

## Integração de Dados Aerogamaespectrométricos e Geológicos para a Individualização de Maciços Graníticos na Região da Serra da Graciosa (PR)

Guilherme A. R. Gualda<sup>(1)</sup>; Francisco José Fonseca Ferreira<sup>(2)</sup>; Carlos V. Portela Filho<sup>(2)</sup>; Sílvio R. F. Vlach<sup>(1)</sup>  
<sup>(1)</sup> Instituto de Geociências, USP; <sup>(2)</sup> Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada, LPGA/UFPR

### Abstract

The granites of the Serra da Graciosa Area (Paraná State, South Brazil) are important representatives of the post-collisional magmatism that formed the Serra do Mar Province along the final stages of the Brasiliano Cycle (ca. 600-580 Ma). These granites are still poorly studied mostly due to the difficulty of access to the area. Geological and airborne gamma-ray spectrometric data have been integrated in order to identify and delimitate the granitic bodies. Five occurrences have been identified; each one with sizes between 40 and 100 km<sup>2</sup>. They support the highest mountains of the region and are characterized by positive anomalies of K, eU and eTh in comparison to the basement gneisses and amphibolites. These results point to the necessity of defining five independent massifs in the Serra da Graciosa Area.

### Introdução

A região da Serra da Graciosa, no Estado do Paraná, concentra ocorrências expressivas de granitos da Província Serra do Mar, formada por intenso magmatismo pós-colisional ao final do Ciclo Brasileiro (ca. 600-580 Ma). Estes granitos têm sido estudados em caráter principalmente regional e pouco se conhece das características geológicas, estruturais e petrológicas de cada uma das ocorrências.

O relevo bastante acidentado, a escassez de vias de acesso e, em especial, a cobertura vegetal muito densa da Mata Atlântica, são importantes restrições a estudos detalhados, de forma que os dados obtidos *in situ* são em geral em pequeno número e mal distribuídos. Neste panorama, ferramentas de sensoriamento remoto podem ser importantes para o mapeamento adequado destas ocorrências graníticas.

Neste trabalho, dados aerogamaespectrométricos do *Brazil Airborne Radiometric Mapping Project* (BARMP, 1997) são integrados a informações geológicas de campo para fundamentar a compartimentação dos granitos da região da Serra da Graciosa em maciços individuais.

### Contexto geológico regional

Os maciços da Província Serra do Mar são constituídos por rochas graníticas e sieníticas e ocorrem isolados ou associados a bacias vulcano-sedimentares; distribuem-se ao longo da Serra do Mar, paralelamente ao litoral atlântico, desde a região

nordeste de Santa Catarina até o sudeste de São Paulo. São intrusivos em rochas arqueanas do Cráton Luiz Alves e neoproterozóicas da Microplaca Curitiba. (Kaul, 1984; Siga Jr. *et al.*, 1993).

O Cráton Luiz Alves é formado por granulitos de composição tonalítica a granodiorítica, com intercalações de granulitos máficos, com idades arqueanas (2.700-2.600 Ma) ou transamazônicas (2.250-1.850 Ma). Para leste, no Cinturão Granitóide Costeiro, predominam granitóides cálcio-alcinos porfíricos de idades brasileiras (615-570 Ma, *cf.* Siga Jr. *et al.*, 1993). A Microplaca Curitiba é composta por gnaisses bandados e anfíbolitos transamazônicos (2.150-1.800 Ma), variavelmente migmatizados no Ciclo Brasileiro (620-550 Ma). Monzogranitos deformados brasileiros (720 Ma – U-Pb em zircão; 580 Ma – Rb-Sr em rocha total) afloram em diversas áreas.

Os maciços da Província Serra do Mar afloram paralelamente ao contato entre o Cráton Luiz Alves e o Cinturão Granitóide Costeiro, e a sua origem é atribuída ao rearranjo crustal decorrente da colisão do Cinturão Granitóide Costeiro com as Microplacas Curitiba e Luiz Alves, em ambiente tipicamente pós-colisional. (Siga Jr. *et al.*, 1994).

### Geologia local

A região enfocada neste trabalho situa-se a cerca de 40 km a leste da cidade de Curitiba, alongada na direção SSW-NNE e com dimensões aproximadas de 50 x 17 km. Morfologicamente, é marcada por cinco serras principais: Capivari, Órgãos, Graciosa/Farinha Seca, Marumbi e Baitaca/Boa Vista (Figura 1).

O reconhecimento das rochas graníticas na região deve-se a Maack (1961), que reuniu os granitos das serras da Graciosa e dos Órgãos sob a denominação de *complexos de granitos alcalinos*, salientando que estes são separados por rochas gnáissicas do embasamento e por *diques do vulcanismo gondwânico*. Os granitos da Serra do Marumbi foram mapeados como uma unidade independente, inferindo-se também a ocorrência de *granitos alcalinos* na Serra do Capivari.

Os primeiros mapeamentos sistemáticos são devidos a Cordani e Girardi (1967) e Fuck *et al.* (1970), que definem o Maciço Graciosa (ca. 300 km<sup>2</sup>), incluindo nele as ocorrências das serras do Capivari, Órgãos e Graciosa/Farinha Seca, além do Maciço Marumbi, este com área de ocorrência semelhante à descrita por Maack (1961). À oeste,

## Integração de Dados Aerogamaespectrométricos e Geológicos

Fuck (1966) define o Maciço Anhangava, que sustenta a Serra da Baitaca/Boa Vista.

### Materiais e métodos

Os trabalhos de campo incluíram perfis geológicos ao longo de estradas, trilhas e/ou drenagens, que permitiram (1) reconhecer as fácies graníticas presentes; (2) coletar amostras representativas e (3) identificar as relações entre os granitos e encaixantes.

Um modelo digital de terreno (MDT) foi construído para a área, com base em malha regular de pontos espaçados de 500 m, cujas altitudes foram extraídas de folhas topográficas 1:50 000 (Figura 2).

Os mapas aerogamaespectrométricos foram obtidos através de interpolação dos dados do Projeto Aerogeofísico Serra do Mar Sul (CPRM, 1978), cujas contagens (cps) de K, eTh e eU foram convertidas em % e/ou ppm pelo *Brazil Airborne Radiometric Mapping Project* (BARMP, 1997). Silva e Mantovani (1994) discutem em detalhe a metodologia utilizada e a qualidade dos dados originais disponíveis. Após análise crítica das variáveis K, eTh, eU, foram gerados mapas de distribuição elemental, das razões eU/K, eU/eTh, eTh/K, do parâmetro  $F = K \cdot eU/eTh$  (Gnojek & Prichystal, 1985) e de composições ternárias K(R)-eU(G)-eTh(B) e eU/K(R)-eU/Th(G)-eTh/K(B).

### Resultados e discussão

A ocorrência dos granitos como feições evidentemente destacadas do relevo, bem como os teores elevados de eTh, eU e K em relação às rochas gnáissicas e anfibolíticas encaixantes, tornam possível identificar os corpos graníticos nas imagens disponíveis (cf. Figuras 2, 3 e 4).

Nos mapas aerogamaespectrométricos, os corpos graníticos destacam-se pelos elevados teores de K, eTh e eU, separados por porções com valores mais baixos (Figuras 3 e 4), característicos do embasamento. Em geral, é marcante a coincidência dessas áreas com os tratos de maior altitude, mostrando que as rochas graníticas sustentam as principais serras da região (Figura 2).

Entretanto, algumas áreas adjacentes àquelas de maior altitude, sobretudo a leste da vertente da Serra do Mar, mostram importantes anomalias dos radionuclídeos. As características naturais da região permitem sugerir pelo menos dois tipos de mecanismos capazes de promover a migração de radionuclídeos em direção às cotas mais baixas. Os acentuados desníveis de relevo levam, por um lado, a intensa movimentação recente de blocos; por outro lado, é possível que processos pedogenéticos tenham

conduzido à mobilização e transporte de radionuclídeos, sobretudo K e U (Dickson & Scott, 1997; Wilford *et. al.*, 1997). Uma avaliação mais detalhada permite identificar indícios de cada um desses processos.

Os mapas aerogamaespectrométricos mostram fortes anomalias na região central da Serra dos Órgãos (Figuras 3 e 4). Na porção sudeste o padrão é mais complexo, com teores menores acompanhando uma importante drenagem (cf. Figura 3), sugestivos de processos de remoção seletiva de radionuclídeos. Na área da Serra da Graciosa/Farinha Seca, as respostas são mais homogêneas, com anomalias marcadas para K, eU e eTh. As imagens mostram anomalias também à leste da vertente da Serra do Mar. Entretanto, a composição K-U-Th (Figura 4) exhibe diferenças sutis de tonalidade entre estas áreas, o que, aliado à constatação da ocorrência de encaixantes próximo à base da serra, indica que a extensão oriental da anomalia deva também resultar da migração de radioelementos..

Já na porção nordeste da Serra do Marumbi, os granitos *in situ* sustentam vertentes subverticais da Serra do Mar e blocos decamétricos de granito são observados a grandes distâncias dos contatos, sobre áreas de afloramento das encaixantes. Em consequência, as anomalias aerogamaespectrométricas se estendem por distâncias bem superiores às observadas em outras áreas, sem alteração da assinatura espectral (cf. Figura 4). É interessante ainda notar que os mapas mostram dois centros com teores mais altos de radionuclídeos, um em cada extremo do maciço (Figura 3). Ainda assim, devido à amostragem geológica restrita, não é possível inferir uma compartimentação interna para este maciço, uma vez que os tipos petrográficos observados nestas áreas são petrográfica e mineralogicamente muito semelhantes.

Na área da Serra da Baitaca/Boa Vista, as observações de campo mostram que a ocorrência de granitos é também coincidente com as áreas de maior altitude. Entretanto, os mapas indicam uma resposta espectral heterogênea e pouco acentuada (Figuras 3 e 4). Na porção oriental, a composição K-U-Th exhibe assinatura similar àquela das outras serras (Figura 4); mas, na porção ocidental, esta composição mostra um padrão diferenciado, sem análogos nas demais áreas estudadas. Aflora nesta área uma grande variedade de tipos graníticos e sieníticos, o que poderia, pelo menos em princípio, explicar a distribuição heterogênea dos elementos radioativos. Contudo, as anomalias menos acentuadas observadas, são incompatíveis com estas rochas, o que sugere mobilização importante de radionuclídeos.

## Integração de Dados Aerogamaespectrométricos e Geológicos

### Conclusões

A integração de informações geológicas com dados aerogamaespectrométricos para a região da Serra da Graciosa, Serra do Mar, no Estado do Paraná, permite indicar pelo menos cinco áreas de ocorrência de rochas graníticas, cada uma delas circunscrita por rochas do embasamento. Esta conclusão está de acordo com os contrastes petrográficos bem marcados observados em cada uma destas serras (Gualda, em preparação).

Além disso, granitos e sienitos de caráter pós-colisional, como os estudados, afloram em geral na forma de maciços de geometria circunscrita, com áreas raramente superiores a *ca.* 80-100 km<sup>2</sup>,

Torna-se evidente, portanto, a necessidade de serem individualizados pelo menos cinco maciços independentes na região, como sugerido na Figura 4.

### Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. Dr. W. Shukowski (IAG-USP), pela disponibilização de dados para modelagem digital de terreno, à FAPESP (Proc. 98/15656-7) e ao Projeto Geofísica Aplicada LPGA-UFPR-PADCT/CNPq (62.0155/97-3 GTM).

### Referências Bibliográficas

BARMP 1997. *Brazil Airborne Radiometric Mapping Project. Technical report and survey atlas.* A collaboration between Paterson, Grant & Watson Limited (PGW), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) and Geological Survey of Canada (GSC), Rio de Janeiro, RJ.

Basei, M.A.S.; Siga Jr., O.; Machiavelli, A.; Mancini, F. 1992. Evolução tectônica dos terrenos entre os cinturões Ribeira e Dom Feliciano (PR-SC). *Revista Brasileira de Geociências*, **22**: 216-221.

Cordani, U.G.; Girardi, V.A.V. 1967. Geologia da Folha de Morretes. *Boletim da Universidade Federal do Paraná, Geologia*, **26**:1-40.

CPRM 1978. Projeto Aerogeofísico Serra do Mar Sul. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Relatório Final (inédito).

Dickson, B.L. & Scott, K.M. 1997. Interpretation of aerial gamma-ray surveys – adding the geochemical factors. *In: Airborne Magnetic and Radiometric Surveys, Journal of Australian Geology & Geophysics*, **17**: 187-200.

Fuck, R.A. 1966. Geologia da Folha Piraquara. *Boletim da Universidade Federal do Paraná, Geologia* (inédito).

Fuck, R.A.; Muratori, A.; Trein, E.; Bertoldo, A.; Hausen, J. 1970. *Rio Capivari*: folha geológica 1:70.000. Comissão da Carta Geológica do Paraná.

Paraná.

Gnojek, I. & Prichystal, A. 1985. A new zinc mineralization detected by airborne gamma-ray spectrometry in Northern Moravia (Czechoslovakia). *Geoexploration*, **23**(4): 491-502

Hasui, Y.; Carneiro, C.D.R.; Coimbra, A.M. 1975. The Ribeira Folded Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, **5**: 257-266.

Kaul, P.F.T. 1984. Significado dos granitos anorogênicos da Suíte Intrusiva Serra do Mar na evolução da crosta do sul-sudeste do Brasil, no âmbito das folhas SG-22, Curitiba e SG-23, Iguape. *In: CONGR. BRAS. GEOL.*, 33. Rio de Janeiro. SBG. *Anais...*, **6**: 2815-2825.

Kaul, P.F.T. 1997. O magmatismo na Serra do Mar e adjacências (sul do Brasil) no final do Neoproterozóico e seus condicionantes tectônicos. Tese de Doutorado. IG-USP. 293 p. (inédito).

Lopes, A.P.; Soares, A.P.; Lipski, M.; Vesely, F.F.; Vasconcellos, E.M.G. 1998. Análise faciológica do granito Anhangava (PR) a partir de dados petrográficos e geoquímicos. *In: CONGR. BRAS. GEOL.*, 40. Belo Horizonte. SBG. *Anais...*, 497.

Maack, R. (1961) Sobre a ocorrência de granitos alcalinos no Estado do Paraná e sua posição dentro das fases orogênicas algonquianas. *Boletim da Universidade Federal do Paraná, Geologia*, **4**:1-52.

Misener, D.J.; Sinclair, R.; Mourão, L.M.F. (1997) A new Brazil radiometric database generation and application. *In: CONGR. INTERN. SOC. BRAS. GEOF.*, 5. São Paulo. SBGf. *Expanded Abstracts...*, **1**: 564.

Siga Jr., O (1995) Domínios tectônicos do sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina: geocronologia e evolução crustal. Tese de Doutorado. IG-USP. Inédita. 164 p.

Siga Jr., O.; Basei, M.A.S.; Machiavelli, A. (1993) Evolução geotectônica da porção NE de Santa Catarina e SE do Paraná, com base em interpretações geocronológicas. *Revista Brasileira de Geociências*, **23**(3): 215-223.

Siga Jr. *et al.* (1994) Maciços Graníticos da porção Sudeste do Paraná e Nordeste de Santa Catarina: geocronologia e implicações tectônicas. *In: CONGR. BRAS. GEOL.*, 38. Camboriú. SBG. *Anais...*, 400-401.

Wilford, J.R.; Bierwirth, P.N.; Craig, M.A. 1997. Application of airborne gamma-ray spectrometry in soil/regolith mapping and applied geomorphology. *In: Airborne Magnetic and Radiometric Surveys, Journal of Australian Geology & Geophysics*, **17**(2): 201-216.

## Integração de Dados Aerogamaespectrométricos e Geológicos

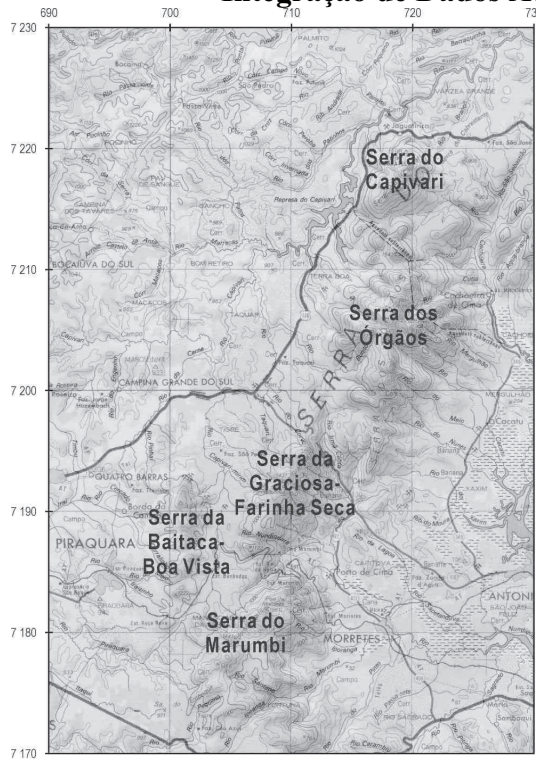


Figura 1 – Toponímia da região da Serra da Graciosa. Fonte: Folha Curitiba (1:250.000).

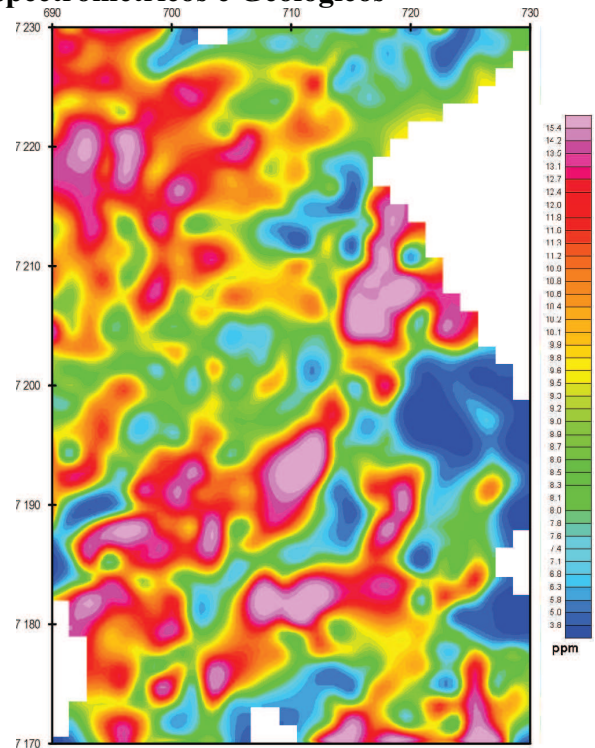


Figura 2 – Mapa de contorno do tório (Th).

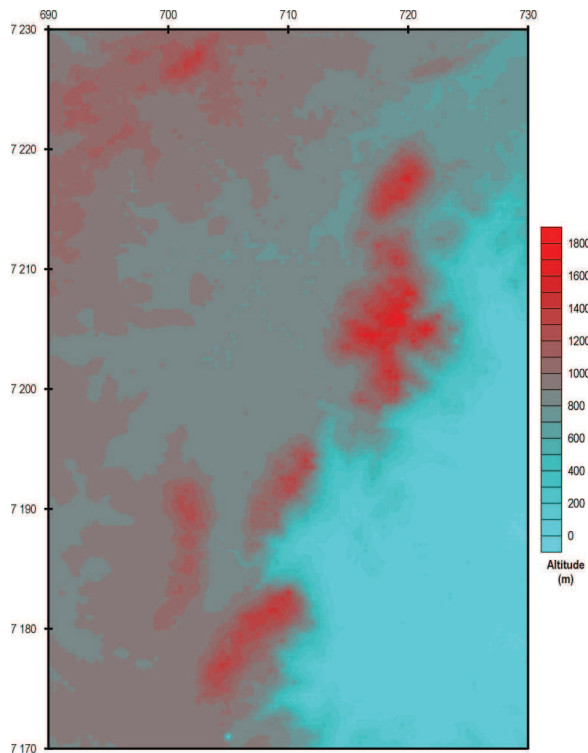


Figura 2 – Modelo digital de terreno (MDT) da região da Serra da Graciosa – PR.

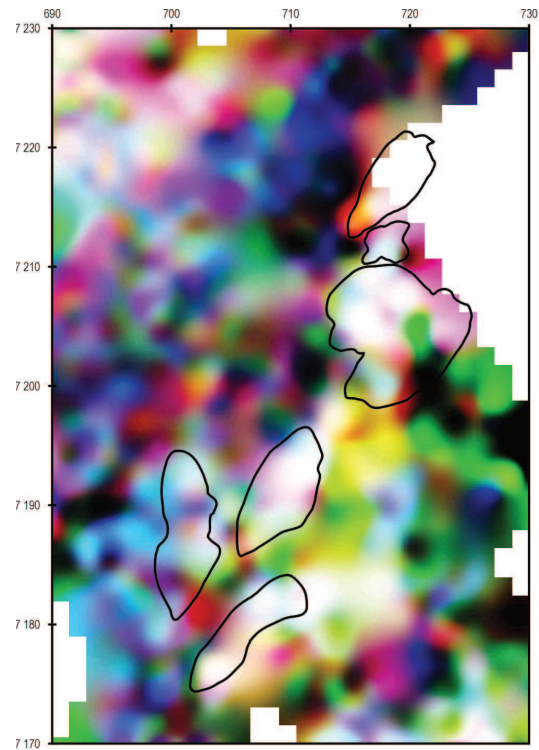


Figura 4. Mapa de composição ternária K(R)-U(G)-Th(B). Em preto, contatos geológicos sugeridos por Gualda (2001, em preparação).