

Interpretação de um Trato do Embasamento da Bacia do Paraná com Base em Parâmetros Geofísicos dos Terrenos Expostos e na Aplicação de Filtragens Aeromagnéticas

FRANCISCO JOSÉ F. FERREIRA*/UFPr, MARCO POLO PEREIRA DA BOA HORA/PETROBRÁS, BENJAMIN B. DE B. NEVES/USP

ABSTRACT

Processing and interpretation of aeromagnetic data of a 20,000 km² area between the cities of São Paulo and Pirassununga (São Paulo state, Brazil), are included in the present work. The space between the N-S flight line was 1km and the total length of profiles 21,000km. The sampling interval along profiles was 100m and terrain clearance was approximately constant and equal to 150m. A qualitative aeromagnetic interpretation was carried out based on a variety of filtering processes (gaussian, low-pass, upward continuation, reduction-to-the-pole and apparent magnetic susceptibility), and a preliminary integration made with available geological data. On the basis of magnetometric features and susceptibility of outcropping Precambrian terranes, it is possible to identify with the filtered maps the tectonic framework of the basement complex covered by sediments and lavas of the Paraná Basin. Another interesting aspect is the definition of the tectonic border of this basin, inside the studied area, which not only controls the emplacement of the *Itu belt* granitoids, but also may have affected sedimentation in the basin by reactivation. Finally, it is shown that these methods are important mapping tools, which can contribute greatly to our knowledge of the tectonic framework of the Paraná basin basement.

INTRODUÇÃO

A aplicação de filtragens aeromagnéticas na interpretação da compartimentação tectônica do embasamento de bacias sedimentares ainda é pouco empregada no Brasil. Neste sentido, foi selecionada uma área aproximada de 20.000 km², no Estado de São Paulo, integrante da borda leste da Bacia do

Paraná, cuja cobertura aeromagnetométrica também contemplasse o embasamento exposto, com o objetivo de criar parâmetros para a interpretação (Figura 1).

Os dados aeromagnetométricos distribuíram-se em segmento do Projeto Aerogeofísico São Paulo - Rio de Janeiro (Anjos e Mourão 1988), tendo sido gentilmente cedidos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Estes dados foram implantados no sistema computacional do Departamento de Exploração (Depex), da Petrobrás, no Rio de Janeiro.

Os trabalhos de processamento desenvolvidos no Depex consistiram essencialmente de: geração das malhas de dados; interpretação aeromagnética qualitativa com base nos produtos da aplicação de filtros diversos; elaboração e edição dos mapas de contorno; compilação de mapa geológico; integração geofísico-geológica, e quais representam parte da Tese de Doutorado de um dos autores (Ferreira 1991).

GERAÇÃO DA MALHA DE DADOS AEROMAGNÉTICOS RESIDUAIS

Os dados originais do levantamento aerogeofísico foram corrigidos da variação diurna, nivelados e removidos do IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*), por Anjos e Mourão (1988).

Por tratar-se de um levantamento aerogeofísico, no qual a densidade de pontos ao longo das linhas de vôo (1 ponto/100 m) é cerca de dez vezes maior que o espaçamento entre as mesmas, optou-se pela aplicação de um método bidirecional de interpolação, para a geração das malhas, desenhado para contemplar este tipo de distribuição espacial de dados.

A partir da malha (500x500m) foi gerado um mapa de contorno do campo magnético residual. As curvas de isovalores foram selecionadas de 20 em 20 nT, enquanto que a escala de cores foi construída com intervalos de 10 em 10nT.

O SISTEMA DE FILTRAGENS

Para proceder a interpretação qualitativa dos dados aeromagnéticos residuais utilizou-se um sistema de filtragens bidimensional, planimétrico, que opera a partir de malhas e no domínio da frequência, valendo-se da teoria desenvolvida por Bhattacharyya (1966) e posteriormente expandida e aplicada por Spector e Grant (1970).

Os procedimentos utilizados foram os seguintes: análise espectral (frequência de corte 0,00017 ciclo/m); separação regional - residual (filtros gaussiano, passa-baixa, continuação para cima); redução ao pólo; susceptibilidade magnética aparente (k_a).

INTEGRAÇÃO DOS DADOS AEROMAGNÉTICOS E GEOLÓGICOS

A integração dos dados aeromagnéticos e geológicos do embasamento exposto, foi procedida através de domínios já definidos na literatura (Campos Neto e Vasconcellos 1986).

DOMÍNIO EMBU

O domínio Embu, localizado a sul da zona de falha de Taxaquara, caracteriza-se por exibir, sobretudo no mapa de contorno do campo aeromagnético residual, faixas anômalas lineares dispostas segundo NE e refletindo claramente as

falhas ou zonas de falhas aí existentes (Figura 1).

Foi interessante observar as nítidas relações entre o padrão aeromagnético e a proposta de disposição dos diversos corpos granitóides, de Janasi *et al.* (1990), acompanhando os falhamentos na forma aparente de *camadas*. Assim, foram bem definidos, também nos mapas de redução ao pólo e de susceptibilidade aparente, os granitóides considerados por esses autores como blastomilonitos e a duas micas. Estes apresentam susceptibilidade aparente elevada, o que sugeriu a possibilidade de poderem ser reunidos em um grupo de granitóides a magnetita, ou do tipo I, segundo Ishihara (1981). Foram considerados por Janasi *et al.* (1990) como sin-orogênicos (650 Ma) e talvez do tipo I de Pitcher (1982).

DOMÍNIO SÃO ROQUE

O domínio São Roque, disposto entre as zonas de falhas de Taxaquara e Jundiuvira, talvez por ser constituído de cunhas supracrustais, com metassedimentos situados entre as fácies xisto-verde e anfíbolito, exibiu um padrão magnético dos falhamentos mais associados aos limites tectônicos dos diversos corpos granitóides do domínio, em função do contraste de susceptibilidade (Figura 1).

O mapa de redução ao pólo foi o que melhor definiu os contornos dos diversos corpos granitóides do domínio, também ressaltados no mapa de susceptibilidade aparente. Nesta última prancha observou-se que os maiores valores coincidiram com o segmento oriental do maciço de Sorocaba, o que corroborou a compartimentação verificada por Godoy (1989). É possível que esse segmento pertença a um grupo de granitóides a magnetita, de origem profunda (crosta inferior/manto superior). A parte ocidental, ao contrário mais rasa, pode ser produto de contaminação ou mistura de magmas

envolvendo segmentos crustais mais superficiais (Figura 1).

Foi observado igualmente que o maciço São Roque apresenta núcleos dispersos de elevadas susceptibilidades, o que pode indicar variações de fácies (Ferreira 1991).

DOMÍNIOS FAIXA ALTO RIO GRANDE E NAPPE SOCORRO - GUAXUPÉ

Os mapas geológico e magnético residual, bem como o de interpretação aeromagnética qualitativa (Figura 1) mostraram com clareza que os limites da Faixa Alto Rio Grande são perfeitamente coincidentes com os contornos de um domínio magnético, no qual predominam anomalias positivas, sobretudo nos mapas de separação regional-residual (Ferreira 1991).

Por outro lado, os terrenos pertencentes à Nappe de Empurrão foram caracterizados, nesses mapas, principalmente por anomalias negativas. A definição aeromagnética dos limites da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé, no SW de Minas Gerais, já havia sido indicada por Ferreira e Cavalcante (1978).

As anomalias positivas mais intensas constituem um *trend* nordeste, assinalando, talvez, o limite oriental dos terrenos autóctones. Outro limite característico da Faixa Alto Rio Grande é o forte truncamento aeromagnético que coincidiu com a zona de falha de Jacutinga, a norte. O limite ocidental foi definido por anomalias submeridianas, também coincidentes com falhamentos de empurrão. Já a assinatura aeromagnética do limite meridional, apesar de ser perturbada pela intrusão do maciço granitóide de Morungaba, foi também caracterizada.

O mapa de susceptibilidade aparente exibiu índices baixos no domínio dos terrenos da Faixa Alto Rio Grande, enquanto que os valores

correspondentes aos terrenos da Nappe, por outro lado, são elevados. Nesse domínio os maiores valores encontram-se associados a corpos granitóides a magnetita ou a rochas charnoquíticas.

Tendo em vista que a elaboração do mapa de susceptibilidade magnética aparente (k_a) padece de uma série de limitações, foi assinalada na Figura 1 a localização de sítios, nos quais foram realizados estudos paleomagnéticos, incluindo medidas de susceptibilidade - k (Ferreira 1982). Foi percebido que, apesar de não suceder uma correlação numérica perfeita entre os índices medidos de k e os respectivos intervalos de k_a calculados, foi constatado que existe uma certa relação qualitativa entre os dois grupos, sendo a mais nítida entre os sítios DB-84 e DB-72, onde ocorre acentuado contraste de susceptibilidade (Ferreira 1991).

Para melhor ilustrar essa correlação, foram representadas, na Figura 1, as áreas com elevada susceptibilidade magnética aparente, onde observa-se que os sítios com maiores índices de k medidos no laboratório acham-se inseridos (sítios DB-72; FM-05; LC-80).

DOMÍNIO BACIA DO PARANÁ

O domínio Bacia do Paraná é caracterizado, do ponto de vista aeromagnético, pela presença de um grande número de anomalias com pequenos comprimentos de onda e grandes amplitudes (alta frequência espacial), reflexo das rochas básicas da Formação Serra Geral.

A interpretação da análise espectral revelou que as fontes rasas distribuem-se desde a superfície até profundidades máximas da ordem de 1,7km, com as maiores concentrações entre 300 e 900m. As profundidades do embasamento alcançadas pelos poços 1-AS-1-SP e 1-PG1-SP, situados imediatamente à oeste da área estudada, para

prospecção de petróleo, foram de 1334 e 1229m, respectivamente (Cordani *et al.* 1984). Dessa forma, considerando a frequência de corte utilizada, concluiu-se que os mapas de contorno das fontes profundas muito provavelmente refletem o embasamento da Bacia do Paraná na área pesquisada.

O mapa de interpretação aeromagnética da Figura 1, no Domínio da Bacia do Paraná, foi baseado essencialmente nos mapas filtrados anteriormente citados. Partindo dos parâmetros aeromagnéticos dos terrenos aflorantes da Faixa Alto Rio Grande e da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé, a Figura 1 representa uma tentativa de interpretação da continuidade desses terrenos sob a bacia.

Outra feição conspícua observada em todos os mapas aeromagnéticos foi a coincidência entre a borda erosiva da bacia e as falhas que a acompanham, como a de Campinas (Cavalcante *et al.* 1979) e as demais indicadas nos mapas geológicos consultados e no de interpretação qualitativa (Figura 1).

Finalmente, notou-se que os maciços granitóides anorogênicos pertencentes ao *Itu belt* (Vlach *et al.* 1990) exibem contornos alongados segundo NE e acompanham a borda tectônica da Bacia do Paraná, sugerindo que suas colocações tenham sido controladas por esta zona de falha. Este fato parece carinhar no sentido da participação dessas rochas na origem da Bacia do Paraná, conforme modelo global proposto por Klein e Hsu (1987).

PRINCIPAIS CONCLUSÕES

- Os dados aeromagnéticos residuais e os filtrados de acordo com a metodologia apresentada,

possibilitaram boa compatibilização com as informações geológicas disponíveis no embasamento exposto.

- Dessa forma foi possível reconhecer e compartimentar as principais unidades tectônicas da área pesquisada como os domínios Embu, São Roque, Faixa Alto Rio Grande e Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé.

- Em relação aos maciços granitóides as técnicas de redução ao pólo e de susceptibilidade magnética aparente permitiram, além da perfeita definição de seus contornos, discriminar segmentos distintos em um mesmo maciço assim como colaborar com a classificação desses tipos de rochas.

- O procedimento automático de geração de susceptibilidades magnéticas aparentes, a partir de dados aeromagnéticos residuais, foi considerado satisfatório, balizado que foi por medidas de k em amostras de mão.

- Com respeito aos domínios Faixa Alto Rio Grande e Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé, os mapas filtrados foram de grande valia, visto que a partir de parâmetros aeromagnéticos desses terrenos no embasamento exposto, foi possível inferir o arcabouço tectônico do embasamento oculto sob sedimentos e lavas da Bacia do Paraná.

- Finalmente, outro aspecto interessante foi o reconhecimento do condicionamento tectônico de corpos granitóides anorogênicos (tipo A), na borda da sinéclise, os quais podem ter tido papel importante na implantação da Bacia do Paraná. O presente trabalho teve suporte financeiro do CNPQ e da Petrobrás durante a fase de elaboração da Tese de Doutorado de um dos autores (Ferreira 1991).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, I.L.S. & MOURÃO, L.M.F. 1988. Projeto São Paulo - Rio de Janeiro, Relatório Final, Processamento de Dados, Parte I - São Paulo. Texto, v.2, *Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - (CPRM)*, 29p. (inédito).
- BATTACHARRYA, B.K. 1966. Continuous spectrum of the total magnetic field anomaly due to a rectangular prismatic body. *Geophysics*, 31: 97 - 121.
- CAMPOS NETO, M.C. & VASCONCELLOS, A.C.B.C. 1986. Geologia da Faixa Alto Rio Grande. Relatório FAPESP, 127p. (inédito).
- CAVALCANTE, J.C.; CUNHA, H.L.S.; CHIEREGATI, L.A.; KAEFER, L.Q.; ROCHA, J.M.; DAITX, E.C.; RAMALHO, R. 1979. Projeto Sapucaí. Relatório Final, MME/DNPM, *Ser. Geol.*, 4, *Secção Geol., Bras*, 2, 299p.
- CORDANI, U.G.; NEVES, B.B.B.; FUCK, R.A.; PORTO, R.; THOMAZ FILHO, A.; CUNHA, F.M.B. 1984. Estudo preliminar de integração do Pré-Cambriano com eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras. Rio de Janeiro, Petrobrás, CENPES, SINTEP, 1984. *Ciência - Técnica - Petróleo*, Seção Exploração de Petróleo 15, 70 p.
- FERREIRA, F.J.F. & CAVALCANTE, J.C. 1978. Integração de dados aeromagnéticos e geológicos no SW de Minas Gerais. *In: Cong. Bras. Geol.*, 30, *Soc. Bras. Geol.*, Recife, *Anais...* Núcleo Nordeste, SBG, v.5, p.2263-2277.
- FERREIRA, F.J.F. 1982. Integração de dados aeromagnéticos e geológicos: configuração e evolução tectônica do Arco de Ponta Grossa. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. (IG - USP). São Paulo, USP, 169p. (inédito).
- FERREIRA, F.J.F. 1991. Aerogamaespectrometria e aeromagnetometria de um trato ocidental do Pré - Cambriano paulista. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IG - USP). São Paulo, SP, 150p. (inédito).
- GODOY, A.M. 1989. Caracterização faciológica, petrográfica e geoquímica dos maciços Sorocaba e São Francisco, SP. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IG - USP), São Paulo, SP, 220p. (inédito).
- ISHIHARA, S. 1981. The granitoid series and mineralization. *Econ. Geol.* 75th *Anniv. vol.*, p. 458-
- JANASI, V.A.; VASCONCELOS, A.C.B.C.; VLACH, S.R.F.; MOTIDOME, M.T. 1990. Granitóides da região entre as cidades de São Paulo e Piedade, SP: faciologia e contexto tectônico. *In: Congr. Bras. Geol.*, 36, *Soc. Bras. Geol.*, Natal, *Anais...* Núcleo Nordeste, SBG, v.4, p.1925 - 1935.
- KLEIN, G.V. & HSU, A.T. 1987. Origin of cratonic basins. *Geology*, 15: 1094 -1098.
- PITCHER, W.S. 1982. Granite type and tectonic environment. *In: Hsu, K. (ed.) Mountain Building Processes*. Academic Press, London, p. 19 - 40.
- SPECTOR, A. & GRANT, F.S. 1970. Statistical models for interpreting aeromagnetic data. *Geophysics*, 35: 293 - 302.
- VLACH, S. R. F.; JANASI, V.A.; VASCONCELOS, A.C.B.C. 1990. The Itu Belt: associated calc - alkaline and aluminous A - type late brasiliano granitoids in the states of São Paulo and Paraná, southern Brazil. *In: Cong. Bras. Geol.*, 36, *Soc. Bras. Geol.*, Natal, *Anais...* Núcleo Nordeste, SBG, v.4, p. 1700 - 1711.

