

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Migração Reversa no Tempo aplicada no imageamento do modelo Overthrust da SEG/EAGE

AUTORES:

Mitchel Xavier¹ e Max Xavier²

INSTITUIÇÃO:

¹HALLIBURTON – ²UFRJ/COPPE/LAB2M

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 5º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 5º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 15 a 22 de outubro de 2009, em Fortaleza-CE. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 5ºPDPETRO.

Migração Reversa no Tempo aplicada no imageamento do modelo Overthrust da SEG/EAGE

Abstract

Due to the increase of the necessity to discover new significant hydrocarbons accumulations, the petroleum industry is working hard to develop new techniques. Sometimes the best techniques are already known but it can be difficult to apply because of some limitations. This is the case of the Reverse Time Migration. It is very computationally expensive but this situation is changing because of the computers development. This work aims to analyze the quality of results obtained with Reverse Time Migration on imaging the Overthrust model, a complex velocity model from SEG/EAGE. This model shows some complicated geological structures, particularly faults plans. It was performed acoustic modeling by solving the wave equation using a finite difference scheme. In order to improve the outcome of the stacked sections, it was implemented a technique called selective mute, to remove artifacts from migrated panels. Through this technique was possible to reach to a significant signal/noise ratio improvement in the final stacked sections.

Introdução

Com o aumento da necessidade do descobrimento de novas acumulações de hidrocarbonetos, cria-se uma exigência pelo aperfeiçoamento de novas técnicas que ofereçam melhores condições para tal. Com relação ao processamento de dados sísmicos, muito se tem feito para melhorar cada vez mais os resultados finais, ou seja, as seções migradas. As pesquisas para o desenvolvimento de novos algoritmos estão se tornando cada vez mais intensas, porém por diversas vezes aparecem alguns empecilhos para o sucesso destas pesquisas, como por exemplo, o custo computacional relacionado à implementação de alguns desses algoritmos. É o caso da Migração Reversa no Tempo (BAYSAL et al, 1983; WHITMORE, 1983; LEVIN, 1984), conhecida por proporcionar ótimos resultados e por apresentar um alto custo computacional. Neste trabalho serão apresentados resultados do imageamento do complexo modelo Overthrust da SEG/EAGE, obtidos com a migração reversa no tempo e com auxílio de uma técnica de filtragem denominada silenciamento seletivo (SILVA, 2008; XAVIER et al, 2008).

Metodologia

Para simular a aquisição dos dados sísmicos foi utilizada modelagem acústica 2D, onde foi utilizado o método das diferenças finitas (MDF) para a resolução da equação da onda (Eq. 1). A malha utilizada na modelagem é regular, de comprimento n_x , profundidade n_z , de espaçamento Δx na horizontal e Δz na vertical, sendo que $\Delta x = \Delta z = h$. Os tiros simulados foram dados separadamente na superfície e em todos os pontos do modelo. Os receptores também ficaram em todos os pontos da superfície do modelo. A equação utilizada foi:

$$\frac{\partial^2 P(x, z, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P(x, z, t)}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2(x, z)} \frac{\partial^2 P(x, z, t)}{\partial t^2} = f(t) \delta(x - x_f) \delta(z - z_f), \quad (1)$$

onde $P(x,z,t)$ representa o campo de onda acústica, x e z são as coordenadas espaciais, t é a coordenada temporal, $c(x,z)$ é o modulo da velocidade no meio, $f(t)$ é a fonte impulsiva e x_f e z_f são as coordenadas da fonte.

Cada sismograma foi migrado separadamente utilizando migração reversa no tempo. Este tipo de migração pode ser considerada um problema que envolve uma condição de contorno associado a uma condição de imagem. A condição de contorno utilizada é o sismograma $sis(x,z,t)$ e para a imposição da condição de imagem é utilizada a matriz tempo de trânsito $TD(x,z)$. Para formar a imagem migrada $mig(x,z)$ o seguinte procedimento é adotado: o sismograma é retropropagado no tempo, ou seja, ele é injetado de trás para frente no modelo (suavizado), assim tendo uma propagação inversa. Para realizar essa propagação inversa do sismograma utilizamos a equação da onda homogênea (que é a Eq. 1 com o lado direito zerado) com a condição de contorno $P(x_n, z = z_{OBS}, t) = sis(x_n, z = z_{OBS}, t)$ aplicada na superfície de observação $z = z_{OBS}$, com x_n representando a posição da estação receptora n e $sis(x_n, z = z_{OBS}, t)$ representando o sismograma registrado na superfície de observação. Para realizar tal retropropagação utiliza-se mais uma vez a discretização via MDF. A imagem final $mig(x,z)$ de cada ponto é obtida através de uma rotina do programa que identifica a coincidência entre o tempo de retropropagação t e o tempo da onda direta $TD(x,z)$. Ou seja, na coincidência entre t e $TD(x,z)$ a imagem $mig(x,z)$ é formada por:

$$mig(x,z) \equiv P(x,z,t = TD), \quad (2)$$

e, após todos os tiros terem sido migrados, são somados (empilhados) e como resultado dessa soma temos a seção migrada *pré-stack*.

Resultados

O modelo Overthrust 3D da SEG/EAGE foi contruído com o intuito de simular feições geológicas presentes em bacias sedimentares localizadas no litoral da América do sul (AMINZADEH et al, 1996). Neste trabalho foram utilizados dois cortes 2D do referido modelo, denominados corte *inline* (Fig. 1) e corte *crossline* (Fig. 2). No modelo Overthrust existem algumas estruturas de difícil imageamento, como, por exemplo, planos de falhas e paliocanais. Na Figura 3 é apresentado o resultado do empilhamento de todos os tiros migrados, referentes ao corte *inline*.

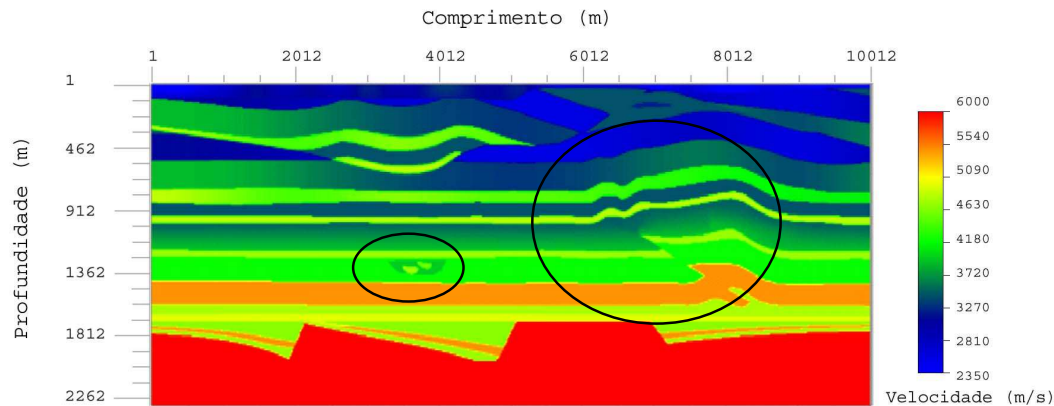


Figura 1: Corte *inline* do modelo Overthrust. Na figura estão destacados um plano de falhas e um paliocanal.

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

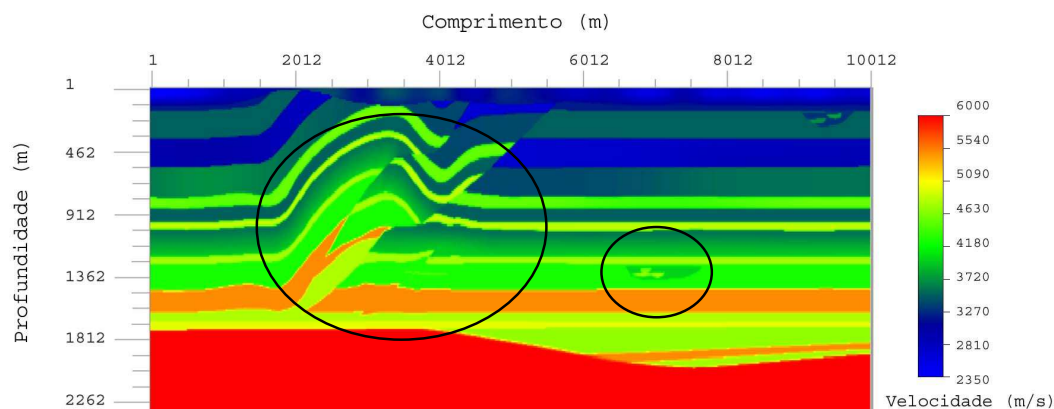


Figura 2: Corte *crossline* do modelo Overthrust. Na figura estão destacados alguns planos de falhas e um paliocanal.

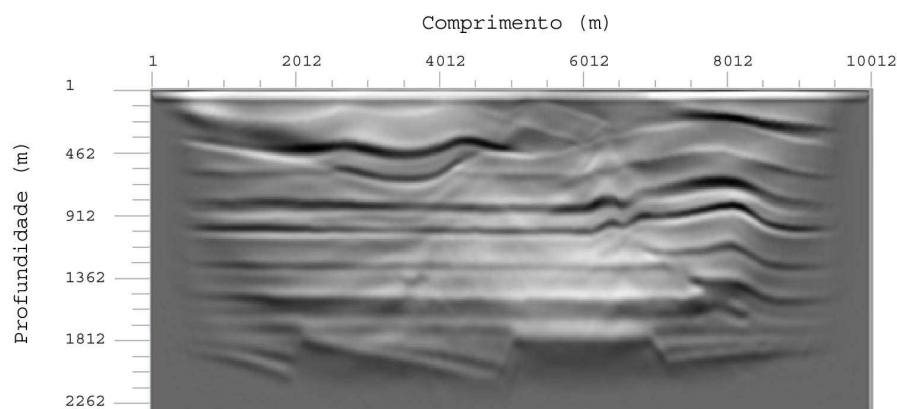


Figura 3: Resultado do empilhamento de todos os tiros migrados (seção migrada *pré-stack*) referente ao corte *inline*.

Pode-se observar que o resultado da seção migrada (Fig. 3) referente ao corte *inline* do modelo Overthrust apresenta alguma dificuldade para que sua região mais profunda seja interpretada. Com o intuito de melhorar o resultado da seção migrada foi aplicada uma técnica que procura eliminar artefatos, nos tiros migrados, que não contribuem de maneira positiva quando é efetuado o empilhamento. Tal técnica é chamada de silenciamento seletivo (Fig. 4). Ao observar um único tiro migrado (parte superior esquerda da Fig. 4) nota-se que o sinal de interesse se concentra na região central do mesmo e que a medida que se afasta para as laterais, surgem artefatos. Desta forma, a técnica de silenciamento seletivo nada mais é do que efetuar um corte no tiro migrado, corte esse que começa na superfície e segue em linha reta até o fundo. O ângulo entre esta linha e a direção vertical pode variar. Na Figura 4 estão representados além do tiro migrado original, os resultados do silenciamento seletivo utilizando ângulos de 60°, 30° e 0°. A Figura 5 apresenta o resultado do empilhamento de todos os tiros migrados e editados com o silenciamento seletivo de ângulo 0°.

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

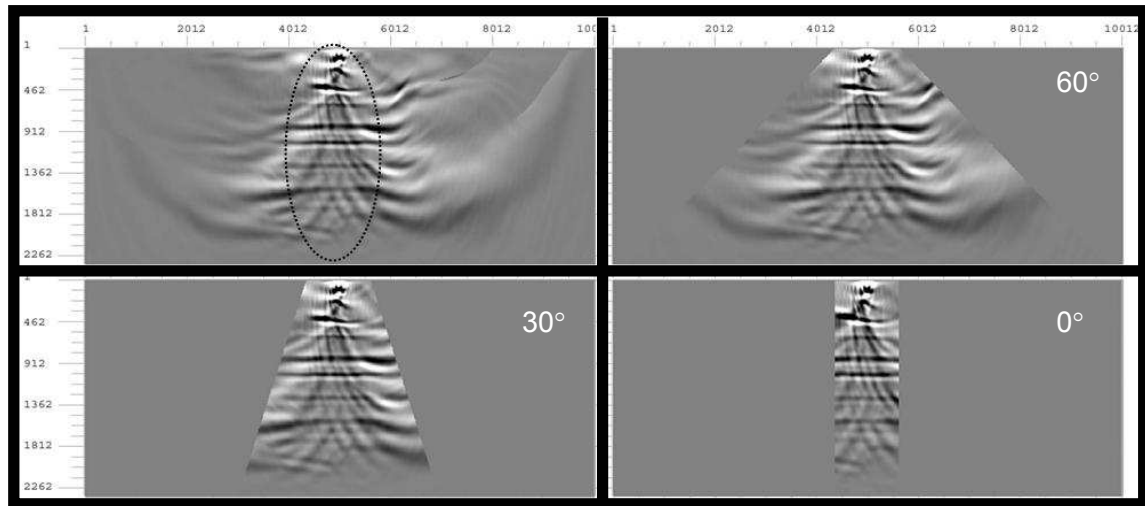


Figura 4: À esquerda no alto, um tiro migrado. Os demais são a aplicação do silenciamento seletivo com ângulos de 60°, 30° e 0°.

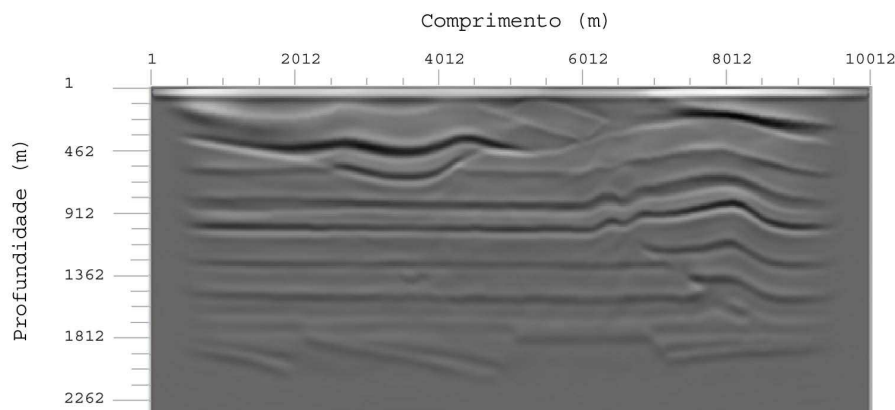


Figura 5: Resultado do empilhamento de todos os tiros migrados e com posterior aplicação do silenciamento seletivo com ângulo de 0°, referente ao corte *inline*.

Como pôde ser observado (Fig. 5), a aplicação da técnica de silenciamento seletivo melhorou muito o resultado da seção migrada referente ao corte *inline*. Desta vez praticamente todas as estruturas podem ser interpretadas. O mesmo procedimento foi aplicado no corte *crossline*. As Figuras 6 e 7 mostram, respectivamente, os resultados da seção migrada sem a aplicação e com a aplicação do silenciamento seletivo. Mais uma vez é fácil ver a melhora no resultado, com todas as estruturas podendo ser interpretadas. É importante ressaltar que foram geradas seções migradas com a utilização de todos os valores de ângulo, para a técnica de silenciamento seletivo, mostrados aqui: 60°, 30° e 0°. Outros testes foram realizados com a utilização de mais valores como, por exemplo, 10°, 15° e 20°. Comparando todos os resultados, foi observado que o melhor resultado para o problema em questão foi o proveniente do silenciamento seletivo realizado com ângulo de 0°.

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

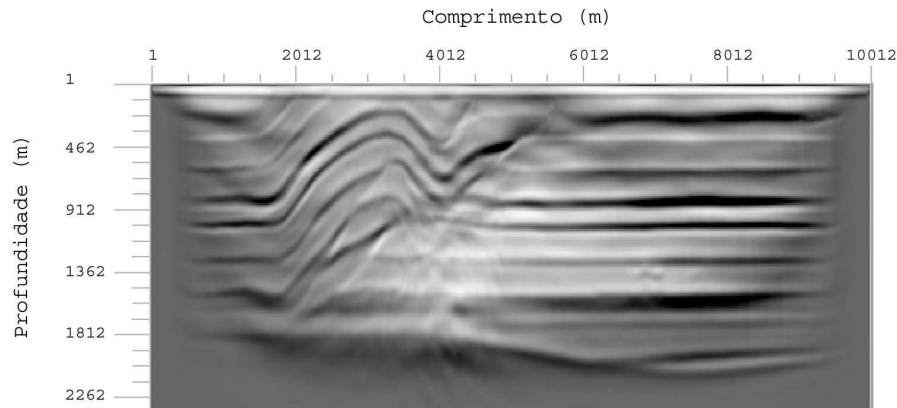


Figura 6: Resultado do empilhamento de todos os tiros migrados (seção migrada *pré-stack*) referente ao corte *crossline*.

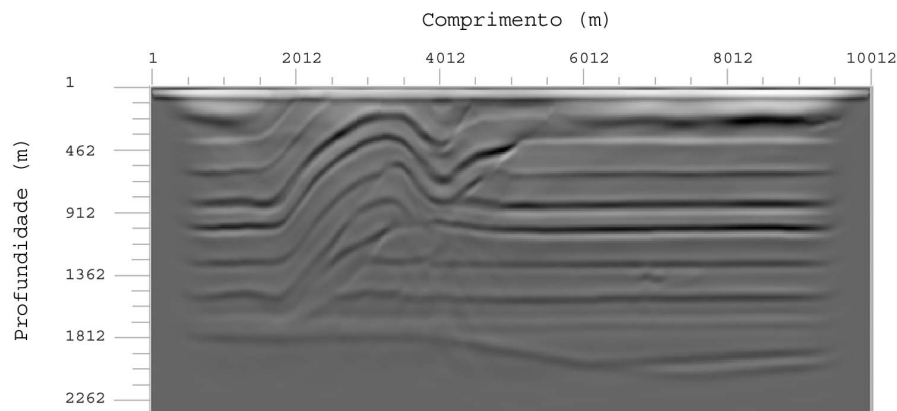


Figura 7: Resultado do empilhamento de todos os tiros migrados e com posterior aplicação do silenciamento seletivo com ângulo de 0° , referente ao corte *crossline*.

Conclusões

Os resultados proporcionados pela Migração Reversa no Tempo mais uma vez atingiram as expectativas. Por se tratar de um método que utiliza a equação da onda completa, trabalha com uma grande quantidade de informação proveniente das reflexões em subsuperfície e, por isso, gera resultados quase perfeitos. O grande problema sempre foi o custo computacional relacionado à sua implementação, porém com os recentes avanços no desenvolvimento de computadores mais robustos, sua utilização em grande escala está se tornando cada vez mais uma possível realidade. A técnica de silenciamento seletivo se mostrou fundamental para o aperfeiçoamento dos resultados e, desta forma, mostrou ser uma ferramenta bastante útil. Para as características do modelo Overthrust, o valor ótimo para o ângulo de silenciamento seletivo foi 0° .

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

Agradecimentos

Agradeço a Halliburton pela oportunidade de participar deste congresso; ao CENPES/PETROBRAS pelo apoio financeiro (bolsa) à época da dissertação de mestrado, onde foi realizado este estudo; ao Dr. Djalma M. Soares Filho, geofísico da PETROBRAS, pela orientação acadêmica durante este estudo; e aos laboratórios Lab2M e LAMCE, ambos da COPPE/UFRJ, pela oportunidade de desenvolver este estudo.

Referências Bibliográficas

AMINZADEH, F., BURKHARD, N., LONG, J., KUNZ, T., AND DUCLOS, P., 1996, “Three dimensional SEG/EAGE models - an update”. *The Leading Edge*, **2**, 131–134.

BAYSAL, E., KOSLOFF, D. D., SHERWOOD, J. W. C., 1983, “Reverse Time Migration”, *Geophysics*, v. 48, pp. 1514-1524.

LEVIN, S. 1984, “Principle of reverse-time migration”, *Geophysics*, v.49, pp. 581-583.

SILVA, MITCHEL W. XAVIER, 2008. “Estudo da variação de parâmetros de aquisição de dados sísmicos associado ao imageamento de falhas utilizando Migração Reversa no Tempo”. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

WHITMORE, N. D., 1983, “Iterative depth migration by backward time propagation”, Expanded Abstracts, SEG-Society of Exploration Geophysicists.

XAVIER, MITCHEL; SOARES FILHO, DJALMA MANOEL; SILVA, JOSIAS JOSÉ, 2008, “Migração reversa no tempo aplicada ao imageamento de falhas em estruturas geológicas complexas”. 44º Congresso Brasileiro de Geologia, Curitiba. SBG, 2008. Apresentação oral.