

Inversão de Dados Geofísicos de Amplitude Versus Afastamento pela Decomposição por Valores Singulares

Dian Luis dos S. S. Soares*

IGEO/UFBA

Campus Universitário de Ondina, 40170-115, Salvador, BA

E-mail: dlsss@cpgg.ufba.br

Amin Bassrei

IF/UFBA & CPGG/UFBA

Campus Universitário de Ondina, 40170-115, Salvador, BA

E-mail: bassrei@cpgg.ufba.br

RESUMO

A sismologia de exploração é o ramo da Geofísica que estuda a propagação de ondas elásticas no interior da Terra com o objetivo de imagear a subsuperfície. No interior da Terra propagam-se dois tipos de ondas: as compressionais ou primárias, mais conhecidas como ondas P, e as ondas cisalhantes ou secundárias, mais conhecidas como ondas S. Outros parâmetros importantes para o conhecimento das rochas em subsuperfície são a densidade e a razão de Poisson. O sucesso do método sísmico na exploração de hidrocarbonetos tornou-se inquestionável e com isso foram surgindo novas ferramentas que otimizaram o método, tornando a sua utilização cada vez mais eficaz. Dentre estas técnicas destaca-se a análise de amplitude versus afastamento (AVO, do inglês *Amplitude Variation with Offset*) que é o estudo da variação da amplitude refletida com o afastamento fonte-receptor. Foi introduzida por Ostrander (1984), quando este demonstrou que o coeficiente de reflexão de um arenito com gás varia de forma anômala com o aumento do afastamento, de modo que poderia ser utilizado como um indicador direto de hidrocarbonetos. A análise de AVO decorre da relação teórica entre o coeficiente de reflexão sísmico, o ângulo de incidência da onda e as variações na velocidade da onda P, da onda S e da densidade através de uma interface. Contudo, a expressão exata que define o coeficiente de reflexão sísmico é muito complexa, tornando-se necessário a formulação de equações aproximadas e lineares para a mesma, elaborada por diversos autores. O objetivo destas aproximações é obter um melhor entendimento dos parâmetros elásticos e de facilitar a determinação dos mesmos utilizando a técnica AVO.

Um problema é dito inverso quando, a partir dos dados medidos, estima-se os parâmetros do modelo, ou seja, tendo o conhecimento do efeito busca-se a causa. Os problemas inversos lineares são formulados como um sistema linear de equações: $\mathbf{d} = G\mathbf{m}$, onde \mathbf{d} é um vetor que representa o conjunto de dados observados, \mathbf{m} é um vetor que representa o conjunto de parâmetros do modelo a serem estimados e G é o operador matricial. Na inversão necessitamos determinar o vetor \mathbf{m} . Logo, o sistema linear é resolvido aplicando a inversa generalizada de G : $\mathbf{m} = G^+\mathbf{d}$. Esta inversa generalizada é obtida pela técnica decomposição por valores singulares (SVD, do inglês *Singular Value Decomposition*), onde decompomos a matriz G em um produto de três matrizes: $G = U\Sigma V^T$, onde, U é a matriz que contém os autovetores ortormalizados de GG^T , V é a matriz que contém os autovetores ortormalizados de G^TG e Σ é a matriz diagonal que contém os valores singulares de G . A inversa generalizada é então definida por: $G^+ = V\Sigma^+U^T$.

*bolsista da ANP

No presente trabalho foi feita a inversão da equação aproximada do coeficiente de reflexão formulada por Aki and Richards (1980) utilizando a SVD. Esta equação é escrita da seguinte forma:

$$R_{PP}(\theta) \approx \frac{1}{2 \cos^2 \theta} \frac{\Delta v_p}{v_p} + \frac{1}{2} \left[1 - 4 \left(\frac{v_s}{v_p} \right)^2 \sin^2 \theta \right] \frac{\Delta \rho}{\rho} - 4 \left(\frac{v_s}{v_p} \right)^2 \sin^2 \theta \frac{\Delta v_s}{v_s}, \quad (1)$$

onde, v_p , v_s , ρ são as médias das velocidades da onda P, da onda S e da densidade, em cada camada, respectivamente, e, Δv_p , Δv_s , $\Delta \rho$ são as variações das velocidades da onda P, da onda S e da densidade, em cada camada, respectivamente. O coeficiente de reflexão $R_{PP}(\theta)$ representa o vetor de dados observados, e as razões $\Delta v_p/v_p$, $\Delta v_s/v_s$ e $\Delta \rho/\rho$ o vetor de parâmetros a serem estimados. Antes da inversão estudou-se o comportamento dos autovalores e autovetores em função do ângulo de incidência para determinar quais parâmetros podem ser melhor estimados. Quase toda a energia do sinal é atribuída ao primeiro autovalor, enquanto que o segundo é desprezível para pequenos ângulos e o terceiro é possui energia muito baixa para todos os ângulos. A Figura 1(a) mostra o resultado da inversão aplicada para o modelo do reservatório do campo de Bicudo utilizado em Barros (1997). Foi feita uma simulação apenas com o topo da camada, na parte que contém arenito com óleo. Para melhorar a estimativa dos parâmetros truncou-se o segundo e o terceiro autovalores. Analisando a Figura 1(b) percebe-se que o primeiro parâmetro possui um erro inferior a 30 % para um ângulo máximo de 30°. O segundo parâmetro é melhor estimado para grandes ângulos de incidência. A estimativa do terceiro parâmetro é deficiente, devido à baixa energia do terceiro autovalor.

Palavras-chave: *AVO, Coeficiente de reflexão, Inversão, SVD*

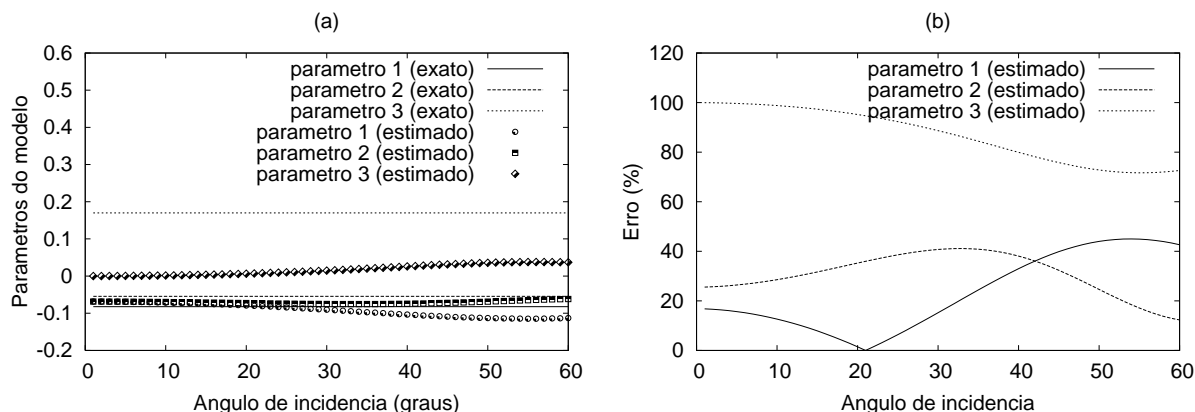


Figura 1: (a) Resultado da inversão comparando modelo exato e estimado. (b) Erro percentual.

Referências

- [1] Ostrander, W. J. (1984) Plane-wave reflection coefficients for gas sands at non-normal angles of incidence, *Geophysics*, **49**(10):1637-1648.
- [2] Aki, K. and Richards, P. G. (1980) *Quantitative Seismology: Theory and Methods*, W. H. Freeman, San Francisco.
- [3] Barros, A. Z. N. de (1997) *Avaliação comparativa de expressões linearizadas do coeficiente de reflexão sísmico para extração de parâmetros elásticos: Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA.