

Análise qualitativa de arranjos de explosivos para aquisição sísmica

Franklim Roberto Lima dos Santos, Georadar Levantamentos Geofísicos S.A.
Herbert Duarte Neves, Georadar Levantamentos Geofísicos S.A.

Copyright 2012, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no V Simpósio Brasileiro de Geofísica, Salvador, 27 a 29 de novembro de 2012. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do V 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

Analisar qualitativamente os arranjos de explosivos na aquisição sísmica é de fundamental importância para garantir a qualidade dos dados, pois as variáveis envolvidas incluem desde as especificações das cargas até a litologia local. Desta forma, uma campanha sísmica deve sempre se iniciar depois dos resultados, das análises e das conclusões sobre os testes de arranjos da fonte. O objetivo das análises é subsidiar a escolha do melhor arranjo de carga para a área do programa sísmico, considerando apenas a qualidade dos dados.

Introdução

As campanhas sísmicas se intensificaram no País resultado das rodadas de licitações da ANP desde 1999. Equipes sísmicas vêm adquirindo dados sísmicos para petróleo e gás. Garantir a qualidade dos dados é requisito mínimo para qualquer campanha, e dentro deste contexto conhecer os explosivos e escolher o arranjo a ser utilizado é fundamental.

Neste trabalho, foram avaliados arranjos de cargas em “ilhas de tiros” projetados de modo a testar a profundidade do(s) furo(s), a quantidade de carga e o número de furos. Também foram avaliados dois arranjos com cobertura completa como opções de redução de cargas. Para não prejudicar a qualidade dos resultados os registros com problemas nos canais auxiliares, com falhas instrumentais, com ruídos incoerentes excessivos e com descargas elétricas foram descartados. Na avaliação do sinal sísmico oriundo das diversas configurações dos pontos de tiros foi utilizada a análise espectral no domínio da frequência – transformada fk – sobre o dado bruto com o *software Vista Seismic Processing 10.0*.

O domínio fk é composto por duas variáveis independentes - frequência (f) e número de onda (k) resultantes da Transformada de Fourier 2D de um registro sísmico no domínio XT (distância x tempo). O resultado desta operação matemática é o *plot-fk*. O *plot-fk* é utilizado para avaliar registros sísmicos e representa a densidade de energia em um dado intervalo de tempo numa determinada região. Esta região é representada pelas variáveis transformadas frequência versus número de onda. A transformada fk é útil para examinar a direção e a velocidade aparente dos eventos sísmicos. Além de atuar como uma importante ferramenta de investigação

de ruídos e melhorar a resposta do sinal ajudando na redução de eventos indesejáveis como o *ground-roll*.

O experimento foi realizado na Bacia Sedimentar do Amazonas, com sedimentos do Paleozóico. Por ser uma bacia antiga o estudo geofísico é prejudicado pelas altas velocidades das ondas sísmicas e pela presença de rochas vulcânicas intercaladas (soleiras de diabásio), reduzindo a qualidade sísmica e criando falsas estruturas geológicas. Superficialmente, a região é composta por material areno-argiloso, ora mais argiloso, ora mais arenoso e húmus. Nas regiões mais arenosas a energia das ondas sísmicas é fortemente reduzida. Em períodos chuvosos, como o da época dos levantamentos dos dados, alguns trechos ficam encharcados.

Metodologia / Problema Investigado

O registro dos testes de cargas para os dois arranjos com cobertura completa foi realizado em um trecho de doze quilômetros, na mesma direção estiram dispostas as “ilhas de tiros”, no total de quatro, nos pontos de tiros citados na Tabela 1.

Tabela 1 – Pontos de tiros inicial e final para cada linha e ilha de tiros. Os pontos de tiros são distribuídos apenas em números ímpares.

LINHA/ILHA	PT-inicial	PT-final	Quant. PTs
Opção 1	729	1685	478
Original	729	1685	478
Opção 2	729	1685	478
Ilha de Tiro #1	713	721	10
Ilha de Tiro #2	1689	1697	10
Ilha de Tiro #3	1777	1785	10
Ilha de Tiro #4	1865	1873	10

A geometria de aquisição foi desenhada no *software OMNI 3D DESIGN 10.0*. Os dados foram adquiridos com o sismógrafo SERCEL 428XL 24 bits. Os explosivos foram do tipo emulsão encartuchada, à base de sais de nitrato, embalados em filme de polietileno e com velocidade de detonação mínima de 5200 m/s.

Arranjos com cobertura máxima

Os arranjos de cargas com cobertura máxima foram distribuídos em linhas diferentes, paralelas à linha original a 5 m de distância. Os pontos de tiros das linhas paralelas estão dispostos como demonstrado na Figura 1. Os de cor roxa são componentes da Opção 1 e os de

cor verde são componentes da Opção 2. Na Opção 1 os pontos de tiros foram configurados com 3 furos equiespaçados de 8,33m, 2 m de profundidade e 0,5 kg de explosivo; na Opção 2 os pontos de tiros foram configurados com 2 furos equiespaçados 12,5 m, 3 m de profundidade e 0,73 kg de explosivo; e na linha original com 3 furos equiespaçados de 8,33 m, 2 m de profundidade e 0,73 kg de explosivo (Figura 1). Observe-se que a quantidade de cargas do arranjo da linha original é de 2,19 kg e dos dois outros arranjos a quantidade é de 1,5 kg.

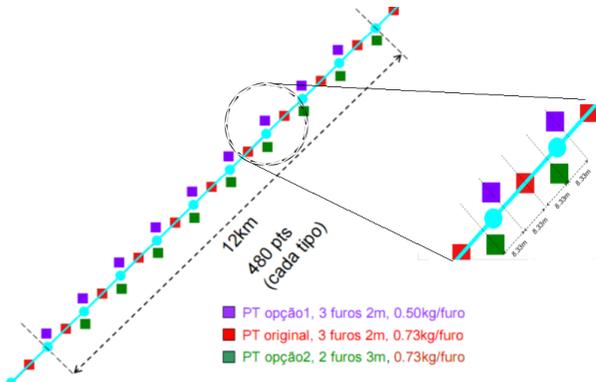


Figura 1 – Linhas paralelas para aquisição de dados com os arranjos com redução de cargas.

Arranjos das “ilhas de tiros”

Cada “ilha de tiros” foi composta por dez pontos de tiros mais os tiros da linha original, como demonstrado nas figuras 2, 3, 4, 5 e 6. No total, foram distribuídas 4 “ilhas de tiros” em locais já indicados pela Tabela 1, e espaçadas entre si em um quilômetro.

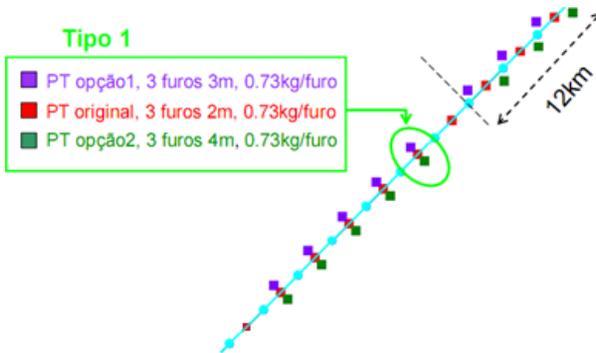


Figura 2 – Arranjos projetados para avaliar a profundidade dos furos.

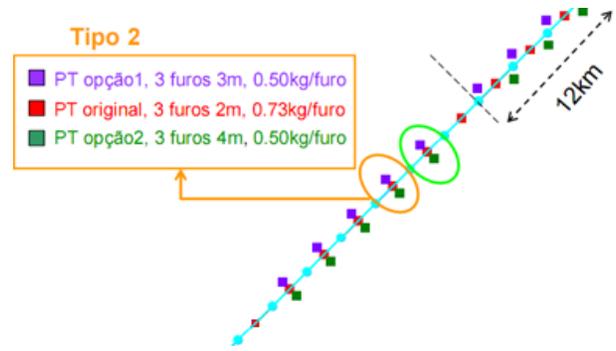


Figura 3 – Arranjos projetados para avaliar profundidade e quantidade de carga.

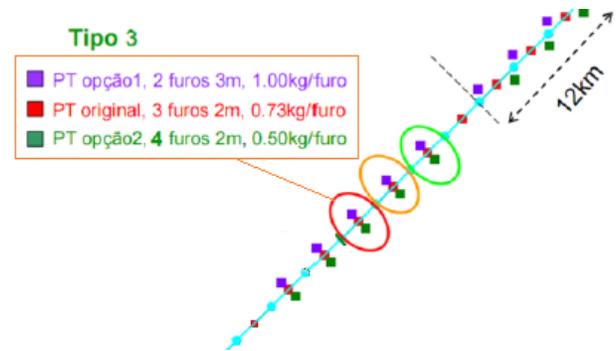


Figura 4 – Arranjos projetados para avaliar a quantidade de furos, a profundidade dos furos e a quantidade de carga.

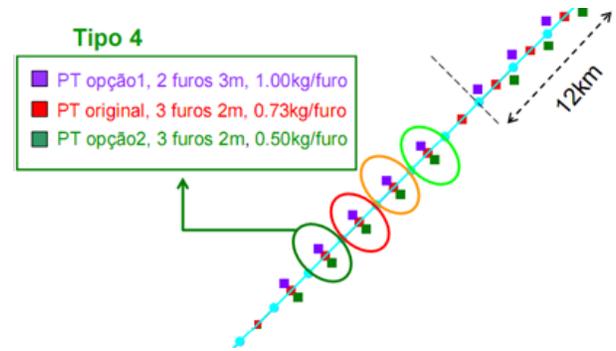


Figura 5 – Arranjos projetados para avaliar a quantidade de furos, a profundidade dos furos e a quantidade de carga.

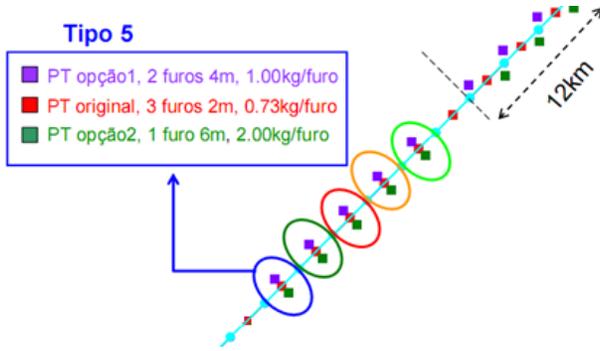


Figura 6 – Arranjos projetados para avaliar a quantidade de furos, a profundidade dos furos e a quantidade de carga.

O estudo foi desenvolvido em três etapas, dentro de cada uma das duas seleções de PTs descritas acima: processamento, análise e conclusão.

Resultados

O objetivo da análise espectral foi comparar os diversos *plots-fk* para diferentes configurações de tiro. Utilizaram-se três critérios de avaliação para julgar a melhor configuração de tiro. O primeiro critério foi à geração e grau de espalhamento da energia por PT do *ground-roll*. O segundo critério foi medir o grau de intensidade da energia do sinal sísmico gerado no domínio *fk* utilizando o espectro de energia gerado de cada ponto de tiro. O terceiro critério foi comparar as amplitudes dos eventos sísmicos para os PTs em estudo.

A Figura 7 mostra o sismograma e o respectivo *plot-fk*. No *plot-fk* estão indicadas as regiões de análise. A região indicada no gráfico denominada '*ruído*' foi avaliada levando em consideração a velocidade aparente da onda sísmica cuja região no *plot-fk* engloba boa parte da energia do "*ground-roll*". A região indicada '*signal*' foi avaliada segundo o critério das velocidades aparentes do sinal sísmico (reflexões) e a intensidade de energia gerada no domínio *fk*. Outro critério utilizado foi a comparação das amplitudes do sinal sísmico entre os registros.

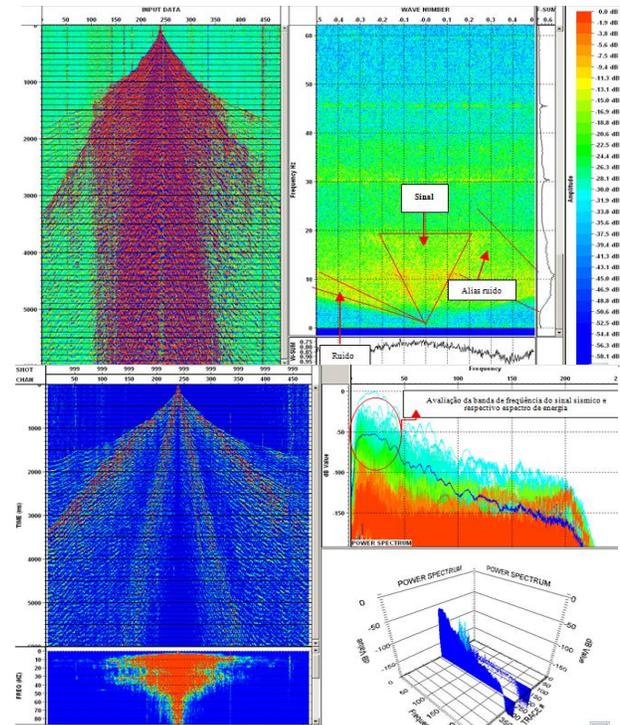


Figura 7 – Transformada *fk* e Análise Espectral para PT com configuração de duas cargas, três metros de profundidade e 0,73 quilogramas de carga para cada furo.

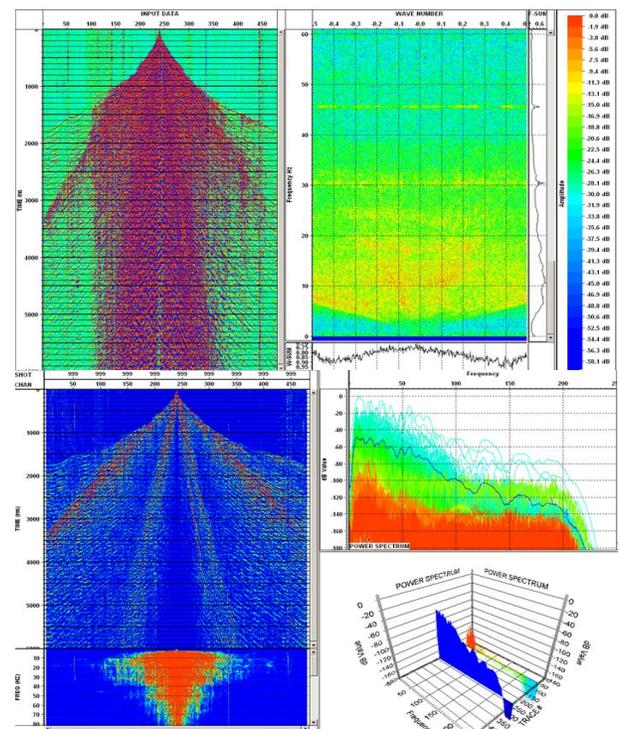


Figura 8 – Transformada *fk* e Análise Espectral para PT com configuração de três cargas, dois metros de profundidade e meio quilograma de carga para cada furo.

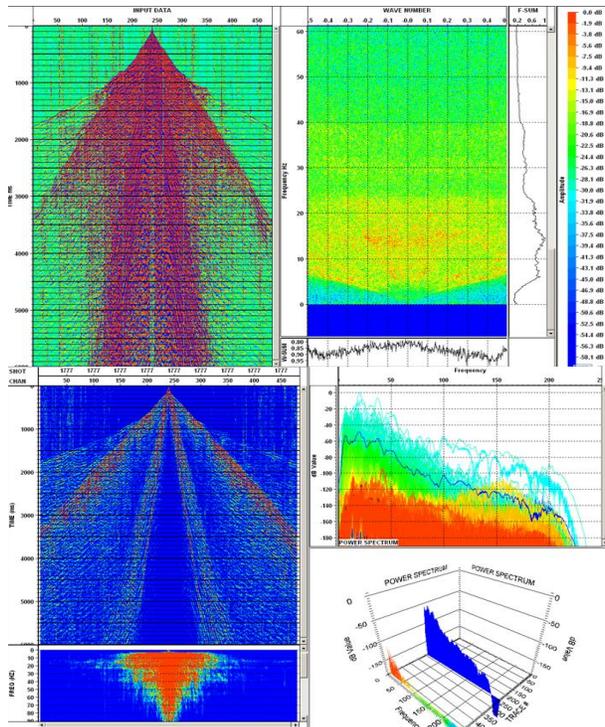


Figura 9 – Transformada fk e Análise Espectral para PT com configuração de uma carga, seis metros de profundidade e dois quilogramas de carga para cada furo.

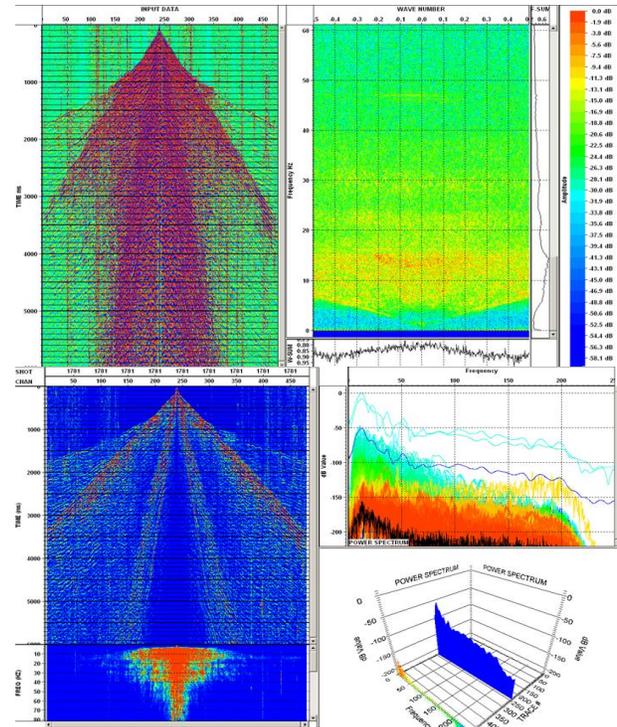


Figura 11 – Transformada fk e Análise Espectral para PT com configuração de quatro cargas, dois metros de profundidade e meio quilograma de carga para cada furo.

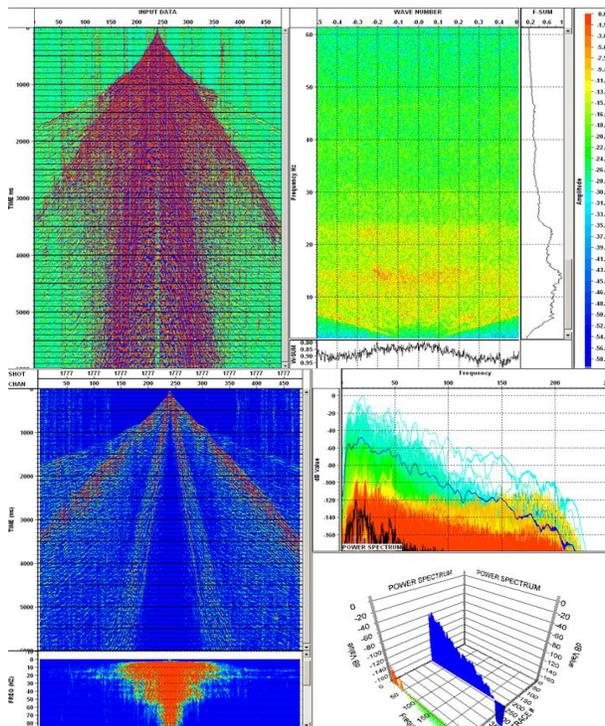


Figura 10 – Transformada fk e Análise Espectral para PT com configuração de duas cargas, quatro metros de profundidade e um quilograma de carga para cada furo.

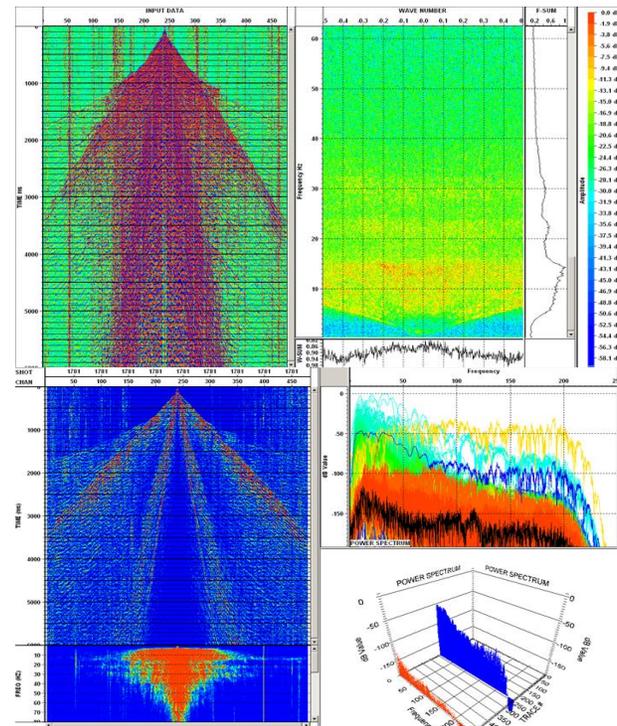


Figura 12 – Transformada fk e Análise Espectral para PT com configuração de duas cargas, dois metros de profundidade e 0,73 quilograma de carga para cada furo.

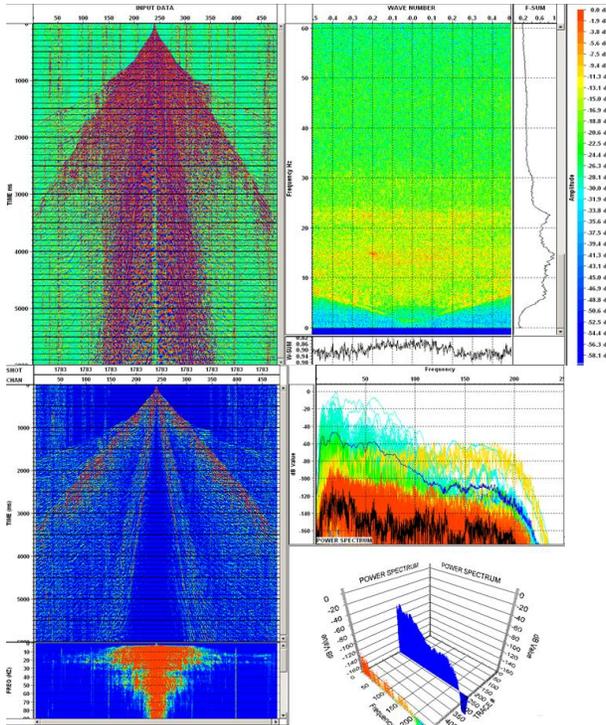


Figura 13 – Transformada fk e Análise Espectral para PT com configuração de três cargas, quatro metros de profundidade e meio quilograma de carga para cada furo.

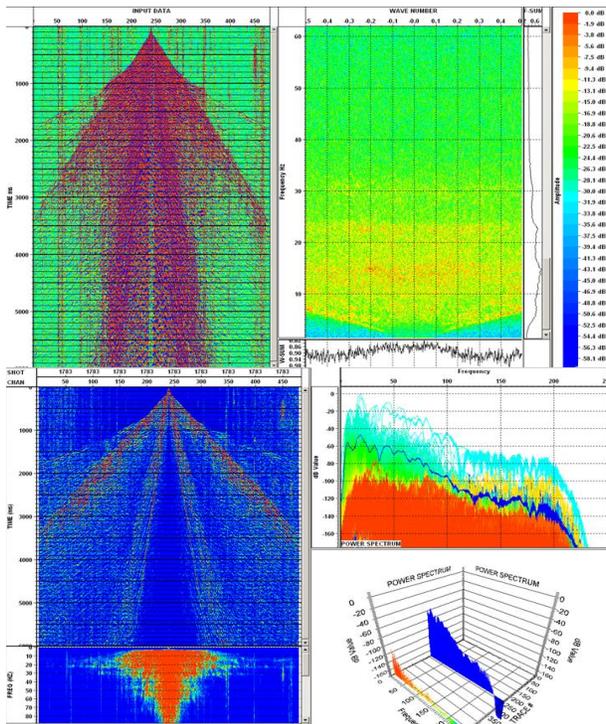


Figura 14 – Transformada fk e Análise Espectral para PT com configuração de três cargas, três metros de profundidade e meio quilograma de carga para cada furo.

Discussão e Conclusões

A análise espectral e da transformada fk dos dados brutos para os arranjos com cobertura completa indica que a configuração de três cargas, dois metros e 1,5 kg é a que representa a melhor resposta para os dados sísmicos registrados.

A análise espectral e da transformada fk dos dados brutos dos pontos de tiro dentro da ilha de tiro #3 sugere que a configuração com três cargas, quatro metros e 1,5 kg representa a melhor resposta sísmica referente a configuração de fonte. Porém, do ponto de vista operacional, esta configuração não leva vantagem sobre a configuração escolhida como a melhor entre os arranjos com cobertura completa.

Sugere-se como estudo posterior uma análise espectral sobre refletores em diferentes ângulos e amplitudes nas seções empilhadas dos dados adquiridos nos 12 km de linha.

Agradecimentos

Nossos agradecimentos se estendem a todos os colegas de trabalho que contribuíram direta ou indiretamente para a realização dos experimentos, são eles: Elias Pereira Nascimento, Marcus Vinícius de Melo Freire, Carlos da Silva Claudino, Rodrigo Nazareno Andrade Mendonça, Francisco de Assis Cavallaro, Davison Nyvou Calado de Brito, Carla Patrícia Queiroz Furtado e Danusa Mayara de Souza.

Além de Manuelle Santos Góis, José Luiz Bampa Sauerbronn e Eduardo Faria pela revisão final do artigo e pelo incentivo continuamente dado.

Referências bibliográficas

HILL, I.; BROOKS, M.; KEAREY, P. **Geofísica de Exploração**. Oficina de Textos, 2009. 440pp.

ROMANELLI ROSA, A. L. **Análise do Sinal Sísmico**. Rio de Janeiro: SBGf, 2010. 668pp.

WANDERLEY FILHO, J. R. **Evolução estrutural da Bacia do Amazonas e sua relação com o embasamento**. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1991.