

O Grupo Araxá na Região Sul-Sudoeste do Estado de Goiás

The Araxá Group in the South-Southwest Region of the Goiás State

Guillermo Rafael Beltran Navarro¹, Antenor Zanardo¹, Fabiano Tomazini da Conceição²

¹Departamento de Petrologia e Metalogenia - DPM, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Avenida 24-A 1515, Caixa Postal 178, Bela Vista, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, BR (grbnavarro@yahoo.com.br; azanardo@rc.unesp.br)

²Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento - DEPLAM, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Rio Claro, SP, BR (ftomazini@rc.unesp.br)

Recebido em 17 de abril de 2012; aceito em 14 de janeiro de 2013

Resumo

Na região S – SW do Estado de Goiás, o Grupo Araxá é constituído por uma sequência de metassedimentos (granada-biotita-quartzo xistos, granada-biotita-quartzo xistos feldspáticos, granada-biotita-quartzo paragneisses, com muscovita e localmente com anfibólio, epidoto, cianita e estaurolita), contendo intercalações de rochas metaultramáficas (serpentinito, actinolita xisto, talco xisto, clorita xisto), metamáficas (anfíbolito, anfibólio xisto com ou sem granada, granada anfíbolito) e corpos graníticos associados. Quimicamente, os metassedimentos do Grupo Araxá na região apresentam composição peraluminosa, enriquecimento em elementos litófilos de raio iônico grande em relação a elementos de alto campo de força e ETR, mostrando anomalias negativas de Nb, Ta, Sr, P e Ti. Possuem composição química semelhante à de grauvascas e características químicas de sedimentos geradas em arcos magmáticos. Dados isotópicos Sm/Nd – idades modelo (T_{DM}) entre 1,04 – 1,51 e 1,76 – 2,26 Ga – e U/Pb (predomínio de zircões com idades < 900 Ma) sugerem que esses metassedimentos têm como fonte rochas de idade neoproterozoica. As características químicas e isotópicas dos metassedimentos analisados neste trabalho sugerem que a fonte destes são rochas formadas em arcos magmáticos e que eles foram depositados em bacias tipo antearco, desenvolvidas nas margens de arcos de ilhas neoproterozoicas.

Palavras-chave: Faixa Brasília; Grupo Araxá; Geoquímica; Geocronologia Sm/Nd e U/Pb.

Abstract

In the S – SW region of Goiás State, Brazil, the Araxá Group is constituted of a metasedimentary sequence containing schistose and gneissic (garnet-biotite-quartz schists, feldspatic garnet-biotite-quartz schists, garnet-biotite-quartz paragneisses, with muscovite and locally amphibole, epidote, kyanite and staurolite). This sequence presents intercalations of metaultramafic rocks (serpentinite, actinolite schist, talc schist, chlorite schist), metamafic ones (amphibolite, amphibole schist containing or not garnet, garnet amphibolite) and associated granitic bodies. Chemically, the Araxá Group metasediments present peraluminous composition, showing enrichment in LILE, when compared with HFSE and REE, and displaying negative anomalies of Nb, Ta, Sr, P and Ti. Their chemical composition is that of greywacke and the chemical characteristics of the sediments are generated in magmatic arcs. Isotopic data for Sm/Nd – model ages (T_{DM}) between 1,04 – 1,51 and 1,76 – 2,26 Ga – and U/Pb (predominance of zircon with ages < 900 Ma) suggest that these metasediments have Neoproterozoic rocks as the source rocks. Chemical and isotopic characteristics of the studied metasediments suggest that their source are rocks originated in magmatic arcs and that they were deposited in a fore arc basin developed in the margins of Neoproterozoic island arcs.

Keywords: Brasília Belt; Araxá Group; Geochemistry; Geochronology Sm/Nd and U/Pb.

INTRODUÇÃO

A Faixa Brasília corresponde a um cinturão orogênico neoproterozoico, que ocorre na porção leste da Província Tocantins, resultante da convergência de três importantes blocos continentais: os Crátons Amazônico a oeste, São Francisco a leste e Paranapanema a sul. Esse cinturão orogênico corresponde a uma extensa faixa constituída por seqüências supracrustais que se estende por mais de 1.100 km na direção N-S, desde o sul de Minas Gerais, passando por toda extensão de Goiás e terminando no sul de Tocantins (Figura 1).

A porção interna da Faixa Brasília (Fuck, 1990), no sul do Estado de Goiás, é tectonoestratigraficamente constituída de leste para oeste pelo Grupo Araxá, Complexo Anápolis-Itauçu e Associação Ortognáissica Migmatítica, Grupo Araxá e Arco Magmático de Goiás (Oliveira et al., 2008) (Figura 2).

O Grupo Araxá foi definido inicialmente por Barbosa (1955) na região de Araxá (MG), sob a denominação de Série Araxá. Incluiu-se nessa unidade um conjunto de metassedimentos “de caráter eugeossinclinal”, onde predominariam biotita xistos, comumente granatíferos, alternados com camadas quartzíticas e, localmente com lentes de gnaisses, mármore calcíticos e/ou dolomíticos, anfíbolitos e metabasitos, sendo intrudido por rochas graníticas, básicas e ultramáficas. Posteriormente, Barbosa et al. (1970b) restringiram o significado de “Grupo Araxá” para xistos com duas micas e com granada, rutilo, zircão, turmalina, cianita e estauroлита, intercalados por quartzitos, por vezes ferríferos, e anfíbolitos, estendendo essa denominação até a parte central do Estado de Goiás. Após os trabalhos de Barbosa (1970a, b), a primeira sistematização sobre as rochas do Grupo Araxá e unidades equivalentes em Goiás foi feita por Fuck e Marini (1981), na qual as diferenças no empilhamento em Minas Gerais e Goiás são destacadas, e

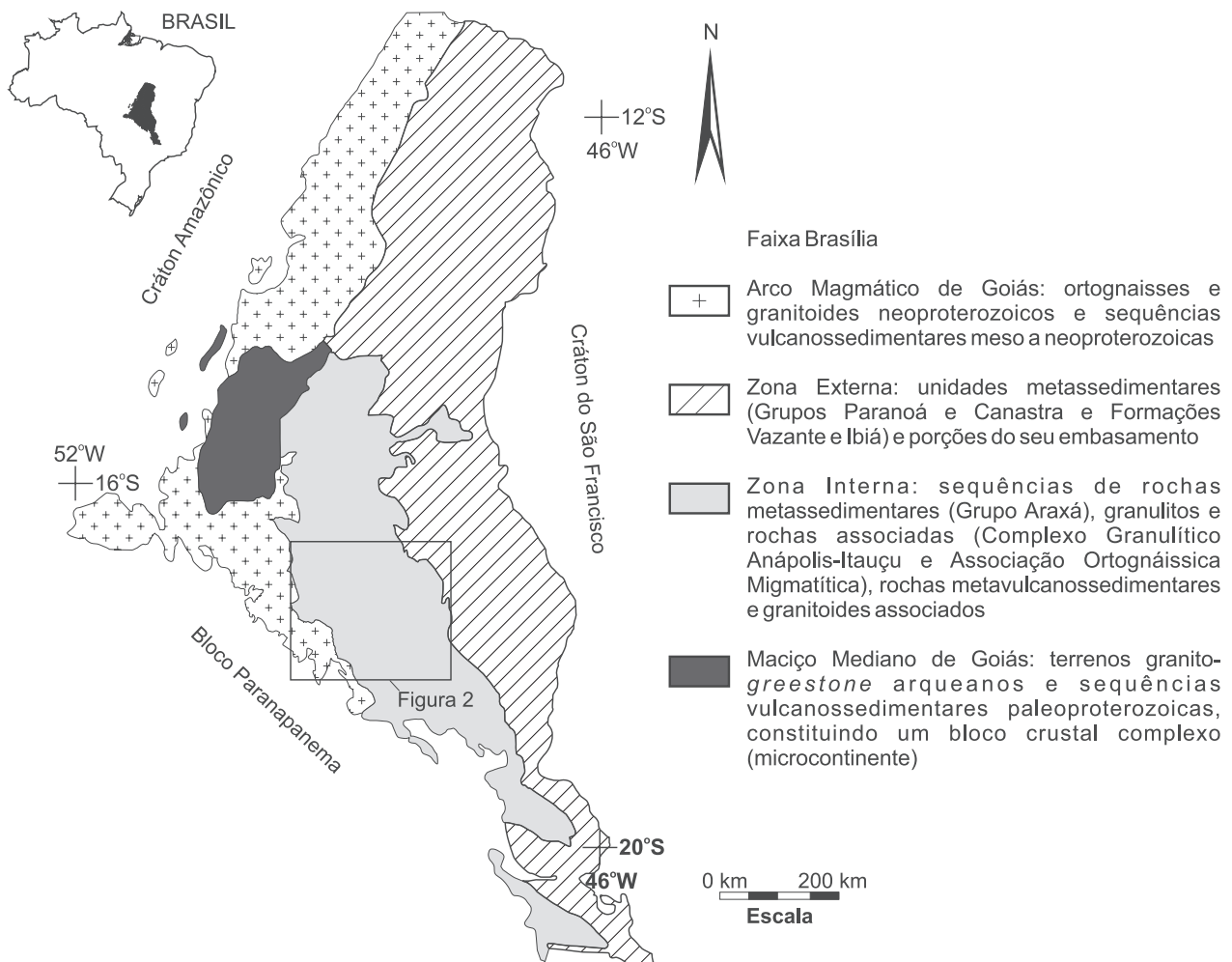


Figura 1. Mapa esquemático da Província Tocantins (modificado de Fuck, 1990).

o caráter invertido do gradiente metamórfico é reconhecido. Embora ocorram variações no empilhamento do Grupo Araxá ao longo de sua extensão, ele é constituído predominantemente por quartzitos micáceos e xistos (calci-xistos, muscovita-quartzo xisto, muscovita-clorita xisto, biotita-granada xisto, estauroilita xisto e xistos feldspáticos), localmente com lentes de gnaiss, anfíbolito, metaultramáfica e retroeclogito. Na base dessa unidade de xistos, ocorrem frequentemente

paragneisses com biotita e hornblenda. Em muitas regiões, em associação com os micaxistos do Grupo Araxá, ocorrem rochas metavulcânicas associadas (metabasaltos, meta-andesitos e metariolitos), indicando seu caráter vulcanossedimentar (Fuck e Marini, 1981).

Segundo Seer et al. (2001), as rochas do Grupo Araxá (mica xistos, quartzo-mica xistos, granada-quartzo-mica xistos, granada-cloritoide-quartzo-mica xistos, quartzitos

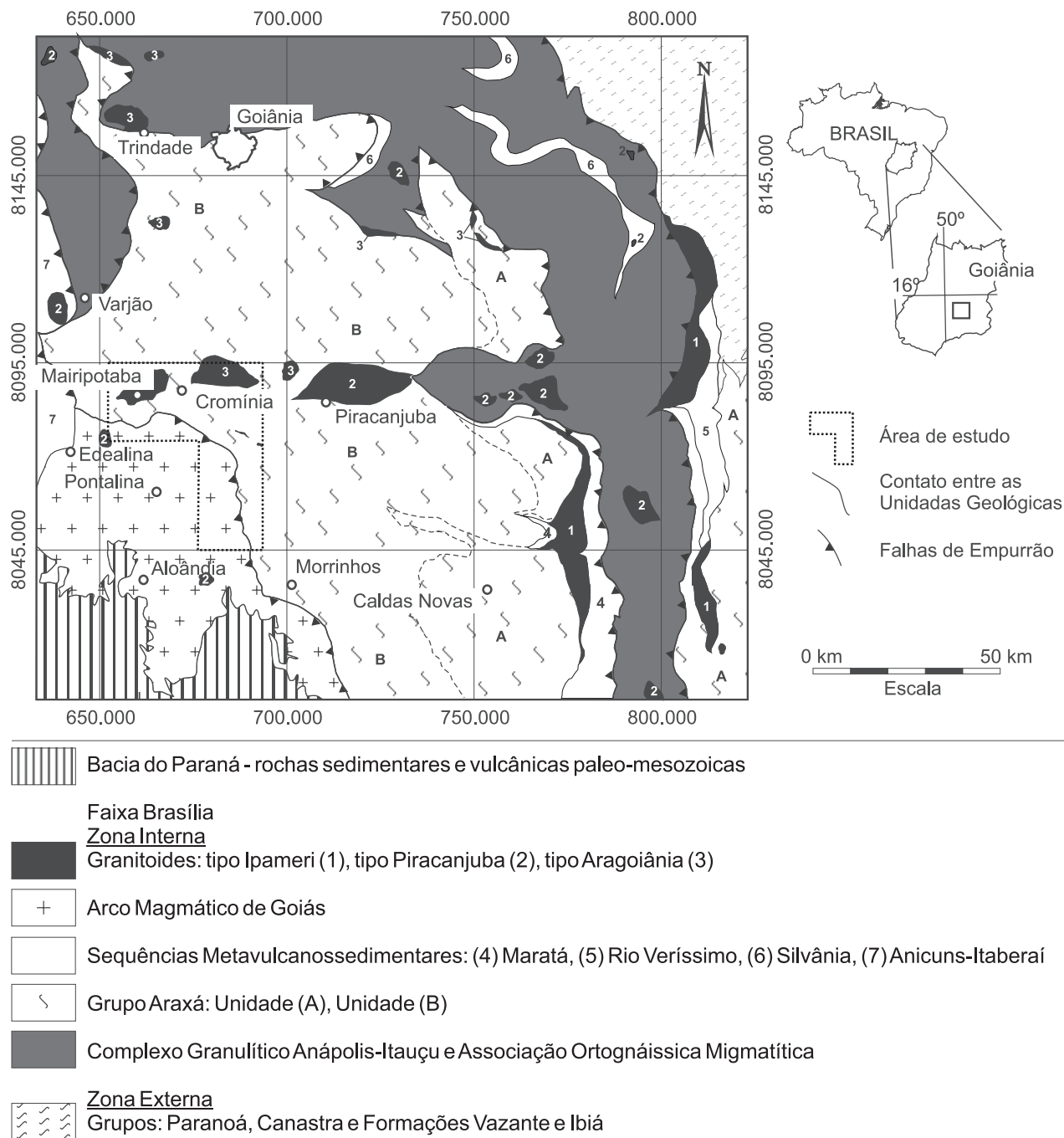


Figura 2. Mapa geológico esquemático da Faixa Brasília na porção sul de Goiás (modificado de Moreira et al., 2008).

e quartzitos micáceos), que ocorrem na região de Araxá (MG), provavelmente têm como protolitos sedimentos depositados em águas marinhas profundas.

A presença de lentes de rochas metamáficas (anfíbolito, granada anfíbolito, anfíbolio xisto) e de metaultramáficas (serpentinito, actinolita xisto, clorita xisto e talco xisto, localmente com lentes de cromita podiforme associadas), tectonicamente intercaladas nos metassedimentos do Grupo Araxá, são interpretadas como restos de assoalho oceânico, assumindo características de *mélange* ofiolítica (Drake Jr., 1980; Nilson, 1984; Brod et al., 1991; Strieder e Nilson, 1992; Zanardo et al., 1996; Dardenne, 2000; Valeriano et al., 2004), obductada por cima de uma margem continental por meio de *nappes*, com movimento do topo de W para E (Valeriano et al., 2004).

A ocorrência de seqüências metavulcanossedimentares em áreas restritas (região de Caldas Novas, Ipameri, Catalão / Abadiânia e Abadia dos Dourados – GO), onde há a presença de rochas metabásicas (rochas toleíticas com composições similares a basaltos intra-placa e a basaltos de cadeias meso-oceânicas - MORB), torna evidente a abertura de crosta oceânica descontínua em algumas porções da Faixa Brasília (Brod et al., 1991; Valeriano e Simões, 1997).

Corpos intrusivos deformados de composição granítica a tonalítica de dimensões variadas, interpretáveis como sin-colisionais e resultantes de fusão crustal (tipo-S), ocorrem associados (Lacerda Filho e Oliveira, 1995; Pimentel et al., 1996, 1999; Seer, 1999; Klein, 2008).

O Complexo Anápolis-Itaçu é composto por:

- granulitos ortoderivados que incluem corpos máfico-ultramáficos acamadados e de composição tonalítica a granodiorítica,
- granulitos aluminosos, leptinitos e granada gnaisses associados com mármore, rochas cálcio-silicáticas, quartzitos e granulitos máficos finos,
- estreitas faixas de seqüências vulcanossedimentares compostas de anfíbolitos, micaxistos, rochas metavulcânicas félsicas, *metacherts* e formações ferríferas e
- intrusões graníticas (Marini et al., 1984; Pimentel et al., 2000, 2004).

A Associação Ortognáissica Migmatítica é constituída por meta-tonalitos, meta-tonalitos aluminosos, meta-granitos, meta-granodioritos e migmatitos com restitos de rochas supracrustais, que gradam lateralmente para gnaisses quartzo-feldspáticos migmatizados. Essa gradação sugere fusão parcial de intensidade diferenciada a partir dos gnaisses paraderivados pertencentes ao Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu (Oliveira, 1994; Lacerda Filho e Oliveira, 1995).

O Arco Magmático de Goiás é representado por ortognáisses, rochas metassedimentares e metavulcânicas, interpretadas como parte de crosta juvenil gerada em arcos

magmáticos intraoceânicos a cordilheiranos durante o Neoproterozoico (Pimentel et al., 2000; Valeriano et al., 2004). Associam-se corpos graníticos (granito Serra Negra, Serra do Irã, Caiapó, Iporá, Israelândia, Serra do Impertinente, Fazenda Nova, Novo Brasil) e máfico-ultramáficos (complexos Americano do Brasil e Anicuns-Santa Bárbara, diorito Córrego do Lajeado) tardi a pós-cinemáticos, resultantes de magmatismo bimodal, relacionados ao último estágio colisional da Faixa Brasília (Pimentel et al., 2000; Valeriano et al., 2004).

O grau metamórfico na Faixa Brasília varia entre fácies xisto verde e anfíbolito, alcançando condições das fácies granulito ou eclogito em Goiás e Minas Gerais (Zanardo et al., 1990; Zanardo, Morales e Del Lama, 1992; Zanardo et al., 1996; Del Lama, Oliveira e Zanardo, 1994; Winge, 1995; Campos Neto e Caby, 1999, 2000; Moraes et al., 2002). Em muitos locais, o gradiente metamórfico é invertido, com condições da fácies xisto verde na base, chegando a fusão na zona da cianita, no topo, a exemplo da Nappe de Passos (MG) (Oliveira et al., 1983; Zanardo, 1992; Simões, 1995; Simões et al., 1998; Luvizotto, 2003), sendo que o pico do metamorfismo ocorreu durante o Neoproterozoico (Fischel et al., 1998; Piuzana et al., 2003b).

O GRUPO ARAXÁ EM GOIÁS

Apesar de ainda não ser bem compreendida a evolução geológica do Grupo Araxá no Estado de Goiás, alguns aspectos podem ser destacados:

- embora ainda não haja distinção, o Grupo Araxá ocorre em dois pacotes dominados por xistos, colocados tectonicamente abaixo e acima do Complexo Anápolis-Itaçu e Associação Ortognáissica Migmatítica (Figura 2);
- na porção sul do pacote inferior, ocorrem seqüências metavulcanossedimentares associadas aos metassedimentos do grupo (seqüências Maratá e Rio Veríssimo) na região de Ipameri – Catalão e em Abadiânia (seqüência Rio do Peixe); além disso, observa-se grande quantidade de corpos intrusivos graníticos (granitos Encruzadilha, Sessmaria, Tambu, Maratá e granitoides tipo Aragoiânia);
- na base do pacote superior, aflora parte da seqüência metavulcanossedimentar Maratá, e a quantidade de corpos graníticos é inferior (afloram alguns corpos relacionados aos granitoides tipo Aragoiânia).

Em ambos os pacotes, ocorrem lentes de rochas metaultramáficas (serpentinito, talco xisto e clorita xisto), localmente com lentes de cromitito, e sua ocorrência em meio a micaxistos e quartzitos tem sido usada para inferir caráter de *mélange* ofiolítica para o Grupo Araxá (Drake Jr., 1980; Strieder e Nilson, 1992).

Os corpos graníticos que ocorrem alojados no Grupo Araxá são de dimensões variadas, de caráter sin- a tardi-tectônico e são interpretados, em parte, como líquidos derivados da fusão de rochas metassedimentares do próprio Grupo Araxá (Lacerda Filho e Oliveira, 1995; Pimentel et al., 1999).

Lacerda Filho et al. (1999) dividem o Grupo Araxá na porção sul de Goiás em duas unidades:

- Unidade A: corresponde à sequência de metassedimentos em fácies xisto verde baixo a alto, com característica de deposição em ambiente plataformar (marinho raso), constituído por muscovita-clorita xistos, às vezes com cloritoide, biotita-muscovita-quartzo xistos, granada-muscovita-clorita xistos, clorita-quartzo xistos, grafita xistos, sericita quartzitos e hematita-sericita quartzitos;
- Unidade B: corresponde à sequência de metassedimentos em fácies anfibolito, com característica de deposição em ambiente marinho, constituída por calci-clorita-biotita xistos, calci-clorita-biotita xistos feldspáticos, calci-granada-biotita-quartzo xistos feldspáticos, granada-clorita xistos, hornblenda-granada xistos feldspáticos, grafita xistos, lentes de metacalcários, quartzitos micáceos e, subordinadamente, lentes de anfibolito.

As poucas informações isotópicas mostram que, no pacote superior, as idades modelo variam entre 1,10 – 1,45 e 1,76 – 2,5 Ga, predominando idades modelo mais antigas (Pimentel et al., 2001; Piuzana et al., 2003a) e, no pacote inferior, também ocorre a mesma bimodalidade na distribuição das idades modelo, variando entre 1,2 – 1,4 e 1,77 – 1,96 Ga (Piuzana et al., 2003a; Klein, 2008).

Grãos de zircão de amostra de xisto do pacote inferior são de dois tipos predominantes. O primeiro apresenta zoneamento espaçado e o segundo, setorial, sendo que o primeiro tem quatro grupos de idades: 626 – 644 Ma, 670 Ma, 729 – 760 Ma e 2000 – 2200 Ma; já o segundo apresenta apenas três grupos: 650 – 670 Ma, 700 Ma e 800 – 840 Ma (Piuzana et al., 2003a). Já em amostra de xisto da porção exposta acima do Complexo Anápolis-Itauçu e Associação Ortognáissica Migmatítica, foram detectados três grupos de grãos detriticos de zircão – o primeiro composto por grãos com núcleo e borda, mas sem estrutura interna, o segundo formado por grãos com zoneamento setorial e bordas metamórficas e o terceiro grupo formado por grãos metamórficos. As idades na borda e dos grãos metamórficos variam entre 628 e 734 Ma, e os núcleos apresentam idades com valores do Paleo ao Neoproterozoico (Piuzana et al., 2003a).

A presença de grãos de zircão detriticos de origem metamórfica com idades de 628 Ma e ígneos de 638 Ma indicam que a deposição do Grupo Araxá ocorreu no Neoproterozoico, envolvendo fontes de idades do paleo ao neoproterozoico (Piuzana et al., 2003a). Segundo Klein (2008), a área fonte dos metassedimentos do Grupo Araxá na região de Ipameri – Catalão é associada à crosta continental paleoproterozoica.

Geologia local

O Grupo Araxá entre as cidades de Mairipotaba e Morrinhos (GO) é constituído principalmente por metassedimentos pelíticos e por metassedimentos psamo-pelíticos, agrupados informalmente sob a denominação de Unidade Xistosa e Unidade Quartzítica (Figura 3).

A Unidade Xistosa é a mais expressiva na área mapeada e constituída por uma sequência de granada-muscovita-biotita-xisto, granada-biotita xisto, granada-muscovita-biotita-quartzo xisto e granada-biotita-quartzo xisto, normalmente ricos em veios e/ou lentes de quartzo, deformados, localmente concordantes e distribuídos de forma homogênea. Essas rochas por vezes são feldspáticas, chegando a constituir paragneisses. As rochas dessa unidade são leucocráticas a mesocráticas, apresentam textura lepidoblástica a granolepidoblástica e granulação fina a média. Em alguns locais, observam-se lentes de rochas metamáficas representadas por anfibolitos homogêneos, com textura nematoblástica e granulação média a grossa. As dimensões dessas lentes variam de centimétricas a métricas. Ocorrem ainda pequenos bolsões pegmatoides, granoblásticos, constituídos por quartzo-feldspato-biotita, localmente com muscovita, de dimensões variadas.

A Unidade Quartzítica constitui uma faixa orientada na direção E-W, que ocorre a sul das cidades de Mairipotaba – Cromínia e a norte de Rochedo. Essa unidade é constituída por uma associação de quartzito puro e micáceo, com ou sem granada e cianita (quartzitos micáceos e mica-quartzo xistos), intercalados por granada-muscovita/biotita xisto. Estratigraficamente, da base para o topo, essa sequência é constituída por muscovita-quartzo xisto, granada-muscovita/biotita xisto e muscovita quartzito. Localmente, os xistos ficam ricos em plagioclásio, formando pequenas porções gnáissicas (pequenas camadas e/ou lentes de muscovita gnaisse e granada-biotita/muscovita gnaisse). A porção intermediária dessa sequência é constituída predominantemente por quartzito e quartzito micáceo, com espessuras métricas e intercalações centimétricas a métricas de biotita/muscovita xisto, com ou sem granada. Entre as camadas métricas de quartzito, ocorrem intercalações de xistos pelíticos (granada-biotita xisto e granada-muscovita xisto, que podem gradar para gnaisse). Essas camadas apresentam intercalações decimétricas a centimétricas de quartzito e quartzito micáceo.

A Unidade Quartzítica grada, em direção ao topo da sequência, para intercalações de quartzito e quartzito micáceo, muscovita/biotita xisto e biotita xisto, com ou sem granada. Existem porções quartzíticas homogêneas, maciças e bandadas, onde aparecem leitões mais micáceos e menos micáceos. Os quartzitos são hololeucocráticos a leucocráticos (orto-quartzitos e quartzitos micáceos), apresentam granulação média a fina, textura granoblástica, localmente granolepidoblástica.

Diversas ocorrências de rochas metaultramáficas ocorrem alojadas tectonicamente no Grupo Araxá no sul de Goiás. A principal ocorrência localiza-se a sul das cidades de Mairipotaba e Cromínia, estendendo-se por uma faixa de, pelo menos, 10 km de comprimento por até 1,5 km de largura. Corresponde a uma faixa alongada e lenticularizada, com direção E-W, constituída por serpentinito, ao qual se associam talco xisto e clorita xisto. As porções mais espessas das ocorrências de metaultramáficas apresentam zoneamento composicional, que, da borda para o centro, variam de clorita xisto, magnetita-clorita xisto, talco-clorita xisto, talco xisto e, às vezes, turmalina-clorita xisto para serpentinito, com porções de clorita e talco xisto no centro (Navarro e Zanardo, 2005). Algumas destas ocorrências contêm corpos cromitíticos associados.

Estudos petrográficos e geoquímicos mostram que essas rochas (serpentinitos) provêm de protólitos duníticos/harzburgíticos e possuem composição química semelhante à de peridotitos do tipo Alpino (Navarro e Zanardo, 2005). Tal afirmação é corroborada pela textura/estrutura e informações de química mineral observadas nos cromititos (Angeli et al., 2010). As características petrográficas, texturais e geoquímicas das rochas metaultramáficas e cromititos da região mostram que a evolução tectônica da área envolveu a presença de crosta oceânica (Angeli et al., 2010).

Na porção norte da área, ocorrem corpos graníticos intrusivos sin-tectônicos no Grupo Araxá, denominados informalmente de ortogneisse Mairipotaba e Cromínia-Prof. Jamil Safady (agrupados sob a designação de Granitoides tipo Aragoiânia, segundo Rezende et al., 1999).

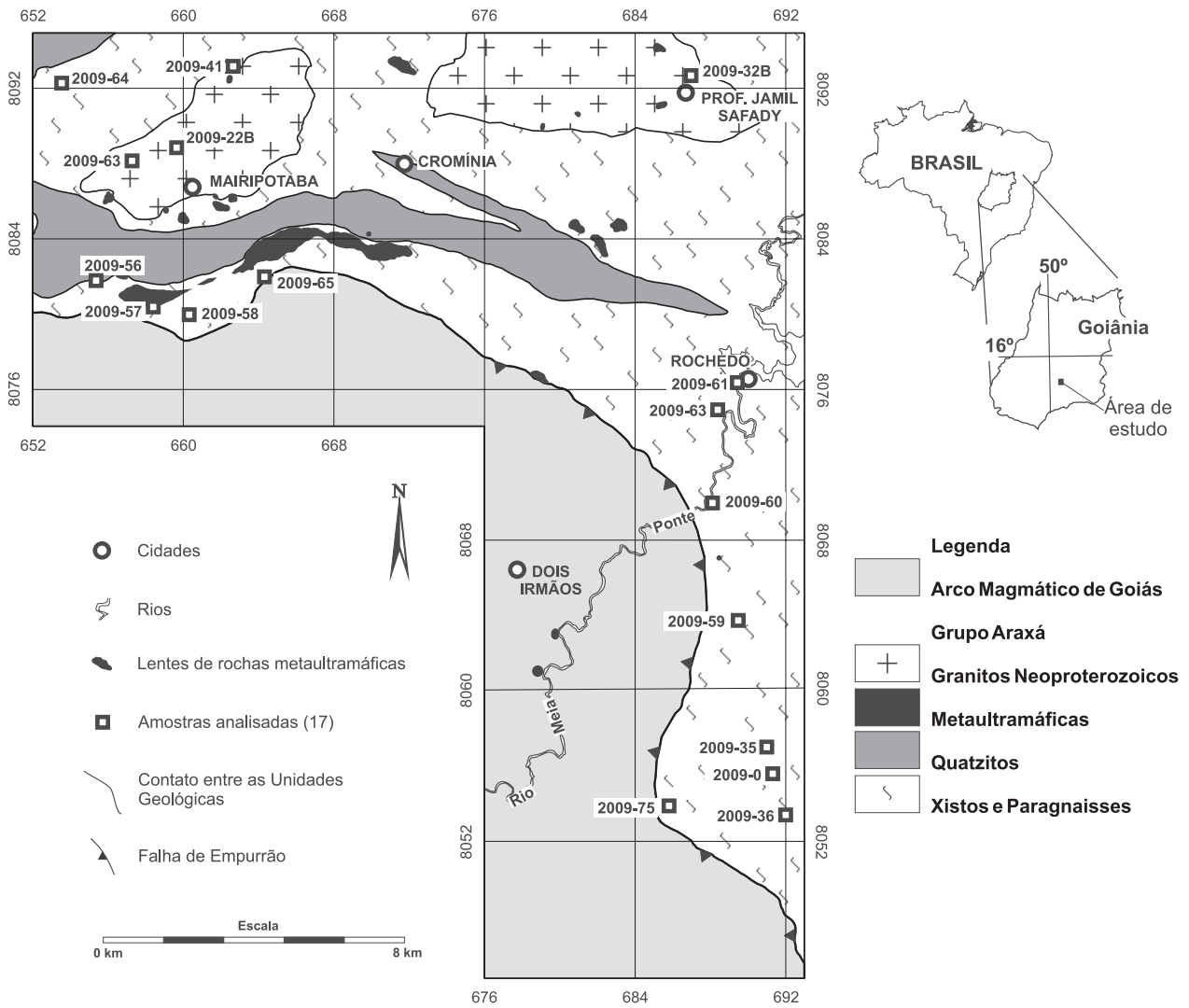


Figura 3. Mapa geológico esquemático da área de estudo e de localização das amostras.

Esses corpos são alongados na direção E-W (Figura 3) e correspondem a biotita-muscovita ortognaisse e muscovita ortognaisse tonalíticos a granodioríticos com ou sem granada. São homogêneos, de granulação média a grossa, localmente porfiríticos, de coloração cinza esbranquiçada. Possuem caráter peraluminoso, cálcio-alcálico, com composição normativa variando entre granito a trondhjemito, e a estrutura gnáissica é comum junto às bordas desses corpos (Navarro et al., 2010). São classificados como granitos tipo-S, sin-tectônicos, derivados da fusão de metassedimentos do Grupo Araxá. A idade de cristalização do ortognaisse Mairipotaba (idade de $607 \pm 3,3$ Ma) mostra que é neoproterozoico (Navarro et al., 2010).

Ao sul e sudoeste, o Grupo Araxá é sobreposto tectonicamente por conjunto de gnaisses relacionados ao Arco Magmático de Goiás, incluindo hornblenda-biotita gnaiss, (granada) biotita gnaiss, granada anfibolito, anfibólio xisto, xisto pelítico e quartzito puro, feldspático ou ferruginoso (Navarro et al., 2004). Quimicamente, os gnaisses mostram composição cálcica a cálcio-alcálica, metaluminosa a peraluminosa. Apresentam baixos teores em álcalis, enriquecimento em Ba, Sr, K, Rb em relação ao Nb, Y e Zr e elementos terras raras (ETR) e anomalias negativas de Y e Ti, semelhantes à composição química de magmas gerados em ambientes de arcos magmáticos. As idades modelo (T_{DM}) dessas rochas variam entre 0,9 a 1,2 Ga (Navarro e Zanardo, 2007).

Geologia estrutural e metamorfismo

A principal estrutura regional é a foliação S_n , de direção geral E-W e mergulhos de 20° a 40° para sul na região de Mairipotaba – Cromínia, e direção NW-SW, com mergulhos de 20° a 40° para W na região de Rochedo – Morrinhos. A foliação é plano axial de dobras apertadas a isoclinais que afetam o bandamento composicional (S_0). Essas dobras possuem linha de charneira com baixo ângulo de caimento e direção WSW-ENE, paralela a subparalela à lineação mineral (L_m) e/ou de estiramento (L_e) na região de Mairipotaba. Na região de Morrinhos, as dobras apresentam linha de charneira com médio a baixo ângulo de mergulho e também direção paralela a subparalela à L_m e/ou de L_e . A superfície envoltória dessas dobras mostra, sistematicamente, mergulhos mais íngremes (mergulho entre 40° a 80°) em relação à foliação principal (S_n). O bandamento composicional ($S_0//S_{n-1}$) é representado por variações composicionais de diferentes litotipos. Dobras suaves a abertas, localmente associadas a fraturas espaçadas centimetricamente, e micro-falhas preenchidas por epidoto e sericita são associadas à fase pós- D_n (D_{n+1} ?). O estiramento é marcado por quartzo e agregados de minerais, enquanto a lineação mineral é marcada pela disposição das micas e anfibólio. Paralela a essa estrutura, observa-se lineação de interseção (L_i) formada por S_n e $S_0//S_{n-1}$. Os indicadores

cinemáticos associados à lineação de estiramento indicam transporte de topo para leste.

As associações minerais relacionadas ao pico metamórfico nos metassedimentos do Grupo Araxá são típicas da fácies anfibolito médio a superior caracterizadas por: biotita + plagioclásio + granada + anfibólio; biotita + plagioclásio + granada; granada + plagioclásio + biotita + (estaurólita) + (cianita), (cianita) + biotita + plagioclásio + granada, todas contendo quartzo e muscovita, sendo rutilo e ilmenita os principais óxidos associados. A fibrolita foi observada apenas em uma única amostra, na região de Mairipotaba. Nas rochas metamáficas (anfibolito e granada anfibolito), as associações minerais relacionadas ao pico de metamorfismo são caracterizadas pela presença de hornblenda + plagioclásio, granada + hornblenda + plagioclásio; paragêneses minerais, também típicas da fácies anfibolito médio a superior.

No Grupo Araxá, o retrometamorfismo é de caráter regional e caracterizado por:

- crescimento de clorita sobre biotita e granada, por vezes substituindo boa parte dos grãos;
- grandes grãos de muscovita dispostos de forma aleatória sobre a foliação principal;
- saussuritização do plagioclásio;
- nas rochas ultramáficas, associação de serpentina + talco + clorita, clorita + talco.

O pico metamórfico registrado das rochas do Grupo Araxá é correlacionável à fase deformacional D_n (regional). As associações mineralógicas retrometamórficas, geradas sin- tardi-desenvolvimento da S_n , evidenciam variação das condições metamórficas da fácies anfibolito para a fácies xisto verde. Os dados termobarométricos mostram que o pico metamórfico ocorreu a 610°C e ~ 10 kbar, em condições P - T de pressão mais elevada do que o metamorfismo barroviiano típico (Navarro et al., 2009, 2011) (Figura 4). A trajetória P - T inferida é horária, típica de cinturões colisionais, semelhante ao observado em outras partes da Faixa Brasília (Navarro et al., 2009, 2011).

Petrografia das rochas do Grupo Araxá

As rochas dessa unidade apresentam textura porfiroblástica/poiquiloblástica, lepidoblástica com domínios granoblásticos, contendo ou não gradações para lepidoblásticos. Os porfiroblastos atingem mais de 1 cm de diâmetro, e a matriz apresenta granulação média da ordem de até 300 – 500 μm . A estrutura é xistosa, difusamente bandada com padrões lenticulares, marcada por variações texturais e composicionais. A matriz lepidoblástica localmente ocorre dobrada por rotação dos porfiroblastos ou ainda pelas heterogeneidades no fluxo plástico. São rochas constituídas por biotita, quartzo, clorita, epidoto, granada, muscovita,

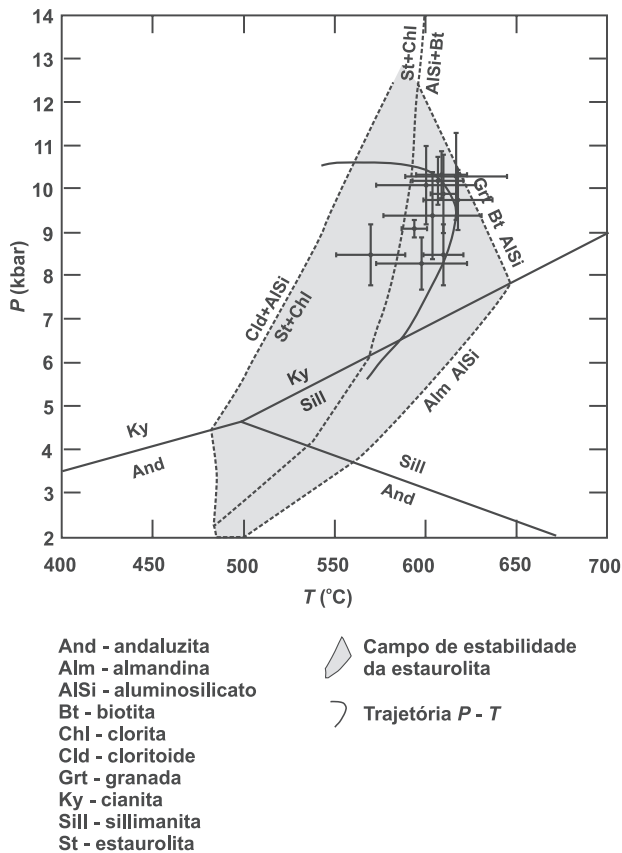


Figura 4. Diagrama P x T mostrando a trajetória P - T do metamorfismo das rochas do Grupo Araxá e da região de Morrinhos - Mairipotaba. A trajetória P - T inferida (seta) é a observada na região de Mairipotaba (Navarro et al., 2009).

plagioclásio e anfibólio, sendo os acessórios mais comuns: rutilo, ilmenita, titanita, turmalina, zircão, apatita, allanita, magnetita, hematita e, mais raramente, cianita e estaurólita. Litologicamente, as rochas são classificadas principalmente como granada-muscovita-biotita-quartzo xisto, granada-quartzo-muscovita xisto, granada-biotita-muscovita-plagioclásio-quartzo xisto, biotita-granada-muscovita xisto feldspático, hornblenda-clorita-granada-muscovita xisto feldspático, granada-muscovita-biotita gnaiss, granada-biotita gnaiss e/ou granada-biotita-muscovita-quartzo gnaiss.

Os cristais de hornblenda são anedrais a subedrais, ocorrendo orientados segundo a foliação, e com tamanho médio de 1 mm, chegando a formar porfiroblastos. Mostram pleocroísmo forte com γ = verde a verde levemente azulado, β = verde oliva, α = amarelo pálido, $\beta > \gamma > \alpha$. Localmente, apresentam bordas corroídas por biotita e clorita. A quantidade média de hornblenda é de 2%, podendo chegar a 20%. Algumas amostras possuem porções ricas em anfibólio que constituem bandas (bandamento composicional S_{n-1}).

A granada ocorre com porcentagem modal média inferior a 15%, constituindo porfiroblastos ou poiquiloblastos (inclusões de quartzo, epidoto, rutilo, ilmenita e plagioclásio) anedrais a subedrais, raramente euedrais. Apresenta dimensões entre 1 a 10 mm, com média entre 3 - 5 mm, e pode apresentar bordas com alteração parcial para filosilicatos (principalmente biotita e clorita) e hidróxidos de ferro. Alguns cristais exibem inclusões definindo zoneamento e, às vezes, estrutura helicítica com foliação interna discordante da foliação externa, indicando crescimento sin-cinemático e desenvolvimento de foliação pretérita ou sin-desenvolvimento da foliação principal.

A biotita constitui cristais tabulares curtos subedrais a anedrais, com tamanho submilimétrico, correspondendo a 1 a 25% do volume. Ocorre formando agregados lenticulares pequenos, ou dispersa pela lâmina, orientada segundo a foliação. Exibe cor marrom, marrom alaranjado forte a amarelo pálido e frequentes halos pleocroícos por incluir pequenos a minúsculos cristais radiativos (zircão?, allanita?). Em algumas lâminas, a biotita encontra-se parcialmente corroída por mucovita ou parcialmente a totalmente substituída por clorita e/ou estilpnomelano, aparecendo cristais de rutilo desenvolvidos junto à biotita. O estilpnomelano apresenta aspecto fibroso, forte pleocroísmo e coloração marrom alaranjado forte a amarelo moderado.

A muscovita corresponde de 10 a 45% do volume e ocorre sob a forma de cristais tabulares a irregulares, com dimensões médias inferiores a 1 mm, orientados segundo a foliação, formando delgadas lentes e agregados sigmoidais, que se amoldam ao redor de cristais de granadas e, localmente, formam dobras indicando xistosidade S_{n-1} . Mostra recristalização, e os agregados menos orientados com palhetas engrenadas e mal definidas aparentam corresponder a pseudomorfos de aluminossilicatos (granada?, estaurólita?, cianita?) ou feldspatos.

O plagioclásio representa de 15 a 27% do volume, ocorre sob a forma de cristais pequenos (normalmente com dimensões ~1 mm - localmente, podem chegar a 4 mm), às vezes poiquilíticos (contém inclusões de micas e quartzo), orientados segundo a foliação, raramente com geminação característica nítida. Aparece a apresentar composição de andesina sódica a albita, com predomínio de oligoclásio cálcico. Os cristais são equidimensionais a subtabulares curtos, estão parcialmente saussuritizados e podem ter coroas de albita (retrometamorfismo) e textura mirmecítica. Ocorrem dispersos pela lâmina ou concentrados em difusas bandas ou corpos lenticulares difusos.

O quartzo representa de 30 a 45% do volume e é submilimétrico (< 1 mm), com extinção ondulante leve a moderada e contatos lobulados, engrenados a poligonais, evidenciando recristalização e intensa migração dos limites dos grãos. Os cristais maiores podem apresentar extinção ondulante moderada a fraca, com recuperação difusa a

nítida, predominantemente, controlada por faces de prisma. Os cristais de quartzo são anedrais, normalmente inequidimensionais, orientados, e ocorrem dispersos entre os filosilicatos. Ocorrem também formando agregados policristalinos engrenados que formam pequenas lentes e delgados leitos descontínuos, às vezes dobrados, onde apresentam tamanho milimétrico (1,0 a 1,5 mm).

A clorita forma cristais anedrais, que estão parcialmente orientados e junto às bordas da biotita, estaurólita e granada, especialmente em zonas de sombra de pressão. Normalmente, mostra tamanho submilimétrico, perfazendo até 8% da proporção modal.

O epidoto ocorre disperso, localmente alcançando 7%. É subedral a anedral e possui dimensões de até 1 mm.

Os cristais de cianita são anedrais, ocorrem dispersos, com dimensões de ~1 mm. Estão parcialmente muscovitizados e/ou sericitizados e possuem inclusões de opacos.

A estaurólita foi observada em uma lâmina junto à cianita sob a forma de pequenos cristais anedrais a euedrais (~1 mm), dispersos pela amostra e orientados segundo a foliação. Localmente, estão alterados para muscovita e/ou sericita ou clorita.

Os acessórios mais comuns são rutilo, minerais opacos, turmalina, titanita, zircão e apatita. O rutilo ocorre como cristais pequenos anedrais a subedrais, incluso em granada ou dispersos pela rocha, onde normalmente possui coroa de opacos. Apresenta coloração marrom avermelhada com matiz alaranjado. Os opacos (ilmenita e/ou magnetita) ocorrem sob a forma de cristais pequenos tabulares, subtabulares a irregulares, orientados segundo a foliação ou no interior de granada, micas ou intersticialmente. Também ocorrem capeando cristais de rutilo, formando coroa de aspecto pulverulento.

A turmalina ocorre na forma de pequenos e raros cristais euedrais a subedrais, de cor verde. Em algumas lâminas, aparece predominantemente expondo a seção basal triangular, com nítido zoneamento marcado por variação na cor, de verde oliva escuro a verde azulado escuro. A titanita ocorre sob a forma de minúsculos cristais associados a filosilicatos. O zircão ocorre como minúsculos cristais arredondados, que, normalmente, são subedrais a anedrais. A apatita constitui cristais anedrais a subedrais, pequenos e dispersos. Alguns cristais pequenos raramente ocorrem inclusos em quartzo. A allanita é rara, pequena, anedral e metamictica, normalmente ocorre inclusa em biotita e pode ter coroas de epidoto.

Química mineral de metassedimentos do Grupo Araxá

A seguir, são descritas as composições gerais dos principais minerais que compõem os metassedimentos do Grupo Araxá. Uma discussão mais detalhada sobre a química mineral é apresentada em Navarro et al. (2009, 2011).

Anfibólio

Os cristais de anfibólio apresentam composição cálcica e são classificados predominantemente como magnésio-hastingsita a ferro-pargasita, embora algumas análises caíam no campo da magnésio-hornblenda e da tschermakita (Figura 5A). As análises das amostras indicam que não existe um zoneamento composicional entre a borda e o núcleo, mesmo nos cristais maiores. Os anfibólios apresentam 0,001 a 0,094 *a.p.u.f.* de Ti, entre 1,405 a 1,841 *a.p.u.f.* de Al^{IV} e entre 0,880 a 1,479 *a.p.u.f.* de Al^{VI}. A maior variação de Al^{IV} sugere que a substituição tschermak é a mais importante envolvida na variação composicional do anfibólio. O conteúdo de Na e K é baixo – varia entre 0,286 a 0,544 e 0,064 a 0,145 *a.p.u.f.*, respectivamente; já o conteúdo de Ca varia entre 1,638 a 1,822 *a.p.u.f.* O conteúdo de Na(M4) também é baixo – varia entre 0,095 a 0,1920 *a.p.u.f.*

Biotita

Os cristais de biotita são de cor marrom claro a marrom escuro e não apresentam zoneamento químico. Apresentam composição dominada pelo membro final eastonita próximo ao limite com o campo da siderofilita (Figura 5B), mostrando X_{Mg} entre 0,410 e 0,640, com baixo Ti (variando entre 0,001 e 0,240 *a.p.u.f.*). O teor de Al^{IV} varia entre 2,099 a 2,958 *a.p.u.f.*

Epidoto

Os cristais de epidoto apresentam entre 0,41 a 0,32 *a.p.u.f.* de Fe³⁺, sendo essa concentração inversa à do Al, o que indica solução sólida com clinzoisita.

Estaurólita

A estaurólita apresenta razão X_{Mg} variando entre 0,22 e 0,20, não sendo detectado zoneamento composicional. O conteúdo de Ti e Mn são baixos, ficando, respectivamente, entre os intervalos de 0,09 e 0,12 *a.p.u.f.* e 0,006 e 0,03 *a.p.u.f.*, sendo comum a relação inversa entre X_{Mg} e Mn.

Feldspato

O feldspato presente nas rochas do Grupo Araxá é o plagioclásio. Os cristais de plagioclásio apresentam composição variando entre albita a andesina ($ab_{53,6-96,4}$), predominando as composições entre oligoclásio a andesina (Figura 5C). Os cristais analisados não exibem zoneamento químico, apenas porções de composição diferente. A albita ocorre nas bordas de alguns grãos e raramente constitui pequenos grãos dispersos intersticialmente.

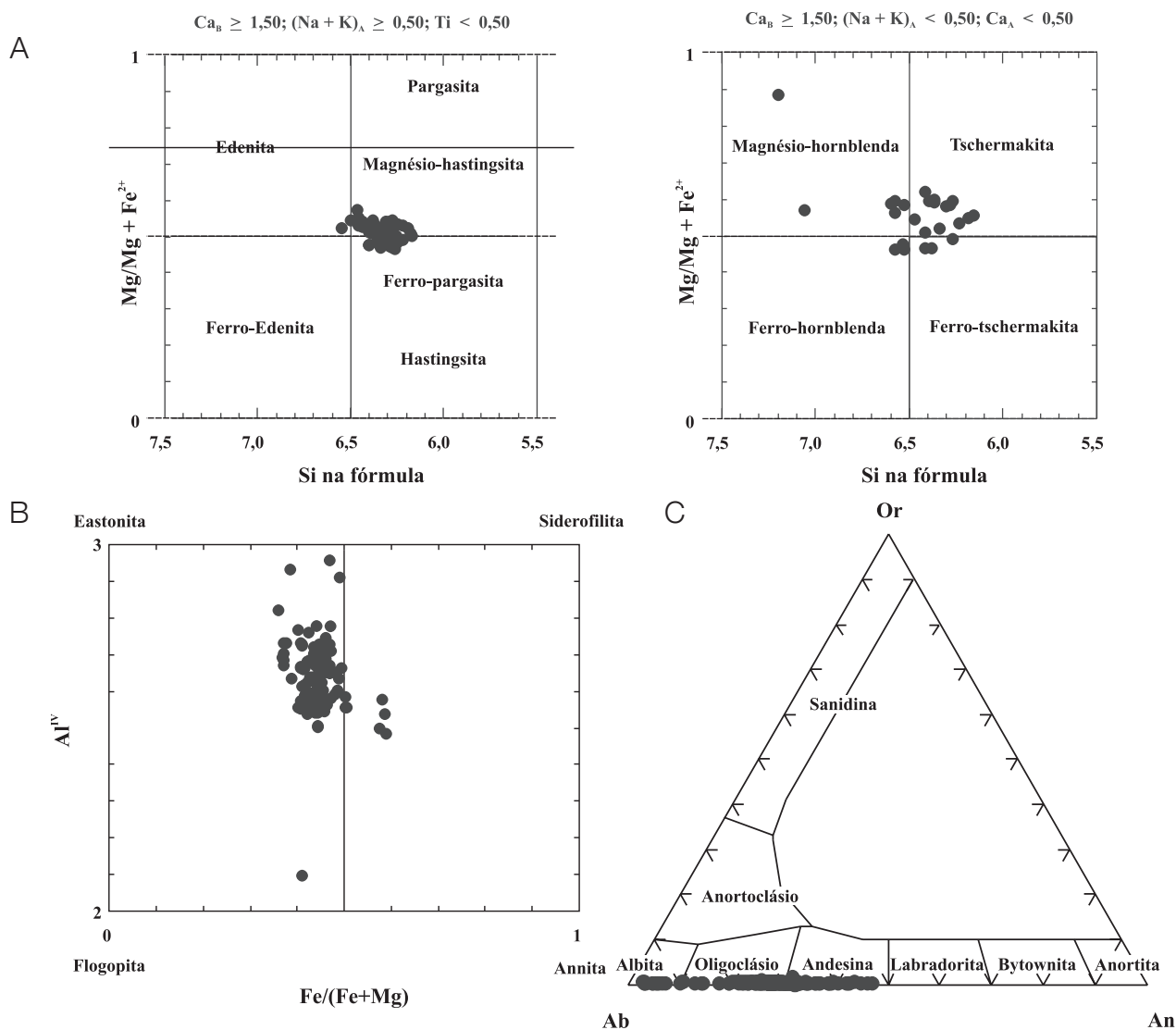


Figura 5. (A) Diagrama de classificação dos anfibólios analisados baseado em Leake et al. (1997); (B) Diagrama de classificação de biotitas analisadas; (C) Diagrama de classificação de feldspatos analisados.

Granada

Os cristais de granada analisados são porfiroblastos e poiquiloblastos anedrais de dimensões milimétricas com inclusões de quartzo, opacos, rutilo e plagioclásio e, mais raramente, de estauroilita e cianita. Os cristais de granada apresentam composições dominadas pela molécula de almandina, seguido por piropo, espessartita e grossulária ou seguidas de piropo, grossulária e espessartita (Figura 6). Exibem zoneamento composicional do núcleo em direção às bordas, com aumento da proporção de X_{Fe} . Os grãos de granada das amostras com anfibólio apresentam composições dominadas pela molécula de almandina, a qual é seguida por proporções similares entre piropo e grossulária e, depois, espessartita (Figura 6).

Muscovita

Os cristais de mica branca apresentam razão Al^{IV}/Al^{VI} entre 0,66 e 0,67, razão X_{Mg} entre 0,32 e 0,78, e teor de Si entre 5,64 a 6,15, e razão \bar{Si}/Al^{VI} entre 2,57 a 3,64 podendo ser classificados como fengita.

MÉTODOS ANALÍTICOS

Foram selecionadas 17 amostras da sequência xistosa entre as cidades de Morrinhos e Mairipotaba (GO) para estudos litogeoquímicos de elementos maiores, menores e traços. Três dessas amostras correspondem a xenólitos que ocorrem dentro dos corpos intrusivos de Mairipotaba

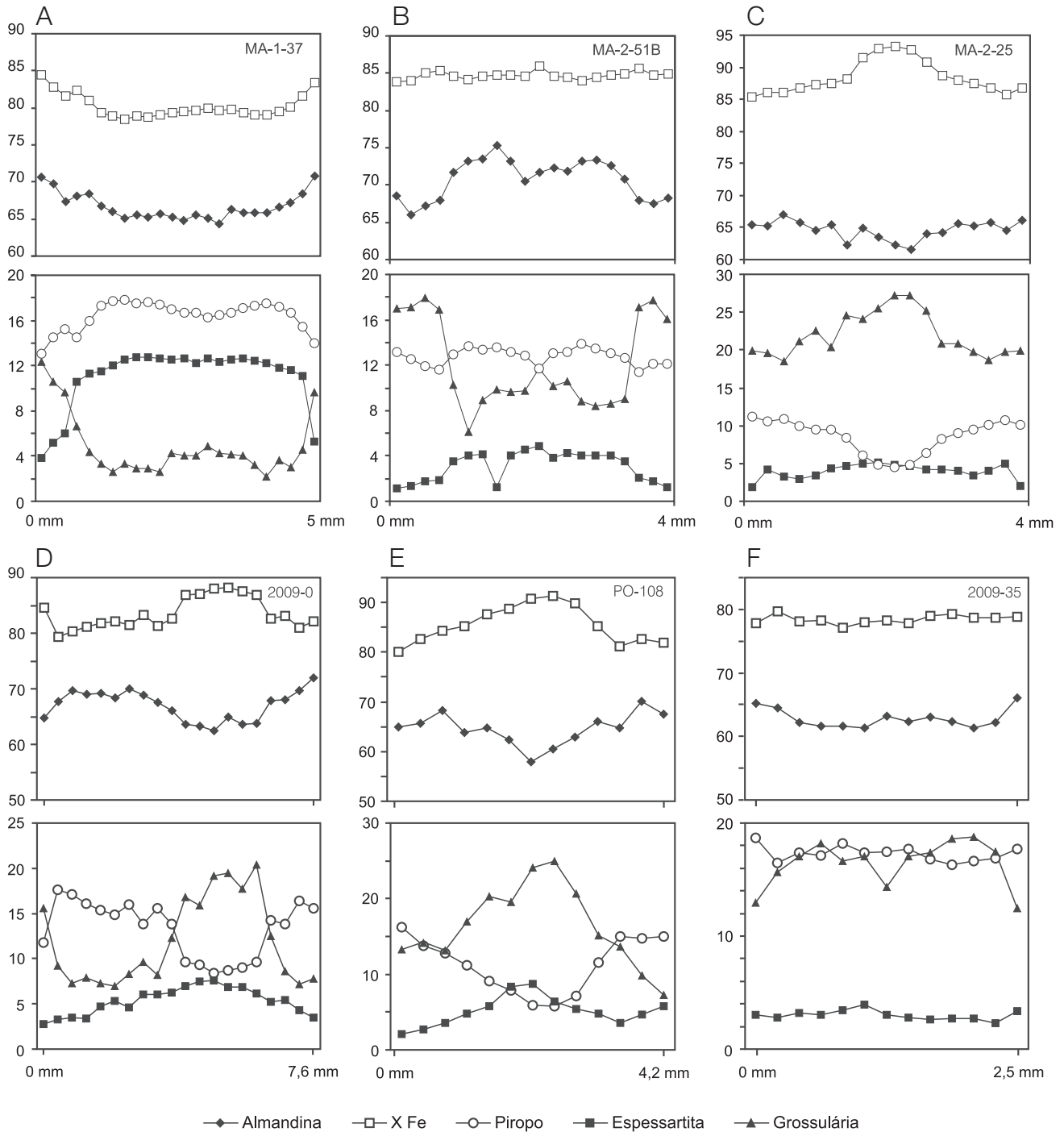


Figura 6. Perfis composicionais de cristais de granadas do Grupo Araxá. (A), (B) e (C) granadas da região de Mairipotaba (Navarro et al. 2009); (D), (E) e (F) granadas da região de Morrinhos (Navarro et al., 2011).

e Crominia-Prof. Jamil Safady (GO). As análises químicas foram realizadas pelo Laboratório Acme (Analytical Laboratories LTD, Vancouver, Canadá). Os elementos maiores foram analisados por Espectrômetro de Emissão em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-ES), após fusão

utilizando metaborato/tetraborado de lítio e digestão em ácido nítrico diluído, sendo a perda ao fogo (LOI) determinada pela diferença de peso da amostra antes e depois do aquecimento a 1.000°C por 4 horas. Os elementos traços foram analisados no Espectrômetro de Massa em Plasma

Indutivamente Acoplado (ICP-MS), após fusão utilizando metaborato/tetraborado de lítio e digestão em ácido nítrico, sendo que, para os metais preciosos e base, a digestão foi por água régia. Os resultados das análises geoquímicas são apresentados na Tabela 1, e a localização da amostra, na Figura 3.

Para determinação da razão Sm/Nd, 7 amostras foram selecionadas (amostras 2009-13, 2009-33, 2009-33B, 2009-36, 2009-64, 2009-41, 2009-59 e 2009-62). As amostras foram britadas, pulverizadas e encaminhadas ao Laboratório de Geocronologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Brasília (UnB), onde foi realizada a abertura química das amostras para análise isotópica de rocha total, seguindo o método descrito por Gioia e Pimentel (2000). Cerca de 50 mg de amostra moída foram misturadas com solução de Spike de ^{149}Sm - ^{150}Nd e dissolvidas em cápsulas de Savillex. A extração de Sm e Nd das amostras foi realizada segundo a técnica convencional de troca catiônica, em colunas de teflon contendo resina Ln-Spec (HDEHP – diethylhexil phosphoric acid supported on PTFE powder). As frações de Sm e Nd foram depositadas em arranjos duplos de filamentos de Re e analisadas na forma metálica, em modo estático, usando-se o espectrômetro de massa Finnigan MAT 262 multicoletor. A razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ é normalizada para um valor de $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ de 0,7219, e a constante de desintegração usada é $6,54 \times 10^{-12}$. A precisão externa na determinação da razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ foi baseada em repetidas análises dos padrões internacionais BHVO-1 e BCR-1. Incertezas nas razões Sm/Nd são estimadas em, aproximadamente, $\pm 0,2\%$. Os valores de T_{DM} foram calculados usando-se o modelo de DePaolo (1981). Os resultados das análises isotópicas Sm/Nd são apresentados na Tabela 2, e a localização da amostra, na Figura 3.

Uma amostra de metassedimento do Grupo Araxá (amostra 2009-36) foi selecionada para a determinação de idade U/Pb em zircão – análise por *laser ablation* (LA)-ICP-MS. A amostra corresponde a granada-anfíbólio-biotita paragnaisse com estrutura porfiroblástica e matriz lepidoblástica contendo domínios granoblásticos engrenados a granolepidoblásticos.

A amostra selecionada foi desagregada, reduzida via britador e teve separada a fração inferior a 500 μm . Os minerais pesados presentes na fração separada foram concentrados no Laboratório de Separação de Zircão do Departamento de Petrologia e Metalogenia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), utilizando-se bateias mecanizadas. Posteriormente, o concentrado de bateia foi passado pelo separador isodinâmico Frantz para a separação da fração magnética. Após a separação magnética, o concentrado foi encaminhado ao Laboratório de Geocronologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de

Brasília (UnB), onde os grãos de zircão foram separados manualmente em lupa binocular. Para a confecção dos *mounts*, não foi realizado nenhum processo de seleção dos zircões, visando-se a uma amostragem randômica das populações existentes nos metassedimentos do Grupo Araxá. Os *mounts* foram confeccionados com resina epóxi (a frio), desgastados e polidos para exposição do interior dos grãos. As determinações realizadas no LA-ICP-MS foram feitas segundo o procedimento apresentado por Buhn et al. (2009). Para a limpeza dos *mounts*, foi utilizado banho com ácido nítrico diluído (3%), água Nanopure® em ultrassom e, por último, acetona para extração de qualquer resíduo de umidade. As leituras das razões foram realizadas no espectrômetro de massas multicoletor, modelo Thermo Finnigan *Neptune*, do Laboratório de Geocronologia do Instituto de Geociências da UnB. Os resultados das análises isotópicas U/Pb são apresentados na Tabela 3, e a localização da amostra, na Figura 3.

Geoquímica

Os metassedimentos apresentam significativa variação nos conteúdos totais dos óxidos dos elementos maiores: SiO_2 (61,79 – 75,16%), Al_2O_3 (13,85 – 16,20%), FeO_T (2,38 – 7,06%), MgO (0,38 – 3,65%), CaO (0,21 – 4,85%), TiO_2 (0,22 – 0,98%), MnO (0,02 – 0,13%), P_2O_5 (0,13 – 0,23%), Na_2O (0,09 – 4,87%) e K_2O (1,20 – 5,28%). Os conteúdos de TiO_2 , MnO e P_2O_5 são relativamente baixos, e os de Na_2O e K_2O variam de baixos a altos (Figura 7). Os valores de elementos maiores mostram que esses metassedimentos não representam pelitos verdadeiros. A composição química é semelhante à de grauvacas.

A composição normativa (CIPW) mostra como minerais principais o quartzo, o ortoclásio, a albita, a anortita, o corindon, o hiperstênio, a hematita e subordinadamente a magnetita e a apatita.

O padrão de distribuição de elementos traços normalizados pelo manto primitivo (Taylor e MacLennan, 1985) dos metassedimentos mostra um enriquecimento em Cs, Rb, Ba, K, Th e U em relação a Nb, Ta, ETR, P, Zr, Ti e Y, mostrando fracas a médias anomalias negativas de Nb, Ta, Sr, P e Ti (Figura 8). O conteúdo total de ETR é baixo (ΣETRL (elementos terras raras leves) = 93,64 – 159,63 ppm, ΣETRP (elementos terras raras pesadas) = 15,87 – 24,84 ppm e $\Sigma\text{ETR}_{\text{Total}}$ = 111,06 – 184,47 ppm), predominando valores entre 111,06 – 146,66 ppm. Os ETRL normalizados pelo manto primitivo (Taylor e MacLennan, 1985) apresentam concentrações entre 6 e 92 vezes acima da do manto primitivo, enquanto que os ETRP, entre 4 e 12 vezes (Figura 8A).

A distribuição entre os ETRL mostra um forte fracionamento exibindo um padrão inclinado ($\text{La}_N/\text{Eu}_N = 3,68 – 8,08$). A distribuição entre os ETRP apresenta um padrão pouco

Tabela 1. Elementos maiores (%), menores e traços (ppm) e elementos terras raras (ppm) analisados nas amostras de metassedimentos do Grupo Araxá.

Amostra	2009 - 0	2009 - 35	2009 - 36	2009 - 41	2009 - 56	2009 - 57	2009 - 58	2009 - 59	2009 - 60
SiO ₂	61,94	66,91	64,11	61,04	62,89	59,3	62,39	66,45	68,39
TiO ₂	0,85	0,98	0,82	0,96	0,86	0,97	0,85	0,95	0,9
Al ₂ O ₃	16,16	13,89	15,08	16,52	15,77	17,25	16,01	15,23	14,03
Fe ₂ O ₃	7,85	6,9	6,76	7,59	7,36	8,64	7,61	7,56	6,83
MnO	0,13	0,12	0,12	0,12	0,14	0,18	0,15	0,13	0,11
MgO	3,65	2,89	3,18	3,44	3,25	3,77	3,48	2,16	2,33
CaO	3,05	3,77	4,85	2,92	2,43	2,69	2,54	1,08	1,59
Na ₂ O	2,78	2,15	3,18	3,21	2,92	2,46	2,87	1,94	2,02
K ₂ O	2,53	1,51	1,2	2,47	2,54	2,88	2,52	3,17	2,67
P ₂ O ₅	0,21	0,19	0,2	0,2	0,22	0,25	0,21	0,17	0,15
LOI	0,6	0,5	0,3	1,2	1,4	1,3	1,1	1	0,8
Total	99,75	99,82	99,81	99,67	99,78	99,69	99,73	99,84	99,82
Sc	20	18	18	20	19	22	20	18	16
V	159	137	126	156	149	176	161	124	123
Cr	109,47	205,26	116,32	136,84	102,63	123,16	102,63	88,95	82,11
Co	21,4	16,2	17,8	21,2	19,8	22,9	22,1	20,4	19,8
Ni	69,7	46,8	41,4	64,1	57,8	66,6	62,7	45	45,4
Cu	42,4	30,5	14	43,8	30,4	36,1	43,9	33,1	52,5
Zn	100	69	50	101	101	101	100	79	78
Rb	77,8	38,5	34,1	118,5	89,6	91,8	88,8	131,1	108,7
Cs	4,4	2,2	1,3	7,5	4,7	4,9	4,9	7,3	6,3
Sr	222,2	205,3	305,6	194,9	196,8	190,2	205,7	115,8	126,7
Ba	530	306	419	425	495	584	485	500	519
Y	29,2	28,7	29	36,5	36,6	39,8	32,4	30,3	28,8
Zr	169,1	218,7	156,9	196,2	180,7	201,7	176,3	222,4	229,9
Hf	5,4	6,7	4,4	6	5,4	5,2	5	6,5	6,6
Nb	9,7	9,1	7,5	11,2	10,6	11,1	9,8	15,9	13,4
Ta	0,7	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,7	1,1	0,9
Pb	1,8	1,8	1,3	4,3	3,6	3,1	2,4	2,8	2,2
Th	7,3	6,8	6,2	8,6	8,8	8,6	7,5	13,5	10,6
U	2	1,9	2	2	1,7	2,5	1,6	2,3	1,7
Ga	18,8	14,3	15,9	18,7	18,4	21,2	19,6	19	18,2
W	0,8	0,5	0,5	0,9	0,7	0,6	0,5	1,6	0,8
Sn	2	2	3	2	3	3	2	2	3
Mo	0,8	0,2	0,1	0,4	0,4	2,1	0,4	0,6	0,4
La	20,2	23,4	22	33,8	49,9	27,1	28,5	36,5	31,5
Ce	47,7	49,6	47	65	63,4	65,8	56,8	78,6	72,4
Pr	5,88	6,28	6,11	8,54	11,42	7,68	7,25	8,83	7,79
Nd	23,9	27	25,6	35,4	45,3	28,9	28,5	33	31,5
Sm	5,1	5,16	5,18	7,11	8,88	6,5	5,62	6,23	5,83
Eu	1,28	1,28	1,35	1,73	1,98	1,56	1,37	1,35	1,26
Gd	4,79	4,98	5,15	7,08	8,32	6,48	5,66	5,47	5,1
Tb	0,9	0,84	0,86	1,15	1,33	1,19	0,98	0,95	0,93
Dy	5,39	4,66	4,83	6,56	6,67	6,53	5,47	5,28	5,16
Ho	1,1	0,99	0,95	1,22	1,27	1,35	1,14	1,06	1,04
Er	3,13	3,01	2,75	3,59	3,74	3,91	3,41	3,21	2,95
Tm	0,51	0,49	0,42	0,52	0,54	0,62	0,5	0,49	0,47
Yb	3,2	3,07	2,6	3,21	3,39	3,82	3,23	3,14	3,05
Lu	0,47	0,48	0,4	0,5	0,55	0,58	0,5	0,49	0,45

Continua...

Tabela 1. Continuação

Amostra	2009 - 61	2009 - 64	2009 - 65	2009 - 75	2009 - 22B	2009 - 32B	2009 - 63	2009 - 55
SiO ₂	63,15	65,05	67,86	65	65,86	67,39	61,79	61,63
TiO ₂	1,07	0,79	0,8	0,85	0,83	0,61	0,85	1,33
Al ₂ O ₃	15,55	14,94	14,79	14,96	14,78	15,15	16,2	18,17
Fe ₂ O ₃	8,94	7,09	4,3	6,82	6,72	5,97	7,48	8,45
MnO	0,11	0,11	0,07	0,12	0,12	0,11	0,12	0,05
MgO	3,66	3,14	1,92	3,14	3,04	2,41	3,48	1,52
CaO	0,84	1,55	2,8	3,08	1,95	1,65	2,43	0,07
Na ₂ O	0,6	2,35	4,87	2,81	2,78	2,96	2,91	0,48
K ₂ O	2,77	2,44	1,53	2,21	2,18	2,45	2,36	4,15
P ₂ O ₅	0,07	0,19	0,23	0,23	0,18	0,13	0,19	0,07
LOI	2,9	2,1	0,6	0,6	1,3	1	2	3,8
Total	99,66	99,79	99,75	99,81	99,82	99,83	99,79	99,72
Sc	22	18	7	18	17	15	20	22
V	129	132	70	128	132	102	144	159
Cr	75,26	102,63	13,68	116,32	130,00	82,11	116,32	123,16
Co	19,5	18,2	6,8	18,1	20,1	15,8	18,9	20,1
Ni	25,6	55,3	5,5	58,4	74,1	42,6	61,7	29,6
Cu	1,5	48,1	2,4	34,4	25,5	48,6	43,6	22,4
Zn	87	108	47	89	82	86	96	90
Rb	67,9	76,7	28,8	74,9	69,2	83,5	68,8	162,6
Cs	3,1	4	0,5	4,5	4,5	6,8	4,4	5,4
Sr	115,8	164,6	258,2	232,9	186,5	197,4	252	130,4
Ba	1039	514	757	401	494	458	469	740
Y	29,3	30,1	23,3	27,2	30	24,3	30,5	53,6
Zr	278,5	188,1	503,5	177,5	171,3	149,2	171,3	228,7
Hf	7,8	4,9	12,8	5	5,1	4,8	4,7	6,8
Nb	18,5	9,7	9,5	9,8	9	8,8	10	24,4
Ta	1,3	0,7	0,3	0,7	0,6	0,6	0,6	1,7
Pb	4,1	5,2	1,8	3,6	2,1	5,5	9,5	4,9
Th	15,1	8,1	7,8	6,3	5,7	5,6	6	15,7
U	1,5	1,8	0,6	1,5	2	2	2,2	2,8
Ga	21,4	18,2	16,6	17,1	17,4	22,6	18,8	23,7
W	0,5	1	0,5	1	0,6	0,6	0,8	1,6
Sn	1	3	2	2	2	2	2	4
Mo	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,7	0,6	0,5
La	68,3	28	63,8	24	19,6	20	18,8	87,6
Ce	138,1	55,5	132,6	57,3	47	41,5	42,2	107,5
Pr	16,22	7,04	15,48	6,4	5,76	5,53	5,31	19,06
Nd	62,7	29,6	59	26,1	23,6	22,5	21,8	71,1
Sm	10,32	5,83	8,87	5,7	4,8	4,54	4,38	11,82
Eu	2,45	1,32	1,93	1,47	1,3	1,12	1,15	2,51
Gd	8,26	5,83	6,98	5,28	4,68	4,32	4,24	10,81
Tb	1,24	0,94	0,95	0,94	0,87	0,73	0,8	1,9
Dy	5,78	4,93	4,47	5,23	4,91	4,14	4,98	10,49
Ho	1,08	1	0,82	1,08	1,01	0,84	1,05	2,04
Er	3	2,9	2,21	3,16	2,93	2,52	3,07	5,41
Tm	0,47	0,46	0,33	0,51	0,45	0,38	0,48	0,78
Yb	3,16	2,88	2,09	3,16	2,83	2,56	3,05	4,89
Lu	0,52	0,43	0,34	0,46	0,42	0,38	0,46	0,69

Tabela 2. Resultado das análises Sm/Nd em rocha total de metassedimentos do Grupo Araxá.

Amostra	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} (\pm 2\text{SE})$	$\epsilon_{\text{Nd}(0)}$	T_{DM} (Ga)
2009-13	5,574	27,651	0,1218	0,512284+/-12	-6,91	1,25
2009-33	7,814	33,814	0,1397	0,511938 +/-6	-13,66	2,26
2009-33B	2,258	11,518	0,1185	0,511688+/-6	-18,53	2,16
2009-36	5,472	25,269	0,1309	0,512254+/-17	-7,48	1,44
2009-64	6,188	29,362	0,1274	0,512220+/-21	-8,15	1,44
2009-41	8,169	38,481	0,1283	0,512244+/-5	-7,69	1,41
2009-59	6,551	33,613	0,1178	0,511924+/-6	-13,93	1,76
2009-62	6,935	33,580	0,1248	0,512154+/-6	-9,45	1,51
MA-2-17B*	6,589	30,03	0,1326	0,512260+/-6	-7,37	1,46
MORRI-1**	6,501	31,250	0,1260	0,512320+/-05	-6,20	1,25
ME P.1***	0,025	0,090	0,1575	0,512446+/-72	-3,75	1,61

*Dados de Simões (2005); **dados de Pimentel et al. (2001); ***metaultramáfica. T_{DM} : idades modelo.

Tabela 3. Resultado das análises U/Pb em zircões da amostra 2009-36.

Amostra	f(206)%	Th/U	6/4 ratio	7/6 ratio	1s(%)	7/5 ratio	1s(%)	6/8 ratio	1s(%)
005-Z2	5,97	2,44	306	0,100	1,956	0,623	3,9	0,05	3,21
035-Z23	3,19	1,41	565	0,067	1,128	0,655	2,1	0,07	1,70
027-Z17	0,03	0,22	56651	0,061	1,085	0,739	1,4	0,09	0,85
012-Z9	3,61	2,24	496	0,075	2,126	0,812	2,3	0,08	0,94
041-Z30	0,02	0,25	85226	0,064	0,564	0,856	1,9	0,10	1,81
003-PAD1	0,03	0,54	67690	0,064	0,761	0,943	1,1	0,11	0,80
021-PAD1	0,02	0,55	77900	0,063	0,940	0,952	1,6	0,11	1,31
034-Z22	0,13	0,44	13684	0,065	0,701	0,959	1,3	0,11	1,10
018-Z14	0,02	0,25	83881	0,061	1,826	0,959	2,2	0,11	1,18
042-PAD1	0,04	0,74	47047	0,062	1,790	0,971	2,0	0,11	0,80
029-Z19	1,01	0,75	1748	0,073	0,844	1,007	3,0	0,10	2,93
040-Z29	0,02	0,19	101668	0,063	0,543	1,093	1,8	0,13	1,73
036-Z26	0,03	0,52	56692	0,065	1,536	1,097	2,2	0,12	1,64
011-Z6	0,02	0,12	110738	0,065	1,149	1,106	2,1	0,12	1,72
023-Z15	0,01	0,74	194937	0,066	0,564	1,112	1,7	0,12	1,56
028-Z18	0,02	0,30	96532	0,067	0,936	1,138	1,3	0,12	0,91
033-Z21	0,01	0,37	137810	0,069	0,964	1,171	1,4	0,12	1,08
017-Z12	0,01	0,12	170009	0,066	0,866	1,199	1,3	0,13	0,91
039-Z28	0,01	0,42	319021	0,066	0,530	1,202	1,2	0,13	1,04
048-Z35	0,02	1,10	87017	0,070	1,240	1,353	1,8	0,14	1,29
004-Z1	0,02	0,16	107702	0,073	0,574	1,510	1,5	0,15	1,37
010-Z5	0,05	0,47	35802	0,071	0,884	1,553	1,8	0,16	1,57
047-Z34	0,38	0,10	4590	0,077	9,690	1,564	20,7	0,15	18,33
046-Z32	0,00	0,51	371572	0,073	0,588	1,720	0,9	0,17	0,66
009-Z4	0,77	1,15	2288	0,120	4,543	1,745	10,0	0,11	8,90
006-Z3	1,46	0,93	1194	0,103	1,026	1,901	2,5	0,13	2,24
024-Z16	0,30	0,68	5646	0,095	1,045	2,447	1,5	0,19	1,10
045-Z31	0,96	1,49	1660	0,116	1,388	4,416	4,0	0,28	3,76
015-Z10	0,01	0,23	119805	0,118	0,734	4,424	1,1	0,27	0,82
030-Z20	0,01	0,39	173112	0,112	1,146	4,892	2,1	0,32	1,70
016-Z11	0,00	0,34	797333	0,120	0,570	5,376	1,1	0,32	0,94
022-Z14A	0,26	0,43	5645	0,156	0,528	8,397	1,0	0,39	0,79

Continua...

Tabela 3. Continuação

Amostra	Rho	7/6 age	1s(%)	7/5 age	1s(%)	6/8 age	1s(%)	Conc (%)
005-Z2	0,85	1625	36	492	15	285	9,5	17,5
035-Z23	0,83	840	23	512	8	441	7,5	52,5
027-Z17	0,59	625	23	562	6	546	4,5	87,4
012-Z9	0,61	1065	42	604	11	488	4,6	45,9
041-Z30	0,95	744	12	628	9	596	10,3	80,1
003-PAD1	0,69	730	16	674	5	658	5,0	90,2
021-PAD1	0,80	697	20	679	8	674	8,4	96,7
034-Z22	0,83	790	15	683	6	651	6,8	82,4
018-Z14	0,75	633	39	683	11	698	7,8	110,2
042-PAD1	0,59	683	38	689	10	691	5,2	101,2
029-Z19	0,96	1028	17	707	16	610	17,0	59,4
040-Z29	0,95	722	12	750	10	759	12,4	105,2
036-Z26	0,89	779	32	752	12	743	11,5	95,3
011-Z6	0,83	776	24	756	11	750	12,2	96,7
023-Z15	0,94	819	12	759	9	739	10,9	90,3
028-Z18	0,67	841	19	772	7	748	6,4	88,9
033-Z21	0,73	907	20	787	8	745	7,6	82,2
017-Z12	0,70	796	18	800	7	801	6,9	100,7
039-Z28	0,88	815	11	801	6	796	7,8	97,7
048-Z35	0,87	917	26	869	10	850	10,3	92,8
004-Z1	0,92	1016	12	934	9	900	11,5	88,7
010-Z5	0,87	964	18	952	11	946	13,8	98,2
047-Z34	0,88	1114	193	956	128	889	152,1	79,7
046-Z32	0,70	1003	12	1016	6	1022	6,2	101,8
009-Z4	0,89	1960	81	1025	64	645	54,6	32,9
006-Z3	0,96	1681	19	1081	16	809	17,0	48,1
024-Z16	0,85	1533	20	1256	11	1101	11,2	71,8
045-Z31	0,94	1891	25	1715	33	1575	52,5	83,3
015-Z10	0,72	1928	13	1717	9	1549	11,2	80,3
030-Z20	0,92	1826	21	1801	17	1780	26,5	97,5
016-Z11	0,84	1956	10	1881	9	1814	14,8	92,7
022-Z14A	0,81	2408	9	2275	9	2130	14,4	88,5

Conc: concentração.

inclinado à sub-horizontal, indicando fraco fracionamento entre os ETRP ($Gd_N/Lu_N = 1,14 - 2,54$). A relação entre a distribuição de ETRL e ETRP mostra forte fracionamento ($La_N/Lu_N = 2,8 - 77,39$), exibindo discretas a fortes anomalias negativas de Eu ($Eu^* = 0,42 - 0,82$) (Figura 8B).

Os diagramas $(Al_2O_3)/(CaO + Na_2O + KO_2)$ versus $(FeO_T + MgO)$, (TiO_2) versus $(FeO_T + MgO)$ e $(K_2O/Na_2O)/(CaO + Na_2O + KO_2)$ versus $(FeO_T + MgO)$ (Bhatia, 1983) mostram que os metassedimentos analisados apresentam similaridades com grauwacas de ambientes de arcos de ilha oceânicos (Figura 9). Os conteúdos de elementos traços (como Th, Sc, Zr, Co, Nb, Y, Rb e La) também

mostram composições semelhantes às de rochas de arcos magmáticos (Figura 9).

Geocronologia

As razões isotópicas $^{147}Sm/^{144}Nd$ e $^{143}Nd/^{147}Nd$ obtidas para as amostras de metassedimentos da Unidade Xistosa do Grupo Araxá revelam T_{DM} variando entre 1,44 e 1,76 Ga, $\epsilon_{Nd(0)}$ entre -7,48 e -13,93 e razões $^{147}Sm/^{144}Nd$ variando entre 0,1178 - 0,1309 e $^{143}Nd/^{147}Nd$ entre 0,511924 - 0,512254. As amostras da Unidade Quartzítica mostram razões $^{147}Sm/^{144}Nd$ variando entre 0,1185 - 0,1397,

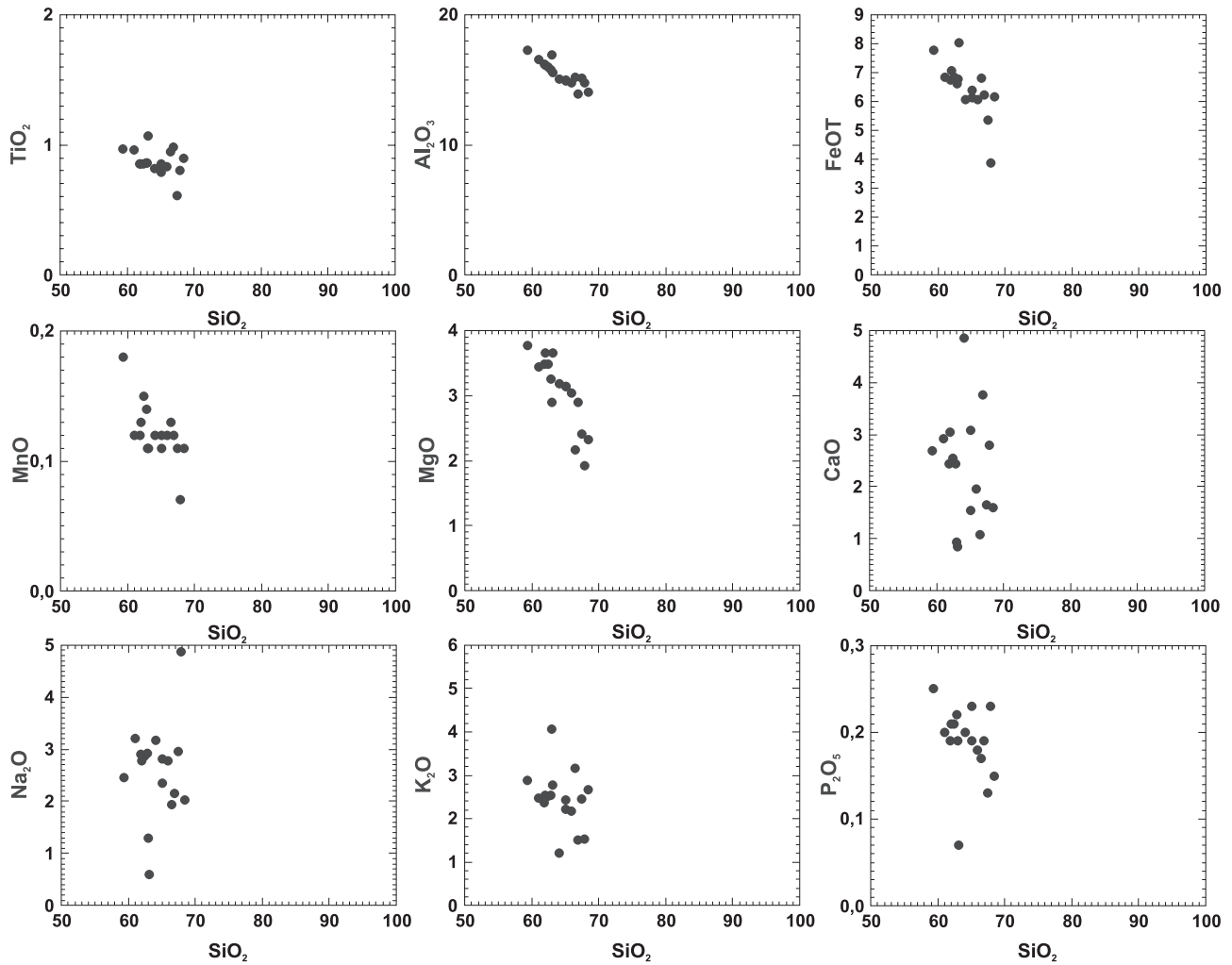


Figura 7. Diagramas binários de elementos maiores versus SiO_2 , mostrando a variação da composição das amostras.

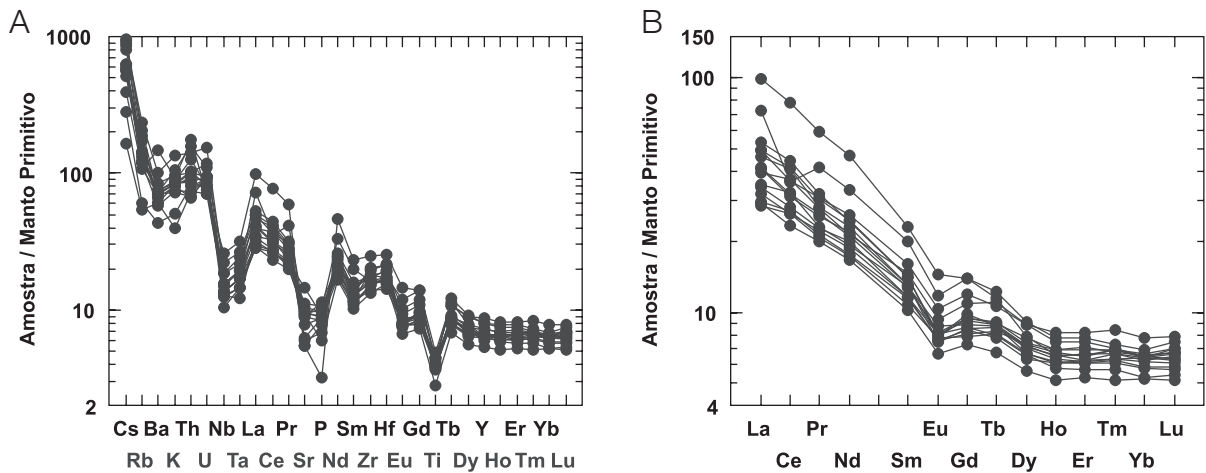


Figura 8. (A) Padrão de distribuição de elementos menores, traços e ETR normalizados pelo Manto Primitivo (Taylor e MacLennan, 1985) para as amostras analisadas; (B) Padrão de distribuição de ETR normalizados pelo Manto Primitivo (Taylor e MacLennan, 1985) para as amostras analisadas.

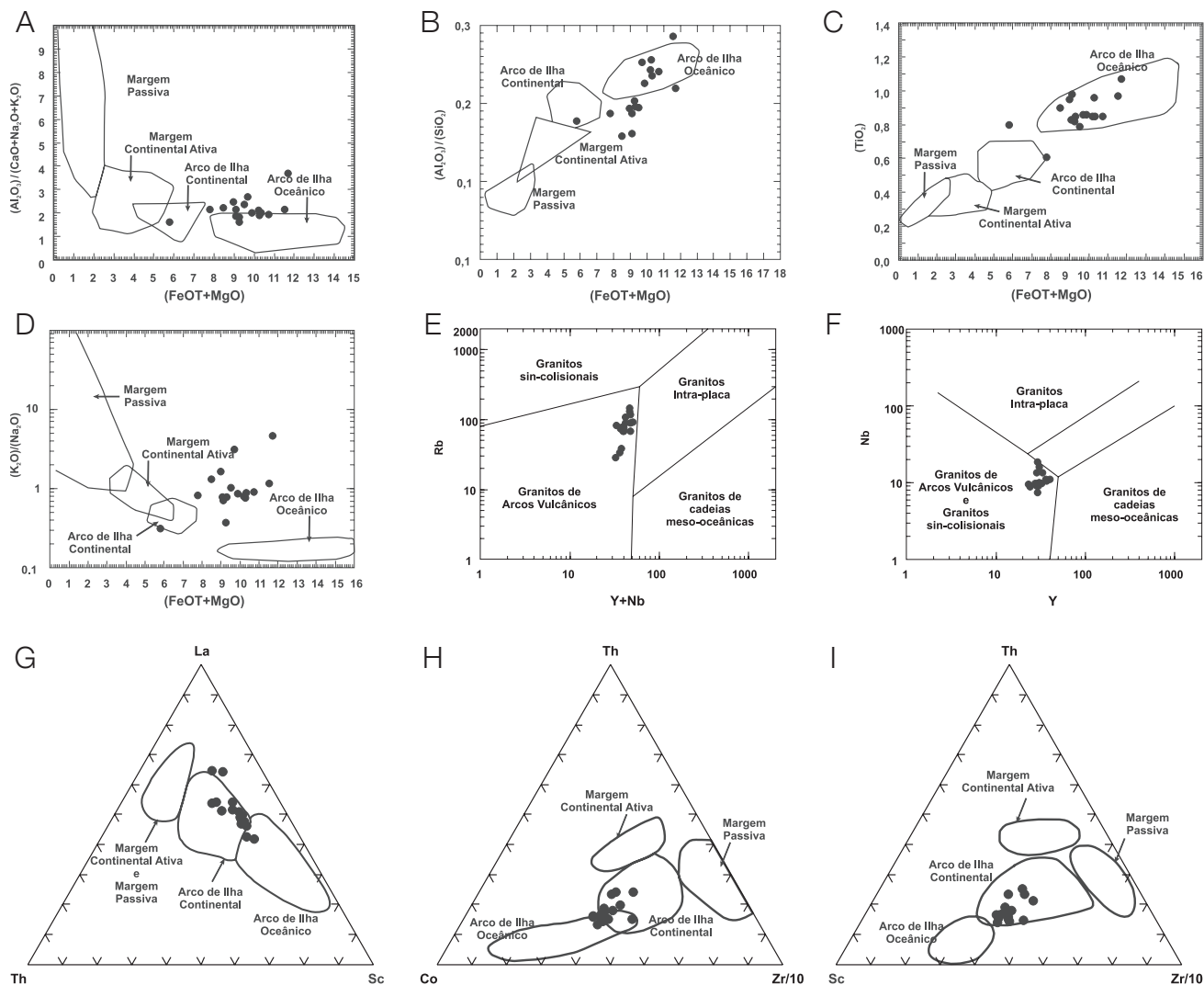


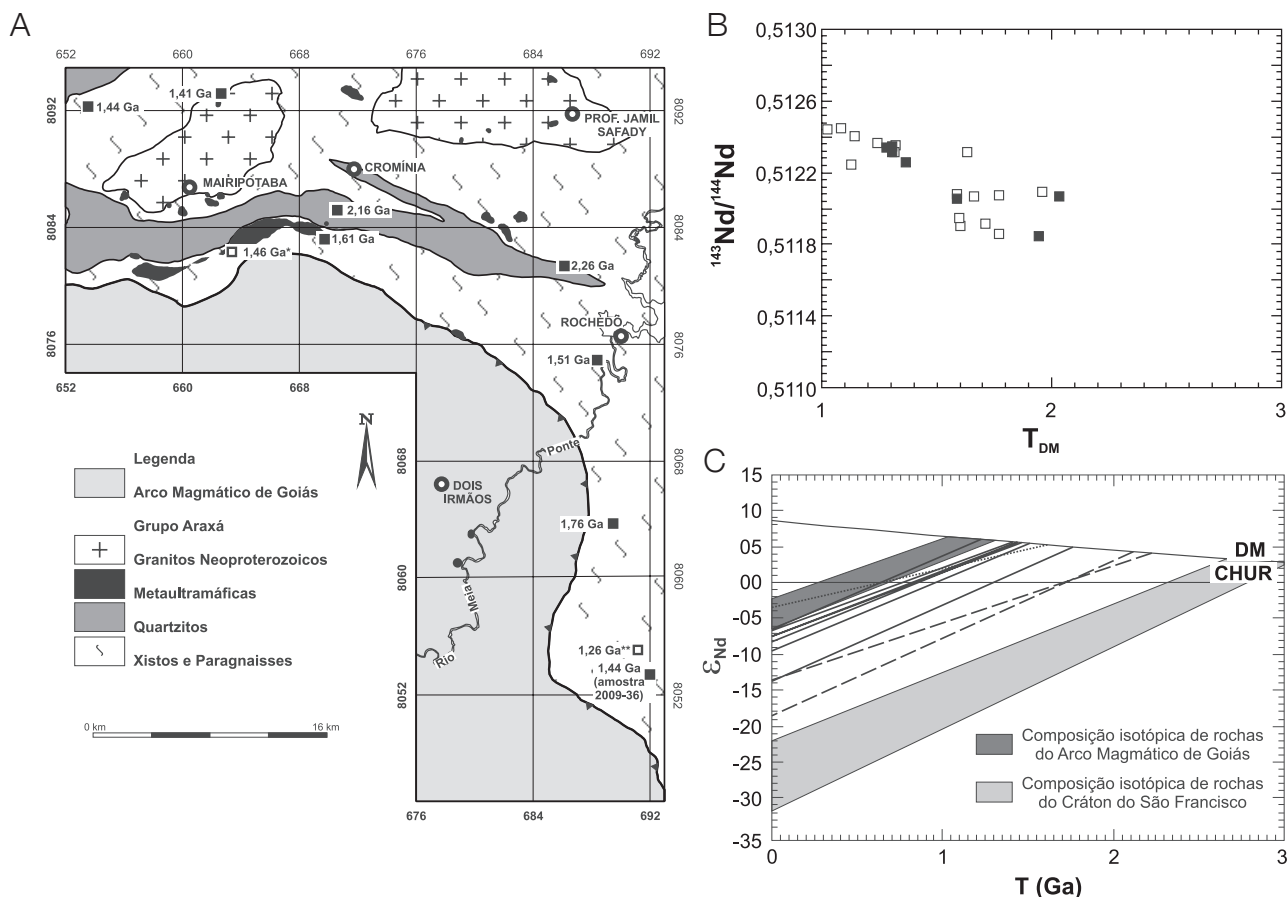
Figura 9. Diagramas discriminantes para as rochas metassedimentares analisadas. (A), (B), (C) e (D) Bhatia (1983) e Bhatia e Crook (1986); (E) e (F) Pearce, Harris e Tindle (1984); (G), (H) e (I) Bhatia e Crook (1986).

$^{143}\text{Nd}/^{147}\text{Nd}$ entre 0,511688 – 0,511938, T_{DM} variando entre 2,16 e 2,26 Ga e com $\epsilon_{\text{Nd}(0)}$ variando entre -13,66 e -18,53.

Os resultados são semelhantes a dados isotópicos em rochas metassedimentares do Grupo Araxá em outras regiões do Estado de Goiás (Pimentel et al., 1999, 2001; Piuzana et al., 2003a; Simões, 2005; Klein, 2008), que mostram valores $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ entre 0,1039 – 0,1445 e $^{143}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ entre 0,511702 – 0,512372, além de T_{DM} variando entre 1,12 – 2,18 Ga, o que indica fontes variadas para os sedimentos. As T_{DM} distribuem-se em dois conjuntos, um com T_{DM} entre 1,12 e 1,46 Ga e outro com T_{DM} entre 1,76 e 2,18 Ga. Essa bimodalidade na distribuição de idades modelo representa a influência de, pelo menos, duas fontes principais para os sedimentos do Grupo Araxá.

As T_{DM} mais jovens são associadas a fontes de terrenos juvenis neoproterozoicos e as T_{DM} mais velhas, a fontes de terrenos paleoproterozoicos (Pimentel et al., 2001).

As T_{DM} menores que 1,51 Ga na região sugerem forte contribuição de fonte mesoproterozoica a neoproterozoica, e as T_{DM} maiores que 1,76 sugerem uma contribuição maior de fonte paleoproterozoica para os sedimentos do Grupo Araxá. Os resultados isotópicos e de T_{DM} são semelhantes aos já apresentados por diversos autores para metassedimentos do Grupo Araxá (Figura 10) (Pimentel et al., 1999, 2001; Piuzana et al., 2003a; Simões, 2005; Klein, 2008). A presença marcante de rochas metassedimentares com T_{DM} variando entre 1,1 – 1,3 Ga no Grupo Araxá sugere uma fonte juvenil neoproterozoica para a origem dos sedimentos,



Linhas cheias: amostras da Unidade Xistosa. Linha pontilhada: amostra de metaultramáfica. T_{DM} : idades modelo; ϵ_{Nd} : razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ em função do tempo; DM: depleted mantle; CHUR: chondritic uniform reservoir; Linha tracejada: amostras da Unidade Quartzítica.

Figura 10. (A) Mapa geológico esquemático simplificado da região de Mairipotaba – Morrinhos, com a localização das idades modelo obtidas. Quadrados pretos: amostras analisadas. Quadrados brancos: amostras de Simões (2005)* e de Pimentel, Fuck e Botelho (1999)**; (B) Composição isotópica $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ e idades modelo de metassedimentos do Grupo Araxá, na porção sul do Estado de Goiás. Quadrados pretos: amostras analisadas. Quadrados brancos: amostras de outras regiões de Goiás. Dados de Pimentel, Fuck e Botelho (1999) e Pimentel et al. (2001), Piuzana et al. (2003a), Simões (2005), Klein (2008); (C) Variação dos valores de ϵ_{Nd} no tempo geológico dos metassedimentos da área de estudo.

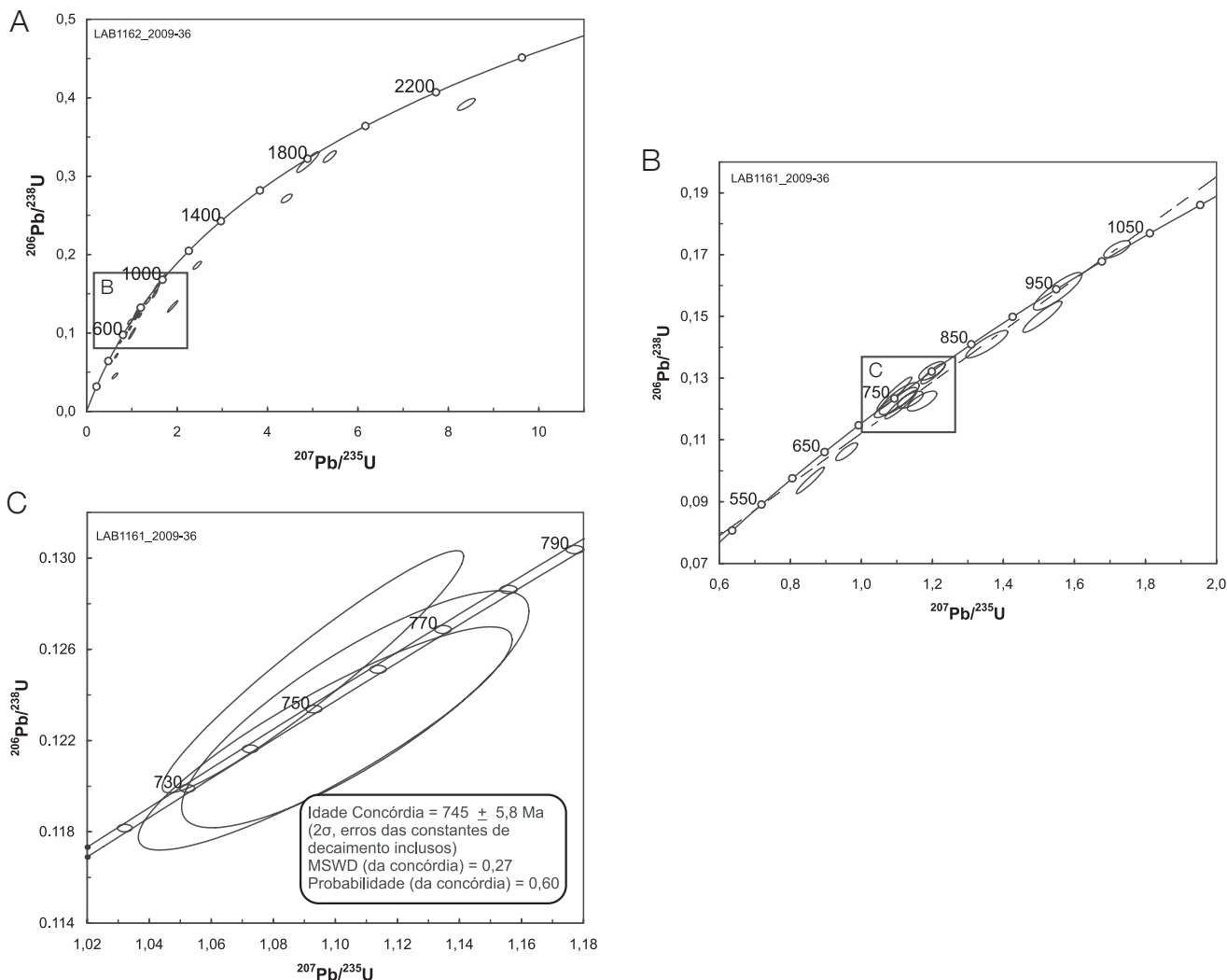
provavelmente rochas relacionadas ao Arco Magmático de Goiás. As idades mais velhas teriam como fonte rochas relacionadas ao Cráton de São Francisco (Pimentel et al., 1999, 2001; Piuzana et al., 2003a; Klein, 2008).

Foram analisados 25 grãos de zircão da amostra 2009-36 (granada-muscovita-biotita paranaisses), por meio do método U-Pb (LA-ICP-MS). Os dados analíticos obtidos para os cristais de zircão são mostrados na Tabela 3. As idades obtidas variam em 4 conjuntos: o primeiro grupo variando entre 628 a 689 Ma (7 grãos de zircão), o segundo grupo variando entre 750 e 869 Ma (8 grãos de zircão), o terceiro com idades entre 934 e 1.016 Ma (4 grãos de zircão) e o quarto variando entre 1.256 e 1.880 Ma, com apenas 1 grão de zircão com idade de 2.274 Ma. Seis

grãos de zircão mostram concordância estatística; o diagrama de concórdia desses grãos mostra idade média de $745 \pm 5,8$ Ma (Figura 11C) e deve corresponder à idade mínima para a sedimentação do Grupo Araxá. As idades obtidas mostram que os grãos de zircão de idade neoproterozoica são os mais abundantes (< 900 Ma) na amostra, indicando que a principal fonte desses sedimentos são rochas neoproterozoicas.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

As características dos sedimentos são influenciadas pela proximidade com a área fonte e com o tipo de litologias



MSWD: Mean Squares of the Weighted Deviated (dispersão das idades medidas).

Figura 11. Diagrama de concórdia U-Pb para zircões da amostra de metassedimento do Grupo Araxá.

que compõem essa área. Sedimentos modernos derivados de arcos vulcânicos mostram um padrão “achatado” de distribuição de ETR, fracas anomalias de Eu e baixa concentração de ETR. Nessas rochas, as concentrações de elementos traços como o Nb e Y e o enriquecimento em elementos litófilos de raio iônico grande (como o Rb, Ba, Th, U) e o empobrecimento de Nb e Ta são semelhantes a rochas ígneas geradas nos arcos vulcânicos.

Os metassedimentos do Grupo Araxá na área de estudo apresentam composição peraluminosa, enriquecimento em elementos litófilos de raio iônico grande em relação a elementos de alto campo de força e ETR, mostrando anomalias negativas de Nb, Ta, Sr, P e Ti, sendo, portanto, semelhantes a padrões de rochas de arcos vulcânicos. Quimicamente, os metassedimentos do Grupo Araxá

mostram não serem pelitos verdadeiros, pois possuem composição semelhante à de grauvacas.

Os resultados geoquímicos associados aos dados isotópicos Sm/Nd sugerem que os metassedimentos do Grupo Araxá, na região, tiveram contribuição expressiva de rochas geradas em arcos vulcânicos, de idade neoproterozóica (Arco Magmático de Goiás) em possível ambiente de bacia anteraco. As T_{DM} mais antigas indicam uma contribuição de rochas paleoproterozóicas (rochas arqueanas e paleoproterozóicas associadas ao Maciço de Goiás).

Tais sedimentos, com base nos dados termobarométricos, foram carreados a profundidades maiores que 25 km (considerando-se o grau geotérmico de 25°C/km), onde foram deformados e metamorfoseados durante o neoproterozóico.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – processos nº 140418/02-4 e 303267/2002-0 – e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) – processos nº 2001-10034-2 e 2001/08456-6.

REFERÊNCIAS

- ANGELI, N.; NAVARRO, G. R. B.; ZANARDO, A.; VLACH, S. R. F. Caracterização Química de Cromitas nos Maciços de Cromínia e Mairipotaba, Goiás, Brasil. *Revista Geologia-USP: Série Científica*. São Paulo, v. 10, n. 1, p. 87-99, 2010.
- Barbosa, O. Guia das Excursões. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 9., 1955. São Paulo: SBG, 1955. Noticiário 3, p. 3-5.
- BARBOSA, O.; BRAUN, O. P. G.; DYER, R. C.; CUNHA, C. A. B. R. Geologia da região do Triângulo Mineiro. Boletim da Divisão de Fomento de Produção Mineral, DNPM, Bol. 136, 140p., 1970a.
- BARBOSA, O.; BAPTISTA, M. B.; DYER, R. C.; BRAUN, O. P. G.; FRATIN, H.; MENEGUESO, G. *Projeto Goiânia, Relatório preliminar*. Rio de Janeiro, DNPM/PROSPEC, 75 p., 1970b (inédito).
- BHATIA, M. R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. *The Journal of Geology*, v. 91, n. 6, p. 611-627, 1983.
- BHATIA, M. R.; CROOK, K. A. W. Trace element characteristics of greywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. *Contributions Mineralogical Petrology*, v. 92, p. 181-193, 1986.
- BROD, J. A.; LEONARDOS, O. H.; MENESES, P. R.; ALMEIDA, R.; ARAÚJO, R. N. J.; BLANCO, S. B.; CARDOSO, F. B. F.; CARVALHO JR., O. A.; JUNQUEIRA, F. F.; RIEHL JR., W.; SOUZA, J. C. F.; TALLARICO, F. H. T.; THOMSEM, F. P. R.; ALBUQUERQUE M., A. C.; BERBET, M. L. C.; CERQUEIRA, M. R. S.; CHAGAS, M. A.; DIAS, R. R.; LIMA, C. V.; NAKAMURA, E. T.; PORTO, S. G.; ROMÃO, P. A.; SANTOS, P. C. V. Tectonoestratigrafia da Faixa Brasília na região do Alto Paranaíba. In: Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, 3., 1991. *Anais...* SBG, 1991, p. 155-168.
- BUHN, B.; PIMENTEL, M. M.; MATTEINI, M.; DANTAS, E. L. High spatial resolution analysis of Pb and U isotopes for geochronology by *laser ablation* multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-MC-ICP-MS). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 81, n. 1, p. 99-114, 2009.
- CAMPOS NETO, M. C.; CABY, R. Neoproterozoic High-Pressure Metamorphism and Tectonic Constraint from the Nappe System South of the São Francisco Craton, Southeast Brazil. *Precambrian Research*, v. 97, p. 3-26, 1999.
- CAMPOS NETO, M. C.; CABY, R. Terrene accretion and upward extrusion of high-pressure granulites in the Neoproterozoic nappes of Southeast Brazil: petrology and structural constraints. *Tectonics*, v. 19, n. 4, p. 669-687, 2000.
- DARDENNE, M. A. The Brazilia Fold Belt. In: CORDANI, U. G.; THOMAS FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (coords.). *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro: SBG, 2000. p. 231-236.
- DEL LAMA, E. A.; OLIVEIRA, M. A. F.; ZANARDO, A. Geotermobarometria em rochas do Complexo Campos Gerais ao norte da Zona de Cisalhamento Varginha. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 24, n. 4, p. 1-7, 1994.
- DRAKE JR., A. A. The Serra de Caldas windows. U. S. Geological Survey, Professional Paper, 1999-A, 1980.
- FISCHEL, D. P.; PIMENTEL, M. M.; FUCK R. A. Idade do metamorfismo de alto grau no Complexo Anápolis-Itaçu, Goiás, determinada pelo método Sm-Nd. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 28, n. 4, p. 543-544, 1998.
- FUCK, R. A. Dobramentos neoproterozóicos da margem Ocidental do Cráton do São Francisco: revisão. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36, 1990. Natal. *Anais...* Natal: SBG, 1990. v. 1, p. 288-289.
- FUCK, R. A.; MARINI, O. J. O Grupo Araxá e unidades homotaxiais. Publ. Esp., Núcleo Bahia, SBG, Salvador. 1981.
- GIOIA, S. M. C. I.; PIMENTEL, M. M. The Sm-Nd isotopic method in the Geochronology Laboratory of the University of Brasília. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 72, p. 219-245, 2000.
- KLEIN, P. B. W. *Geoquímica de rocha total, geocronologia de U - Pb e geologia isotópica de Sm - Nd das rochas ortognáissicas e unidades litológicas associadas da região de Ipameri - Catalão (Goiás)*. 2008. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.

- LACERDA FILHO, J. V.; OLIVEIRA, C. C. Geologia da região centro-sul de Goiás. *Boletim de Geociências do Centro-Oeste*, v. 18, n. 1/2, p. 3-19, 1995.
- LACERDA FILHO, J. V. DE; REZENDE, A.; SILVA, A. *Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal*. Goiânia: CPRM, METAGO S.A., UnB, 1999, 2ª edição. 184p, 1999.
- LEAKE, B. E.; WOOLLEY, A. R.; ARPS, C. E. S.; BIRCH, W. D.; GILBERT, M. C.; GRICE, J. D.; HAWTHORNE, F. C.; KATO, A.; KISCH, H. J.; KRIVOVICHEV, V. G.; LINTHOUT, K.; LAIRD, JO; MANDARINO, J. A.; MARESCH, W. V.; NICKEL, E. H.; ROCK, N. M. S.; SCHUMACHER, J. C.; SMITH, D. C.; STEPHENSON, N. C. N.; UNGARETTI, L.; WHITTAKER, E. J. W.; YOUZHI, G. Nomenclature of amphiboles; Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. *American Mineralogist*, v. 82, n. 9, p. 1019-1037, 1997.
- LUVIZOTTO, G. L. *Caracterização metamórfica das rochas do Grupo Araxá na região de São Sebastião do Paraíso, Sudoeste de Minas Gerais*. 2003. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro.
- MARINI, O. J.; FUCK, R. A.; DARDENE, M. A.; DANNI, J. C. M. Províncias Tocantins: setores Central e Sudeste. In: Almeida, F. F. M.; Hasuy, Y. (coords.) *O Pré-cambriano do Brasil*. São Paulo: Edgar Blücher, 1984. p. 205-264.
- MORAES, R.; BROWN, M.; FUCK, R. A.; CAMARGO, M. A.; LIMA, T. M. Characterization and P–T evolution of melt-bearing ultrahigh-temperature granulites: an example from the Anápolis-Itaçu Complex of the Brasília Fold Belt, Brazil. *Journal of Petrology*, v. 43, n. 9, p. 1673-1705, 2002.
- MOREIRA, M. L. O.; MORETON, L. C.; ARAÚJO, V. A.; LACERDA FILHO, J. V.; COSTA, H. F. Geologia do Estado de Goiás e do Distrito Federal. Programa Geologia do Brasil – Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia do Brasil. Ministério de Minas e Energia. Governo do Estado de Goiás. CPRM, FUNMINERAL. 141 p., 2008.
- NAVARRO, G. R. B.; ZANARDO, A. Petrografia e geoquímica das rochas metaultramáficas da região de Mairipotaba, Cromínia e Pontalina, Goiás. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 359, n. 4, p. 483-492, 2005.
- NAVARRO, G. R. B.; ZANARDO, A. Geoquímica de Gnaisses do Arco Magmático de Goiás na região sul do estado de Goiás. *Geologia USP: Série Científica*. São Paulo, v. 7, n. 1, p. 19-28, 2007.
- NAVARRO, G. R. B.; ZANARDO, A.; GALEMBECK, T. M. B.; ROCHA, M. M. C. Idades Modelo dos Gnaisses da Região de Pontalina Goiás. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 42., 2004. Araxá. Anais... Araxá: SBG, 2004. 1 p. 1 Cd-Rom (S07:345).
- NAVARRO, G. R. B.; MORAES, R.; ZANARDO, A.; SIMÕES, L. S. A.; CONCEIÇÃO, F. T. Trajetória P-T e condições do metamorfismo usadas como ferramenta para compartimentação tectônica da Faixa Brasília em Goiás. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 39, n. 3, p. 544-559, 2009.
- NAVARRO, G. R. B.; ZANARDO, A.; CONCEIÇÃO, F. T.; ANGELI, N. U–Pb age of the Mairipotaba and Cromínia-Prof. Jamil Safady orthogneisses, South of Goiás State. In: South American Symposium on Isotope Geology, 7, 2010. Brasília. Resumos... Brasília, Brazil, 2010. 4p. 1 CD-ROM (S0109).
- NAVARRO, G. R. B.; ZANARDO, A.; CONCEIÇÃO, F. T.; MORAES, R.; SIMÕES, L. S. A. Química Mineral e Estimativas de Pressão e Temperatura em Rochas Metassedimentares do Grupo Araxá na Região de Morrinhos, Sul do Estado de Goiás. *Geologia USP: Série Científica*. São Paulo, v. 11, n. 2, p. 2-20, 2011.
- NILSON, A. A. O atual estágio de conhecimento dos Complexos máfico-ultramáficos pré-cambrianos do Brasil – Uma avaliação preliminar. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 33., 1984. Anais..., SBG, 1984. v. 9, p. 4166-4203.
- OLIVEIRA, C. C. Programa Levantamentos Básicos do Brasil - PLGB. Folha SE.22-X-B-V - Leopoldo de Bulhões Escala: 1:100.000. Goiânia: CPRM, DNPM. 1994. 151 p. (Relatório não publicado).
- OLIVEIRA, M. A. F.; CARVALHO, S. G.; MORALES, N.; RODRIGUES, M. F. B.; ZANARDO, A. Geologia das Quadrículas de Cássia e São Sebastião do Paraíso. In: Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 2., 1983. Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBG, 1983, Boletim 3, p. 506-512.
- PEARCE, J. A.; HARRIS, N. B. W.; TINDLE A. G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, v. 25, p. 956-983, 1984.
- PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; JOST, H.; FERREIRA FILHO, C. F.; ARAUJO, S. M. The basement of the Brasília Fold Belt and the Goiás magmatic arc. In: CORDANI U. G., THOMAS FILHO A., CAMPOS D.

- A. (coords.) *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro: SBG, 1992. p. 195-229.
- PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; BOTELHO, N. F. Granites and the geodynamic history of the neoproterozoic Brasília belt, Central Brazil: a review. *Lithos*, v. 46, p. 463-483, 1999.
- PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; JOST, H.; FERREIRA FILHO, C. F.; ARAUJO, S. M. The basement of the Brasília Fold Belt and the Goiás magmatic arc. In: Cordani, U. G.; THOMAS FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (coords). *Tectonic Evolution of South America*, Rio de Janeiro: SBG, 2000. p. 195-229.
- PIMENTEL, M. M.; DARDENNE, M. A.; FUCK, R. A.; VIANA, M. G.; JUNGES, S. L.; SEER, H. J.; FISCHER, D. P. Nd isotopes and the provenance of sediments of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*. Holanda, v. 14, p. 571-585, 2001.
- PIMENTEL, M. M.; JOST, H.; FUCK, R. A. O embasamento da Faixa Brasília e o arco Magmático de Goiás. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. DAL RÉ; BRITO-NEVES, B. B. (org.). *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, 2004, p. 355-368.
- PIUZANA, D.; PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; ARMSTRONG, R. Neoproterozoic granulite facies metamorphism and coeval granitic magmatism in the Brasília Belt, central Brazil: regional implications of SHRIMP U-Pb and Sm-Nd data. *Precambrian Research*, v. 125, p. 245-273, 2003a.
- PIUZANA, D.; PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; ARMSTRONG, R. SHRIMP U-Pb and Sm-Nd data for the Araxá Group and associated magmatic rocks: constraints for the age of sedimentation and geodynamic context of the southern Brasília Belt, central Brazil. *Precambrian Research*, v. 125, p. 139-160, 2003b.
- REZENDE, A.; NILSON, A. A.; SILVA, A.; ALVARENGA, C. J. S.; GEBRIM, E.; GODOI, H. O.; LACERDA FILHO, J. V.; DANNI, J. C. M.; CAMPOS, J. E. G.; BRILHANTE, J. R.; DARDENNE, M. A.; RESENDE, M.; PIMENTEL, M. M.; FRANCISQUINI, N.; BARBOSA, P. A. R.; BOAS, P. F. V.; LIMA, T. M.; FILHO, W. R. Descrição das Unidades Litoestratigráficas. In: LACERDA FILHO, J. V.; REZENDE, A.; SILVA, A. (Coord.). *Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal*. Goiânia: CPRM, METAGO S.A., UnB. 1999. p. 31-78.
- SEER, H. J. *Evolução tectônica dos Grupo Araxá, Ibiá a Canastra na sinforma de Araxá, Araxá, Minas Gerais*. 1999. 1v. Tese (doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.
- SEER, H. J.; BROD, J. A.; FUCK, R. A.; PIMENTEL, M. M.; BOAVENTURA, G. R.; DARDENNE, M. A. Grupo Araxá em sua área tipo: um fragmento de crosta oceânica neoproterozóica na Faixa de Dobramentos Brasília. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 31, n. 3, p. 385-396, 2001.
- SIMÕES, L. S. A. *Evolução tectono-metamórfica da nappe de Passos, sudeste de Minas Gerais*. 1995. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SIMÕES, L. S. A. *Compartimentos Crustais do Domínio Interno da Faixa Brasília no sul do estado de Goiás*. 2005. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro.
- SIMÕES, L. S. A.; VALERIANO, C. M.; MORALES, N.; ZANARDO, A.; MORAES, R.; GOMI, C. Y. Zonação metamórfica inversa do Grupo Araxá-Canastra na região de São Sebastião do Paraíso-Alpinópolis, MG. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35., 1998. Belém. *Anais...* Belém: SBG, 1998. v. 3, p. 1203-1215.
- STRIEDER, A. J.; NILSON, A. A. Melange ofiolítica nos metassedimentos Araxá de Abadiânia (GO) e implicações tectônicas regionais. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 22, n. 2, p. 204-215, 1992.
- TAYLOR, S. R.; MACLENNAN, S. M. *The continental crust: its composition and evolution*. Oxford: Blackwell, 1985. 312p.
- VALERIANO, M. C.; SIMÕES, L. S. A. Geochemistry of proterozoic mafic rocks from the Passos Nappe (Minas Gerais, Brazil): tectonic implications to the evolution of the southern Brasília Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 27, n. 2, p. 99-110, 1997.
- VALERIANO, M. C.; DARDENNE, M. A.; FONSECA, M. A.; SIMÕES, L. S. A.; SEER, H. J. A evolução tectônica da Faixa Brasília. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. DAL RÉ; BRITO-NEVES, B. B. (org.). *Geologia do Continente*

Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004. p. 575-592.

WINGE, M. *Evolução dos terrenos granulíticos da Província Tocantins, Brasil Central*. 1995. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.

ZANARDO, A. *Análise petrográfica, estratigráfica e microestrutural da região de Guaxupé-Passos-Delfinópolis-(MG)*. 1992. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro.

ZANARDO, A.; MORALES, N.; CARVALHO, S. G. DE; SIMÕES, L. S. A.; OLIVEIRA, M. A. F. Evolução metamórfica da porção sul do Cráton do Paramirim. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36., 1990, Natal. *Anais...* Natal: SBG, 1990. v. 4, p. 1945-1955, 1990

ZANARDO, A.; MORALES, N.; DEL LAMA, E. A. Evolução metamórfica do Grupo Araxá-Canastra na região de Passos (MG). In: Congresso Brasileiro de Geologia, 37., 1992, São Paulo. *Anais...* São Paulo, SBG, 1992. v. 1, p. 408-409.

ZANARDO, A.; OLIVEIRA, M. A. F. DE; DEL LAMA, E. A.; CARVALHO, S. G. Geologia do Grupo Araxá de Passos-São Sebastião do Paraíso, sul de Minas Gerais. *Geociências*, v. 15, n. 1, p. 253-278, 1996.