

## Processamento Aplicado à Sísmica de Alta Resolução. Estudo de Caso: Baía de Guanabara – RJ.

Igor Kestemberg Marino<sup>1</sup>; Marco Antonio Cetale Santos<sup>1</sup>; Cleverson Guizan Silva<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> LAGEMAR / Laboratório de Imageamento Sísmico e Inversão Sísmica (ISIS) – Universidade Federal Fluminense

<sup>2</sup> LAGEMAR – Universidade Federal Fluminense

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.*

### Abstract

In this work we introduce a processing flow for mono-channel high resolution seismic data from Guanabara Bay. Usually high resolution seismic data is interpreted in its raw format and the development of a processing flow is rarely found in the literature. The results show the efficiency of processing, mainly in the attenuation of noise and in the greater lateral continuity of reflectors, thereby increasing the quality of the seismic image and allowing a better interpretation of the Quaternary sedimentary deposits.

### Introdução

A sísmica de alta resolução tem aplicabilidade bastante restrita às profundidades menores (dezenas a centenas de metros) e possui resolução superior à da sísmica convencional, visto que consegue imagear estruturas da ordem de centímetros. Normalmente o dado de alta resolução contém uma grande quantidade de ruídos, o que dificulta bastante a interpretação do perfil sísmico, justificando assim a necessidade da aplicação de técnicas de processamento ao dado adquirido.

Até o presente os dados de sísmica monocal de alta resolução vêm sendo interpretados sem a aplicação de nenhuma etapa de processamento e os estudos e referências na área são bastante raros, recentes ou ainda pouco abordados na literatura (e.g. Brunetta, 2005; Gomes *et al.* 2010). Com base nesse contexto o presente trabalho apresenta uma proposta de processamento dos dados sísmicos de alta resolução, uma vez que se diferencia em diversos aspectos dos fluxos de processamento utilizados na sísmica convencional. Com base em alguns parâmetros, tais como: comportamento da onda de alta frequência, impedância acústica, aplicabilidade dos filtros para eliminação de ruídos típicos e recuperação de ganho, pode-se obter um perfil sísmico com qualidade superior ao registro bruto.

### Área de Estudo

A Baía de Guanabara situa-se no estado do Rio de Janeiro, entre as latitudes de 22°40' S e 23°00' S e longitudes 43°00' O e 43°20' O. Seu perímetro total é de 131 km, com extensão máxima de 30 km de Norte a Sul e cerca de 28 km de Leste a Oeste (Kjerfve *et al.*, 1997), ocorrendo um estreitamento em sua barra, entre o Forte

São João e a Fortaleza Santa Cruz, tendo sua largura restringida a 1,6 km (Quaresma, 1997). O perfil 9 selecionado para aplicação do fluxo consiste em uma seção longitudinal de orientação praticamente N-S estendendo-se da entrada da baía até sua porção intermediária (Figura 1). A baía apresenta uma batimetria bem complexa destacando-se a existência de um canal central, com aproximadamente 8 km de extensão, cuja profundidade máxima é de cerca de 60 m próximo à entrada e em torno de 15 m na porção mais interna.

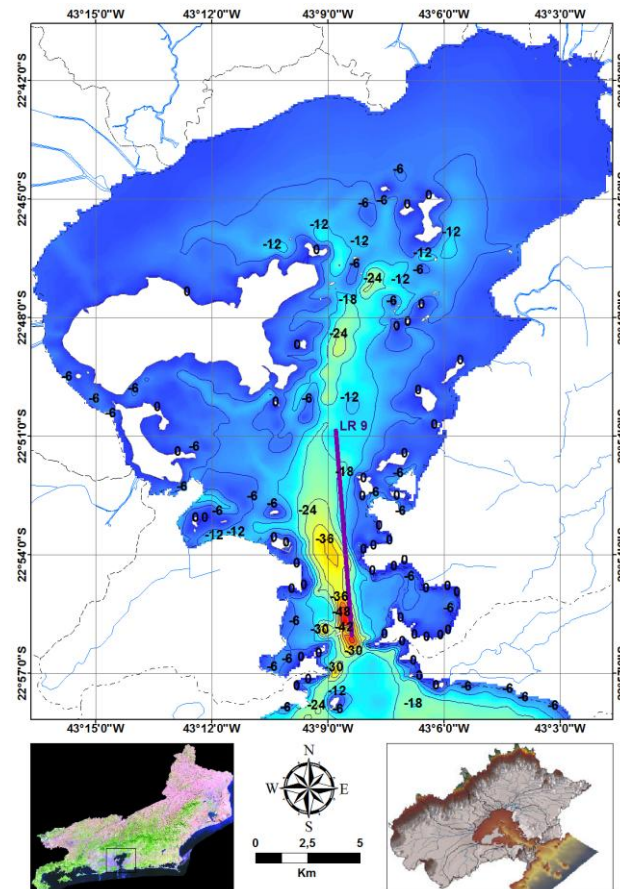


Figura 1 – Localização da área de estudo, apresentando sua batimetria (em metros) e localização do perfil 9, selecionado para aplicação do fluxo de processamento.

### Metodologia

Os dados sísmicos processados no presente trabalho foram adquiridos com um perfilador de subfundo do tipo CHIRP de frequência modulada (2 – 17 kHz), da marca

EdgeTech. Tendo como base o processamento aplicado à sísmica convencional na prospecção de hidrocarbonetos, foi desenvolvido um fluxo de processamento, observado na figura 2, o qual se adequou melhor ao conteúdo de frequências do registro raso e favoreceu assim o imageamento das estruturas geológicas em subsuperfície.

A primeira correção realizada na etapa de geometria consistiu na transformação do sistema de coordenadas originais para UTM, e atualização dos novos valores nos *headers* dos traços armazenados na base de dados. Outros valores inseridos nesta etapa foram: identificação sequencial do traço e registro de campo (*Trace Index* e *Field File*), número da linha (*Source/ Receiver Line*), localização da fonte e do receptor (*Source/ Receiver Location*), distância entre traços (*Trace Increment*) e elevações (*Source/ Receiver Elevation*). A distância entre os traços, calculada a partir da velocidade média da embarcação, foi estimada em torno de 0,35 m.

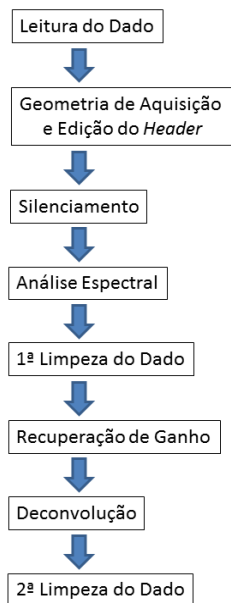


Figura 2 – Fluxograma proposto para o processamento apresentando as etapas adotadas e interpretação do registro sísmico

### Silenciamento da Coluna d’Água

Imediatamente após a inserção dos parâmetros de geometria realizou-se a remoção da lâmina d’água no registro aplicando-se um *early muting*. Tal remoção pode ser eficaz na minimização da saturação visual do perfil removendo a influência de cardumes de peixes, sedimentos e detritos em suspensão, salvo em regiões onde se deseja identificar certos fenômenos na coluna d’água, como escapes de gás raso, comumente encontrados na área de estudo (Fig. 3).

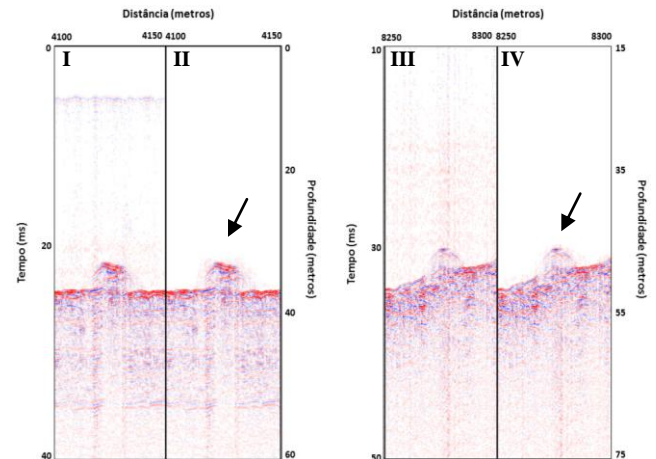


Figura 3 – Cortes do perfil 9 antes (I e III) e após o silenciamento da coluna d’água (II e IV). Nota-se a presença de escapes de gás para a mesma.

### Limpeza do Dado

O filtro de frequência do tipo passa-banda foi desenhado tendo como base a distribuição de frequências observada na análise espectral do dado. O ruído de alta frequência cria um padrão retilíneo que cruza as reflexões sísmicas, mascarando os horizontes de interesse. Para o perfil adquirido, observa-se a partir da análise espectral que na faixa de frequência entre 0,5 kHz e 7,0 kHz encontram-se as maiores concentrações de energia, referentes aos refletores em subsuperfície, ou seja, o sinal coerente, enquanto os ruídos aleatórios, instrumentais e ruídos de fundo apresentam-se nas demais faixas de frequência, porém com menores amplitudes (Fig.4).

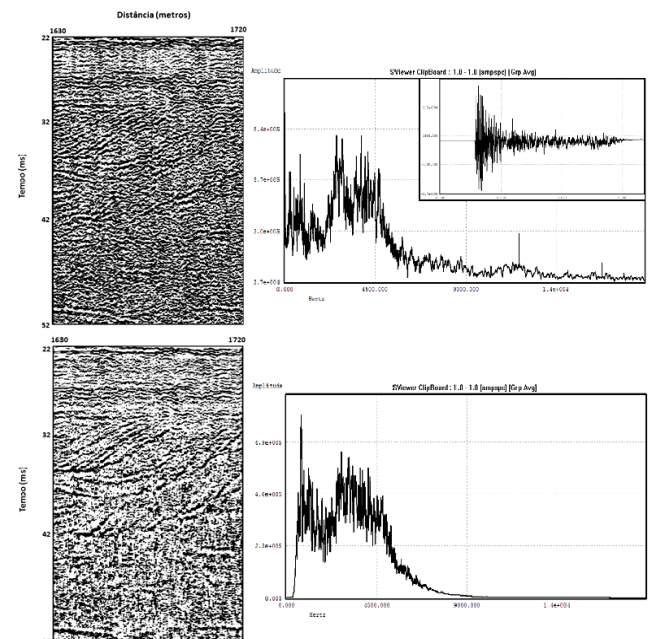


Figura 4 – Comparação entre a seção não filtrada e após a aplicação de um filtro passa-banda

## Recuperação de Ganho

Na propagação do pulso sísmico em determinado meio a quantidade de energia contida na frente de onda decai com o aumento da distância devido ao espalhamento geométrico. Os mecanismos de absorção de energia por parte do meio são bastante complexos, porém o decaimento de energia pode ser caracterizado como a perda de uma fração fixa do total de energia para cada oscilação das partículas do meio (Kearey et al., 2002). Observa-se que na comparação entre os perfis (Fig. 5) a seção não balanceada apresenta variações laterais e rápido decaimento de energia com a profundidade devido à atenuação natural do pulso sísmico, enquanto a seção sísmica após o balanceamento espectral possui melhor distribuição do seu conteúdo de frequências.

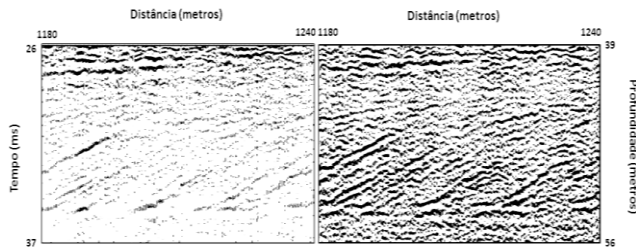


Figura 5 – Comparação entre a seção antes e após o balanceamento espectral. Observa-se o realce nos depósitos com clinoformas progradantes.

Outra forma de realçar o sinal é através do AGC (Automatic Gain Control), que cria uma distribuição equalizada das amplitudes. Para evitar que o sinal seja descaracterizado utilizou-se um AGC instantâneo, onde o valor absoluto da média das amplitudes dentro de uma janela de análise é armazenado e em seguida aplicado. Janelas de análise muito limitadas tendem a causar significativa perda de sinal ao realçar zonas que contenham baixas amplitudes, tornando as reflexões mais fortes indistinguíveis. Na figura 6 observa-se esse efeito na seção sísmica ao variarmos a janela de análise do AGC para os tempos de 15 ms e 3,5 ms em comparação ao perfil sem aplicação de AGC.

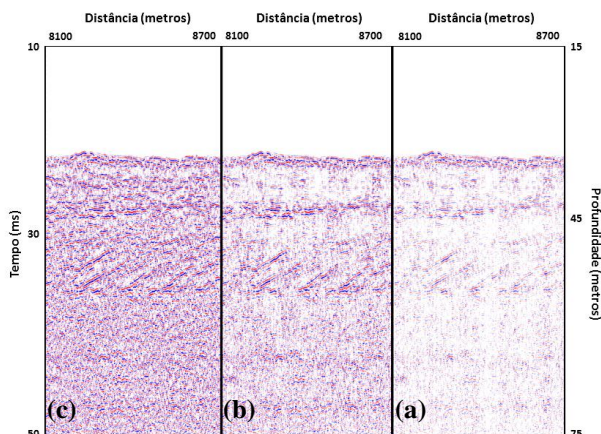


Figura 6 – Corte do perfil evidenciando diferentes janelas de AGC aplicadas: Sem aplicação (a), 15 ms (b), 3,5 ms (c).

## Deconvolução

Para o registro sísmico a deconvolução preditiva obteve melhor resultado atenuando as múltiplas e sobreposições das reverberações que atenuavam as reflexões (Fig. 7). Basicamente, o algoritmo de deconvolução preditiva remove o efeito de múltiplas predizendo seus tempos de chegada, assumindo como base os tempos de chegada dos eventos primários, supondo que a forma da *wavelet* para uma fonte impulsiva possui energia concentrada na parte frontal do pulso (Robinson & Treitel, 2000). A aplicação da deconvolução preditiva teve como objetivos principais a remoção das múltiplas de fundo e melhoria na resolução vertical dos dados.

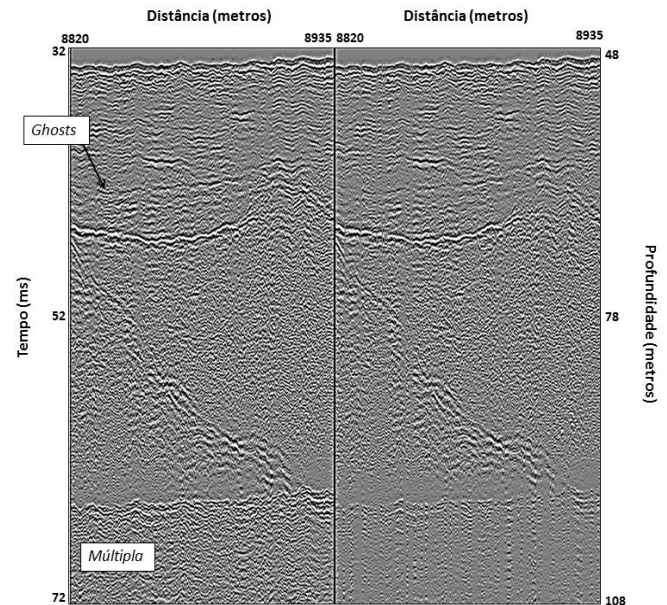


Figura 7 – Atenuação de múltipla de fundo e deghosting após a etapa de deconvolução.

Posteriormente à etapa de deconvolução os dados foram novamente filtrados para eliminação de artefatos gerados na compressão do pulso sísmico. Os parâmetros do filtro aplicado na primeira etapa de limpeza não foram alterados nesta etapa, isto se justifica pelo fato de que a aplicação do algoritmo de deconvolução no dado sísmico gera ruídos coerentes de alta frequência, necessitando assim de um filtro regularizador do tipo passa-baixa na sequência.

## Conclusões

As principais conclusões do presente estudo foram:

- A aplicação de um fluxo de processamento simples, que modificasse pouco o dado bruto, mostrou-se eficaz para a melhoria do imageamento sísmico, aumentando a relação sinal/ruído, e produzindo melhoras significativas no imageamento dos refletores (Fig. 8).

- Janelas de ganho muito restritas tendem a causar significativa degradação do sinal ao realçar zonas que contenham baixas amplitudes, tornando as reflexões mais fortes indistinguíveis das mais fracas.
- Um dos problemas que mais degradaram a qualidade dos registros consistiu na presença constante de reverberações e *ghosts*. A aplicação da deconvolução preditiva apresentou resultados positivos quanto à atenuação dos mesmos.
- Observou-se a necessidade da aplicação de uma nova filtragem pós-deconvolução, sem alteração dos parâmetros originais, para remoção de eventuais artefatos gerados no processo de deconvolução.

### Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a PETROBRAS/ANP pelo suporte financeiro e ao Departamento de Geologia e Geofísica da Universidade Federal Fluminense pela disponibilidade das instalações e equipamentos usados neste trabalho.

### Referências

BRUNETTA, R., 2005. O processamento da sísmica de reflexão rasa – Desafios encontrados no estudo de

modelos análogos a reservatórios fraturados. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná – Curitiba (PR). 94pp.

GOMES, M. P., VITAL, H. & MACEDO, J. W. P., 2010. Fluxo de processamento aplicado a dados de sísmica de alta resolução em ambiente de plataforma continental. Exemplo: Macau-RN. Revista Brasileira de Geofísica 29 (1): 173-186.

KEAREY, P., BROOKS, M. & HILL, I. (2002) An introduction to Geophysical Exploration. Blackwell Scientific. Oxford (UK). 438pp.

KJERFVE, B., RIBEIRO, C. H. A., DIAS, G. T. M, FILIPPO, A. M. & QUARESMA, V. S., 1997. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. *Continental shelf research*, 17(13):1609-1643.

QUARESMA, V.S., 1997. Caracterização da dinâmica sedimentar da baía de Guanabara, RJ. Tese de mestrado. Departamento de Geologia - Universidade Federal Fluminense. Niterói (RJ). 97pp.

ROBINSON, E. A. & TREITEL, S., 2000. Geophysical Signal Analysis. Society of Exploration Geophysicists, Tulsa (USA). 516 pp.

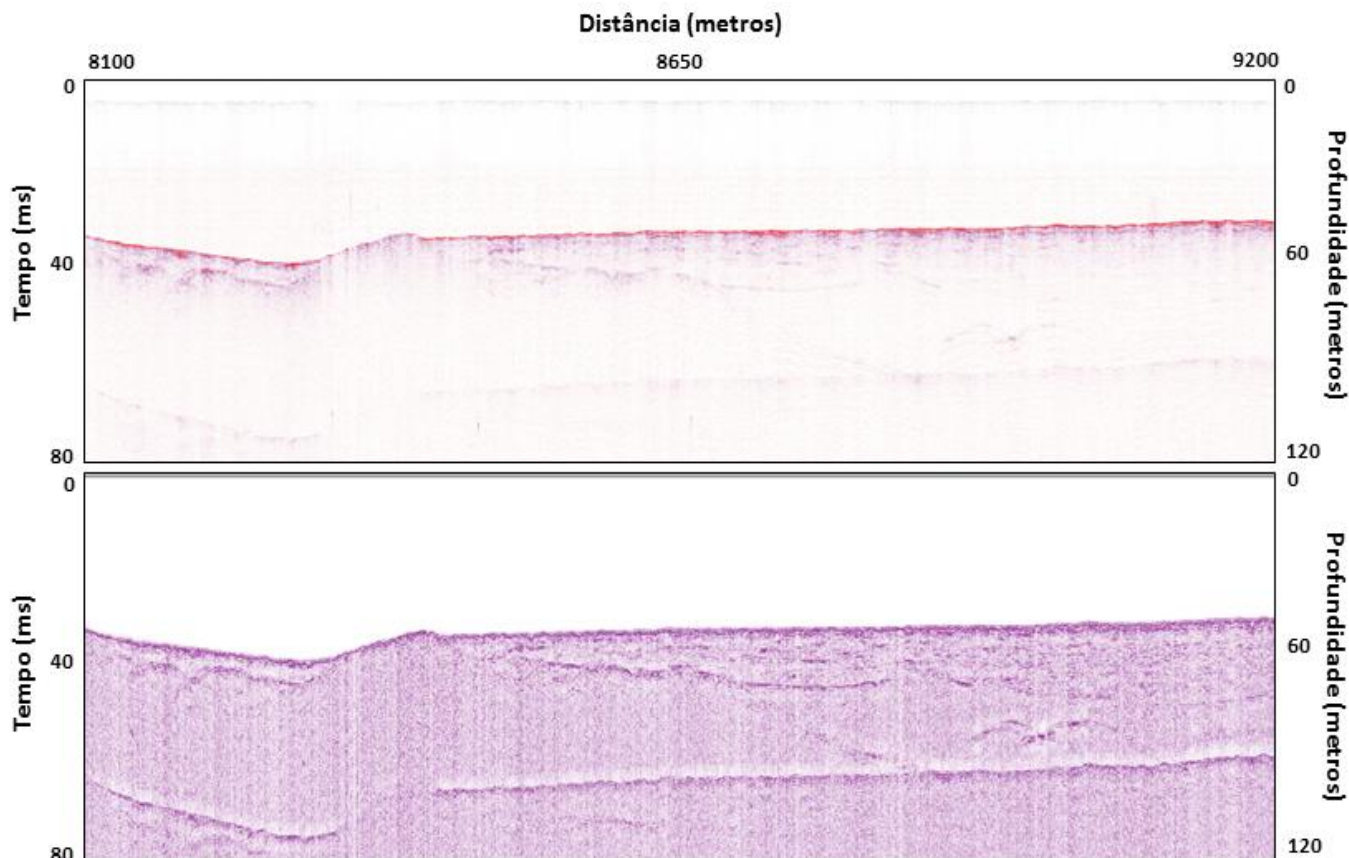


Figura 8 – Comparação entre o perfil bruto e o perfil após as etapas de processamento.