



Aplicação da decomposição espectral em reservatórios carbonáticos da plataforma continental brasileira

César Atsushi Ushirobira e Marimônica Roberta Jaeger de Carvalho – PETROBRAS – BRASIL
Márcio Spínola – LANDMARK GRAPHICS - BRASIL

Copyright 2003, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper were reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does 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.

Abstract

The seismic method is a powerful and cost effective tool for imaging and revealing geology. By transforming the seismic data into the frequency domain through the discrete Fourier transform, short-window amplitude spectra localize and image thin bed reflections within complex rock bodies.

In this work the spectral decomposition was applied to study a field located at continental margin, offshore Brazil, that comprehend banks of carbonate reservoirs (NW-SE direction) of Cretaceous age.

The applied method has allowed the delimitation of distinct bodies in carbonate reservoirs. This individualization is important for development studies, furnishing information for understanding the spatial distribution of reservoir rocks and optimizing exploitation, opening new perspectives in the development of this field.

Introdução

Para que o desenvolvimento do campo de petróleo seja otimizado, é necessário um modelo geológico que represente o melhor possível a distribuição dos reservatórios, as descontinuidades e as barreiras existentes ao nível do objetivo. Para tanto, a etapa de interpretação dos dados sísmicos e de poços deve ser feita de maneira a tentar extrair o máximo de informação dos dados. Hoje em dia, o geocientista tem em mãos inúmeras ferramentas que o auxiliam nesta importante tarefa, e cabe a ele decidir quais as melhores práticas que deverão ser aplicadas em cada caso. Dentre muitas ferramentas que apareceram nos últimos tempos, a decomposição espectral tem se mostrado muito útil na caracterização de reservatórios, seja de controle deposicional estrutural ou estratigráfico, reservatórios turbidíticos no Brasil ou canais sinuosos em águas profundas na costa de Angola (Peyton *et al.*, 1998; Bahorich *et al.*, 2001 e Johann *et al.* 2002).

No presente trabalho, a aplicação da técnica de decomposição espectral possibilitou a delimitação de corpos distintos em reservatórios carbonáticos, abrindo

novas perspectivas no desenvolvimento de um campo de petróleo, localizado na Bacia de Campos, costa sudeste do Brasil. Os reservatórios carbonáticos são de idade Cretáceo e apresentam-se como bancos alongados de direção NW-SE.

Método

A metodologia utilizada pela Landmark (SpecDecomp) foi desenvolvida por Greg Partyka e James Gridley na British Petroleum, e consiste na determinação de um intervalo no domínio do tempo e transformá-lo, via transformada discreta de Fourier, para o domínio da frequência, criando um cubo de interferência (*Tuning cube*) – figura 1. Após esta transformação cada fatia de frequência é equalizada de acordo com a mediana da distribuição das amplitudes, minimizando o efeito da *wavelet* e possibilitando que as amplitudes de diferentes frequências possam ser comparadas.

Na forma de *slices* de frequência, interferências provocadas por camadas delgadas aparecem como variações coerentes de amplitude. A animação das diversas faixas de frequência através do cubo de interferência, das baixas para as altas frequências por exemplo, fornece uma visão abrangente da característica de *tuning* da zona de interesse. O mesmo procedimento pode ser utilizado para gerar o espectro de fase. A fase torna-se instável na presença de descontinuidades, possuindo aplicação na indicação de feições estruturais. Feições sísmo-estratigráficas, falhamentos complexos e/ou sutis são então revelados. O cubo de interferência de amplitude é chave para o mapeamento de heterogeneidades podendo ser utilizada nas estimativas de espessura (Partyka *et al.* 1999).

Neste trabalho, primeiramente foi selecionada a área de interesse (delimitação do dado sísmico) e definidos dois horizontes utilizados como guia. Com o decorrer dos trabalhos, elegeu-se um horizonte como o principal, por ser o mais antigo e estar relacionado a uma linha de tempo (figura 2). Posteriormente, o cubo de interferência de amplitude foi gerado para a zona de interesse (*Tuning Cube*), tendo como referência o horizonte guia.

É importante determinar o tamanho da janela de análise para o cálculo de tal modo que forneça um balanço entre a localização e o *tuning*. Se a janela for muito grande, a quantidade de informação geológica, e conseqüentemente da função refletividade também o será, ficando o espectro muito semelhante ao espectro

de amplitude do dado inteiro. Por outro lado, reduzir muito a janela de análise diminui muito a habilidade de caracterizar o efeito de *tuning*.

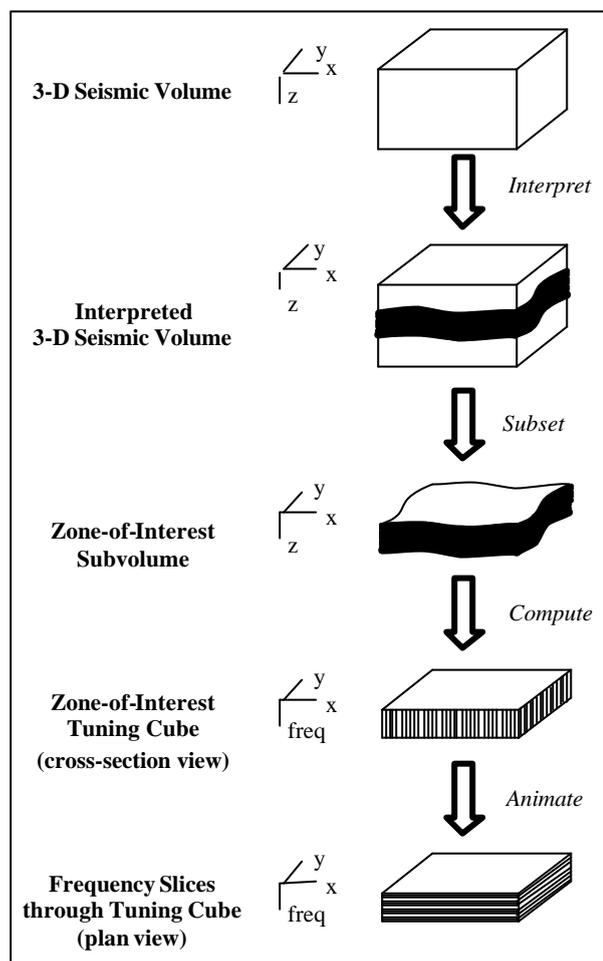


Figura 1 – Esquema da metodologia extraído de Partyka *et al.* (1999).

Inicialmente utilizou-se uma janela ampla de 100ms centrado no horizonte e um intervalo de 0 a 125 Hz. Os resultados foram transferidos e analisados, procurando-se identificar feições geológicas de interesse nas diversas bandas de frequência. Foram selecionadas algumas faixas de frequências que apresentaram feições mais representativas do modelo geológico esperado (8, 20, 28, 32, 40, 52 e 100Hz).

Com base nos resultados desta etapa, os passos acima foram repetidos, porém agora com foco na zona de interesse. Foram utilizadas então janelas menores, e as faixas de frequências selecionadas na etapa anterior (8, 20, 28, 32, 40, 52 e 100Hz). Após a geração dos novos cubos foram feitas novas análises.

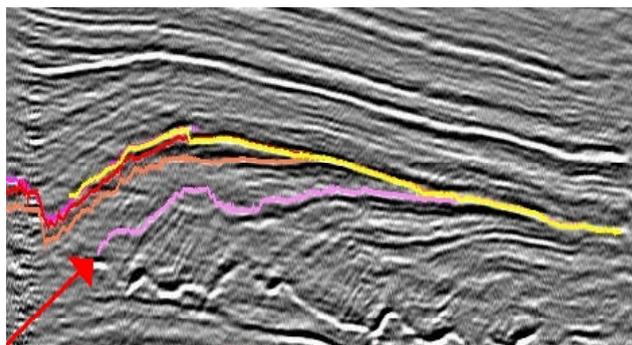


Figura 2 – Seção sísmica de amplitude em tempo ressaltando os horizontes analisados para o trabalho. O horizonte indicado foi escolhido por ser relacionado a um único evento.

Resultados

Para cada faixa de frequência são ressaltadas feições geológicas distintas de acordo com a espessura relacionada aos eventos. Por exemplo: anomalias de amplitude reveladas nas frequências mais baixas podem estar relacionadas às espessuras maiores, e consequentemente, efeitos de *tuning* provocados por eventos mais delgados serão revelados em faixas de frequências maiores.

A figura 3 mostra visões em planta de *slices* gerados para diferentes frequências. Os *slices* escolhidos são relativos às frequências de 40 e 52 Hz, que são próximas da frequência dominante esperada. Nota-se diversos eventos alongados de direção aproximada NW-SE, consistentes com o modelo geológico da área, relativos a existência de bancos carbonáticos alinhados nessa direção. Nota-se ainda que as imagens são diferentes, ou seja frequências diferentes mostram informações também diferentes, provavelmente relacionadas a espessuras diferentes.

Os diversos cubos gerados para as frequências escolhidas (8, 20, 28, 32, 40, 52 e 100Hz) serão analisados mais detalhadamente, pois a interpretação não é trivial, uma vez que deve ser consistente com o modelo geológico da área, não só em termos de distribuição areal, como também em termos de espessura.

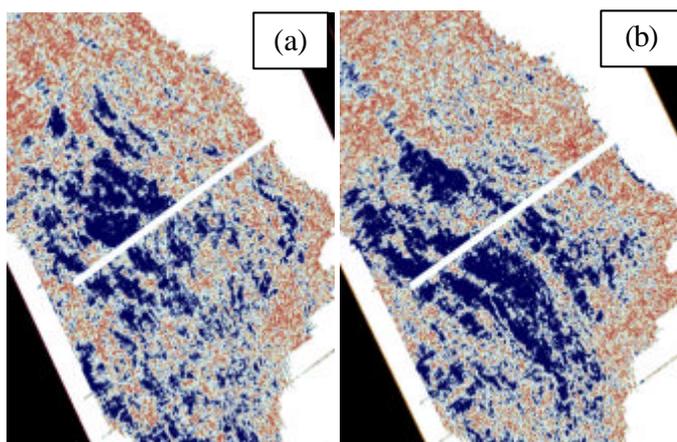


Figura 3 – Faixas de frequências diferentes ressaltam feições geológicas distintas: (a) visão em planta das amplitudes do cubo de interferência para 40 Hz; (b) o mesmo para 52Hz.

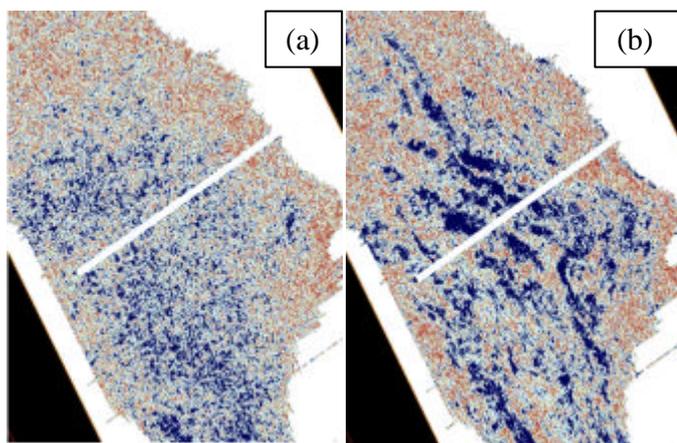


Figura 4 – Visão em planta das amplitudes para 80 e 100 Hz. Em (a) o *slice* de 80 Hz mostra somente ruídos; em (b) feições voltam a serem vistas.

Na análise das diversas faixas de frequência nota-se entretanto, que as faixas entre 80 e 90Hz apresentaram somente ruídos (figura 4(a)), como seria esperado, uma vez que o espectro de amplitude do dado (figura 5) demonstra ausência de sinal a partir de 70Hz. Entretanto, a partir de 100 Hz (até 125 Hz) começaram a aparecer feições aparentemente geológicas (figura 4(b)), embora o espectro de amplitudes do dado mostre ausência de sinal nessa faixa (figura 5).

Isso se deve ao parâmetro de entrada alimentado para o processamento da decomposição espectral. Embora fosse solicitada a decomposição para um intervalo de frequência de 1 a 100Hz, o programa não descartou

informações acima de 100Hz e produziu repetições até a frequência de Nyquist (para 4ms equivalente à 125Hz).

Observou-se que próprio algoritmo gera esse tipo de artefato e que informações acima da faixa de frequência de 70Hz não devem ser consideradas. Exemplo semelhante pode ser observado em um outro conjunto de dados retirado do guia do usuário de SpecDecomp da Landmark Graphics (figura 6). Note que a partir de 70Hz não existe informação útil contida no dado sísmico devido ao filtro passa banda utilizado na fase de processamento.

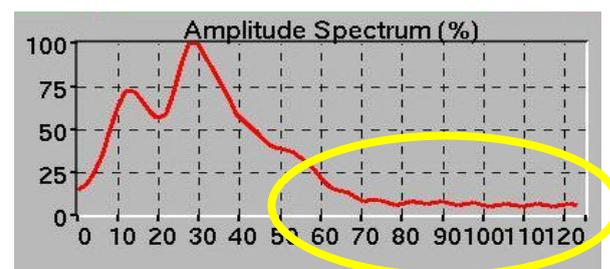


Figura 5 – Espectro de amplitude do dado sísmico ao nível horizonte guia. Notar nível de sinal a partir de 70Hz.

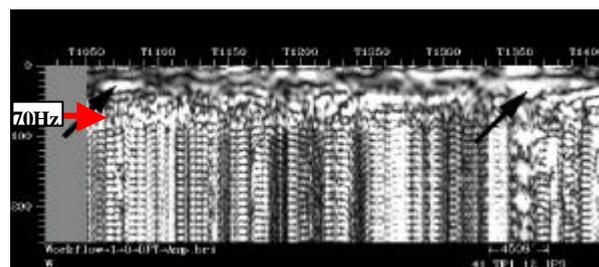


Figura 6 – Seção em frequência do cubo de interferência. Observar que o dado aparece ruidoso a partir de 70Hz; notar seta vermelha (cortesia Landmark Graphics).

Em comparação com o mapa de amplitudes sísmicas observa-se que a decomposição espectral realça feições geológicas que não são facilmente identificadas

Na figura 7 compara-se o mapa de amplitudes sísmicas com o *slice* de frequência de 32Hz, tendo como referência o mesmo horizonte. Observa-se que em (a) os possíveis bancos carbonáticos não são individualizados enquanto que em (b) vários deles são facilmente identificados.

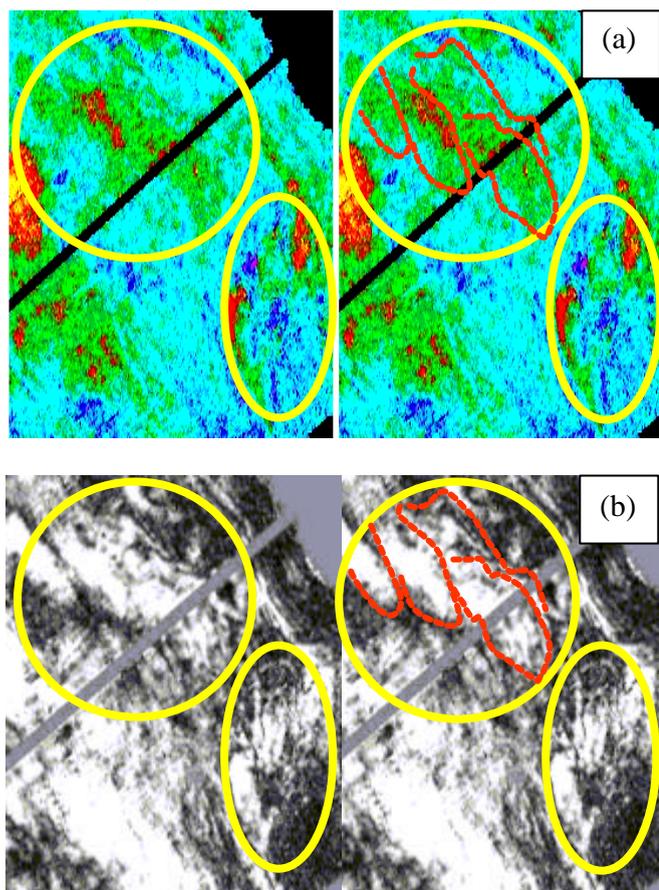


Figura 7 – (a) Mapa de amplitudes sísmicas do horizonte principal e (b) Visão em planta do *slice* de 32 Hz. Comparar a individualização de blocos.

Conclusões

A decomposição espectral mostrou-se aplicável também em reservatórios carbonáticos sendo possível individualizar feições e corpos distintos que não eram identificados em mapas de amplitudes baseadas na frequência dominante. Essa individualização é importante para estudos de desenvolvimento, pois permite um melhor entendimento da distribuição espacial das rochas-reservatório, possibilitando uma exploração mais otimizada do campo.

Agradecimentos

Agradecemos a Petrobras pela permissão da publicação deste trabalho, a Landmark pela disponibilização do consultor Yerko Guerra e pelo uso da licença do SpecDecomp, e aos geólogos Maria das Graças Feitosa Costa e Luis Henrique Zapparoli da Petrobras pela revisão e sugestões.

Referências Bibliográficas

Bahorich, M., Motsch, A. Laughlin, K., 2001, Amplitude responses image reservoir: *Hart's E&P*, 59-62.

Harris, P. M. and Kowalik, W. S., 1994, Satellite images of carbonate depositional settings – examples of reservoir and exploration-scale geologic facies variation: *AAPG Methods in Exploration Series*, No. 11. Tulsa, Oklahoma, USA.

Landmark Graphics Corporation, 2002, SpecDecomp User Guide, pg 2-29. Houston, Texas, USA.

Partyka, G.A., Gridley, J.M., and Lopez, J. 1999, Interpretational applications of spectral decomposition in reservoir characterization: *The Leading Edge*, vol. 18, No.3, pg 353-360.

Peyton, L., Bottjer, R. and Partyka, G., 1998, Interpretation of incised valleys using new 3D seismic techniques: A case history using spectral decomposition and coherency: *The Leading Edge*, vol.17, No.9, pg 1294-1298.