

Processamento sísmico de difrações

Susanne Taina Ramalho Maciel, FUP - Universidade de Brasília e Ricardo Biloti, Universidade Estadual de Campinas

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.

RESUMO

É proposto um método para a construção de modelos de velocidade aprimorados a partir da detecção de difrações em seções de afastamento comum. O método constitui um procedimento automático, que utiliza medidas de coerência e as principais propriedades dinâmicas e cinemáticas das ondas difratadas para a identificação da velocidade em regiões onde há pontos difratores. Estas velocidades, em conjunto com as obtidas no processamento tradicional de reflexões, são utilizadas para a construção de um modelo de velocidades mais preciso. O método é aplicado em seções simuladas de modelos sintéticos, e o modelo construído pode ser utilizado em qualquer processo de migração.

INTRODUÇÃO

Um dos problemas mais importantes na interpretação de dados sísmicos é a localização de estruturas pontiagudas, como falhas, canais, descontinuidades geológicas entre outras. Estas estruturas, quando possuem dimensões menores do que o comprimento da onda acústica emitida em um levantamento sísmico, espalham a energia ao serem atingidas pelo campo de onda, gerando difrações.

As difrações possuem características distintas das ondas que são refletidas. Entre as diferenças, destaca-se o fato de que as amplitudes observadas em ondas difratadas são proporcionalmente menores do que as amplitudes das ondas refletidas, e por este motivo as difrações em geral são tratadas como ruído no processamento sísmico tradicional. A supressão da informação contida na onda espalhada, no entanto, suaviza descontinuidades abruptas no imageamento, o que dificulta a localização exata de estruturas importantes.

A ideia central do trabalho proposto é enriquecer o processamento sísmico tradicional de reflexões, acrescentando na construção do modelo de velocidades para a migração, pontos de controle onde são identificadas estruturas espalhadoras. Estes pontos de controle são determinados a partir do processamento de uma seção

sísmica pré-processada de tal forma onde as difrações são vistas como informação, e as reflexões como ruído. Nesta mesma linha de pesquisa, Fomel et al. (2007), Sava et al. (2005) e Khaidukov et al. (2004) propõem técnicas para o imageamento e análise de velocidades de seções onde as difrações são vistas como informação.

As propriedades dinâmicas da onda difratada são explicadas no trabalho de Trorey (1970), que expõe uma fórmula fechada para sua propagação, por onde é possível mostrar matematicamente que, para difrações geradas a partir de um truncamento de um refletor plano, a fase da onda difratada muda em 180° nas quinas do refletor. Nesta região, sua amplitude é metade da amplitude da onda refletida, e nas regiões mais afastadas do ponto difrator há um decaimento da amplitude. A partir destas constatações, e das propriedades cinemáticas das difrações, Landa et al. (1987) propõem um algoritmo de detecção de difrações em uma seção de afastamento comum, a partir da construção de seções-D. Neste trabalho, utilizamos as seções-D em uma versão adaptada, para a construção de modelos de velocidade onde é identificada a velocidade da onda em pontos difratores, que são seções as quais denominamos seções-V. Estes pontos serão utilizados como pontos de controle no modelo de velocidades gerado pelo processamento sísmico tradicional de reflexões.

MÉTODOS

As seções-D e seções-V são painéis onde o eixo horizontal representa possíveis coordenadas horizontais X_D de um difrator, e o eixo vertical representa os tempos t_0 de ida e volta de uma onda gerada por uma fonte e captada por um receptor localizados exatamente na posição acima do difrator. Para a geração das seções-V, utilizamos neste trabalho dados gerados a partir da simulação de uma aquisição sísmica de modelos sintéticos. O algoritmo de construção da seção-D envolve encontrar uma velocidade ótima para cada ponto (X_D, t_0) , que maximize a coerência entre o dado simulado e a curva de difração. Esta velocidade ótima fica registrada na seção-V.

Modelamento do dado

Os modelos foram gerados em Octave, e os dados, organizados em seções de afastamento comum, foram criados a partir de um modelador Kirchhoff. O modelador é baseado na forma descrita em (Trorey, 1970), e a solução é calculada via diferenças finitas. Assim, o dado possui difrações caso haja quinas no modelo, cujo comportamento dinâmico segue o padrão exposto por Trorey. Foram construídos 4 modelos de refletores planos truncados (ver Figura 1), e foi acrescentado ao dado um ruído aleatório de razão sinal ruído igual a 10.

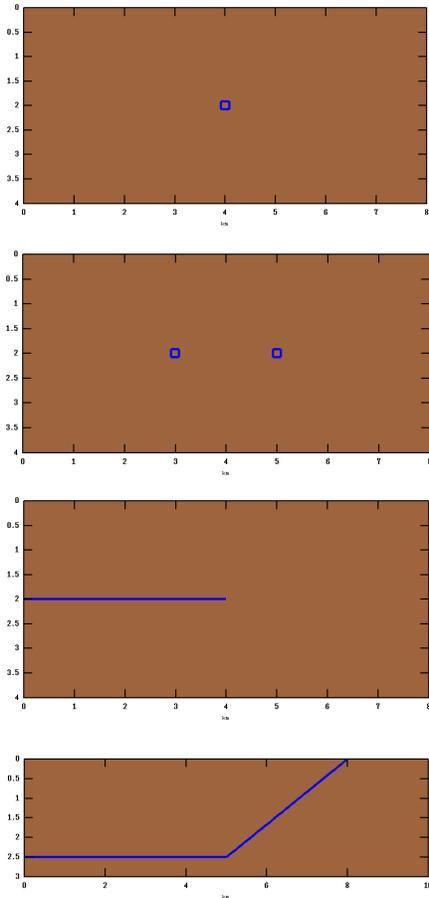


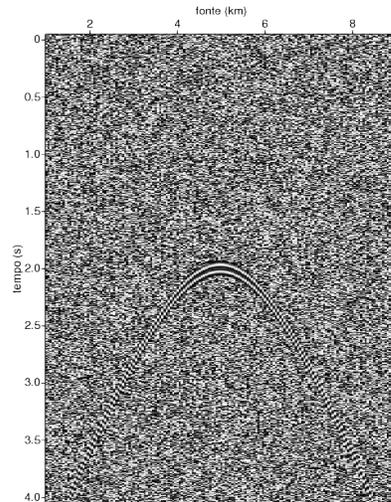
Figura 1: Modelos sintéticos utilizados. O meio em todos os modelos possui velocidade constante igual a 2 km/s.

Detecção de difrações

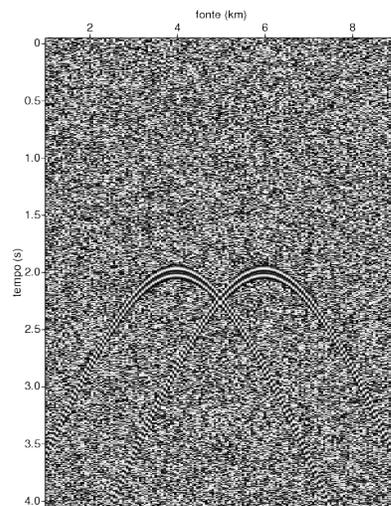
A detecção das difrações é feita a partir da construção de um painel similar às seções-D (Landa et al., 1987). Em uma seção de afastamento comum, as difrações aparecem em curvas que obedecem à equação 1. Como a posição do ponto médio X_{CMP} é determinada pela aquisição, a curva é caracterizada pelos parâmetros X_D , t_0 e v , onde v é a velocidade do meio. Assim é construída uma função que calcula a curva para vários valores destes parâmetros, e para cada curva, calculamos o valor da coerência dos valores coletados no dado. O resultado é um painel $X_D \times t_0$ (ver Figuras 4 e 4) semelhante a um painel de análise de velocidades, onde a posição dos difratores é extraída por técnicas convencionais de processamento.

$$t_D = \sqrt{t_0^2/4 + (\xi + h)^2/v^2} + \sqrt{t_0^2/4 + (\xi - h)^2/v^2} \quad (1)$$

onde



Dado 1

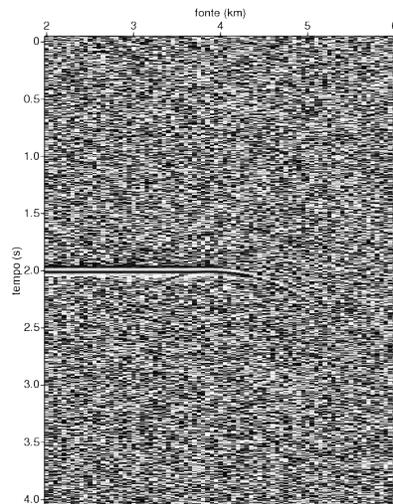


Dado 2

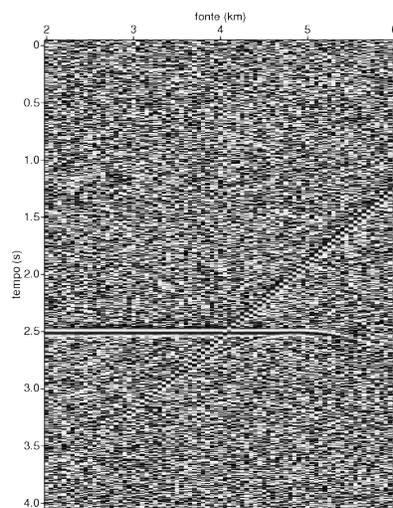
Figura 2: Seções sísmicas dos modelos 1 e 2. Observe que as difrações geram curvas hiperbólicas, e que há mudança de fase e decaimento das amplitudes nas difrações, diferentemente das hiperbóles geradas pelas ondas refletidas.

- t_0 = tempo de trânsito de ida e volta da onda sísmica em configuração de afastamento nulo;
- v = velocidade do meio;
- h = afastamento;
- $\xi = X_{CMP} - X_D$
- X_{CMP} = coordenada horizontal do ponto médio entre fonte e receptor
- X_D = coordenada horizontal do difrator.

A velocidade que produz a maior coerência é guardada na seção-V (Figuras 6 e 7). Determinada a localiza-



Dados 3



Dados 4

Figura 3: Seções sísmicas dos modelos 3 e 4.

ção das difrações na seção-D, é passado um filtro na seção-V de onde guardamos apenas as velocidades ótimas dos locais onde foram detectadas difrações. Estes locais determinam pontos de controle para o ajuste das interfaces no modelo de velocidades.

Construção do modelo de velocidade

O modelo de velocidade para a migração poderá então ser obtido a partir da análise de velocidades do processamento tradicional de reflexões. A construção das interfaces entre meios de velocidades diferentes envolve a resolução de um problema de otimização, onde a função objetivo é uma *spline* ajustada de maneira ótima e os pontos de controle determinados pela seção-V representam restrições a esse ajuste.

RESULTADOS

As construções das seções-D e seções-V são os principais resultados deste trabalho. A seção-D, inicialmente proposta por Landa et al. (1987), e a seção-V, foram repensadas e construídas em linguagem C, e estão disponíveis para serem utilizadas através da interface GêBR para processamento sísmico.

Os modelos 1 e 2 geram difrações nas descontinuidades dos refletores, conforme Trorey (1970). Como visto acima, o modelador utilizado gera curvas de difração apenas em descontinuidades de refletores, o que exclui a geração de curvas de difração a partir de um ponto difrator isolado. Para representação destes casos, criamos os modelos 3 e 4, onde cada ponto difrator é formado por um pequeno quadrado de refletores planos. As 4 difrações geradas pelas 4 quinas do modelo são tão próximas que podem ser consideradas uma única difração gerada a partir de um único ponto difrator em um meio de velocidade constante.

As seções-D e seções-V destes 4 modelos estão dispostas nas figuras 4, 5, 6 e 7, e as imagens obtidas foram as esperadas.

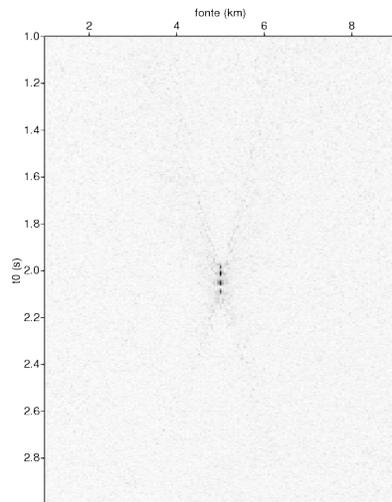
DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Propomos a otimização da construção do modelo de velocidades no processamento sísmico tradicional, utilizando as difrações como informação. Para isso, a etapa de pré-processamento é feita em duas seções distintas: a tradicional, onde as amplitudes mais baixas são filtradas, e apenas as reflexões são consideradas informação; e outra onde os eventos de difração são realçados, e os de reflexão suprimidos.

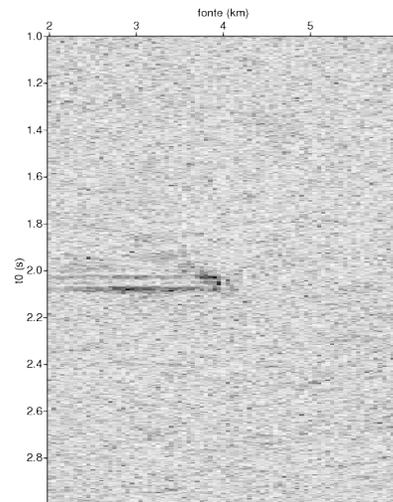
A identificação de pontos difratores em uma seção sísmica pelo uso de algoritmos de busca como a seção-D mostrou-se precisa e eficaz, e as seções-V filtradas, que são o produto final do trabalho, resgataram corretamente a velocidade utilizada nos modelos, de 2 km/h.

A construção final do modelo de velocidades é o próximo passo do trabalho. Note que o ajuste dos modelos de velocidade gerado pelo processamento sísmico tradicional e pelo processamento sugerido aqui não é trivial. Os pontos onde há difrações devem corresponder a estruturas pontiagudas no modelo, respeitando o formato dos refletores identificados pelo processamento das reflexões. Para isto, será necessária a construção de uma função que otimize o ajuste da velocidade aos pontos de controle, e ainda respeite os limites estabelecidos pelos refletores identificados. Uma vez determinado o modelo de velocidade, poderá ser feita qualquer tipo de migração, e espera-se que a imagem migrada mostre as difrações de forma mais nítida.

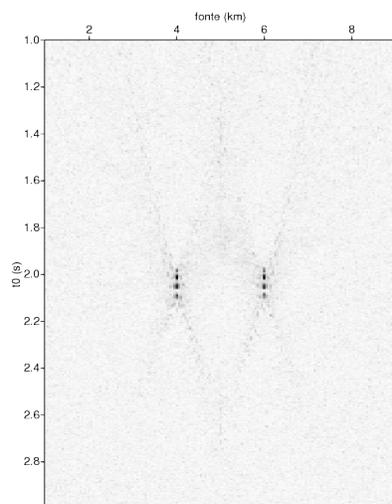
Todo o processamento, com exceção à construção da seção-D e da seção-V, foi realizada com pacotes já estabelecidos, entre eles o Seismic Unix, do CWP, e a GêBR,



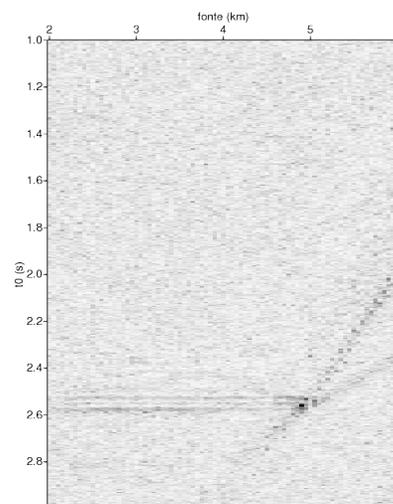
D-section 1



D-section 3



D-section 2



D-section 4

Figura 4: Seções-D dos modelos 1 e 2. O eixo horizontal é a posição da fonte e o eixo vertical é o tempo de trânsito de ida e volta para o afastamento nulo.

Figura 5: Seções-D dos modelos 3 e 4. O eixo horizontal é a posição da fonte e o eixo vertical é o tempo de trânsito de ida e volta para o afastamento nulo.

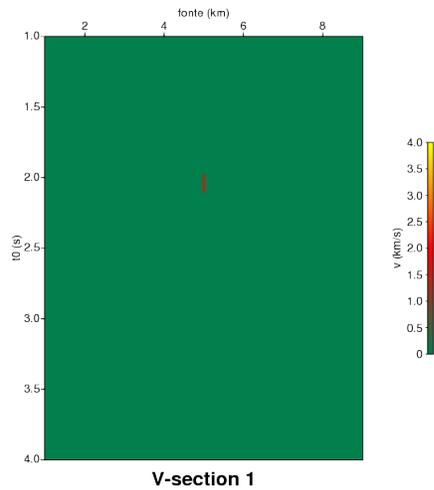
que foi utilizada como interface dos programas do Seismic Unix e dos programas criados neste trabalho. Isto indica que o procedimento pode ser adaptado a qualquer pacote de processamento, bastando acrescentar a melhoria do modelo de velocidades na etapa da migração.

AGRADECIMENTOS

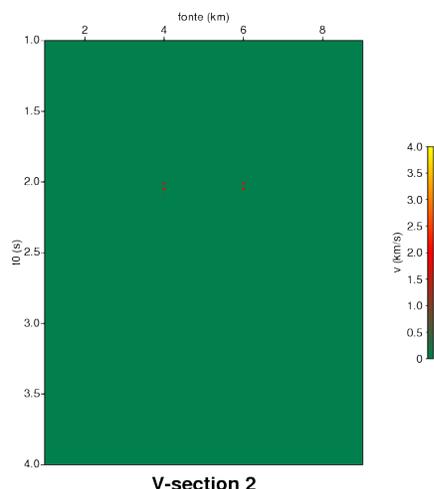
Agradecemos à CAPES, à Rede de Geofísica Aplicada a aos patrocinadores do WIT Consortium.

REFERÊNCIAS

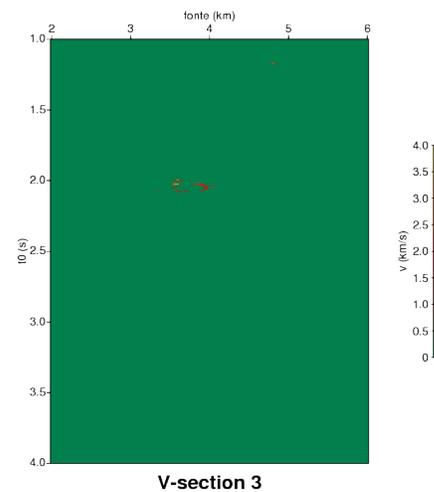
- Fomel, S., Landa, E., and Toner, M. T., 2007, Poststack velocity analysis by separation and imaging of seismic diffractions: *Geophysics*, **72**, no. 6, U89–U94.
- Gelschinsky, B., Landa, E., and Shtivelman, V., 1985, Algorithms of phase and group correlation: *Geophysics*, **50**, no. 4, 596–608.
- Khaidukov, E., Landa, E., and Moser, T. J., 2004, Diffraction imaging by focusing-defocusing: an outlook on seismic superresolution: *Geophysics*, **69**, no. 6, 1478–1490.



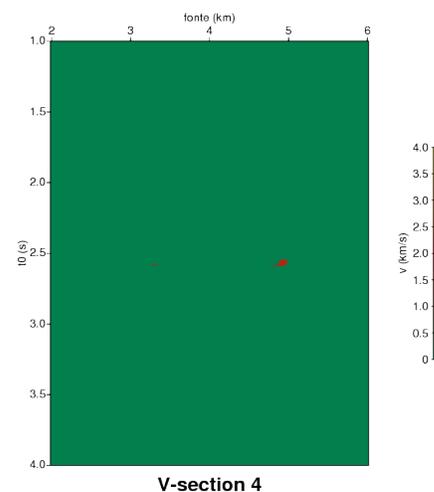
V-section 1



V-section 2



V-section 3



V-section 4

Figura 6: Seções-V filtradas dos modelos 1 e 2. A velocidade do meio no ponto onde há um difrator identificado na seção-D é determinada a partir da velocidade que produz a maior medida de coerência naquele ponto. Observe que em todos os modelos a velocidade correta de 2 km/h foi resgatada.

Figura 7: Seções-V filtradas dos modelos 3 e 4. A velocidade do meio no ponto onde há um difrator identificado na seção-D é determinada a partir da velocidade que produz a maior medida de coerência naquele ponto. Observe que em todos os modelos a velocidade correta de 2 km/h foi resgatada.

Landa, E., and Keydar, S., 1998, Seismic monitoring of diffraction images for detection of local heterogeneities: *Geophysics*, **63**, no. 3, 1093–1100.

Landa, E., Shtivelman, V., and Gelschinsky, B., 1987, A method for detection of diffracted waves on common-offset sections: *Geophysical Prospecting*, **35**, 359–373.

Sava, P., Biondi, B., and Etgen, J., 2005, Wave-equation migration velocity analysis by focusing diffractions and reflections: *Geophysics*, **70**, no. 3, U19–U27.

Torey, A. W., 1970, A simple theory for seismic diffractions: *Geophysics*, **35**, no. 5, 762–784.