XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/17

Integrando Métodos Teórico, Numérico e Experimental no Ensino da Percolação de Água em Barragens: Abordagem para Educação Inclusiva em Geoengenharia

Flávia Gonçalves Pissinati Pelaquim
Professor do Magistério Superior, UTFPR, Pato Branco, Brasil, fgoncalves@professores.utfpr.edu.br

Anne Elise Velho Rossa
Discente, Engenharia Civil, UTFPR, Pato Branco, Brasil, anneelise@alunos.utfpr.edu.br

Eduarda Aiolfi Barionuevo
Discente, Engenharia Civil, UTFPR, Pato Branco, Brasil, eduardabarionuevo@alunos.utfpr.edu.br

Marcelo Cesa Rissardi
Discente, Engenharia Civil, UTFPR, Pato Branco, Brasil, marcelorissardi@alunos.utfpr.edu.br

Alana Dias de Oliveira
Professor do Magistério Superior, UTFPR, Toledo, Brasil, alanaoliveira@professores.utfpr.edu.br

Renan Felipe Braga Zanin
Professor do Magistério Superior, UEL, Londrina, Brasil, renanzanin@uel.br

Raquel Souza Teixeira
Professor do Magistério Superior, UEL, Londrina, Brasil, raquel@uel.br

Volmir Sabbi
Professor do Magistério Superior, UTFPR, Pato Branco, Brasil, volmir@utfpr.edu.br

RESUMO: Este trabalho apresenta uma proposta didática voltada à educação inclusiva no ensino de Geoengenharia, baseada na integração de métodos teóricos, numéricos e experimentais para a compreensão da percolação em barragens de terra. Considerando o caráter abstrato de conteúdos geotécnicos e as dificuldades enfrentadas por estudantes com diferentes perfis cognitivos e estilos de aprendizagem, a metodologia foi estruturada de forma multimodal e progressiva. As atividades envolveram o traçado de redes de fluxo, simulações computacionais no software SEEP/W e a construção de modelos físicos em escala reduzida, permitindo representações complementares do fenômeno hidráulico. A integração dessas abordagens contribuiu para a consolidação dos conceitos e para a interpretação dos resultados obtidos nas diferentes etapas. A comparação entre configurações homogêneas e seções com filtros evidenciou o controle da linha freática e a mitigação de processos associados à erosão interna, além do papel da experimentação como recurso didático no ensino de percolação. Conclui-se que a proposta constitui uma alternativa aplicável ao ensino superior em Engenharia Civil, com potencial para apoiar práticas pedagógicas inclusivas.

PALAVRAS-CHAVE: Percolação de água em barragens de terra; Educação em Geoengenharia, Ensino multimodal, Métodos teóricos, numéricos e experimentais.

ABSTRACT: This study presents a didactic proposal aimed at inclusive education in Geoengineering teaching, based on the integration of theoretical, numerical, and experimental methods to support the understanding of seepage in earth dams. Considering the abstract nature of geotechnical contents and the difficulties faced by students with different cognitive profiles and learning styles, the methodology was structured in a multimodal and progressive manner. The activities included the tracing of flow nets, computational simulations using the SEEP/W software, and the construction of reduced-scale physical models, allowing complementary representations of the hydraulic phenomenon. The integration of these approaches contributed to the consolidation of key concepts and to the interpretation of results obtained throughout the different stages. The

comparison between homogeneous configurations and sections with filters highlighted the control of the phreatic line and the mitigation of processes associated with internal erosion, as well as the role of experimentation as a didactic resource in seepage teaching. It is concluded that the proposal constitutes an applicable alternative for higher education in Civil Engineering, with potential to support inclusive pedagogical practices.

KEYWORDS: Water seepage in earth dams, Geoengineering education, Multimodal teaching, Theoretical, numerical and experimental methods

1 INTRODUÇÃO

A Geoengenharia reúne conteúdos de elevada complexidade técnica, fortemente apoiados em modelos matemáticos e abstrações conceituais, o que pode impor desafios relevantes ao processo de ensino-aprendizagem no ensino superior. Além das dificuldades inerentes aos temas, fatores como limitações de infraestrutura, tempo didático reduzido e heterogeneidade do perfil discente ampliam os obstáculos à promoção de uma aprendizagem efetiva e equitativa. Nesse cenário, estudantes com diferentes estilos de aprendizagem e necessidades educacionais específicas podem encontrar dificuldades adicionais na compreensão de fenômenos geotécnicos, reforçando a necessidade de práticas educacionais alinhadas aos princípios de inclusão e equidade (UNESCO, 2020).

Sob a perspectiva educacional, tais desafios evidenciam a importância de estratégias pedagógicas que favoreçam a aprendizagem significativa e reduzam a dependência exclusiva de abordagens expositivas tradicionais. A incorporação de princípios da educação inclusiva e do ensino multimodal permite diversificar as formas de representação dos conteúdos, ampliando as possibilidades de acesso ao conhecimento. A articulação entre diferentes métodos de ensino (teóricos, numéricos e experimentais) pode contribuir para uma compreensão mais ativa dos conceitos, estimulando o engajamento discente e a consolidação de fundamentos essenciais (GUIMARÃES et al., 2021).

O ensino da percolação de água em barragens de terra insere-se nesse contexto por apresentar desafios específicos associados à natureza abstrata dos conceitos envolvidos. Elementos como redes de fluxo, linha freática e gradientes hidráulicos são frequentemente abordados de forma predominantemente teórica, com apoio em formulações matemáticas e representações bidimensionais, o que pode limitar a compreensão dos fenômenos físicos subjacentes, especialmente entre estudantes com distintos perfis cognitivos. Nesse sentido, práticas orientadas pela integração entre simulações e experimentação em escala reduzida apresentam elevado potencial didático e inclusivo na educação em engenharia (TEMBREVILLA et al., 2024).

Diante dessas características, a percolação em barragens de terra é adotada neste trabalho como recorte temático para a aplicação de uma abordagem pedagógica integrada. O objetivo do artigo é apresentar, de forma concisa, uma proposta de integração entre métodos teóricos, numéricos e experimentais no ensino desse conteúdo, destacando os procedimentos didáticos adotados, sua sistematização e os resultados observados ao longo do processo de aprendizagem dos estudantes. Busca-se, assim, fornecer subsídios para a replicação da abordagem e para a reflexão sobre sua aplicação em outros conteúdos e contextos do ensino superior em Geoengenharia.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada foi estruturada de modo a evidenciar o potencial pedagógico da integração entre diferentes abordagens de análise da percolação, articulando métodos teóricos, numéricos e experimentais como estratégia didática inclusiva. A proposta coloca o estudante como protagonista do processo de aprendizagem, favorecendo a construção do conhecimento e ampliando o acesso ao conteúdo por meio de múltiplas formas de representação – gráfica, computacional e física.

O percurso metodológico foi concebido com intencionalidade educacional, considerando as dificuldades associadas à abstração típica dos conteúdos de percolação em barragens de terra. Dessa forma, as etapas foram organizadas de maneira progressiva, permitindo que os estudantes transitassem entre conceitos matemáticos, simulações digitais e observação direta do fenômeno, contemplando diferentes estilos de aprendizagem e favorecendo a equidade no processo formativo.

Inicialmente, como instrumento norteador da abordagem proposta, foram delimitadas as condições de contorno e realizados, juntamente com os alunos, os ensaios de caracterização dos materiais utilizados. Embora a caracterização não constitua o enfoque central deste artigo, ela representa um subsídio fundamental para o desenvolvimento da metodologia integrada, pois estabeleceu parâmetros comuns que permitem a comparação consistente entre os métodos. Ressalta-se que a compreensão inicial da finalidade desses ensaios contribui para o entendimento do papel da permeabilidade, da granulometria e das condições hidráulicas no comportamento global da barragem.

Na sequência, foram realizados os traçados gráficos das redes de fluxo com base na teoria da parábola básica de Kozeny (1931, *apud* USACE, 1993), as simulações computacionais no software SEEP/W e, posteriormente, a construção de modelos físicos experimentais. Todas essas etapas tiveram como objetivo reproduzir as condições de percolação e possibilitar não apenas a obtenção de resultados técnicos, mas também a observação direta dos processos envolvidos, fortalecendo a abordagem pedagógica multimodal.

2.1 Condições de contorno e ensaios de caracterização iniciais.

Inicialmente, foram determinadas as condições de contorno para as barragens estudadas, de forma a garantir uniformidade geométrica e comparabilidade entre as análises. As principais características adotadas estão apresentadas no Quadro 1. Além dessas definições, foram estabelecidos espaçamentos padronizados para leituras de pressão neutra no corpo das barragens. Os medidores de potencial da água foram dispostos conforme a configuração apresentada na Figura 1.

Quadro 1. Condições de contorno iniciais para as barragens estudadas.

Condição de contorno	**Característica**	**Norma/ Referência**
Material da barragem	Granular (34% areia fina, 61% areia média, 5% areia grossa), class.: areia fina a média, uniforme. k ≈ 10^{-3} cm.s^{-1}	ABNT NBR 7181/2025 ABNT NBR 13292/2021
Material de drenagem (filtro)	Composição granular (≈ 65% brita 0; 35% areia de britagem) $\frac{D_{15,filtro}}{D_{15,solo}} > 5$ e $\frac{D_{15,filtro}}{D_{85,solo}} < 5$ → Satisfazem condição para filtro	ABNT NBR 7181/2025 ABNT NBR 13292/2021 Terzaghi, Peck e Mersi (1996)
Altura Comprimento da base Comprimento da crista Espessura da barragem Inclinação dos taludes * Nível d'água montante	40 cm 140 cm 20 cm 40 cm 1:1,5 (V:H) 35 cm	Souza (2014)
Número de linhas de fluxo	6 linhas – espaçadas a cada 10 cm sob o talude à montante	Este trabalho
Configurações **	(i) barragem homogênea (ii) barragem com filtro de pé (iii) barragem com filtro horizontal (iv) barragem com filtro tipo chaminé	Este trabalho

Nota: * À montante e à jusante; ** filtros compostos de material mais permeável que a areia utilizada no corpo da barragem e revestidos com manta geotêxtil para evitar migração de partículas.

Os ensaios laboratoriais de caracterização do material granular utilizado (areia) foram conduzidos com a participação dos estudantes, permitindo que esta etapa também funcionasse como componente didático. A realização prática dos ensaios contribuiu para contextualizar conceitos fundamentais de Mecânica dos Solos, como condutividade hidráulica e critérios de filtro, frequentemente abordados de forma abstrata em aulas expositivas.

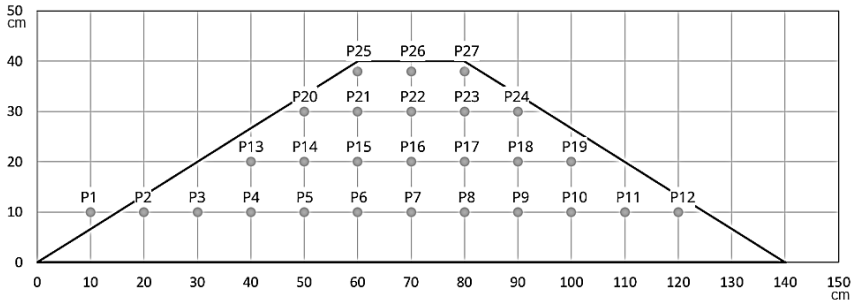


Figura 1. Esboço da localização e identificação dos medidores de pressão neutra.

2.2 Modelagem teórica.

Para a realização do traçado teórico das redes de fluxo em uma barragem homogênea de areia, os estudantes foram orientados a compreender a base conceitual sobre os mecanismos de percolação, identificando a linha freática, os caminhos preferenciais de fluxo e os gradientes hidráulicos no maciço.

Essa etapa teve como foco o desenvolvimento da habilidade de representação gráfica e interpretação física das redes de fluxo, permitindo aos discentes visualizar conceitos essenciais para a compreensão de fenômenos como *piping* e erosão interna. A pesquisa teórica foi fundamentada inicialmente em referências clássicas da Mecânica dos Solos, com possibilidade de complementação por outras fontes confiáveis.

.

2.3 Modelagem computacional.

Para a etapa de modelagem computacional, foi utilizado o módulo SEEP/W, integrante do pacote GeoStudio® (versão 2022.1), que permite a análise da percolação em meios porosos pelo Método dos Elementos Finitos (MEF). Essa etapa proporcionou aos estudantes contato com ferramentas digitais amplamente utilizadas na prática profissional, fortalecendo competências técnicas e interpretativas.

As simulações foram realizadas a partir da geometria das barragens e das propriedades hidráulicas previamente definidas. Antes da execução dos modelos, foi promovido um alinhamento conceitual por meio de aula introdutória e exercícios compatíveis com as configurações adotadas, favorecendo maior acessibilidade ao uso do software, inclusive para estudantes com diferentes níveis de familiaridade computacional.

Foram adotadas condições comuns a todas as seções modeladas, incluindo análises em regime permanente e malha com elementos de dimensão aproximada de 2,6 cm. As simulações consideraram dois materiais: “Areia”, com coeficiente de permeabilidade obtido experimentalmente, e “Filtro”, com coeficiente de permeabilidade representativo de materiais mais grosseiros. Ambos os materiais foram considerados saturados. Detalhamentos adicionais encontram-se em Velho Rossa, Barionuevo e Rissardi (2025).

2.4 Modelagem experimental.

A etapa experimental consistiu na construção e utilização de modelos físicos em escala reduzida, possibilitando a observação direta da percolação e da evolução da linha freática, aspecto especialmente relevante como recurso pedagógico inclusivo.

2.4.1 Montagem do tanque

A etapa de modelagem experimental consistiu na construção e utilização de um tanque impermeável de ensaio, concebido para permitir a visualização direta da percolação e da linha freática em uma barragem de areia. Para a produção do tanque, contou-se com o auxílio de prestadores de serviço externos e dos técnicos e estagiários dos laboratórios vinculados à UTFPR, campus Pato Branco.

O tanque foi confeccionado em aço carbono, com as dimensões apresentadas na Figura 2(a), devidamente vedado e reforçado estruturalmente (Figura 2(b)). O sistema foi equipado com uma face frontal em vidro incolor (Figura 2(c)), possibilitando o acompanhamento visual direto dos fenômenos hidráulicos durante os ensaios.

Sobre o vidro frontal foi traçada uma malha quadriculada com espaçamento de 10 × 10 cm, utilizada como referência para leituras experimentais e interpretação da posição da linha freática.

Para a medição das pressões neutras, foram instalados piezômetros distribuídos ao longo do maciço, posicionados conforme esboçado na Figura 1. A visualização dos dispositivos instalados está apresentada na Figura 2(d). A entrada destes dispositivos foi protegida com manta geotêxtil, de modo a permitir a passagem de água e evitar a obstrução por partículas finas, assegurando maior confiabilidade às leituras.

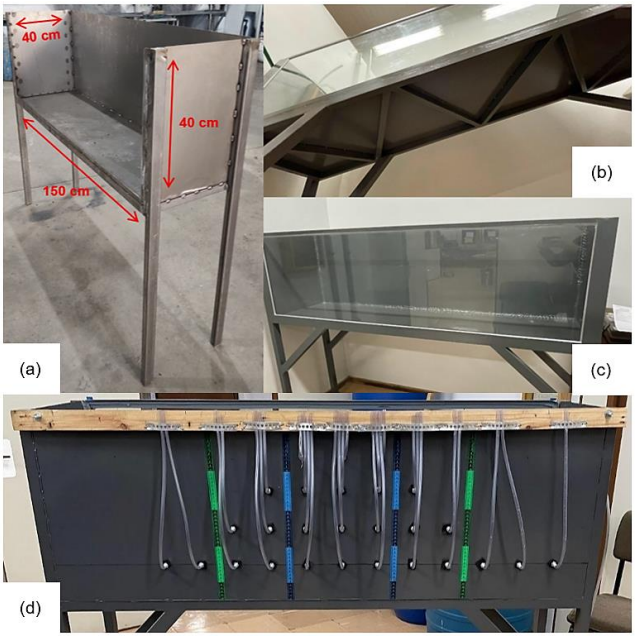


Figura 2. Detalhes da montagem do tanque – modelagem experimental.

O sistema hidráulico do tanque foi composto por dispositivos de entrada, saída e controle do nível d'água, assegurando condições de regime permanente durante os ensaios. Após a montagem, o conjunto experimental foi submetido a ensaio de estanqueidade, apresentando desempenho satisfatório, o que permitiu sua utilização tanto na observação direta do comportamento da percolação quanto na comparação com os resultados obtidos nas etapas teórica e computacional.

2.4.2 Construção das diferentes seções de barragens de areia (sem e com filtros)

As barragens experimentais foram construídas no interior do tanque de ensaio com areia compactada, adotando-se inicialmente um modelo puramente homogêneo como referência. A geometria do maciço foi previamente definida no vidro frontal do tanque e a compactação foi realizada em camadas sucessivas, com espessura e massa controladas, garantindo a homogeneidade do corpo da barragem (Figura 3(a)). O acabamento final e o perfilamento dos taludes foram executados com o auxílio de espátulas, assegurando a reprodução fiel das condições de contorno previamente estabelecidas.

Após a modelagem do maciço, foram inseridos pontos de traçagem com comprimidos de permanganato de potássio ($KMnO_4$) ao longo do talude de montante (Figura 3(b)), possibilitando a visualização das linhas de fluxo durante os ensaios de percolação (Figura 3(c)). O enchimento do reservatório foi realizado de forma gradual e controlada e, uma vez atingida a condição de regime permanente, foram conduzidas medições de vazão percolada e leituras das pressões neutras por meio dos piezômetros instalados (Figura 3(d)).

A construção das barragens com sistemas de drenagem seguiu procedimentos semelhantes aos adotados para o modelo homogêneo, diferenciando-se pela inclusão de filtros, conforme exemplificado na Figura 3(e). As dimensões dos modelos e a disposição dos diferentes tipos de filtros analisados são apresentadas na Figura 3(f).

Para cada configuração, os filtros foram previamente demarcados sobre o vidro frontal do tanque, servindo como guia para a correta disposição do material drenante. Com o objetivo de preservar a integridade das interfaces e evitar o arraste de partículas finas, os filtros foram envoltos em manta geotêxtil, assegurando a adequada transição granulométrica entre o corpo da barragem e o sistema drenante. A execução das camadas

seguiu o mesmo procedimento adotado para a barragem homogênea, com adaptações pontuais para a inserção dos filtros, sendo que o modelo com filtro tipo chaminé demandou maior cuidado construtivo devido à necessidade de execução simultânea ao maciço.

Do ponto de vista pedagógico, essa etapa experimental desempenhou papel central na proposta do estudo, pois permitiu que os estudantes visualizassem concretamente o comportamento da linha freática e compreendessem o efeito dos filtros na redução dos gradientes hidráulicos e na mitigação de mecanismos associados à erosão interna. Assim, a construção das seções experimentais constituiu um recurso multimodal relevante no ensino de percolação, contribuindo para atender diferentes perfis cognitivos na formação em Geoengenharia.

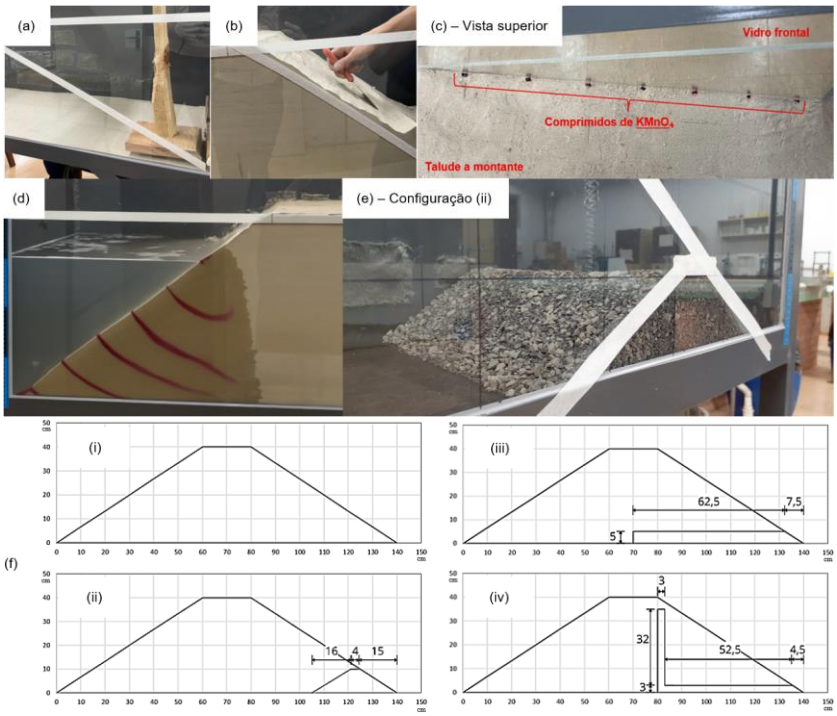


Figura 3. Detalhes da construção das barragens de areia e filtros – modelagem experimental.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

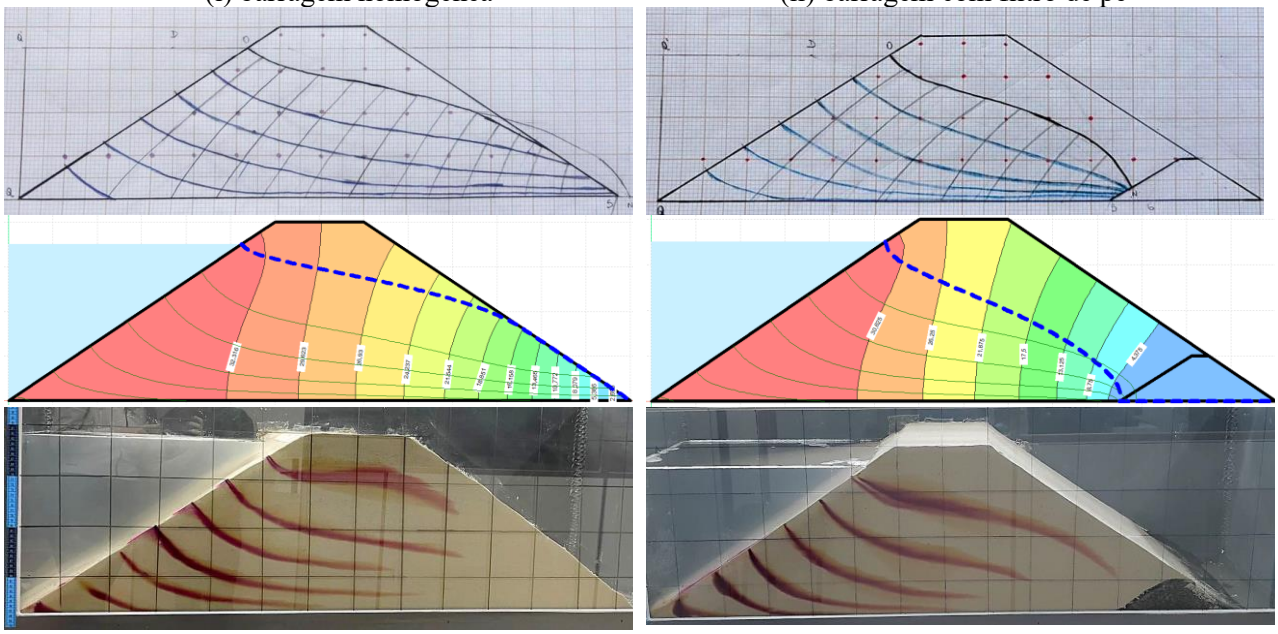
Os resultados obtidos a partir das etapas teórica, numérica e experimental permitiram analisar o comportamento hidráulico das barragens estudadas e, simultaneamente, discutir o potencial da integração metodológica como estratégia de apoio ao ensino da percolação de água em maciços terrosos dentro da Geoengenharia. A articulação entre diferentes formas de representação (gráfica, computacional e física) contribuiu para a compreensão de conceitos tradicionalmente abstratos, como a formação da linha freática, a distribuição de pressões neutras e os gradientes hidráulicos associados à erosão interna.

3.1 Comparação entre os métodos teórico, numérico e experimental.

A comparação entre os métodos teórico, numérico e experimental constituiu uma etapa central da proposta, permitindo que os estudantes desenvolvessem progressivamente a compreensão do fenômeno da percolação em barragens de terra. A síntese comparativa dessas três abordagens – traçado teórico, simulação numérica e visualização experimental – é apresentada conjuntamente na Figura 4.

Inicialmente, os alunos realizaram o traçado teórico da rede de fluxo com base no método da parábola básica de Kozeny, construindo uma interpretação qualitativa dos caminhos preferenciais do fluxo e da posição esperada da linha freática no maciço. Essa atividade contribuiu para a assimilação dos fundamentos hidráulicos por meio de uma representação gráfica direta.

(i) barragem homogênea (ii) barragem com filtro de pé



(iii) barragem com filtro horizontal (iv) barragem com filtro tipo chaminé

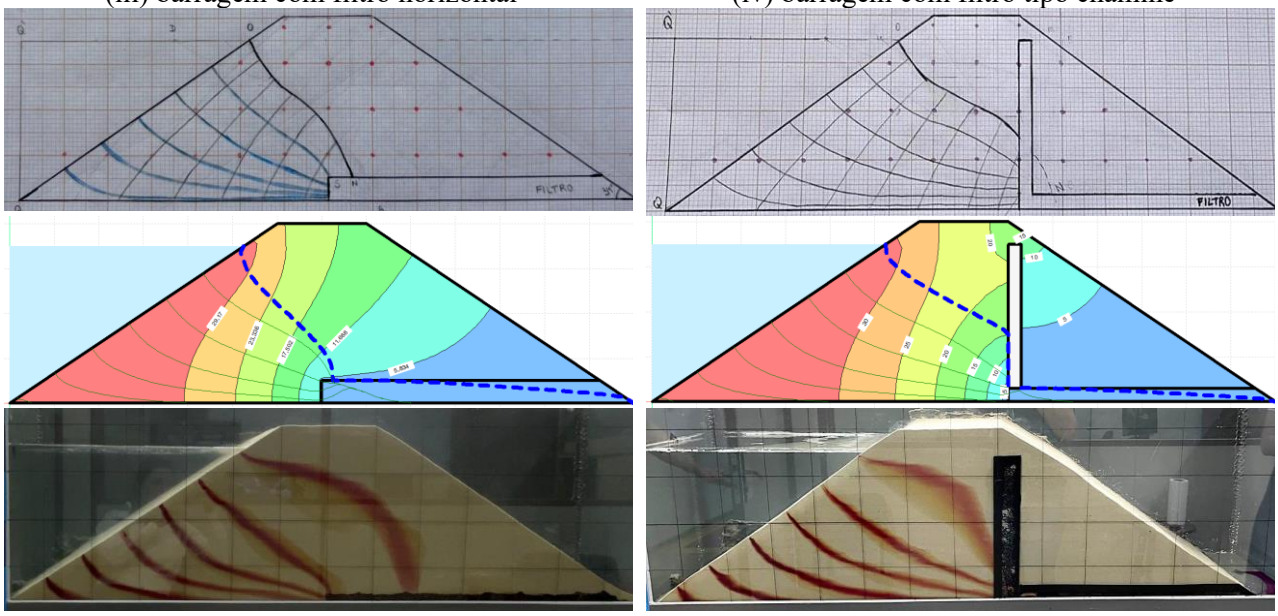


Figura 4. Resultados da representação das redes de fluxos considerando os diferentes métodos e seções.

Na sequência, as simulações computacionais no software SEEP/W foram conduzidas como forma de aprofundar e complementar a análise inicial. A modelagem numérica possibilitou aos estudantes quantificar a distribuição de pressões neutras e visualizar com maior precisão a configuração da zona saturada.

Por fim, os modelos físicos experimentais em escala reduzida permitiram a observação direta da percolação, com traçagem visual obtida pelo permanganato de potássio. Essa etapa funcionou como elemento integrador do processo ao relacionar os resultados das redes de fluxo e das simulações computacionais com o comportamento observado no interior do maciço.

A convergência dos resultados apresentados reforça o benefício do uso complementar dos métodos tanto na validação técnica quanto no contexto didático. Ou seja, a articulação entre diferentes formas de representação do fenômeno contribuiu para apoiar o processo de construção do conhecimento em Geoengenharia, especialmente em conteúdos com elevada abstração.

3.2 Influência dos filtros e comportamento hidráulico.

A análise da influência dos filtros sobre o comportamento hidráulico das barragens foi desenvolvida pelos estudantes a partir da integração entre as três abordagens aplicadas no estudo. O traçado teórico das redes de fluxo forneceu uma interpretação qualitativa da linha freática esperada em cada configuração, enquanto as simulações no SEEP/W permitiram quantificar a distribuição de pressões neutras e verificar com maior precisão o efeito dos dispositivos drenantes. Por fim, os modelos físicos experimentais possibilitaram a observação direta da evolução da linha freática e da percolação no interior da barregam de areia.

Neste processo, os estudantes puderam formular hipóteses e interpretar os comportamentos observados, relacionando-os com conceitos aprendidos previamente em sala de aula e pesquisas anteriores. Os alunos identificaram, por exemplo, que no modelo homogêneo a linha freática se mantém mais elevada, aumentando gradientes hidráulicos próximos ao talude de jusante, condição potencialmente mais crítica do ponto de vista da ocorrência de erosão interna. Já nas seções dotadas de filtros, verificou-se um rebaixamento progressivo da linha freática e uma redistribuição mais favorável das pressões neutras, evidenciando o papel fundamental desses dispositivos no controle da percolação e na mitigação de mecanismos como o *piping*.

A avaliação das poropressões e das vazões também contribuiu para uma leitura crítica das limitações e potencialidades de cada método. Os estudantes observaram que o método teórico tende a superestimar as vazões devido às simplificações adotadas, enquanto os modelos numérico e experimental apresentaram maior convergência, sobretudo nas configurações com filtros. Esse exercício comparativo reforçou a compreensão de que diferentes ferramentas devem ser utilizadas de forma complementar na prática da engenharia.

Além do aspecto técnico, o desenvolvimento dessas conclusões mostrou-se relevante no processo formativo, pois desenvolveu competências essenciais à formação em engenharia: análise crítica, tomada de decisão fundamentada e articulação entre teoria e prática.

3.3 Contribuições pedagógicas e perspectiva inclusiva.

Do ponto de vista educacional, a integração metodológica promoveu uma abordagem multimodal e ativa, ampliando o acesso ao conhecimento ao apresentar o mesmo fenômeno por diferentes meios: representação gráfica, simulação computacional e experimentação física.

Essa estratégia reduz a dependência de uma única forma de aprendizagem, beneficiando estudantes com diferentes perfis cognitivos e estilos de compreensão, alinhando-se aos princípios contemporâneos da educação inclusiva no ensino superior.

De forma geral, os resultados indicam que a integração entre métodos promove tanto a validação técnica das análises quanto o aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem, configurando-se como uma abordagem replicável e alinhada aos princípios da educação inclusiva em Geoengenharia.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma abordagem pedagógica integrada para o ensino da percolação de água em barragens de terra, combinando métodos teóricos, numéricos e experimentais. A estratégia mostrou-se eficaz para minimizar o caráter abstrato do conteúdo, favorecendo a compreensão dos fenômenos hidráulicos associados à percolação.

Sob a perspectiva educacional, a metodologia adotada mostrou-se eficaz ao colocar o estudante como protagonista do processo de aprendizagem, estimulando a formulação de hipóteses, a interpretação crítica dos resultados e a tomada de decisões fundamentadas. A complementaridade entre as abordagens atendeu a diferentes estilos de aprendizagem, contribuindo para um ambiente mais inclusivo e favorecendo o engajamento discente. Além disso, a análise comparativa entre os métodos possibilitou discutir não apenas os resultados obtidos, mas também as limitações e potencialidades de cada ferramenta, aspecto essencial à formação em engenharia.

Por fim, a abordagem apresentada demonstra potencial de replicação e adaptação a diferentes realidades institucionais. Os resultados indicam que a integração metodológica contribui para a consolidação conceitual e para o engajamento dos estudantes em processos de aprendizagem ativa, constituindo uma alternativa didática alinhada aos princípios da educação inclusiva no ensino superior.

AGRADECIMENTOS

Aos prestadores de serviço de torno e solda e vidraçaria. Aos técnicos e estagiários dos laboratórios da UTFPR – campus Pato Branco. Ao LabMult – Central de Análises, da UTFPR – campus Pato Branco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 7181:2025*. Solo — Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 13292:2021*. Solo — Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

Guimarães, L. M.; Barionuevo, W. R.; Rossa, D. V. A systematic literature review of classroom observation protocols and their adequacy for engineering education in active learning environments. *European Journal of Engineering Education*, v. 46, n. 6, p. 908–931, 2021. DOI: https://doi.org/10.1080/03043797.2021.1937946

Souza, V. M. C. *Estudo da percolação de água em maciços de solo, uma análise comparativa entre modelos teóricos, experimentais e computacionais*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2014.

Tembrevilla, G.; Phillion, A.; Zeadin, M. Experiential learning in engineering education: A systematic literature review. *Journal of Engineering Education*, v. 113, n. 1, p. 195–218, 2024. DOI: https://doi.org/10.1002/jee.20575

USACE – United States Army Corps of Engineers. *Seepage analysis and control for dams*. Engineer Manual EM 1110-2-1901. Washington, DC: USACE, 1993.

UNESCO. *Global Education Monitoring Report 2020: Inclusion and Education – All Means All*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 2020. DOI: https://doi.org/10.54676/JJNK6989. ISBN: 978-92-3-100388-2.

Velho Rossa, A. E.; Barionuevo, E. A.; Rissardi, M. C. *Estudo comparativo entre os métodos teórico, computacional e experimental em modelo reduzido na análise da percolação de água em barragem homogênea de areia.* Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2025.

Terzaghi, K.; Peck, R.B.; Mesri, Gholamreza. *Soil mechanics in engineering practice*. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1996.