

Produtos Aerogeofísicos e sua Aplicação no Mapeamento de Granulitos da Porção Sul do Cráton São Francisco

Átilas Meneses da Silva, IG/UnB, Brazil
 Diogo Luiz Orphão de Carvalho, IG/UnB, Brazil
 Adalene Moreira Silva, IG/UnB, Brazil
 Catarina Labouré Toledo, IG/UnB, Brazil
 Peter Christian Hackspacher, UNESP, 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

Os terrenos arqueanos encerram registros de grande parte da história evolutiva da terra, entretanto este registro é fragmentado e envolve processos tectônicos complexos, que culminaram na formação de áreas cratônicas estáveis ao final do Arqueano. A investigação dos terrenos da borda sul do Cráton São Francisco é extremamente importante para o entendimento dos processos tectônicos atuantes no arqueano, porém a reconstrução de sua história evolutiva é dificultada pela obliteração das relações estratigráficas originais, devido à superposição de diferentes eventos tectono-termiais, e pela ausência de afloramentos contínuos que dificultam o mapeamento geológico sistemático. Dentro desse contexto, levantamentos aerogeofísicos de alta resolução são essenciais ao mapeamento geológico.

Abstract

This short paper is about the using of products derived from aerogeophysics data (magnetometry and gamma-ray spectrometry) applied in the mapping of high-grade metamorphic terrain. The studied area is located in the south of São Francisco craton, between the cities of Macaia and Santo Antonio do Amparo.

Introdução

A porção sul do Cráton São Francisco (CSF) é uma área de grande importância geológica, devido às suas riquezas minerais e aos seus terrenos geológicos complexos. O principal enfoque do trabalho é a caracterização geofísica e sua aplicação no mapeamento geológico de granulitos da região Macaia - Santo Antônio do Amparo/MG (Figura 1) e sua correlação com os domínios adjacentes.

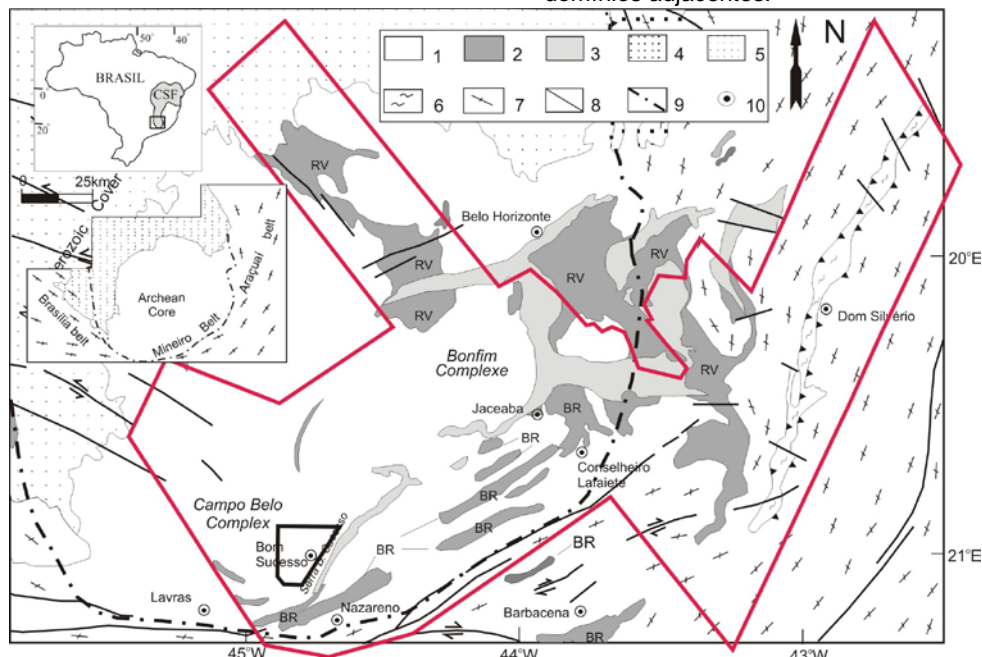


Figura 1. Mapa geológico simplificado da borda meridional do São Craton Francisco (Teixeira *et al.* 2000), mostrando a localização da área de estudo (polígono preto). 1. Terrenos granito-gnaissicos arqueanos a paleoproterozóicos; 2. greenstone belts Piumhi (PI), Fortaleza de Minas (FM), Barbacena (BR), Rio das Velhas (RV) e Rio Paraíba (RP); 3. Supracrustais paleoproterozóicas (Supergrupo Minas); 4- Rochas metassedimentares Paleo a Mesoproterozoicas (Espinhaço); 5. Cobertura Neoproterozoica (Supergrupo São Francisco); 6- Cinturão de Cisalhamento Dom Silvério; 7- Estruturas dos cinturões Brasileiros; 8- traçado de falha; 9- limite aproximado do Cráton São Francisco; 10. Símbolo de Cidades. O polígono vermelho mostra a área recoberta pelo levantamento aerogeofísico – São João Del Rei.

Metodologia

Natureza dos Dados

A área de trabalho é coberta pelos dados do Projeto Pitangui-São João Del Rey-Ipatinga e faz parte do Programa de Levantamento Aerogeofísico do governo de Minas Gerais, que recobre toda a área do Quadrilátero Ferrífero e adjacências. Os métodos empregados neste levantamento foram o magnetométrico e o gamaespectrométrico, com sobrevôo a 100 m de altitude segundo linhas espaçadas de 250 m, com linhas de controle a cada 2.500 m (Lasa Engenharia e Prospecções S.A., 2001.)

Foram gerados diversos produtos a partir dos dados gamaespectrométricos, correspondentes aos canais de K, U, Th e canal de contagem total. A partir da combinação dos canais dos três elementos (K, U e Th) foram geradas as composições ternárias RGB e CMY.

A partir do mapa do campo magnético anômalo foram derivados os produtos de amplitude do sinal analítico (ASA) e derivadas horizontais (Dx e Dy) e vertical (Dz). A combinação das duas últimas gerou o gradiente horizontal total (GHT). Esses produtos foram gerados em pseudocor, com os baixos magnéticos representados em azul e os altos magnéticos em vermelho, realçando as estruturas e os diques na área de estudo.

Classificação Supervisionada

A classificação supervisionada é definida como o processo no qual amostras de identidade conhecida são utilizadas para classificar pixels de identidade desconhecida. (Campbell, 1996).

São identificadas na imagem as classes de informação de interesse e separadas regiões que melhor representem estas classes. Dentro destas regiões são separadas áreas de treinamento que contêm os pixels que serão usados como representantes da classe. A partir destes pixels são extraídas determinadas características das classes, que serão usadas para a classificação dos demais pixels.

O software utilizado foi o Envi™ 4.2 e o algoritmo empregado foi o do paralelepípedo. Este utiliza a média e o desvio padrão, ou os valores máximos e mínimos das amostras de treinamento. Um pixel é atribuído a uma dada classe se satisfizer a condição apresentada na Equação a seguir:

$$\mu_{ck} - S_{ck} \leq VN_{ijk} \leq \mu_{ck} + S_{ck}$$

onde,

$c = 1, 2, 3, \dots, m$ n° de classes;

$k = 1, 2, 3, \dots, l$ n° de bandas;

μ_{ck} = média da classe c na banda k ;

S_{ck} = desvio-padrão da classe c na banda k ;

VN_{ijk} = Valor numérico do pixel desconhecido na linha i , coluna j , banda k .

Resultados

A análise qualitativa e a integração dos dados de campo com os dados geofísicos foi feita em ambiente SIG com a utilização do software ArcGis 9.2. Esta etapa possibilitou a delimitação de contatos e extração de feições estruturais da área mapeada.

Os produtos mais representativos para a delimitação dos domínios mapeados em campo foram a Contagem Total e a Composição ternária RGB. A Amplitude do Sinal analítico possibilitou a identificação dos diques.

A Derivada Vertical mostra os contornos estruturais da área, marcando importantes lineamentos na região (**Figura 2**). A Zona de Cisalhamento Bom Sucesso foi mapeada em campo e delimitada com precisão neste produto. Esta possui sinemática sinistral e corta toda a área em trend aproximado E-NE (**Figura 3**)

A análise dos dados gamaespectrométricos exigiu uma comparação com a topografia. Com isso foi analisada a possível influência do relevo na dispersão dos radioelementos, devido à diferença de mobilidade dos mesmos. Foi observado que, em alguns pontos, platôs mais altos apresentaram assinatura diferente para uma mesma litologia em cotas mais baixas. Estes platôs apresentam um enriquecimento no elemento Tório (assinatura verde na Composição Ternária RGB), já que este é menos móvel quando comparado aos elementos Potássio e Urânio.

Os canais do Tório e Contagem total foram os produtos que apresentaram melhores resultados na delimitação de corpos. Isso porque o Tório é o elemento de maior energia, marcando assim grandes contrastes entre rochas que apresentam variações de concentração deste radioelemento.

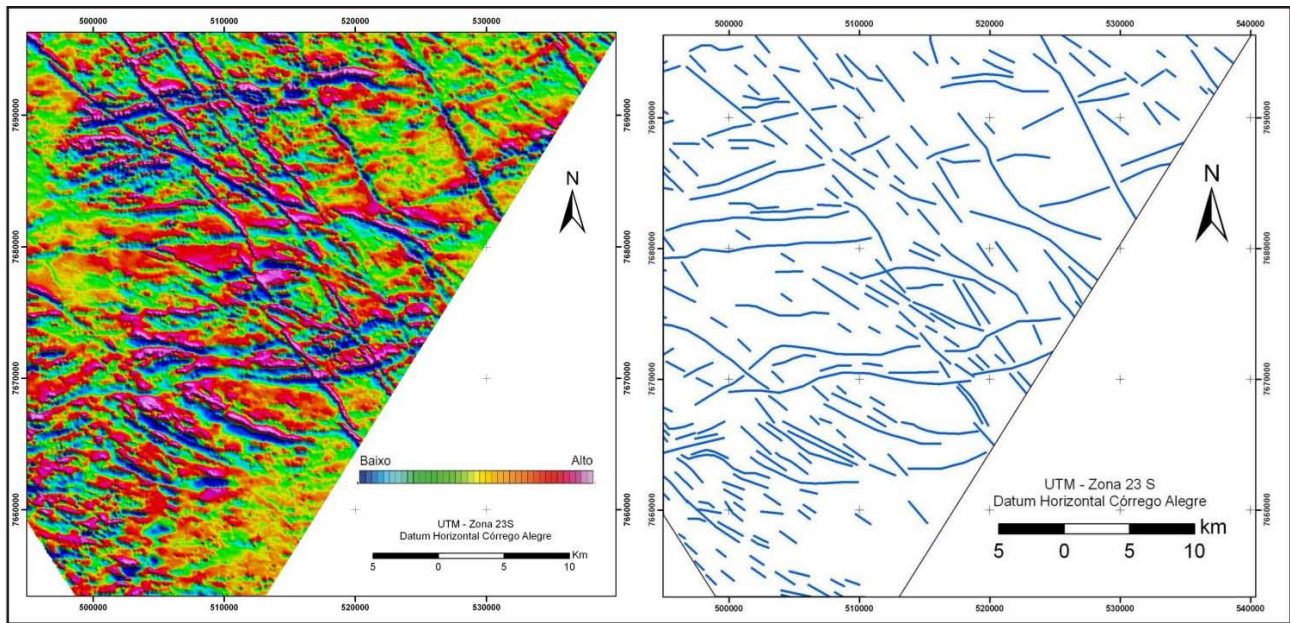


Figura 2. Contornos Estruturais extraídos a partir da Derivada Vertical.

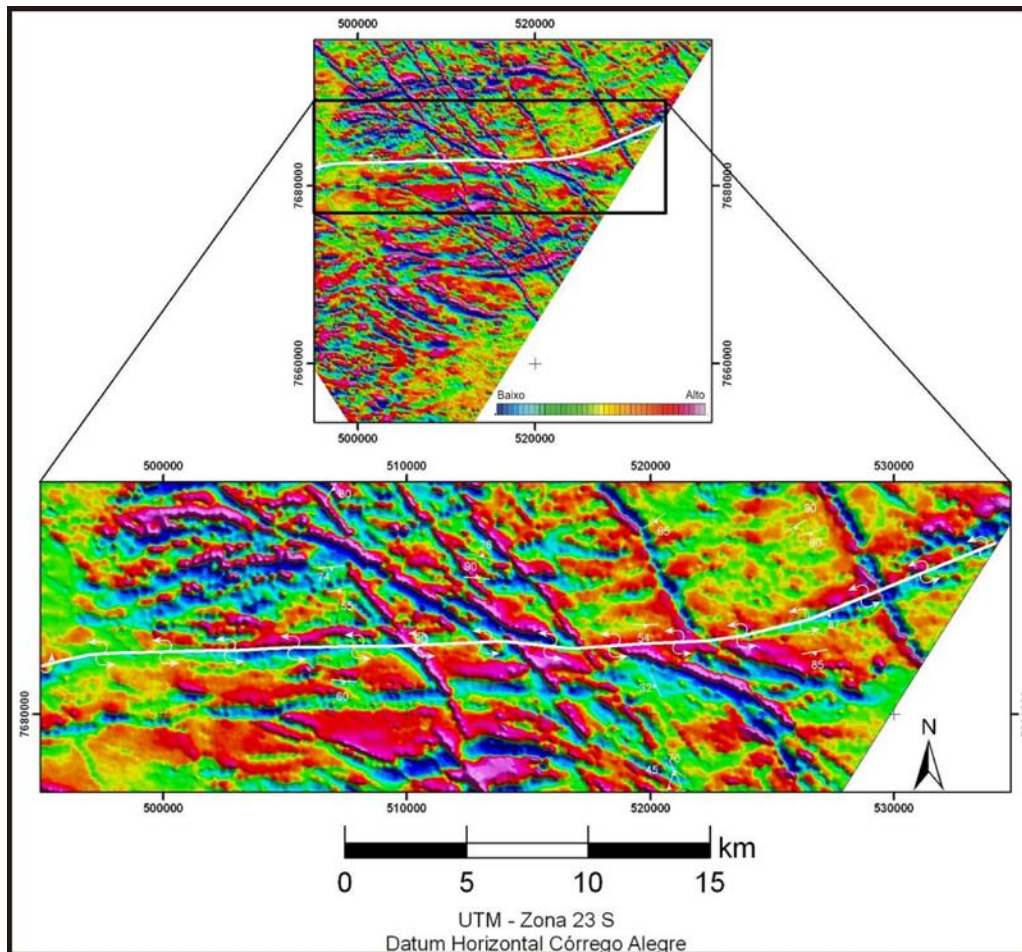


Figura 3. Zona de Cisalhamento Bom Sucesso (linha branca cortando a área) mapeada em campo (Ponto AD 120) e delineada a partir da Derivada Vertical.

Para a aplicação da técnica de classificação supervisionada foi utilizado a Composição Ternária RGB (K, U e Th), onde foram aplicadas 8 classes de identidade conhecida para classificar os pixels do restante da imagem. Em cada classe foram fornecidos entre 10 e 20 polígonos de identidade conhecida

Esta técnica foi bastante eficiente para a delimitação de alguns domínios, principalmente para os granitóides, charnockitos e enderbitos. A delimitação dos gnaisses não foi tão eficiente, pois estes são corpos bastante heterogêneos. A Figura 4 mostra a eficiente delimitação de alguns corpos utilizando-se dos produtos Contagem Total, Composição Ternária RGB e Classificação Supervisionada. A Figura 5 mostra o produto da classificação supervisionada na composição ternária RGB, com as classes de litotipos identificadas em campo.

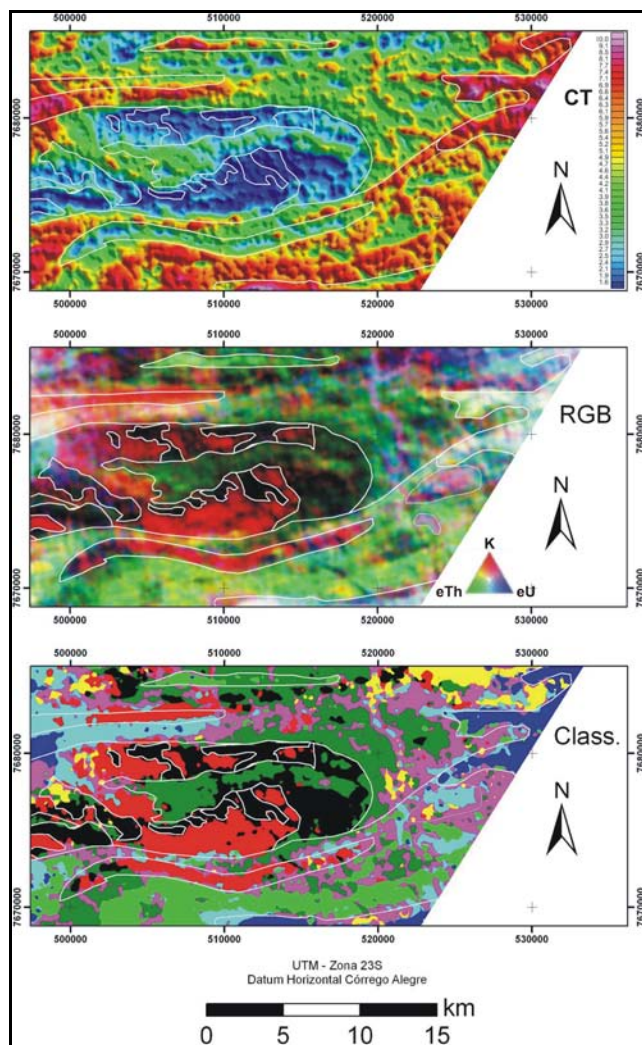


Figura 4. Delimitação de corpo elíptico de associação de charnockitos, máficas e enderbitos. *CT*-(Contagem Total), *RGB*-(Composição Ternária) e *Class.*-(Classificação Supervisionada)

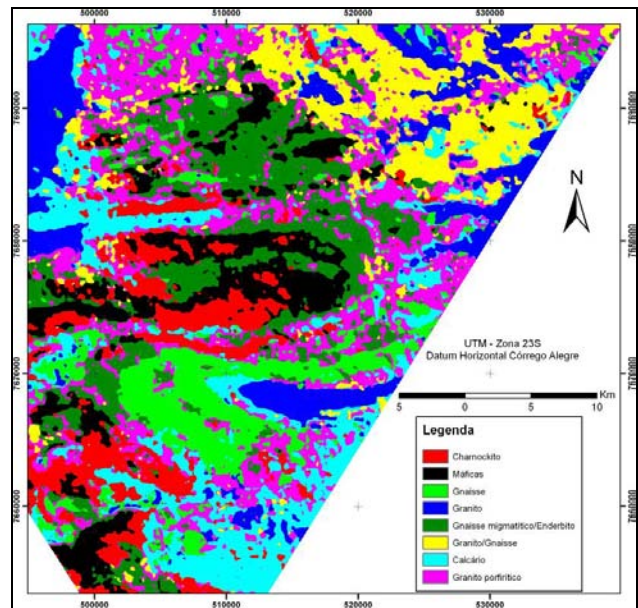


Figura 5. Classificação supervisionada realizada na Composição Ternária RGB, mostrando 8 classes.

Geologia da área

O mapa geológico foi gerado a partir da integração e interpretação dos produtos geofísicos, dos dados de campo e petrográficos. Foram individualizadas 11 unidades geológicas, que podem ser observadas no mapa geológico da área, na Figura 6. Muitas unidades foram coincidentes com a cartografia já descrita da região por Quéméneur et al (1993), porém houve um maior detalhamento na delimitação de corpos e diversidade de litotipos.

A Seqüência Barroso (Quéméneur et al,1993) foi identificada na área na Bacia de Ijaci. Está localizada na porção meridional da área e é constituída por metacalcário. Os dados geofísicos ajudaram na identificação deste litotipo, já que possui um espesso manto de intemperismo.

Os corpos intrusivos nos gnaisses TTG foram separados em cinco unidades: Granito leucocrático, Granito Carapuça, Granito Bom Sucesso, Granito porfirítico e Granito Capelinha. Ocorrem de forma bem distribuída e aleatória na área. Quéméneur et al (1993) já haviam mapeado os Granito de Bom Sucesso e o Granito Capelinha, por ele denominado de Gnaiss granítico da Capela de São Francisco.

O Granito Capelinha e o Granito leucocrático possuem assinatura geofísica de alta contagem para os elementos K, U e Th (assinatura típica de granitos). O primeiro apresenta porções gnaissificadas, com bandas milimétricas. O Granito leucocrático têm composição e texturas semelhantes, porém não apresenta deformação.

O granito Porfírico está restrito a uma pequena porção a Sudoeste da área, próximo a Serra de Bom Sucesso. Apresenta fenocristais de Feldspato potássico que podem chegar a 2 cm. Na composição ternária RGB (K, U e Th) apresenta uma assinatura de alto K e alto Th, exibindo um tom alaranjado.

O Granito Bom Sucesso e o Granito Carapuça são corpos alongados em um *trend* aproximado N70E. O Bom Sucesso possui um pequeno corpo desmembrado a sul do corpo principal. Estas duas unidades apresentam uma assinatura heterogênea, mostrando altos valores para U e K. O Granito Carapuça tem como principal característica sua granulação grossa, por vezes pegmatítica. Em muitos locais está bastante deformado e cisalhado.

O Complexo Charnockítico é composto por uma associação de charnockitos, enderbitos e rochas máficas.

Ocorre na porção central da área na forma de um corpo elíptico quilométrico. Também ocorre em grande extensão na porção SW da área. Esta associação, muito observada em campo, apresenta-se na forma de xenólitos e enclaves. Este fato reforça a hipótese, já sugerida por Quéméneur et al (1993), de que pode se tratar de um magmatismo bimodal com um processo de *mingling*.

Os charnockitos têm como característica típica a ocorrência de olhos de Feldspato potássico envelopados por faixas de quartzo recristalizado em equilíbrio. É comum a ocorrência de pertitas e mimerquitas. Os charnockitos estão sempre relacionados à assinatura vermelha (alto K) na composição ternária RGB. Isso ocorre por conta do enriquecimento desta rocha em Feldspato potássico.

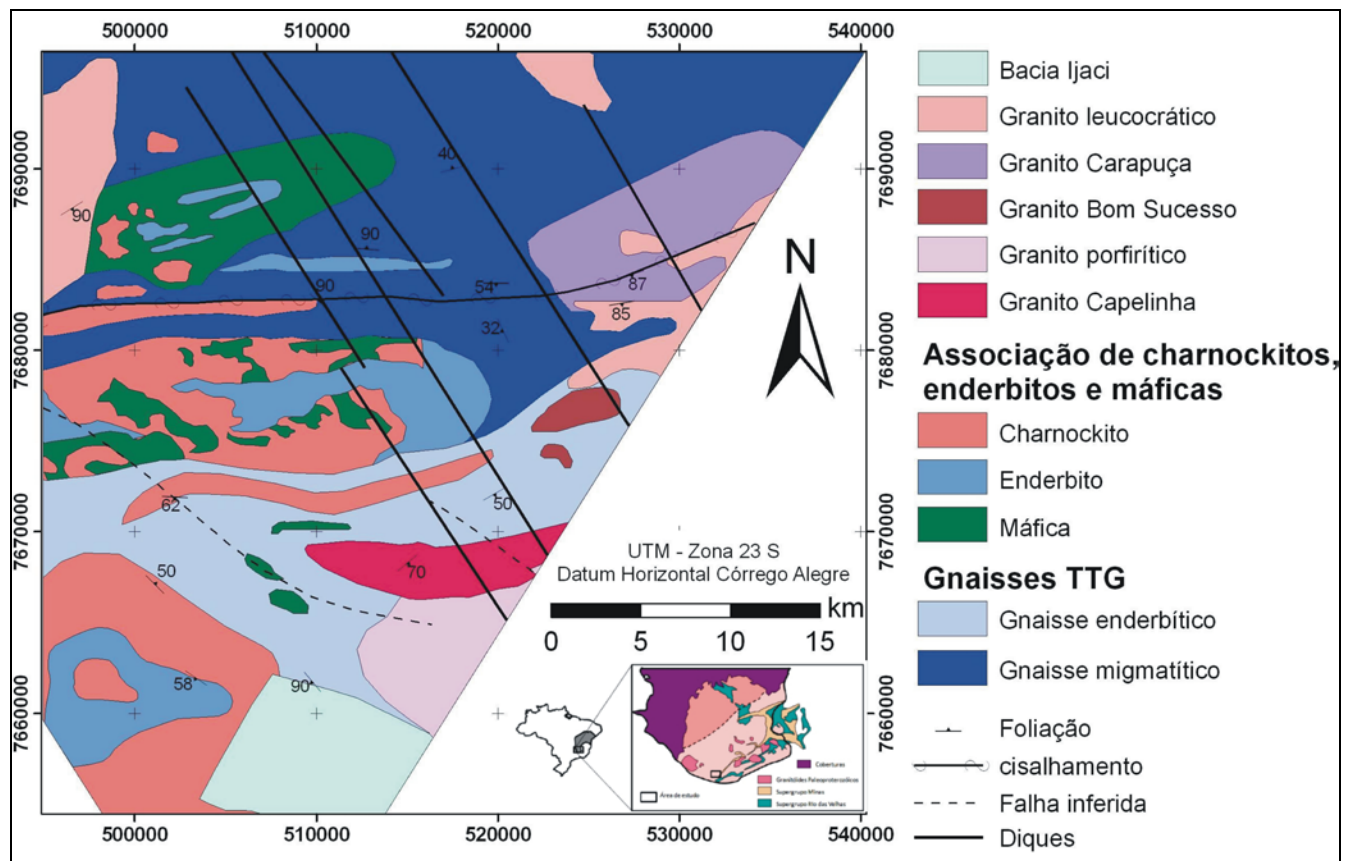


Figura 6. Mapa geológico da área confeccionado em escala 1:50.000 e apresentado em escala reduzida.

Os enderbitos associados a este complexo pode possuir textura ígnea preservada, localmente apresentando bandamento. As máficas deste domínio são de composição gabronoríticas, possuindo textura ígnea preservada. A diferenciação entre máficas e enderbitos em mapa às vezes não é tão simples, já que a assinatura geofísica das duas unidades podem se aproximar em algumas regiões. Em geral, a assinatura dos enderbitos é amarelada (RGB – alto Th e Alto K), porém em regiões de platôs, estes radioelementos tendem a se mobilizar,

mascarando a assinatura para tons mais escuros (verde escuro). Em geral, a assinatura de rochas máficas é escura na Composição Ternária RGB (Baixo em todos os radioelementos), confundindo-se com enderbitos em algumas regiões.

Por último temos o enxame de diques máficos de trend NW-SE. Estes são de composição norítica e foram delimitados a partir dos dados magnetométricos, principalmente do produto ASA. A magnetometria

também possibilitou a inferência de duas falhas na porção central da área. A Zona de Cisalhamento Bom Sucesso foi identificada em campo com sinemática sinistral e foi delineada a partir da Derivada Vertical (Dz).

Conclusão

O produto final deste projeto foi a confecção de um mapa geológico com um maior nível de detalhe do que o anteriormente cartografado na região. Isso reforça o fato de que a utilização de dados aerogeofísicos integrados ao mapeamento é extremamente eficiente em terrenos intemperizados e com espessa cobertura de solos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao programa de Iniciação Científica da UnB/CNPq pela oportunidade de participar do projeto de pesquisa. À FAPESP processo: 2006/51931-0 pelas diárias de campo e confecção das lâminas delgadas e ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília pela disponibilidade dos laboratórios. Os autores agradecem a ajuda dos geólogos Felipe Soares e Saulo Carreiro.

Referências

Campbell, J. B. **Introduction to remote sensing**. New York: The Guilford Press, 1996. 622 p.

Lasa Engenharia e Prospecções S.A., 2001. **Relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos**. Levantamento Aerogeofísico de Minas Gerais, Área 2. Projeto Pitangui – São João Del Rey – Ipatinga. Volume I, Texto técnico.

Quéméneur, J. J. G. ; Ribeiro, A. ; Trouw, R. A. J. ; Paciullo, F. V. P. ; Heilbron, M. **Geologia da folha Lavras**. In: Antônio Carlos Pedrosa-Soares; Carlos Mauricio Noce; Rudolph Allard Johannes Trouw; Mônica Heilbron. (Org.). Geologia e Recursos Minerais do Sudeste Mineiro. Belo Horizonte: Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, 2003, v. 2, p. 259-320.

Teixeira, W.; Sabaté, P. ; Barbosa, J.; Noce, C. M. ; Carneiro, M. A.; 2000. Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco craton, Brasil. **In: Tectonic Evolution of South America. 31 th International Geological Congress**, Rio de Janeiro. p. 101-137.