



MAPA DA SUPERFÍCIE CURIE INTERPRETADA DO BRASIL

(*)Roberto A. V. Moraes, e Marcelo L. B. Blum

UnB/IG/LGA – Brasil

Email: rmoraes@unb.br

ABSTRACT

Curie point represents a temperature above which a material loses its magnetic properties. The Interpreted Curie Surface is an attempt to map a surface within the Earth's crust whose depth represents a limit below which the above behavior happens with geologic magnetic material (chiefly magnetite). Therefore the variations in this depth may give a rough idea of the closeness of hot features (mainly the mantle) from the Earth's surface. Two sets of maps at a millionth and 1:2500000 scales were generated for the integrated and homogenized magnetic airborne data made available by Petrobrás, covering both the continental (almost 75%) and offshore areas of the Brazil. These products are available as printed maps or as digital files in CD-ROM with the *Agência para o Desenvolvimento Tecnológico da Indústria Mineral Brasileira - ADIMB*, Brasília, DF, Brazil.

INTRODUÇÃO

O aumento da temperatura em função da profundidade nas rochas crustais altera as propriedades dos minerais magnéticos que estas contêm. Quando uma certa temperatura é atingida e ultrapassada estes minerais perdem sua magnetização. Esta temperatura crítica é chamada de *Temperatura Curie*. Cada mineral possui uma temperatura Curie característica.

É sabido que a magnetização dos materiais geológicos é devida quase que exclusivamente à presença da magnetita, cuja temperatura Curie é de 580 °C. Desta forma, supondo-se ser este o principal mineral magnético presente nas rochas da crosta, pode-se supor que a partir desta temperatura as rochas perdem sua magnetização.

Os primeiros pesquisadores que sugeriram a possibilidade de se estimar as profundidades do nível da temperatura Curie foram Vacquier e Affleck (1941), Searson e Hannaford (1957), Aldredge e Van Voorhis (1961) e Bhattacharyya e Morley (1965), entre outros. Com isto, a estimativa de várias profundidades Curie, em uma dada região, permitiria o traçado de uma mapa com as profundidades estimadas para a superfície Curie nesta.

Uma Superfície Curie pode indicar diversas feições na litosfera:

- i - uma mudança composicional vertical da crosta ou limite entre a crosta média e a inferior;
- ii - a interface entre a crosta e o manto;
- iii - variações laterais de composição crustal, e
- iv - relevo do embasamento magnético da crosta.

A interpretação de qual destes fatores isolada ou conjuntamente são importantes depende da complexidade geológica da área estudada, da forma pela qual foram coletados os dados magnéticos e da técnica utilizada no tratamento dos dados. Em geral, a determinação da Superfície Curie é feita por tentativa e erro. O resultado é comumente comparado com interpretações provenientes de outro tipo de informação geofísica como, por exemplo, sísmica, gravimetria, de medidas do fluxo térmico ou de medidas da intensidade magnética em rochas expostas, se se conhece o modelo magnético da região.

Com vistas a esta representação, foi realizada a geração de mapas com a profundidade da superfície Curie interpretada em função do campo magnético anômalo do Brasil continental e das áreas oceânicas adjacentes, em detalhe na escala do milionésimo, em folhas com padrão de corte segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (43 folhas), e regional na escala de 1:2.500.000 (integrada). Ambos os conjuntos estão disponíveis em mapas impressos ou como arquivos em meio digital (CD-ROM), com a ADIMB.

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Geofísica Aplicada, do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (LGA/UnB), sob contrato entre a HGEO – Tecnologia e Geologia e Geofísica e a ADIMB, esta em convênio com o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM.

DADOS MAGNÉTICOS

O banco de dados sobre o campo magnético anômalo do Brasil usado no presente trabalho foi preparado pelo primeiro autor em um trabalho de integração realizado através do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A (IPT) para a Petróleo Brasileiro S/A - Petrobrás (Moraes, 1993a). Corresponde à integração de aproximadamente uma centena de aerolevantamentos realizados para a Petrobrás, o DNPM, a CPRM, o CNEN e a Nuclebrás, nos quais foi medido o campo magnético, cobrindo áreas continentais (cerca de 75% desta) e plataformas do Brasil. Esses dados foram obtidos durante várias décadas, pôr diferentes sistemas aerogeofísicos e com metodologias singulares.

Este banco de dados resultou inicialmente num arquivo digital com cerca de 50 gigabytes, contendo todos as informações que caracterizam física, temporal, geográfica e geofisicamente mais de 50 milhões de pontos de amostragem decorrentes destes aerolevantamentos. Este permitiu gerar uma malha quadrática de 2 km de lado, integrando todos os dados magnetométricos sobre a área abrangida pelos levantamentos a partir de interpolações, filtragens e nivelamentos. Representa o campo magnético medido, corrigido (variação geomagnética diurna) e ajustado (nivelamento da malha de vôos), subtraído do efeito do campo geomagnético do núcleo representado analiticamente pôr modelos IGRF/DGRF calibrados para as datas individuais de cada aerolevantamento. Estes dados foram ainda homogeneizados (representação uniforme do relevo entre diferentes aerolevantamentos) e continuados verticalmente à altitude de 2.000 m. Esta base de dados foi ainda atualizada com a adição de alguns dos aerolevantamentos mais recentes disponibilizados.

FORMULAÇÃO

A obtenção dos dados pertinentes à profundidade da superfície Curie, baseou-se no estudo detalhado do comportamento dos espectros de potência dos dados magnéticos grupados em janelas quadráticas definidas após exaustivos testes de estabilização das indicações dadas pelo algoritmo usado.

O modelo matemático utilizado esta baseado na distribuição uniforme de um conjunto de corpos prismáticos verticais de comprimento infinito, com seção transversal quadrática igual a da célula da malha regular usada (2 km por 2 km, no caso), tendo, cada um deles, uma magnetização constante. O modelo em questão é aquele introduzido por Spector e Grant (1970) e serviu como base para as análises mencionadas conforme Shuey et all. (1977), Okubo et all. (1985) e Xia (1986).

Spector e Grant (1970), utilizando análise de Fourier, desenvolveram conceitos importantes para a interpretação magnética. Estes autores obtiveram as características de vários parâmetros dos corpos, a partir da análise do espectro radial de potência dos dados magnéticos. Um dos principais resultados desta análise é que a forma esperada do espectro composto para uma família de corpos ou fontes magnéticas é a mesma que seria gerada por um corpo simples, utilizando-se a média dos parâmetros do conjunto de deles que formam fontes individuais.

A forma desse espectro no domínio de Fourier e em coordenadas polares (s, ψ) , é dada por:

$$F(s, \psi) = 2\pi JA [N + i(L \cos \psi + M \operatorname{sen} \psi)] [n + i(l \cos \psi + m \operatorname{sen} \psi)] \\ \times \operatorname{Sinc}(\pi s a \cos \psi) \operatorname{Sinc}(\pi s b \operatorname{sen} \psi) \exp[-2\pi i s (x_0 \cos \psi + y_0 \operatorname{sen} \psi)] \\ \times [\exp(-2\pi s z_t) - \exp(-2\pi s z_b)],$$

(Okubo et all., 1985) onde:

- J - magnetização por unidade de volume,
- A - área de seção transversal média dos corpos,
- L, M, N - cossenos diretores do campo geomagnético,
- l, m, n - cossenos diretores do vetor magnetização médio,
- a, b - dimensões médias dos corpos nas direções x e y ,
- x_0 e y_0 - localização média do centro dos corpos nas direções x e y ,
- z_t e z_b - profundidades média de topos e bases dos corpos,
- i - inclinação do vetor magnetização;

e, onde:

- $\operatorname{Sinc}(x) = \operatorname{sen}(x) / x$
- $s = (u^2 + v^2)^{1/2}$ - módulo do vetor freqüência
- $\psi = \tan^{-1}(u/v)$ - direção do vetor freqüência
- u, v - freqüências espaciais nas direções x e y .

Segundo Bhattacharyya e Leu (1975, 1977) e Okubo et al (1985), Blakely (1995) a profundidade da base dos corpos é estimada em dois passos:

- 1 - encontra-se a profundidade da centróide dos corpos, z_0 .

2 – determina-se a profundidade do topo destes, z_t .

A profundidade para a base do corpo é então dada por: $z_b = 2z_0 - z_t$, que é interpretada como sendo a profundidade em que se encontraria a temperatura Curie para a área estudada.

No cálculos de z_b para a região abrangida pelos dados magnéticos em questão, os espectros de potência radiais foram estimadas no centro de áreas quadradas com 100 km de lado, dimensões do operador usado, o centro do qual foi deslocado de 6 km nas direções principais da malha. As profundidades assim obtidas foram convertidas em altitudes abaixo do nível médio dos mares, interpoladas e contornadas.

Para isto usou-se formulação no domínio de Fourier, com algoritmo de computação especialmente desenvolvido pelos autores para cálculo em dupla precisão.

RESULTADO

O mapa integrado gerado com este procedimento está apresentado em anexo. Representa uma reprodução daquele feito originalmente na escala 1:2500000, reduzido a uma representação em formato A4.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos a ADIMB/DNPM pela permissão dada à presente apresentação, à Petrobrás pela cessão dos dados magnéticos integrados e à CPRM pelo fornecimento dos dados usados na atualização da malha original da Petrobrás.

Referências

- Allredge, L.R., e Van Voorhis, G.D., 1961, *Depth to sources of magnetic anomalies: J. Geophys. Res.*, **66**, 3793-3800.
- Blakely, R. J., 1995, *Potential theory in gravity and magnetic applications: EUA*, Cambridge University Press.
- Bhattacharyya, B. K., e Leu, L. K., 1975, *Spectral analysis of gravity and magnetic anomalies due to two-dimensional structures: Geophysics*, **40**, 993-1013.
- Bhattacharyya, B. K., e Leu, L. K., 1977, *Spectral analysis of gravity and magnetic anomalies due to rectangular prismatic bodies: Geophysics*, **42**, 41-50.
- Bhattacharyya, B. K., e Morley, L.W., 1965, *The delineation of deep crustal magnetic bodies from total field aeromagnetic anomalies: J. Geomag. and Geoelect.*, **17**, 237 - 252.
- Moraes, R. A. V., 1993a, *Projetos banco de dados aerogeofísicos do Brasil, base de dados aeromagnéticos do Brasil (malha quadrática com 2 km de lado) e Mapa magnetométrico do Brasil nas escalas 1:250000 e 1:500000: São Paulo, SP, Relatório Final no. IPT 31952, de 12/93, relativo ao contrato de serviços DEPEX no. 103.2.026.91.2 de 03/12/91, 33p, 1 mapa integrado na escala 1:200000, 1 mapa integrado em 1:5000000, arquivos digitais contendo: todos os pontos de medição levantados, a distribuição em malha regular cobrindo a área abrangida pelos levantamentos e, gráficos com a montagem final do mapa magnético integrado.*
- Moraes, R. A. V., 1993b, *Mapa do campo magnético anômalo do Brasil e áreas oceânicas adjacentes (escalas 1:2500000 e 1:5000000): Segundo Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica (SBGf), Rio de Janeiro, RJ, dezembro/1993.*
- Okubo, Y., Graff, R. J., Hansen, R. O., Ogawa, K., e Tsu, L., 1985, *Curie point of the Island of Kyushu and surrounding Areas: Geophysics*, **53**, 481-494.
- Serson, P. H., e Hannaford, W. L. W., 1957, *A statistical analysis of magnetic profiles: J. Geophys. Res.*, **62**, 1-18.
- Shuey, R. T., Schellinger, K. K., Tripp, A. C., Alley, L. B., 1977, *Curie depth determination from aeromagnetic spectra: Geophys. J. R. Astr. Soc.*, **50**, 75-101.
- Spector, A., e Grant, F. S., 1970, *Statistical models for interpreting aeromagnetic data: Geophysics*, **35**, 293-302.
- Vacquier, V., e Affleck, J., 1941, *A computation of the average depth to the bottom of the earth's crust, based on a statistical study of local magnetic properties: Trans. Amer. Geophys. Union*, 446-450.
- Xia, H., 1986, *Curie point depth of the Klamath and Cascades areas in Northern California: EUA (Golden, CO), Center for Potential Fields, Colorado School of Mines, Quartely Report*, 143-169