



**Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia**



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**PETROGRAFIA, LITOQUÍMICA E IDADES Ar-Ar DE DIQUES
MÁFICOS MESOZÓICOS (E CAMBRIANOS ?) DE MINAS
GERAIS: COMPARAÇÕES COM BASALTOS DA PROVÍNCIA
PARANÁ-ETENDEKA E COM DIQUES DA SUÍTE FUNDÃO**

Autor: Raphael Martins Coelho

Orientador: Alexandre de Oliveira Chaves

Nº: 164

BELO HORIZONTE
DATA (01 / 09 / 2016)

RAPHAEL MARTINS COELHO

**PETROGRAFIA, LITOQUÍMICA E IDADES Ar-Ar DE DIQUES
MÁFICOS MESOZÓICOS (E CAMBRIANOS ?) DE MINAS
GERAIS: COMPARAÇÕES COM BASALTOS DA PROVÍNCIA
PARANÁ-ETENDEKA E COM DIQUES DA SUÍTE FUNDÃO**

Instituto de Geociências

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geologia.

Área de Concentração: Geologia Regional

Orientador: Prof. Dr. Alexandre de Oliveira Chaves

Belo Horizonte - MG
2016

C672p
2016

Coelho, Raphael Martins.

Petrografia, litoquímica e idades Ar-Ar de diques máficos mesozóicos (e cambrianos?) de Minas Gerais [manuscrito] : comparações com basaltos da Província Paraná-Etendeka e com diques da Suíte Fundão / Raphael Martins Coelho. – 2016.

46 f., enc. (principalmente color.)

Orientador: Alexandre de Oliveira Chaves.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2016.

Área de concentração: Geologia Regional.

Inclui bibliografias.

1. Petrografia – Minas Gerais – Teses. 2. Geologia estratigráfica – Cambriano – Teses. 3. Diques (Geologia) – Minas Gerais – Teses. 4. Tempo geológico – Teses. I. Chaves, Alexandre de Oliveira. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 552(815.1)

RESUMO

O presente trabalho discorre sobre diques máficos mesozóicos e sobre possíveis representantes de diques cambrianos não deformados nas faixas móveis brasileiras no estado de Minas Gerais. Este será apresentado na forma de dois artigos científicos. O primeiro artigo trata da geocronologia dos diques máficos cretáceos que atravessam o Cráton do São Francisco e suas Faixas Móveis Brasileiras que são os diques Transminas e parte dos diques máficos Serra do Mar compondo os mais jovens enxames de Minas Gerais. Neste estado, idade *plateau* de 124.56 ± 2.15 Ma e idade isocrônica inversa de 131.92 ± 3.63 Ma para um dique do enxame Serra do Mar, bem como idade *plateau* de 135.72 ± 4.35 Ma e idade isocrônica inversa de 128.43 ± 8.46 Ma para um dique do enxame Transminas, obtidas pelo método Ar-Ar, inserem ambos os enxames de Minas Gerais no mesmo contexto geotectônico relacionado à fragmentação da parte oeste do supercontinente Gondwana, quando houve um intenso evento magmático e início do desenvolvimento das margens continentais brasileira e africana e a abertura do Oceano Atlântico Sul. Este magmatismo é representado pelos derrames basálticos e enxames de diques máficos da enorme província ígnea Paraná (Brasil) – Etendeka (África) de 133 a 135 Ma. O segundo artigo trata da caracterização petrográfica e litoquímica dos diques Transminas e Serra do Mar em Minas Gerais (MG) e de diques possíveis representantes do Cambriano denominados Suíte Fundão, descrita no Espírito Santo (ES). Macroscopicamente, todas estas rochas são semelhantes entre si, sendo diabásios de granulação fina. Microscopicamente, são hipo- a holocristalinas com textura subofítica. Entretanto, os diques cretáceos são olivina gabros e destacam-se pela presença de plagioclásio, clinopiroxênio e olivina (minerais encontrados nos basaltos da província Paraná-Etendeka), sem ortopiroxênio, enquanto que os aparentemente cambrianos guardando plagioclásio, clino- e ortopiroxênio, sem olivina, sendo gabro noritos. Litoquimicamente, todos estes diques são basaltos toleíticos com algum grau de contaminação crustal, sendo os cretáceos de alto Ti e os cambrianos de baixo Ti. Apenas dois diques, pertencentes ao enxame Serra do Mar, são andesitos traqui-basálticos alcalinos. Os diagramas de elementos incompatíveis e elementos terras raras dos diques cretáceos mostram semelhanças com os da província Paraná-Etendeka, seguindo o padrão OIB, típico de plumas mantélicas. Os diques cretáceos de MG correlacionam-se geocronológica, petrográfica e litoquimicamente aos basaltos da província Paraná-Etendeka. Este magmatismo cretáceo deriva de uma fonte do tipo granada lherzolito, estando relacionado ao contexto geodinâmico possivelmente ligado à atividade da pluma mantélica de Tristão da

Cunha. Já os diques cambrianos, tanto em MG quanto no ES, são petrográfica e litoquimicamente semelhantes entre si e guardam assinatura de basaltos enriquecidos de assoalho oceânico. Os diques da Suite Fundão derivam de uma fonte do tipo espinélio lherzolito e estariam relacionados ao colapso gravitacional do Orógeno Araçuaí.

Palavras-chave: Enxames de diques Serra do Mar e Transminas, Ar-Ar, Suite Fundão, Província Ígnea Paraná-Etendeka, petrografia, litoquímica, Cretáceo, Cambriano.

ABSTRACT

This work deals with the mesozoic mafic dyke swarms and possible representative of undeformed cambrian mafic dykes in Brasiliano mobile belts of the Minas Gerais State. It will be presented in the form of two papers. The first paper deals with the Ar-Ar geochronology of cretaceous dykes crossing the São Francisco Craton and its surrounding Brasiliano mobile belts, which are the Transminas and Serra do Mar mafic dyke swarms. Plateau age of 124.56 ± 2.15 Ma and inverse isochron age of 131.92 ± 3.63 Ma for a Serra do Mar dyke and plateau age of 135.72 ± 4.35 Ma and inverse isochron age of 128.43 ± 8.46 Ma for a Transminas dyke, insert in the same context of the intense magmatic event related to the fragmentation of the western part of the Gondwana supercontinent, initiating the development of the Brazilian and African continental margins and the opening of the South Atlantic Ocean. This magmatism is represented by basaltic flows and mafic dyke swarms of the huge province igneous Paraná (Brazil) - Etendeka (Africa) 133-135 Ma. The second paper deals with the petrographic and lithochemical characterization of the Transminas and Serra do Mar dykes in Minas Gerais (MG), as well as with possible representatives of Cambrian dykes, the so-called Fundão Suite, described in Espírito Santo (ES). Macroscopically, all these rocks are fine-grained grey dolerites similar to each other and keep subophitic texture. However, cretaceous dykes are Olivine gabbros/Olivine basalts with essential mineralogy composed of plagioclase, clinopyroxene and olivine and Cambrian dykes keeps plagioclase, clino- and orthopyroxene without olivine, therefore gabbro norites. Lithochemically, all these dykes are tholeiitic basalts with some degree of crustal contamination, and the Cretaceous are high Ti and the Cambrian are low Ti. Only two dykes belonging to the Serra do Mar swarm are alkaline trachy-basalts. The spidergrams of incompatible and rare earth elements of the Cretaceous dykes show similarities with basalts of the Paraná-Etendeka province, following the OIB pattern, typical of

mantle plumes. The Cretaceous dykes of MG correlate geochronological, petrographic and lithochemically to the basalts of Paraná-Etendeka province. This Cretaceous magmatism derived from a garnet lherzolite source, related to the geodynamic context possibly linked to the activity of Tristan da Cunha mantle plume. The Cambrian dykes, both in MG and in ES, are petrographic and lithochemically similar each other and keep signature of enriched ocean ridge basalts. Dykes of the Fundão Suite derived from a spinel lherzolite source and are related to the gravitational collapse of Araçuaí Orogen.

.
Keywords: Serra do Mar and Transminas mafic dyke swarms, Ar-Ar, Fundão Suite, Paraná-Etendeka Igneous Province, petrography, lithochemistry, Cretaceous, Cambrian.

INTRODUÇÃO

Apresentemente nem todos os diques máficos de textura ígnea preservada que se encontram fora do Craton do São Francisco em Minas Gerais (ou seja, nas faixas móveis brasileiras) possuem idade cretácea como vem sendo admitido (Chaves, 2013). Durante a execução do presente trabalho, foram encontrados no leste de Minas Gerais, próximo ao estado do Espírito Santo, diques máficos com características petrográficas e litoquímicas muito semelhantes às dos diques de textura ígnea da Suíte Fundão descritas por Belém (2014). No estado do Espírito Santo as rochas investigadas por Belém (2014) possuem idades entre 520 e 490 Ma encontradas pelo método U-Pb em zircão sendo, portanto, do Cambriano.

Os diques máficos referentes ao cretáceo no estado de Minas Gerais são parte dos diques Serra do Mar e dos diques Transminas. Estes diques atravessam não só o Cráton do São Francisco como suas Faixas Móveis Brasileiras. Devido à quantidade e qualidade dos afloramentos no estado, estas rochas são pouco estudadas quanto a sua petrografia, litoquímica e geocronologia. Os dados geocronológicos dos diques Transminas apresentam certa dispersão nos valores de idades publicados na literatura, e poucos diques Serra do Mar foram estudados neste aspecto em Minas Gerais (Chaves, 2013).

Desta forma o objetivo do presente trabalho é apresentar novos dados geocronológicos pelo método Ar-Ar dos enxames de diques Serra do Mar e Transminas. Serão apresentados também os dados petrográficos e litoquímicos de diques dos referidos enxames, bem como dos possíveis diques cambrianos da Suíte Fundão, todos eles investigados em Minas Gerais. Estes dados serão confrontados entre si na busca de comparações entre os diques cretáceos de Minas Gerais com as demais rochas máficas cretáceas da Província Ígnea Paraná-Etendeka (Bellieni et. al, 1984, Peate, 1997), bem como na busca de possíveis correlações entre os diques da Suíte Fundão descritos por Belém (2014) e os similares do leste de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Belém J. 2014. Geoquímica, Geocronologia e contexto geotectônico do magmatismo máfico associado ao feixe de fraturas Colatina, Estado do Espírito Santo. Phd Tesis, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 134p.

Bellieni, G.; Comin-Chiaramonti, P.; Marques, L.S.; Melfi, A.J., Piccirillo, E.M., Nardy, A.J.R.; Roisenberg, A., 1984. High and low-Ti flood basalts from the Paraná plateau (Brazil): petrology and geochemical aspects bearing on their mantle origin. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 150, 272-306

Chaves, A.O. 2013. Enxames de diques máficos de Minas Gerais – o estado da arte. *Geonomos*, **21**(1), 29-33.

Peate, D. W., 1997. The Parana-Etendeka Province. In: Mahoney, J.J., Con, M.F. (Eds.), *Large Igneous Provinces: Continental, Oceanic, and Planetary Flood Volcanism*. Am. Geo-phys. Union Geophys. Monogr. 100, 217-246

SUMÁRIO

ARTIGO 1: IDADES Ar-Ar DE DIQUES MÁFICOS MESOZÓICOS DE MINAS GERAIS

INTRODUÇÃO.....	1
GEOLOGIA, ASPECTOS MAGNETOMÉTRICOS E PETROGRAFIA DOS DIQUES MÁFICOS MESOZOICOS DE MINAS GERAIS.....	4
METODOLOGIA.....	7
RESULTADOS.....	8
DISCUSSÕES E CONCLUSÕES.....	11
AGRADECIMENTOS.....	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14

ARTIGO 2: PETROGRAFIA E LITOQUÍMICA DE DIQUES MÁFICOS MESOZÓICOS E CAMBRIANOS(?) DE MINAS GERAIS: COMPARAÇÕES COM BASALTOS DA PROVÍNCIA PARANÁ-ETENDEKA E COM DIQUES CAMBRIANOS DA SUÍTE FUNDÃO

INTRODUÇÃO.....	19
CONTEXTO GEOLÓGICO.....	22
METODOLOGIA.....	25
RESULTADOS	
PETROGRAFIA.....	26
LITOQUÍMICA.....	27
DISCUSSÕES E CONCLUSÕES.....	33
AGRADECIMENTOS.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

ARTIGO 1: IDADES Ar-Ar DE DIQUES MÁFICOS MESOZÓICOS DE MINAS GERAIS

INTRODUÇÃO

Províncias Ígneas Gigantes (*Large Igneous Provinces-LIP*) compreendem massivos derrames de magmas basálticos e intrusões associadas de enxames de diques produzidos num intervalo relativamente curto de tempo (< 10 milhões de anos) e que se estendem por milhares de km^2 . Elas podem estar relacionadas à atividade de plumas mantélicas e grandes eventos de quebra e dispersão de massas continentais. Na figura 1, é apresentado o modelo geral da intrusão de um enxame de diques (Halls & Farig, 1987). No item 1 desta figura, um padrão radial dos diques se desenvolve em relação ao centro de atividade da pluma mantélica, após o domeamento crustal por ela criado. No item 2, ocorre o desenvolvimento da bacia rift e sua evolução para uma bacia de margem continental e, posteriormente, para a abertura oceânica.

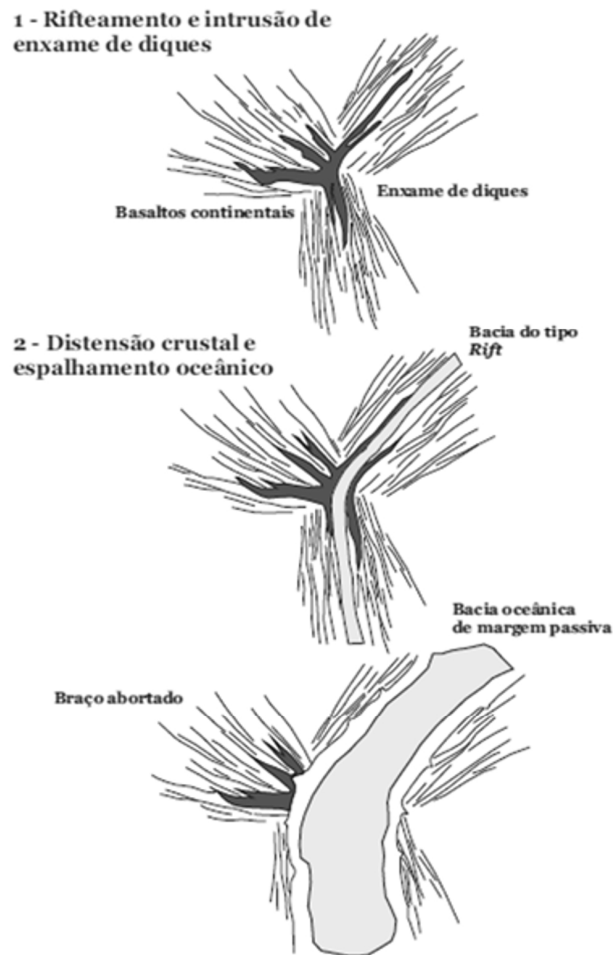


Figura 1: Modelo de quebra/dispersão continental e instalação de enxames de diques (Halls & Fahrig, 1987, modificado).

Durante o Cretáceo, houve um intenso evento magmático relacionado à fragmentação da parte oeste do supercontinente Gondwana, dando início ao desenvolvimento da bacia de margens continentais brasileira e africana e a abertura do Oceano Atlântico Sul (Figura 2). Este magmatismo é representado pela LIP Paraná-Etendeka, de idade U-Pb entre 135 e 133 Ma (Pinto et al., 2010), e pelos enxames de diques máficos a ela associados. Estes enxames afloram no Paraná (diques Ponta Grossa de 134 Ma - idade média de dados K-Ar/Ar-Ar calculada por Tomba, 2012), nos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro (diques Serra do Mar ou Santos-Rio de Janeiro de 134 Ma – idade média de dados K-Ar/Ar-Ar calculada por Tomba, 2012), em Santa Catarina (diques Florianópolis de 134 Ma, U-Pb, Florisbal et al., 2011) e no Espírito Santo (diques Vitoria-Colatina de 128-136 Ma, Ar-Ar, Novais et al., 2003).

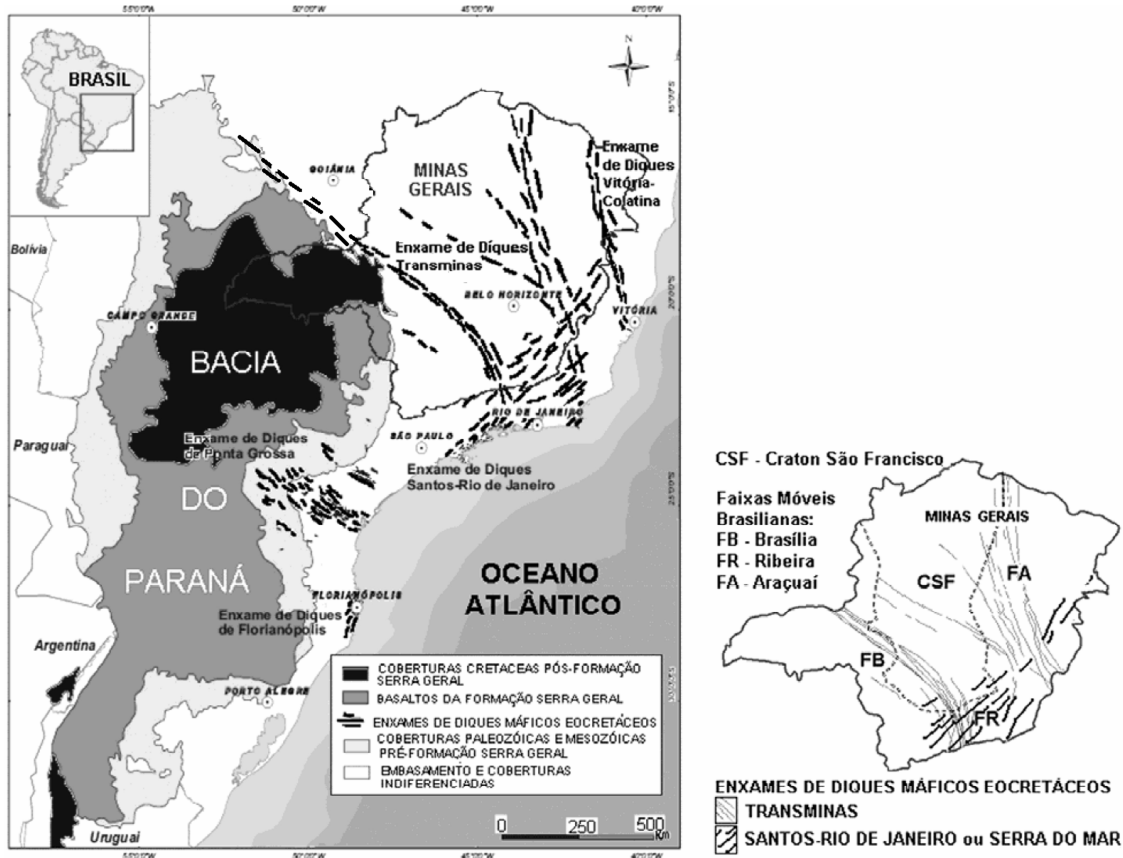


Figura 2: Panorama geral da LIP Paraná-Etendeka e seus diques máficos associados (Tombo, 2012 e Chaves, 2014, modificado). Em destaque ao lado encontram-se os diques dos enxames Serra do Mar e Transminas no interior de Minas Gerais.

Tendo em vista a dispersão nos valores de idades publicados na literatura para os diques máficos mesozoicos de Minas Gerais (170-220 Ma, K-Ar, Dussin et al., 1995, 120 Ma, K-Ar, Silva et al., 1995, 127 Ma, K-Ar, Pinese, 1997, 130 Ma, Ar-Ar, Rosset et al., 2007), o objetivo deste trabalho é apresentar novos dados geocronológicos pelo método Ar-Ar para estes diques que permitam precisar o intervalo de idade de seu posicionamento crustal e discutir relações geodinâmicas destes diques com o magmatismo da LIP Paraná-Etendeka.

GEOLOGIA, ASPECTOS MAGNETOMÉTRICOS E PETROGRAFIA DOS DIQUES MÁFICOS MESOZOICOS DE MINAS GERAIS

No estudo de enxames de diques máficos, uma ferramenta bastante eficaz são imagens magnetométricas, devido ao contraste magnético que estas rochas apresentam em relação a suas encaixantes. Destacando-se em imagens deste tipo, no estado de Minas Gerais (Figura 3) ocorrem vários enxames de diques com idades desde o Pré Cambriano até o Cretáceo, ora atravessando o Cráton do São Francisco, ora atravessando suas Faixas Móveis Brasilianas ou ambos.

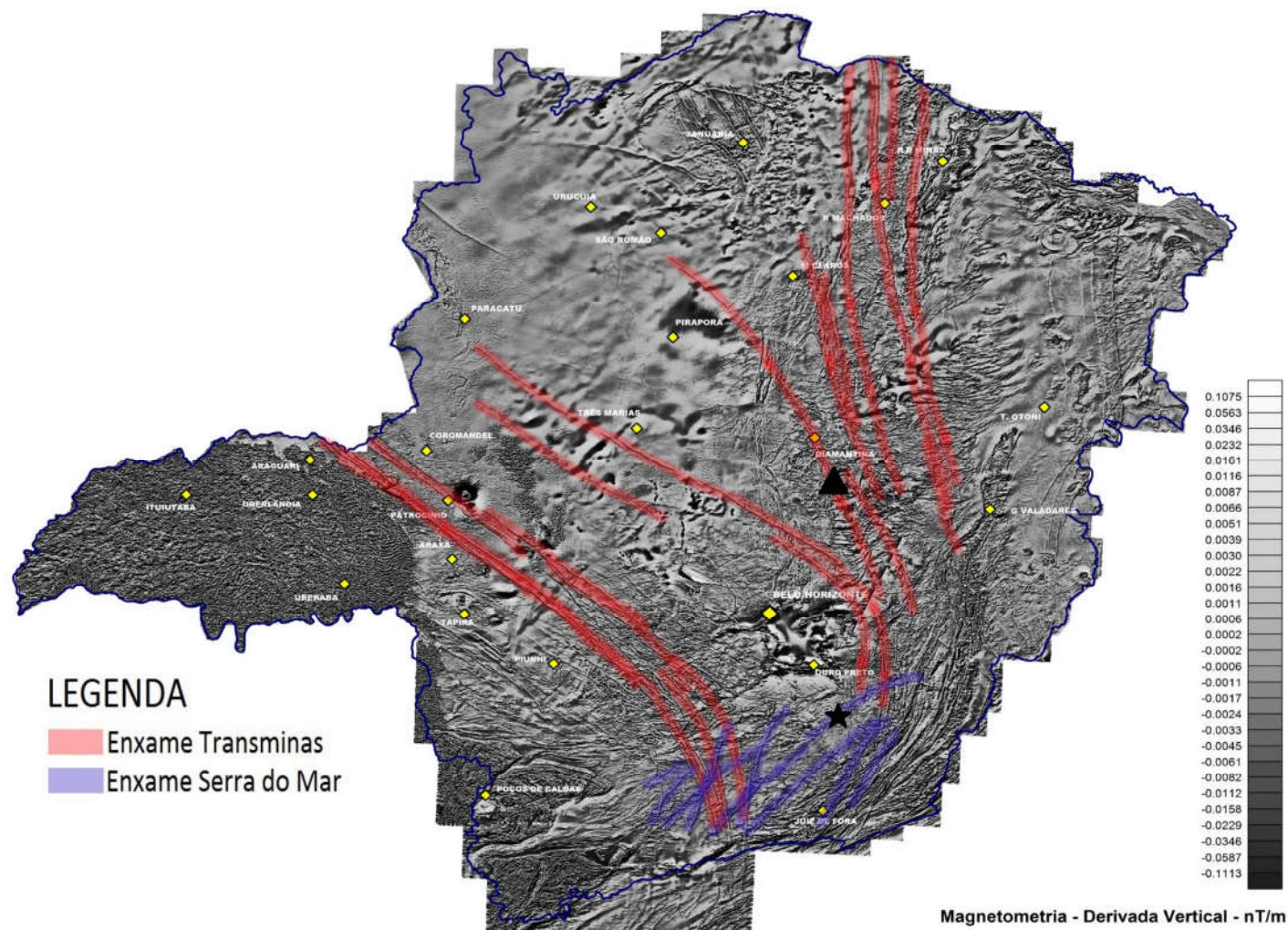


Figura 3: Mapa magnetométrico do estado de Minas Gerais, destacando os lineamentos que correspondem aos diques máficos mesozoicos (Borges, 2011, modificado). O ponto de coleta da amostra 8 está representado pela estrela e da amostra 14, pelo triângulo.

Quando aflorantes, estas rochas normalmente apresentam-se superficialmente na forma de blocos centimétricos a métricos arredondados e alterados *in situ* ou bem preservadas em drenagens naturais e cortes de estradas. Pertencentes ao período mesozoico, em Minas Gerais afloram parte dos diques do enxame Serra do Mar e os diques do enxame Transminas (Chaves, 2013).

O enxame de diques Serra do Mar intrudem rochas do Orógeno Neoproterozóico/Cambro-Ordoviciano Ribeira (Heilbron et al., 2004; Schmitt et al., 2004) e rochas Arqueano/Paleoproterozoicas do extremo sul do craton São Francisco (Figuras 2 e 3). Valente (1997), Corval (2009) e Dutra (2006) mostraram que as rochas que constituem este enxame são compostas, essencialmente, por plagioclásio, clinopiroxênio e olivina. Mineraias opacos, apatita e quartzo ocorrem como mineraias acessórios. Assim como nos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, em Minas Gerais estas rochas são também compostas por plagioclásio e clinopiroxênio e cristais de olivina, em sua maioria substituída por iddingsita. Os opacos e a apatita são os mineraias acessórios (Figura 4A). São diabásios de cor cinza esverdeada, de textura subofítica e granulação muito fina, holocristalinas com cristais hipidiomórficos. Ocorrem eventualmente amígdalas preenchidas por clorita e quartzo.

O enxame denominado Transminas (Chaves & Neves, 2005, Chaves, 2013) atravessa todo o Estado de Minas Gerais com direção NW-SE e mais de 500 km de extensão (Figura 3). De acordo com o trabalho de Rocha (2013), dados magnetométricos mostram que o braço oeste deste enxame de diques também corta parte do estado de Goiás, perfazendo um total de aproximadamente 850 km. Os diques do enxame Transminas atravessam não só o Cráton do São Francisco e suas coberturas pré-neocretáceas, como também as Faixas Móveis brasileiras Brasília, Ribeira e Araçuaí (Figura 2). Suas rochas são diabásios com textura ofítica a subofítica. Quanto aos constituintes mineraias, possuem plagioclásio, clinopiroxênio, olivina (em substituição para iddingsita), ilmenomagnetita e apatita (Figura 4B).

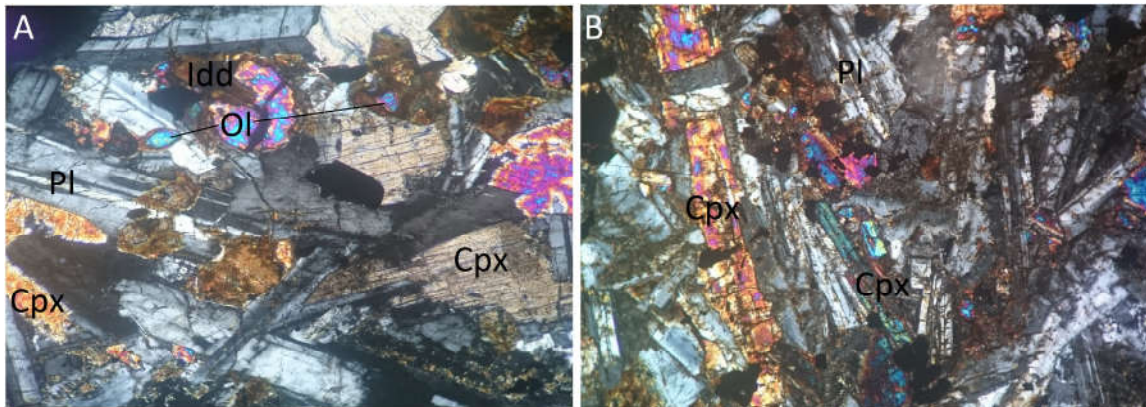


Figura 4: Fotomicrografias das rochas estudadas, sob polarizadores descruzados. Em A, aparece a amostra 14 dos diques Transminas e, em B, a amostra 8 dos diques Serra do Mar. Cpx = Clinopiroxênio, Pl = Plagioclásio, Ol = Olivina Idd = Iddingsita. Em preto são os opacos.

METODOLOGIA

Duas amostras coletadas foram selecionadas para estudos geocronológicos, sendo uma do enxame Transminas (Coordenadas Lat.: -19.46462; Long.: -43.10954, vide triângulo na figura 3) e a outra do enxame Serra do Mar (Coordenadas Lat.: -20.95425; Long.: -43.37305, vide estrela na figura 3). Fragmentos de rocha, após separação granulométrica, foram selecionados para as análises isotópicas Ar-Ar e foram irradiados por fluxo de nêutrons epitermais rápidos no reator de pesquisa TRIGA (CLICIT) do OSU/Oregon (USA) durante 15 horas contínuas, juntamente com o padrão internacional (monitor de fluxo) *Fish Canyon* (sanidina, 28.305 ± 0.036 Ma; Renne et al. 2010). Após um período de aproximadamente 20 dias de resfriamento e cerca de 30 dias de deslocamento USA/Brasil, a amostra foi depositada para análise por aquecimento gradual (*step heating*) via laser de estado sólido Nd:YVO4 (visível próximo, 532 nm - modelo Verdi 6W Coherent) no Laboratório de Ar do Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo (CPGeo/IGc/USP). O sistema de extração a laser encontra-se acoplado a um sistema de purificação funcionando com getters SAES-GP50 e espectrômetro de massa multicoletor ARGUS VI (ThermoScientific, Bremen, Alemanha), de setor magnético. As massas 40 a 36 foram medidas simultaneamente em 5 coletores Faraday (1011 ohm - para a massa 40, e 1012 ohm para as demais massas). A reprodutibilidade durante a sequência de análises (run SP2) foi monitorada continuamente através de medidas de Ar atmosférico (*air pipette*, $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ weighted mean = 298.5). As idades aparentes foram calculadas a cada etapa de aquecimento usando um fator $J = 0.00419 \pm 0.00002$, após serem aplicadas as correções para discriminação de massa, interferências nucleogênicas e contaminação atmosférica.

RESULTADOS

A fração de rocha total da amostra 8 (diques Serra do Mar) foi analisada durante 19 etapas de aquecimento, com intervalo de 0.1W para a potência do laser aplicada. As frações de gás liberadas produziram idades aparentes muito coerentes entre si, a 2σ de incerteza. Como consequência, o gráfico de aquecimento gradual mostra um *plateau* constante com idade de 124.56 ± 2.15 Ma (erro de 1.73 % , 2σ , com 53.7% de ^{39}Ar liberado) conforme a figura 5A. Em função de uma das etapas de aquecimento ter fornecido uma idade aparente muito jovem (etapa J) quando comparada às demais etapas de aquecimento, foram gerados dois gráficos complementares (*miniplateau1*, *miniplateau2*) cada um deles isolando o conjunto de etapas antes e depois de J. As idades *plateau* foram 124.69 ± 4.23 Ma (3.39% 2σ ; 21 % ^{39}Ar) e 124.50 ± 2.24 Ma (1.8 % 2σ ; 30.3% ^{39}Ar), em absoluta concordância com a idade *plateau* obtida considerando-se os dois conjuntos (a etapa J não está incluída no cálculo da idade *plateau* conjunta). A idade obtida através do método de isócrona inversa foi de 131.92 ± 3.63 Ma (erro de 2.75% , 2σ).

A fração de rocha total da amostra 14 (diques Transminas) foi analisada também durante 19 etapas de aquecimento, com intervalo de 0.1W para a potência do laser aplicada. No gráfico de aquecimento gradual (figura 5B) excluindo-se as três etapas iniciais (mais antigas que somam 7.1 % do ^{39}Ar liberado), as etapas D - H mostram idade combinada de 135.72 ± 4.35 Ma (erro de 3.37 % , 2σ , 50.4 % de ^{39}Ar liberado). As demais etapas de mais alta temperatura (I - S) se superpõem a 2σ e, juntas, somam 42.5 % ^{39}Ar , porém não sendo conceitualmente consideradas um *plateau*, em virtude do fato das leituras serem menores que o background, gerando valores negativos de razão $^{36}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$. Deste modo, as etapas de I ate S foram descartadas do cálculo tanto da idade *plateau* quanto da isócrona inversa. A idade de isócrona inversa fornecida pelo gráfico (Figura 5B) é de 128.43 ± 8.46 Ma (erro de 5.90 % , 2σ). Os dados das análises isotópicas das amostras 8 e 14 encontram se na tabela 1, sendo que as duas últimas colunas desta tabela se referem à isócrona inversa.

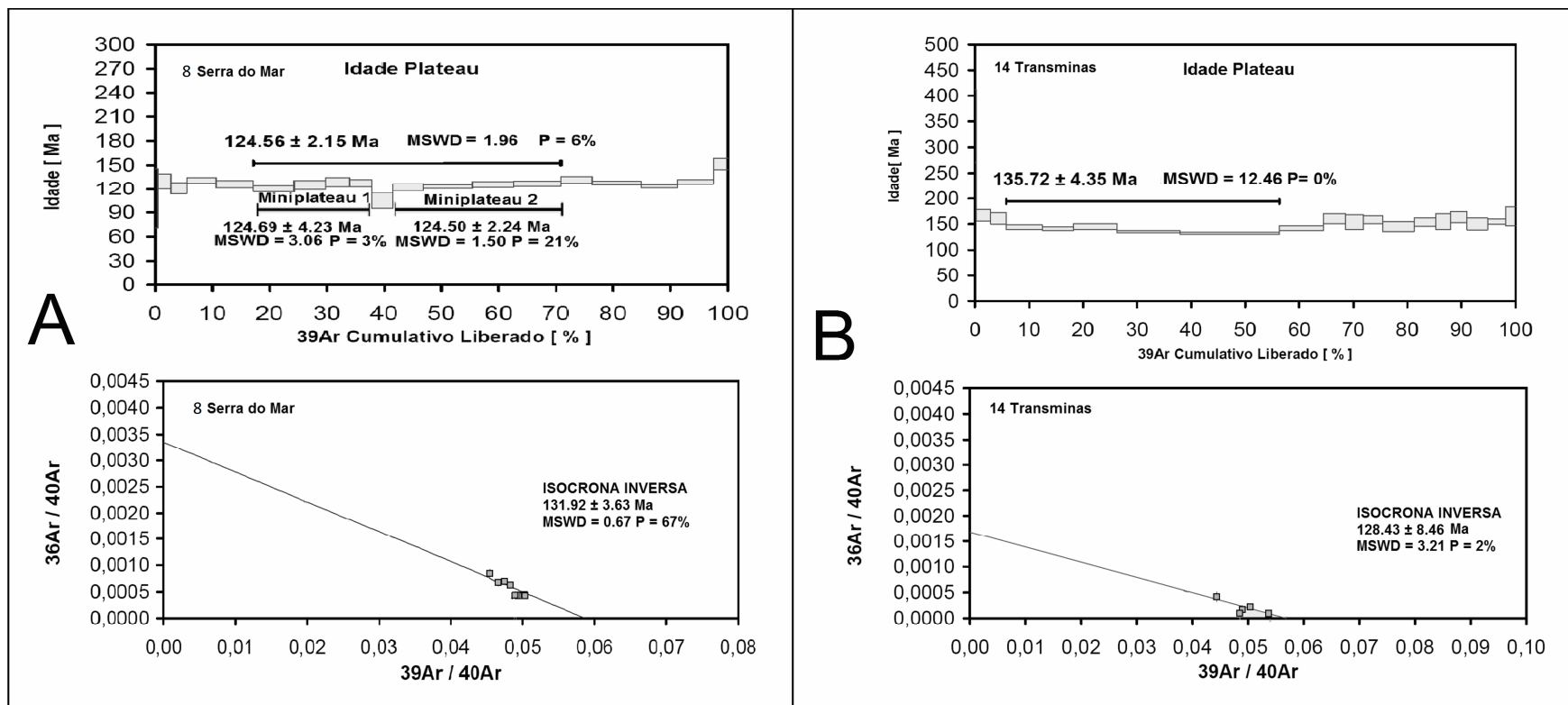


Figura 5: Gráficos de idades Ar-Ar para os diques mesozoicos de Minas Gerais. Em A, gráficos do dique Serra do Mar (8) e, em B, os gráficos do dique Transminas (14).

Tabela 1: Resultados das análises isotópicas Ar-Ar para a amostra 8 e 14 (em negrito, os dados utilizados na construção dos gráficos).

Aquecimento por etapas	³⁶ Ar(a)	³⁷ Ar(ca)	³⁸ Ar(cl)	³⁹ Ar(k)	⁴⁰ Ar(r)	⁴⁰ Ar(r) (%)	Idade ± 2σ (Ma)	39(k)/40(a+r) ± 2σ	36(a)/40(a+r) ± 2σ
Amostra 8 J= 0.00419000 ± 0.00002000									
1A 0.20 W	4.169153	27.0786	145.042	0.0119464	10.44	9.8592	108.17 ± 37.44	0.0070953 ± 0.0001155	0.00300040 ± 0.00012457
1B 0.40 W	4.301804	21.0029	682.211	0.1111375	34.69	38.4398	129.71 ± 9.59	0.0195493 ± 0.0000998	0.00218777 ± 0.00008883
1C 0.60 W	2.453863	22.7278	824.298	0.0000000	52.95	50.0030	120.78 ± 7.31	0.0321196 ± 0.0000814	0.00157625 ± 0.00011089
1D 0.80 W	1.963378	78.4920	1551.398	0.0000000	72.58	86.6555	130.80 ± 3.55	0.0405412 ± 0.0000777	0.00091855 ± 0.00006825
1E 1.00 W	1.786493	78.3513	1953.296	0.0000000	78.55	113.3199	126.10 ± 4.55	0.0455729 ± 0.0000920	0.00071846 ± 0.00009825
1F 1.20 W	2.302766	100.5688	2035.886	0.0000000	74.76	123.7904	120.50 ± 3.72	0.0454567 ± 0.0000522	0.00084559 ± 0.00007993
1G 1.40 W	1.377112	97.0482	1630.289	0.2128633	79.86	95.1106	125.42 ± 5.62	0.0465919 ± 0.0000737	0.00067461 ± 0.00012392
1H 1.60 W	0.651213	81.4768	1312.794	0.2596406	87.10	74.3630	129.04 ± 5.83	0.0493391 ± 0.0001490	0.00043207 ± 0.00013639
1I 1.80 W	0.569747	21.2800	1164.622	0.0507229	87.25	66.7119	127.66 ± 4.40	0.0499830 ± 0.0001354	0.00042687 ± 0.00010401
1J 2.00 W	1.222574	61.7602	887.132	0.0000000	70.85	62.4044	104.63 ± 9.98	0.0498410 ± 0.0001798	0.00097644 ± 0.00023292
1K 2.20 W	1.370295	48.9399	1554.835	0.0000000	79.17	93.2239	122.15 ± 4.41	0.0474695 ± 0.0001104	0.00069775 ± 0.00009894
1L 2.40 W	1.932989	150.7505	2521.831	0.0000000	81.38	149.5647	123.44 ± 2.31	0.0482649 ± 0.0000796	0.00062378 ± 0.00005260
1M 2.60 W	1.118954	61.4890	2161.992	0.0000000	86.62	125.5059	126.03 ± 3.52	0.0502828 ± 0.0000733	0.00044830 ± 0.00008391
1N 2.80 W	1.194473	93.7725	2463.803	0.1230659	87.35	142.1440	126.78 ± 3.41	0.0503994 ± 0.0001032	0.00042352 ± 0.00008122
1O 3.00 W	0.606064	62.9469	1685.361	0.1189206	90.30	93.5145	131.64 ± 4.43	0.0501077 ± 0.0000988	0.00032475 ± 0.00010540
1P 3.50 W	1.198067	101.7089	2598.527	0.1263634	87.90	148.5401	127.91 ± 2.01	0.0502478 ± 0.0000507	0.00040528 ± 0.00004794
1Q 4.00 W	1.287637	30.7174	1883.025	0.1639400	83.05	111.6714	123.45 ± 1.78	0.0492512 ± 0.0000484	0.00056790 ± 0.00004138
1R 4.50 W	0.993732	48.4899	1914.118	0.1265021	86.58	108.2050	129.30 ± 3.00	0.0489450 ± 0.0000510	0.00044950 ± 0.00006977
1S 5.00 W	-0.05905988	-13.66412612	904.399	0.1607623	101.98	43.3860	151.42 ± 7.10	0.0489259 ± 0.0001429	-0.00006660 ± 0.00016682
Amostra 14 J=0.00419000 ± 0.00002000									
1A 0.20 W	1.4063966	-29.90	0.0000000	30.70	3.7035	184.127	342.18 ± 70.73	0.0061754 ± 0.0001974	0.00234510 ± 0.00023338
1B 0.40 W	1.7097951	47.8402	0.2904098	57.51	29.6656	683.986	166.76 ± 11.24	0.0249452 ± 0.0001154	0.00143773 ± 0.00013698
1C 0.60 W	0.4049084	23.2776	0.1988340	85.89	32.7627	728.204	161.02 ± 10.91	0.0386419 ± 0.0001813	0.00047757 ± 0.00020543
1D 0.80 W	0.7219864	77.0535	0.0000000	87.61	76.3778	1508.387	143.77 ± 4.56	0.0443610 ± 0.0000637	0.00041934 ± 0.00009783
1E 1.00 W	0.2371445	47.0577	0.1408251	94.78	65.7731	1273.696	141.08 ± 3.43	0.0489466 ± 0.0000994	0.00017648 ± 0.00008073
1F 1.20 W	0.1948665	83.1635	0.0000000	96.92	90.8229	1815.011	145.41 ± 5.47	0.0485011 ± 0.0000840	0.00010406 ± 0.00012819
1G 1.40 W	0.5892377	125.3805	0.0879155	93.44	133.8901	2483.389	135.34 ± 1.99	0.0503818 ± 0.0000528	0.00022173 ± 0.00004803
1H 1.60 W	0.3756085	293.3126	0.0121211	97.15	209.1022	3784.031	132.17 ± 1.83	0.0536844 ± 0.0000444	0.00009643 ± 0.00004722
1I 1.80 W	-0.3630593	70.1323	0.1207640	106.33	92.3048	1800.051	142.03 ± 4.58	0.0545289 ± 0.0000591	-0.000214477 ± 0.00012071
1J 2.00 W	-0.6005842	1.0125	0.6392836	120.55	46.9275	1040.803	160.69 ± 9.53	0.0543564 ± 0.0001571	-0.00069566 ± 0.00025271
1K 2.20 W	-0.3629095	37.0256	0.4108886	115.40	37.9741	803.183	153.55 ± 14.08	0.0545649 ± 0.0002547	-0.000521464 ± 0.00037308
1L 2.40 W	-0.4551913	68.6595	0.0000000	117.69	40.9242	894.491	158.46 ± 7.93	0.0538489 ± 0.0001605	-0.00059895 ± 0.00020776
1M 2.60 W	-0.3294818	86.0842	0.0000000	107.91	66.3730	1327.408	145.52 ± 9.67	0.0539598 ± 0.0001565	-0.000267861 ± 0.00025227
1N 2.80 W	-0.4067582	49.6311	0.2940189	114.33	45.2588	958.704	153.77 ± 8.43	0.0539755 ± 0.0001778	-0.000485098 ± 0.00022082
1O 3.00 W	-0.3129798	16.7864	0.4704368	116.34	30.8981	658.232	154.61 ± 15.18	0.0546147 ± 0.0002200	-0.000553216 ± 0.00040296
1P 3.50 W	-0.4924752	99.6693	0.0184173	122.94	34.4608	779.832	163.81 ± 10.85	0.0543285 ± 0.0002201	-0.000776401 ± 0.00028786
1Q 4.00 W	-0.3269482	99.5914	0.2208452	111.89	43.9367	908.993	150.33 ± 11.39	0.0540840 ± 0.0001739	-0.000402457 ± 0.00029876
1R 4.50 W	-0.2979345	118.2036	0.4604219	112.24	37.9123	807.278	154.54 ± 4.88	0.0527118 ± 0.0001830	-0.000414236 ± 0.00012443
1S 5.00 W	-0.2762711	99.7570	0.0286421	120.68	20.8984	476.255	164.92 ± 18.69	0.0529587 ± 0.0002671	-0.0007001 ± 0.00048380

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

As análises de Ar-Ar são muito sensíveis às interferências das fases minerais presentes na rocha, assim como seus produtos de alteração. As perturbações nos espectros de Ar mostrados nos gráficos como o *step* J da amostra 8 e os dados abaixo do background da amostra 14 devem-se provavelmente à presença de fases alteradas como minerais hidratados nas amostras, como e o caso da olivina alterando-se para iddingsita (Figura 4). Esta perturbação se reflete ainda na ligeira discrepância entre as idades *plateau* e de isócrona inversa, pois os métodos de idade *plateau* e de isócrona inversa possuem sensibilidades diferentes quanto às fases gasosas liberadas, sendo o método de isócrona inversa mais sensível a variações, já que nele pode se discriminar a influência da incorporação de argônio atmosférico (Kuiper, 2002).

As idades encontradas constam sumarizadas na tabela 2, e ainda que haja uma ligeira discrepância entre as idades *plateau* e isócrona inversa, seus valores indicam que as rochas estudadas neste trabalho realmente estão no mesmo contexto geodinâmico das demais rochas Cretáceas que compõem a LIP Paraná- Etendeka (Tabela 3). Idades Ar-Ar de 156-144 Ma (Guedes et al. 2016) encontradas nos diques NNW de Resende-Ilha Grande (RJ), correspondentes ao prolongamento sul do braço oeste do enxame Transminas, revelam que a atividade magmática regional teria se iniciado ainda no fim do Jurássico.

As características petrográficas dos diques do enxame Transminas e Serra do Mar são as mesmas dos demais diques dos enxames eocretáceos Florianópolis, Ponta Grossa e Vitória-Colatina descritos por Coutinho (2008), e se assemelham às feições mineralógicas dos basaltos Serra Geral descritos por Bellieni et al. (1984).

Tabela 2: Sumário das idades *plateau* e isócrona inversa para os diques máficos mesozoicos de Minas Gerais (P= Probabilidade estatística. MSWD= *mean square weighted deviation*).

Amostra	Material	Idade <i>Plateau</i>				Idade de Isócrona Inversa		
		Ma $\pm 2\sigma$	MSWD	P %	³⁹ Ar liberado %	Ma $\pm 2\sigma$	MSWD	P %
8	Rocha Total	124.56 \pm 2.15	1.96	6	53.7	131.92 \pm 3.63	0.67	67
14	Rocha Total	135.72 \pm 4.35	12.46	0	50.4	128.43 \pm 8.46	3.21	2

Tabela 3: Sumário das idades da LIP Paraná- Etendeka e seus diques máficos associados, disponíveis na literatura.

Magmatismo	Idade/Método	Referência
Paraná-Etendeka	135 - 133 Ma/ U-Pb	Pinto et al., 2010
Ponta Grossa	134 Ma/ K-Ar/Ar-Ar	Tomba, 2012
Florianópolis	134 Ma/U-Pb,	Florisbal et al., 2011
Serra do Mar	134 Ma /K-Ar/Ar-Ar	Tomba, 2012
Vitoria-Colatina	128-136 Ma/Ar-Ar	Novais et al., 2003;
Transminas	127 Ma K-Ar; 130Ma/Ar-Ar.	Pinese, 1997; Rosset et al., 2007.

A disposição espacial dos enxames de diques máficos associados à LIP Paraná-Etendeka mostrada na figura 2 remete ao padrão radial de instalação de diques máficos após o domeamento crustal pela ação de pluma mantélica conforme o esquema da figura 1, sendo sugestivo que o mecanismo gerador desta província ígnea se deu a partir da ação da pluma mantélica termal Tristão da Cunha (Figura 6) quando o supercontinente Gondwana derivou por sobre ela, conforme advogam White & McKenzie ,(1989), Renne et al. (1992), O'Connor et al., (1990), Harry et al. (1992), Valente et al.(2007, 2009) e Chaves (2014).

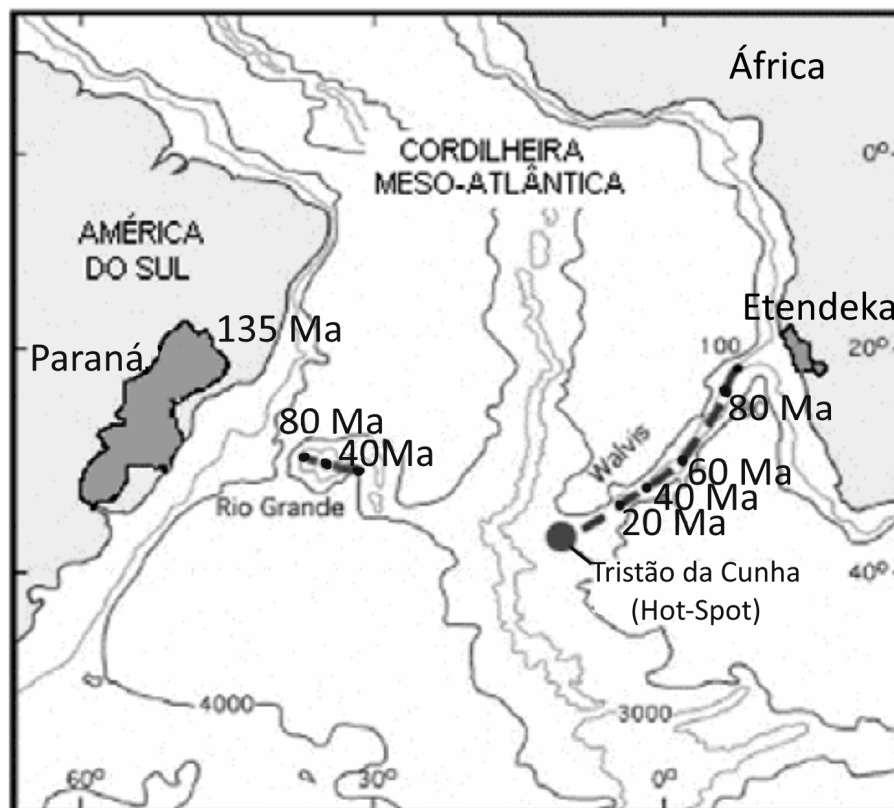


Figura 6: Configuração atual da LIP Paraná-Etendeka e posição do Hot-Spot Tristão da Cunha com as idades nos autos do Rio Grande e Walvis, indicando idades decrescentes em direção ao *Hot-Spot*. (White e McKenzie, 1989 modificado)

Entretanto, o modelo de gênese desta LIP ainda é tema de discussão, visto que alguns autores como Marques (2001) e Ussami et al. (2012) defendem que o processo magmático se deu por delaminação do manto litosférico subcontinental, englobado por células convectivas ascendentes do manto sublitosférico subjacente em níveis astenosféricos pouco profundos. Estes fenômenos teriam ocorrido durante um estágio avançado de rifteamento do supercontinente Gondwana.

AGRADECIMENTOS

Ao colegiado de pós-graduação do Instituto de Geociências IGC/UFMG pelo apoio financeiro e a Petrobras pela bolsa do programa Petrobras de formação de recursos humanos (PFRH). Em especial, os autores agradecem à Prof^a. Maria Helena Bezerra Maia de Hollanda pela execução das análises geocronológicas Ar-Ar e discussões sobre o artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Belliemi, G.; Comin-Chiaramonti, P.; Marques, L.S.; Melfi, A.J., Piccirillo, E.M., Nardy, A.J.R.; Roisenberg, A., 1984. High and low-Ti flood basalts from the Paraná plateau (Brazil): petrology and geochemical aspects bearing on their mantle origin. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 150, 272-306

Borges, A.J. 2011. Magnetometria – derivada vertical – Minas Gerais. Disponível em <http://lagf.org/2012/proceeding/Andr%C3%A9%20Vaz%20de%20Melo%20Fran%C3%A7a.pdf> – consulta em Fev/2015.

Chaves, A.O. & Neves, J.M.C. 2005. Radiometric ages, aeromagnetic expression, and general geology of mafic dykes from southeastern Brazil and implications for African-South American correlations. *J. South Amer. Earth Sci.*, **19**, 387-397.

Chaves, A.O. 2013. Enxames de diques máficos de Minas Gerais – o estado da arte. *Geonomos*, **21**(1), 29-33.

Chaves, A.O. 2014. Petrografia e litoquímica do enxame de diques máficos eocretáceos Transminas (Minas Gerais, Brasil): implicações geodinâmicas. *Comunicações Geológicas* (2014) 101, Especial I, 163-167.

Corval, A. 2005. Petrogênese das suítes basálticas toleíticas do Enxame de Diques da Serra do Mar nos setores central e norte do estado do Rio de Janeiro. MS Dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 92p.

Corval, A. V. 2009. Petrogênese e contexto geodinâmico das suítes basálticas toleíticas (de alto-TiO₂ e baixo-TiO₂) do Cretáceo Inferior da formação centro-oriental do enxame de diques da Serra do Mar. Phd Tesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 188p.

Coutinho, J.M.V., 2008. Dyke Swarms of the Paraná Triple Junction, Southern Brazil. *Geologia USP - Série Cient.*, **8**(2), 29-52.

Dutra, T. 2006. Petrogênese dos basaltos de baixo-TiO₂ do Enxame de Diques da Serra do Mar na Região dos Lagos, RJ. MS Dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 111p.

Dussin, T.M.; Dussin, I.A.; Charvet, J. & Bonhomme, M.G. 1995. K-Ar Chronology of mesozoic dyke swarm from Southern Espinhaço Region (SE Brazil). *J. South Amer. Earth Sci.*, **8** (1):47-54.

Florisbal L.M.; Janasi V. M.; Heaman L.M.; Nardi L. V. S.; Bitencourt M.F. 2011. O enxame de diques Florianópolis na região de Garopaba, SC: Idade U-Pb TIMS em Badeleita e relação com vulcanismo Serra Geral. In 5º Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados, Resumos.

Guedes E.; Heilbron M.; Valeriano C.M.; Almeida J. C. H.; Szatmari P. 2016. Evidence of Gondwana early rifting process recorded by Resende-Ilha Grande Dike Swarm, southern Rio de Janeiro Brazil. *J. South Amer. Earth Sci.*, **67**:11-24.

Halls, H.C. & Fahrig, W.F. (Eds.), 1987. Mafic Dyke Swarms. Geological Association of Canada. Special Paper, 34.

Heilbron, M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Campos Neto, M.C.; Silva, L.C.; Trow, R.A.J.; Janasi, V.A. 2004. Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R.; Brito-Neves, B.B. (eds.), *Livro Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Editora Beca, São Paulo, p. 203-234.

Harry, D.L & Sawyer, D.S. 1992. Basaltic Volcanism, mantle plumes, and the mechanics of rifting: The Paraná flood basalt province of South America. *Geology*, **20**: 207-210.

Kuiper Y.D. 2002. The interpretation of inverse isochron diagrams in ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronology. *Earth and Planetary Science Letters* **203**: 499-506

Marques, L.S. 2001. Geoquímica dos diques toleíticos da costa sul-sudeste do Brasil: contribuição ao conhecimento da Província Magmática do Paraná. Tese (livre-docência), Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 86 p.

Novais L.C.C.; Teixeira L. B.; Rodarte J. B. M.; Almeida J; C. H.; Valeriano C.M. 2003. Novas ocorrências de diques de diabásio na faixa Colatina-ES: estruturas rúpteis associadas e implicações tectônicas para as bacias de Campos e Espírito Santo. Boletim de Geociências da Petrobras **12**(1): 191-194.

O'Connor, J.M. & Duncan, A.R. 1990. Evolution of the Walvis Ridge-Rio Grande Rise hot Spot System: Implication for African and South American Plate Motions Over Plumes. Journal of Geophysical Research. **95** (B11): 17475-17502.

Oliveira, E.P. & Montes, M.L. 1984. Os enxames de diques máficos do Brasil. SBG, Anais do 33º Congresso Brasileiro Geologia, Rio de Janeiro-RJ., IX :4137-4154.

Pinese, J.P.P. 1997. Geologia, geoquímica isotópica e aspectos petrológicos dos diques máficos pré-cambrianos da região de Lavras (MG), porção sul do Cráton do São Francisco. Phd Tesis, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 178 p.

Pinto V.M.; Hartmann L.A.; Santos J.O.S.; McNaughton N. J.; Wildner W. 2010. Zircon U–Pb geochronology from the Paraná bimodal volcanic province support a brief eruptive cycle at ~135Ma. Chemical Geology **281**: 93-102.

Renne, P.R; Ernesto, M.; Pacca, I.G.; Coe, R.S; Glen, J.M.; Prévot, M. & Perrin, M. 1992. The age of Paraná flood volcanism, rifting of Godwanaland, and the Jurassic-Cretaceous Boundary. Science, **258**: 975-978

Renne P. R.; Mundil R.; Balco G.; Min K.; Ludwig K. R. 2010. Joint determination of 40K decay constants and 40Ar*/40K for the Fish Canyon sanidine standard and improved

accuracy for $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology. *Geochemistry and Cosmochemistry Acta*, 74: 5349-5367)

Rocha, L. G. M., 2013. Caracterização magnética da porção central do lineamento azimuthal 125°. 166 p., il. Phd Tesis, Universidade de Brasília, Brasília.

Rosset, A.; De Min, A.; Marques, L.S.; Macambira, M.J.B.; Ernesto, M.; Renne, P.R.; Piccirillo, E.M., 2007. Genesis and geodynamic significance of Mesoproterozoic and Early Cretaceous tholeiitic dyke swarms from the Sao Francisco Craton (Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 24, 69-92.

Schmitt, R.S.; Trouw, R.A.J.; Van Schmus, W.R.; Pimentel, M.M. 2004. Late amalgamation in the central part of West Gondwana: new geochronological data and the characterization of a Cambrian collisional orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil). In: *Precambrian Research*, 133: 29-61.

Silva A. M.; Chemale F.; Kuyumjian 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.

Tomba, C.L.B., 2012. Análise estrutural dos enxames de diques máficos eocretáceos do Sul-Sudeste do Brasil. MS Dissertation. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. 133 p.

Ussami, N.; Chaves, C. A. M.; Marques, L. S.; Ernesto, M., 2012. Origin of the Rio Grande Rise-Walvis Ridge reviewed integrating palaeogeographic reconstruction, isotope geochemistry and flexural modelling. *Geological Society, London, Special Publications*, 369(1), 129-146.

Valente, S.C. 1997. Geochemical and isotopic constraints on the petrogenesis of the Cretaceous dykes of Rio de Janeiro, Brazil. Phd Tesis, The Queen's University of Belfast, 366p.

Valente, S. C.; Corval, A.; Duarte, B. P.; Ellam, R. B.; Fallick, A. E.; Meighan, I. G.; Dutra, T. 2007. Tectonic boundaries, crustal weakness zones and plume-subcontinental lithospheric mantle interactions in the Serra do Mar Dyke Swarm, SE Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **37**, 194-201.

Valente S.C.; Dutra T.; Heilbron M.; Corval A.; Szatmari P. 2009 Litogeoquímica de diques de diabásio da faixa Colatina, ES. *Geochimica Brasiliensis* , **23**(2) p 177-192.

White, R.S.; McKenzie, D., 1989. Magmatism at rift zones: the generation of volcanic continental margins and flood basalts. *Journal of Geophysical Research*, **94**, 7685–7729.

ARTIGO-2: PETROGRAFIA E LITOQUÍMICA DE DIQUES MÁFICOS MESOZÓICOS E CAMBRIANOS(?) DE MINAS GERAIS: COMPARAÇÕES COM BASALTOS DA PROVÍNCIA PARANÁ-ETENDEKA E COM DIQUES CAMBRIANOS DA SUÍTE FUNDÃO

INTRODUÇÃO

A província ígnea Paraná-Etendeka, de idade U-Pb entre 135 e 133 Ma (Pinto et al., 2011), é uma das grandes províncias ígneas gigantes do mundo (Large Igneous Provinces-LIP's). Ela representa o intenso evento magmático relacionado à ruptura e dispersão da parte ocidental do supercontinente Gondwana durante o Cretáceo. Esta LIP ocupa o sul, centro-oeste e sudeste brasileiro, parte da Argentina e Uruguai (Paraná) e, com menor volume de material magmático, parte da Namíbia e Angola (Etendeka). White e McKenzie (1989) sugeriram que a pluma mantélica Tristão da Cunha é a responsável pela anomalia termal que levou à ruptura local do referido supercontinente (figura 1B), gerando a abertura do Oceano Atlântico Sul. As rochas basálticas deste magmatismo são um importante marcador stratigráfico para as bacias marginais brasileiras produtoras de petróleo, sendo estas rochas o embasamento dos estratos de potencial econômico das bacias de Campos e Santos, por estarem associadas à base da camada Pré-Sal (Winter et al. 2007; Moreira et al. 2007). Nestes sistemas petrolíferos são consideradas boas rochas selantes, e em alguns casos, como reservatórios não convencionais de petróleo.

No continente sul-americano, as rochas que compõem a LIP Paraná-Etendeka ocorrem como extensos campos de lavas basálticas, com riolitos e riodacitos subordinados da Formação Serra Geral e diques máficos associados (Fig. 1A).

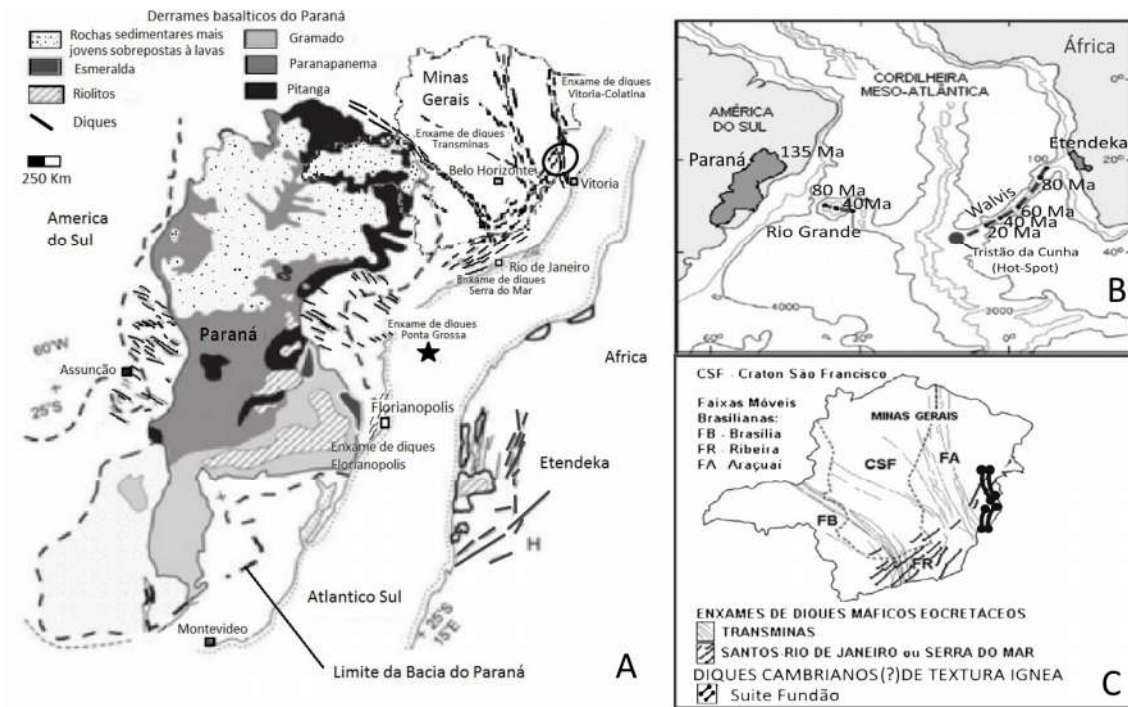


Figura 1: (A) - Paleogeografia da LIP Paraná-Etendeka e seus diques máficos mesozóicos associados no panorama da abertura inicial do Oceano Atlântico Sul. A estrela representa a possível posição da cabeça da pluma mantélica (Peate et al 1992 modificado) diques máficos cambrianos de textura ígnea da Suíte Fundão estão localizados na figura pela elipse. (B) - Configuração atual da LIP Paraná-Etendeka e posição do Hot-Spot Tristão da Cunha (White e McKenzie, 1989). (C) – Detalhe dos diques máficos cretáceos de Minas Gerais e os possíveis diques cambrianos (Chaves, 2014, modificado).

Petrograficamente, as rochas basálticas da LIP Paraná-Etendeka são holo ou hipocrystalinas afaníticas, de coloração cinza, com tons esverdeados e avermelhados, textura intergranular a intersertal (presença de vidro), às vezes vesiculares e amigdaloidais. Seus constituintes minerais são plagioclásio, piroxênio (augita e pigeonita) e olivina. Magnetita, ilmenita, sulfetos e apatita são minerais acessórios (Bellieni et al., 1984). Litoquimicamente, são basaltos toleíticos e Peate et al. (1992) definem 6 tipos magmáticos para os derrames basálticos da LIP Paraná-Etendeka. Peate (1997) agrupa os tipos de magma levando em consideração não apenas a quantidade de titânio, mas outras similaridades geoquímicas como as razões Ti/Zr , Ti/Y e Zr/Y . Desta forma, os tipos magmáticos foram agrupados, por este autor, do seguinte modo: compondo o grupo dos basaltos de alto titânio (*High Titanium Basalts* - HTiB), estão os tipos magmáticos Ribeira, Paranapanema, Pitanga e Urubici; compondo o grupo dos basaltos de baixo titânio (*Low Titanium Basalts* - LTiB), estão os tipos magmáticos Gramado e Esmeralda. A tabela 1 apresenta estes tipos magmáticos e suas características.

Tabela 1: Tipos magmáticos da LIP Paraná-Etendeka e suas características litoquímicas (Peate, 1997).

Índice	Baixo titânio (LTiB)		Alto titânio (HTiB)			
	Gramado	Esmeralda	Ribeira	Pitanga	Parapanema	Urubici
TiO ₂	≤ 2%	2%	≤ 2%	~2%	2-3%	>3%
Ti/Y	<310	<310	>310	>350	>330	>500
Ti/Zr	<70	>60	>65	>60	>60	>57
Zr/Y	3,5-6,5	2,0-5,0	3,5-7,0	>5,5	4,0-7,0	>6,5
Sr/Y	<13	<9	5,0-17	>14	4,5-15	>14
Ba/Y	<19	<12	6,0-19	>14	5,0-19	>14

Também mostrados na figura 1A, os diques máficos da LIP Paraná-Etendeka se agrupam nos enxames Ponta Grossa (134 Ma - idade média de dados K-Ar/Ar-Ar da literatura calculada por Tomba, 2012), Serra do Mar (134 Ma – idade média de dados K-Ar/Ar-Ar da literatura calculada por Tomba, 2012; 124 Ma, Ar-Ar, Coelho et al 2016 submetido), Transminas (130 Ma, Ar-Ar, Rosset et al., 2007; 135 Ma, Ar-Ar, Coelho et al 2016 submetido), Florianópolis (134 Ma, U-Pb, Florisbal et al., 2011) e Vitoria-Colatina (128-136 Ma, Ar-Ar, Novais et al., 2004).

O enxame Serra do Mar é pobremente descrito em Minas Gerais e poucos trabalhos da literatura descrevem a sua petrografia e litoquímica (Silva et al. 1995, Pinese 1997). Já os diques do enxame Transminas foram preliminarmente investigados neste ponto de vista por Chaves (2014). Os diques destes enxames aflorantes em Minas Gerais (figura 1C) são os objetos de estudo do presente trabalho e guardam semelhanças com as rochas básicas de textura ígnea preservada dos demais enxames de diques e derrames basálticos da LIP Paraná-Etendeka.

No Estado do Espírito Santo, há uma série de lineamentos estruturais de direção NNW chamados de Feixe de Fraturas Colatina (Belém, 2014), “Alinhamento Vitória-Ecoporanga” (Silva et al. 1987) ou “Faixa Vitória-Colatina” (Novais et al. 2004). Ao longo destes lineamentos são encontrados os diques cretáceos Vitória-Colatina, contendo olivina (Novais et al. 2004). Ao Feixe de Fraturas Colatina, associam-se outros diabásios de textura fanerítica fina, mineralogicamente compostos por plagioclásio, orto e clinopiroxênio, sem olivina e com assinatura toleítica. Aparentemente, estes diques afloram com maior frequência nas proximidades das cidades de Santa Teresa e Fundão do referido Estado. Estes diques, denominados Suíte Fundão por Belém (2014), foram datados pelo método U-Pb por esta

autora entre 520 e 490 Ma. Durante a execução do presente trabalho, foram encontrados no leste de Minas Gerais diques máficos com características petrográficas e litoquímicas muito semelhantes às dos diques da Suite Fundão descritas por Belém (2014).

O objetivo deste trabalho é apresentar os dados petrográficos e litoquímicos dos enxames de diques Transminas e Serra do Mar do Cretáceo, bem como dos possíveis diques cambrianos da Suíte Fundão, todos eles investigados em Minas Gerais. Estes dados serão confrontados entre si na busca de serem estabelecidas conexões geológicas dos diques cretáceos de Minas Gerais com as demais rochas máficas da LIP Paraná-Etendeka, bem como as possíveis correlações entre os diques da Suite Fundão e os similares do leste de Minas Gerais. Apesar de todos estes diques apresentarem texturas ígneas, o presente trabalho pretende demonstrar as diferenças petrográficas e litoquímicas entre aqueles do Cretáceo e aqueles do Cambriano.

Contexto Geológico

O Estado de Minas Gerais é cortado por diversas gerações de diques máficos, que datam desde o Paleoproterozoico ao Cretáceo (Chaves, 2013), destacando se notavelmente por imagens magnetométricas conforme apresentado na figura 2. Os representantes do magmatismo cretáceo em Minas Gerais são os diques máficos Transminas e Serra do Mar e, possivelmente, do cambriano são os diques da Suíte Fundão.

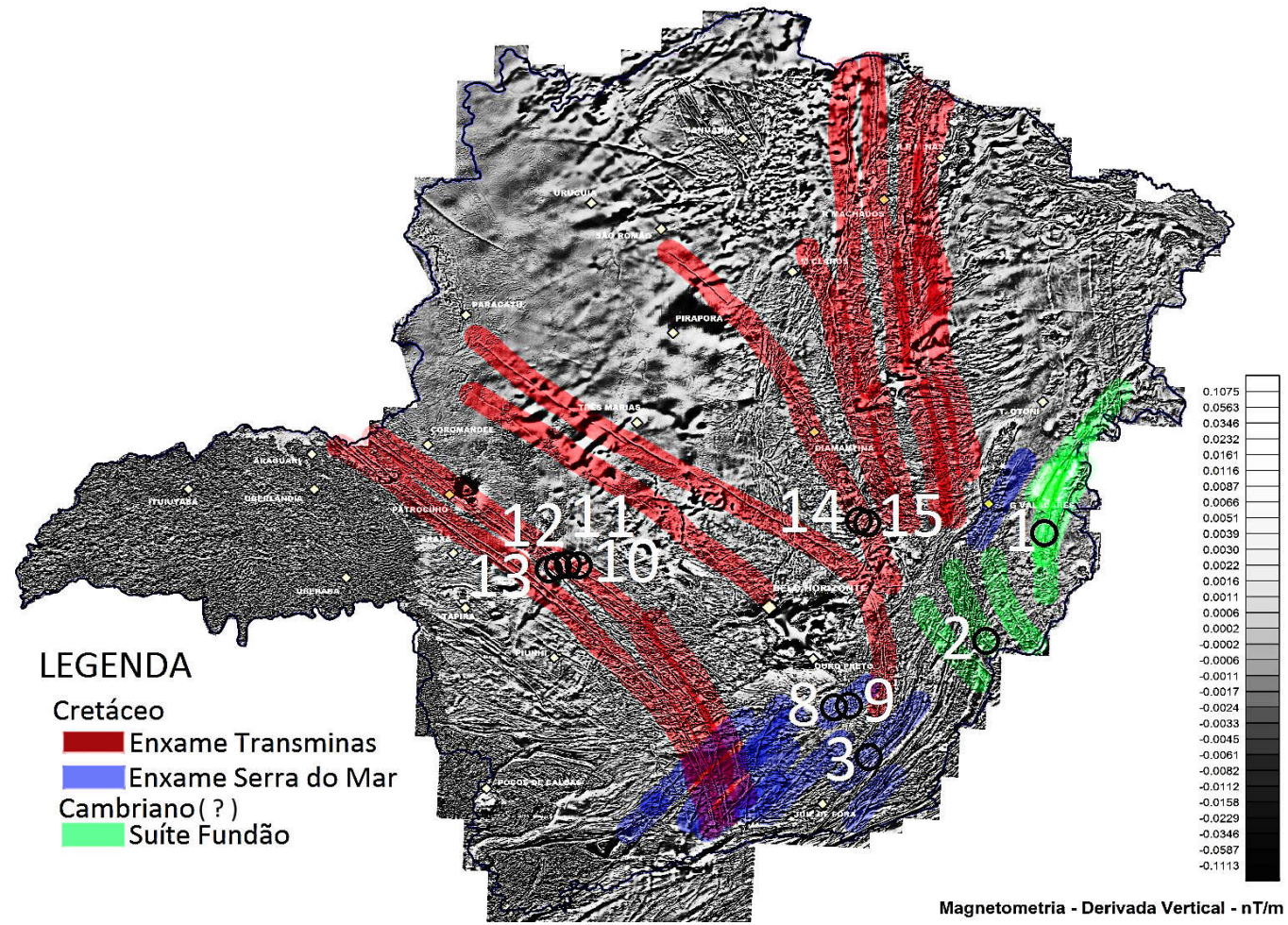


Figura 2: Mapa magnetométrico do Estado de Minas Gerais, destacando os lineamentos que correspondem aos diques máficos cretáceos e cambrianos. Símbolos indicam os pontos de coletas das amostras (Borges, 2011, modificado).

Os diques Serra do Mar intrudem rochas do Orógeno Ribeira (Heilbron et al., 2004, Schmitt et al., 2004) de idade Neoproterozoico/Cambro-Ordoviciano e rochas Arqueano/Paleoproterozoicas do extremo sul do Cráton São Francisco (Figuras 1C), com direção predominante NE. Valente (1997), Corval (2009) e Dutra (2006) mostraram que as rochas que constituem este enxame no Estado do Rio de Janeiro são compostas, essencialmente, por plagioclásio, clinopiroxênio e olivina. Litoquimicamente, os diques Serra do Mar são basaltos toleíticos que podem ser divididos em suítes de alto titânio e baixo titânio indicando semelhanças com os basaltos da LIP Paraná-Etendeka (Corval, 2005). Nos trabalhos de mapeamento do Projeto Leste de Minas (MG), Tuller (2000), Oliveira (2000) e Noce (2007) atribuem idades juro-cretáceas a estes diques, os quais possuem escassa caracterização petrográfica e, até o momento, não foram caracterizadas quanto a sua litoquímica.

O enxame denominado Transminas (Chaves & Neves, 2005, Chaves, 2013) atravessa todo o Estado de Minas Gerais e parte do estado de Goiás (Rocha, 2013), com direções NW e NNW para seus diques, os quais alcançam mais de 850 km de extensão. Eles atravessam o Cráton do São Francisco e suas coberturas pré-neocretáceas, como também as Faixas Móveis brasileiras Brasília, Ribeira e Araçuaí (Figura 1C). Suas rochas são diabásios com textura ofítica a subofítica. Quanto aos constituintes minerais, possuem plagioclásio, clinopiroxênio, olivina (em substituição para iddingsita), ilmenomagnetita e apatita. Litoquimicamente, de acordo com Chaves (2014), os diques Transminas são basaltos toleíticos intra-placa de alto-titânio.

Próxima ao Estado de Minas Gerais, a Suíte Fundão descrita por Belém (2014) no Estado do Espírito Santo é composta por um conjunto de diques máficos inseridos no feixe de fraturas Vitória-Colatina que, embora possam mostrar inflexão para outras direções, possuem direção principal NNW-SSE. Petrograficamente são basaltos, diabásios e gabros de composição mineral muito uniforme. As rochas destes diques apresentam, em geral, matriz inequigranular predominantemente constituída por cristais subédricos de plagioclásio, ortopiroxênio e clinopiroxênio. Apatita, zircão e minerais opacos (ilmenita e magnetita) são acessórios. Vidro e óxidos de Fe-Mg-Ti ocorrem nos interstícios entre os cristais de plagioclásio e piroxênio. Litoquimicamente são rochas que classificam-se como basalto e andesito basáltico toleíticos de baixo Ti, de médio e baixo potássio. De idade entre 520 Ma e 490 Ma, originaram-se de

fontes mantélicas enriquecidas, com marcante contribuição de componentes litosféricos (Belém 2014).

METODOLOGIA

Foram coletadas amostras em campo e, dentre elas, selecionadas 11 de diferentes enxames de diques, sendo 3 do enxame Serra do Mar, 6 do enxame Transminas e 2 da Suíte Fundão em Minas Gerais (Fig. 2) onde as coordenadas constam na tabela 2.

Tabela 2: Coordenadas dos pontos de amostragem

Amostra	Lat.	Long.	Enxame
1	-19.13217	-41.41803	Suíte Fundão
2	-20.11844	-41.93525	Suíte Fundão
3	-21.31036	-42.83744	Serra do Mar
8	-20.95425	-43.37305	Serra do Mar
9	-20.95642	-43.37268	Serra do Mar
10	-19.56095	-45.84152	Transminas
11	-19.56361	-45.86311	Transminas
12	-19.56667	-45.88333	Transminas
13	-19.60000	-45.91667	Transminas
14	-19.46462	-43.10954	Transminas
15	-19.53137	-43.07169	Transminas

Nos laboratórios do Centro de Pesquisas Manoel Teixeira da Costa (IGC/UFMG), foram feitas lâminas delgadas das amostras, as quais foram utilizadas nos estudos micropetrográficos em microscópio polarizador. Também nestes laboratórios, as amostras selecionadas para os estudos litoquímicos foram pulverizadas em moinho de panela e, em seguida, enviadas ao Laboratório SGS-Geosol. Ali, os elementos maiores e cinco elementos traços (Ba, Nb, Sr, Y, Zr) foram analisados por ICP-OES (espectrometria de emissão ótica e plasma acoplado indutivamente). Ni, Rb, U, Th, Ta, Hf e elementos terras-raras foram analisados por ICP-MS (espectrometria de massas e plasma acoplado indutivamente). A perda ao fogo ocorreu por diferença de peso após aquecimento a 1000°C.

Para a comparação entre as rochas cambrianas, foram escolhidas amostras da Suíte Fundão estudadas por Belém (2014) no Espírito Santo, datadas pelos métodos U-Pb (amostras JB8-1, JB14-1 e JB20c). Para comparação com as rochas do Cretáceo, foram escolhidas as rochas de alto titânio da LIP Paraná-Etendeka disponíveis em Peate (1997) (amostras DUP35: tipo Urubici e CB1110: Tipo Pitanga)

RESULTADOS

Petrografia

Macroscopicamente, as rochas do enxame Serra do Mar, Transminas e Suíte Fundão em Minas Gerais são bastante semelhantes e correspondem a diabásios isotrópicos de granulação fina a muito fina, de cor cinza escuro a cinza esverdeado. Microscopicamente, são rochas holo a hipocristalinas com cristais hipidiomórficos em textura ígnea subofítica que, entretanto, guardam importantes diferenças mineralógicas entre os diques cretáceos e cambrianos.

As rochas dos diques Transminas e Serra do Mar são olivina gabros compostas essencialmente por plagioclásio, clinopiroxênio e olivina. Os cristais de plagioclásio apresentam contato reto entre os grãos e não apresentam um sentido preferencial de orientação, exibindo geminação polissintética segundo a lei da albita. Minerais de alteração como sericita preenchem algumas de suas microfraturas (Fig. 3F). Os cristais de clinopiroxênio mostram cores de interferência de segunda ordem a polarizador cruzado, extinção oblíqua e alguns cristais são maclados (Fig. 3D, 3E, 3F). Estes cristais também apresentam microfraturas e em algumas delas observa-se pequenas ripas de biotita como produto de alteração. Os cristais de olivina, os quais não foram observados nas amostras da Suíte Fundão em Minas Gerais, são pequenos e arredondados, estão em quase sua totalidade substituídos por iddingsita (Fig. 3C e 3F). Os minerais acessórios são os óxidos opacos e apatita. Elas podem apresentar amígdalas preenchidas por clorita e quartzo, além de vestígios de vidro vulcânico (Fig. 3D).

As rochas da Suíte Fundão são gabro noritos compostas essencialmente por ortopiroxênio (mineral que não ocorre nos diques cretáceos), clinopiroxênio e plagioclásio, sem olivina (Fig. 3A e 3B). Os cristais de ortopiroxênio são incolores sob polarizadores descruzados. Sob polarizadores cruzados, são observadas cores de interferência cinza de primeira ordem e extinção paralela. Os clinopiroxênios são rosados sob polarizadores descruzados e mostram extinção oblíqua. Os cristais de plagioclásio não apresentam um sentido preferencial de orientação, exibindo geminação polissintética segundo a lei da albita. Os minerais acessórios são os óxidos opacos, apatita e zircão.

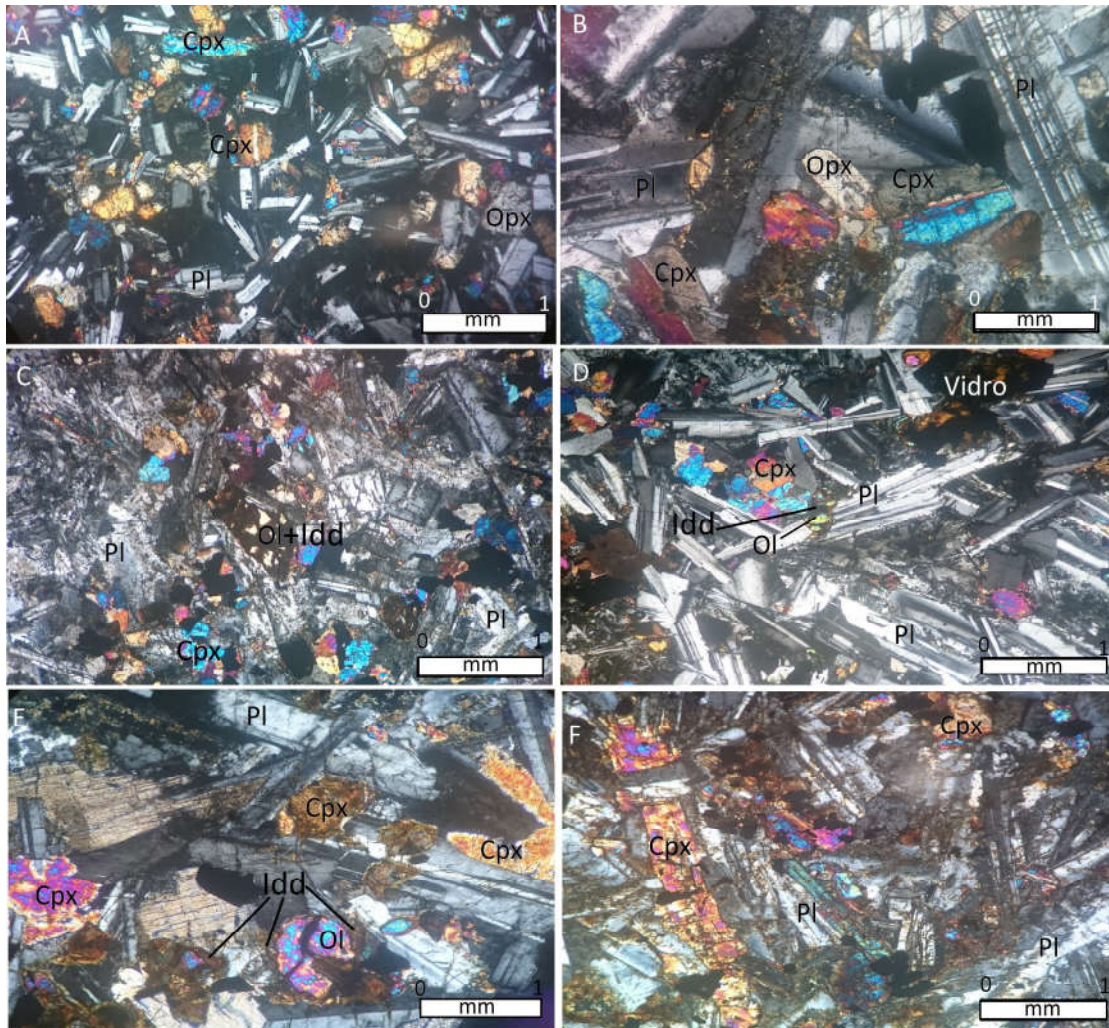


Figura 3: Fotomicrografias das amostras estudadas a polarizador cruzado, A: Amostra 1; B: Amostra 2; C: Amostra 3; D: Amostra 10; E: Amostra 14 e F: Amostra 8. Ol = Olivina, Pl = Plagioclásio, Cpx =Clinopiroxênio, Opx = Ortopiroxênio, Idd = iddingsita.

Litoquímica

As composições químicas dos diques máficos Transminas, Serra do Mar e Suíte Fundão coletadas neste trabalho em Minas Gerais (Figura 2) estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3: Composição química dos diques máficos Transminas, Serra do Mar e da Suíte Fundão. Ferro total expresso como FeOt. Elementos maiores expressos em % peso e elementos traços e terras-raras em ppm. Número de magnésio (Mg#) calculado pela razão molar $[(\text{MgO}/40.31)/(\text{MgO}/40.31+\text{FeOt} \cdot 0.8998/71.85 \cdot 0.85) \cdot 100]$ ¹Amostra de Chaves (2014).

Amostra	Cretáceo									Cambriano	
	Serra do Mar			Transminas						Suíte Fundão	
	8	9	3	15	13	14 ¹	12	11	10	1	2
SiO2	52.51	52.67	50.76	50.35	51.74	50.33	50.38	49.35	50.12	51.84	51.48
TiO2	2.76	2.69	3.22	4.02	3.92	3.47	3.58	3.56	3.41	1.41	1.24
Al2O3	14.53	14.25	13.53	13.22	13.05	13.05	13.95	13.31	13.92	14.93	14.95
FeOt	11.09	10.89	14.73	15.5	15.07	13.93	15.32	15.93	15.46	12.68	12.07
MgO	3.71	3.49	4.4	4.42	4.36	4.65	4.29	4.86	4.61	4.79	5.65
MnO	0.2	0.15	0.2	0.24	0.23	0.22	0.2	0.22	0.21	0.21	0.19
CaO	5.75	5.96	7.7	8.14	8.05	7.91	8.63	9.13	8.7	8.75	9.87
K2O	3.42	3.01	1.88	1.89	1.85	1.72	1.68	1.69	1.63	1.04	0.96
Na2O	3.26	2.97	2.95	2.67	2.65	2.62	2.95	2.92	2.82	2.67	2.45
P2O5	0.83	0.77	0.45	0.69	0.67	0.55	0.42	0.45	0.43	0.15	0.11
LOI	1.81	1.22	0.81	0.39	0.39	0.32	0.46	0.47	0.56	0.31	0.69
Sum	99.87	98.07	100.63	101.54	101.98	98.78	101.87	101.89	101.87	98.77	99.67
#Mg	44	43	41	40	40	44	40	42	41	47	52
Ba	1117	999	642	664	612	545	560	579	552	322	285
Rb	88.6	92.2	43	37.5	37.5	45.9	35.3	37.1	35.6	62.8	25.7
U	1.7	2.18	1.06	1.03	0.98	0.98	0.97	0.97	1.02	1.2	0.61
Th	7.9	10	4.9	5.6	6	4.2	6.8	7.8	10.5	5	3.2
Nb	34	40.54	25.38	25.91	26.37	20.38	23.09	22.99	22.62	12.77	9.89
Ta	2.4	2.78	1.46	1.79	1.78	1.52	1.78	1.84	1.94	0.78	0.52
Sr	714	1006	702	690	684	540	693	809	709	242	274
Zr	347	343	279	273	266	283	276	274	412	106	77
Ni	28	16	54	37	34	81	58	63	62	40	49
Hf	7.84	10.24	6.26	7.15	7.16	6.85	7.28	7.37	10.04	3.08	2.5
Y	32.5	36.67	35.74	38.42	38.83	41.11	36.03	36.58	34.52	28.48	28.04
La	82.1	97.2	37.1	40.1	38.5	46.2	34.6	34.4	36.9	18.2	13.5
Ce	156	198.4	85.2	87.1	87.8	97.1	82.9	83.5	79.6	38.3	31.5
Pr	18.76	23.37	10.3	10.72	10.84	12.36	10.19	10.13	9.72	4.42	3.71
Nd	74.8	93.8	46.6	48.9	49.6	55	46	46.2	43.8	19.9	16.8
Sm	12.6	15.9	9.3	10.2	10.2	11.6	9.5	9.6	9	4.5	3.8
Eu	3.64	4.19	2.83	3.11	3.23	3.4	2.91	3.05	2.8	1.27	1.14
Gd	10.44	12.26	8.9	10.18	10.24	10.94	9.23	9.54	8.83	4.82	4.16
Tb	1.32	1.57	1.25	1.41	1.43	1.38	1.35	1.37	1.3	0.81	0.7
Dy	6.54	8.57	6.8	7.72	7.77	8.62	7.42	7.63	7.07	4.83	4.28
Ho	1.12	1.45	1.27	1.43	1.46	1.52	1.4	1.42	1.35	1	0.91
Er	3.02	3.81	3.35	3.76	3.8	4.24	3.68	3.71	3.52	2.85	2.67
Tm	0.32	0.4	0.45	0.48	0.48	0.52	0.5	0.5	0.47	0.4	0.39
Yb	2.4	3.1	2.7	2.9	2.9	3.3	3.1	3.1	2.9	2.5	2.4
Lu	0.18	0.26	0.38	0.4	0.4	0.25	0.43	0.43	0.4	0.37	0.38
Zr/Y	10,68	9,35	7,81	7,11	6,85	6,88	7,66	7,49	11,94	3,72	2,75
Sr/Y	21,97	27,43	19,64	17,96	17,62	13,14	19,23	22,12	20,54	8,50	9,77
Ba/Y	34,37	27,24	17,96	17,28	15,76	13,26	15,54	15,83	15,99	11,31	10,16

Os diques analisados são em sua maioria basaltos subalcalinos toleíticos, segundo os diagramas Total álcalis x sílica (TAS Le Maitre, 2002 Fig. 4A) e AFM (Fig. 4B). Apenas as amostras 8 e 9 são andesitos traqui-basálticos de caráter alcalino no diagrama TAS. Mostram

#Mg 52 para a amostra relativamente menos evoluída e de 40 para a relativamente mais evoluída.

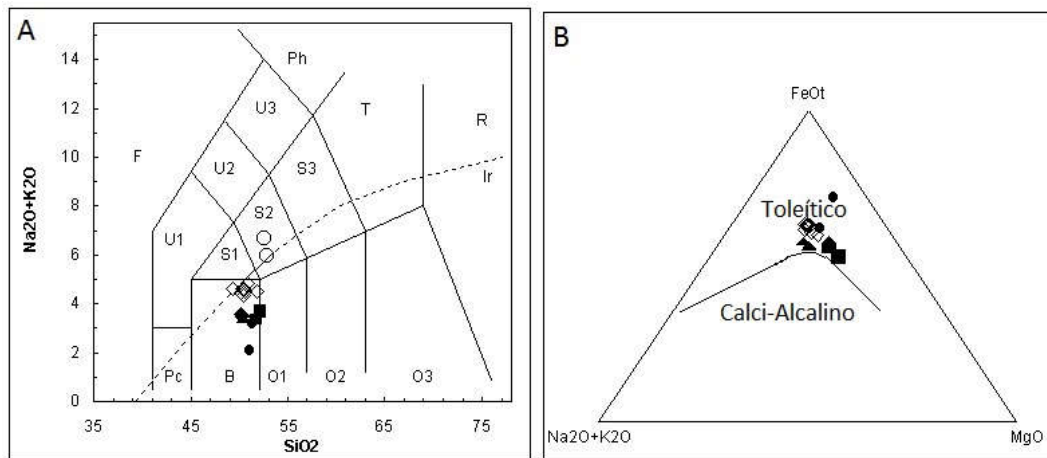


Figura 4: A – Diagrama Total Álcalis versus Sílica (TAS – Le Maitre, 2002). Os diques Transminas e Serra do Mar caem essencialmente no campo dos basaltos -B- e se classificam ainda como subalcalinos. As amostras 8 e 9 do enxame Serra do Mar caem no campo dos andesitos traqui-basálticos alcalinos -S2. Linha tracejada (Ir) de Irvine & Baragar (1971) separa as rochas subalcalinas das alcalinas. B – Diagrama ternário AFM (álcalis-FeOt-MgO – Irvine & Baragar, 1971). Os diques Transminas e Serra do Mar, com exceção das amostras 8 e 9, são toleíticos. Simbologia: Círculos cheios: Toleítos de Alto titânio da LIP Paraná-Etendeka*, Círculos vazios: diques alcalinos Serra do Mar, Losangos abertos: diques toleíticos Serra do Mar e Transminas, Quadrados: Suíte Fundão em Minas Gerais, Triângulos: Suíte Fundão no Espírito Santo**, * Dados de Peate (1997)** Dados de Belém (2014).

As rochas dos diques Transminas e Serra do Mar possuem $TiO_2 > 2\%$ e, portanto, podem ser classificadas como rochas de alto Ti. Já as rochas da Suíte Fundão em Minas Gerais e no Espírito Santo possuem $TiO_2 < 2\%$, sendo assim classificadas como basaltos de baixo Ti.

Nota-se que as rochas do Cretáceo possuem Sr maior que 500 ppm, Ba maior que 550 ppm, Nb maior que 20 ppm, Ta maior que 1 ppm, Hf maior que 6 ppm e Zr maior que 250 ppm. As razões Zr/Y são em média 8,42, Sr/Y são em média 19,96 e Ba/Y são em média 19,25. Já as rochas aparentemente do Cambriano possuem Sr menor que 280 ppm, Ba menor que 330 ppm, Nb menor que 13, Ta menor que 1 ppm, Hf menor que 4 ppm e Zr menor que 110. As razões Zr/Y são em média 3,24, Sr/Y são em média 9,13 e Ba/Y são em média 10,74.

Em termos tectônicos, de acordo com o diagrama Ti-Zr-Y (Pearce & Cann, 1973, Fig. 5A), todas as amostras do enxame Transminas e Serra do Mar são basaltos intra-placa, enquanto que as amostras da Suíte Fundão classificam-se como basaltos de assoalho oceânico. Os dados são reforçados pelo diagrama Ti/Y versus Ni/Y (Pearce, 1982) que classifica as rochas do Transminas e uma parte do Serra do Mar como basaltos toleíticos intra-placa e outra parte das rochas do Serra do Mar como basaltos intra-placa transicionais. Já as amostras da Suíte

Fundão classificam-se como basaltos de assoalho oceânico (mid ocean ridge basalts – MORB ; Fig. 5B).

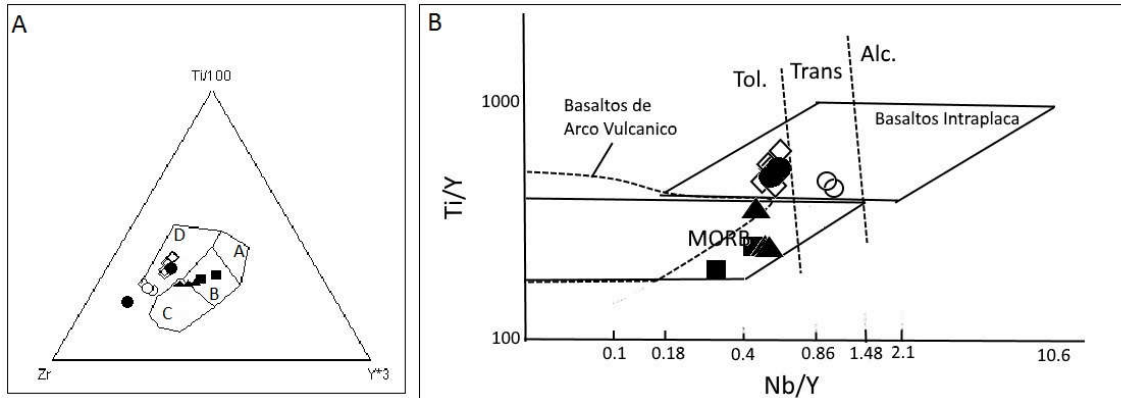


Figura 5: (A) – Diagrama ternário Zr-Ti/100-Y*3 (Pearce & Cann, 1973). Os diques Transminas e parte dos Diques Serra do Mar se classificam como basaltos intra-placa (campo D), e as amostras 1 e 2 no campo dos basaltos de assoalho oceânico (MORB - Campo B). A = toleítos de baixo K, C = basaltos cálcio-alcálicos. (B) - Diagrama Ti/Y versus Ni/Y (Pearce 1982) mostrando que os diques do Transminas são basaltos intra-placa toleíticos, e a diversidade de campos dos diques Serra do Mar. Simbologia: Círculos cheios: Toleítos de Alto titânio da LIP Paraná-Etendeka*, Círculos vazios: diques alcalinos Serra do Mar, Losangos abertos: diques toleíticos Serra do Mar e Transminas, Quadrados: Suíte Fundão em Minas Gerais, Triângulos: Suíte Fundão no Espírito Santo**. * Dados de Peate (1997), ** dados de Belém (2014).

O diagrama de elementos incompatíveis normalizado ao manto primitivo (Sun & McDonough, 1989; Fig. 6A) mostra que o enxame Transminas e o enxame Serra do Mar seguem o padrão OIB (*Ocean island basalts* ou basaltos de ilhas oceânicas). Neste diagrama também foram lançadas amostras dos basaltos de alto Ti da LIP Paraná-Etendeka (amostras DUP35: tipo Urubici e CB1110: Tipo Pitanga; Peate,1997). Observa-se que os padrões de incompatíveis são bastante coerentes entre as amostras lançadas (figura 6A).

As amostras da Suíte Fundão (Fig. 6B) de Minas Gerais são similares àquelas do Espírito Santo, e seguem um padrão entre OIB e E-MORB (*Enriched mid ocean ridge basalts* ou basalto enriquecido de cadeia meso-oceânica), porém com um enriquecimento em *Large Ion Lithophile Elements* (LILE) menos acentuado que aqueles dos diques cretáceos.

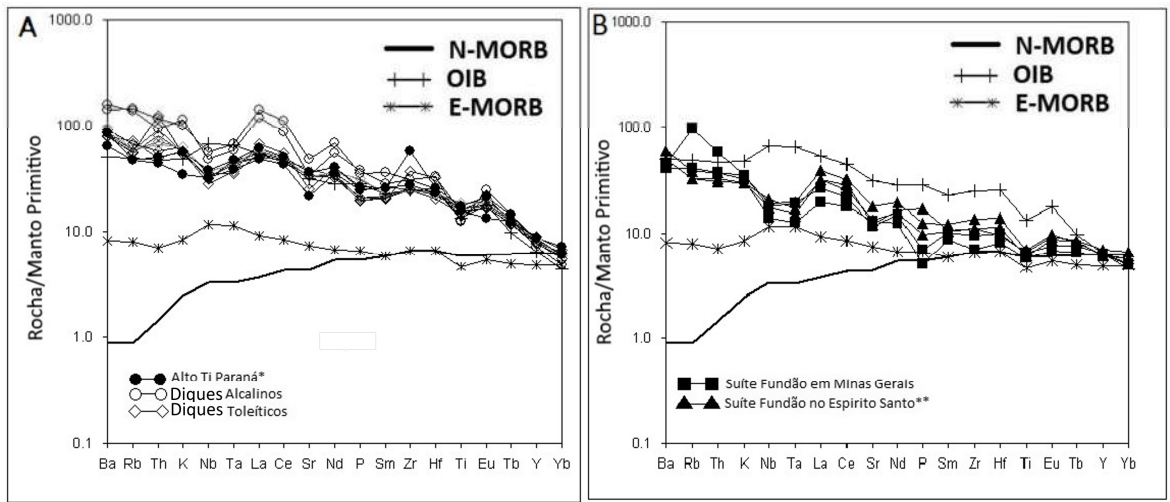


Figura 6: Diagrama multielementar dos elementos incompatíveis normalizados ao manto primitivo (Sun & McDonough, 1989) com as curvas de referencia dos basaltos de ilhas oceânicas (OIB) e basalto normal de cadeia meso-oceânica (N-MORB) e basalto enriquecido de cadeia meso-oceânica (E-MORB) (A) – Rochas do Cretáceo (B) – Rochas cambrianas. Simbologia: Círculos cheios: Toleitos de Alto titânio da LIP Paraná-Etendeka Círculos vazios: diques alcalinos Serra do Mar, Losangos abertos: diques toleíticos Serra do Mar e Transminas, Quadrados: Suíte Fundão em Minas Gerais, Triângulos: Suíte Fundão no Espírito Santo**. * Dados de Peate (1997), ** dados de Belém (2014).

O padrão de elementos terras raras normalizado ao condrito (Sun & McDonough, 1989, Fig. 7) também mostra que as rochas analisadas dos enxames Serra do Mar e Transminas seguem o padrão OIB (figura 7A) que é também notado nos basaltos de alto Ti da LIP Paraná-Etendeka de Peate (1997). Na figura 7B, as rochas da Suíte Fundão, tanto em Minas quanto no Espírito Santo, seguem o padrão do E-MORB, porém com enriquecimento em elementos terras raras leves (ETRL) maior que de E-MORBs típicos. As razões La/Yb normalizadas ao condrito para as amostras estudadas (tabela 3) evidenciam as diferenças entre as rochas cretáceas ($La/Yb > 7$) e cambrianas ($La/Yb < 7$).

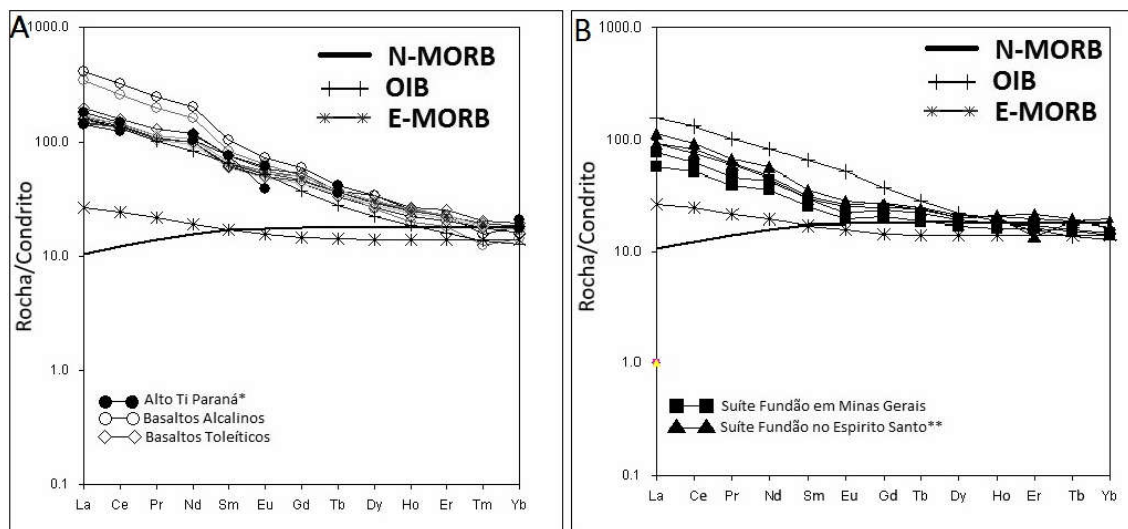


Figura 7: Elementos Terras Raras normalizado ao condrito (Sun & McDonough, 1989) com as curvas de referencia dos basaltos de ilhas oceânicas (OIB) e basalto normal de cadeia meso-oceânica (N-MORB) e basalto enriquecido de cadeia meso-oceânica (E-MORB) (A) – Rochas do cretáceo (B) – Rochas cambrianas. Simbologia Círculos cheios: Toleítos de Alto titânio da LIP Paraná-Etendeka*, Círculos vazios: diques alcalinos Serra do Mar, Losangos abertos: diques toleíticos Serra do Mar e Transminas, Quadrados: Suíte fundão em Minas Gerais, Triângulos: Suíte Fundão no Espírito Santo**. * Dados de Peate (1997),** dados de Belém (2014).

Tabela 3: Razões La/Yb normalizadas das rochas cretáceas do enxame Serra do Mar, Transminas, basaltos de alto titânio da LIP Paraná-Etendeka (LIP-HTi) e cambrianas da Suíte Fundão. ** dados de Belém (2014), * Dados de Peate (1997).

		Cretáceo									Cambriano						
		Serra do Mar			Transminas						LIP-HTi		Suíte Fundão				
Amostra		3	8	9	10	11	12	13	14	15	CB1110*	DUP35*	JB14-1**	JB20c**	JB8-1**	1	2
La/Yb		9.85	24.53	22.49	9.12	7.95	8.00	9.52	10.04	9.91	6.78	10.19	4.84	5.63	7.01	5.22	4.03

De acordo com o diagrama Zr/Y versus Ti/Y (Brewer et al., 1992 - Fig. 8A), a fonte dos diques Transminas e dos diques Serra do Mar teria caráter enriquecido do tipo dos basaltos de ilhas oceânicas (OIB). As amostras da Suíte Fundão, tanto em Minas quanto no Espírito Santo, seriam provenientes de fonte empobrecida do tipo manto primitivo (PM, *Primitive Mantle*). O diagrama de razões La/Sm versus Sm/Yb normalizadas ao condrito (Jourdan et al., 2009 - Fig. 8B) revela que a possível rocha fonte dos diques Transminas e dos diques Serra do Mar teria composição de Granada-Lherzolito comum do manto astenosférico, semelhante à dos basaltos de alto-Ti Paraná-Etendeka. Já para as amostras da Suíte Fundão, a possível fonte seria uma fonte menos profunda, do tipo Espinélíio-Lherzolito presente no manto litosférico.

No que se refere ao envolvimento crustal na evolução dos diques, o diagrama La/Nb versus La/Ba (Saunders et al. 1992 - Fig. 8C) mostra que todas as rochas estudadas sofreram processos de contaminação crustal.

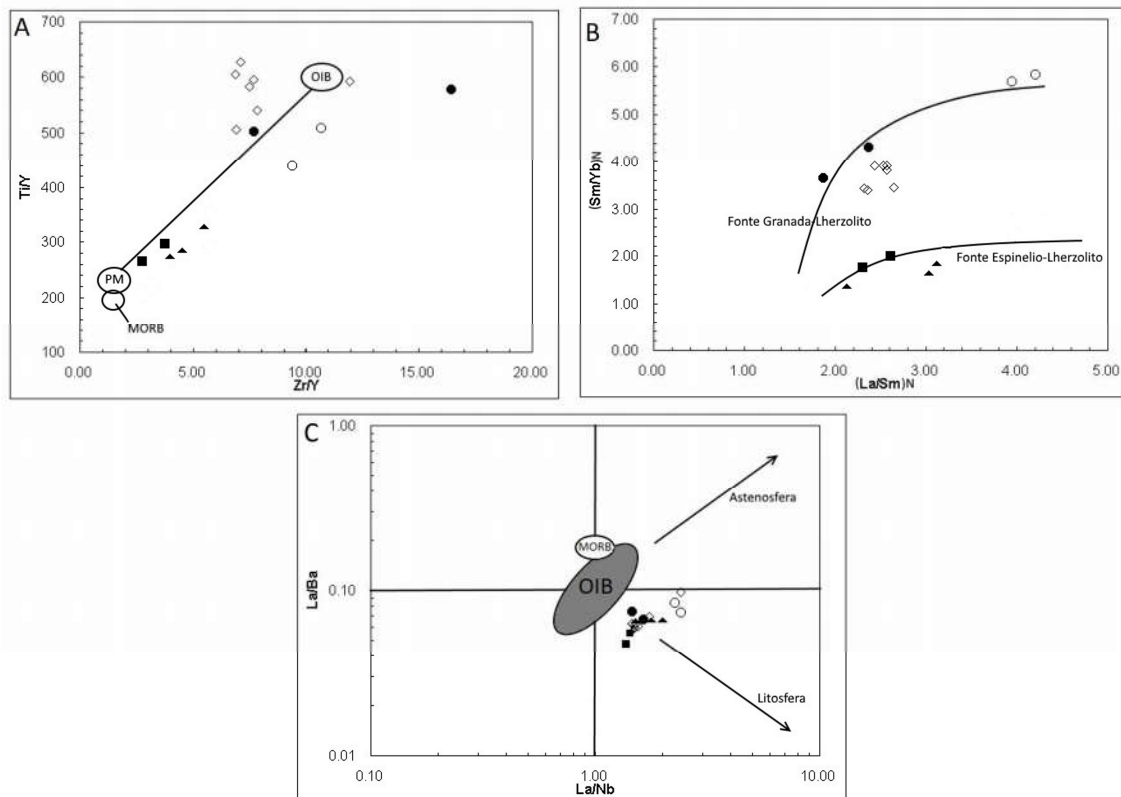


Figura 8: A – Diagrama Zr/Y versus Ti/Y (Brewer et al. ,1992). OIB: *Ocean island basalts* ou basaltos de ilhas oceânicas, PM: *Primitive mantle* ou manto primitivo, MORB: *Mid ocean ridge basalts* ou basaltos de cadeia meso-oceânica. B - Diagrama La/Sm versus Sm/Yb normalizado ao Condrito (Jourdan et al.,2009). C - Diagrama La/Nb versus La/Ba (Saunders et al. 1992) (OIB: *Oceanic island basalts* ou basaltos de ilhas oceânicas, MORB: *Mid ocean ridge basalts* ou basaltos de cadeia meso-oceânica). Simbologia: Círculos cheios: Toleíticos de Alto titânio da LIP Paraná-Etendeka*, Círculos vazios: diques alcalinos Serra do Mar, Losangos abertos: diques toleíticos Serra do Mar e Transminas, Quadrados: Suíte Fundão em Minas Gerais, Triângulos: Suíte Fundão no Espírito Santo**. * Dados de Peate (1997),** dados de Belém (2014).

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

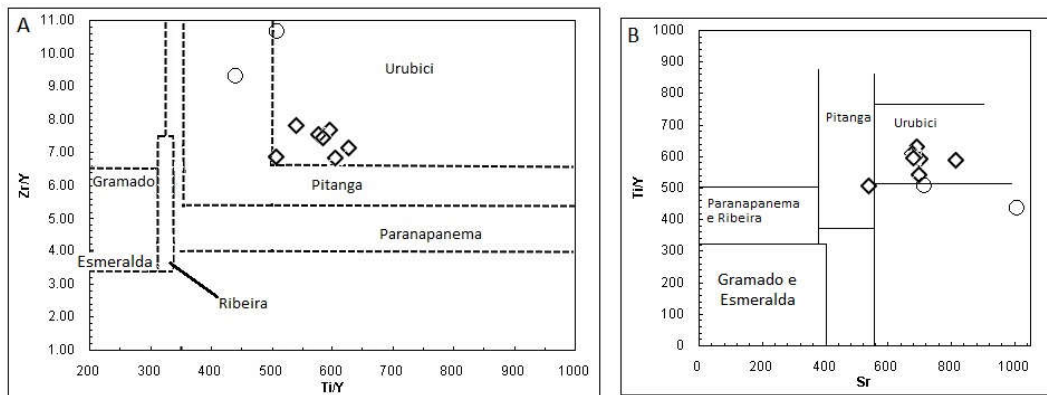
Os dados petrográficos obtidos neste trabalho para as rochas cretáceas dos enxames Transminas e Serra do Mar são semelhantes com aqueles das rochas basálticas da LIP Paraná-Etendeka descritas Bellieni et al. (1984). Os dados petrográficos da Suíte Fundão em Minas Gerais deste trabalho são concordantes com os dados apresentados por Belém (2014) para as rochas cambrianas da Suíte Fundão no Espírito Santo. A Suíte Fundão difere petrograficamente das rochas cretáceas, tendo em vista que estas últimas possuem olivina e não apresentam ortopiroxênio, piroxênio este comum nas rochas da Suíte Fundão, sem olivina.

As rochas estudadas neste trabalho são em sua maioria basaltos toleíticos, sendo apenas as amostras 8 e 9 do enxame Serra do Mar classificadas como andesitos traqui-basálticos

alcalinos. Em termos tectônicos, as rochas dos enxames Transminas e Serra do Mar são basaltos intra-placa, e a Suíte Fundão em Minas e no Espírito Santo foram classificadas como MORB. Devido ao seu moderado a baixo #Mg (todos < 60), nenhuma delas corresponde à magmas primários.

As rochas cretáceas de alto Ti estudadas neste trabalho possuem amostras toleíticas e alcalinas, vindas de uma mesma fonte mantélica, possivelmente um Granada-Lherzolito (Fig. 8B) com assinatura OIB (Figs. 7A e 8A). As amostras 8 e 9 teriam adquirido uma composição alcalina por diferenciação a partir dos magmas toleíticos cretáceos ou devido ao fato de terem sido geradas por um menor grau de fusão da rocha fonte. Tanto as rochas cretáceas quanto as cambrianas passaram por processos de contaminação crustal, conforme observado no diagrama La/Nb *versus* La/Ba (Fig. 8C).

Com base nas idades cretáceas (Coelho et al 2016 submetido), nos diagramas de classificação química e de tectônica, nos diagramas de elementos incompatíveis e de ETR, nos teores de incompatíveis como Sr, Ba, Nb, Ta, Hf e Zr, e nas razões Zr/Y, Sr/ e Ba/Y, as rochas dos enxames Serra do Mar e Transminas se assemelham. Comparativamente a LIP Paraná-Etendeka cretácea, as rochas do exame Transminas são semelhantes ao tipo magmático Urubici e as rochas do enxame Serra do Mar têm semelhança com os tipos Urubici e Pitanga conforme os diagramas discriminantes nas figuras 9A e 9B, e através da comparação entre os diagramas de elementos incompatíveis e de ETR das figuras 6A e 7A, respectivamente. A partir destas informações, é possível associar as rochas do enxame de diques Transminas e do enxame Serra do Mar ao mesmo contexto geológico da LIP Paraná-Etendeka.



(Figura 9: A - Diagrama discriminatório para os tipos de magmas da Província Magmática do Paraná, segundo modelo Peate (1997) em Machado et al. , 2005), modificado. B -Diagrama discriminatório dos tipos de magmas dos derrames da Província Magmática do Paraná Modificado de Marques & Ernesto (2004). Simbologia para os diques mesozóicos de Minas Gerais: Losangos vazios: Toleíticos de Alto titânio, Círculos vazios: alcalinos de alto titânio.

Para alguns autores, a referida LIP está relacionada à atividade da pluma mantélica Tristão da Cunha, quando o supercontinente Gondwana derivou por sobre ela, conforme defendem White & McKenzie (1989), Renne et al. (1992), O'Connor et al., (1990), Harry et al. (1992), Valente et al. (2007, 2009) e Chaves (2014). A assinatura tipo OIB (Figs. 6A, 7A e 8A) encontrada para os diques cretáceos estudados e para a LIP Paraná-Etendeka é típica de plumas mantélicas. Entretanto, para outros autores como Marques (2001) e Ussami et al. (2012), a dinâmica da abertura do Oceano Atlântico Sul teria ocorrido em função da delaminação do manto litosférico subcontinental, englobado por células convectivas ascendentes do manto sublitosférico subjacente em níveis pouco profundos. Estes fenômenos teriam ocorrido durante um estágio avançado de rifteamento do supercontinente Gondwana.

No que se refere as rochas da Suíte Fundão, as rochas encontradas em Minas Gerais e aquelas do Espírito Santo são petrográfica e litoquimicamente similares, diferindo das cretáceas por apresentarem teores menores para os elementos incompatíveis Sr, Ba, Nb, Ta, Hf e Zr e para as razões Zr/Y, Sr/Y e Ba/Y (tabela 3). Além disso, os diagramas de elementos incompatíveis e de ETR assemelham-se ao padrão E-MORB (Figs. 6B e 7B) e sua possível fonte mantélica seria um Espinélito-Lherzolito (Fig. 8B). Segundo Belém (2014), os diques da Suíte Fundão no Espírito Santo teriam sua origem relacionada ao manto litosférico subcontinental, a partir de processo de *slab break-off* com delaminação mantélica associada, durante a fase de colapso gravitacional do Orógeno Araçuaí. Esta colocação é bastante coerente com os dados apresentados na figura 8B, pois o campo de estabilidade do Espinélito-Lherzolito coincide com porções mais superiores do manto, região a qual Belém (2014) indica como possível fonte destas rochas. A partir do exposto, sugere-se que as amostras 1 e 2 da Suíte Fundão representem diques máficos cambrianos da fase de colapso gravitacional do Orógeno Araçuaí em Minas Gerais.

AGRADECIMENTOS

Ao colegiado de pós-graduação do Instituto de Geociências IGC/UFMG pelo apoio financeiro e à Petrobras pela bolsa do programa Petrobras de formação de recursos humanos (PFRH).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Belém J. 2014. Geoquímica, Geocronologia e contexto geotectônico do magmatismo máfico associado ao feixe de fraturas Colatina, Estado do Espírito Santo. Phd Tesis, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 134p.

Bellieni, G.; Comin-Chiaramonti, P.; Marques, L.S.; Melfi, A.J.; Piccirillo, E.M.; Nardy, A.J.R.; Roisenberg, A., 1984. High and low-Ti flood basalts from the Paraná plateau (Brazil): petrology and geochemical aspects bearing on their mantle origin. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, **150**, 272-306.

Borges, A.J. 2011. Magnetometria – derivada vertical – Minas Gerais. Disponível em <http://lagf.org/2012/proceeding/Andr%C3%A9%20Vaz%20de%20Melo%20Fran%C3%A7a.pdf> – consulta em 14 Fevereiro de 2014.

Brewer, T.S.; Hergt, J.M.; Hawkesworth, C.J.; Rex, D.; Storey, B.C., 1992. Coats land dolerites and the generation of Antarctic continental flood basalts. In: Storey, B.C.; Alabaster, T.; Pankhurst, R.J. (Eds.), *Magmatism and the Causes of Continental Break Up*. Geol. Soc. Spec. Publ., vol. 68, pp. 185–208.

Chaves, A.O. & Neves, J.M.C. 2005. Radiometric ages, aeromagnetic expression, and general geology of mafic dykes from southeastern Brazil and implications for African-South American correlations. *J. South Amer. Earth Sci.*, **19**, 387-397.

Chaves, A.O. 2013. Enxames de diques máficos de Minas Gerais – o estado da arte. *Geonomos*, 21(1), 29-33.

Chaves, A.O. 2014. Petrografia e litoquímica do enxame de diques máficos eocretáceos Transminas (Minas Gerais, Brasil): implicações geodinâmicas. *Comunicações Geológicas* **101**, Especial I, 163-167.

Coelho, R.M.; Chaves A.O., 2016 (Submetido). Idades Ar-Ar de diques máficos mesozoicos de Minas Gerais. *Revista Geociências Unesp*.

Corval, A. 2005. Petrogênese das suítes basálticas toleíticas do Enxame de Diques da Serra do Mar nos setores central e norte do estado do Rio de Janeiro. MS Dissartation, UERJ, 92p.

Corval, A. V. 2009. Petrogênese e contexto geodinâmico das suítes basálticas toleíticas (de alto-TiO₂ e baixo-TiO₂) do Cretáceo Inferior da formação centro-oriental do enxame de diques da Serra do Mar. Phd Tesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 188p.

Dutra, T. 2006. Petrogênese dos basaltos de baixo-TiO₂ do Enxame de Diques da Serra do Mar na Região dos Lagos, RJ. MS Dissartation, UERJ, 111p.

Florisbal L.M.; Janasi V. M.; Heaman L.M.; Nardi L. V. S.; Bitencourt M.F. 2011. O enxame de diques Florianópolis na região de Garopaba, SC: Idade U-Pb TIMS em Badeleita e relação com vulcanismo Serra Geral. In 5º Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados, Resumos.

Heilbron, M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Campos Neto, M.C.; Silva, L.C.; Trow, R.A.J.; Janasi, V.A. 2004. Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R.; Brito-Neves, B.B. (eds.), Livro Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Editora Beca, São Paulo, p. 203-234.

Harry, D.L. & Sawyer, D.S. 1992. Basaltic Volcanism, mantle plumes, and the mechanics of rifting: The Paraná flood basalt province of South America. *Geology*, 20: 207-210.

Irvine, T.N.; Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian J. of Ear. Sci.*, **8**, 523–548.

Jourdan, F.; Bertrand, H.; Féraud, G.; Lê Gall, B.; Watkeys, M.K., 2009. Lithospheric mantle evolution monitored by overlapping large igneous provinces: case study in southern Africa. *Lithos* **107**, 257–268.

Le Maitre, R.W., 2002. *Igneous rocks: a classification and glossary of terms: recommendations of the International Union of Geological Sciences, Sub-commission on the Systematics of Igneous Rocks*, Cambridge University Press, 236 p.

Machado, F. B.; Nardy, A. J. R.; Melo, R. P.; Oliveira, M. A. F.; Squisato, E., 2005 As rochas intrusivas da Formação Serra Geral na porção leste da Bacia do Paraná no estado de São Paulo: Aspectos Petrográficos E Geoquímicos – Resultados Preliminares. São Paulo, UNESP, Geociências, v. **24**, n. 1, p. 5-17.

Marques, L.S., 2001. *Geoquímica dos diques toleíticos da costa sul-sudeste do Brasil: contribuição ao conhecimento da Província Magmática do Paraná*. Tese (livre-docência), Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 86 p.

Marques, L. S. & Ernesto M. 2004. O magmatismo toleítico da Bacia do Paraná. In: Almeida F.F.M., Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Marques de Almeida. Organizadores: Virginia Mantesso-Neto, Andre Bartoreli, Celso Dal Ré Carneiro, Benjamin Bley de Brito-Neves. 647p. São Paulo.

Moreira, J. L. P.; Madeira, C. V.; Gil J. A.; Machado, M. A. P., 2007. Bacia de Santos. Bol. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. **15**, n. 2, p. 511-529.

Noce C. M.; Costa A. G.; Piuzana D.;Vieira V. S.; Carvalho C. M., 2007. Folha Manhuaçu - SF.23-X-B-III, escala 1:100.000: nota explicativa. Minas Gerais: UFMG/CPRM, 44p.

Novais L.C.C.; Teixeira L. B.; Rodarte J. B. M.; Almeida J; C. H.; Valeriano C.M. 2004. Novas ocorrências de diques de diabásio na faixa Colatina- ES: estruturas rúpteis associadas e implicações tectônicas para as bacias de Campos e Espírito Santo. B. Geoci. Petrobras **12**(1): 191-194.

O'Connor; J.M. & Duncan, A.R. 1990. Evolution of the Walvis Ridge-Rio Grande Rise hot Spot System: Implication for African and South American Plate Motions Over Plumes. J. of Geoph. Res. 95 (B11): 17475-17502.

Oliveira M. J. R., 2000. Mapeamento geológico da Folhas Conselheiro Pena/São Gabriel da Palha – SE.24-Y-C-II/SE.24-Y-C-III (parte). Projeto Leste: escala 1:100.000.– Belo Horizonte: SEME/COMIG/CPRM.

Peate, D. W.; C. J. Hawkesworth, and M. S. M. Mantovani, 1992. Chemical stratigraphy of the Parana lavas (South America): classification of magma types and their spatial distribution, *Bull. Volcano!*, **55**, 119-139.

Peate, D. W., 1997. The Parana-Etendeka Province. In: Mahoney, J.J., Con, M.F. (Eds.), *Large Igneous Provinces: Continental, Oceanic, and Planetary Flood Volcanism*. Am. Geo-phys. Union Geophys. Monogr. 100, 217-246

Pearce, J.A.; Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and Planetary Science Letter*, **19**, 290–300.

Pearce, J.A., 1982, Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries; p. 525-548 in, Thorp, R.S., ed., *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*, John Wiley and Sons, Nova York, 724 p.

Pinese, J.P.P. 1997. Geologia, geoquímica isotópica e aspectos petrológicos dos diques máficos pré-cambrianos da região de Lavras (MG), porção sul do Cráton do São Francisco, Phd Tesis, IGC-USP, São Paulo, 178 p.

Pinto, V.M.; Hartmann, L.A.; Santos, J.O.S.; Mc Naughton, N.J; Wildner, W., 2010. Zircon U–Pb geochronology from the Paraná bimodal volcanic province support a brief eruptive cycle at ~135 Ma. *Chemical Geology*, **281**, 93–102.

Renne, P.R; Ernesto, M.; Pacca, I.G.; Coe, R.S; Glen, J.M; Prévot, M. & Perrin, M. 1992. The age of Paraná flood volcanism, rifting of Godwanaland, and the Jurassic Cretaceous Boundary. *Science*, **258**: 975-978

Rosset, A., De Min, A., Marques, L.S., Macambira, M.J.B., Ernesto, M., Renne, P.R., Piccirillo, E.M., 2007. Genesis and geodynamic significance of Mesoproterozoic and Early Cretaceous tholeiitic dyke swarms from the Sao Francisco Craton (Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 24, 69-92.

Saunders, A.D.; Storey, M.; Kent, R.W.; Norry, M.J., 1992. Consequences of plume–lithosphere interactions. In: Storey, B.C., Alabaster, T., Pankhurst, R.J.(Eds.), *Magmatism and the Causes Of Continental Break-up*. Geological Society of London, Special Publication. Geological Society of London, London, pp. 41–60.

Silva, A.M.; Chemale Jr, F.; Kuyumjian, R.M.; Heaman, L. 1995. Mafic dyke swarms of Quadrilátero Ferrífero and southern Espinhaço, Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira Geociências*. **25** (2), 124–137.

Silva, C.M.A.; Gomes, J.B; Caldeira, S.M.B., 1987. Geologia da região de Ribeirão da Folha, município de Minas Novas, MG (área central). Trabalho Geológico de Graduação, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 71p.

Sun, S.; McDonough, W., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: A.D. Saunders, M.J. Norry, (Eds). *Magmatism in the Ocean Basins*. London: Geological Society Special Publication, 313-345.

Tomba, C.L.B., 2012. Análise estrutural dos enxames de diques máficos eocretáceos do Sul-Sudeste do Brasil. MS Dissartation. IG-USP – São Paulo, Brasil. 133 p.

Tuller, M. P., 2000. Mapeamento geológico da Folha Ipanema SE.24-Y-C-IV, estado de Minas Gerais, Projeto Leste, escala 1:100.000. Belo Horizonte; SEME/COMIG/CPRM.

Ussami, N.; Chaves, C. A. M.; Marques, L. S.; Ernesto, M., 2012. Origin of the Rio Grande Rise-Walvis Ridge reviewed integrating palaeogeographic reconstruction, isotope geochemistry and flexural modelling. Geological Society, London, Special Publications, **369**(1), 129-146.

Valente, S.C. 1997. Geochemical and isotopic constraints on the petrogenesis of the Cretaceous dykes of Rio de Janeiro, Brazil. Phd Tesis, The Queen's University of Belfast, Belfast, Northern Ireland, United Kingdom, 366p.

Valente, S. C.; Corval, A.; Duarte, B. P.; Ellam, R. B.; Fallick, A. E.; Meighan, I. G.; Dutra, T. 2007. Tectonic boundaries, crustal weakness zones and plume-subcontinental lithospheric mantle interactions in the Serra do Mar Dyke Swarm, SE Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **37**, 194-201.

Valente S.C.; Dutra T.; Heilbron M.; Corval A.; Szatmari P. 2009 Litogeoquímica de diques de diabásio da faixa Colatina, ES: *Geochimica Brasiliensis* , **23**(2) p 177-192.

Winter, W. R.; Jahnert, R. J.; França, A. B.; 2007. Bacia de Campos. B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. **15**, n. 2, p. 511-529.

White, R.S.; McKenzie, D., 1989. Magmatism at rift zones: the generation of volcanic continental argins and flood basalts. *Journal of Geophysical Research*, **94**, 7685–7729.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A idade Ar-Ar para os diques máficos Transminas e Serra do Mar em Minas Gerais conforme sumarizadas na tabela 1 (Artigo 1) insere estas rochas no mesmo contexto geológico da LIP Paraná-Etendeka. Quando comparadas entre si as rochas dos diques Transminas e Serra do Mar são petrograficamente semelhantes, apresentando plagioclásio, clinopiroxênio e olivina. Esta assembléia mineral é também descrita por Bellieni et al. (1984) para os basaltos da referida LIP.

Litoquimicamente, as rochas dos diques Transminas e parte do Serra do Mar são toleítos de alto Ti, sendo duas amostras dos diques Serra do Mar classificadas como andesitos traqui-basálticos alcalinos. As semelhanças entre estas rochas também é evidenciada quando comparados seus elementos incompatíveis Sr, Ba, Nb, Ta, Hf e Zr e suas razões Zr/Y, Sr/Y e Ba/Y. Os diagramas de elementos incompatíveis e REE para os diques Transminas e Serra do Mar, estudados neste trabalho, mostram semelhanças entre si e com os basaltos de alto Ti da LIP Paraná-Etendeka tipo Urubici e Pitanga. Todas estas rochas analisadas acompanham o padrão OIB, característica típica de rochas geradas por plumas mantélicas.

O diagrama de REE indica para as rochas dos diques Transminas e Serra do Mar um enriquecimento em REE pesados, sugerindo o envolvimento de granada durante a fusão. Esta proposição é compatível com o apresentado na figura 8A (Artigo 2), sendo a possível fonte para estas rochas um Granada-Lherzolito, ou seja, as rochas envolvidas na fusão seriam de porções mais profundas do manto. Os diques Serra do Mar possuem amostras toleíticas e alcalinas oriundas de uma mesma fonte. Estas composições podem ser geradas por diferentes graus de fusão parcial na fonte. Segundo Condie (2001), quando uma pluma mantélica interage com a base da litosfera, na parte central da cabeça da pluma ocorrem os maiores volumes e graus de fusão, gerando magmas picríticos e toleíticos. Afastando-se da parte central, ocorre a diminuição da temperatura gerando baixos graus de fusão e dando origem a basaltos alcalinos conforme mostrado na figura I. Desta forma, as amostras alcalinas dos diques Serra do Mar poderiam ter sido geradas nas regiões de menor temperatura.

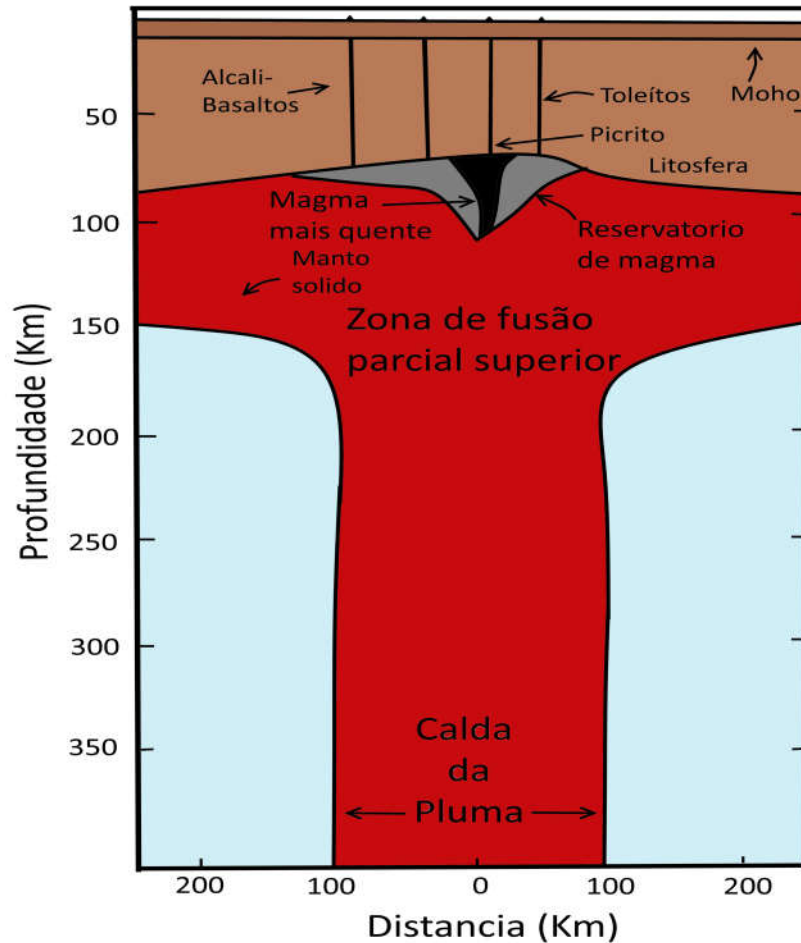


Figura I: Modelo de atuação de Plumias mantélicas mostrando como diferentes graus de fusão se distribuem na cabeça da pluma (Condie, 2001 modificado).

Aparentemente nem todos os diques máficos de textura ígnea preservada que se encontram fora do Craton do São Francisco em Minas Gerais (ou seja, nas faixas móveis brasilianas) possuem idade cretácea como vem sendo admitido (Chaves, 2013). Os dados petrográficos mostram que as rochas aqui atribuídas à suite Fundão em Minas Gerais diferem das demais rochas cretáceas, pois apresentam ortopiroxênio e não possuem olivina.

Os dados litoquímicos destas possíveis rochas cambrianas também diferem das rochas cretáceas, tanto em Minas Gerais quanto das outras rochas da LIP Paraná-Etendeka, quando comparados seus elementos incompatíveis Sr, Ba, Nb, Ta, Hf e Zr e suas razões Zr/Y, Sr/Y e Ba/Y. Além disso, seu padrão de elementos incompatíveis e REE possuem uma composição intermediária entre o OIB e o E-MORB. Seus dados petrográficos e litoquímicos são bastante

similares aos das rochas da Suíte Fundão do Estado do Espírito Santo. O padrão de REE normalizado ao condrito mostra um empobrecimento relativo em REE pesados, sugerindo que a fusão parcial não teria envolvido granadas. Conforme indicado na figura 8A (Artigo 2), a possível fonte destas rochas é um Espinélio-Lherzolito, sugerindo que os processos de formação deste magma se deram envolvendo as partes superiores do manto fora do campo de estabilidade das granadas. Estes dados coincidem com a interpretação dada por Belém (2014) para geração destas rochas, que se deu por processos de *slab breakoff*, gerando uma anomalia térmica com delaminação no manto sublitosférico durante o colapso gravitacional do Orogênio Araçuai, conforme modelo na figura II. Posto isso, as amostras 1 e 2 estudadas neste trabalho seriam as representantes do estágio pós-colisional do Orógeno Araçuai em Minas Gerais e não do evento magmático do Cretáceo, estando estas rochas com sua textura ígnea preservada por estarem relacionadas a fase final do processo orogênético.

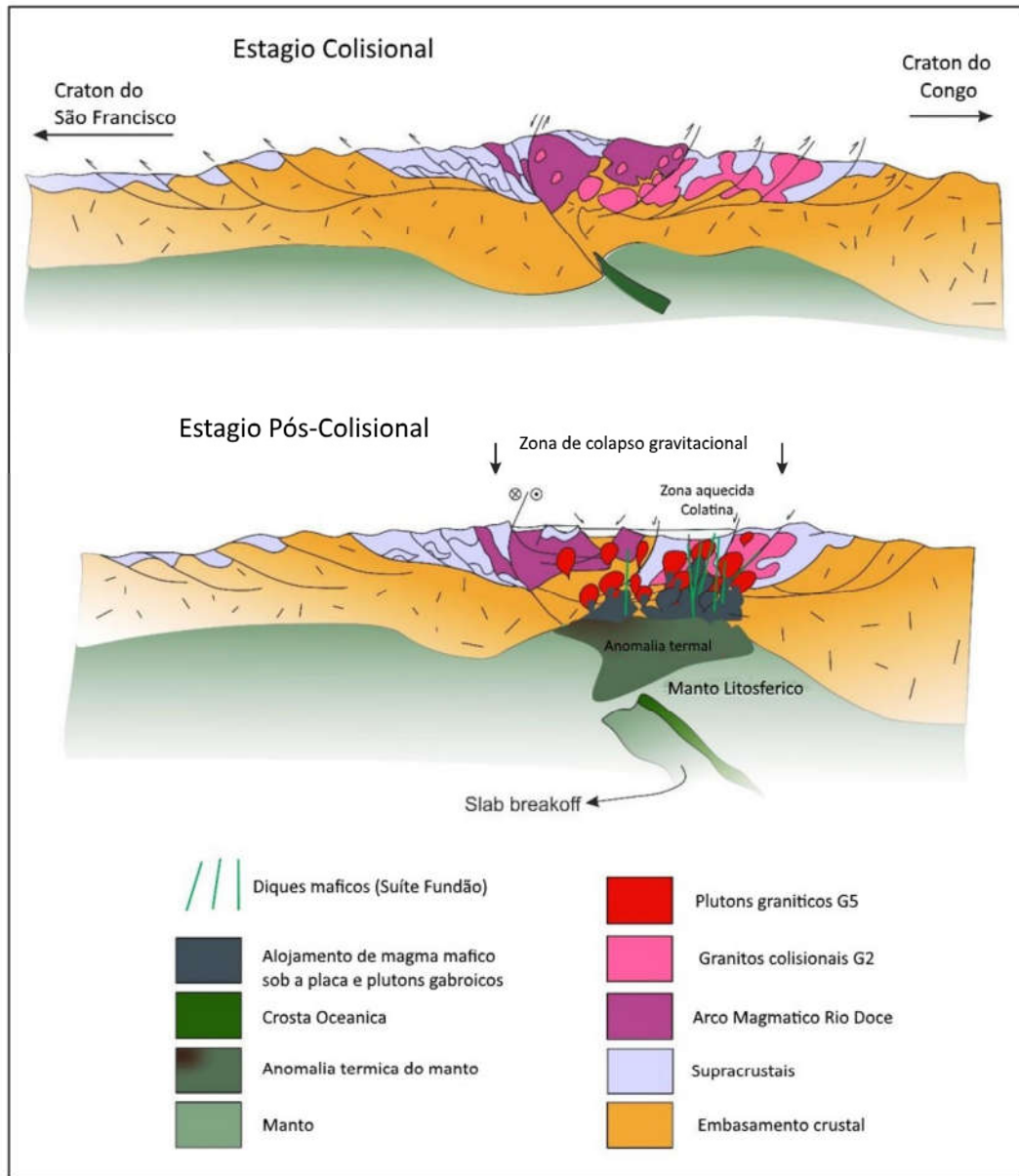


Figura II: Modelo geotectônico para a origem dos diques máficos da Suíte Fundão associados à uma grande anomalia termal situada no manto sub-litosférico (Belém, 2014), durante o período pós-colisional do Orógeno Araçuai.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Belém J. 2014. Geoquímica, Geocronologia e contexto geotectônico do magmatismo máfico associado ao feixe de fraturas Colatina, Estado do Espírito Santo. Phd Tesis, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 134p.

Bellieni, G., Comin-Chiaramonti, P., Marques, L.S., Melfi, A.J., Piccirillo, E.M., Nardy, A.J.R., Roisenberg, A., 1984. High and low-Ti flood basalts from the Paraná plateau (Brazil): petrology and geochemical aspects bearing on their mantle origin. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, **150**, 272-306.

Chaves, A.O. 2013. Enxames de diques máficos de Minas Gerais – o estado da arte. *Geonomos*, **21**(1), 29-33.

Condie, C. K. 2001. Recognizing mantle plumes in the geological record. New York, Cambridge University Press, 306 p.