



Comportamento da porosidade e da permeabilidade em função do tamanho de partícula em rochas artificiais

Xavier Jr., M. M.*, Cabral, F. A. O., Souza, A. B., Galvão, I. L. G., Santos, R. A. A., Segundo, F. R. D. P.
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Copyright 2014, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no VI Simpósio Brasileiro de Geofísica, Porto Alegre, 14 a 16 de outubro de 2014. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do VI SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

Neste trabalho, investigamos como o tamanho das partículas afeta a porosidade e a permeabilidade em amostras de rochas artificiais produzidas através da sinterização de microesferas de vidro. Para esse fim, medidas de porosidade, permeabilidade e imagens de lâminas delgadas foram realizadas e analisadas. Os resultados mostraram que a porosidade não depende do tamanho de partícula quando as amostras não apresentaram formação de aglomerados. Também, o valor da permeabilidade varia pouco nessas condições. Nas amostras que apresentaram aglomerados, a porosidade diminui com o tamanho médio de partículas e a permeabilidade cresce fortemente.

Introdução

A petrofísica é uma área em franca consolidação pela sua grande importância na caracterização de rochas reservatórios de petróleo e gás. Ela se destaca na busca pela determinação de propriedades e suas relações como porosidade, permeabilidade, saturação de fluido, bem como as interações fluido rocha, que são aspectos fundamentais para caracterizar o armazenamento e a transmissão de fluidos na rocha, com a finalidade de administrar e prever a performance de um reservatório (Sayers et al, 2009). A petrofísica investiga como as propriedades das rochas se alteram em função dos fatores ambientais como pressão, temperatura, saturação, salinidade e argiliosidade, por exemplo. Essa investigação pode ocorrer na escala de campo, por meio de uma perfilagem geofísica feita na região, ou na escala de bancada em laboratório. Entretanto, em rochas reais normalmente se obtém uma faixa estreita de valores dessas propriedades dificultando a compreensão das relações entre elas. O estudo petrofísico de rochas artificiais, por outro lado, permite obter uma larga faixa de valores de suas propriedades, além de possibilitar o controle dessas propriedades, como homogeneidade, escala das amostras, distribuição de tamanhos de partículas e impurezas, por exemplo, (Al-Homadh, 2002, Carrasco et al, 2005, Rezaveisi, 2012). Neste trabalho, estudamos a dependência da porosidade e da permeabilidade com o tamanho de partícula em rochas artificiais produzidas a partir da sinterização de microesferas de vidro (Segundo, 2014).

*Autor correspondente.

e-mail: milton@geofisica.ufrn.br (M. M. Xavier Jr.)

Metodologia

O processo utilizado na produção das nossas amostras de rochas artificiais com microesferas de vidro foi a sinterização (Frenkel, 1945). Neste processo, várias partículas que estão em contato mútuo, sob a ação da temperatura, se transformam em um corpo único, íntegro e pode, inclusive, tornar-se totalmente denso, além de obter boa resistência mecânica. Neste trabalho, produzimos dois grupos de amostras. No primeiro grupo (G1), a temperatura utilizada em cada amostra foi apenas o suficiente para iniciar o processo de sinterização de maneira que as partículas mantiveram a sua forma esférica original. Isto é importante uma vez que desejamos isolar o efeito de tamanho de partícula. No segundo grupo (G2), foram aplicadas temperaturas mais elevadas que no processo de sinterização das amostras de G1. As microesferas de vidro foram selecionadas em peneiras de malhas de 0,063, 0,125, 0,180, 0,250, 0,355 e 1,000 mm. Foi utilizado um molde para dar a forma de plug cilíndrico às amostras. As medidas de porosidade foram realizadas usando um porosímetro à gás modelo UltraPore 500 da CoreLab. A permeabilidade foi obtida a partir das medidas de condutividade hidráulica.

Resultados e Discussão

É conhecido teoricamente que a porosidade não varia com o tamanho dos grãos em sistemas onde os arranjos de partículas são ordenados. Isto também se reproduz com boa aproximação na prática em sistemas reais com empacotamento aleatório (Golan, 1991), desde que a distribuição de tamanhos dos grãos de diferentes tamanhos médios seja semelhante ou quando o tamanho das partículas não é pequeno o suficiente para causar a formação de aglomerados por coesão, por exemplo, (German, 1989).

Os resultados das medidas realizadas nas amostras do grupo G1 mostraram que o valor da porosidade se manteve constante em função do tamanho médio das partículas (Figura 1, triângulos). Isto é semelhante ao que é encontrado na literatura (Golan, 1991) e mostra que, apesar de utilizarmos um arranjo aleatório de partículas, não há formação significativa de aglomerados nem diferenças significativas de seleção (ver Figuras 2A e 2B).

Nos resultados das medidas nas amostras do grupo G2, a porosidade passou de 40% para 25% com o aumento do tamanho médio das partículas (de diâmetros de 0,063 mm a 0,355 mm – ver Figura 1, círculos) e tende a estabilizar acima do diâmetro de 0,355 mm. Este comportamento da diminuição da porosidade com o diâmetro médio de partículas nas nossas amostras artificiais do grupo G2 é semelhante ao encontrado em rochas reais (Guéguen, 1994). Isto se deve ao fato que, nessas amostras com diâmetros médios de partículas maiores elas sofreram maior

deformação assim como formaram aglomerados (ver Figuras 2C e 2D). Estes fatores influenciam diretamente na porosidade fazendo os seus valores na amostra como um todo diminuir, semelhantemente ao que ocorre quando se passa de um conjunto de amostras de boa para má seleção de grãos.

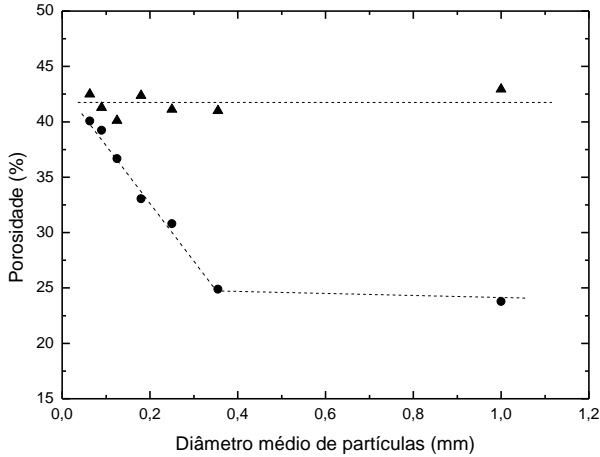


Figura 1 – Porosidade x Diâmetro médio das Esferas de Vidro. Os triângulos representam os resultados das medidas nas amostras do grupo G1 e os círculos nas amostras do grupo G2. As linhas tracejadas são apenas para efeito visual.

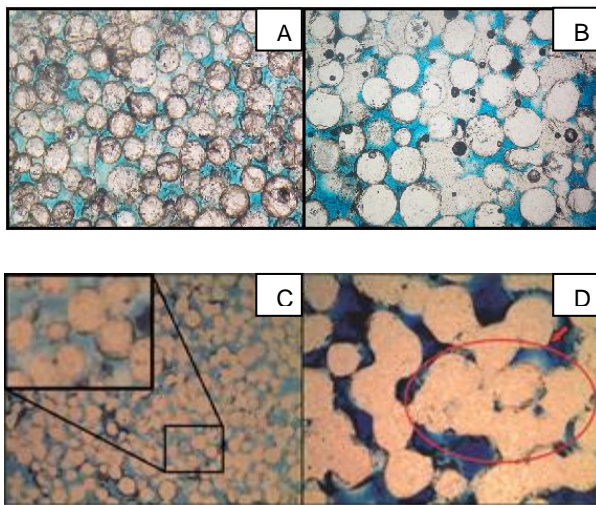


Figura 2 – Imagens das lâminas delgadas das amostras com diâmetro médio de partículas de 0,063 mm (A e C) e 0,355 mm (B e D). As imagens superiores pertencentes às amostras do grupo G1. As imagens inferiores pertencentes às amostras do grupo G2. No detalhe, nota-se que a amostra (C) está no início do processo de sinterização, mas a amostra (D) apresenta a formação de grandes aglomerados de partículas.

A formação de aglomerados nas amostras do grupo G2, apesar de diminuir a porosidade total de cada amostra, produziu também poros com tamanhos

maiores e melhor conectados. Isto conduziu a um sensível aumento da permeabilidade em função do tamanho médio das partículas, o que é menos expressivo nas amostras do grupo G1 (ver Figura 3). Os valores de porosidade e permeabilidade nas nossas amostras sintéticas estiveram na faixa correspondente a arenitos limpos, areias grossas e cascalhos.

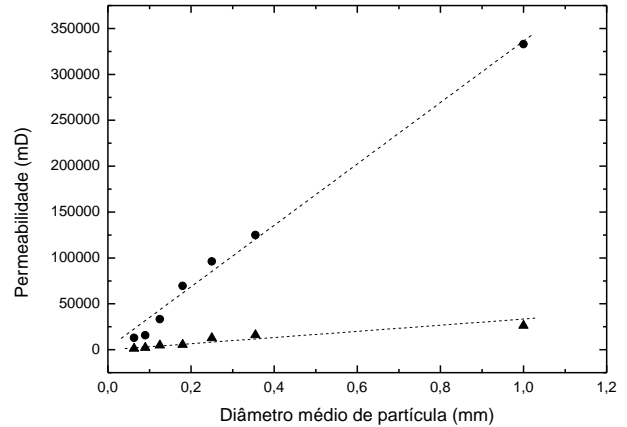


Figura 3 – Permeabilidade x Diâmetro médio das Esferas de Vidro. Os triângulos representam os resultados das medidas nas amostras do grupo G1 e os círculos nas amostras do grupo G2. As linhas tracejadas são apenas para efeito visual.

Conclusões

As medidas realizadas nas amostras de rochas artificiais aqui estudadas mostraram que a porosidade não depende do tamanho de partícula mesmo em arranjo aleatório, desde que apresentem boa seleção de partículas. Esses resultados estão em conformidade com a teoria. Também, essas medidas mostraram que a formação de aglomerados influencia a porosidade. O valor da porosidade diminui com o aumento do tamanho de partícula de forma semelhante a um efeito de má seleção. Embora a porosidade diminua nas amostras como um todo, este efeito não ocorre com a permeabilidade dessas amostras. Aqui, os aglomerados conduzem a um empacotamento tal que aumenta o tamanho dos poros e sua conectividade o que proporciona um acréscimo de pelo menos uma ordem de grandeza no valor da permeabilidade em relação às medidas realizadas nas amostras sem formação de aglomerados.

Agradecimentos

Ao Professor José Agnelo Soares (UFCG) pela contribuição nas medidas de porosidade. A professora Marcela Marques Vieira pela obtenção das imagens das lâminas delgadas. A ANP pelo apoio financeiro.

Referências

Sayers, C., Chopra, S., 2009. Introduction to this special section—Rock physics. The Leading Edge 15.

Al-Homahi , E. S., 2002. Artificial Sandstone Cores Production with a Wide Range of Petrophysical pp. 95-118, Riyadh (A.H. 1422/2002)

Carrasco, M. F., Mendiratta, S.K., and Ferreira, J.M., 2005. Strength, porosity and permeability of sintered bodies made from glass microspheres Eur. Phys. J. Appl. Phys. 30, 91–99.

Rezaveisi, M., Ayatollahi, S., Rostami, B., 2010. Experimental Investigation of Matrix Wettability Effects on Water Imbibition in Fractured Artificial Porous Media. J. Pet. Sci. Eng. 86-87, 165–171.

Segundo, F.R.D. 2014. Síntese de Rochas artificias a partir da sinterização de esferas de vidro. Natal/RN, 2014. 30 p.

Frenkel, J., 1945. "Viscous Flow of Crystalline Bodies Under the Action of Surface Tension," J. Phys. (Moscow), 9 [5] 385-91.

Guéguen, Y., Pauciauskas, V., Introduction to the Physics of Rocks, Princeton University Press, 1994.

German, R. M. Particle Packing Characteristics. Metal Powder Industries Federation, Princeton, 1989. 443p.

Golan, M., Whitson, C. H., Prentice Hall, 1991.