

Interpretação de dados magnéticos da faixa de Unai-Paracatu-Vazante-Coromandel, Minas Gerais.

Roberto Alexandre Vitória de Moraes UnB/IG-LGA, Heitor de Araujo Franco e Cláudia Arantes Silva HGeo, Tolentino Flávio de Oliveira CMM

Copyright 2003, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper was reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represents any position of the SBGF, its officers or members. Electronic reproduction, or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of The Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

Some of the results of an extensive processing, interpretation and geological integration campaign of airborne magnetic field data are presented. It comprised data from the sampling of 82,113 linear kilometers of profiles, spaced 250 m apart, covering an area of 18,113 km² in northwest Minas Gerais State (Programa Área 1, COMIG), and from an imbedded filling in survey of 16,531 km of profiles flown covering an area of 625 km² (CMM). Transformed and interpretation products allowed mapping of magnetic units and structures. The integration of geophysical and geological information lead to the detailed mapping of the dolomitic facies of the Vazante Group, where the known Zn and Pb mineralizations occur, and to get a better picture of the spatial structural framework present in the surveyed area.

Introdução

O uso de dados magnetométricos no mapeamento geológico tem permitido obter informações sobre o arcabouço tectônico e unidades lito-estruturais, peças importantes quando se tenta entender o arcabouço geológico de uma determinada área em estudo. Mais importante é que o campo magnético não é, em geral, afetados pela presença de solos e outras coberturas que impedem ou dificultam o mapeamento geológico. Este fato permite uma interpretação de forma sistemática e contínua de feições que possibilitam um melhor discernimento sobre a geologia da área por eles coberta.

A HGeo Tecnologia em Geociências tem procurado aplicar técnicas de processamento, apresentação, interpretação e integração em dados de geofísica, com ênfase no mapeamento geológico e, em especial, na prospecção mineral, desenvolvidas, em grande parte, no Laboratório de Geofísica Aplicada (IG/UnB) de quem recebe apoio e assistência técnico-científica. Estes procedimentos incluem, uma série de processos objetivando a obtenção da melhor imagem possível dos diversos campos geofísicos considerados (micronivelamento e decorrugação), suas interpretações qualitativa e quantitativa e suas integrações às demais informações disponíveis. No caso da interpretação

magnetométrica quantitativa, tem-se usado processos regionalizados (deconvolução Euler) e, onde possível, localizados (modelagens e inversões paramétricas e estruturais, em 2-D, 2,5-D e 3-D).

Os estudos do comportamento do relevo magnético foram conduzidos para a Companhia Mineira de Metais (CMM) no fito de se verificar o que este pode representar em termos de unidades magnéticas e de estruturas lineares associadas, de seus limites crustais laterais, das falhas e de qualquer assinatura geofísica que possa ser indicativa de alvos de mineralizações de chumbo e zinco.

Localização

A área estudada (Figura 1) é conhecida como “Faixa Paracatu-Vazante”, estando localizada na parte externa da Faixa de Dobramentos de Brasília, na margem oeste do Cráton de São Francisco.

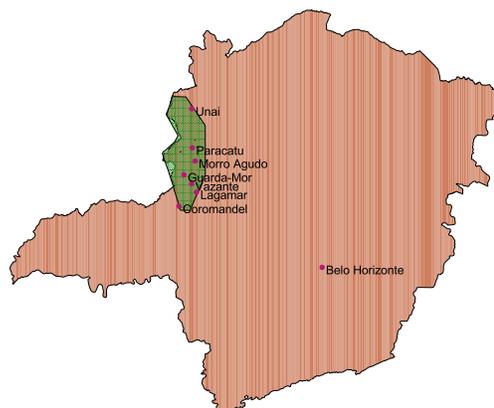


Figura 1 – Mapa mostrando a localização da área estudada, entre Unai e Coromandel, no noroeste do Estado de Minas Gerais.

A região aqui abordada é composta por um conjunto de rochas supracrustais relacionadas aos estágios tectono-sedimentares dos Ciclos Paranoá-Canastra-Vazante (Meso - Neoproterozóico) e Araxá / Ibiá - Bambuí (Neoproterozóico). Neste setor encontram-se, de oeste para leste, os grupos Canastra, Vazante e Bambuí, nos quais o padrão da deformação e o grau metamórfico apresentam marcada polaridade que se intensifica para oeste. É sede do maior distrito zincífero brasileiro. Nela localizam-se os depósitos de zinco e chumbo de Vazante, Morro Agudo, Ambrósia e Fagundes e inúmeras outras ocorrências. O principal alvo dos trabalhos de detalhamento em questão é representado pelo Grupo

Vazante (Dardenne et al., 1998), uma seqüência metassedimentar do Meso/Neoproterozóico (Bittencourt et al., 2001).

Dados Magnéticos

As informações geofísicas usadas neste trabalho pertencem ao projeto Área 1 da Companhia Mineradora de Minas Gerais (COMIG). Cobriu a faixa de interesse no oeste do Estado de Minas Gerais entre as cidades de Unai, Paracatu, Vazante e Coromandel (Figura 1). Compreende 82.113 km de perfis espaçados de 250 m, distribuídos numa área com 18.113 km². Os vôos usados na amostragem acompanharam a topografia local (*drape flight*) a uma altura nominal de 100 m. O controle do posicionamento espacial de cada ponto amostrado foi realizado por satélite artificial, em modo diferencial (DGPS) e a distância da aeronave ao solo (altura), por radar-altímetro. Foram usados magnetômetros de bombeamento ótico (Césio) com leituras tomadas em 10 Hz (Lasa, 2001a). Foi complementado por outro da CMM, com idêntica parametrização, com perfis de amostragem distribuídos de tal forma que, na área de sobreposição, estes se situaram a meia distância entre os do levantamento anterior, funcionando com se na área comum aos dois projetos houvessem sido tomadas medições com linhas de vôo espaçadas de 125 m. Compreendeu o recobrimento de novos 16.531 km de perfis distribuídos numa área de 625 km² (LASA, 2001b).

Processamento

Foram tidos como definitivos todos os procedimentos de redução de dados usados na obtenção do campo magnético anômalo realizados pela empresa que efetuou as coletas (LASA, 2001a e 2001b).

Mesmo assim, foram seguidas quatro etapas na preparação dos dados para o processamento. A **primeira** etapa referiu-se a um controle adicional sobre a qualidade destes dados. A **segunda**, à geração das interpolações em malhas regulares depois de ensaiados vários algoritmos interpoladores disponíveis. Entre os algoritmos testados aquele que ofereceu o melhor resultado foi baseado na Curvatura Mínima. A **terceira** tratou da correção das imperfeições notadas, objetivando homogeneizar a representação espacial dos dados interpolados. Foram usadas técnicas de micronivelamento (Minty, 1991) e de decorrução (Geosoft, 1996). A **quarta** etapa consistiu na junção das duas malhas referentes aos dois aerolevantamentos numa representação única.

O processamento em si consistiu da geração de uma série de temas usados na interpretação.

Sinal Analítico: Representa uma técnica usada na análise de sinais em eletrônica, onde um maior número de informações é obtido de uma função real pela sua transformação numa função complexa. A informação de quadratura (parte imaginária do sinal), é obtida da transformada de Hilbert da parte real. Este conceito foi introduzido por Nabighian (1972, 1974 e 1984) no estudo dos campos potenciais, no caso do magnético, visando

encontrar um processo semi-automatizado de interpretação das fontes geradoras deste. No caso do campo físico medido numa superfície, o sinal analítico é expresso por suas derivadas parciais, onde as derivadas horizontais representam a parte real da função, e a derivada parcial em z (vertical) a parte imaginária do campo magnético, ou seja: o sinal analítico de ordem n do campo magnético anômalo (M) pode ser expresso como (Hsu et al., 1996; Roest et al., 1992):

$$\bar{A}_n(x,y) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^n M}{\partial z^n} \right) \hat{x} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^n M}{\partial z^n} \right) \hat{y} + i \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial^n M}{\partial z^n} \right) \hat{z} \quad (1)$$

onde $n = 0, 1, 2 \dots$ é a ordem do SA, M é o campo potencial e $\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$, vetores unitários de posição

Na acepção empregada, permitiu o mapeamento das fontes magnéticas (amplitude) e da estrutura/textura do campo magnético (fase).

Derivadas Verticais: A fórmula geral das derivadas verticais dos campos potenciais no domínio de Fourier é:

$$\Im \left[\frac{\partial^n V}{\partial z^n} \right] = |k|^n \Im[V] \quad (2)$$

onde, V é o campo potencial; \Im representa a transformada de Fourier da função entre colchetes; n é o índice da ordem de derivação; $k = \sqrt{k_x^2 + k_y^2}$ é o número de onda superficial definido como $2\pi/\lambda$, i.e., inversamente proporcional ao comprimento de onda superficial λ ; e k_x e k_y são os números de onda segundo os eixos equivalentes no domínio de Fourier a X e Y (Blakely, 1995).

Possibilitou o estudo do comportamento de fontes magnéticas tanto mais rasas quanto maior o índice n .

Magnitude do gradiente horizontal: A magnitude para o gradiente horizontal de ordem n é dada por:

$$h_n(x,y) = \sqrt{\left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^n M}{\partial z^n} \right) \right]^2 + \left[\frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^n M}{\partial z^n} \right) \right]^2} \quad (3)$$

Auxiliou na demarcação dos limites horizontais das fontes magnéticas (Blakely e Simpson, 1986).

Deconvolução de Euler: A equação de Euler, é escrita como:

$$(x - x_0) \frac{\partial T}{\partial x} + (y - y_0) \frac{\partial T}{\partial y} + (z - z_0) \frac{\partial T}{\partial z} = N(B - T) \quad (4)$$

onde (x_0, y_0, z_0) representa a posição da fonte magnética cujo campo T é detectado em (x, y, z) sobre um campo regional B , com N sendo interpretado como o índice estrutural (Reid et al, 1990). Este mede a razão de

variação do campo com a distância (Thompson, 1982). No caso, os mais importantes foram: 0, contatos e 3, corpos 3-D.

Interpretação

Compreendeu, resumidamente, os seguintes passos:

- (i) estudo do campo magnético anômalo na área do projeto;
- (ii) estudo do espectro radial de potência do campo magnético anômalo em três seções da área do projeto (partes norte, centro e sul);
- (iii) estudo das feições lineares que pudessem significar elementos estruturais importantes no contexto da área;
- (iv) estudo das unidades magnéticas, principalmente sobre as imagens da amplitude e da fase do sinal analítico, e da deconvolução de Euler para a caracterização dos domínios magnéticos;
- (v) definições do arcabouço estrutural e das unidades magnéticas presentes na área.

Os dois primeiros passos deixam antever que há, pelo menos, três classes de fontes magnéticas principais, quanto às profundidades em que se encontram. Uma mais funda, com profundidades maiores que 5 km, outra intermediária, com profundidades ao redor de 2 km, e outra mais superficial com profundidades centradas de 0 a 0,5 km.

É um tanto difícil conjecturar-se sobre as naturezas destas três famílias de fontes magnéticas pela absoluta falta de dados sobre o comportamento espacial das unidades geológicas em jogo. Porém, é possível inferir que a família de fontes mais profundas represente a contribuição magnética do substrato cristalino da bacia (cráton), enquanto as demais, estejam ligadas a fontes magnéticas no topo deste e dentro da seqüência de cobertura Meso-Neoproterozóica local.

Unidades magnéticas (e feições lineares) – Foram traçadas com base nas imagens do campo magnético anômalo (CMA), da amplitude e da fase do sinal analítico, das derivadas verticais, do gradiente horizontal e da Deconvolução de Euler. Verifica-se a, grosso modo, (Figura 2) a existência de bandas magnéticas com intensidades de magnetização diferentes (amplitude do SA) e com relevos magnéticos característicos (FSA), orientadas paralelamente a um arco com direção geral norte-sul e concavidade voltada para oeste. Estas unidades se alternam de leste para oeste em formas bastante sinuosas e de contatos bem festonados. É comum serem delimitadas por alinhamentos magnéticos e seus limites oeste e leste, parecem sempre ocorrerem ao longo de feições não-lineares (empurrões?). Como decorrência, a combinação destes critérios permitiu a separação de nove unidades. Oito delas seguiram o critério da importância relativa da intensidade do sinal analítico, havendo-se acrescentado uma nona para enquadrar assinaturas magnéticas de corpos isolados (plugues?) na parte sul da área do levantamento. Aquela

de maior valores na amplitude do SA (Figura 2, em roxo) confunde-se com a assinatura geológica das ocorrências pelito-carbonáticas das Formações Serra do Poço Verde e Morro do Calcário, do Grupo Vazante (Bittencourt et al., 2001).

Deconvolução de Euler: As indicações com maior coerência espacial foram as obtidas para o índice estrutural 0 (Figura 3). Chama-se especial atenção para as indicações em púrpura que indicam fontes com profundidades médias (log-normal) ao redor de 2.000 m, as quais parecem pertencerem ao topo do embasamento. Merece destaque aqui o conjunto de profundidades que delineiam uma feição sinuosa e arquiforme que passa pelas cidades de Paracatu e de Morro Agudo (Figura 3). Nela é comum verificar assinaturas de formas romboédricas com expressões delineadoras nas profundidades maiores que lembram, no conjunto, o delineamento de uma espécie de zona de sutura no que seria o embasamento cristalino (?) local. É interessante sua proximidade às várias mineralizações locais.

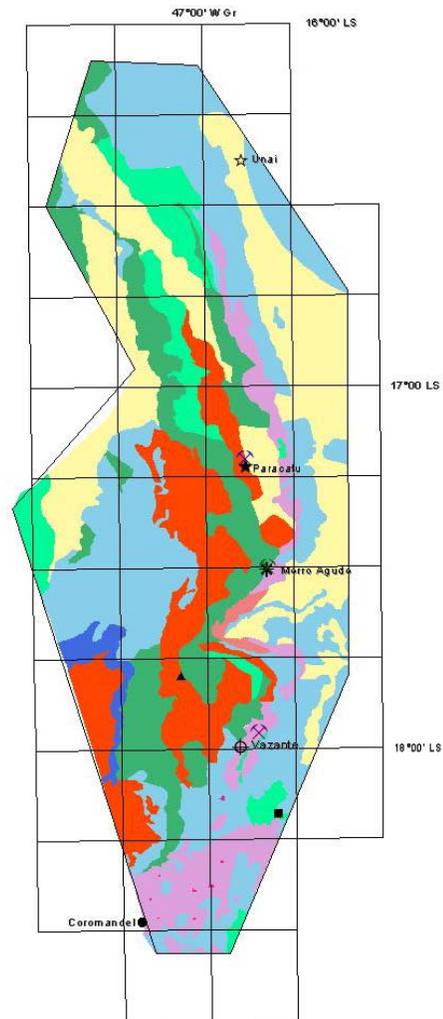


Figura 2 – Mapa das Unidades Magnéticas interpretadas.

É interessante sua proximidade às várias mineralizações existentes na área.

É interessante o delineamento da feição linear que passa a SW de Unai (Figura 3). Sua direção é NW-SE e nos mapas magnéticos mostra ser um falhamento com importante deslocamento oblíquo visível nas diversas feições/unidades magnéticas locais.

Sumário e Conclusões

A interpretação de dados magnéticos em foco mostrou a possibilidade de mapeamento de feições magnéticas dentro das rochas supracrustais que afloram na região da Faixa Paracatu-Vazante, no NW de Minas Gerais. Suas pertinências às unidades lito-estratigráficas estabelecidas necessita de maior apoio da geologia.

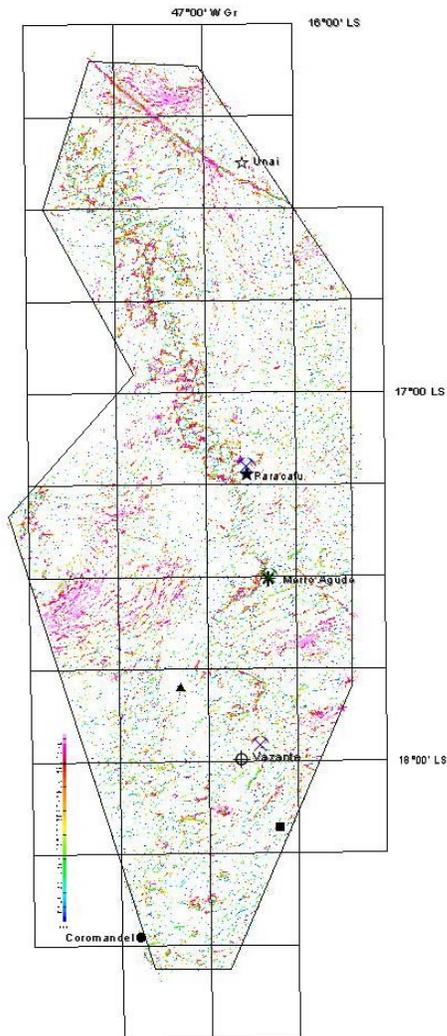


Figura 3 – Mapa com as posições espaciais das fontes interpretadas na deconvolução de Euler, para o índice estrutural 0 (zero). A profundidade cresce em sentido ao roxo (de 0 a cerca de 2.000 m).

Permitiu esboçar um quadro com feições magnéticas lineares e não lineares representativas de falhamentos de diversas naturezas que as cortam.

Mostrou a possibilidade do topo do embasamento cristalino local (Craton do São Francisco) estar a profundidades da ordem de 2.000 m. Revelou ainda uma curiosa feição arquiforme e sinuosa com formas que lembram uma espécie de zona de sutura no embasamento. Sua possível repercussão nas mineralizações locais deve ser melhor estudada.

Referências

- Bittencourt, J. S., Monteiro, L. V. S., Bello, R. M. S., Oliveira, T. F., e Juliani, C., 2001, Metalogênese do zinco e Chumbo na região de Vazante – Paracatu, Gerais, *in*: Pinto, C. P. e Martins-Neto, M. A. (Eds.), *Bacia do São Francisco, Geologia e Recursos Minerais*, SBG/MG, Belo Horizonte, 161-198.
- Blakely, R. J., e Simpson, R. W., 1986, Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies: *Geophysics*, **51**, 1494-1498.
- Blakely, R. J., 1995, *Potential theory in gravity e magnetic applications*: EUA, Cambridge University Press.
- Dardenne, M. A., Freitas-Silva, F. H., Souza, J. C. F., e Campo, J. E. G., 1998, *Evolução tectono sedimentar do Grupo Vazante no contexto da Faixa de Dobramentos Brasília*, *in*: 40^o Cong. Bras. Geol., SBG, Belo Horizonte, Resumos **26**.
- LASA, 2001a, *Projeto SEDEX chumbo-zinco nas regiões de Paracatu e João Pinheiro, Minas Gerais: Brasil, Rio de Janeiro, LASA – Engenharia e Prospecções S.A.: Brasil: Brasil, Rio de Janeiro, Relatório Final do levantamento Processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos, Volume I, Texto Técnico.*
- LASA, 2001b, *Projeto de depósitos de zinco em Vazante-Paracatu, Minas Gerais: Brasil, Rio de Janeiro, LASA – Engenharia e Prospecções S.A.: Brasil: Brasil, Rio de Janeiro, Relatório Final do levantamento Processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos, Volume I, Texto Técnico.*
- GEOSOFT, 1996, *MAGMAP 2-D; Frequency domain processing*: Canadá, GEOSOFT Inc.
- Hsu, S. K., Sibuet, J. C. e Shyu, C. T., 1996, High-resolution detection of geological boundaries from potential-field anomalies: An enhanced analytical signal technique: *Geophysics*, **61**, 373-386.
- Minty, B. R. S., 1991, Simple micro-levelling for aeromagnetic data: *Expl. Geoph.*, **22**, 591-592.

- Nabighian, M. N., 1972, The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: its properties and use for automated anomaly interpretation: *Geophysics*, **37**, 507-517.
- Nabighian, M. N., 1974, Additional comments on the analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: *Geophysics*, **39**, 85-92.
- Nabighian, M. N., 1984, Towards a three-dimensional automatic interpretation of potential field data via generalized Hilbert transforms: fundamental relation: *Geophysics*, **49**, 957-966.
- Reid, A. B., Allsop, J. M., Granser, H., Millett, A. J., e Somerton, W., 1990, Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution: *Geophysics*, **55**, 80-91
- Roest, W. R., Verhoef, J., e Pilkington, M., 1992, Magnetic interpretation using the 3-d analytical signal: *Geophysics*, **57**, 116-125.
- Thompson, D. T., 1982, EULDPH: A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data: *Geophysics*, **47**, 31-37.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CMM e a HGeo a permissão para a apresentação deste trabalho.