

Inversão Elástica e correlação perfil-sísmica na detecção de arenitos com hidrocarbonetos.

Anderson Luiz Pimentel, Marcos Gallotti Guimarães, Petrobrás S.A.

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility 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.

Abstract

In this work we inverted 4 angle stacks for acoustic impedance, poisson ratio and density using a simultaneous elastic inversion methodology. According with the results, there are a good match with inverted parameters and well derived parameters. Observing the crossplot of the severals petrophysical parameter derived from the well, we noted that low water saturation values are placed in a specific region on the crossplots. We can use this range of data for indentificaton of this good reservoir characteristics in the inverted seismic volumes.

Introdução

A ambigüidade do método sísmico dificulta a interpretação e a localização de arenitos com hidrocarbonetos nas bacias sedimentares brasileiras. Várias combinações entre litologias e fluidos podem dar a mesma resposta de refletividade e efeitos de AVO. A inversão elástica de dados sísmicos permite reduzir esta ambigüidade pois introduz 3 novos parâmetros petrofísicos (Impedância acústica, razão de poisson e densidade) que tem relação íntima com a variação da refletividade com o offset (AVO). O processo de inversão remove os efeitos da wavelet, suprime ruídos aleatórios e aumenta o conteúdo de freqüência comparando com os dados sísmicos originais.

A análise de perfis geofísicos em poços permite determinar regiões na análise gráfica das propriedades petrofísicas onde ocorrem arenitos com hidrocarbonetos. Estas regiões se destacam da nuvem de dados do perfil em questão. Como existe uma boa correlação entre os dados invertidos e perfis geofísicos, pode-se indentificar a mesma região utilizando análise gráfica dos dados sísmicos invertidos. Permitindo assim diminuir a ambigüidade do método sísmico.

Metodologia

A inversão elástica foi feita em dados sísmicos marítimos da Bacia de Santos. A seqüência de processamento destes dados foi: conversão para fase zero usando a assinatura do campo remoto, deconvolução dos fantasmas do receptor, atenuação de "swell noise",

atenuação de múltiplas utilizando radon, migração Kirchhoff pré-empilhamento, correção de divergência esférica na migração, empilhamento, correção do fator Q e filtros de freqüência. Foram feitos 4 empilhamentos por faixa de ângulo de reflexão (5-15, 15-25, 25-35, 35-45), os 3 últimos foram corrigidos com "normal move out" residual.

O modelo inicial foi feito utilizando dados de impedância, razão de poisson e densidade do poço, interpolando estes dados com krigagem condicionada por horizontes (Figura 1).

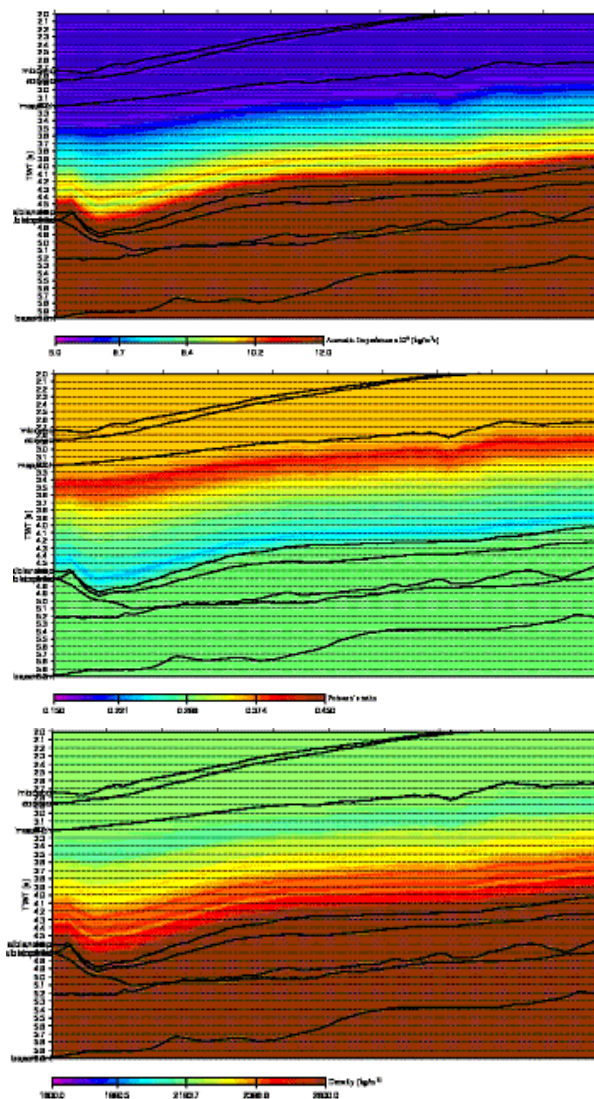


Figura 1 - Modelo inicial para Impedância P, razão de poisson e densidade.

O poço foi ajustado com a sísmica utilizando *check-shots* e a *wavelet* foi estimada com o método dos mínimos quadrados com fase constante no domínio do tempo (Figura 2). Foi estimada uma *wavelet* para cada faixa de empilhamento por ângulo de reflexão. A figura 3 mostra a comparação entre as *wavelets* estimadas para os vários volumes de empilhamento por faixas de ângulo. A *wavelet* foi corrigida do efeitos de atenuação da frequência e da amplitude.

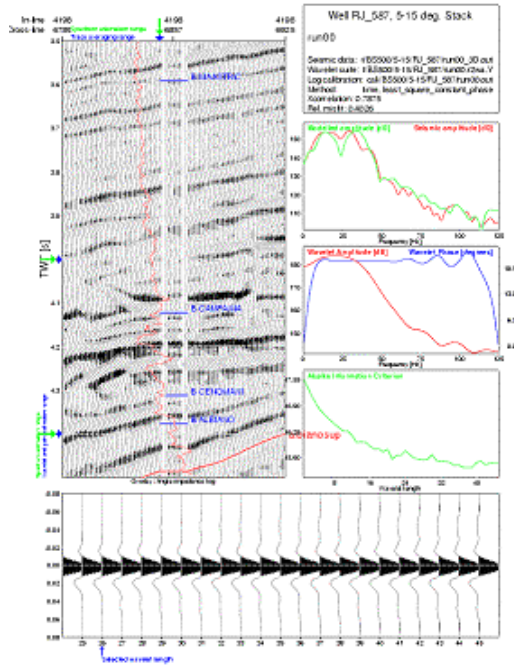


Figura 2 - Wavelet estimada para o empilhamento 5-15 graus.

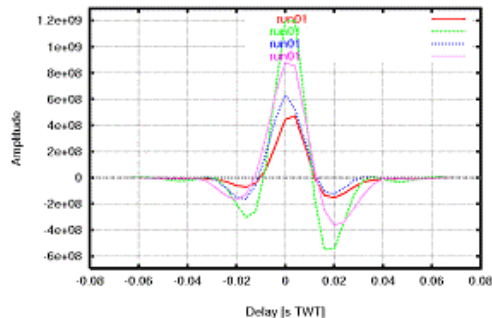


Figura 3 - Comparação entre as 4 wavelets medidas nos volumes empilhados por ângulo.

A inversão foi feita utilizando o modelo da variação do coeficiente de reflexão com o ângulo de incidência proposto por Aki & Richards (1980). Foi utilizado a inversão simultânea com minimização não-quadrática da função objetivo dos 4 volumes empilhados por ângulo, utilizando 5 condicionantes, que são: correlação dos 4 volumes sísmicos, variação espacial do modelo para as 3 propriedades invertidas, variação vertical das propriedades entre interfaces significativas, número de camadas significativas e diferença entre o modelo obtido e o modelo inicial.

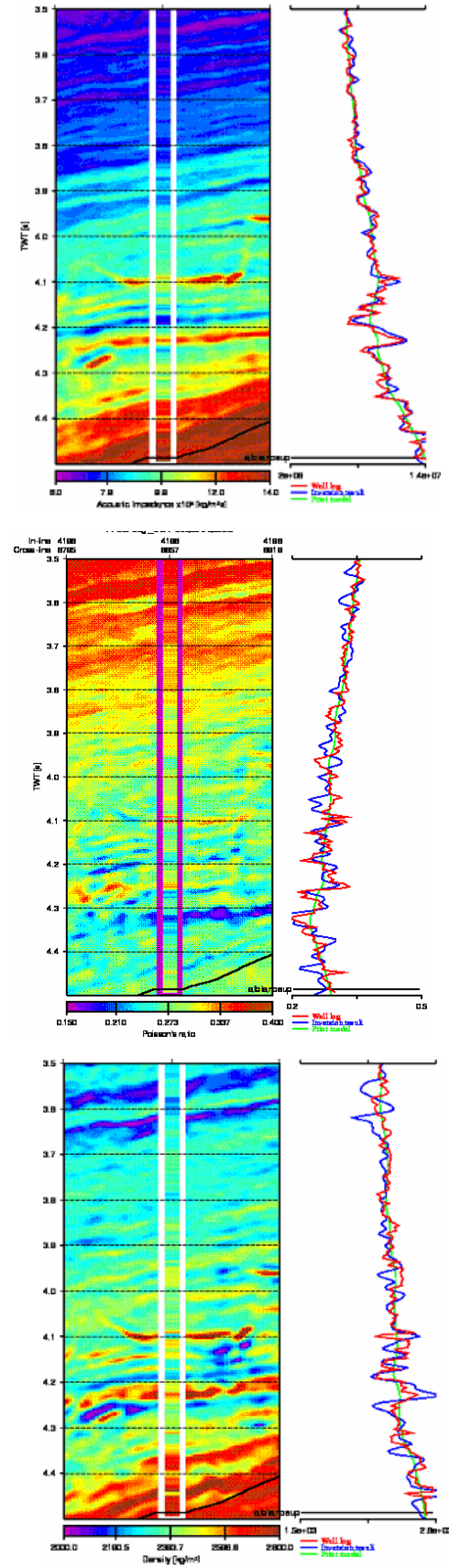


Figura 4 Resultados da inversão elástica para a Impedância compressional, razão de Poisson e densidade. As curvas à direita são a comparação entre os dados de poço e os dados invertidos.

Foi feita uma análise petrofísica entre os parâmetros mecânicos, tais como: impedância compressional, razão de poisson, densidade e a saturação de água com variável auxiliar. Esta análise consiste fazer plots cruzados entre os diversos parâmetros mecânicos e a saturação em água como variável auxiliar e determinar quais o intervalo de valores dos parâmetros que apresenta saturação em óleo ou gás significativa.

Resultados

Os resultados da inversão elástica simultânea dos 4 volumes empilhados estão disponibilizados na figura 4. A inversão foi feita para Impedância compressional , razão de poisson e densidade. Pode-se constatar uma boa concordância entre os valores da impedância compressional invertidos e do poço em questão. Os dados de razão de poisson e densidade mostram uma correlação um pouco menor com os valores do poço. Os arenitos com hidrocarbonetos geralmente tem valores baixos de Impedância compressional, de razão de Poisson e de densidade em relação aos valores das rochas circundantes, o que valida a utilização destes parâmetros para descobrir possíveis saturações em óleo ou gás.

Foi feita uma análise petrofísica dos diversos parâmetros envolvidos na inversão dos dados sísmicos e da saturação em água. Este último parâmetro é importante para avaliar a qualidade do reservatório. A idéia básica é aplicar os limites destes parâmetros petrofísicos elásticos obtido numa região de saturação em água baixa nos volumes sísmicos invertidos e identificar nestes volumes as áreas mais propensas de ocorrência de arenitos com hidrocarbonetos.

Figura 5 – Plote cruzado entre I_p , rho e densidade mostrando a região com saturação em água abaixo de 0.6, que é colorida.

A partir da análise do plote cruzado entre impedância compressional e razão de Poisson com os dados de poço (Figura 6), nota-se que as amostras com Saturação em água menor do que 0.60 ficam numa região específica (colorida) do gráfico. Analisando o plote cruzado entre razão de Poisson e densidade (figura 7) e impedância compressional e densidade (figura 8), nota-se também que as rochas com saturação em água baixa aparecem numa determinada região.

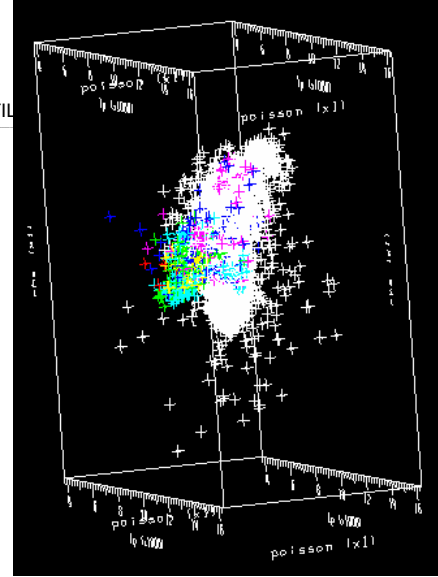
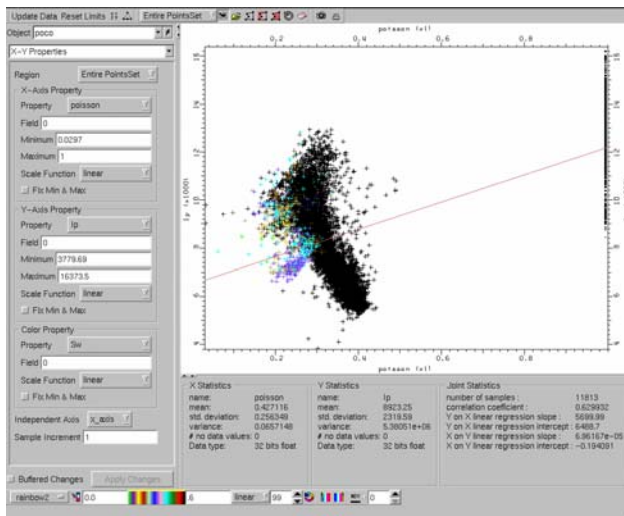


Figura 6 – Plote cruzado entre razão de Poisson e Impedância compressional com dados obtidos no poço. A região colorida representa Saturação em água menor do que 0.6.

Usando esta mesma região com saturação em água baixa obtida pela análise gráfica de plots cruzado das propriedades petrofísicas medidas no poço em plots cruzados dos mesmos parâmetros obtidos pela inversão dos dados sísmicos, como mostram as figuras 9, 10 e 11

Figura 7 – Plote cruzado entre razão de Poisson e Densidade com dados obtidos no poço. A região colorida representa Saturação em água menor do que 0.6.

Como estes três plots cruzados representam a projeção nos eixos do gráfico da figura 5, a união entre as três regiões com baixa saturação em água representadas nas figuras 6, 7 e 8 configura a região objetivo do gráfico 3D da figura 5.

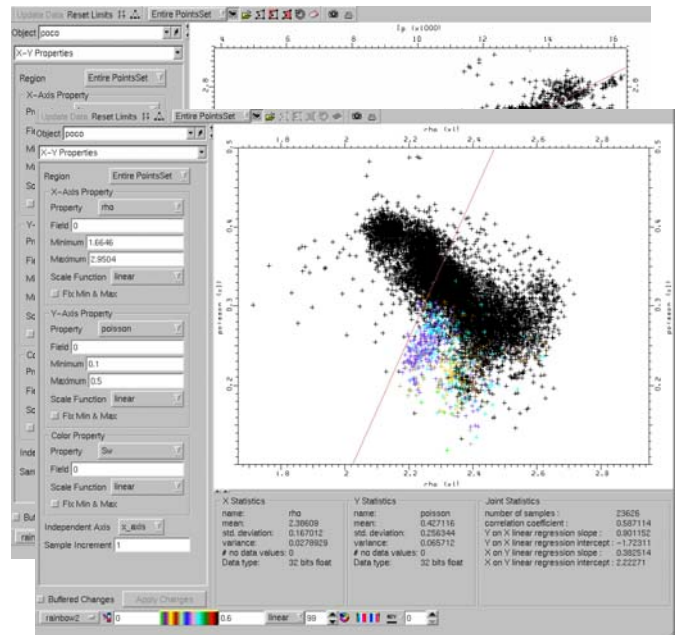


Figura 8 – Plote cruzado entre densidade e Impedância compressional com dados obtidos no poço. A região colorida representa Saturação em água menor do que 0.6.

A intersecção das regiões assinaladas nos plots cruzados das figura 9, 10 e 11 podem representar rochas porosas com saturação em água menor do que 0.6. Este tipo de conclusão está embasada na boa correlação entre os dados invertidos (figura 4) e dados de poço. Fato que permite selecionar o mesmo intervalo de valores de Impedância compressional, razão de Poisson e densidade e interpretar que nos dados sísmicos invertidos, esta região pode representar o grau de saturação em água que os valores no poço mostram.

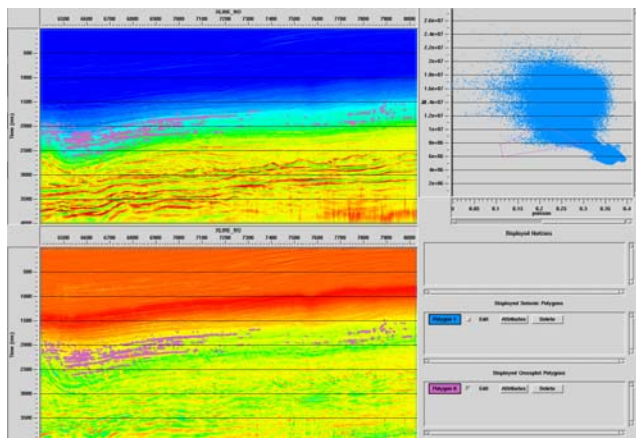


Figura 9 – Plote cruzado entre razão de Poisson e Impedância compressional (em azul à direita) com dados sísmicos invertidos, que estão a esquerda da figura. A região marcada (rosa) representa os valores da região colorida da figura 6.

Figura 10 – Plote cruzado entre razão de Poisson e Impedância compressional (em azul à direita) com dados sísmicos invertidos, que estão a esquerda da figura. A região marcada (preto) representa os valores da região colorida da figura 7.

As figuras 12 e 13 representam a intersecção das regiões realçadas nas figuras 9, 10 e 11. Estas seções sísmicas indicam a localização mais provável de arenitos com hidrocarbonetos respeitando as condições encontradas no poço de controle. Estas seções são respectivamente a inline e a crossline que passam pelo poço, que está representado com uma listra vermelha. Na secção inline (figura 12) a acumulação está na posição do poço (linha vermelha) e existe a possibilidade de sua extensão mais para a esquerda da secção. Na secção crossline (figura 13) a acumulação de óleo e gás está numa estrutura anticlinal e existe a possibilidade de sua extensão tanto para a esquerda como para a direita.

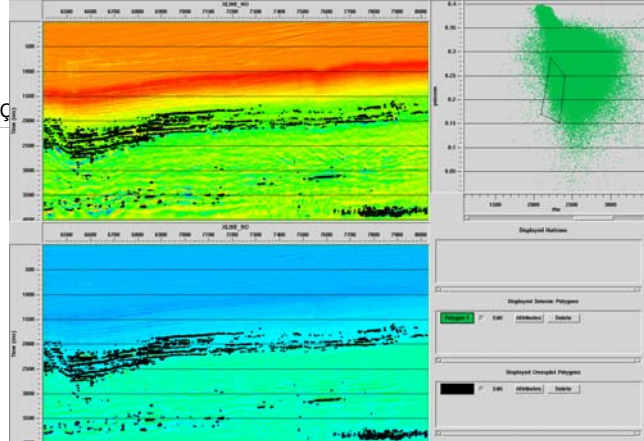
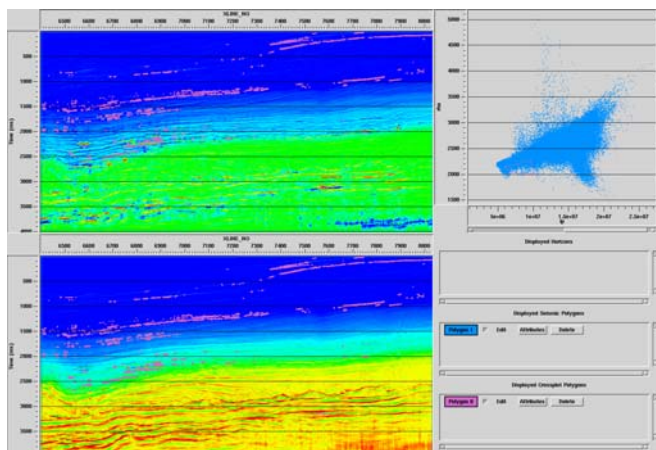


Figura 11 – Plote cruzado entre densidade e Impedância compressional (em azul à direita) com dados sísmicos invertidos, que estão a esquerda da figura. A região marcada (rosa) representa os valores da região colorida da figura 8.

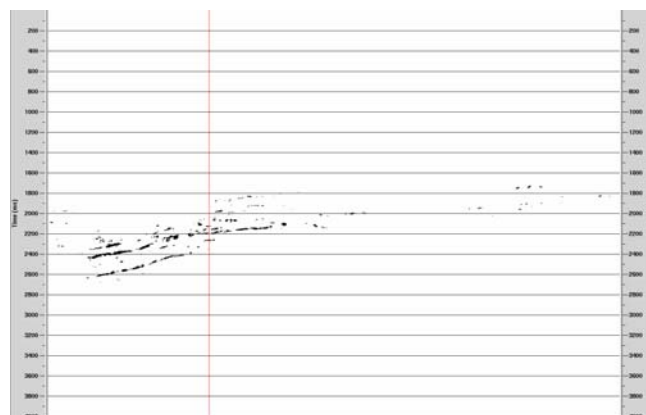


Figura 12 – Secção sísmica na direção inline representando a região provável de arenitos com hidrocarbonetos ($Sw < 0.6$) condicionada pelos resultados das figuras 9, 10 e 11.

Figura 13 - Secção sísmica na direção crossline representando a região provável de arenitos com hidrocarbonetos ($Sw < 0.6$) condicionada pelos resultados das figuras 9, 10 e 11.

Conclusões

A inversão elástica dos 4 volumes empilhados por faixa de ângulo de reflexão apresentou resultados bons, que puderam ser usados na predição da saturação em água em outras regiões fora a do poço estudado.

Esta predição foi baseada em estudos das propriedades petrofísicas obtidas de perfis geofísicos e na boa concordância entre os perfis geofísicos e os parâmetros invertidos.

Este estudo é importante na interpretação de dados sísmicos invertidos e na estimativa de propriedades de reservatório utilizando informações sísmicas.

Agradecimentos

O autores agradecem a Carlos Francisco Beneduzi pelo apoio na parte de petrofísica, a Carlos Augusto Esteves

pelo auxílio na interpretação e a Robert Nesbit pelo apoio na inversão dos dados sísmicos.

Referências

- Aki, K. and Richards, P.G., 1980, Quantitative Seismology: Theory and Methods: W.H. Freeman and Co.
- Castagna, J.P. e Backus, M.M. (1993) Offset-Dependent reflectivity – Theory and Practice of AVO Analyses, Investigations in Geophysics series, volume 8, Society of Exploration Geophysics.
- Connolly, P., 1999, Elastic Impedance. The Leading Edge. 18,4, 438-452.
- Rasmussen, K.B., 1999, Use of dip in seismic inversion, EAGE abstract.
- White, R. E., 1908, Partial coherence matching of synthetic seismogram with seismic traces. Geophysical Prospecting, 28, 333-358.

