

O MÉTODO U-Pb NO LABORATÓRIO MULTILAB DA UERJ: PROCEDIMENTOS E APLICAÇÃO PARA AS ROCHAS DO COMPLEXO DA REGIÃO DOS LAGOS, RIO DE JANEIRO, BRASIL

*THE U-Pb METHOD IN THE UERJ MULTILAB LABORATORY: PROCEDURES AND
APPLICATION FOR ROCKS FROM THE LAGOS REGION COMPLEX, RIO DE JANEIRO, BRAZIL*

**Marco da Silva Machado¹, Anderson Costa dos Santos¹, Bruna Saar de Almeida¹, Camila da
Silva Batista¹, Armando Dias Tavares Júnior², Maria Virginia Alves Martins^{1,3},
Marco Helênio de Paula Alves Coelho², Leonardo Benedini⁴, Cecilia Pavón Pivetta⁴, Mauro
Cesar Geraldés¹**

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Faculdade de Geologia, Rua São Francisco Xavier 524, Rio de Janeiro-RJ, Brazil. E-mails: pardal.uerj@gmail.com; andcostasantos@uerj.br, brunasaar@yahoo.com.br; virginia.martins@live.ua.pt; camilabatista.ieea@gmail.com; geraldés@uerj.br

²Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Instituto de Física, Rua São Francisco Xavier 524, Rio de Janeiro-RJ, Brazil. E-mails: tavares@uerj.br; marco.helenio@gmail.com

³Universidade de Aveiro, GeoBioTec, Departamento de Geociências, Campus de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal. E-mail: virginia.martins@ua.pt

⁴Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina. E-mail: benedini.leo@gmail.com; cpavonpivetta@gmail.com

Introdução

Contexto geológico regional

Geologia local: Complexo Região dos Lagos

Material e métodos

Resultados

Características litológicas das rochas e das amostras estudadas

Resultados U-Pb

Resultados Lu-Hf

Discussão

Comparação com dados da Literatura

Uma proposta de evolução geológica

Conclusão

Agradecimentos

Referências

RESUMO - A região estudada está localizada no Estado do Rio de Janeiro e faz parte do Cinturão Ribeira, na porção central da Província da Mantiqueira. O segmento central do Cinturão Ribeira pode ser dividido em terreno Oriental, Ocidental, Costeiro e Cabo Frio. A área de estudo está localizada no terreno Cabo Frio, onde o embasamento é representado pelo Complexo da Região dos Lagos, neste estudo dividido em: rochas graníticas (biotita-microclínio-plagioclásio gnaisses), granodioríticas (biotita gnaisses) e rochas tonalíticas (biotita-ortoclásio-plagioclásio gnáissico). Estudos geocronológicos de U-Pb (por LA-ICP-MS) em zircão do Complexo da Região dos Lagos tiveram como objetivo identificar as idades de cristalização deste complexo e definir os eventos magmático-metamórficos na Faixa Ribeira. As idades U-Pb obtidas são: amostra CRL-01, 1982 ± 9 Ma; amostra CRL-02, 1958 ± 5 Ma; amostra CRL-03, 1971 ± 16 Ma; amostra CRL-07, 1964 ± 12 Ma; amostra CRL-08, 1975 ± 8 Ma; amostra CRL-09, 1981 ± 15 Ma; amostra CRL-10, 1984 ± 12 Ma; amostra CRL-12, 1957 ± 10 Ma. Estudos complementares através do método Lu-Hf indicam valores de ε_{Hf} da amostra CRL-03 entre -7,8 e -4,6 e valores de T_{DM} entre 2,87 a 2,71 Ga; 2,87 a 2,7; valores de ε_{Hf} da amostra CRL-07 entre -9,7 a -5,0 e valores de T_{DM} entre 3,79 a 1,96 Ga; valores de ε_{Hf} da amostra CRL-08 entre -11,1 a -4,6 e valores de T_{DM} entre 3,04 a 2,83 Ga; para a amostra CRL-09 os valores de ε_{Hf} estão entre -11,1 a -4,6 e valores de T_{DM} entre 3,2 a 1,94 Ga; os valores de ε_{Hf} da amostra CRL-12 estão entre -7,7 e -6,6 e valores de T_{DM} entre 3,44 a 3,10 Ga. Estes resultados sugerem que o Complexo da Região dos Lagos tem cristalização de 1981 Ma a 1957 Ma e é formado a partir de protólitos crustais cujas idades de extração do manto se dividem em dois grupos, um mais antigo com idade de extração mantélica arqueana (entre 3,0 e 3,5 Ga); e o segundo grupo de amostras indica uma evolução isotópica de Hf coerente com uma fonte cuja extração mantélica ocorreu entre 2,5 e 3,0 Ga e apresentam valores de ε_{Hf} negativos, indicando uma fonte mantélica com importante participação crustal na origem destes magmas. Em adição, estas rochas apresentam idades de cristalização e de extração mantélica diferentes das rochas do Complexo Juiz de Fora, mas apresentam similaridades com as rochas do embasamento da Cráton do Congo e podem ter correlação genética com esta unidade em África. Os resultados são importantes para caracterizar diferentes unidades do embasamento e compreender melhor a evolução crustal da Faixa Ribeira durante a amalgamação do paleo-continente Gondwana.

Palavras-chave: Método U-Pb. Método Lu-Hf. Procedimentos laboratoriais. Multilab. Complexo Região dos Lagos.

ABSTRACT - Studied region is located in the State of Rio de Janeiro and is part of the Ribeira Belt (central portion of the Mantiqueira Province). The study area is located in Cabo Frio terrane, where the basement is represented by the Região Lagos Complex, divided into (i) granitic rocks (biotite-microcline-plagioclase gneiss); (ii) granodioritic rocks (biotite-gneiss and (iii) tonalitic rocks (biotite-orthoclase-plagioclase gneiss). Geochronological U-Pb studies (by LA-ICP-MS) in zircon from Região Lagos Complex rocks aimed

to identify the crystallization ages of this complex. The U-Pb ages obtained are: sample CRL-01, 1982 ± 9 Ma; sample CRL-02, 1958 ± 5 Ma; sample CRL-03, 1971 ± 16 Ma; sample CRL-07, 1964 ± 12 Ma; sample CRL-08, 1975 ± 8 Ma; sample CRL-09, 1981 ± 15 Ma; sample CRL-10, 1984 ± 12 Ma; and sample CRL-12, 1957 ± 10 Ma. Complementary studies using the Lu-Hf method indicate ε_{Hf} values of the sample CRL-03 between -7,8 and -4,6 and T_{DM} values between 2,87 and 2,71 Ga; ε_{Hf} values of the sample CRL-07 between -9,7 and -5,0 and T_{DM} values between 3,79 and 1,96 Ga. The ε_{Hf} values of the CRL-08 sample between -11 and -4,6 and T_{DM} values between 3,04 and 2,8; for the CRL-09 sample, the ε_{Hf} values are between -11,1 and -4,6 and T_{DM} values between 3,2 and 1,94 Ga; the ε_{Hf} values of the CRL-12 sample are between -7,7 and T_{DM} values between 3,44 and 3,10 Ga. These results suggest that the Região dos Lagos complex crystallizes from 1981 Ma to 1957 Ma and formed from crustal protoliths whose ages of mantle extraction are between 2.40 and 2.59 Ga. These results suggest that the Lagos Region complex crystallized from 1981 Ma to 1957 Ma and the rocks are formed from crustal protoliths whose ages of extraction of the mantle are divided into two groups, an older one with Archean age (between 3.0 and 3.5 Ga). The second group of samples indicates an isotopic evolution of Hf consistent with a source whose mantelic extraction occurred between 2.5 and 3.0 Ga and have negative ε_{Hf} values, suggesting a mantle source with important crustal participation in the origin of these magmas. In addition, these rocks have different crystallization and mantle extraction ages than the rocks of the Juiz de Fora Complex, but they have similarities with the basement rocks of the Congo craton and may have genetic correlation with this unit in Africa. The results are important to characterize different basement units and better understand the crustal evolution of Ribeira Belt during Gondwana amalgamation.

Keywords: U-Pb Method. Lu-Hf method. Laboratory procedures. Multilab. Lagos Region Complex.

INTRODUÇÃO

A sistemática U-Pb em zircões é uma das ferramentas de datação mais importantes disponíveis na geologia, especialmente em relação aos terrenos pré-cambrianos mais antigos e metamórficos (Faure, 2005; Geraldes, 2010). Este trabalho tem por objetivo descrever os procedimentos de rotina do laboratório de geocronologia (MultiLab) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e apresentar uma aplicação deste método no estudo das rochas do Complexo da Região dos Lagos, no Terreno Cabo Frio, Cinturão Ribeira, no Estado do Rio de Janeiro. Estes resultados são complementados com dados obtidos pelo método Lu-Hf em zircão das mesmas amostras: o primeiro identifica a idade de cristalização de uma rocha ígnea, e o segundo método define a idade de extração mantélica, além de identificar a participação da crosta na formação do magma que deu origem às rochas aqui estudadas. A aplicação de ambos resultados permite a compreensão mais completa e robusta da evolução geológica de um terreno. Assim, os estudos U-Pb e Lu-Hf em zircão do Complexo da Região dos Lagos tiveram como objetivo identificar as idades de cristalização e idade de residência crustal deste Complexo e assim contribuir para a definição de eventos magmático-metamórficos na Faixa Ribeira.

A região estudada está localizada no Estado do Rio de Janeiro e faz parte do Cinturão Ribeira, na porção central da Província da Mantiqueira (Almeida, 1976), representada por orogenias neoproterozoicas (Brasiliano-Pan Africano) resultantes da amalgamação do continente Gondwana Ocidental (Figura 1), no sudeste do Brasil (Heilbron

et al., 2004; Valladares et al., 2008). É composta pelos orógenos Araçuaí, Ribeira, Brasília meridional, Dom Feliciano e São Gabriel (Leonardos e Fyfe, 1974; Almeida, 1976). O embasamento é constituído por rochas paleoproterozoicas (Valladares et al., 2003), rochas sedimentares e vulcanossedimentares mesoproterozoicas e neoproterozoicas e intrusivas do Neoproterozoico. O segmento central do Cinturão Ribeira pode ser dividido nos terrenos Oriental, Ocidental, Costeiro e Cabo Frio. A área de estudo está localizada no terreno Cabo Frio, onde o embasamento é representado pelo Complexo da Região dos Lagos.

A Província Mantiqueira estende-se pelo litoral brasileiro, paralelamente à costa até ao Uruguai. Tem área total de 700 km² e comprimento de 3000 km, sendo subdividida por Heilbron et al. (2004) como o segmento setentrional que corresponde ao Orógeno Araçuaí; o segmento central que engloba o Orógeno Ribeira (onde está situada a área de estudo), a Zona de Interferência entre os orógenos Brasília e Ribeira, e os terrenos Apiaí, São Roque e Embu; e o segmento meridional que inclui os orógenos Dom Feliciano e São Gabriel.

Contexto Geológico Regional

O Cinturão Ribeira se estende ao longo da costa leste brasileira e, em conjunto com o Cinturão Araçuaí, ao norte, e os Cinturões Dom Feliciano e Kaoko, ao sul, integram o sistema de orógenos da Província Mantiqueira (Figura 2; Trouw et al., 2000). Este sistema orogênico é formado por terrenos diferentes que se fundem diacronicamente para construir o paleocontinente Gondwana (Figura 1). Vários episódios de

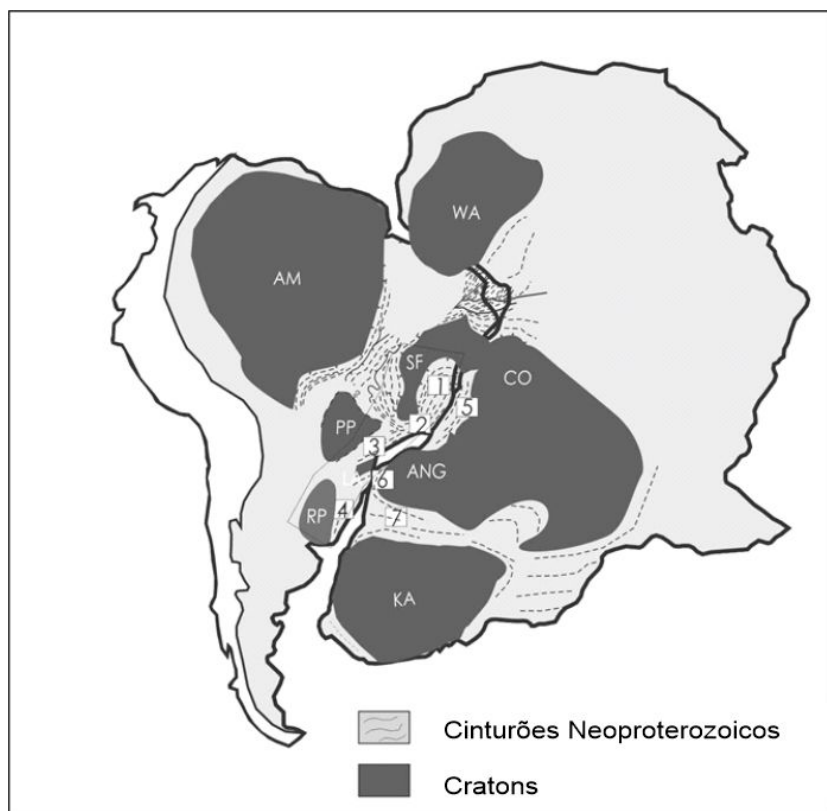


Figura 1 – Localização do Cinturão Ribeira no contexto da amalgamação do continente Gondwana. Legenda: AM- Amazônia; SF - Cráton do São Francisco; PP - Paranapanema; RP –Rio de La Plata; WA -West Africa; CO -Congo; ANG – Angola; KA –Kaoko. (1) Cinturão Araçuaí; (2) Cinturão Ribeira; (3) Cinturão Apiaí; (4) Cinturão São Gabriel; (5) Cinturão Congo; (6) Cinturão Damara; (7) Cinturão Kaoko.

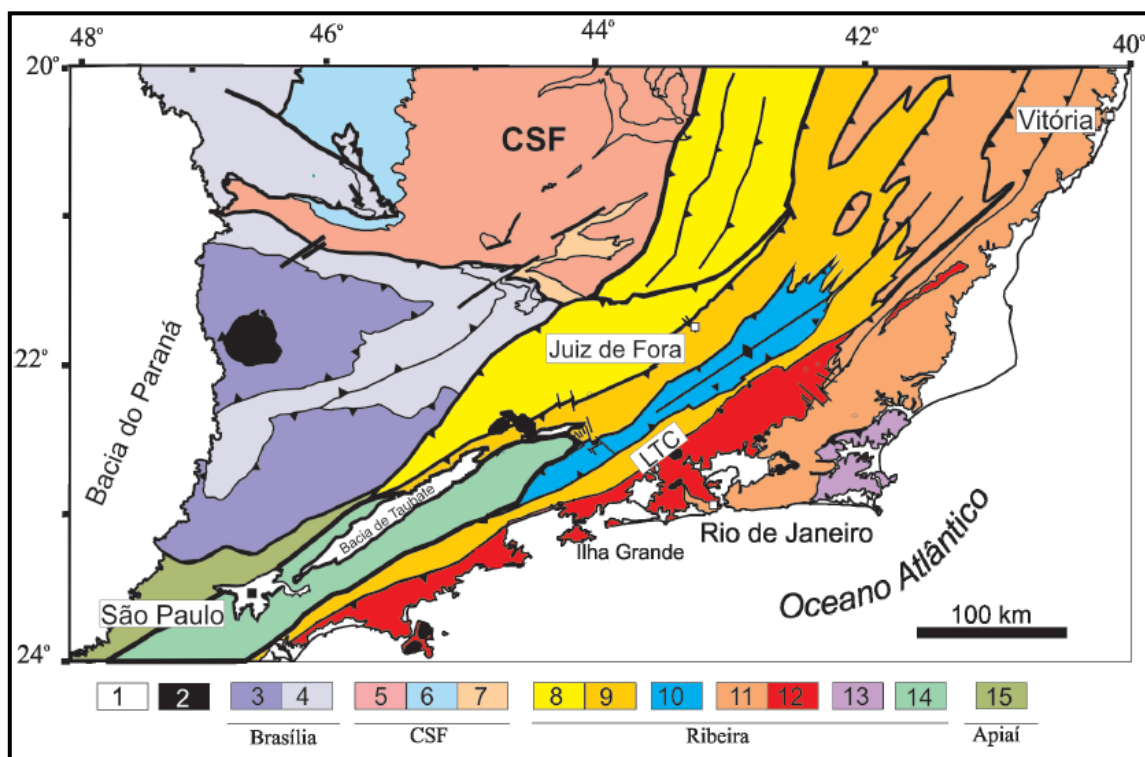


Figura 2. Mapa tectônico do sudeste brasileiro mostrando as principais unidades do setor central do Sistema Orogênico Mantiqueira (modificado de Heilbron et al., 2004). Legenda: 1) Bacia do Paraná e sedimentos cenozoicos; 2) rochas alcalinas do Cretáceo e Paleógeno; Orógeno Brasília: 3) nappes inferiores, 4) nappes superiores; Cráton do São Francisco (CSF): 5) embasamento, 6) Supergrupo São Francisco, 7) rochas metassedimentares do Domínio Autóctone; Orógeno Ribeira: 8 e 9) Terreno Ocidental (Domínios Andrelândia e Juiz de Fora), 10) Terreno Paraíba do Sul, 11) Terreno Oriental; 12) arco magmático Rio Negro, 13) Terreno Cabo Frio, 14) Terreno Embu; 15) Orógeno Apiaí (Terreno São Roque). LTC – Limite Tectônico Central da Faixa Ribeira.

colisão (há cerca de 640-620 Ma, 620-595 Ma, 605-560 Ma e 535-510 Ma) foram registrados na região sul do Brasil (Tupinambá et al., 2000, Silva et al., 2002; Heilbron e Machado, 2003; Schmitt et al., 2004, 2008, Viana et al., 2008), amalgamando pequenos fragmentos tectônicos. Uma forma de reconstituir a paleogeografia, uma vez que os dados paleomagnéticos são escassos e não possuem resolução que permita a identificação destes fragmentos tectônicos, é caracterizar a composição e idade das rochas dos cinturões orogênicos e dos fragmentos cratônicos por eles envolvidos (Ribeiro et al., 2013).

Este trabalho apresenta novos dados de U-Pb para os ortognaisses paleoproterozoicos do Terreno Cabo Frio (Figura 3) e discute a implicação deste fragmento paleoproterozoico no contexto da amalgamação do paleocontinente Gondwana ocidental. A comparação dos dados obtidos por LA-ICP-MS com resultados obtidos em outros laboratórios (como por exemplo por SHRIMP,

adquiridos por Machado et al., 2017; Tabela 1) são utilizados para validar os novos dados adquiridos neste trabalho, no MultiLab da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

A Orogenia Brasileira (de idade neoproterozoica) iniciou com uma série de orogêneses diacrônicas acrescionárias, como por exemplo, dos terrenos Apiaí (790Ma) e São Gabriel (700Ma), seguidos pelo Orógeno Brasília Meridional, Terreno Guaxupé (630-610Ma) e Orógeno Dom Feliciano (600Ma), ocorrendo a colisão do Orógeno Ribeira e Terreno Cabo Frio entre 580 e 520 Ma, as últimas colisões cambro-ordovicianas (Machado e Demange, 1992; Heilbron et al., 2004; Schmitt et al., 2004, 2008). Pode-se afirmar que tal orogenia foi responsável pela estruturação da Plataforma Sul-Americana (Almeida, 1976; Trompette, 1994). O contexto geológico regional no qual está inserido o Terreno Cabo Frio (Figura 3) corresponde às unidades Terreno Ocidental, Terreno Costeiro e do Terreno Paraíba do Sul (Heilbron et al., 2004).

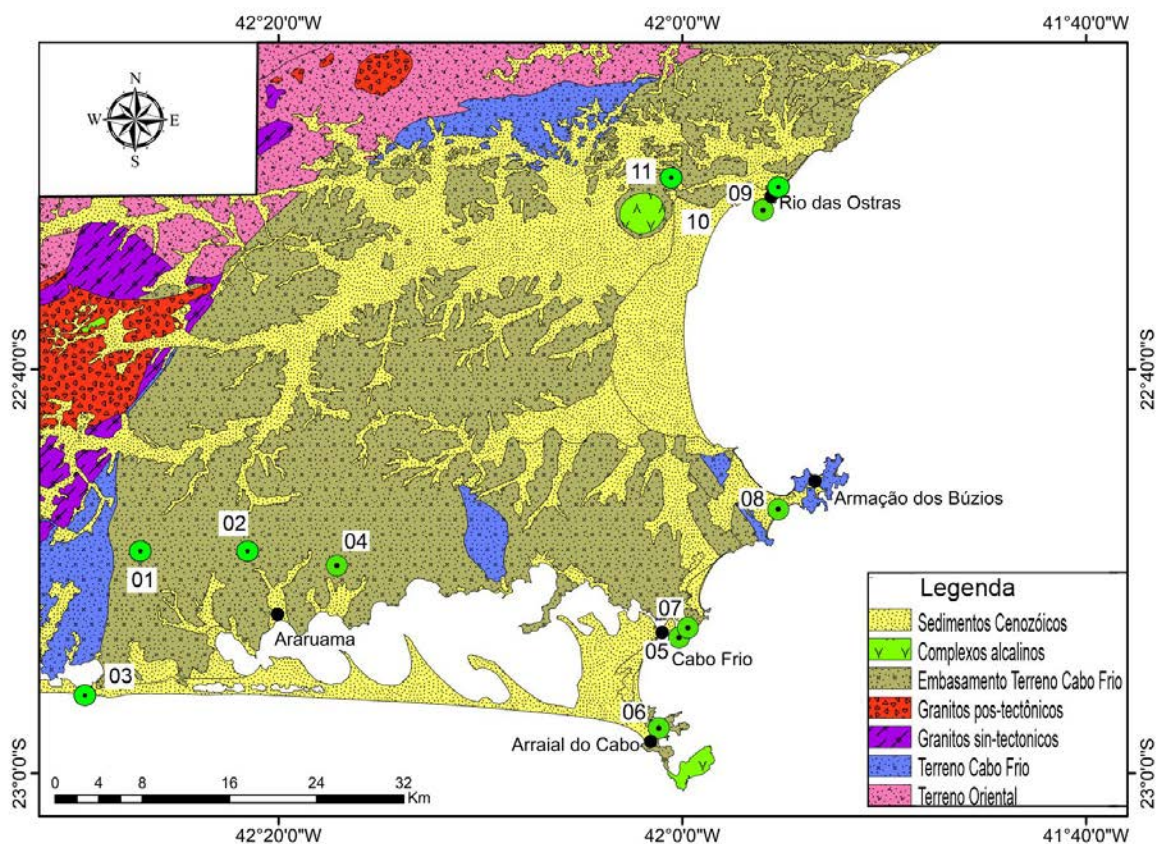


Figura 3 – Mapa geológico do Terreno Cabo Frio (Adaptado de Schmitt et al., 2000; Almeida et al., 2012; Schmitt et al., 2012a, b; Geraldles et al., 2012). Os pontos marcados definem o local de amostragem.

Geologia local: Complexo Região dos Lagos

O Complexo Região dos Lagos é composto por ortognaisses e anfibolitos variados (Reis e Light, 1977; Reis et al., 1980; Heilbron et al., 1982; Fonseca, 1989; Heilbron e Machado, 2003; Schmitt et al., 2004) e pode ser dividido em rochas graníticas (biotita-microclínio-plagioclásio

gnáissico, granodioríticas (biotita gnaisses), rochas tonalíticas (biotita-ortoclásio-plagioclásio gnáissico). As rochas supracrustais incluem gnaisses sillimanita-granada com níveis parciais de fusão (Unidade Palmital) e granada gnaisses (Unidade de Cassorotiba). Corpos intrusivos sin-tectônicos são observados como: (i) biotita gnaisses com feno-

cristais de granada e microclina e plagioclásio (Unidade Maricá); (ii) biotita gnaisses com agregado de biotita (Unidade Tinguí); (iii) granitos

pós-tectônicos (Unidade Caju) (Reis et al., 1980; Schmitt et al., 2004). A figura 4 mostra Rochas observadas no Complexo Região dos Lagos.

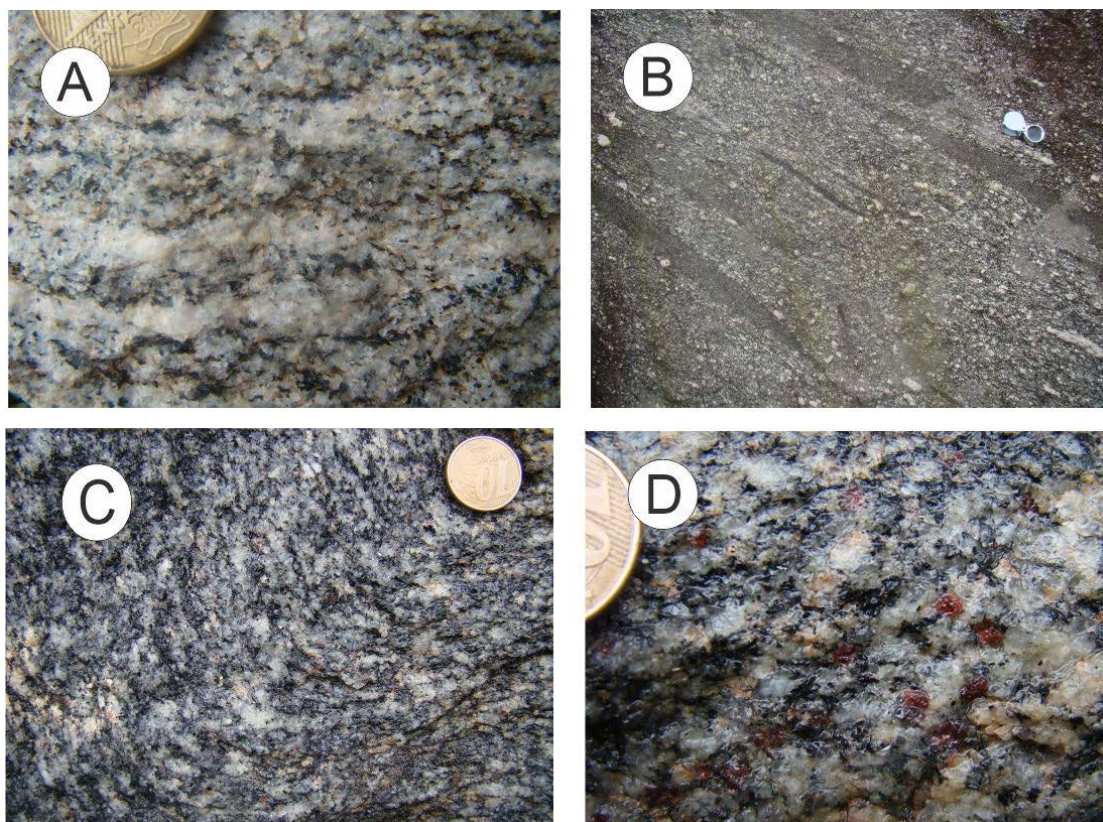


Figura 4. Rochas observadas no Complexo Região dos Lagos. (A) Hornblenda- biotita gnaisses de textura grossa e inequigranulares com composição granodiorítica a granítica, às vezes migmatíticos; (B) gnaisse milonítico portadores de hornblenda; (C) gnaisses com composição granodiorítica a tonalítica. (D) Textura grossa de rochas de composição granodiorítica.

Os trabalhos referidos permitiram verificar que na área de estudo ocorre um importante volume de gnaisse com texturas migmatíticas, onde os leucossomas exibem de centímetros a poucos metros de espessura, com hornblenda e/ou biotita, e frequentemente com bordas de melanossoma ricos nesses dois minerais máficos. Zonas de alta deformação estão localizadas próximas ao contato basal do complexo ou nos contatos com os metassedimentos do Grupo Búzios-Palmital. Zonas de cisalhamento métricas também foram mapeadas e dentro destas zonas altamente deformadas, os ortognaisses se transformam em gnaisses bandados com camadas de anfibolito alongadas. Por outro lado, dentro das zonas de baixa tensão, é possível identificar texturas ígneas primárias, como grãos de plagioclásio (mais comum) e porfiroblastos de K-feldspato, enclaves de diorito, parcialmente

digerido, que dão lugar a formação de camadas mais ricas nas fases máficas. Os anfibolitos exibem granulometria grossa e são compostos por hornblenda, clinopiroxênio, biotita, plagioclásio com esfero, zircão e apatita e ocorrem como fases secundárias. Os anfibolitos ocorrem em camadas métricas e centimétricas, dentro dos ortognaisses do complexo, e exibem contatos muito agudos sugestivos de diques ou soleiras intrusivas deformadas. Um grande corpo de metagabro foi mapeado nas proximidades da cidade de Macaé (Almeida et al., 2012). Dados anteriores de geocronologia U-Pb estão no intervalo de tempo de 2,03 a 1,96 Ga, conforme relatado nos trabalhos de Zimbres et al. (1990), Schmitt et al. (2004) e Valladares et al. (2003), como se sumariza na tabela 1. A superimposição metamórfica neoproterozoica é marcada por idades de ca. 535 a 510 Ma.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras coletadas em campo foram processadas no Laboratório de Processamento de Amostras Geológicas (LGPA) da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), onde 30

lâminas delgadas foram preparadas para as amostras do PAIC. Essas lâminas foram posteriormente analisadas no Laboratório de Petrografia da Faculdade de Geologia da UERJ.

Tabela 1. Resultados da literatura geocronológica U-Pb em zircão das rochas do Complexo Região dos Lagos.

Rocha	Método	Idade (Ma)	Referência
Metagranito	TIMS	1981 ± 18	Zimbres et al. (1990)
Metatonalito (CRL-04)	SHRIMP	1985 ± 34	Machado et al. (2017)
Gnaise granodiorítico (CRL-05)	SHRIMP	1986 ± 24	Machado et al. (2017)
Metagranodiorito (CRL-06)	SHRIMP	1985 ± 30	Machado et al. (2017)
CRL-07	SHRIMP	1942 ± 16	Machado et al. (2017)
CRL-08	SHRIMP	1970 ± 17	Machado et al. (2017)
CRL-09	SHRIMP	1989 ± 23	Machado et al. 2017
Ortognaisse milonítico	TIMS	1975 ± 7	Schmitt et al. (2008)
Metasienogranito	TIMS	1960 ± 6	Schmitt et al. (2004)
Meta quartzo monzonito	TIMS	1971 ± 5	Schmitt et al. (2004)
Veio leucocrático	TIMS	1977 ± 9	Schmitt et al. (2004)
Anfibolito	SHRIMP	1,84 Ga	Vieira et al. (2022)
Anfibolito	SHRIMP	1976 ± 16	Vieira et al., (2022)

Para a análise geoquímica, foram selecionadas as amostras mais frescas e homogêneas. Os óxidos majoritários foram analisados em rocha total por fusão com borato de lítio e determinação por RF de raios X. Os elementos traço foram analisados em rocha total por digestão em água régia ou por uma combinação de quatro ácidos determinada por ICP-MS. As análises foram realizadas no laboratório ALS.

Seis amostras do PAIC foram coletadas para determinação da idade U-Pb. O preparo das amostras para geocronologia foi realizado no LGPA da UERJ. As amostras foram lavadas, reduzidas manualmente com martelo e bigorna, britadas com britador de mandíbulas e moídas com moinho de discos. O material pulverizado passou por processos de separação por densidade, iniciando com uma mesa de separação hidrodinâmica, seguida pela separação com líquidos densos (iodo e bromofórmio). Por fim, os concentrados foram submetidos à separação magnética (Frantz) e coleta manual.

O imageamento dos zircões em MEV possibilitou a observação da estrutura interna do mineral e permitiu evidenciar núcleos herdados, áreas de reabsorção, zoneamento magmático, permitindo assim guiar a locação posterior da análise isotópica. Nas imagens do MEV, do tipo elétrons retro espalhados (*back scattered*), observam-se os grãos de zircão (analisados neste trabalho) separados conforme a susceptibilidade magnética, já as imagens do MEV utilizando o detector de catodoluminescência (CL) da amostra. As imagens de CL devem apresentar uma escala suficiente para a identificação das zonas internas de crescimento e de alteração dos grãos a serem analisados (Woodhead et al., 2004).

As análises subsequentes de zircão U-Pb foram

realizadas no Laboratório Ambiental Multiusuário (MultiLab) da UERJ, utilizando um Espectrômetro de Massas com Plasma Indutivamente Aquecido por Ablação a Laser (LA-ICP-MS) equipado com um espectrômetro Element-2. A sequência de aquisição de dados no equipamento foi a seguinte: (1) leitura do branco; (2) leitura do padrão GJ-1; (3) leitura sequencial de nove grãos desconhecidos; (4) leitura do padrão 91.500; (5) leitura do padrão GJ-1; (6) leitura do branco. A ablação das superfícies dos grãos foi realizada utilizando pulsos de laser com diâmetro de 30 µm, e o material vaporizado foi transportado em Ar (0,80 L/min) e He (0,55 L/min) para análise utilizando 700 ciclos de 1'1" cada. As análises incluíram medições das massas de 204Pb, 206Pb, 207Pb, 208Pb, 232Th e 238U. O Hg é um contaminante comum nos gases He e Ar, e a massa de 204Hg interfere nas contagens de massa de 204Pb. Portanto, a contagem de massa de 202Hg foi utilizada para corrigir essa interferência isobárica. As amostras foram analisadas juntamente com os padrões de zircão GJ-1 (dados de normalização TIMS: 207Pb/206Pb = 608,3 Ma, 206Pb/238U = 600,7 Ma e 207Pb/235U = 602,2 Ma; Jackson et al., 2004) e 91.500 (idade ID-TIMS para 206Pb/238U = 1.062,4 ± 0,8 Ma e 207Pb/206Pb = 1.065,4 ± 0,6 Ma). Lu-Hf em zircão por LA-ICP-MS

Atualmente o método mais eficiente para análises isotópicas de Hf em zircão é através da espectrometria de massa por fonte de plasma (Halliday et al., 1995, Hoskin and Schaltegger, 2003), na qual a amostra é introduzida ao plasma como uma solução purificada com Lu e Hf ou como material pulverizado de um cristal de zircão por ablação a laser (método *in situ*). Em ambos os métodos, a alíquota de amostra é transferida para o analisador de massa através por um gás de

transporte, geralmente Ar (ICP-MS) e Hélio (Laser ablation). O fracionamento dos isótopos pela ablação a laser é monitorado por meio de padrões internos e externos.

O LA-ICP-MS (laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometer), ou seja, espectrômetro de massa por ionização acoplada por plasma com ablação a laser, utiliza feixe de laser de diâmetro de 30 a 50 micrômetros (spot analyses) para ionização da superfície de amostra. As análises precisam do padrão de referência e, a precisão analítica não chega ao nível do SIMS (Patchett e Tatsumoto, 1981; Scherer et al., 2001). Por outro lado, as preparações de amostras, operações e manutenção são extremamente simples e práticos. A utilização de múltiplas matrizes nos detectores Faraday Cup em instrumentos modernos

compensa a instabilidade de plasma, na medida em que os valores das razões são precisos (comparado ao TIMS) e o tempo de análise é rápido (Black et al., 2003; Chemale et al., 2012; Geraldles et al., 2015; Alves et al., 2019).

A eficiência da ionização obtida pelo ICPMS também tem levado ao desenvolvimento de melhores procedimentos para o método Lu-Hf, otimizadas para ablação a laser (Blichert-Toft et al., 1997), na medida em que os grãos de zircão individuais contendo tão pouco quanto 25 ng de Hf podem agora ser analisados. No método in situ, o material é volatilizado a partir de um cráter de 40 a 50 *mícrons* de diâmetro de um grão de zircão expostos por um laser pulsado de UV (Kosler e Sylvester, 2003) e os resultados tratados pelo programa Isoplot (Ludwig, 2003).

RESULTADOS

Características litológicas das unidades e das amostras estudadas

A amostragem de rochas do Complexo da Região dos Lagos foi realizada em afloramentos com litologias diferenciadas. Por exemplo, na cidade de Cabo Frio foram amostradas rochas com composição granítica a granodiorítica onde as rochas apresentam intensa foliação dada pela orientação dos minerais máficos com fenocristais de feldspato potássico, quartzo e plagioclásio. Em torno e no interior da cidade de Rio das Ostras foram coletadas amostras de rochas graníticas com textura que varia de rochas fino a grossas. Em lâmina, a mineralogia é constituída por quartzo, microclínio, plagioclásio, biotita, anfibólio e magnetita. As rochas de composição tonalítica podem apresentar granulação média a grossa e os minerais identificados em lâmina são: quartzo, ortoclásio, plagioclásio, anfibólio e magnetita. A localização e a descrição das amostras coletadas para análises isotópicas estão apresentadas a seguir.

A amostra CRL-01 (coletada na cidade de Saquarema) é uma rocha de composição granítica com uma xistosidade bem desenvolvida, cortada por veios pegmatíticos de biotita, hornblenda e magnetita com 5 cm de comprimento. Na amostra de mão, o granito tem granulação média a grossa e a mineralogia é constituída por quartzo, microclínio, plagioclásio, biotita, anfibólio e magnetita. Ao microscópio, a rocha apresenta textura lepidoblástica definida por camadas máficas com biotita e anfibólio (Figura 5A). A clorita e a sericita são minerais secundários e substituem o anfibólio e feldspatos.

A amostra CRL-02 (coletada nas proximidades de Laguna de Araruama) é um granito de textura média a grossa, com pouca foliação. Microscopicamente, a rocha é composta por quartzo, microclínio, plagioclásio, sericita, muscovita, biotita e clorita (Figura 5B). A clorita ocorre como alteração da e o quartzo apresenta, localmente, extinção ondulante.

A amostra CRL-03 (coletada em corte de Estrada Via Lagos) foi coletada num afloramento com feições migmatíticas, apresentando intercalações de bandas anfibolíticas decimétricas, deformadas em dobras abertas e isoclinais. Observaram-se bolsões pegmatíticos cortando estas rochas. A amostra CRL-03 é um gnaiss de composição granodiorítica, pouca foliação, observando-se, porém, orientação das micas. A análise microscópica revela a presença de quartzo, plagioclásio e K-feldspato (Figura 5C). Ocorrem grãos intersticiais de magnetita além de anfibólio e biotita associados. A textura dos grãos de quartzo + feldspato indica recrystalização.

A amostra CRL-07 (coletada na Praia das Conchas, em Búzios) é uma rocha equigranular, pouco foliada, com composição granodiorítica, composta por quartzo, plagioclásio, K-feldspato e biotita. A rocha apresenta textura fina a média e coloração cinza-amarelada. A análise microscópica (Figura 5D); revelou que é composta por quartzo, plagioclásio, K-feldspato, biotita e raros anfibólios, além de opacos (magnetita). A clorita ocorre como retro-metamorfismo, crescendo sobre a biotita. Alguns grãos de biotita definem a foliação da rocha com minerais equigranulares, indicando recrystalização.

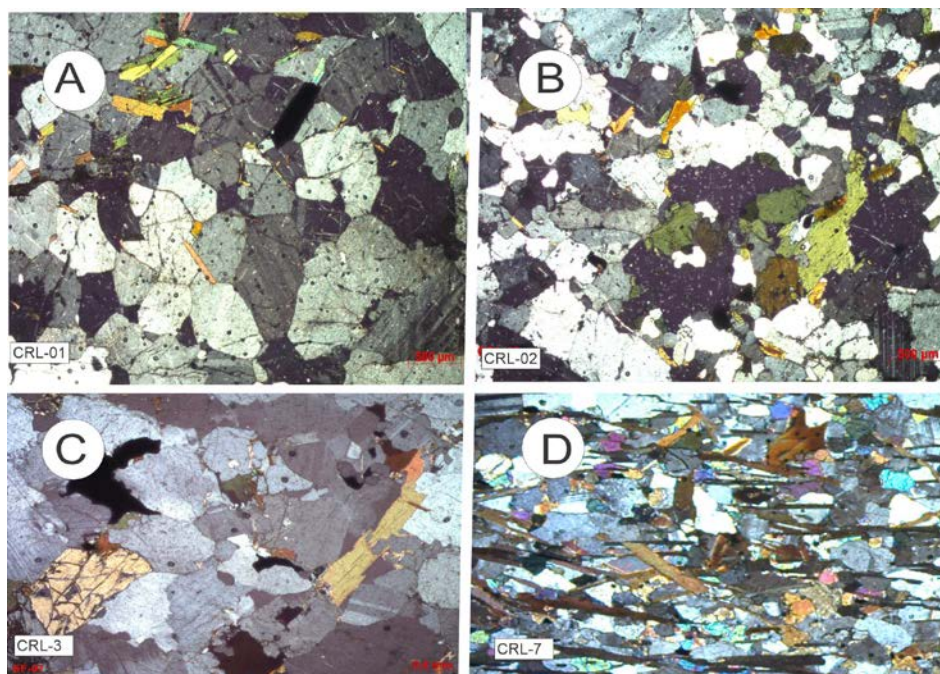


Figura 5. Microfotografias de lâminas das amostras das rochas do Complexo Região dos Lagos estudados neste trabalho. A (CRL-01), B (CRL-02), C (CRL-3) e D (CRL-7).

A amostra CRL-08 (coletada na praia de Geribá) é uma rocha de composição tonalítica, com textura grossa e fenocristais de K-feldspato, coloração bege e composição granítica, dada pela presença de quartzo, K-feldspato, plagioclásio e biotita. A análise microscópica revela a presença de microclínio, quartzo, plagioclásio e grãos menores de biotita; a ocorrência de clorita alterando a partir da biotita; a presença de grãos de até 1 cm de K-feldspato com inclusões de biotita

(Figura 6A). Rara ocorrência de minerais opacos é observada; representada por sericita como alteração de plagioclásio e K-feldspato.

A amostra CRL-09 (coletada na cidade de Rio das Ostras) é uma rocha com coloração rosada, textura inequigranular porfiroblastica e composição granítica marcada pela presença de quartzo, K-feldspato e plagioclásio. Nesta rocha os cristais de K-feldspato e plagioclásio atingem tamanhos até 1 cm (Figura 6B).

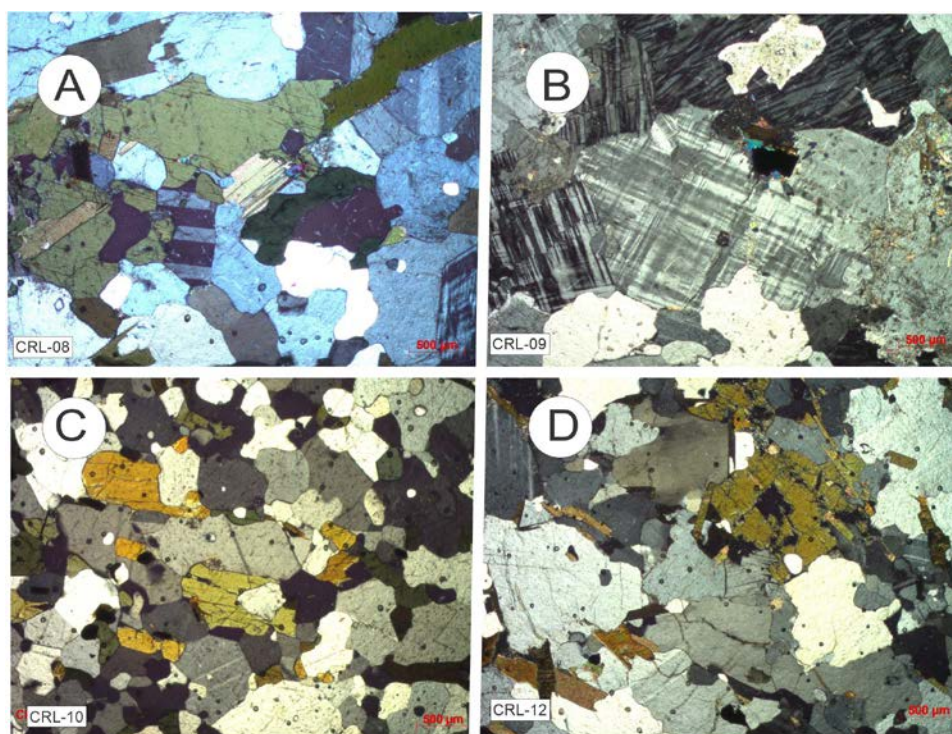


Figura 6. Microfotografias de lâminas das amostras das rochas do Complexo Região dos Lagos estudados neste trabalho. A (CRL-08), B (CRL-09), C (CRL-10) e D (CRL-12).

A amostra CRL-10 (coletada na cidade de Rio das Ostras) é uma rocha de coloração cinza escura, textura equigranular fina a média e composição granodiorítica, devido à presença de quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e biotita. Microscopicamente é composta por quartzo, plagioclásio, microclínio, clorita e minerais opacos. O quartzo possui extinção ondulante e contém inclusões de biotita/clorita. A clorita ocorre como produto de retrometamorfismo, crescendo sobre minerais de biotita (Figura 6C). O zircão ocorre em grande quantidade como mineral acessório.

A amostra CRL-12 (coletada entre as cidades de Rio das Ostras e Casemiro de Abreu) é uma rocha de textura intensamente foliada, de composição granítica marcada por faixas máficas, compostas por biotita e minerais opacos e faixas brancas compostas por quartzo e feldspato. Nela ocorrem bandas porfíricas quartzo-feldspáticas. Microscopicamente é composta por quartzo, K-feldspato, plagioclásio, biotita, anfibólio, clorita e minerais opacos. A biotita marca a foliação da rocha com textura lepidoblástica na forma de espículas (Figura 6D). Corrobora com este processo a observação de clorita crescendo sobre a biotita, o que sugere a ocorrência de retrometamorfismo. Observam-se minerais opacos ocorrendo como inclusões no quartzo.

Resultados U-Pb

Os resultados das análises isotópicas de U-Pb estão apresentados no Apêndice 1 e são reportados para as amostras (A) CRL-01, (B) CRL-02, (C) CRL-03 e (D) CRL-07, (E) CRL-08, (F) CRL-09, (G) CRL-10 e (H) CRL-12, a seguir.

Amostra CRL-01

Para esta amostra, a maior parte das análises são concordantes, com valores entre 90% e 110% (de acordo com os resultados apresentados no Apêndice 1). As análises exibem razões U/Th variando entre 0,5 e 1,5, que são associados a grãos de zircão derivados de rochas magmáticas félsicas a intermediárias de morfologia prismática e zonação magmática (Figura 7A). Para construção do diagrama concórdia e cálculo de idade selecionaram-se as onze medidas com melhor consistência analítica. A idade obtida (Figura 8A) no intercepto superior de 1982 ± 9 Ma (com “mean squared weighted deviation”, ou MSWD de 0,57), é considerada idade de cristalização do protólito magmático do ortogneisse.

Amostra CRL-02

Para a amostra CRL-02 foram utilizados um total de 11 grãos (Apêndice 1), sendo a maior

parte das análises concordante. Nesta amostra, os grãos de zircão ocorrem com morfologia variando de prismática a alongada e apresentam a relação comprimento/largura variando de 1:1 a 1:4 (Figura 7B). Em geral, os grãos mostram terminações arredondadas, mas também se observam casos raros de terminações piramidais. As imagens de catodoluminescência dos grãos mostram zoneamento oscilatório, típico de crescimento em processos magmáticos. Com a construção do diagrama concórdia (Figura 8B), a idade obtida no intercepto superior de 1958 ± 5 Ma (MSWD=1,3), é considerada como idade de cristalização do protólito magmático.

Amostra CRL-03

Os zircões obtidos a partir da amostra coletada foram separados em 6 frações de susceptibilidade magnética variando o ângulo de inclinação no separador magnético em 5°, 3°, 1°, 0°, -5° e não atraível. Os grãos apresentam zoneamento resultante de crescimento magmático, como revelam as imagens de catodoluminescência (Figura 7C). Os grãos são euédricos, bipiramidais com razão comprimento/largura variando de 4:1 a 2:1. Os resultados analíticos (Apêndice 1) destes treze grãos de zircão quando plotados no diagrama da concórdia resultam na idade de 1971 ± 16 , com MSWD de 0,20 (Figura 8C), considerada a idade de cristalização da rocha granodiorítica coletada, o que é corroborado pelo valor da razão U/Th entre 0,31 a 1,9.

Amostra CRL-07

Na amostra CRL 07 foi utilizado um total de 15 grãos, cujos dados analíticos são apresentados no Apêndice 1. Poucos grãos de zircão apresentam hábito bipiramidal, com grãos na maioria com bordas arredondadas (Figura 7D). Para a construção do diagrama de concórdia (Figura 8D) e cálculo de idade foram selecionados os dados com melhor consistência analítica, ou seja, com concordâncias variando de 70 a 99% e erros <10%, o que resultou em elipses de pequenas dimensões. A idade obtida no intercepto superior de 1964 ± 12 Ma (MSWD=0,36) é considerada a idade de cristalização do protólito magmático do ortogneisse.

Amostra CRL-08

Os zircões observados na amostra CRL-8 apresentam, na sua maioria, o hábito prismático preservado, porém com certo arredondamento nas arestas dos cristais (Figura 7E). Os núcleos mostram crescimento com zonação oscilatória, caracterizada pela alternância de bandas claras e escuras.

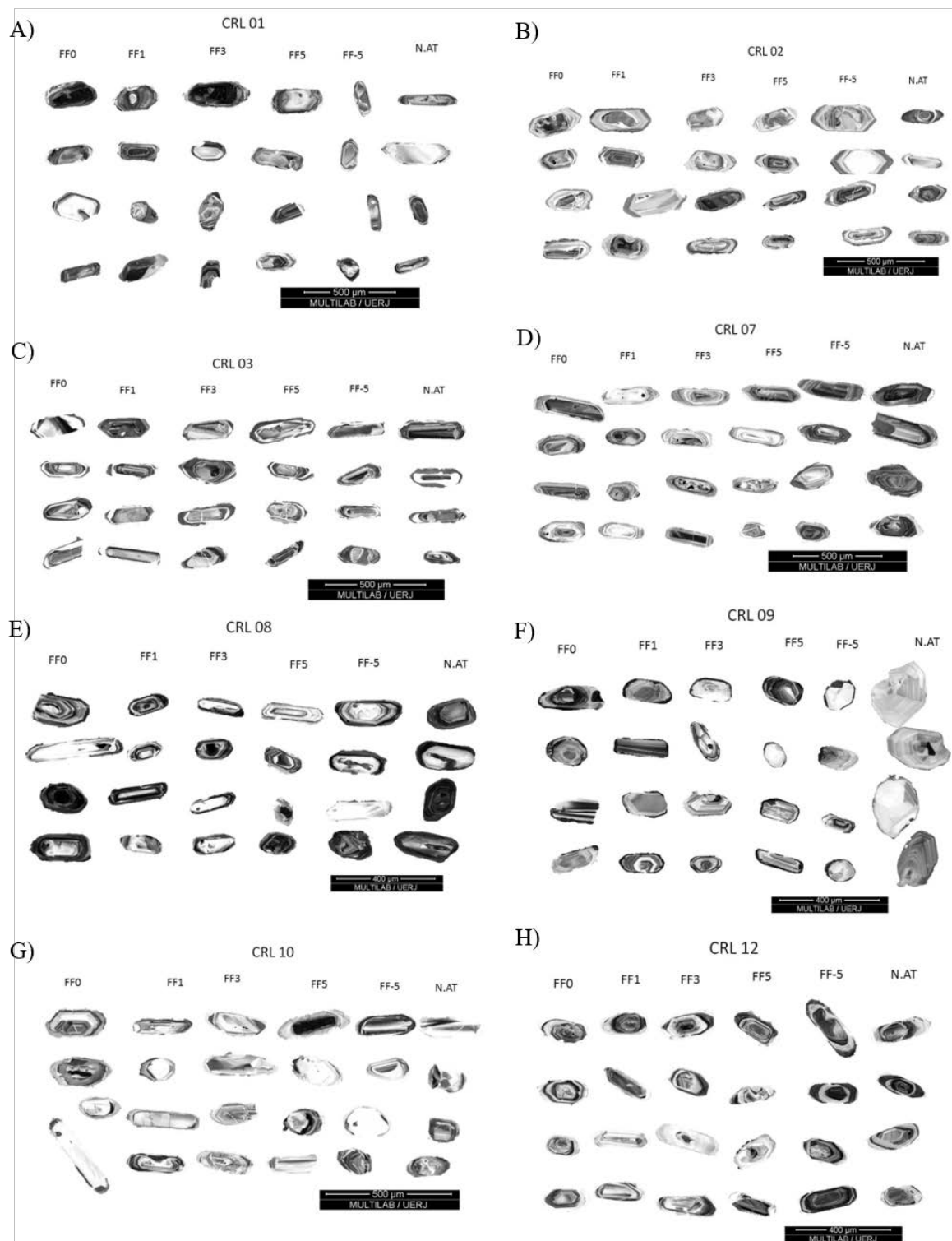


Figura 7 – Imagens de CL para as amostras (A) CRL-01, (B) CRL-02, (C) CRL-03 e (D) CRL-07, (E) CRL-08, (F) CRL-09, (G) CRL-10 e (H) CRL-12.

Os dados analíticos das análises U-Pb da amostra CRL-08 foram incluídos no Apêndice 1, e apresentam valores concordantes variando de 70% a 123%. Nesta amostra foram realizados 13 *spots*, sendo estes concordantes, ou seja, plotaram próximo da curva da concórdia, gerando uma população com idade de cristalização de 1975 ± 8 (com MSWD de 0,34), marcando o intercepto superior da curva da concórdia (Figura 9A).

Amostra CRL-09

Nesta amostra, as imagens de catodoluminescência mostram que de um modo geral os zircões possuem formas arredondadas, predominado grãos subeuédricos (padrão comprimento/largura variando de 1:2 a 1:3, mais homogêneos comparados com as outras amostras), com padrão de zonação (Figura 7F).

Foi realizado na amostra CRL-09 um total de onze *spots*. Os resultados das análises são apresentados no Apêndice 1. Para a construção do

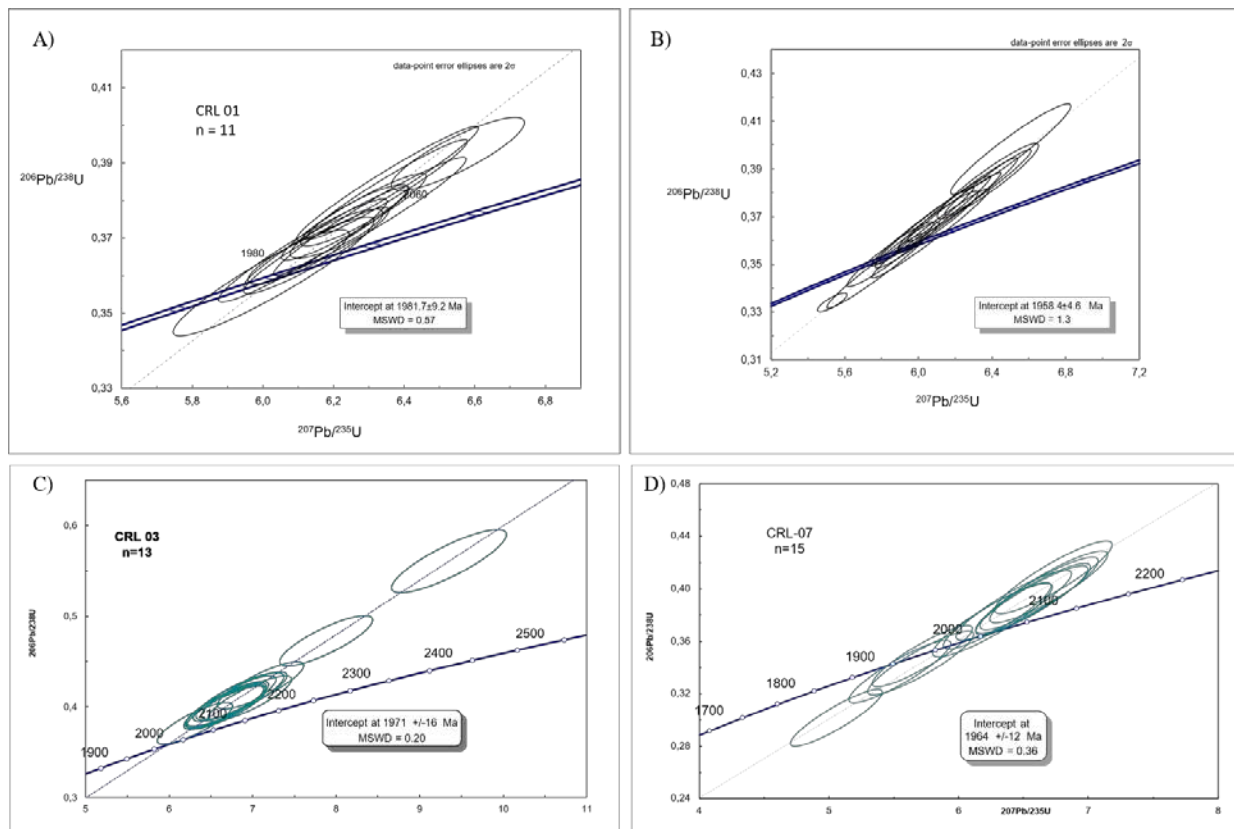


Figura 8 – Diagramas da Concordia para as amostras (A) CRL-01, (B) CRL-02, (C) CRL-03 e (D) CRL-07.

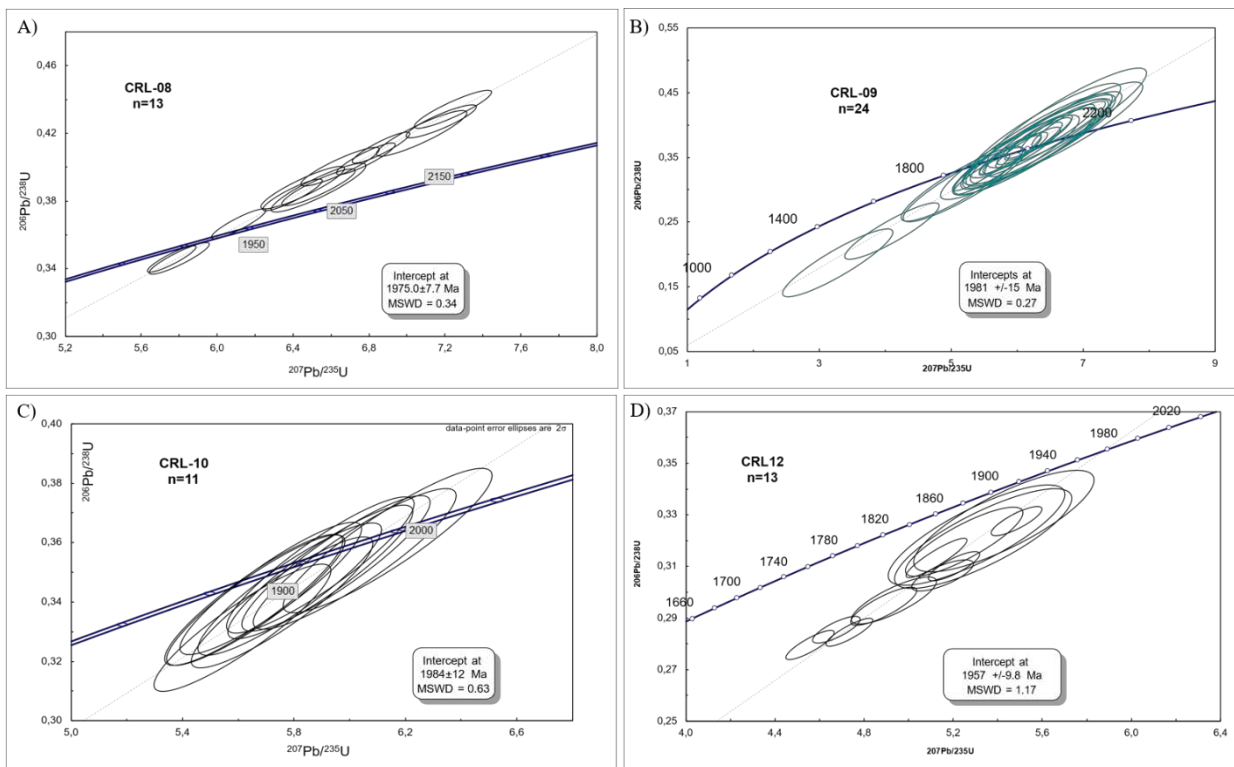


Figura 9. Diagramas da Concordia das amostras (A) CRL-08, (B) CRL-09, (C) CRL-10 e (D) CRL-12.

diagrama da concórdia (Figura 9B) e cálculo da idade de cristalização selecionaram-se os *spots* que apre-sentavam boa consistência analítica (valores de erro reduzidos e elevada concordância). Os grãos descrevem uma nítida discórdia relacionada à perda de chumbo. A idade da cristalização

magmática do protólito do ortogneisse é dada pelo intercepto superior, em $1981 \pm 15 \text{ Ma}$ ($\text{MSWD}=0,27$). *Amostra CRL-10*

As imagens de catodoluminescência mostram uma família homogênea de cristais de zircão magmático, prismáticos (relação largura/comprimento

mento variando de 1:2 a 1:3), euédricos a subédricos. Grande parte desses grãos ocorrem com zoneamento oscilatório (Figura 7G).

Foram analisados dez a nove grãos de zircão na amostra CRL-10 (Apêndice 1). Após serem eliminados os grãos com resultados discordantes e/ou com erros individuais elevados, obteve-se uma discórdia (Figura 9C) que sugere idade de cristalização magmática em 1984 ± 12 Ma (com MSWD de 0,63).

Amostra CRL-12

Os dados das análises de vinte grãos que foram obtidas na amostra CRL 12 podem ser vistos no Apêndice 1. Os grãos de zircão apresentam hábito arredondado e são zonados. (Figura 7H). No diagrama da concórdia (Figura 9D) nota-se que os *spots* com boa consistência analítica se alinham numa reta discórdia, caracterizando um evento de perda episódica de Pb. Esta discórdia define um intercepto superior em 1957 ± 10 Ma (com MSWD de 1,17), interpretado como idade de cristalização magmática.

Resultados Lu-Hf

No Apêndice 2 são apresentados os resultados analíticos dos isótopos de Lu e Hf das amostras estudadas. O método U-Pb foi realizado primeiramente, uma vez que a idade obtida é utilizada para cálculo do valor de ϵ_{Hf} . Nesse sentido, 10 grãos de zircão foram escolhidos para a análise de Lu-Hf, sendo que a cratera do laser da análise Lu-Hf posicionada na mesma área da cratera produzida pelo método U-Pb.

Estudos complementares através do método Lu-Hf indicam valores de ϵ_{Hf} da amostra de CRL-03 entre -7,8 e -4,6 e valores de T_{DM} entre 2,87 a 2,71Ga; 2,87 a 2,7; valores de ϵ_{Hf} da amostra de CRL-07 entre -9,7 a -5,0 e valores de T_{DM} entre 3,79 a 1,96Ga; valores de ϵ_{Hf} da amostra de CRL-08 entre -11,1 a -4,6 e valores de T_{DM} entre 3,04 a 2,83Ga; para a amostra CRL-09 os valores de ϵ_{Hf} estão entre -11,1 a -4,6 e valores de T_{DM} entre 3,2 a 1,94Ga; os valores de ϵ_{Hf} da amostra de CRL-12 estão entre -7,7 e -6,6 e valores de T_{DM} entre 3,44 a 3,10 Ga.

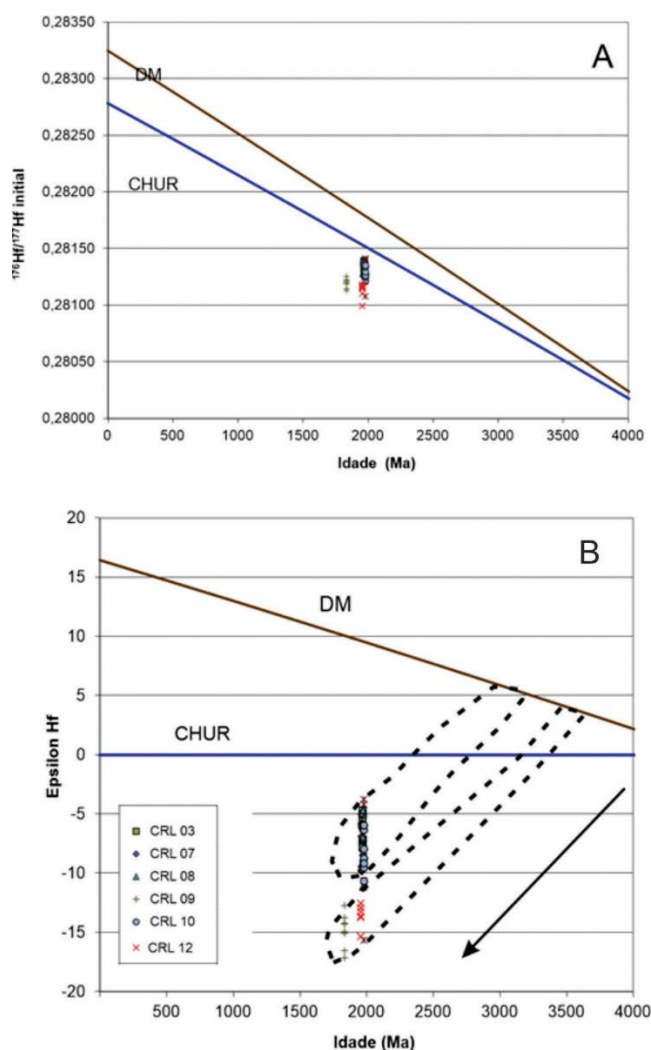


Figura 10. Diagrama de evolução isotópica com $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ versus idade U-Pb (A) e ϵ_{Hf} versus idade U-Pb (B) das amostras estudadas. A seta marca a evolução da crosta continental média com $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf} = 0,0113$.

Na Figura 10 são ilustrados os diagramas dos valores de $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ e εHf (t) para as idades de cristalização das amostras aqui estudadas. O diagrama (A) mostra uma homogeneidade das assinaturas isotópicas de Hf para as rochas. Porém no diagrama (B) observa-se dois grupos de amostras com evolução isotópica de Hf distintos, onde o mais antigo é representado pelas amostras CRL 09 e CRL 12, com uma idade de extração mantélica arqueana (entre 3,0 e 3,5 Ga).

Estas rochas podem representar fontes retrabalhadas do cráton do Congo. O segundo grupo de amostras sugerido no diagrama da Figura 10B é representado pelas amostras CRL 03, CRL 07, CRL 08 e CRL 10. Este grupo de amostras indica uma evolução isotópica de Hf coerente com uma fonte cuja extração mantélica ocorreu entre 2,5 e 3,0 Ga e apresentam valores de εHf negativos, indicando uma fonte mantélica com importante participação crustal na origem destes magmas.

DISCUSSÃO

Comparação das idades obtidas por LA-ICP-MS versus SHRIMP

Os resultados de idades U-Pb em zircão obtidas por LA-ICP-MS aqui reportadas permite uma comparação com os método U-Pb em zircão por SHRIMP, uma vez que o mesmo epoxi com os grãos de zircão das amostras CRL-07, CRL-08 e CRL-09 foram utilizados pelos dois métodos. Os resultados obtidos por SHRIMP foram reportados por Machado et al. (2017), e na tabela 2 é possível comparar as idades, de forma que a amostra CRL-07 resultou na idade 1964 ± 12 por LA-ICP-MS e de 1942 ± 16 por SHRIMP. Da mesma forma, as amostras CRL-08 e CRL-09 resultaram nos valores de 1975 ± 8 (LA-ICP-MS) e 1970 ± 17 (SHRIMP); e 1981 ± 15 (LA-ICP-MS) e $1989 \pm$

22 (SHRIMP), respectivamente. Estes resultados mostram a similaridade de idades entre os dois métodos e permite concluir que as idades obtidas por LA-ICP-MS apresentam menor erro, apesar da maior rapidez e menor custo de análise.

As análises U-Pb foram em várias zonas internas dos grãos de zircão, incluindo bordas e núcleos, porém os resultados não indicam a perda episódica de Pb e consequentemente não apresentam idade de intercepto inferior. Assim, o metamorfismo da fácies anfibolito/granulito que atingiu estas rochas não gerou sobrecrecimento nos grãos de zircão suficiente para fornecer com segurança uma idade de intercepto inferior, mas apenas perda de Pb suficiente para algumas análises apresentarem discondâncias de até 8%.

Tabela 2. Valores das idades U-Pb e Lu-Hf obtidos neste trabalho e idades de SHRIMP de Machado et al. 2017.

Amostra	Rocha	Idade U-Pb SHRIMP	Idade U-Pb LA-ICP-MS	Idade TDM	εHf	Localização (S) (W)
CRL-01	granito	---	1982 ± 9	---	---	22° 47' 49" 42° 26' 13"
CRL-02	granito	---	1958 ± 5	---	---	22° 48' 07" 42° 24' 35"
CRL-03	granodiorito	---	1971 ± 16	-2,87 a 2,71	-7,8 e -4,6	22° 48' 39" 42° 23' 42"
CRL 04	granito	1960 ± 19	---	---	---	22° 48' 58" 42° 12' 10"
CRL 05	granito	1986 ± 24	---	---	---	22° 58' 04" 42° 01' 56"
CRL 06	granito	1985 ± 34	---	---	---	22° 52' 44" 41° 59' 45"
CRL-07	granodiorito	1964 ± 13	1964 ± 12	1,96 a 3,79	-9,7 a -5,0	22° 52' 29" 41° 59' 19"
CRL-08	tonalito	1970 ± 17	1975 ± 8	3,04 a 2,83	-11,1 a -4,6	22° 46' 45" 41° 54' 43"
CRL-09	granito	1989 ± 22	1981 ± 15	3,28 a 1,94	8,7 a 16	22° 32' 09" 41° 56' 58"
CRL-10	granodiorito	---	1984 ± 12	3,02 a 2,78	-10,6 a -5,95	22° 31' 55" 41° 57' 21"
CRL-12	granito	---	1957 ± 10	3,44 a 3,10	-7,7 a 6,6	22° 30' 33" 41° 59' 12"

Comparação com dados da literatura.

Os resultados de U-Pb e Lu-Hf em zircão sugerem que o Complexo da Região dos Lagos teve cristalização de 1981 Ma a 1957 Ma e foi formado a partir de protólitos crustais cujas idades de extração do manto variaram entre 2,40 e 2,59 Ga. Por outro lado, os resultados adicionados aos dados da literatura sugerem que estas rochas podem ter sido geradas em um arco magmático com significativa contaminação crustal. Essas litologias resultaram de um importante evento magmático relacionado ao embasamento do Cinturão Ribeira formado anteriormente à amalgamação do Gondwana. Os dados aqui reportados corroboram a sugestão de Viana et al. (2008), que baseado na composição química, concluiu que o ambiente de formação destas rochas estava associado a um arco magmático.

As idades U-Pb em zircão aqui reportadas (Figura 11) são similares a idades divulgadas na literatura, ou seja, a valores entre 1960 ± 6 Ma e 1989 ± 23 Ma (Schmitt et al., 2004, 2008; Machado et al., 2017; Zimbres et al., 1990).

As idades T_{DM} obtidas das rochas do embasamento (2,03 - 1,96 Ga) são menores que as idades do embasamento paleoproterozoico do Cinturão Ribeira (Complexo Juiz de Fora; 2,2 - 2,15 Ga) e das rochas paleoproterozoicas do Complexo Mantiqueira (2,2 - 1,9 Ga) (Ávila et al., 2010; Duarte et al., 2000; respectivamente). Desta forma, sugere-se uma correlação com as rochas do cinturão Kaoko, na costa oeste da Namíbia (África), que consistem em metagranitoides tipo I cuja cristalização ocorreu entre 1,98 e 1,96 Ga (De Waele et al., 2008; Kröner et al., 2010; Seth et al., 1998, 2000).

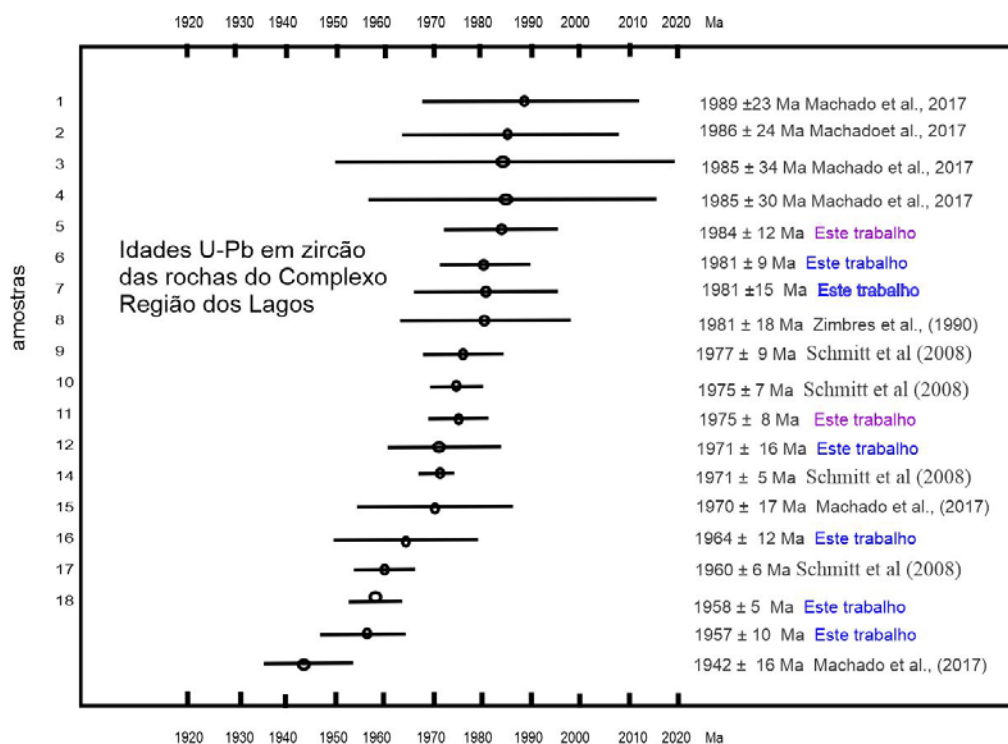


Figura 11. Diagrama esquemático mostrando a variação das idades U-Pb para as rochas do Complexo Região dos Lagos obtidas neste trabalho e reportadas da literatura.

Uma proposta de evolução geológica

A proposta de evolução geológica apresentada neste trabalho é suportada por dados U-Pb adquiridos neste trabalho e informações obtidas na literatura, incluindo descrições de unidades litoestratigráficas, dados geocronológicos, geoquímicos e estruturais (Heilbron et al., 2004; Noce et al., 2007; Monié et al., 2012; McCourt et al., 2013; Costa et al., 2017). Neste sentido, as rochas paleoproterozoicas do Complexo Juiz de Fora podem ser relacionadas a rochas formadas em ambiente de arco magmático. Segundo Ávila et al. (2010, 2014), as rochas paleoproterozoicas

do SE do craton do São Francisco foram geradas em tres episódios de subducção compreendendo arcos magmáticos distintos entre 2,3 e 2,05 Ga (Figura 12).

As idades T_{DM} obtidas das rochas do embasamento (2,03 - 1,96 Ga) são menores que as idades do embasamento paleoproterozoico do Cinturão Ribeira (2,2 - 2,15 Ga) e das rochas paleoproterozoicas do embasamento do Cinturão Ribeira (2,2 - 1,9 Ga) (Ávila et al., 2010; Duarte et al., 2000). Desta forma, sugere-se uma correlação com as rochas do cinturão Kaoko, na costa oeste da Namíbia (África), que consistem em

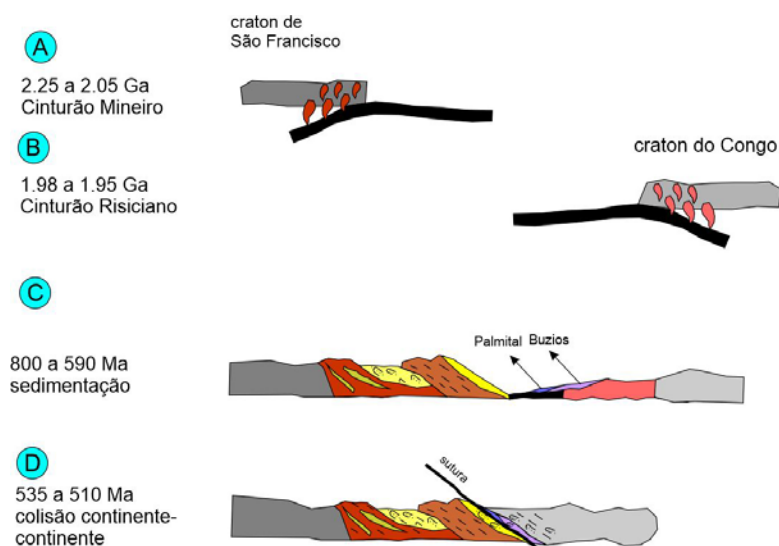


Figura 12. Modelo da evolução tectônica para o cinturão central da Ribeira. (A) Subducção paleoproterozoica no cráton de São Francisco; (B) subducção paleoproterozoica do cráton do Congo; (C) Sedimentação neoproterozoica; (D) Colisão neoproterozoica entre São Francisco e Congo.

metagranitoides tipo I cuja cristalização ocorreu entre 1,98 e 1,96 Ga (Figura 12B) (De Waele et al., 2008; Kröner et al., 2010; Seth et al. al., 1998, 2000).

Segundo Schmidt et al. (2008) as sucessões sedimentares Palmital e Buzios (Figura 12C) estão associadas a placa africana. A colisão responsável pela aproximação das rochas aqui

estudadas com os metassedimentos do Terreno Costeiro do Cinturão Ribeira pode ter sido diacrônica (Sutura observada na na figura 12D), com deformações, metamorfismo e duplicação da crosta continental. Um produto dessa colisão foi o aumento da temperatura e da pressão, com a formação da paragênese mineral metamórfica equivalente a fácies granulítica.

CONCLUSÃO

A área de estudo está localizada no terreno Cabo Frio, onde o embasamento é representado pelo Complexo da Região dos Lagos, neste estudo dividido em: rochas graníticas (biotita-microclínio-plagioclásio gnaiss), granodioríticas (biotita gnaisses) e rochas tonalíticas (biotita-ortoclásio-plagioclásio gnaiss).

A partir das rochas observadas na área de estudo, a evolução geológica do Terreno Cabo Frio pode ser relacionada ao desenvolvimento de um arco magmático durante o Paleoproterozoico. Esses resultados sugerem que o Complexo da Região dos Lagos tem cristalização de 1.981 Ma a 1.957 Ma, e foi formado a partir de protólitos crustais cujas idades de extração do manto estão entre 2,40 e 2,59 Ga.

Neste sentido, os resultados sugerem que essas rochas podem ter sido geradas em um arco magmático com contaminação crustal significativa e representa um importante evento magmático relacionado ao embasamento do Cráton do Congo, durante a amalgamação do Gondwana. As assinaturas isotópicas das amostras aqui estudadas se dividem em dois grupos, um mais antigo apresenta uma idade de extração mantélica arqueana (entre 3,0 e 3,5 Ga).

O segundo grupo de amostras indica uma evolução isotópica de Hf coerente com uma fonte cuja extração mantélica ocorreu entre 2,5 e 3,0 Ga e apresentam valores de ϵ_{Hf} negativos, indicando uma fonte mantélica com importante participação crustal na origem destes magmas.

Estas rochas apresentam idades de cristalização e de extração mantélica diferentes das rochas do Complexo Juiz de Fora, mas apresentam similaridades com as rochas paleoproterozoicas acrescidas ao Cráton do Congo durante a formação do Cinturão Rusiziano e podem ter correlação genética com esta unidade na África. Os resultados são importantes para caracterizar diferentes unidades do embasamento e compreender melhor a evolução crustal da Faixa Ribeira durante a amalgamação do Gondwana. Assim, os resultados geocronológicos pelos métodos U-Pb e Lu-Hf em zircão são importantes para caracterizar diferentes unidades do embasamento, como a distinção das rochas do Complexo Juiz de Fora e do Complexo Região dos Lagos, e compreender a evolução crustal da Faixa Ribeira durante a amalgamação do Gondwana com informações mais robustas e precisas.

AGRADECIMENTOS

MSM gostaria de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil, CnPQ (processo nº 302676/2019-8) (processo nº 202.927/2019) pelas bolsas de pesquisa. O MCG gostaria de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil (CnPQ) e à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, Brasil (FAPERJ) pelas bolsas de pesquisa (processos # 301470/2016-2 e E-26/202.843/2017, respectivamente).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J.C.H., HEILBRON, M.; PASCUTTI, A.H.F.G., SILVA, T.M.; TUPINAMBÁ, M., DIOS, F.; SILVA, L.G.E., VALERIANO, C.; DUARTE B.; SCHMITT R.S.; VALLADARES, C.S.; NOGUEIRA, J.R.; RAGATKY, C.D.; VALENTE, S.; SOUZA, D.M.; AZEVEDO, R.; COSTA, M.; VIANA, S.M.; GERALDES, M.C.; SOUZA, M.P.G.; MARTINS, M.A.M.; MENEZES, P.T.L.; MANE, M.A.; MARTINS, P.; CARVALHO, F.H.; MELLO, R.P.; PALERMO, N.; GUIMARÃES, P.V.; SILVA, F.L. **Mapa Geológico da Folha Macaé SF.24-Y-A-I**. Belo Horizonte: CPRM, CD-ROM. 2012.
- ALMEIDA, F.F.M. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. **An. Acad. Bras. Ciênc.**, 48:15-26. 1976.
- ALMEIDA, F.F.M. O Cráton do São Francisco. **Rev. Bras. Geoc.** 7: 349-364. 1977.
- ALVES, M.I.; ALMEIDA, B.S.; CARDOSO, L.M.C.; SANTOS, A.C.; APPI, C.; BERTOTTI, A.L.; CHEMALE, F.; TAVARES, A.D.; MARTINS, M.V.A.; GERALDES, M.C. Isotopic composition of Lu, Hf and Yb in GJ-01, 91500 and Mud Tank reference materials measured by LA-ICP-MS: Application of the Lu-Hf geochronology in zircon. **Journal of Sedimentary Environments** 4 (2): 220-248. 2019. doi: 10.12957/jse.2019.43877.
- ÁVILA, C.A.; TEIXEIRA, W.; CORDANI, U.G.; MOURA, C. A. V.; PEREIRA, R.M. Rhyacian (2.23-2.20) juvenile accretion in the Southern São Francisco craton, Brazil: Geochemical and isotopic evidence from the Serrinha magmatic suite, Mineiro belt. **Journal of South American Earth Sciences**. v. 29, p. 464-482. 2010.
- ÁVILA, C.A.; TEIXEIRA, W.; BONGIOLO, E.M.; DUSSIN, I.A.; VIEIRA, T.A.T. Rhyacian Evolution of Subvolcanic and Metasedimentary Rocks of the Southern Segment of the Mineiro Belt, São Francisco Craton, Brazil. **Precambrian Research**, 243: 221-251. 2014.
- BLACK, L.P.; KAMO, S.L.; ALLEN, C.M.; ALEINKOFF, J.N.; DAVIS, D.W.; KORSCH, R.J.; FOUODOULIS, C. TEMORA 1: a new zircon standard for Phanerozoic U-Pb geochronology. **Chem. Geol.** 200, 155-170. 2003.
- CHEMALE, F.; DUSSIN, I.A.; ALKMIM, F.F.; MARTINS, M.S.; QUEIROGA, G.N.; ARSMSTRONG, R.; SANTOS, M.N. Unravelling a Proterozoic basin history through detrital zircon geochronology: The case of the Espinhaço Supergroup, Minas Gerais, Brazil. **Gondwana Research**, 22(1), 200-206. 2012.
- COSTA, R.V.; TROUW, R.A.J.; MENDES, J.C.; GERALDES M. Proterozoic evolution of part of the Embu Complex, eastern São Paulo state, SE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, 79:170-188. 2017.
- DE WAELE, B.; JOHNSON, S.P.; PISAREVSKY, S.A. Palaeoproterozoic to Neoproterozoic growth and evolution of the eastern Congo Craton: Its role in the Rodinia puzzle. **Precambrian Research**, 160:127-141. 2008.
- DUARTE, B.P.; HEILBRON, M.; CAMPOS, M. Granulite/Charnokite from the Juiz de Fora Domain, Central Segment of the Brasiliano-Pan-African Ribeira Belt. **Revista Brasileira de Geociências**, 30(3): 358-362. 2000.
- FAURE, G. Isotopes: Principles and applications. New York, John Wiley & Sons, 3ª ed., 589 p. 2005.
- FONSECA, M.J.G. Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro, Escala 1: 400.000, Texto explicativo. Rio de Janeiro, DNPM/MME, 141p. 1989.
- GERALDES, M.C. **Introdução à Geocronologia**. SBG - Sociedade Brasileira de Geologia. 135 p. 2010.
- GERALDES, M.C.; SCHMITT, R.; GÓES, N.F.B.; MORAES, J.M.; GUERRA, J.V.; MELLO, C.L.; MORAES, R.M.O.; MENDES, J.; HEILBRON, M.; ALMEIDA, J.C.H.; TETZNER, W. **Geologia e Recursos Minerais da Folha Casemiro de Abreu, SF.23-Z-B-V**: texto e mapas. Programa Geologia do Brasil. PGB. Belo Horizonte: CPRM/UERJ. 1ed. Belo Horizonte: CPRM, 2012.
- GERALDES M.C.; ALMEIDA, B.S.; TAVARES JR., A.; DUSSIN, I.; CHEMALE F. U-Pb and Lu-Hf calibration of the new LA-ICP-MS Multilab at Rio de Janeiro State University. In: Geoanalysis 2015. Leoben. **Geoanalysis**, 2015.
- HALLIDAY, A.N., LEE, D.-C., CHRISTENSEN, J.N., WALDER, A.J., FREEDMAN, P.A., JONES, C.E. HALL, C.M., TEAGLE, D. Recent developments in inductively coupled plasma magnetic sector multiple collector mass spectrometry Intl. J. Mass Spec. Ion Proc., 146/147 pp. 21-33. 1995.
- HEILBRON, M. & MACHADO, N. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira Belt (SE Brazil). **Precambrian Research**. v.125:87 – 112. 2003.
- HEILBRON, M.; SIMÕES, L.S.A.; ALVES, R.P.; CHRISPIM, S.J. Geologia do Cabo dos Búzios. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 54, n.3, p. 553-562. 1982.
- HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J.; JANASI, V.C. A Província Mantiqueira. In: V. MANTESSO-NETO; A. BARTORELLI; C.D.R. CARNEIRO; B.B. BRITO NEVES (eds.) **O Desvendar de um Continente: A Moderna Geologia da América do Sul e o Legado da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo, Ed. Beca, Cap. XIII, p. 203-234. 2004.
- HOSKIN, P.W.O. & SCHALTEGGER, U. The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis **Rev. Mineral. Geochem.**, 53, pp. 27-62. 2003.
- KOŠLER, J. AND SYLVESTER, P.J. Present Trends and the Future of Zircon in Geochronology: Laser Ablation ICPMS. Reviews in Mineralogy and Geochemistry 53(1):243-275. In: Zircon Chapter: 9 Present Trends and the Future of Zircon in Geochronology: Laser Ablation ICPMS Publisher: Reviews in Mineralogy & Geochemistry Editors: Hanchar JM and Hoskin PWO. 2023. DOI: 10.1515/9781501509322-012
- KRÖNER, A.; ROJAS-AGRAMONTE, Y., HEGNER, E.; HOFFMAN, K.-H.; WINGATE, M.T.D. SHRIMP zircon dating and Nd isotopic systematics of Paleoproterozoic migmatitic orthogneisses in the Epupa Metamorphic Complex of northwest Namibia. **Precambrian Research**, 183: 50-69. 2010.
- LEONARDOS, JR. O.H. & FYFE, W.S. Ultrametamorphism and melting of a continental margin: The Rio de Janeiro Region, Brazil. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, 46:201-214. 1974.
- LUDWIG, K. R. **Isoplot 3.00: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel**. Berkeley Geochronological Center, Spec. Publ. No. 4, 70 p. 2003.
- MACHADO, M.S.; POTRATZ, G.L.; ALVES, M.I.; ALMEIDA, B.S.; TAVARES JR, A.D.; NUMMER, A.R.; NOGUEIRA, C.C.; SANTOS, A.C.; GERALDES, M.C. SHRIMP U-Pb data of the Paleoproterozoic, Região dos Lagos Complex, Rio de

- Janeiro, Brazil: Implications to Ribeira Belt evolution. **Journal of Sedimentary Environments**, 2 (4): 301-318. 2017.
- MACHADO, R. & DEMANGE, M.. Granitogênese brasileira no Estado do Rio de Janeiro. Caracterização geoquímica, modelo tectônico e considerações geológicas sobre o embasamento e a cobertura do cinturão Ribeira na região. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 37, S.P. **Boletim de Resumos Expandidos**, 1: 379-380. 1992.
- McCOURT, S.; ARMSTRONG, R.A.; JELSMA, H.; MAPEO, R.B.M. New U-Pb SHRIMP ages from the Lubango region, SW Angola: insights into the Paleoproterozoic evolution of the Angolan Shield, southern Congo Craton, Africa. **Journal of the Geological Society of London**, 170: 353-363. 2013.
- MONIÉ, P.; BOSCH, D.; BRUGUIER, O.; VAUCHEZ, A.; ROLLAND, Y.; NSUNGANI, P.; BUTA NETO, A. The Late Neoproterozoic/Early Palaeozoic evolution of the West Congo Belt of NW Angola: geochronological (U-Pb and Ar-Ar) and petrostructural constraints. **Terra Nova**, 24(3):238-247. 2012.
- NOCE, C.; PEDROSA-SOARES, A.C.; SILVA, L.C.; ARMSTRONG, R.; PIUZANA, D. Evolution of polycyclic basement complexes in the Araçuai Orogen, based on U Pb SHRIMP data: Implications for Brazil Africa links in Paleoproterozoic time? *Precambrian Research* 159: 60-78, 2007.
- PATCHETT, P. J. & TATSUMOTO, M. Lu/Hf in chondrites and definition of a chondritic hafnium growth curve. **Lunar Planet. Sci.** XII, 822 – 824. 1981.
- REIS, A.P. & LIGHT, O.A.B. **Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro, Mapa Geológico da Folha Barra de São João**. Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro, Niterói, inédito. 1977
- REIS, A.P.; NUNES, H.H.R.; CHIAVEGATTO, J.R.S.; LIMA, P.R.A.; ROCHA, R.L.S. **Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro: Geologia e Recursos Minerais das Folhas de Cabo Frio e Farol do Cabo**. Niterói, DRM-RJ. 1980.
- RIBEIRO, A.; TEIXEIRA, W.; DUSSIN, I.A.; ÁVILA, C.A.; NASCIMENTO, D. U–Pb LA–ICP–MS Detrital Zircon Ages of the São João del Rei and Carandaí Basins: New Evidence of Intermittent Proterozoic Rifting in the São Francisco Palecontinent. **Gondwana Research**, 24: 713-726. 2013.
- SCHERER, E.; MÜNKER, C.; MEZGER, K. Calibrating the Lu–Hf clock: **Science**, v. 293, p. 683–686. 2001.
- SCHMITT, R.S.; TROUW, R.A.J.; PASSCHIER, C.W.; MEDEIROS, S.R.; ARMSTRONG, R.A. 530 Ma syntectonic syenites and granites in NW Namibia - Their relation with collision along the junction of the Damara and Kaoko Belts. **Gondwana Research** 21, 362-377. 2012a.
- SCHMITT, R.S.; GÓES, N.F.B.; MORAES, J.M.; GUERRA, J.V.; MELLO, C.L.; MORAES, R.M.O.; MENDES, J.; HEILBRON, M.; ALMEIDA, J.C.H.; TETZNER, W. GERALDES, M.C. **Geologia e Recursos Minerais da Folhas Cabo Frio e Rio das Ostras, SF.23-Z-B-VI e SF.24-Y-A-IV: texto e mapas**. Programa Geologia do Brasil PGB. Belo Horizonte: CPRM/UERJ. 1ed. Belo Horizonte: CPRM. 2012b.
- SCHMITT, R.S.; TROUW, R.A.J.; VAN SCHMUS, W.R.; PIMENTEL, M. M. Late amalgamation in the central part of West Gondwana: new geochronological data and the characterization of a Cambrian orogeny in the Ribeira Belt—SE Brazil. **Precambrian Research**, 133, 29–61. 2004.
- SCHMITT, R.S.; TROUW, R.A.J.; MEDEIROS, S.R.; DANTAS, E.L. Age and geotectonic setting of Late-Neoproterozoic juvenile mafic gneisses and associated paragneisses from the Ribeira Belt (SE Brazil): geochemistry and Sm–Nd data - implications on Gondwana assembly. **Gondwana Research**, 13:502-515. 2008.
- SETH, B.; KRONER, A.; MEZGER, K.; NEMCHIN, A. A.; PIDGEON, R. T.; OKRUSCH, M. Archean to neoproterozoic magmatic events in the Kaoko belt of NW Namibia and their geodynamic significance. **Precambrian Research**, 92, 341–363. 1998.
- SETH, B.; SETH, M.; WIFLDE, M.; HOFFMANN, K.H. The Voetspoor intrusion, Southern Kaoko Zone, Namibia: mineralogical, geochemical and isotopic constraints for the origin of a syenitic magma. In: MILLER, R. MCG. (ed.) Henno Martin Memorial Volume. **Communications of the Geological Survey of Namibia**, 12, 125–137. 2000.
- SILVA, L.C. DA; ARMSTRONG, R.; NOCE, C.M.; PIMENTEL, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; LEITE, C.; VIEIRA, V.S.; PAES, V.C. Reavaliação U-Pb SHRIMP em terrenos pré-cambrianos brasileiros. Parte II: Orógeno Araçuai, Cinturão Mineiro e Cráton São Francisco Meridional. **Revista Brasileira de Geociências**, 32 (4): 513-52. 2002.
- TROMPETTE, R. **Geology of Western Gondwana (2000 - 500 Ma)** A.A. Balkema Rotterdam, 350 pp. 1994.
- TROUW, R.A.J.; HEILBRON, M.; RIBEIRO, A.; PACIULLI, F.V.P.; VALERIANO, C.M.; ALMEIDA, J.C.H.; TUPI-NAMBA, M.; ANDREIS, R. The central segment of the Ribeira Belt. In: U.G. CORDANI, E.J. MILANI, A. THOMAZ FILHO, D.A. CAMPOS (eds.) **Tectonic Evolution of South America**, Rio de Janeiro, 2000: 287-310. 2000.
- TUPINAMBA, M.; TEIXEIRA, W.; HEILBRON, M. Neoproterozoic Western Gondwana assembly and subduction-related plutonism: the role of Rio Negro Complex in the Ribeira Belt, South-eastern Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, 30: 7-11. 2000.
- VALLADARES, C.S.; SOUZA, S.F.M.; RAGATKY, D. The Quirino Complex: a Transamazonian Magmatic Arc of the Central Segment of the Brasiliano/Pan-African Ribeira Belt, SE Brazil. **Revista Universidade Rural, Série Ciências Exatas e da Terra**, 22. 2003.
- VALLADARES, C.S.; MACHADO, N.; HEILBRON, M.; DUARTE, B.P.; GAUTHIER, G. Sedimentary provenance in the Central Ribeira Belt based on laser-ablation ICPMS 207Pb/206Pb zircon ages. **Gondwana Research**, 13:516-526. 2008.
- VIANA, S.M.; VALLADARES, C.S.; DUARTE, B.P. Geoquímica dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos, Araruama-Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, 27(1):111-120. 2008.
- VIEIRA, T.A.T.; SCHMITT, R.S.; MENDES, J.C.; MORAES, R.; LUVIZOTTO, G.L.; SILVA, R.L.A.; VINAGRE, R.; MEDEIROS, S.R.; Contrasting P-T-t paths of basement and cover within the Búzios Orogen, SE Brazil – Tracking Ediacaran-Cambrian subduction zones. **Precambrian Research**. 368, 106479. 2022.
- WOODHEAD, J.A.; ROSSMAN, G.R.; SILVER, L.T. The metamictization of zircon: Radiation dose-dependent structural characteristics. **American Mineralogist**, v. 76, p. 74 – 82. 2004.
- ZIMBRES, E.; KAWASHITA, K.; VAN SCHMUS, W.R., Evidências de um núcleo Transamazônico na Região de Cabo Frio, RJ e sua correlação com o cráton de Angola, Africa. Congresso Brasileiro de Geologia, 36, **Anais...** Sociedade Brasileira de Geologia. 1990.

Submetido em 18 de julho 2024

Aceito para publicação em 27 de agosto de 2025

APÊNDICE 1. Dados isotópicos U-Pb das amostras estudadas nesta investigação.

	207/235	1sigma	206/238	1 sigma	coef. corr	238/206	1sigma	207/206	1 sigma	Pb total comum %	Th ppm	U ppm	Th/U	T206/238 1 sigma	idades T207/235 1 sigma	idades T207/206 1 sigma	idades T207/206 1 sigma	Conc. 206/238 207/235		
CRL1-006A	4,520153	0,150594	0,289229	0,007338	0,761543	3,457462	0,087722	0,112418	0,00112	4,19258	78,29491	186,0362	0,420859	1,637678	0,0366	1,734686	0,027329	1,840903	0,017593	94,40772
CRL1-008A	4,45966	0,12415	0,294165	0,005718	0,698250	3,399458	0,066079	0,110108	0,001065	4,461661	155,9437	101,9803	1,529155	1,662307	0,02843	1,723497	0,022831	1,803912	0,017173	96,44962
CRL1-001E	4,479613	0,130409	0,294402	0,007481	0,872826	3,396718	0,086309	0,110424	0,000853	3,982639	172,7893	110,4709	1,564117	1,663489	0,037159	1,727202	0,023882	1,809041	0,013723	96,31121
CRL1-003E	4,946342	0,107832	0,314658	0,004858	0,708129	3,178058	0,049061	0,114179	0,000816	3,037794	147,0077	140,7328	1,044587	1,763585	0,023786	1,810201	0,018248	1,86847	0,012596	97,42485
CRL1-006E	4,975907	0,102056	0,310136	0,004201	0,660403	3,224396	0,043674	0,115647	0,000883	3,388114	134,0296	253,6581	0,528387	1,741374	0,020648	1,815237	0,017194	1,891038	0,0134	95,93095
CRL1-007E	4,953294	0,130499	0,307334	0,00574	0,708959	3,253786	0,060775	0,115572	0,000897	3,124996	167,0316	237,8205	0,702343	1,727575	0,028255	1,811387	0,022017	1,889887	0,013625	95,37306
CRL1-013E	5,669222	0,131862	0,348648	0,006184	0,762621	2,868219	0,050877	0,116454	0,000954	2,429673	88,34927	117,9967	0,748743	1,928141	0,029506	1,926693	0,01988	1,903296	0,014351	100,0752
CRL2-001E	6,357932	0,464311	0,376374	0,028788	0,900000	2,656931	0,203225	0,122734	0,000594	0,069026	227,2372	191,026	1,189562	2,059323	0,133457	2,02648	0,062134	1,995309	0,008409	101,6207
CRL2-002E	6,707789	0,487778	0,393313	0,029975	0,900000	2,542502	0,193771	0,123394	0,000599	0,169124	144,8328	150,2409	0,964003	2,138176	0,137231	2,073647	0,062306	2,004657	0,008435	103,1119
CRL2-003E	6,110058	0,443481	0,358828	0,027295	0,900000	2,78685	0,211987	0,123192	0,000604	0,024375	140,1531	207,9811	0,673874	1,976617	0,12822	1,991684	0,061437	2,001806	0,008524	99,24347
CRL2-004E	5,892197	0,429207	0,349695	0,026647	0,900000	2,859637	0,217905	0,121762	0,000736	0,50628	37,37534	31,59647	1,182896	1,933141	0,126044	1,960085	0,061341	1,981444	0,010523	98,62535
CRL2-005E	6,417995	0,468267	0,390913	0,029848	0,900000	2,558115	0,195324	0,121503	0,000603	0,406227	116,469	111,8305	1,041478	2,127061	0,136886	2,034735	0,062155	1,977726	0,008649	104,5375
CRL2-006E	6,137025	0,446043	0,360049	0,027399	0,900000	2,777401	0,211358	0,122607	0,000731	0,54271	41,48631	37,02944	1,12036	1,982405	0,128592	1,995528	0,061554	1,993512	0,010364	99,34238
CRL2-007E	5,201644	0,379049	0,30784	0,023509	0,900000	3,248445	0,248076	0,122481	0,000599	0,071167	94,41296	209,9305	0,449734	1,730067	0,11486	1,852886	0,060238	1,991714	0,008506	93,37149
CR2-008B	6,266036	0,458025	0,370227	0,028336	0,900000	2,701042	0,206726	0,122832	0,0006	0,189762	95,83398	85,52867	1,12049	2,030471	0,131963	2,013719	0,06207	1,9967	0,008487	100,8319
CR20-009E	6,435863	0,468781	0,380803	0,029062	0,900000	2,626033	0,200411	0,122596	0,000602	0,147495	183,4612	161,7615	1,134146	2,080032	0,134284	2,037178	0,062076	1,993357	0,008533	102,1036
CRL2-010E	6,318364	0,46174	0,377563	0,028843	0,900000	2,648567	0,20233	0,121139	0,000625	0,317182	82,20137	94,19657	0,872658	2,064888	0,133593	2,021005	0,062124	1,972474	0,008985	102,1714
CRL2-011E	5,165393	0,376328	0,309014	0,023572	0,900000	3,236095	0,24685	0,121528	0,000603	#DIV/0!	137,1607	106,0926	1,292839	1,735855	0,115061	1,846933	0,06016	1,978079	0,008633	93,98581
CRL2-0012	6,753312	0,49516	0,411311	0,03141	0,900000	2,431249	0,185665	0,120566	0,000929	1,483419	30,03226	24,35738	1,232984	2,220913	0,141914	2,079626	0,06286	1,964192	0,013413	106,7939
CRL2-013A	6,301682	0,45977	0,371612	0,028377	0,900000	2,690978	0,205487	0,122424	0,000679	0,58576	41,09416	42,45554	0,967934	2,036982	0,132021	2,018688	0,062004	1,990905	0,009646	100,9062
CRL03-001	7,095709	0,210864	0,423528	0,010632	0,844773	2,361116	0,059274	0,120608	0,000665	0,053292	173,0447	248,6186	0,696025	2,276478	0,047984	2,123505	0,026109	1,964805	0,009613	107,2038
CRL03-002	6,898899	0,209739	0,412632	0,010645	0,848558	2,423469	0,06252	0,120937	0,000668	0,053292	213,6896	238,026	0,897757	2,226942	0,04841	2,098516	0,02661	1,96956	0,009625	106,1198
CRL03-003	6,847091	0,214986	0,411523	0,010709	0,828779	2,429999	0,063234	0,118389	0,000804	0,053292	73,56742	40,5285	1,815202	2,22188	0,048737	2,091834	0,027444	1,932265	0,011872	106,2168
CRL03-004	9,352187	0,281272	0,560668	0,014219	0,843266	1,783586	0,045235	0,120821	0,000667	0,053292	7,426089	23,22067	0,319805	2,86939	0,058487	2,373151	0,02722	1,967888	0,009615	120,9105
CRL3-005A	6,692347	0,203654	0,402536	0,01041	0,849791	2,484248	0,064242	0,120304	0,000667	0,053292	116,4484	66,20532	1,758898	2,180707	0,047683	2,071611	0,026532	1,960384	0,009673	105,2663
CRL03-006	6,785832	0,202707	0,409148	0,010293	0,842164	2,444105	0,061487	0,120347	0,000667	0,053292	43,08608	55,31633	1,778904	2,211024	0,046931	2,083876	0,026098	1,961006	0,009666	106,1015
CRL03-007	6,671325	0,195754	0,400794	0,009852	0,837756	2,495049	0,061333	0,120344	0,000664	0,053292	283,3397	240,3413	1,178906	2,172693	0,045196	2,068832	0,025585	1,960968	0,009623	105,0203
CRL03-008	6,688131	0,195041	0,399436	0,009706	0,833284	2,503532	0,060837	0,121329	0,000672	0,053292	149,6813	173,0624	0,864898	2,16644	0,044572	2,071054	0,025438	1,975222	0,009639	104,6057
CRL3-009A	6,651754	0,195116	0,399287	0,009799	0,836620	2,504465	0,061461	0,120773	0,000663	0,053292	238,8021	138,6245	1,722655	2,165755	0,044999	2,066238	0,025567	1,967186	0,009573	104,8163
CRL3-010A	6,687384	0,194822	0,402633	0,009783	0,834054	2,48365	0,060349	0,120349	0,000668	0,053292	98,23913	91,56434	1,072897	2,181153	0,044822	2,070955	0,025412	1,961035	0,009679	105,3211
CRL03-011	6,309009	0,184196	0,38187	0,009323	0,836180	2,61869	0,06393	0,120943	0,000698	0,053292	131,3677	67,91178	1,934388	2,085015	0,043357	2,019706	0,025272	1,969644	0,01005	103,2336
CRL03-001	6,967187	0,204264	0,409365	0,010175	0,847815	2,442808	0,060719	0,122954	0,000703	0,053292	295,479	199,5877	1,480447	2,212017	0,046389	2,107256	0,025704	1,998429	0,009929	104,9714
CRL03-013	7,880913	0,227166	0,472732	0,011328	0,831300	2,115363	0,050689	0,120849	0,000665	0,053292	248,8692	251,0565	0,991288	2,495531	0,04941	2,2175	0,025646	1,968288	0,009594	112,538
CRL07-001	5,544813	0,161031	0,336841	0,009774	0,900000	2,968756	0,086147	0,11196	0,000652	0,232294	54,98974	78,91489	0,696823	1,871456	0,046974	1,907572	0,02468	1,950114	0,009515	98,1067
CRL07-003	6,297128	0,16968	0,379456	0,0103	0,900000	2,635351	0,071533	0,120527	0,000633	0,263013	191,8245	137,5303	1,39478	2,073743	0,047968	2,018054	0,02334	1,963628	0,009164	102,7595
CRL07-004	6,424866	0,181693	0,387469	0,010941	0,900000	2,580852	0,072874	0,120441	0,000633											

APÊNDICE 1. Dados isotópicos U-Pb das amostras estudadas nesta investigação (continuação)

CR108-011	6, 262016	0,1485	0,900000	2,659224	0,081213	0,121023	0,000609	<0,001	284,1613	155,7708	1,824227	2,0517803	0,053393	2,013157	0,026161	1,970808	0,008771	102,2177
CR108-013	6, 563828	0,177478	0,391382	2,555046	0,069639	0,121717	0,000615	0,113822	297,9924	190,9246	1,560786	2,129236	0,049248	2,054503	0,02355	1,980793	0,008789	103,6375
CR107-003	7, 212398	0,438733	0,008638	0,564110	2,279293	0,044873	0,000776	0,3083	76,74055	34,39098	2,231415	2,344964	0,038601	2,138036	0,030654	1,933559	0,011448	109,6784
CR107-004	7, 447071	0,265159	0,450387	0,009373	0,584484	2,220315	0,006791	0,119832	45,72958	45,1642	1,012518	2,396971	0,041541	2,166644	0,031383	1,9535	0,011519	110,6306
CR107-005	7, 444863	0,264458	0,009159	0,564357	2,188827	0,04388	0,000773	0,555042	57,63724	33,60279	1,715252	2,425704	0,040416	2,166379	0,03131	1,941153	0,011349	111,9704
CR107-007	7, 892224	0,290046	0,485366	0,011396	0,638862	2,060302	0,000751	0,141394	120,9012	63,19263	1,913216	2,550595	0,049285	2,218797	0,032591	1,958782	0,010898	114,9542
CR107-008	7, 183917	0,250581	0,428489	0,008591	2,333782	0,046792	0,000744	0,067781	153,1279	124,5426	1,229523	2,298903	0,038669	2,134509	0,030623	1,976284	0,010667	107,7017
CR107-01C	7, 599758	0,266183	0,45864	0,009282	0,577800	2,180357	0,000744	0,32451	90,25394	59,71753	1,511347	2,433552	0,040906	2,184834	0,030952	1,955923	0,01081	111,3838
CR107-012	7, 285421	0,255103	0,436506	0,008762	0,573275	2,290921	0,004598	0,137046	28,81089	101,0532	1,2334978	0,039217	2,147025	0,030791	1,965545	0,010739	108,7541	
CR108-001	6, 450454	0,145273	0,38784	0,008339	0,900000	2,578382	0,005437	0,049758	327,5537	303,0019	1,081029	2,112804	0,038631	2,039168	0,0119608	1,959551	0,004281	103,611
CR108-002	6, 863458	0,099944	0,411553	0,00602	0,900000	2,429821	0,035544	0,121033	0,054544	66,76349	1,365888	2,222018	0,02745	2,09395	0,012824	1,960764	0,004055	106,1161
CR108-003	6, 397577	0,102777	0,383535	0,006198	0,900000	2,607323	0,042133	0,121035	0,000216	<0,001	44,32102	47,20089	0,038987	2,092776	0,031936	0,01401	1,970974	102,9942
CR108-005	6, 112235	0,094875	0,366545	0,005811	0,900000	2,728176	0,043249	0,120862	0,000225	<0,001	238,5763	144,7206	1,648531	2,013124	0,027366	1,991995	1,968485	101,0607
CR108-007	5, 801212	0,104443	0,346039	0,006086	0,900000	2,889849	0,050829	0,118466	50,61717	97,00137	1,921756	1,915656	0,024934	1,946592	0,015474	1,933402	0,005901	98,41077
CR108-008	5, 761314	0,085428	0,345601	0,005212	0,900000	2,893507	0,04638	0,12088	46,31468	244,7714	0,189216	1,91356	0,029496	1,940618	0,012749	1,968743	0,003129	98,60572
CR108-001	6, 783083	0,102966	0,40945	0,006239	0,900000	2,469472	0,03805	0,121436	0,000222	<0,001	280,3417	223,6748	1,253345	2,191769	0,02858	2,083518	0,00319	105,1956
CR108-001	6, 535508	0,127873	0,387958	0,007184	0,900000	2,577598	0,047732	0,122551	223,7778	115,4055	1,939057	2,113352	0,033295	2,050694	0,017086	1,99271	0,017015	103,0554
CR108-002	7, 180798	0,122644	0,426945	0,006434	0,882284	2,342221	0,035295	0,121807	159,4923	214,6493	0,743037	2,291932	0,029014	2,134122	0,015109	1,982081	0,015513	107,3946
CR108-003	7, 076916	0,156854	0,420112	0,008892	0,900000	2,380319	0,050382	0,121824	222,4657	115,4475	1,926985	2,260987	0,040253	2,121146	0,011953	1,982329	0,015987	106,5927
CR108-006	6, 53477	0,165265	0,387938	0,009534	0,900000	2,577732	0,063348	0,122266	186,0198	160,9401	1,155833	2,113258	0,04142	2,050595	0,02203	1,988655	0,015536	103,0559
CR108-001	6, 647361	0,137193	0,400288	0,007618	0,900000	2,498202	0,047544	0,120313	290,2824	155,4372	1,224175	2,170365	0,03499	2,065655	0,018054	1,960512	0,015788	105,0691
CR108-013	7, 241219	0,134181	0,434262	0,00736	0,900000	2,302759	0,039025	0,121998	307,3086	154,4726	1,289405	2,3249	0,033009	2,141593	0,016399	1,984818	0,015385	108,5594
CR109-001	5, 894834	0,193219	0,355325	0,012726	0,900000	2,814323	0,100799	0,120408	67,29671	58,95146	1,141561	1,959977	0,060262	1,960474	0,028063	1,961895	0,008709	99,97469
CR109-002	5, 45728	0,176697	0,327399	0,011628	0,900000	3,054375	0,108482	0,120512	133,9974	143,2276	0,935555	1,825763	0,056238	1,893901	0,027412	1,963412	0,008483	96,40226
CR109-003	5, 893764	0,192566	0,352924	0,012624	0,900000	2,833474	0,101352	0,120938	78,95584	65,56898	1,204165	1,948544	0,059884	1,960316	0,027974	1,969581	0,008416	99,3995
CR109-004	6, 780314	0,227096	0,401287	0,014578	0,900000	2,49198	0,100598	0,122031	81,65476	86,46271	0,946271	1,974964	0,066733	2,083158	0,029213	1,985299	0,008524	104,4071
CR109-006	5, 971113	0,199268	0,357274	0,013025	0,900000	2,798972	0,102043	0,121294	66,6679	98,1553	1,21	1,969239	0,061582	1,971645	0,028617	1,974712	0,008347	99,87797
CR109-008	6, 189653	0,201327	0,371672	0,013262	0,900000	2,690544	0,096003	0,120873	39,526	34,36897	1,150049	2,037263	0,062041	2,002988	0,028042	1,968636	0,008638	101,7112
CR109-005	6, 33367	0,20587	0,38217	0,013646	0,900000	2,616636	0,093433	0,120535	36,20737	58,56279	0,969493	2,086413	0,023126	1,96374	0,028112	1,963348	0,008366	103,1282
CR109-01C	6, 314444	0,205142	0,378139	0,013431	0,900000	2,644533	0,093933	0,120368	66,81387	33,59302	1,095879	2,07583	0,062536	2,020461	0,028086	1,961316	0,009832	102,3322
CR109-011	6, 617622	0,2229437	0,395123	0,01485	0,900000	2,530857	0,09512	0,12175	112,0318	76,45498	1,465338	2,146544	0,06827	2,061699	0,030131	1,98127	0,008442	104,1153
CR109-001	6, 162484	0,199973	0,364376	0,012984	0,900000	2,744414	0,097797	0,122043	80,71747	67,17552	1,20159	2,002885	0,061072	1,999144	0,02796	1,985458	0,008367	100,1871
CR109-013	5, 541182	0,206522	0,324865	0,013123	0,900000	3,078198	0,124345	0,12331	125,2167	136,4579	0,917622	1,813446	0,063551	1,907009	0,031563	2,003472	0,008335	95,09375
CR1-10-01	5, 662935	0,261915	0,340524	0,017941	0,900000	2,936651	0,154721	0,121001	42,28304	57,86898	0,730668	1,889189	0,085716	1,925735	0,039149	1,970483	0,013025	98,10226
CR1-10-03	5, 757735	0,267168	0,339848	0,017989	0,900000	2,942494	0,155757	0,123643	275,5783	214,0824	1,287623	1,885939	0,085989	1,94008	0,03937	2,008175	0,012536	97,20925
CR1-10-05	5, 716684	0,266617	0,34458	0,01826	0,900000	2,902087	0,153786	0,121834	63,47554	52,50371	1,208973	1,908663	0,08968	1,933893	0,039526	1,982466	0,012915	98,69539
CR1-10-11	5, 894415	0,271295	0,350123	0,018402	0,900000	2,856141	0,150118	0,12247	183,0844	85,0064	2,153771	1,935185	0,087285	1,960412	0,039189	1,991559	0,012837	98,71317
CR1-10-13	6, 017904	0,297735	0,354408	0,019347	0,900000	2,821609	0,15403	0,12283	48,92113	41,30436	1,184406	1,955612	0,091445	1,978438	0,042189	1,996671	0,014269	98,84624
CR1-10-01	5, 65591	0,262439	0,340766	0,018011	0,900000	2,934567	0,155103	0,120743	42,01517	58,18089	0,722147	1,890353	0,086032	1,924664	0,039267	1,966761	0,011362	98,21729
CR1-10-03	5, 615088	0,25939	0,331348	0,01748	0,900000	3,017972	0,159209	0,123558	279,0082	216,6627	1,287753	1,849414	0,084099	1,918417	0,039054	2,006972	0,010831	96,16854
CR1-10-05	5, 785088	0,268667	0,344387	0,01822	0,900000	2,903712	0,153621	0,121628	63,76842	52,91482	1,205115	1,907739	0,086791	1,944182	0,03943	1,979518	0,011179	98,12553
CR1-10-08	5, 896125	0,275372	0,352438	0,018723	0,900000	2,837382	0,150733	0,121888	417,966	111,1301	3,761051	1,946228	0,088644	1,960664	0,039757	1,983246	0,011424	99,26371
CR1-10-11	5, 951622	0,275859	0,353093	0,018655	0,900000	2,832114	0,149629	0,122534	165,9765	83,37824	1,990645	1,949352	0,088282	1,968802	0,039514	1,992463	0,01119	99,01205
CR1-10-13	6, 136011	0,306478	0,360702	0,019828	0,900000	2,772374	0,152396	0,122912	47,86987	40,51324	1,181586	1,985499	0,09327	1,995384	0,042698	1,997837	0,012894	99,50461
CR12-00C	5, 306021	0,261472	0,322049	0,012853	0,809885	3,10512	0,123925	0,118896	169,982	236,6674	0,718232	1,799727	0,062381	1,869833	0,041252	1,939976	0,008993	96,25068
CR12-011	5, 427593	0,266575	0,327613	0,012999	0,807873	3,052384	0,121114	0,120358	139,6604	151,5428	0,92159	1,8268	0,062825	1,889222	0,041262	1,961177	0,009099	96,69592
CR12-013	5, 335019	0,262416	0,320886	0,012759	0,808374	3,116376	0,123913	0,120574	174,8428	141,5367	1,235318	1,794052	0,061982	1,874491	0,041213	1,964309	0,009036	95,70875
CR12-002	5, 249635	0,174152	0,319509	0,008873	0,837134	3,1298	0,086918	0,119718	189,6655	207,0103	1,078732	1,860713	0,043216	1,860741	0,027908	1,951835	0,015518	96,0563
CR12-003	5, 204101	0,076486	0,310166	0,003736	0,819628	3,224076	0,038838	0,121466	225,4652	244,5234	0,92206	1,741526	0,018369	1,853288	0,012441	1,977193	0,012492	93,96951

APÊNDICE 2. Dados isotópicos Lu-Hf das amostras estudadas nesta investigação.

amostra		idade U-Pb	erro ±2s	CHUR	DM	amostra (razões atuais)				amostra(razões iniciais)			
				176Hf/177	176Hf/177	176Hf/177 ±2SE	176Lu/177	±2SE	176Hf/177	epsilon Hf ±2SE	TDM		
		(Ma)		(t)	(t)				(t)	(t)	crustal		
CRL 03													
CRL 03 001A (Lu-Hf)		1971	16	0,281526	0,281796	0,281386	3,81E-05	0,000772	2,29E-05	0,281357	-5,98107	0,223493	2,780307
CRL 03 002A (Lu-Hf)		1971	16	0,281526	0,281796	0,281401	5,49E-05	0,00045	4,35E-05	0,281384	-5,03452	0,525277	2,731469
CRL 03 003A (Lu-Hf)		1971	16	0,281526	0,281796	0,281412	6,72E-05	0,000474	2,91E-05	0,281394	-4,67131	0,323942	2,712717
CRL 03 005A (Lu-Hf)		1971	16	0,281526	0,281796	0,281335	4,09E-05	0,000486	3,55E-05	0,281317	-7,42163	0,600101	2,854549
CRL 03 006A (Lu-Hf)		1971	16	0,281526	0,281796	0,281392	8,39E-05	0,000415	4,13E-05	0,281377	-5,28121	0,567938	2,744202
CRL 03 008A (Lu-Hf)		1971	16	0,281526	0,281796	0,281348	6,87E-05	0,000627	7,02E-05	0,281324	-7,15572	0,858279	2,840853
CRL 03 011A (Lu-Hf)		1971	16	0,281526	0,281796	0,281394	7,93E-05	0,00026	1,96E-05	0,281384	-5,0361	0,418645	2,731551
CRL 03 012A (Lu-Hf)		1971	16	0,281526	0,281796	0,281332	5,17E-05	0,000728	4,55E-05	0,281305	-7,83291	0,550878	2,875726
CRL 07													
CRL 07 001A (Lu-Hf)		1964	13	0,28153	0,281801	0,281406	6,32E-05	0,000487	5,44E-05	0,281388	-5,03875	0,598008	2,725984
CRL 07 003A (Lu-Hf)		1964	13	0,28153	0,281801	0,281391	4,29E-05	0,000646	2,01E-05	0,281367	-5,78059	0,218708	2,764264
CRL 07 004A (Lu-Hf)		1964	13	0,28153	0,281801	0,281393	0,00013	0,000773	8,14E-05	0,281364	-5,89394	0,662583	2,77011
CRL 07 007A (Lu-Hf)		1964	13	0,28153	0,281801	0,281374	7,47E-05	0,001019	8,59E-05	0,281336	-6,87942	0,627444	2,820914
CRL 07 006A (Lu-Hf)		1964	13	0,28153	0,281801	0,281379	7E-05	0,000537	2,8E-05	0,281359	-6,08088	0,35879	2,779751
CRL 07 009A (Lu-Hf)		1964	13	0,28153	0,281801	0,281275	7,82E-05	0,000568	3,38E-05	0,281254	-9,81815	0,651292	2,972126
CRL 07 011A (Lu-Hf)		1964	13	0,28153	0,281801	0,28129	5,95E-05	0,000661	4,09E-05	0,281265	-9,42017	0,646738	2,951672
CRL 07 013A (Lu-Hf)		1964	13	0,28153	0,281801	0,281278	6,07E-05	0,000563	2,94E-05	0,281257	-9,70235	0,5735	2,966175
CRL 08													
CRL 08 001A (Lu-Hf)		1975	8	0,281523	0,281793	0,281317	7,9E-05	0,00105	0,000318	0,281278	-8,71078	2,681259	2,924161
CRL 08 003A (Lu-Hf)		1975	8	0,281523	0,281793	0,281414	0,00011	0,000577	2,8E-05	0,281392	-4,63963	0,247737	2,71434
CRL 08 002A (Lu-Hf)		1975	8	0,281523	0,281793	0,281321	0,000107	0,000772	8,23E-05	0,281292	-8,21488	0,916352	2,898646
CRL 08 005A (Lu-Hf)		1975	8	0,281523	0,281793	0,281233	6,84E-05	0,000615	3,11E-05	0,28121	-11,1162	0,615993	3,047747
CRL 08 007A (Lu-Hf)		1975	8	0,281523	0,281793	0,281356	7,93E-05	0,000844	6,93E-05	0,281324	-7,04881	0,612698	2,838605
CRL 08 008A (Lu-Hf)		1975	8	0,281523	0,281793	0,281364	0,000129	0,000381	5,23E-05	0,28135	-6,1484	0,875092	2,792195
CRL 08 001B (Lu-Hf)		1975	8	0,281523	0,281793	0,281319	0,000119	0,001292	0,000205	0,28127	-8,97297	1,471513	2,937645
CRL 08 006B (Lu-Hf)		1975	8	0,281523	0,281793	0,28137	0,000201	0,001101	0,00018	0,281329	-6,89951	1,164945	2,830912
CRL 09													
CRL 09 001A (Lu-Hf)		1981	15	0,281519	0,281788	0,281364	0,000168	0,000855	3,46E-05	0,281331	-6,66774	0,324368	2,823857
CRL 09 002A (Lu-Hf)		1981	15	0,281519	0,281788	0,281443	0,000427	0,000775	4,84E-05	0,281413	-3,75453	0,268676	2,673502
CRL 09 003A (Lu-Hf)		1981	15	0,281519	0,281788	0,281107	0,000168	0,000748	5,39E-05	0,281079	-15,6323	1,253087	3,2839
CRL 09 006A (Lu-Hf)		1981	15	0,281519	0,281788	0,281425	0,000196	0,00063	0,000115	0,281402	-4,16624	0,791913	2,694776
CRL 09 012A (Lu-Hf)		1981	15	0,281519	0,281788	0,281322	0,000301	0,00118	0,000156	0,281278	-8,57372	1,209472	2,921999
CRL 09 008A (Lu-Hf)		1981	15	0,281519	0,281788	0,281821	0,000384	0,000402	4,72E-05	0,281806	10,19957	1,2873	1,947399
CRL 09 006B (Lu-Hf)		1981	15	0,281519	0,281788	0,280624	0,001178	0,000665	4,22E-05	0,280599	-32,6828	2,460306	4,148145
CRL 09 008B (Lu-Hf)		1981	15	0,281519	0,281788	0,281233	0,000268	0,00033	2,22E-05	0,28122	-10,618	0,805448	3,027064
CRL 10													
CRL 10 001A (Lu-Hf)		1984	12	0,281518	0,281787	0,281234	6,8E-05	0,000418	5,95E-06	0,281218	-10,655	0,261667	3,029779
CRL 10 002A (Lu-Hf)		1984	12	0,281518	0,281787	0,281302	0,000171	0,000827	9,99E-05	0,281271	-8,78465	1,155486	2,933664
CRL 10 003A (Lu-Hf)		1984	12	0,281518	0,281787	0,281284	8,93E-05	0,000905	2,97E-05	0,28125	-9,52809	0,411341	2,971889
CRL 10 004A (Lu-Hf)		1984	12	0,281518	0,281787	0,281301	8,27E-05	0,000744	3,09E-05	0,281273	-8,7195	0,452432	2,930314
CRL 10 005A (Lu-Hf)		1984	12	0,281518	0,281787	0,281295	7,41E-05	0,000901	4,56E-05	0,281261	-9,14604	0,557968	2,952249
CRL 10 008A (Lu-Hf)		1984	12	0,281518	0,281787	0,281314	9,24E-05	0,000493	3,62E-05	0,281295	-7,93581	0,665915	2,889987
CRL 10 007A (Lu-Hf)		1984	12	0,281518	0,281787	0,281363	8,81E-05	0,00063	1,81E-05	0,28134	-6,34995	0,248637	2,80829
CRL 10 013A (Lu-Hf)		1984	12	0,281518	0,281787	0,281379	8,26E-05	0,000742	8,96E-05	0,281351	-5,95244	0,781056	2,787793
CRL 12													
CRL 12 006A (Lu-Hf)		1957	10	0,281535	0,281806	0,281193	0,000132	0,000829	3,87E-05	0,281162	-13,2332	0,691004	3,141604
CRL 12 011A (Lu-Hf)		1957	10	0,281535	0,281806	0,281128	0,000135	0,00065	1,59E-05	0,281103	-15,3197	0,459921	3,248359
CRL 12 013A (Lu-Hf)		1957	10	0,281535	0,281806	0,281212	8,97E-05	0,000796	5,2E-05	0,281182	-12,5254	0,885776	3,105345
CRL 12 007A (Lu-Hf)		1957	10	0,281535	0,281806	0,281177	0,000114	0,00076	4,26E-05	0,281149	-13,6983	0,842725	3,165417
CRL 12 005B (Lu-Hf)		1957	10	0,281535	0,281806	0,281163	9,66E-05	0,000331	1,53E-05	0,281151	-13,6224	0,704408	3,161534
CRL 12 003B (Lu-Hf)		1957	10	0,281535	0,281806	0,281194	0,000107	0,000603	6,1E-05	0,281171	-12,9064	1,375054	3,124868
CRL 12 006B (Lu-Hf)		1957	10	0,281535	0,281806	0,281024	0,000156	0,000799	7,61E-05	0,280994	-19,1865	1,935249	3,445636