



Processamento CRS de uma linha *crooked* da Bacia do São Francisco

Felipe Amorim, Luiz Popoff, Pedro Cáceres, (CPGeo), Fernando Neves, Lúcio Prevatti, Guilherme Castilho, (Petra Energia)

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12th 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.

Abstract

The processing of crooked lines is a challenge in seismic reflection because the survey geometries violate the assumptions of the 2D imaging techniques and the sparse spatial distribution of the data does not allow a correct application of the conventional 3D imaging processes. In this study we apply the common reflection surface (CRS) stack method to do the stacking of a crooked line data. To take into account the scatter traces we use the 3D CRS stacking operator restricted to common midpoint (CMP) configuration and to improve the quality of the shallow reflectors the stacking process is performed considering the floating datum. The obtained results have a good improvement in quality and they are validated through a comparison with the results of the conventional CMP stack and poststack time migration.

Introdução

Devido ao grande potencial petrolífero que possui a Bacia do São Francisco localizada na região central do Brasil, atualmente vem sendo alvo de diversas campanhas exploratórias levadas a cabo por várias operadoras visando à descoberta de novos depósitos de hidrocarbonetos economicamente exploráveis.

Na referida bacia, sob o direção da operadora brasileira Petra Energia S.A, está em andamento uma campanha de aquisição de linhas sísmicas 2D, ao longo de estradas e caminhos vicinais, usando fonte sísmica *vibroiseis*. As linhas sísmicas assim adquiridas são denominadas de *crooked lines* e normalmente apresentam tortuosidades variáveis, regidas pelo posicionamento das fontes e receptores, que seguem as vias disponíveis na área de estudo.

Em geral, o processamento de linhas sísmicas *crooked*, por ter uma distribuição irregular de fontes e receptores, constitui-se um grande desafio, visto que esse tipo de arranjo de fontes e receptores viola os pressupostos da aquisição e das técnicas de imageamento de dados CMP. Por outro lado, devido à escassa distribuição de fontes-receptores e irregular distribuição espacial dos pontos médios, não cumpre os requisitos de amostragem do campo de onda exigido para aplicação das técnicas de imageamento 3D. Portanto, não há uma sequência padrão para o processamento de linhas *crooked*, dessa

forma nos trabalhos sobre o tratamento deste tipo de dados são adotados diversos procedimentos e técnicas, com propósito de obter imagens mais fidedignas possíveis da estrutura geologia em subsuperfície. Em Gray et al., (1999) os dados são tratados sem levar ao datum plano e a migração em profundidade leva em conta a correção devido a tortuosidade da linha ou variações espaciais das estações das fontes e receptores, mas ainda considerando um meio 2D. No trabalho de Nedimovic & West (2003a,b) para o empilhamento CMP é estimado e removido o efeito do *cross-dip moveout* (CDMO). Também é aplicada a migração pré-empilhamento Kirchhoff 3D para resolver os problemas de posicionamento correto dos refletores sísmicos no espaço 3D. Em Schmelzbach et al., (2007) com base na aplicação de uma projeção dos CMPs para uma linha reta, são aplicadas sequências de imageamento envolvendo a correção DMO, migração *zero-offset* de seções common-offset e migração pré-empilhamento em tempo. Gierse et al, (2011) apresentam um exemplo de aplicação bem sucedida do método de empilhamento CRS em dados de linha *crooked*, em que é aplicada um *pseudo* processamento CRS-3D considerando uma malha espacial fina para a distribuição espacial dos CMPs. Os trabalhos citados confirmam a não existência de sequência padrão de processamento para linhas *crooked*.

No presente trabalho, será apresentado um exemplo de aplicação do método de empilhamento CRS em uma linha *crooked* da Bacia do São Francisco. Com o propósito de levar em conta no processo de empilhamento a dispersão espacial dos traços com relação à linha de processamento foi utilizado um algoritmo que utiliza o operador CRS 3D. Neste trabalho apresentamos os resultados preliminares deste estudo, pretende-se aplicar outras estratégias de implementação do método CRS.

Aspectos geológicos

A Bacia do São Francisco localiza-se na região central do Brasil, sobre o Cráton do São Francisco, abrangendo grandes porções dos estados de Minas Gerais e Bahia e pequenas partes de Goiás, Tocantins e Distrito Federal (Figura 1), correspondente a uma área de 350.000 km² com espessura sedimentar máxima de cerca de 5.000 m. O substrato da bacia é constituído essencialmente por rochas arqueanas e paleoproterozóicas do Cráton do São Francisco, com suas bordas limitadas pelas faixas móveis neoproterozóicas Brasília a oeste, Araçuai a leste e Rio Preto a noroeste, e pelo Corredor do Paramirim a nordeste. Ao sul, o limite é erosivo, onde afloram rochas do embasamento pertencentes ao Cinturão Mineiro e parte do Quadrilátero Ferrífero (Alkmin & Martins Neto, 2001).

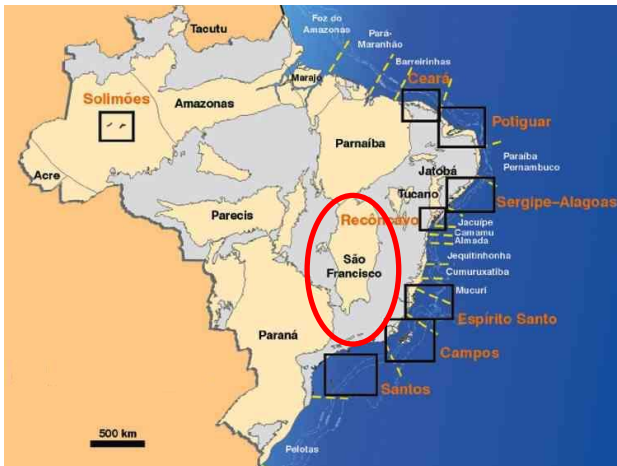


Figura 1 – Mapa de localização da Bacia do São Francisco.
Fonte: www.portalsaofrancisco.com.br

A exploração petrolífera na bacia iniciou-se na segunda metade da década de 80, através de trabalhos da Petrobras englobando o mapeamento geológico e geoquímico, aquisição de linhas sísmicas regionais e perfuração de três poços exploratórios, em 1987. Na década de 90, continuou-se com a aquisição de sísmica 2D (em três campanhas, entre 1992 e 1997) e a perfuração de um poço exploratório (1996). Em razão de sua posição geográfica privilegiada (parte central do Brasil), riquezas minerais e seus afloramentos abundantes, a Bacia do São Francisco vem sendo estudada intensamente por diversos autores.

Dados e processamento convencional

A linha sísmica *crooked* apresentada neste trabalho foi adquirida no presente ano pela companhia Global Geophysical Services, sob a gerência da Petra Energia S.A. A fonte sísmica utilizada é de tipo *vibroseis* gerando um sinal (*sweep*) com frequências entre 6 a 88Hz. O conjunto de dados da linha sísmica é composto por 463 sismogramas adquiridos com um arranjo "*split-spread*" simétrico e com intervalo de 50m entre as fontes consecutivas. O número de receptores por fonte é 400, tendo um intervalo de 25m entre receptores. Os afastamentos mínimo e máximo são 50m e 5025m, respectivamente. A cobertura nominal é igual a 100. O intervalo de amostragem é de 2ms e o tempo de registro para processamento é de 5 seg. Para cada ponto de vibração foram gerados 4 registros, 2 registros são descartados após análise usando filtro mediano e os outros dois são somados gerando um registro sísmico para cada ponto. Dessa forma resultam registros com boa qualidade, o que permite otimizar o tempo do processo de *picking* das primeiras quebras e de todo o processamento.

Como exemplo, na Figura 2 mostra-se uma seção sísmica de boa qualidade (alta razão sinal-ruído), somente com correção da assinatura da fonte realizado durante a etapa de aquisição.

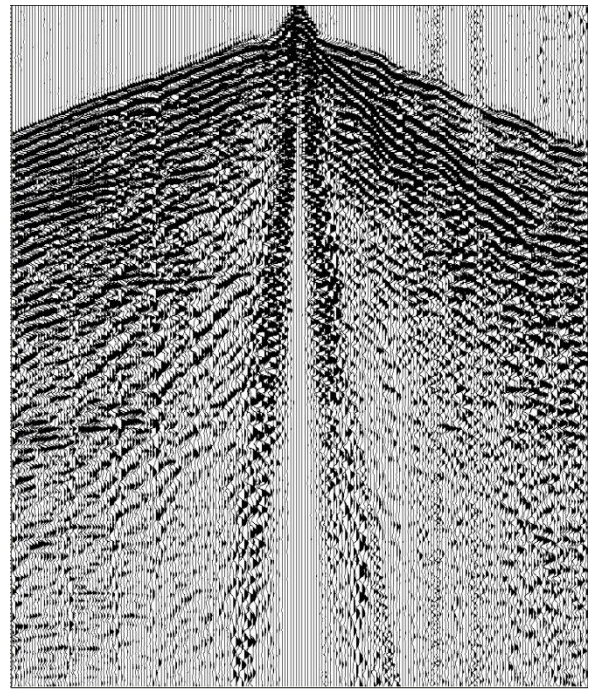


Figura 2 – Sismograma adquirido com fonte vibroseis e com correção da assinatura da fonte.

A linha sísmica *crooked* apresentada foi levantada ao longo de uma estrada e devido à tortuosidade da mesma a distribuição das estações dos pares de fontes-receptores apresentam uma grande dispersão dos seus pontos médios ou CDPs, como pode ser observado na Figura 3. A linha branca é a média da dispersão, e representa a trajetória escolhida para realizar o empilhamento da linha sísmica. As linhas de cor vermelha representam os offsets mais longos.

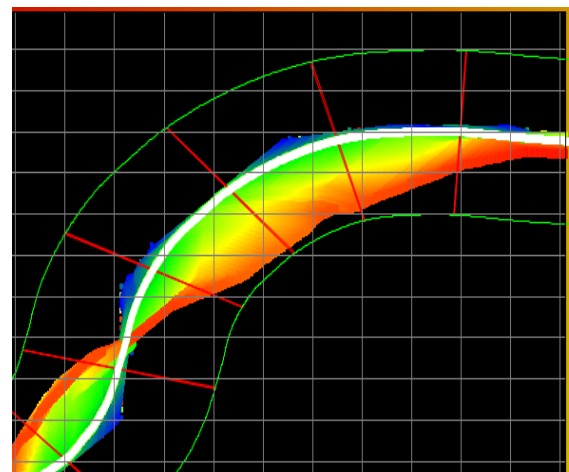


Figura 3– Distribuição das coordenadas dos pontos médios (ou CDPs) da linha *crooked*.

O processamento convencional da linha *crooked* foi realizado aplicando os seguintes processos: construção da geometria; edição; correções estáticas de elevação e de refração; correção do espalhamento geométrico; filtro *f-k* para atenuação do *ground roll*; deconvolução com distância de predição obtida através da análise de autocorreção dos traços e comprimento do operador igual a 80ms; aplicação das estáticas residuais; e análise de velocidades. Um dos resultados importantes deste processamento é a seção ZO (*zero-offset*) empilhada pelo método CMP. Neste trabalho, para comparação, é apresentada somente a seção migrada pós-empilhamento em tempo (Figura 6), obtida a partir da seção empilhada CMP.

Processamento CRS

O método de empilhamento CMP (NMO/DMO) presume um meio homogêneo com refletor plano-inclinado e usa um único parâmetro (velocidade de empilhamento) como informação do meio. O método CRS corresponde à categoria de métodos multi-paramétricos (Jäger et al., 2001; Garabito et al., 2001), e usa como informações do meio a localização do ponto de reflexão, inclinação e curvatura local do refletor. Pode ser aplicado em dados de meios estruturalmente complexos e com geometrias de aquisição irregulares.

No presente trabalho, essas características do método CRS são exploradas para aplicação na linha *crooked*. O algoritmo de empilhamento implementado utiliza o operador CRS 3D, no entanto, devido à restrita distribuição espacial e/ou azimutal dos traços sísmicos utilizou-se somente o operador CRS 3D para a configuração CMP, que é dependente de três parâmetros. Nas partes onde a linha sísmica apresenta pouca dispersão o operador CRS reduz-se para a determinação ou busca de um único parâmetro independente do azimute, mas mesmo esta baixa ou pouca dispersão dos traços é levada em conta pelo operador CRS. Outra importante informação usada durante o empilhamento com o método CRS é o *datum* flutuante, isto é, o empilhamento é realizado utilizando este *datum*. Na Figura 4 apresenta-se a seção ZO empilhada com método CRS, correspondente a linha *crooked* descrita nos itens anteriores. Para obter esta seção empilhada pelo método CRS foi utilizada a mesma linha de processamento usado no empilhamento convencional 2D, isto é, preservando as mesmas localizações e intervalos entre pontos médios. Na Figura 5 apresenta-se a seção migrada pós-empilhamento em tempo, aplicada na seção empilhada resultante do método CRS. A comparação com a seção migrada resultante do empilhamento CMP (Figura 6), revela que o método CRS fornece um melhoramento na qualidade final da seção migrada, com os eventos de reflexão melhor definidos e mais contínuos em toda a seção.

Conclusões

Os resultados obtidos da linha *crooked* são satisfatórios, tanto para o empilhamento convencional CMP como para o CRS, apesar da grande dispersão dos CDPs. No

entanto, a seção migrada obtida a partir da seção empilhada pelo CRS apresenta uma melhor qualidade comparada com a seção migrada a partir do empilhamento convencional CMP. Estes resultados preliminares confirmam a robustez do método CRS que normalmente fornece bons resultados mesmo a partir de dados com baixa cobertura, seja em 2D ou 3D.

Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. German Garabito (DPET/UFRN) pela colaboração para realização deste trabalho e principalmente pelas contribuições no desenvolvimento do método CRS. A Petra Energia S.A. por fornecer os dados sísmicos para aplicação desta técnica. E ao Centro Potiguar de Geociências (CPGeo) pelo apoio técnico.

Referências

- Alkmin, F. F., Martins-Neto, M. A., 2001, A Bacia intracratônica do São Francisco: Arcabouço estrutural e cenários evolutivos. Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais. Cap. II: 9-30.
- Garabito C., G., Cruz, J. C., Hubral, P., Costa, J., 2001, Common Reflection Surface Stack: A new parameter search strategy by global optimization. In: SEG Meeting, 71, San Antonio, Expanded Abstract. P. 2009-2012.
- Gierse, G., Trappe, H., Pruessmann, J., Eisenberg-Klein, G., Lynch, J., Perenco, Clark, D., 2009, Enhanced velocity analysis, binning, gap infill, and imaging of sparse 2D/3D seismic data by CRS techniques. 79th SEG Meeting, Expanded abstracts, 3279-3283.
- Gray, S. H., Maclean, G., and Marfurt, K. J., 1999, Crooked line, rough topography: advancing towards the correct seismic image. Geophysical Prospecting, 47, 721-733.
- Heilmann, Z., Mann, J., and Koglin, I., 2006, CRS-stack-based seismic imaging considering top-surface topography. Geophysical Prospecting, 54, 681-695
- Jäger, R., Mann, J., Höcht, G., Hubral, P., 2001, Common Reflection Surface Stack: Images and attributes. Geophysics, V. 66, n. 1, p. 97-109.
- Nedimovic M. R., and West, G. F., 2003a, Crooked-line 2D seismic reflection imaging in crystalline terrains: Part 1, data processing. Geophysics, 68(1), 274-285.
- Nedimovic M. R., and West, G. F., 2003b, Crooked-line 2D seismic reflection imaging in crystalline terrains: Part 2, migration. Geophysics, 68(1), 286-296.
- Schmelzbach, C., Juhlin, C., Carbonell, R., and Simancas, J. F., 2007, Prestack and poststack migration of crooked-line seismic reflection data: A case study from the South Portuguese Zone fold belt, southwestern Iberia. Geophysics, 72(2), B9-B18

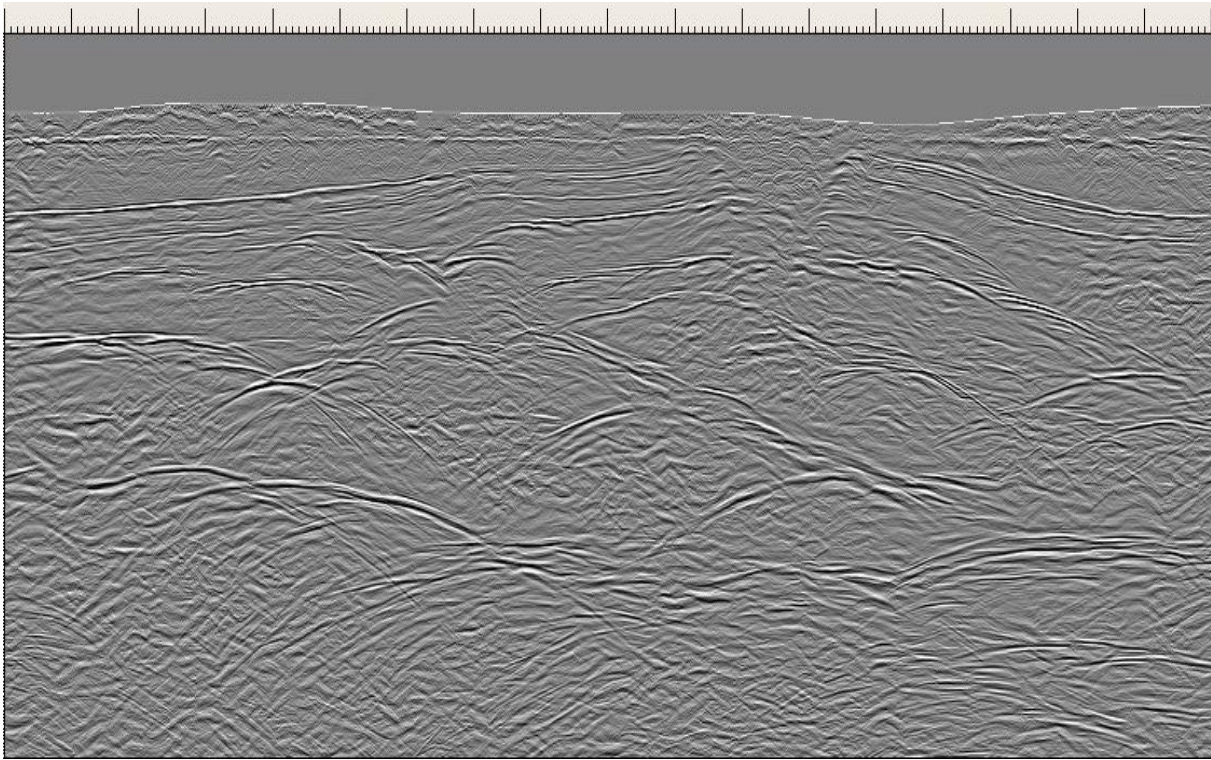


Figura 4 – Seção empilhada pelo método CRS.

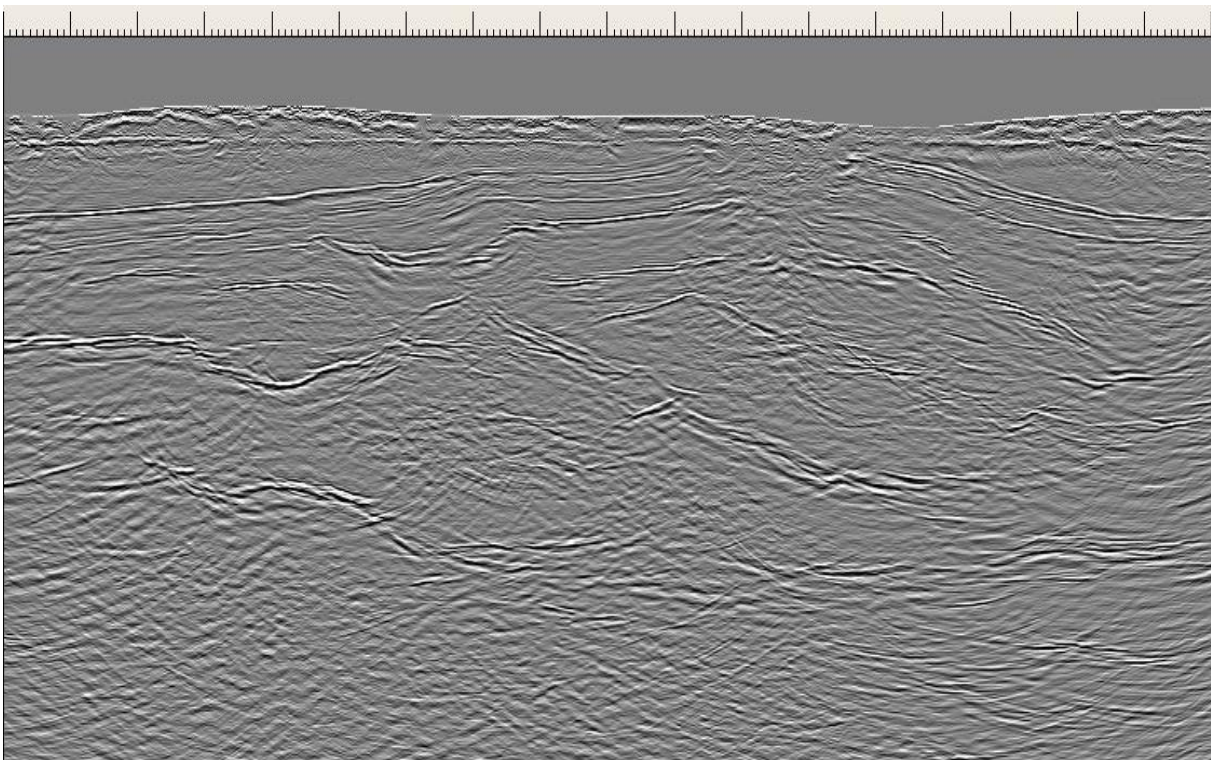


Figura 5 – Seção migração pós-empilhamento em tempo obtida a partir da seção ZO empilhada pelo método CRS.

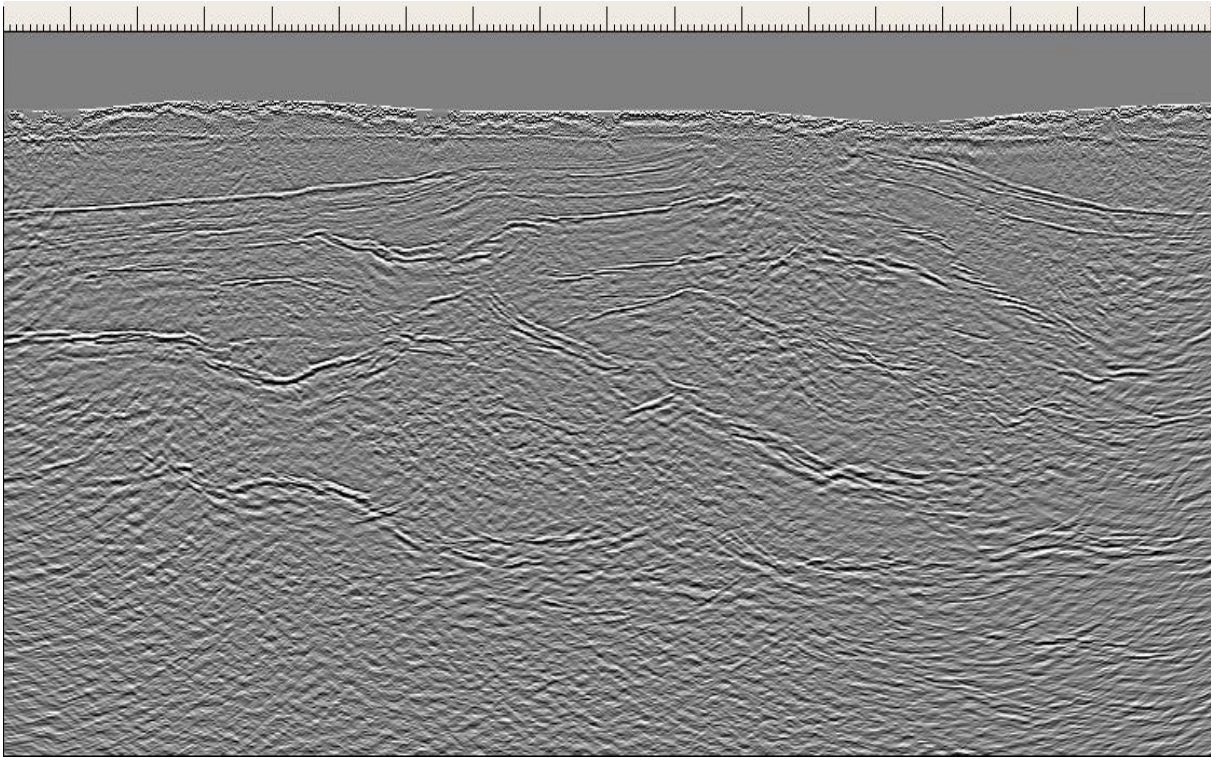


Figura 6 – Seção migração pós-empilhamento em tempo obtida a partir da seção ZO empilhada pelo método CMP.