



Utilização de segmentação binária para o melhoramento interpretativo de propriedades físicas de um perfil geofísico de poço em uma zona de hidrocarbonetos.

Raimundo Oscar de Sousa Júnior (UFOPA), Cauã da Silva Chagas dos Santos (UFOPA), Beatriz da Gama Silva (IEG, UFOPA), Aldenize Ruela Xavier (UFOPA) e Aumir da Silva Viana (UFOPA)

Copyright 2017, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 15th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 31 July to 3 August 2017.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 15th 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

Se um reservatório de hidrocarbonetos for homogêneo, a medida de uma propriedade em qualquer local permite uma descrição completa do reservatório, mas isso não é possível devido a característica heterogênea do meio, sabendo que essas propriedades se alteram em diferentes ambientes. Neste artigo foi utilizando a segmentação binária para uma melhor interpretação das propriedades física em uma imagem de perfil geofísico de poço, analisando o comportamento da mesma em relação a imagem original, comparando para verificar se é condizente com dado real e atestando com dados quantitativos esses resultados.

Introdução

O petróleo consiste de uma mistura de diversos tipos de hidrocarbonetos, hoje em dia, a teoria mais aceita para a origem desses hidrocarbonetos está associada a matéria orgânica depositada. Essa matéria orgânica teria se misturada com lama e teria sido empurrada para debaixo de camadas pesadas de sedimentos, o que resultaria em altos níveis de calor e pressão (diagenesis). Essas condições de calor e pressão teriam causado alterações na matéria orgânica, transformando-a em um material ceroso denominado kerogen e, posteriormente, nos hidrocarbonetos líquidos e gasosos por um processo chamado catagenesis (Thomas, 2001).

Sabe-se que os reservatórios possuem características heterogêneas, ou seja, as propriedades de um reservatório variam em função do espaço (kelkar e Perez, 2002), com isso a caracterização de um reservatório torna-se um problema difícil. Neste artigo a caracterização foi feita em áreas mais pontuais, utilizado dados consolidados feitos pela Integrated Ocean Drilling Program Management International (IODP), Inc., que é um programa internacional de investigação marinha.

A propriedade física explorada, para uma caracterização entre camadas, foi a da condutividade elétrica obtida com a ferramenta de sondagem FMI (Formation Micro Imager), o estudo da condutividade está diretamente ligado com a porosidade existente no meio, pois quanto

mais poros, mais fluidos podem ser retidos e dependendo do fluido e da salinidade do mesmo, o valor da condutividade se altera consideravelmente. Outro fator que interfere na condutividade é como essa rocha porosa está compactada. As informações obtidas do poço indicam uma diminuição da porosidade com o aumento da profundidade.

- Segmentação binária para imagens em tons de cinza

A segmentação binária é definida como um processamento que consiste em realizar a divisão de uma imagem em regiões homogêneas de acordo com um critério estabelecido. A segmentação binária pode ser simplesmente chamada de binarização ou de limiarização, e ela é de fundamental importância no processo de caracterização pois definirá as regiões da imagem em pretos e brancos, as imagens binárias representam a amostra na caracterização que consiste em encontrar um limiar em um histograma de 255 níveis de cinza, que melhor separa as fases associadas ao alvo em questão.

- Local de perfuração do poço (expedição IODP 337)

Foi a primeira expedição dedicada à microbiologia subterrânea que utilizou a tecnologia de perfuração vertical. O poço C0020 está localizado em uma bacia formada pela subdução da placa pacífica fora da península de Shimokita em uma profundidade de 1180 m (figura 1), um dos principais objetivos foram de estudar a relação entre a biosfera microbiana e o leito subterrâneo e explorar os limites da vida em zonas mais profundas do oceano.

Perfis sísmicos (figura 2) em torno do poço C0020 mostram reflexões de supressão de pull-up abaixo dos refletores bottom-simulating reflectors (BSRs) a 360 mbsf (metros abaixo do fundo do mar), sugerindo a ocorrência de hidratos de metano em domínios sedimentares pouco profundos e um forte fluxo ascendente de gases livres para reservatórios de hidrocarbonetos mais profundos (Inagaki, F., Hinrichs, K.-U., Kubo, Y.) .

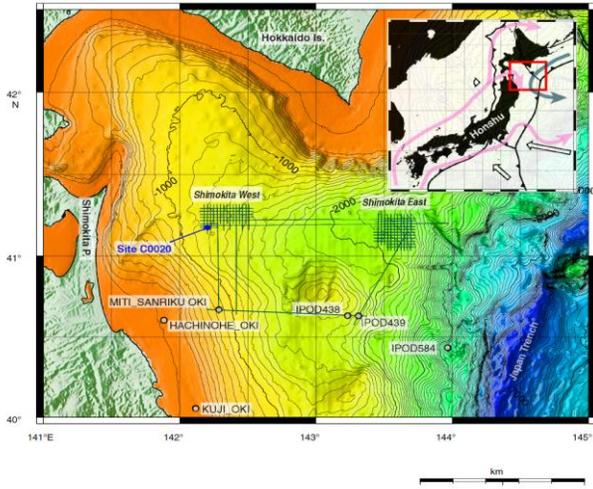


Figura 1- Mapa batimétrico do poço C0020 com linhas sísmicas e locais de perfurações existentes. 337-C0020A 41°10.5983'N 142°12.0328'E

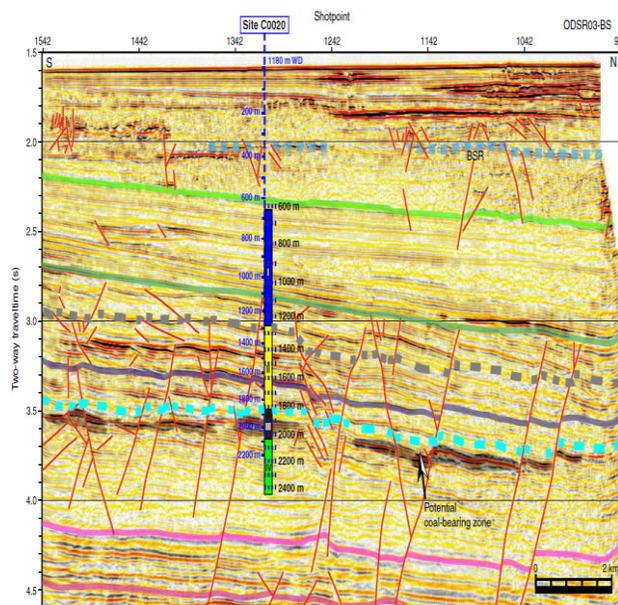
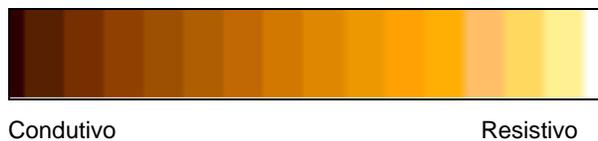


Figura 2 - Perfil sísmico nas proximidades do poço C0020 fora da península de Shimokita. Zonas cinzas = camadas potencialmente carboníferas. WD= Profundidade da água, BSR = bottom-simulating reflectors

- FMI (Formation Micro Imager)

Ferramenta de sondagem que mapeia a condutividade da parede do poço com um conjunto de sensores, isto fornece uma imagem elétrica de alta resolução da formação na escala de cor de acordo com a figura 3 .



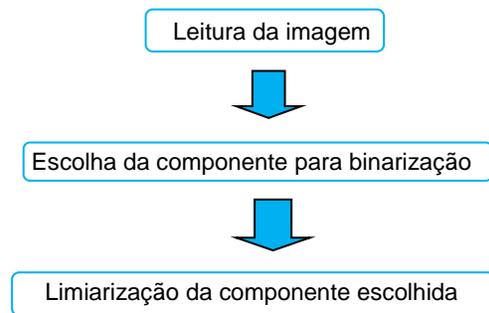
Condutivo Resistivo

Figura 3 - Escala de cores do perfil de imagem FMI.

O FMI fornece uma imagem elétrica do poço gerada a partir de 24 eletrodos e 192 medições de micro resistividade. A ferramenta fornece aproximadamente 80% de cobertura da parede em um poço de 8 polegadas de diâmetro. A sequência da ferramentas também contém um acelerômetro triaxial e três magnetômetros de fluxo-Gate cujos resultados são usados para orientar e posicionar com precisão as imagens. Medidas de tamanho do poço, velocidade do cabo e intensidade de raios gama naturais também contribuem para o processamento (©Schlumberger).

Metodologia

A metodologia proposta consiste em 3 etapas:



O software MATLAB R2013a foi utilizado para todo o processamento de imagens para a elaboração deste trabalho.

- Leitura da imagem

Foi utilizado no processamento das imagens dois trechos de perfil de imagem em unidades litológicas diferentes, uma na unidade II , entre 1275 - 1280 mbsf (figura4.a), e outra na unidade IV entre 2415 - 2420 mbsf (figura 4.b), essas imagens foram obtidas pela ferramenta de imagem FMI.



Figura 4- Perfil de imagem obtido através da ferramenta FMI, a) unidade II , entre 1275 - 1280 mbsf, b) unidade IV entre 2415 - 2420 mbsf .

- Escolha da componente para binarização

Um espaço de cores precisa de 3 componentes independentes para representar uma cor. O espaço RGB tem componentes vermelha (R), verde (G) e azul (B), que 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. As imagens coloridas da figura 4 foi decomposta nas três componentes RGB. Feita a decomposição das imagens apliquei uma equalização em cada componente.

As imagens equalizadas das componentes G foi a que apresentou o melhor resultado quanto ao contraste dos tons de cinza.

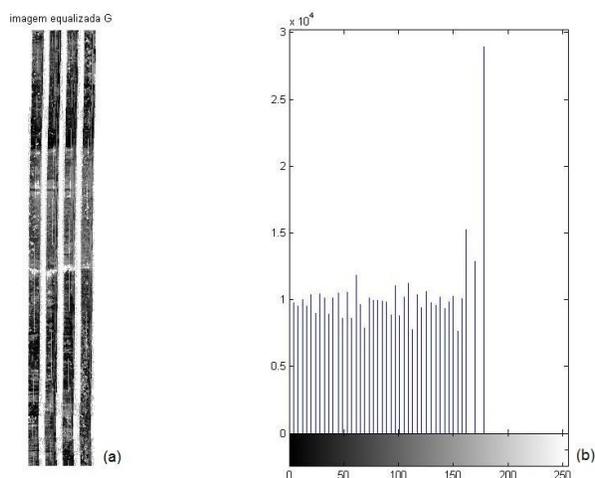


Figura 5 - (a)Imagem FMI da componente equalizada G, (b) histograma mostrando a concentração de pixels no intervalo de 0 a 170.

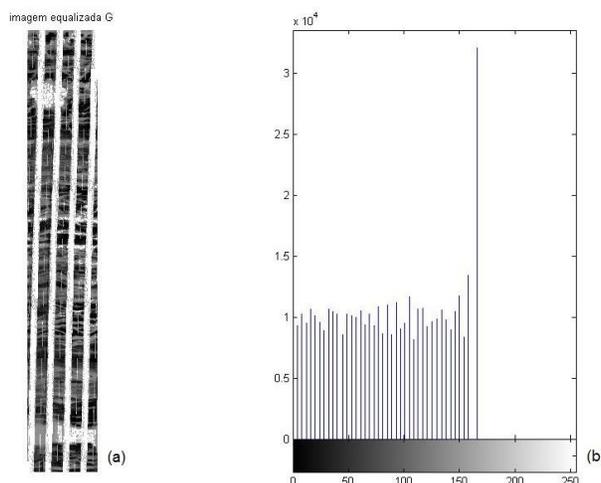


Figura 6 - (a)Imagem FMI da componente equalizada G, (b) histograma mostrando a concentração de pixels no intervalo de 0 a 170.

Observado os histogramas, nota-se que a equalização proporcionou uma grande concentração de pixels em

tons de cinza mais escuros, essa tendência irá facilitar no processamento das imagens na detecção da zonas de alta ou baixa condutividade.

- Limiarização da componente escolhida

Cada pixel de uma imagem tem uma cor que foi produzida por uma combinação de cores primárias (vermelho, verde e azul, ou RGB). Cada uma dessas cores pode ter um brilho que varia de 0 a 255 em uma imagem digital com profundidade de 8-bits. Um histograma RGB é produzido quando o computador varre a imagem em cada um desses valores de brilho RGB e conta quantos pixels há em cada nível de 0 a 255. Outros tipos de histogramas existem, mas todos têm mais ou menos a mesma característica.

Limiarizar a imagem constitui uma importante etapa para a implementação dos métodos de processamentos de imagens baseados na morfologia matemática. A limiarização consiste em converter uma imagem de níveis de cinza para uma outra imagem com apenas dois ND's.

O processo de binarização é uma transformação do tipo $\Psi: N \rightarrow N$ dada por:

$$\begin{aligned} \psi : f &\rightarrow f_b \\ f_b &= \psi(f) \end{aligned} \tag{3}$$

Em (3), Ψ é a função que associa a cada valor ND de f , um único valor (0 ou 255). Os processos de limiarização tem como um de seus objetivos, tornar evidente ou explicito agrupamentos de pixels contíguos que possuam características semelhantes.

As figuras 6.a e 6.b tem como alvo características inerentes as propriedades físicas investigadas no perfil de imagem FMI, como por exemplo a intensidade de condutividade da camada investigada

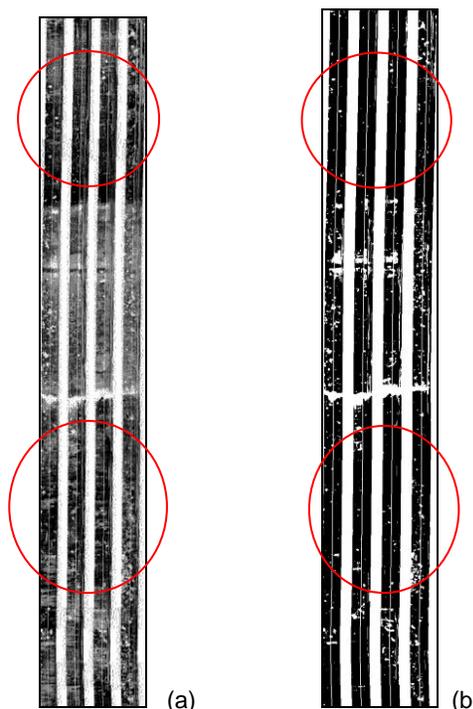


Figura 6 – (a) A esquerda para direita, imagem FMI da componente equalizada G, (b) imagem binarizada no limiar [145,240]

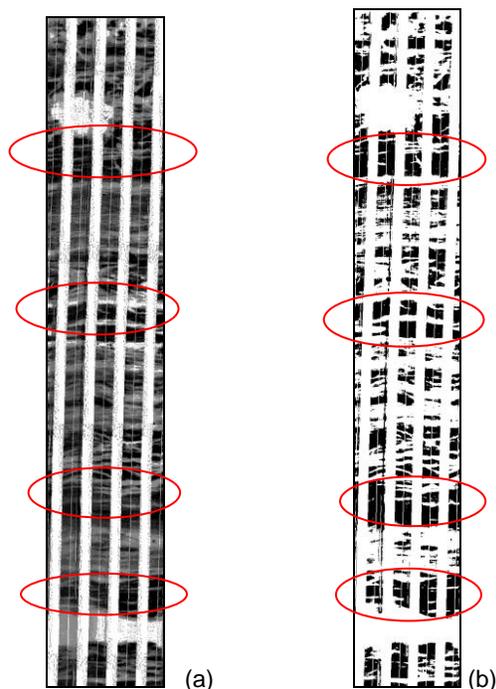


Figura 7 – (a) A esquerda para direita, imagem FMI da componente equalizada G, (b) imagem binarizada no limiar [70,230]

Nas Figuras 6 e 7, pode-se observar que contrastou nitidamente as zonas de interesse, que são as áreas mais escuras da (figura 4), e que aparece em tons tendendo para o preto na imagem em tons de cinza. Na imagem binarizada o agrupamento de pixels pretos indicam áreas de alta condutividade, assinaladas pelos círculos.

Resultados

As unidades litológicas investigadas no referido trabalho tem as seguintes características:

Unidade II (1256,5 - 1826,5 mbsf) - consiste principalmente de folhelho siltoso com alguns intervalos intercalados de arenito e silte. A abundância de material silicioso biogênico, glauconita e restos vegetais também diferenciam da unidade acima, essa unidade foi subdividida em duas subunidade diferentes: na profundidade 1256–1500 mbsf caracteriza-se por arenito siltoso associado com material fossilífero marinho, na profundidade de 1500- 1826 mbsf a argila é rica em matéria orgânica associado com restos de plantas. A parte superior da unidade II representa um ambiente offshore, com profundidade crescente, o paleoambiente se transforma gradualmente em um ambiente marinho raso.

Unidade IV (2046,5 - 2466 mbsf) - na parte superior é dominada por folhelhos limosos, arenito intercalado com

silte e uma fina camada de carvão na parte inferior, essa unidade demonstra ser um ambiente deposicional, dentro de alguns metros há sedimentos relacionados com planície de maré e canais de maré, que são cobertas por material orgânico de um pântano que resultou na formação de turfa.

Pode –se observar as referidas unidade em detalhe na figura 8.

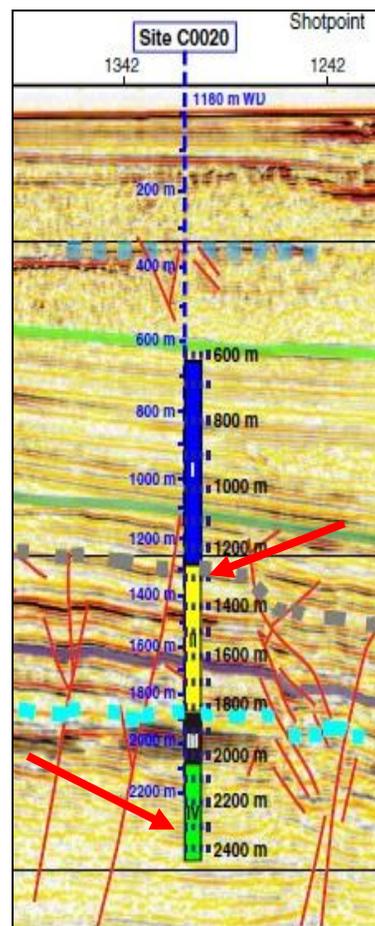


Figura 8 - Detalhe do sismograma no trecho do poço C0020 com as unidades litológicas I, II, III, IV destacadas (azul, amarelo, preto, verde, respectivamente)

As setas em vermelho indicam onde as imagens deste artigo foram retiradas, citadas na figura 4, as características das propriedades físicas das respectivas unidades são distintas dependendo da profundidade e o tipo de rocha analisada.

Como exemplo temos, a porosidade do silte, arenito e xisto que diminuem gradualmente com aumento da profundidade. Isso se deve, no geral, pela variação litológica, sendo o arenito e o silte cimentado por carbonatos com valores muito mais baixos do que o arenito e silte não cimentado. Amostras de carvão indicam, em geral, pela análise de reflectância da vitrinita, uma baixa maturação e as medidas de condutividade elétrica do poço diminuem gradualmente com a profundidade.

Neste trabalho a propriedade física de interesse é a condutividade elétrica, medidas estas feitas com a sonda FMI já especificada. Analisando as figuras 6 e 7,

percebe-se uma nítida diferença na quantidade de pixels pretos nas imagens binarizadas, sendo esses pixels áreas de alta condutividade e o por conseguinte os pixels brancos são áreas de baixa condutividade. Abaixo estão os gráficos dos valores reais da condutividade das imagens em estudo.

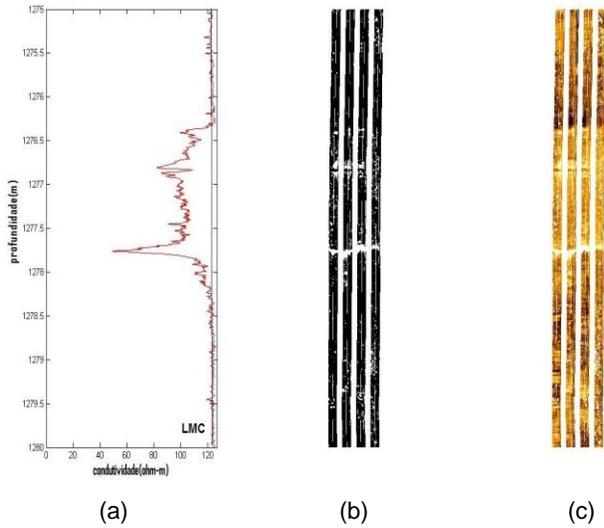


Figura 9 – (a) gráfico dos valores de condutividade, (b) imagem binarizada, (c) imagem FMI original.

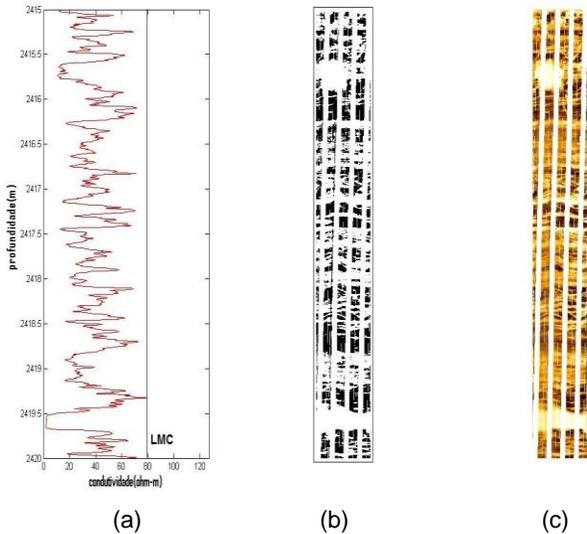


Figura 10 – (a) gráfico dos valores de condutividade, (b) imagem binarizada, (c) imagem FMI original

Repare que nos gráficos das figuras acima, mostram comportamentos completamente diferentes da condutividade, na figura 9.a o limite máximo de condutividade (LMC) representado pela linha, é aproximadamente 120 ohm-m, e na figura 10.a o LMC é de aproximadamente 80 ohm-m, lembrando que as imagens FMI estão em unidade litológicas diferentes e que a condutividade diminui com a profundidade segundo as informações obtidas do poço C0020, logo o gráfico reforça esta informação.

Utilizado a binarização para destacar essas diferenças entre camadas, notou-se uma visualização mais nítida

quanto a percepção do que é mais ou menos condutivo caracterizado pelos pixels brancos e pretos na imagem binarizada e em diferentes tons de cinza na imagem equalizada G (vide figuras 6 e 7)

Para fins de comparação se fez necessário mais um artifício matemático, tornando o resultado mais abrangente, não ficando apenas dependente de uma opinião visual do resultado da segmentação binária. Empregando uma média móvel nas imagens binarizadas, de forma que obtivéssemos uma média de pixels pretos de cada linha em relação ao total de pixels pretos em toda a imagem. Feito isto foi gerado dois gráficos, cada um para sua respectiva imagem binarizada.

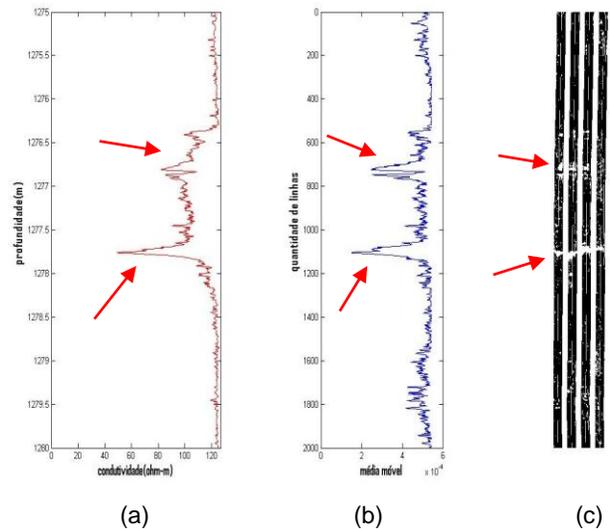


Figura 11 – Da esquerda para direita, gráfico dos valores de condutividade, gráfico da média móvel, imagem binarizada.

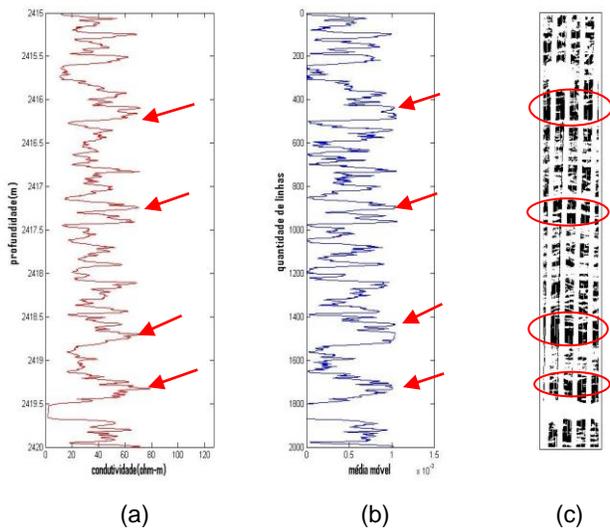


Figura 12 – (a) gráfico dos valores de condutividade, (b) gráfico da média móvel, (c) imagem binarizada.

Analisando no gráficos de média móvel da figura 12.a, observa-se que o comportamento dos picos de maior média de pixels pretos são semelhantes aos picos de alta condutividade indicados com as setas, no caso da figura

11.a nota-se um pico anômalo de baixa condutividade também indicados com a seta.

Nos dois casos, os gráficos no geral se comportam de forma semelhante, e comparando com a imagem binarizada nota-se que as zonas destacadas indicam um comportamento condizente com o esperado para cada unidade (vide figura 8) das imagens FMI, onde, como já dito, os pixels pretos indicam alta condutividade e os pixels brancos baixa condutividade.

Conclusão

A utilização da segmentação binária para uma melhor interpretação da condutividade elétrica, que é uma propriedade física, demonstrou resultados atrativos, pois o comportamento da imagem binarizada, visualmente, realçou nitidamente os alvos de interesse, atestado pelo gráfico de média móvel onde apresenta um agrupamento de pixels pretos, indicando alta condutividade.

Referências

THOMAS, J.F. 2001. Fundamentos de engenharia de petróleo. Interciência :PETROBRAS. Rio de Janeiro.

MOREIRA, A.C. 2011. Métodos para segmentação binária para imagens em tons de cinza, LFNATEC - Publicação Técnica do Laboratório de Física Nuclear Aplicada. Santa Catarina.

KELKAR, M., PEREZ, G. 2002. Society of Petroleum engineers Inc.

Inagaki, F., Hinrichs, K.-U., Kubo, Y., .2012. and the Expedition 337 Scientists, 2012. Deep coalbed biosphere off Shimokita: microbial processes and hydrocarbon system associated with deeply buried coalbed in the ocean. IODP Prel. Rept., 337. doi:10.2204/iodp.pr.337.

©Schlumberger, 2012. FMI Borehole geology, geomechanics and 3D reservoir modeling.