

Modelos análogos para experimentação em hidrogeologia

Analogue models for experiments in hydrogeology

A. ALENCOÃO – alencoao@utad.pt (UTAD, Departamento de Geologia e Centro de Geofísica - UC)

A. OLIVEIRA – soliveir@utad.pt (UTAD, Departamento de Geologia e Centro de Geofísica - UC)

F. PACHECO – fpacheco@utad.pt (UTAD, Departamento de Geologia e Centro de Química de Vila Real)

RESUMO: Neste trabalho, descrevem-se, material e experimentalmente, três modelos hidrogeológicos que visam explorar, de forma análoga, processos como o fluxo de água subterrânea e o comportamento hidrodinâmico de aquíferos. Trata-se de modelos interactivos, de fácil construção, que podem ser explorados laboratorialmente através da manipulação de variáveis, permitindo observar processos e problematizar situações que despertem interesse no aluno e o aproximem de situações do quotidiano.

PALAVRAS-CHAVE: modelos análogos, hidrogeologia, material didáctico

ABSTRACT: This work describes, materially and experimentally, three analogue hydrogeological models which aim to explore processes of groundwater flow and the hydrodynamic behaviour of aquifers. They are interactive models of easy construction that can be explored in the laboratory by manipulation of variables, allowing for the observation of processes and the development of scenarios of interest to the students that bring them close to everyday problems.

KEYWORDS: analogue models, hydrogeology, didactical material

1. INTRODUÇÃO

A utilização de modelos análogos em actividades laboratoriais constitui uma metodologia eficaz na aprendizagem de conteúdos que visam a interpretação de fenómenos naturais, nomeadamente os geológicos. O programa de Biologia e Geologia do Ensino Secundário (DES, 2003) sugere a utilização de modelos, de modo a envolver os alunos de forma activa através da problematização, da formulação de hipóteses e do teste das mesmas. Ao professor caberá um papel dinamizador, realçando as variáveis envolvidas e as diferentes escalas de tempo e de espaço em que ocorrem os eventos. A utilização de recursos que envolvam analogias e modelos revela-se uma excelente estratégia didáctica para o desenvolvimento de competências, atitudes e valores, podendo também ser enquadrados numa perspectiva CTSA, integrando aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais.

Em geologia, a singularidade dos fenómenos, no que respeita à dimensão geográfica e à escala temporal, dificulta a sua reprodução, pelo que as actividades laboratoriais assentam numa filosofia muito própria, onde estas variáveis são necessariamente comprimidas.

Em hidrogeologia, à semelhança de outras áreas da geologia, os modelos passíveis de ser utilizados podem ser de natureza estática ou dinâmica, consoante permitem apenas a observação

de um determinado fenómeno ou, pelo contrário, possibilitam a interacção com o aluno, através da manipulação de variáveis. Os modelos estáticos apresentam uma estrutura não alterável, permitindo apenas observar e descrever a constituição de algo. Os modelos dinâmicos, tanto podem permitir, apenas, a observação de alterações no decorrer da experimentação como podem ser explorados através da manipulação de variáveis e da observação dos efeitos dessa interacção (Dourado e Leite, 2008).

Neste trabalho, apresentam-se modelos dinâmicos, de fácil construção, que podem ser explorados tanto a nível do Ensino Secundário como em aulas laboratoriais de hidrogeologia, no Ensino Universitário. Trata-se de uma proposta de trabalho laboratorial experimental (Fonseca *et al.* 2005) que requer não só o recurso a material de laboratório, mas também o controlo e manipulação de variáveis, procurando, tanto quanto possível, que sejam explorados de uma forma análoga aos processos naturais. Visam, fundamentalmente, analisar o comportamento hidrodinâmico dos aquíferos, partindo da lei que rege o fluxo de águas subterrâneas, para compreender, avaliar e resolver eventuais situações práticas e problemas concretos de hidrogeologia.

2. DESCRIÇÃO DOS MODELOS E SUA EXPERIMENTAÇÃO

Aparato de Darcy

O modelo é constituído por um tubo cilíndrico de secção transversal ($A = 44,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$), possuindo numa das extremidades um sistema de admissão de água acoplado a uma tampa roscada e na outra uma torneira, também acoplada a uma tampa roscada (fig. 1). O sistema de tampas amovíveis permite a colocação do material a ensaiar, normalmente rochas incoerentes com diferentes características granulométricas, das quais resultam condutividades hidráulicas (K , m/s) diversas. O sistema de admissão e a torneira permitem, respectivamente, a injeção e o controlo do fluxo da água através desse mesmo material. O aparato possui ainda dois medidores de nível, em plástico transparente e separados de uma distância (0,8 m), que permitem avaliar a *carga hidráulica* do fluxo circulante à entrada (h_a , m) e à saída do tubo (h_b , m)



Figura 1 - Modelo para experimentação da lei de Darcy.

A experimentação do modelo tem por objectivo essencial a estimativa da *condutividade hidráulica* de materiais incoerentes, por exemplo areia. Para tal, coloca-se um material desse tipo no interior do tubo, induz-se um fluxo hídrico, de caudal constante (Q , m^3/s), através do mesmo e medem-se os níveis h_a e h_b nos piezómetros. É assim possível quantificar a permeabilidade pela aplicação da lei de Darcy [$Q = K \times h \times \frac{A}{L}$]. O modelo pode ser explorado fazendo variar o caudal ou utilizando material de granulometria diferente.

Aquíferos livre e cativo

O modelo para simulação de aquíferos livres e aquíferos cativos é composto por um reservatório transparente em acrílico (30cm x 25cm x 12cm), reforçado com perfil metálico em L e preenchido por duas camadas horizontais de areia isoladas uma da outra através de uma placa em acrílico (fig. 2).



Figura 2 - Modelo para simulação do comportamento hidráulico de aquíferos livre e cativo.

Quando o modelo é colocado em funcionamento, através de injeção de água nas camadas de areia, a camada superior comporta-se como aquífero livre e a camada inferior como aquífero confinado, funcionando a placa em acrílico como aquícludo. Os sistemas de entrada e saída de água nas camadas de areia são independentes, o mesmo acontecendo com os piezômetros acoplados à parte exterior do reservatório para fácil monitorização, constituídos por tubo flexível transparente e com distanciamento que garanta perdas de carga visíveis entre eles.

No caso do aquífero livre, a experimentação do modelo passa por induzir fluxo hídrico na camada de areia superior observando os níveis da água estabilizados nos piezômetros, que materializam o *nível freático*, e a diferença entre os mesmos, que reflecte a *perda de carga* resultante da resistência ao fluxo da água imposta pelo material do aquífero e cujo valor é proporcional ao *gradiente hidráulico*.

No caso do aquífero cativo, a injeção de água é feita na camada de areia inferior de modo que o nível da água nos piezômetros suba acima do seu tecto. Pode assim materializar-se o *nível piezométrico* e o *artesianismo* e observar-se a diferença de nível entre os dois piezômetros, associando-a aos conceitos de perda de carga e gradiente hidráulico já referidos. O aumento do fluxo até que se exceda a capacidade do piezómetro mais próximo da entrada de água permite materializar o conceito de *artesianismo repuxante*.

A injeção simultânea de água em ambos os aquíferos até que se estabilizem os respectivos níveis piezométricos num mesmo plano superior (marcação superior), seguida do fecho das torneiras de admissão, da abertura das torneiras de saída até que o nível da água nos piezômetros atinja um mesmo plano inferior (marcação inferior) e da medição dos volumes descarregados, permite compreender os conceitos de *cedência específica* do aquífero livre e de *coeficiente de armazenamento* do aquífero cativo.

Aquífero semi-cativo

O modelo para simulação de um aquífero semi-cativo substitui a placa de acrílico que separa as camadas de areia inferior e superior por um silte que funciona como aquítardo. O conjunto dos três níveis permite materializar o funcionamento de um aquífero inferior semi-cativo e de um aquífero superior livre (fig. 3).



Figura 3 - Modelo para simulação do comportamento hidráulico de aquíferos livre e semi-cativo.

A experimentação consiste em abrir a torneira de entrada de água no aquífero semi-cativo mantendo fechada a de saída assim como as torneiras do aquífero livre. Poderá observar-se a saturação do aquífero semi-cativo e a *drenância* da água através do aquitardo em direcção ao aquífero livre. Poderá também observar-se o nível da água nos dois piezómetros do aquífero semi-cativo, que é igual após a sua saturação, indicando ausência de fluxo horizontal, e que fica acima do tecto deste aquífero durante a fase de drenância, indicando pressão da água sobre a base do aquitardo. Poderá finalmente observar-se a subida do nível da água nos piezómetros do aquífero livre, sendo este inferior ao nível registado nos piezómetros do aquífero semi-cativo materializando a perda de carga verificada no trajecto ascendente da água. Fechando a torneira de entrada de água para o aquífero semi-cativo, observa-se que os níveis da água nos piezómetros dos dois aquíferos se igualam passado algum tempo. A drenância do aquífero livre para o semi-cativo pode ser observada mantendo todas as torneiras fechadas com excepção da torneira de saída do aquífero semi-cativo.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os modelos apresentados têm sido experimentados em actividades laboratoriais com alunos do Ensino Secundário e Universitário e constituíram também tema de uma Acção de Formação para professores do grupo 520, do 3º Ciclo do Ensino Básico e Ensino Secundário.

No primeiro caso revelaram-se um precioso auxiliar para a compreensão de conteúdos e conceitos relacionados com a dinâmica de aquíferos, tendo estimulado e envolvido os alunos, para quem os processos dinâmicos da água subterrânea são por vezes algo complexo e abstracto.

Com a acção de formação intitulada “Modelos hidrogeológicos: elaboração e experimentação”, pretendemos deixar aos formandos pistas para a realização de trabalhos experimentais motivadores e de cariz investigativo, que promovam o desenvolvimento de competências, atitudes e valores na sala de aula, especificamente no ensino da hidrogeologia.

Referências

- DES (2003) – *Programa de Biologia e Geologia*. Lisboa, Ministério da Educação.
- Dourado, L.; Leite, L. (2008) – *As actividades laboratoriais e o ensino de fenómenos geológicos*. In Actas do XXI Cong. de ENCIGA (CD-Rom). Carballiño: IES Manuel Chamoso Lamas.
- Fonseca, P.; Barreiras, S.; Vasconcelos, C. (2005) – *Trabalho experimental no ensino da Geologia: Aplicações da investigação na sala de aula*. Enseñanza de las ciencias, 2005. Número extra. VII Congresso.