



Modelagem Sísmica de Alvos Exploratórios em Bacia Paleozóica

Lopes V. H. R. – UFPA lopes.vhr@gmail.com; Gomes E. N. S. – UFPA ellensg@ufpa.br; Lima I. C. – UFPA bela_lima1@hotmail.com; Macambira R. N. A. – UFPA raizaufpa@yahoo.com.br

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 imageamento sísmico abaixo das soleiras de diabásio é um grande desafio para a sísmica de reflexão em bacias paleozóicas, ocasionando o aumento do risco exploratório na região. Vários fatores contribuem para essa dificuldade como a alta refletividade na interface entre o topo do diabásio e o pacote sedimentar, múltiplas de curto período devido à heterogeneidade dentro do diabásio e o espalhamento de energia devido a rugosidade na topografia do diabásio. Para se obter um melhor entendimento acerca da propagação de ondas sísmicas neste tipo de ambiente, foi construído um modelo acústico 3D representativo de um alvo exploratório em bacia paleozóica com as propriedades físicas do meio inseridas através de dados de poços. Após isso simulamos uma aquisição sísmica 2D e 3D usando diferenças finitas e apresentamos o resultado 2D na região de maior espessamento do diabásio. Neste trabalho descreveremos os procedimentos para a construção do modelo 3D e o resultado do imageamento sísmico em tempo e em profundidade para uma seção sísmica 2D.

Introdução

As bacias paleozóicas do Amazonas, Solimões e Parnaíba possuem intrudidas em seus sedimentos aproximadamente 240.000 Km³ de diabásio, principalmente em forma de soleira (Wanderley et al 2006). Estas soleiras apresentam um densidade geralmente maior, cerca de 2,8 g/cm³, que a rocha encaixante, que esta por volta de 2.4 g/cm³, comprometendo seriamente o registro sísmico, pois essas soleiras funcionam como “espelhos acústicos” impedindo que a onda sísmica se propague através delas deixando de visualizar os possíveis reservatórios de hidrocarbonetos que eventualmente possam estar abaixo delas.

O surgimento de múltiplas originadas pela alta refletividade na interface do topo da soleira e os pacotes sedimentares, múltiplas de curto período ocasionadas pela heterogeneidade na região interna do corpo magmático e o espalhamento de energia devido a rugosidade topográfica do corpo (Satpal et al 2006 winters et al 1994), contribuindo para o aumento do risco

exploratório nessas regiões constituindo um dos maiores desafios para o imageamento sísmico nesses tipos de ambientes.

Este trabalho teve por objetivo a construção de um modelo 3D acústico representativo de um alvo exploratório em bacias paleozóicas, com a presença de soleiras de diabásio, gerado a partir de informações cedidas pela Petrobrás. De posse desse modelo, poderemos desenvolver novas técnicas geometria e de processamento dos dados sísmicos obtidos nesse tipo de ambiente sedimentar.

Construção do modelo

O modelo 3D acústico interpretativo de alvo exploratório de uma bacia paleozóica foi criado baseado em 5 seções sísmicas interpretadas em profundidade, mapa de isopacas, além de dados de poços de velocidade de onda P e densidade, fornecidos pela unidade de negócios da PETROBRAS, UN-BSOL. As 5 (seções sísmicas interpretadas e cruzadas são apresentadas nas Figuras 1a) a 1e).

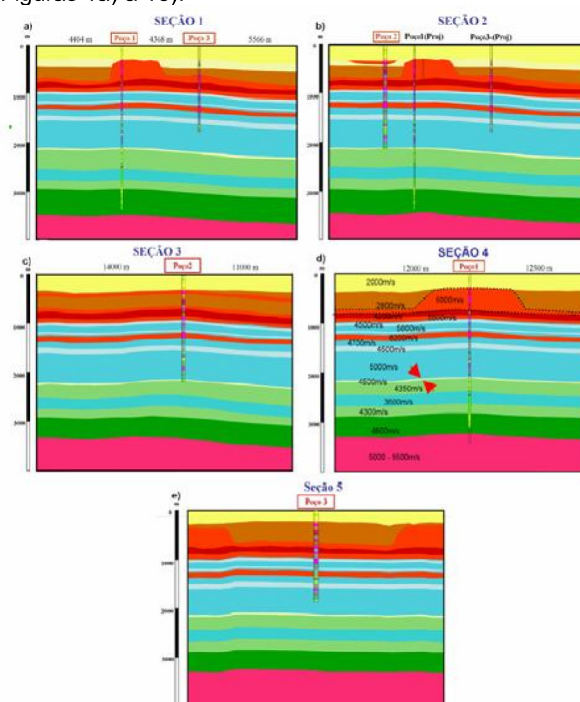


Figura 1: Seções sísmicas interpretadas em profundidade, 1a à 1e.

Após as seções serem carregadas para o Gocad, foram criadas superfícies, a partir da marcação dos horizontes em cada seção (ver Figura 3). Ainda que todas as cinco seções tenham sido usadas para a construção das superfícies, a seção 4, por apresentar a maior extensão do diabásio foi tomada como principal referência. A seguir foram criados blocos 3D entre cada duas superfícies, obedecendo a forma dessas superfícies. Esses são mostrados na Figura 3

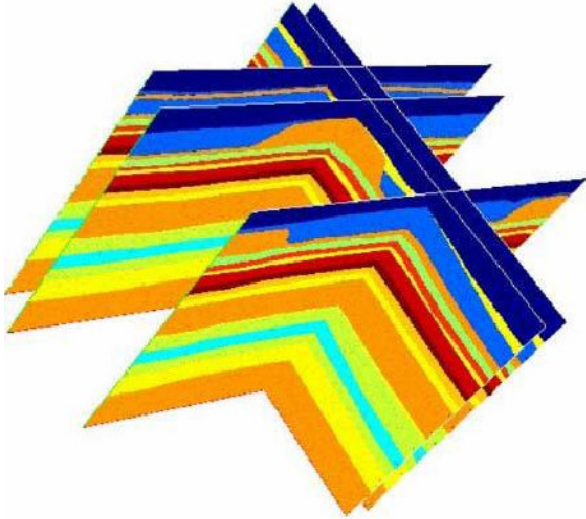


Figura 2: Seções sísmicas interpretadas em profundidade e cruzadas.

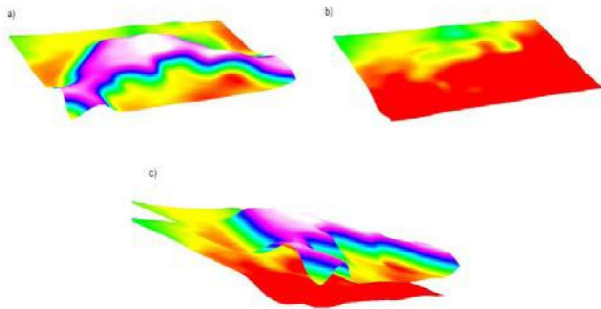


Figura 3: Superfícies criadas a partir do mapa de isopacas.

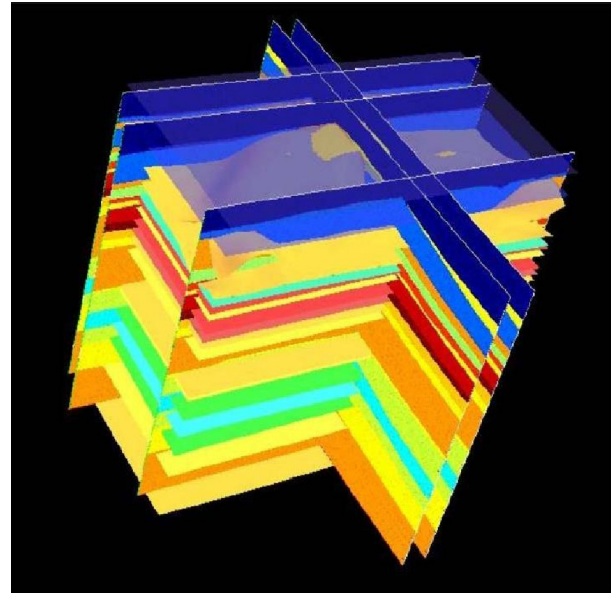


Figura 4: Superfícies criadas a partir das seções cruzadas e do mapa de isopacas.

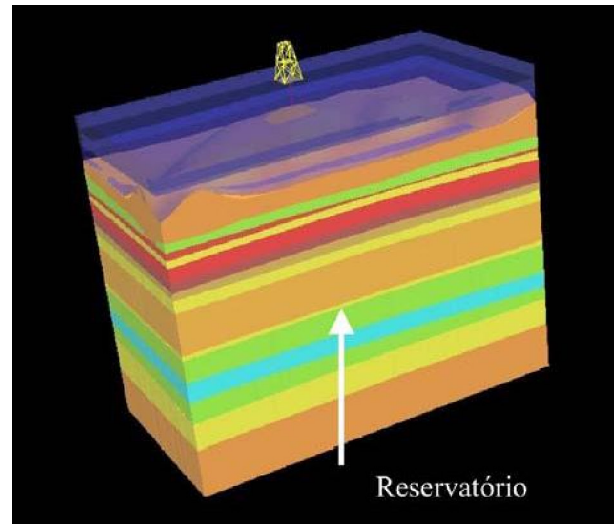


Figura 5: Modelo geológico 3D criado a partir das seções sísmicas interpretadas em profundidade e cruzadas, mapas de isopacas e dados de poços.

Na criação desses blocos foi gerado uma malha irregular 3D, que obedece as características topológicas de cada superfície. Nessa malha, o número de nós no eixo z (profundidade) foi tomado de acordo com o número de amostras da propriedade física dos dados de poço mostrado na Figura 1d (chamado poço 1).

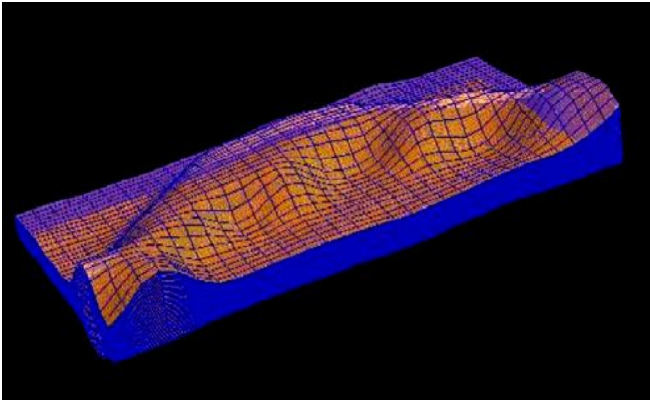


Figura 6: Bloco criado a partir do mapa de isopacas e das seções interpretadas em profundidade da região de maior espessamento do diabásio..

Aquisição de dados sísmicos

Para o próximo passo, aquisição de dados sintéticos é necessário uma malha regular das propriedades físicas, a malha 3D construída não é adequada para aplicação em diferenças finitas (Levander, 1988, Karrenbach, 1995 e Silva Neto et al., 2006). Esta malha foi então exportada para uma malha regular, tal que, nos três eixos x, y, z a discretização foi de 20 metros e a malha utilizada ficou então com 1346 pts na direção x, 646 pts na direção y e 197 pts na direção z. O ideal é que nas três direções x, y e z, a discretização fosse a mesma e de 5 metros, o que não foi feito devido a limitações computacionais. A Figura 7 mostra uma seção 2D (direção de maior espessamento do diabásio) do modelo 3D, já com a malha reamostrada e com o modelo já suavizado.

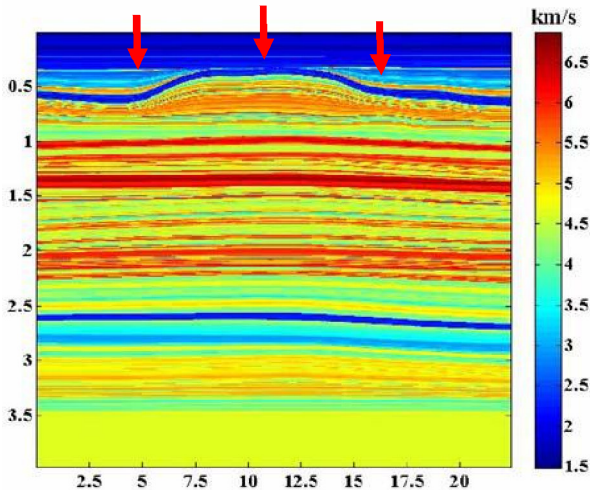


Figura 7: Modelo velocidade de estimada a partir do modelo 3D na direção de maior extensão do modelo no eixo X (situada na mesma posição que a seção 4). Escala de cores mostra os valores da velocidade e está de acordo com o perfil de velocidade medido no poço. As velocidades variam de 2 km/s até 6.2 km/s. As setas mostram o ponto dos tiros mostrados na Figura X

De acordo com essa Figura, verifica-se que: na primeira camada do diabásio, a região do espessamento apresenta heterogeneidade (variação de velocidade vertical) além do grande contraste acústico na interface diabásio - camadas sedimentares (mostrado com a seta vermelha).

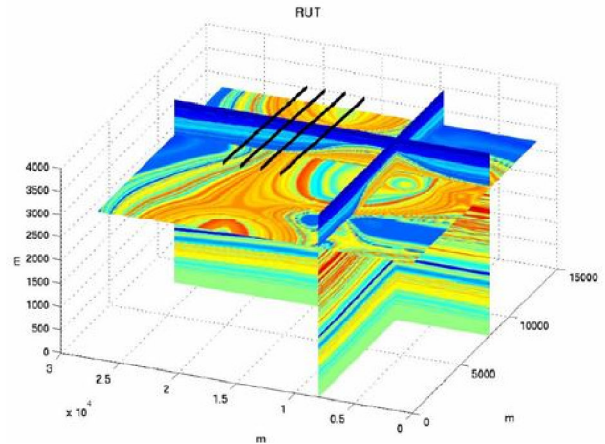


Figura 8: Levantamento em 3D com duas seções cruzadas e linhas de tiros (segmentos em preto).

Ao modelo foi então feito o levantamento 3D do tipo "swath" e detalhes da geometria são apresentados na Tabela 1 abaixo.

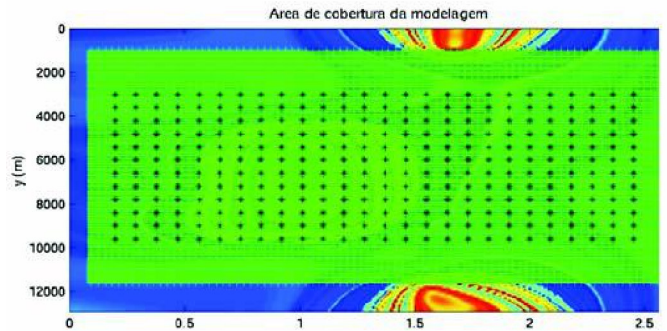


Figura 9: Vista de cima do modelo. Mapa de cores da superfície do diabásio levantamento do tipo swath feito na região central do espessamento do diabásio

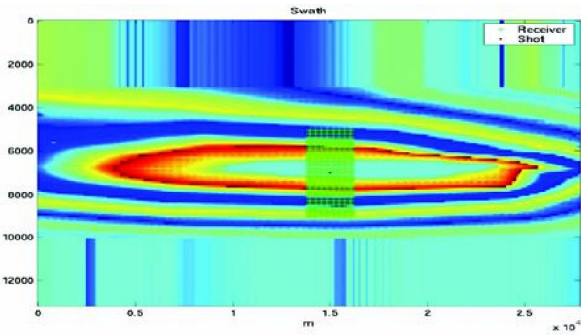


Figura 10: Para um tiro tem-se o arranjo de oito linhas de receptores. Ao fundo vista de cima da região do diabásio.

Nas Figura 13 são apresentados o campo de pressão para três tiros situados próximos ao espessamento do diabásio (conforme mostrado na Figura 8 por triângulos verdes) registradas para as duas linhas mais próximas da fonte. Os eventos associados ao diabásio apresentam maior energia. Nos registros das Figuras 13a e 13c, (que estão mais distantes do topo do diabásio) o evento associado à camada de sedimento e o evento associado ao diabásio são claramente bservados (letras A e B respectivamente). Na Figura 13b que registra o campo de pressão em uma região acima do ponto onde sedimento e diabásio estão muito próximos, esses eventos são indistinguíveis (letras A e B).

Após os eventos associados ao diabásio (após 1.5 segundos) a amplitude do sinal cai bastante, dificultando a obtenção de informação de estruturas abaixo do diabásio. Isso se deve ao grande contraste de impedância acústica entre o sedimento e o diabásio

Em seguida, foi feito um levantamento 2D com lanço simétrico, a partir do modelo 3D em uma região na direção de maior extensão do modelo. A região do diabásio apresenta altas velocidades (5 km/s – 6.2 km/s) e a região do reservatório (seta creme) apresenta velocidade em tronco de 2.5km/s. Os refletores abaixo do maior espessamento do diabásio são aproximadamente retos. A geometria utilizada nesse levantamento é apresentada na Tabela 2 abaixo:

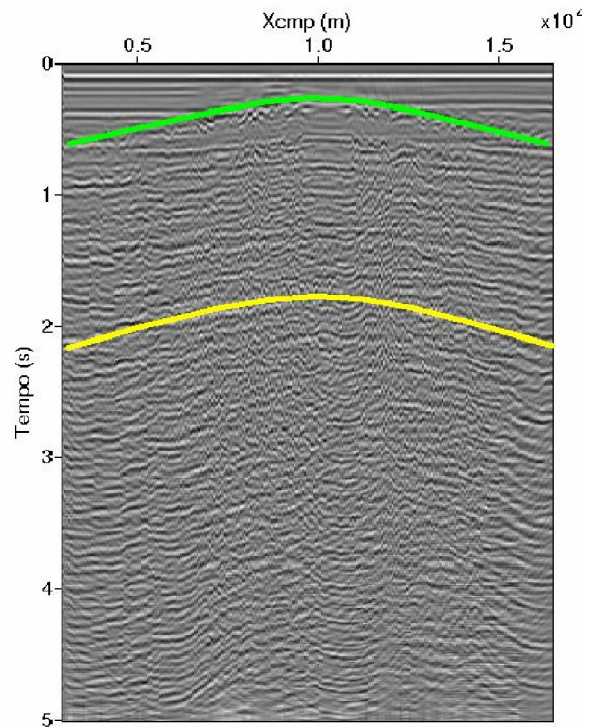


Figura 11: Migração pré-stack em tempo da seção 2D apresentada na Figura X. Interface do diabásio está assinalada em verde. Os refletores abaixo deste sofreram o fenômeno de pull-up, estes estão assinalados em amarelo.

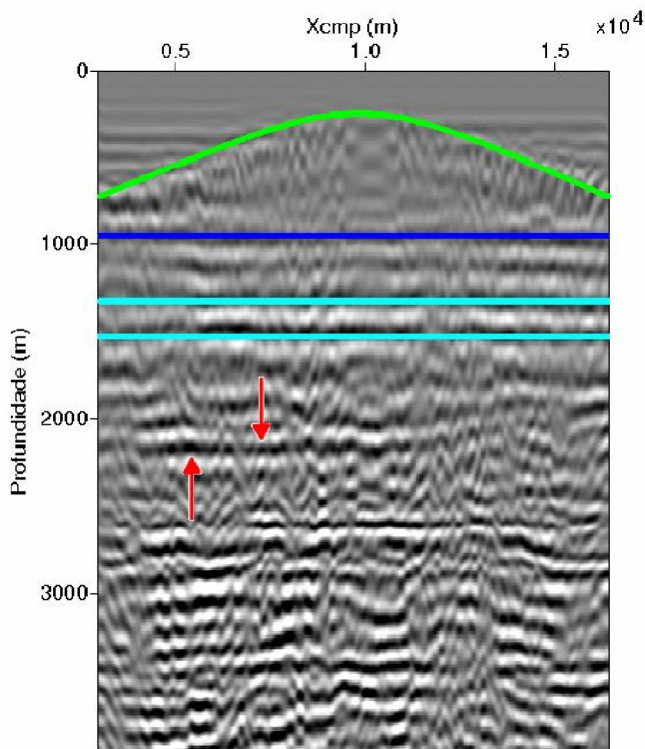


Figura 12: Migração em profundidade da seção 2D. Diabásio assinalado em verde. Refletores abaixo deste estão praticamente horizontais, o que está de acordo com modelo exato. A região do reservatório pode ser visualizada (setas vermelhas) além da região de baixa velocidade (em 2.7 km aproximadamente).

Os resultados das seções migradas apresentam limitações de modelagem devido a malha grosseira, utilizada na aquisição dos dados, que é devido a custos computacionais e fragmentação devido ao grande número de dados de velocidade e densidade dos logs do poço. Entretanto, pode-se verificar que o modelo criado descreve os problemas como os encontrados em áreas apresentam camadas com forte contraste de velocidade, como o que ocorre nos alvos exploratórios das bacias paleozóicas.

Conclusões

Apresentamos um modelo acústico 3D de um alvo exploratório representativo de Bacia Paleozóica, e resultados da simulação de levantamentos sísmicos em 2D e 3D. O modelo apresenta características que dificultam o imageamento sísmico: variação da espessura, forte heterogeneidade, rugosidade nas soleiras e forte contraste de impedância entre o pacote sedimentar e as soleiras. Em consequência, os resultados da modelagem 2D e 3D apresentam fortes múltiplas e difrações. Estes eventos dificultam a análise de velocidade, comprometendo a confiabilidade do imageamento sísmico. Particularmente, o imageamento

sísmico em tempo apresenta falseamento dos refletores abaixo da região de soleiras. Os dados gerados por este experimento numérico permitem avaliar seqüências de processamento, análise de velocidade e imageamento. Pesquisas nestas áreas estão sendo realizadas na Rede Cooperativa em Geofísica de Exploração.

Agradecimentos

A Unidade UN-BSOL, na pessoa do Dr. Celso Murakami pela liberação dos dados usados neste trabalho. A PETROBRAS, na pessoa do Dr. Eduardo Faria por autorizar a divulgação deste trabalho.

Referências

- KARRENBACH, M. Elastic Tensor Wave Fields. Tese (Doutorado) — Stanford University, 1995.
- LEVANDER, A. R. Fourth-order finite-difference p-sv seismograms. *Geophysics*, v. 53, n. n. 11, p. 1425–1436, 1988.
- NETO, F. A. S.; COSTA, J. C. Modelagem acústica por diferenças finitas e elementos finitos em meios geologicamente complexos. Rede Cooperativa de Pesquisa em Risco Exploratório, 2006.
- SATPAL, O. P. et al. Integrated interpretation for sub-basalt imaging in samashtra basin, india. *The Leading Edge*, p. 882–885, 2006.
- WITHERS, R. et al. A case study of integrated hydrocarbon exploration through basalts. *Geophysics*, p. 1666–1679, 1994.

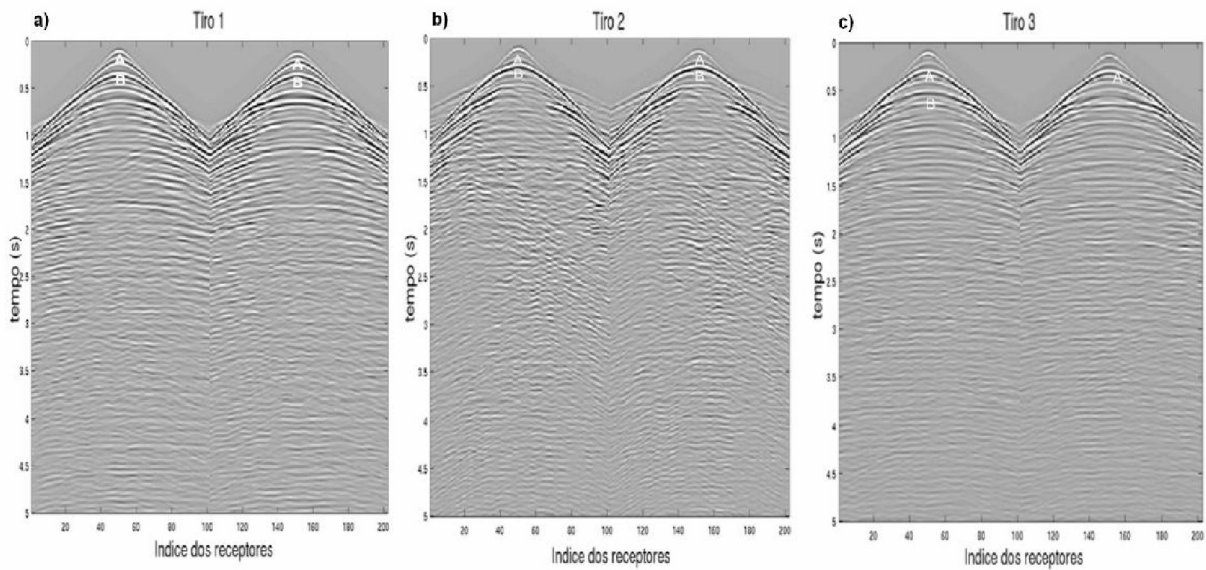


Figura X: Registro dos campos de pressão medidos entre as duas linhas mais internas das oito linhas de receptores. O primeiro tiro está situado na posição de 5 km no eixo x1 e registro mostrado na Figura 4.5a. O segundo tiro está situado na posição de 10 km no eixo x1 e registro mostrado na Figura b. O terceiro tiro está situado na posição de 15 km no eixo x1 e registro mostrado na Figura 4.5c..