

INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DE BARRAGENS DE TERRA: UM ESTUDO PRÁTICO

INSPECTION AND MAINTENANCE OF LAND DAMS: A PRACTICAL STUDY

Antônio Euflauzino de Paula¹

Leandro Borges de Medeiros²

Fernando Barbosa de Freitas Filho³

Felipe Corrêa Veloso dos Santos⁴

Resumo: A inspeção periódica de barragens é vital para garantir a segurança e minimizar riscos ambientais e sociais. Este estudo focou nas técnicas de inspeção de barragens de terra de um Condomínio Residencial, em Goiânia, Goiás, abordando métodos de inspeção visual. Foram identificados problemas nas barragens 01 e 02, como vegetação excessiva, erosão costeira, assoreamento e deterioração da manta impermeabilizada, que afetam a estabilidade e a qualidade da água. O estudo recomenda ações corretivas como poda de árvores, controle de vegetação e reparos na manta impermeabilizada, ressaltando a importância de manutenção regular para proteger as comunidades e o meio ambiente. Outro ponto de observação constatado neste trabalho é a precariedade de barreiras de segurança e proteção às pessoas e animais que habitam em suas vizinhanças

1 Graduando em Engenharia Civil, Escola Politécnica e de Artes, Pontifícia Universidade Católica de Goiás

2 Graduando em Engenharia Civil, Escola Politécnica e de Artes, Pontifícia Universidade Católica de Goiás

3 Graduando em Engenharia Civil, Escola Politécnica e de Artes, Pontifícia Universidade Católica de Goiás

4 Professor orientador, Engenharia Civil, Escola Politécnica e de Artes, Pontifícia Universidade Católica de Goiás



Palavras chaves: Erosão costeira, inspeção de barragens, manutenção periódica, riscos ambientais

Abstract: Periodic inspection of dams is vital to ensure safety and minimize environmental and social risks. This study focused on the inspection techniques for earth dams at the Residencial Condominio Area in Goiânia, Goiás, addressing methods such as visual inspection, as well as advanced technologies. Significant issues were identified in dams 01 and 02, including excessive vegetation, coastal erosion, sedimentation, and deterioration of the impermeable membrane, which affect stability and water quality. The study recommends corrective actions such as tree pruning, vegetation control, and repairs to the impermeable membrane, emphasizing the importance of regular maintenance to protect communities and the environment. Another point of observation found in this work is the precariousness of safety and protection barriers for people and animals that live in their neighborhoods.

Keywords: Coastal erosion, dam inspection, periodic maintenance, environmental risks

Introdução

Barragens de terra desempenham um papel crucial em diversos setores, como agricultura, abastecimento de água, geração de energia, lazer e paisagismo (De Freitas; De Freitas, 2022). Contudo, sua manutenção e inspeção são fundamentais para garantir a segurança estrutural e evitar acidentes que podem causar grandes prejuízos ambientais e sociais (MENDES et al., 2020). A crescente preocupação com falhas em barragens nos últimos anos, particularmente no Brasil, tem chamado a atenção para a necessidade de uma fiscalização rigorosa e a implementação de tecnologias modernas (MATTOS et al., 2016).

A inspeção de barragens de terra envolve uma série de técnicas que variam desde métodos tradicionais, como a inspeção visual, até o uso de tecnologias avançadas, como o sensoriamento

remoto e o monitoramento em tempo real (Mendes et al., 2020; Silva; Rabechini Jr., 2020).

Este estudo tem como finalidade analisar essas técnicas de inspeção e manutenção, destacando os principais desafios enfrentados na gestão de barragens de terra, sugerindo soluções para mitigar riscos e melhorar a eficiência desses processos.

Referencial teórico

Existem várias técnicas de inspeção utilizadas para avaliar a integridade das barragens de terra. As principais incluem inspeção visual, ensaios geotécnicos, monitoramento hidrológico e modelagem numérica (Fonseca; Henriques; Roque, 2023). Esses métodos são aplicados de forma integrada para fornecer uma visão abrangente do estado da barragem (Mendes et al., 2020).

A inspeção visual é um dos métodos mais simples e acessíveis. Ela consiste na observação direta da superfície da barragem para identificar possíveis sinais de desgaste, deformações, erosão ou presença de vegetação indesejada. Apesar de sua simplicidade, ela é indispensável para detectar problemas iniciais que podem ser corrigidos antes que comprometam a estrutura como um todo (Ramos, 2015).

Os ensaios geotécnicos são cruciais para uma análise mais profunda, avaliando as propriedades do solo que compõe a barragem (Sokolovicz et al., 2024). Esses ensaios medem a resistência do solo, sua permeabilidade e as tensões internas, ajudando a prever possíveis deslizamentos ou rupturas. Equipamentos como inclinômetros e piezômetros são utilizados para monitorar essas condições ao longo do tempo (Franco et al., 2016)

Já o monitoramento hidrológico busca avaliar o comportamento da água dentro da barragem, medindo parâmetros como o nível de água, vazão e infiltração. A combinação dessas informações com modelos numéricos permite prever como a barragem reagiria a eventos extremos, como chuvas intensas ou sismos (Watanabe et al., 2020).

Essas tecnologias oferecem uma avaliação mais precisa e detalhada, permitindo uma resposta



mais ágil e reduzindo a necessidade de inspeções presenciais, o que diminui riscos e custos (Somenzi et al., 2023). No entanto, é essencial complementar essas tecnologias com técnicas tradicionais como inspeção visual e ensaios geotécnicos para garantir uma avaliação completa (Ramos, 2015).

Este trabalho tem o objetivo de analisar as técnicas de inspeção e manutenção de barragens de terra, abordando os principais desafios enfrentados na gestão dessas estruturas e propondo soluções para reduzir riscos. Isso inclui avaliar métodos de inspeção, identificar dificuldades como a alta de tecnologia e capacitação, e sugerir melhorias que garantam a segurança das barragens, contribuindo assim para a proteção da vida humana e do meio ambiente.

Materiais e Métodos

A metodologia escolhida para este trabalho foi a inspeção visual. As imagens foram obtidas a partir da câmera digital de um celular, permitindo o registro das condições observadas.

Esta pesquisa utilizou como objetos de inspeção os lagos 01 e 02, situados nas quadras 09 e 21, acessíveis pela Alameda Das Paraíbas, localizadas no Residencial Aldeia do Vale, em Goiânia, Goiás. Para facilitar a leitura, os lagos 01 e 02 serão denominados, respectivamente, barragem 01 e barragem 02 a partir de agora. Na Figura 01, é possível visualizar a planta do residencial (a) e a imagem de satélite (b).



Figura 01– Recorte da planta do Residencial Aldeia do Vale – Barragem 01 e Barragem 02 (a) Imagem de Satélite – Barragem 01 e Barragem 02 (b)



Fonte: Google Earth, 2023

Resultados e Discussão

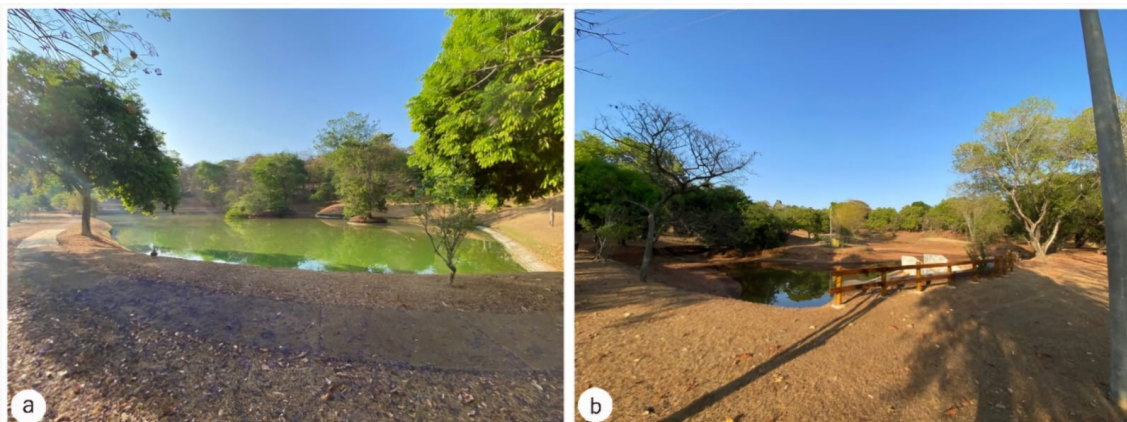
A presença de árvores nas barragens de terra dos lagos artificiais, em particular nas barragens 01 e 02, pode ser uma preocupação relevante em relação à segurança estrutural. As raízes dessas árvores podem se infiltrar no solo da barragem, afetando sua estabilidade, especialmente durante eventos climáticos severos, como chuvas intensas e ventos fortes. Além disso, as árvores podem prejudicar o sistema de drenagem do lago, uma vez que suas raízes têm o potencial de bloquear tubulações e canais destinados ao escoamento da água.

Por outro lado, a presença de árvores nas barragens de lagos artificiais pode oferecer diversos benefícios ambientais, como a preservação da biodiversidade, a melhoria da qualidade do ar e a regulação da temperatura da água.

Para gerenciar essa situação de maneira eficaz, é fundamental realizar avaliações periódicas da vegetação nas barragens e implementar práticas de manejo apropriadas. Isso pode incluir a poda das

árvores e o replantio de espécies mais adequadas ao ecossistema local. Vale destacar que a remoção completa das árvores pode não ser a solução ideal, uma vez que a vegetação desempenha um papel importante na proteção do solo e na mitigação da erosão. Portanto, é crucial realizar uma análise cuidadosa dos prós e contras da presença de árvores nas barragens para que as melhores práticas de manejo possam ser adotadas. A Figura 02 ilustra as árvores presentes na barragem 01 (a) e na barragem 02 (b).

Figura 02 – Presença de árvores na barragem 01 (a) e barragem 02 (b)



A presença excessiva de vegetação, detritos e resíduos no canal de entrada do Lago 2 representa um desafio significativo para a gestão e manutenção de recursos hídricos artificiais. Esses fatores podem prejudicar a funcionalidade e a eficiência do sistema de entrada de água, além de afetar a segurança da barragem associada.

O crescimento da vegetação no canal pode gerar diversas complicações. As raízes das plantas, ao se espalharem, podem obstruir o fluxo de água, diminuindo a capacidade hidráulica do canal e impactando negativamente o controle dos níveis de água no lago. Essa obstrução pode resultar em acúmulo de água que excede a capacidade do sistema de drenagem, aumentando o risco de transbordamentos e sobrecarga na estrutura da barragem. Além disso, a presença de vegetação pode levar à degradação da qualidade da água, já que a matéria orgânica em decomposição pode elevar os

níveis de nutrientes e fomentar o crescimento excessivo de algas. Esse fenômeno pode culminar na eutrofização, prejudicando a saúde do ecossistema aquático e a qualidade da água.

Para lidar com esses problemas, é crucial estabelecer um programa regular de monitoramento e manutenção do canal de entrada. Este programa deve incluir inspeções frequentes para identificar e remover a vegetação excessiva, bem como detritos e resíduos. A Figura 03 ilustra a situação mencionada.

Figura 03: Presença de vegetação, detritos e resíduos no canal de entrada no lago 2 (a)



Foi detectado um problema de erosão costeira nas barragens 01 e 02. Esse fenômeno pode ser causado por diversos fatores, como a ação das ondas, a correnteza, as flutuações no nível da água e a exposição a condições climáticas adversas. A erosão costeira pode ter consequências sérias para a estabilidade das margens do lago, incluindo deslizamentos de terra, perda de solo e, em situações mais graves, a criação de novas crateras ou cavidades nas margens.

Para mitigar a erosão costeira, várias técnicas podem ser aplicadas, como a construção de diques, o plantio de vegetação com raízes profundas, a instalação de barreiras artificiais e a implementação de medidas específicas de controle da erosão. A seleção da técnica mais adequada deve considerar as características locais, levando em conta aspectos como o tipo de solo, a topografia, o clima e o regime hidrológico do lago. A Figura 04 apresenta a erosão costeira observada nas barragens 01 (a) e 02 (b).

Figura 04 – Patologia observadas nas margens das barragens 01 (a), 02 (b)



Foi detectado um problema de assoreamento na Barragem 01, causado pelo transporte de sedimentos, como solo, provenientes das manilhas de água pluvial do residencial. Esse fenômeno ocorre devido ao escoamento das chuvas, que arrasta partículas de solo para os corpos d'água. O assoreamento diminui a capacidade de armazenamento desses corpos, aumentando o risco de enchentes, prejudicando o ecossistema aquático e danificando as infraestruturas hidráulicas adjacentes.

Para combater o assoreamento, é fundamental adotar medidas eficazes de controle da erosão. Isso inclui a instalação de sistemas de retenção de sedimentos, o plantio de vegetação para estabilizar o solo e o monitoramento contínuo da drenagem pluvial. No caso específico do Residencial Aldeia do Vale, o problema de assoreamento é recorrente no Lago 01. Moradores relataram que, há alguns meses, o Lago 02 estava completamente assoreado e passou por uma limpeza intensiva com escavadeiras. Recentemente, o lago foi reformado. Na prática, a água pluvial é descarregada diretamente no lago, transportando uma quantidade significativa de solo proveniente das residências e das obras da Avenida Floresta. A Figura 05 ilustra o problema de assoreamento identificado.

Figura 05 – manilhas: água pluvial vem com solo, assoreando o lago 02 (a)



Fonte: acervo dos próprios autores, 2024

Foi identificado um problema na Barragem 01, a deterioração da manta impermeabilizada do Lago 01, que é responsável pelos vazamentos. Essa deterioração pode ser causada por diversos fatores, como exposição prolongada ao sol, variações de temperatura, danos mecânicos ou contato com produtos químicos. Os vazamentos resultam em perda de água, erosão do solo e risco de contaminação do lençol freático.

Para solucionar essa questão, é possível realizar reparos localizados, substituir a manta ou reforçá-la com um revestimento adicional. O monitoramento regular é essencial para detectar problemas precocemente e evitar danos mais sérios. A Figura 06 ilustra a água acumulada dentro do extravasor devido aos vazamentos na manta (a) e mostra os locais com riscos de acidentes, que deveriam estar sinalizados e protegidos com guarda-corpos ou outras barreiras (b).

Figura 06 – Perda de água no Lago 02 devido a lona deteriorada (a) Local com falta de sinalização (b)



Também foram feitas algumas observações:

- Ausência de barreiras de proteção e sinalização de segurança.
- Não existem sinalizações de advertência sobre os riscos aos frequentadores dos lagos formados pelas barragens.
- A observação atenta do autor identificou riscos de quedas em locais de acesso dos frequentadores, sem a devida proteção.

A presença de árvores nas barragens gerou um dilema importante. Embora a vegetação traga benefícios ambientais, como a melhoria da qualidade do ar e a conservação da biodiversidade, as raízes podem prejudicar a estabilidade das barragens e obstruir o sistema de drenagem. A abordagem recomendada inclui avaliações regulares e medidas de manejo adequadas, como poda e replantio de espécies mais apropriadas, buscando equilibrar a proteção do solo com a segurança estrutural.

Além disso, foi identificada uma preocupação significativa com a presença excessiva de vegetação, detritos e resíduos no canal de entrada do Lago 2. Essa obstrução pode comprometer

o funcionamento do sistema de drenagem, aumentando o risco de transbordamentos e afetando negativamente a qualidade da água. Para minimizar esses problemas, é aconselhável implementar um programa regular de monitoramento e manutenção, que inclua inspeções periódicas e remoção de obstruções.

O problema de erosão costeira nas barragens 01 e 02 destaca a urgência em adotar medidas corretivas. Causada pela ação das ondas e variações no nível da água, a erosão pode resultar em deslizamentos de terra e perda de solo. As técnicas recomendadas para prevenir esse fenômeno incluem a construção de diques, o plantio de vegetação com raízes profundas e a instalação de barreiras artificiais. A escolha da técnica deve levar em conta as condições específicas de cada local, como tipo de solo e regime hidrológico.

O assoreamento do Lago 01, resultante do transporte de sedimentos das manilhas de água pluvial, ressalta a importância de estratégias eficazes para controle da erosão. A diminuição da capacidade de armazenamento dos corpos d'água pode aumentar o risco de enchentes e prejudicar o ecossistema aquático. Medidas como instalação de sistemas para retenção de sedimentos e monitoramento contínuo da drenagem pluvial são essenciais para mitigar esses impactos.

A deterioração da manta impermeabilizada no Lago 01, que resultou em vazamentos, enfatiza a necessidade de manutenção e reparos regulares. Vazamentos podem causar perda de água, erosão do solo e risco à contaminação do lençol freático. Recomenda-se realizar reparos localizados, substituir a manta ou aplicar revestimentos adicionais para resolver o problema e evitar danos mais sérios.

Por fim, é importante seguir algumas orientações para garantir a segurança em lagos de paisagismo e evitar acessos indesejados além de possíveis afogamentos, é importante adotar uma série de medidas de segurança, como por exemplo:

- Cercas e barreiras: Instalar cercas ao redor do lago com portões de acesso controlado. As cercas devem ser altas o suficiente para impedir o acesso de crianças e animais.



- Sinalização: Colocar placas de advertência sobre os perigos associados ao lago, alertando sobre a profundidade e os riscos de afogamento.
- Supervisão: Garantir que haja supervisão constante em áreas com acesso ao lago, especialmente se houver crianças ou animais de estimação.
- Uso de redes de segurança: Considerar a instalação de redes ou barreiras flutuantes para restringir o acesso a áreas mais profundas.
- Treinamento em primeiros socorros: Treinar funcionários ou responsáveis pela área em primeiros socorros e resgate aquático, para que possam atuar rapidamente em caso de emergência.
- Equipamentos de salvamento: Disponibilizar coletes salva-vidas, boias e outros dispositivos de salvamento nas proximidades do lago.
- Design do lago: Planejar o lago de maneira que as margens não sejam íngremes e que haja áreas rasas para facilitar o acesso e reduzir o risco de afogamento.
- Educação: Promover campanhas de conscientização sobre segurança em ambientes aquáticos, direcionadas a visitantes e moradores da área.
- Monitoramento e manutenção: Realizar inspeções regulares na área do lago para garantir que as medidas de segurança estejam em bom estado e que não haja obstruções ou perigos.
- Proibição de atividades perigosas: Restringir atividades como natação, pesca ou uso de embarcações, se isso representar um risco elevado.

Implementando essas medidas, é possível reduzir significativamente o risco de acesso indesejado e afogamentos em lagos de paisagismo, garantindo um ambiente mais seguro para todos

Cálculos de volume de água

Barragem	Área de superfície (m ²)	Profundidade (m)	Volume da água (m ³)
Barragem 01	4.234,78	1,85	7.834,35
Barragem 02	3.718,89	1,92	7.140,28

Considerações Finais

A pesquisa identificou problemas significativos nas barragens, que podem comprometer tanto a estabilidade das estruturas quanto a qualidade ambiental dos lagos e a segurança de pessoas e animais domésticos.

Em ambos os lagos ficou constatada a falta de segurança também para os moradores e animais domésticos demonstrando que é necessária a implementação das medidas de segurança propostas, além das exigidas pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Agência Nacional das Águas do Governo Federal, em consonância com a NR 18, BBR 16820 onde se aplicarem.

As inspeções e manutenções periódicas das barragens de terra são cruciais para garantir sua segurança e integridade.

Este estudo oferece uma base para implementar medidas corretivas e preventivas eficazes, contribuindo para proteger as comunidades e o meio ambiente.

Ficou evidente a importância de uma abordagem integrada e contínua na gestão e fiscalização dessas estruturas, que vão além dos manuais dos Órgãos de fiscalização de barragens, e inserir nestas inspeções as proibições de acessos indevidos aos corpos de água e seus instrumentos de contenção e operação.

Referências Bibliográficas

ABNT NBR16820 – Sistemas de sinalização de emergência – Projeto, requisitos e métodos de ensaio

– de 05/2022.

ALMEIDA, Sinval; FRANCO, Yara; VARGAS, André. Previsão dos deslocamentos de uma encosta sujeita a rastejo por meio de um modelo viscoplástico. ResearchGate, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/303094226_Previsao_dos_deslocamentos_de_uma_encosta_sujeita_a_rastejo_por_meio_de_um_modelo_viscoplastico. Acesso em: 29 set. 2024.

CAMPOS, Gastão Wagner de Sousa; CARNUT, Leonardo; MENDES, Áquilas Nogueira. A produção social da demanda por atenção hospitalar e a lógica de regulação do acesso em saúde. Saúde em Debate, v. 44, n. 125, p. 416-431, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sdeb/a/GxCcNJjsWLzNqmN9HbsFgqG/>. Acesso em: 29 set. 2024.

DE FREITAS, Isabela Vasconcelos Leite; DE FREITAS, Guilherme Alex Sanders Cardoso. Revisão metodológica para a análise de monitoramento e instrumentação de barragem de rejeitos de mineração. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 2022, Campinas. Campinas: COBRAMSEG, 2022. P. 7010-7017. DOI: 10.4322/cobramseg.2022.0881.

FONSECA, A. M.; HENRIQUES, M. J.; ROQUE, D. ImEngine – Imagens numéricas: Aplicações à engenharia – Relatório de avaliação final do projeto do P2I/LNEC 2013-2020. Relatório 409/2023 – DBB/NGA. Lisboa: LNEC, 2023. Disponível em: <https://repositorio.lnec.pt/jspui/handle/123456789/1017033>. Acesso em: 6 dez. 2024. <https://repositorio.lnec.pt/jspui/handle/123456789/1017033>. Acesso em: 6 dez. 2024.

GOVERNO FEDERAL (Brasil). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). ANA e USACE promovem workshop sobre erosão interna em barragens e recebem inscrições até a próxima terça-feira (28). [S. l.], 24 mar. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/ana-e-usace-promovem-workshop-sobre-erosao-interna-em-barragens-e-recebem-inscricoes-ate-a-proxima-terca-feira-28#:~:text=As%20eros%C3%B5es%20internas%20em%20barragens,pode%20levar%20ao%20seu%20rompimento>. Acesso em: 26 nov. 2024.

MATTOS, Mario Roberto; MATTA, Igor Alves Brito; VELOSO, Roberto de Andrade. Espaço urbano e expansão capitalista: Reflexões sobre a cidade e o campo. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 68, n. 3, p. 60-67, set. 2016. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252016000300010. Acesso em: 29 set. 2024.

NR 18 – SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO
Publicação D.O.U. Portaria MTb n.º 3.214, de 08 de junho de 1978 06/07/78

RAMOS, Sara Raquel Chantre. Inspeção visual assistida de paramentos de barragens de betão. 2015. Tese de mestrado em Engenharia Geográfica — Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/23035>. Acesso em: 29 set. 2024.

SEMA-MT. Ações de manutenção em pequenas barragens. 2024. Disponível em: <https://progestao.ana.gov.br/destaque-superior/ferramentas-de-gestao/ferramentas-fase-1/mt/folder-2-vertical-acoes-de-manutencao-em-pequenas.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2024.

SILVA, Anderson Luís da; RABECHINI JR., Roque. Maturidade em gestão de projetos e seus efeitos no sucesso: uma análise nas indústrias de transformação. *Gestão & Produção*, v. 26, n. 3, p. e3615, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/Mkfc5bXrvHcpcGDgnm4cXSg/?lang=pt>. Acesso em: 29 set. 2024.

SOMENZI, Cauê; BONTEMPO FILHO, Eduardo; BONTEMPO, Eduardo; BARBOSA, José; COUTINHO, Roberto; GIACHETI, Herald. Uso de drones na criação de modelos digitais de encostas: Aplicação na avaliação de um costão rochoso contaminado por óleo. 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/371807297_Uso_de_drones_na_criacao_de_modelos_digitais_de_encostas_Aplicacao_na_avaliacao_de_um_costao_rochoso_contaminado_por_oleo. Acesso em: 06 dez. 2024.

SOKOLOVICZ, B. C.; MORAES, B. C.; TEM CATHEN, A. H.; AJALA, A. A. S.; BERGMANN, R. G. Avaliação geotécnica de estabilidade de barragem de terra em solo argiloso laterítico em Condor – RS. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 2024, Balneário Camboriú/SC. Anais [...]. Balneário Camboriú: COBRAMSEG, 2024. P. 1-15.

WATANABE, M. M.; MADRUGA, L. R. G.; YAMAGUCHI, C. K.; VIEIRA, A. C. P.; JENOVEVA-NETO, R. Importância do monitoramento de bacias hidrográficas e da disponibilidade de dados hidrológicos para a gestão integrada de recursos hídricos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 14, n. 6, p. 101-112, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/jQSnLRKrRypfv5nZWmKtxr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 set. 2024.