

## Atenuação do *ground-roll* com filtragem direcional no domínio do tiro

Vinicius Queiroz de Oliveira\*, Luiz Eduardo Soares Ferreira, Carlos A. Reis Cardoso e Milton J. Porsani, CPGG-UFBA

Copyright 2008, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica. Este texto foi preparado para a apresentação no III Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém, 26 a 28 de novembro de 2008. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do III 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 *ground-roll* representa um sério problema enfrentado no processamento de dados sísmicos terrestres. Esse ruído de rolamento superficial se superpõe às reflexões primárias, reduzindo a razão Sinal/Ruído nos sismogramas. Os métodos convencionais de filtragem (F-K e Passa-Banda) se mostram pouco efetivos, uma vez que os espectros de frequência do *ground-roll* e do sinal possuem certo recobrimento. No presente trabalho testamos um novo método de filtragem para atenuação do *ground-roll*. O novo método utiliza um operador de filtragem direcional 2D. Para isso estima-se a direção de mergulho do evento linear a ser retirado (*ground-roll*) e obtém-se o operador 2D para estimar a derivada direcional. Este operador é aplicado, mediante convolução 2D, sobre a matriz de dados correspondente à família de traços associadas a um ponto de tiro. O método é simples de ser utilizado e foi testado sobre dados sísmicos da Bacia do Tacutu, apresentando resultados animadores.

### INTRODUÇÃO

A boa definição de estruturas armazenadoras de óleo e gás depende diretamente da resolução do traço sísmico, que por sua vez são registrados com diversos ruídos. Na sísmica de exploração, os ruídos que são observados nos sismogramas e que apresentam certa regularidade traço a traço, são classificados como ruídos coerentes. Dentre esses, merece destaque o chamado *ground-roll*, que comumente está presente nos dados sísmicos terrestres. As principais características desse ruído são a alta amplitude, baixa velocidade e altas amplitude do espectro, concentrada nas baixas frequências (5-12 Hz). Em geral, a velocidade de propagação do *ground-roll* está na faixa de 100 a 1.000 m/s e a frequência do *ground-roll* inferior a dos eventos de refração e reflexão, por volta de 10 Hz (Telford et al., 1976).

É de interesse para a indústria do petróleo a atenuação do *ground-roll* para melhorar a razão Sinal/Ruído dos sismogramas. Alguns métodos, ditos convencionais, são largamente encontrados na literatura geofísica para a remoção desse ruído. Podemos destacar os filtros de

freqüência Passa-Banda e o F-K. Estes nem sempre fornecem bons resultados, pois trabalham no domínio da freqüência e muitas vezes os espectros do sinal e do ruído se superpõem, ficando difícil eliminar somente o ruído. Neste trabalho testamos um novo método para a atenuação do *ground-roll* que utiliza um operador 2D para a obtenção da derivada direcional. A filtragem do *ground-roll* é obtida através da convolução do operador 2D de derivada, com o sismograma dos dados originais, onde o único parâmetro de entrada é a velocidade do evento linear a ser retirado. A operação da derivada tem a função de retirar os eventos lineares com velocidades próximas à velocidade escolhida colocando, assim, as reflexões desejadas em evidência.

### METODOLOGIA

O problema de atenuação do *ground-roll* foi tratado com a aplicação de um filtro 2D de derivada direcional, uma vez que esse evento é linear e sua velocidade pode ser estimada nos sismogramas. Para testar o método utilizou-se a linha sísmica da bacia sedimentar do Tacutu, linha 204-RL-247, 404 tiros. Dessa forma, realizou-se um pré-processamento do dado (geometria, edição e *mute*), com o objetivo de preparar o dado para aplicação do filtro. Essa fase mostrou-se fundamental para a garantia do sucesso na aplicação do filtro 2D de derivada direcional. Foi necessário estimar a velocidade do evento linear que se deseja retirar (*ground-roll*).

### Filtro de derivada direcional

A Figura 1 ilustra o método utilizado na obtenção do operador de derivada direcional 2D. Os pontos enumerados de 1 a 9 indicam as posições das observações  $A_1, \dots, A_9$ , respectivamente.

Uma aproximação da derivada (calculada no ponto central do operador), tomada ao longo da direção  $\mathbf{r}'$ , que forma um ângulo  $\theta$  com relação à vertical, pode ser obtida tomando-se a diferença dos valores interpolados na vizinhança positiva e negativa da posição central do operador, simetricamente distribuídas ao longo da direção  $\mathbf{r}'$ , conforme mostrado na Figura 1. Seguindo o procedimento proposto por Melo et al. (2008), utilizamos no presente trabalho o método de interpolação baseado no inverso da distância (Shepard, 1988).

Os valores interpolados, ao longo da direção  $\mathbf{r}'$ , nas posições  $\mathbf{r}^+$  e  $\mathbf{r}^-$  são calculados com as expressões,

$$f(\mathbf{r}^+) \approx \sum_{i=1}^N w_i^+ A_i = I(\mathbf{r}^+) , \quad (1)$$

$$f(\mathbf{r}^-) \approx \sum_{i=1}^N w_i^- A_i = I(\mathbf{r}^-) , \quad (2)$$

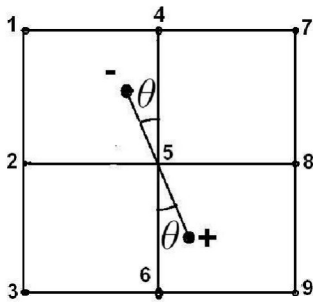


Figura 1: Representação esquemática utilizada na obtenção de um operador  $3 \times 3$ . A derivada no centro do operador, tomada ao longo da direção  $\theta$  é obtida através da diferença entre os valores interpolados nas posições opostas + e -.

Os pesos utilizados na interpolação linear são calculados através da equação,

$$w_j = \frac{\frac{1}{d_j}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i}} \quad (3)$$

onde  $d_i = |\mathbf{r} - \mathbf{r}_i|$  representa a distância entre as posições  $r_1, \dots, r_9$  ao ponto  $r^+$ , ou  $r^-$  onde desejamos interpolar. A derivada na direção  $r'$  pode ser estimada através da equação,

$$\frac{\partial f(x, t)}{\partial r'} \approx \frac{I(\mathbf{r}^+) - I(\mathbf{r}^-)}{|\mathbf{r}^+ - \mathbf{r}^-|} = \sum_{i=1}^N \frac{(w_i^+ - w_i^-)}{|\mathbf{r}^+ - \mathbf{r}^-|} A_i \quad (4)$$

Considerando que as amostras do sismograma distribuem-se sob uma malha regular o operador 2D precisa ser calculado apenas uma vez e sua aplicação a toda matriz de dados pode ser feita através da convolução 2D. Podemos também aplicar o filtro em cascata para obter derivadas de ordem superior.

## RESULTADOS

A Figura 2a mostra um *supergather* formado a partir de 50 CMPs (101-151) dos dados originais. A Figura 2b mostra o espectro de velocidades correspondente ao CMP-126. A Figura 3a mostra o *supergather* formado a partir dos dados filtrados com o método proposto. O espectro de velocidades correspondente está apresentado na Figura 3b.

Os espectros de amplitudes correspondentes estão mostrados nas Figuras 4a e 4b, respectivamente. Analisando-se as figuras observa-se que a filtragem direcional 2D consegue atenuar a banda de frequência (0 - 12 Hz) do *ground-roll*, que antes da filtragem mostrava-se marcante a sua presença, além de amplificar as frequências com valores maiores (próximos ao das hipérbolas de reflexão). Nota-se também o aumento das altas frequências na banda 40-80 Hz, ocasionado pela derivada. Filtragens adicionais podem ser realizadas. O importante porém é que o *ground-roll* foi fortemente atenuado e as reflexões subjacentes e mascaradas pelo ruído tornam-se evidentes. Pode-se dizer que o resultado é bastante

satisfatório, pois o *ground-roll* foi bastante atenuado e a continuidade lateral das reflexões foi restituída.

A Figura 5 mostra a seção empilhada original. A Figura 6 mostra a seção empilhada após a filtragem do *ground-roll* utilizando o método proposto. A inspeção das duas figuras mostra uma melhor resolução e continuidade dos refletores na seção filtrada.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O método da derivada direcional promove um significativo aumento na resolução temporal e na razão sinal/ruído, como pudemos observar no dado filtrado da Bacia do Tacutu. A linha 204 -RL - 247 empilhada após a filtragem do *ground-roll*, exibe uma boa resolução temporal e melhor definição e continuidade lateral dos eventos sísmicos de subsuperfície, comparada à seção empilhada original.

Na aplicação da derivada direcional o operador de filtragem é calculado apenas uma única vez e aplicado, mediante convolução 2D, em toda matriz dos dados fazendo com que o custo computacional deste método seja baixo.

Novas aplicações do método de filtragem direcional, podem ser facilmente implementadas em dados pré ou pós-empilhados, para realçar feições geológicas e estruturas estratigráficas de interesse para o geofísico interprete, bem como, para filtrar diferentes tipos de ruídos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pelo apoio financeiro concedido pela FINEP, PETROBRAS, FAPESB, ANP-PRH08 e CNPQ. Agradecem à Paradigm Geophysical pela licença do *software* de processamento sísmico (Focus) e à Landmark pela licença dos *softwares* *seispace* e *seiswork*. Agradecem também ao geofísico Michelangelo Gomes Silva pelo apoio dado no processamento dos dados reais.

## REFERÊNCIAS

- Melo, P. E. M.; Porsani M. P.; Silva, M. (2008). Ground-roll attenuation using a 2D time derivative filter. Geophysical Prospecting (no prelo).
- Shepard, D. 1968. A two-dimensional interpolation function for irregularly spaced data. Proc. 23rd nat. Conf. ACM, 517-523 Brandon/Systems Press Inc., Princeton.
- Silva, M. G. (2004) Processamento de dados sísmicos da Bacia do Tacutu, Tese de Mestrado da Universidade Federal da Bahia.
- Yilmaz, Ö. (1987) Seismic Data Processing, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. and Keyes, D.A. Applied geophysics, CUP, 1976

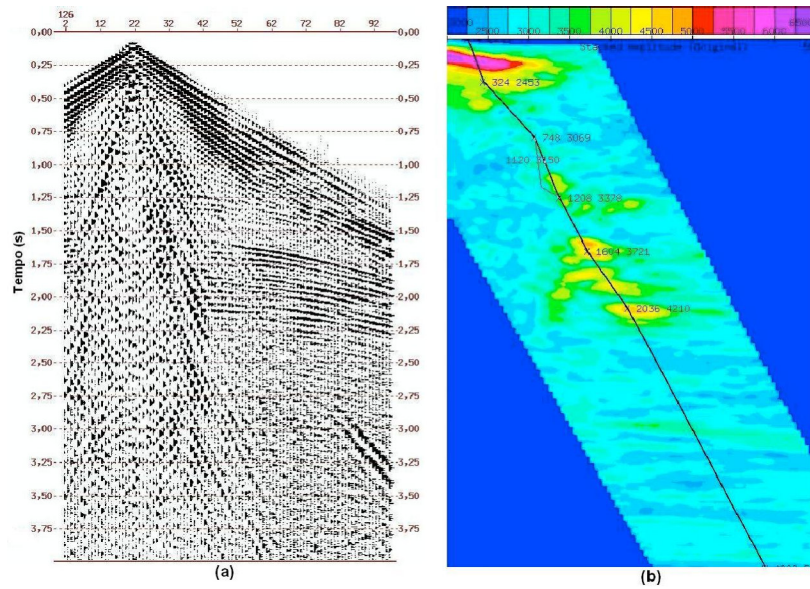


Figura 2: *Supergather* formado a partir de 50 CMPs dos dados originais em (a) e espectro de velocidades correspondente em (b).

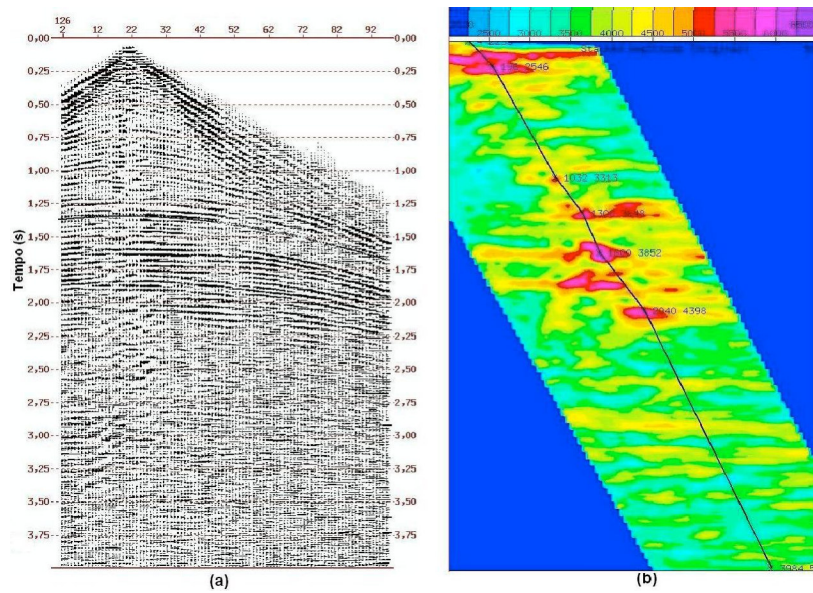


Figura 3: *Supergather* formado a partir de 50 CMPs dos dados filtrados em (a) e espectro de velocidades correspondente em (b).

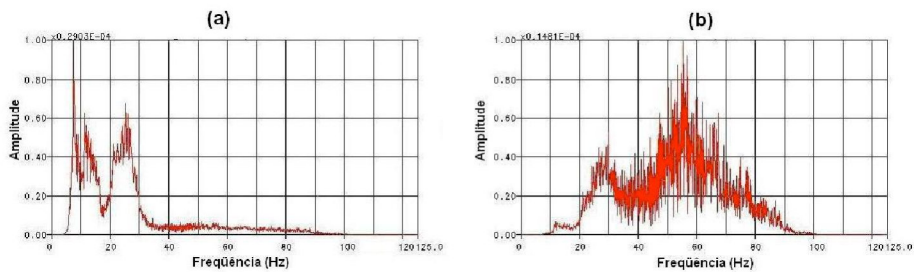


Figura 4: Espectro de Amplitude da família de traços do tiro 123. Espectro dos dados originais em (a) e após a filtragem em (b).

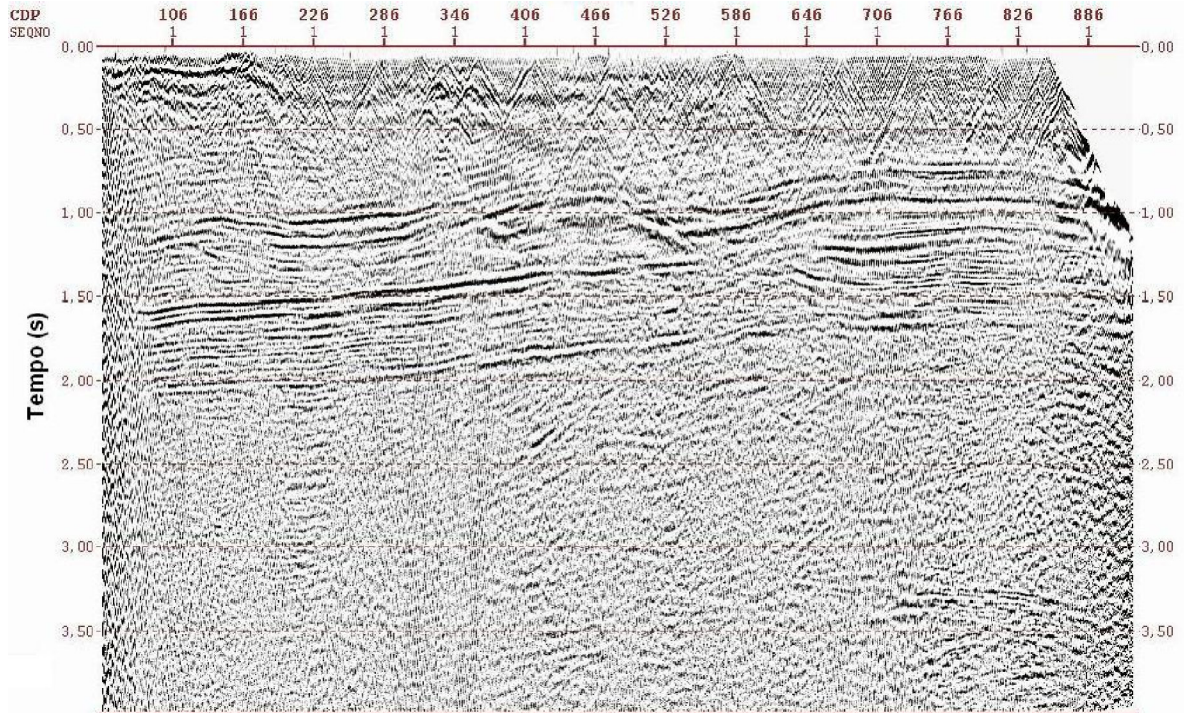


Figura 5: Seção empilhada original.

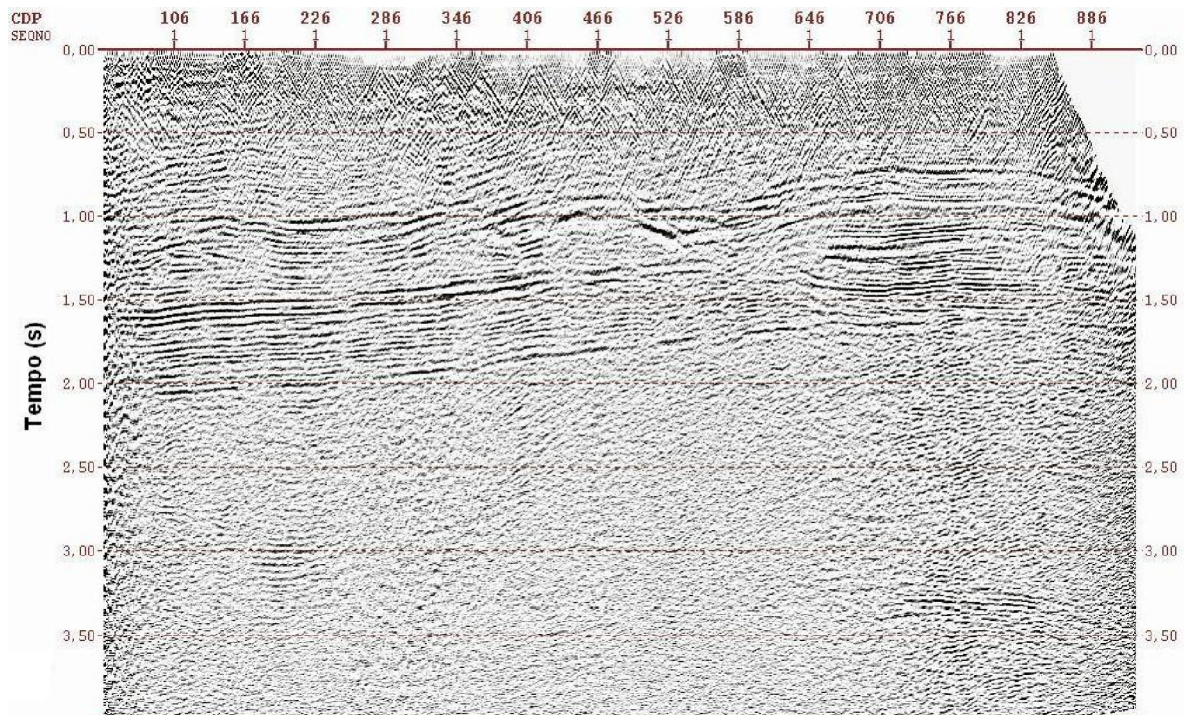


Figura 6: Seção empilhada após a filtragem direcional.