



Granulitos Arqueanos na Região de Mangaratiba (RJ): Significado Tectônico Archean Granulites in Mangaratiba (RJ): Tectonic Meaning

Jefferson Lima Fernandes André¹; Claudia Sayão Valladares² & Beatriz Paschoal Duarte²

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Naturais,
Rodovia BR 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, 29932-900, São Mateus, ES, Brasil

² Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia, Departamento de Geologia Regional e Geotectônica,
Rua São Francisco Xavier, 524, sala A 4018, Maracanã, 20550-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mail: jeffersonlfandre@hotmail.com; vallada@uerj.br; biapasch@gmail.com

Recebido em: 30/08/2018 Aprovado em: 26/10/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_3_531_547

Resumo

Próximo a Mangaratiba (RJ), aflora um conjunto de rochas que já foi apontado como uma lasca do Complexo Juiz de Fora (CJF), no entanto, este estudo revela que existem diferenças significativas entre as rochas aqui estudadas e aquelas pertencentes ao CJF. Por exemplo, no que se refere às litologias, dentro do conjunto ocorrem ortogranulitos graníticos e granodioríticos e rochas gnáissicas para e ortoderivadas, enquanto que no CJF encontram-se rochas félsicas charnockíticas a enderbíticas, e noríticas. O estudo geocronológico U/Pb em zircão também revela uma diferença marcante, pois foi obtida uma idade de cristalização arqueana (2653 ± 37 Ma) para um ortogranulito com composição monzogranítica contrapondo com as idades paleoproterozóicas do CJF. Outros dois litotipos também foram analisados pelo método LA-ICPMS em zircão: (i) um gnaiss com granada, para o qual foi obtido um intercepto superior de 2117 ± 15 Ma, e (ii) um gnaiss leucocrático com idade cristalização de aproximadamente $2133 \pm 9,4$ Ma. Em ambos foram encontrados xenocristais de zircão ($\approx 2,6$ Ga), que provavelmente são do ortogranulito, revelando assim, que esta litologia representa o embasamento da área, que aqui será denominado de Ortogranulito Ribeirão das Lajes.

Palavras-chave: Granulitos; Mangaratiba; Complexo Juiz de Fora; Geocronologia U-Pb; Ortogranulito Ribeirão das Lajes

Abstract

In Mangaratiba (RJ) a group of rocks has been considered as part of Juiz de Fora Complex (JFC), but some significant differences are pointed in this research. For example, in Mangaratiba granitic and granodioritic orthogranulites, orthogneiss and paragneiss were recognized, while in JFC the lithotypes are charnockitic to enderbitic, and noritic in composition. The LA-ICPMS U-Pb in zircon geochronological analysis obtained in one sample of orthogranulite with monzogranitic composition yielded an Archean age of 2653 ± 37 Ma, different from the Paleoproterozoic ages of the JFC orthogranulites. Two other lithotypes were also dated: (i) a garnet bearing gneiss with age of 2117 ± 15 Ma recorded in superior intercept, and (ii) a leucocratic orthogneiss, with $2133 \pm 9,4$ Ma. Inherited zircon grains of ca. 2,6 Ga were found in both gneisses, indicating that the orthogranulites are the basement rocks of the area. In this work such orthogranulites will be denominated as Ribeirão das Lajes Orthogranulite.

Keywords: Granulites; Mangaratiba (RJ); Juiz de Fora Complex; U-Pb geochronology; Ribeirão das Lajes

1 Introdução

O Complexo Juiz de Fora (CJF) tem sido alvo de estudo de diversos pesquisadores durante décadas (Machado Filho et al., 1983; Heilbron et al., 1997; Duarte, 1998; Fischel et al., 1998; Duarte et al., 2000; Nogueira et al., 2004; Noce et al., 2007; Fernandes André et al., 2009; Heilbron et al., 2010, entre outros) e, ainda assim, muitas dúvidas são levantadas a respeito da evolução geológica dessa Unidade. Buscando contribuir para o melhor entendimento sobre sua evolução, é apresentado aqui um estudo comparativo, com dados geocronológicos e petrográficos, de um conjunto de rochas que aflora entre Rio Claro (RJ) e Mangaratiba (RJ), e que foi apontado como uma lasca do CJF por Dios (1995), e também reconhecido como parte do Complexo em Heilbron et al. (2007), no levantamento da Folha Volta Redonda (1:100.000). Esse conjunto de rochas também pode ser observado no mapa do Orógeno Ribeira em Heilbron et al. (2010).

Dios (1995) agrupou essas rochas como uma unidade denominada de Unidade Granulítica Ponte de Zinco. Apesar de pouco difundida na literatura, esta denominação será utilizada neste artigo pois é o principal foco do trabalho.

Para Dios (1995), a Unidade Granulítica Ponte de Zinco seria correlacionável ao CJF. No entanto, as análises geocronológicas (U-Pb em zircão por LA-ICPMS) apresentadas neste trabalho revelaram diferenças de idades significativas entre os ortogranulitos de Mangaratiba (RJ) e os do CJF, que são do Paleoproterozóico (Heilbron et al., 2004; Noce et al., 2007; Fernandes André et al., 2009; Heilbron et al., 2010).

Além disso, existe uma diferença entre o conjunto de rochas do Complexo Juiz de Fora e as rochas aqui estudadas, pois além de granulitos também foram reconhecidos gnaisses com granada, gnaisses leucocráticos e rochas claramente paraderivadas. Em função das diferenças em relação às rochas do Complexo Juiz de Fora, neste trabalho os ortogranulitos de Mangaratiba serão denominados de Ortogranulitos Ribeirão das Lajes

2 Contexto Geológico

O Complexo Juiz de Fora (CJF) aflora na parte central do Orógeno Ribeira, próximo à cidade homônima no estado de Minas Gerais, na calha do

Rio Paraíba do Sul (Duarte, 1998; Fernandes André et al., 2009; Heilbron et al., 2010) e, segundo Dios (1995) e Heilbron et al., 2007, próximo à cidade de Mangaratiba (RJ – Figura 1A), além de compor parte do embasamento do Orógeno Araçuai no estado do Espírito Santo (Noce et al., 2007).

No atual estado do conhecimento, o CJF é um conjunto de ortogranulitos que possui ampla variedade litológica, desde charnockitos a enderbitos calcioalcalinos de 2,1 Ga, noritos toleíticos de 2,4 Ga e rochas básicas alcalinas de 1,7 Ga (Duarte, 1998; Heilbron et al., 2004; Fernandes André et al., 2009; Heilbron et al., 2010). É encontrado como embasamento do Domínio Tectônico Juiz de Fora do Terreno Ocidental da Faixa Ribeira (Heilbron et al., 2004). O Terreno Ocidental, que é subdividido em dois domínios (Andrelândia e Autóctone), representaria a margem passiva do Cráton São Francisco envolvida na Orogenia Brasileira-Pan-africana (Heilbron et al., 2004).

Muitos autores sugerem que esse conjunto teria sido formado durante o evento Transamazônico, e que esse mesmo evento teria originado a paragênese de fácies granulito (Delhal et al. 1969; Cordani et al. 1973; Heilbron, 1993; Machado et al. 1996; Nogueira et al. 2004), tendo a orogenia Brasileira retrometamorfizado essa paragênese (Duarte, 1998; Duarte et al. 2000; Nogueira et al. 2004).

A Unidade Granulítica Ponte de Zinco, definida assim por Dios (1995), ocorre na região da Serra do Piloto em Mangaratiba (RJ). Segundo a autora trata-se de uma faixa de rochas granulíticas alongada na direção NE-SW, inserida entre rochas metassedimentares dessa região por zonas de cisalhamento (Figura 1B). A intenção de agrupar essas rochas foi para representar um conjunto correlacionável ao CJF. Porém, é destacado em Dios (1995), que o litotipo predominante nessa unidade é um granitoide, quartzofeldspático, que possui coloração clara, granulação fina a média, bandada e localmente porfiroblástica, com níveis milimétricos descontínuos de biotita. Para a autora, o granitoide seria o neossoma resultante do processo de anatexia a que o conjunto granulítico foi

submetido. Os granulitos da região propriamente ditos, seriam restitos dessa anatexia, formando, assim, uma associação migmatito-granulito.

Heilbron et al. (2007) consideram que esse conjunto de Mangaratiba também representa parte do CJF devido a forma de ocorrência, pois é comum no estado do Rio de Janeiro e em Minas Gerais, escamas tectônicas do Complexo estarem interdigitadas a rochas metassedimentares por zonas de cisalhamento, assim como descreveu Dios (1995).

3 Aspectos de Campo e Petrografia

Os afloramentos são observados em cortes de estrada, em forma de lajes e em meia encosta,

mas alguns litotipos também ocorrem em campo de blocos. Além dos granulitos, nessa unidade afloram outros litotipos, como um gnaiss com granada, gnaiss leucocrático, e rochas gnáissicas contendo granada, silimanita e cordierita (observe os pontos da Figura 1). Esses últimos não serão tratados aqui, pois no Complexo Juiz de Fora só afloram rochas ortoderivadas. Onze amostras foram coletadas para estudo petrográfico e suas características serão descritas a seguir.

3.1 Ortogranulitos

O ortogranulito é uma rocha homogênea (Figura 2A) de coloração esverdeada devido à ocorrência de

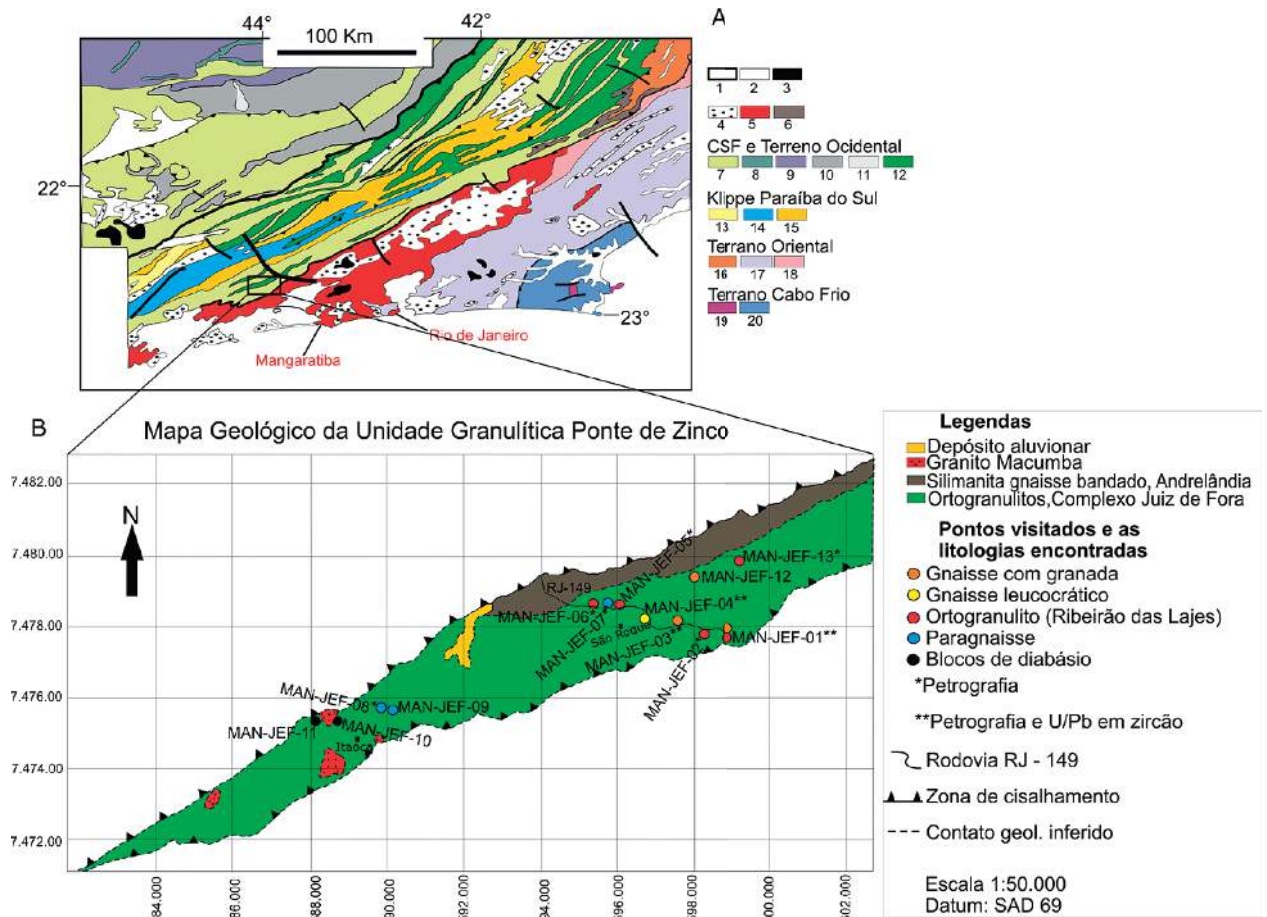


Figura 1 A. Mapa simplificado do Orógeno Ribeira. Legenda: 1- Localizações das áreas de estudo no mapa da Orógeno Ribeira 2- Sedimentos quaternários, Sedimentos terciários, 3-Rochas alcalinas; (4-6) Rochas Magmáticas Neoproterozóicas: 4-Granitóide Brasileiro sin a pós-colisionais, 5-Arco Magmático Rio Negro, 6-Arco Magmático Serra da Bolívia; (7-12) Unidade do Cráton do São Francisco e do Terreno Ocidental: 7-Rochas Metassedimentares Meso a Neoproterozóicas (590-560 Ma); 8- Rochas Metassedimentares Paleo e Mesoproterozóicas, embasamento associado, 9- Complexo Barbacena, 10 - Complexo Mantiqueira, 11 - Complexo Alcalino Matola e 12 - Complexo Juiz de Fora; (13-15) Unidade da Klippe Paraíba do Sul: 13 - Complexo Embú, 14 - Complexo Paraíba do Sul e 15 - Complexo Quirino; (16-18) Unidades do Terreno Oriental: Rochas Metassedimentares dos grupos Cambuci, Costeiro e Itaiá; (19-20) Unidades do Terreno Cabo Frio: 19 - Rochas Metassedimentares do Grupo Búzios e 20- Complexo do embasamento Região do Lagos. Fonte: modificado de Heilbron et al. (2010); B. Mapa Geológico da Unidade Granulítica Ponte de Zinco. Fonte: Modificado de Dios (1995).



Figura 2 Aspecto dos ortogranulitos observado em campo. A. O ortogranulito homogêneo observado no ponto MAN-JEF-01; B. Porção leucossomática com porfiroblastos de ortopiroxênio (setas) observada no ponto MAN-JEF-01; C. Foliação observada em um bloco do ortogranulito; D. enclave máfico no ortogranulito do ponto MAN-JEF-05.

plagioclásio verde (Figura 2B) e que no geral contém mais minerais máficos do que as demais rochas dessa unidade (9,8% - 28% de min. máficos). A foliação não está marcada em todo corpo rochoso (Figura 2C), e a granulação varia de muito fina a média. Ocorrem alguns porfiroblastos/porfiroclastos de plagioclásio e ortopiroxênio que podem ser vistos a olho nu (Figura 2B). Raras porções leucossomáticas podem ser encontradas na rocha (Figura 2B), assim como enclaves, encontrado apenas no ponto MAN-JEF-05 (Figura 2D).

Em lâmina, foi diagnosticada a presença de ortopiroxênio em todas as amostras coletadas (total de 6), como mostra a Tabela 1. Biotita e/ou hornblenda são encontradas nas bordas do ortopiroxênio e clinopiroxênio, indicando um possível retrometamorfismo. Os granulitos possuem textura granoblástica (Figura 3A, B, E, F), às vezes com matriz poligonizada (Figura 3D), ribbons de quartzo (Figura 3C) granulação que varia de muito fina a média e são

constituídos principalmente por quartzo, K-feldspato, plagioclásio, biotita, clinopiroxênio e ortopiroxênio (Tabela 1). Exsoluções nos grãos de plagioclásio e K-feldspato são encontradas em várias amostras, assim como também alteração para minerais secundários como sericita/muscovita e carbonato.

Os resultados da análise modal de 500 pontos revelaram que composicionalmente os protólitos dessas rochas correspondem a granitos (monzogranitos e sienogranitos) e granodioritos (Figura 4 e Tabela 1).

3.2 Gnaisses

Nos dois tipos de gnaisse analisados na área (gnaisse leucocrático e gnaisse com granada) foi observada a presença de plagioclásio esverdeado, o que é comum aos granulitos da região, porém não foi diagnosticada paragênese típica de fácies granulito. Todavia, no gnaisse leucocrático (MAN-JEF-04),

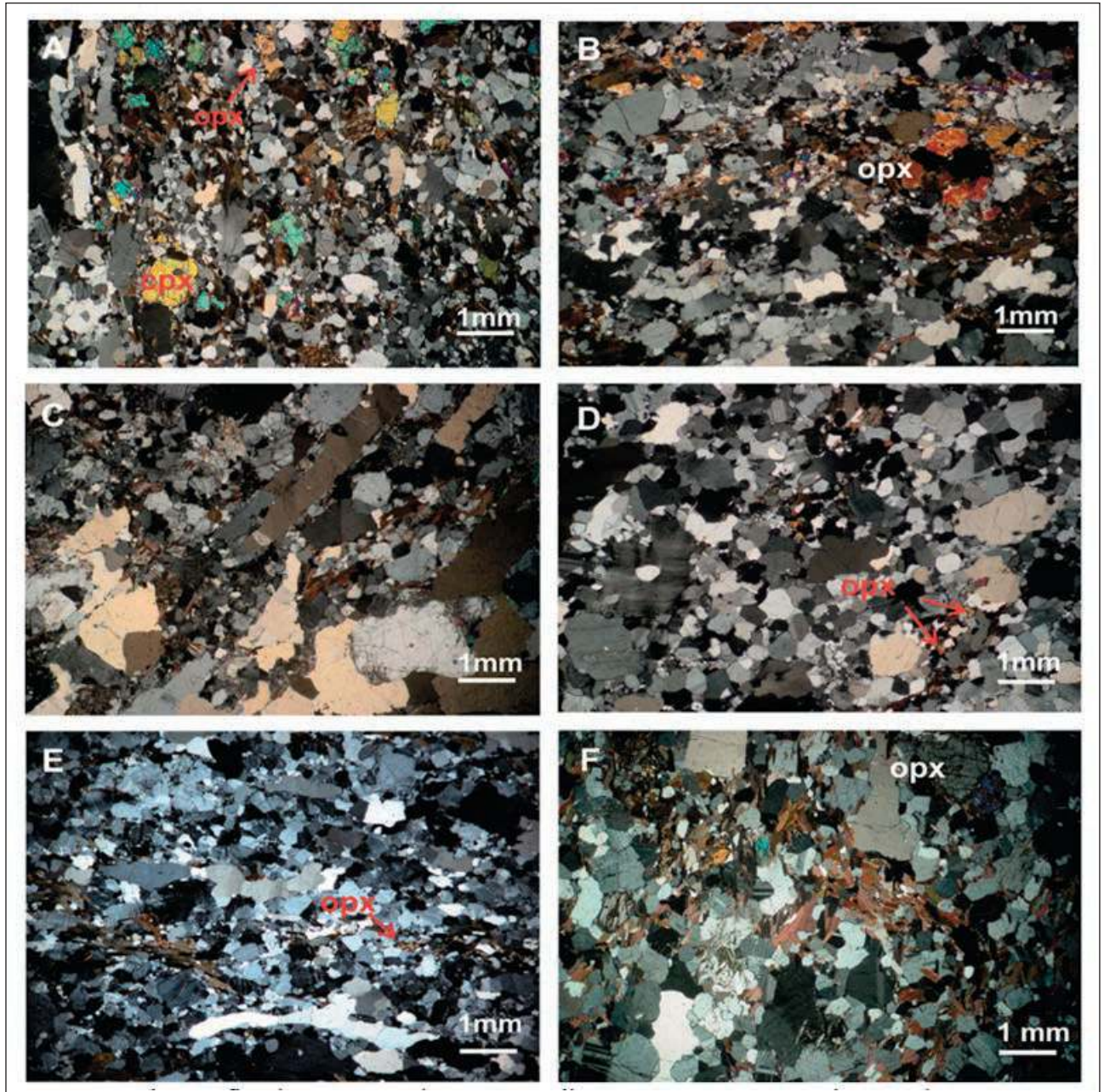


Figura 3 Fotomicrografias das amostras dos ortogranulitos. A. MAN-JEF-01a, destacando a textura granoblástica e grãos de opx e cpx; B. amostra MAN-JEF-02 com textura granoblástica e grãos de opx; C. amostra MAN-JEF-05a com ribbons de quartzo; D amostra MAN-JEF-06 com textura granoblástica, grãos poligonais e grãos de opx; E. amostra MAN-JEF-13 com textura granoblástica e grãos de opx; F. amostra MAN-JEF-05c com textura granoblástica e grãos de opx.

observa-se um grão reliquiar de ortopiroxênio (Figura 5D), o que sugere possível retrometamorfismo sobre a fácies granulito. Essa rocha pode ser identificada pelo índice de cor leucocrático e características miloníticas (Figuras 5A e 5B). Em lâmina, observa-se textura granoblástica, matriz muito fina recrystalizada, grãos

com faces poligonais, fitas de quartzo (Figura 5C) e porfiroclastos de feldspato de granulação média, e seus minerais máficos estão orientados (biotita principalmente). Seu protólito foi classificado no diagrama QAP de Streckeisen (1976) como um Monzogranito (Figura 4).

Granulitos Arqueanos na Região de Mangaratiba (RJ): Significado Tectônico
Jefferson Lima Fernandes André; Claudia Sayão Valladares & Beatriz Paschoal Duarte

Amostras	Composição	Qtz (%)	Plg (%)	K-f (%)	Bt (%)	Hor (%)	Opx (%)	Cpx (%)	Carb/Mus (%)	Gr (%)	Z (%)	Op (%)	Ap (%)	Ti (%)	Al (%)
MAN-JEF-01a	Monzogranito (ortogranulito)	20,2	30,5	23,0	14	1,0	5,0	2,7	1,5	-	-	1,7	0,2	-	-
MAN-JEF-01b	Monzogranito (gnaisse c/ granada)	21,6	26,0	24,8	20,6	-	-	-	5,0	0,4	0,2	0,6	0,8	-	-
MAN-JEF-02	Monzogranito (ortogranulito)	23,2	24,0	22,6	14,2	0,6	11,4	1,8	-	-	0,4	1,4	0,4	-	-
MAN-JEF-03a	Granodiorito (gnaisse c/ granada)	40,2	31,4	12,2	8,6	-	-	-	6,8	0,8	-	-	-	-	-
MAN-JEF-04	Monzogranito (gnaisse leucocrático)	25,2	25,2	37,0	4,4	1,0	0,2	-	6,1	-	-	0,9	-	-	-
MAN-JEF-05a	Monzogranito (ortogranulito)	22,0	33,0	28,0	8,8	0,4	0,6	-	6,6	-	-	0,6	-	-	-
MAN-JEF-05c	Granodiorito (ortogranulito)	21,0	35,6	13,6	20,0	0,2	3,4	2,8	3,0	-	0,2	0,2	-	-	-
MAN-JEF-06	Monzogranito (ortogranulito)	27,6	20,3	35,0	4,0	0,6	8,3	-	-	Tr	0,6	2,1	-	1,0	-
MAN-JEF-13	Sienogranitos (ortogranulito)	26,0	13,6	45,0	7,4	3,8	1,2	-	0,4	-	0,4	0,6	0,6	0,8	0,2

Tabela 1 Análise modal das rochas granulíticas e gnáissicas de Mangaratiba analisadas nesse estudo. Legenda: Qtz – quartzo; Plg – plagioclásio; K-f - feldspato potássicos; Bt – biotita; Hor – hornblenda; Opx - ortopiroxênio; Cpx - clinopiroxênio; Carb – carbonato; Mus – muscovita; Gr – granada; Z – zircão; Op- minerais opacos; Ap – apatita; Al - Alanita.

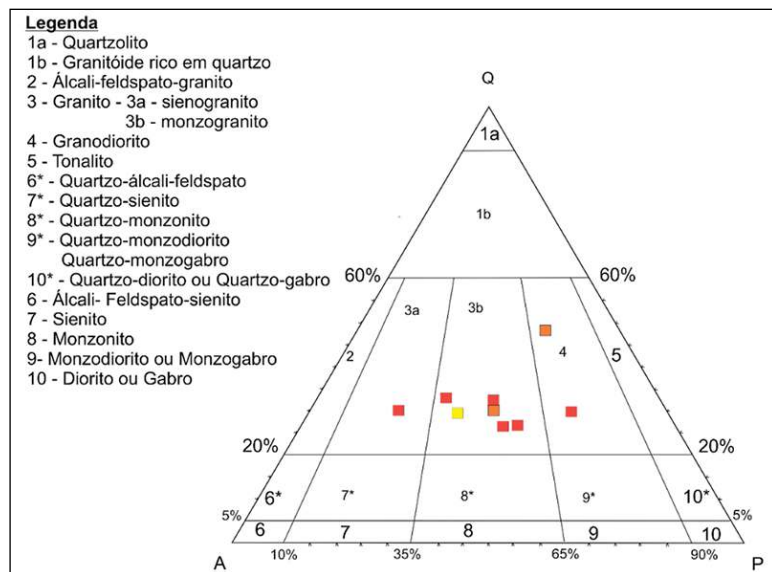


Figura 4 Diagrama QAP de Streckeisen (1976) das rochas granulíticas e gnáissicas de Mangaratiba analisadas nesse estudo. Legenda: quadrado vermelho (ortogranulito), quadrado laranja (gnaisse c/ granada) e quadrado amarelo (gnaisse leucocrático).

No gnaisse com granada são observados cristais de granada subordinados (Figura 6A) e feições migmatíticas (Figura 6B). Enclaves de rochas calcissilicáticas ocorrem no ponto MAN-JEF-03. Já no ponto MAN-JEF-01, aparece um enclave de uma rocha granítica. Em ambos os pontos, a rocha possui textura granoblástica (Figura 6C), minerais máficos orientados e ribbons de quartzo, sendo esse último mais comum no ponto MAN-JEF-03 (Figura 6D), visto que a rocha está mais deformada nesse

local. Quartzo, plagioclásio, K-feldspato e biotita são os minerais essenciais, a granada é subordinada (Figura 6E) e às vezes ocorre junto ao plagioclásio saussuritizado (Figura 6F), já carbonato e muscovita/sericita são produtos secundários. Segundo a análise modal, composicionalmente a amostra MAN-JEF-01b representa um monzogranito, enquanto a MAN-JEF-03a um granodiorito, sendo que esta última possui quase o dobro de quartzo e menos da metade de biotita que a primeira (Figura 4, Tabela 1).

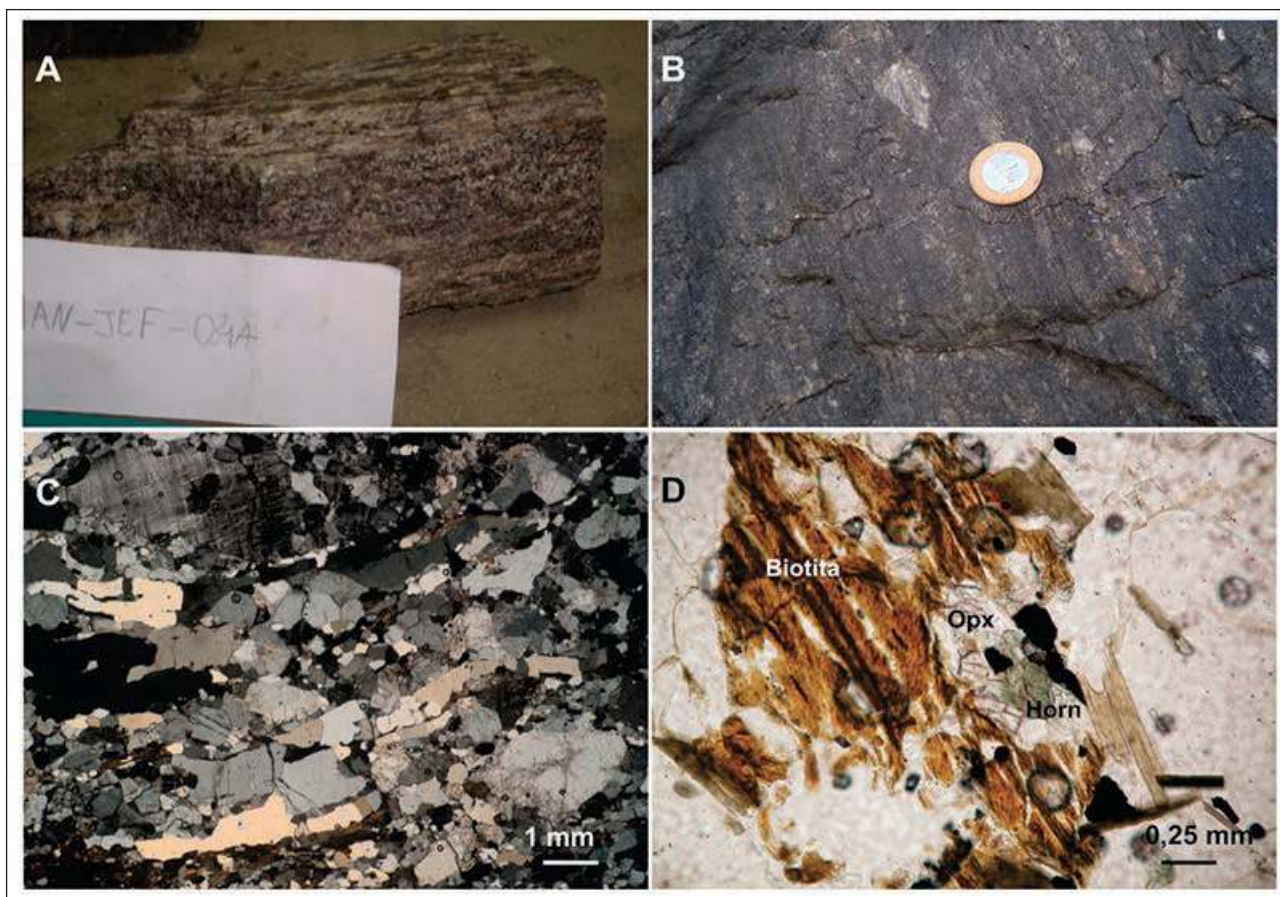


Figura 5 Gnaiss leucocrático encontrado no ponto MAN-JE-04: A. o aspecto leucocrático da rocha observada em amostra de mão; B. foliação marcada pela orientação de minerais félsicos e máficos; C. textura granoblástica e ribbons de quartzo; D. único grão remanescente de ortopiroxênio na rocha. Legenda: Horn: hornblenda; opx: ortopiroxênio.

4 Geocronologia U-Pb em Zircão (LA-ICPMS)

As análises pelo método LA-MC-ICPMS foram realizadas no Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília que utiliza o espectrômetro Thermo Finnigan Neptune Multicollector. Os dados foram fornecidos pelo laboratório em uma planilha Excel e as idades foram calculadas utilizando o software ISOPLOT/Ex. 3 (LUDWIG, 2003). Os procedimentos analíticos e os métodos utilizados na redução de dados adotados por aquela instituição podem ser obtidos em Buhn et al. (2009).

Três amostras foram analisadas: um ortogranulito (MAN-JEF-01a) e na duas rochas gnáissicas descritas acima (MAN-JEF-03 e MAN-JEF-04). Para auxiliar na interpretação dos dados, foi realizado o imageamento por catodoluminescência, mas apenas naqueles grãos de zircão datados, pois o imageamento foi realizado

após a análise por ablação a laser. As imagens foram feitas no laboratório do CETEM (Centro de Tecnologia Mineral) localizado no campus da UFRJ.

Amostra MAN-JEF-03 (gnaiss granodiorítico com granada): Foram analisados 28 grãos de zircão, 18 diamagnéticos e 10 paramagnéticos, nos núcleos e em bordas, e exibindo diferentes morfologias. Em sua maioria são equidimensionais, subédricos e lenticulares, incolores, transparentes a translúcido. Os resultados obtidos não mostram distinção em relação à morfologia e entre as frações para e diamagnéticas (Tabela 2).

A maior quantidade de grãos analisados possui idade paleoproterozóica (Tabela 2). As elipses definem uma discórdia com intercepto superior de 2117 ± 15 Ma e um intercepto inferior de 631 ± 40

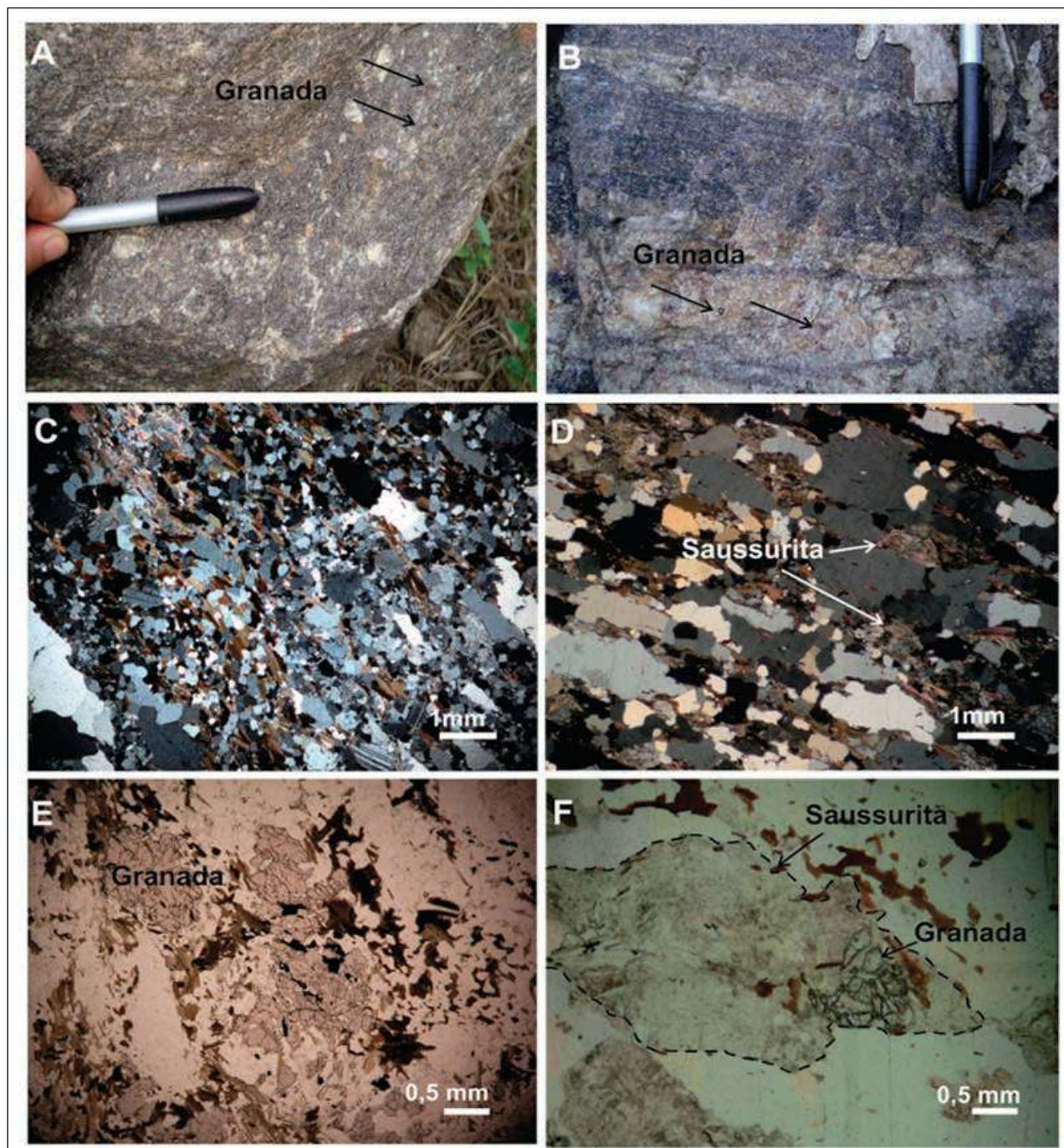


Figura 6 Aspectos do gnaíse com granada no ponto MAN-JEF-01 (A) e no MAN-JEF-03 (B). Em ambos a granada ocorre de forma subordinada, em (B) ela é destacada ocorrendo no leucossoma; C. textura granoblástica com porfiroblastos e ribbons na amostra MAN-JEF-01b; D. ribbons e saussurita na amostra MAN-JEF-03; E. e F. grãos de granada das amostras MAN-JEF-01b e MAN-JEF-03a, respectivamente. Na última é possível observar que a granada está em contato com a saussurita.

Ma (MSWD de 1,6 - Figura 7B), sendo que esta última idade é próxima à fase pré-colisional da Faixa Ribeira (Heilbron & Machado, 2003). Esses grãos de zircão possuem zoneamentos concêntricos bem desenvolvidos (Figura 7), semelhantes à grãos ígneos, suas razões Th/U variam entre 0,18 e 0,82 (zircão metamórfico ou recristalizado geralmente possuem razões <0,1 - Ahrens et al., 1967; Rubatto, 2002). As idades neoproterozóicas foram obtidas a partir de bordas pouco desenvolvidas, sendo que apenas uma, de 3 elipses, é concordante (Z1 borda) e possui razão Th/U \approx 0,07.

Nessa rocha foram obtidos alguns núcleos de zircão arqueano de aproximadamente 2,6 Ga (Figura 7A), interpretados como herança arqueana. Também foi encontrado um único grão concordante de idade

mesoproterozóica, mas que não tem significado geológico (até o momento). As outras elipses dessa idade são discordantes e provavelmente causadas por perda de Pb, tanto que se observada a Figura 7A, elas estão mais alinhadas a discordância paleoproterozóica.

Amostra MAN-JEF-04 (gnaisse leucocrático): Foram selecionados 18 grãos de zircão paramagnéticos e 25 diamagnéticos. Tanto na fração paramagnética quanto na diamagnética podem ser observadas fraturas e inclusões. No geral os zircões são incolores, translúcidos e alguns transparentes. Nos paramagnéticos foram selecionados pontas de prisma, grãos subédricos e bipiramidais. Foram escolhidos nos diamagnéticos, bipiramidais, lenticulares, pontas de prisma e equidimensionais. Os resultados obtidos não mostram distinção em relação à morfologia e entre

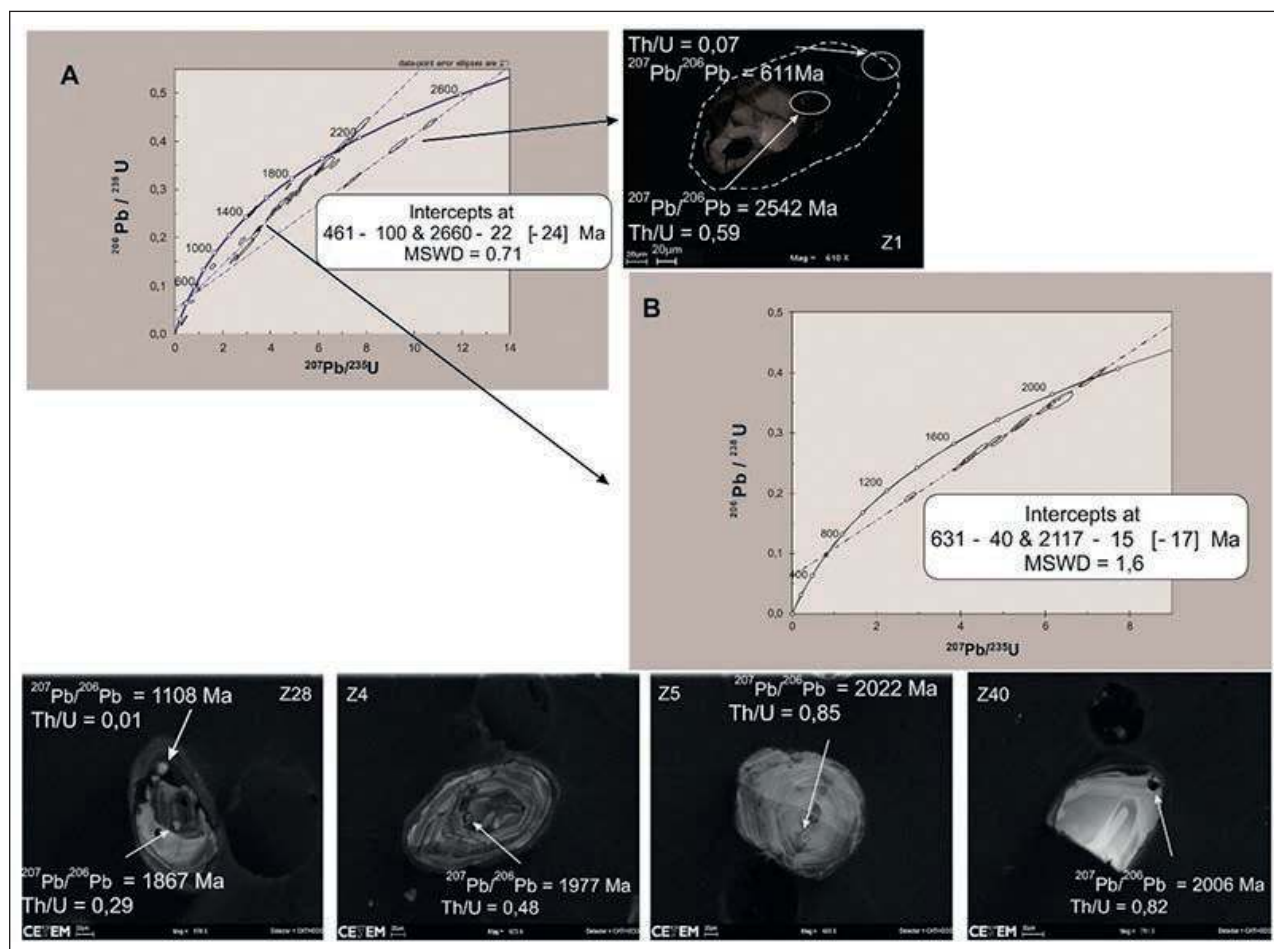


Figura 7 A. Diagrama concórdia com todas as elipses obtidas; B. Discórdia com intercepto superior de \approx 2,1 interpretada como a idade de cristalização da rocha (MAN-JEF-03a). As imagens de catodoluminescência, são dos grãos Z1, Z4, Z5, Z28 e Z40. Elas revelam os zoneamentos concêntricos típicos de grãos de zircão ígneos. As setas apontam para onde foram feitos os spots.

Granulitos Arqueanos na Região de Mangaratiba (RJ): Significado Tectônico
Jefferson Lima Fernandes André; Claudia Sayão Valladares & Beatriz Paschoal Duarte

Spots	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	erro (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	erro (%)	roo	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ U age (Ma)	1σ err (Ma)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U age (Ma)	1σ err (Ma)	Th/U	Conc. (%)
Z1B*	0,8255	1,4389	0,0994	1,3825	0,959	611,08	8,62	610,96	8,06	0,07	100
Z3	0,9438	2,1115	0,1004	1,8655	0,881	877,33	20,46	616,90	10,97	0,27	71
Z28B	0,7175	4,3117	0,0680	1,8602	0,426	1108,71	77,71	424,15	7,64	0,01	38
Z16B	1,0052	2,3286	0,0938	0,9884	0,657	1212,39	41,47	578,21	5,48	0,03	51
Z3	1,5717	3,0939	0,1403	1,4829	0,470	1240,92	53,21	846,72	11,77	0,04	69
Z39	0,2711	7,8851	0,0222	7,8388	0,998	1450,38	8,94	142,37	11,04	0,23	10
Z2	3,2094	1,5735	0,2516	1,3442	0,944	1486,80	15,47	1447,30	17,43	0,82	98
Z2	3,2943	1,5804	0,2560	1,4831	0,936	1508,02	10,26	1470,23	19,50	0,49	98
Z31B	0,3759	14,7663	0,0288	14,3399	0,971	1529,18	65,71	182,93	25,86	0,45	12
Z16N	2,8034	1,9403	0,1930	1,5907	0,817	1794,72	20,02	1137,66	16,65	0,25	66
Z24	4,7268	0,9440	0,3067	0,9071	0,957	1832,90	4,72	1724,49	13,72	0,31	94
Z28N	2,4523	2,7194	0,1560	2,6091	0,959	1867,90	13,77	934,73	22,67	0,29	50
Z25	3,4521	1,4216	0,2175	1,3692	0,961	1883,65	6,87	1268,48	15,75	0,16	67
Z19	3,5480	1,2157	0,2196	1,1474	0,940	1916,53	7,19	1279,91	13,31	0,29	67
Z35	3,3703	2,3371	0,2078	2,0472	0,873	1923,87	20,19	1216,95	22,67	0,3	63
Z22	4,1919	1,7187	0,2580	1,5772	0,915	1929,73	12,20	1479,63	20,83	0,45	77
Z9	4,4445	1,7373	0,2716	1,6000	0,918	1940,75	12,08	1548,78	22,00	0,5	80
Z36	4,7851	1,2964	0,2868	1,1353	0,949	1972,34	11,15	1625,63	16,29	0,33	82
Z4	2,9433	5,3835	0,1762	5,2383	0,992	1977,23	21,98	1046,05	50,40	0,49	53
Z40	4,0385	2,0170	0,2489	1,8572	0,973	2006,58	13,40	1432,61	23,98	0,82	75
Z19	4,8922	1,4705	0,2872	1,3878	0,941	2010,04	8,62	1627,63	19,93	0,28	81
Z5	5,4265	1,9016	0,3162	1,8195	0,955	2022,73	9,78	1770,99	28,12	0,85	88
Z29	4,7703	0,9149	0,2750	0,7982	0,933	2041,10	7,90	1566,21	11,09	0,44	77
Z38B	5,4244	1,2531	0,3135	1,1838	0,942	2046,48	7,21	1757,77	18,20	0,37	86
Z30	5,1489	1,0716	0,2932	0,9972	0,924	2065,08	6,90	1657,31	14,56	0,26	80
Z18	6,0369	1,3687	0,3419	1,3067	0,953	2079,95	7,12	1896,04	21,44	0,64	92
Z14B	6,9949	1,7408	0,3913	1,6865	0,968	2093,27	7,58	2128,80	30,58	0,44	102
Z38N	6,0308	1,1603	0,3383	1,1086	0,953	2103,22	5,94	1878,60	18,06	0,25	90
Z7	6,3573	1,8870	0,3536	1,5685	0,826	2104,82	18,41	1951,63	26,36	0,32	93
Z26	7,8082	1,7254	0,4317	1,6058	0,928	2113,66	11,07	2313,55	31,22	0,24	109
Z27	7,1315	1,7809	0,3925	1,6785	0,980	2121,68	10,43	2134,51	30,50	0,39	101
Z20	6,6794	1,1538	0,3532	1,0630	0,948	2193,36	7,79	1949,85	17,86	0,18	89
Herança Arqueana											
Z1N	7,4093	2,0664	0,3194	2,0348	0,984	2542,39	5,98	1786,7	31,7	0,59	70
Z12	9,3428	1,7123	0,3906	1,6243	0,947	2596,87	8,98	2125,7	29,4	0,38	82
Z31N	10,6510	1,1735	0,4355	1,0938	0,927	2633,20	7,04	2330,4	21,4	0,9	89

Tabela 2 Resultados obtidos da análise U-Pb (LA-ICPMS) em zircão do gnaiss granada (MAN-JEF-03).

as frações para e diamagnéticas. Os resultados estão na Tabela 3.

Com esses grãos de zircão foi obtida uma discórdia com intercepto superior de 2133 ± 9 Ma e intercepto inferior de 595 ± 38 Ma (MSWD de 1,5). Esses interceptos são interpretados como a idade de cristalização e metamorfismo, respectivamente (Figura 8). No entanto, outras elipses neoproterozóicas, obtidas a partir de bordas pouco desenvolvidas, são concordantes (Z23, Z28B e Z42B) e formam uma concordância age com uma idade mais antiga que a anterior (647 ± 11 Ma – Figura 9), o que talvez possa indicar que essa rocha registre dois eventos metamórficos, um relacionado ao pico metamórfico do Orógeno Ribeira e outro mais antigo que a fase pré-colisional do Orógeno (ca. 630 Ma - Heilbron & Machado, 2003).

Na análise também foi encontrado um xenocristal de zircão arqueano de $\approx 2,6$ Ga.

As setas e os círculos apontam para onde foram feitos os spots. O x do Z17 representa um spot que foi abortado.

Amostra MAN-JEF-01a (ortogranulito de composição monzogranítica): Foram selecionados 13 grãos da fração paramagnética e outros 24 da fração diamagnética. Desses, 26 foram datados, utilizando todas as hábitos encontrados, lenticulares, equidimensionais, bipiramidais, subédricos, incluindo pontas de prisma, em centro e bordas de grãos. Na sua maioria os grãos são translúcidos a transparentes, mas alguns possuem uma tonalidade rosada. Fraturas podem ser identificadas em alguns grãos.

As idades obtidas foram muito variadas, desde neoproterozóicas a arqueanas (Tabela 4), formando diversas populações. Os resultados obtidos parecem não ter relação entre as frações para e diamagnéticas, porém alguns aspectos morfológicos ajudaram na interpretação das idades.

Foi analisada cada população separadamente, usando as imagens de catodoluminescência e as razões Th/U, essa com certa parcimônia, pois alguns estudos têm apontado que essas razões podem ser bastante variadas em termos de grãos metamórficos

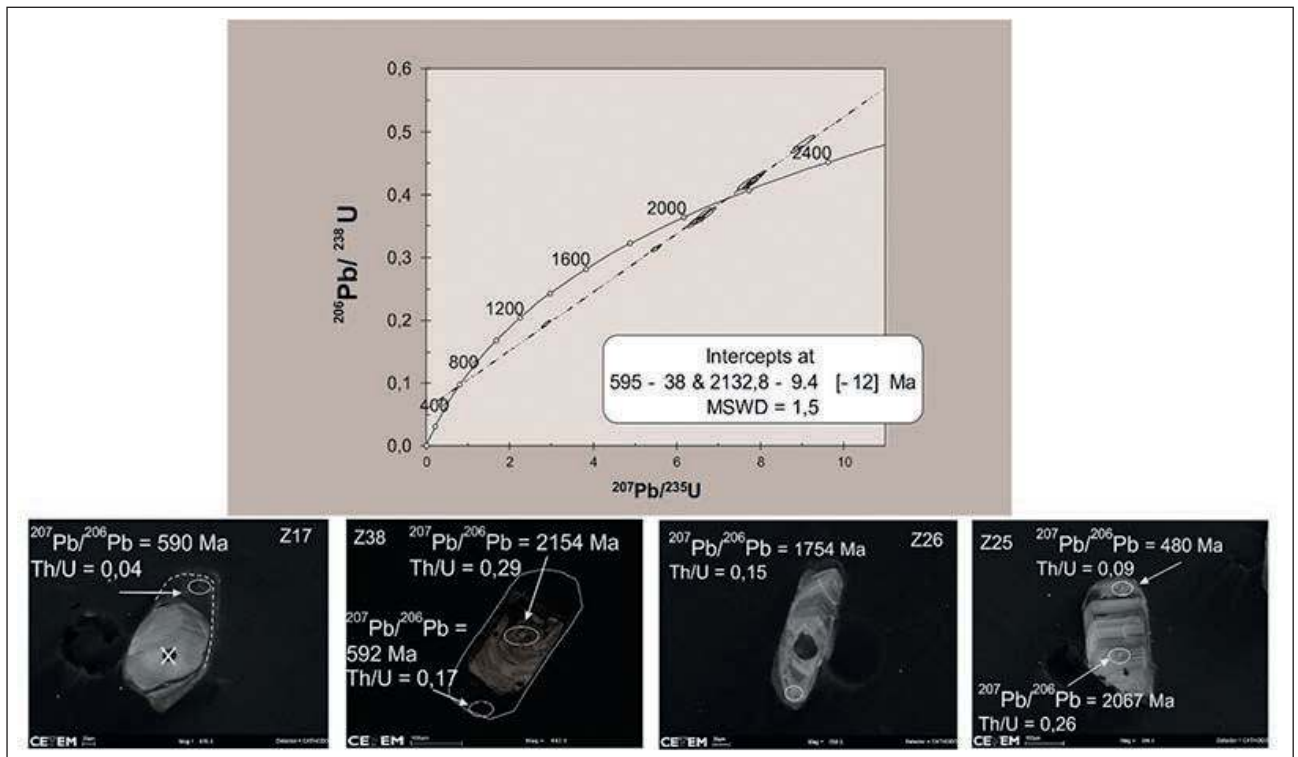


Figura 8 Discórdia com a idade de cristalização ($2132 \pm 9,4$ Ma) e metamorfismo do gnaiss leucocrático (MAN-JEF-04). As imagens de catodoluminescência são de grãos usados no cálculo da idade da rocha (Z17, Z25, Z26 e Z38), seus zoneamentos são concêntricos.

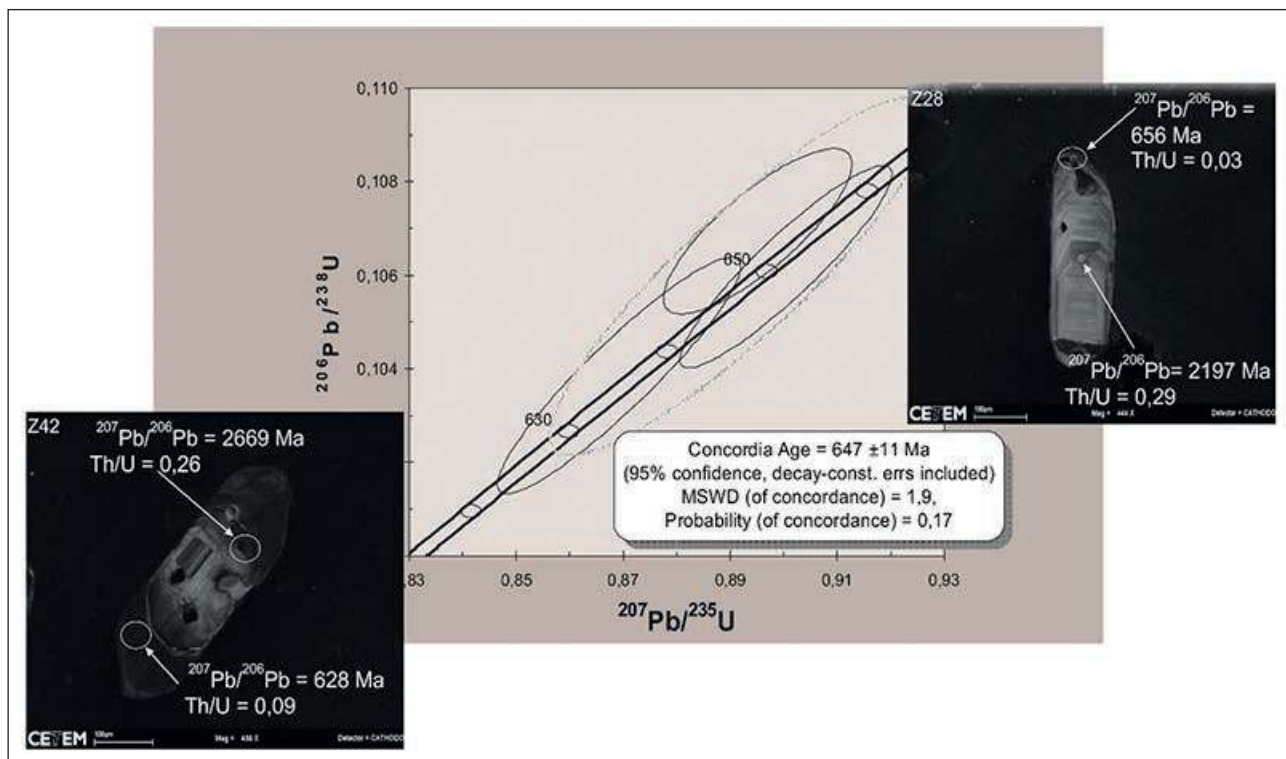


Figura 9 Concórdia age de 647 ± 11 Ma obtida a partir de 3 elipses neoproterozóicas. As imagens de catodoluminescência são dos grãos Z28 e Z42, usados para calcular a idade de ≈ 647 Ma. O núcleo do grão Z42 representa uma herança arqueana. As setas e os círculos apontam para onde foram feitos os spots.

Spots	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	err (%)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	erro (%)	rho	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{U}$ age (Ma)	1σ err (Ma)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age (Ma)	1σ err (Ma)	Th/U	Conc. (%)
Z25	0,8340	1,9040	0,1066	1,2148	0,6250	480,87	32,39	653,12	7,55	0,09	136
Z17B	0,7945	1,1232	0,0966	1,0361	0,9162	590,79	9,41	594,46	5,88	0,04	101
Z38B	0,8807	1,6137	0,1070	1,1615	0,7066	592,87	24,29	655,19	7,24	0,16	111
Z05	0,9077	1,0736	0,1102	0,8894	0,8112	594,98	13,03	673,69	5,69	0,22	113
Z15	0,8792	0,9674	0,1067	0,7354	0,8454	595,41	13,62	653,44	4,57	0,08	110
Z32	0,9197	1,3113	0,1109	1,0992	0,9077	608,27	15,46	678,12	7,08	0,08	119
Z34	0,9233	0,9841	0,1110	0,8417	0,9085	615,02	11,01	678,62	5,42	0,05	111
Z42B	0,8692	1,0692	0,1039	0,9951	0,9247	628,62	8,43	636,99	6,04	0,09	101
Z23	0,8951	0,8036	0,1069	0,6760	0,8105	628,82	9,36	654,96	4,21	0,06	101
Z28B	0,9004	0,8989	0,1062	0,8333	0,9176	656,82	7,23	650,54	5,16	0,03	104
Z30B	1,0573	1,1117	0,1198	1,0187	0,9097	751,71	9,39	729,54	7,03	0,12	98
Z16B	0,9949	1,3488	0,1114	1,2457	0,9198	778,51	10,85	680,84	8,05	0,06	89
Z18	2,1481	3,5931	0,1680	1,8063	0,7470	1495,02	58,75	1001,29	16,74	0,17	68
Z26	2,8761	1,2904	0,1948	1,1855	0,9141	1754,28	9,31	1147,37	12,45	0,15	66
Z03	2,2730	3,4288	0,1568	3,3352	0,9793	1805,33	12,49	939,24	29,29	0,33	55
Z13N	4,0966	1,5585	0,2542	1,4298	0,9147	1918,05	11,08	1459,99	18,67	0,34	76
Z11	5,4186	2,0034	0,3208	1,6876	0,9303	2000,72	19,15	1793,82	26,39	0,34	90
Z25N	5,5015	0,7519	0,3146	0,6520	0,8385	2067,19	6,58	1763,35	10,06	0,26	86

Z06N	6,0632	0,9876	0,3450	0,9051	0,9078	2069,01	6,95	1910,51	14,95	0,32	93
Z30	6,4552	1,2818	0,3574	1,0756	0,9227	2117,12	12,21	1970,07	18,24	0,32	93
Z7	6,5797	1,4612	0,3652	1,4056	0,9622	2128,80	6,83	2006,75	24,24	0,30	95
Z12	6,6953	1,4441	0,3669	1,3845	0,9573	2132,89	7,16	2014,85	23,92	0,40	95
Z22	7,6836	1,1280	0,4176	1,0222	0,8986	2143,58	8,34	2249,80	19,41	0,32	105
Z38N	7,8525	1,4470	0,4241	1,4024	0,9680	2154,84	6,23	2279,02	26,92	0,34	106
Z01	7,8077	1,1237	0,4201	1,0556	0,9348	2161,39	6,72	2260,89	20,13	0,38	105
Z27	7,1506	1,5984	0,3869	1,3890	0,9432	2168,48	13,72	2108,46	24,97	0,36	98
Z20	7,8941	0,8549	0,4215	0,7715	0,8875	2174,68	6,41	2267,33	14,75	0,34	104
Z08N	9,0167	1,2459	0,4802	1,1481	0,9493	2179,18	8,42	2528,17	24,01	0,37	116
Z40	5,4652	1,3994	0,2935	1,0923	0,7682	2183,38	15,18	1658,79	15,98	0,38	77
Z28N	8,3703	1,2402	0,4411	1,1887	0,9561	2197,75	6,15	2355,34	23,45	0,29	107
Z09	7,3583	1,7560	0,3998	1,6786	0,9547	2144,23	9,01	2168,20	30,91	0,32	101
Herança Arqueana											
Z42N	19,8635	0,939564	0,79221	0,8224	0,8593	2669,82	7,52	3761,16	23,43	0,26	141

Tabela 3 Resultados obtidos da análise U-Pb (LA-ICPMS) em zircão do gnaiss (MAN-JEF-04).

(Hoskin & Black, 2000; Santosh et al., 2007; Moller et al., 2002, 2003; Gerdes & Zeh, 2009). É possível afirmar que a rocha não registrou qualquer evento no Paleoproterozóico, pois os poucos grãos (3 grãos) dessa idade são todos discordantes e não se alinham. Para o Neoproterozóico também não foi possível obter qualquer idade confiável, pois apenas a borda do grão Z34 gerou uma elipse concordante (com idade de ≈ 618 Ma). Entretanto, as imagens de catodoluminescência revelam que ocorreu algum evento nesse período que desenvolveu as bordas dos grãos Z1, Z24 e Z34, e que provavelmente foi responsável pelo retrometamorfismo sobre a fácies granulito observado em lâmina, pois grãos de biotita e hornblenda foram observados nas bordas dos grãos de piroxênio.

Já com os grãos de zircão próximos a 2,6 Ga foi obtida uma discórdia com intercepto superior de 2653 ± 37 Ma (MSWD 1,7 - sigma 1) e intercepto inferior de 1111 ± 200 Ma (Figura 10). Esses grãos estão bem zonados (Z34 e Z36) e são facetados (Figura 10), possuem razões Th/U que variam de 0,11 a 0,7, o que aponta para origem ígnea. Considerando apenas a idade do intercepto superior (intercepto inferior não tem significado geológico), esse provavelmente é o último evento magmático registrado nessa rocha, e por isso será interpretado como a idade de cristalização. A análise geocronológica ainda revelou que essa rocha possui grãos mais antigos

que a idade de cristalização interpretada (Tabela 4), aqui considerados como herança.

5 Discussões e Conclusões

Segundo os resultados obtidos, o conjunto de rochas denominada de Unidade Granulítica Ponte de Zinco por Dios (1995) e representada em Heilbron et al. (2007) como uma lasca do Complexo Juiz de Fora (CJF), não pode representar parte deste complexo, já que poucas semelhanças foram encontradas. A unidade granulítica descrita neste trabalho não possui a mesma variação litológica que as rochas do CJF (Duarte, 1998; Noce et al., 2007; Fernandes André et al., 2009; Heilbron et al., 2010). O único litotipo semelhante é o gnaiss leucocrático, mas o CJF é caracterizado por um conjunto de rochas que podem até ser observadas num mesmo afloramento, e não um único litotipo. Dios (1995) ainda aponta que a litologia predominante é um granitoide que não tem paragêneses de fácies granulito.

A idade U-Pb em zircão (LA-ICPMS) aqui obtida para o ortogranulito ($\approx 2,65$ Ga) também é diferente daquelas publicadas para o mesmo conjunto do CJF (Machado et al., 1996; Heilbron et al., 2004; Noce et al., 2007; Heilbron et al., 2010). Apenas Silva et al. (2002) apresentaram idades arqueanas (3000 Ma). Outra diferença obtida é a presença de considerável volume de dados evidenciando herança arqueana

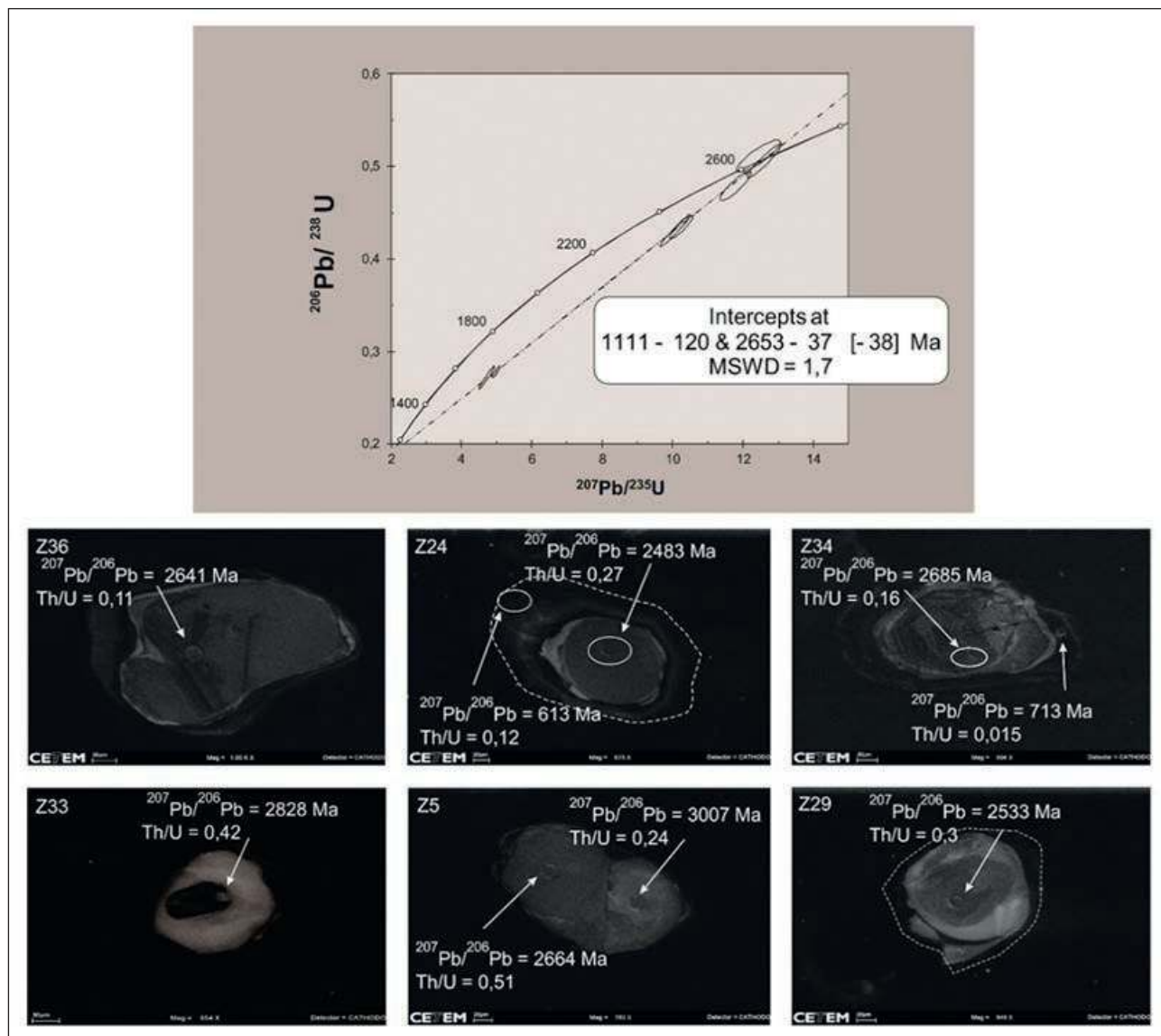


Figura 10 Discórdia exibindo idade neoarqueana (2653 ± 46 Ma), interpretada nesse trabalho como a idade de cristalização do ortogranulito (MAN-JEF-01a). Nessa figura também aparecem alguns exemplos de grãos de zircão imageados. Esses grãos possuem núcleos herdados e alguns estão zonados como o Z34 e Z36, que foram usados no cálculo da idade. As imagens de catodoluminescência são dos grãos Z5, Z24, Z29, Z33, Z34 e Z36.

(Tabela 4), o que é uma característica rara no CJF, como revelam Heilbron et al. (2010).

Outro fato relevante desse estudo são as idades neoproterozóicas (647 Ma e 631 Ma) mais antigas que o pico metamórfico (M1) da Faixa Ribeira. A idade de 647 Ma obtida no gnaíse leucocrático é ainda mais antiga que a fase pré-colisional do orógeno, sugerida em aproximadamente 630 Ma por Heilbron & Machado (2003). Talvez represente um segmento afetado por

uma fase pré-colisional da Faixa Brasília Sul (670 a 630 Ma – Vinagre et al., 2014) e posteriormente modificado pelo M1 da Faixa Ribeira, já que a rocha também registra a idade de 595 Ma. Teixeira (2013), encontrou intervalos de ≈ 670 -640 Ma, ≈ 620 -600 Ma e 570 Ma em rochas da “Sequência Embu”, os quais foram associados ao metamorfismo implantado na Nappe Socorro-Guaxupé, da fase colisional da Faixa Brasília Sul e da Faixa Ribeira, respectivamente.

Granulitos Arqueanos na Região de Mangaratiba (RJ): Significado Tectônico
Jefferson Lima Fernandes André; Claudia Sayão Valladares & Beatriz Paschoal Duarte

Spots	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	err (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	erro (%)	rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ U age (Ma)	1σ err (Ma)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U age (Ma)	1σ err (Ma)	Th/U	Conc. (%)
Z24B	0,6744	2,0031	0,0813	1,789	0,890	613,0043	19,45	503,75	8,66	0,12	83
Z1B	0,7926	1,5322	0,0930	1,477	0,963	674,0239	8,66	572,96	8,10	0,02	86
Z34B	0,8731	4,2724	0,1012	2,127	0,747	713,3278	78,71	621,35	12,60	0,02	90
Z31B*	4,7194	1,9459	0,2721	1,903	0,9781	1770,70	2042,	7,10	26,20	0,48	76
Z1N*	4,9829	0,9680	0,2784	0,883	0,904	1816,42	2110,	6,89	12,41	0,11	76
Z31B	6,0393	1,4331	0,3354	1,173	0,924	1981,53	2113,	14,41	18,98	0,36	89
Z14	7,0529	2,4940	0,3347	2,462	0,987	2379,08	6,69	1860,95	39,69	0,26	78
Z3	6,1169	1,0683	0,2825	0,913	0,841	2427,20	9,38	1603,95	12,97	0,06	66
Z24N	10,3263	1,7087	0,4618	1,653	0,967	2483,30	7,18	2447,28	33,61	0,27	99
Z35	11,4364	1,0061	0,5091	0,952	0,941	2486,37	5,47	2647,70	20,69	0,08	107
Z29	10,9633	1,1532	0,4753	1,067	0,920	2533,76	7,31	2506,92	22,14	0,3	99
Z7	10,9746	1,7543	0,4748	1,427	0,808	2553,52	17,01	2504,47	29,61	0,04	99
Z6B	7,6915	1,0889	0,3409	0,976	0,8879	2494,81	8,10	1890,84	15,99	0,18	90
Z6	10,0760	1,7266	0,4302	1,649	0,9759	2559,53	8,49	2306,80	31,93	0,45	91
Z18	10,2330	1,2848	0,4348	1,167	0,9034	2567,52	8,95	2327,40	22,77	0,77	102
Z22B	12,4297	2,0620	0,5114	1,397	0,8638	2618,25	25,22	2660,97	30,42	0,47	96
Z36	11,7901	1,5165	0,4789	1,355	0,8894	2641,08	11,27	2522,37	28,24	0,11	89
Z17	11,0019	1,5298	0,4441	1,374	0,8942	2650,64	11,14	2369,01	27,19	0,7	99
Z5B	12,6040	1,5634	0,5061	1,476	0,9431	2664,23	8,46	2639,92	31,93	0,51	90
Z34N	12,0478	1,3075	0,4761	1,2488	0,9529	2685,73	6,40	2510,37	25,92	0,16	93
Spots	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	err (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	erro (%)	rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ U age (Ma)	1σ err (Ma)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U age (Ma)	1σ err (Ma)	Th/U	Conc. (%)
Herança											
Z13	10,2863	2,1824	0,3865	2,1371	0,9790	2768,16	7,26	2106,40	38,29	0,02	76
Z33	14,7004	1,7180	0,5326	1,4410	0,8329	2828,55	15,26	2752,43	32,20	0,42	97
Z27B	15,6512	1,5197	0,5439	1,4282	0,9376	2897,29	8,41	2799,76	32,36	0,04	97
Z8	11,9020	1,7620	0,3967	1,6843	0,9549	2964,25	8,32	2153,62	30,77	0,17	73
Z23	15,4981	1,8965	0,5145	1,7254	0,9611	2972,92	12,65	2675,83	37,70	0,95	90
Z20N	15,5803	1,7452	0,5085	1,6973	0,9722	2998,89	6,49	2650,08	36,79	0,03	88
Z5N	19,3451	1,8367	0,6273	1,5470	0,8373	3007,28	15,91	3132,89	38,36	0,24	104
Z20N	25,0428	2,1691	0,8102	2,0881	0,9620	3010,93	9,43	3824,31	59,98	0,02	127
Z16B	20,0323	1,4918	0,5938	1,3751	0,9685	3151,88	9,17	3004,62	32,95	0,49	95
Z37B	20,7940	0,9887	0,5851	0,9302	0,9355	3236,69	5,26	2969,64	22,11	0,33	92
Z32N	27,141	1,4851	0,7220	1,4384	0,9675	3321,27	5,78	3503,31	38,76	0,58	105
Z37N	23,5232	1,4200	0,6262	1,3029	0,9138	3322,08	8,83	3134,42	32,27	0,25	94
Z32B	26,0854	1,3994	0,6834	1,3585	0,9697	3345,23	5,25	3356,82	35,46	0,27	100
Z21	23,5810	1,8037	0,6154	1,7465	0,9675	3351,11	7,04	3091,20	42,75	0,5	92
Z21N	24,0242	1,1581	0,6165	1,0305	0,9349	3378,34	8,24	3095,96	25,29	0,77	92

Tabela 4 Resultados obtidos da análise U-Pb (LA-ICPMS) em zircão do ortogranulito (MAN-JEF-01a), divididos por idade.

Os ortogranulitos de Mangaratiba (RJ) são então representados por rochas de composição granítica e granodiorítica. O protólito do ortogranulito MAN-JEF-01a tem idade arqueana de 2653 Ma, com provável assimilação crustal, como mostram os diversos grãos de zircão herdados (Tabela 4). Esses ortogranulitos sofreram retrometamorfismo, como diagnosticado em lâmina, o que provavelmente deve ter ocorrido no Neoproterozóico, já que alguns sobrecrescimentos apresentam essa idade (Figura 10 e Tabela 4). Porém, com os dados obtidos não foi possível calcular uma idade para esse evento metamórfico.

O gnaiss leucocrático de composição granodiorítica possui ca. 2133 Ma, podendo ter registrado dois eventos metamórficos: um a 647 ± 11 Ma (concordia age) e/ou outro a 595 ± 38 Ma (intercepto inferior). Herança arqueana de 2,6 Ga foi encontrada nessa rocha, assim como também no gnaiss com granada. Essas heranças podem ser do ortogranulito.

No gnaiss com granada a presença heranças arqueanas e a ocorrência de enclaves de rochas calcissilicáticas (ponto MAN-JEF-03) e graníticas (ponto MAN-JEF-01), sugerem uma rocha com diversas fontes envolvidas. As características morfológicas e dos zoneamentos dos grãos de zircão, assim como as razões Th/U indicam um granitoide cristalizado em aproximadamente 2117 ± 15 Ma. As elipses neoproterozóicas são poucas (3 elipses), dispersas (apenas uma concordante) e obtidas a partir de sobrecrescimentos delgados, o que aparentemente indicaria que a rocha foi pouco afetada no Neoproterozóico. No entanto, há evidências de deformação e anatexia, e a melhor estimativa de uma idade para esse evento termal é ca. 631 ± 40 Ma (intercepto inferior). Talvez o protólito seja um granito tipo-S, no entanto, ainda mais dados são necessários para se concluir algo sobre a gênese desse gnaiss, assim como também para o gnaiss leucocrático.

Contudo, o estudo revela que os ortogranulitos estudados não pertencem ao embasamento do Domínio Juiz de Fora, como propôs Dios (1995), sendo então necessário desvinculá-los do Complexo Juiz de Fora. Por isto, propõe-se neste trabalho que eles representam parte do embasamento dessa área, recebendo a

denominação de Ortogranulitos Ribeirão das Lajes. A ocorrência de ortogranulitos de idade arqueana na região de Mangaratiba e rochas ortoderivadas associadas com significativa herança arqueana compõem o embasamento de um outro domínio tectônico que deve ser desvinculado do Terreno Ocidental. A história metamórfica neoproterozóica corrobora essa desvinculação, uma vez que aponta para um evento de docagem mais antiga do que a comumente registrada no Terreno Ocidental. Os dados apresentados trazem um novo significado tectônico para a história evolutiva da Faixa Ribeira.

7 Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pela bolsa de doutorado fornecida ao primeiro autor durante o desenvolvimento de seu projeto. Aos Doutores Mauro Geraldês, Rodrigo Peternel, Sérgio Valente, Julio Mendes, Ciro Ávila e Reiner Neumann.

8 Referências

- Ahrens, L.H.; Cherry, R.D. & Erlank, A.J. 1967. Observations on the Th-U relationship in zircons from granitic rocks and from kimberlites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 31: 2379-7387.
- Barbosa, A.L.M. & Grossi Sad, J.H. 1983. Reinterpretação da "Séries" Juiz de Fora e Paraíba, em Minas Gerais e Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 2, Belo Horizonte, 1983. *Anais*, Belo Horizonte: SBG-MG, p.1-15.
- Cordani, U.G.; Delhal, J. & Ledent, O. 1973. Orogeneses superposées dans le Précambrien du Brésil sud-oriental (États du Rio de Janeiro et de Minas Gerais). *Revista Brasileira de Geociências*, 3(1): 1-22.
- Buhn, B.; Pimentel, M.M.; Matteini, M. & Dantas, E. 2009. 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*, 81: 99-114.
- Delhal, J.; Ledent, D. & Cordani, U.G. 1969. Ages Pb/U, Sr/Rb et Ar/K de formations métamorphiques et granitiques du Sud-Est du Brésil (États de Rio de Janeiro et de Minas Gerais). *Annals Society Geology Belgium*, 92: 271-283.
- Dios, F.R.B. 1995. *Geologia, petrologia e metamorfismo dos terrenos de alto grau da porção norte da Folha Mangaratiba (1:50.000)*. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 119p.
- Duarte, B.P. 1998. *Evolução tectônica dos gnaisses do Complexo Juiz de Fora e Mantiqueira na região de Juiz de Fora, MG.: geologia, petrologia e geoquímica*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 280p.
- Duarte, B.P.; Heilbron, M. & Campos Neto, M.C. 2000. Granulite/Charnockite from the Juiz de Fora Domain, Central

- Segment of the Brasiliano - Pan-African Ribeira Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(3): 358-362.
- Ebert, H. 1955. Pesquisas na parte sudeste do Estado de Minas Gerais. In: Relatório Anual do Diretor, Rio de Janeiro, DNPM, DGM, p. 62-81.
- Ebert, H. 1968. Ocorrência de fácies granulítica no sul de Minas Gerais e regiões adjacentes, em dependência da estrutura orogênica: hipóteses sobre sua origem. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 40: 215-229.
- Fernandes André, J.L.; Valladares, C.S. & Duarte, B.P. 2009. O Complexo Juiz de Fora na região de Três Rios (RJ): litogeoquímica, geocronologia U-Pb (LA-ICPMS) e geoquímica isotópica de Nd- e Sr. *Revista Brasileira de Geociências*, 39(4): 773-794.
- Gerdes, A. & Zeh, A. 2009. Zircon formation versus zircon alteration: New insights from combined U-Pb and Lu-Hf in-situ LA-ICP-MS analyses, and consequences for the interpretation of Archean zircon from the Central Zone of the Limpopo Belt. *Chemical Geology*, 261: 230-243.
- Heilbron, M.; Almeida, J.C.H.; Silva, L.G.E.; Palermo, N.; Tupinambá, M.; Duarte, B.P.; Valladares, C.S.; Ramos, R.C.; Ribeiro, A. & Sanson, M. 2007. *Geologia e Recursos Minerais das folhas Santa Rita do Jacutinga, Barra do Pirai, Volta Redonda e Angra dos Reis, escala 1:100.000*. Brasília, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – MME. 177p.
- Heilbron, M.; Duarte, B.P.; Valeriano, C.M.; Simonetti, A.; Machado, N. & Nogueira, J.R. 2010. Evolution of reworked Paleoproterozoic basement rocks within the Ribeira belt (Neoproterozoic), SE-Brazil, based on U Pb geochronology: Implications for paleogeographic reconstructions of the São Francisco-Congo paleocontinent. *Precambrian Research*, 178: 136-148.
- Heilbron, M. & Machado, N. 2003. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic Eopaleozoic Ribeira orogen (SE Brazil). *Precambrian Research*, 125: 87-112.
- Heilbron, M.; Machado, R. & Figueiredo, M.C. 1997. Litho-geochemistry of paleoproterozoic ortho- and paragneisses from Rio Preto (MG) - Vassouras (RJ) region, Central Ribeira Belt, SE Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 27(1): 83-98.
- Heilbron, M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Campos Neto, M.C.; Silva, L.C.; Trouw, R.A.J. & Janasi, V. 2004. A Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D.R. & BRITO NEVES, B.B. (Org.). *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Editora Beca, p. 203-234.
- Hoskin, P.W.O. & Black, L.P. 2000. Metamorphic zircon formation by solid-state recrystallization of protolith igneous zircon. *Journal of Metamorphic Geology*, 18: 423-439.
- Ludwig, K.R. 2003. *User's Manual for Isoplot 3.00: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel*. Berkeley, BGC Special Publications 4, 74 p.
- Machado Filho, L.; Ribeiro, M.W.; Gonzalez, S.R.; Schenini, C.A.; Santos Neto, A.; Palmeira, R.G.B.; Pires, J.L.; Teixeira, W. & Castro, H.E.F. 1983. Geologia. In: Folhas SF-23/24, Rio de Janeiro/Vitória: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra, Rio de Janeiro, Levantamento de Recursos Naturais, p. 27-304. (Projeto RADAMBRASIL 32).
- Machado, N.; Schrank, A.; Noce, C.M. & Gauthier, G. 1996. Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: implications for Greenstone Belt setting and evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. *Earth Planetary Science Letters*, 141:259-276.
- Moller, A.; O'Brien, P.J.; Kennedy, A. & Kroner, A. 2002. Polyphase zircon in ultra high temperature granulites (Rogaland, SW Norway): constraints for Pb diffusion in zircon. *Journal of Metamorphic Geology*, 20: 727-740.
- Moller, A.; O'Brien, P.J.; Kennedy, A. & Kroner, A. 2003. Linking growth episodes of zircon and metamorphic textures to zircon chemistry: an example from the ultrahightemperature granulites of Rogaland (SW Norway). In: VANCE, D.; MOLLER, W.; VILLA, I. M. (Ed.) *Geochronology: Linking the Isotopic Record with Petrology and Textures*. Geological Society of London, Special Publications, 220, p. 65-81.
- Noce, C.M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Silva, L.C.; Armstrong, R. & Piuzana, D. 2007. Evolution of polycyclic basement complexes in the Araçuaí Orogen, based on U-Pb SHRIMP data: Implications for Brazil-Africa links in Paleoproterozoic time. *Precambrian Research*, 159: 60-78.
- Nogueira, J.R.; Choudhuri, A. & Bello, R.M. 2004. Inclusões fluidas e caminhos P-T retrometamórficos em granulitos do Complexo Juiz de Fora. *Revista Brasileira de Geociências*, 34(4): 509-520.
- Rubatto, D. 2002. Zircon trace element geochemistry: partitioning with garnet and the link between U-Pb ages and metamorphism. *Chemical Geology*, 184: 123-138.
- Santosh, M.; Wilde, S.A. & Li, J.H. 2007. Timing of Paleoproterozoic ultrahightemperature metamorphism in the North China Craton: Evidence from SHRIMP U-Pb zircon geochronology. *Precambrian Research*, 159: 178-196.
- Silva, L.C.; Armstrong, R.; Noce, C.M.; Carneiro, M.A.; Pimentel, M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Leite, C.A.; Vieira, V.S.; Silva, M.A.; Paes, J.C. & Cardoso Filho, J.M. 2002. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP. Parte 2: Orógeno Araçuaí, Cinturão Mineiro e Cráton do São Francisco Meridional. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(4): 513-528.
- Streckeisen, A. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Reviews*, 12:1-33.
- Teixeira, P.A.D. 2013. *Mapeamento e geocronologia do Complexo Embú no Leste do Estado de São Paulo*. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 258 p.
- Vinagre, R.; Trouw, R.A.J.; Mendes, J.C.; Duffles, P.; Peternel, R. & Matos, G. 2014. New evidence of a magmatic arc in the southern Brasília Belt, Brazil: The Serra da Água Limpa batholith (Socorro-Guaxupé e Nappe). *Journal of South American Earth Sciences*, 54: 120-139.