

A UTILIZAÇÃO DE MODELOS FÍSICOS PARA ENSINO DO MOVIMENTO DA ÁGUA NO SOLO

Maisa Comar Pinhotti Aguiar

UEMG- Universidade do Estado de Minas Gerais- Unidade João Monlevade
Av Brasília, 1304-Bairro Bau- João Monlevade-MG, maisa3.geo@hotmail.com

Palavras-Chave: movimento da água; modelo físico; ensino

1- INTRODUÇÃO

A água é componente fundamental para os seres humanos e o conhecimento de sua ocorrência e movimento é indispensável para a gestão dos recursos hídricos, principalmente quando se trata das águas subterrâneas.

Os conceitos aplicados a água subterrânea são estudados nos cursos de Geologia no Brasil mas são igualmente utilizados por outros profissionais como engenheiros ambientais, civis e engenheiros de minas. No entanto, a formação em Hidrogeologia nessas áreas, quando existente, restringe-se a um semestre do curso.

Assim, no ensino/aprendizagem de conceitos e processos no âmbito das geociências, é possível incluir, nos trabalhos práticos, a utilização de modelos análogos, o que tem se revelado uma excelente estratégia didática para o desenvolvimento de competências, atitudes e valores em sala de aula para alunos dos cursos de Engenharia.

Apesar dos modelos físicos constituírem ferramenta bastante útil para aprendizado em Geociências e de Hidrogeologia, são escassos os relatos de utilização dos mesmos no Brasil.

Este trabalho aborda o uso de modelo físico para entendimento da movimentação de água em diferentes tipos de solo com aplicação na estabilidade de taludes, em virtude da dificuldade observada pelos alunos de entenderem os processos que regem a movimentação da água no solo.

O trabalho proposto foi inicialmente aplicado no curso de Engenharia Civil da UNIFEV e no momento está sendo ampliado para aplicação na Faculdade de Engenharia (Faenge) da Universidade do Estado de Minas Gerais, a fim de analisar o comportamento hidrodinâmico dos aquíferos a partir da lei que rege o fluxo de águas subterrâneas.

2- O USO DE MODELOS FÍSICOS EM ENGENHARIA E GEOCIÊNCIAS

Os modelos físicos ou virtuais para ensino de Engenharia e Geociências têm apresentado várias aplicações, que vão desde o ensino de formação de estruturas em Geologia (Bolacha et al, 2012) e aplicações em Hidrologia e Mecânica de Solos.

Alguns trabalhos referem-se à utilização de modelos físicos e mesmo virtuais para Hidrologia e Mecânica de Solos que podem ser aplicados ao ensino e aprendizagem da Hidrogeologia.

A inovação no ensino tradicional das Geociências ao incluir a Hidrogeologia faz-se necessária, pois a modelagem de fluxo subterrâneo em geral realizada por softwares (ModFlow/ Visual Flow, SIG e outros) exige o conhecimento das características do meio para correta avaliação de cenários de contaminação de solo/água, o que pode não ser totalmente compreendido pelo profissional utilizador destas ferramentas.

Apesar disso, a utilização de modelos físicos didáticos para compreensão dos parâmetros que compõem essa modelagem como a Lei de Darcy, condutividade hidráulica, porosidade, armazenamento, heterogeneidade do meio não é muito utilizada no Brasil, tendo em vista a existência de poucos artigos e relatos de sua utilização. Ruver et al (2012) destacam a quase total inexistência de equipamento para a finalidade puramente didática nas universidades brasileiras, frente ao seu alto valor de aquisição e, também, problemas com espaço físico,

propondo como solução, projetar e confeccionar equipamentos com dimensões reduzidas com a finalidade didática, dentro das universidades, para auxiliar os alunos a compreender os fenômenos físicos.

Dentre os trabalhos envolvendo a utilização de modelos físicos e /ou virtuais são pode-se citar os de Alencão et al (2012) , Pacheco e Ferreira (2012), Ruver et al (2012), Rhode (2012), Munz et al (2011), Nascimento (2009), Nascimento et al (2008), Ale et al (2001), Gleeson, Allen e Ferguson (2012), Hakoun et al (2013), Paschoalin Filho & Lima (2007) entre outros.

No presente trabalho, em função da dificuldade encontrada em encontrar modelos de custo acessível e que permitissem ao aluno verificar os processos em escala reduzida, foram desenvolvidas aulas com equipamento simples constituídos caixas de madeira e vidro- fabricado na própria universidade ou caixas de acrílico (essas já disponíveis no Laboratório de Solos), a exemplo de outros trabalhos citados anteriormente, para verificação do movimento da água no solo, especialmente em taludes de solo, como se verá a seguir.

3- DA APLICAÇÃO DO MODELO FÍSICO NO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIFEV PARA VERIFICAÇÃO DO MOVIMENTO DA ÁGUA EM TALUDES

A proposta de analisar o processo de movimentação da água no solo e sua influencia na estabilidade de taludes foi desenvolvida na disciplina Maciços e Obras de Terra ministrada pela autora.

Os solos a serem utilizados nas caixas foram classificados texturalmente como areia fina siltosa e argila arenosa a fim de verificar eventuais diferenças no comportamento da água entre os dois tipos de material.

Considerando que a visualização é um componente importante no processo de aprendizagem especialmente na área de Geociências e que ela permite um melhor entendimento dos fenômenos, o objetivo da atividade era utilizar um protótipo para simular, em laboratório na aula pratica, a movimentação da agua no solo, pois, apesar de largamente estudado, este é um fenomeno de difícil visualização e entendimento em sala de aula.

A figura 1 ilustra a caixa de acrílico e madeira utilizadas para os ensaios.



Figura 1. Caixas simulação do movimento de água em solo preenchidas com areia (Autoria própria, 2017)

A atividade foi desenvolvida no mês de maio/2017 e constituiu-se das seguintes etapas:

- a) Estudo teórico de conceitos como porosidade, condutividade hidráulica, tipos de solos, forças atuantes no maciço de terra;
- b) Determinação da curva granulométrica dos solos a serem utilizados nas caixas;
- b) Construção da caixa de areia simples (protótipo);
- c) Execução da atividade que desenvolveu-se através de:

- c.1. Verificação da estabilidade do talude com solo seco;
- c.2. Verificação da estabilidade do talude em função da movimentação da água no solo em duas (02) situações: o talude totalmente inundado e parcialmente inundado

As variações observadas no comportamento do talude foram observadas e anotadas pelos alunos e consubstanciadas em relatório, inclusive a velocidade de percolação da água do solo seco e após sua saturação.

Os resultados obtidos foram bem positivos, pois além da verificação da ação da água e da pressão neutra em estruturas de terra, os alunos participaram da coleta e caracterização dos solos e puderam perceber a importância de se conhecer as características do meio com o qual estão trabalhando.

A realização dessa atividade foi a primeira de uma série que deve ser ampliada com a introdução agora nos cursos de Engenharia Ambiental e de Minas na UEMG, com construção de novos protótipos que permitam o estudo dos parâmetros já estudados bem como a verificação de carga hidráulica, migração de contaminantes (simulada com água tingida) entre outros em protótipos como o sugerido, por exemplo, por Rhode (2012), ilustrado na Figura 2.

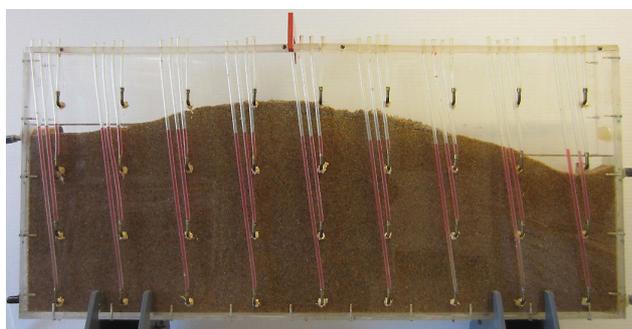


Figura 2- Tanque para análise de fluxo bidimensional (Rhode, 2012)

4- CONSIDERAÇÕES FINAIS

No trabalho realizado testou-se a hipótese de que os estudantes de curso de Engenharia Civil conheçam melhor o comportamento da água em diferentes solos e como são as taxas de fluxo de água subterrânea, ligando modelos físicos e numéricos.

A experimentação aliada a conhecimentos teóricos previos possibilitou aos alunos conectarem os processos que eles vêem no laboratório com os resultados dos modelos numéricos e assim o processo de aprendizagem foi incrementado através de um melhor entendimento da magnitude e importância de propriedades e parâmetros que controlam o fluxo de água no solo.

A ampliação dos parâmetros a serem analisados bem como desenvolvimento de protótipos com mecanismos de drenagem da água e verificação de carga hidráulica possibilitará conhecimentos de hidrodinâmica e fluxo mais aprofundados que na etapa anterior, que já obteve resultados positivos em sua aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALÉ, Jorge A. Villar et al. DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS DIDÁTICOS PARA VISUALIZAÇÃO DE FLUXO. **Xxxix Congresso Brasileiro Para Ensino em Engenharia**, Blumenau, Sc, v. , p.56-62, 2011.
- ALENCOÃO, Ana; PACHECO, Fernando; FERREIRA, Candida. Fluxo subterrâneo e dinâmico de aquíferos em meios porosos: Utilização de modelos análogos. **Geonovas**, Portugal, v. 25, p.35-40, 2012.
- BOLACHA, Edite, DEUS, Helena Moita de, FONSECA, Paulo Emanuel.* The concept of analogue modelling in Geology: an approach to mountain building, *The Concept of Analogue Modelling in Geology: an approach to*

mountain building. Science Learning and Citizenship In Maurines, L. & Redfors, A. (2012). Nature of Science, History, Philosophy. Proceedings of ESERA 2011. Lyon

GLEESON, T.; ALLEN, D. M.; FERGUSON, G.. Teaching hydrogeology: a review of current practice. **Hydrology And Earth System Sciences**, [s.l.], v. 16, n. 7, p.2159-2168, 18 jul. 2012. Copernicus GmbH. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-16-2159-2012>. Disponível em: <<https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/2159/2012/hess-16-2159-2012.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

V. HAKOUN et al. Teaching groundwater flow processes: connecting lecture to practical and field classes. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 1975–1984, 2013. Copernicus GmbH doi:10.5194/hess-17-1975-2013 Disponível em <https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/17/1975/2013/hess-17-1975-2013.pdf>.

MAS-PLA, Josep; SANCHO, Albert Folch; DOMINGO, Anna Menció. Workbook of practical exercises in hydrogeology and water resources in an interactive format. **Innovative Teaching Experiences At The Uab In Experimental And Technological Sciences And In Health Sciences**, Girona, p.47-53, 2008. Disponível em: <https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2008/91150/expdocinn_cieexp_a2008iENGp47.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2018.

M. MUNZ , S. E. OSWALD, C. SCHMIDT. Sand box experiments to evaluate the influence of subsurface temperature probe design on temperature based water flux calculation. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 3495–3510, 2011, doi:10.5194/hess-15-3495-2011 , Disponível em www.hydrol-earth-syst-sci.net/15/3495/2011/

NASCIMENTO, Walcyr Duarte et al. Desenvolvimento de software interativo para apoiar o ensino do movimento de água nos solos. Congresso Brasileiro para Ensino em Engenharia, 2008,

NASCIMENTO, Walcyr Duarte. **Geoweb, um facilitador para aprendizagem em Geotecnia**. 2009. 204 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Mg, 2009.

PASCHOALIN FILHO, Joao Alexandre & LIMA, David William de. Construção de protótipos para estudo de drenagem em solos arenosos. **Revista Exacta**, v. 5 n.2, p. 259-265, julho-dezembro 2007, São Paulo

RODHE, A.. Physical models for class-room teaching in hydrology. **Hydrology And Earth System Sciences Discussions**, [s.l.], v. 9, n. 3, p.4135-4160, 29 mar. 2012. Copernicus GmbH. <http://dx.doi.org/10.5194/hessd-9-4135-2012>. Disponível em: <www.hydrol-earth-syst-sci-discuss.net/9/4135/2012/>. Acesso em: 05 jan. 2018.

RUVER, Cesar Alberto et al. CONSTRUÇÃO DE MODELO FÍSICO DE BAIXO CUSTO E APLICAÇÃO DE MODELO NUMÉRICO PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE PERCOLAÇÃO E FLUXO DE ÁGUA EM SOLOS. **XI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Belem, Pa, v. , p.1-12, set. 2012