



## Geração da seção de afastamento mínimo utilizando a inclinação das reflexões

Michelângelo G. da Silva e Milton J. Porsani, CPGG-UFBA e INCT-GP/CNPq

Copyright 2012, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica Este texto foi preparado para a apresentação no V Simpósio Brasileiro de Geofísica, Salvador, 27 a 29 de novembro de 2012. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do V 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.

### RESUMO

O método do empilhamento CMP convencional é amplamente utilizado na indústria do petróleo para geração da imagem representativa da subsuperfície ou seção sísmica empilhada. Esse método requer o tratamento e correções do dado, através das etapas do processamento sísmico. Para obter a seção empilhada o dado precisa ser organizado em famílias CMP, estimado um campo de velocidade e realizada a correção do sobretempo normal devido ao atraso no tempo causado pelo afastamento entre fonte e receptor. O traço obtido com a soma de traços das famílias CMP corrigidas do sobretempo normal possuem melhor razão sinal-ruído. O agrupamento dos traços originados pela soma dos traços de cada família CMP constitui a seção empilhada ou de afastamento nulo.

Uma nova metodologia é apresentada para obtenção da seção de mais curto afastamento utilizando o slope local e o empilhamento das amostras interpoladas ao longo das hipérbolas de reflexão em famílias de ponto médio comum CMP (*Common Mid Point*). A estimativa do slope local é realizado através da derivada das amostras, utilizando-se a diferença entre as amostras vizinhas mais próximas do ponto desejado. Uma projeção do slope local das amostras das reflexões é feita para definir, por meio de uma interpolação, o valor da amostra correspondente com o mesmo slope local. O traço de mais curto afastamento é obtido fazendo a soma das amostras com mesmo slope local ao longo dos eventos de reflexão da família CMP.

O método proposto foi aplicado em uma linha sísmica do Golfo do México. A soma das amostras de mesmo slope local associadas às hipérbolas de reflexão do dado, foi realizado com êxito, bem como, a estimativa das amplitudes das amostras com cada slope local da família CMP. O somatório das amplitudes com o mesmo mergulho local do dado permitiu a geração de um traço com

mais curto afastamento. A seção de mais curto afastamento gerada pelo método, mostrou uma boa resolução e um conteúdo de frequência compatível com o observado no resultado do empilhamento CMP convencional. O método não requer a correção de sobretempo normal (NMO) e a estimativa de um campo de velocidade da subsuperfície.

### INTRODUÇÃO

O processamento sísmico tem por objetivo final a geração de uma seção sísmica empilhada ou imagem representativa da subsuperfície. Para essa finalidade é utilizado convencionalmente o método de empilhamento CMP. Esse método foi proposto por Mayne (1962) utilizou a organização dos traços em famílias de ponto médio comum CMP (*common mid point*), adotando um modelo aproximado para subsuperfície de camadas planas paralelas, horizontais e isotrópicas para obtenção do traço de afastamento nulo. Os traços de afastamento nulo que compõem a seção empilhada possuem maior razão sinal-ruído, uma vez que, os ruídos incoerentes e aleatórios são atenuados, utilizando a redundância dos traços das famílias CMP corrigidas do sobretempo normal causado pelo afastamento entre fonte-receptores. A qualidade da seção sísmica gerada com o método de empilhamento CMP é fortemente vinculada a correção do sobretempo normal, de forma que é necessário uma boa estimativa do campo de velocidade da subsuperfície.

O método de superfície de reflexão comum CRS (Jager et al., 2001; Garabito, 2001) foi desenvolvido para produzir o empilhamento dos dados sísmicos, usando a fórmula hiperbólica para aproximar o tempo de percurso das reflexões existentes nos dados através da busca pelos parâmetros ótimos de ajuste utilizando-se análises de coerência. Esse método é bastante interessante para geração da seção sísmica empilhada ou de afastamento nulo embora o processo para obtenção dos parâmetros ótimos não seja muito eficiente computacionalmente.

A determinação e uso do slope local, utilizando o método de decomposição de valores singulares (SVD) foi proposto por Bekara e Baan (2007), tendo como objetivo a remoção do ruído com uma aproximação do slope local SVD, através de janelas deslizantes no tempo usando os dados alinhados horizontalmente, preservando somente a primeira autoimagem. Diversas aplicações

do método SVD para atenuação dos ruídos e melhoria da resolução espacial dos dados sísmicos utilizando as autoimagens foram desenvolvidas (Kendall et al., 2005; Chiu e Howell, 2008; Tyapkin et al., 2003). Melo et al. (2009) mostraram um novo método de filtragem para atenuação do *ground roll* utilizando um operador 2D para obter a derivada no tempo dos dados sísmicos. Nesse método é usado um conjunto de amostras, e cada amostra da vizinhança é usada para estimar a derivada no tempo. A derivada no tempo de um determinado ponto desejado é obtida pela diferença entre as amostras interpoladas. Porsani et al. (2010a) apresentou uma nova técnica de aproximação do slope local das reflexões para realizar a filtragem SVD. Essa técnica utiliza um pequeno número de traços e amostras e cada componente é obtido com uma reamostragem ao longo do slope local das reflexões.

No presente trabalho apresentamos uma nova metodologia para geração da seção de mais curto afastamento de dados sísmicos empregando a aproximação do slope local através das derivadas e o empilhamento das amplitudes de mesmo slope ao longo das hipérbolas de reflexão. É utilizado para estimativa dos slopes locais a derivada de cada amostra do dado e uma projeção e interpolação das amostras de mesmo slope nas reflexões. Para ilustrar o método, utilizamos um dado sísmico marinho do Golfo do México com reflexões primárias e múltiplas. Aplicamos e comparamos o método proposto com os resultados obtidos com o método de empilhamento CMP.

## METODOLOGIA

O método desenvolvido envolve a estimativa do slope local das amostras das reflexões, uma interpolação para o cálculo de uma nova amostra projetada no traço vizinho, a partir do conhecimento do slope local da amostra original do dado, e a soma dessas amostras dos traços de maior afastamento para os traços de menor afastamento. No final do processo de soma (empilhamento) das amostras é obtido o traço de mais curto afastamento. Portanto, a geração do traço de mais curto afastamento é basicamente realizado em duas fases: (i) estimativa do slope local das amostras das reflexões e (ii) o empilhamento das amostras após a interpolação da amostra com o mesmo slope local no traço vizinho.

### Estimativa do slope local

Na primeira fase do método são computados os slopes locais das amostras dos eventos de reflexão, utilizando o método da derivada 2D proposta por Melo et al. (2009). A estimativa do slope local é realizada da seguinte forma:

- Considerando a matriz dos dados sísmico no domínio tempo-espaco  $d(t, x_n)$ , com o tempo  $t$  com-

posto de  $N_t$  amostras e a dimensão espacial  $n$  contendo  $N_x$  traços, obtêm-se a matriz derivada 2D de dimensão  $L_x$  e  $L_t$  de  $d(t, x_n)$ ;

- Para cada ponto de  $d(t, x_n)$  é coletado na matriz  $D$  de  $-L_t$  a  $L_t$  e  $-L_x$  a  $L_x$  os valores das derivadas no tempo e espaço, e assim, definidos as componentes do vetor  $\mathbf{z}$  e  $\mathbf{x}$  respectivamente;
- Utilizando os vetores  $\mathbf{z}$  e  $\mathbf{x}$  resolvemos o problema dos autovalores e autovetores para  $a_j$  conforme demonstrado por (Porsani et al., 2000):

$$\begin{bmatrix} \mathbf{x}^T \mathbf{x} & \mathbf{x}^T \mathbf{z} \\ \mathbf{z}^T \mathbf{x} & \mathbf{z}^T \mathbf{z} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ a_j \end{bmatrix} = \lambda_j \begin{bmatrix} 1 \\ a_j \end{bmatrix}, \quad j = 1, 2 \quad (1)$$

- Resolvendo a equação acima, assumido  $a_1 a_2 = 1$ , o slope local é dado por  $\theta_j = \arctan(a_j)$ ,  $j = 1, 2$ . O valor do slope local  $\theta_j$  das reflexões é calculado no valor máximo de  $\lambda_j$ .

### Interpolação e empilhamento das amostras de mesmo slope

Na segunda fase do método é realizada a projeção da amostra a partir do slope local da amostra original dos dados e uma interpolação usando as amostras vizinhas da amostra projetada. A figura 1(a) ilustra um esquema com a projeção do slope local da amostra  $d(i, j)$  e a amostra  $\tilde{d}(i + \lambda, j + 1)$  interpolada utilizando pesos  $w_1$  e  $w_2$  calculados com as distâncias  $\alpha$  e  $\beta$  das amostras vizinhas. Na 1(b) mostra a amostra resultante do empilhamento  $\tilde{d}(i, j)$  da amostra original da posição em que foi estimado inicialmente o slope local  $d(i, j)$  e a amostra interpolada  $\tilde{d}(i + \lambda, j + 1)$ .

Podemos escrever os passos do algoritmo para obtenção do traço de mais curto afastamento  $\tilde{d}(1, 1)$  de uma família CMP  $d(n_z, n_x)$ , onde  $n_z$  é o número de amostras no tempo e  $n_x$  o número de traços de uma família CMP:

Matriz slope local  $slp(i, j)$

Do  $J=N_x - 1, 1, -1$

Do  $I=1, N_z - 1$

Projeção do slope local  $\theta = slp(i, j)$

Calcula  $\alpha_{(i,j)}$  e  $\beta_{(i,j)}$

Calcula  $\omega_1 = \frac{\beta^2}{\alpha^2 + \beta^2}$

Calcula  $\omega_2 = \frac{\alpha^2}{\alpha^2 + \beta^2}$

$\tilde{d} = d(i, j + 1)\omega_1 + d(i + 1, j + 1)\omega_2$

$\tilde{d}(i, j) = d(i, j) + \tilde{d}$

Enddo

## APLICAÇÃO E RESULTADOS

O método de local slope com a acumulação das amplitudes das reflexões foi aplicado em um dado sísmico marinho real do Golfo do México que possui 2172 famílias CMP, intervalo de amostragem de 4 ms, tempo total de registro de 6s e cobertura CMP nominal de 90 traços. O dado é de boa qualidade embora seja afetado grandemente pela múltiplas do fundo oceânico, além disso, contém um corpo salina de razoável extensão. Para aplicar o método foram feitas as seguintes etapas do processamento:

- Leitura do dado segy;
- Montagem da geometria;
- Edição e organização dos traços em famílias CMP;
- Aplicação do método do slope local com a acumulação das amplitudes das reflexões.

Para comparar os resultados obtidos com uso do método foi realizado o processamento CMP convencional englobando as etapas citadas anteriormente acrescentando as etapas de análise de velocidade, correção do sobretempo normal (NMO), mute do estiramento e empilhamento das famílias CMP.

A Figura 2 ilustra uma família CMP do dado original e a família CMP correspondente composta pelo traços obtidos após a soma das amplitudes de mesmo slope local. O traço de mais curto afastamento da família CMP obtido pelo método, possui a energia acumulada dos eventos de reflexão para os diferentes afastamentos fonte-receptor do dado.

Os traços de mais curto afastamento de todas as famílias CMP após a aplicação do método podem ser agrupados em uma única seção, dando origem a seção de afastamento mais curto. A Figura 3 ilustra a seção empilhada CMP convencional e a seção de mais curto afastamento. Podemos notar na seção de curto afastamento, a continuidade dos eventos e das múltiplas. Esse resultado é esperado, uma vez que, as reverberações sísmicas possuem caráter hiperbólico com as reflexões primárias, fazendo com a estimativa do slope local será bem sucedida. A boa estimativa do slope local dos eventos de reflexão pelo método evita o aparecimento do efeito do estiramento na seção de mais curto afastamento.

## CONCLUSÕES

O método de local slope com a acumulação das amplitudes das reflexões produziu uma seção de mais curto afastamento de boa qualidade, sem a necessidade do

campo de velocidade da subsuperfície, não ocorre efeito de estiramento dos traços. O conteúdo de frequência da seção sísmica final não sofre alterações pelo método.

As reflexões primárias e reverberações foram bem mapeadas pelo método, reafirmando a eficácia e o compromisso do método local slope, no mapeamento das amostras pertencentes as reflexões sísmicas nas famílias CMP.

O método pode ser facilmente implementado e computacionalmente eficiente.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq/INCT-GP e CAPES pelo financiamento e apoio à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- Bekara, M., e Baan, M. V., 2007, Local singular value decomposition for signal enhancement of seismic data: *Geophysics*, **72**, V59–V65.
- Chiu, S. K., e Howell, J. E., 2008, Attenuation of coherent noise using localized-adaptive eigenimage filter: Attenuation of coherent noise using localized-adaptive eigenimage filter:., Expanded Abstract, 78th Annual SEG Meeting, 2541–2545.
- Garabito G., C. J. C. H. P. C. J., 2001, Common reflection surface stack: A new parameter search strategy by global optimization: Common reflection surface stack: A new parameter search strategy by global optimization:., Expanded Abstract, 71st Annual SEG Meeting, 2009–2012.
- Jager, R., Mann, J., Hocht, G., e Hubral, P., 2001, Common reflection surface stack: images and attributes: *Geophysics*, **66**, no. 1, 97–109.
- Kendall, R., Jin, S., e Ronen, S., 2005, An svd-polarization filter for ground roll attenuation on multi-component data: An svd-polarization filter for ground roll attenuation on multicomponent data:., Expanded Abstract, 77th Annual SEG Meeting, 928–932.
- Mayne, W. H., 1962, Common reflection point horizontal data stacking techniques: *Geophysics*, **27**, 927–938.
- Melo, P. E. M., Porsani, M. J., e Silva, M. G., 2009, Groundroll attenuation using time derivative filter: *Geophysical prospecting*, **57**, 343–353.
- Porsani, M. J., Stoffa, P., Mrinal, K., e Chunduru, R., 2000, Fitness functions, genetic algorithms and

hybrid optimization in seismic waveform inversion:  
Journal of Seismic Exploration, **9**, 143–164.

Porsani, M. J., Silva, M. G., Melo, P. M., e Ursin, B.,  
2010a, An adaptive local-slope svd filtering approach  
to enhance events on seismic sections: An adaptive  
local-slope svd filtering approach to enhance events  
on seismic sections:, Expanded Abstract, 80th Annual  
SEG Meeting, 3717–3722.

Tyapkin, Y. K., Marmalyevskyy, N. Y., e Gornyak,  
Z. V., 2003, Source-generated noise attenuation  
using the singular valued decomposition: Source-  
generated noise attenuation using the singular va-  
lued decomposition:, Expanded Abstract, 75th An-  
nual SEG Meeting, 2044–2047.

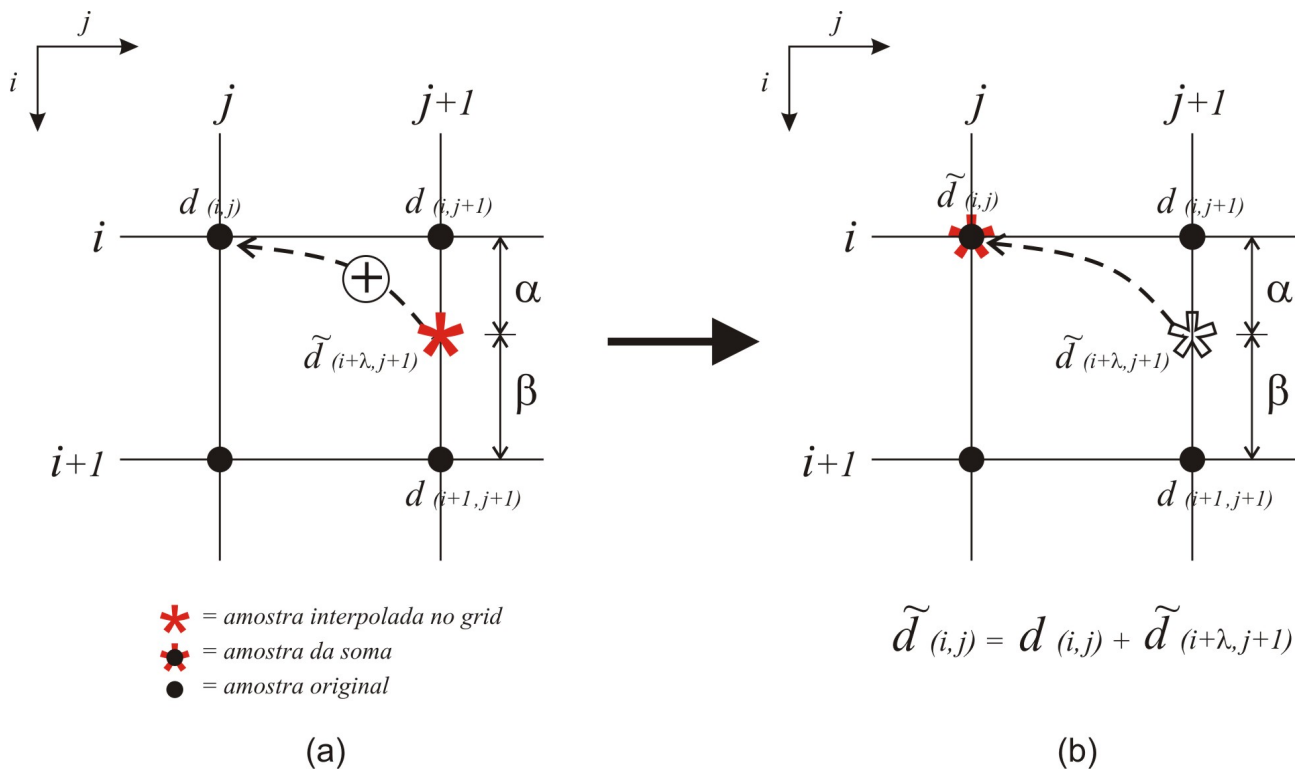


Figura 1: Interpolação e projeção da amostra interpolada no traço  $j + 1$  com o mesmo slope local do traço  $j$  em (a) e o resultado da soma das amostras de mesmo slope local no traço  $j$  em (b)

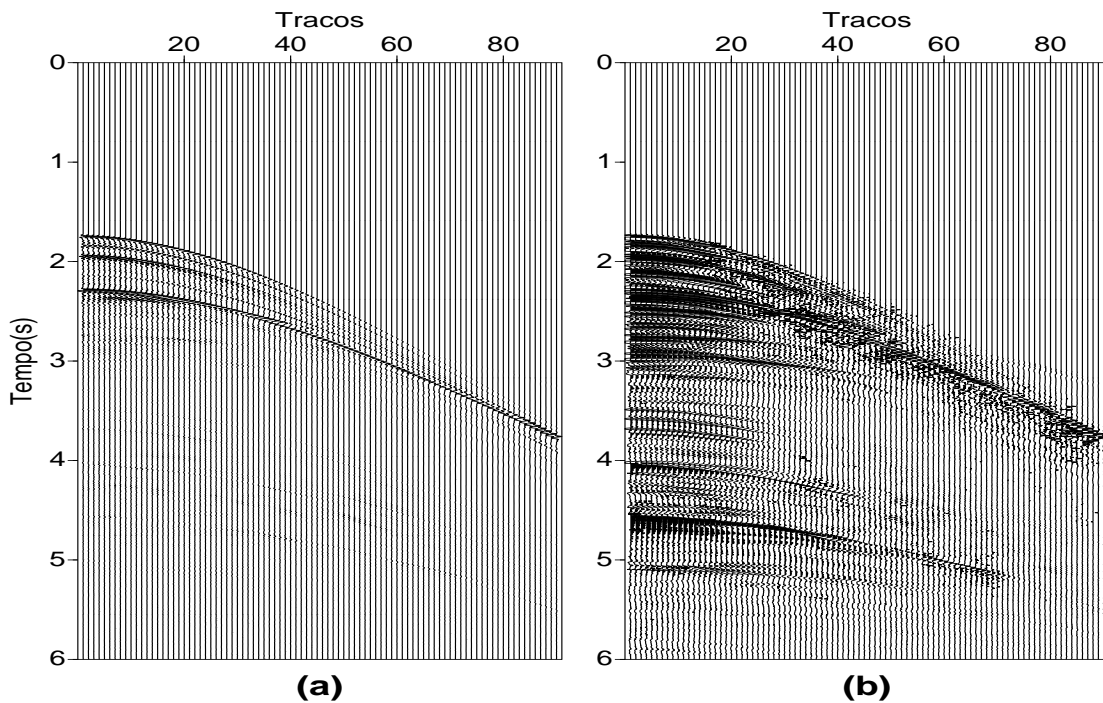


Figura 2: Família CMP original em (a) e a família CMP com traços de amplitudes acumuladas em cada traço durante o processo de empilhamento em (b)

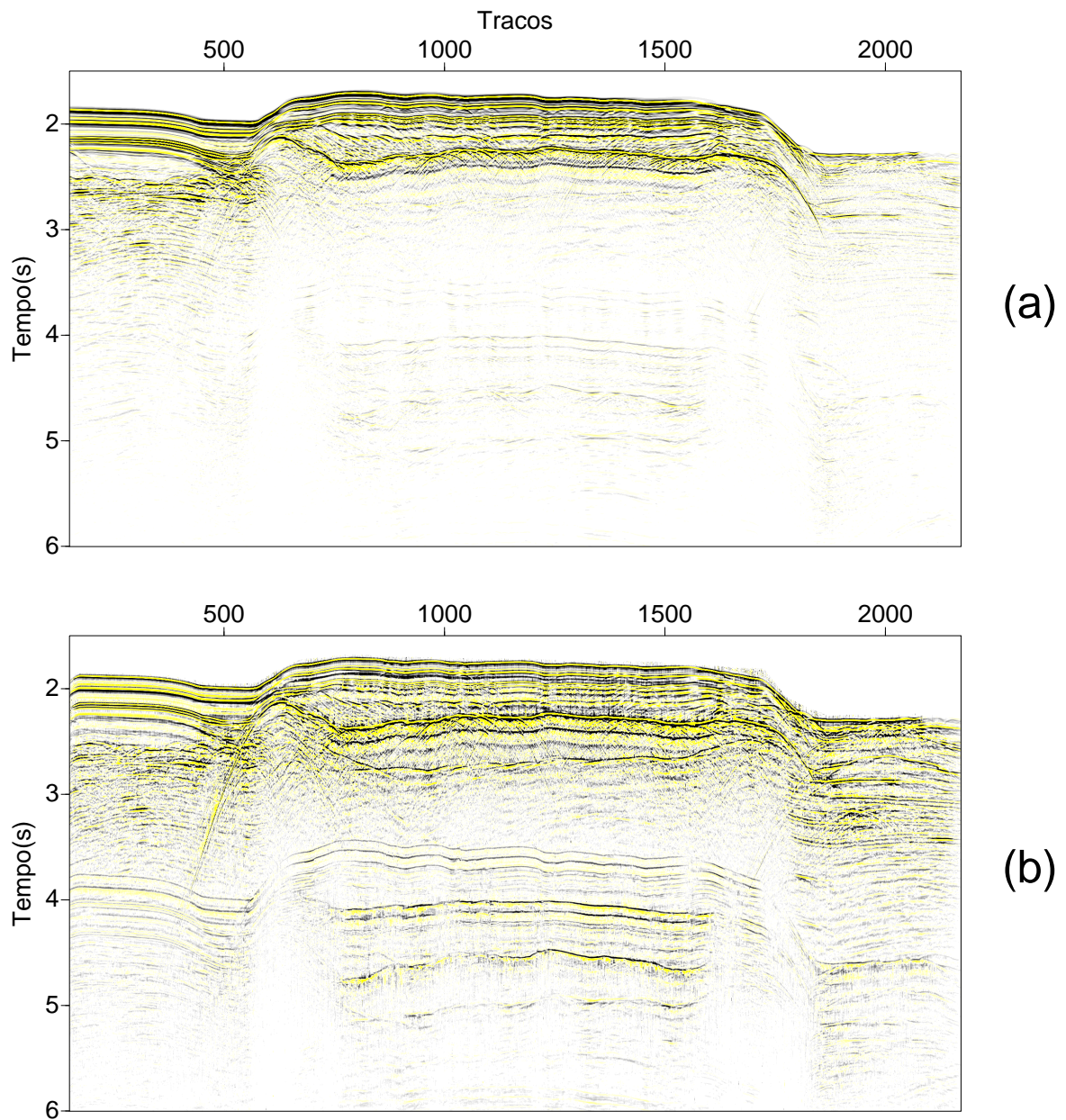


Figura 3: Seção sísmica obtida após o empilhamento CMP convencional em (a) e seção de mais curto afastamento obtida com o método proposto em (b)