



Mapeamento geológico moderno: uso da aerogeofísica no suporte à cartografia de maciços graníticos da Faixa Ribeira na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro.

Marcelo S. Salomão (*), Paulo T. L. Menezes, Miguel Tupinambá, Miguel A. Mane, Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis, Faculdade de Geologia/Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brazil.

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent 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.

Resumo

No presente trabalho ilustramos a aplicabilidade dos métodos aerogeofísicos no suporte ao moderno mapeamento geológico, em especial de rochas graníticas. Na região estudada (Nova Friburgo, região Serrana do Estado do Rio de Janeiro) afloram maciços graníticos com assinaturas geofísicas distintas. Utilizou-se como ferramenta dados aeromagnéticos e dados aeroradiométricos. O mapa de intensidade do campo magnético total forneceu informações sobre as estruturas (falhas, diques, contatos geológicos) e permitiu a diferenciação entre os diversos granitóides da região. Os dados radiométricos, em especial o mapa Ternário, apresenta forte correlação com os corpos graníticos mapeados. Planeja-se, a partir da presente interpretação, a realização de futuros levantamentos geológicos de detalhe em alvos pré-identificados.

Introdução

A região de Nova Friburgo, localizada na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, apresenta numerosos corpos graníticos gerados ao final do Ciclo Brasileiro, entre o Neoproterozóico e o Paleozóico Inferior (Heilbron & Machado 2003; Silva & Cunha 2001; Tupinambá 1999). Durante os trabalhos do convênio firmado entre UERJ e CPRM (Programa Geologia do Brasil, Folha Nova Friburgo, Tupinambá et al. 2009a,b) foi retomada a cartografia geológica dos maciços graníticos mapeados por Grossi Sad & Barbosa (1982a,b,c), desta vez na escala de 1:100.000.

Intemperismo avançado, forte amplitude do relevo, ocupação urbana e cobertura vegetal florestada dificultaram o mapeamento geológico dos corpos graníticos. Por outro lado, a cartografia geológica e a caracterização petrográfica e química do granito são importantes no contexto estratigráfico e em projetos de uso e ocupação do solo, devido à sua posição tardia na sequência do magmatismo regional e à alta susceptibilidade à erosão numa área intensamente urbanizada e com frequente ocorrência de deslizamentos.

Neste sentido, a informação geofísica é uma poderosa ferramenta (Lohmann 1993; Roig *et al.* 1998) que,

integrada ao levantamento geológico de campo, à interpretação de imagens de sensores multiespectrais e modelos digitais do terreno, evidencia contrastes entre os granitos e suas rochas encaixantes, ou mesmo entre as diversas fácies de um mesmo corpo plutônico. Para esta associação de técnicas adotamos o termo *mapeamento geológico moderno*. Esta integração só foi possível a partir do apoio da CPRM, que forneceu imagens Geocover, mapas geofísicos, modelos digitais do terreno e bases planimétricas, todos devidamente ortoretificados e projetados para a mesma base.

A integração entre geologia e geofísica na região de Nova Friburgo foi realizada a partir dos mapas geológicos de campo e do conjunto de mapas de contorno radiométrico e da intensidade do campo magnético total, gerados a partir de dados do Projeto São Paulo-Rio de Janeiro (CPRM 1988) e fornecidos pela CPRM, através de sua Divisão de Geofísica. Em continuidade a este trabalho, pretende-se realizar o reprocessamento e interpretação de dados aeromagnetométricos e gamaespectrométricos disponíveis, em especial nas áreas ocupadas por corpos graníticos parcial ou totalmente intemperizados.

Contexto Geológico

Os maciços graníticos investigados são intrusivos em ortognaisses e paragnaisses do Domínio Costeiro do Terreno Oriental da Faixa Ribeira, de acordo com a compartimentação tectônica proposta por Heilbron et al. (2004). Esta faixa, que se estende por mais de 1000 km ao longo da costa atlântica brasileira, resulta da colisão entre paleocontinentes durante o Ciclo Brasileiro, que resultou na formação do Supercontinente Gondwana.

Na compartimentação adotada por Heilbron (2004), a Faixa Ribeira está dividida em quatro terrenos tectonoestratigráficos (Figura 1): Ocidental, Oriental, Paraíba do Sul/Embú e Cabo Frio, limitados por falhas de empurrão e por zonas de cisalhamento transpressivas subverticais. Os terrenos foram progressivamente acrescidos às bordas cratônicas e às faixas móveis (terrenos) colididas previamente em vários episódios colisionais. O Terreno Ocidental corresponderia à paleoplaca inferior (Placa Sanfranciscana), e o Terreno Oriental à placa superior, na qual se instalou o arco magmático envolvido na colisão Arco/Continente. Para leste, por trás do Terreno Oriental, o fechamento do espaço back-arc resultou na colisão com a paleoplaca do Terreno Cabo Frio. O terreno Paraíba do Sul/Embú, devido ao seu caráter alóctone, necessita de mais pesquisas para determinar sua origem e evolução.

O Domínio Costeiro do Terreno Oriental é constituído por paragneisses pelíticas ricas em interações de quartzitos e rochas calcissilicáticas (Grupo São Fidélis, Tupinambá et al. 2007, 2009b) intrudidos por três gerações de ortogneisses de afinidade calcalcalina: a) Complexo Rio Negro (Tupinambá et al. 2000), de composição tonalítica até granítica, com enclaves dioríticos e gabróicos; b) Leucogneisses de composição granítica (Tupinambá 1999; Silva & Cunha 2001); c) gnaisses granodioríticos e graníticos da Suíte Serra dos Órgãos (Barbosa & Grossi Sad 1985; Tupinambá et al. 2009b).

A deformação principal do Terreno Oriental é caracterizada por dois episódios tectônicos progressivos. O primeiro, ocorrido entre 580–550 Ma (Heilbron & Machado, 2003; Silva et al., 2005), é representado por uma xistosidade de baixo ângulo subparalela ao bandamento, superposta por uma foliação plano-axial relacionada a dobras isoclinais. O evento deformacional tardio inclui dobramentos abertos e zonas de cisalhamento subverticais de direção NW, ortogonais à direção predominante da fase inicial (NE). Estas zonas de cisalhamento foram preenchidas por magmatismo granítico (objeto de estudo deste trabalho) datado no Cambriano Superior ao Ordoviciano Superior (ca. 510-480 Ma, Tupinambá 1999, Heilbron & Machado 2003) e relacionado ao colapso orogênico em regime transtensivo (Heilbron et al. 2004; Heilbron & Machado, 2003).

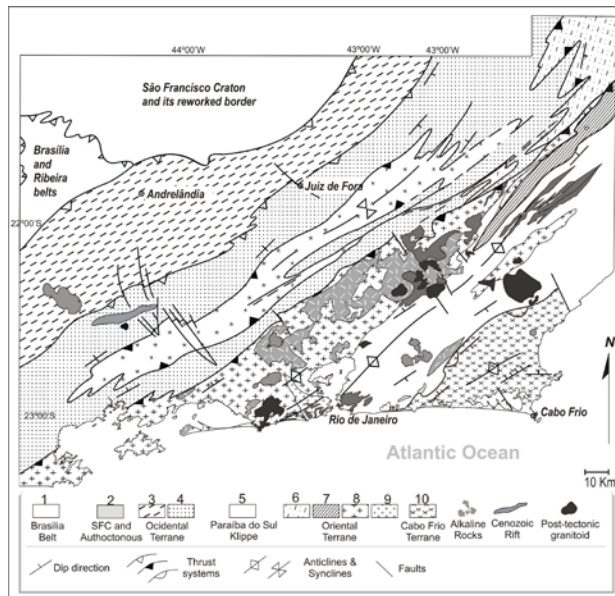


Figura 1 – Compartimentos tectônicos da Faixa Ribeira no seu setor central (Heilbron & Machado 2003). 1: nappes convergentes do sistema Faixa Brasília; 2: Embasamento e cobertura Meso-Proterozóica do domínio Autóctono e CSF; 3 e 4: Domínios Andreilândia e juiz de Fora do Terreno Ocidental; 5: Klippe Paraíba do Sul; 6 e 7: Domínios Italva e Cambuci do Terreno Oriental; 8 e 9: Domínio Costeiro do Terreno Oriental com granitóides arco-relacionados do Complexo Rio Negro; 10: Domínio Cabo Frio.

Maciços Graníticos Pós-Colisionais

O magmatismo granítico pós-colisional da Faixa Ribeira, na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, é observado ao longo de numerosos corpos plutônicos de forma circular, anelar ou alongada (Figura 2), em maciços rochosos que atingem altitudes acima de 2000 metros (o Pico Maior, no Maciço dos Frades, atinge 2316 metros, altitude máxima da Serra do Mar). Os granitos são homófonos, sem feições macro ou microscópicas de deformação interna. Além dos corpos maiores, diques subverticais a subhorizontais de granito cortam, em vários locais, o Batólito da Serra dos Órgãos, o Complexo Rio Negro e os paragneisses. Segundo Junho (1990), o magmatismo granítico se apresenta em várias fácies: os enclaves dioríticos representam o termo mais básico do conjunto, e também mais antigo; os termos intermediários são classificados como granodiorito, granito porfirítico e granito megaporfirítico. Leucogranito e pegmatito são os termos mais alcalinos e também mais novos. Dentre os maciços graníticos da região serrana fluminense, destacam-se, pela maior área de ocorrência, os maciços dos Frades e de Nova Friburgo.

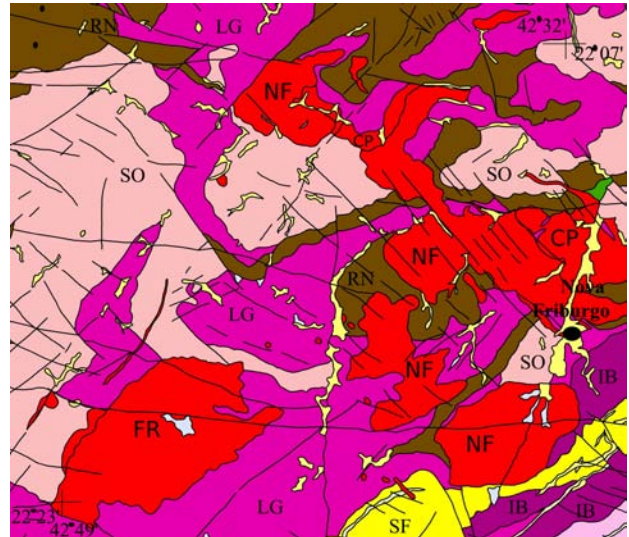


Figura 2 – Mapa geológico da região de Nova Friburgo (Tupinambá 2009a). Maciços Graníticos pós-colisionais: Nova Friburgo; FR: Frades; CP: Conselheiro Paulino. SO: Suíte Serra dos Órgãos; RN: Complexo Rio Negro; LG: Leucogneisse; IB: Suíte Imbé; SF: Grupo São Fidélis.

Maciço dos Frades – descrito e cartografado por Batista Filho & Silva (1978), Ferrassoli (2006), Junho 1990 e Tupinambá 2009a,b) o maciço é constituído por granitos de grão grosso, equigranulares e porfiríticos. Apresenta forma aproximadamente retangular (Tupinambá et al. 2009a), com 15 km de eixo maior na direção NE-SW e eixo menor com 6 km na direção NW-SE. Diques periféricos de direção N45E ocorrem em sua extremidade norte.

Na sua porção oriental, o Maciço dos Frades é constituído por (Ferrassoli 2006): a) diorito e quartzo diorito em enclaves; b) quartzo diorito mesocrático, rico em biotita, titanita e ilmenita ocorrendo em corpos de grandes dimensões; c) granito porfirítico de coloração cinza clara, com orientação de fluxo dada por cristais centimétricos e tabulares de microclina e matriz fina a

grossa, formada por biotita, plagioclásio, quartzo, titanita e ilmenita; d) granito equigranular leucocrático a hololeucocrático, com orientação de fluxo magmático dada por cristais de quartzo anedrais, com biotita e minerais opacos como minerais acessórios. Cortando todas as unidades são encontrados veios de pegmatito e de quartzo.

Maciço de Nova Friburgo - O Maciço de Nova Friburgo (Pinto et al. 1980, Grossi Sad et al. 1982a, Junho 1990) é constituído por granito megaporfírico e granito equigranular a porfírico, e foi dividido por Pinto et al. (1980) em três corpos intrusivos: Caledônia, a sul; Salinas, a oeste, e Campo do Coelho, a norte. O Corpo da Caledônia domina a zona sul da área urbana de Nova Friburgo, formando uma estrutura aproximadamente circular com cerca de 6 km de diâmetro. O Corpo Salinas apresenta uma forma alongada na direção NW, com terminações na direção NE. O Corpo Campo do Coelho, como cartografado por Tupinambá (2009a), forma um arco de concavidade voltada para nordeste, com um corpo isolado a noroeste do maciço principal. Numerosas ocorrências restritas de granito porfírico ou equigranular foram cartografadas por Grossi Sad et al. (1982a,b) e Tupinambá (2009a). Algumas delas apresentam forma fusiforme com eixo maior na direção N40E ou formam diques de direção N45W.

As rochas deste maciço apresentam composição de quartzo álcali sienito a monzogranito, com granulação grossa a muito grossa. A textura varia de equigranular a porfírica, termos megaporfíricos, com megacristais de microclina ou plagioclásio. Apresentam textura primária ígnea, sem influência de deformação, com foliação de fluxo magmático, marcada pela orientação preferencial dos minerais, principalmente dos cristais tabulares de feldspato.

Granito Conselheiro Paulino – Trata-se de um granito de ocorrência restrita ao norte do Maciço de Nova Friburgo, encontrado na localidade homônima (Tupinambá 2009a). De composição sienogranítica, é classificado como microgranito equigranular a microporfírico, com fenocristais eudrais e tabulares de plagioclásio. Este granito é altamente susceptível ao intemperismo, apresentando poucos afloramentos semi-alterados e raros afloramentos preservados. A maior parte de sua área de ocorrência é constituída por material friável, eluvial de granito, de composição areno-argilosa e grão médio.

Geofísica Aerotransportada

Os dados aerogeofísicos trabalhados no presente trabalho fazem parte do projeto SÃO PAULO-RIO DE JANEIRO (parte Rio de Janeiro) da CPRM (código 1038 – CPRM, 1988). O aerolevanteamento foi realizado no ano de 1978, com linhas de produção com direção norte-sul e espaçamento entre linhas de 1 km, o intervalo de amostragem dentro da linha foi de 100 m. Linhas de controle com direção oeste-leste foram voadas em intervalos de 10 km.

Os dados magnéticos foram coletados utilizando magnetômetro de precessão de prótons Geometrics G-803 com o *stinger* (sensor) colocado na cauda dos

aviões. Os dados radiométricos foram coletados com o equipamento Exploranium DIGRS-3001 com volume dos cristais detectores (cristais de iodeto de sódio ativado por tálio) de 1024 polegadas cúbicas. Os dados foram processados pela Divisão de Geofísica da CPRM de modo a promover o nivelamento das linhas de produção utilizando-se as linhas de controle, remoção de ruídos dados espúrios (*outliers*) e gridagem (interpolação) dos dados em células quadradas de 250 metros (CPRM 1988).

Processamento Radiométrico

A etapas de processamento radiométrico incluem: a calibração em energia, a correção do fundo radioativo, a correção de stripping (espalhamento), e a correção da propagação de erros (estatística). Dentre essas etapas, a mais importante a considerar é a influência do Espalhamento Compton. Essa influência consiste na interação do canal de tório (Th) nos canais de urânio (U) e de potássio (K) e do canal de urânio (U) no de potássio (K). Esse processo ocorre devido ao denominado Efeito Compton. A Correção do Efeito Compton consiste na eliminação da influência das seguintes interações de canais consideradas:

- i - radiações de tório no canal do urânio,
- ii - radiações de tório no canal de potássio,
- iii - radiações de urânio no canal de potássio,
- iv - α - radiações de urânio no canal de tório,
- v - β - radiações de potássio no canal de tório,
- vi - γ - radiações de potássio no canal de urânio.

A sensibilidade do sistema gamaespectrométrico da aeronave é definida como a razão entre a média dos valores aéreos, medidos na altura nominal do levantamento (100m), em cps, para os canais de contagem total, K, U e Th, e a média dos valores das estações terrestres (em concentração) para os canais de contagem total, K (%), eU (ppm) e eTh (ppm).

No final de todo o processo, são gerados os temas K, U e Th e são calculadas as razões U/Th, U/K e Th/K, a partir dos valores radiométricos corrigidos. Como modo de eliminação de indeterminações, ou incorreções devidas a valores anormalmente baixos, se estabelecem valores mínimos de K, U e Th em 5% da média destes canais na área de levantamento.

Processamento Magnetométrico

A Magnetometria é um dos métodos geofísicos cujo resultado demanda os seguintes passos no processamento dos dados de campo: subtração da variação diurna, a remoção de *spikes* e da influência do IGRF e a correção dos erros devidos ao *Lag* diferença entre a posição do sensor e o GPS e de *Heading* que é a diferença entre as leituras nas 4 direções dos pontos cardeais passando por um ponto conhecido.

Assim o banco de dados passa a ser composto de todas as linhas de levantamento em um só pacote de dados, permitindo assim a análise individual das linhas visando a sua qualidade.

Etapas

- 1) Importar arquivo XYZ gerado para o Banco de Dados da Magnetometria.
- 2) Gerar canal FIDUCIAL
- 3) Criar o canal de (Campo Magnético Compensado CMA)
- 4) Verificar a presença de *spikes*, observando os perfis de cada linha do vôo e retirando os trechos ruins.
- 5) Interpolar o canal Campo Magnético Compensado com mínima curvatura.
- 6) Aplicar a operação de 4ª Diferença no Canal Compensado
- 8) Verificar o comportamento dos valores que deverão estar na ordem de módulo de 0.15, pois valores acima indicam nível de ruído no sensor. Eventualmente valores elevados aparecem em zonas de alto gradiente.
 - a) - Aplicar a correção de LAG
 - b) - Aplicar a correção da Variação Diurna.
Calcula-se o valor médio do campo DIURNAL e aplica-se a seguinte equação:

$$\text{CMA_LAG} = \text{CMAB_LAG} - (\text{DIURNAL} - \cong \text{DIURNAL})$$
- c) Gridar o Canal CMA_LAG e observar o comportamento do Grid.
- 9) Nivelamento dos Dados através das linhas de controle (Tie Lines)
- 10) Gridagem do Canal do Campo Magnético Nivelado e apresentação do resultado.

Os produtos finais são disponibilizados na forma de mapa de contorno (formato grid geosoft) - do campo magnético residual (removido o IGRF) e mapas de contagem (em cps) dos canais do U, Th e K. Os mapas de contorno foram convertidos para o formato Geotiff de modo a fornecer uma maior integração com os outros temas em ambiente de sistema de informações geográficas (SIG).

Interpretação Geológica-Geofísica Integrada

A interpretação aqui apresentada é baseada na composição de diversos temas geofísicos com o mapeamento geológico realizado (Figura 2). Utilizou-se os seguintes temas: Mapa de intensidade do campo magnético total (Figura 3), mapa de Tório (Figura 4) e mapa Ternário (Figura 5).

Magnetometria

Na mapa de anomalias magnéticas (Fig. 3) destacam-se anomalias lineares de direção NE e uma anomalia positiva de grande extensão areal no quadrante sudoeste do mapa.

Uma excelente correlação entre geofísica e geologia acontece ao longo do enxame de diques Caneca Fina-Estivado (Tupinambá 2009b). Neste caso a anomalia magnética associada aos diques serviu como referência para a reconstituição do traçado do enxame nos trechos não aflorantes.

Destaca-se, associado ao Maciço dos Frades, uma anomalia magnética de grande comprimento de onda, com cerca de 19 km de extensão na direção nordeste e uma estreita terminação para noroeste com 6 km. Esta

grande comprimento de onda indica, muito provavelmente, uma continuação para norte-noroeste, em subsuperfície, do corpo granítico.

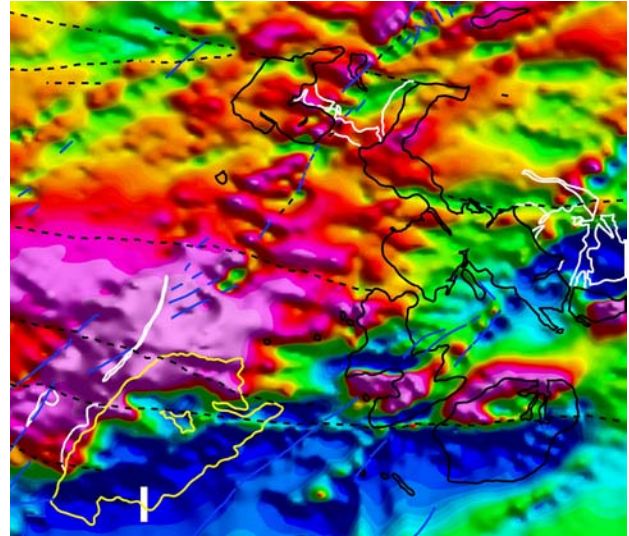


Figura 3 – Distribuição dos maciços graníticos no Mapa de intensidade do campo magnético total. Contornos dos maciços em cores: preto, Nova Friburgo; amarelo, Frades; branco, Conselheiro Paulino.

No Maciço de Nova Friburgo, o Corpo Caledônia apresenta uma anomalia magnética de médio comprimento de onda circunscrita aos seus contatos em superfície; o Corpo Salinas apresenta um padrão distinto de anomalia: um alto magnético circundado por dois baixos. A parte sul do Campo do Coelho também apresenta uma assinatura distinta, com polo norte da anomalia negativo e polo sul positivo. Estes dois tipos de anomalias são característicos de magnetização remanente na rocha. Sendo assim, permite-nos inferir diferentes idades de emplacement para os granitos estudados.

O granito Conselheiro Paulino, em seu corpo principal e no corpo isolado a noroeste, não apresenta anomalia magnética expressiva; os diques deste granito localizados a noroeste do Maciço dos Frades estão inclusos na área de influência da forte anomalia ali existente.

Radiometria

Os mapas radiométricos (Fig. 4 e Fig.5) apresentam excelente correlação com a cartografia dos maciços graníticos.

Para o canal do Tório (Figura 4), o Maciço dos Frades apresenta uma anomalia que, embora circunscrita aos seus limites, se estende para nordeste. Nos corpos do Maciço de Nova Friburgo, a concentração de Tório se distribui da seguinte maneira: Caledônia, intensa anomalia deslocada 1 a 2 km para norte do contato cartografado; Salinas, anomalia no centro-sul do corpo que se espalha para as vertentes nordeste e sudoeste, com deslocamento de 1 a 2 km; Campo do Coelho, intensa anomalia coincidente com a metade sul do corpo. Sem anomalia na terminação norte e nos corpos isolados. O granito Conselheiro Paulino, em geral, não

apresenta conteúdo de Torio anômalo, a não ser em um ponto no corpo principal, no aluvio do Rio Bengalas.

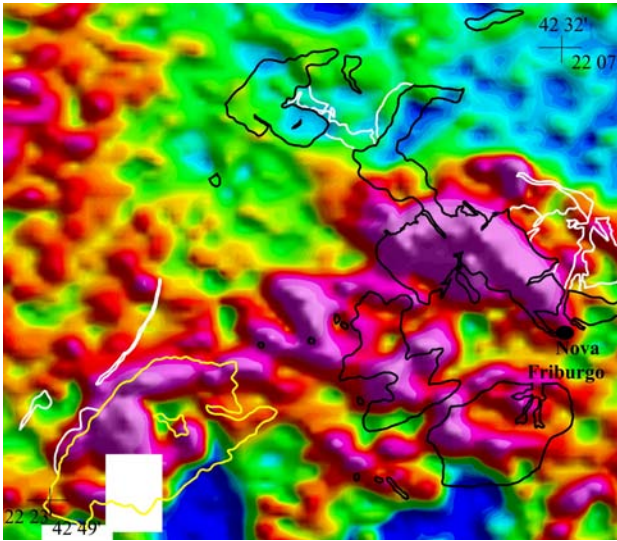


Figura 4 – Distribuição dos maciços graníticos no Mapa de intensidade do Tório. Contornos dos maciços em cores: preto, Nova Friburgo; amarelo, Frades; branco, Conselheiro Paulino.

No Mapa Ternário os seguintes maciços graníticos apresentam forte correlação com os altos valores em todos os radioelementos (cor branca/esbranquiçada no mapa da Figura 5): Frades, e os corpos Caledonia e Salinas do Maciço de Nova Friburgo. O Corpo Campo do Coelho apresenta anomalia positiva apenas na porção sul. O Granito Conselheiro Paulino não apresenta resposta significativa.

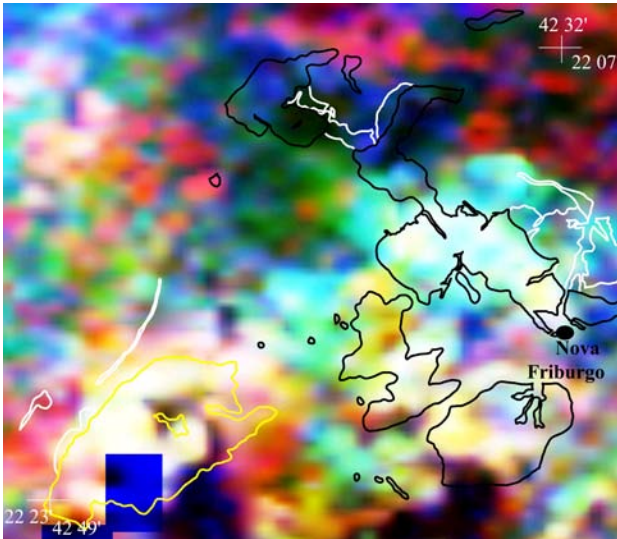


Figura 5 – Distribuição dos maciços graníticos no Mapa Ternário (K-U-Th). Contornos dos maciços em cores: preto, Nova Friburgo; amarelo, Frades; branco, Conselheiro Paulino

Conclusões

O trabalho aqui apresentado ilustra a aplicabilidade dos métodos aerogeofísicos como importante e fundamental ferramenta de suporte ao moderno mapeamento

geológico. Apresentou-se como estudo de caso a integração de métodos geofísicos aplicados a diferenciação de granitos na região de Nova Friburgo (RJ). O mapa de intensidade do campo magnético total forneceu informações sobre as estruturas (falhas, diques, contatos geológicos) e permitiu a diferenciação entre os diversos granitóides da região. Os dados radiométricos, em especial, o mapa Ternário apresenta excepcional correlação com as unidades geológicas mapeadas. Futuros levantamentos geológicos de detalhe estão programados de forma a verificar as informações inferidas pela interpretação geofísica (alvos interpretados).

Agradecimentos

À CPRM, dentro do Programa Geologia do Brasil, parceria com universidades, pelo fornecimento, através de sua Divisão de Geofísica, dos mapas de contorno magnetométricos e radiométricos utilizados neste trabalho.

Referências

- Baptista Filho, J; & Silva, F.J.** 1978. O Granito da Região de Frades, município de Teresópolis (RJ). Anais do XXX congresso Brasileiro de Geologia, Recife, , V.3: 11830-1195.
- Barbosa,A.L.M. & Grossi Sad,J.H.** - 1985 - Batólito granítico da Serra dos Órgãos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Contrib. Geol. Petrol. Núcleo de Minas Gerais, SBGM, 1985:49-61.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM, 1988.** "Projeto São Paulo – Rio de Janeiro (Parte II - Rio de Janeiro)", Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral-DNPM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM, Convênio DNPM/CPRM, Relatório Final, texto e anexos, Volumes VI a X, Rio de Janeiro.
- Ferrassoli, M.A.** 2006. Geologia do Maciço Granítico dos Frades, Parque Estadual dos Três Picos, Nova Friburgo - Teresópolis, (RJ). Monografia de Graduação. Faculdade de Geologia, UERJ. Rio de Janeiro, 65p.
- Grossi Sad, J.H., Barbosa, A.L., Andrade, N.T.** 1982a. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro, Folha Duas Barras SF.23-Z-B-II-2 escala 1:50.000. Niterói, Departamento do Recursos Minerais DRM-RJ.
- Grossi Sad, J.H., Barbosa, A.L., Hettich, M.** 1982b. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro, Folha Nova Friburgo SF.23-Z-B-II-4 escala 1:50.000. Niterói. Departamento do Recursos Minerais DRM-RJ.
- Grossi Sad, J.H., Barbosa, A.L., Pinto, C.P.** 1982c. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro, Folha Teresópolis SF.23-Z-B-II-3 escala 1:50.000. Niterói, Departamento do Recursos Minerais DRM-RJ.
- Heilbron, M.; Machado, N.** 2003. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira belt (SE Brazil). *Precambrian Research*, 125 (1-2): 87-112.

- Heilbron, M., Mohriak, W., Valeriano, C.M., Milani, E., Almeida, J.C.H., Tupinambá, M.,** 2000a. From collision to extension: the roots of the South-eastern continental margin of Brazil. In: Talwani, Mohriak (Eds.), *Atlantic Rifts and Continental Margin*. AGU Geophysical Monograph Series, V 115, 354 pp.
- Heilbron, M.; Pedrosa-Soares, A. C. ; Campos Neto, M.; Silva, L. C.; Trouw, R.; Janasi, V.** 2004. **Província Mantiqueira.** In: Virgino Mantesso-Neto; Andrea Bartorelli; Celso Dal Ré Carneiro; Benjamin Bley de Brito Neves. (Org.). *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. 1ª ed. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 2004, v. I, p. 203-234.
- Heilbron, M., Valeriano, C.M., Valladares, C.S., Machado, N.,** 1995. A orogênese Brasileira no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil. *Rev. Bras. Geoc.* 25 (4), 249–266.
- Junho M.C.B.** 1990. Contribuição à petrologia dos maciços graníticos de Pedra Branca, Nova Friburgo e Frades, RJ. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Lohmann M.C.M.** 1993. Aplicação de levantamentos aerogeofísicos ao mapeamento geológico no Estado do Rio de Janeiro. Monografia de Graduação, Instituto de Geociências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- Pinto, C.P. (coord.)** - 1980 - Projeto Carta geológica do Estado do Rio de Janeiro - Folhas Anta, Duas Barras, Teresópolis e Nova Friburgo. Relatório Final, vol. 1. Geosol- Geologia e Sondagens Ltda. Belo Horizonte.
- Roig, H.L.; Menezes, P.T.A.; Tupinambá, M. & Moura, L.P.P.** - 1998 - Geophysical and Image processing techniques applied to regional geological correlation: the case of Central Ribeira Belt. In Congresso Brasileiro de Geologia, 39, Belo Horizonte, SBG. Anais..., pág. 390.
- Silva, L. C. & Cunha, H. C. S. (coord).** 2001. *Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília: CPRM. CD-ROM.
- Silva, L. C. da, McNaughton, N.J, Armstrong R, Hartmann, L.A., Fletcher, I.,** 2005. The Neoproterozoic Mantiqueira Province and its African connections: a zircon-based U-Pb geochronologic subdivision for the Brasiliano/Pan-African systems of orogens. *Precambrian Research* 136 (3-4): 203-240.
- Trouw, R.A., Heilbron., M., Ribeiro, A., Paciullo, F., Valeriano, C., Almeida, J.H., Tupinambá, M., Andreis, R.,** 2000. The central segment of the Ribeira belt. In: Cordani et al. (Eds.), *Geotectonics of South America*. Special Publication for the 31 IGC/2000. pp. 297–310.
- Tupinambá, M.** 1999. Evolução tectônica e magmática da Faixa Ribeira na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. São Paulo, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado - IG-USP. 221 p.
- Tupinambá M., Teixeira W., Heilbron M.** 2000. Neoproterozoic western Gondwana assembly and subduction-related plutonism: the role of the Rio Negro Complex in the Ribeira Belt, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30 (1): 7-11.
- Tupinambá, M.; Heilbron, M., Duarte, B.P., Nogueira, J.R.; Valladares, C.; Almeida, J.C.H.; Eirado-Silva, L.G.E.; Medeiros, S.R.; Almeida, C.G.; Miranda, A.; Ragatky, C.D; Mendes, J.C.; Ludka, I.** 2007. Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: Estado da Arte e Conexões com a Faixa Araçuaí. *GEONOMOS* 15 (1): 67 – 79.
- Tupinambá, M. (org.)** 2009a. Mapa Geológico da Folha Nova Friburgo SF-23-Z-B-II, escala 1:100.000. CPRM/UERJ. Rio de Janeiro (em prep.).
- Tupinambá, M. (org.)** 2009b. Nota Explicativa da Folha Nova Friburgo, SF-23-Z-B-II, escala 1:100.000. CPRM/UERJ. Rio de Janeiro (em prep.).