



Delimitação da abertura da superfície de empilhamento do método SRC (superfície de reflexão comum).

Paschoal, W. G. (*) e Garabito, G.; CPGf/UFPA/Brasil
wgpi@ufpa.br german@ufpa.br

Copyright 2003, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper was reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represents 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.

Abstract

The Common-Reflection-Surface (CRS) stack simulates Zero-Offset (ZO) sections, from multi-coverage seismic data. The travelttime function for the CRS stack in 2-D media depends on three parameters, the emergence angle of the normal reflection ray with respect to the acquisition line normal and the wavefront curvatures of the Normal-Incidence-Point (NIP) and Normal (N) hypothetical waves. These parameters are estimated from multicoVERAGE pre-stack seismic data by means of optimization processes based in coherence analysis. In this work are presented theoretical and practical methods to delimit the aperture of the CRS stack operator, by using the CRS stacking parameters. One of these methods use the projected Fresnel zone to delimit the stacking aperture in the midpoint axis, with the half-offset equal to zero. The aperture is delimited in the half-offset axis, based NMO Stretch correction. This method limits suitable the CRS stacking surface, to yield the best image of the simulated ZO section. Thus, to evaluate the efficiency of these studies, the method developed were implemented and inserted into CRS algorithm and it was applied in Marmousi synthetic dataset.

Introdução

O imageamento sísmico tem como principal objetivo gerar, a partir de dados sísmicos de cobertura múltipla, a melhor imagem possível da estrutura geológica da subsuperfície, sendo de suma importância para indústria sísmica na procura de depósitos de hidrocarbonetos.

O empilhamento sísmico CMP (*common-midpoint* – ponto médio comum) (Mayne, 1962; Deregowski, 1986; Hale, 1991), que compreende as correções NMO/DMO; o empilhamento horizontal dos traços sísmicos na configuração CMP, é um método de imageamento que permite simular seções sísmicas com afastamento fonte – receptor nulo (AN), a partir dos dados sísmicos. O método de empilhamento sísmico apresentado neste trabalho é o método (2D) de empilhamento por superfície de reflexão comum (SRC) (Müller, 1999; Jäger *et al.*, 2001; Garabito *et al.*, 2001a, b), onde este método se baseia na somatória de eventos sísmicos nos dados de cobertura múltipla, ao longo de superfícies de empilhamento, produzindo como resultado uma seção simulada com uma alta razão sinal/ruído e, conseqüentemente, uma boa resolução da imagem dos refletores. No entanto, o método de empilhamento SRC, além de fornecer como resultado seções simuladas AN, gera também três parâmetros de empilhamento que são obtidos dos dados sísmicos. Esses parâmetros são: os

ângulos de emergência do raio de reflexão normal em relação à normal da superfície de aquisição, as curvaturas das frentes de onda NIP (normal incidence point – ponto de incidência normal) e as curvaturas das frentes de onda N (normal).

Este trio de parâmetros de empilhamento SRC são de suma importância para desenvolvimento deste trabalho, pois serão utilizados para delimitação da abertura da superfície de empilhamento SRC. Portanto, este estudo mostra que uma adequada delimitação da abertura da superfície de empilhamento SRC contribui para seção AN simulada. Pois, uma superfície de empilhamento não adequada pode ocasionar uma má imagem da subsuperfície, ou seja, uma superfície de empilhamento muito larga pode incluir eventos sísmicos que interferem destrutivamente para a simulação correta dos eventos de reflexão e uma superfície de empilhamento pequena pode excluir eventos de reflexão que interferem construtivamente. Desta forma, há necessidade de uma adequada superfície de empilhamento SRC.

Este trabalho apresenta como objetivo principal a delimitação da abertura da superfície de empilhamento, que na coordenada ponto médio é delimitada pela definição de zona de Fresnel projetada e na coordenada meio afastamento é delimitada pelo fator de estiramento da correção NMO (*normal-moveout* – sobre tempo normal) aplicada o empilhamento CMP, a delimitação nesta coordenada não é mencionada formalmente nas literaturas da sísmica SRC, porém, neste trabalho apresenta-se um critério para sua delimitação. Assim, para avaliar a eficiência do estudo das delimitações nas coordenadas ponto médio e meio afastamento, estes conceitos e critérios supra citados são implementados para algoritmo SRC e este aplicado aos dados Marmousi.

Empilhamento superfície de reflexão comum (SRC)

Recentemente, foi proposto um novo método para simulação de seções AN, denominado de empilhamento por superfície de reflexão comum (SRC) (Müller, 1999; Jäger *et al.*, 2001; Garabito *et al.*, 2001a, b). Este método de empilhamento está baseado na teoria paraxial do raio (Bortfeld, 1989; Červený, 2001), que descreve os tempos de trânsito para raios paraxiais (vizinhos) arbitrários na vizinhança de um dado raio central, porém, o empilhamento SRC utiliza uma aproximação hiperbólica de segunda ordem para função tempo de trânsito dos raios paraxiais a um dado raio central AN (Schleicher *et al.*, 1993; Tygel *et al.*, 1997). Em meios heterogêneos 2D com interfaces curvas, a função tempo de trânsito de empilhamento SRC (hiperbólica) aplicável em dados com configurações irregulares de fontes e receptores é:

$$t_{nip}^2(x_m, h) = \left[t_0 + \frac{2\text{sen}\beta_0}{v_0} (x_m - x_0) \right]^2 + \frac{2t_0\text{cos}^2\beta_0}{v_0} \left[(x_m - x_0)^2 K_N + h^2 K_{NIP} \right], \quad [1]$$

onde t_0 é o tempo de trânsito AN; v_0 é a velocidade próxima à linha de aquisição, ou seja, na vizinhança do ponto de referência x_0 do raio central AN. Os tempos de trânsito (t_{hip}) dos raios paraxiais estão em função das coordenadas x_m e h , que denotam o ponto médio e o meio afastamento entre fonte e receptor, respectivamente. Estas coordenadas (x_m e h) serão delimitadas neste trabalho. As coordenadas x_0 e t_0 representam apenas um ponto de amostragem na seção AN a ser simulada e para cada ponto de amostragem (x_0 , t_0) é associado o trio de parâmetros de empilhamento SRC, β_0 (ângulo de emergência do raio de reflexão normal em relação à normal da linha de aquisição), K_{NIP} (curvatura da frente de onda ponto de incidência normal) e K_N (curvatura da frente de onda normal), onde as ondas ponto de incidência normal (NIP – normal incidence point) e normal (N) são hipotéticas definidas por Hubral (1983). Assumindo conhecida a velocidade na proximidade da linha de aquisição, a função tempo de trânsito de empilhamento SRC [1] não depende das velocidades de empilhamento, dependendo apenas do trio de parâmetros SRC, obtidos a partir da seção AN simulada.

Para definir a onda NIP é considerado uma fonte S_{NIP} (hipotética) coincidindo com um ponto NIP de incidência normal ao refletor e a frente de onda NIP (Figura 1- linha de cor laranja) se propaga em sentido da linha de aquisição com direção perpendicular ao refletor. Enquanto que, a onda N (Figura 1- linha de cor azul) é definida considerando várias fontes S_{NIP} (hipotéticas) na interface do refletor, onde estas são acionadas simultaneamente, gerando apenas um envelope de várias ondas NIP, onde este envelope é considerado como uma única frente de onda N, com curvatura inicial igual a do refletor e é hipoteticamente gerada por uma fonte S_N fora do refletor e tem direção inicial de propagação, por definição, perpendicular ao refletor.

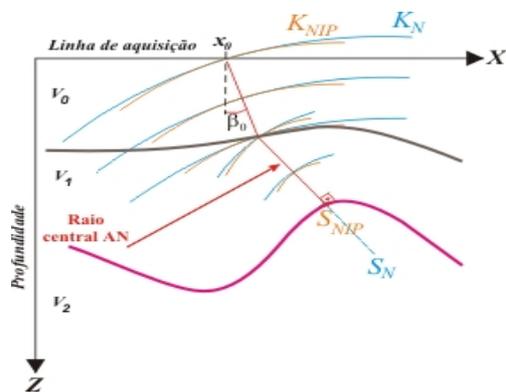


Figura 1: Ondas hipotéticas N e NIP e seus parâmetros β_0 , K_{NIP} e K_N em um modelo 2D homogêneo isotrópico com interfaces curvas.

Com a utilização da função tempo de trânsito de empilhamento SRC [1] e com o trio de parâmetros SRC (β_0 , K_{NIP} e K_N) é calculada a superfície de empilhamento SRC. Na prática, este trio de parâmetros de empilhamento SRC é determinado a partir da seção simulada AN, por meio de métodos automáticos de otimização e análise de coerência, onde se utilizam diferentes estratégias de busca. O algoritmo de empilhamento SRC usado neste trabalho, sem

aprofundamento teórico, é a desenvolvida por Garabito (2001).

Assim, este novo método de simulação de seções sísmica AN, independe do macro modelo de velocidade e utiliza a somatória de eventos sísmicos nos dados de cobertura múltipla ao longo de superfícies de empilhamento, produzindo como resultado uma seção simulada AN com uma razão sinal/ruído alta. Além deste resultado são também obtidos como produto adicional, os parâmetros de empilhamento SRC associados a cada ponto de amostragem da seção AN simulada, necessários para o cálculo da zona de Fresnel projetada, que tem o objetivo de delimitar formalmente na coordenada ponto médio a melhor abertura da superfície de empilhamento SRC e, conseqüentemente, gerar uma boa resolução da imagem dos refletores e reduzir o tempo computacional do algoritmo SRC.

Zona de Fresnel

O volume de Fresnel é definido como a região espacial 3D na vizinhança do raio central dado, que influencia o período do campo de onda registrado (Hubral et al. 1993). A interseção do primeiro volume de Fresnel com a interface de um refletor particular é chamada *primeira zona de Fresnel* (Figura 2- linha de cor marrom), que define o máximo de resolução em termos de propriedades do refletor.

Em 2D, o termo *zona de Fresnel* não é correto, pois não existe extensão na direção Y (perpendicular ao plano XZ, Figura 2), logo, o termo *segmento de Fresnel* é mais adequado ao caso 2D. Porém, por conveniência ainda adota-se o termo *zona de Fresnel* ao caso 2D, omitindo a palavra *primeira*.

A zona de Fresnel (2D) é definida como uma seção transversal, ao raio central normal a um dado refletor, no volume de Fresnel.

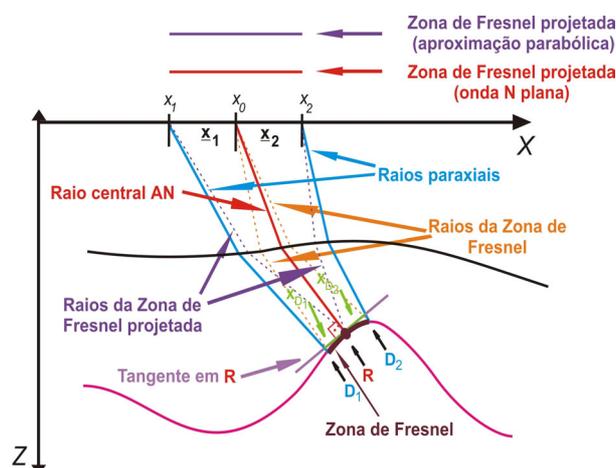


Figura 2: A diferença do tempo de trânsito t_0 do raio refletido em R e o tempo de trânsito t_0 dos dois raios do difratados em D_1 e D_2 define a zona de Fresnel. De maneira inversa, considerando as posições x_1 e x_2 como pontos difratados na superfície, define-se a zona de Fresnel projetada na linha de aquisição (aproximação parabólica – vermelha e onda N plana – lilás).

O tamanho da primeira zona de Fresnel é freqüentemente utilizado como um parâmetro de medida

do refletor, que depende da frequência ou período do pulso sísmico, da velocidade do meio e dos tempos de trânsito. A definição proposta por Kravtsov e Orlov (1980) para extensão temporal da zona de Fresnel no refletor em subsuperfície, é módulo da diferença dos tempos de trânsito dos raios refletidos em R e os raios difratados nos pontos D_1 e D_2 , onde esta diferença é igual ou menor a metade do período do pulso sísmico, $T/2$, de uma onda com única frequência (onda monofreqüente) e é

$$|t_D - t_0| \leq T/2, \quad [2]$$

onde t_D representa os tempos de trânsito de difração e t_0 os tempos de trânsito de reflexão, ao longo do segmento do refletor envolvido para definir a zona de Fresnel. A Figura 2 mostra o raio central AN (raio de cor vermelha), os raios paraxiais (raios de cor azul), a zona de Fresnel (linha de cor marrom), os raios da zona de Fresnel (raios de cor laranja), o ponto de reflexão especular R e os pontos de difração D_1 e D_2 . Os pontos em subsuperfície são representados pelas coordenadas cartesianas X e Z.

A equação [2] é a definição que delimita a zona de Fresnel para o caso de ondas com monofreqüência. Porém, o pulso em propagação não é monofreqüente, isto é, o pulso é sempre um sinal transiente que possui uma certa faixa de freqüência. Neste caso, o tamanho temporal da zona de Fresnel é determinado pela freqüência dominante no pulso sísmico F_W .

Zona de Fresnel Projetada

Hubral et al. (1993) introduziram o conceito da primeira zona de Fresnel projetada (Figura 2- linha de cor lilás) em seções AN no domínio do tempo, tendo como contrapartida a primeira da zona de Fresnel no domínio da profundidade (Figura 2). A zona de Fresnel projetada determina na linha de aquisição a maior contribuição de um segmento de refletor particular em subsuperfície, portanto, representa uma boa abertura da superfície de empilhamento para o imageamento sísmico via empilhamento SRC. Pois, uma abertura da superfície de empilhamento não adequada pode ocasionar uma má imagem da subsuperfície, ou seja, uma abertura larga diminuirá a resolução do resultado, pois na somatória dos eventos sísmicos esta superfície pode incluir traços sísmicos que interferem destrutivamente para a simulação correta dos eventos de reflexão e uma abertura pequena, também não aumentará a resolução, uma vez que o número de contribuições dos traços diminui, pois ao contrário da abertura larga esta pode excluir traços que interferem construtivamente para os eventos de reflexão, causando assim uma instabilidade no empilhamento baseado na busca de parâmetros a partir dos dados. Desta forma, há necessidade de uma adequada abertura da superfície de empilhamento SRC, assim, a delimitação desta abertura neste trabalho é pela definição de zona de Fresnel projetada.

As determinações da zona de Fresnel e da zona de Fresnel projetada requerem o conhecimento do modelo de subsuperfície. Porém, Hubral et al. (1993) demonstraram como a zona de Fresnel projetada pode ser estimada a partir das medidas de tempos de trânsito. Com a utilização da teoria paraxial do raio o tempo de trânsito de difração t_D é expresso em termos da matriz

propagadora do raio (\mathbf{I}) associada com um raio central refletido. Isto conduz a uma aproximação paraxial da zona de Fresnel que pode ser expressa em 3D por uma matriz da zona de Fresnel $\mathbf{H}_{2 \times 2}$ simétrica. Outra vez, utilizando a teoria paraxial do raio, \mathbf{H} pode ser projetado para a superfície de aquisição produzindo a matriz da zona de Fresnel projetada \mathbf{H}_P . Esta matriz pode ser diretamente calculada a partir das medidas de tempos de trânsito.

Para o caso 2D, descreve-se geometricamente e matematicamente como projetar a zona de Fresnel em torno do ponto R até a linha de aquisição X (Figura 2). O vetor x_D (linha de cor verde) com sua origem em R denota a coordenada da projeção normal dos pontos D_1 e D_2 sobre a linha que é tangente (linha de cor magenta) a R. A projeção da zona de Fresnel na tangente é novamente projetada ao longo dos raios paraxiais até a linha de aquisição X (projeção em cadeia) (Figura 2). Portanto, considerando uma aproximação de primeira ordem para o vetor x_D , tem-se:

$$x_D = D_0^{-1} \underline{x} \quad [3]$$

onde D_0 é o elemento da matriz propagadora 2×2 (\mathbf{I}_0) para um raio AN de referência (Bortfeld, 1989) e \underline{x} é a distância entre o raio central (referência) e um raio paraxial no eixo da coordenada ponto médio, ou seja, $\underline{x} = x_m - x_0$. (Figura 2)

De acordo com Hubral et al. (1993), somente em seções AN a zona de Fresnel projetada pode ser calculada e tem a seguinte equação

$$|\underline{x}^2 H_P| \leq T, \quad [4]$$

onde H_P é dado por

$$H_P = 4 B_0^{-1}. \quad [5]$$

A zona de Fresnel projetada é delimitada pelos raios paraxiais em x_1 e x_2 , onde a diferença entre os tempos de trânsito, de reflexão (t_0) e de difração (t_D), é equivalente ao $T/2$. Pela teoria paraxial do raio 2D a delimitação da zona de Fresnel projetada é expressa por

$$|4 B_0^{-1} (x_m - x_0)^2| \leq T. \quad [6]$$

O elemento de projeção de Fresnel (B_0) da matriz propagadora \mathbf{I}_0 não necessita de nenhum conhecimento a priori sobre as propriedades do refletor, depende apenas dos tempos de trânsito. A seguir, mostra-se o elemento B_0 da matriz propagadora \mathbf{I}_0 e a delimitação da zona de Fresnel projetada em função dos parâmetros de empilhamento SRC (β_0, K_{NIP}, K_N),.

Aplicação dos parâmetros de empilhamento SRC na delimitação da zona de Fresnel projetada.

Os parâmetros de empilhamento SRC (β_0, K_{NIP}, K_N), como mostrado anteriormente, caracterizam as frentes de ondas emergentes (NIP e N). Estes parâmetros estão relacionados ao processo físico de propagação da onda através do meio analisado e determinam o comportamento cinemático e dinâmico da onda, ou seja, é possível desenvolver aplicações que descrevem as propriedades cinemáticas e dinâmicas da onda através dos parâmetros de empilhamento SRC, portanto, nesta parte do trabalho estes parâmetros são aplicados ao

cálculo da abertura da superfície de empilhamento AN SRC na coordenada ponto médio (x_m), utilizando a definição de zona de Fresnel projetada apresentada anteriormente, porém, é necessário expressar o elemento B_0 da matriz propagadora \mathbf{I}_0 em termos dos parâmetros de empilhamento SRC na seção AN 2D, Müller (1999):

$$B_0 = \frac{2v_0}{\cos^2 \beta_0} (K_{NIP} - K_N), \quad [7]$$

substituindo a equação [7] na equação [6], a delimitação da zona de Fresnel projetada em função de β_0 , K_{NIP} e K_N é:

$$|2(x_m - x_0)^2 \frac{\cos^2 \beta_0}{v_0} (K_{NIP} - K_N)| \leq T. \quad [8]$$

Isolando o termo espacial ($x_m - x_0$), obtém-se o tamanho máximo da zona de Fresnel projetada (Figura 2 - linha de cor lilás).

$$|x_m - x_0| = \frac{1}{\cos \beta_0} \sqrt{\frac{v_0 T}{2|K_{NIP} - K_N|}}. \quad [9]$$

A equação [9] também pode ser demonstrada a partir da diferença entre o tempo de trânsito parabólico de reflexão, função abaixo, e o tempo de trânsito parabólico de difração, que é a função abaixo com a condição de $K_{NIP} = K_N$.

$$t_{par}(x_m, h) = t_0 + \frac{2}{v_0} (x_m - x_0) \text{sen} \beta_0 + \frac{\cos^2 \beta_0}{v_0} [K_{NIP} h^2 + K_N (x_m - x_0)^2] \quad [10]$$

Porém, utiliza-se neste trabalho a diferença numérica entre o tempo de trânsito hiperbólico de reflexão, função [1], e o tempo de trânsito hiperbólico de difração, que é a mesma função, com a condição de $K_{NIP} = K_N$. Onde estas diferenças supra citadas são iguais a metade do período dominante dos pulsos sísmicos.

Para ilustração de uma superfície de empilhamento definida pela função de empilhamento SRC [1] e delimitada na coordenada ponto médio (x_m) pela definição de zona de Fresnel projetada. Considera-se o modelo sintético composto por três camadas homogêneas como apresentada na parte inferior da Figura 3. Na parte superior desta Figura, no domínio (x_m, h), mostra-se as curvas dos tempos de trânsito das reflexões primárias (curvas de cor magenta) correspondentes ao segundo refletor, medidas ao longo da linha sísmica com geometrias de afastamento comum entre fonte e receptor. As linhas de cor vermelha formam a superfície de empilhamento no ponto de amostragem P_0 , correspondente a uma reflexão primária no ponto R localizado sobre a segunda interface. Neste caso, o trio de parâmetros das ondas NIP e N associados ao raio normal $x_0 R x_0$, foram calculados por modelamento direto.

Além disso, o cubo de dados da Figura 3 mostra a delimitação da abertura da superfície de empilhamento SRC na coordenada ponto médio (x_m), utilizando a diferença entre os tempos de trânsito hiperbólicos de reflexão e de difração, para qualquer meio afastamento (h), com uma frequência dominante de 30 Hz.

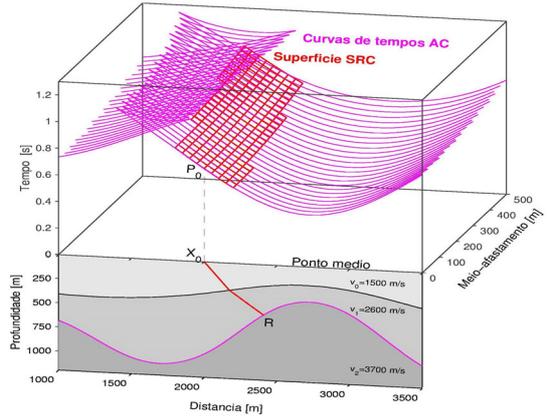


Figura 3: Parte inferior: Modelo composto por três camadas homogêneas e um raio de afastamento nulo (linha de cor vermelha). Parte superior: Superfície de cobertura múltipla (linhas de cor magenta) correspondente às reflexões da segunda interface. Superfície de empilhamento SRC (linhas de cor vermelha) correspondente ao ponto de reflexão R calculado pela equação [1] e delimitada na coordenada ponto médio (x_m) pela diferença dos tempos hiperbólicos de reflexão e difração, para qualquer meio afastamento (h).

Um detalhe importante de ressaltar, é que a equação [9] somente pode ser utilizada depois de simulada uma seção AN SRC, pois esta equação depende dos parâmetros de empilhamento SRC obtidos durante a simulação da seção AN. Assim, para primeira etapa do processamento SRC, que simula a primeira seção AN SRC com uma abertura da superfície de empilhamento razoável para coordenada ponto médio (x_m), considera-se um meio em subsuperfície composto por camadas planas horizontais e homogêneas, que implica que a onda N é uma onda plana próximo ao ponto x_0 na linha de aquisição, isto é, $K_N = 0$; a onda NIP próximo ao ponto x_0 na linha de aquisição tem curvatura K_{NIP} igual a $2/v_0 t_0$ e $\beta_0 = 0$. Substituindo as considerações de K_N , K_{NIP} e β_0 na equação [9] tem-se

$$|x_m - x_0| = \frac{v_0}{2} \sqrt{T t_0}, \quad [11]$$

onde esta delimitação aproximada da zona de Fresnel projetada (Figura 2 – linha de cor vermelha) não depende dos parâmetros de empilhamento SRC e é usada na primeira etapa do processamento SRC.

Outro detalhe, é que definição de zona de Fresnel projetada não delimita a abertura da superfície de empilhamento SRC na coordenada meio afastamento (h). Isto significa que nem a matriz propagadora \mathbf{I}_0 e nem a diferença da aproximação parabólica de segunda ordem da função tempo de trânsito de reflexão e difração, não se pode determinar o tamanho máximo na coordenada meio afastamento (h), apenas na coordenada ponto médio (x_m).

Abertura da superfície de empilhamento SRC na coordenada meio afastamento (h).

Como mencionado anteriormente a definição de zona de Fresnel projetada não delimita o tamanho da abertura da superfície de empilhamento SRC na coordenada meio afastamento (h). Porém, é necessário delimitar tal

abertura nesta coordenada, para obter a melhor superfície de empilhamento SRC e conseqüentemente uma boa seção AN.

O algoritmo SRC utilizado neste trabalho (Garabito *et al.*, 2001a) define a abertura da superfície de empilhamento SRC na coordenada meio afastamento (h) pelo fator de estiramento da correção NMO (Yilmaz, 1987; Barnes, 1992), que é definido matematicamente pela derivada do tempo de trânsito AN em relação ao tempo de trânsito para afastamentos não nulos. Para o caso da formulação do empilhamento CMP (DMO/DMO) a derivada é:

$$Est_{\text{NMO}} = \frac{dt_0}{dt} = \sqrt{1 + Ab^2}, \quad [12]$$

onde $Ab = (2h / v_0 t_0)$. É importante ressaltar, que este efeito de estiramento dos pulsos sísmicos não acontece na formulação do empilhamento SRC.

Portanto, o meio afastamento máximo ($h_{\text{máx}}$) obtido a partir da equação [12] para um dado tempo de trânsito é

$$h_{\text{máx}} = \frac{v_0 Ab}{2\sqrt{1 + Ab^2}} t, \quad [13]$$

onde para utilização prática computacional foi estabelecido que $Est_{\text{NMO}} = 1.5$, o que implica em $Ab = 1,118$.

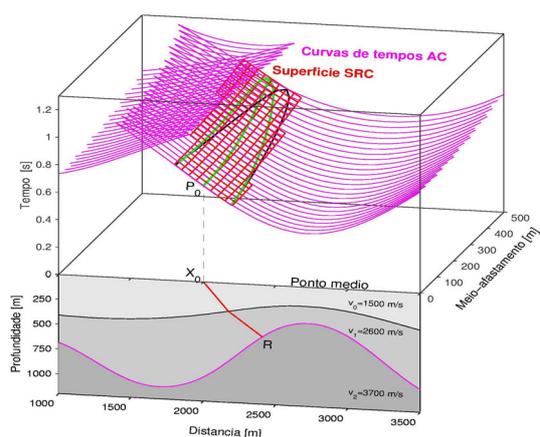


Figura 4: Parte inferior: Modelo composto por três camadas homogêneas e um raio de afastamento nulo (linha de cor vermelha). Parte superior: Superfície de cobertura múltipla (linhas de cor magenta) correspondente às reflexões da segunda interface. Superfície de empilhamento SRC (linhas de cor vermelha) correspondente ao ponto de reflexão R calculado pela equação [1] e é delimitada na coordenada ponto médio (x_m) pela zona de Fresnel projetada e na coordenada meio afastamento (h) pelo fator de estiramento NMO, enquanto que os contornos pretos e verdes delimitam a superfície de empilhamento na coordenada x_m : para o painel $h = 0$ pela equação [9] e para os painéis $h \neq 0$ por uma abertura empírica em relação ao ponto médio comum [linha preta] e em relação ao ponto de reflexão comum (x_{CRP}) [linha verde], respectivamente.

A Figura 4 apresenta o mesmo modelo da Figura 3 (parte inferior). Na parte superior, esta Figura ilustra ainda, a superfície de empilhamento delimitada na coordenada meio afastamento (h) pelo fator de estiramento NMO (equação 13). Enquanto que a superfície de cor vermelha é delimitada também na coordenada ponto médio (x_m)

pela definição de zona de Fresnel projetada. As linhas de cor pretas e verdes formam uma superfície de empilhamento, delimitadas na coordenada ponto médio (x_m): para o painel com meio afastamento igual a zero ($h = 0$) pela definição de zona de Fresnel projetada; e para painéis com meio afastamento não nulos ($h \neq 0$) por uma abertura empírica. A distinção entre a superfície de cor preta e a verde é que abertura empírica da linha de cor preta é feita em relação ao domínio CMP (linha preta), enquanto que a linha de cor verde é feita em relação ao domínio CRP (Common-Reflection-Point – ponto de reflexão comum).

Resultados

O algoritmo SRC desenvolvido por Garabito (2001) aprimorado pela implementação da definição de zona de Fresnel projetada e pelo fator de estiramento NMO, foi aplicado nos dados sintéticos Marmousi. A Figura 5 ilustra o resultado desta aplicação, que é a seção simulada AN SRC. Esta seção AN SRC simulada apresenta uma melhora na imagem, principalmente nos tempos mais longos, onde se exibe uma definição dos eventos sísmicos, em comparação a seção AN SRC (Figura 6) simulada pelo algoritmo SRC sem as delimitações para superfície de empilhamento SRC estabelecidas neste trabalho. Enquanto, que a Figura 7 mostra a imagem dos valores da zona de Fresnel projetada associada a cada ponto de amostragem da seção AN simulada dos dados Marmousi, onde os valores estão normalizados pelo maior valor da zona de Fresnel projetada, podendo ser utilizada para migração.

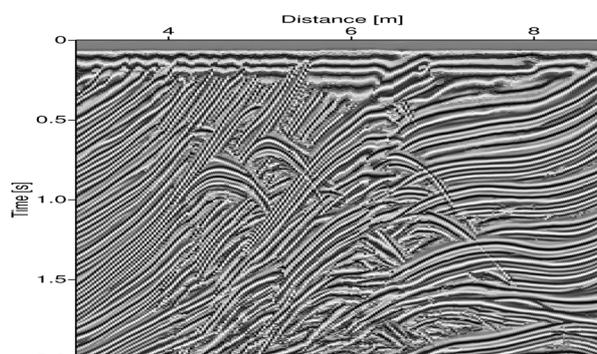


Figura 5: Seção simulada AN SRC dos dados Marmousi, usando β_0 , K_{NIP} , K_N e a equações [9] e [13] para delimitar a abertura da superfície de empilhamento SRC.

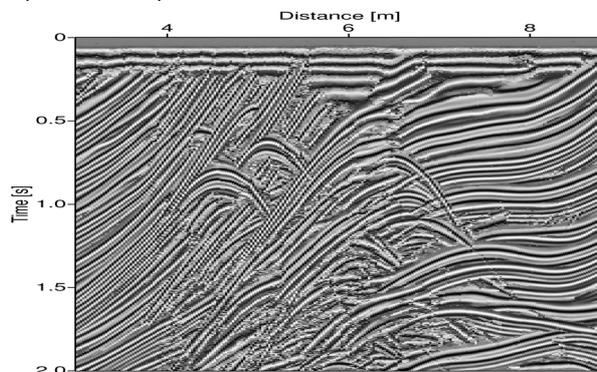


Figura 6: Seção simulada AN SRC dos dados Marmousi, não utilizando as delimitações estabelecidas neste trabalho.

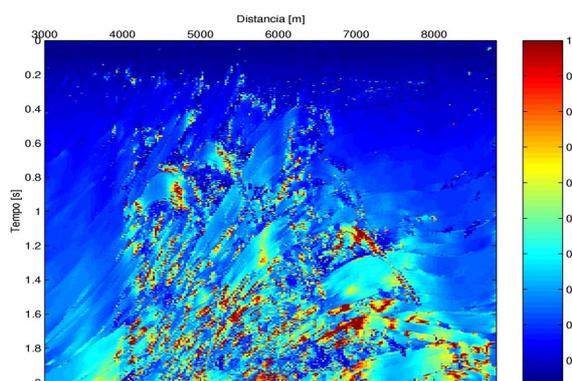


Figura 7: imagem dos valores da zona de Fresnel projetada associada a cada ponto de amostragem da seção AN simulada dos dados Marmousi.

Conclusão e perspectiva

Através do fator de estiramento NMO, da definição de zona de Fresnel projetada e dos parâmetros de empilhamento SRC bem estimados, este trabalho apresentou como resultados: a seção AN SRC simulada com melhor resolução e as zonas de Fresnel projetada, que podem ser utilizadas para migração.

Assim, mostra-se que com uma adequada abertura da superfície de empilhamento SRC diminui-se o tempo computacional e melhora-se a resolução da imagem no domínio do tempo (seção AN) e conseqüentemente no domínio da profundidade (seção migrada). Porém, percebe-se uma limitação na zona de Fresnel projetada, quanto à delimitação na coordenada meio afastamento (h), o que ocasionou na utilização do fator de estiramento NMO. Esta limitação proporciona novos estudos que estão em andamento.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por te abençoado a ANP, os meus professores, os meus amigos e a minha namorada (Carla Lima). Agradeço atentamente a ANP, pela infraestrutura fornecida e pelo apoio financeiro e, ao meu orientador German Garabito pelo apoio e motivação na pesquisa em SRC.

Referências

- Barnes, A. E., 1992. Another Look at NMO Stretch. *Geophysics*, 57 (5): 749-751.
- Bortfeld, R., 1989. Geometrical ray theory: Rays and traveltimes in seismic systems (secondorder approximations of the traveltimes). *Geophysics*, 54(3):342-349.
- Červený, V., 2001. Seismic ray theory. Cambridge University Press.
- Deregowski, S. M., 1986. What is DNO?. *First Break*, 4(7):7-24.
- Garabito, G.; Cruz, J. C. R.; Hubral, P.; Costa, J., 2001a. Common reflection surface stack by global optimization. *Expand. Abstract*, 71th Ann. Internat. SEG meeting, San Antonio, Texas, USA.

Garabito, G.; Cruz, J. C. R.; Hubral, P.; Costa, J., 2001b. Empilhamento sísmico de superfícies de reflexão comum com mergulhos conflitantes. 7º Congresso da Sociedade Brasileira de Geofísica, Ts2.

Garabito, G., 2001. Empilhamento sísmico de superfícies de reflexão comum: Um novo algoritmo usando otimização global e local. Tese de doutorado, Universidade Federal do Pará (UFPA).

Hale, D., 1991. Dip Moveout Processing, vol. 5 of Course Notes Series, Society of Exploration Geophysicists.

Hubral, P., 1983. Computing true amplitude reflections in a laterally inhomogeneous earth. *Geophysics*, 48 (8): 1051-1062.

Hubral, P., Schleicher, J., Tygel, M., and Hanitzsch, C. (1993). Determination of Fresnel zones from travelttime measurements. *Geophysics*, 58 (5): 703-712.

Jäger, R., Mann, J., Höcht, G., and Hubral, P. (2001). Common-reflection-surface stack: Image and attributes. *Geophysics*, 66 (1): 97-109.

Kravtsov, Y. A. and Orlov, Y. I. (1990). *Geometrical optics of inhomogeneous media*. Springer Verlag.

Mayne, W.H., 1962. Common reflection point horizontal data stacking techniques. *Geophysics*, 27(6): 927-938.

Müller, T., 1999. The Common-Reflection Surface stack Method – Seismic imaging without explicit knowledge of the velocity model, Ph.D. thesis, Karlsruhe University. Schleicher, J., Hubral, P., Tygel, M., and Jaya, M. S. (1997). Minimum apertures and Fresnel zones in migration and demigration. *Geophysics*, 62(01):183-194.

Schleicher, J., Tygel, M., and Hubral, P. (1993). Parabolic and hyperbolic paraxial two-point traveltimes in 3D media. *Geophys. Prosp.*, 41(4):495-514.

Schleicher, J.; Hubral, P.; Tygel, M. and Jaya, M. S., 1997. Minimum apertures and Fresnel zones in migration and demigration. *Geophysics*, 62(01):183-194. Tygel, M., Müller, T., Hubral, P., and Schleicher, J. (1997). Eigenwave based multiparameter travelttime expansions. In *Expanded Abstracts*, pages 1770-1773. 67th Annual Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys.

Vieth, K.-U. (2001). *Kinematic wavefield attributes in seismic imaging*. PhD thesis, Universität Karlsruhe.

Yilmaz, O., 1987. Seismic Data Processing. Tulsa, SEG. 526 p.