



Atenuação do *Ground-roll* Utilizando a Plataforma GêBR

Luiz Eduardo Soares Ferreira, Milton J. Porsani e Paulo Espinheira Menezes de Melo, CPGG-UFBA

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11th 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.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo principal mostrar como a GêBR pode ser facilmente usada por alunos e professores universitários como uma importante ferramenta no processamento de dados sísmicos. A GêBR é uma interface gráfica de distribuição livre e código aberto que serve de plataforma para outros softwares. Neste trabalho ilustramos o uso da plataforma GêBR efetuando o processamento sísmico e atenuação do *ground-roll* de uma linha sísmica terrestre da Bacia do Tacutu. Vários aplicativos do pacote Seismic Unix (SU) do CWP, além de programas e subrotinas desenvolvidos no CPGG/UFBA foram inseridos na plataforma GêBR. Para filtragem do *ground-roll* utilizamos o método de filtragem direcional 2D, desenvolvido no CPGG/UFBA, juntamente com programas do SU. Os resultados demonstraram que a GêBR pode ser utilizada com sucesso para o processamento e obtenção de seções sísmicas empilhadas de ótima qualidade.

Introdução

A sísmica de reflexão por possibilitar a visualização da subsuperfície com alta resolução, tem sido alvo de grandes investimentos vindos da indústria do petróleo. Esses investimentos têm impulsionado as empresas fabricantes de softwares de processamento sísmico, a criarem novos programas ou pacotes (a serem inseridos nos softwares), que melhorem as imagens geradas. O avanço tem sido rápido e os resultados têm sido cada vez melhores na confecção destes programas, porém eles custam caro e tem licença limitada, restringindo o seu uso a empresas com grande poder aquisitivo excluindo algumas instituições de ensino e pesquisa que não dispõem de recursos financeiros, além de seu código fonte ser restrito. Diante de tais dificuldades, em 2005 o brasileiro Eduardo Filpo, criou a primeira versão da GêBR, que é uma interface gráfica que serve para gerenciar fluxos de processamento geofísico ou qualquer pacote de processamento baseado em linha de comando, com tecnologia livre, e execução transparente de fluxos tanto localmente quanto remotamente. A simplicidade é, sem

dúvida, uma das suas principais características.

Hoje, muitos dos comandos até então em funcionamento na GêBR, são do software de processamento sísmico de distribuição livre Seismic Unix (SU). Contudo, pela GêBR possuir código aberto, outros módulos estão sendo inseridos por pesquisadores, a exemplo dos módulos: Geometria (responsável por rodar a geometria montada em planilha); Suxkill (realiza a edição); IVA (realiza a análise de velocidade); e fd2d (que realiza a filtragem através da Derivada Direcional 2D), tais módulos foram criados no laboratório de Geofísica de Exploração de Petróleo (LAGEP/UFBA) visando contribuir, assim como outros centros de pesquisa, com essa importante ferramenta para deixa-la cada vez mais robusta.

Devido ao custo, liberdade e flexibilidade que esta interface gráfica proporciona, queremos através deste trabalho incentivar os alunos e professores a usarem esse software (versão 1.0 da GêBR) no processamento de dados sísmicos. Com isso, realizamos o processamento completo da linha sísmica terrestre (204 - RL - 247) da Bacia do Tacutu com a finalidade de mostrar como o programa é interativo, de fácil manuseio. Os resultados obtidos foram bastante promissores.

Metodologia

Com a finalidade de gerar uma seção sísmica de boa qualidade usando a plataforma da GêBR, os dados sísmicos foram submetidos a uma série de operações e manipulações, as quais foram separadas em etapas de processamento. Etapa I (pré-processamento) e Etapa II (processamento avançado). Na primeira etapa realizamos: o tratamento preliminar do dado que consistiu na conversão do formato sgy para su; visualização prévia dos dados; montagem da geometria, onde determinamos para cada traço sísmico as coordenadas de ponto de tiro, receptor, do ponto médio comum (CMP) e do seu offset correspondente; no estágio da edição visualizamos os sismogramas no domínio do tiro/canal e caso necessário decidimos eliminar totalmente ou parcialmente os traços ruidosos, que poderiam comprometer a qualidade dos resultados; a correção de amplitude foi utilizada na tentativa de fazer com que a amplitude dos dados chegassem o mais perto possível da amplitude verdadeira, ou seja, da amplitude da onda no momento em que ela saiu da fonte.

Na segunda etapa: Geralmente, usamos os filtros de frequência que consistem em limitar a banda de frequência de forma que sejam removidos dos traços os componentes de frequência muito baixos ou muito altos, sendo que no presente trabalho utilizamos um novo método de filtragem baseado na Derivada Direcional 2D que foi inserido na GêBR. Para utilizá-lo estimamos a direção de mergulho do evento linear que foi retirado e obtivemos o

operador 2D que estimou o filtro da derivada direcional, este operador 2D foi aplicado, mediante convolução, sobre a matriz de dados correspondente à família de traços associadas a um ponto de tiro; re-organizamos os dados passando-os do domínio do tiro para o domínio CMP; fizemos a análise de velocidade, tendo como objetivo definir as funções velocidades que melhor compensassem as diferenças de sobretempo normal (NMO) das reflexões; Realizamos a correção de NMO em todos os CMP's; no último estágio empilhamos a seção, ou seja, realizamos a soma aritmética das amplitudes dos traços das famílias CMP's, após a correção de NMO obtendo a seção empilhada.

Filtro de derivada direcional

A Figura 1 ilustra o método utilizado na obtenção do operador de derivada direcional 2D proposto por Melo et al. (2009). 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 θ 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.

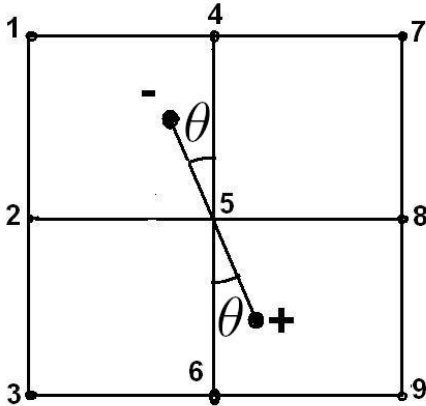


Figura 1: Representação esquemática utilizada na obtenção de um operador 3×3 . A derivada no centro do operador, tomada ao longo da direção θ é obtida através da diferença entre os valores interpolados nas posições opostas + e -. Os valores interpolados, ao longo da direção \mathbf{r}' , nas posições \mathbf{r}^+ e \mathbf{r}^- são calculados com as expressões,

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

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

Os pesos utilizados na interpolação linear são calcula-

dos 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 \mathbf{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

Os resultados alcançados com o uso da GêBR serão apresentados seguindo as etapas realizadas no processamento.

• Conversão de formato

Foi utilizado o módulo SU SEG-Y read (disponível no menu Flow Edition/Seismic Unix) para converter os dados da linha em tratamento do formato sgy para su, em seguida realizamos a montagem da geometria.

• Geometria

A etapa da montagem da geometria para a GêBR se dá com o preenchimento das tabelas Station, Shot, Pattern e CDP (2), sendo esta etapa muito semelhante aos softwares comerciais. Após o preenchimento destas tabelas utiliza-se o módulo Geometria que carrega as informações nos headers dos traços, informações utilizada dos arquivos gerados no Gnumeric, gerando um arquivo de saída com a geometria montada. Montada a geometria passamos para a Edição.

• Edição

Para fazer a edição foi utilizado o módulo Suxkill e o Suxmute (3), (disponíveis nas próximas versões da GêBR), sendo estes uma interface gráfica para o modulo sukil e sumute do SU que foram modificados para rodar na GêBR. Através do suxkill pode-se ler tiro a tiro, pode eliminar traços um a um, ou dentro de um intervalo. Juntos a eles foram acrescentadas opções de menu e saída padrão. No suxmute podemos também lê tiro a tiro, aplicar o mute para um tiro, ou para todos os tiros. Estas modificações tornaram a etapa da edição (sendo esta a mais trabalhosa do processamento sísmico) mais fácil. Terminada a edição passamos para correção de amplitude.

• Correção de Amplitude

Na correção de amplitude utilizamos o módulo do SU o SU Gain (disponível no menu Flow Edition/Gain, NMO,

	Shot	Station	Pattern	Origin	Shot X	Shot Y
1	1	78	1	78	3900	0
2	2	79	1	79	3950	0
3	3	80	1	80	4000	0
4	4	81	1	81	4050	0
5	5	82	1	82	4100	0
6	6	83	1	83	4150	0
7	7	84	1	84	4200	0
8	8	85	1	85	4250	0
9	9	86	1	86	4300	0
10	10	87	1	87	4350	0

Figura 2: Preenchimento da tabela shot na preparação da geometria. Edição.

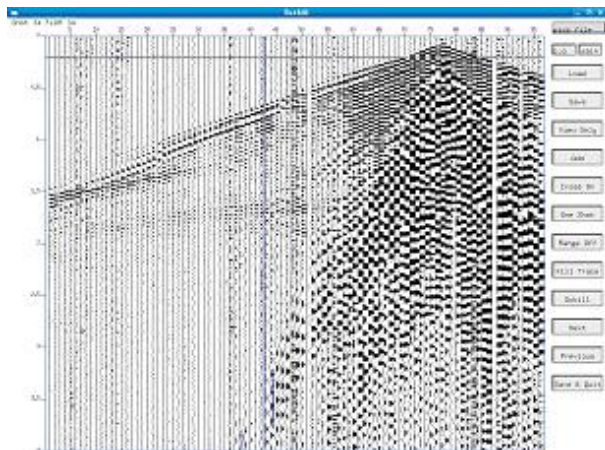


Figura 3: Edição no ambiente GêBr.

Standards Process). Após termos dado um ganho no dado passamos para etapa da filtragem.

• **Filtragem - Derivada Direcional 2D**

Para tratar o problema do *ground-roll* utilizamos o módulo fd2d (filtro Derivada Direcional 2D) inserido por nós que será disponível nas próximas versões. A Fig. 4 mostra que essa técnica de filtragem é bastante eficaz na atenuação do *ground-roll*. Os resultados mostram a seção final com alta razão sinal/ruído e com eventos com boa continuidade lateral.

• **Re-organização dos dados**

Após a utilização do filtro, re-organizamos os dados do domínio do tiro para o domínio CMP, através do módulo SU Sort (disponível no menu Flow Edition/Seismic Unix). Em seguida, realizamos a análise de velocidade.

• **Análise de Velocidade**

Na análise de velocidade utilizamos o módulo IVA (Interactive Velocity Analysis) (estará disponível nas próxi-

mas versões da GêBR). Com esse módulo geramos um supergather, seu respectivo semblance, e através dele selecionamos pares (tempo, velocidade) correspondentes as melhores velocidades de empilhamento, ou seja, aquelas que melhor conseguiram horizontalizar as hipérboles presentes no supergather (Fig. 5). Após a análise de velocidade passamos para o estágio final que foi a geração da seção empilhada.

• **Correção de NMO**

Utilizamos o módulo Su Nmo (disponível no menu Flow Edition/Seismic Unix) que usou as funções velocidades anteriores que melhor corrigiram as diferenças de sobretempo normal (NMO) das reflexões em todas as famílias CMP's. Após a correção de NMO passamos para o estágio final que foi a geração da seção empilhada.

• **Empilhamento** A seção original e a seção final foram empilhadas (Fig. 6) através do módulo Su sustack (disponível no menu Flow Edition/Seismic Unix).

Conclusões

A GêBR é uma plataforma que permite o processamento de dados geofísicos. Esta plataforma encontra-se em fase de desenvolvimento em várias instituições de ensino e pesquisa. No CPGG-UFBA adicionamos e testamos o programa de filtragem direcional 2D e demonstramos seu emprego na atenuação do *ground-roll*. Sem dúvida a GêBR representa uma ferramenta bastante útil para uso na academia e na indústria. Seu desenvolvimento permitirá grande facilidade nos testes de novos métodos de filtragem e processamento sísmico.

Agradecimentos

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

Referências

GêBR Home page: <http://groups.google.com/group/gebr/>
 Melo, P. E. M.; Porsani M. P.; Silva, M., 2009, Ground-roll attenuation using a 2D time derivative filter. Geophysical Prospecting, 57, 343-353.
 Oliveira, V. Q., Ferreira, L. E. S., Cardoso, C. A. R. e Porsani, M. J., 2008, Atenuação do ground-roll com filtragem direcional no domínio do tiro, III Simpósio Brasileiro de Geofísica - Belém.
 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.

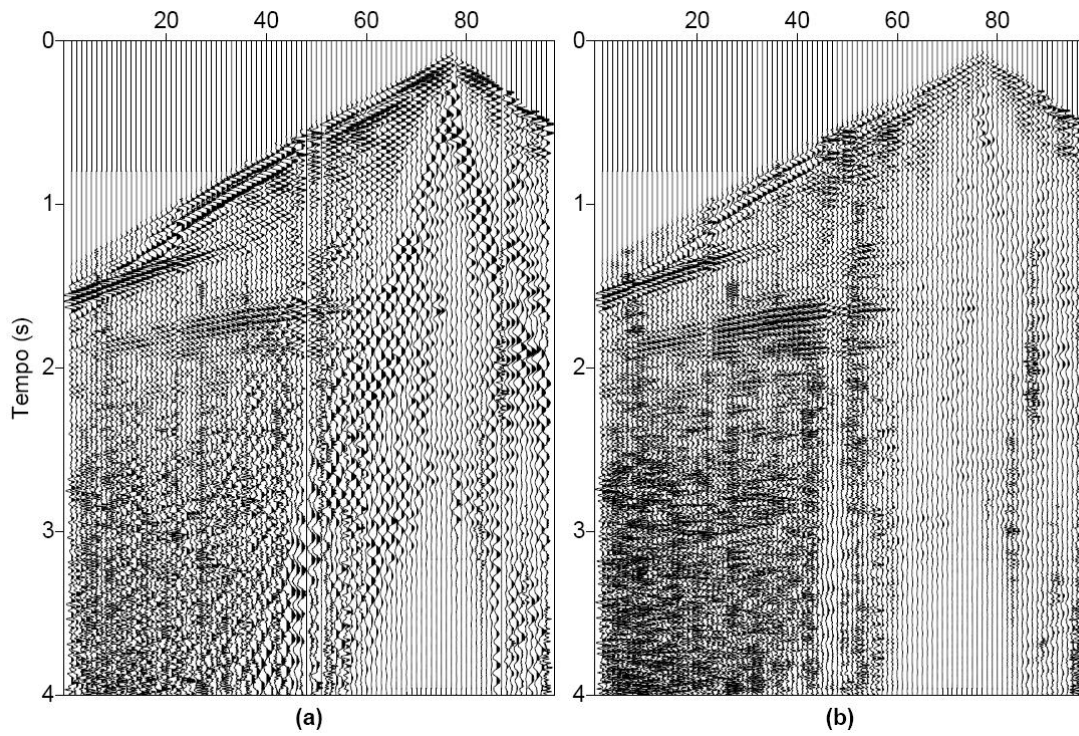


Figura 4: Resultado da aplicação da derivada direcional. Em (a) os dados originais. Em (b) o tiro filtrado.

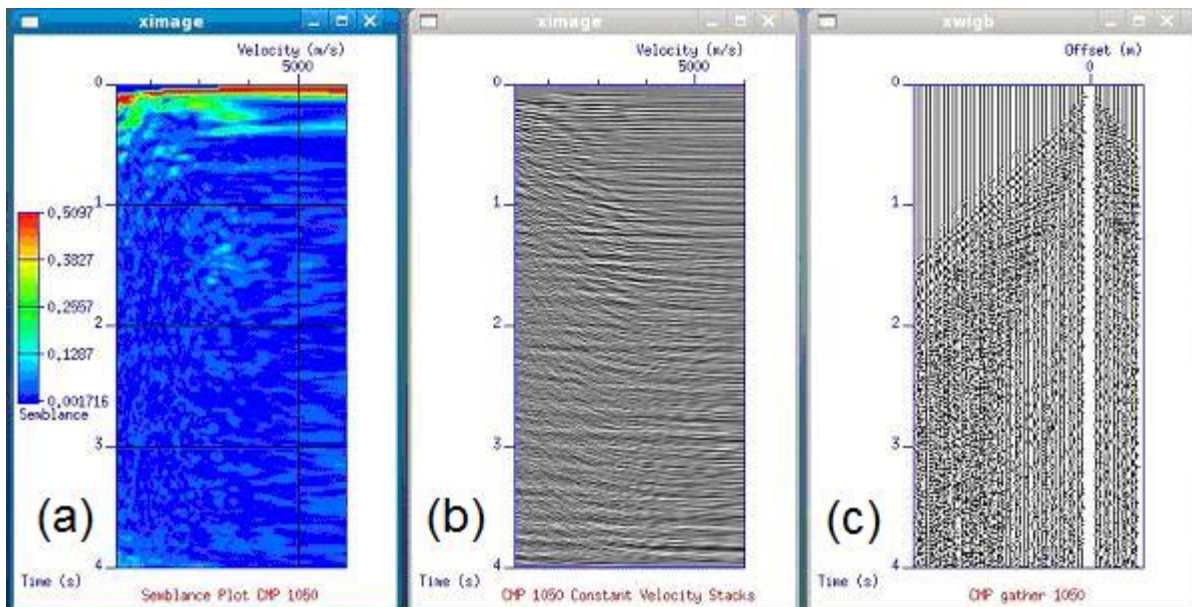


Figura 5: Análise de velocidade. (a) Espectro de velocidades (semblance), (b) Pseudo-seção empilhada e (c) Família CMP com correção NMO

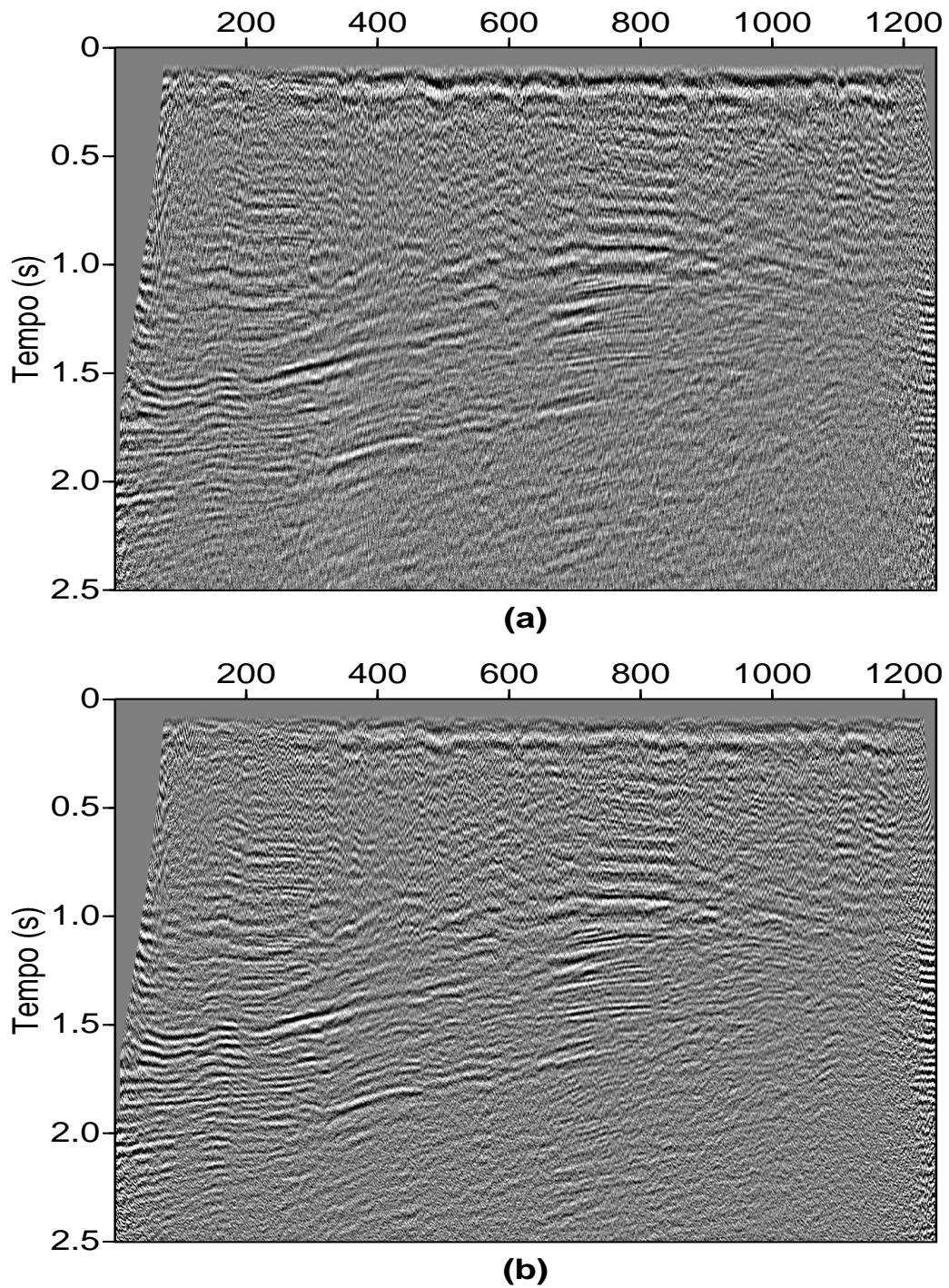


Figura 6: Seção empilhada original em (a) e empilhada após a filtragem direcional em (b).