



# Uso de inversão magnética no mapeamento morfo-estrutural do embasamento submarino

Fernanda Aparecida de Souza<sup>1\*</sup>, Sidney

2

<sup>1</sup>Lagamar-UFF, <sup>2</sup>Oceanografia-UERJ

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.

## Abstract

The Werner's Deconvolution and Talwani's Line Integral constitute methods, which can be used to estimate the depth of the oceanic basement from observed magnetic anomalies. The applications of both methods are tested from synthetic models to obtain depth of a given magnetic source. This will be later applied to obtain oceanic basement depths along interpreted seismic data. Mapping of the oceanic basement in some sedimentary basins can only be possible through these geophysical techniques.

## Introdução

Os métodos geofísicos são ferramentas úteis e econômicas para a modelagem direta e/ou inversa de anomalias magnéticas causadas por estruturas submersas. A modelagem em si consiste em derivar os parâmetros físicos dos modelos geológicos, descrevendo as estruturas que causam as anomalias (e.g., RAO *et al.*, 1993).

Em se tratando de anomalias magnéticas é possível estimar a profundidade da fonte do sinal (e.g., MIO *et al.*, 2005). Neste caso, a profundidade do topo da fonte pode ser usada para descrever aproximadamente a profundidade do embasamento das bacias sedimentares (e.g., DOBRIN, 1988, p.712).

Em particular, a investigação da margem continental brasileira, que engloba diversos segmentos de bacias sedimentares com características geológicas distintas (MHORIAK, 2003), pode recorrer a esses métodos no auxílio do mapeamento do embasamento em áreas de espessa cobertura de evaporitos e vulcanoclásticas.

A técnica de inversão de dados conhecida como deconvolução de Werner (WERNER, 1953; HATMANN *et al.*, 1971; JAIN, 1976; KU&SHARP, 1983; OSTROWSKI *et al.*, 1993; TSOKAS, 1996; SHEMANG *et al.*, 2001; THAKUR *et al.*, 2000); e Integral de Linha de Talwani (TALWANI e HEIRTZLER, 1964; BARNETT, 1976; PLOUFF, 1976; TALWANI, 1965), estão entre os métodos mais usados para a estimativa da profundidade do embasamento.

Este trabalho consiste em demonstrar o emprego dessas técnicas geofísicas no mapeamento do embasamento submarino. Foram desenvolvidos modelos computacionais, baseados em Deconvolução de Werner e Integral de Linha de Talwani, incluindo o uso de software para inversão de dados magnéticos e determinação do topo do embasamento oceânico, para posterior teste em perfis na margem continental brasileira.

## Metodologia

Foi utilizado um algoritmo para o cálculo da profundidade do topo de uma dada fonte magnética, conforme a técnica de Deconvolução de Werner (RAO, 1993). Para o desenvolvimento de modelos sintéticos, foi empregado o programa GM-SYS produzido pela Northwet Geophysical Associates-NGA, para a plataforma Geosoft. Este programa utiliza ainda o método de integral de linha de Talwani para calcular a resposta magnética de um modelo geológico.

### Deconvolução de Werner

A Deconvolução de Werner pode estimar, com base na forma da anomalia magnética observada, a localização horizontal, a profundidade, o contraste de susceptibilidade e o mergulho de pequenos corpos que compõem lateralmente uma interface magnética (embasamento) através de modelagem inversa.

Segundo Hartman *et al.* (1971), o campo magnético total (F) de um corpo bidimensional (*strike* infinito) é dado no domínio do espaço por:

$$F(x) = \left[ \begin{array}{c} - \\ - \end{array} \begin{array}{c} + \\ + \end{array} \right] + (C_0 + C_1x + C_2x^2) \quad (1)$$

Onde x é a distância ao longo do perfil, F a intensidade magnética total, Z a profundidade do topo do corpo, x<sub>0</sub> a distância horizontal do centro do corpo. A e B são parâmetros de magnetização, funções de susceptibilidade e geometria, respectivamente. O último termo corresponde à função linear.

A deconvolução considera sete pontos de anomalias formando um conjunto de sete equações lineares. Uma janela de sete pontos é movida ao longo do perfil e os

parâmetros ( $x_0$ ,  $z$ ,  $A$  e  $B$ ) são encontrados usando-se matriz de inversão.

**Integral de Linha de Talwani**

Algoritmo desenvolvido por Talwani e Heirtzler (1964), consiste na computação, com técnicas de integração numérica, de campos magnéticos devido a corpos de formas arbitrárias, por meio da divisão de tais modelos em prismas poligonais (SINGH *et al.*,2001).

Segundo Jones (1999), para o cálculo da anomalia do campo total em um ponto 0,0 (origem) devido a um polígono, o potencial magnético  $U_m$  é:

$$U_m = \left[ \begin{matrix} + & + & + \\ - & + & + \\ - & - & + \end{matrix} \right] \Delta x \Delta y \Delta z \quad (2)$$

Onde  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_z$  representam os componentes da magnetização nas direções  $x$ ,  $y$  e  $z$ , e  $\Delta x \Delta y \Delta z$  o volume.  $E$  a anomalia total  $\Delta F$  é:

$$\Delta F = \Delta z \sin I + \Delta x \cos I \cos(C - D) \quad (3)$$

Onde  $I$  corresponde à inclinação magnética,  $D$  a declinação magnética, e  $C$  ao ângulo formado entre o eixo  $x$  e o norte geográfico.

**Resultados e Discussão**

Foram desenvolvidos modelos no GM-SYS a partir de uma modelagem direta, onde os dados de entrada são coerentes com os dados de saída da Deconvolução de Werner, já que o último é uma modelagem inversa. Os dados de saída dos modelos (anomalia magnética) foram utilizados na deconvolução; e o resultado da deconvolução (profundidade) foi então comparado com os modelos. Em todos os modelos foram considerados corpos com susceptibilidade magnética de 0,01 cgs num meio de susceptibilidade magnética igual a zero.

A figura 1 representa um modelo (Modelo4\_GM-SYS) que corresponde a um corpo de 8 km de extensão, estando a aproximadamente 3 km de profundidade. A figura 2 mostra a anomalia magnética resultante deste corpo, enquanto a figura 3 apresenta o resultado da Deconvolução de Werner para o mesmo modelo.

Na figura 3 podemos observar que há uma concentração de pontos em torno de 2 km de distância e 3 km de profundidade, que corresponde à borda do corpo e, portanto, esta é a profundidade aproximada do modelo da figura 1.

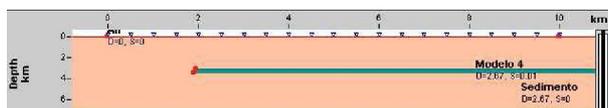


Figura 1 – Modelo de corpo delgado magnetizado a uma determinada profundidade obtido a partir do Geosoft.

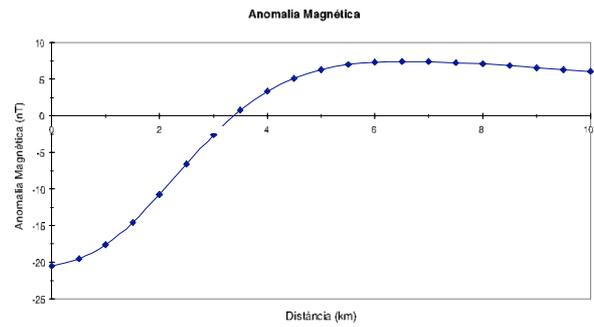


Figura 2 – Gráfico da anomalia magnética calculada para o modelo da figura 1.

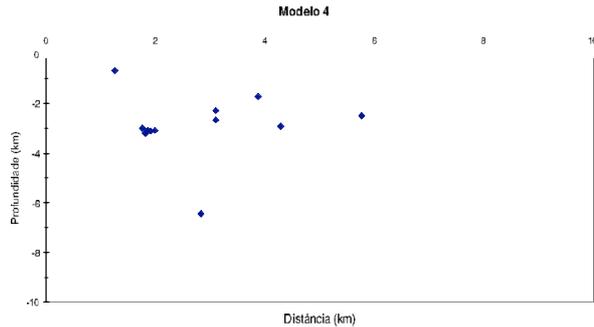


Figura 3 – Gráfico da profundidade estimada para o modelo da figura1. Resultado obtido a partir da Deconvolução de Werner.

Esse resultado corrobora o fato de que o algoritmo trabalha com contrastes, marcando a borda do corpo, representado pela inflexão da curva no gráfico de anomalia magnética na figura 2. Pontos aleatórios observados na figura 3 estão fora da área de contraste.

A figura 4 apresenta outro modelo (Modelo6\_GM-SYS), um corpo de 4 km de extensão à 3 km de profundidade, com 3 km de largura. Sua respectiva anomalia magnética é apresentada na figura 5, e o resultado obtido pela Deconvolução de Werner na figura 6.

O gráfico da figura 6 apresenta pontos em torno de 3 km de profundidade a aproximadamente 2 km de distância e 5 e 6 Km de distância, correspondendo a profundidade e localização do corpo que, de acordo com a figura 4 está horizontalmente entre 2 e 6 km. As bordas do corpo estão bem marcadas, porém a borda à 6 km de distância aparece melhor representada na inflexão da curva da figura 5, apresentando assim maior concentração de pontos na figura 6.



Figura 4 – Modelo de corpo espesso magnetizado a uma determinada profundidade obtido a partir do Geosoft.

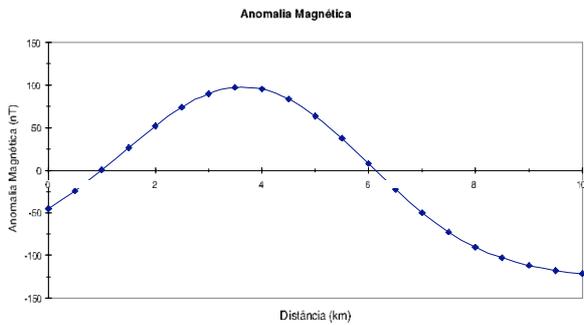


Figura 5 – Gráfico da anomalia magnética calculada para o modelo6\_GM-SYS.

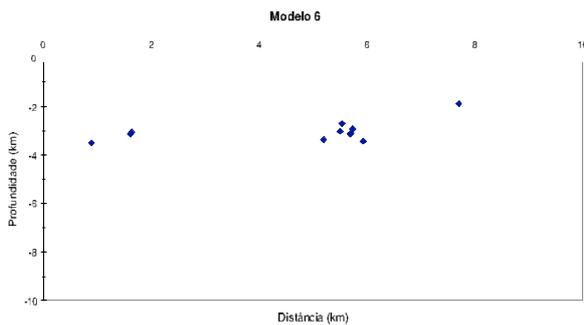


Figura 6 – Gráfico da profundidade estimada do modelo da figura 4; resultado obtido a partir da Deconvolução de Werner.

A figura 7 representa mais um modelo (Modelo9\_GM-SYS), onde se observa o corpo circular localizado entre 4 e 6 Km. A anomalia magnética correspondente é apresentada na figura 8 e o resultado obtido pela deconvolução é apresentado na figura 9.

Podemos observar na figura 9 pontos entre 4 e 6 Km de distância concentrados em torno de 2 km de profundidade, o que é um resultado satisfatório de acordo com a profundidade esperada para o corpo.

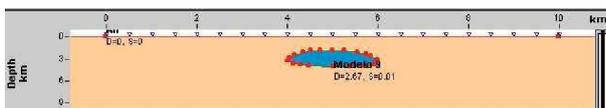


Figura 7 – Modelo9\_GM-SYS; representação de corpo magnetizado a uma determinada profundidade obtido a partir do Geosoft.

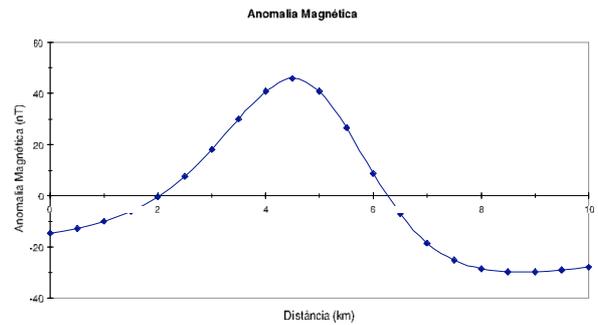


Figura 8 – Gráfico da anomalia magnética calculada para o modelo9\_GM-SYS.

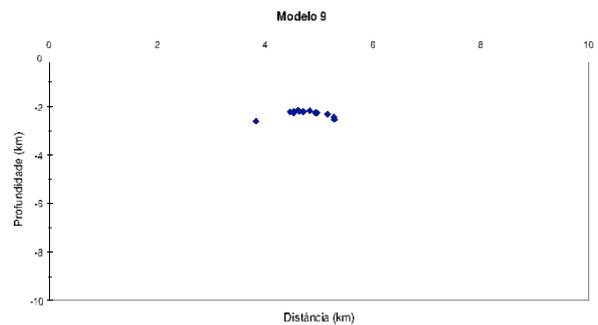


Figura 9 – Gráfico da profundidade estimada do modelo da figura 7; resultado obtido a partir da Deconvolução de Werner.

### Teste da Modelagem

A partir da interpretação de perfis de sísmica multicanal, levantados pelo Projeto LEPLAC, foi delineado o fundo do mar e embasamento oceânico com base na conversão tempo-profundidade. Os dados de anomalias magnéticas ao longo do perfil serviram de base para o programa de inversão e o resultado da profundidade obtida comparada com a profundidade interpretada pela sísmica, assim parametrizando e validando a deconvolução.

As figuras 10 e 11, respectivamente, mostram os perfis 501-011 do LEPLAC II, linha sísmica e magnética.

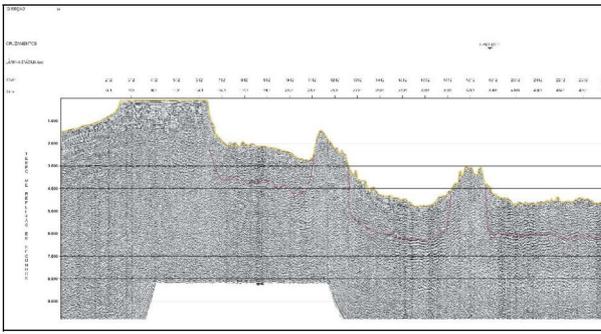


Figura 10 – Parte do perfil 501-011, Leplac II.

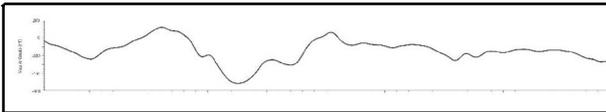


Figura 11 – Anomalia magnética de parte do perfil 501-011, Leplac II.

### Conclusões

Os modelos sintéticos mostraram resultados satisfatórios, delineando as bordas dos corpos e os contrastes de susceptibilidade magnética, de acordo com a deconvolução. Os programas e métodos foram aplicados aos dados sísmicos e magnéticos do LEPLAC. Particularmente, os perfis selecionados na margem continental brasileira, permitiram a parametrização da técnica de deconvolução, o que a torne uma ferramenta útil no estudo morfo-estrutural de bacias sedimentares em regiões de interesse.

### Referências

- Barnett, C.T., 1976. Theoretical modeling of the magnetic and gravitational fields of an arbitrarily shaped three-dimensional body. *Geophysics*, v.41, p.1353-1364.
- Dobrin, M.B., 1988. *Introduction to Geophysical Prospecting*. McGraw-Hill.
- Hartman, R.R.; Tesky, D.J.; Friedberg, J.L., 1971. A system of rapid digital aeromagnetic interpretation. *Geophysics*, v. 36, n. 5, p. 891-918.
- Jain, S., 1976. Na automatic method of direct interpretation of magnetic profiles. *Geophysics*, n. 41, p. 531-541.
- Jones, E.J.W., 1999. *Marine Geophysics*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 466p.
- Ku, C.C.; Sharp, J.A., 1983. Werner deconvolution for automated magnetic interpretation and its refinement using Marquart's inverse modeling. *Geophysics*, n. 48, p. 754-774.
- Mio, E.; Chang, H.K.; Corrêa, F.S., 2005. Integração de métodos geofísicos na modelagem crustal da Bacia de

Santos. *Revista Brasileira de Geofísica*, v.23, n.3, p.275-284.

Mohriak, W.U., 2003. Bacias sedimentares da Margem Continental Brasileira. In: *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. Bizzi, L.A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R.M. e Gonçalves, J.H. (eds.). CPMR, Brasília, capítulo 3, p.87-165.

Ostrowski, J.A.; Pilkington, M.; Teskey, D.J., 1993. Werner Deconvolution for variable altitude aeromagnetic data. *Geophysics*, n. 58, p. 1481-149.

Pierce, J.W.; Abercrombie, H.J.; Charters, R.A. *et al.*, 1998. Intrasedimentary magnetization by vertical fluid flow and exotic geochemistry. *The Leading Edge*, n. 17, p. 89-92.

Plouff, D., 1976. Gravity and magnetic fields of polygonal prisms and application to magnetic terrain correction. *Geophysics*, v.41, 727-741.

Rao, M.M.M.; Lakshminarayana, S.; Murth, K.S.R *et al.*, 1993. Two computer programs for the analysis of marine magnetic data. *Computers & Geosciences*, v. 19, n. 5, p. 657-672.

Shemang, E.M.; Ajayi, C.O.; Jacoby, W.R., 2001. A magnetic failed rift beneath the Gongola arm of the upper Benue trough, Nigeria?. *Journal of Geodynamics*, n. 32, p. 355-371.

Talwani, M., 1965. Computation with the help of a digital computer of magnetic anomalies caused by bodies of arbitrary shape. *Geophysics*, v. 30, n. 5, p. 797-817.

Talwani, M. & Heirtzler, J.R., 1964. Computation of gravity anomalies caused by two dimensional structures of arbitrary shapes. *Geologic Geosciences*, v.9, p.464-489.

Thakur, N.K.; Rao, T.G.; Khanna, R. *et al.*, 2000. Magnetic basement in the Bay of Bengal through Werner Deconvolution. *Marine Geology*, n. 162, p. 599-605.

Tsokas, G.N., 1996. Interpretation of the bouguer anomaly of Milos Island (Greece). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, n. 72, p. 163-181.

Werner, S., 1953. Interpretation of magnetic anomalies as sheet-like bodies. *Sver. Geol. Unders.*, Ser. E, n. 508.

### Agradecimentos

Fernanda A. de Souza é mestranda no LAGEMAR-UFF e bolsista do PRH-11 da Agência Nacional do Petróleo. Os autores agradecem aos Drs. Cleveson Guizan Silva e Marco Polo pela ajuda dispensada.