



Caracterização das relações de contato dos corpos graníticos São Tiago e Ritapólis através da integração de dados geológico e aerogeofísicos, Porção Meridional do Cráton São Francisco.

Pedro Paulo Pires de Deus Rocha¹, Adalene Moreira Silva¹, Catarina Labouré Bemfica Toledo¹

1 – Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA) – Instituto de Geociências – Universidade de Brasília (UnB)

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.

Abstract

Archean terrains record much of the evolutionary history of Earth in intricate involving tectonic processes related to the formation of stable cratonic areas. Studies on these sites help the understanding of such tectonic processes which are also related to the genesis of mineral deposits. The São Tiago region, Minas Gerais, Brazil is inserted in this context. It is characterized by limited outcrops, deep weathering and thick regolith cover as well as lack of systematic geological mapping. This area is covered by high-density aeromagnetic and aerogamaespectrometric data. The geophysical images provide an overview of the geological units. In this paper, these geophysical data were effectively used to highlight the relationships between the principal main lithologies, as well as their internal structural framework and boundaries. Using techniques like Isodata unsupervised classification was generated a lithogeophysical map that enabled the detection of variations that were difficult to interpret from ternary images of the K, U and Th grids. Contact relations between the geological bodies were also mapped.

Introdução

Os terrenos arqueanos registram grande parte da história evolutiva da Terra, envolvendo processos tectônicos complexos associados a formação de áreas cratônicas estáveis. Os estudos acerca desses terrenos ajudam no entendimento dos processos tectônicos atuantes no Arqueano, além da gênese dos depósitos minerais a eles associados. Na tentativa de desenvolver e consolidar critérios de investigação para estudos de terrenos pré-cambrianos complexo foram integrandos dados geológicos, isotópicos e aerogeofísicos.

O principal objetivo deste artigo foi a geração de um mapa litogeofísico na escala de 1:50.000 a partir de dados aerogeofísicos e dados de campo, no intuito de caracterizar a natureza das assinaturas e as relações entre os corpos graníticos São Tiago e Ritapólis.

Contexto Geológico

O Cráton São Francisco, localizado na porção centro-leste do continente sul-americano, compreende os terrenos arqueanos e paleoproterozóicos, que foram soldados e amalgamados durante eventos Paleo e Neoproterozóico (Pereira, 2007).

O Cinturão Mineiro está inserido no contexto geotectônico da borda sul do Cráton São Francisco como produto de uma colisão com o núcleo arqueano na fase compressional do ciclo transamazônico (Teixeira, 2000). Possui como litologias adjacentes complexos metamórficos gnáissicos parcialmente migmatizados, granitóides, e greenstone Belts, cuja ocorrência compõem o substrato cristalino da região referente. Intrudindo estas unidades, uma série de corpos plutônicos marcam sua evolução, por volta de 2.0 a 2.6 Ga (Ávila, 2000). Coberturas meta-sedimentares como o Supergrupo Minas e Grupo Bambuí, encobrem tais unidades e por fim enxames diques máficos a ultramáficos cortam todas as seqüências pretéritas da região (Figura 1). Os corpos paleoproterozóicos, em destaque neste trabalho, intrudiram nas rochas do embasamento cristalino e sinalizam o contato do orógeno "Cinturão Mineiro à margem continental. O seu estudo já vem sendo feito, há pelo menos quatro décadas, tendo grande avanço na última (Ávila, 2000, Noce *et al.*, 2000, Toledo 2002) Esses plútons variam de natureza máfica a ultramáfica e félsica a intermediária, e protagonizam uma polêmica história evolutiva.

Na região de São Tiago, porção sul do Cráton São Francisco, no limite entre o Cinturão Mineiro (CM) e um conjunto de rochas arqueanas deformadas (RAD) no paleoproterozóico, observa-se um corpo granítico, deformado que não foi ainda completamente individualizado nos mapeamentos tradicionais. Este corpo possui relevância na área estudada, pois um dos principais limites tectônicos (CM-RAD) se molda na borda deste corpo, que foi datado em 2.0 Ga. Este corpo encontra-se em contato com outro corpo conhecido como Granito Ritapólis. Na literatura ambos são considerados como cronocorrelatos (Passarella, 2006).

A área de estudo abrange a parte norte da folha de São João de Rei e parte nordeste da folha Lavras (Figura 1). A deformação principal, atribuída a Orogênese Transamazônica, foi heterogênea de modo que restaram domínios com feições originais ígneas e sedimentares preservadas entre zonas de cisalhamento. Nas seqüências proterozóicas da parte norte da folha, feições originais estão suficientemente bem preservadas possibilitando o reconhecimento de associações de fácies, paleoambientes, discordâncias e seqüências deposicionais. Em termos estruturais, a parte norte da

folha integra o Cráton do São Francisco. As seqüências proterozóicas ocorrem num domínio tectônico autóctone marginal ao cráton, relacionado a Orogênese Brasileira. A intensidade da deformação e metamorfismo brasileiro aumentam para o sul. Diques de metabasitos cortam o embasamento e as quatro seqüências proterozóicas (Ribeiro, 2002).

“Na folha São João del Rei aflora a porção sul do granitóide Ritapólis, de proporções batolíticas composto por rochas tonalíticas, granodioríticas, monzograníticas e sienograníticas, além de pegmatitos e aplitos temporalmente associados. O granitóide Ritapólis corta gnaisses e rochas máficas, ultramáficas e sedimentares da faixa greenstone. Predominam rochas hololeucocráticas, brancas ou acinzentadas, finas até grossas, de granulometria média e textura inequigranular xenomórfica. Estas rochas possuem plagioclásio, quartzo, feldspato potássico e menor proporção de biotita. Os acessórios comuns são titanita, muscovita, zircão, allanita, granada e minerais opacos, entre eles magnetita, ilmenita e pirita, mais sericita, clorita e carbonatos” (Ávila *et al.*, 2000).

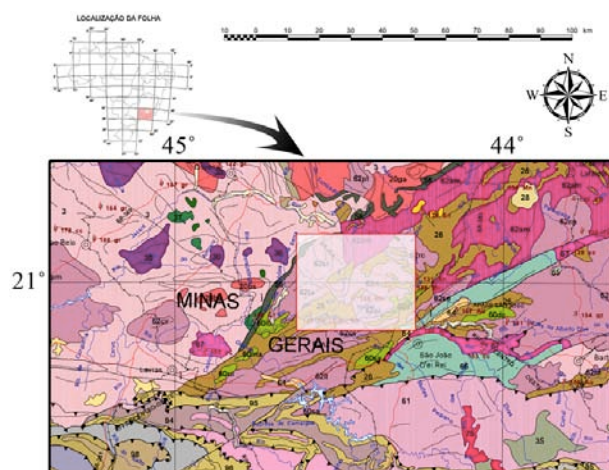


Figura 1 – Mapa geológico, retirado da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo SF23 Rio de Janeiro (Leite *et al.*, 2004), com a localização da área estudada no contexto regional.

Dados Aeroeofísicos e Geológicos

Os dados aeroeofísicos utilizados no trabalho fazem parte do Projeto Pitangui – São João Del Rey – Ipatinga e do programa de Levantamento Aeroeofísico do Governo de Minas Gerais, recobrando toda a área do Quadrilátero Ferrífero e adjacências. Foi feito um levantamento aeroeofísico de perfis gamaespectrométricos e magnetométricos de alta resolução, com altura de vôo fixada em 100m sobre o terreno e linhas de vôo e controle espaçadas de 0,250 km e 2,5 km, respectivamente. A área coberta é de 36.385km² com direção das linhas de produção de N30W e N30E. No processamento de dados, feito pela empresa Lasa, foi empregado o software OASIS MONTAJ 5.8.1 do sistema GEOSOFT e reprocessados para este projeto na versão 7.1. Os dados foram cortados na região de interesse, sendo a interpretação das imagens efetuada em ambiente Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Os dados geológicos de campo integrados foram coletados em etapas anteriores. Tais dados consistem em anotações feitas em cadernetas de campo, amostras coletadas e lâminas delgadas das mesmas. Foi feita análise petrográfica e estudos de datação geocronológica (métodos Sm-Nd e U-Pb). A coleta das amostras procurou abranger os diversos litotipos encontrados na área de interesse. A descrição, análise e interpretação das lâminas delgadas, associadas às observações realizadas no trabalho de campo auxiliaram na interpretação dos produtos aeroeofísicos. As análises geocronológicas não foram concluídas até o termino do presente trabalho, e serão posteriormente incorporadas aos resultados aqui apresentados.

Materiais e Métodos

Após a interpolação dos dados, a partir da qual foi obtida a malha do campo magnético anômalo, foram gerados os produtos derivados deste, tais como: primeira derivada vertical do campo magnético anômalo (D_z) e derivadas horizontais em X e Y de primeira ordem (D_x e D_y , respectivamente), amplitude do sinal analítico (ASA), inclinação do sinal analítico (ISA) e amplitude do gradiente horizontal total (AGHT). Imagens sombreadas, relativas a cada produto, foram geradas automaticamente. Paralelamente foram efetuadas integrações entre os dados magnetométricos com o intuito de aprimorar as informações. Os melhores produtos foram derivados da fusão entre a amplitude do sinal analítico e primeira derivada vertical, amplitude e inclinação do sinal analítico e amplitude do sinal analítico e Modelo Digital de Terreno (MDT).

Para a obtenção das malhas dos canais de potássio (K), concentração em percentual, de tório (Th) e urânio (U), ambos com concentração em ppm, e do Canal de Contagem Total (CT), os dados originais foram interpolados, enquanto que para gerar as composições ternárias RGB (vermelho, verde, azul) e CMY (ciano, magenta, amarelo), foram feitas composições entre as malhas dos três primeiros canais supracitados.

A análise dos dados gamaespectrométricos foi feita a partir de uma imagem ternária falsa cor RGB (vermelho, verde e azul, figura 2) originada pelas imagens do canal de K, Th e U. Com base na concentração de cada um destes elementos na imagem, definiu-se domínios gamaespectrométricos. Para facilitar esta individualização, foi criado um mapa litogeofísico (figura x) a partir da imagem RGB utilizando o classificador não supervisionado ISODATA (*Interactive Self-Organizing Data Analysis Technique*) feito no software ENVI 4.3. Na classificação Isodata, o algoritmo baseia-se na análise de agrupamentos onde são identificadas no espaço de atributos as nuvens (clusters) formadas por “pixels” com características similares (Venturieri, 1998).

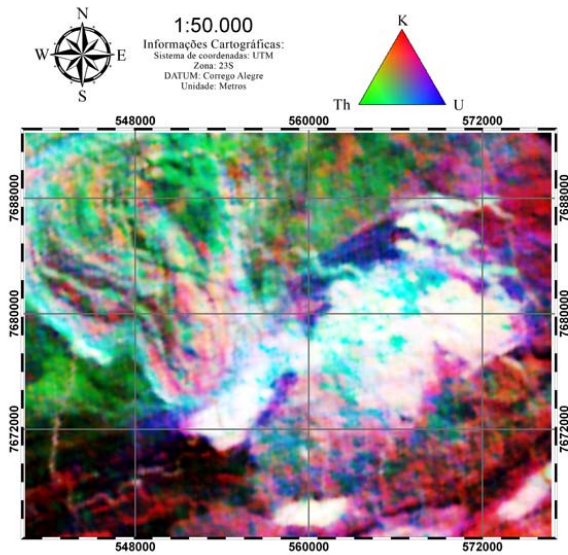


Figura 2 – Composição ternária falsa cor RGB gerada a partir das imagens do canal do K, Th e U.

A partir do Campo Magnético Anômalo foi calculado a Amplitude do Sinal Analítico e a Primeira Derivada Vertical. Estes dados foram analisados e interpretados, visando a extração de Lineamentos Magnéticos.

Análise e Interpretação de Dados

A partir dos dados da imagem ternária falsa cor RGB (Figura 2) foi gerado por classificação não supervisionada um mapa litogeofísico (figura 3a) com finalidade de estabelecer correlações geofísico-geológicas. A análise dos dados magnetométricos resultaram em um mapa de Lineamentos Magnéticos (Figura 3b).

Os lineamentos foram extraídos da primeira derivada vertical do campo magnético anômalo e da Amplitude do Sinal Analítico. O contraste composicional de radioelementos e lineamentos Magnéticos garantiram a aplicabilidade com sucesso da gamaespectrometria no mapeamento das unidades granitóide São Tiago e Ritapólis. As demais unidades foram parcialmente distinguidas pela mesma ferramenta.

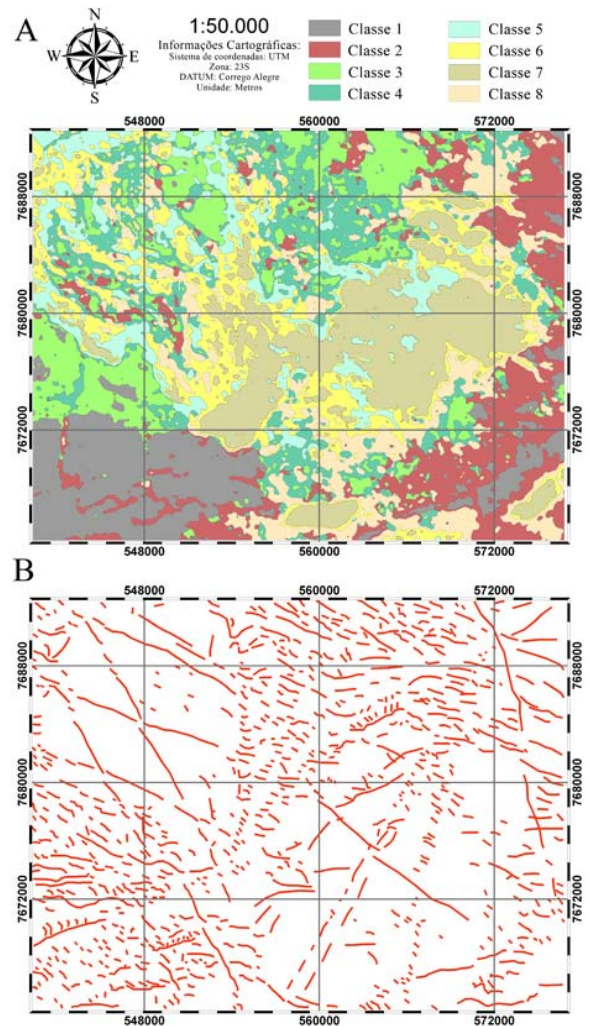


Figura 3 – a) Mapa litogeofísico gerado a partir da classificação não supervisionada isodata a partir de 8 classes que estão discriminadas na tabela 1, b) Mapa de Lineamentos Magnéticos feito a partir da imagem da Amplitude do Sinal Analítico e da Primeira Derivada Vertical.

Tabela 1 - Classificação da concentração de radioelementos do mapa litogeofísico feito a partir do classificador não supervisionado ISODATA (Figura 3a) .

Classe	K	Th	U
1	Baixo	Baixo	Baixo
2	Alto	Baixo	Baixo
3	Baixo	Alto	Baixo
4	Médio	Médio	Alto
5	Baixo	Alto	Alto
6	Alto	Médio	Médio
7	Alto	Alto	Alto
8	Alto	Baixo	Alto

A integração dos dados gamaespectrométricos e de classificação não supervisionada permitiram a individualização de 10 domínios distintos, sendo eles representados pelos corpos: Granitóide São Tiago, Granitóide Ritapólis, Granitóide Alto Maranhão, Granitóide Tabuões, Unidades Vulcano-clásticas, Corpo Tonalítico, Granitóide Fé, Faixa Vulcano-sedimentar Rio das Mortes, Corpo Granítico e Granito Resende Costa (Figura 4).

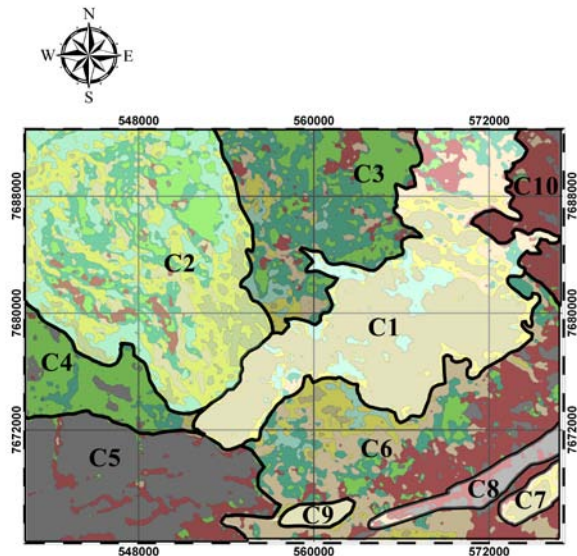


Figura 4 – Domínios individualizados a partir da integração de dados, sendo: C1 – Granitóide Ritapólis, C2 – Granitóide São Tiago, C3 – Granitóide Alto Maranhão, C4 – Granitóide Tabuões, C5 – Unidades Vulcanoclásticas, C6 – Corpo Tonalítico, C7 – Granitóide Fé, C8 – Faixa Vulcano-sedimentar Rio das Mortes e C9 – Corpo Granítico, C10 – Granitóide Resende Costa.

O Granito Ritapólis (C1) é caracterizado por altos valores nos três radioelementos, confirmando seu caráter granítico. Este corpo sofre o processo de laterização, identificado por pequenas manchas na cor ciano. Essa mesma assinatura é observada no corpo granítico (C9) e no granitóide Fé (C7), porém ambos aparecem em regiões distintas do granitóide Ritapólis. Já o granitóide São Tiago (C2) é caracterizado na imagem por apresentar variação na composição, possivelmente devido ao metamorfismo que o corpo sofreu, confirmando dados do campo que mostram ser um granito gnáissico. Os granitóides Tabuões (C4) e Alto Maranhão (C3) possuem assinatura semelhante, diferenciando na concentração de tório, onde este é mais concentrado no primeiro. Provavelmente este enriquecimento é devido ao intemperismo, já que o tório é um elemento pouco móvel nesse ambiente.

Tanto as Unidades Vulcano-clásticas (C5) como a Faixa Vulcano-sedimentar Rio das Mortes (C8) possuem baixos valores nos três radioelementos, se tratando de uma rocha máfica, confirmado pela presença de metagabros identificados em campo anteriormente.

O granitóide Resende Costa (C10) e o Corpo Tonalítico (C6) são caracterizados pelo alto teor de potássio, apesar desses corpos terem composição tonalítica, baseado em observações de campo e em lâmina, a assinatura na imagem RGB indica altos valores de potássio devido ao processo de sericitização. No corpo toleítico, esse processo diminui gradativamente para leste, passando a ter cor mais próxima do magenta na composição ternária falsa RGB.

A imagem da primeira Derivada Vertical do campo magnético anômalo (Figura 5) evidência a assinatura do corpo granítico São Tiago, pouco estruturado e cortado por diques direção NW-SE, apresentando forte estruturação no contato com outras litologias. Na parte centro-sudeste desta imagem ocorre outro domínio com assinatura semelhante, porém ao se comparar com a imagem RGB (Figura 2) ou com a individualização de domínios gamaespectrométricos (Figura 4) é observado que este domínio estrutural não é restrito a apenas um corpo. Sendo correlacionado com o Granito Ritapólis e ao Corpo Toleítico. Ainda é possível distinguir outras 2 assinaturas, uma que caracteriza o Granitóide Tabuões e Alto Maranhão e outra que identifica as Unidades Vulcano-clásticas e Vulcano-Sedimentares. A primeira é marcada pela densa estruturação, com direção preferencial E-W, principalmente no contanto com os corpos graníticos Ritapólis e São Tiago. O segundo, com densidade de estrutura menor que o primeiro, possui direção preferencial E-W.

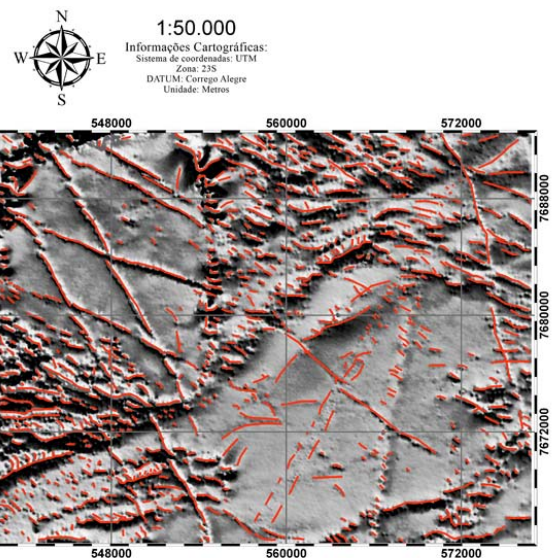


Figura 5 - Imagem da primeira Derivada Vertical do Campo Magnético Anômalo sobreposta aos lineamentos magnéticos .

Conclusões

Os mapas encontrados na bibliografia mostram uma divisão de litofácies menos compartimentada da aqui apresentada. Este trabalho contribui com maior detalhamento dos contatos entre os corpos na região devido, principalmente, ao auxílio da geofísica de alta resolução, tecnologia não disponível anteriormente. Desta forma, foi possível observar relações de idade

entre os granitos e os diques. Pela assinatura do granitóide São Tiago na imagem ternária falsa cor RGB (Figura 2), mostrando deformação causada no contato com o granitóide Ritapólis, é possível concluir que este é mais jovem que o primeiro. Novos estudos geocronológicos devem ser feitos para confirmar esta afirmação. Com o mesmo raciocínio é possível deduzir que esses dois corpos são mais jovens que o restante e que os diques são ainda mais jovens, por estarem cortando o embasamento, condizendo com a literatura (Campos, 2003).

Com o mapa de lineamentos Magnéticos foi possível identificar estruturas mais profundas, onde os diques se tornam ainda mais evidentes, mostrando direção NW-SE, confirmando afirmações anteriores (Silva *et al*, 1995; Oliveira & Carneiro, 2001).

Assim, o evento transamazônico, causou o soerguimento do embasamento, expondo os corpos graníticos e posteriormente o enxame de diques cortou o embasamento como Silva (2002) já havia observado. No que diz respeito a denominação dos corpos individualizados na área em comparação a bibliografia (Leite, 2004) as unidades foram semelhantes, porém com contatos diferentes. Foi delimitado um corpo (C9) que ainda não havia sido citado na literatura, com as mesmas assinaturas do granitóide Ritapólis, podendo até mesmo ser um pedaço originado do mesmo evento intrusivo do Ritapólis.

Apesar da geofísica ser uma ferramenta fundamental para o mapeamento geológico atual, podendo auxiliar em locais com escassez de rochas expostas, estruturas e contatos litológicos em superfícies, o trabalho de campo ainda é indispensável para diminuir as ambigüidades da interpretação dos dados geofísicos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília pelo apoio e infra-estrutura oferecidos. Também são prestados agradecimentos ao auxílio dado pelo geólogo Átilas Meneses da Silva e geógrafa Kate Tomé de Sousa.

Referências

Ávila, C.A. 2000.* Geologia, Petrografia e Geocronologia de Corpos Plutônicos Paleoproterozóicos da borda meridional do Cráton do São Francisco, Região de São João Del Rei, Minas Gerais. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 401 p.

Campos, J. C. S. ; Carneiro, M. A. ; Basei, A. S. U-Pb evidence for Late Neoproterozoic crustal reworking in the southern São Francisco Craton (Minas Gerais, Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Brasil, v. 75, n. 04, p. 497-511, 2003.

Endo I. 1997. Regimes tectônicos do Arqueano e Proterozóico no interior da Placa Sanfranciscana: Quadrilátero Ferrífero e suas adjacências, Minas Gerais.

Unpublished PhD Thesis, IG/USP, University of São Paulo, 243p.

Leite, C. A. S., Perrotta, M.M., Silva, L. C., Silva, M.A., Heineck, C.A., Salvador, E. D., Vieira, V.S., Lopes, R.C., Silva, M.G.M., Drumond, J. B. V., Malouf, R.F., Lacerda Filho, J. V., Valente, C. R., Gomes, S.D., Sachs, L.L.B., Oliveira, I.W.B., Ramgrab, G.E., Netto, C., Junqueira, P.A., Paes, V.J.C., 2004. Folha SF.23 – Rio de Janeiro. In: Schobbenhaus, C., Gonçalves, J.H., Santos, J.O.S., Abram, M.B., Leão Neto, R., Matos, G.M.M., Vidotti, R.M., Ramos, M.A.B., Jesus, J.D.A., de. (eds.). Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Brasília. CD-ROM.

Noce M.N., Teixeira W., Quémenéur J.J.G., Martins V.T.S., Bolzachini E. 2000.* Isotopic signatures of Paleoproterozoic granitoids from the southern São Francisco Cráton and implications for the evolution of the Transamazonian Orogeny. *Journal of South American Earth Sciences*, 13:225-239.

Oliveira AH & Carneiro MA. 2001. Campo Belo Metamorphic Complex: Evolution of an Archean sialic crust of the southern São Francisco Craton in Minas Gerais (Brazil). *An Acad Bras Cienc* 73: 397-415.

Passarella, C. A. ; Silva, A. M. ; Toledo, C. L. B. ; Uchoa, J. C. F. . Mapeamento geológico do realce do corpo granítico da região de São Tiago, porção sul do Cráton do São Francisco através de dados aerogeofísicos de alta resolução. In: XLIII Congresso Brasileiro de Geologia, 2006, Aracaju. *Anais do XLIII Congresso Brasileiro de Geologia*, 2006.

Pereira, S. R., 2007. Cráton do São Francisco, Kimberlitos e Diamantes. Ph.D. Thesis. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasil.

Quémenéur, J. J.; G. Ribeiro, A.; Trouw, R. A. J.; F. V P. Paciuлло.; M. Heilbron. 2002*. Geologia da Folha de Lavras. Projeto Sul Minas – Serviço Geológico de Minas Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais e Universidade Estadual e Federal do Rio de Janeiro.

Ribeiro, A.; Ávila, C.A.; Valença, J. G. ; F. V P. Paciuлло.; Trouw, R. A. J. 2002*. Geologia da Folha São João Del Rei. Projeto Sul Minas – Serviço Geológico de Minas Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais e Universidade Estadual e Federal do Rio de Janeiro.

Silva A. M.; Chemale JR F & Kuyumjian R. M. 1995. O Ambiente tectônico dos diques máficos do Quadrilátero Ferrífero e Espinhaço Meridional e suas implicações para a evolução do Cráton São Francisco. In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 5, Gramado. SBG-CPGQUFRGS, 1996. *Boletim de Resumos Expandidos...*, p. 209-210.

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.

Toledo, C.L.B. 2002 Evolução Geológica das Rochas Máficas e Ultramáficas no Greenstone Belt Barbacena, Região de Nazareno, MG. Ph. D. Thesis, Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 308p.

Venturieri, A.; Santos, J. R., 1998. Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal. In: Assad, E. D.; Sano, E. E. Sistema de Informações Geográficas, Aplicações na Agricultura. Brasília, EMBRAPASPI/EMBRAPA-CPAC, Parte III, Capítulo 18, 434 p.