

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

PreSTM e CRS de Dados Reais da Bacia do Tacutu

AUTORES:

Danilo Galvão Ferreira¹, Rafael dos Santos Furtado² e Daniel Galvão Ferreira³

INSTITUIÇÃO:

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte, ²Universidade Federal do Rio Grande do Norte e

³Universidade Federal do Pará

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 6º PDPETRO, realizado pela a Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 09 a 13 de outubro de 2011, em Florianópolis-SC. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 6ºPDPETRO.

PRESTM E CRS DE DADOS REAIS DA BACIA DO TACUTU

Abstract

In the decade of 1980, a lot of seismic lines had been acquired in Takutu Basin with the objective to search the exploratory potential of the region. Considering the seals and structures of the basin, the basic problem constitutes the absence of conventional sedimentary reservoirs. Hence this evidenced failure, the focus directs to accumulations not-conventional of hydrocarbons in fractured basalts, since they reveal them as reservoirs most favorable. It implies in one to process the available data again now incorporating more modern techniques of treatment of the data. In this context, the present work then presents the results of modern techniques (PreSTM) and of non-conventional (CRS) seismic processing of the survey lines 0050-RL-0092 and 0050-RL-0104 acquired in the Takutu Basin, with the objective of enhancing the seismic images of these cited sections.

Introdução

A Bacia do Tacutu é um depósito sedimentar em forma de gráben, situada na fronteira do estado brasileiro de Roraima com o distrito guianense de Rupununi, em uma região dominada pelo Cinturão da Guiana Central. O gráben se desenvolveu como um rifte intracontinental na porção central da região cratônica correspondente ao Escudo das Guianas (EIRAS & KINOSHITA, 1990).

Com o objetivo de conhecer o potencial petrolífero do gráben, a PETROBRAS iniciou uma série de levantamentos geológicos de superfície na região, aliados a aquisição de dezenas de linhas sísmicas e a perfuração de dois poços de exploração. Neste período, foram publicados vários trabalhos que compendiam a geologia da bacia até então, dentre os quais se destaca o trabalho de EIRAS & KINOSHITA (1990).

No entanto, a carência de informações de subsuperfície, devido às técnicas pouco eficazes de processamento sísmico, não possibilitou a localização de reservatórios convencionais (EIRAS; 17 KINOSHITA, op. cit.). Logo, em dezembro de 1987, as atividades exploratórias na porção brasileira da bacia foram suspensas. Contudo, o histórico das bacias tipo rifte quanto ao potencial armazenador de reservatórios arenosos, torna necessário um retorno ao estudo geológico da região por meio do desenvolvimento de seções sísmicas de melhor qualidade.

Vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de promover uma melhora na resolução das imagens sísmicas da Bacia do Tacutu. GOMES DA SILVA (2004) apresentou os resultados da aplicação de várias técnicas de filtragem para melhorar a qualidade do processamento sísmico dos dados da linha 50-RL-90. GARABITO CALLAPINO *et al.* (2005) aplicaram os métodos de empilhamento CMP (Ponto Médio Comum) e SRC (Superfície de Reflexão Comum) também aos dados dessa linha e conseguiram uma melhoria considerável na resolução e continuidade dos refletores profundos pelo método SRC em comparação ao método CMP. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal produzir imagens sísmicas de melhor qualidade, por meio do reprocessamento de linhas sísmicas, utilizando técnicas modernas de tratamento de dados sísmicos empregadas na atualidade pela indústria como a migração pré-empilhamento em tempo (PreSTM) e técnicas especiais como o método não convencional de empilhamento por superfície de reflexão comum (CRS).

Descrição dos dados sísmicos

Algumas das linhas sísmicas de reflexão, oriundas da campanha exploratória promovida pela Petrobrás, foram adquiridas pelo Centro de Pesquisa em Geologia e Geofísica da Universidade Federal da Bahia (CPGG-UFBA), junto à Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP). As

linhas 0050-RL-0092 e 0050-RL-0104 ilustradas na Figura 1, analisadas no presente trabalho, fazem parte desse conjunto de dados cedidos ao Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (IG-UFPA) para fins de desenvolvimento acadêmico.

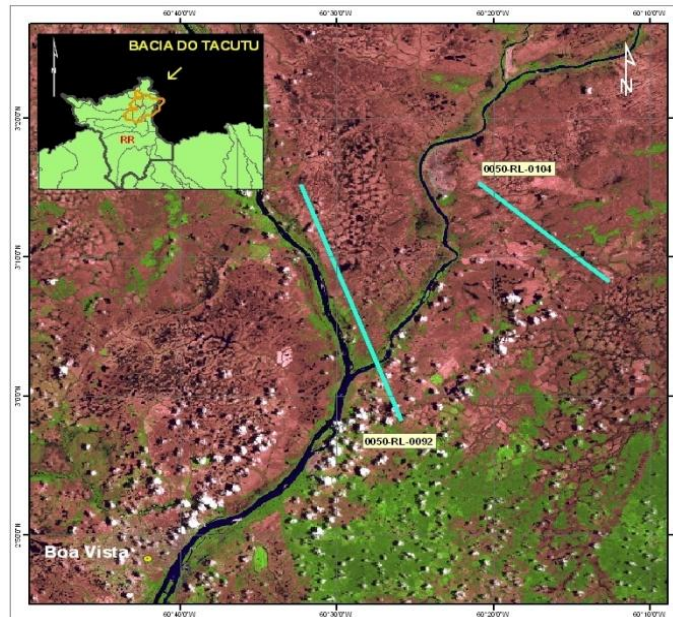


Figura 1 – Mapa de localização das linhas sísmicas 0050-RL-0092 e 0050-RL-0104 destacadas em azul. Fonte: LANDSAT.

A linha sísmica 0050-RL-0092 está composta por 152 seções fonte comum adquiridas com um arranjo simétrico com o mesmo número de receptores em ambos os lados da fonte (*split-spread*) e com intervalo entre fontes consecutivas de 200 m. O número de receptores é 96 com um intervalo de 50 m entre os mesmos. Os afastamentos mínimo e máximo são 150 e 2500 m, respectivamente, com tempo de registro de 4 s e intervalo de amostragem de 4 ms. Já a linha sísmica 0050-RL-0104 está composta por 94 seções fonte comum adquiridas com um arranjo *split-spread* simétrico e com intervalo entre fontes consecutivas de 200 m. O número de receptores é 96 com um intervalo de 50 m entre os mesmos. Os afastamentos mínimo e máximo são 350 e 2700 m, respectivamente, com tempo de registro de 4 s e intervalo de amostragem de 4 ms. Vale ressaltar que as duas linhas possuem baixo grau de cobertura e baixa qualidade, fatores que dificultam o processamento destes dados.

Processamento Sísmico

Toda a etapa de pré-processamento e processamento avançado desses dados sísmicos foi realizada com o aplicativo comercial ProMAX®, versão 2003.19.1.1, da Landmark Graphics Corporation, empresa da Halliburton Ltda. Já na etapa de aplicação do método SRC utilizou-se o algoritmo desenvolvido por Garabito et al. (2001) e Garabito (2001). Também foi utilizado o programa ArcGIS, versão 9.2, para a localização e o georreferenciamento das duas linhas usadas neste trabalho.

A fase de pré-processamento tem início logo após a aquisição e organização das informações na forma de uma base de dados, nela o objetivo é organizar os dados vindos da aquisição e identificar os problemas capazes de comprometer a qualidade dos resultados. O pré-processamento das duas linhas utilizadas no trabalho foi realizado aplicando-se os seguintes processos: leitura dos dados, construção da geometria, edição, correções estáticas gerais, correção de amplitude, deconvolução e aplicação do filtro *f-k* para atenuação do *ground roll*.

A fase de processamento sísmico avançado é caracterizada por técnicas mais sofisticadas e tem início com a análise de velocidade. Assim, as velocidades pré-computadas são repassadas a uma próxima etapa denominada correção NMO. Posteriormente, depois de aplicada a correção NMO no dado, realiza-se a correção de estática residual. Então finalmente, após aplicado o NMO inverso no dado, é realizada a migração pré-empilhamento, com a finalidade de posicionar corretamente os refletores sísmicos. Este tipo de migração é executada para cada uma das seções de afastamento comum e a seção final, resulta do empilhamento de todas essas seções migradas.

PreSTM

A migração pré-empilhamento é a designação dada ao método de migração aplicada em seções pré-empilhadas quando a mesma está baseada na configuração de afastamento comum, ou seja, a migração pré-empilhamento pode ser considerada como um desenvolvimento da técnica pós-empilhamento considerando o afastamento não-nulo. Para tal, cada traço sísmico de uma seção *Common offset* é individualizado pelo valor da coordenada de ponto médio (x_m).

Logo, considerando esta configuração, matematicamente o processo de migração Kirchhoff é representado pela seguinte integral:

$$V(M) = \int W(x_m, M) D^{1/2} [U(x_m, t = \tau_D(x_m, M))] dx_m \quad (1)$$

sendo W a função peso ponderada as amplitudes de migração, x_m o ponto médio, M o ponto imagem, D a derivada de meio tempo aplicado aos dados de entrada para restaurar a forma da wavelet.

Neste trabalho, a migração Kirchhoff pré-empilhamento considera meios homogêneos e com velocidade constante, em que os tempos de difrações são calculados por:

$$\tau_D(x_m, M) = \frac{1}{v} \sqrt{(x_0 - x_m + h)^2 + z^2} + \sqrt{(x_0 - x_m - h)^2 + z^2} \quad (2)$$

sendo x_0 a projeção horizontal das coordenadas do ponto imagem M .

Deste modo, a curva de tempos de difração para o ponto M em uma seção *Common offset* é traçada variando-se as coordenadas x_m dos pontos médios. Sobre esta curva são reunidas as amostras, que após serem multiplicadas pelo peso W são somadas e o resultado atribuído ao ponto M da seção de saída.

Supondo-se que se tenha uma amostragem contínua tanto em h quanto em x_m , pode-se calcular o tempo de difração para um ponto M em subsuperfície gerando assim a pirâmide de tempos de difração (Figura 2) ou pirâmide de Quéops (CLAERBOUT, 1985).

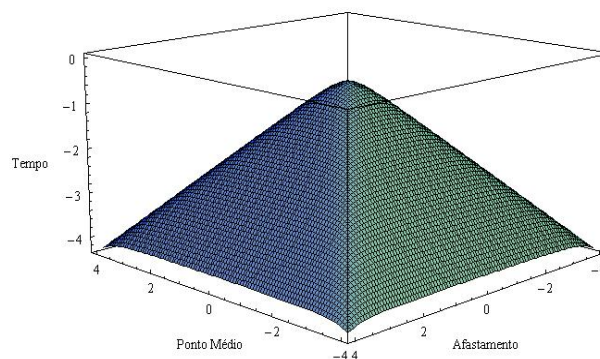


Figura 2 - Pirâmide de tempos de difração formada pelas trajetórias de empilhamento para uma seção *Common offset*.
Fonte: Adaptado de Biondi (2006).

CRS

O método de empilhamento por superfície de reflexão comum (CRS - *common reflection surface*) é uma técnica de imageamento, que faz parte do grupo de métodos alternativos de empilhamento de dados sísmicos que não dependem do conhecimento a priori do modelo de velocidades do meio. O método CRS simula uma seção de afastamento nulo (ZO - *zero offset*), utilizando dados de cobertura múltipla, através da soma dos eventos sísmicos ao longo das superfícies de empilhamento associadas a cada ponto de amostragem da seção ZO. Estas seções ZO simuladas apresentam resolução lateral e relação sinal/ruído melhores que as apresentadas pelos métodos convencionais. Isso ocorre porque o método CRS admite reflexões associadas com um elemento refletor em subsuperfície, que é caracterizado pela posição, inclinação e curvatura local do refletor, diferente da técnica de empilhamento por ponto médio comum (CMP- *Common Midpoint*), que considera reflexões correspondentes a um único ponto refletor em profundidade.

Operador CRS

O empilhamento convencional de dados sísmicos em configuração CMP é realizado com aproximações hiperbólicas do tempo de trânsito. No empilhamento CRS não é diferente, de modo que este método utiliza aproximações do tempo de trânsito tri-paramétricas de segunda ou mais ordem. No presente trabalho, o empilhamento CRS utilizou a aproximação hiperbólica de segunda ordem através do trio de atributos cinemáticos (β_0 , R_N e R_{NIP}) das ondas NIP e N, também denominados *parâmetros de empilhamento CRS* (TYGEL et al., 1997).

$$t_{CRS}^2(x_m, h) = \left(t_0 + \frac{2\sin\beta_0}{v_0}(x_m - x_0) \right)^2 + \frac{2t_0\cos^2\beta_0}{v_0} \left(\frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} + \frac{h^2}{R_{NIP}} \right) \quad (3)$$

sendo t_0 o tempo duplo do raio central de afastamento nulo e v_0 a velocidade próxima a superfície entorno do ponto de emergência do raio central. As coordenadas $x_m = (x_G + x_S)/2$ e $h = (x_G - x_S)/2$ são os pontos médio e o meio-afastamento entre a fonte e o receptor, respectivamente, sendo x_S e x_G as coordenadas horizontais do par fonte receptor. A equação (3) determina uma curva ou uma superfície de empilhamento SRC, que é independente do macro-modelo de velocidades.

O processamento sísmico CRS dos dados reais da Bacia do Tacutu foi realizado através da estratégia de busca *global-local* (GARABITO, 2001; PASCHOAL JR., 2005), conforme processos descritos no fluxograma da Figura 3. Após alguns testes, foram escolhidos de forma empírica os parâmetros de abertura do operador, definidos de forma a fornecer uma melhor continuidade lateral dos eventos. Depois de determinado os parâmetros de processamento, o empilhamento CRS é realizado de modo automático. Vale ressaltar que no presente trabalho só serão mostradas as seções afastamento nulo migradas após empilhamento CRS, uma vez que, cada etapa do processamento gera resultados que são usados nas etapas posteriores, quer dizer, os resultados da primeira etapa são utilizados na segunda etapa e os resultados dessas duas etapas são usados na terceira e última etapa, que produz os resultados finais apresentados neste trabalho.

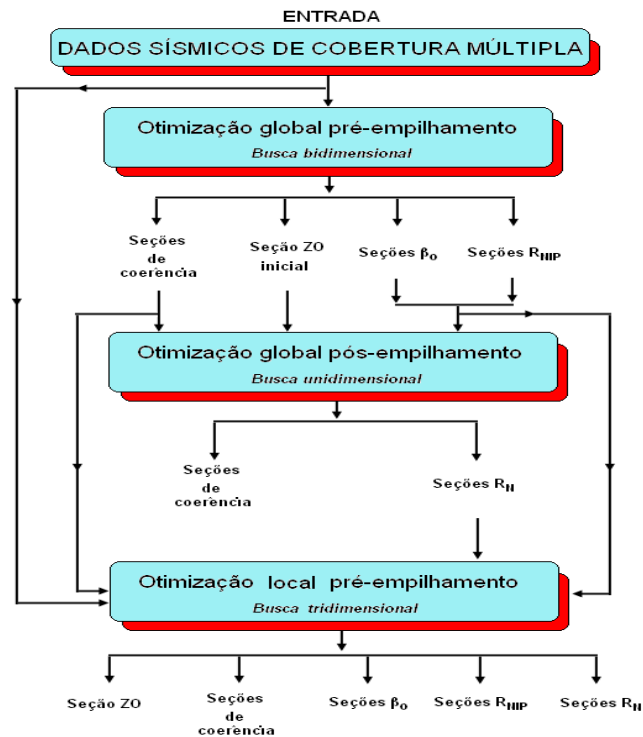


Figura 3 - Fluxograma simplificado das etapas do processamento sísmico CRS através da estratégia de busca global-local.
Fonte: Modificado de Garabito (2001).

Resultados e Discussão

As seções migradas finais com as duas técnicas de processamento sísmico (PreSTM e CRS) foram organizadas visando uma melhor comparação entre os dois processos, de modo que a Figura 4 representa em (A) a seção PreSTM e em (B) a seção CRS da linha 0050-0092. Desta mesma forma, a Figuras 5 representa em (A) a seção PreSTM e em (B) a seção CRS da linha 0050-0104.

As duas seções sísmicas, PreSTM e CRS, correspondentes à linha 0050-RL-0092, Figuras 4 (A) e 4 (B), respectivamente, apresentam boa resolução e continuidade lateral dos refletores, principalmente no intervalo de 0.8 a 2.1 s. Não obstante, ponderou-se que a seção migrada após o empilhamento CRS alcançou maior continuidade lateral dos eventos de reflexões profundos, assim como melhor definição dos refletores localizados nas partes rasas. Esta melhora na seção da referida linha sísmica pode ser observada, principalmente, entre os CDPs 30 a 320 e 854 a 1170 no intervalo de 0.8 a 2.1 s, onde os refletores apresentam-se com melhor resolução na seção processada com o método CRS.

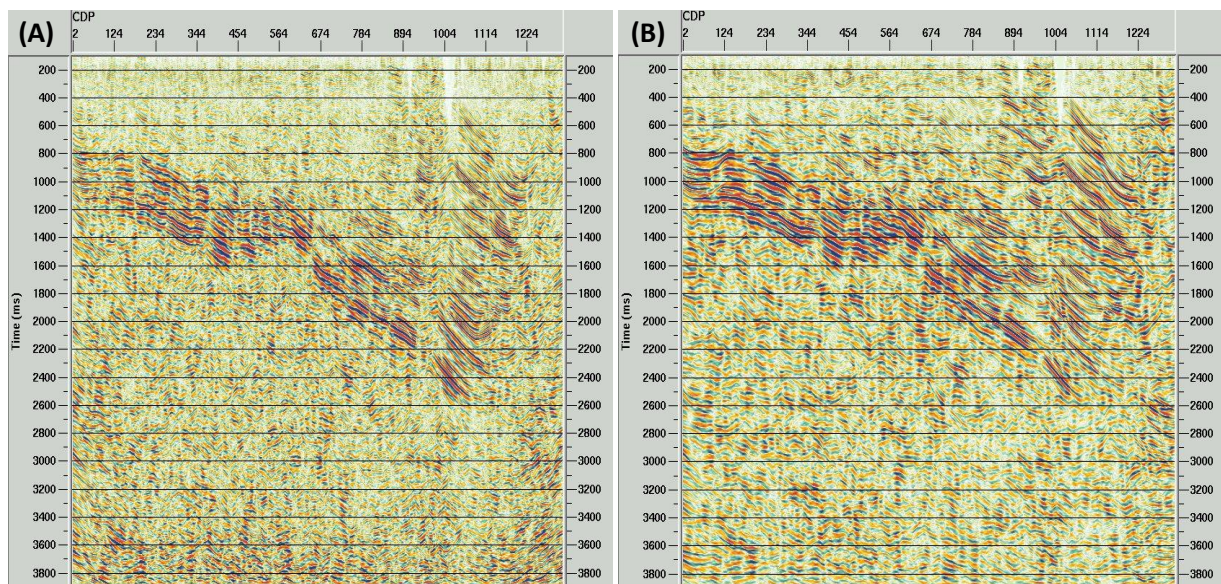


Figura 4 – (A) seção migrada com a técnica pré-empilhamento da linha 0050-RL-0092. (B) seção migrada após empilhamento CRS da linha 0050-RL-0092.

Similar as seções da linha 0050-RL-0092, ambas as seções correspondentes à linha 0050-RL-0104, seção PreSTM e CRS, Figuras 5 (A) e 5 (B), respectivamente, apresentaram continuidade lateral dos eventos de reflexão e boa resolução. Ainda que os problemas da baixa razão sinal-ruído dos traços e da baixa cobertura que comprometem os processos automáticos de coerência, observou-se que a seção migrada após a técnica de empilhamento CRS obteve melhor definição e maior continuidade lateral dos eventos de reflexão mais rasos, principalmente no intervalo de 0.6 a 1.2 s.

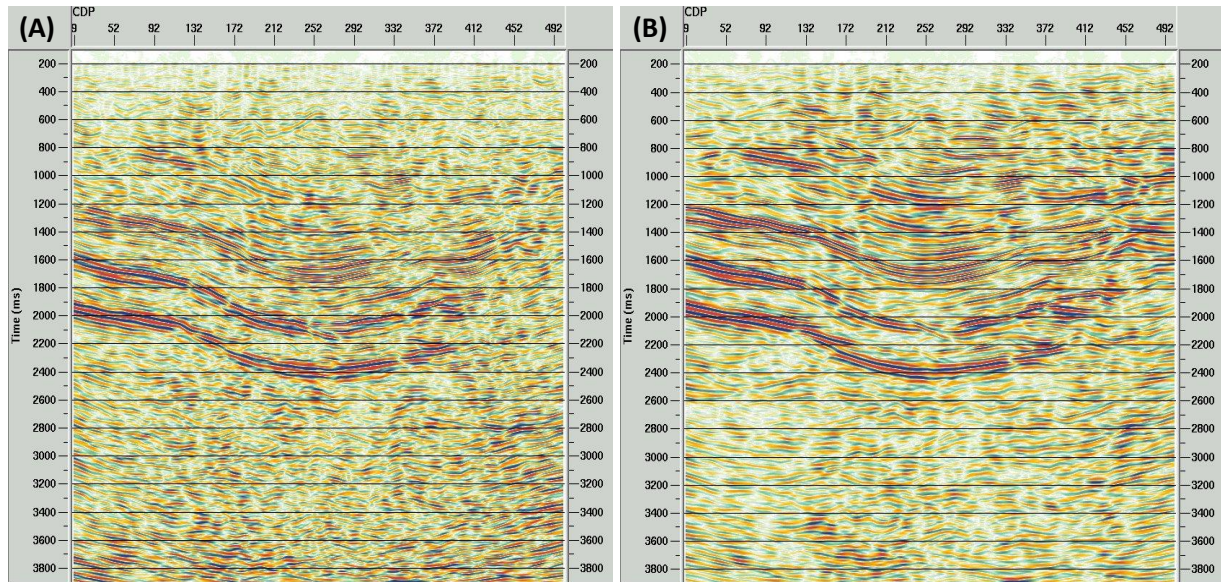


Figura 5 – (A) seção migrada com a técnica pré-empilhamento da linha 0050-RL-0104. (B) seção migrada após empilhamento CRS da linha 0050-RL-0104.

Conclusões

Mesmo com a baixa qualidade e a baixa cobertura dos dados sísmicos utilizados no presente trabalho, a fase de pré-processamento foi satisfatória, o que pode ser comprovado pelos bons resultados obtidos tanto com o processamento PreSTM quanto com o processamento não convencional. No entanto, os resultados obtidos com o método de empilhamento CRS se mostraram superiores comparados com os resultados obtidos com a técnica de migração pré-empilhamento em tempo.

O resultado da aplicação do método CRS nos dados da Bacia do Tacutu, em geral, exibe uma razão sinal/ruído superior e melhor continuidade lateral dos refletores, em relação aos resultados obtidos no processamento realizado através do método PreSTM, isto devido ao fato de que o método CRS abrange mais dados para o empilhamento e utiliza um número maior de parâmetros de empilhamento.

Com isso, devido ao ganho na qualidade dos resultados finais processados com a técnica de empilhamento CRS apontados nas duas linhas sísmicas da Bacia do Tacutu, indica-se o uso desta técnica em posteriores estudos de reprocessamento e interpretação dos dados sísmicos da mencionada bacia.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Pará, pelos equipamentos e espaços cedidos.

Agradecemos ao Prof. German Garabito (DPET/UFRN) pelas contribuições no desenvolvimento do método CRS.

Referências Bibliográficas

BIONDI, B. L. **3-D Seismic imaging**. Tulsa: Society of Exploration Geophysics, 2006.

CLAERBOUT, J. F. **Imaging the earth's interior**. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 1985. 398p.

EIRAS, J. F.; KINOSHITA, E. M. **Evidências de movimentos transcorrentes na Bacia do Tacutu**. In: Seminário Sobre Riftes Intracontinentais, 1., 1987, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Petrobras/DEPLEX. 1987.

EIRAS, J. F.; KINOSHITA, E. M. **Geologia e Perspectivas Petrolíferas da Bacia do Tacutu**. In: GABAGLIA, G. P. R; MILANI, E. J. Origem e evolução de bacias sedimentares. Rio de Janeiro: Petrobras, 1990. 416p. p. 197-220.

GARABITO CALLAPINO, G. **Empilhamento sísmico por superfície de reflexão comum: um novo algoritmo usando otimização global e local**. 2001. 65f. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geofísica, Belém. 2001.

GARABITO CALLAPINO, G.; CRUZ, J. C.; HUBRAL, P.; COSTA, J. **Common reflection surface stack: A new parameter search strategy by global optimization**. In: SEG MEETING, 71. San Antonio, Expanded Abstracts. p. 2009-2012. 2001.

PASCHOAL JR., G. J. W. **Estudo do método de empilhamento SRC e aplicação em dados sintéticos e reais**. 2004. 103f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geofísica, Belém, 2005.

TYGEL, M.; MÜLLER, T.; HUBRAL, P.; SCHLEICHER, J. **Eigenwave based multiparameter travelttime expansion**. In: SEG MEETING, 67, Dallas, Expanded Abstracts, p. 1770-1773.