

MODELO NUMÉRICO PARA ESCOAMENTO EM MEIOS POROSOS

R. C. da C. Ladeia, M. da S. Carvalho

Departamento de Engenharia Mecânica, DEM, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Av. Marquês de São Vicente, 225, Gávea, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22453-900

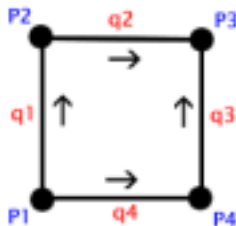
Palavras chaves: modelo numérico, meios porosos, permeabilidade.

RESUMO

A modelagem numérica do escoamento em meios porosos é uma área que recentemente tem recebido muita atenção por parte de empresas e institutos de pesquisa em todo o mundo. A aplicação deste estudo abrange principalmente o escoamento em solos, rochas e membranas e tem sido vastamente usado na indústria do petróleo para avaliar a eficiência de processos de extração de óleo.

Neste trabalho, o meio poroso foi modelado através de uma rede de capilares interligados, onde as cavernas são representadas por nós e as gargantas por capilares. A rede foi dividida em elementos compostos por 4 nós e 4 capilares como ilustra a Figura 1.

Construiu-se um sistema de equações para cada um dos elementos para depois gerar um sistema global com todas as equações da rede. Ao resolver este sistema global de equações é possível determinar as incógnitas do problema, que são representadas pela pressão em cada nó e pela vazão em cada capilar.



A equação que fornece a vazão em cada um dos capilares da rede depende da diferença de pressão entre os nós adjacentes ($\Delta P = P_i - P_j$), da viscosidade (μ) do fluido, do comprimento (L) e do raio (R) do capilar.

$$q = f(\Delta P, \mu, L, R)$$

Figura 1: Estrutura elementar

A vazão total através do meio poroso pode ser obtida pelo somatório das vazões em cada capilar. Desta forma, a permeabilidade do meio K pode ser obtida a partir das simulações apresentadas neste relatório. A permeabilidade é definida como:

$$q = K \cdot \Delta P$$

No modelo foi considerado que as pressões na entrada e na saída da rede são constantes. A distribuição dos raios dos capilares obedece a uma função característica de distribuição que

fornece o percentual de ocorrência de um determinado tamanho de raio. A função de distribuição dos tamanhos dos raios é obtida através de uma análise da estrutura dos poros.

Executando o programa implementado em ambiente Matlab, foram obtidos alguns resultados para uma malha 12 x 10, com a pressão na entrada igual a 1 e na saída igual a 0. A função distribuição usada foi $f(r) = 6 \cdot r \cdot (1-r)$, como mostra a Figura2, e os tamanhos dos raios variam entre 0 e 1. A permeabilidade do meio pode ser calculada a partir do gráfico da Figura3. A vazão em cada capilar é apresentada na Figura4. A magnitude dos vetores mostrados no gráfico do campo de vazão é proporcional ao valor da vazão em cada capilar. A distribuição não uniforme da vazão nos capilares é resultado da distribuição randômica dos tamanhos dos raios dos capilares.

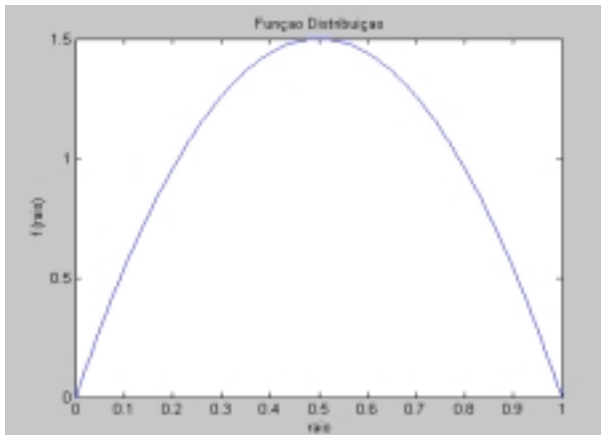


Figura2: Gráfico da função distribuição $f(r) = 6 \cdot r \cdot (1-r)$

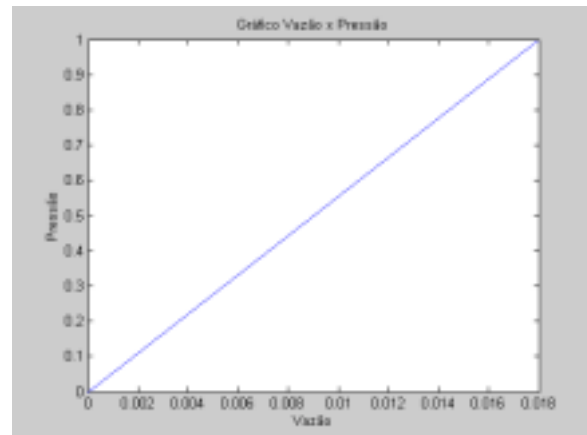


Figura3: Gráfico da Vazão x Pressão, a partir do qual se obtém a permeabilidade do meio a partir do coeficiente angular da reta.

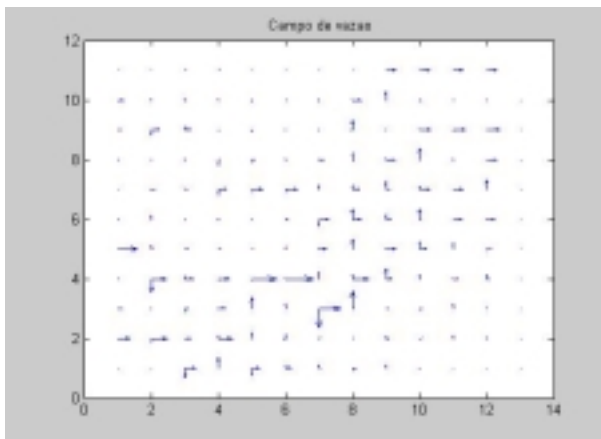


Figura4: Campo de vazão obtido para uma malha 12 x 10.

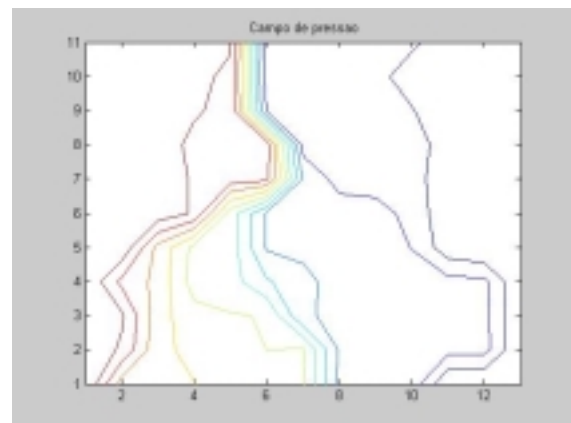


Figura5: Campo de pressão obtido para uma malha 12 x 10.

A Figura 5 apresenta o campo de pressão na região estudada. Observe que o gradiente de pressão não é uniforme, devido a distribuição randômica dos raios dos capilares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Lenormand R. e Touboul E., 1988, “Numerical models and experiments on immiscible displacement in porous media” , vol. 189, pp 165-187.

Lenormand R., Zarcone C. e Sarr A., 1983, “Mechanisms of the displacement of one fluid by another in a network of capillary ducts”, *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 135, pp 337-353.

Dias M. M. e Payatakes A. C., 1986, “Network models for two-phase flow in porous media”. Part 1. “Immiscible microdisplacement of non-wetting fluids”, *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 164, pp 305-336.