

Barbacena (Teixeira *et al.*, 2000). As seqüências supracrustais são representadas pelo Supergrupo Minas (Paleoproterozóico) e pelo Grupo Bambuí (Neoproterozóico).

O Complexo Metamórfico Campo Belo corresponde à crosta sílica que aflora a oeste do Quadrilátero Ferrífero e do Complexo Metamórfico Bonfim, englobando nesta definição os antigos complexos Divinópolis e Barbacena (Teixeira *et al.*, 1996; Fernandes, 2001). É constituído por rochas gnáissicas, anfíbolíticas e metaltramáficas, intrudidas por gabronoritos, granitóides e gabros. Localmente, são encontrados relíctos supracrustais (Teixeira *et al.*, 2000), que podem corresponder às seqüências supracrustais arqueanas e/ou proterozóicas do Quadrilátero Ferrífero.

As rochas gnáissicas têm predominância no Complexo, e variam de tonalito a granito (Fernandes & Carneiro, 2000). Os terrenos gnáissicos são divididos em função de sua composição e coloração. Já foram discriminados, entre outros, os gnaisses Candeias, Itapecerica e Cláudio. Os gnaisses da unidade Cláudio são cinza, com composição predominantemente granodiorítica. A unidade Itapecerica é rosada, com composição granítica, e a unidade Candeias é verde com a composição variando de granítica a granodiorítica (Oliveira & Carneiro, 2001). Ocorrências de anfíbolitos são comuns, e encontradas na forma de diques deformados, boudins e enclaves encaixados nos gnaisses, paralelos ao bandamento (Fernandes & Carneiro, 2000). Rochas metaltramáficas acamadadas (seqüência acamadada Ribeirão dos Motas) são amplamente distribuídas, e há ocorrência, de forma esparsa, de uma unidade quartzítica, composta por um granada-sillimanita-quartzito. Todo o conjunto encontra-se cortado por diques máficos gabronoríticos. Uma unidade granítica ocorre na forma de diques de variadas dimensões, ou como grandes corpos intrusivos. Diques de composição gabróica cortam os diques gabronoríticos, porém sem apresentar relação de intrusão com os granitóides (Fernandes & Carneiro, 2000). Gabronoritos e gabros possuem *trend* NW/SE, que acompanha a direção das anomalias magnéticas, as espessuras que variam de métricas a decamétricas, e o comprimento pode chegar a quilômetros. A zona de cisalhamento de Cláudio, bastante recortada pelos diques máficos estudados, possui direção NE-SW e se formou, possivelmente, durante a colagem do Cinturão Mineiro ao pós-país do orógeno transamazônico (Fernandes, 2001).

Com relação ao metamorfismo, a maioria das rochas do Complexo Campo Belo foi gerada ou submetida a condições metamórficas de fácies granulito, com exceção das rochas gabronoríticas, gabróicas e graníticas, que apresentam suas texturas ígneas originais preservadas e desenvolveram apenas paragêneses metamórficas de fácies xisto verde (Fernandes & Carneiro, 2000).

Materiais e Métodos

Neste trabalho são utilizados dados aerogeofísicos (magnetometria e gamaespectrometria) visando auxiliar o mapeamento do enxame de diques localizado na região de Itapecerica. 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, recobrando toda a área do Quadrilátero Ferrífero e adjacências. O levantamento aerogeofísico foi efetuado pela empresa Lasa, a cargo da SEME (Secretaria de Estado de Minas e Energia do Estado de Minas Gerais), e seus resultados foram disponibilizados em um Relatório Final (Lasa, 2001). Os métodos empregados neste levantamento foram, além do magnetométrico, o gamaespectrométrico, com sobrevôo a 100 m de altitude segundo linhas espaçadas de 250 m, e linhas de controle a cada 2.500 m. A área coberta é de 36.385 km², equivalentes a 160.271 km lineares de vôo, com direções de linha de vôo de N30W e N30E e linhas de controle perpendiculares a estas.

Os produtos gerados a partir do campo magnético anômalo foram utilizados para interpretação na área em apreço. As etapas encontram-se ilustradas na figura 02. A partir do mapa do campo magnético anômalo foram gerados o de amplitude do sinal analítico (ASA), e três derivadas, uma vertical e duas horizontais (Dz, Dx e Dy), bem como o gradiente horizontal total (GHT).

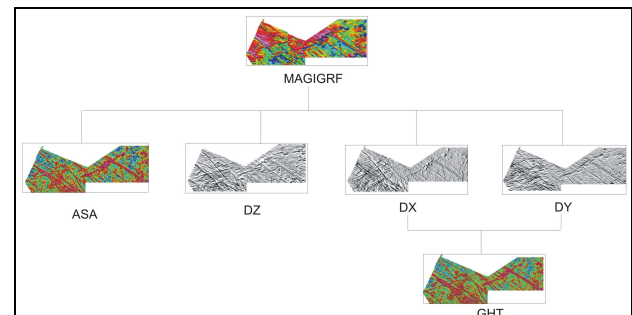


Figura 02 – Etapas do processamento dos dados aeromagnéticos. CMA – Campo Magnético Anômalo (unidade em nT= nanoTesla); ASA – Amplitude do Sinal Analítico (unidade em nT/m); DZ – Primeira Derivada Vertical em Z (unidade em nT/m); DX – Primeira Derivada Horizontal em X (unidade em nT/m); DY – Primeira Derivada Horizontal em Y (unidade em nT/m); GHT – Gradiente Horizontal Total (unidade em nT/m).

A interpretação qualitativa das imagens foi efetuada em ambiente Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando-se a extensão *habitat digitizer* (ESRI). Esta extensão permite classificar hierarquicamente polígonos delineados pela interpretação visual. Estas classificações podem ser criadas e modificadas facilmente, e representa grande vantagem no trabalho de mapeamento geológico. Para a interpretação dos dados magnetométricos utilizou-se, principalmente, a amplitude do sinal analítico (Figura 03) e a primeira derivada vertical do campo magnético anômalo (Figura 04). No primeiro caso, objetivou-se mapear o enxame de diques máficos que corta a região, enquanto com o segundo produto buscou-se delinear feições estruturais, não necessariamente relacionadas à intrusão de diques, bem como contatos, descontinuidades ou lineamentos difíceis de serem realçados em mapas de campo magnético anômalo ou outros produtos como sensores remotos.

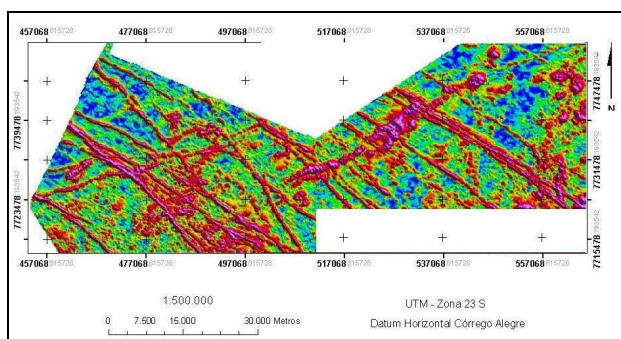


Figura 03 - Imagem da Amplitude do Sinal Analítico (ASA), onde se destacam os enxames de diques da região em estudo. Imagem em pseudocor, os baixos valores em azul e os altos valores em magenta.

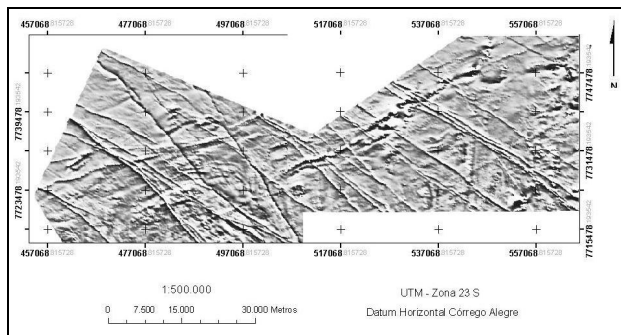


Figura 04 - Imagem da primeira derivada vertical (DZ), utilizada no mapeamento de feições lineares na região entre Cláudio e Itapecerica, MG.

Os dados gamaespectrométricos, depois de processados, apresentaram baixa resposta em relação ao enxame de diques, apresentando melhores resultados na área próxima a Cláudio, onde a correlação entre os diques e a topografia foi mais realçada, em virtude do relevo ser mais acentuado que na área de Itapecerica. Foi então gerada uma imagem em 2,5D da área de Cláudio, através do programa ENVI 4.0, utilizando-se da composição ternária RGB e um modelo digital de terreno (MDT) no canal de intensidade.

Resultados e Conclusões

A interpretação das imagens magnetométricas foi efetuada em ambiente SIG (*ArcView* 3.2). O principal produto é um mapa com uma classificação hierárquica baseada na orientação predominante do enxame de diques que corta a região: NW-SE ou NE-SW. Todas as ocorrências registradas possuem alto gradiente e alta susceptibilidade magnética. Também foram registrados corpos com altos gradientes e orientação predominante NE-SW, cortados tanto pelos diques NW-SE quanto pelos de orientação NE-SW, o que permite presumir que sejam mais antigos. A mesma correlação não foi possível para os diques entre si, pois existem relações mútuas de corte entre eles, o que indicaria que estão relacionados a um mesmo evento de magmatismo fissural.

O resultado obtido encontra correlação com dados sobre a geologia do Complexo Campo Belo. A literatura registra na região de Itapecerica e Cláudio duas unidades máficas fissurais (Oliveira & Carneiro, 2001), representadas por diques com orientação NW-SE, compostos por gabronoritos e gabros que preservam sua textura ígnea e apresentam re-equilíbrio metamórfico

para fácies xisto verde. Os autores indicam como possíveis idades para as intrusões 2,658 Ga e 1,875 Ga, respectivamente (Pinese, 1997). Já Fernandes & Carneiro (2000), em estudo realizado na região de Campo Belo, ao sul de Itapecerica, relatam dois enxames de diques máficos na área. O primeiro, com orientação N65-70W, é composto por gabronoritos, enquanto o segundo, com orientação preferencial N50-55W e cortando os gabronoritos, é composto por gabros. Os autores também os correlacionam com aqueles datados por Pinese (1997). Relatam ainda a presença de corpos intrusivos, com orientação NE-SW, encaixados nos gnaisses e constituídos por rochas metaltramáficas acamadadas, que definem como constituintes da Sequência Acamadada Ribeirão dos Motas (Carneiro et al., 1996).

O principal critério adotado para a classificação dos diques, neste trabalho, foi a sua orientação preferencial, devido à impossibilidade de se determinar sua composição pela magnetometria. Dentre os enxames de diques relatados no Complexo Campo Belo, o que melhor se correlacionou com os resultados obtidos foi o de diques gabrícos, com idade estimada em 1,8 Ga e orientação N50-55W. Não são, contudo, o único registro de magmatismo máfico fissural com essa idade dentro do Cráton São Francisco Meridional. Silva et al. (1995) descrevem um enxame de diques máficos na região do Quadrilátero Ferrífero e Espinhaço Meridional, datado em 1,7-1,5 Ga, sendo o mais antigo na área, que recorta rochas do Supergrupo Minas. Tem direção NS, e alguns estão deformados e metamorfisados (fácies xisto verde), enquanto outros não apresentam deformação e preservam sua textura ígnea. Estes são gabros e estão relacionados com a abertura da bacia Espinhaço. Riólitos (e.g. Conceição do Mato Dentro) com idade U/Pb de 1,7-1,8 Ga (Brito-Neves et al., 1979), e granitos (e.g. Borrachudo) com idade 1,7 Ga (Silva et al., 1995), também são registrados nesta região, o que caracteriza parte do magmatismo bimodal típico de ambientes do tipo *rifting*. Dentro do Complexo Campo Belo não há registros de magmatismo félsico com idade similar, que permita caracterizar o magmatismo fissural da área como bimodal. Assim, uma associação entre os eventos magmáticos do Complexo Campo Belo e Espinhaço Meridional fica restrita ao magmatismo fissural máfico.

Com relação aos diques de orientação NE-SW, menos expressivos no mapeamento da área, não se encontrou na literatura outro enxame similar, embora Fernandes & Carneiro (2000) registram zonas de cisalhamento delgadas com essa orientação distribuídas por toda região por eles estudada, enquanto Oliveira & Carneiro (2001) dão destaque a uma mega-estrutura regional conhecida como Zona de Cisalhamento Cláudio, localizada a leste de Itapecerica, também com orientação NE-SW, e grande atividade durante o Neoarqueano. Assim, os diques de orientação NE-SW teriam se aproveitado de fraturas já existentes, enquanto os de orientação NW-SE teriam a sua intrusão associada ao magmatismo fissural de 1,875 Ga, previamente descrito por Pinese (1997) e Fernandes & Carneiro (2000). O mapa de enxame de diques foi elaborado em escala 1: 50.000 e apresentado em escala 1: 500.000 (Figura 05).

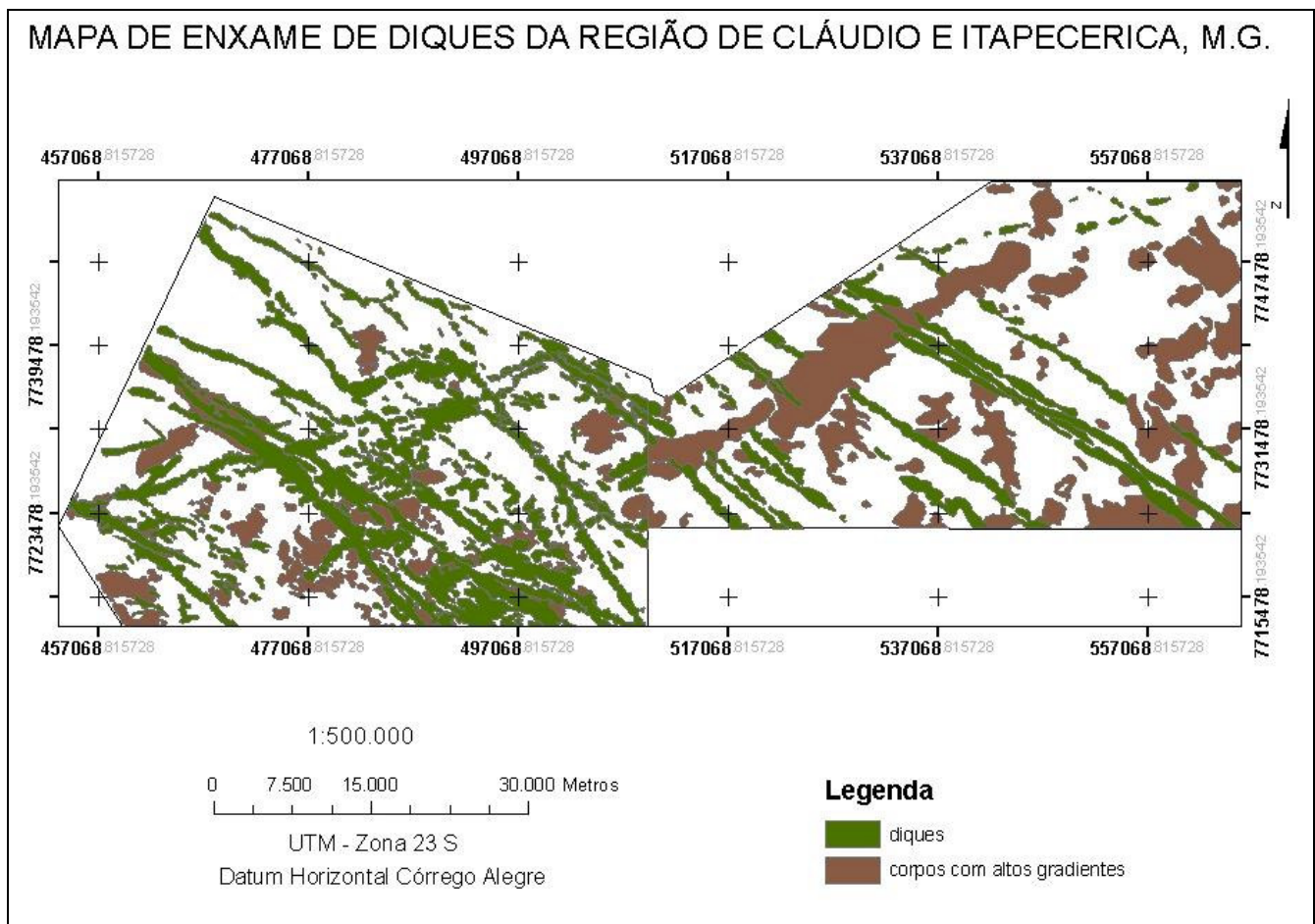


Figura 05 – Mapa do enxame de diques da região de Cláudio e Itapekerica, MG, gerado a partir da classificação de domínios magnéticos utilizando a extensão habitat digitizer.

O mapa de feições estruturais indica que no caso da área em estudo a maior parte dos lineamentos observados possui coerência com o enxame de diques mapeado através da amplitude do sinal analítico, com exceção de um grande lineamento na parte noroeste, que não apresenta uma assinatura com elevado valor magnético. O resultado encontra-se na Figura 06.

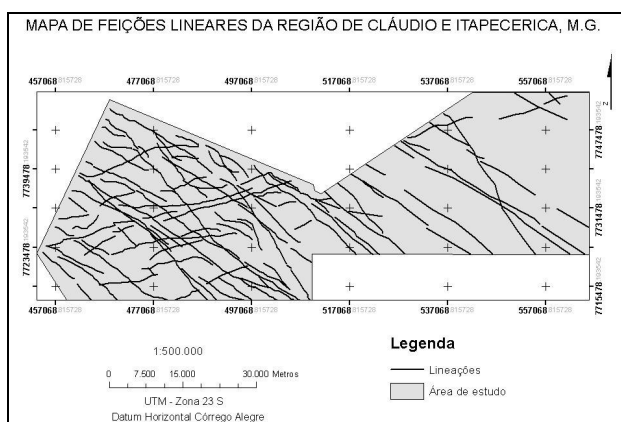


Figura 06 – Mapa de feições lineares da região de Cláudio e Itapekerica, MG, gerado a partir da imagem da primeira derivada vertical.

Já a modelagem em 2,5D da área de Cláudio, efetuada a partir de dados gamaespectrométricos (composição

ternária RGB) associados ao modelo digital de terreno, destacou estruturas diqueiformes e sua interação com a topografia, embora a densidade de diques mapeados nesta área seja menor que em Itapekerica, e mostrou como essas estruturas influenciam a distribuição de radioelementos (Figura 07).

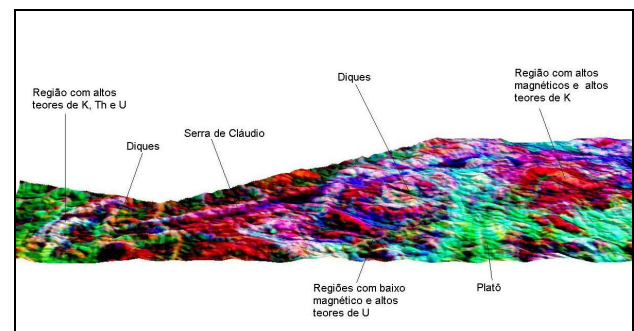


Figura 07 - Modelo em 2,5 D, efetuado a partir de composição ternária pseudocor RGB (exagero vertical 10 vezes) gerado no software ENVI 4.0 para a região de Cláudio. Possível notar altos e baixos gamaespectrométricos, o que reflete a variação dos radioelementos na região de estudo, bem como a sua associação com estruturas importantes (eg. Serra de Cláudio e diques de orientação NW-SE).

Os resultados derivados do realce e interpretação dos dados magnéticos foram validados em trabalho de campo (Figura 08). Nota-se que a estes corpos não poderiam ser facilmente mapeados sem o auxílio destes dados,

pois os corpos encontram-se na maioria das vezes alterados, e as relações de contato nem sempre são claras.

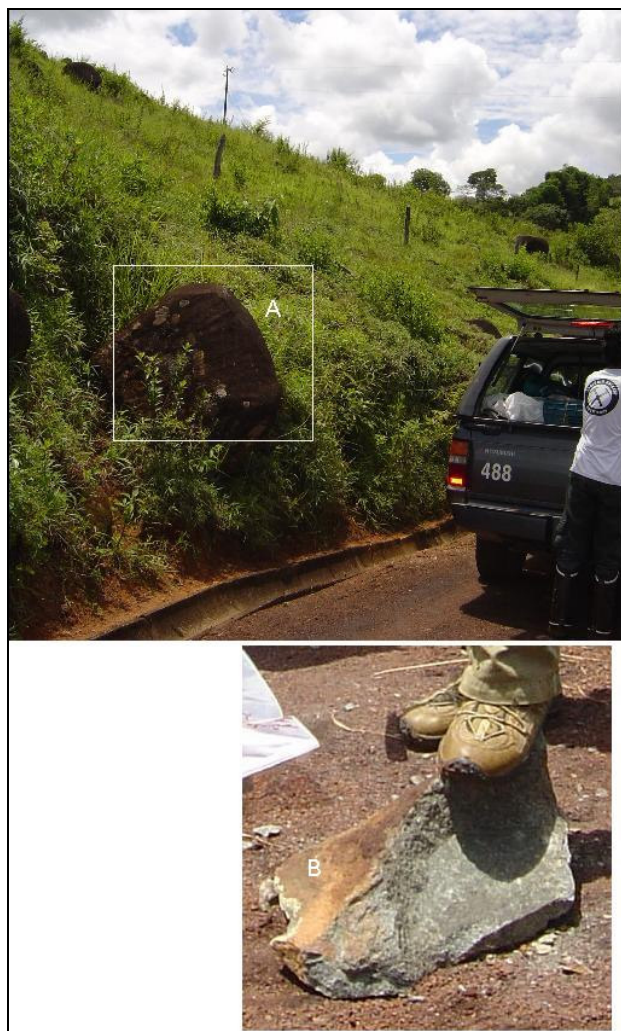


Figura 08 – Afloramento na região de Cláudio (A), mapeado com o auxílio de dados magnetométricos. Em detalhe, observa-se aspecto típico destes corpos (B).

Referências Bibliográficas

Alkmim, F. F.; 2004. O que faz de um cráton um cráton? O cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. In: *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, São Paulo; Editora Beca. p. 17-35.

Brito-Neves, B.B; Kawashita, K.; Delhal, J. 1979. A evolução geocronológica da Cordilheira do Espinhaço: Novos Dados e integração. *Rev. Bras. Geoc.*, 9(1):71-85.

Carneiro M. A., Teixeira W., Nalini Jr. H. A., Bilal E., Oliveira A. H. de, Carvalho Júnior I. M de. 1996. Archean ultramafic-mafic magmatism in the Southern São Francisco Craton (Campo Belo Complex): Preliminary

petrographic and geochemical results. In: *Symposium on Archean Terranes of the South American Platform*, Brasília. *Anais*, p32-33.

Fernandes, R.A.; 2001. Etapas da formação da crosta continental (do Mesoarqueano ao Mesoproterozóico) no Cráton São Francisco Meridional. Tese de Mestrado. UFOP/ Instituto de Geociências. p. 128.

Fernandes, R. A.; Carneiro, M. A.; 2000. O Complexo Metamórfico Campo Belo (Cráton São Francisco Meridional): unidades litodêmicas e evolução tectônica. *Revista Brasileira de Geociências*, 30, (4); 671-678.

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.

Noce C.M., Machado N., Teixeira W. 1998. U-Pb Geochronology of gneisses and granitoids in the Quadrilátero Ferrífero (Southern São Francisco Craton): age constraints for Archean and Paleoproterozoic magmatism and metamorphism. *Rev. Bras. Geoc.*, 28:95-102.

Oliveira A. H.; 1999. *Evolução Tectônica de um Segmento Crustal Arqueano do Cráton São Francisco Meridional*. DEGEO. Univ. Federal de Ouro Preto Dissertação de Mestrado. 104 p.

Oliveira, A.H.; Carneiro, M.A.; 2001. Campo Belo Metamorphic Complex: Tectonic Evolution of an Archean sialic crust of the southern São Francisco Craton in Minas Gerais (Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 73, (3); 397-414.

Pinese J.P.P. 1997. Geoquímica, geologia isotópica e aspectos petrológicos dos diques máficos Pré-Cambrianos da região de Lavras (MG), porção sul do Craton do São Francisco. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado 178 p.

Silva, A.M.; 1992. *Geologia e Petroquímica dos Enxames de Diques Máficos do Quadrilátero Ferrífero e Espinhaço Meridional*, MG. Dissertação de Mestrado, Unb.

Silva, A. M., Chemale Jr., F.; Kumuyumjian, R. M.; Heaman, L.; 1995. Mafic Dike Swarms of Quadrilátero Ferrífero and Southern Espinhaço, Minas Gerais, Brazil, *Revista Brasileira de Geociências* 25(2): 124-137.

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*. 31th International Geological Congress, Rio de Janeiro. p. 101-137.