

PROVENIÊNCIA DOS METASSEDIMENTOS DO GRUPO ARAXÁ NA REGIÃO DE CALDAS NOVAS, GOIÁS.

PROVENANCE OF METASEDIMENTS FROM THE ARAXÁ GROUP IN THE REGION OF CALDAS NOVAS, GOIÁS, CENTRAL BRAZIL

Guillermo Rafael Beltran NAVARRO¹, Antenor ZANARDO¹, Cibele Carolina MONTIBELLER², Fabiano Tomazini da CONCEIÇÃO³, Claudio de Morisson VALERIANO⁴, Thaís Güitzlaf LEME², Luiz Sérgio Amarante SIMÕES¹

- (1) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Departamento de Petrologia e Metalogenia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro. Endereços eletrônicos: navarro@rc.unesp.br, azanardo@rc.unesp.br, lsimoies@rc.unesp.br
- (2) Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Departamento de Petrologia e Metalogenia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro. Endereços eletrônicos: cibele.cm@outlook.com, thais.guitzlaf@hotmail.com
- (3) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro. Endereço eletrônico: ftomazini@rc.unesp.br
- (4) Faculdade de Geologia, Departamento de Geologia Regional e Geotectônica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro – RJ. Endereço eletrônico: valeriano.claudio@gmail.com

Introdução
Geologia Local
Procedimentos Analíticos
Resultados
 Proveniência dos Metassedimentos
Conclusões
Agradecimentos
Referências

RESUMO - Na região de Caldas Novas - Rio Quente (Goiás) afloram metassedimentos (psamíticos, psamo-pelíticos e pelíticos) atribuídos ao Grupo Araxá. Estes metassedimentos possuem razões $La_{(N)}/Lu_{(N)}$, La/Sc , Th/Sc , La/Co , Th/Co e Cr/Th , que sugerem sua proveniência a partir de rochas félsicas formadas em arcos magmáticos. As idades modelo entre 1,26 e 1,97 Ga indicam duas fontes para os metassedimentos, uma fonte neoproterozoica e outra mais antiga relacionada a rochas paleoproterozoicas, como observado em outras regiões da Faixa Brasília. As idades U/Pb obtidas em cristais de zircão para os metassedimentos da região são predominantemente neoproterozoicas (<1,0 Ga), com contribuições restritas de fontes mais antigas (>1,0 Ga). A congruência desses dados com as assinaturas geoquímicas permite afirmar que grande parte dos metassedimentos do Grupo Araxá na região teve como fonte rochas formadas em arcos magmáticos neoproterozoicos, implicando no desenvolvimento de bacias antearco, em uma das quais a sequência estudada provavelmente pode ter sido depositada.

Palavras-chave: Metassedimentos, Bacia Antearco, Grupo Araxá, Goiás, Faixa Brasília.

ABSTRACT - In the Caldas Novas - Rio Quente region (Goiás State, Brazil) outcrop psammitic, psamo-pelitic and pelitic metasediments related to the Araxá Group. These metasediments have $La_{(N)}/Lu_{(N)}$, La/Sc , Th/Sc , La/Co , Th/Co and Cr/Th rates suggesting that the source were felsic rocks from magmatic arcs. The model ages obtained vary between 1.26 and 1.97 Ga suggesting two sources for these metasediments: a juvenile Neoproterozoic source, and another older source related to paleoproterozoic rocks, as observed in other regions of the Brasília Belt. The U / Pb zircon ages obtained in metasediments from this region are predominantly of Neoproterozoic age (<1.0 Ga), with limited contributions from older sources (> 1.0 Ga). The congruence of these geochronological data with geochemical signatures of analyzed rocks suggest that much of the metasediments from the Araxá Group in the region had as source magmatic arc rocks formed in Neoproterozoic, resulting in the development of forearc basins, in which the studied sequence could probably have been deposited..

Keywords: Metasediments, Forearc Basin, Araxá Group, Goiás, Brasília Belt.

INTRODUÇÃO

O Grupo Araxá foi definido, na região de Araxá (Minas Gerais), sob a denominação de Formação Araxá (Barbosa 1955). Barbosa et al. (1969) levam a denominação “Grupo Araxá” para o norte do estado de Goiás e Tocantins (regiões de Canabrava, Niquelândia, Peixe, Uruaçu, São Miguel do Araguaia, Amaralina e Araguaçu) e, posteriormente Barbosa et al. (1970a) estendem o Grupo Araxá para a porção

sudeste do estado de Goiás (Folha Catalão) e Barbosa et al. (1970b) para a porção centro-sul do estado de Goiás (Folhas Anápolis, Morrinhos, Ipameri, Pirenópolis, Luziânia e Campo Alegre de Goiás).

Na região de Rio Quente - Caldas Novas (GO), Barbosa et al. (1970b), dividem o Grupo Araxá em duas unidades (Unidades B e C, Figura 1A), seguindo a proposta de Braun (1970).

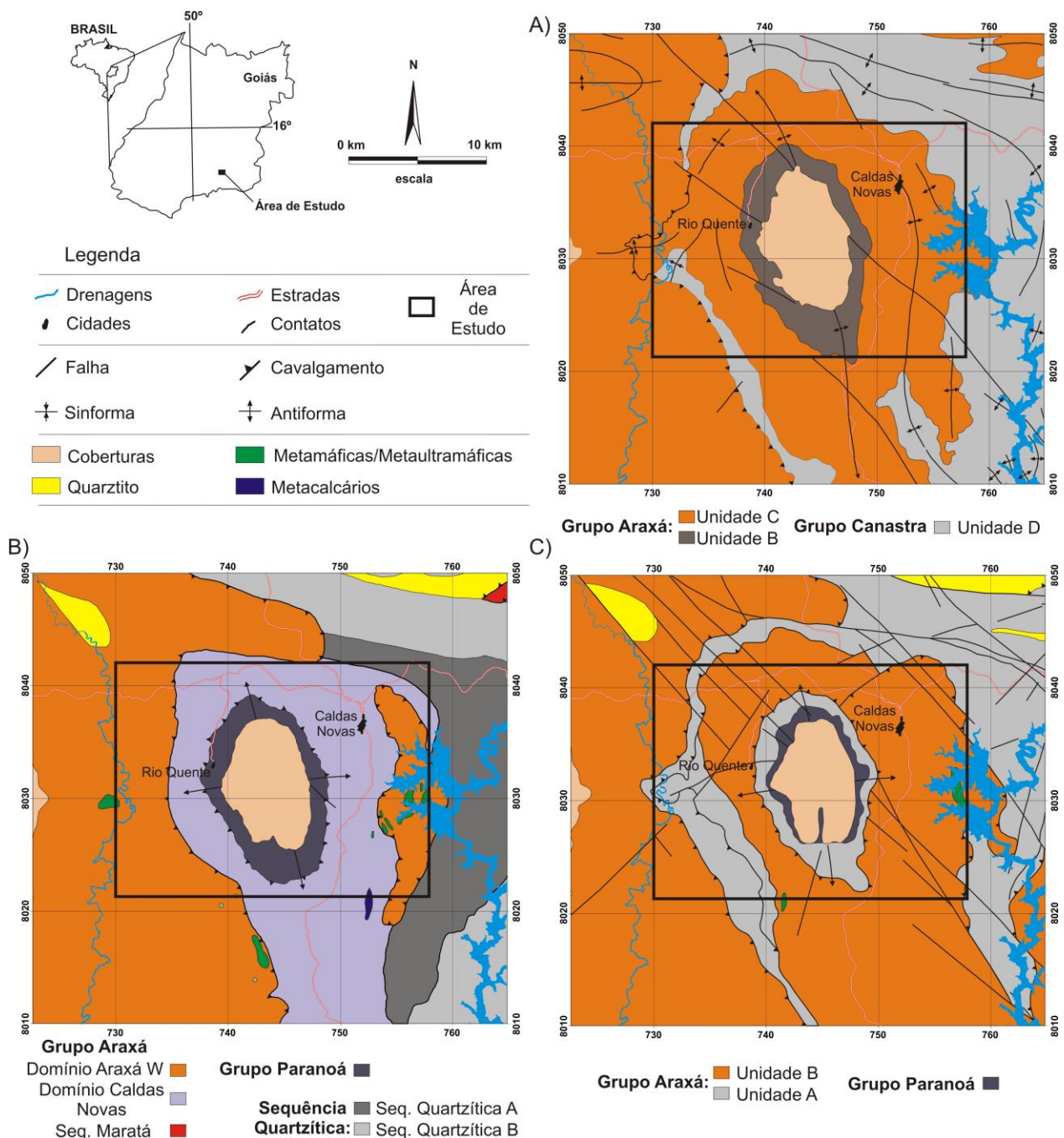


Figura 1 - Mapas Geológicos simplificados da região de Caldas Novas – Rio Quente, mostrando a evolução do conhecimento acerca da área de estudo entre os anos de 1970 e 2008. A) Barbosa et al. (1970b), B) Simões (2005), C) Moreira et al. (2008).

A unidade B (Grupo Araxá Médio) é constituída por quartzito, às vezes granatífero, com intercalações de xisto (muscovita/biotita xisto – Barbosa et al, 1970b). A Unidade C (Grupo Araxá Superior) é constituída por micaxisto (muscovita-biotita-quartzo xisto, com ou sem granada, feldspático ou não, frequentemente calcítico e clorítico; quartzo-muscovita xisto), com intercalações de quartzito (quartzito micáceo), calco xisto (calco-plagioclásio-biotita-muscovita xisto com ou sem clorita e granada), metacalcário

(metacalcário quartzoso, micáceo) e lentes de talco xisto, clorita xisto, serpentinito, anfibolito e anfibólio xisto (actinolita xisto, Barbosa et al, 1970b). Os metassedimentos psamíticos, que ocorrem intercalados no Grupo Araxá, foram relacionados ao Grupo Canastra (Unidade D, Barbosa et al., 1970b) e são constituídos por xisto (muscovita-quartzo xisto filítico, às vezes hematítico, com rara granada e biotita; cloritóide-muscovita xisto) e quartzito (quartzito muscovítico, sericita quartzito).

Para Lacerda Filho et al. (1999) e Moreira et al. (2008), o Grupo Araxá na região de Rio Quente - Caldas Novas é constituído por duas unidades denominadas de Unidade A (equivalente à Unidade D de Braun, 1970) e Unidade B (equivalente à Unidade C de Braun, 1970) (Fig. 1B). A Unidade A é constituída por sedimentos de plataforma marinha rasa metamorfisados, representados por muscovita-clorita xisto por vezes com cloritóide, biotita-muscovita-quartzo xisto, granada-muscovita-clorita xisto, clorita-quartzo xisto, sericita quartzito, granada-biotita xisto feldspático, calci-clorita xisto, calci-clorita-biotita xisto feldspático às vezes granatífero e intercalações subordinadas de paragnaisse (hornblenda-biotita-granada gnaisses), grafita xisto, hematita-sericita xisto, hematita-sericita quartzito, muscovita quartzito com lentes de metacalcário e talco xisto. A Unidade B é constituída por uma sequência pelítica-psamítica marinha metamorfisada composta de quartzito, granada-muscovita-biotita xisto, granada-clorita-muscovita xisto localmente piritoso, calci-clorita-biotita xisto por vezes feldspático, calci-granada-clorita xisto e intercalações de hornblenda-granada xisto feldspático, grafita xisto e lentes de metacalcário e quartzito micáceo. Segundo estes autores, parte da Unidade B de Braun (1970) é correlacionada ao Grupo Paranoá (pertencente à Unidade Rítmica Quartzítica Intermediária – Lacerda Filho et al., 1999), e é constituída por quartzito fino a médio com intercalações de filito carbonoso, com raras lentes de conglomerado intraformacional, quartzito, metassilito, metargilito e ardósia.

Simões (2005) divide o Grupo Araxá na região de Caldas Novas - Rio Quente em duas unidades (Fig. 1C), as quais denominou de Domínio Grupo Araxá Oeste (DAW) e Domínio Caldas Novas (DCN). O DAW e o DCN correspondem de modo geral às Unidades B e A, respectivamente, propostas por Lacerda

Filho et al. (1999) e Moreira et al. (2008). O DAW é constituído predominantemente por biotita xisto em geral com granada, por vezes feldspático, localmente com sequências quartzosas, com lentes de metaultramáficas (serpentinóide, talco xisto, clorita xisto) e metabásicas (anfíbolito, granada anfíbolito) intercaladas. Também ocorrem nesta unidade camadas de gnaisses (granada-biotita gnaisses). O DCN é constituído por biotita-clorita-muscovita xisto e muscovita-quartzo xisto, em geral feldspáticos, localmente com camadas métricas de quartzito. Segundo Simões (2005) o DCN corresponde a uma sequência de metassedimentos metamorfisados na fácies xisto verde, zona da granada e o DAW corresponde a uma sequência de metassedimentos metamorfisados na fácies anfíbolito, zona da cianita, e, portanto, não devem fazer parte da mesma unidade, sendo interpretados como duas escamas de empurrão distintas. Também são excluídos do Grupo Araxá por este autor a sequência de xistos e quartzitos que ocorrem a N e a L de Caldas Novas (parte da Unidade A de Lacerda Filho et al., 1999 e Moreira et al., 2008), que foram denominados de Domínio Sequência Quartzítica (DSQ). O DSQ é dividido em duas unidades: i) Sequência Quartzítica A, constituída por muscovita-quartzo xisto, muscovita-clorita-quartzo xisto com ou sem cloritóide, biotita-muscovita-quartzo xisto, com intercalações de quartzito micáceo e lentes de meta calcário, e ii) Sequência Quartzítica B composta por sericita quartzito, grafita xisto, grafita-sericita-quartzo xisto, clorita xisto, granada-muscovita xisto, com intercalações de quartzito micáceo ou não, com intercalações de muscovita xisto e quartzo xisto. Neste trabalho são apresentados dados geoquímicos e isotópicos (Sm/Nd e U/Pb) dos metassedimentos do Grupo Araxá na região de Caldas Novas – Rio Quente (GO).

GEOLOGIA LOCAL

Na região de Rio Quente – Caldas Novas, a Serra de Caldas corresponde a uma janela estrutural, relacionada a um domo braquianticlinal (Barbosa et al., 1970b; Drake Jr., 1980; Simões et al., 2003; D’el-Rey et al., 2004; Simões 2005), onde afloram metassedimentos relacionados ao Grupo Paranoá sobrepostos por

metassedimentos do Grupo Araxá (Fig. 2). Esta estrutura apresenta em mapa forma elíptica, alongada na direção NNW, com cerca de 18 km de comprimento e 12 km de largura. A parte central do domo é constituída por uma sequência de baixo grau metamórfico (fácies xisto verde, zona da biotita), constituída

segundo Simões (2005), da base para o topo por: i) metarenitos quartzosos localmente com lentes de metaconglomerados, ii) intercalações de metassiltitos e metarenitos, iii) metassiltitos com intercalações de metargilitos, iv) metargilito com intercalações locais de metassiltitos, e intercalações de metacalcários no topo, v) metassiltitos, com

intercalações de metargilitos. Os dados estruturais mostram que a estrutura braquianticlinal desenvolveu-se em estágios precoces da fase deformacional que gerou a foliação principal (Sn) (Simões et al., 2003, 2005). O contato desta unidade com os metassedimentos do Grupo Araxá é tectônico, marcado por cavalgamento.

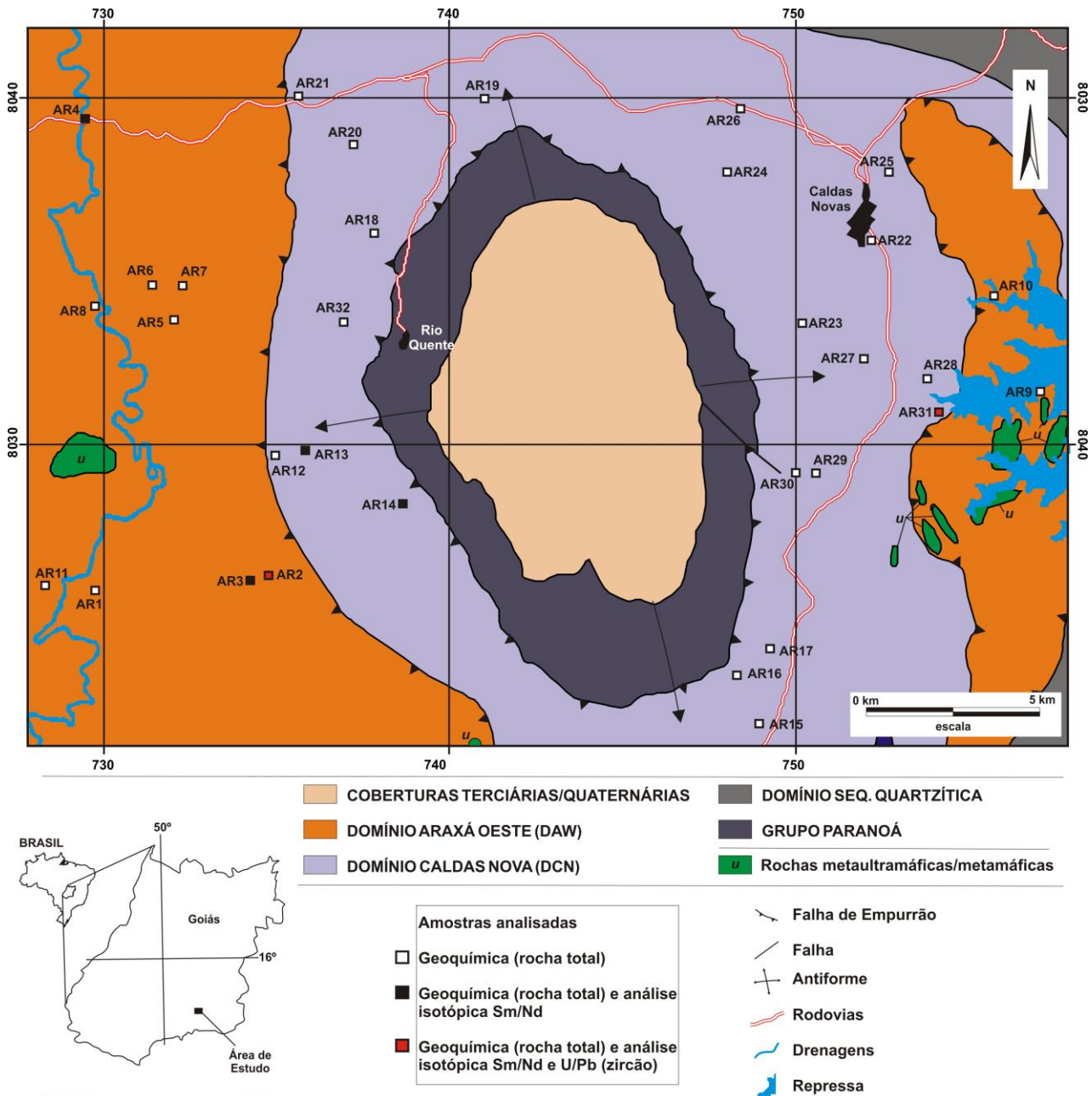


Figura 2 - Mapa Geológico simplificado da região de Caldas Novas – Rio Quente (GO), com a localização das amostras analisadas. Modificado de Simões (2005).

Sobre as litologias do Grupo Paranoá, bordejando o Domo de Caldas Novas, ocorrem metassedimentos relacionados ao Grupo Araxá (corresponde ao DCN proposto por Simões, 2005 e parte da Unidade A de Lacerda Filho et al., 1999 e Moreira et al., 2008), constituídos por intercalações de xistos feldspáticos ou não

(clorita-biotita-muscovita xisto, biotita-muscovita-quartzo xisto, biotita/muscovita-quartzo xisto, clorita-muscovita-quartzo xisto localmente com granada; muscovita-quartzo xistos, muscovita-biotita-quartzo xistos, clorita-muscovita-biotita xisto e subordinadamente quartzito e muscovita quartzito) e gnaisses de

origem paraderivada (biotita paragnaisse com muscovita e granada; biotita-muscovita paragnaisse com ou sem granada; muscovita paragnaisse com biotita) (Figura 2). Os xistos desta unidade são de granulação fina a média de cor cinza esverdeada a cinza esbranquiçado, cinza avermelhado ou vermelhos (quando alterados). São rochas com foliação bem pronunciada, caracterizada por xistosidade ou clivagem de crenulação apertada, localmente dobrada (dobras apertadas a isoclinais, sobrepostas por outras abertas a suaves), com textura lepidoblástica a granoblástica, com domínios transicionais entre as duas texturas. Os gnaisses desta unidade são rochas anisotrópicas, de granulação fina a média, de cor verde acinzentada a cinza avermelhada e/ou vermelha quando alterados. Possuem estrutura xistosa, dobrada e/ou ondulada, e textura lepidoblástica com domínios granoblásticos de granulação variada (fina a média), com termos transicionais entre estes dois tipos de textura.

Acima dessa unidade ocorre uma faixa estruturada no sentido N-S (correspondente à base do DAW proposto por Simões, 2005 e a parte da Unidade A de Lacerda Filho et al., 1999 e Moreira et al., 2008) constituída por intercalações de quartzo xisto, muscovita xisto, biotita xisto, clorita-muscovita-quartzo xistos feldspáticos ou não com biotita e com ou sem granada, muscovita-quartzo xisto com intercalações métricas de muscovita quartzito/quartzito e de metabásicas/metaultrabásicas e, mais raramente, intercalações de grafita xisto/filito (Figura 2). Os xistos desta unidade são de cor cinza, cinza avermelhado ou vermelhos (quando alterados). São rochas de granulação fina a média, de textura lepidoblástica com porções granoblásticas e estrutura xistosa. Os quartzitos são de cor

branca a bege esbranquiçada, creme ou creme avermelhada (quando alterados). Possuem estrutura xistosa e textura granoblástica, com finos domínios lepidoblásticos que constituem um bandamento milimétrico. Nesta sequência também ocorrem camadas de grafita xisto, de cor cinza a cinza escuro ou avermelhado (quando alterados), de granulação fina, com estrutura xistosa e textura lepidoblástica.

Acima desta faixa ocorre uma sequência de xistos variados (biotita-muscovita xisto, clorita-muscovita-quartzo xisto feldspático ou não, com ou sem granada, muscovita-quartzo xisto, muscovita quartzito, biotita-quartzo xisto, biotita xistos, muscovita-biotita xisto, em geral quartzosos) localmente com intercalações de paragnaises (biotita-clorita-muscovita paragnaisse, biotita-muscovita paragnaisse, biotita paragnaisse) e quartzito (quartzito e muscovita quartzito); subordinadamente ocorrem intercalações de metaultramáficas (clorita-actinolita/tremolita xisto, talco xisto) e metabásicas (anfíbolito) (Figura 2). Os xistos e paragnaises desta unidade são rochas de cor cinza esverdeada, cinza prateada a avermelhada (quando alteradas). Possuem granulação fina a média, textura lepidoblástica com domínios lenticulares granoblásticos que constituem um bandamento composicional descontínuo, e estrutura xistosa. Localmente possuem pseudomorfos goethitizados (sobre granadas). As rochas metabásicas são rochas de granulação média a fina, de cor verde escuro, e possuem textura nematoblástica, localmente exibindo bandamento milimétrico, marcado por domínios nematoblásticos e granoblásticos. As rochas metaultramáficas são rochas de cor esverdeada a esbranquiçada, de granulação fina a média, com estruturas isotrópicas (*fels*) e anisotrópicas (xistosas).

PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

Foram selecionadas 31 amostras do Grupo Araxá para estudos litogeoquímicos (Tabela 1). As análises químicas (rocha total) foram realizadas pela Analytical Laboratories LTD, Vancouver, Canadá. Os elementos maiores (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 e também o Cr_2O_3) foram obtidos por Espectrômetro de Emissão por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-ES),

enquanto os elementos traços (Cs, Rb, Ba, Th, U, Nb, Ta, Sr, Zr, Hf, Y) e elementos terras-raras (ETR: La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) foram analisados em Espectrômetro de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS). O tratamento dos dados geoquímicos e a construção de diagramas foram realizados com emprego do programa MINPET versão 2.02 (Richard, 1995).

Tabela 1 - Elementos maiores (%), menores e traços (ppm), elementos terras raras (ppm) das amostras de metassedimentos do Grupo Araxá na área estudada (Amostras AR1 a AR10).

Amostra	AR1	AR2	AR3	AR4	AR5	AR6	AR7	AR8	AR9	AR10
SiO ₂	59,42	64,43	66,8	64,38	60,48	52,83	64,82	59,09	73,06	69,44
TiO ₂	0,72	0,89	1,03	0,92	1,17	1,31	0,8	0,9	0,34	0,55
Al ₂ O ₃	14,11	15,36	16,69	12,83	18,35	22,41	15,37	17,64	13,75	14,51
Fe ₂ O _{3T}	6,89	7,8	6,15	6,79	9,01	10,61	6,92	8,64	3,41	5,17
MnO	0,27	0,12	0,08	0,12	0,09	0,13	0,11	0,14	0,04	0,06
MgO	2,02	2,37	1,25	2,86	1,68	2,81	3,45	3,6	0,73	1,19
CaO	5,59	1,96	0,12	3,19	0,14	0,42	0,49	0,67	1,08	0,8
Na ₂ O	0,5	1,94	0,28	3,21	1,59	0,71	3,12	1,77	1,58	1,66
K ₂ O	2,79	2,32	4	1,7	3,89	4,64	1,9	3,11	4,58	4,19
P ₂ O ₅	4,1	0,08	0,12	0,18	0,06	0,15	0,14	0,18	0,12	0,13
LOI	3,3	2,5	3,2	3,6	3,4	3,7	2,7	4	1,2	2,2
TOTAL	99,71	99,75	99,79	99,78	99,82	99,77	99,83	99,79	99,89	99,87
Sc	20,00	19,00	14,00	15,00	20,00	23,00	15,00	21,00	4,00	10,00
V	89,00	106,00	114,00	128,00	152,00	153,00	136,00	170,00	22,00	62,00
Cr	116,32	75,26	88,95	191,58	102,63	116,32	116,32	116,32	*	34,21
Co	31,20	14,60	15,30	15,20	18,60	23,00	16,80	21,30	3,10	5,90
Ni	92,10	17,40	26,50	47,10	35,20	51,10	49,80	58,70	4,30	10,60
Cu	101,30	18,80	16,60	27,10	26,00	20,00	25,70	43,20	12,90	18,70
Zn	93,00	78,00	66,00	75,00	119,00	121,00	89,00	104,00	23,00	50,00
Rb	137,90	81,00	155,70	68,20	158,30	170,50	57,70	85,30	193,50	203,80
Cs	6,30	4,20	5,30	5,70	6,40	3,00	2,90	3,20	3,80	8,40
Sr	134,60	174,30	155,00	254,00	77,70	107,50	116,90	103,20	62,80	77,60
Ba	1034,00	812,00	659,00	368,00	655,00	640,00	394,00	571,00	414,00	577,00
Y	79,40	24,40	30,80	27,80	34,10	30,70	20,40	29,20	39,20	19,30
Zr	148,10	307,20	245,70	273,50	197,60	208,00	166,40	178,30	192,20	170,30
Hf	3,90	7,80	7,00	7,10	5,30	5,50	4,40	5,00	5,80	4,80
Nb	16,30	14,80	19,70	9,00	19,60	25,50	8,30	10,60	9,90	11,40
Ta	0,90	1,20	1,40	0,60	1,30	2,10	0,60	0,80	1,00	1,30
Pb	7,20	3,60	2,00	7,50	6,20	3,30	9,60	6,90	14,20	9,40
Th	13,90	16,30	14,80	7,40	14,80	19,40	5,10	7,40	18,70	13,00
U	2,10	1,80	1,60	2,20	2,50	2,20	1,20	1,90	6,50	3,00
Ga	18,40	20,30	20,20	13,80	23,60	26,70	16,30	20,60	15,40	17,30
La	62,80	50,70	50,70	27,70	23,00	53,80	14,90	25,50	32,20	17,20
Ce	143,90	101,30	101,90	56,30	81,50	107,10	41,80	57,80	53,80	34,10
Pr	15,81	11,28	12,00	6,51	6,70	12,96	4,27	6,66	7,90	4,43
Nd	66,50	43,00	44,90	27,20	24,70	47,60	17,20	26,70	28,20	16,60
Sm	13,60	7,74	8,62	5,42	5,53	8,51	3,56	5,29	6,45	3,11
Eu	3,04	1,64	1,77	1,29	1,15	1,75	0,95	1,24	0,71	0,55
Gd	13,85	6,65	7,51	5,33	5,32	7,39	3,77	5,40	6,08	2,60
Tb	2,21	0,91	1,17	0,83	0,94	1,14	0,60	0,89	1,09	0,47
Dy	12,91	5,06	6,31	4,86	5,99	6,49	3,86	5,24	7,04	3,25
Ho	2,70	0,93	1,22	1,04	1,40	1,33	0,88	1,18	1,48	0,80
Er	7,71	2,80	3,32	2,97	4,16	3,73	2,51	3,58	4,51	2,68
Tm	1,18	0,45	0,54	0,46	0,65	0,57	0,38	0,53	0,65	0,42
Yb	7,11	3,17	3,18	2,92	4,13	3,68	2,51	3,52	4,03	2,93
Lu	1,07	0,49	0,50	0,45	0,61	0,58	0,37	0,52	0,58	0,44
ΣETRLev	305,65	215,66	219,89	124,42	142,58	231,72	82,68	123,19	129,26	75,99
ΣETRPes	48,74	20,46	23,75	18,86	23,20	24,91	14,88	20,86	25,46	13,59
ΣETRTotal	354,39	236,12	243,64	143,28	165,78	256,63	97,56	144,05	154,72	89,58
La _(N) /Eu _(N)	5,05	7,56	7,00	5,25	4,89	7,52	3,84	5,03	11,09	7,65
Gd _(N) /Lu _(N)	1,61	1,69	1,86	1,47	1,08	1,58	1,27	1,29	1,30	0,73
La _(N) /Lu _(N)	6,32	11,15	10,92	6,63	4,06	9,99	4,34	5,28	5,98	4,21
Eu/Eu	0,67	0,68	0,66	0,73	0,64	0,66	0,79	0,70	0,34	0,58

Tabela 1 (Cont.) - Elementos maiores (%), menores e traços (ppm), elementos terras raras (ppm) das amostras de metassedimentos do Grupo Araxá na área estudada (Amostras AR11 a AR21).

Amostra	AR11	AR12	AR13	AR14	AR15	AR16	AR17	AR18	AR19	AR20	AR21
SiO ₂	68,51	59,72	64,39	48,97	61,14	65,65	65,07	62,1	63,4	65,41	70,25
TiO ₂	0,69	0,94	0,8	1,18	0,96	0,73	0,8	0,84	0,88	0,88	0,45
Al ₂ O ₃	13,85	17,68	15,61	21,96	16,51	14,48	15,32	17,39	14,91	14,5	15,38
Fe ₂ O _{3T}	5,33	7,56	6,8	9,79	7,79	7,35	6,91	7,92	8,23	7,09	4,64
MnO	0,22	0,12	0,12	0,13	0,12	0,11	0,1	0,08	0,14	0,11	0,04
MgO	1,75	3,91	3,29	4,56	3,3	3,27	2,99	1,91	3,28	3,09	1,01
CaO	1,39	0,93	1,18	3,09	1,46	0,78	0,73	0,95	2,23	1,95	0,14
Na ₂ O	0,42	3,68	2,99	4,39	2,82	1,75	3,13	2,02	2,61	2,55	0,58
K ₂ O	3,34	2,26	2,15	3,96	2,88	2,59	1,89	4,48	2,31	2,2	5,02
P ₂ O ₅	1,02	0,21	0,18	0,23	0,19	0,2	0,2	0,12	0,22	0,21	0,11
LOI	3,2	2,7	2,3	1,4	2,6	2,8	2,7	2	1,6	1,8	2,2
TOTAL	99,77	99,76	99,78	99,69	99,78	99,79	99,84	99,82	99,81	99,77	99,78
Sc	15,00	19,00	17,00	23,00	19,00	17,00	16,00	17,00	18,00	18,00	8,00
V	90,00	156,00	130,00	192,00	172,00	157,00	132,00	116,00	155,00	154,00	46,00
Cr	130,00	171,05	109,47	157,37	136,84	109,47	123,16	88,95	109,47	130,00	20,53
Co	13,50	22,40	19,20	27,80	19,20	18,70	16,50	14,60	20,10	15,60	9,20
Ni	32,80	56,10	47,40	74,10	52,70	48,30	47,00	26,20	53,00	48,30	6,30
Cu	157,70	35,70	42,80	16,10	18,10	48,90	19,20	21,00	26,00	46,90	13,20
Zn	66,00	88,00	80,00	105,00	86,00	86,00	87,00	92,00	98,00	84,00	50,00
Rb	150,20	79,70	74,00	145,50	80,30	70,60	62,20	231,30	90,70	71,10	251,60
Cs	6,60	5,30	4,40	9,40	4,30	3,00	2,70	13,40	5,30	3,90	6,50
Sr	90,00	199,10	176,90	312,70	184,10	92,50	121,70	130,50	165,60	170,60	30,80
Ba	870,00	491,00	464,00	647,00	661,00	697,00	396,00	626,00	428,00	504,00	746,00
Y	39,00	44,00	32,40	35,30	33,20	25,10	23,70	32,70	24,90	22,40	19,40
Zr	137,60	192,60	180,50	253,80	197,60	152,10	168,10	209,50	178,40	201,50	165,20
Hf	3,70	5,40	4,80	7,00	5,10	4,10	4,50	6,00	4,50	5,10	4,50
Nb	14,30	9,30	9,00	13,60	9,90	8,50	8,80	15,60	10,20	8,60	12,60
Ta	1,00	0,60	0,70	1,00	0,70	0,70	0,70	1,20	0,60	0,80	1,00
Pb	3,90	5,60	2,70	3,10	3,00	11,70	2,10	8,60	3,90	3,50	39,60
Th	11,00	7,10	6,90	8,50	7,20	6,10	5,60	14,20	7,60	5,80	10,40
U	2,00	2,00	1,90	1,50	2,30	1,90	1,20	2,90	0,90	1,50	0,80
Ga	18,00	19,10	18,10	24,80	19,90	19,60	16,30	22,00	18,70	15,90	20,90
La	40,00	28,90	33,70	34,80	27,10	24,20	14,90	21,30	22,30	18,80	51,90
Ce	90,10	58,10	60,90	69,90	54,80	45,80	40,50	52,00	47,80	46,50	102,80
Pr	9,21	6,65	7,58	8,44	7,04	5,93	4,14	6,02	4,88	4,44	11,98
Nd	36,70	27,80	30,60	33,10	29,70	23,80	17,40	23,30	20,00	18,40	46,10
Sm	7,51	5,73	6,12	7,15	6,01	4,90	3,82	5,00	4,04	4,01	8,40
Eu	1,59	1,33	1,47	1,75	1,40	1,13	0,98	0,96	1,05	1,06	1,38
Gd	7,08	5,97	6,34	6,97	6,24	4,91	4,00	4,82	4,34	3,97	6,87
Tb	1,07	0,94	0,99	1,12	0,95	0,77	0,67	0,82	0,68	0,65	0,95
Dy	6,59	5,61	5,72	6,78	5,62	4,70	4,25	5,40	4,25	3,93	4,61
Ho	1,28	1,22	1,17	1,37	1,29	0,99	0,97	1,33	0,92	0,86	0,79
Er	4,01	3,54	3,51	4,14	3,68	2,97	2,62	4,02	3,02	2,35	2,07
Tm	0,61	0,49	0,51	0,62	0,54	0,47	0,43	0,62	0,45	0,34	0,29
Yb	3,78	3,14	3,30	4,09	3,60	2,95	2,75	4,13	3,10	2,26	1,79
Lu	0,58	0,47	0,50	0,65	0,57	0,45	0,46	0,63	0,50	0,37	0,27
ΣETRLev	185,11	128,51	140,37	155,14	126,05	105,76	81,74	108,58	100,07	93,21	222,56
ΣETRPes	25,00	21,38	22,04	25,74	22,49	18,21	16,15	21,77	17,26	14,73	17,64
ΣETRTotal	210,11	149,89	162,41	180,88	148,54	123,97	97,89	130,35	117,33	107,94	240,20
La _(N) /Eu _(N)	6,15	5,31	5,61	4,86	4,73	5,24	3,72	5,43	5,19	4,34	9,20
Gd _(N) /Lu _(N)	1,52	1,58	1,57	1,33	1,36	1,35	1,08	0,95	1,08	1,33	3,16
La _(N) /Lu _(N)	7,43	6,62	7,26	5,77	5,12	5,79	3,49	3,64	4,80	5,47	20,71
Eu/Eu	0,66	0,69	0,72	0,75	0,69	0,70	0,76	0,59	0,76	0,80	0,54

Tabela 1 (Cont.) - Elementos maiores (%), menores e traços (ppm), elementos terras raras (ppm) das amostras de metassedimentos do Grupo Araxá na área estudada (Amostras AR22 a AR31).

Amostra	AR22	AR23	AR24	AR25	AR26	AR27	AR28	AR29	AR30	AR31
SiO ₂	66,78	69,39	69,82	73,72	69,03	73,07	72,92	69,35	73,54	67,37
TiO ₂	0,73	0,62	0,51	0,21	0,67	0,25	0,25	0,76	0,62	0,69
Al ₂ O ₃	14,92	14,52	14	13,53	14,52	13,43	13,85	12,87	11,53	14,79
Fe ₂ O _{3T}	6,34	5,3	4,68	2,49	5,5	3,29	2,85	6,27	5,11	5,38
MnO	0,09	0,05	0,06	0,02	0,06	0,04	0,03	0,12	0,16	0,07
MgO	1,56	1,31	1,67	0,42	1,52	0,73	0,78	1,81	1,04	1,36
CaO	0,98	0,03	0,17	0,04	0,1	0,28	0,13	3,04	2,6	1,22
Na ₂ O	1,55	0,61	0,48	1,31	0,15	1,19	0,67	2,11	2,62	2,19
K ₂ O	4,77	5,9	5,98	6,44	5,25	5,2	6,35	2,32	1,41	4,36
P ₂ O ₅	0,12	0,05	0,13	0,14	0,1	0,2	0,15	0,17	0,18	0,13
LOI	2	2,1	2,4	1,6	2,9	2,2	1,9	1	1,1	2,2
TOTAL	99,8	99,83	99,86	99,94	99,83	99,88	99,91	99,85	99,88	99,81
Sc	13,00	11,00	8,00	3,00	12,00	4,00	3,00	15,00	13,00	13,00
V	82,00	67,00	49,00	15,00	78,00	13,00	15,00	72,00	35,00	73,00
Cr	54,74	41,05	27,37	*	47,89	*	*	34,21	*	47,89
Co	12,10	10,40	6,90	1,10	8,10	3,30	2,90	7,40	3,80	11,30
Ni	17,80	14,00	10,70	1,50	10,00	3,40	4,10	7,20	3,10	16,60
Cu	44,80	11,70	2,70	6,50	21,50	1,50	9,20	38,30	18,20	24,20
Zn	63,00	49,00	51,00	7,00	51,00	24,00	15,00	49,00	42,00	54,00
Rb	218,80	282,90	274,50	288,20	218,20	223,70	334,90	105,10	68,60	197,80
Cs	18,30	13,70	7,70	9,10	7,70	4,80	9,00	5,50	4,40	10,20
Sr	58,10	30,20	40,10	25,60	21,80	42,00	22,60	118,10	143,30	71,90
Ba	728,00	816,00	670,00	299,00	762,00	656,00	380,00	267,00	233,00	715,00
Y	44,00	40,60	21,90	36,50	22,80	38,80	31,50	38,40	40,40	40,70
Zr	260,40	223,30	193,10	124,20	236,00	137,10	153,80	324,20	279,60	258,00
Hf	7,00	5,90	5,70	3,90	6,50	4,20	4,80	8,70	7,50	7,30
Nb	14,70	13,60	11,70	7,60	13,10	8,60	8,20	13,80	12,00	14,60
Ta	1,20	1,20	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	1,10	0,90	1,10
Pb	6,50	12,50	12,60	8,00	7,30	12,70	25,80	4,00	7,80	9,00
Th	16,80	17,20	16,60	12,90	15,10	14,00	13,90	12,60	10,90	16,70
U	3,30	3,10	2,10	5,90	3,60	4,50	4,80	2,80	2,50	4,20
Ga	19,40	17,80	17,10	15,10	19,80	15,30	15,90	16,50	15,50	19,00
La	55,00	39,90	13,00	21,20	32,00	17,90	26,70	42,50	35,10	47,50
Ce	95,10	93,80	77,90	43,60	121,90	57,90	55,40	87,30	70,60	93,30
Pr	12,99	9,95	4,29	5,95	8,20	5,42	7,18	10,20	8,75	11,37
Nd	49,30	36,60	16,80	23,20	29,40	20,90	26,90	39,30	35,10	41,70
Sm	9,54	7,51	3,74	5,55	5,87	5,44	5,92	8,02	7,10	8,22
Eu	1,56	1,23	0,64	0,43	0,96	0,45	0,47	1,47	1,33	1,42
Gd	9,12	7,31	4,14	5,76	5,49	5,77	6,18	7,67	7,36	8,13
Tb	1,37	1,16	0,76	1,06	0,81	1,08	1,06	1,24	1,19	1,28
Dy	7,76	6,86	4,44	6,50	4,54	6,62	5,81	7,38	7,04	7,38
Ho	1,65	1,46	0,91	1,44	0,93	1,46	1,27	1,61	1,63	1,48
Er	4,64	4,04	2,75	4,23	2,52	4,00	3,56	4,69	4,58	4,18
Tm	0,66	0,59	0,38	0,64	0,39	0,58	0,50	0,71	0,74	0,60
Yb	4,37	3,63	2,46	3,77	2,62	3,48	3,12	4,96	4,87	4,02
Lu	0,67	0,55	0,38	0,55	0,40	0,52	0,49	0,76	0,72	0,60
ΣETR _{Lev}	223,49	188,99	116,37	99,93	198,33	108,01	122,57	188,79	157,98	203,51
ΣETR _{PeS}	30,24	25,60	16,22	23,95	17,70	23,51	21,99	29,02	28,13	27,67
ΣETR _{Total}	253,73	214,59	132,59	123,88	216,03	131,52	144,56	217,81	186,11	231,18
La _(N) /Eu _(N)	8,62	7,93	4,97	12,06	8,15	9,73	13,89	7,07	6,45	8,18
Gd _(N) /Lu _(N)	1,69	1,65	1,35	1,30	1,70	1,38	1,57	1,25	1,27	1,68
La _(N) /Lu _(N)	8,84	7,81	3,68	4,15	8,62	3,71	5,87	6,02	5,25	8,53
Eu/Eu	0,50	0,50	0,50	0,23	0,51	0,24	0,24	0,57	0,56	0,53

Tabela 2 - Resultado das análises Sm/Nd (em rocha total) das amostras de metassedimentos do Grupo Araxá na região de Caldas Novas – Rio Quente.

Amostra	Sm ppm	Nd ppm	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Std. Err. Abs (2S)	$^{146}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon\text{Nd}(0)$	T_{DM}
AR2	7,3	40,1	0,511830	0,000009	0,1107	-15,76	1,79
AR3	9,2	47,8	0,511791	0,000008	0,1169	-16,52	1,97
AR4	5,2	24,7	0,512269	0,000007	0,1270	-7,20	1,35
AR13	6,0	28,3	0,512288	0,000004	0,1279	-6,83	1,33
AR14	6,8	31,5	0,512357	0,000003	0,1313	-5,48	1,26
AR31	8,6	42,6	0,511882	0,000005	0,1200	-14,75	1,88

Seis amostras foram selecionadas para análises isotópicas Sm-Nd. As análises isotópicas foram feitas no Laboratório de Geocronologia e Isótopos Radiogênicos (LAGIR), da Faculdade de Geologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, segundo o método descrito por Valeriano et al. (2009). As leituras das razões foram realizadas utilizando o espectrômetro de massa por ionização térmica TRITON-TI. A razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ foi normalizada em função da razão $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ de 0,7219 (La Jolla). Os valores de T_{DM} foram calculados usando o modelo de De Paolo (1981). Os resultados das análises são mostrados na

Tabela 2.

Dois amostras foram selecionadas para estudos de proveniência (idades U/Pb em cristais de zircão detríticos). As análises isotópicas U/Pb foram feitas no Laboratório de Geocronologia, do Instituto de Geociências, da Universidade Federal de Brasília (UnB), segundo o método descrito por Bühn et al. (2009). As leituras das razões foram realizadas por espectrômetro de massas multicoletor com abrasão a laser (LA-ICP-MS), modelo Finnigan MAT 262 em modo estático. Os resultados das análises dos cristais de zircão são mostrados nas Tabelas 3 e 4.

RESULTADOS

Os metassedimentos do Grupo Araxá (xistos e gnaisses) possuem grande variação nos teores de SiO_2 , variando entre 48,97% e 73,72%, de Al_2O_3 entre 11,53% e 22,41%, de $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{T}$ entre 2,49% e 10,61% e de K_2O entre 1,41% e 6,44%. O conteúdo de MgO varia entre 0,42% a 4,56%, o de CaO entre 0,03% a 5,59%, o de TiO_2 entre 0,21% a 1,31%, o de MnO entre 0,02% a 0,27%, o de P_2O_5 entre 0,05% a 4,10% e o de Na_2O varia entre 0,15% a 4,39%. Nos diagramas tipo Harker (Figura 3) observam-se correlações negativas de TiO_2 , Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{T}$, MnO e MgO em relação a SiO_2 , enquanto CaO , Na_2O , K_2O e P_2O_5 não apresentam correlações.

Possuem pequena variação no conteúdo de Hf (3,7 – 8,7 ppm), Nb (7,6 – 25,5 ppm), Ta (0,6 – 2,1 ppm), Ga (13,8 – 26,7 ppm) e U (0,8 – 6,5 ppm), grande variação nos teores de V (13,0 – 192,0 ppm), Rb (57,7 – 334,9 ppm), Sr (21,8 – 312,7 ppm), Ba (233,0 – 1034,0 ppm), Zr (124,2 – 324,2 ppm), Cr (20,53 – 191,58 ppm) e Ni (1,5 a 92,1 ppm). Os teores de Cs

variam de 2,7 a 18,3 ppm, de Y variam entre 15,1 a 79,4 ppm, de Th varia entre 5,1 – 19,4 ppm, de Sc entre 3,0 a 23 ppm e de Pb varia entre 2,0 a 39,6 ppm. Nos diagramas tipo Harker (Figura 4) não se observam *trends* em relação a Cs, Ba, Nb, Ta, Th, Zr, Hf e Y em relação ao teor de SiO_2 . Entretanto, observam-se correlações negativas em relação a Sr, V, Sc e Ga, fraca correlação negativa em relação ao Zr e fracas correlações positivas em relação ao U, Pb e Rb.

O padrão de distribuição de elementos traços (Cs, Rb, Ba, Th, U, Ta, Nb, Pb, Sr, Zr, Hf e Y), elementos terras raras, K (em ppm), P (em ppm) e Ti (em ppm), quando normalizados pelo manto primitivo (Taylor & McLennan, 1985), mostram que estes metassedimentos são enriquecidos em Cs, Rb, Ba, Th, U, Pb e ETRL (elementos terras raras leves) em relação ao manto primitivo, mostrando fracas a médias anomalias negativas de Nb, Ta, Sr, P, Eu e Ti (Figura 5A).

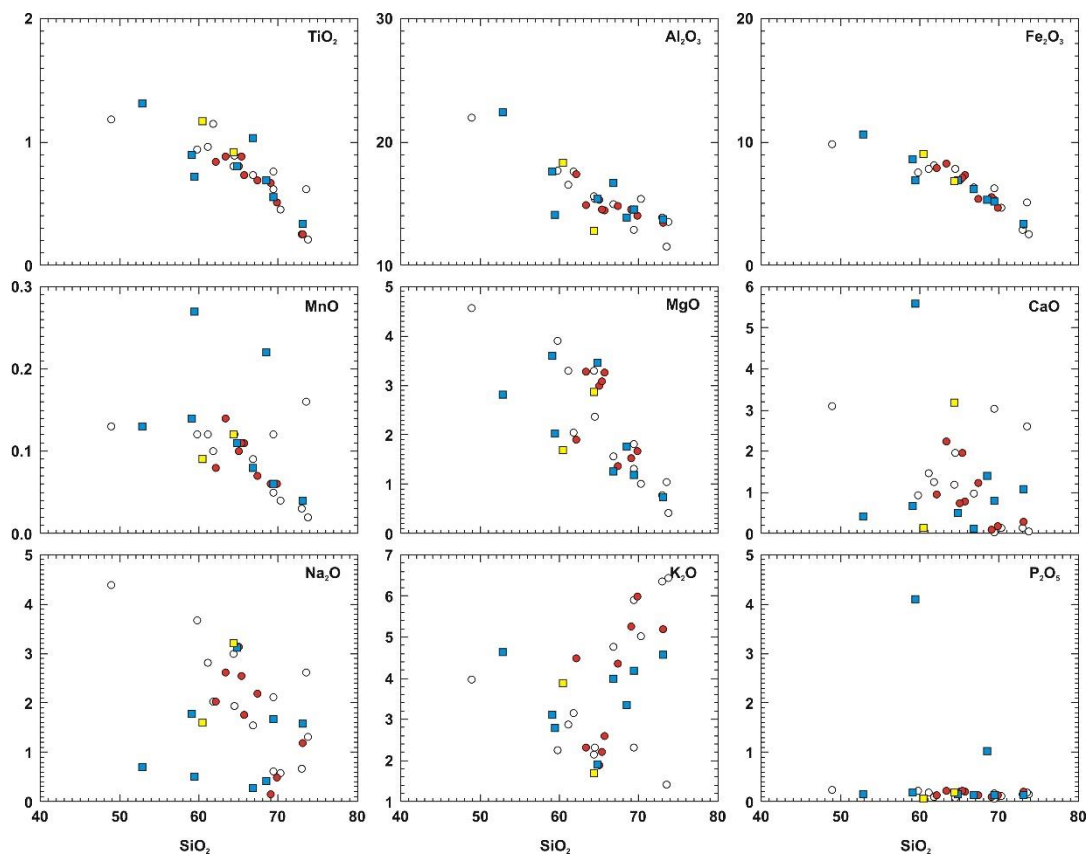


Figura 3 - Diagramas binários de elementos maiores *versus* SiO₂, mostrando a variação da composição das amostras. DCN: círculos brancos: amostras de gnaisses; círculos vermelhos: amostras de xistos. DAW: quadrados amarelos: amostras de gnaisses; quadrados azuis: amostras de xistos.

Proveniência dos metassedimentos

A composição química de sedimentos e diagramas discriminantes para determinação da proveniência e das condições tectônicas de bacias sedimentares têm sido utilizadas com sucesso por diversos autores (Bhatia, 1983; Bhatia & Crook, 1986; Floyd et al., 1989; Feng et al., 1993; Slack & Stevens, 1994; Cullers, 2000, 2002; Ugarkar & Nyamati, 2001; Basson, et al., 2004; Armstrong-Altrin & Verma, 2005; Campo & Guevara, 2005; Selvaraj & Chen, 2006; Bakkiaraj et al., 2010; Raza et al., 2010; Campos Neto et al., 2011; Fatima & Khan, 2012, Raza et al., 2012; Westin & Campos Neto, 2013; Santos et al., 2015, entre outros).

Embora muitos autores tenham questionado a eficácia da utilização da composição química de sedimentos para determinar ambientes deposicionais e seu contexto geotectônico (Weltje, 2006, 2012; Ryan e Williams, 2007; Pe-Piper et al., 2008; Armstrong-Altrin, 2009; Guo et al., 2011; von Eynatten & Dunkl, 2012; Zaid, 2012, entre outros), elementos terras raras, elementos traço (como Sc, Th, Zr, Hf) e suas razões (como La/Sc, Th/Sc, Eu/Eu*, ETRL_(N)/ETRP_(N), Zr/Sc) são considerados

eficientes para determinar as características das rochas fontes de sedimentos, uma vez que não são facilmente mobilizados em processos posteriores à sedimentação e/ou metamorfismo, preservando as características das rochas fontes (Cullers et al., 1974; Taylor & McLennan, 1981, 1985; Bhatia & Crook, 1986; McLennan et al., 1993; Roser et al., 1996; Etemad-Saeed et al., 2011; Fu et al., 2010; Zaid, 2012, entre outros).

Os metassedimentos do Grupo Araxá na região possuem razões La_(N)/Lu_(N) (3,49 – 20,71), La/Sc (0,983 – 8,90), Th/Sc (0,32 – 4,68), La/Co (0,89 – 19,27), Th/Co (0,30–11,73) e Cr/Th (1,65 – 25,89) que sugerem que a principal fonte destes sedimentos são rochas félsicas. Entretanto a grande variação nas razões (La/Sc, Th/Sc, La/Co, Th/Co, Cr/Th) sugere que a composição destes metassedimentos foi influenciada por processos de reciclagem. Possuem razões Th/U entre 2,19 – 13,0 (predominando valores > 4) Th/Sc entre 0,32 – 4,68 (predominando valores > 0,7), e Zr/Sc entre 7,41 – 51,27 (predominando valores > 10) (Figura 6). Segundo Taylor & McLennan (1985), rochas sedimentares com razão Th/Sc > 1 indicam que a fonte de sedimentos são rochas

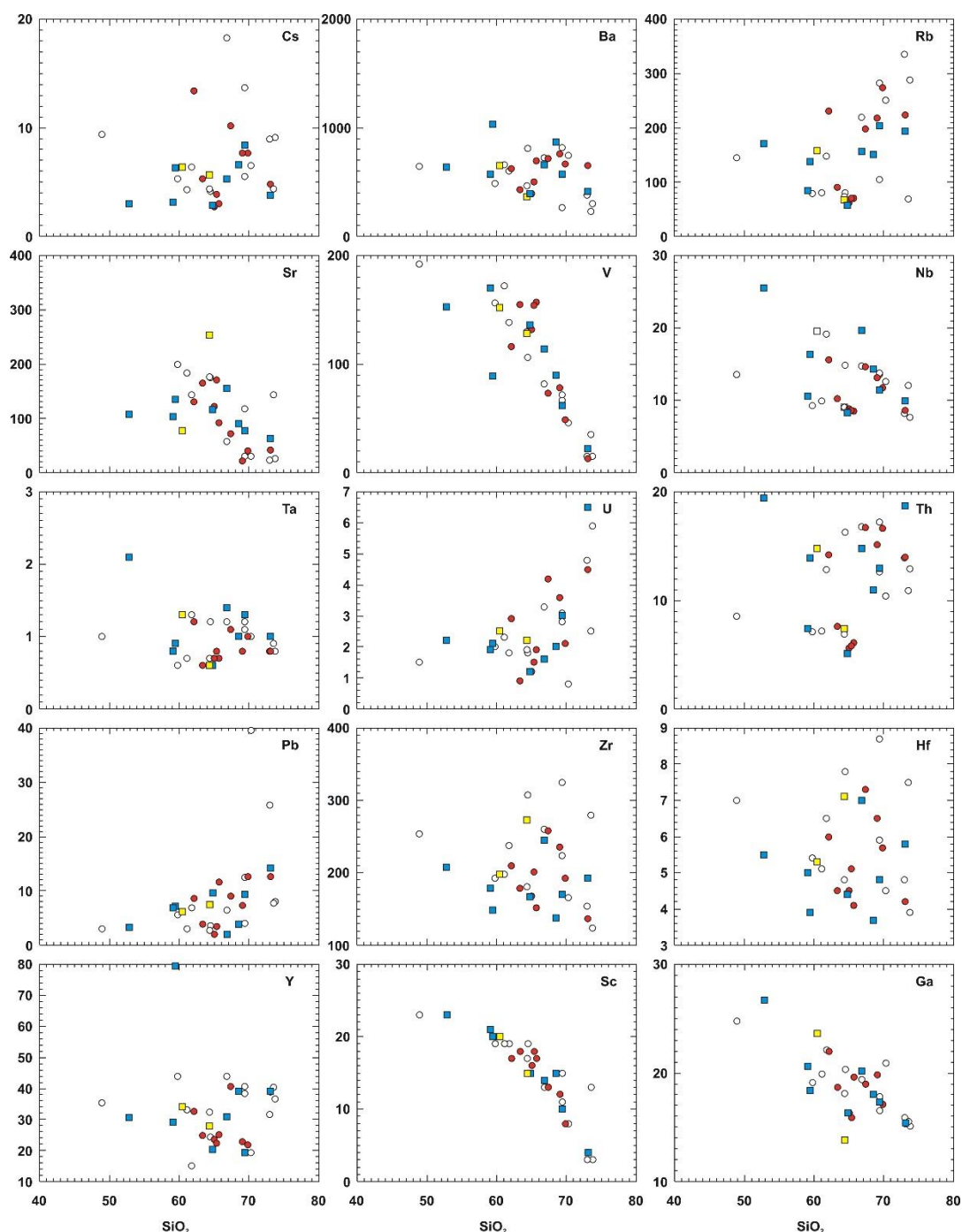


Figura 4 - Diagramas binários de elementos menores e traços vs SiO₂, mostrando a variação da composição das amostras. DCN: círculos brancos: amostras de gnaisses; círculos vermelhos: amostras de xistos. DAW: quadrados amarelos: amostras de gnaisses; quadrados azuis: amostras de xistos.

ígneas bastante evoluídas, enquanto a razão Th/Sc < 0,8 reflete contribuições de fontes máficas. Razões Zr/Sc > 10 e Th/U > 4 indicam uma fonte madura, reciclagem de sedimentos ou uma concentração seletiva de minerais pesados por reciclagem (Tripathi & Rajamani, 2003). No diagrama Th/Sc vs Zr/Sc (Figura 6A) as amostras analisadas concentram-se no limite proposto por McLennan et al. (1993) para a mudança de uma tendência de variação composicional da rocha fonte dos sedimentos,

relacionada com processos ígneos e o início de um processo de reciclagem sedimentar. No diagrama Th/U vs Zr/Sc (Figura 6B) as amostras concentram-se no campo que sugere uma fonte madura, que também pode indicar reciclagem de sedimentos ou concentração seletiva de minerais durante este processo.

Bhatia & Crook (1986) propuseram a utilização de diagramas binários (Ti/Zr vs La/Sc e La/Y vs Sc/Cr) e ternários (La-Th-Sc, Th-Co-Zr/10 e Th-Sc-Zr/10) para caracterizar a proveniência

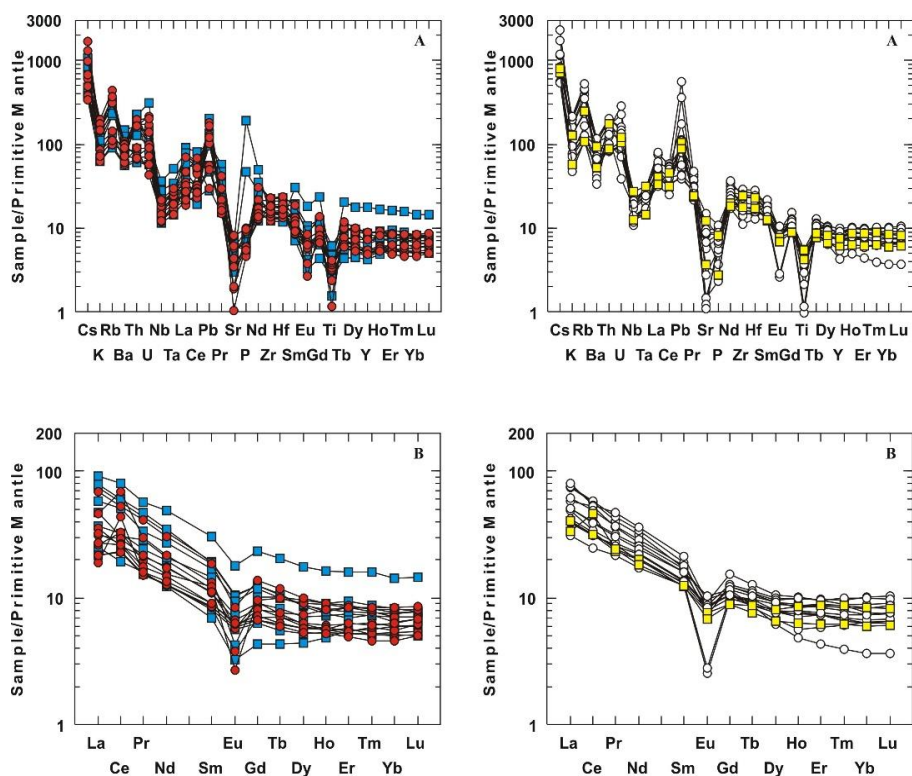


Figura 5 - A) Padrão de distribuição de elementos menores, K, P, Ti, traços e ETR normalizados pelo Manto Primitivo (Taylor e McLennan, 1985) para as amostras analisadas. B) Padrão de distribuição de ETR normalizados pelo Manto Primitivo (Taylor e McLennan, 1985) para as amostras analisadas. DCN: círculos brancos: amostras de gnaisses; círculos vermelhos: amostras de xistos. DAW: quadrados amarelos: amostras de gnaisses; quadrados azuis: amostras de xistos.

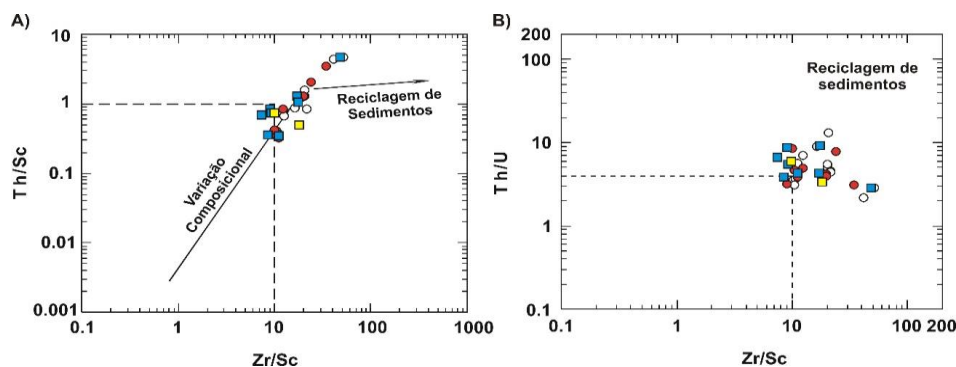


Figura 6 – A) Diagramas Th/Sc vs Zr/Sc e B) Th/U vs Zr/Sc (McLennan et al., 1993) dos metassedimentos do Grupo Araxá na região de Caldas Novas – Rio Quente (GO). DCN: círculos brancos: amostras de gnaisses; círculos vermelhos: amostras de xistos. DAW: quadrados amarelos: amostras de gnaisses; quadrados azuis: amostras de xistos.

de sedimentos e determinar o ambiente tectônico de sedimentação. A utilização destes diagramas para as amostras analisadas sugere que a fonte dos metassedimentos são rochas formadas em arcos magmáticos (Figura 8G, H, I, J, K). Os diagramas discriminantes TiO_2 vs Fe_2O_3T+MgO , (Al_2O_3/SiO_2) vs Fe_2O_3T+MgO , (K_2O/Na_2O) vs Fe_2O_3T+MgO , $(Al_2O_3/CaO+Na_2O)$ vs Fe_2O_3T+MgO (Bhatia, 1985) também sugerem similaridades químicas com sedimentos de ambientes de arcos magmáticos (Figura 7).

As razões isotópicas $^{147}Sm/^{144}Nd$ e $^{143}Nd/^{147}Nd$ (Tabela 2) obtidas para as amostras de metassedimentos revelam bimodalidade nos

valores de T_{DM} , sendo que um grupo varia entre 1,26 - 1,35 com razões $^{147}Sm/^{144}Nd$ variando entre 0,1270 - 0,1313 e $^{143}Nd/^{147}Nd$ variando entre 0,512269 - 0,512357, e o outro grupo apresenta T_{DM} variando entre 1,79 - 1,97 Ga, com razões $^{147}Sm/^{144}Nd$ variando entre 0,1107 - 0,1200 e $^{143}Nd/^{147}Nd$ variando entre 0,511791 - 0,511882.

Os valores de $\epsilon_{Nd(0)}$ para o primeiro grupo variam entre -7,2 e -5,48 enquanto os valores de $\epsilon_{Nd(0)}$ para o segundo grupo variam de -16,52 a -14,75, indicando que o segundo grupo, com idades T_{DM} mais antigas, possui áreas fontes com maior tempo de residência crustal do que o primeiro grupo.

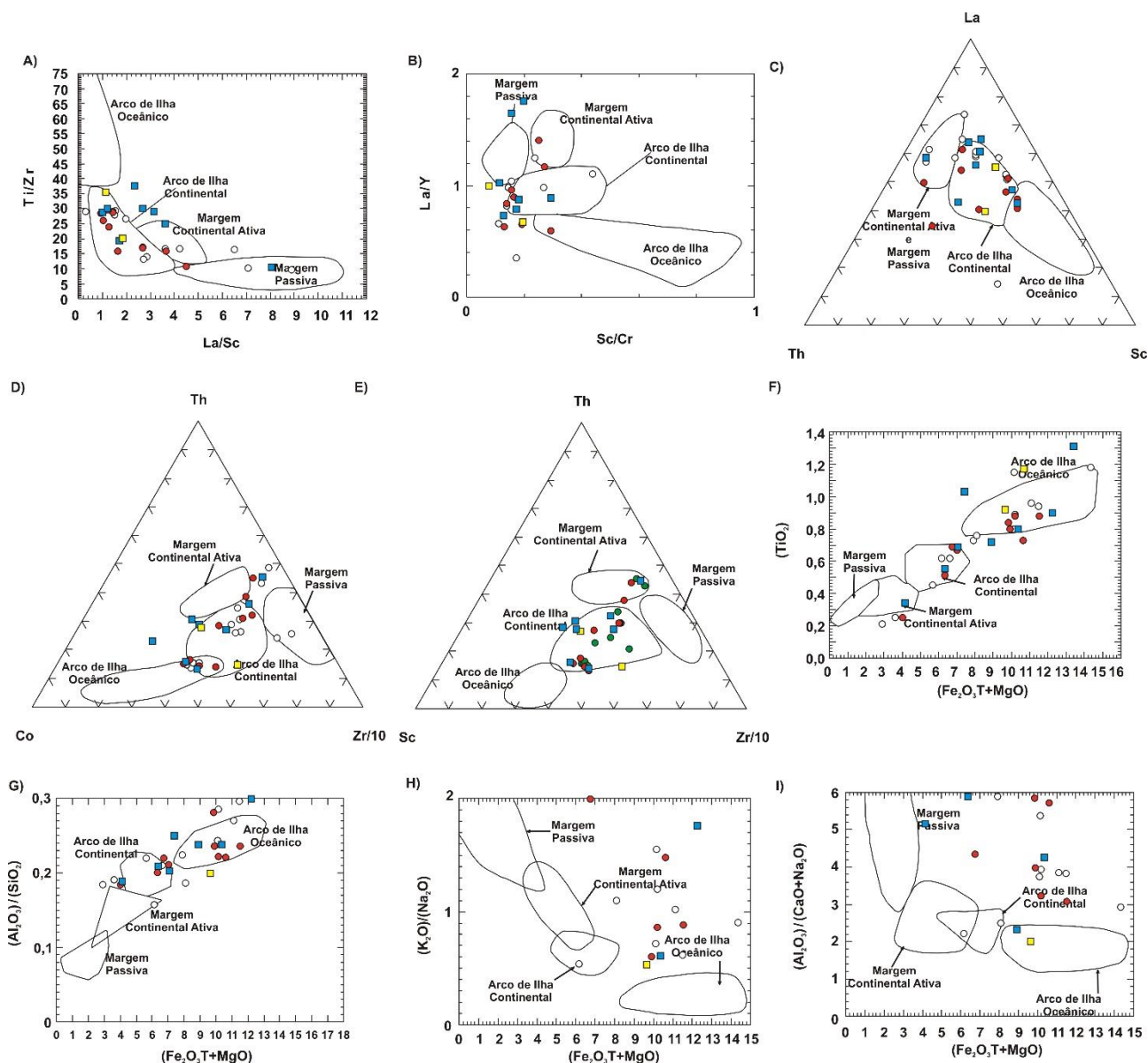


Figura 7 – Diagramas discriminantes para as rochas metassedimentares analisadas. A), B), C), D) e E) Bhatia e Crook (1986); F), G), H) e I) Bhatia e Crook (1986). DCN: círculos brancos: amostras de gnaisses; círculos vermelhos: amostras de xistos. DAW: quadrados amarelos: amostras de gnaisses; quadrados azuis: amostras de xistos.

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., 2003; Simões, 2005; Klein, 2008; Navarro et al., 2013), que mostram valores $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ entre 0,079 – 0,234 e $^{143}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ entre 0,511397 – 0,512446, além de T_{DM} variando entre 1,00 – 2,26 Ga, distribuindo-se em dois conjuntos, um com T_{DM} entre 1,00 e 1,46 Ga e outro com T_{DM} entre 1,76 e 2,26 Ga (Figura 8). A presença marcante de rochas metassedimentares com T_{DM} variando entre 1,1 – 1,3 Ga no Grupo Araxá sugere uma fonte neoproterozoica para a origem dos sedimentos, provavelmente

rochas relacionadas ao Arco Magmático de Goiás. As idades mais antigas teriam como fonte rochas relacionadas ao Cráton São Francisco (Pimentel et al., 1999, 2001; Piuzana et al., 2003; Klein, 2008; Navarro et al., 2013).

Foram analisados 119 cristais de zircão (60 cristais de zircão da amostra AR2 e 59 cristais de zircão da amostra AR31), 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 3 conjuntos (Figura 8C e D): o primeiro grupo variando entre 679 a 1003 Ma (80 cristais de zircão), o segundo grupo variando entre 1166 e 1627 Ma (18 cristais de

zircão), e o terceiro com idades maiores que 1,7 Ga (23 cristais de zircão, com idades entre 1713 a 2332), com apenas 1 cristal de zircão com idade de 2904 Ma. As idades obtidas mostram

que os grãos de zircão de idade neoproterozoica são os mais abundantes (< 900 Ma), indicando que a principal fonte desses sedimentos são rochas neoproterozoicas.

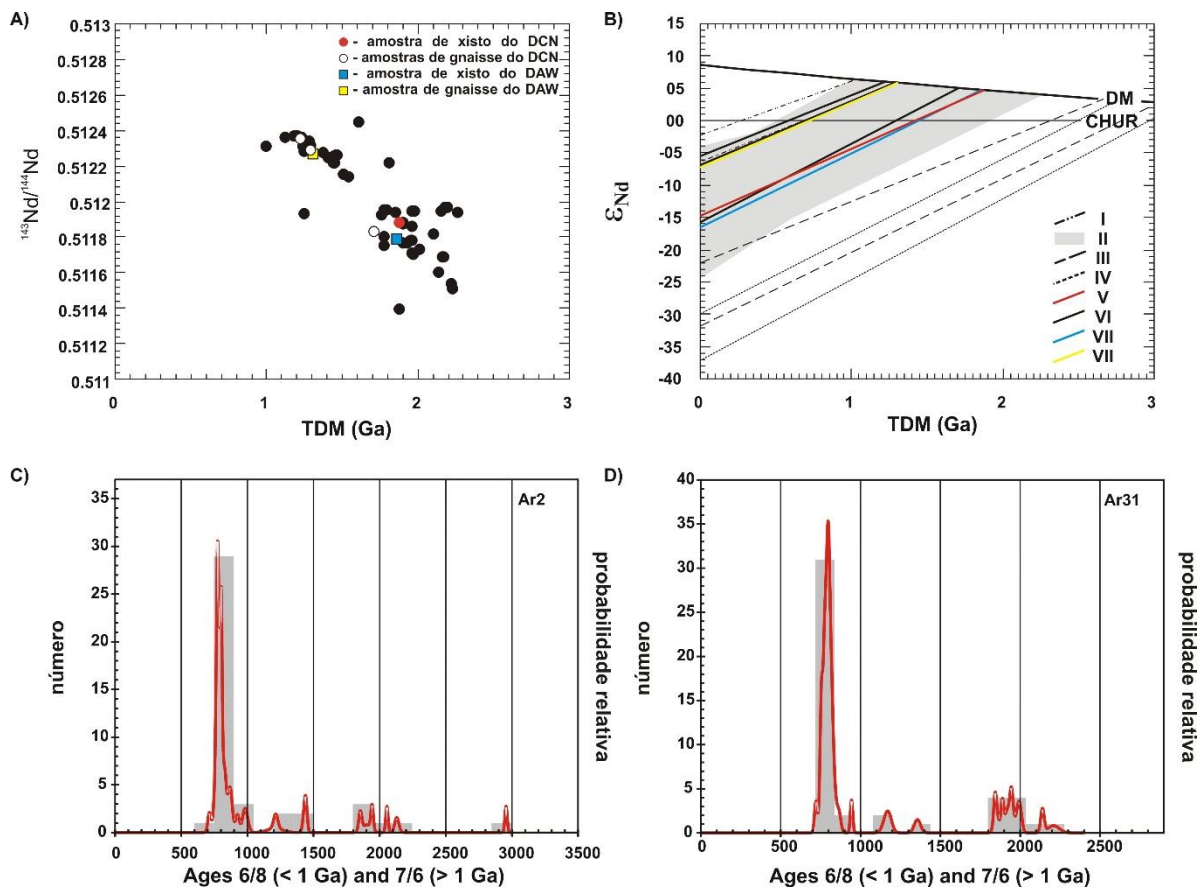


Figura 8 – A) Composição isotópica $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ e idades modelo das amostras analisadas. Círculos pretos: amostras de metassedimentos do Grupo Araxá de outras regiões do estado de Goiás (dados de: Pimentel et al., 1999, 2001; Piuzana et al., 2003; Simões, 2005; Klein, 2008; Navarro et al., 2013). B) Variação dos valores de ϵ_{Nd} no tempo geológico das amostras analisadas. I – Composição isotópica de rochas do Arco Magmático de Goiás (Pimentel e Fuck, 1992). II – Composição isotópica de metassedimentos do Grupo Araxá, na porção sul do Estado de Goiás (Pimentel et al., 1999, 2001; Piuzana et al., 2003; Simões, 2005; Klein, 2008; Navarro et al., 2013). III – Composição isotópica de rochas do Cráton do São Francisco (Pimentel et al., 2001). IV - Composição isotópica de rochas do Maciço Mediano de Goiás (Pimentel et al., 1996). V – composição isotópica de xisto(s) do DCN. VI - composição isotópica de gnaiss(s) do DCN. VII - composição isotópica de xisto(s) do DAW. VIII - composição isotópica de gnaiss(s) do DAW.

CONCLUSÕES

As razões $\text{La}_{(\text{N})}/\text{Lu}_{(\text{N})}$, La/Sc , Th/Sc , La/Co , Th/Co e Cr/Th , obtidas para as amostras de metassedimentos do Grupo Araxá na região de Caldas Novas – Rio Quente, sugerem que estas rochas são derivadas de rochas félsicas, enquanto a grande variação nestas razões sugere que os sedimentos originais foram submetidos a altas taxas de reciclagem, e as razões $\text{Th}/\text{Sc} > 1$ sugerem origem em rochas ígneas bastante evoluídas. Nos diagramas de Bhatia e Crook (1986) e de Bhatia (1985), estas rochas possuem afinidades químicas com sedimentos provenientes de arcos magmáticos.

As idades modelo obtidas possuem valores entre 1,22 e 1,86 Ga, e podem ser atribuídas aos dois conjuntos propostos na literatura, um com T_{DM} entre 1,00 e 1,46 Ga (4 amostras, T_{DM} entre 1,22 e 1,31 Ga) e outro com T_{DM} entre 1,76 e 2,26 Ga (2 amostras, T_{DM} entre 1,71 e 1,86 Ga). Esta distribuição sugere duas fontes para os metassedimentos, uma fonte neoproterozoica (Arco Magmático de Goiás) e outra mais antiga relacionada a rochas paleoproterozoicas. As idades U/Pb em cristais de zircão também sugerem a prevalência de uma fonte neoproterozoica (<1,0 Ga), com

contribuição de outra fonte mais antiga paleo-mesoproterozoica (>1,0 Ga). A congruência destes dados com as assinaturas geoquímicas permite afirmar que grande parte dos metassedimentos do Grupo Araxá na região teve como fonte rochas formadas em arcos magmáticos neoproterozoicos.

Dados isotópicos (U/Pb em cristais de zircão) obtidos em granitos indicam a existência de quatro eventos de granitogênese na Faixa Brasília Meridional: a) o primeiro representado pelos ortognaisses Nova Aurora, com idade aproximada de 1,2 Ga, relacionado a um terreno exótico de arco magmático (Klein, 2008); b) o segundo representado pelos granitos Quebra Anzol, Pires Belo, Davinópolis e pelo anfibolito Bonfinópolis, com idade entre 900-800 Ma, relacionado a um evento extensional que gerou um magmatismo intraplaca (Klein, 2008; Piuzana et al. 2003; Seer, 1999; Seer & Moraes, 2010); c) o terceiro evento representado pelos Granitos Monte Carmelo e Maratá, com idade de 790 Ma, que correspondem à raiz de um arco magmático neoproterozóico formado a partir de fontes juvenis no final do mesoproterozóico (Klein, 2008; Pimentel et al., 1992; Seer & Moraes, 2010); d) o quarto e último evento representado pelos corpos graníticos Serra Velha, Tamanduá, Pirapetinga, Galheirinho, Perdizes, Estrela do Sul and Cascalho Rico, com idade entre 630-642 Ma, correspondentes a um magmatismo colisional (Seer & Moraes, 2013). O terceiro evento, correspondente à formação de um arco

magmático, seria o responsável pela geração da provável fonte dos sedimentos do Grupo Araxá na região de Caldas Novas – Rio Quente, e os cristais de zircão mais antigos obtidos na sequência seriam herdados de rochas mais antigas (Cráton do São Francisco?).

A comparação destas idades com as obtidas por Valeriano et al. (2004) em metassedimentos do Grupo Araxá na *Nappe* de Passos, sugerem duas fontes distintas, e provavelmente ambientes deposicionais diferentes, para os metassedimentos do Grupo Araxá, quando comparadas diferentes regiões de sua ocorrência. As idades U/Pb obtidas em cristais de zircão para os metassedimentos da *Nappe* de Passos são predominantemente mesoproterozoicas ou mais antigas (>1,2 Ga), enquanto as idades obtidas para as fontes dos metassedimentos do Grupo Araxá na região de Caldas Novas – Rio Quente são predominantemente neoproterozoicas (<1,0 Ga), com contribuições restritas de fontes mais antigas (>1,0 Ga). Os metassedimentos da *Nappe* de Passos são interpretados como parte de uma sequência sedimentar de margem passiva que se estabeleceu no entorno do Cráton São Francisco durante o Neoproterozoico (Dardenne, 2000; Trouw et al., 2000; Valeriano et al., 2004), enquanto os metassedimentos da região de Caldas Novas – Rio Quente possuem assinaturas de sedimentos derivados de arcos magmáticos, implicando no desenvolvimento de bacias antearco, em uma das quais a sequência estudada provavelmente teria sido depositada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do projeto (proc. Nº 2013/04235-2).

REFERÊNCIAS

- ARMSTRONG-ALTRIN, J. S. Provenance of sands from Cazonas, Acapulco, and Bahía Kino beaches, México. **Revista Mexicana de Ciencias. Geológicas**, v.26, n.3, p. 764–782, 2009.
- ARMSTRONG-ALTRIN, J. S.; VERMA, S. P. Critical evaluation of six tectonic setting discrimination diagrams using geochemical data of Neogene sediments from known tectonic settings. **Sedimentary Geology**, v. 177, p. 115–129, 2005.
- BAKKIARAJ, D.; NAGENDRA, R.; NAGARAJAN, R.; ARMSTRONG-ALTRIN, J. S. Geochemistry of sandstones from the Upper Cretaceous Sillakkudi Formation, Cauvery Basin, southern India: implication for provenance. **Journal of the Geological Society of India**, v. 76, p. 453–467, 2010.
- BARBOSA, O. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 9, 1955. **Noticiário**, nº 3. Araxá. Sociedades Brasileira de Geologia, p. 1-7, 1955.
- BARBOSA, O.; SORIANO, C. R.; ARRUDA, M.; BAPTISTA, M. B.; CARTNER-DYER, R.; BRAUN, O. P. G.; INDA, H.; MARCHETTO, M.; FRATIN, O.; SEIXAS, S. R. M.; MENEGUESSO, G.; REN, C.; COTTA, J. C. Projeto Brasília – Goiás. Ministério das Minas e Energia (MME), Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), Prospec S. A. 225 p., 1969.
- BARBOSA, O.; BRAUN, O. P. G.; CARTNER-DYER, R.; CUNHA, C. A. B. Geologia da Região do Triângulo Mineiro. MME (ministério das Minas e Energia), DNPM (Departamento Nacional da Produção Mineral), Divisão de Fomento da Produção Mineral (DFPM). Rio de Janeiro, Boletim 136, 210p., 1970.
- BARBOSA, O.; BAPTISTA, M. B.; INDA, H.; MARCHETTO, M.; ARAÚJO, A. G.; BRAUN, O. P. C.; FRANTIN, O.; CARTNER-DYER, R.; REN, C.; MENEGUESSO, G.; ANDRADE, R.; SEIXAS, S. R. M.; REIS, A.; COTTA, J. C.; SILVA, W. G. DA; DUTRA, C. V. Projeto Goiânia – Relatório

- Preliminar. MME (ministério das Minas e Energia), DNPM (Departamento Nacional da Produção Mineral), 6º Distrito Centro-Oeste, Prospec. 74 p., 1970b.
- BASSON, I. J.; PERRITT, S.; WATKEYS, M. K.; MENZIES, A. H. Geochemical Correlation Between Metasediments of the Mfongosi Group of the Natal Sector of the Namaqua-Natal Metamorphic Province, South Africa and the Ahlmannryggen. Group of the Grunehogna Province, Antarctica. **Gondwana Research**, v. 7, n. 1, p. 57-73, 2004.
- BHATIA, M. R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. **The Journal of Geology, Chicago**, v. 91, n. 6, p. 611-627, 1983.
- BHATIA, M. R. & CROOK, K. A. W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 92, p. 181-193, 1986.
- BRAUN, O. P. G. Geologia da área de Caldas Novas, Ipameri e Arredores, no Estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24, Brasília, **Resumos das conferências e comunicações**. Brasília, Sociedade Brasileira de Geologia, Boletim Especial, n. 1, p. 205-207, 1970.
- BÜHN, 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.
- CAMPO, M. & GUEVARA, S. R. Provenance analysis and tectonic setting of late Neoproterozoic metasedimentary successions in NW Argentina. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 19, p. 143-153, 2005.
- CAMPOS NETO, M.C.; BASEI, M. A. S.; JANASI, V. A.; MORAES, R. Orogen migration and tectonic setting of the Andrelândia Nappe system: An Ediacaran western Gondwana collage, south of São Francisco craton. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 32, p. 393-406, 2011.
- CULLERS, R.L., YEH, L.-T., CHAUDHURI, S., GUIDOTTI, C. V. Rare earth elements in Silurian pelitic schists from N.W. Maine. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 38, p. 389-400, 1974.
- CULLERS, R. L. The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian – Permian age, Colorado, USA: implications for provenance and metamorphic studies. **Lithos**, v. 51, p. 181-203, 2000.
- CULLERS, R. L. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA. **Chemical Geology**, v. 191, p. 305-327, 2002.
- DARDENNE, M. A. **The Brasília fold belt**. In: Cordani, U. G., Milani, E. J., Thomaz Filho, A., Campos, D. A. (Eds.), Tectonic Evolution of South America. Thirty-first International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil, p. 231-264, 2000.
- DE PAOLO D. J. A neodymium and strontium isotopic study of the Mesozoic calc-alkaline granitic batholiths of the Sierra Nevada and Peninsular Ranges, Califórnia. **Journal of Geophysical Research**, v. 86, p. 10470-10488, 1981.
- D'EL-REY, L. J. H. S., KLEIN, P. B. W., WALDE, D. H. The Caldas Novas dome, central Brazil: structural evolution and implications for the evolution of the Neoproterozoic Brasília belt. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 17, p. 153-169, 2004.
- DRAKE JR., A. A. The Serra de Caldas windows. Tectonic Studies in the Brazilian shield. **U. S. Geological Survey, Professional Paper**, 1999-A, B. p. A1 – A11, 1980.
- ETEMAD-SAEED, N., HOSSEINI-BARZI, M., ARMSTRONG-ALTRIN, J. S. Petrography and geochemistry of clastic sedimentary rocks as evidence for provenance of the Lower Cambrian Lalun Formation, Poshtebadam block, Central Iran. **Journal of African Earth Sciences**, v. 61, p. 142-159, 2011.
- FATIMA, S. & KHAN, M. S. Petrographic and geochemical characteristics of Mesoproterozoic Kumbalgarh clastic rocks, NW Indian shield: implications for provenance, tectonic setting, and crustal evolution. **International Geology Review**, v. 54, n. 10, p. 1113-1144, 2012.
- FENG, R.; KERRICH, R.; MAAS, R. Geochemical, oxygen, and neodymium isotope compositions of metasediments from the Abitibi greenstone belt and Pontiac Subprovince, Canada: Evidence for ancient crust and Archean terrane juxtaposition. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 57, p. 641-658, 1993.
- FLOYD, P.A.; WINCHESTER, J.A.; PARK, R.G. Geochemistry and Tectonic Setting of Lewisian Clastic Metasediments from the Early Proterozoic Loch Maree Group of Gairloch, NW Scotland. **Precambrian Research**, v. 45, p. 203-214, 1989.
- FU, X., WANG, J., ZENG, Y., TAN, F., FENG, X. REE geochemistry of marine oil shale from the Changshe Mountain area, northern Tibet, China. **International Journal of Coal Geology**, v. 81, p. 191-199, 2010.
- GUO, Q.; XIAO, W.; WINDLEY, B. F.; MAO, Q.; HAN, C.; QU, J.; AO, S.; LI, J.; SONG, D.; YONG, Y. Provenance and tectonic settings of Permian turbidites from the Beishan Mountains, NW China: implications for the Late Paleozoic accretionary tectonics of the Southern Altai. **Journal of Asian Earth Sciences**, v. 49, p. 54-68, 2011.
- 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)**. Brasília, 2008, 154 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.
- 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. 1:500.000. 2º edição. Goiânia: conv. CPRM – Superintendência Regional de Goiânia/METAGO S.A./UnB. 217 p. 1999.
- MCLENNAN, S. M.; HEMMING, S.; MCDANIEL, D. K.; HANSON, G. N. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. **Geological Society of America, Special Paper**, 284 p., 1993.
- MOREIRA, M. L. O.; MORETON, L. C.; ARAÚJO, V. A. DE; LACERDA FILHO, J. V. DE; COSTA, H. F. DA. Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. 1:500.000. Goiânia: CPRM/SIC – FUNMINERAL. Programa Geologia do Brasil: Integração, Atualização e Difusão de Dados de Geologia do Brasil. Programa Geologia e Mineração do Estado de Goiás: Geração e Disponibilização de Informações Geológicas e do Potencial Mineral de Goiás. 143 p. 2008.
- NAVARRO, G. R. B.; ZANARDO, A.; CONCEIÇÃO, F. T. O Grupo Araxá na Região Sul-Sudoeste do Estado de Goiás. **Geologia USP, Série Científica, São Paulo**, v. 13, n. 2, p. 5-28, 2013.
- PE-PIPER, G.; TRIANTAFYLIDIS, S.; PIPER, D. J. W. Geochemical identification of clastic sediment provenance from known sources of similar geology: the Cretaceous Scotian Basin, Canada. **Journal of Sedimentary Research**, v. 78, p. 595-607, 2008.
- PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; FISCHER, D. P. Estudo isotópico Sm-Nd regional da porção central da Faixa Brasília: implicações para idade e origem dos granulitos do Complexo Anápolis-Itaúcu e rochas metassedimentares do Grupo Araxá. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29, n. 2, p. 271-276, 1999.
- 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**, v. 14, p. 571-585, 2001.

- 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, 2003.
- RAHMAN, M. J. J. & SUZUKI, S. Geochemistry of sandstones from the Miocene Surma Group, Bengal Basin, Bangladesh: Implications for Provenance, tectonic setting and weathering. **Geochemical Journal**, v. 41, p. 415-428, 2007.
- RAZA, M.; BHARDWAJ, V. R.; AHMAD, A. H. M.; MONDAL, M. E. A.; KHAN, A.; KHAN, M. S. Provenance and weathering history of Archaean Naharmagra quartzite of Aravalli craton, NW Indian Shield: Petrographic and geochemical evidence. **Geochemical Journal**, v. 44, p. 331-345, 2010.
- RAZA, M.; AHMAD, A.H.M.; KHAN, M.S.; KHAN, F. Geochemistry and detrital modes of Proterozoic sedimentary rocks, Bayana Basin, north Delhi fold belt: implications for provenance and source-area weathering. **International Geology Review**, v. 54, n. 1, p. 111-129, 2012.
- RICHARD, L. R. Mineralogical and Petrological Data Processing System. MINPET for Windows. Version 2.02. Copyright 1988-1995, 1995.
- ROSER, B. P.; COOPER, R. A.; NATHAN, S.; TULLOCH, A. J. Reconnaissance sandstone geochemistry, provenance, and tectonic setting of the Lower Paleozoic terranes of the West Coast and Nelson, New Zealand. **New Zealand Journal of Geology and Geophysics**, v. 39, p. 1-16, 1996.
- RYAN, K. M. & WILLIAMS, D. M. Testing the reliability of discrimination diagrams for determining the tectonic depositional environment of ancient sedimentary basins. **Chemical Geology**, v. 242, p. 103-125, 2007.
- SANTOS, M. N.; CHEMALE JR. F.; DUSSIN, I. A.; MARTINS, M. S.; QUEIROGA, G.; PINTO, R. T. R.; SANTOS, A. N.; ARMSTRONG, R. Provenance and paleogeographic reconstruction of a mesoproterozoic intracratonic sag basin (Upper Espinhaço Basin, Brazil). **Sedimentary Geology**, v. 318, p. 40-57, 2015.
- SEER, H. J. **Evolução Tectônica dos Grupos Araxá, Ibiá e Canastra na Sinforma de Araxá, Araxá, Minas Gerais. Brasília**, 1999, 267 p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.
- SEER, H. J. & MORAES, L. C. Within plate, arc, and collisional Neoproterozoic granitic magmatism in the Araxá Group, Southern Brasília belt, Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 43, n. 2, p. 333-354, 2013.
- SELVARAJ, K. & CHEN, C.-T.A. Moderate chemical weathering of subtropical Taiwan: Constraints from solid-phase geochemistry of sediments and sedimentary rocks. **Journal of Geology**, v. 114, 1, p. 101-116, 2006.
- SIMÕES, L. S. A. **Compartimentos Crustais do Domínio Interno da Faixa Brasília no sul do estado de Goiás**. Rio Claro, 2005. 104 p. Tese (Livro Docência). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- SIMÕES, L. S. A.; NAVARRO, G. R. B.; HACKSPACHER, P. C.; ANGELI, N. Estruturas precoces ao desenvolvimento da foliação principal da Faixa Brasília: o exemplo de Caldas Novas, Goiás. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 9, Búzios. **Boletim de Resumos ...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Rio de Janeiro-Espírito Santo, 2003, p. 105-107.
- SLACK, J. F. & STEVENS, B. P. J. Clastic metasediments of the Early Proterozoic Broken Hill Group, New South Wales, Australia: Geochemistry, provenance, and metallogenic significance. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 58, n. 17, p. 3633-3652, 1994.
- TAYLOR, S. R. & MCLENNAN, S. M. The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks. **Philosophical Transactions of the Royal Society A, London**, v. 301, p. 381-399, 1981.
- TAYLOR, S. R. & MCLENNAN, S. M. **The continental crust: its composition and evolution**. Oxford: Blackwell's, 312 p., 1985.
- TRIPATHI, K. J. & RAJAMANI, V. Geochemistry of Proterozoic Delhi quartzite: Implications for the provenance and source area weathering. **Journal of the Geological Society of India**, n. 62, p. 215-226, 2003.
- TROUW, R. A. J., HEILBRON, M., RIBEIRO, A., PACIULLO, F. V. P., VALERIANO, C. M., ALMEIDA, J. C. H., TUPINAMBÁ, M., ANDREIS, R. R. **The central segment of the Ribeira belt**. In: Cordani, U. G., Milani, E. J., Thomaz Filho, A., Campos, D. A. (Eds.), Tectonic Evolution of South America. Thirty-first International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil, p. 287-310, 2000.
- UGARKAR, A.G. & NYAMATI, R.C. Geochemical Characteristics of Archean Clastic Metasediments of Gadag Gold Field, Southern India: Implications for Provenance and Tectonic Setting. **Gondwana Research**, v. 5, n. 1, p. 245-255, 2001.
- VALERIANO, C. M.; MACHADO, N.; SIMONETTI, A.; VALLADARES, C. S.; SEER, H. J.; SIMÕES, L. S. A. U-Pb geochronology of the southern Brasília belt (SE-Brazil): sedimentary provenance, Neoproterozoic orogeny and assembly of West Gondwana. **Precambrian Research**, v. 130, p. 27-55, 2004.
- VALERIANO C.M., MEDEIROS S.R., VAZ G.S., NETO C.C. Sm-Nd isotope dilution TIMS analyses of BCR-1, AGV-1 and G-2 USGS rock reference materials: first results from the LAGIR Laboratory at UERJ, Rio de Janeiro. In: IGC/USP, SIMPÓSIO 45 ANOS DE GEOCRONOLOGIA NO BRASIL, 1, 2009, São Paulo, **Boletim Resumos Expandidos**, p. 146-148, 2009.
- VON EYNATTEN, H. & DUNKL, I. Assessing the sediment factory: the role of single grain analysis. **Earth-Science Reviews**, v. 115, p. 97-120, 2012.
- WELTJE, G. J. **Ternary sandstone composition and provenance: an evaluation of the Dickinson Model**. In: Bucciatti, A., Mateu-Figueras, G., Pawlowsky-Glahn, V. (Eds.): Compositional Data Analysis in the Geosciences: From Theory to Practice. Geological Society, London, p. 79-99, Special Publications n. 264, 2006.
- WELTJE, G. J. Quantitative models of sediment generation and provenance: state of the art and future developments. **Sedimentary Geology**, v. 280, p. 4-20, 2012.
- WESTIN, A. & CAMPOS NETO, M. C. Provenance and tectonic setting of the external nappe of the Southern Brasília Orogen. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 48, p. 220-239, 2013.
- ZAID, S. M. Provenance, diagenesis, tectonic setting and geochemistry of Rudies sandstone (Lower Miocene), Warda Field, Gulf of Suez, Egypt. **Journal African Earth Science**, v. 66-7, p. 56-71, 2012.

*Manuscrito recebido em 8 de janeiro de 2016
Revisado e aceito em 4 de janeiro de 2017*