



Estudo das Propriedades Petrofísicas das Rochas utilizando Morfologia Matemática Binária em lâminas petrográficas

Aldenize Ruela Xavier*; Nayara Rebelo dos Santos; Carlos Eduardo Guerra, Universidade Federal do Oeste do Pará
André Andrade; Universidade Federal do Pará

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Resumo

Apresenta-se neste trabalho um exemplo de utilização das lâminas petrográficas para o estudo das propriedades petrofísicas das rochas. Com o objetivo de possibilitar maior precisão e automação no cálculo da área ocupada pelos fluidos e encontrar um valor estimado de microporosidade nas lâminas. A Morfologia Matemática binária foi a metodologia utilizada na detecção destas propriedades. A Morfologia Matemática não é apenas uma teoria matemática, mas uma poderosa técnica de análise de imagens, suas origens remontam os estudos da geometria de mídia porosa na metade da década de 60 na França por G. Matheron e J. Serra. Eles introduziram um formalismo relacionado à teoria de conjuntos para a análise de imagens binárias sendo possível processá-las com operações simples como uniões, intersecções, complementações e translações.

Introdução

As lâminas petrográficas são normalmente extraídas dos testemunhos para a identificação de minerais opacos não visíveis a olho nu. Apresenta-se neste trabalho um exemplo de utilização das lâminas petrográficas para o estudo das propriedades petrofísicas das rochas. A escala de trabalho da petrofísica é dado pela escala do perfil ou do testemunho, assim os estudos petrofísicos originados das interpretações das lâminas petrográficas necessitam de um número estatisticamente relevante de lâminas extraídas ao longo da profundidade do testemunho e perpendiculares ao raio do poço para produzirem uma representação das propriedades petrofísica na escala dos perfis. O estudo petrofísico das lâminas pode resultar em estimativas da microporosidade da abertura média da garganta dos poros arranjo dos grãos, grau de esfericidade; que resultariam em estimativas realistas para importantes propriedades petrofísicas como a porosidade, a permeabilidade e pressão capilar. Neste trabalho apresenta-se uma estimativa da microporosidade obtida com uma técnica

de processamento de imagens, a Morfologia Matemática para a estimativa da microporosidade de uma lâmina petrográfica. Apresenta-se um exemplo de um arenito bem selecionado com porosidade intergranular. O segundo exemplo, apresenta uma lâmina extraída próxima a interface óleo-água de um arenito com litologia complexa que apresenta traços de óleo residual.

Com o objetivo de possibilitar maior precisão e automação no cálculo da área ocupada pelos fluidos e encontrar um valor estimado de microporosidade nas lâminas, foi utilizada a morfologia matemática para processar as imagens, já que com isso, pode ser reduzido o tempo de processamento para esses cálculos. A Morfologia Matemática não é apenas uma teoria matemática, mas uma poderosa técnica de análise de imagens. As origens da morfologia matemática são os estudos da geometria de mídia porosa na metade da década de 60 na França por G. Matheron e J. Serra (Serra, 1986). Eles introduziram um formalismo relacionado à teoria de conjuntos para a análise de imagens binárias sendo possível processá-las com operações simples como uniões, intersecções, complementações e translações. Atualmente a análise de imagens tem sido utilizada para o estudo dos grãos da rocha como nos trabalhos de Drevin & Vincent (2002) para a determinação da granulometria em rochas sedimentares e Homberg *et. al* (2008) utilizando imagens de Raio X.

Metodologia

A metodologia proposta consiste em quatro etapas:

1. Leitura das imagens;
2. Escolha da banda para binarização;
3. Limiarização e aplicação dos operadores morfológicos;
4. Sobreposição das imagens e determinação de Propriedades Petrofísicas;

O trabalho consistiu na aplicação de operadores morfológicos para uma melhor qualidade visual e para

detecção da feição dos poros das lâminas. Foi utilizada a “toolbox” de Morfologia Matemática acoplada ao software MATLAB para a aplicação dos operadores morfológicos utilizados.

1. Leitura das imagens;

Para o processamento foram utilizadas algumas lâminas, a Figura 1 (a) mostra um arenito bem selecionado com porosidade intergranular e com único fluido em seus poros, a Figura 1 (b) apresenta um arenito com litologia complexa e com dois fluidos em seus poros.

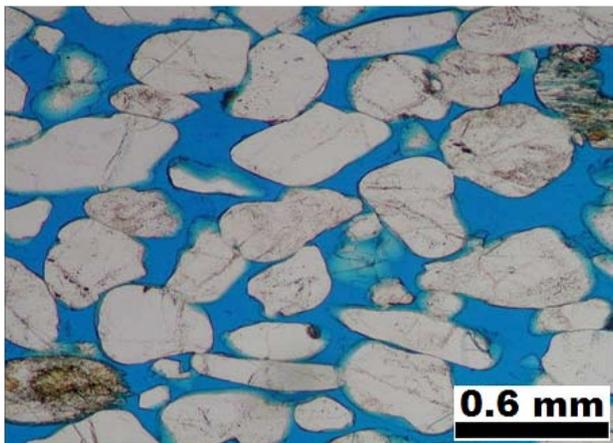


Figura 1: (a) – lâmina petrográfica de um arenito com microporosidade intergranular

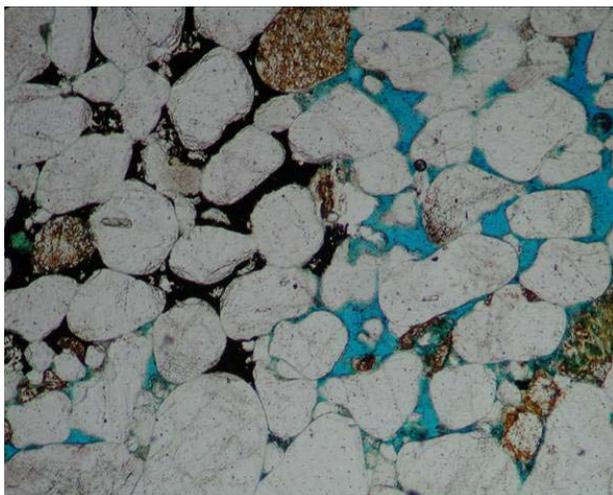


Figura 1: (b) – lâmina extraída próxima a interface óleo-água de um arenito com litologia complexa que apresenta traços de óleo residual

2. Escolha da banda para binarização;

As imagens são formadas por um espaço de cores com 3 componentes independentes para representar uma cor, o espaço RGB. Este possui componentes vermelha (R), verde (G) e azul (B), é o espaço de cores mais usado. A escolha da banda de limiarização depende da reflectância da zona de interesse que determinado espaço de cores gera naquela banda.

Selecionada a feição de interesse precisa-se analisar a concentração de pixel neste alvo. O histograma de uma imagem em níveis de cinza é o valor que a imagem ocupa em determinado nível. Como o que será destacado é a região relativa ao poro e observando a figura 2 (a) que esta região apresenta tons de cinza que variam de 0 a 30, este será o limiar utilizado para a binarização desta imagem. Já na Figura 3 (a) os poros estão preenchidos com fluidos diferentes (reflectância diferente) sendo assim exige-se outro ponto de limiarização, o adotado será 60. Observe que alguns pontos da rocha serão indicados erroneamente como poros, isso será corrigido com a aplicação dos operadores morfológicos.

Com a ajuda do histograma, a imagem pode ser trabalhada com maior precisão, pois com a análise do mesmo as feições de interesse podem ser destacadas com maior facilidade, analisando a concentração de pixels da imagem.

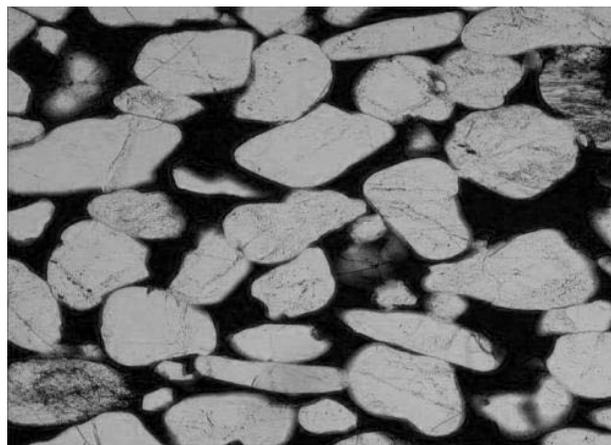


Figura 2(a) – imagem em tons de cinza

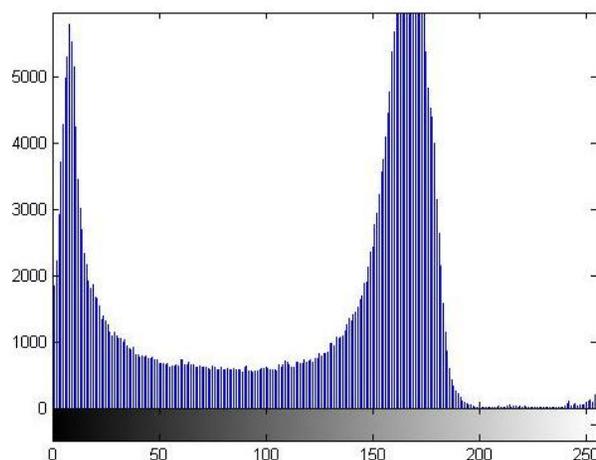


Figura 2(b) – histograma da figura 1(a)

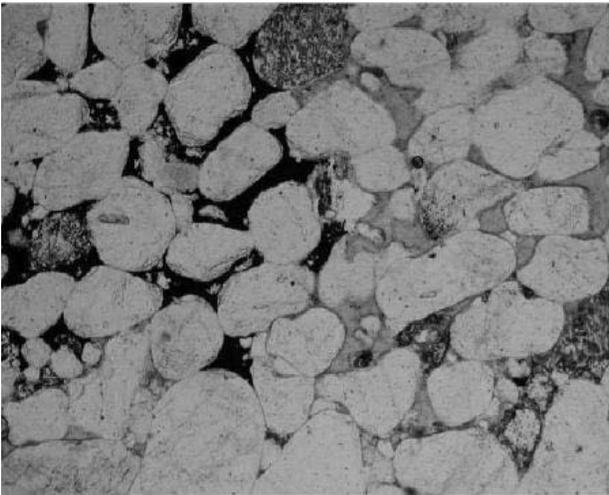


Figura 3(a) – imagem em tons de cinza

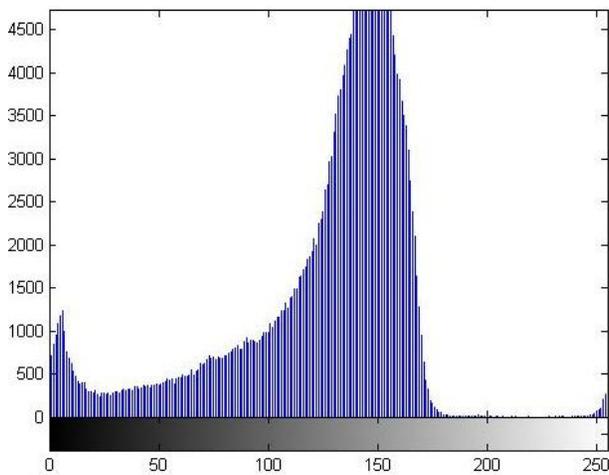


Figura 3(b) – histograma da figura 2(a)

3. Limiarização e aplicação dos operadores morfológicos

A limiarização ou binarização consiste em converter as imagens em níveis de cinza, com pixels variando de 0 a 255, para uma imagem com apenas duas cores, preto e branco, ou seja, pixels ativos (1) e pixels inativos (0). Nas figuras 1(a) e (b), estão destacadas as áreas de interesse (água, água e hidrocarbonetos), porém, ao binarizar a imagem, pequenas informações foram perdidas, e para recuperá-las, foram aplicados alguns operadores morfológicos, como erosão e dilatação, para se obter um melhor resultado (Figura 4 (a) e Figura 4 (b)).

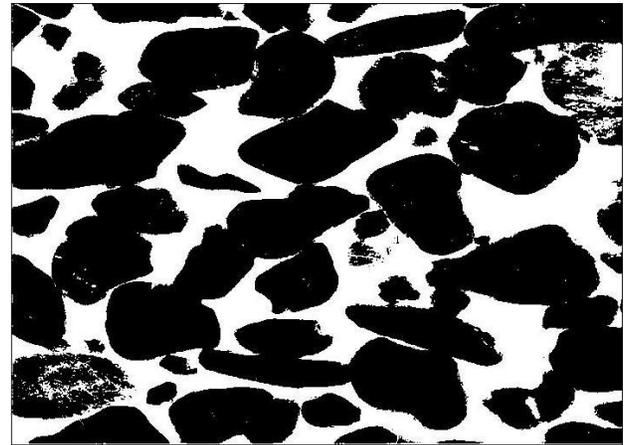


Figura 4 (a) – imagem limiarizada

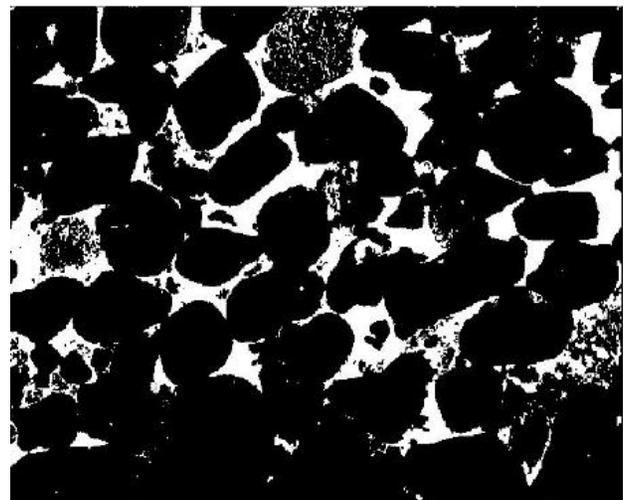


Figura 4 (b) – imagem limiarizada

Depois dos operadores morfológicos terem sido aplicados, e quando finalmente a imagem desejada foi obtida, a imagem pode ser melhor analisada, e assim as propriedades petrofísicas, porosidade e a permeabilidade das rochas, podem ser melhor visualizadas, já que são mais visíveis os poros e ficou mais fácil perceber a ligação entre eles, sendo assim, nota-se a permeabilidade da rocha (escoamento mais fácil dos fluidos).

4. Sobreposição das imagens e determinação de Propriedades Petrofísica

A detecção de borda, segundo Guerra (2007) é uma das aplicações mais importantes em processamento de imagens, pois nos remete a um conceito fundamental, que é o conceito de contorno. A seguir, são apresentados os resultados finais do processamento. Nas figuras 5 e 6, a potencialidade da morfologia matemática pode ser observada, pois os fluidos foram destacados com sucesso, e o contorno comprova essa eficácia, pois é o limite entre os o fluido e as rochas.

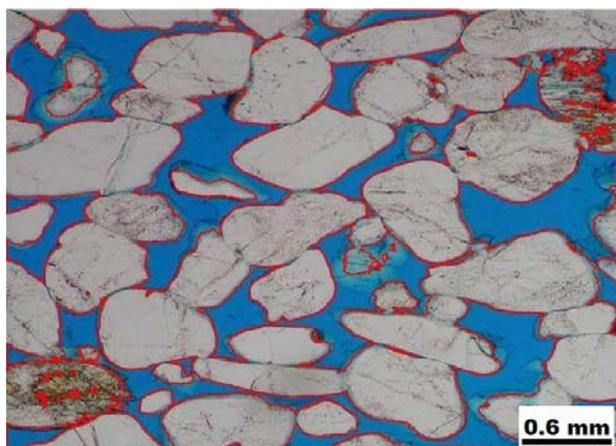


Figura 5 – água e grãos separados

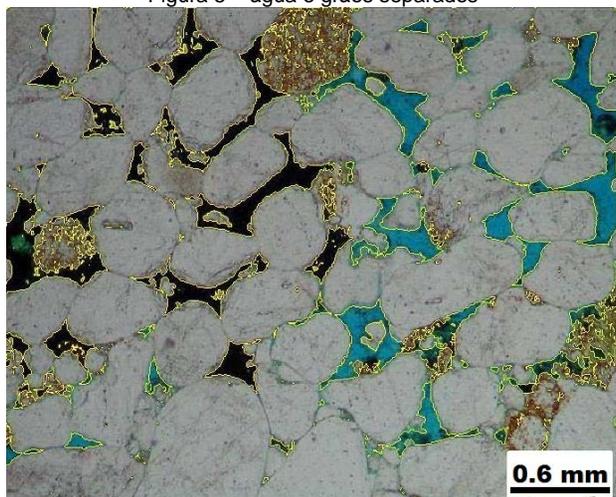


Figura 6 – água e hidrocarbonetos separados dos grãos rochosos

A extração das propriedades petrofísicas ficaram mais destacados após o processamento das imagens. O valor de microporosidade encontrado nas rochas foram de 28% e 15% (Figura 1(a) e 1(b), respectivamente).

Resultados

A morfologia matemática mostrou-se muito eficaz destacando as áreas desejadas. Foi possível mostrar nitidamente os espaços que se encontravam os fluidos, espaços esses utilizados para a obtenção do valor de microporosidade.

A porosidade de uma rocha é calculada a partir da razão entre o volume do poro e o volume total. Com o sucesso do processamento, pôde-se assim encontrar o valor da área que os fluidos estão ocupando em cada imagem, e ainda saber a microporosidade laminar para as amostras das rochas, e também, observar com os resultados das imagens a permeabilidade das mesmas. A automação alcançada com a implementação do processo permite ao interprete rapidez e precisão ao cálculo de áreas.

Com o número de pixels das imagens, a porosidade das rochas foi calculada, com ela pode ser medida a capacidade de armazenamento de fluidos em rochas. A partir do número de pixels ativos obtidos após o tratamento das imagens, foi possível determinar essa importante propriedade petrofísica.

A morfologia matemática foi importante nesse processo, pois com sua aplicação, foi possível extrair apenas os poros da imagem, assim, o processo foi mais rápido e eficaz.

O nível de porosidade encontrado nas rochas foram de 28% e 15% (Figura 1(a) e 1(b), respectivamente).

Conclusões

Com os resultados apresentados nas figuras 4 e 5, e com os resultados dos cálculos das áreas e das porosidade das rochas, nota-se o potencial das ferramentas morfológicas na extração de feições de interesse e ainda em cálculos de propriedades petrofísicas. Analisando os resultados obtidos, observa-se que as rochas possuem valor de microporosidade em torno de 28% para um arenito bem selecionado e 15% para um arenito de litologia complexa. Os poros das rochas possuem poucas ligações um com os outros no segundo exemplo, notando assim, um nível pequeno de permeabilidade, no entanto, na figura 4 há um nível maior de permeabilidade do que na figura 5. A partir dos resultados obtidos, percebe-se que uma das aplicações possíveis são a determinação da área dos poros e o cálculo da microporosidade das fatias das rochas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Cnpq e Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa do Estado do Pará – FAPESPA pelo apoio em forma de bolsa de iniciação científica e o Laboratório de Sensoriamento Remoto de Santarém da Universidade Federal do Oeste do Pará.

Referências

BUENO A.D. **Determinação de propriedades físicas de rochas reservatório com uso de Processamento paralelo em um clusters de computadores.** 2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás, Rio de Janeiro – RJ, 15-18 de junho de 2003.

DREVIN, G. R. VINCENT, L. **Granulometric Determination of Sedimentary Rock Particle Roundness**, *Proc. International Symposium on Mathematical Morphology (ISMM)*, Sydney, Australia, pp. 315-325, April 2002.

GUERRA, C. Eduardo. **Deteção de zonas de baixa cobertura vegetal em imagens de satélites através do uso de operadores da Morfologia Matemática.** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5799-5806.

HOMBERG, Ulrike. BINNER, Richard. PROHASKA, Steffen. DERCKSEN, Vincent J. KUB, Anja. KALBE, Ute. **Determining Geometric Grain Structure from X-Ray Micro-Tomograms of Graded Soil.** *Workshop Internal Erosion*, Schriftenreihe Geotechnik, Vol. 21, pp. 37 - 52, 2008

SERRA, J. **Introduction to mathematical morphology.** **Computer Vision.** Graphics and Image Processing, vol. 35, no. 3, pp. 283–305, 1986.

XAVIER, A.; GUERRA, C. **Detecção de Fraturas em imagens de perfis geofísicos de poço com morfologia matemática.** III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010.