



Processamento e imageamento NMO/CRS de dados sísmicos marinhos da bacia do Jequitinhonha

Fernando S. M. Nunes* e Lourenildo W. B. Leite; Universidade Federal do Pará

Copyright 2010, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica Este texto foi preparado para a apresentação no IV Simpósio Brasileiro de Geofísica, Brasília, 14 a 17 de novembro de 2010. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do IV SimBGF, mas não necessariamente representa a opinião da SBGF ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGF.

ABSTRACT

This work is devoted to processing and imaging of marine seismic reflection data of the Jequitinhonha Basin, Bahia, based on two stack methods, the NMO and the CRS. Furthermore, we applied the CRS-partial CMP families interpolation prior to the CRS stack in order to increase the signal/noise ratio. Several tests were made to optimize parameters and operator aperture, and we have chosen the values that generated sections with better visual quality, with the main results compared for both the employed methods.

RESUMO

Este trabalho é voltado ao processamento e imageamento da linha L2140270 da Bacia do Jequitinhonha, Bahia, baseado em duas metodologias de empilhamento, a NMO e a CRS. Além disso, foi aplicado o empilhamento CRS-parcial para densificação das famílias CMPs, previamente ao empilhamento CRS, visando o aumento da razão sinal/ruído do dado. Vários testes foram feitos para otimizar parâmetros e aberturas de operadores, e foram escolhidos aqueles que geraram seções com melhor qualidade visual, com os principais resultados comparados no decorrer do trabalho para ambos os métodos empregados.

INTRODUÇÃO

A exploração dos recursos energéticos marinhos requer cada vez mais alta tecnologia para que haja sucesso e otimização de custos. Nesta direção, se destingue a academia e projetos com recursos econômicos dirigidos para desenvolver pesquisa e contribuir na formação de recursos humanos para a área de óleo e gás. Sendo assim, a área de exploração geofísica, particularmente a sísmica, tem destaque fundamental na obtenção de imagens da sub-superfície terrestre em áreas de bacias sedimentares potenciais e na diminuição dos riscos exploratórios.

O objetivo específico e prático deste trabalho foi o processamento e o imageamento da Linha L2140270 da Bacia do Jequitinhonha. Esta bacia apresenta características condicionantes para a geologia do petróleo como, por exemplo, a existência de duas fases tectônicas distintas denominadas de pré-sal e pós-sal, sendo este um dos motivos pelos presentes esforços exploratórios neste área, onde até o ano de 2006 houve a descoberta de petróleo leve com volume sub-comercial (Mohriak et al., 2008). Apesar da utilização de duas metodologias para o tratamento este dado, não se pretendeu eleger a melhor destas, mas sim utilizá-las de forma complementar visando aumentar a quantidade de informações sobre as características da subsuperfície, dando mais respaldo para futuras interpretações geológicas. Os principais resultados apresentados estão relacionados às seções empilhadas e migradas obtidas por ambos os métodos.

Este trabalho é constituído de uma breve descrição das metodologias utilizadas, seguindo pela apresentação dos fluxogramas usados para ambos os empilhamentos, por uma breve discussão dos resultados obtidos por cada etapa e é finalizado com as considerações finais acerca dos resultados, das sugestões e das perspectivas para uma sequência deste processamento.

Para o processamento e imageamento foram utilizados os aplicativos *CWP/Un*x* (Forel et al., 2005), *crsstack* (Mann, 2003), *crsstack_supergathers* (Baykulov, 2008) e *PROMAX* (licença acadêmica).

METODOLOGIA

Empilhamento NMO

O empilhamento NMO é baseada no modelo de camadas limitadas por interfaces plano-horizontais, cujo tempo de trânsito para reflexões primárias é dado pela aproximação hiperbólica (Yilmaz, 1988):

$$t^2(x) = t^2(0) + \frac{x^2}{v_{NMO}^2}, \quad (1)$$

onde x é o afastamento fonte-receptor, $t(x)$ o tempo de trânsito, $t(0)$ o tempo-duplo e v_{NMO} a velocidade NMO. Neste método é necessária a marcação de pares (v_{NMO}, t_0) para a obtenção do modelo de velocidade (ver Figura 2), que serve à correção NMO, ao empilhamento NMO e à migração. Estes pares são marcados na seção coerência semblance, em conjunto com a seção CMP relacionada (ver Figura 1), que varia no

intervalo de $[0, 1]$ e é dada por:

$$S(x_0, t_0) = \frac{\sum_{t=t_0-\delta t/2}^{t_0+\delta t/2} \left[\frac{1}{N} \sum_{h=h_0}^{\delta h} \bar{u}(x_0, h, t; v_0) \right]^2}{\sum_{t=t_0-\delta t/2}^{t_0+\delta t/2} \frac{1}{N} \sum_{h=h_0}^{\delta h} [\bar{u}(x_0, h, t; v_0)]^2}, \quad (2)$$

onde $\bar{u}(x_0, h, t; v_0)$ é a amplitude do traço na trajetória de empilhamento, as somatórias em t e h definem uma janela temporal e uma espacial dentro da qual é ajustado a curva que melhor representa o evento de reflexão e N o número de traços envolvidos.

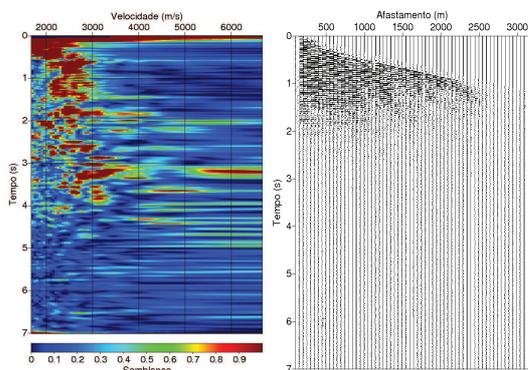


Figura 1: Mapa semblance e a seção CMP número 1000 correspondente.

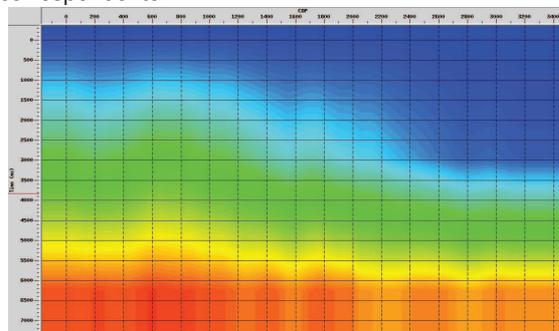


Figura 2: Modelo de velocidade NMO suavizado iterativamente.

Empilhamento CRS

O empilhamento CRS, descrito por Müller (1999) e Mann (2002), é baseado no modelo de camadas limitadas por interfaces curvas e é independente do modelo de velocidade. O tempo de trânsito para reflexões primárias é dado pela aproximação hiperbólica:

$$t_{CRS}^2(x_m, h) = \left[t(0) + 2 \frac{\sin \beta_0}{v_0} (x_m - x_0) \right]^2 + 2t(0) \frac{\cos^2 \beta_0}{v_0} \left[\frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} + \frac{h^2}{R_{NIP}} \right]^2, \quad (3)$$

onde x_m é o ponto-médio-comum, v_0 é a velocidade próximo ao ponto de emergência e h o meio-afastamento fonte-receptor. Neste método se recupera o trio de atributos de duas ondas hipotéticas N e NIP através da solução de um problema de otimização não-linear, que são: o ângulo de emergência β_0 , o raio de curvatura R_N e raio de curvatura R_{NIP} . Estes atributos carregam informações sobre a inclinação, profundidade e forma das interfaces refletoras, ajustando a superfície de empilhamento (ver Figura 3). Optou-se também pelo empilhamento CRS-parcial, descrito por Baykulov & Gajewski (2008), que consta da densificação das famílias CMPs, previamente ao empilhamento CRS, para a condição de super-famílias, visando aumentar a razão sinal/ruído (ver Figura 4).

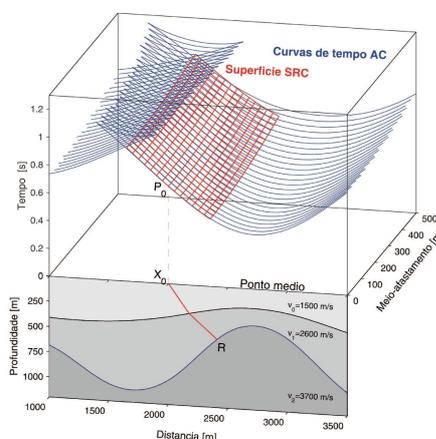


Figura 3: Superfície de empilhamento CRS.

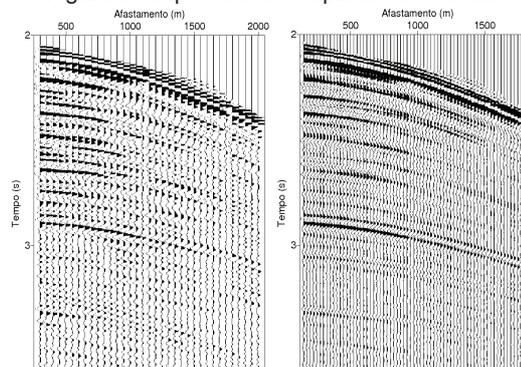


Figura 4: Família CMP número 2900 antes e após a densificação do dado.

RESULTADOS

Pré-Processamento

O pré-processamento constou dos processos mostrados na Figura 5.

Para a inserção da geometria se analisou o relatório de campo, e suas principais informações encontram-se na

Tabela 1: Informações da geometria de aquisição.

Informações da geometria de aquisição	
Bacia	Jequitinhonha
Linha	L2140270
Ano de aquisição	1985
Configuração	Arrasto-de-cabo
Tipo de fonte	Canhão de ar
Profundidade do cabo	10,5m
Profundidade da fonte	9m
Comprimento do cabo	2975m
Número de tiros	1589
Número de receptores	120
Intervalo entre tiros	25m
Intervalo entre receptores	25m
Afastamento mínimo	150m
Afastamento máximo	3125m
Tempo de registro	7.0s
Intervalo de amostragem	4ms

Tabela . Em seguida foi feita a edição de traços e as filtragens f e $f - k$, com banda-passantes de cantos $10 - 20 - 45 - 55 \text{ Hz}$, para o filtro f (ver Figura 6), e com vagarosidades $-0.0005, -0.00004, 0.00004, 0.0005 \text{ s/m}$, para o filtro $f - k$ (ver Figura 7). Para a deconvolução preditiva pré-empilhamento foi desenhado um filtro com comprimento $n = 85$ e com comprimento de predição de $\alpha = 2$, o que imprimiu melhora na resolução temporal no dado (ver Figuras 8 e 9). O dado de saída do pré-processamento serviu de entrada para o empilhamento NMO e CRS e um exemplo de como este processo modificou o dado é mostrado na Figura 10.

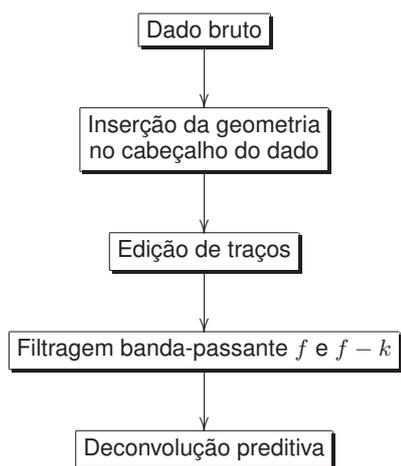


Figura 5: Fluxograma de pré-processamento.

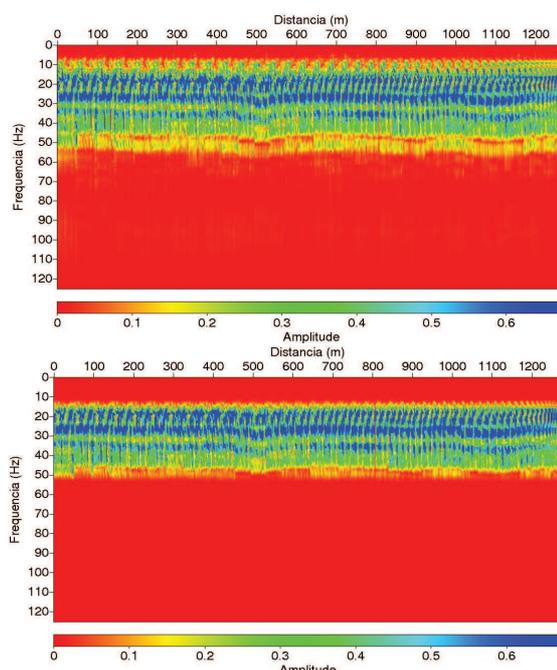


Figura 6: Espectro f da FC número 300 antes (acima) e após (abaixo) a filtragem f .

Processamento NMO

O processamento NMO tem as suas etapas mostradas na Figura 11.

Após a análise de velocidade e a correção NMO foi feito o empilhamento do dado (ver Figura 12), nesta seção se observa características típicas de evento de difração em D1, de múltiplas em M1 e de interfaces refletoras em P1, com destaque para P1' que apresenta continuidade com P1".

No dado empilhado foi feita a migração Kirchhoff (ver Figura 13), nesta seção se observa que as estruturas da sub-superfície pouco se deslocaram em relação à seção empilhada (ver Figura12), e como vantagens se observa o colapso da difração em D2 e a indentificação de estruturas pouco percebidas nas seções anteriores, como em P2".

Processamento CRS

Anteriormente ao processo completo do empilhamento CRS se optou pela densificação do dado através do empilhamento CRS-parcial, gerando as super-famílias CMPs (ver Figura 14), que são entrada para o empilhamento CRS (ver Figura 15).

Dos subprodutos CRS foram selecionadas as seções CRS-empilhada (ver Figura 16) e CRS-migrada (ver Figura 17) submetidas à Zona de Fresnel Projetada. Como complementação foi feita a migração Kirchhoff da seção CRS-empilhada (ver Figura 18).

A seção CRS-empilhada (ver Figura 16) apresenta ca-

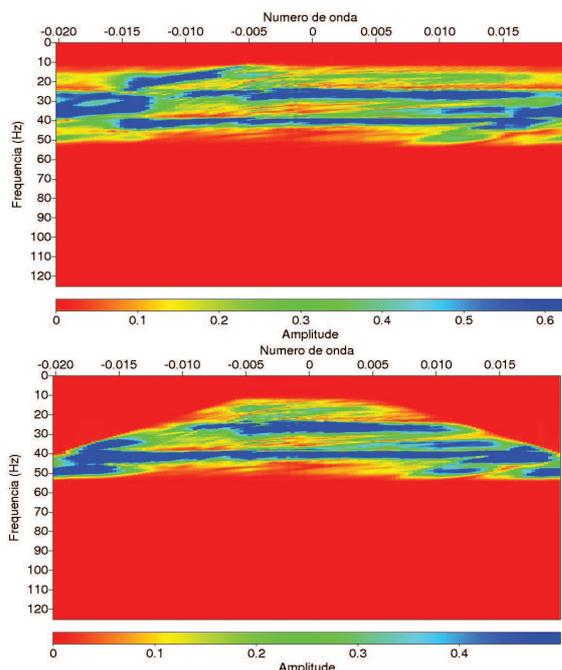


Figura 7: Espectro $f - k$ da FC número 300 antes (acima) e após (abaixo) a filtragem $f - k$.

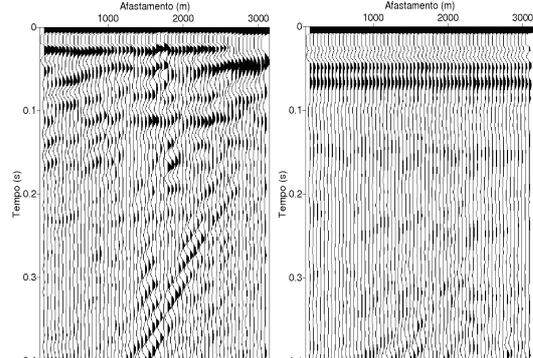


Figura 8: Autocorrelação da família CMP número 2000 antes e depois da deconvolução preditiva.

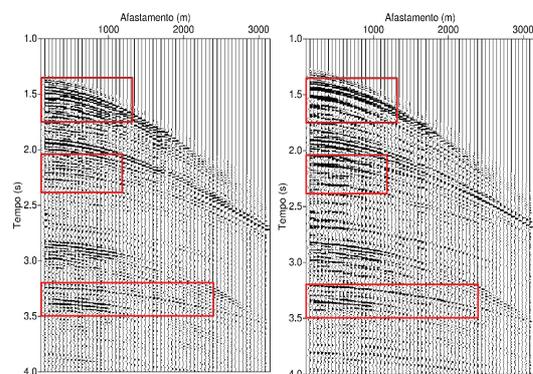


Figura 9: Família CMP número 2000 antes e depois da deconvolução preditiva.

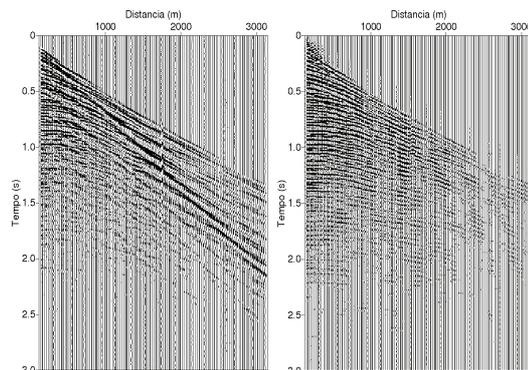


Figura 10: Família FC número 300 antes e depois do pré-processamento.

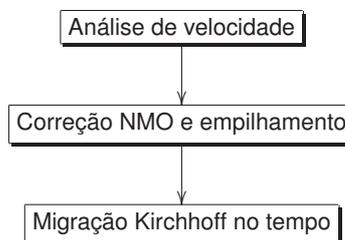


Figura 11: Fluxograma de processamento NMO.

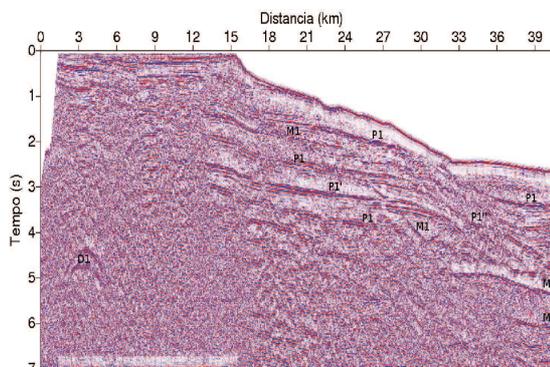


Figura 12: Seção empilhada NMO.

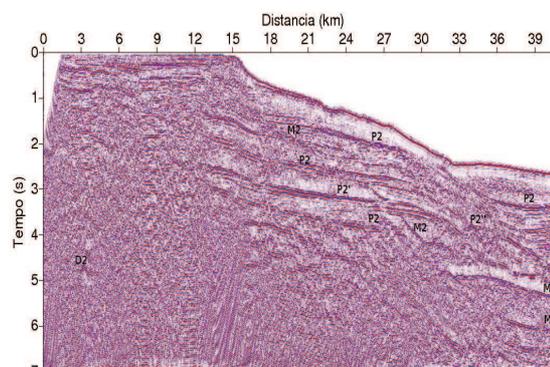


Figura 13: Seção migrada Kirchhoff.

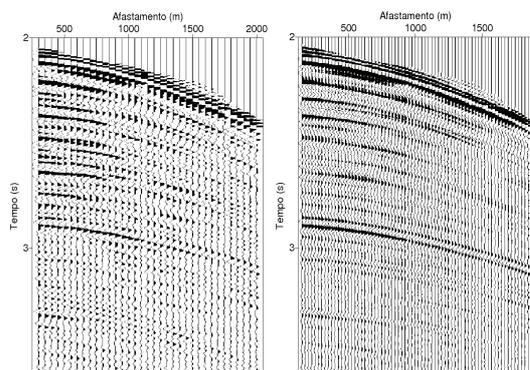


Figura 14: Família CMP número 2900 antes e após a densificação do dado.

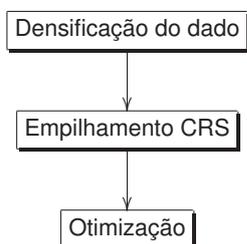


Figura 15: Fluxograma do empilhamento CRS.

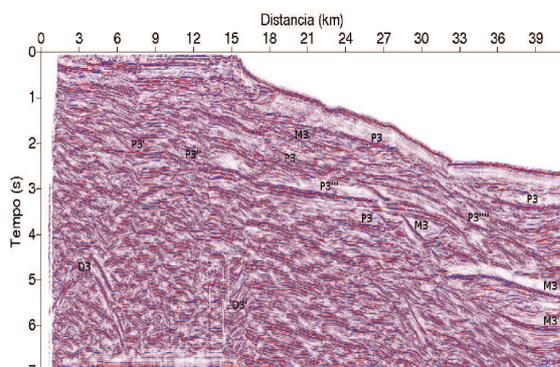


Figura 16: Seção empilhada CRS.

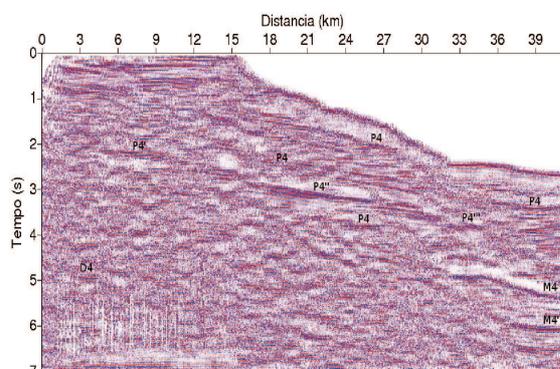


Figura 17: Seção CRS-migrada.

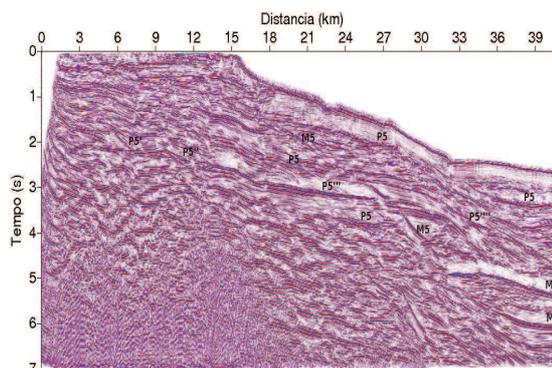


Figura 18: Seção CRS com migração kirchhoff.

racterísticas de evento de difração em D3, melhor continuidade das estruturas, como em P3', P3'', P3''' e P3''''', e as múltiplas indicadas por M3 com maior realce que no empilhamento NMO.

Na seção CRS-migrada (ver Figura 17) se observa o colapso dos padrões de difração observados nas seções empilhadas obtidas. Uma limitação é que este processo não foi capaz apresentar melhor continuidade entre as interfaces refletoras, mesmo para reflexões mais fortes, como em P4', P4'' e P4'''. Outro ponto de destaque é que a múltipla de superfície livre indicada por M4 está mais atenuada. Para a migração Kirchhoff efetuada (ver Figura 18) foi utilizado o modelo de velocidade obtido pela análise de velocidade semblance, e o resultado é satisfatório no sentido de colapsar as difrações e manter a continuidade das estruturas refletoras mais acentuadas, como as indicadas por P5', P5'', P5''' e P5''''.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Comparando os resultados, a seção empilhada NMO (ver Figura 12) possui resolução vertical superior à seção CRS-empilhada (ver Figura 16) por definir visualmente melhor as interfaces refletoras. Por outro lado, a seção CRS-empilhada apresenta continuidade lateral melhor, medida pela continuidade dos eventos, já que foi possível observar estruturas que atravessam grande parte da seção, além de visualizar de forma mais clara os padrões de difração. Por não ter sido dada uma atenção maior à atenuação/eliminação de múltiplas, todos os resultados apresentam a múltipla de superfície livre bastante clara, e são mais acentuadas nos obtidas pelo processamento CRS (com exceção da Figura 17).

A escolha da melhor metodologia de processamento não foi um dos objetivos deste trabalho, e com os resultados é notório que ambas metodologias são complementares, já que cada uma apresenta suas peculiaridades. Sendo assim, para uma futura interpretação dos resultados é importante que seja feita uma análise simultânea entre as seções empilhadas e migradas. Com base nestes resultados, se sugere que os fluxogramas apresentados sejam utilizados como um primeiro teste para o processamento de linhas com características semelhantes

à linha L2140270. Para uma futura continuidade deste trabalho, como os resultados obtidos via metodologia NMO apresentaram melhor resolução vertical, se sugere que o processamento NMO seja repetido para as superfamílias resultantes da densificação do dado, já que este novo dado apresenta maior razão sinal/ruído, este teste pode ser importante para saber se os resultados obtidos apresentarão melhor continuidade lateral como as seções obtidas via metodologia CRS. Outra sugestão é que seja efetuada a migração em profundidade das seções, visando contribuir para uma interpretação geológica, além de um tratamento voltado para a atenuação/eliminação de múltiplas, o que pode gerar resultados melhores no sentido de realçar os eventos primários.

AGRADECIMENTOS

Os autores registram agradecimento à ANP (convênio MCT/ANP/UFP/PRH-06), ao CNPQ, à Rede FINEP e ao INCT-GF pelo à pesquisa, que também resultou na conclusão deste trabalho, desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Geofísica da Universidade Federal do Pará.



REFERÊNCIAS

- Baykulov, M., and Gajewski, D., 2008, Prestack seismic data enhancement with partial common reflection surface (crs) stack: Wave Inversion Technology, pages 57–73.
- Baykulov, M., 2008, Partial crs stack user's manual: University of Hamburg.
- Forel, D., Benz, T., and Pennington, W. D., 2005, Seismic data processing with seismic un*x - a 2d seismic data processing primer., volume 12 Society of Exploration Geophysicists.
- Mann, J., 2002, Extensions and applications of the common-reflection-surface stack method: University of Karlsruhe.
- Mann, J., 2003, 2-d common-reflection-surface stack user's manual: University of Karlsruhe.
- Mohriak, W., Szatman, P., and Anjos, S., 2008, Sal, geologia e tectônica - exemplos nas bacias brasileiras., volume 2 Beca.
- Müller, T., 1999, The common reflection surface method - seismic imaging without explicit knowledge of the velocity model: University of Karlsruhe.
- Yilmaz, O., 1988, Seismic data processing., volume 2 Society of Exploration Geophysicists.