as medidas de precaução ainda não se estendem suficientemente a fim de garantir a proteção em todos os empreendimentos, tendo em vista o grande número de acidentes que ocorreu nos últimos dez anos.

Faz-se relevante a investigação do problema, pois recordando o caso do rompimento da barragem da mina do Córrego do Feijão, em Brumadinho (MG), em que resultou na morte de 272 pessoas e um dano ambiental exponencial, mostra o quão se faz necessário proporcionar respostas para tais problemas, já que há muitas outras barragens que estão em situações semelhantes. E, tomadas as medidas propostas pela pesquisa, torna-se capaz de sugerir modificações no rumo que, por ora, poderia gerar danos irreversíveis no meio ambiente e no socioeconômico.

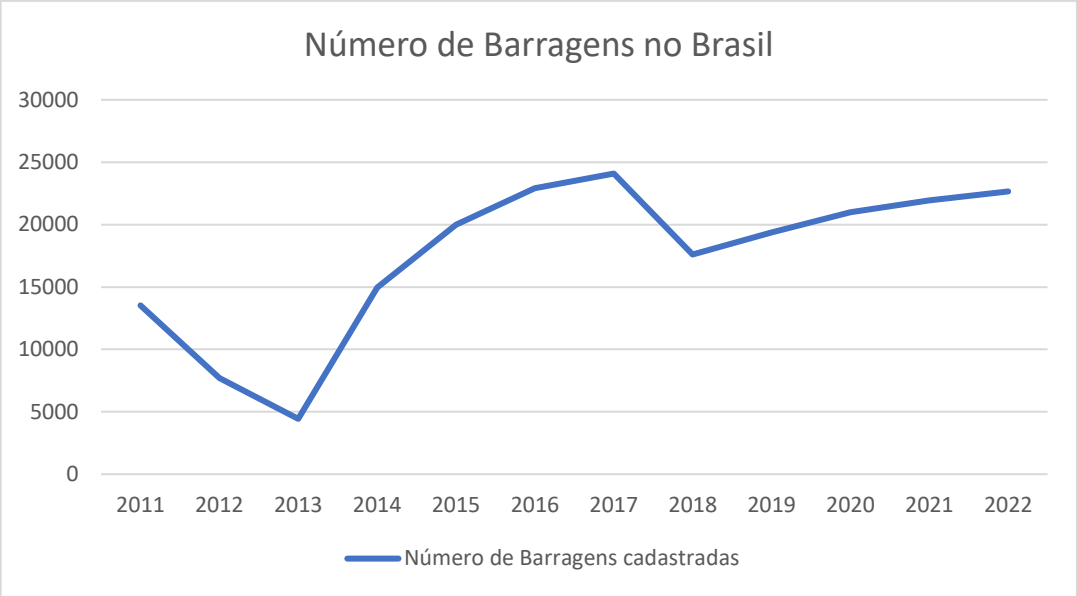


Imagem 01 – Número de barragens no Brasil.

Fonte: Política Nacional de Segurança de Barragens.

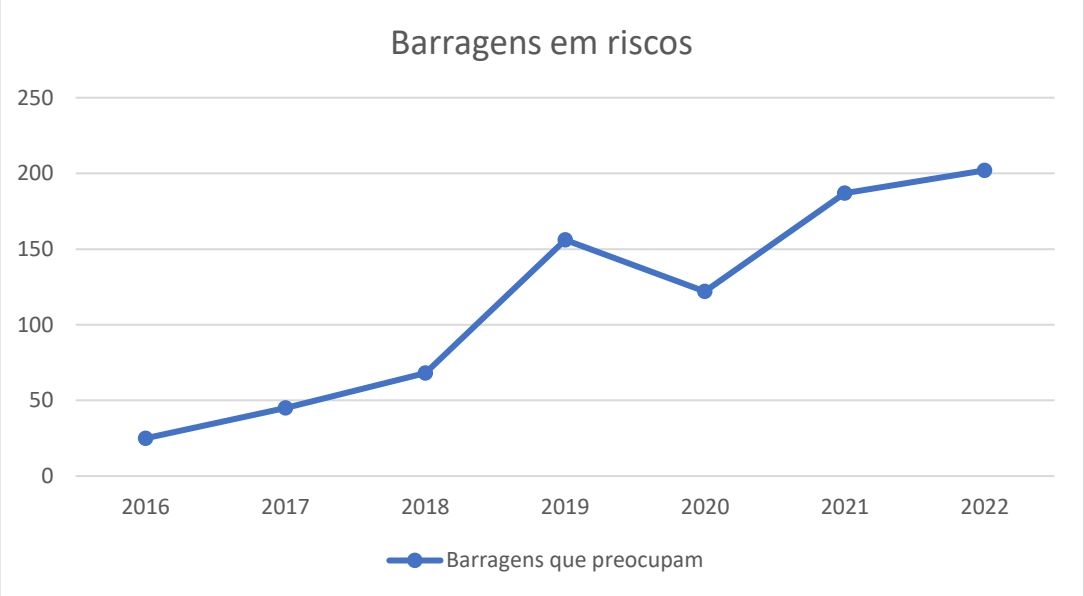


Imagem 02 – Número de barragens em risco.

Fonte: Política Nacional de Segurança de Barragens.

A partir das leituras comparativas dos gráficos, percebe-se uma grandeza diretamente proporcional que é preocupante, pois, isto mostra que as barragens que construídas não estão trazendo o índice de segurança apropriado.

Para cada uma das 22.589 barragens, seria necessário existir um plano de ação emergencial, com o cadastramento de todas as pessoas em áreas de risco e discussão e treinamento da população para como reagir a um rompimento. Não é

aceitável que outras comunidades em risco continuem sem um plano emergencial. Não se pode esquecer de aprender com o que aconteceu e fazer o trabalho preventivo para evitar novas tragédias. Mas, quando a questão é salvar vidas, é o mais importante. A cultura de prevenção é algo que precisa ser implementada no Brasil em várias áreas da sociedade, demonstrando no dia a dia que a vida deve ser preservada.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em épocas de chuvas intensas, a população local fica receosa quanto a sua segurança, visto que há maiores margens de rompimento nestes períodos chuvosos, por conta da elevação de seus níveis. Recentes acidentes envolvendo barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais vêm despertando a atenção para essas estruturas, que crescem com o aumento da produção industrial. (ESPÓSITO; DUARTE, 2010). Assim, como forma de atingir o objetivo de segurança da barragem durante a execução, são respeitadas as normas e procedimentos instruídos na especificação técnica de cada elemento (material e serviços); a execução é realizada conforme projetado, sem alterações (qualquer alteração tem de ser informada a equipe de projetistas para avaliação) pois todo o processo está baseado em estudos geológicos e complementares da área de abrangência da barragem; e em última hipótese o deslocamento para as áreas de segurança inscritas no PAEBM. (SILVA NETO et al., 2010).

Ressalta-se a extrema relevância do PAEBM (Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração), um documento técnico e de fácil entendimento, elaborado pelo Empreendedor, no qual estão identificadas as situações de emergência em potencial da barragem, são estabelecidas as ações a serem executadas nesses casos e definidos os agentes a serem notificados, com o objetivo de minimizar riscos de perdas de vidas humanas. (TEIXEIRA, 2020).

O Plano de Segurança da Barragem deverá estar disponível no próprio local da barragem e na inexistência de escritório: no local, na regional ou sede do responsável pelo empreendimento.

Deve-se intensificar, ainda, o monitoramento contínuo, com a instalação de acelerômetros, inclinômetros, radares e satélites, assim como piezômetros e monitoramentos tradicionais. Outra providência cabível é instituir a exigência de um

número proporcional de engenheiros e geólogos geotécnicos nos quadros das empresas, da mesma forma como ocorre na segurança e medicina do trabalho.

Com relação ao monitoramento, há vários desenvolvimentos técnicos recentes que precisam ser incorporados, como os avanços em geofísica, bem como a utilização de laser e fotogramas. São tecnologias que ajudam na identificação de pequenas mudanças na conformação da barragem, no nível de água e na pressão total. São itens que contribuem para uma gestão mais segura, embora não dispensem o método tradicional. Outro avanço relevante seria a adoção no Brasil dos atestados de segurança das instalações, emitidos por consultores independentes certificados.

Os engenheiros que participaram dos projetos de construção de Itaipu, como o chairman Nelson de Sousa Pinto, responsável pelos estudos do modelo hidráulico do projeto do vertedouro e o coordenador geral do projeto para a construção da Itaipu, Gurmukh Sarkaria advertem sobre as medidas de segurança dentro dos estudos e sistemas de monitoramentos, para armazenamento de substâncias líquidas barragens de mineração – como o da Atlantic Nickel: são exigidos estudos hidro geológicos, pluviométricos e sismológicos regionais, bem como sistema de monitoramento da percolação de água, do lençol freático e da movimentação e da estabilidade dos maciços, sendo dispensados tais estudos se as barragens de mineração forem cadastradas no órgão regulador nacional e não inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens. (SANTANA, 2020, p. 81-82)



Imagem 03 – Visão superior da barragem Santa Rita.

Fonte: Atlantic Nickel, 2022.

A Mina Santa Rita – Atlantic Nickel, possui o grau 4 (quatro) dentro do indicado pelo Ministério do Trabalho, ou seja, é o maior grau de risco dentro da classificação do trabalho no país. Isso se perpetua nas atividades exercidas na sua barragem.

Pela sua extensa área, um possível rompimento da barragem atingiria uma enorme extensão territorial. Por esse motivo, a instalação de um sistema de sirene como forma de segurança foi devidamente adotada, sendo composto por duas sirenes dentro na mina e cinco sirenes fora. Totalizando um sistema de segurança com sete sirenes. As sirenes são testadas de duas formas: de maneira silenciosa, em que são geradas ondas sonoras com baixas frequências, mas com sua intensidade padrão, onde os computadores captam as ondas sonoras da sirene para verem seu funcionamento, porém ninguém escuta seu som. Este tipo de teste é realizado semanalmente, e de maneira ativa, em que todas as sirenes são acionadas para seu real funcionamento prático. Quando esse tipo de teste é realizado, a mineradora – da barragem – certifica-se de ter avisado a todas as autoridades competentes, a Defesa Civil, aos seus funcionários e, principalmente, as comunidades circunvizinhas, que potencialmente seriam atingidos. Esse teste ativo é realizado a cada seis meses.

Outra medida de segurança adotada para garantir a segurança da obra de barragem são as rotas de fuga e pontos de encontro, em um possível rompimento. Destaca-se o controle do nível da barragem, em que é utilizado um medidor de água eletrônico. Este é instalado em sete pontos ao redor da barragem, onde cada um é interligado ao outro, caso um destes sofrer interferência, sabe-se o ponto de tal interferência, o que ocasionou e medidas são tomadas imediatamente, tanto na parte da sala de controle quanto no próprio campo. Todas estas medidas colaboram para a prevenção de acidentes contra rompimento de barragem.



Imagem 04 – Sirene de segurança.

Fonte: Os autores, 2022.

O gerente de geotecnia e obras da Atlantic Nickel, o Sr. Vagner Lima, relata algumas prevenções de acidentes contra rompimento de barragem: não deve haver vegetação de médio ou grande porte (árvores, arbustos, etc.) na barragem, seja nos taludes, na crista ou num raio de 10 metros do pé da barragem; as áreas de taludes e de crista, devem ser revestidas (grama, brita, concreto) para evitar deslizamentos, modificações e/ou erosões; a crista da barragem deve contar com sistema de drenagem para que não haja futuras infiltrações; manter constantemente o vertedouro desobstruído, removendo galhos, folhas e outros objetos que venham a interromper o escoamento da água; atentar para trincas, buracos, afundamentos e erosões, pois podem ser sinais de problemas na estrutura da barragem; a presença de plantas aquáticas pode comprometer a qualidade da água e a vazão do vertedouro, portanto, é melhor retirá-las; a presença de formigueiros ou tocas de animais também podem representar um risco para a estrutura da barragem; ter medidores de vazão e réguas de controle de nível para acompanhamento das variações de volume do reservatório.



Imagem 05 – Placas de riscos instaladas ao redor da barragem.

Fonte: Os autores, 2022.



Imagem 06 – Formigueiro presente na barragem

Fonte: Os autores, 2022.

5. METODOLOGIA

Optou-se pelo referencial teórico, através de um estudo de caso, que atende aos objetivos propostos por esta dissertação. Primeiramente, foi realizada busca de casos que atingem diretamente a população como um todo; logo após o levantamento dos referenciais teóricos, partiu-se para o levantamento de informações a respeito da

segurança de barragem, no Brasil, na Bahia e nos municípios destacados e, finalizando a pesquisa, foi realizado um levantamento dos principais dados estatísticos de barragens junto a SNISB, ANA, PAEBM e ATN referentes à segurança, controle e efetividade.

A finalidade do referencial teórico é colocar o pesquisador em contato com a realidade a respeito do seu tema de pesquisa, tendo como principal vantagem o fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente. Esta vantagem se torna particularmente importante quando o problema de pesquisa requer dados muito restritos em determinadas áreas de barragem.

6. CRONOGRAMA

MÊS/ETAPAS	MAR	ABR	MAI	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Escolha do tema	**X**							
Levantamento bibliográfico		**X**						
Elaboração do anteprojeto		**X**	**X**					
Entrega do projeto			**X**					
Coleta de dados				**X**				
Análise dos dados					**X**			
Organização do roteiro/partes					**X**			
Redação do trabalho					**X**			
Revisão e redação final						**X**		
Entrega do TCC							**X**	
Defesa Do TCC							**X**	

7. REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. P. N. **Barragens de Terra – Sistemas de Drenagem Interna. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Anhembi Morumbi no âmbito do curso de Engenharia Civil com ênfase Ambiental**. São Paulo - SP, 2005.

BALBI, D. A. F. **Metodologias para a Elaboração de Planos de Ações Emergenciais para Inundações Induzidas por Barragens. Estudo de Caso: Barragem de Peti – MG.** Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG, 2008.

BRASIL. CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 143, de 10 de julho de 2012. **Estabelece Critérios Gerais de Classificação de Barragens por Categoria de Risco, Dano Potencial Associado e pelo Volume do Reservatório**, em Atendimento ao Artigo 7º da Lei nº 12.334, de 20 de set. 2010.

BRASIL. 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**. Diário Oficial da União, BRASÍLIA, DF, 20 de set. 2010.

BRASIL. Resolução nº 95, de 7 de fevereiro de 2022. **Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração**. Diário Oficial da União, BRASÍLIA, DF, 16 de fev. 2022. Seção 1, página 49.

COLLE, G. A. **Metodologias de Análise de Risco para Classificação de Barragens Segundo a Segurança.** Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal do Paraná. Curitiba - PR, 2008.

GRUPO DE TRABALHO DE ANÁLISE DE RISCOS EM BARRAGENS. Comissão Nacional Portuguesa das Grandes Barragens – CNPGB. Portugal, 2005. Disponível em: http://cnpgb.inag.pt/. Acesso em: 11 jul. 2022.

GUIA BÁSICO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS. Comitê Brasileiro de Barragens – CDBD. São Paulo - SP. 2001.

GUIA DE ORIENTAÇÃO E FORMULÁRIO PARA INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGEM. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas - ANA, v.II, 2016.

MEDEIROS, C. H. de A. C. **A Regulamentação da Lei de Segurança de Barragens e seus Desafios: Relato de uma Experiência.** Comitê Brasileiro de Barragens – CBDB, XXIX Seminário Nacional de Grandes Barragens. Porto de Galinhas - PE, 2013.

MELLO, V. F. B. **Acidentes em Barragens**. III Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos. Belo Horizonte. 1966. Disponível em: http://www.victorfbdemello.com.br. Acesso em: 10 jul. 2022.

Paulo: Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, 2005, Ed. 11, Vol. 07, pp. 81-97. novembro de 2020.

RAMOS, C. M. **Segurança de Barragens: Aspectos Hidráulicos e Operacionais**. Informação Técnica Hidráulica nº 38. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal, 1995.

SANTANA, Leandro Pinheiro; VASCONCELOS, Thiago Rodrigues; SILVA, Wellington Cesar Teles da. **Instrumentação e segurança de barragens**. São SILVA, Leila Cristina do Nascimento. **Barragens de Rejeito da Mineração**. São Paulo: Lumen Juris, 2019.

Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens: segurança de barragem. Segurança de barragem. 2020. Disponível em: https://www.snisb.gov.br. Acesso em: Acesso em: 1 abril 2022.

Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens: segurança de barragem. Segurança de barragem. 2022. Disponível em: https://www.snisb.gov.br. Acesso em: 09 out. 2022.

TEIXEIRA, Paulo. **100 Barragens brasileiras**. 2. ed. São Paulo: Fapesp: Viseu T. e Almeida A. B, 2004.

8. ANEXOS



Imagem 07 – Realização de vistoria técnica.

Fonte: Os autores, 2022.



Imagem 08 – Visão superior da planta de alimentação de rejeito da barragem.

Fonte: Atantic Nikel Mineradora, 2022.



Imagem 9 – Realização de vistoria técnica.

Fonte: Os autores, 2022.



Imagem 10 – Visão superior da barragem Santa Rita.

Fonte: Atlantic Nickel Mineradora, 2022.



Imagem 11 – Realização de vistoria técnica.

Fonte: Os autores, 2022.



Imagem 12 – Realização de vistoria técnica.

Fonte: Os autores, 2022.



Imagem 13 – Realização de vistoria técnica.

Fonte: Os autores, 2022.



Imagem 14 – Visão superior da barragem Santa Rita.

Fonte: Atlantic Nikel Mineradora, 2022.



Imagem 15 – Visão superior da barragem Santa Rita.

Fonte: Atlantic Nikel Mineradora, 2022.



Imagem 16 – Realização de vistoria técnica.

Fonte: Os autores, 2022.