

O USO DO ATRIBUTO ENVELOPE PARA ANÁLISE DE RESERVATÓRIO. O EXEMPLO DA FORMAÇÃO FRIGG, MAR DO NORTE.

Karina Cristina Caetano Farias, Universidade Federal do Pará; Marcos Flávio Costa Medeiros, Universidade Federal do Pará; João Carlos Ribeiro Cruz, Universidade Federal do Pará.

Copyright 2019, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 16th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 19-22 August 2019.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 16th 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

O dado sísmico está localizado na costa sudeste da Noruega, no Mar do Norte. O trabalho tem por objetivo analisar o comportamento do atributo Envelope no reservatório de hidrocarbonetos da formação *Frigg*, e, com auxílio de relatórios de poços descrever a qualidade da interpretação de seções sísmicas por meio deste método. O resultado foi favorável para o Envelope em grande parte da formação, com algumas inconsistências que podem ser explicadas pelo intervalo de amostras limitado do dado.

Introdução

A formação *Frigg* faz parte do grupo Hordaland, localizados no Viking Graben, ao noroeste da plataforma de Stavanger, ao longo da costa sudeste da Noruega, no Mar do Norte (figura 1). *Frigg*, foi o primeiro campo de gás gigante a ser descoberto no Mar do Norte (Brewster, 1991). O poço de descoberta foi perfurado em 1971 no bloco norueguês 25/1 em 100 m de água (Heritier et al. 1980). O grande volume bibliográfico sobre a formação *Frigg* permite avanços no estudo de atributos sísmicos. Aplicações de atributos indicados para análise de reservatório são importantes para facilitar o trabalho da interpretação sísmica. O atributo de amplitude também pode ser chamado de Envelope. Atributos são usados para estudos em estrutura, estratigrafia e propriedades de reservatórios. Um atributo é necessariamente derivado de uma medição sísmica básica. Essa informação básica é tempo, amplitude, frequência e atenuação e estas formam a base da nossa classificação de atributos. Os atributos derivados da amplitude fornecem informações estratigráficas e de reservatório. Mais recentemente, o traço sísmico complexo foi claramente explicado por Barnes (1998). A amplitude derivada do traço complexo é a intensidade da reflexão ou a amplitude do envelope. É um tipo de amplitude de baixa resolução e independente de fase (Brown, 1999).

Contexto Geológico

A área de estudo está situada na porção sul da sub-bacia Viking (Southern Viking graben), localizada no conjunto de bacias do Mar do Norte (North Sea Basin), costa sudeste da Noruega (figura 1). A gênese da bacia é principalmente atribuída ao resultado do rifteamento do embasamento durante Jurássico Superior / Cretáceo Inferior (Dalland et al., 1988), gerando falhas normais e consequentemente

sistemas tectônicos tipo graben (graben fault systems). A Formação Frigg representa o eoceno inferior do Grupo Hordaland (Mudge & Bujak, 1994), compostos por uma sequência de arenitos mal selecionados com intercalações ocasionais de argilito e lentes finas de calcário (relatório de poço). A Formação Frigg foi depositada a partir de leques submarinos, por fluxos gravitacionais. O modo de deposição levou à formação variar de espessura em curtas distâncias. O aporte sedimentar era proveniente da Plataforma East Shetland, a oeste (Isaksen & Tonstad, 1989).

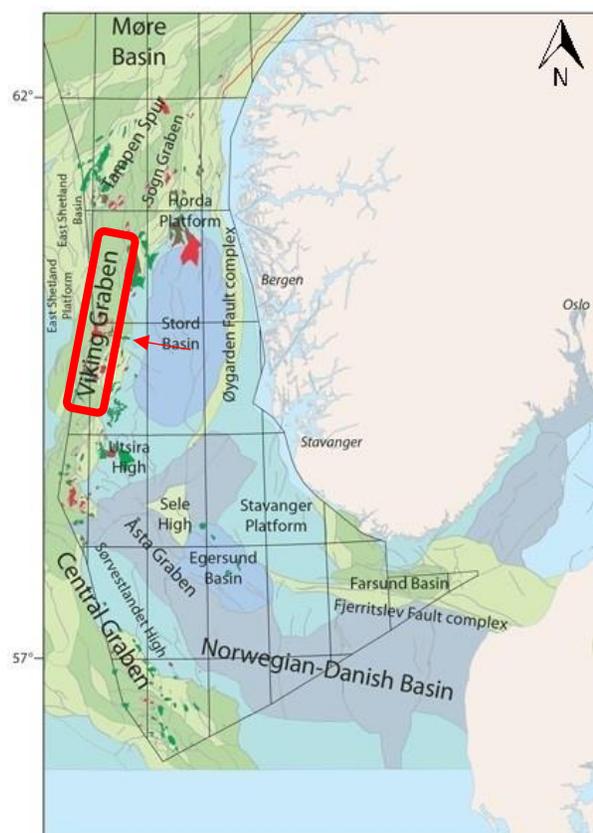


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Norwegian Petroleum Directorate, 2014.

Geologia Local

Na região estudada, os arenitos são predominantemente mal selecionados, variando de muito finos a grãos muito grossos, geralmente soltos e friáveis com cimentação calcária e matriz ligeiramente argilosa e por vezes glauconítica. Os argilitos são multicoloridos, não calcáreo e gradam ocasionalmente para folhelhos fisséis. Localmente ocorrem argilitos turfáceos de coloração cinza claro e azulado. Os calcários são duros, variando de cripto a micro-cristalinos geralmente de composição dolomítica.

Metodologia

Devido o traço sísmico ter representação como a parte real de um sinal de valor complexo, o Envelope (ou amplitude instantânea), é comumente calculado a partir do traço sísmico complexo e exibido como seções coloridas ou sobreposições para fins de interpretação. O Envelope, e atributos de fase e de frequência instantânea, podem coletivamente serem chamados de atributos instantâneos, pois descrevem concisa e quantitativamente a forma de onda sísmica em qualquer ponto de amostragem. Sendo assim, podem ser extremamente úteis na correlação de eventos sísmicos se analisados cuidadosamente. (White, 1991)

Matematicamente, o atributo sísmico Envelope é descrito por:

$$A(t) = \sqrt{s(t)^2 + h(t)^2} \quad (1)$$

Em que $s(t)$ é o sinal registrado/parte real e $h(t)$ é a transformada de Hilbert de $s(t)$. O Envelope, por ser independente da fase e sensível a alterações em impedância acústica, enfatiza mudanças de amplitude da seção sísmica gerada que estão ligadas a acumulação do gás em alguns casos.

Resultados

A análise da formação *Frigg* foi realizada em um intervalo de 1770 metros à 1980 metros, aplicando-se o atributo Envelope à direção *slice* Z a cada 5 metros de profundidade, que levou à interpretação de 39 *slices*. Utilizou-se a barra de cores *Chimney*, a mais indicada para a melhor visualização de acumulações de hidrocarbonetos. Variando de azul à verde, para os maiores valores de amplitude do Envelope.

Na figura 2, três visualizações de profundidade da formação *Frigg*, antes e depois da aplicação do atributo. Foram escolhidas para serem inseridas neste trabalho devido representarem as melhores visualizações da variação da posição das acumulações de hidrocarbonetos com a profundidade. As mudanças da amplitude do Envelope mostradas nas cores azul e verde para as anomalias de amplitudes, mostra as possíveis localizações. Regiões que não possuem anomalias de amplitude não são identificadas com cores na seção horizontal de atributo.

A aplicação do Envelope em profundidade mostrou que, de 1790 m a 1805 m, é possível que haja concentração de hidrocarbonetos ao sul e ao noroeste na direção Z. De 1810 m a 1820 m, é indicado pelo Envelope acumulações ao sul, noroeste e sudeste. De 1820 m a 1840 m, mostram-se ao nordeste e ao sudeste. De 1845 m a 1880 m, concentram-se apenas ao nordeste. Ao nordeste e no centro da seção, de 1885 m a 1920 m. A centralização da acumulação começa em 1925 m e vai até 1980 com raio de crescimento linearmente dependente do aumento da profundidade.

Análise de dados de poço

O poço 14-3 localiza-se no centro-sul na direção Z. As fortes amostras de óleo, segundo relatório de poço, aparecem a partir de 1960 m. Coincidindo com a seção

com atributo Envelope que indica anomalias na amplitude do Envelope na região centro – sul principalmente nas áreas mais profundas da formação *Frigg*, geralmente, no intervalo de 1960 m a 1980 m. A localização do poço foi carregada no *software* juntamente com a seção horizontal nas profundidades descritas anteriormente, e percebeu-se que para este intervalo com amostras de óleo é apontada pelo Envelope como região com anomalia de amplitude. Levando a uma visualização variando de azul a verde ao redor do poço. Nas demais profundidades não foram observadas anomalias.

O poço 14-6 compreende a formação *Frigg* no intervalo de 1769 m a 1824 m. Localiza-se ao sudeste da seção. As regiões com amostras fortes de óleo indicadas no relatório de poço estão no intervalo de 1775 m a 184 m e amostras fracas de 1785 a 1789. Da mesma forma que no poço 14-3, foi possível analisar a localização do poço para os intervalos com óleo e relacioná-los com os indicativos da seção horizontal de atributo. Também observou-se anomalias de amplitude ao redor do poço nos mesmos intervalos que possuem amostras fortes e fracas de óleo. Nas demais profundidades não foram observadas anomalias.

O relatório de poço do 14 – 1 mostra que de 1785 m a 1795 m, ocorrem os arenitos de formação *Frigg* superior, e mostra leituras de gases entre 0,72 e 2,7% de metano. Entretanto o Envelope não indicou a presença desses gases para este intervalo na região do poço. Em 1796 m até 1850 m, há uma diminuição no nível de gás na formação *Frigg* entre 0,06 e 0,24% de metano através da seção de arenitos e cordões de argila. O envelope indica apenas anomalia na amplitude do Envelope em 1815 m, 1820 m e 1825 m. E de 1850 m a 1860 m acontece um aumento local no gás para 0,64-1,1% de metano, ocorre através deste intervalo dos arenitos da Formação *Frigg*. Esse aumento local não foi indicado pelo Envelope. Uma possível explicação para a não identificação destas regiões com gás seria o intervalo de investigação do dado (a cada 5 m de profundidade) que limita a interpretação à profundidades múltiplas de cinco.

Conclusão

A análise do atributo Envelope relacionando-o aos relatórios dos poços 14-3, 14-6 e 14-1 e as respectivas posições em profundidade obteve resultados que mostram que o atributo Envelope teve melhor desempenho em indicar regiões com óleo do que com gás. Isso pode ter ocorrido devido os intervalos de ocorrência de gás serem mais curtos dos que os intervalos de ocorrência de óleo. No poço 14-1, por exemplo, há registros de gás no relatório no intervalo de 1785 m a 1795 m em poucas porcentagens, entretanto só é possível visualizar com o *software* as profundidades 1785 m, 1790 m, 1795 m, devido o intervalo de amostragem do dado ser de 5 m, tornando limitada a investigação. Os relatórios dos poços 14-3 e 14-6 indicam fortes amostras de óleo em intervalos maiores que 10 metros. A intensidade e a frequência dessas amostras pode ter influenciado nas indicações de aumento da amplitude do envelope das seções em profundidade, Sendo assim, tornou-se impossibilitada a análise da seção de atributo em profundidades menores que 5 m (intervalo de amostragem do dado). Assim, não

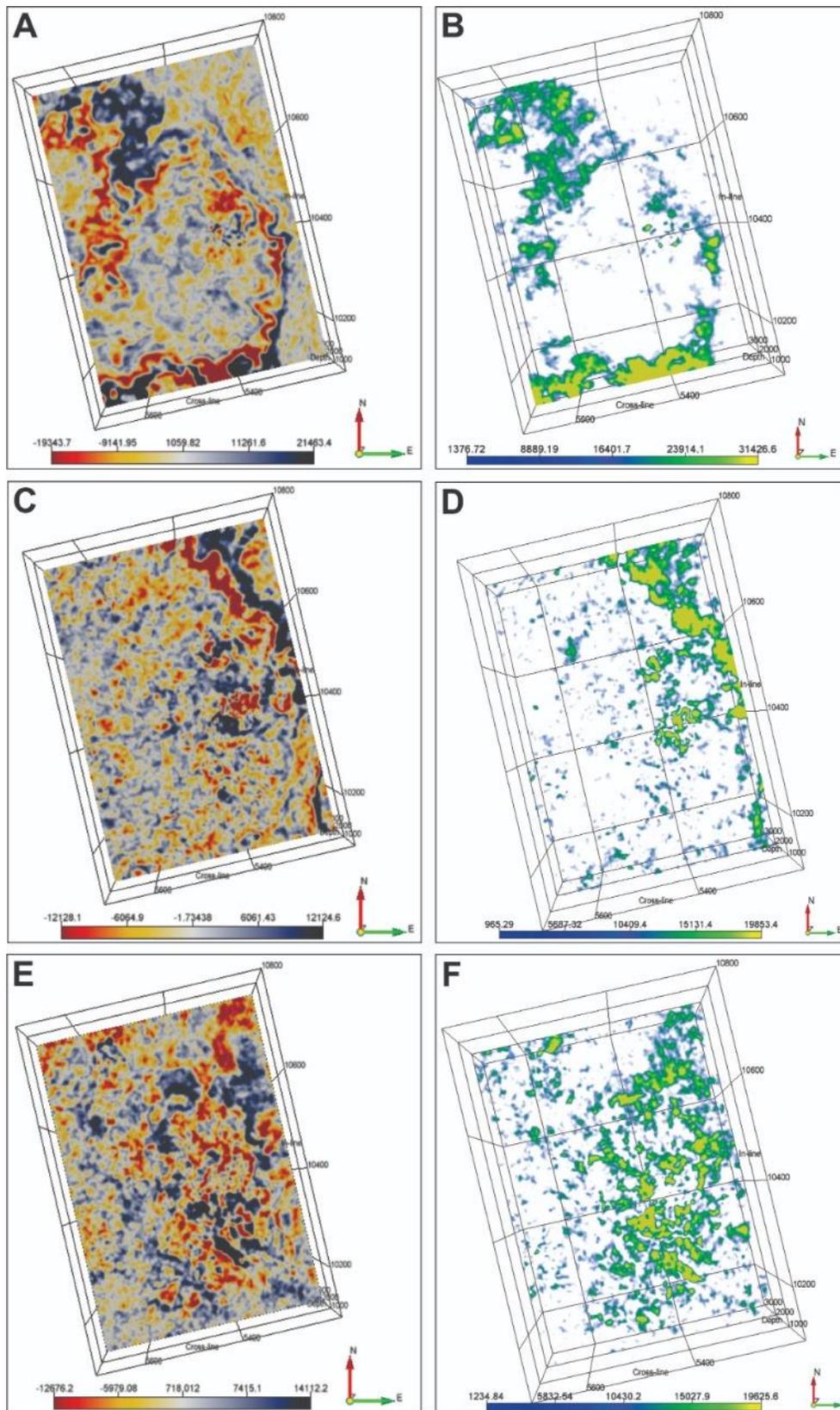


Figura 2. Seções sísmicas horizontais antes (com a barra de cores *Seismics*) e depois da aplicação do atributo Envelope (com a barra de cores *Chimney*). (A) Seção sísmica na profundidade de 1790 m, a parte mais rasa da formação *Frigg*. (B) Seção do atributo Envelope na profundidade de 1790 m. (C) Seção sísmica na profundidade de 1865 m. (D) Seção do atributo na profundidade de 1865 m. (E) Seção sísmica na profundidade de 1980 m, a parte mais profunda da formação *Frigg*. (F) Seção do atributo na profundidade de 1980 m.

pode se subentender que há inconsistências na identificação de gás pelo atributo Envelope. Isso significa, que para a melhor avaliação desse atributo, precisaríamos de um intervalo de amostragem menor.

Agradecimentos

Laboratório de Inversão de Ondas Sísmicas, Universidade Federal do Pará. Total S. A. por ceder o dado sísmico 3D, os poços e os relatórios de levantamento.

dGB Earth Sciences por ceder gratuitamente o *software* OpendTect em sua plataforma.

Referências

- BARNES, A. E.: The complex seismic trace made simple: The Leading Edge, v. 17, p. 473-476. 1998.
- BREWSTER, J.: The Frigg Field, Block 10/1 UK North Sea and 25/1, Norwegian North Sea. Geological Society, London, Memoirs, 14, 117-126, 1991.
- BROWN, A. R.: Interpretation of Three-Dimensional Seismic Data. SEG Investigations in Geophysics, No. 9, 5^a ed. 1999.
- DALLAND, A., WORSLEY, D. and OFSTAD, K.: A lithostratigraphic scheme for the Mesozoic and Cenozoic succession offshore mid- and northern Norway. NPD-Bulletin No. 4, 65 pp. 1988.
- ISAKSEN, D. and TONSTAD, K.: A revised Cretaceous and Tertiary lithostratigraphic nomenclature for the Norwegian North Sea. NPD-Bulletin No. 5, 59 pp. 1989.
- MUGED, D. C. and BUJAK, J. P.: Eocene stratigraphy of the North Sea basin. Marine and Petroleum Geology. Vol.11. n 2. 1994.
- WHITE, R. E.: Properties of instantaneous seismic attributes. The Leading Edge. Vol. 10, No. 7 : pp. 26-32, 1991.
- HERITIER, F. E. , LOSSEL, P. and WATHNE, E.: Frigg Field - Large Submarine - Fan Trap in Lower Eocene Rocks of the Viking Graben, North Sea. Giant Oil and Gas Fields of the Decade 1968-1978. pp. 59-79, 1980.