



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 612

**GEOCRONOLOGIA U-Pb LA-ICP-MS EM ZIRCÃO DAS
ROCHAS DO GRUPO JACAREACANGA, DOMÍNIO
TAPAJÓS, CRÁTON AMAZÔNICO, BRASIL**

Dissertação apresentada por:

JENNY ALEXANDRA ORTEGA CARDOZO

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Galarza Toro (UFPA)

Coorientador: Dr. Marcelo Lacerda Vasquez (CPRM)

BELÉM- PARÁ

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBDSistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará

Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O77g Ortega Cardozo, Jenny Alexandra.
Geocronologia U-Pb LA-ICP-MS em zircão das rochas do Grupo Jacareacanga, Domínio Tapajós, Cráton Amazônico, Brasil. / Jenny Alexandra Ortega Cardozo. — 2022.
xvii, 82 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Marco Antonio Galarza Toro
Coorientador(a): Prof. Dr. Marcelo Lacerda Vasquez
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2022.

1. Geocronologia U-Pb zircão por LA-ICP-MS. 2. Domínio Tapajós. 3. Grupo Jacareacanga. 4. Arco Cuiú-Cuiú.
I. Título.

CDD 551.701



Universidade Federal do Pará

Instituto de Geociências

Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**GEOCROLOGIA U-Pb LA-ICP-MS EM ZIRCÃO DAS
ROCHAS DO GRUPO JACAREACANGA, DOMÍNIO
TAPAJÓS, CRÁTON AMAZÔNICO, BRASIL**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR:


JENNY ALEXANDRA ORTEGA CARDOZO


**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de
GEOQUÍMICA E PETROLOGIA, Linha de Pesquisa GEOCROLOGIA E
GEOLOGIA ISOTÓPICA.**

Data de Aprovação: 02 / 02 / 2022

Banca Examinadora:


Prof. Dr. Marco Antonio Galarza Toro
(Orientadora-UFPA)


Dr.ª Joseneusa Brilhante Rodrigues
(Membro – CPRM/DF)


Prof. Dr. Cláudio Nery Lamarão
(Membro- UFPA)

*Dedico este trabalho a minha mãe
e minha prima, com tudo meu amor e gratidão.*

AGRADECIMENTOS

Eu sou grata a Deus pela vida, pela sua proteção e as suas bênçãos. Por toda a coragem, determinação, luz e força na escolha da direção correta a tomar. Por dar-me a oportunidade de conhecer tantas pessoas boas e por todas as conquistas alcançadas durante a minha vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) e o Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA), por proporcionar a infraestrutura para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de estudo (Processo 88887.351816/2019-00).

Ao Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso/UFPA) pela infraestrutura laboratorial e pelo suporte na aquisição dos dados isotópicos.

Ao Laboratório de Laminação da Faculdade de Geologia (FAGEO) do IG/UFPA e aos técnicos Joelma de Jesus Lobo e Bruno Fernandes Veras pela confecção das seções polidas com zircões (mounts), essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

À CPRM, representada pelo meu coorientador o geólogo Marcelo Lacerda Vasquez (CPRM – Belém), de onde foi utilizado material disponível como informação, amostras e estudos anteriores do projeto coordenado pelo senhor, para a realização desta pesquisa. Além disso, a utilização dos laboratórios e orientação de profissionais que me proporcionou grandes experiências.

Agradeço a minha mãe Luisa Cardozo e minha prima Milena Rios, por todo o apoio e pela compreensão em todos os momentos e por seus bons desejos e conselhos quando eu mais precisava, pelo amor, carinho e essa força encorajadora que elas sempre transmitem para mim.

Aos meus irmãos Oscar e Fabian e minha melhor amiga Alba Lopez que desde a distância me incentivaram a conquistar um futuro melhor e a minha família em geral.

Ao meu orientador Marco Antonio Galarza pela orientação e confiança em mim depositada, pelo apoio incondicional, por ter me dado a oportunidade de trabalhar com ele sem me conhecer e de estar aqui no Brasil, pela disposição, incentivo, ajuda, paciência, tempo e dedicação.

Ao meu Coorientador Dr. Marcelo Lacerda Vasquez, pelo auxílio e apoio para a realização deste trabalho, pela tolerância, confiança e contribuir positivamente com minha formação acadêmica, profissional e pessoal, principalmente pela paciência no meu primer ano onde o senhor me falava e me ensinava e eu não entendia muito, por esses conselhos que nunca olvidarei. Agradeço ao senhor por me ajudar e pensar em meu futuro e querer me incluir em novos projetos.

Eu sou muito grata com o professor Marco Antonio Galarza e o senhor Marcelo Vasquez, aprendi muito dos senhores, por todo o ensinamento que me passaram durante minha trajetória acadêmica, não só conhecimentos também eu tive grandes experiências muito boas que vão me fazer uma melhor pessoa e excelente profissional. Por toda a paciência, orientação, amizade e importantíssima contribuição no meu crescimento profissional durante esses anos de mestrado, o meu mais sincero agradecimento.

A meu amigo Sebastian que me guio e ajudo no processo seletivo para eu conseguir executar meu mestrado e a realização deste trabalho.

À senhora Eliete e suas filhas a Clarissa e Paula, quem me receberam na sua casa e família enquanto eu estava longe da minha família.

A minha prezada Andressa Nogueira e meu amigo Renato Cantão, foram um grande apoio, principalmente em meus primeiros meses de mestrado, me ensinando o idioma, me apoiando e me ajudando quando eu não entendia nada nas disciplinas. Agradeço por todo o carinho e pelas lembranças maravilhosas que levarei comigo para sempre.

À técnica de laboratório Rosalva Coelho do LAMIN-BE por me acolher não somente no laboratório também na sua casa, tornando-se minha segunda mãe, minha protetora nestes anos, por me guiar no desenvolvimento do meu trabalho, além de me aconselhar, cuidar de mim e me apoiar nos momentos que eu mais precisei.

A meus amigos e colegas Murilo, Mozaniel, Allan, Dominique, Marcos, Hugo e Elaine, pela amizade que eles me deram, pelas grandes conversas, pelo apoio nos momentos difíceis de estudo, cansaço e me auxiliar em todas minhas dúvidas.

E, por fim, agradeço a todas as pessoas que auxiliaram, acreditaram, ajudaram, contribuíram e incentivaram, mesmo que fosse indiretamente, para a conclusão deste trabalho.

**“Não há ninguém que possa parar uma pessoa
em busca de seus objetivos,
mas não há quem conduza uma pessoa
sem vontade de alcançá-los”.**
(Thomas Jefferson)

RESUMO

O Grupo Jacareacanga é dividido nas formações Sai Cinza e Cadiriri, são compostas por mica xistos, clorita xistos, actinolita xistos e talco xistos, quartzitos com paragneisses pelíticos e anfíbolitos associados. Trata-se de uma sequência vulcano-sedimentar formada pela sedimentação siliciclástica e química e por vulcanismo máfico-ultramáfico que correspondem a uma sedimentação turbidítica intercalada com basaltos de fundo oceânico de uma bacia de retro-arco ou de uma bacia de fossa oceânica relacionada do arco magmático mais precoce, o Arco Cuiú-Cuiú, do Domínio Tapajós da Província Tapajós-Parima do Cráton Amazônico. Os dados de campo de projetos de mapeamento do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e as análises petrográficas e de microscopia eletrônica de varredura deste estudo orientaram a seleção de amostras para novas análises geocronológicas do Grupo Jacareacanga. Os dados geocronológicos U-Pb obtidos por LA-ICP-MS em cristais de zircão dataram um mica xistos, um anfíbolito e dois paragneisses pelíticos desta unidade forneceram idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ próximas das previamente obtidas para esta unidade. Contudo, essas datações prévias usaram métodos geocronológicos pouco adequados (U-Pb em zircão por TIMS e Pb-Pb em zircão por evaporação) e analisaram quantidades insuficientes de cristais de zircão para avaliar a idade formação de rochas metassedimentares. O presente estudo obteve dados geocronológicos robustos por um método de datação *in situ* próprio para analisar grandes quantidades de zircão e identificar as idades de populações detríticas e idades que delimitam a sedimentação das rochas metamórficas de origem sedimentar do Grupo Jacareacanga, e distinguindo das idades de eventos posteriores. Foi aplicado um corte das idades < 2000 Ma por serem relacionadas eventos posteriores como as intrusões graníticas que cortam esta unidade. Os paragneisses pelíticos apresentaram idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ entre 2008 e 2042 Ma e o mica xisto idades de ca. 2056 Ma para a sedimentação das rochas paradervidas de alto grau e metassedimentares do Grupo Jacareacanga. Além disso, essas rochas mostraram populações detríticas de idades riacianas e subordinadas arqueanas que marcam contribuições de fontes detríticas derivadas de área cratônicas adjacentes. O anfíbolito não forneceu dados geocronológicos bons para datar o vulcanismo basáltico associado aos sedimentos da bacia Jacareacanga. Os dados geocronológicos deste estudo mostram que a bacia Jacareacanga se formou durante o início do Orosiriano, e que as fontes detríticas mais antigas respaldam que foi uma bacia de arco magmático de margem de um continente de crosta riaciana a arqueana.

Palavras-chave: geocronologia U-Pb zircão por LA-ICP-MS; Domínio Tapajós; Grupo Jacareacanga; Arco Cuiú-Cuiú.

ABSTRACT

The Jacareacanga Group is divided into the Sai Cinza and Cadiriri formations, which are composed of mica schists, chlorite schists, actinolite schists and talc schists, metacherts, quartzites with pelitic paragneisses and amphibolites. It comprises a volcanic-sedimentary sequence formed by siliciclastic and chemical sedimentation and mafic-ultramafic volcanism that correspond to a turbidite sedimentation with intercalated oceanic bottom basalts of a back-arc basin or trench basin related to the earliest magmatic arc (Cuiú-Cuiú Arc) of the Tapajós Domain of the Tapajós-Parima Province from the Amazon Craton. The field data of mapping programs of the Geological Survey of Brazil – CPRM and the petrography and scanning electron microscope analysis of this study supported the selection of samples for a new geochronological analysis of the Jacareacanga Group. The U-Pb LA-ICP-MS in zircon crystals dated a mica schist, an amphibolite and two pelitic paragneisses of this unit and gave $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ages close to previously dating obtained for this unit. However, these previous dating applied few appropriate geochronological methods (U-Pb TIMS in zircon and Pb-evaporation in zircon) and analyzed not enough amounts of zircon crystals to constrain the age of formation of metasedimentary rocks. The present study gets robust geochronological data obtained by an in situ dating method appropriated to analyze large amounts of zircon and identify the ages of detrital sources and constrained ages for the sedimentation of metasedimentary rocks of the Jacareacanga Group, distinguishing them from the ages of later events. A cutoff of ages < 2000 Ma was applied in order to distinguish the later events are related to the granitic intrusions that cut this unit. The pelitic paragneisses have given $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ages between 2008 and 2042 Ma and the mica schist ages of ca. 2056 Ma for the sedimentation age of low and high metamorphic grade metasedimentary rocks of the Jacareacanga Group. Furthermore, these rocks have detrital zircon populations of Rhyacian ages and subordinated of Archean ages that indicate detrital sources original from adjacent cratonic areas. The amphibolite did not furnish good geochronological data to constrain the age of basaltic volcanism associated to the sediments of the Jacareacanga basin. The geochronological data of this study show that the Jacarecanga basin was formed during the early Orosirian, and the oldest detrital sources support that was a basin of a continental margin magmatic arc of a Rhyacian to Archean crust continent.

Keywords: U-Pb geochronology in zircon by LA-ICP-MS; Tapajós Domain; Jacareacanga Group; Cuiú-Cuiú Arc.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.1- Mapa de localização da área de estudo e dos afloramentos amostrados.4
- Figura 1.2- Mapa das províncias geocronológicas do Cráton Amazônico e os domínios tectônicos de Santos (2003) da parte oriental (modificado de Vasquez *et al.* 2008) com a localização da área de estudo.7
- Figura 1.3- Mapa geológico simplificado da área de Jacareacanga, com localização das amostras datadas e as selecionadas para o estudo (modificado de Vasquez *et al.* 2019).10
- Figura 1.4- Estruturas do paragnaisse pelítico FH-27: (A, B, C) Afloramento do paragnaisse no leito do rio Tapajós; bandamento gnáissico com lente de leucogranito de espessura milimétrica a centimétrica concordantes. (D) Bandamento gnáissico com intercalação de bandas félsicas e máficas e lentes graníticas milimétricas a centimétricas.12
- Figura 1.5- Texturas do paragnaisse pelítico FH-27: (A, B) Textura granolepidoblástica de quartzo e feldspatos alternado com biotita e muscovita bem cristalizada e o início da formação de silimanita; com porfiroblastos de granada. (C, D) Textura lepidoblástica com detalhe de cristal de silimanita em lamelas e muscovita com biotita intercalada. (E, F) Porfiroblasto de cordierita em banda granoblástica de quartzo e feldspatos. (G, H) Porfiroblasto de cordierita em banda granolepidoblástica com biotita. Composição de fotomicrografias tomadas em luz polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda. Qtz: Quartzo, Fsp: Feldspato, Sil: Silimanita, Bt: Biotita, Msc: Muscovita, Grt: Granada, Crd: Cordierita.13
- Figura 1.6- Estruturas do paragnaisse pelítico FH-21: (A, B) Afloramento do paragnaisse no leito do rio Tapajós; bandamento gnáissico com dobras apertadas e lentes graníticas com vênulas de quartzo boudinado. (C, D) bandamento gnáissico com porfiroblastos de biotita e lentes graníticas concordantes com bandamento.14

- Figura 1.7- Texturas do paragnaisse pelítico FH-21: (A, B) Bandas granolepidoblástica de muscovita e porfiroblastos de biotita com lente de quartzo granoblástico deformado, estirado, micro fragmentado e recristalizado. (C, D) Detalhe dos porfiroblastos de biotita rotacionados. (E, F) Bandas de biotita acompanhada de bandas deformadas de cristais de muscovita. Composição de fotomicrografias tomadas em luz polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda. Qtz: Quartzo, Fs: Feldspato, Bt: Biotita, Msc: Muscovita. 15
- Figura 1.8- Texturas do paragnaisse pelítico FH-21: (A, B) Banda granolepidoblástica com cristais subdioblásticos de granada em porção quartzo-feldspática. (C, D) Porfiroblasto de granada em banda granolepidoblástica. (E, F) Grãos deformados e estirados de cordierita e lentes descontínuas de quartzo com intercalações de lamelas de muscovita. (G, H) Boudin de quartzo e cordierita, envolvido por muscovita. Composição de fotomicrografias tomadas em luz polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda. Qtz: Quartzo, Crd: Cordierita, Bt: Biotita, Msc: Muscovita. 16
- Figura 1.9- Estrutura e texturas dos mica xisto MV-58A e MV-5C: (A, B) Saprólito cinza rosa e ocre dos mica xistos que tem vênulas de quartzo ao longo da xistosidade. (C, D) Bandeamento granoblástico de quartzo com minerais opacos. (E, F) Nível lepidoblásticos de muscovita na amostra MV-58A e nível granoblásticos de quartzo e minerais opacos que são óxidos de ferro (hematita?); (G) Trama granoblástica da amostra MV-58C, com predomínio de clastos de quartzo e subordinados níveis de biotita e minerais opacos. (H) Detalhe dos clastos sigmoidais de quartzo e feldspato contornados por biotita na amostra MV-58C. Composição de fotomicrografias tomadas polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda. Qtz – Quartzo, Fsp – feldspato, Bt – Biotita, Msc – Muscovita, Op – Minerais opacos. 18
- Figura 1.10- Estruturas do anfibolito MV-59: (A, B) Foliação do anfibolito com dobras apertadas, vagamente foliado, coletada perto do leito do rio Tapajós. (C, D) Estrutura equigranular com granulação fina a média e coloração cinza media a escura. 19

- Figura 1.11- Texturas do anfibolito MV-59: (A, B) Fotomicrografia em ND e NC; apresenta banda félsica com plagioclásio granoblástico poligonal e banda máfica com anfibólio nematoblástica, revela uma intensa recristalização com segregação de hornblenda. (C, D) Arranjo granoblástico poligonal de plagioclásio (Pl) e subordinada hornblenda (Hbl) no nível félsico. (E, F) Textura nematoblástica, evidencia hornblenda verde substituída por hornblenda marrom com alteração a biotita. (G, H) Arranjo nematoblástico de hornblenda (Hbl) no nível máfico. Composição de fotomicrografias tomadas polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda. Qtz: Quartzo, Hornblenda, Bt – Biotita, Pl: Plagioclásio..... 20
- Figura 2.1- Mapa das províncias geocronológicas do Cráton Amazônico e os domínios tectônicos de Santos (2003) da parte oriental (modificado de Vasquez *et al.* 2008) com a localização da área de estudo..... 34
- Figura 2.2- Mapa geológico simplificado da área de Jacareacanga, com localização das amostras datadas e as selecionadas para este estudo (modificado de Vasquez *et al.* 2019).
..... 36
- Figura 2.3- Estruturas e texturas do paragnaisse pelítico FH-27: (A) Bandamento gnáissico com lentes leucograníticas de espessura milimétrica a centimétrica concordantes; (B) Bandamento gnáissico com alternância de bandas félsicas e máficas e lentes graníticas milimétricas a centimétricas; (C) Bandas granoblásticas de quartzo (Qtz) e feldspatos (Fsp) com porfiroblastos de granada (Grn) e bandas lepidoblásticas de muscovita (Msc) com biotita (Bt) e silimanita (Sil); (D) Detalhe de cristal de silimanita (Sil) em lamelas e muscovita (Msc) com biotita (Bt) intercalada; (E) Porfiroblasto de cordierita (Crd) em banda granoblástica de quartzo (Qtz) e feldspatos (Fsp); (F) Porfiroblasto de cordierita (Crd) em banda granolepidoblástica com biotita (Bt). Composição de fotomicrografias tomadas em luz polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda.
..... 39
- Figura 2.4- Estruturas e texturas do paragnaisse pelítico FH-21: (A) Bandamento gnáissico com dobras apertadas e veios de quartzo boudinado; (B) Porfiroblastos de biotita e lentes graníticas concordantes com bandamento; (C) Bandas granolepidoblástica de muscovita (Msc), porfiroblastos de biotita (Bt) e lente de quartzo (Qtz) granoblástico; (D) Detalhe dos porfiroblastos de biotita (Bt) rotacionados; (E) Porfiroblasto de granada (Grt) em banda granolepidoblástica; (F) Porfiroblasto de cordierita (Crd) em banda granolepidoblástica. Composição de fotomicrografias tomadas em luz polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda..... 40

- Figura 2.5- Estruturas e texturas dos mica xistos MV-58A e MV-58C: (A) Saprólito cinza rosa e ocre dos mica xistos que tem vênulas de quartzo ao longo da xistosidade; (B) Nível lepidoblástico de muscovita (Msc) na amostra MV-58A e nível granoblástico de quartzo (Qtz) e minerais opacos (Op) que são óxidos de ferro (hematita?); (C) Trama granoblástica da amostra MV-58C, com predomínio de clastos de quartzo (Qtz) e subordinados níveis de biotita (Bt) e minerais opacos (Op); (D) Detalhe dos clastos sigmoidais de quartzo (Qtz) e feldspato (Fsp) contornados por biotita (Bt) na amostra MV-58C. As fotomicrografias C e D tomadas em luz polarizada com nicóis cruzados, e B em luz polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda. 41
- Figura 2.6- Estruturas e texturas do anfibolito MV-59: (A) Foliação do anfibolito com dobras apertadas; (B) Nível máfico rico em anfibólio e nível félsico rico em plagioclásio; (C) Arranjo nematoblástico de hornblenda (Hbl) no nível máfico; (D) Arranjo granoblástico poligonal de plagioclásio (Pl) e subordinada hornblenda (Hbl) no nível félsico. (B, C) Composição de fotomicrografias tomadas em luz polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda..... 42
- Figura 2.7- Imagens de catodoluminescência representativa dos cristais de zircões detríticos dos paragnaisse pelíticos (FH-21 e FH-27) e mica xisto (MV-58). Os círculos demarcam os locais de spot (25 µm) por U-Pb LA-ICP-MS e suas respectivas idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$... 45
- Figura 2.8- Diagramas das idades U-Pb (LA-ICP-MS) em zircão do paragnaisse pelítico FH-27: (A) Diagrama concórdia; (B,C,D,E) Histogramas de frequência e curva de probabilidade relativa de idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (concordantes $100 \pm 10\%$): (B) Todos os grãos deste estudo e de Vasquez *et al.* (2019); (C) Grãos com idades >2000 Ma dos dois estudos e (D) deste trabalho; (E) Somente os grãos com superposição dos erros das idades. JC: Grãos deste trabalho; MV: Grãos de Vasquez *et al.* (2019). 47
- Figura 2.9- Diagramas das idades U-Pb (LA-ICP-MS) em zircão do paragnaisse pelítico FH-21: (A) Diagrama concórdia; (B,C,D,E) Histogramas de frequência e curva de probabilidade relativa de idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (concordantes $100 \pm 10\%$): (B) Todos os grãos deste estudo e de Vasquez *et al.* (2019); (C) Grãos com idades >2000 Ma dos dois estudos e (D) deste trabalho; (E) Somente os grãos com superposição dos erros das idades. JC: Grãos deste trabalho, MV: Grãos de Vasquez *et al.* (2019)..... 55

Figura 2.10- Diagramas das idades U-Pb (LA-ICP-MS) em zircão do Xisto MV-58: (A) Diagramas concórdia; (B,C,D,E,F) Histograma de frequência e curva de probabilidade relativa de idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (concordantes $100\pm 10\%$): (B) Todos os grãos do mica xisto (MV-58A); (C) Todos os grãos do quartzo-mica xisto (MV-58C); (D) Todos os grãos da amostra MV-58A mais os grãos da amostra MV-58C; (E) Grãos com idades >2000 Ma dos dois xistos e (F) Somente os grãos com superposição dos erros das idades. 62

Figura 2.11- Seção esquemática da evolução do sudeste do Cráton Amazônico durante o Riáciano ao Orosiriano: (A) Colagem continental riáciana; (B) Deposição plataformar no início do Orosiriano; (C) Acresção do Arco Cuiú-Cuiú; (D) Acresção do Arco Tropas e da pluma mantélica da SLIP Uatumã (modificado de Klein *et al.* 2016). 74

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1- Dados isotópicos U-Pb em zircão por LA-ICP-MS da amostra FH-27.	48
Tabela 2.2- Dados isotópicos U-Pb em zircão por LA-ICP-MS da amostra FH-27, tomados de Vasquez <i>et al.</i> (2019).	53
Tabela 2.3- Dados isotópicos U-Pb em zircão por LA-ICP-MS da amostra FH-21.	56
Tabela 2.4- Dados isotópicos U-Pb em zircão por LA-ICP-MS da amostra FH-21, tomados de Vasquez <i>et al.</i> (2019).	59
Tabela 2.5- Dados isotópicos U-Pb em zircão por LA-ICP-MS da amostra MV-58A e MV-58C.	63

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
EPÍGRAFE	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	x
LISTA DE TABELAS	xv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO	1
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2
1.3 ESTUDOS ANTERIORES	2
1.4 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	3
1.5 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	4
1.5.1 Domínio Tapajós	6
1.6 GEOLOGIA LOCAL	9
1.6.1 Grupo Jacareacanga	9
1.6.2 Complexo Cuiú-Cuiú	21
1.6.3 Suíte Tropas	22
1.6.4 Suíte Parauari	23
1.6.5 Formação Buiucu	24
1.7 PROBLEMÁTICA	24
1.8 OBJETIVOS	25
1.9 MATERIAIS E MÉTODOS	26
1.9.1 Pesquisa Bibliográfica	26

1.9.2 Trabalhos de campo	26
1.9.3 Petrografia	26
1.10 GEOCROLOGIA U-Pb	27
1.10.1 Preparação de amostras	27
1.10.2 Separação mineral e montagem de pastilhas (<i>Mounts</i>)	28
1.10.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	28
1.10.4 Geocronologia U-Pb em zircão	28
2 ARTIGO: GEOCROLOGIA U-PB LA-ICP-MS EM ZIRCÃO DAS ROCHAS DO GRUPO JACAREACANGA, DOMÍNIO TAPAJÓS, CRÁTON AMAZÔNICO, BRASIL	30
2.1 INTRODUÇÃO.....	31
2.2 CONTEXTO TECTÔNICO REGIONAL	32
2.3 GEOLOGIA LOCAL	34
2.4 OCORRÊNCIA NO CAMPO E PETROGRAFIA	37
2.4.1 Paragneisses pelíticos	37
2.4.2 Mica xistos	38
2.4.3 Anfibolitos	41
2.5 ATIVIDADES E MÉTODOS	42
2.5.1 Preparação de amostras	42
2.5.2 Processo analítico	43
2.6 RESULTADOS	44
2.6.1 Imagens de catodoluminescência	44
2.6.2 Geocronologia U-Pb em zircão	46
2.7 DISCUSSÃO	70
2.8 CONCLUSÕES	74
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

O Domínio Tapajós está localizado a sudeste do Estado do Amazonas e sudoeste do Estado do Pará, corresponde a parte central da Província Tapajós-Parima (Fig. 1.2) e sua formação foi por acresção de um ou mais arcos magmáticos durante o Orosiriano na margem de um continente arqueano retrabalhado no Transamazônico (Santos *et al.* 2000, 2004, Coutinho *et al.* 2008, Vasquez *et al.* 2008).

O Domínio Tapajós tem sido de enorme interesse para pesquisadores por sua grande abundância de depósitos primários de ouro na Província Aurífera do Tapajós, além de alguns depósitos de Sn, Nb-Ta e diamante (Vasquez *et al.* 2017, 2020).

O Grupo Jacareacanga, área de estudo deste trabalho, localiza-se na porção sudoeste do Domínio Tapajós da Província Tapajós-Parima (Santos *et al.* 2004), composto por rochas supracrustais, para e ortoderivadas, com alguns paragneisses e anfibolitos associados, que marcam a sedimentação e vulcanismo relacionados à formação do arco magmático mais precoce do Domínio Tapajós da Província Tapajós-Parima (Vasquez *et al.* 2019).

O Grupo Jacareacanga foi dividido nas formações Sai Cinza e Cadiriri (Vasquez *et al.* 2019, 2020). A Formação Sai Cinza composta principalmente por xistos com muscovita, biotita, clorita, actinolita e metacherts ferruginosos (Melo *et al.* 1980, Vasquez *et al.* 2017). A Formação Cadiriri consiste de lentes de quartzito concordantes com a foliação das rochas da Formação Sai Cinza (Ferreira *et al.* 2000) (Fig. 1.3).

Segundo Ferreira *et al.* (2000) esta é uma sequência vulcano-sedimentar marcada por sedimentos siliciclásticos e químicos associados a uma sedimentação com vulcanismo básico de fundo oceânico, contudo Santos *et al.* (2000) associam a uma sedimentação turbidítica e vulcanismo básico a fossa e uma bacia de retaguarda de arco. Neste trabalho são apresentadas novas datações U-Pb por LA-ICP-MS em cristais de zircão de mica xistos e paragneisses pelíticos do Grupo Jacareacanga, pretendendo contribuir no conhecimento geológico desta região, com o objetivo de delimitar o intervalo da idade de sedimentação e identificar as principais populações de fontes detríticas da bacia Jacareacanga do Arco Cuiú-Cuiú.

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

1. INTRODUÇÃO: Neste capítulo são apresentados os seguintes tópicos: 1.1 Apresentação, 1.2 Estrutura da Tese, 1.3 Estudos anteriores, 1.4 Localização da área de estudo, 1.5 Contexto geológico regional, 1.6 Geologia local, 1.7 Problemática, 1.8 Objetivos e justificativas, 1.9. Materiais e métodos, 1.10 Geocronologia U-Pb.

2. ARTIGO CIENTÍFICO: Artigo submetido à revista *Brazilian Journal of Geology*, conforme requisito para obtenção do título de mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Este artigo está contido no corpo principal da dissertação e se intitula “*Geocronologia U-Pb LA-ICP-MS em zircão das rochas do Grupo Jacareacanga, Domínio Tapajós, Cráton Amazônico, Brasil*”, apresenta dados de petrografia e discussão de dados de U-Pb (LA-ICP-MS) em zircão.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS: São apresentadas as conclusões de forma unificada ao conteúdo do artigo.

1.3 ESTUDOS ANTERIORES

Os primeiros trabalhos de mapeamento geológico remontam seu desenvolvimento a partir da década de 1970, Amaral (1974) foi um dos pioneiros em incluir a região de Tapajós na Província Amazônia Central (Arqueano). Posteriormente a Província Ventuari-Tapajós foi desmembrada do núcleo arqueano, representado pela Província da Amazônia Central dos modelos de Cordani *et al.* (1979) e Teixeira *et al.* (1989).

O Domínio Tapajós foi mapeado nesta década pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, com destaque no Projeto Tapajós – Sucunduri (Pessoa *et al.* 1977, Melo *et al.* 1980, Bizinella *et al.* 1980), onde o objetivo deste projeto era obter o mapeamento geológico e selecionar áreas importantes para a resolução de problemas estratigráficos e geoconômicos.

No projeto de mapeamento PROMIN-Tapajós (Almeida *et al.* 2000b, Ferreira *et al.* 2000, Bahia & Quadros 2000, Klein & Vasquez 2000, Vasquez & Klein 2000, Klein *et al.* 2001) no sul e sudoeste do Domínio Tapajós foram descobertas unidades submetidas a deformação dúctil e metamorfismo, porém, no nordeste e leste deste domínio acharam rochas unicamente com deformação dúctil.

As primeiras citações do Grupo Jacareacanga foram desenvolvidas por Melo *et al.* (1980) considerando esta região como Suíte Metamórfica Jacareacanga, seguidamente Ferreira *et al.* (2000) optou pelo nome de Grupo Jacareacanga sendo a denominação correta para a associação de rochas metamórficas de baixo grau encontradas nesta região.

Santos *et al.* (2000, 2004), conforme interpretações mais modernas, acreditava que a sedimentação siliciclástica e química e o vulcanismo máfico-ultramáfico deste grupo poderia representar uma sedimentação turbidítica intercalada com basaltos de fundo oceânico em uma bacia de retroarco e de fossa oceânica de um arco magmático formado entre 2040 e 1998 Ma (Arco Mágmató Cuiú-Cuiú). Segundo Vasquez *et al.* (2008) as rochas metassedimentares de 1.9 Ga representariam uma bacia relacionada a um arco mais jovem.

Resultados geocronológicos obtidos por Santos *et al.* (2000), pelo método U-Pb em zircão por TIMS apresentaram idades em torno de 2100 Ma para os xistos da unidade Sai Cinza. Posteriormente, Almeida *et al.* (2001b) coletou novos dados em zircão entre 2034 e 2008 Ma, entretanto, o método Pb-Pb utilizado não era o adequado. Em mapeamento mais recente, Vasquez *et al.* (2019) identificaram paragêneses sugestivas de condições de metamorfismo de alto grau em paragneisses pelíticos com silimanita, cordierita e granada, bem como lentes de leucogranitos com granada, que podem resultar de anatexia. No mesmo estudo foram datados grãos de zircão dos paragneisses e veios leucograníticos do Grupo Jacareacanga pelo método U-Pb LA-ICP-MS, identificando idades entre 2049 e 2000 Ma para os paragneisse e idade de 1956 ± 27 para os veios leucograníticos.

1.4 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área estudada situa-se na porção sudeste do estado do Amazonas e sudoeste do estado do Pará, no município de Jacareacanga.

O acesso à área é feito pela rodovia Transamazônica (BR-230), e o acesso aos afloramentos estudado foi por via fluvial no rio Tapajós e via área na pista do garimpo Espírito Santo (Fig. 1.1). As amostras deste estudo são do acervo do projeto Evolução Crustal e Recursos Minerais da Província Mineral do Tapajós do Serviço Geológico do Brasil – CPRM em execução desde 2015.

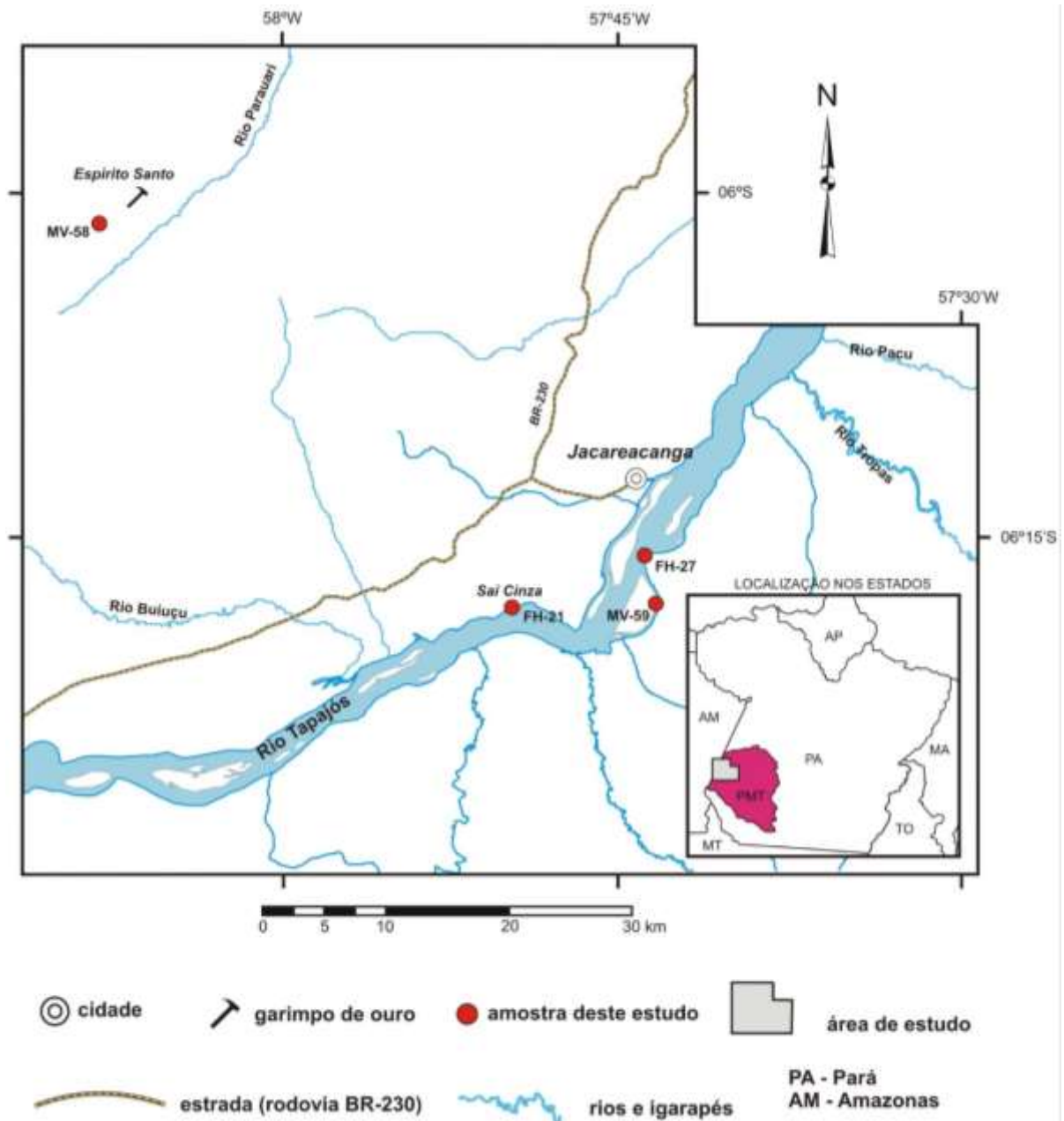


Figura 1.1- Mapa de localização da área de estudo e dos afloramentos amostrados.

1.5 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

O Cráton Amazônico é uma das principais unidades tectônicas da Plataforma Sul-americana, se estende do norte do Brasil para os países vizinhos como a Guiana Francesa, Guiana, Suriname, Venezuela e Colômbia. Este cráton é limitado a oeste pela faixa orogênica mesozoica da Cadeia Andina, a leste pela faixa neoproterozóicos do Cinturão Araguaia-Tocantins e os demais limites estão encobertos por rochas sedimentares e sedimentos fanerozoicos (Almeida *et al.* 2000a, Schobbenhaus & Brito Neves 2003, Santos 2003).

O cráton foi dividido em dois escudos, a norte o Escudo das Guianas e sul pelo Escudo do Brasil Central separados pelas grandes bacias sedimentares da Bacia paleozóica do Amazonas e do Solimões (Almeida *et al* 1976, 2000a). A área de estudo se situa no norte do Escudo Brasil Central (Fig. 1.2).

Baseados nos dados geocronológicos K-Ar e Rb-Sr obtidos pelo projeto RADAM foram propostas subdivisões do Cráton Amazônico em províncias geocronológicas, Cordani *et al.* (1979) destacaram as rochas com > 2100 Ma na parte central do cráton (Província Amazônia Central) margeados por sucessivos cinturões orogênicos proterozoicos. Teixeira *et al.* (1989) distinguiram os núcleos arqueanos (> 2500 Ma), cinturões paleoproterozoicos (2250-1900 Ma), seguidos de mesoproterozoicos até por volta 1000 Ma. Tassinari (1996) distingui rochas de 1950 a 1800 Ma como a Província Ventuari-Tapajós. Esses cinturões representavam sucessivos arcos magmáticos acrescentados a um núcleo cratônico, com retrabalhamento crustal das porções mais antigas. Os dados Sm-Nd deram suporte aos eventos de acreção juvenil e retrabalhamento crustal, assim as rochas paleoproterozoicas da Província Amazônia Central foram produto do retrabalhamento de crosta arqueana (Tassinari & Macambira 1999, 2004) e a Província Ventuari-Tapajós resultou da acreção de um arco magmático há cerca de 2,1 Ga. Santos *et al.* (2000, 2004) baseados em geocronologia U-Pb e dados Sm-Nd propuseram novos limites e denominações para as províncias geocronológicas do cráton, por eles referidos como Cráton Amazonas. Também distinguiram sucessivos arcos de 2030 a 1880 Ma na Província Tapajós-Parima e domínios nesta província (Santos 2003, Santos *et al.* 2004).

No presente estudo foi adota a proposta de Santos (2003) que dividiu o Cráton Amazônico em províncias geocronológicas e domínios tectônicos. Esta proposta foi modificada com base em novos dados geocronológicos e geofísicos por Vasquez *et al.* (2008) que mantiveram a distinção dos domínios Rio Maria (>3000 -2800 Ma) e Carajás (2800-2500 Ma) na Província Carajás. No entanto, na Província Transamazonas distinguiram o Bloco Amapá e os domínios Bacajá, Santana do Araguaia e Paru que foram terrenos arqueanos retrabalhados durante uma orogênese do Ciclo Transamazônico (2260-2060 Ma), e o Domínio Carecuru um terreno juvenil acrescentado aos terrenos arqueanos. Na Província Tapajós-Parima mantiveram a separação dos domínios Tapajós, Peixoto de Azevedo (ou Alta Floresta), Uatumã-Anauá, Surumu e Parima que representam arcos magmáticos acrescentados na margem de um continente durante uma orogênese no Orosiriano (2033-1880 Ma), seguida de magmatismo pós-orogênico (1880-1860 Ma). Entre os arcos orosirianos da Província Tapajós-Parima e os domínios arqueanos e riacianos da região cratônica se formaram os domínios Erepecuru-Trombetas e Iriri-

Xingu representados por extensas bacias de rochas vulcânicas ácidas e subordinadas intermediárias, intrudidas por granitos, ambas manifestações magmáticas relacionadas ao evento Uatumã (ca. 1880 Ma). Neste contexto a área de estudo está situada no oeste do Domínio Tapajós (Fig. 1.2).

1.5.1 Domínio Tapajós

O Domínio Tapajós corresponde à parte central da Província Tapajós-Parima do Cráton Amazônico; sua formação foi por acreção de um ou mais arcos magmáticos durante o Orosiriano na margem de um continente arqueano retrabalhado no Transamazônico (Tassinari 1996, Tassinari & Macambira 1999, 2004, Santos *et al.* 2000, 2004, Coutinho *et al.* 2008, Vasquez *et al.* 2008).

Ao sul e ao oeste o Domínio Tapajós faz limite com o Domínio Juruena (Província Rondônia-Juruena, que tem evolução durante o Estateriano), porém este contato é recoberto pela Bacia Alto Tapajós (Fig. 1.2); a leste o Domínio Tapajós se limita com o Domínio Iriri-Xingu, porém, devido à similaridade das rochas ígneas do Orosiriano presentes em ambos domínios, a demarcação do limite tem sido estabelecido com base em Sm-Nd (Tassinari 1996, Sato & Tassinari 1997, Tassinari & Macambira 1999, Santos *et al.* 2000, Lamarão *et al.* 2005). As rochas de 2020 a 1860 Ma no Domínio Tapajós apresentam uma assinatura paleoproterozoica juvenil com ϵ_{Nd} positivo a fracamente negativo, e idades modelo T_{DMNd} de 2,1 a 2,3 Ga (Santos *et al.* 2000, Lamarão *et al.* 2005, Semblano *et al.* 2016a, Vasquez *et al.* 2017). Por outro lado, as rochas do Domínio Iriri-Xingu mostram ϵ_{Nd} negativo e idades modelo T_{DMNd} de 2,5 a 3,1 Ga, que marcam o retrabalhamento de crosta arqueana e forte mistura de magma juvenil com esta (Fernandes *et al.* 2011, Semblano *et al.* 2016b).

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM tem mapeado continuamente o Domínio Tapajós desde a década de 1970 (Pessoa *et al.* 1977, Melo *et al.* 1980, Bizinella *et al.* 1980, Almeida *et al.* 2000b, Ferreira *et al.* 2000, Klein & Vasquez 2000, Vasquez & Klein 2000, Klein *et al.* 2001, Vasquez *et al.* 2020), cujo trabalho reconheceu e individualizou diversas unidades litoestratigráficas, mas as principais unidades são Orosirianas (Fig. 1.2).

Este domínio tectônico hospeda depósitos primários de ouro relacionados aos eventos magmáticos orosirianos e sedimentação associada, tornando-se Província Aurífera do Tapajós, como também Província Mineral do Tapajós, pois ocorrem subordinadamente depósitos de estanho, nióbio, tântalo e diamante (Vasquez *et al.* 2017).

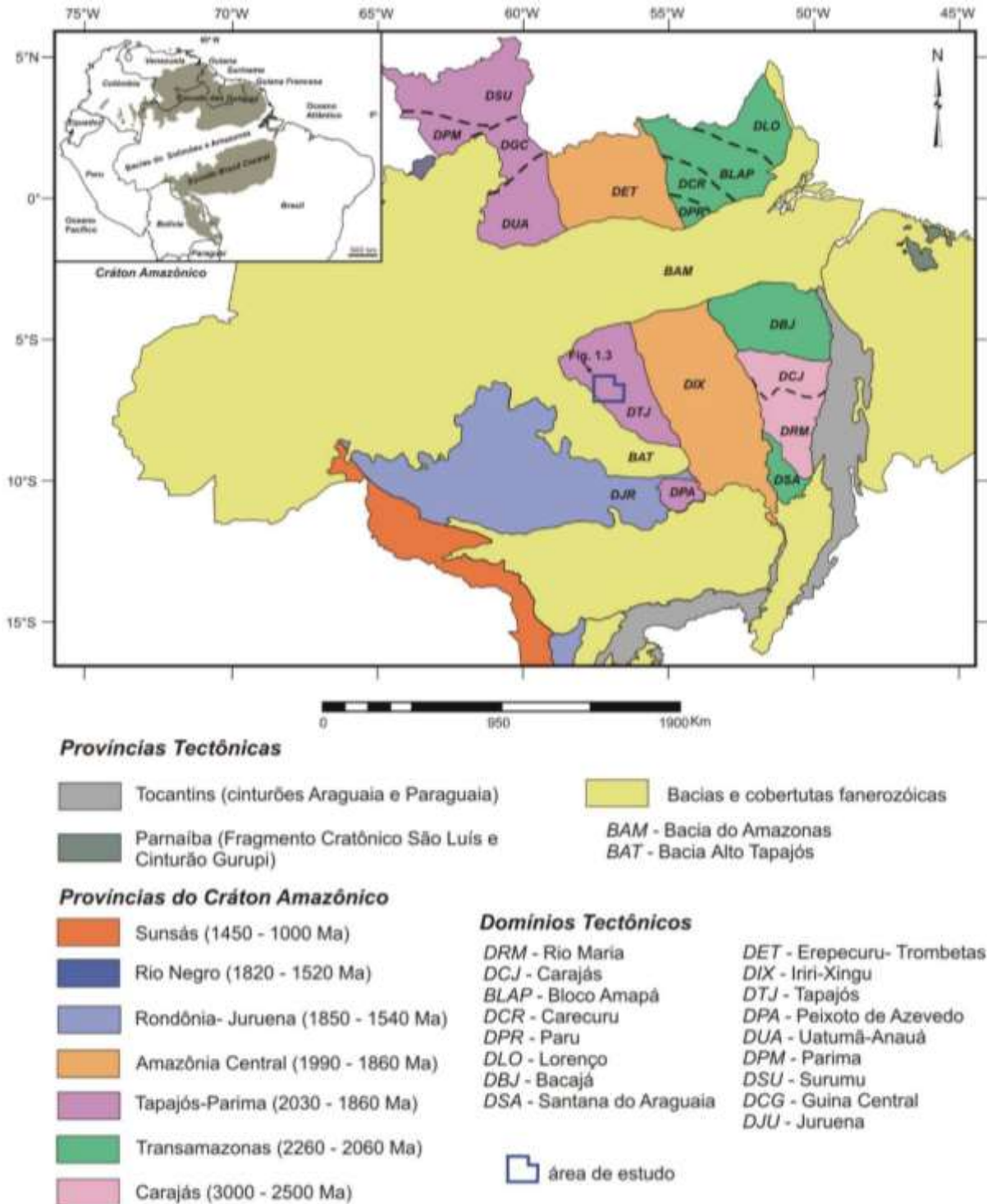


Figura 1.2- Mapa das províncias geocronológicas do Cráton Amazônico e os domínios tectônicos de Santos (2003) da parte oriental (modificado de Vasquez *et al.* 2008) com a localização da área de estudo.

No projeto de mapeamento PROMIN-Tapajós (Almeida *et al.* 2000b, Ferreira *et al.* 2000, Bahia & Quadros 2000, Klein & Vasquez 2000, Vasquez & Klein 2000, Klein *et al.* 2001) foram descobertas na parte sudoeste e sul do Domínio Tapajós unidades que foram submetidas

a metamorfismo e deformação dúctil e unidades de rochas formadas em condições rasas sem metamorfismo, somente submetidas a deformação rúptil no leste e nordeste do domínio. A área de estudo se localiza na porção do domínio submetida o metamorfismo e deformação dúctil.

Os dados geocronológicos por Pb-Pb e U-Pb em zircão, titanita e baddeleyita e Sm-Nd em rocha total obtidos nos últimos 20 anos compilados em Vasquez *et al.* (2008, 2017, 2019), indicam uma evolução do Domínio Tapajós com formação de rochas ígneas entre 2033 e 1863 Ma, com localizada ocorrências em torno de 1790 e 1780 Ma e ao redor de 1200 Ma.

Foi distinguido magmatismo cálcio-alcálico entre 2033 e 2005 Ma relacionado ao Arco Cuiú-Cuiú (Santos *et al.* 2000, 2004, Vasquez *et al.* 2002, Coutinho *et al.* 2008), seguido de uma magmatismo cálcio-alcálico de alto potássio a shoshonítico de 2000 a 1960 Ma (Vila Riozinho-Creporizão) que provavelmente pode ser a maturidade deste arco (Lamarão *et al.* 2002) ou representar um magmatismo pós-colisional transcorrente (Vasquez *et al.* 2002). Por outro lado, Santos *et al.* (2004) consideraram as rochas formadas entre 2001 e 1986 Ma (Arco Cumaru) e 1980 e 1960 (Arco Creporizão) como arcos subsequentes ao Arco Cuiú-Cuiú. Um arco magmático de ca. 1900 Ma, o Arco Tropas, foi individualizado por Santos *et al.* (2000, 2004). Estes autores consideram que o magmatismo cálcio-alcálico de alto potássio de ca. 1880 Ma marcado pelos granitos da Suíte Parauari e os gabros da Suíte Igarana como um arco subsequente ao Arco Tropas. Devido as poucas evidências do Arco Tropas, Vasquez *et al.* (2002) atribuíram o magmatismo bimodal cálcio-alcálico de alto potássio (Pauaruari-Ingarana) de ca. 1880 Ma há um ambiente pós-colisional extensional. O magmatismo tipo-A (Moraes Almeida-Maloquinha) de 1880 a 1860 Ma marca o ambiente extensional (Lamarão *et al.* 2002, Vasquez *et al.* 2002, Santos *et al.* 2004).

Eventos vulcânicos de 2020 a 2012 Ma (Fm. Comandante Arara) ao Arco Cuiú-Cuiú foram identificados Vasquez *et al.* (2017) na porção leste do Domínio Tapajós e possivelmente vulcanismo de ca. 2000 Ma (Fm. Vila Riozinho) faz parte desse arco. Conforme esses autores as rochas vulcânicas ácidas da Formação Salustiano e andesíticas da Formação Bom Jardim devem corresponder ao Arco Tropas (1900-1880 Ma) e o vulcanismo tipo-A da Formação Moraes Almeida marca o estágio extensional pós-orogênico.

As rochas do Grupo Jacareacanga representam uma bacia de fossa e retaguarda do Arco Cuiú-Cuiú, enquanto das formações Abacaxis e Sequeiro no extremo noroeste do Domínio Tapajós representam remanescentes de uma bacia do Arco Tropas (Santos *et al.* 2000, 2004).

1.6 GEOLOGIA LOCAL

Na região de Jacareacanga afloram rochas do Grupo Jacareacanga e Complexo Cuiú-Cuiú que são intrudidas por batólitos das suítes Tropas e Parauari (Fig. 1.3). Também afloram rochas sedimentares da Formação Buiuçu. Todo o conjunto de rochas pré-cambrianas é coberto por terraços e aluviões do Quaternário.

1.6.1 Grupo Jacareacanga

As rochas do Grupo Jacareacanga se localizam na porção sudoeste do Domínio Tapajós da Província Tapajós-Parima (Fig.1.2). Aflora como cinturões de rochas metavulcano-sedimentares alongados segundo a direção NW-SE a NNW-SSE no sudoeste do Pará e sudeste do Amazonas, contendo estruturas internas sigmoidais e anastomosadas associadas a zonas de cisalhamento sinistrais (Ferreira *et al.* 2000, Klein *et al.* 2001).

As rochas do Grupo Jacareacanga foram inicialmente mapeadas por Melo *et al.* (1980) que as classificaram como suíte metamórfica, além de acreditar que as características das rochas ocorrentes eram similares aquelas existentes em outros terrenos tipo *greenstone belt*, posteriormente, Ferreira *et al.* (2000) optou pelo nome de Grupo Jacareacanga sendo a denominação correta para a associação de rochas metamórficas de baixo grau encontradas nesta região. Em termos petrográficos, (Melo *et al.* 1980, Ferreira *et al.* 2000) reconhecem a associação de rochas para e ortoderivadas, representado por metamorfismo de baixo grau, na fácies xisto verde. Nestes mapeamentos prévios foi detectado que a sequência vulcano-sedimentar do Grupo Jacareacanga sofreu metamorfismo baixo a médio grau de fácies xisto verde a epidoto anfíbolito (Melo *et al.* 1980), localmente somente sofreu metamorfismo de grau muito baixo resultando em metagrauvas (Ferreira *et al.* 2000).

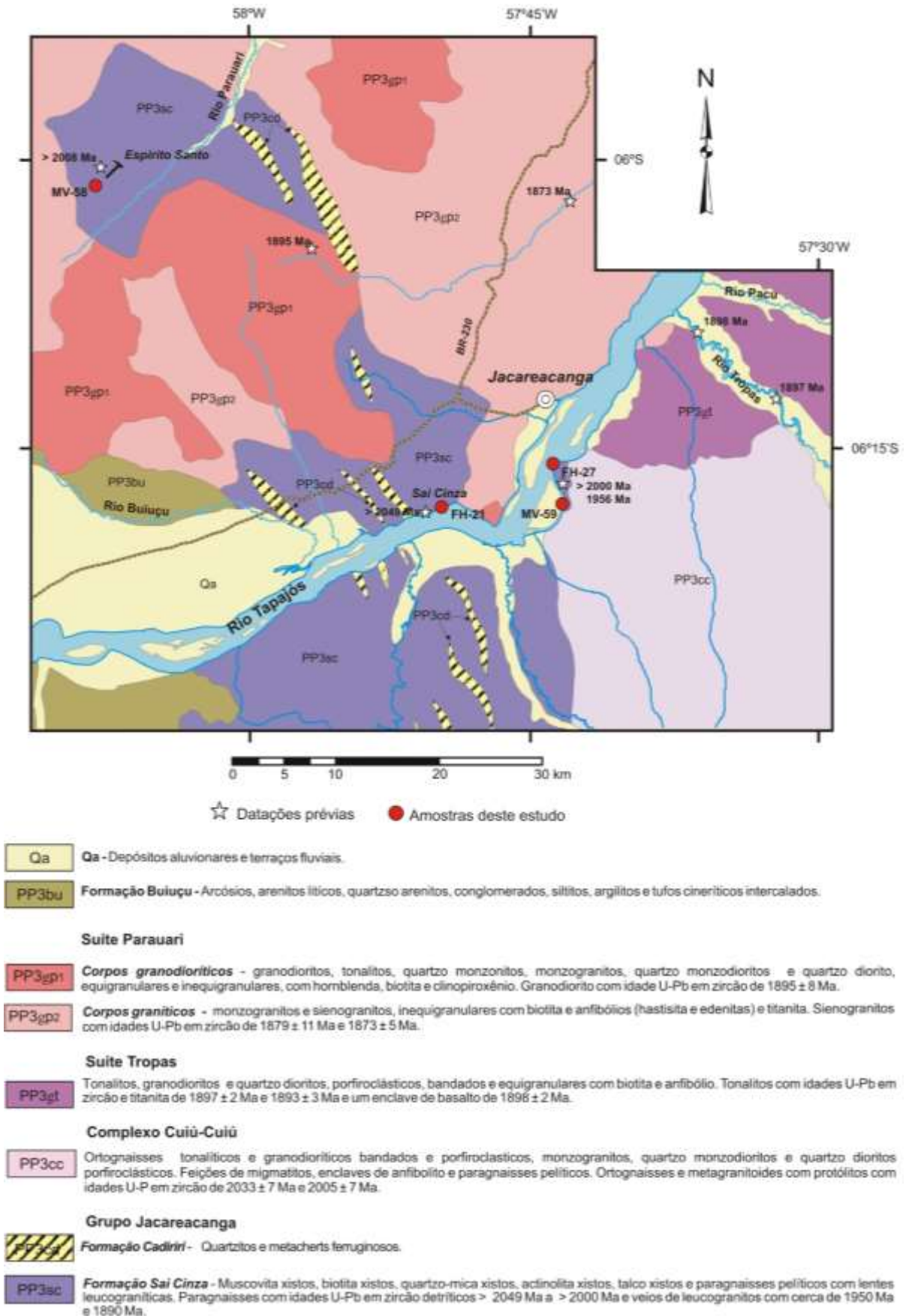


Figura 1.3- Mapa geológico simplificado da área de Jacareacanga, com localização das amostras datadas e as selecionadas para o estudo (modificado de Vasquez *et al.* 2019).

O Grupo Jacareacanga foi dividido nas formações Sai Cinza e Cadiriri (Vasquez *et al.* 2019, 2020) (Fig. 1.3). A Formação Sai Cinza é composta de xistos com intercalação de micas, principalmente muscovita e com menos abundância biotita, clorita, actinolita e metacherts ferruginosos, mas localmente afloram tremolita e talco xistos, metagrauvascas e anfibolitos, encontradas no garimpo Espírito Santo (Melo *et al.* 1980, Ferreira *et al.* 2000, Coutinho *et al.* 2008, Vasquez *et al.* 2019, 2020). A Formação Cadiriri corresponde a lentes de quartzitos maciços com intercalações de quartzo ricos em óxido de ferro, orientadas segundo direção NNW concordantes à foliação das rochas da Formação Sai Cinza encontrados ao longo do rio Tapajós (Ferreira *et al.* 2000, Vasquez *et al.* 2019, 2020).

Trata-se de uma sequência vulcano-sedimentar composta por sedimentos siliciclásticos e químicos relacionados a uma sedimentação de plataforma com vulcanismo básico de fundo oceânico associado (Ferreira *et al.* 2000). Contudo, Santos *et al.* (2000) correlaciona a sedimentação turbidítica e o vulcanismo básico de uma bacia de fossa oceânica de arco ou de uma bacia de retaguarda de arco magmático. Melo *et al.* (1980) identificaram uma assinatura de basalto toleítico oceânico, ligeiramente magnésiano, para o vulcanismo básico associado.

As rochas do Grupo Jacareacanga foram inicialmente mapeadas por Melo *et al.* (1980) que as classificaram como suíte metamórfica, além de acreditar que as características das rochas ocorrentes eram similares aquelas existentes em outros terrenos tipo *greenstone belt*, posteriormente, Ferreira *et al.* (2000) optou pelo nome de Grupo Jacareacanga sendo a denominação correta para a associação de rochas metamórficas de baixo grau encontradas nesta região. Em termos petrográficos, (Melo *et al.* 1980, Ferreira *et al.* 2000) reconhecem a associação de rochas para e ortoderivadas, representado por metamorfismo de baixo grau, na fácies xisto verde. Nos mapeamentos prévios foi detectado que a sequência vulcano-sedimentar do Grupo Jacareacanga foi submetida a um metamorfismo regional de baixo a médio grau de fácies xisto verde a epidoto anfibolito (Melo *et al.* 1980).

A sequência vulcano-sedimentar do Grupo Jacareacanga foi submetida a um metamorfismo regional de baixo a médio grau de fácies xisto verde a epidoto anfibolito (Melo *et al.* 1980). Localmente, esta sequência sofreu metamorfismo de grau baixo muito baixo resultando em metagrauvascas (Ferreira *et al.* 2000) e metamorfismo de alto grau marcado por paragneisses pelíticos (Figs. 1.4 a 1.8), estes paragneisses afloram como lajeiros nas margens do rio Tapajós próximos a cidade de Jacareacanga e a aldeia Sai Cinza (Fig. 1.3). Na área de estudo, só recentemente foram descritas rochas com grau metamórfico mais elevado (Vasquez

et al. 2019), elas ocorrem como paragnaises que compreendem silimanita-biotita-cordierita-granada-moscovita, com neossoma que formaram veios de granito peraluminoso (Vasquez *et al.* 2019,2020).

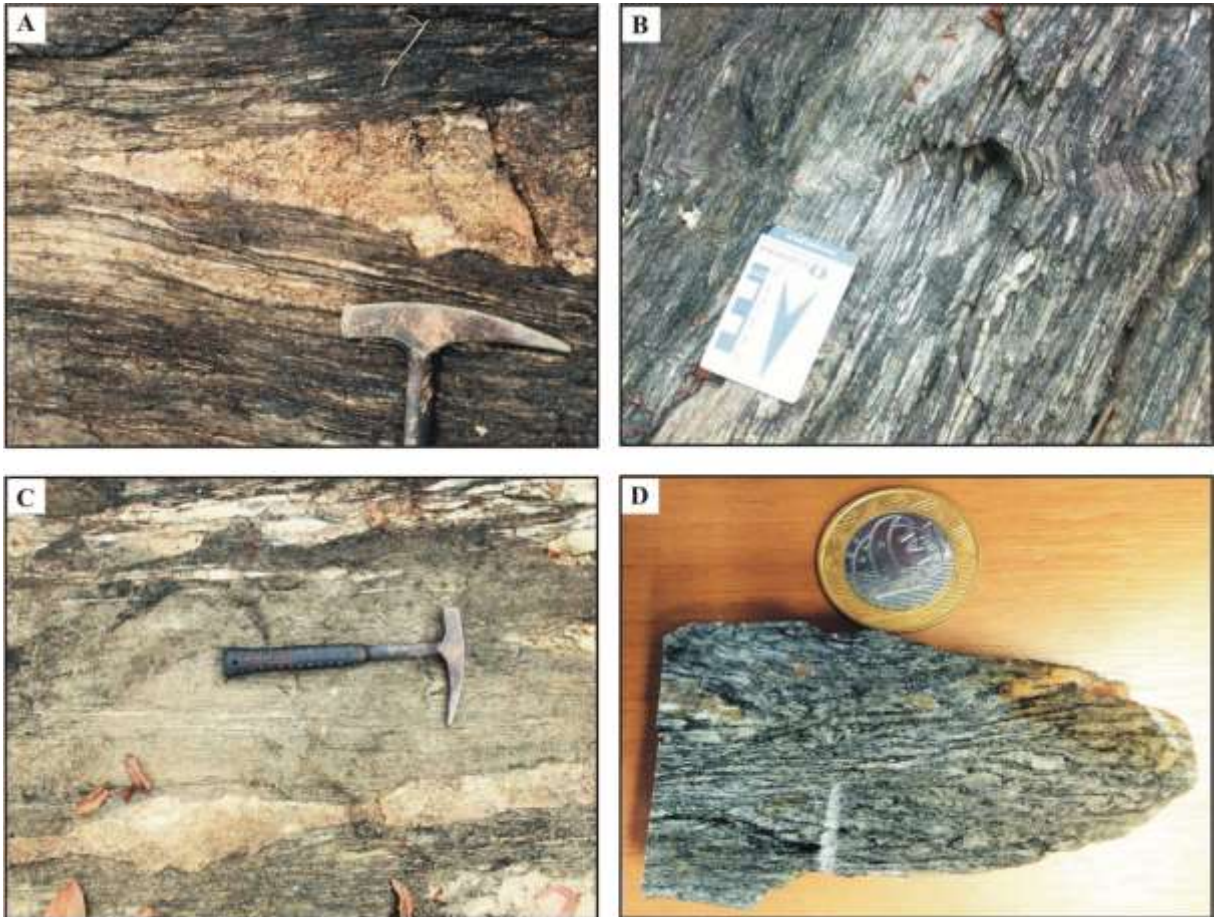


Figura 1.4- Estruturas do paragnaisse pelítico FH-27: (A, B, C) Afloramento do paragnaisse no leito do rio Tapajós; bandamento gnáissico com lente de leucogranito de espessura milimétrica a centimétrica concordantes. (D) Bandamento gnáissico com intercalação de bandas félsicas e máficas e lentes graníticas milimétricas a centimétricas.

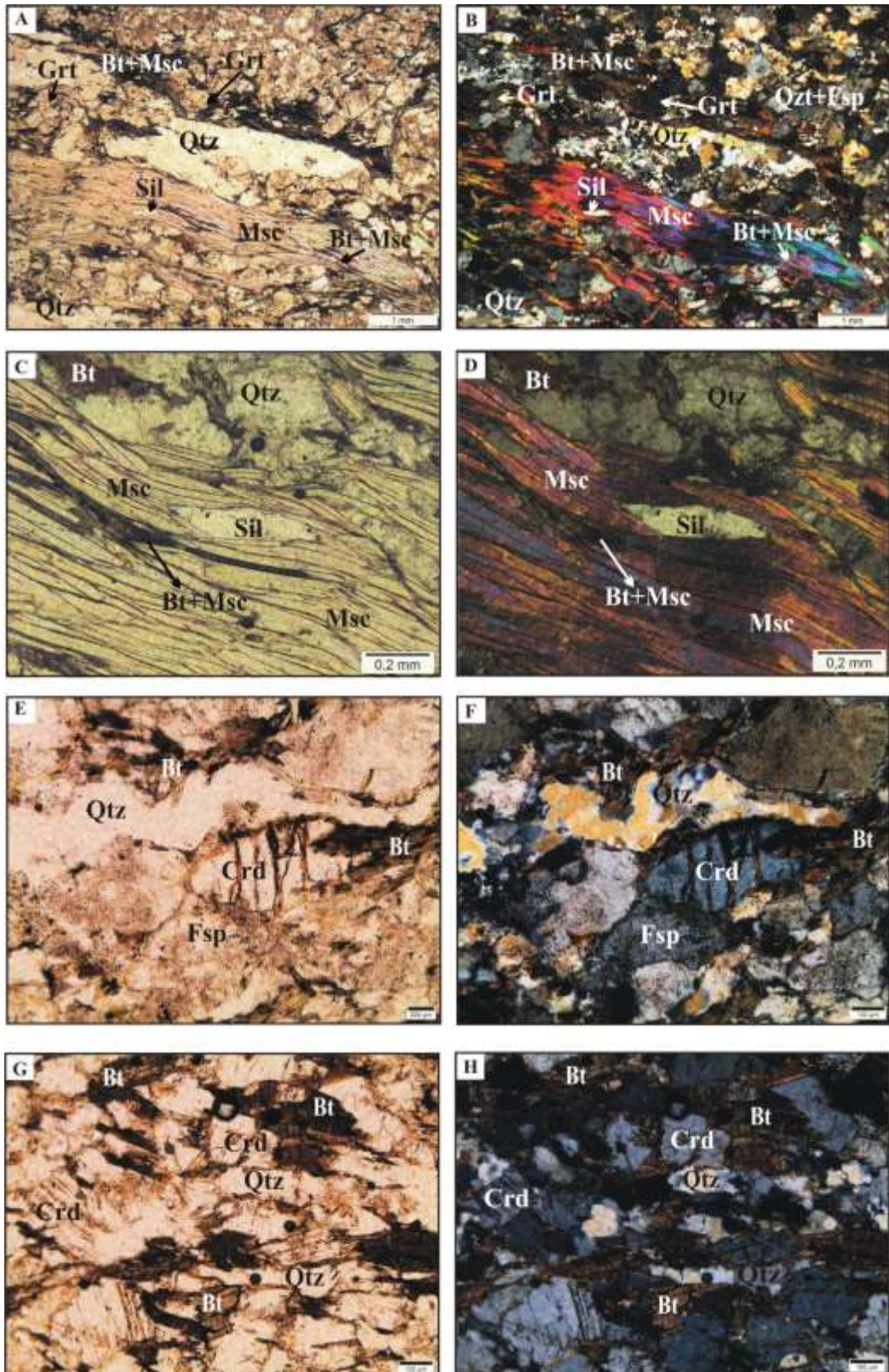


Figura 1.5- Texturas do paragneisse pelítico FH-27: (A, B) Textura granolepidoblástica de quartzo e feldspatos alternado com biotita e muscovita bem cristalizada e o início da formação de silimanita; com porfiroblastos de granada. (C, D) Textura lepidoblástica com detalhe de cristal de silimanita em lamelas e muscovita com biotita intercalada. (E, F) Porfiroblasto de cordierita em banda granoblástica de quartzo e feldspatos. (G, H) Porfiroblasto de cordierita em banda granolepidoblástica com biotita. Composição de fotomicrografias tomadas em luz polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda. Qtz: Quartzo, Fsp: Feldspato, Sil: Silimanita, Bt: Biotita, Msc: Muscovita, Grt: Granada, Crd: Cordierita.

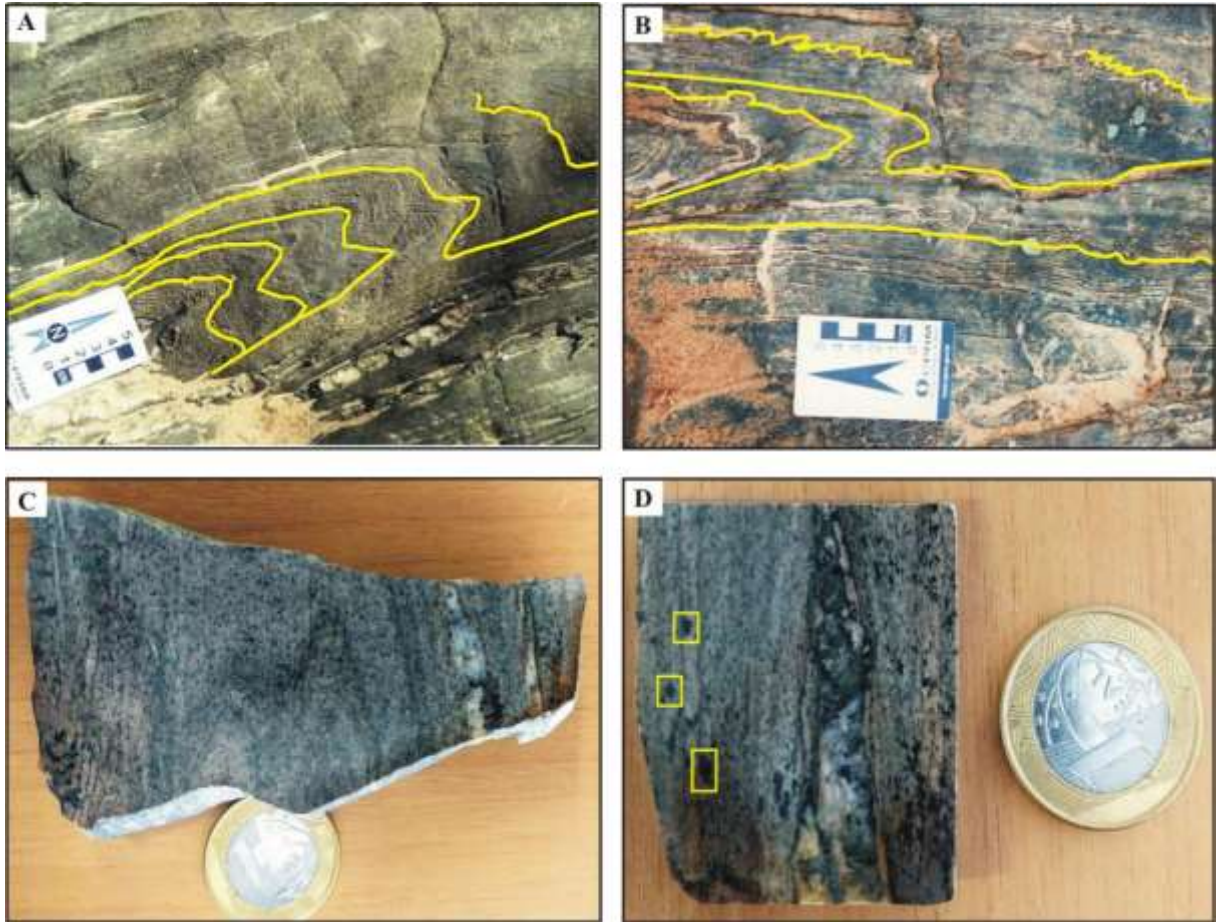


Figura 1.6- Estruturas do paragnaisse pelítico FH-21: (A, B) Afloramento do paragnaisse no leito do rio Tapajós; bandamento gnáissico com dobras apertadas e lentes graníticas com vênulas de quartzo boudinado. (C, D) bandamento gnáissico com porfiroblastos de biotita e lentes graníticas concordantes com bandamento.

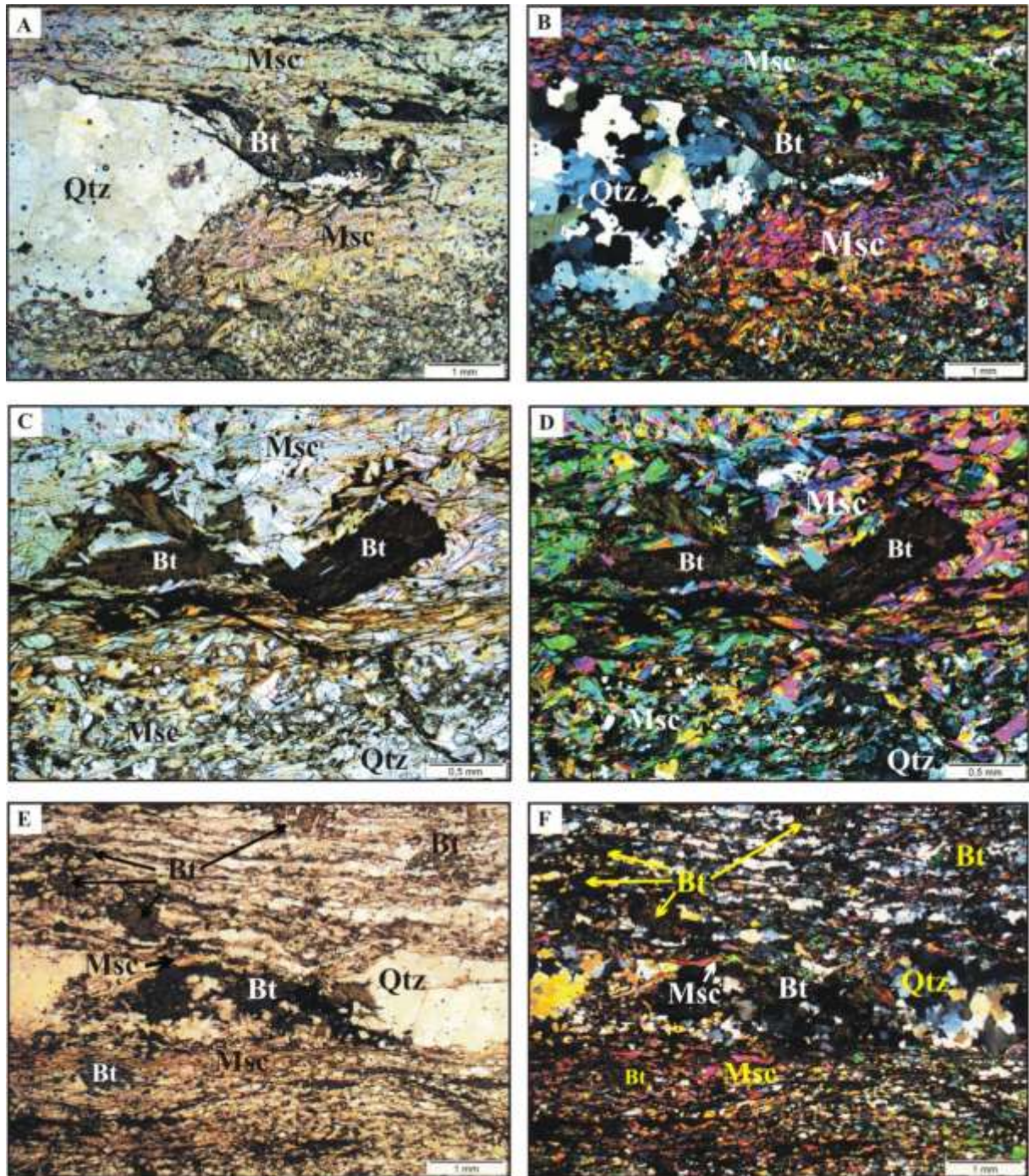


Figura 1.7- Texturas do paragneisse pelítico FH-21: (A, B) Bandas granolepidoblástica de muscovita e porfiroblastos de biotita com lente de quartzo granoblástico deformado, estirado, micro fragmentado e recristalizado. (C, D) Detalhe dos porfiroblastos de biotita rotacionados. (E, F) Bandas de biotita acompanhada de bandas deformadas de cristais de muscovita. Composição de fotomicrografias tomadas em luz polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda. Qtz: Quartzo, Fs: Feldspato, Bt: Biotita, Msc: Muscovita.

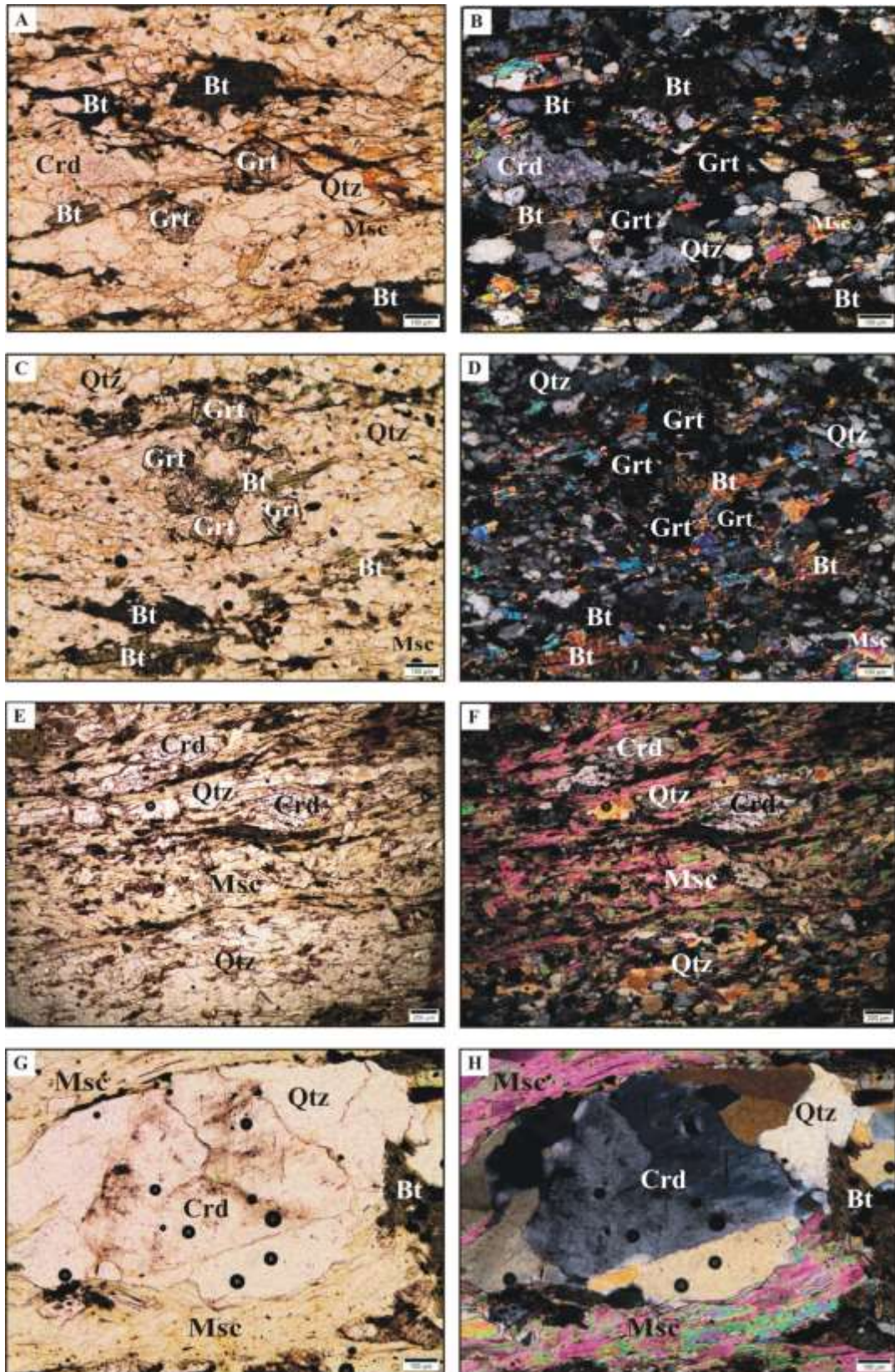


Figura 1.8- Texturas do paragneisse pelítico FH-21: (A, B) Banda granolepidoblástica com cristais subidioblásticos de granada em porção quartzo-feldspática. (C, D) Porfiroblasto de granada em banda granolepidoblástica. (E, F) Grãos deformados e estirados de cordierita e lentes descontínuas de quartzo com intercalações de lamelas de muscovita. (G, H) Boudin de quartzo e cordierita, envolvido por muscovita. Composição de fotomicrografias tomadas em luz polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda. Qtz: Quartzo, Crd: Cordierita, Bt: Biotita, Msc: Muscovita.

A deformação dúctil é marcada pela xistosidade (Fig. 1.9), bandeamento composicional, boudinagem, como as lentes quartzito, e dobras apertadas originalmente de orientação NNW-SSE (Fig. 1.3). As foliações dúcteis foram transportadas por uma foliação milonítica e clivagem de crenulação de orientação NW-SE (Almeida *et al.* 2001a, Santos & Coutinho 2008, Vasquez *et al.* 2019). Estes mica xistos foram mapeados como as rochas predominantes nas ocorrências do Grupo Jacareacanga e raramente afloram como xenólitos hospedados nos ortognaisses e granitoides deformados do Complexo Cuiú-Cuiú (Melo *et al.* 1980, Ferreira *et al.* 2000).

No rio Tapajós, próximo a cidade de Jacareacanga, o que possivelmente é uma lente de dimensões métrica de um anfibolito (MV-59) intercalada nos paragnaisses pelíticos (Fig. 1.3). O anfibolito MV-59 (Fig. 1.10 e 1.11) trata-se de uma rocha metamórfica máfica, com alternância de níveis félsicos.

Resultados geocronológicos U-Pb em zircão (TIMS) obtidos por Santos *et al.* (2000) apresentaram idades por volta de 2100 Ma para os xistos da unidade Sai Cinza, no entanto Almeida *et al.* (2001b) obtiveram idades Pb-Pb via evaporação (TIMS) em zircão entre 2034 e 2008 Ma, mas a quantidade de zircão e os métodos não eram próprios para determinação da idade das fontes detríticas e idade máxima de sedimentação das rochas paraderivadas. Da mesma forma, Vasquez *et al.* (2019) dataram os grãos de zircão dos paragnaisses e veios leucograníticos por U-Pb LA-ICP-MS e identificaram idades entre 2049 e 2000 Ma para as fontes detríticas e de 1956 ± 27 Ma o veio leucogranítico com muscovita e granada. Os autores também identificaram populações de zircão de ca. 1950 Ma e ca. 1890 Ma, que possivelmente são de vênulas graníticas que recortam os paragnaisses. A população mais jovem foi correlacionada às intrusões das suítes Parauari (1895 e 1873 Ma) e Tropas (1898 e 1897 Ma) que cortam as rochas do Grupo Jacareacanga.

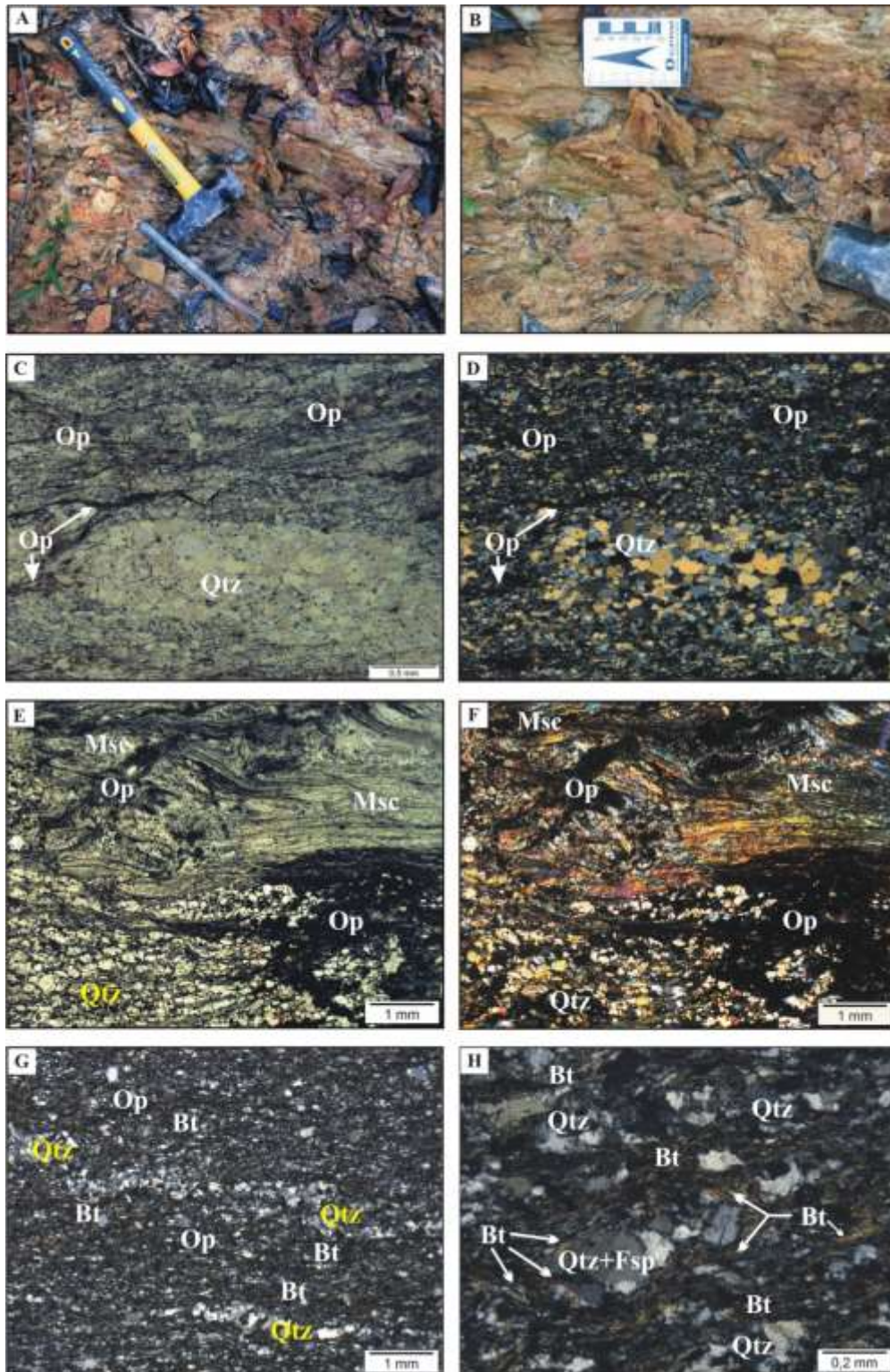


Figura 1.9- Estrutura e texturas dos mica xisto MV-58A e MV-5C: (A, B) Saprólito cinza rosa e ocre dos mica xistos que tem vênulas de quartzo ao longo da xistosidade. (C, D) Bandeamento granoblástico de quartzo com minerais opacos. (E, F) Nível lepidoblásticos de muscovita na amostra MV-58A e nível granoblásticos de quartzo e minerais opacos que são óxidos de ferro (hematita?); (G) Trama granoblástica da amostra MV-58C, com predomínio de clastos de quartzo e subordinados níveis de biotita e minerais opacos. (H) Detalhe dos clastos sigmoidais de quartzo e feldspato contornados por biotita na amostra MV-58C. Composição de fotomicrografias tomadas polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda. Qtz – Quartzo, Fsp – feldspato, Bt – Biotita, Msc – Muscovita, Op – Minerais opacos.

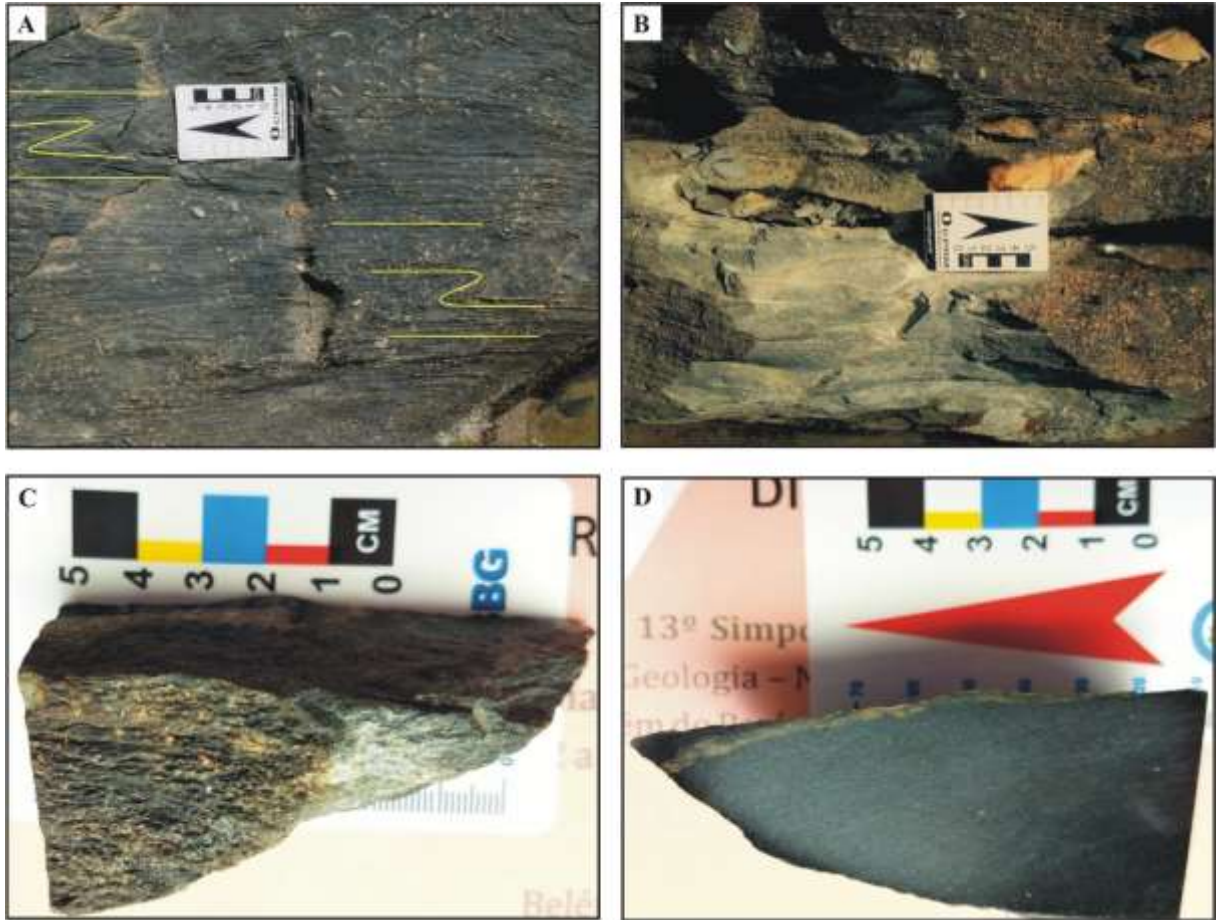


Figura 1.10- Estruturas do anfibolito MV-59: (A, B) Foliação do anfibolito com dobras apertadas, vagamente foliado, coletada perto do leito do rio Tapajós. (C, D) Estrutura equigranular com granulação fina a média e coloração cinza média a escura.

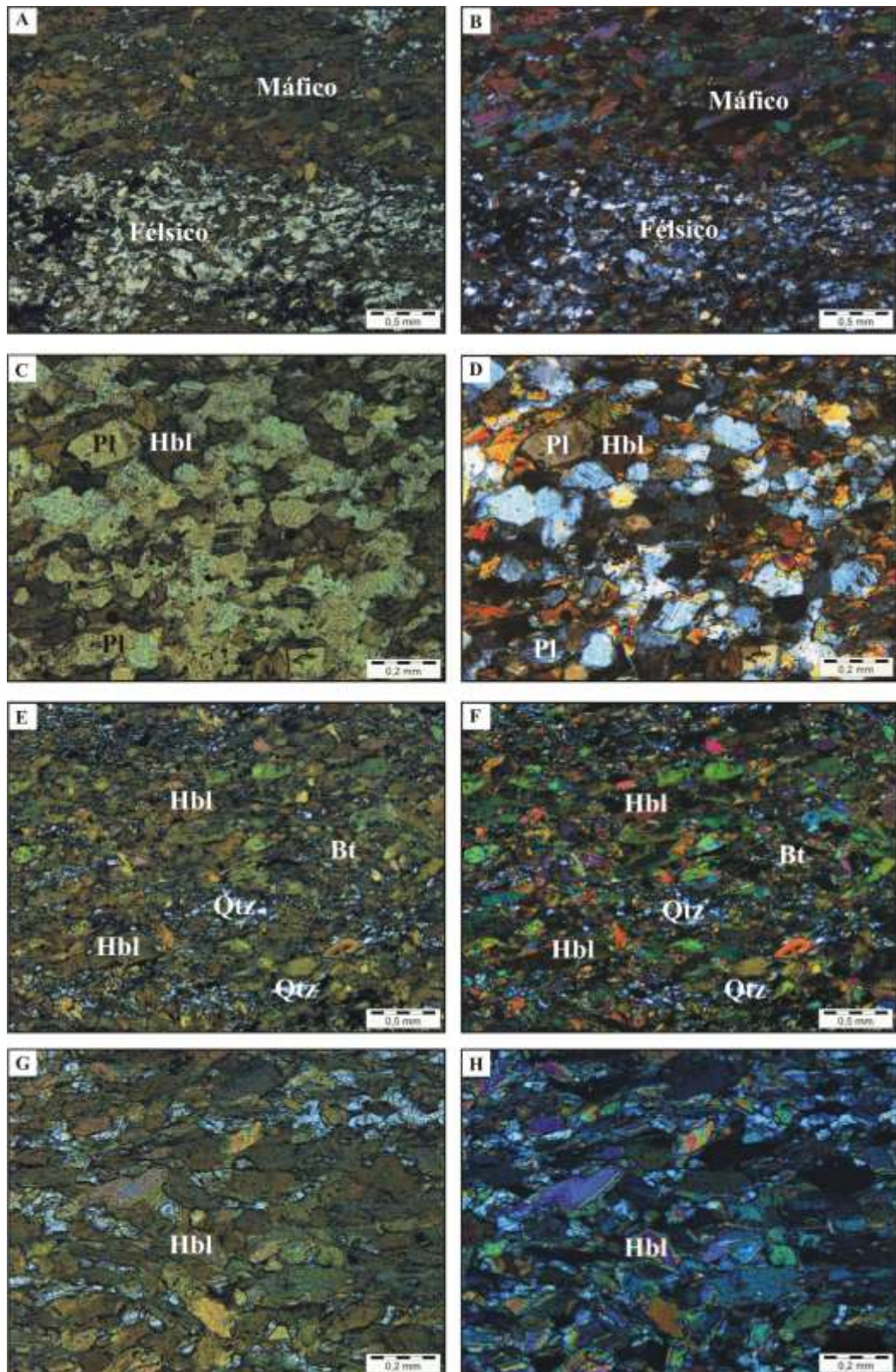


Figura 1.11- Texturas do anfibilito MV-59: (A, B) Fotomicrografia em ND e NC; apresenta banda félsica com plagioclásio granoblástico poligonal e banda máfica com anfíbólio nematoblástica, revela uma intensa recristalização com segregação de hornblenda. (C, D) Arranjo granoblástico poligonal de plagioclásio (Pl) e subordinada hornblenda (Hbl) no nível félsico. (E, F) Textura nematoblástica, evidencia hornblenda verde substituída por hornblenda marrom com alteração a biotita. (G, H) Arranjo nematoblástico de hornblenda (Hbl) no nível máfico. Composição de fotomicrografias tomadas polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda. Qtz: Quartzo, Hornblenda, Bt – Biotita, Pl: Plagioclásio.

1.6.2 Complexo Cuiú-Cuiú

As rochas do Complexo Cuiú-Cuiú, juntamente com as do Grupo Jacareacanga, podem ser consideradas como representantes do embasamento do Domínio Tapajós, pois representam as rochas mais antigas submetidas a metamorfismo e deformação dúctil. Esta unidade tem sido mapeada desde os projetos das décadas de 1970 e 1980 na região do Tapajós (Pessoa *et al.* 1977, Melo *et al.* 1980) e recebeu diversas denominações, mas a partir projeto PROMIN-Tapajós (Almeida *et al.* 2000b, Ferreira *et al.* 2000, Bahia & Quadros 2000, Klein & Vasquez 2000, Vasquez & Klein 2000, Klein *et al.* 2001) foi classificada como complexo, pois reúne gnaisses, migmatitos, anfibolitos e granitoides em corpos indivisos (Almeida *et al.* 1998).

Nos mapas regionais da Província Mineral do Tapajós (Klein *et al.* 2001, Vasquez *et al.* 2019) o Complexo Cuiú-Cuiú é representado por maciços de orientação NW-SE intrudidos por batólitos graníticos, geralmente com a mesma orientação e tem contatos por falhas inversas com o Grupo Jacareacanga. Contudo, ocorrem xenólitos de anfibolitos, rochas metamáficas e metaultramáficas e paragnaisses pelíticos correlacionados ao Grupo Jacareacanga que indicam uma relação de intrusão dos granitoides do Complexo Cuiú-Cuiú antes do falhamento (Melo *et al.* 1980, Ferreira *et al.* 2000, Vasquez *et al.* 2020).

No oeste e sudoeste do Domínio Tapajós predominam ortognaisses tonalíticos e granodioríticos com subordinados quartzo dioritos, quartzo monzodiorito e monzogranitos com porfiroclastos sigmoidais de plagioclásio e hornblenda, que indicam recristalização em condições de fácies anfibolito superior (Ferreira *et al.* 2000, Almeida *et al.* 2001a, Klein *et al.* 2001). Localmente estes ortognaisses mostram feições de migmatização com lentes de leucossoma dobradas e estiradas em fases de deformação posteriores ao bandamento gnáissico, podendo evoluir para diatexitos com poucas feições (Almeida *et al.* 2001a, Vasquez *et al.* 2020).

Os protólitos quartzo dioríticos a granodioríticos dos ortognaisses do Complexo Cuiú-Cuiú têm assinatura de granitoides cálcio-alcalinos de arcos magmáticos, o Arco Cuiú-Cuiú (Vasquez *et al.* 2002, Santos *et al.* 2004, Coutinho *et al.* 2008). Vasquez *et al.* (2017) distinguiram no leste do Domínio Tapajós granodioritos, quartzo monzonitos e monzogranitos deste complexo com pouca deformação dúctil (protomiloníticos) e sem feições de metamorfismo de alto grau (migmatização). Estas rochas apresentam uma assinatura cálcio alcalina de alto K, interpretados como granitoides mais evoluídos do Arco Cuiú-Cuiú. Estes granitoides foram interpretados como posicionados mais distantes da fossa de subducção

(porções oeste e sudoeste) e em níveis crustais mais rasos, pois são rochas vulcânicas contemporâneas (Formação Comandante Arara) associadas (Vasquez *et al.* 2017, 2020).

Os granitoides protólitos dos ortognaisses do Complexo Cuiú-Cuiú das porções oeste, sudoeste e central apresentam idades U-Pb em zircão de 2033 ± 7 Ma a 2005 ± 7 Ma (Santos *et al.* 2000, 2001, 2004). Os granitoides da parte leste e norte tem idades Pb-Pb em zircão de 2016 ± 3 Ma e 2010 ± 4 Ma e as rochas vulcânicas da Formação Comandante Arara apresentaram idades de 2020 ± 2 Ma e 2012 ± 2 Ma (Vasquez *et al.* 2017).

Na exposição do Complexo Cuiú-Cuiú na área de estudo (Fig. 1.3) foram descritos ortognaisses tonalíticos a monzograníticos nos rios Tropas e Pacu (Melo *et al.* 1980, Ferreira *et al.* 2000), com feições de migmatização (Almeida *et al.* 2001a). Contudo, parte dos granitoides bandados e porfiroclásticos desses rios são mais jovens (ca. 1900 Ma) pertencem a Suíte Tropas (Fig. 1.3).

1.6.3 Suíte Tropas

No projeto PROMIN-Tapajós (Almeida *et al.* 2000a, Ferreira *et al.* 2000) os granitoides porfiroclásticos e ortognaisses que afloram nos rios Pacu e Tropas foram mapeados como Complexo Cuiú-Cuiú. Contudo, as datações desses granitoides por Santos *et al.* (2000, 2004) com idades de ca. 1900 Ma estes corpos foram mapeados como Suíte Tropas (Ferreira *et al.* 2004). No mapa de Vasquez *et al.* (2020) os corpos desta suíte consistem de dois batólitos, o principal batólito é o do depósito aurífero Ouro Roxo, que é um corpo orientado segundo uma zona de cisalhamento N-S, que é um sistema de falha oblíqua direcional com mergulho de médio a alto ângulo para leste (Ferreira *et al.* 2000, Santos *et al.* 2001, Veloso & Santos 2013). O outro corpo é o batólito do baixo rio Pacu, que tem uma orientação NNE-SSW e que área de estudo abrange sua borda sudoeste (Fig. 1.3).

Veloso & Santos (2013) descreveram microtexturas miloníticas e cataclásticas nos granodioritos e tonalitos na zona de cisalhamento, mas afastado dela os granitoides são protomiloníticos e até com bandamento ígneo preservado (Santos *et al.* 2001, Vasquez *et al.* 2020). Santos *et al.* (2000) dataram por U-Pb (TIMS) em zircão um tonalito bandado de 1898 ± 2 Ma no baixo rio Tropas. Posteriormente obtiveram idades U-Pb (SHRIMP) em zircão e titanita de 1897 ± 2 Ma para este corpo e em zircão de 1893 ± 3 Ma para um tonalito do depósito de ouro Roxo, no médio rio Pacu (Santos *et al.* 2004). Neste mesmo estudo foi datado um granodiorito do depósito de ouro São Jorge (1907 ± 3 Ma) no leste do Domínio Tapajós, que

foram integrados pelos autores à Suíte Tropas. Idades similares também foram obtidas para um basalto (1898 ± 2 Ma) e um tufo ácido (1896 ± 5 Ma), cujo magmatismo também foi relacionado à Suíte Tropas.

Os granitoides da Suíte Tropas têm uma assinatura cálcio-alcálica de arco de ilha representam o magmatismo do Arco Tropas de 1907 a 1886 Ma, que precedeu os magmatismos graníticos da Suíte Parauari e o gabroico da Suíte Ingarana relacionados a um arco mais evoluído de margem continental, o Arco Parauari de 1885 a 1877 Ma (Santos *et al.* 2004).

1.6.4 Suíte Parauari

Os corpos da Suíte Parauari foram inicialmente mapeados nas décadas de 1970 e 1980 (Santos *et al.* 1975, Melo *et al.* 1980), no projeto PROMIN-Tapajós (Almeida *et al.* 2000b, Ferreira *et al.* 2000, Bahia & Quadros 2000, Klein & Vasquez 2000, Vasquez & Klein 2000, Klein *et al.* 2001) foram mapeados corpos graníticos e granodioríticos. Nos projetos mais recentes tem sido mantida esta separação (Vasquez *et al.* 2020). Na área de estudo afloram os dois tipos como batólitos (Fig. 1.3), sendo que os corpos granodioríticos foram englobados pelos graníticos, o que indica que os granodioritos foram mais precoces.

Os corpos granodioríticos são compostos de granodioritos equigranulares médio, quartzo monzonitos e monzogranitos inequigranulares médios a grosso e subordinados quartzo monzodioritos e quartzo dioritos. Apresentam teores variados de biotita e hornblenda e relictos de clinopiroxênio, alguns são mesocráticos. Os corpos graníticos são de monzogranitos e sienogranitos inequigranulares grosso a médio e porfíricos. Geralmente leucocráticos com biotita, anfibólios mais ricos em ferro e álcalis (hastingsita e edenita) e titanita (Klein *et al.* 2001, Vasquez *et al.* 2017). Ambos os tipos de corpos, granodioríticos e graníticos, são maciços ou com orientação por fluxo magmático marcado principalmente pelo alinhamento dos fenocristais de feldspatos. Este pode ser um critério para distinguir os granodioritos da Suíte Parauari dos granitoides da Suíte Tropas no oeste do Domínio Tapajós (Vasquez *et al.* 2020).

Os granodioritos e granitos da Suíte Parauari apresentam uma assinatura cálcio-alcálica de alto K, que podem representar um arco magmático de margem continental (Santos *et al.* 2004, Coutinho *et al.* 2008). Em alternativa ao modelo de subducção, Vasquez *et al.* (2002) sugeriram que assinatura cálcio-alcálica de alto K dos granitos da Suíte Parauari pode ter resultado da fusão de um manto sub-litosférico enriquecido por uma subducção prévia (a do Arco Cuiú-Cuiú) e de crosta continental por processos de underplating de magma máficos em

um ambiente extensional após a colisão do Arco Cuiú-Cuiú com um continente a oeste. Com a proposta do Arco Tropas há ca. 1900 Ma (Santos *et al.* 2004), a correlação dos granodioritos e granitos e da Suíte Parauari com a evolução de um arco magmático de margem continental é viável (Vasquez *et al.* 2017, 2020).

Idades Pb-Pb e U-Pb em zircão de 1883 ± 4 a 1879 ± 11 Ma foram obtidas para os granitos da Suíte Parauari (Almeida *et al.* 2000b, Klein & Vasquez 2000, Santos *et al.* 2000, 2001). Vasquez *et al.* (2020) obtiveram uma idade U-Pb em zircão de 1895 ± 8 Ma para um batólito granodiorítico na cabeceira do rio Parauari e uma idade de 1873 ± 5 Ma para o batólito granítico desta suíte que o intruiu o granodiorito (Fig. 1.3).

1.6.5 Formação Buiuçu

As rochas sedimentares proterozoicas do Domínio Tapajós tem sido mapeada desde os projetos das décadas de 1970 e 1980 (Pessoa *et al.* 1977, Bizinella *et al.* 1980). No projeto PROMIN-Tapajós (Almeida *et al.* 2000b, Ferreira *et al.* 2000, Bahia & Quadros 2000, Klein & Vasquez 2000, Vasquez & Klein 2000, Klein *et al.* 2001) foram denominadas Formação Buiuçu devido à exposição que ocorre na bacia do rio homônimo no sudoeste do Domínio Tapajós, na borda da bacia fanerozoica do Alto Tapajós.

Segundo Vasquez *et al.* (2020), a Formação Buiuçu se distingue das demais formações sedimentares paleoproterozoicas, esta unidade compreende arcósios, arenitos líticos e quartzosos, com subordinados siltitos, argilitos e conglomerados, localmente ocorrem tufos ácidos intercalados e sedimentos epiclásticos e vulcanoclásticas depositados em canais fluviais entrelaçados, lagos e leques aluviais associados a bacias de arcos vulcânicos. Um tufo ácido intercalado nos arenitos forneceu uma idade U-Pb em zircão de 1908 Ma e tem siltitos recortados por vênulas de quartzo e veios graníticos mineralizados a ouro (Vasquez *et al.* 2020).

1.7 PROBLEMÁTICA

O Grupo Jacareacanga representa a sedimentação e o vulcanismo do primeiro arco magmático do Domínio Tapajós, o Arco Cuiú-Cuiú. Os estudos acima discutidos mostram que as rochas desta unidade foram submetidas a metamorfismo e deformação dúctil relacionados a processo orogênicos após a sua formação. Além disso, outro arco magmático, o Arco Tropas,

foi acrescido há ca. 1900 Ma, e os magmas e a tectônica deste segundo arco podem ter afetado as rochas do Grupo Jacareacanga.

A datação de cristais de zircão de um xisto do Grupo Jacareacanga próximo da aldeia Sai Cinza por U-Pb (TIMS) forneceram idades de ca. 2100 Ma e 2875 Ma (Santos *et al.* 2000) o que indicou uma idade máxima de sedimentação paleoproterozoica com uma contribuição arqueana para esta unidade. Posteriormente, Almeida *et al.* (2001b) datou um xisto no garimpo Espírito Santo por Pb-Pb em zircão e obteve idades de 2189 a 1972 Ma, sendo as populações de 2034 e 2008 Ma as mais representativas limitando a formação do Grupo Jacareacanga ao Orosiriano.

Recentemente, Vasquez *et al.* (2019) dataram cristais de zircão de paragneisses pelíticos e veios leucogranitos hospedados nesses por U-Pb LA-ICPM-MS e obtiveram idades de 2049-2000 Ma para formação dos paragneisses e de 1956 ± 27 Ma para cristalização de um veio de granada-muscovita sienogranito interpretado como anatexia de metapelitos. Além disso, juntos com os cristais de zircão detrítico identificaram populações de zircão de 1952 ± 23 Ma, 1946 ± 14 Ma e 1890 ± 34 Ma relacionadas a vênulas graníticas que se aleitam ao bandamento e cortam os paragneisses. As vênulas de 1952 a 1946 Ma podem ser relacionadas a migmatização, enquanto as de 1890 Ma podem estar relacionadas ao granitoides da suíte Tropas ou Parauari que afloram na área.

Os procedimentos de amostragem e métodos empregados para datar as rochas do Grupo Jacareacanga necessitam de ser aprimorados para delimitar melhor a idade máxima de sedimentação das rochas paraderivadas. É necessária a preparação de amostras sem vênulas graníticas e analisar uma quantidade maior de grãos de zircão (100 a 120 grãos). Também é importante datar os paragneisses do rio Tapajós e os xistos do garimpo Espírito Santo (Fig. 1.3) para investigar rochas submetidas a diferentes graus metamórficos.

1.8 OBJETIVOS

O objetivo principal do presente trabalho é obter dados petrográficos, geocronológicos e isotópicos U-Pb em zircão, essenciais para investigar a idade de formação da bacia metavulcano-sedimentar do Grupo Jacareacanga, localizado no Domínio Tapajós, da Província Tapajós-Parima.

Para este fim, foram realizados os seguintes objetivos específicos:

- Delimitar a idade máxima de sedimentação da bacia Jacareacanga.
- Identificar as principais populações de fontes detríticas para os sedimentos.
- Datar o vulcanismo associado aos sedimentos.
- Distinguir eventos posteriores à formação das rochas metamórficas do Grupo Jacareacanga (ex. metamorfismo, intrusão de granitos).

1.9 MATERIAIS E MÉTODOS

1.9.1 Pesquisa Bibliográfica

Ao longo do estudo foi desenvolvida uma ampla pesquisa bibliográfica, tendo como base relatórios de mapeamento, livros, artigos científicos, anais de simpósios e congressos acerca da geologia, geocronologia e evolução crustal do Cráton Amazônico, da Província Tapajós-Parima, do Domínio Tapajós (Província Mineral do Tapajós) e domínios tectônicos adjacentes. Esta pesquisa se estendeu a artigos, tutoriais e livros sobre procedimentos de preparação de amostras e de análise por métodos geocronológicos U-Pb em zircão. Também foram pesquisadas publicações sobre petrografia e petrologia metamórfica e seus principais domínios, procurando um melhor entendimento de suas características litológicas, gênese e evolução geológica.

1.9.2 Trabalhos de campo

Para este trabalho foram utilizadas amostras disponíveis no Serviço Geológico do Brasil - CPRM, núcleo Belém, enquadrados no projeto “*Mapa de integração geológico-geofísica da ARIM Tapajós na escala 1:500.000. Projeto Evolução Crustal e Metalogênese da Província Mineral do Tapajós*” coordenado pelo Geólogo Dr. Marcelo Lacerda Vasquez. As amostras cedidas para análises foram paragneisses pelíticos das cercanias da aldeia Sai Cinza, mica xistos do garimpo Espírito Santo e um anfibolito do rio Tapajós.

1.9.3 Petrografia

A confecção das lâminas delgadas e polidas das amostras do estudo foi realizada no Laboratório de Análises Minerais da Superintendência Regional de Belém (LAMIN-BE) do

Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Estas lâminas foram descritas no LAMIN-BE em um microscópico petrográfico modelo BX-51-P da Olympus com sistema de captura de imagens para obter fotomicrografias dos minerais e texturas.

Os estudos petrográficos mesoscópicos e microscópicos contaram com a orientação do pesquisador Dr. Marcelo Lacerda Vasquez, coorientador deste estudo, e consistiram na identificação e descrição de minerais essenciais e acessórios, relações de contato entre os grãos, identificação de texturas ígneas, sedimentares e metamórficas e identificação de paragêneses diagnósticas de composição e condições de metamorfismo. Além das amostras do estudo (paragnaisse pelítico, anfibolito e quartzo-mica xisto) foram estudadas amostras de quartzito, metachert ferruginoso, actinolita xisto, talco xisto e granada-muscovita leucogranito.

Publicações como Yardley (2004), Passchier & Trouw (2005), Fettes *et al.* (2007), Bucher & Grapes (2011) foram usados nos estudos petrográficos e de petrologia metamórfica.

1.10 GEOCRONOLOGIA U-Pb

As datações de U-Pb em zircão por LA-ICP-MS foram realizadas no Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade Federal do Pará (Pará-Iso), aplicado o protocolo e configuração do equipamento conforme Milhomem *et al.* (2017).

1.10.1 Preparação de amostras

A separação de minerais pesados foi feita no Laboratório de Análises Mineraias da Superintendência Regional (LAMIN-BE) do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, sob a orientação da técnica em mineração Maria Rosalva Coelho, seguindo a metodologia de Castro *et al.* (2012), Coelho & Silva Neto (2015), em etapas onde as rochas foram britadas/fragmentadas para a diminuição do diâmetro dos grãos, seguidas de separação em frações granulométricas com peneiras de 250 μm (#60), 180 μm (#80), 125 μm (#120) e deslamagem, os minerais pesados são concentrados por bateamento e microbateamento com água. Assim como, os minerais pesados da fração granulométrica 0,250 a 0,180 mm foram concentrados por métodos gravíticos em meio aquoso e líquido denso (bromofórmio - CHBr_3).

A separação foi refinada por métodos magnéticos com o imã de mão e de neodímio. Além de separação isodinâmica em separador eletromagnético tipo Frantz.

1.10.2 Separação mineral e montagem de pastilhas (*Mounts*)

Com os minerais pesados adequadamente separados, começa-se a seleção dos cristais de zircão através de catação em lupa binocular. Os cristais selecionados são posicionados em fileiras em fita adesiva colada sobre uma lamina delgada. Posteriormente, foi colocado um molde e preenchido com resina epóxi que após a cura forma pastilhas (*mounts*). Estas pastilhas foram desbastadas e polidas no laboratório de laminação do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (IG- UFPA).

1.10.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As imagens para estudos das estruturas internas dos cristais de zircão das amostras selecionadas para datação foram feitas no microscópio eletrônico de varredura (MEV) modelo LS15-Zeiss do LAMIN-BE. As sessões polidas dos minerais embutidos foram metalizadas com uma película de ouro com aproximadamente 5 μ m de espessura, para obter imagens por catodoluminescência (CL) e elétrons retroespalhados (ERE), em condições de alto vácuo (3,0 x 10⁻⁵mPa), a uma distância de trabalho de 12 mm, voltagem de 15kV, corrente de chegada de 10 nA e ampliação de 200 vezes. Estas imagens de CL foram usadas para selecionar locais nos cristais livres de fraturas, inclusões e alterações para as análises *in situ* por ablação a laser. Também permitiu distinguir texturas internas dos cristais e identificar a presença de zoneamento oscilatório, núcleo e borda resultantes de núcleos herdados, dissolução e sobrecrecimento por recristalização metamórfica nos cristais de zircão.

1.10.4 Geocronologia U-Pb em zircão

As datações U-Pb em zircão por LA-ICP-MS foram realizadas no espectrômetro de massa de alta resolução de fonte de plasma indutivamente acoplado com multicoletores da Thermo Finnigan modelo Neptune (MC-ICP-MS) acoplado a uma microssonda de ablação a laser Nd: YAG LSX-213 da CETAC no Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade Federal do Pará (Pará-Iso).

Nesta fase foi aplicado os protocolos e configurações do equipamento de acordo com Milhomem *et al.* (2017). As leituras analíticas nas amostras foram intercaladas com as leituras de padrões para controlar a precisão e controle analítico, a fim de corrigir fracionamento elementar induzido pelo laser e a discriminação instrumental da massa. Os padrões de referencia

de zircão utilizados foram o GJ-1 com idade $608 \pm 1,5$ Ma (Jackson *et al.* 2004) e Blue Berry (BB) com idade 562 ± 9 Ma (Santos *et al.* 2017).

A interferência de chumbo comum (^{204}Pb) foi aperfeiçoada pelo monitoramento das massas de ^{202}Hg e ^{204}Pb ($^{204}\text{Hg} + ^{204}\text{Pb}$) durante as análises, usando o modelo de composição do Pb (Stacey & Kramers 1975), sendo necessário assumir uma idade estimada (t) durante o tratamento de dados. Os dados isotópicos brutos de U, Pb e Th foram reduzidos e corrigidos usando uma macro em planilha eletrônica Microsoft Excel (adaptada de Chemale Jr. *et al.* 2012), e as idades calculadas e resultados isotópicos foram plotados em diagramas concórdia usando o programa Isoplot/Ex de Ludwig (2012).

Para o cálculo das idades U-Pb em zircão os dados com valores da razão $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ abaixo de 2500 foram excluídos do cálculo da idade, para minimizar as incertezas consequentes da correção do chumbo comum. Neste trabalho foi adotado e plotado as idades fornecidas pela razão $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ com $100\% \pm 10\%$ de concordância consideradas como as idades mais representativas do grão, nos gráficos de distribuição de frequência associado com a curva de probabilidade relativa.

Em função de dados de campo e petrográficos apresentados por Vasquez *et al.* (2019), que indentificaram intrusões graníticas e anatexia no paragnaisses do Grupo Jacareacanga com idades de cerca de 2000 Ma, este valor foi adotado como limite para as idades dos grãos detríticos, já que, conforme Vasquez *et al.* (2019) as idades < 2000 Ma são relacionadas a eventos posteriores a formação das rochas do Grupo Jacareacanga. Além disso, foi realizado um tratamento mais rigoroso utilizando-se somente os grãos com as idades $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ que se superpunham nos limites dos erros analíticos, esta etapa reduziu os dados a $100\% \pm 2\%$ de concordância onde as idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ foram estimadas como a idade mais representativa do grão.

2 ARTIGO: GEOCRONOLOGIA U-PB LA-ICP-MS EM ZIRCÃO DAS ROCHAS DO GRUPO JACAREACANGA, DOMÍNIO TAPAJÓS, CRÁTON AMAZÔNICO, BRASIL.

Jenny Alexandra Ortega-Cardozo^{1*}, Marco Antonio Galarza^{1,2}, Marcelo Lacerda Vasquez³

1 – Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará (PPGG-IG-UFPA), CEP 66075-100, Belém (PA), Brasil.

2 – Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso), IG-UFPA.

3 – Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Belém (PA), Brasil.

E-mails: jenny.9525@hotmail.com; antogt@ufpa.br, marcelo.vasquez@cprm.gov.br.

*corresponding author.

Artigo a ser submetido em Brazilian Journal of Geology.

ABSTRACT

The Jacareacanga Group is composed by schists, metacherts, quartzites, pelitic paragneisses and amphibolites related to siliciclastic and chemical sedimentation and mafic-ultramafic volcanism that correspond to a turbidite sediments with oceanic bottom basalts of a back-arc or trench basin of the earliest magmatic arc (Cuiú-Cuiú Arc) of the Tapajós Domain in the Amazon Craton. The field data and petrography support the new the U-Pb LA-ICP-MS in zircon crystals dating of rocks of this unit. A cutoff of ages < 2000 Ma was applied in order to avoid the later events (e.g. granitic intrusions). Two pelitic paragneisses gave $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ages between 2008 and 2042 Ma and a mica schist ages of ca. 2056 Ma for the sedimentation age of metasedimentary rocks and zircon populations of Rhyacian and Archean ages indicate detrital sources from adjacent cratonic areas. The amphibolite did not give geochronological data to constrain the age of basaltic volcanism associated to the sediments of the Jacareacanga basin. The geochronological data of this study show that the Jacareacanga basin was formed during the early Orosirian, and the oldest detrital sources support that was a basin of a continental margin magmatic arc of a Rhyacian to Archean crust continent.

Keywords: Tapajós Domain, Jacareacanga Group, Cuiú-Cuiú Arc, U-Pb LA-ICP-MS in zircon.

2.1 INTRODUÇÃO

O Domínio Tapajós representa a parte central da Província Tapajós-Parima do Cráton Amazônico (Fig. 2.1), que teve sua evolução relacionada pela acreção de um ou mais arcos magmáticos durante o Orosiriano na margem de um continente arqueano retrabalhado no Transamazônico (Santos *et al.* 2000, 2001, 2004, Coutinho *et al.* 2008, Vasquez *et al.* 2008). Este domínio tectônico corresponde a Província Mineral do Tapajós que hospedada depósitos de ouro, e subordinados depósitos de cassiterita (Sn), columbita (Nb-Ta) e diamante (Vasquez *et al.* 2017, 2021).

O Grupo Jacareacanga é composto por rochas supracrustais, para e ortoderivadas, com alguns paragneisses e anfibolitos associados, que marcam uma sedimentação e vulcanismo relacionados à formação do arco magmático mais precoce do Domínio Tapajós da Província Tapajós-Parima, o Arco Cuiú-Cuiú (Santos *et al.* 2000, 2004, Vasquez *et al.* 2019).

No presente artigo são apresentadas novas datações U-Pb por espectrometria de massa por fonte de plasma indutiva e ablação a laser (LA-ICP-MS) em cristais de zircão das rochas do Grupo Jacareacanga, com o objetivo de contribuir no conhecimento geológico desta região, delimitando o intervalo da idade de sedimentação e identificar as principais populações de fontes detríticas da bacia Jacareacanga do Arco Cuiú-Cuiú.

2.2 CONTEXTO TECTÔNICO REGIONAL

O Domínio Tapajós representa a parte central da Província Tapajós-Parima do Cráton Amazônico, sua formação foi por acreção de um ou mais arcos magmáticos na margem de um continente arqueano retrabalhado no Transamazônico (Tassinari 1996, Tassinari & Macambira 1999, 2004, Santos *et al.* 2000, 2004, Coutinho *et al.* 2008, Vasquez *et al.* 2008). O Serviço Geológico do Brasil – CPRM tem mapeado constantemente o Domínio Tapajós desde a década de 1970 (Pessoa *et al.* 1977, Melo *et al.* 1980, Bizinella *et al.* 1980, Almeida *et al.* 2000b, Ferreira *et al.* 2000, Klein & Vasquez 2000, Vasquez & Klein 2000, Klein *et al.* 2001, Vasquez *et al.* 2020) identificando diversas unidades litoestratigráficas que foram individualizadas, mas as principais unidades são do Paleoproterozoico, período Orosiriano (Fig. 2.1). Segundo, Vasquez *et al.* (2017) este domínio tectônico contém depósitos primários de ouro relacionados aos eventos magmáticos orosirianos e sedimentação associada, sendo denominado Província Aurífera do Tapajós, ou também Província Mineral do Tapajós, pois ocorrem subordinadamente depósitos de Sn, Nb-Ta e diamante.

Os dados geocronológicos adquiridos nos últimos 20 anos compilados em Vasquez *et al.* (2008, 2017, 2019) pelo método Pb-Pb e U-Pb em zircão, titanita e baddeleyita e Sm-Nd em rocha total indicam uma evolução do Domínio Tapajós com formação de rochas ígneas entre 2033 e 1863 Ma, com localizadas ocorrências por volta de 1790 e 1780 Ma e cerca de 1200 Ma.

Foi reconhecido magmatismo cálcio-alcálico entre 2033 e 2005 Ma relacionado ao Arco Cuiú-Cuiú (Santos *et al.* 2000, 2004, Vasquez *et al.* 2002, Coutinho *et al.* 2008), acompanhado posteriormente de um magmatismo cálcio-alcálico de alto potássio a shoshonítico de 2000 a 1960 Ma (Vila Riozinho-Creporizão) que é possível ser a maturidade deste arco (Lamarão *et al.* 2002) ou representar um magmatismo pós-colisional transcorrente (Vasquez *et al.* 2002). Posteriormente, Santos *et al.* (2004) consideraram as rochas formadas entre 2001 e 1986 Ma (Arco Cumaru) e 1980 e 1960 (Arco Creporizão) como arcos subsequentes ao Arco Cuiú-Cuiú. Um arco magmático de ca. 1900 Ma, o Arco Tropas, foi individualizado por Santos *et al.* (2000,

2004). Estes autores consideram que o magmatismo cálcio-alcálico de alto potássio de ca. 1880 Ma marcado pelos granitos da Suíte Parauari e os gabros da Suíte Igarana como um arco subsequente ao Arco Tropas. Baseados nas poucas evidências do Arco Tropas, Vasquez *et al.* (2002) atribuíram o magmatismo bimodal cálcio-alcálico de alto potássio (Pauaruari-Igarana) de ca. 1880 Ma há um ambiente pós-colisional extensional. Interpreta-se que o magmatismo tipo-A (Moraes Almeida-Maloquinha) de 1880 a 1860 Ma caracteriza um ambiente extensional (Lamarão *et al.* 2002, Vasquez *et al.* 2002, Santos *et al.* 2004). Além disso, Vasquez *et al.* (2017) identificaram eventos vulcânicos de 2020 a 2012 Ma (Fm. Comandante Arara) e que juntamente com o evento de ca. 2000 Ma (Fm. Vila Riozinho) marcam o vulcanismo do Arco Cuiú-Cuiú na porção leste do Domínio Tapajós.

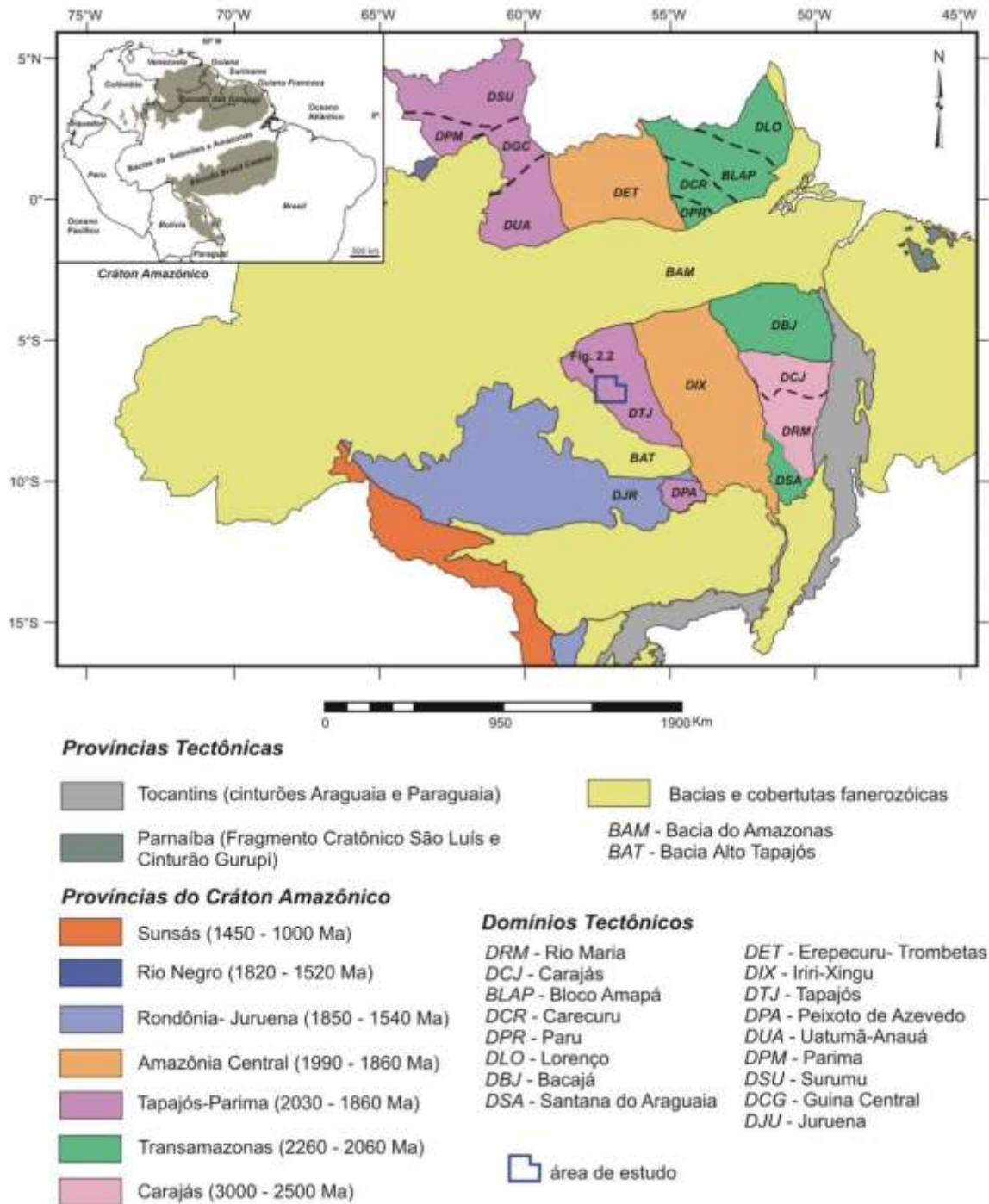


Figura 2.1- Mapa das províncias geocronológicas do Cráton Amazônico e os domínios tectônicos de Santos (2003) da parte oriental (modificado de Vasquez *et al.* 2008) com a localização da área de estudo.

2.3 GEOLOGIA LOCAL

As rochas do Grupo Jacareacanga se localizam na porção sudoeste do Domínio Tapajós (Fig. 2.1). Estas rochas afloram como cinturões de rochas supracrustais alongados segundo a direção NW-SE a NNW-SSE (Ferreira *et al.* 2000).

O Grupo Jacareacanga foi dividido nas formações Sai Cinza e Cadiriri (Vasquez *et al.* 2019, 2020) (Fig. 2.2). A Formação Sai Cinza é composta de xistos com muscovita, biotita, clorita, actinolita e metacherts ferruginosos, mas localmente afloram tremolita e talco xistos, metagrauvas e anfíbolitos (Melo *et al.* 1980, Ferreira *et al.* 2000, Vasquez *et al.* 2019, 2020). Por sua vez, a Formação Cadiriri corresponde a lentes de quartzito orientadas segundo direção NNW concordantes à foliação das rochas da Formação Sai Cinza (Ferreira *et al.* 2000, Vasquez *et al.* 2019, 2020). Trata-se de uma sequência vulcano-sedimentar composta por sedimentos siliciclásticos e químicos relacionados a uma sedimentação de plataforma com vulcanismo básico de fundo oceânico associado (Ferreira *et al.* 2000). Contudo, Santos *et al.* (2000) relacionam a uma sedimentação turbidítica e um vulcanismo básico de uma bacia de fossa oceânica de arco ou de bacia de retaguarda de arco magmático.

A sequência vulcano-sedimentar do Grupo Jacareacanga foi submetida a um metamorfismo regional de baixo a médio grau de fácies xisto verde a epidoto anfíbolito (Melo *et al.* 1980). Localmente, esta sequência sofreu metamorfismo de grau muito baixo resultando em metagrauvas (Ferreira *et al.* 2000) e metamorfismo de alto grau marcado por paragneisses pelíticos (Figs. 2.3 e 2.4) com neossoma que formaram veios de granito peraluminoso (Vasquez *et al.* 2019).

A deformação dúctil é marcada pela xistosidade (Fig. 2.5), bandamento composicional, boudinagem, como as lentes quartzito, e dobras apertadas originalmente de orientação NNW-SSE (Fig. 2.2). As foliações dúcteis foram transportadas por uma foliação milonítica e clivagem de crenulação de orientação NW-SE (Almeida *et al.* 2001a, Santos & Coutinho 2008, Vasquez *et al.* 2019). Lentes de granitos peraluminosos portadores de biotita, muscovita e granada e (neossoma?) intrudiram os paragneisses pelíticos (Figs. 2.3 e 2.4) e batólitos de tonalitos, granodioritos e granitos cortaram tardiamente as rochas do Grupo Jacareacanga (Fig. 2.2).

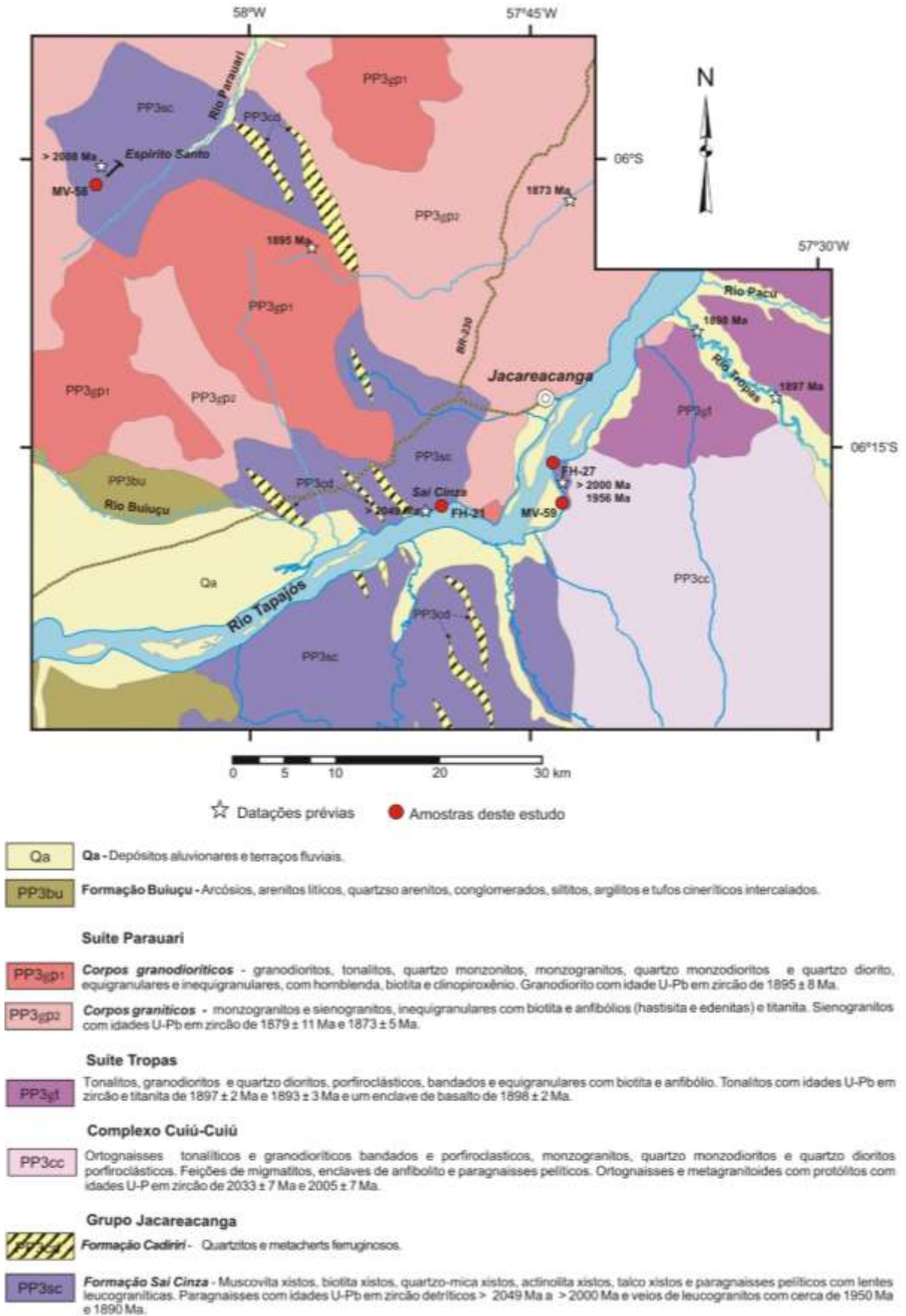


Figura 2.2- Mapa geológico simplificado da área de Jacareacanga, com localização das amostras datadas e as selecionadas para este estudo (modificado de Vasquez *et al.* 2019).

Resultados geocronológicos U-Pb em zircão via diluição isotópica e determinação em espectrômetro de massa de fonte termal (ID-TIMS) obtidos por Santos *et al.* (2000) apresentaram idades por volta de 2100 Ma para os xistos da unidade Sai Cinza, não obstante Almeida *et al.* (2001b) obtiveram idades Pb-Pb em zircão entre 2034 e 2008 Ma, mas a quantidade de zircão e os métodos não eram próprios para a determinação da idade das fontes detríticas e idade máxima de sedimentação das rochas paraderivadas. Igualmente, Vasquez *et al.* (2019) dataram os grãos de zircão dos paragnaisses e veios leucograníticos por U-Pb LA-ICP-MS e identificaram idades entre 2049 e 2000 Ma para as fontes detríticas e de 1956 ± 27 Ma o veio leucogranítico com muscovita e granada. Assim como, populações de zircão de ca. 1950 Ma e ca. 1890 Ma que possivelmente são de vênulas graníticas que recortam os paragnaisses, a população mais jovem foi correlacionada às intrusões das suítes Parauari (1895 e 1873 Ma) e Tropas (1898 e 1897 Ma) que cortam as rochas do Grupo Jacareacanga.

2.4 OCORRÊNCIA NO CAMPO E PETROGRAFIA

As amostras estudadas são de dois paragnaisses pelítico (FH-21 e FH-27), dois muscovita xistos (MV-58A e MV-58C) e um anfibolito (MV-59) que foram coletadas durante as campanhas de mapeamento Projeto Evolução Crustal e Metalogênese da Província Mineral do Tapajós (Vasquez *et al.* 2020).

2.4.1 Paragnaisses pelíticos

Os paragnaisses pelíticos do Grupo Jacareacanga afloram como lajeiros nas margens do rio Tapajós próximos à cidade de Jacareacanga e à aldeia Sai Cinza (Fig. 2.2). Estas rochas não foram mapeadas nos projetos anteriores nesta área, só recentemente foram descritas por Vasquez *et al.* (2019). Localmente, Almeida *et al.* (2001a) descreveram um xenólito de silimanita-biotita-cordierita gnaisse hospedados em um ortognaisse do Complexo Cuiú-Cuiú próximo ao garimpo Cantagalo, localizado distante desta área.

Paragnaisse pelítico FH-27 é um gnaisse de cor cinza e granulação média, fortemente foliado, que mostra alternância de bandas félsicas de composição quartzo-feldspáticas e bandas máficas ricas em micas que marcam um bandamento composicional (Figs. 2.3A e 2.3B). Também apresentam veios lenticulares de leucogranitos concordantes, bandamento gnáissico de espessuras milimétrica a centimétricas. Ao microscópio este gnaisse mostra bandas granoblásticas de quartzo, feldspatos e granada alternadas com bandas lepidoblásticas de muscovita, biotita e silimanita (Figs. 2.3C e 2.3D). A cordierita está presente nas bandas

granoblásticas e nas granolepidoblásticas (Figs. 2.3E e 2.3F). Esta amostra corresponde a um silimanita-cordierita-granada-biotita-muscovita gnaiss, e Vasquez *et al.* (2019) classificou os veios leucograníticos como granada-muscovita sienogranito.

Paragnaisse pelítico FH-21 é um gnaiss de cor cinza com bandas de cor rosa que apresenta uma granulação fina e aspecto foliado. A presença de lentes graníticas concordantes e porfiroblastos de biotita (Figs. 2.4A e 2.4B) marcam um sutil bandamento gnáissico. Este gnaiss mostra dobras apertadas e veios de quartzo boudinados. Ao microscópio apresenta uma trama granolepidoblástica de muscovita e quartzo com porfiroblastos de biotita e lentes de quartzo granoblástico (Fig. 2.4C). Estes porfiroblastos de biotita foram rotacionados e se apresentam transversais e concordantes com a foliação (Fig. 2.4D). Localmente, tem cristaloblastos de cordierita e de granada (Figs. 2.4E e 2.4F). Trata-se de um cordierita-granada-biotita-muscovita gnaiss.

2.4.2 Mica xistos

Os mica xistos e quartzo-mica xistos foram mapeadas como as rochas predominantes nos corpos do Grupo Jacareacanga e raramente afloram como xenólitos hospedados nos ortognaisses e granitoides deformados do Complexo Cuiú-Cuiú (Melo *et al.* 1980, Ferreira *et al.* 2000).

No garimpo Espirito Santo localizado na cabeceira do rio Parauari (Fig. 2.2) aflora um mica xisto (MV-58A) e um quartzo-mica xisto (MV-58C), ambos apresentam cor rosa e ocre devido ao intemperismo, mas a cor original é cinza claro. Localmente apresentam vênulas de quartzo mineralizadas com ouro, geralmente concordantes com a xistosidade (Fig. 2.5A).

A amostra MV-58A é um de xisto com predomínio de níveis lepidoblásticos de muscovita intercalados com subordinados níveis granolepidoblásticos de quartzo e feldspato, ambos os níveis com impregnações de óxido ou hidróxido de ferro ao longo da xistosidade (Fig. 2.5B).

O quartzo-mica xisto MV-58C é um xisto com predomínio de níveis granolepidoblásticos de quartzo e feldspato e subordinada biotita (Fig. 2.5C). Os clastos sigmoidais de quartzo e feldspato da matriz são contornados por lamelas de biotita (Fig. 2.5D).

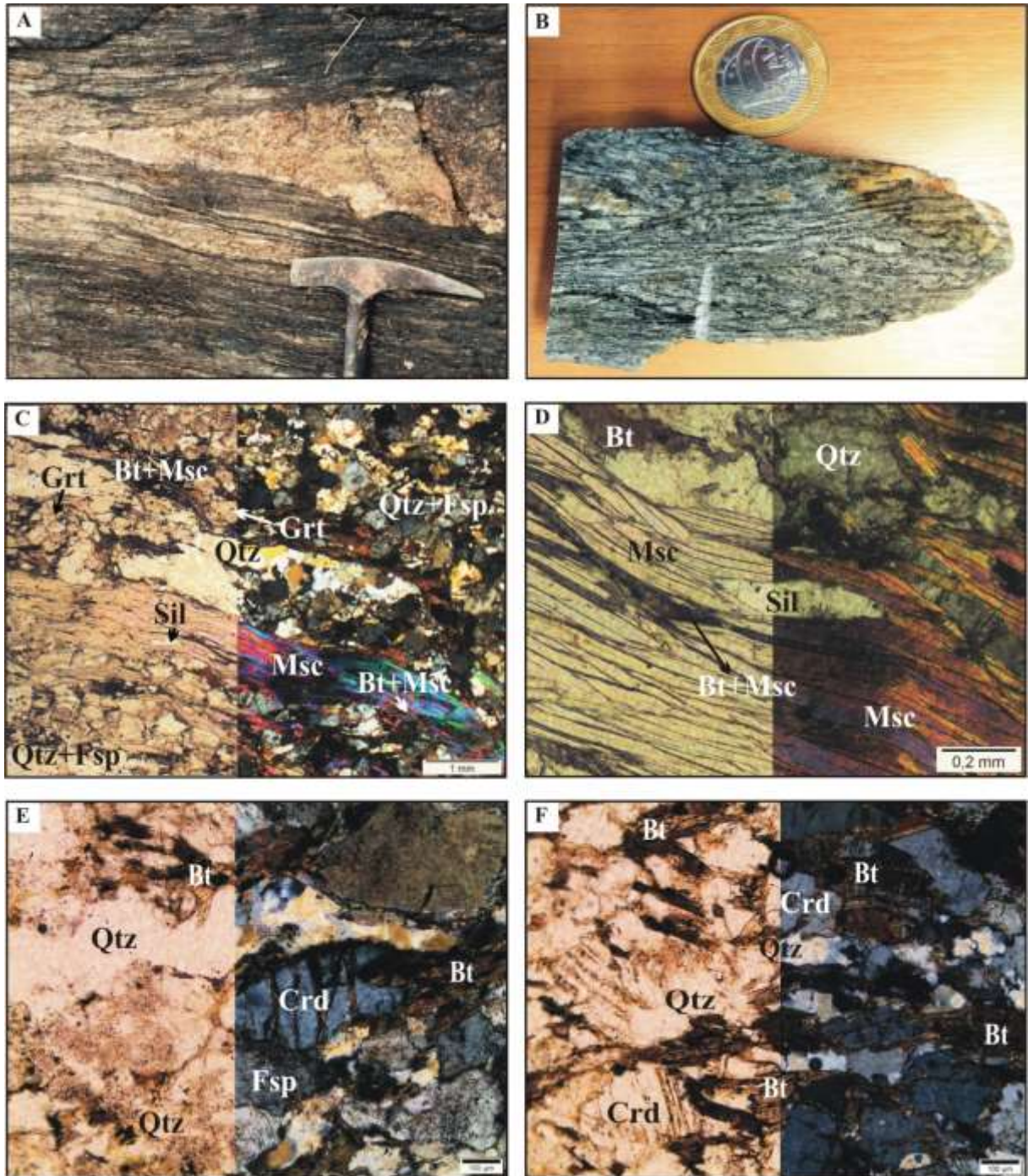


Figura 2.3- Estruturas e texturas do paragneisse pelítico FH-27: (A) Bandamento gnáissico com lentes leucograníticas de espessura milimétrica a centimétrica concordantes; (B) Bandamento gnáissico com alternância de bandas félsicas e máficas e lentes graníticas milimétricas a centimétricas; (C) Bandas granoblásticas de quartzo (Qtz) e feldspatos (Fsp) com porfiroblastos de granada (Grt) e bandas lepidoblásticas de muscovita (Msc) com biotita (Bt) e silimanita (Sil); (D) Detalhe de cristal de silimanita (Sil) em lamelas e muscovita (Msc) com biotita (Bt) intercalada; (E) Porfiroblasto de cordierita (Crd) em banda granoblástica de quartzo (Qtz) e feldspatos (Fsp); (F) Porfiroblasto de cordierita (Crd) em banda granolepidoblástica com biotita (Bt). Composição de fotomicrografias tomadas em luz polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda.

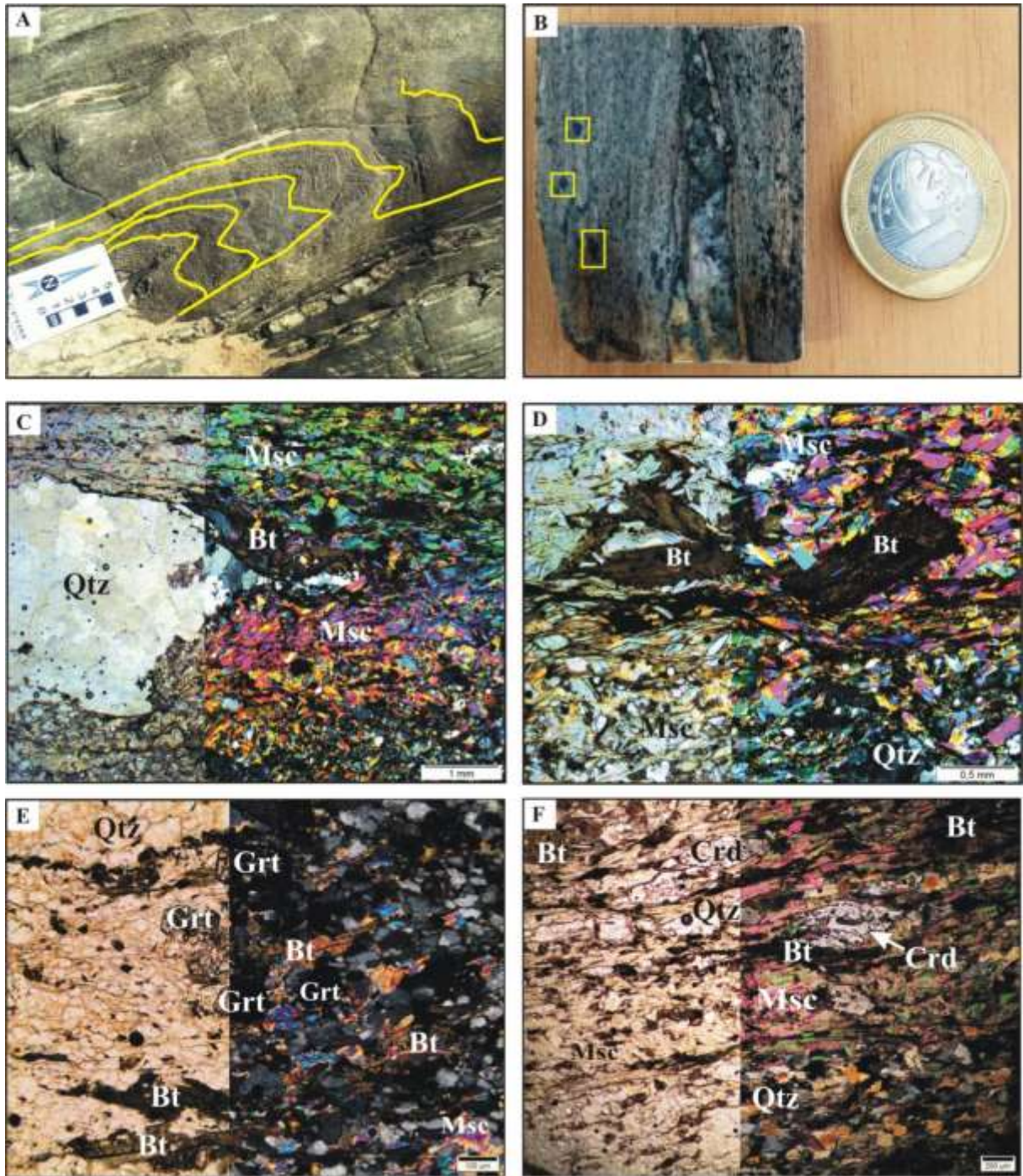


Figura 2.4- Estruturas e texturas do paragneisse pelítico FH-21: (A) Bandamento gnáissico com dobras apertadas e veios de quartzo boudinado; (B) Porfiroblastos de biotita e lentes graníticas concordantes com bandamento; (C) Bandas granolepidoblástica de muscovita (Msc), porfiroblastos de biotita (Bt) e lente de quartzo (Qtz) granoblástico; (D) Detalhe dos porfiroblastos de biotita (Bt) rotacionados; (E) Porfiroblasto de granada (Grt) em banda granolepidoblástica; (F) Porfiroblasto de cordierita (Crd) em banda granolepidoblástica. Composição de fotomicrografias tomadas em luz polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda.

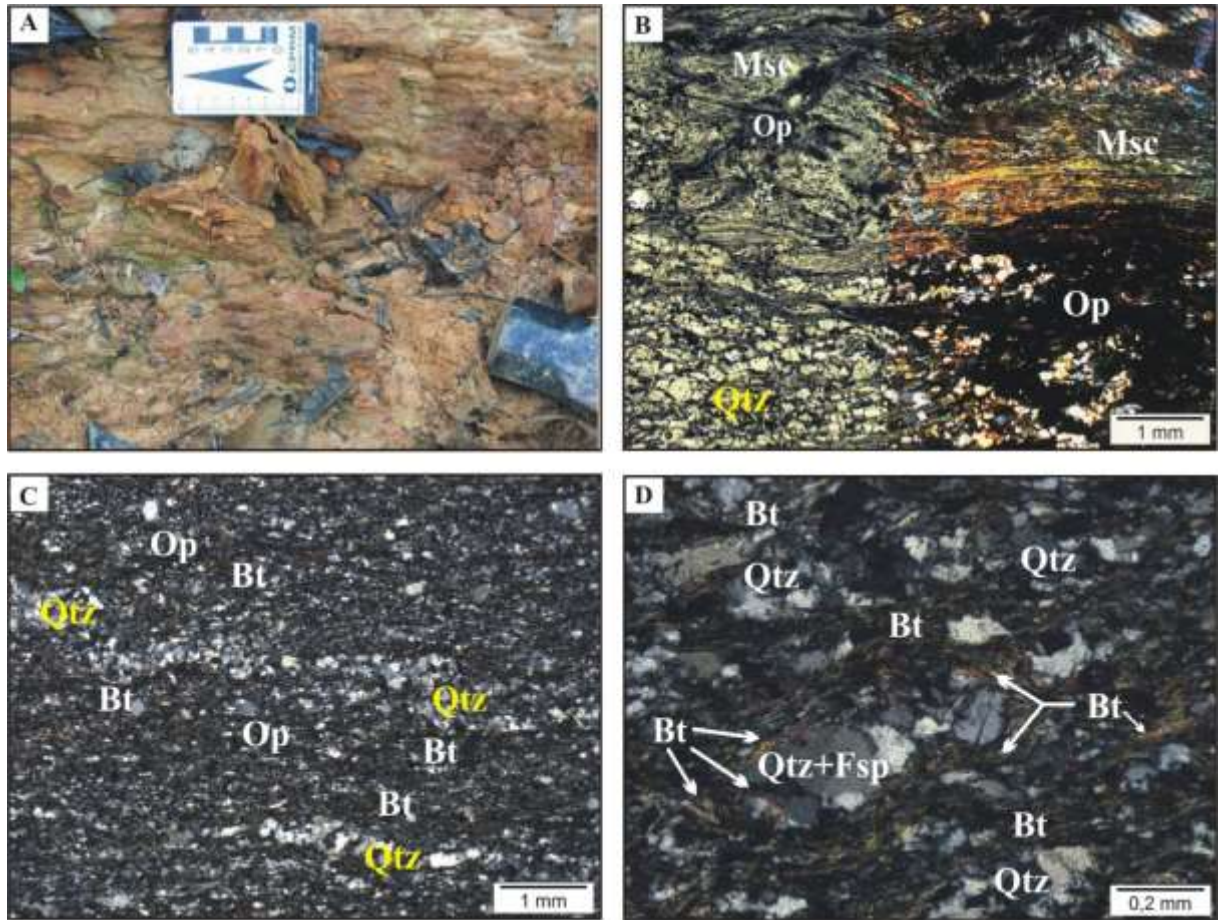


Figura 2.5- Estruturas e texturas dos mica xistos MV-58A e MV-58C: (A) Saprólito cinza rosa e ocre dos mica xistos que tem vênulas de quartzo ao longo da xistosidade; (B) Nível lepidoblástico de muscovita (Msc) na amostra MV-58A e nível granoblástico de quartzo (Qtz) e minerais opacos (Op) que são óxidos de ferro (hematita?); (C) Trama granoblástica da amostra MV-58C, com predomínio de clastos de quartzo (Qtz) e subordinados níveis de biotita (Bt) e minerais opacos (Op); (D) Detalhe dos clastos sigmoidais de quartzo (Qtz) e feldspato (Fsp) contornados por biotita (Bt) na amostra MV-58C. As fotomicrografias C e D tomadas em luz polarizada com nicóis cruzados, e B em luz polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda.

2.4.3 Anfibolitos

Actinolita xistos, talco-tremolita xistos e anfibolitos foram mapeados previamente por Melo *et al.* (1980) e Ferreira *et al.* (2000) intercalados com os mica xistos do Grupo Jacareacanga, e também como xenólitos hospedados nos ortognaisses e granitoides deformados do Complexo Cuiú-Cuiú. No rio Tapajós, próximo à cidade de Jacareacanga, aflora o que possivelmente é uma lente de dimensões métrica de um anfibolito (MV-59) intercalada nos paragnaisses pelíticos (Fig. 2.2).

O Anfibolito MV-59 é uma rocha metamórfica máfica de cor preta esverdeada, com granulação fina, que apresenta a foliação com dobras apertadas (Fig. 2.6A). Ao microscópio apresenta uma alternância de níveis máficos ricos em hornblenda e subordinados níveis félsicos ricos em plagioclásio (Fig. 2.6B). Os níveis máficos mostram arranjos nematoblásticos de

cristais de hornblenda (Fig. 2.6C), e os níveis félsicos apresentam arranjos granoblásticos poligonais de plagioclásio e subordinada hornblenda (Fig. 2.6D).

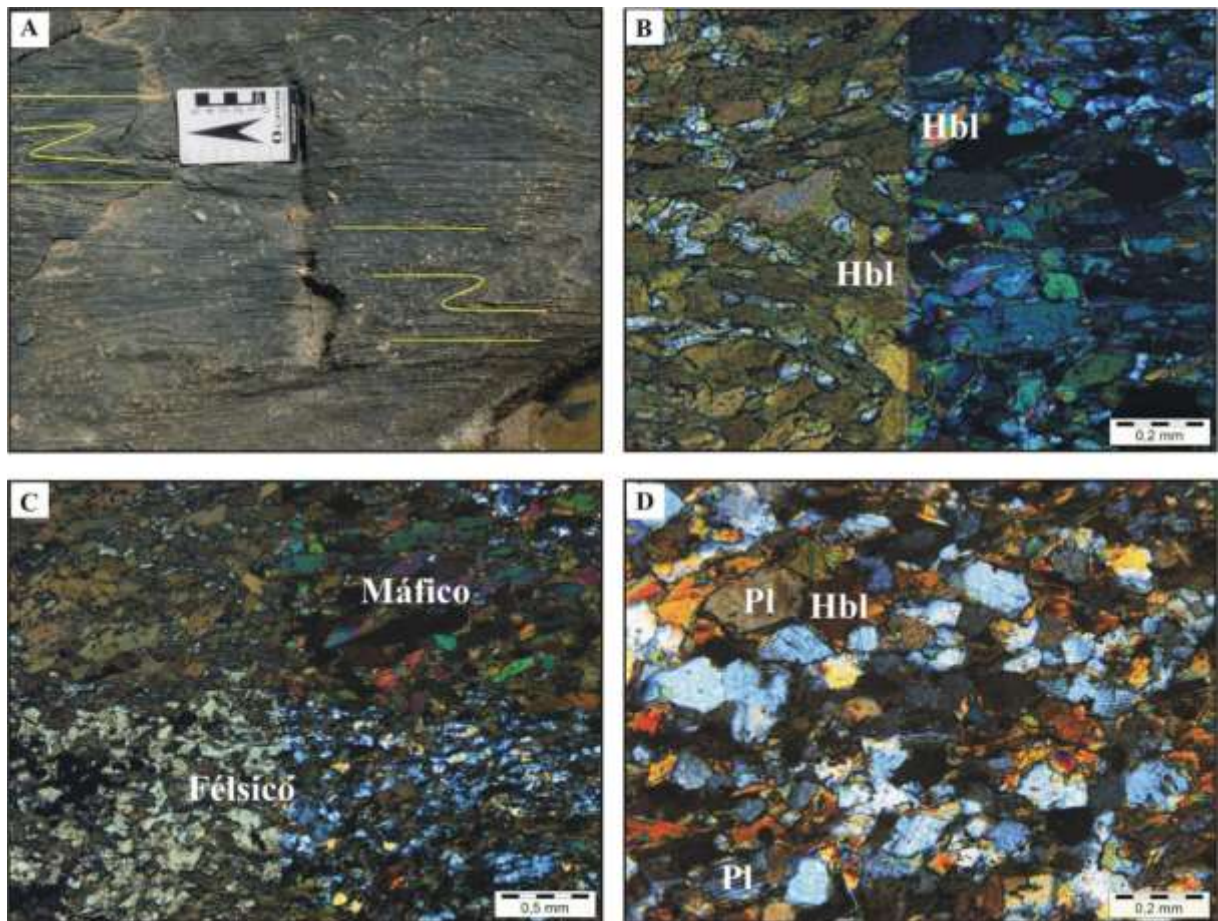


Figura 2.6- Estruturas e texturas do anfibolito MV-59: (A) Foliação do anfibolito com dobras apertadas; (B) Nível máfico rico em anfibólio e nível félsico rico em plagioclásio; (C) Arranjo nematoblástico de hornblenda (Hbl) no nível máfico; (D) Arranjo granoblástico poligonal de plagioclásio (Pl) e subordinada hornblenda (Hbl) no nível félsico. (B, C) Composição de fotomicrografias tomadas em luz polarizada com nicóis paralelos à direita e nicóis cruzados à esquerda.

2.5 ATIVIDADES E MÉTODOS

Cinco amostras do Grupo Jacareacanga foram analisadas: dois paragneisses pelíticos (FH-27 e FH-21), dois micas xistos (MV-58A e MV-58C) e um anfibolito (MV-59).

2.5.1 Preparação de amostras

A separação de minerais pesados foi feita no Laboratório de Análises Mineraias da Superintendência Regional de Belém (LAMIN-BE) do Serviço Geológico do Brasil – CPRM. As rochas foram britadas e peneiradas e os minerais pesados da fração granulométrica 0,250 a 0,180 mm foram concentrados por métodos gravíticos em meio aquoso e líquido denso (bromofórmio). A separação foi refinada por métodos magnéticos com imã de ferrito e neodímio, além de, separação isodinâmica em separador magnético tipo Frantz.

Os cristais de zircão foram selecionados sob estereomicroscópio e montados em embutidos de resina epóxi (*mounts*), que foram desbastados e polidos no laboratório de laminação do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (IG- UFPA).

As sessões polidas foram metalizadas com uma película de ouro com aproximadamente 5µm de espessura. As imagens dos grãos de zircão foram obtidas por catodoluminescência (CL) no microscópio eletrônico de varredura (MEV) modelo LS15 da Zeiss no LAMIN-BE, em condições de alto vácuo ($3,0 \times 10^{-5}$ mPa), a uma distância de trabalho de 12 mm, voltagem de 15kV, corrente de chegada de 10 nA e ampliação de 200 vezes.

2.5.2 Processo analítico

As datações U-Pb em zircão por LA-ICP-MS foram realizadas no Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade Federal do Pará (Para-Iso) em um espectrômetro de massa de alta resolução de fonte de plasma indutivamente acoplado com multicoletores modelo Neptune da Thermo Finnigan acoplado a uma microsonda de ablação a laser Nd: YAG LSX-213 da CETAC.

Na análise isotópica U-Pb no Para-Iso é aplicado o protocolo e configuração do equipamento conforme Milhomem *et al.* (2017). As leituras analíticas nas amostras foram intercaladas com as leituras de padrões para aplicar eventuais correções de fracionamento de massa e drift do equipamento, além de monitorar a precisão do análises. Os padrões de zircão utilizados foram o GJ-1 com idade $608,5 \pm 1,5$ Ma (Jackson *et al.* 2004) e o Blue Berry (BB) com idade 562 ± 9 Ma (Santos *et al.* 2017).

Os dados isotópicos brutos de U, Pb e Th foram reduzidos e corrigidos usando uma macro em planilha eletrônica Microsoft Excel adaptada por Chemale Jr. *et al.* (2012), e as idades foram calculadas e resultados isotópicos plotados em diagramas concórdia utilizando o programa Isoplot/Ex de Ludwig (2012).

Para o cálculo das idades U-Pb em zircão, os dados com valores da razão $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ abaixo de 2500 foram excluídos do cálculo da idade, para minimizar as incertezas consequentes da correção do chumbo comum. Neste trabalho foi adotado e plotado as idades fornecidas pela razão $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ com $100\% \pm 10\%$ de concordância consideradas como as idades mais representativas do grão, nos gráficos de distribuição de frequência associado com a curva de probabilidade relativa.

No tratamento dos resultados foi adotado um corte das idades > 2000 Ma, pois conforme Vasquez *et al.* (2019), as idades < 2000 Ma são relacionadas a eventos posteriores a formação das rochas do Grupo Jacareacanga. Este critério foi baseado em feições de campo e petrográficas, que indicam o registro de feições relacionadas a intrusão graníticas e anatexia

nos paragnaises do Grupo Jacareacanga identificados por Vasquez *et al.* (2019). Além disso, foi realizado um tratamento mais rigoroso utilizando-se somente os grãos com as idades $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ que se superpunham nos limites dos erros analíticos, esta etapa reduziu os dados a $100\% \pm 2\%$ de concordância, onde as idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ foram estimadas como a idade mais representativa do grão.

2.6 RESULTADOS

2.6.1 Imagens de catodoluminescência

As imagens de CL foram usadas para selecionar locais nos cristais de zircão sem influência de fraturas, inclusões minerais e alterações por processos pós-cristalização para as análises *in situ* por ablação a laser. Estas imagens CL também permitiram distinguir nos cristais de zircão texturas de zoneamento oscilatório ígneo, estruturas de núcleo e borda relacionadas a reabsorção de núcleos herdados e manto de sobrecrescimento por recristalização metamórfica, feições de apagamento de zoneamento ígneo e dissolução de bordas de cristais e feições de metamictização. Assim, a morfologia externa e texturas internas dos cristais permitiram distinguir diferentes de cristais de zircão nas rochas estudadas.

O paragnaisse pelítico FH-27 tem uma população de cristais prismáticos alongados, euédricos, com subordinados cristais subédricos e subarredondado. São cristais incolores transparentes ou translúcidos de cores de tons amarelo a marrom. Uma outra população tem cristais subarredondados e arredondado, transparente e ocasionalmente translúcido de cores de tons marrom. As imagens CL mostram zoneamento concêntrico oscilatório bem definido (Fig. 2.7), semelhante aos mostrados por Corfu *et al.* (2003) para cristais de zircão ígneo. Alguns cristais mostram núcleos arredondados e metamictizados.

No paragnaisse pelítico FH-21 predominam cristais de formas arredondas e irregulares, transparentes e translúcidos de cores de tons marrom. As imagens CL exibem apagamento de zoneamento oscilatório ígneo, localmente mostram zoneamentos convoluto e setorial (Fig. 2.7) que são feições de recristalização metamórfica de alto grau (Corfu *et al.* 2003).

Os mica xistos MV-58A e MV-58C apresentam cristais euédricos, subédricos e subarredondados, transparentes incolores e de cores de tons de marrom, com hábito prismático alongado e achatado e de formas irregulares. A maioria das imagens CL dos cristais dessas amostras mostram zoneamento oscilatório ígneo (Fig. 2.7), mas os núcleos de alguns cristais

têm uma luminescência alta (cor branca), que contrasta com a baixa (cinza) das bordas, indicando diferentes teores de Th e U (Corfu *et al.* 2003).

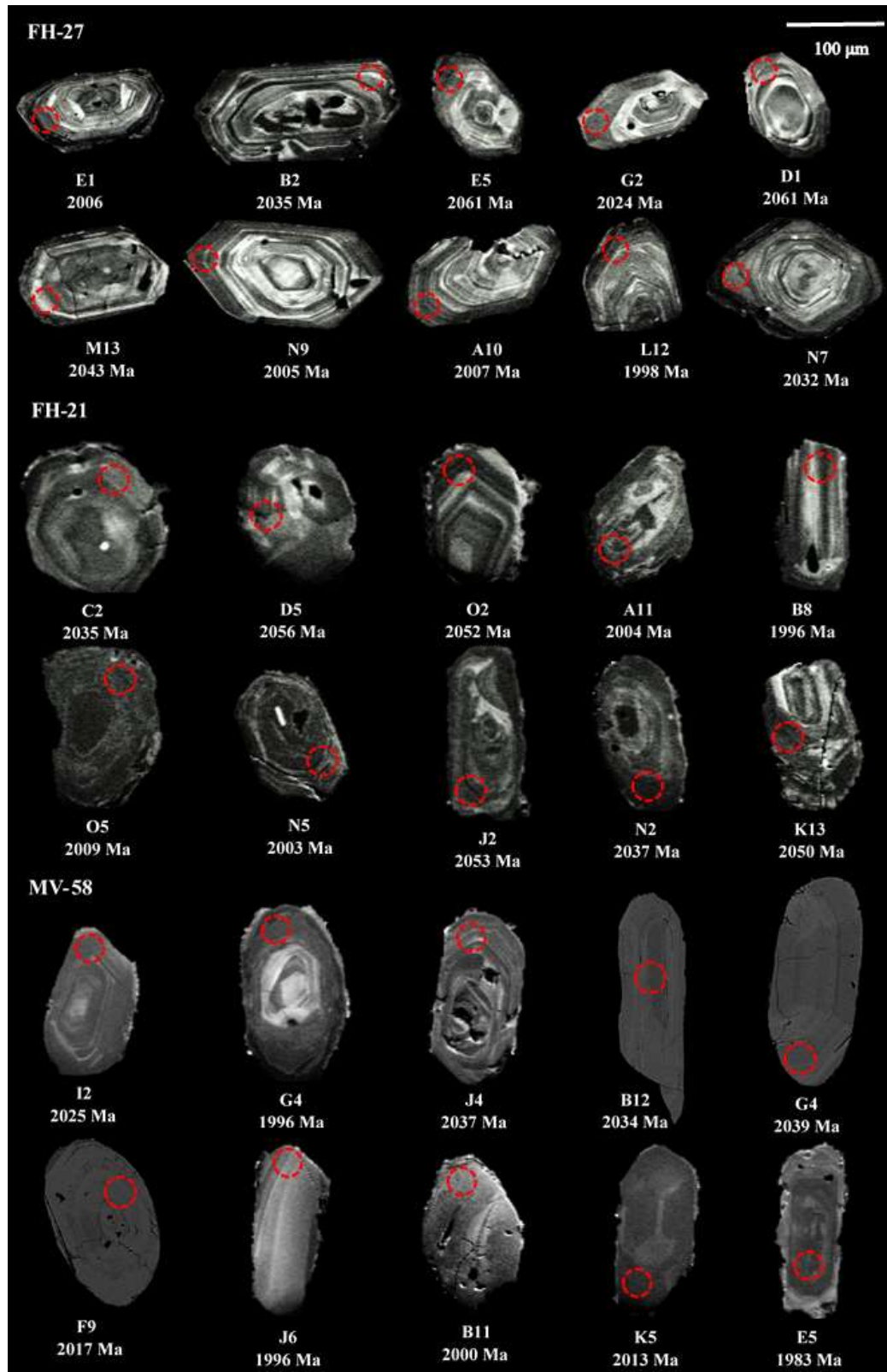


Figura 2.7- Imagens de catodoluminescência representativa dos cristais de zircões detriticos dos paragneisses pelíticos (FH-21 e FH-27) e mica xisto (MV-58). Os círculos demarcam os locais de spot (25 µm) por U-Pb LA-ICP-MS e suas respectivas idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

2.6.2 Geocronologia U-Pb em zircão

Paragnaisses pelíticos

Paragnaisse pelítico FH-27: Os cristais de zircão deste paragnaisse apresentaram teores de U entre 2 e 157 ppm e razões Th/U entre 0,03 e 1,55 (Tab. 2.1). A maioria desses cristais possui idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ concordantes em até $100 \pm 10\%$, mas alguns apresentaram discordância elevada ($>10\%$), ou foram afetados por perdas de U e Pb e plotaram acima e abaixo na curva concórdia (Fig. 2.8A).

Para uma datação com uma quantidade mais robusta de dados foram acrescentados os resultados previamente obtidos Vasquez *et al.* (2019) para esta amostra (Tab. 2.2). Estes dois conjuntos de dados nos histogramas de curvas de probabilidade relativa de idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ destacam uma população de 2021 Ma e mostram uma de 1970 Ma (Fig. 2.8B). Esta população de 2021 se permanece com o corte das idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} > 2000$ Ma adotado por Vasquez *et al.* (2019) (Fig. 2.8C), e se mantem usando só os dados deste estudo (Fig. 2.8D). No entanto, com o tratamento dos dados utilizando somente os cristais com superposição das idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ os diagramas mostram picos de idades de 2010 e 2035 Ma (Fig. 2.8E). Isto pode indicar que a idade $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ de 2021 Ma representa um valor médio dessas duas populações.

Os demais picos populacionais mostrados nos diagramas de probabilidade de idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ indicam modestos aportes de fontes detríticas de idades riacianas, siderianas, neoarqueana e mesoarqueanas (Figs. 2.8B a 2.8E).

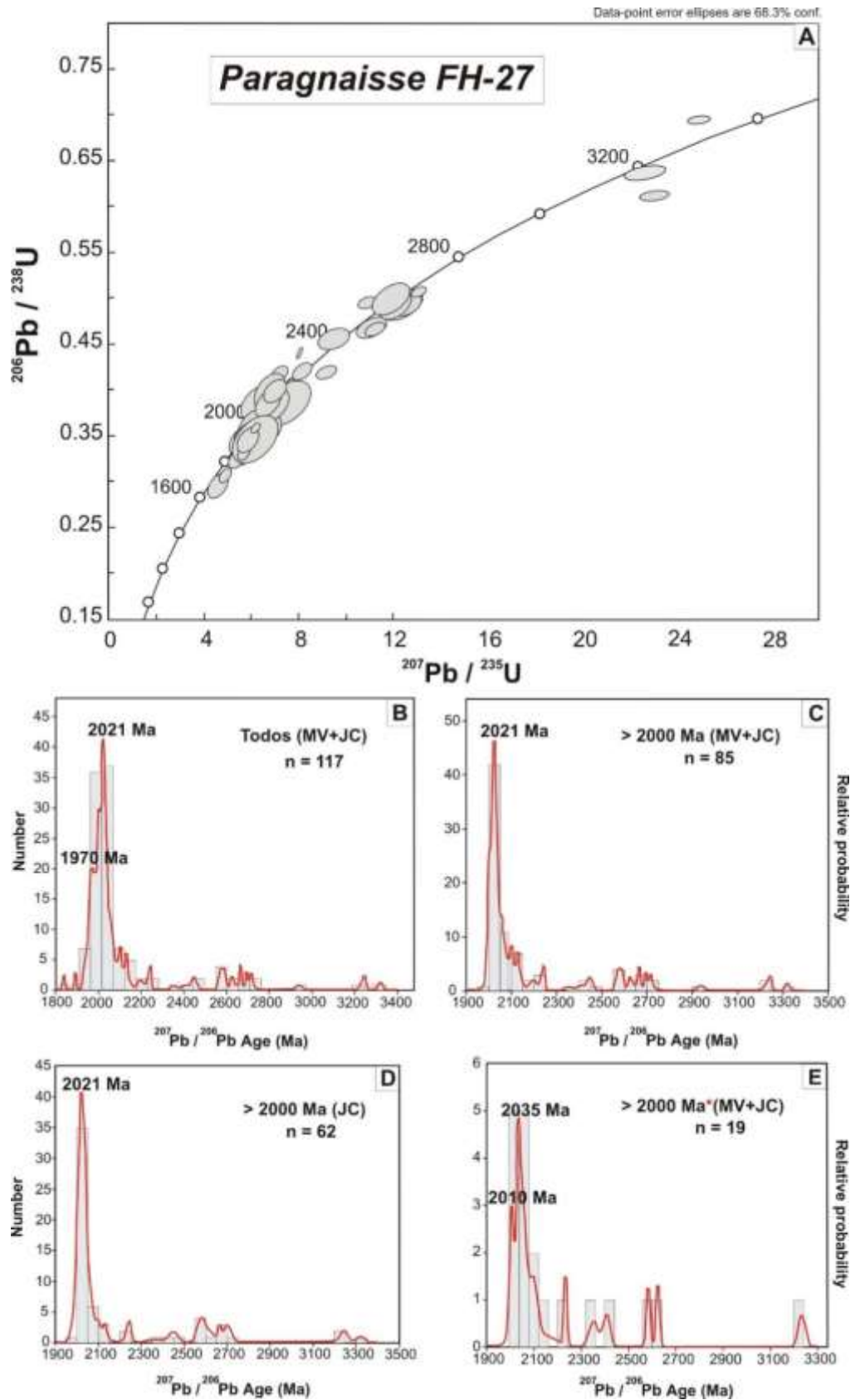


Figura 2.8- Diagramas das idades U-Pb (LA-ICP-MS) em zircão do paragneisse pelítico FH-27: (A) Diagrama concórdia; (B,C,D,E) Histogramas de frequência e curva de probabilidade relativa de idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (concordantes $100 \pm 10\%$): (B) Todos os grãos deste estudo e de Vasquez *et al.* (2019); (C) Grãos com idades >2000 Ma dos dois estudos e (D) deste trabalho; (E) Somente os grãos com superposição dos erros das idades. JC: Grãos deste trabalho; MV: Grãos de Vasquez *et al.* (2019).

Tabela 2.1- Dados isotópicos U-Pb em zircão por LA-ICP-MS da amostra FH-27.

Spot						Razões isotópicas							Idades (Ma)					Conc.ª(%)	
	f_{206}^a (%)	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U ^b	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ (%)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ (%)	Rho ^c	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}^d$	1 σ (%)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ (abs)	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ (abs)	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		1 σ (abs)
C1	0,30	49	21	12	0,25	6,4260	0,52	0,3802	0,34	0,66	0,1226	0,39	2077	7	2036	11	1994	8	104,2
E1	0,60	42	21	36	0,87	6,1727	2,06	0,3627	0,73	0,35	0,1234	0,73	1995	15	2001	41	2006	15	99,4
G1	0,57	16	8	10	0,61	6,9456	6,47	0,4295	2,85	0,44	0,1173	1,52	2304	66	2104	136	1915	29	120,3
I1	0,89	10	6	5	0,53	6,8364	5,41	0,4237	1,70	0,31	0,1170	2,10	2277	39	2090	113	1911	40	119,2
J1	0,53	52	27	45	0,87	6,9014	2,79	0,4020	1,28	0,46	0,1245	0,56	2178	28	2099	59	2022	11	107,7
K1	0,15	105	53	51	0,49	6,8318	1,17	0,3992	0,51	0,43	0,1241	0,29	2165	11	2090	25	2016	6	107,4
M1	0,27	84	27	24	0,29	6,1429	1,32	0,3656	0,48	0,36	0,1219	0,45	2009	10	1996	26	1984	9	101,3
N1	0,25	74	34	21	0,28	6,8295	2,10	0,3983	0,98	0,47	0,1244	0,38	2161	21	2090	44	2020	8	107,0
O1	0,26	67	32	27	0,40	7,2903	1,81	0,4062	0,78	0,43	0,1302	0,47	2198	17	2148	39	2100	10	104,6
B2	0,46	30	16	20	0,67	6,5589	7,42	0,3793	3,54	0,48	0,1254	1,11	2073	73	2054	152	2035	23	101,9
E2	0,60	82	37	44	0,54	4,8906	0,32	0,3007	0,22	0,67	0,1180	0,24	1695	4	1801	6	1926	5	88,0
F2	0,41	60	29	39	0,66	6,4747	2,31	0,3746	1,02	0,44	0,1254	0,55	2051	21	2042	47	2034	11	100,9
G2	0,38	22	12	13	0,57	6,6411	4,36	0,3864	1,74	0,40	0,1246	1,32	2106	37	2065	90	2024	27	104,1
M2	0,23	44	24	45	1,03	6,7740	1,81	0,4029	0,76	0,42	0,1219	0,49	2182	17	2082	38	1985	10	109,9
O2	0,30	47	46	29	0,61	24,9296	1,27	0,6959	0,42	0,33	0,2598	0,48	3405	14	3305	42	3246	16	104,9
A3	0,27	35	24	24	0,68	11,2198	1,64	0,4753	0,52	0,32	0,1712	0,63	2507	13	2542	42	2569	16	97,6
D3	0,25	73	28	4	0,06	7,2935	2,03	0,3681	0,82	0,41	0,1437	0,59	2021	17	2148	44	2272	14	88,9
G3	0,31	82	40	24	0,29	5,6373	5,15	0,3332	2,52	0,49	0,1227	0,51	1854	47	1922	99	1996	10	92,9
J3	0,63	59	28	17	0,29	6,9121	2,23	0,4034	0,91	0,41	0,1243	0,64	2185	20	2100	47	2019	13	108,2
K3	0,62	21	10	8	0,37	6,4131	3,00	0,3676	1,01	0,34	0,1265	1,11	2018	20	2034	61	2050	23	98,4
N3	1,11	73	27	15	0,20	5,8929	5,52	0,3541	2,69	0,49	0,1207	0,61	1954	53	1960	108	1967	12	99,3
A4	0,40	70	26	5	0,07	9,4787	4,68	0,4566	1,65	0,35	0,1506	1,66	2424	40	2385	112	2352	39	103,1
E4	0,54	51	23	23	0,45	6,4108	2,38	0,3746	0,67	0,28	0,1241	0,98	2051	14	2034	48	2016	20	101,7
F4	0,31	40	23	12	0,30	10,9204	2,51	0,4959	0,80	0,32	0,1597	0,97	2596	21	2516	63	2453	24	105,8
H4	0,55	44	27	21	0,48	6,8724	1,09	0,4120	1,00	0,92	0,1210	0,42	2224	22	2095	23	1971	8	112,9
I4	0,65	96	22	81	0,85	5,6716	2,80	0,3326	1,08	0,39	0,1237	0,89	1851	20	1927	54	2010	18	92,1

(continuação)

Spot	f_{206}^a (%)	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U ^b	Razões isotópicas						Idades (Ma)						Conc. ^e (%)	
						$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ (%)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ (%)	Rho ^c	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}^d$	1 σ (%)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ (abs)	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ (abs)	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		1 σ (abs)
M4	0,57	125	40	13	0,10	9,1900	2,88	0,4200	1,09	0,38	0,1587	0,95	2260	25	2357	68	2442	23	92,6
O4	0,76	48	20	24	0,50	5,8564	2,91	0,3400	1,09	0,37	0,1249	0,97	1887	21	1955	57	2028	20	93,0
B5	0,18	92	44	31	0,34	7,8944	2,82	0,4519	1,31	0,46	0,1267	0,53	2404	31	2219	63	2053	11	117,1
C5	0,44	59	22	11	0,19	5,5780	2,74	0,3243	1,22	0,44	0,1248	0,64	1811	22	1913	52	2025	13	89,4
D5	0,77	29	13	21	0,75	5,9020	3,17	0,3379	1,35	0,43	0,1267	0,83	1877	25	1962	62	2052	17	91,4
E5	0,58	28	13	14	0,51	6,5571	3,58	0,3736	1,45	0,40	0,1273	1,06	2046	30	2054	74	2061	22	99,3
F5	0,82	47	21	8	0,17	6,8314	3,45	0,4019	1,44	0,42	0,1233	0,95	2178	31	2090	72	2004	19	108,7
H5	0,54	100	34	30	0,31	5,8200	4,92	0,3427	2,33	0,47	0,1232	0,78	1900	44	1949	96	2003	16	94,9
J5	0,28	108	50	69	0,64	5,5490	1,53	0,3262	0,62	0,41	0,1234	0,45	1820	11	1908	29	2006	9	90,7
M5	0,45	100	27	3	0,03	4,4289	4,94	0,2330	2,15	0,44	0,1379	1,21	1350	29	1718	85	2200	27	61,4
A6	0,51	51	19	14	0,27	8,3274	6,23	0,4757	2,99	0,48	0,1270	0,87	2508	75	2267	141	2056	18	122,0
B6	0,23	129	55	24	0,19	7,0528	5,70	0,4168	2,82	0,49	0,1227	0,43	2246	63	2118	121	1996	9	112,5
C6	0,52	71	26	26	0,36	5,2945	5,03	0,3065	2,44	0,48	0,1253	0,62	1724	42	1868	94	2033	13	84,8
E6	0,32	51	22	17	0,33	5,9881	3,04	0,3462	1,11	0,36	0,1255	1,04	1916	21	1974	60	2035	21	94,2
F6	1,10	94	31	19	0,21	5,4028	3,27	0,3165	1,44	0,44	0,1238	0,77	1773	26	1885	62	2012	16	88,1
G6	0,98	47	17	6	0,12	5,7775	2,49	0,3537	1,00	0,40	0,1185	0,74	1952	19	1943	48	1933	14	101,0
I6	0,39	38	20	11	0,29	8,1528	3,27	0,4208	1,50	0,46	0,1405	0,65	2264	34	2248	74	2233	15	101,4
M6	0,65	21	11	20	0,97	6,3943	7,98	0,3880	3,76	0,47	0,1195	1,33	2113	80	2031	162	1949	26	108,4
N6	0,14	85	36	4	0,05	6,6752	1,97	0,3863	0,94	0,48	0,1253	0,29	2106	20	2069	41	2033	6	103,6
A7	0,39	35	14	13	0,38	5,6614	2,77	0,3324	1,17	0,42	0,1235	0,73	1850	22	1926	53	2008	15	92,1
B7	0,34	78	33	10	0,13	8,8368	4,02	0,3879	1,91	0,47	0,1652	0,64	2113	40	2321	93	2510	16	84,2
E7	0,37	49	20	21	0,43	5,6819	2,34	0,3312	1,03	0,44	0,1244	0,55	1844	19	1929	45	2021	11	91,3
G7	0,51	118	39	42	0,36	5,0574	0,99	0,3028	0,98	0,99	0,1211	0,14	1705	17	1829	18	1973	3	86,4
H7	1,07	39	15	17	0,42	5,2597	4,20	0,3156	1,98	0,47	0,1209	0,70	1768	35	1862	78	1969	14	89,8
I7	0,25	59	41	5	0,08	23,0509	1,76	0,6133	0,56	0,32	0,2726	0,68	3083	17	3229	57	3321	23	92,8

(continuação)

Spot	f_{206}^a (%)	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U ^b	Razões isotópicas						Idades (Ma)					Conc. ^e (%)		
						²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U (%)	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U (%)	1 σ (%)	Rho ^c	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^d (%)	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U (abs)	1 σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U (abs)	1 σ (abs)		²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb (abs)	1 σ (abs)
J7	0,14	47	34	3	0,06	22,6478	2,55	0,6375	0,82	0,32	0,2576	0,97	3179	26	3212	82	3232	31	98,4
K7	0,17	77	41	2	0,03	11,1246	3,54	0,4717	1,53	0,43	0,1710	0,89	2491	38	2534	90	2568	23	97,0
N7	0,20	13	8	19	1,39	6,1102	4,85	0,3539	1,39	0,29	0,1252	1,99	1953	27	1992	97	2032	40	96,1
O7	0,44	148	59	28	0,19	7,5480	8,45	0,3872	4,20	0,50	0,1414	0,43	2110	89	2179	184	2244	10	94,0
C8	0,52	42	14	14	0,34	5,5647	3,99	0,3207	1,93	0,48	0,1259	0,52	1793	35	1911	76	2041	11	87,9
F8	0,29	42	19	34	0,81	5,6162	2,68	0,3230	1,19	0,44	0,1261	0,61	1805	21	1919	51	2044	13	88,3
I8	0,31	23	12	8	0,35	8,0441	1,14	0,4408	1,05	0,92	0,1324	0,44	2354	25	2236	26	2130	9	110,5
M8	0,40	26	11	10	0,38	5,7942	4,90	0,3457	2,26	0,46	0,1216	0,93	1914	43	1946	95	1979	18	96,7
A9	0,31	18	12	11	0,60	12,2975	3,99	0,4919	1,48	0,37	0,1813	1,34	2579	38	2627	105	2665	36	96,8
B9	0,52	39	19	8	0,22	8,0035	4,54	0,4488	2,13	0,47	0,1293	0,79	2390	51	2231	101	2089	17	114,4
C9	0,47	84	30	29	0,34	5,5706	3,44	0,3333	1,62	0,47	0,1212	0,57	1855	30	1912	66	1974	11	94,0
M9	0,31	20	11	13	0,68	7,2351	3,26	0,4185	1,38	0,42	0,1254	0,86	2254	31	2141	70	2034	18	110,8
N9	0,41	43	25	23	0,53	6,4362	1,59	0,3784	1,53	0,97	0,1233	0,41	2069	32	2037	32	2005	8	103,2
O9	0,46	20	14	17	0,86	6,1223	2,63	0,3695	0,86	0,33	0,1202	1,00	2027	17	1993	53	1959	20	103,5
A10	0,28	23	11	17	0,74	6,3651	5,22	0,3738	2,31	0,44	0,1235	1,21	2047	47	2027	106	2007	24	102,0
D10	1,05	37	17	25	0,68	6,2060	1,70	0,3612	0,64	0,38	0,1246	0,55	1988	13	2005	34	2023	11	98,3
E10	0,57	38	18	34	0,89	5,4215	2,06	0,3192	0,86	0,42	0,1232	0,57	1786	15	1888	39	2003	11	89,2
F10	0,60	32	15	17	0,53	5,9386	3,09	0,3436	1,29	0,42	0,1254	0,84	1904	25	1967	61	2034	17	93,6
G10	0,28	54	25	25	0,48	6,1947	2,02	0,3606	0,86	0,43	0,1246	0,53	1985	17	2004	41	2023	11	98,1
I10	0,29	59	30	36	0,62	7,1974	4,15	0,4212	2,03	0,49	0,1239	0,46	2266	46	2136	89	2013	9	112,5
K10	0,33	44	26	9	0,21	12,5746	2,50	0,5026	1,19	0,48	0,1815	0,37	2625	31	2648	66	2666	10	98,5
N10	0,40	86	40	48	0,56	6,8498	3,16	0,4000	1,52	0,48	0,1242	0,42	2169	33	2092	66	2017	8	107,5
A11	0,33	49	19	21	0,44	5,3773	0,77	0,3116	0,65	0,85	0,1252	0,40	1748	11	1881	14	2031	8	86,1
B11	0,31	127	50	157	1,24	4,6278	3,39	0,2752	1,67	0,49	0,1220	0,29	1567	26	1754	60	1985	6	78,9
C11	0,20	94	57	40	0,43	12,6309	3,15	0,4962	1,51	0,48	0,1846	0,43	2598	39	2653	83	2695	12	96,4

(continuação)

Spot	f_{206}^a (%)	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U ^b	Razões isotópicas						Idades (Ma)					Conc. ^c (%)		
						$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ (%)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ (%)	Rho ^c	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}^d$	1 σ (%)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ (abs)	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ (abs)		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ (abs)
E11	0,68	36	18	30	0,83	6,1244	3,06	0,3554	1,35	0,44	0,1250	0,73	1960	26	1994	61	2029	15	96,6
G11	0,64	39	18	22	0,57	5,8353	3,50	0,3333	1,36	0,39	0,1270	1,10	1854	25	1952	68	2057	23	90,2
H11	0,21	113	45	55	0,49	5,1917	2,91	0,3040	1,41	0,48	0,1239	0,36	1711	24	1851	54	2013	7	85,0
K11	0,23	47	27	18	0,39	11,2550	2,39	0,4705	1,03	0,43	0,1735	0,60	2486	26	2544	61	2592	16	95,9
M11	0,60	18	8	15	0,83	6,5013	8,35	0,3580	3,01	0,36	0,1317	2,89	1973	59	2046	171	2121	61	93,0
E12	0,20	86	33	15	0,17	5,7637	1,10	0,3400	1,06	0,97	0,1230	0,26	1887	20	1941	21	2000	5	94,4
O12	1,05	98	33	36	0,37	4,6020	6,33	0,2973	3,10	0,49	0,1123	0,65	1678	52	1750	111	1836	12	91,4
M13	0,39	34	12	6	0,18	6,3461	6,49	0,3652	3,05	0,47	0,1260	1,09	2007	61	2025	131	2043	22	98,2
N13	0,61	40	13	61	1,55	4,2319	5,14	0,2525	2,38	0,46	0,1216	0,97	1451	35	1680	86	1979	19	73,3
O13	0,52	61	24	33	0,55	5,4981	3,32	0,3310	1,42	0,43	0,1205	0,86	1843	26	1900	63	1963	17	93,9
O14	0,30	42	17	13	0,32	5,3523	4,29	0,3257	2,00	0,47	0,1192	0,78	1817	36	1877	81	1944	15	93,5
B1-2	0,27	48	16	9	0,19	5,8163	8,10	0,3489	3,93	0,49	0,1209	0,98	1930	76	1949	158	1969	19	98,0
D1-2	0,46	16	8	12	0,78	6,7187	8,19	0,3827	3,67	0,45	0,1273	1,83	2089	77	2075	170	2061	38	101,4
F1-2	0,92	35	12	6	0,18	5,8071	6,04	0,3168	2,82	0,47	0,1330	1,07	1774	50	1947	118	2137	23	83,0
C2-2	0,74	21	7	9	0,43	4,8715	6,87	0,2970	2,97	0,43	0,1189	1,72	1677	50	1797	123	1940	33	86,4
D2-2	0,22	62	22	13	0,21	5,9937	6,45	0,3606	3,09	0,48	0,1205	0,92	1985	61	1975	127	1964	18	101,1
E2-2	0,25	32	14	18	0,57	6,7797	6,67	0,3995	3,21	0,48	0,1231	0,90	2167	70	2083	139	2001	18	108,3
A3-2	0,51	66	22	30	0,45	4,9150	3,51	0,3082	1,67	0,47	0,1157	0,55	1732	29	1805	63	1890	10	91,6
B3-2	0,45	36	12	20	0,57	5,8159	4,69	0,3477	2,11	0,45	0,1213	1,03	1924	41	1949	91	1976	20	97,4
A4-2	0,32	45	25	14	0,31	12,0810	3,90	0,4953	1,84	0,47	0,1769	0,63	2594	48	2611	102	2624	16	98,9
I5-2	0,53	20	19	17	0,84	5,6172	1,24	0,3381	1,08	0,87	0,1205	0,61	1877	20	1919	24	1964	12	95,6
J5-2	0,37	128	50	53	0,41	4,9072	9,46	0,3057	4,70	0,50	0,1164	0,51	1719	81	1803	171	1902	10	90,4
A7-2	0,25	40	26	32	0,80	11,9831	3,12	0,4549	1,51	0,48	0,1910	0,42	2417	36	2603	81	2751	11	87,9
G7-2	0,30	55	23	27	0,49	6,1502	5,44	0,3573	2,68	0,49	0,1248	0,48	1970	53	1997	109	2026	10	97,2
I7-2	0,83	46	18	46	1,01	5,4888	4,99	0,3149	2,19	0,44	0,1264	1,19	1765	39	1899	95	2049	24	86,1

(conclusão)

Spot	f_{206}^a (%)	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U ^b	Razões isotópicas						Idades (Ma)						Conc. ^e (%)	
						²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U (%)	1σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U (%)	1σ (%)	Rho ^c	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^d (%)	1σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U (abs)	1σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U (abs)	1σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb (abs)		1σ (abs)
A8-2	0,30	30	13	19	0,63	5,9650	3,09	0,3517	1,21	0,39	0,1230	0,96	1943	24	1971	61	2000	19	97,1
C8-2	0,43	68	20	43	0,64	4,5518	5,54	0,2694	2,61	0,47	0,1226	0,94	1538	40	1740	96	1994	19	77,1
L8-2	0,46	210	57	17	0,08	4,0261	9,18	0,2628	4,55	0,50	0,1111	0,56	1504	68	1639	150	1818	10	82,7
B9-2	0,81	32	15	11	0,34	4,6027	1,85	0,2898	1,55	0,84	0,1152	1,02	1641	25	1750	32	1883	19	87,2
K9-2	0,36	44	20	15	0,35	6,5616	6,58	0,3831	2,81	0,43	0,1242	1,70	2091	59	2054	135	2018	34	103,6
H10-2	0,41	36	16	25	0,69	6,0557	7,44	0,3513	3,61	0,49	0,1250	0,88	1941	70	1984	148	2029	18	95,7
A11-2	0,82	19	9	22	1,17	5,6399	7,86	0,3250	2,81	0,36	0,1258	2,75	1814	51	1922	151	2041	56	88,9
A12-2	0,46	20	9	17	0,87	6,1869	10,13	0,3460	4,65	0,46	0,1297	2,00	1915	89	2003	203	2094	42	91,5
B12-2	0,36	82	35	51	0,64	6,9253	5,68	0,3949	2,75	0,49	0,1272	0,69	2145	59	2102	119	2060	14	104,2
F12-2	0,40	56	25	49	0,88	5,6856	3,04	0,3305	1,31	0,43	0,1248	0,77	1841	24	1929	59	2025	16	90,9
H12-2	0,66	40	19	33	0,83	6,0654	0,97	0,3497	0,94	0,97	0,1258	0,24	1933	18	1985	19	2040	5	94,8
L12-2	0,26	32	13	21	0,67	5,8598	5,48	0,3460	2,57	0,47	0,1228	0,94	1916	49	1955	107	1998	19	95,9
B13-2	0,19	41	25	24	0,59	13,1035	1,65	0,5087	0,65	0,39	0,1868	0,51	2651	17	2687	44	2714	14	97,7
C13-2	0,27	45	19	22	0,48	6,1779	2,26	0,3592	0,98	0,43	0,1247	0,56	1978	19	2001	45	2025	11	97,7
D13-2	0,47	54	18	40	0,74	4,8097	3,08	0,2812	1,43	0,46	0,1241	0,58	1597	23	1787	55	2016	12	79,2
E13-2	0,31	41	20	16	0,40	11,9209	4,42	0,5008	2,11	0,48	0,1727	0,66	2617	55	2598	115	2584	17	101,3
I13-2	0,44	7	4	6	0,84	7,8984	4,35	0,4634	1,38	0,32	0,1236	1,68	2455	34	2220	96	2009	34	122,2

Cristais destacados em negrito apresentam os grãos com superposição dos erros das idades ²⁰⁷Pb/²³⁵U, ²⁰⁶Pb/²³⁸U e ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb.

^a Fração do chumbo ²⁰⁶Pb não-radiogênico em porcentagem do ponto do zircão analisado, onde $f_{206} = [^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}]_{\text{comum}} / [^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}]_{\text{amostra}}$.

^b Razão Th/U e concentrações de Pb, Th e U (ppm) calculadas em relação ao zircão de referência GJ-1.

^c Rho é a correlação entre os erros definido como quociente de propagação de erros das razões ²⁰⁶Pb/²³⁸U e ²⁰⁷Pb/²³⁵U.

^d Desvio de massa corrigido por normalização para o zircão de referência GJ-1 e chumbo comum utilizando o modelo de composição de Pb de Stacey e Kramers (1975).

^e Grau de concordância = (idade ²⁰⁶Pb/²³⁸U * 100) / (idade ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb).

Tabela 2.2- Dados isotópicos U-Pb em zircão por LA-ICP-MS da amostra FH-27, tomados de Vasquez *et al.* (2019).

Spot	f_{206} (%)	^{204}Pb cps	^{206}Pb mV ¹	Th/U	Razões isotópicas							Idades (Ma)					% U-Pb Conc. ²	% U-Pb Conc. ³	
					$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ (%)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ (%)	Rho	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ (%)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ (abs)	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ (abs)	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$			2 σ (abs)
ZR31	0,24	242	0,0136	0,17	6,5247	1,17	0,3566	0,78	0,66	0,1327	0,79	1966	26	2049	20	2134	28	92,1	95,9
ZR24	0,18	140	0,0088	0,24	6,7759	2,69	0,4018	2,28	0,85	0,1223	1,37	2177	84	2083	47	1990	48	109,4	104,6
ZR61	0,01	9	0,0043	0,33	6,7632	2,17	0,4002	1,60	0,74	0,1225	1,41	2170	59	2081	38	1994	50	108,8	104,3
ZR60	0,04	32	0,0025	0,58	6,6168	2,71	0,3909	1,58	0,58	0,1227	2,17	2127	57	2062	47	1996	76	106,5	103,2
ZR19	0,22	235	0,0188	0,29	7,5565	1,07	0,4464	0,69	0,65	0,1228	0,73	2379	28	2180	19	1997	26	119,1	109,1
ZR62	0,01	10	0,0032	0,55	6,7103	2,15	0,3951	1,61	0,75	0,1232	1,38	2146	58	2074	38	2003	49	107,2	103,5
ZR35	0,37	79	0,0045	0,74	5,7437	2,89	0,3343	2,79	0,97	0,1246	0,64	1859	90	1938	49	2023	23	91,9	95,9
ZR34	1,55	387	0,0037	0,33	6,9329	3,75	0,3996	2,65	0,71	0,1258	2,63	2167	97	2103	65	2040	91	106,2	103,1
ZR59	0,01	15	0,0046	0,56	7,0030	2,68	0,4031	1,69	0,63	0,1260	2,05	2183	62	2112	47	2043	72	106,9	103,4
ZR47	0,00	19	0,0164	0,33	6,3261	1,13	0,3623	0,58	0,51	0,1266	0,90	1993	20	2022	20	2052	31	97,1	98,6
ZR36	0,73	290	0,0080	0,61	7,6530	2,05	0,4380	1,85	0,90	0,1267	0,81	2342	72	2191	36	2053	28	114,1	106,9
ZR45	0,00	22	0,0160	0,38	6,2749	1,26	0,3561	0,59	0,46	0,1278	1,06	1964	20	2015	22	2068	37	94,9	97,4
ZR44	0,17	234	0,0283	0,41	6,4558	1,19	0,3655	0,56	0,47	0,1281	0,98	2008	19	2040	21	2072	34	96,9	98,4
ZR52	0,39	511	0,0312	0,65	6,8162	1,33	0,3811	0,87	0,65	0,1297	0,94	2081	31	2088	23	2094	33	99,4	99,7
ZR55	0,17	218	0,0292	0,20	6,5869	1,27	0,3669	0,67	0,53	0,1302	1,01	2015	23	2058	22	2101	35	95,9	97,9
ZR37	0,17	112	0,0131	0,14	6,9655	1,48	0,3876	0,97	0,66	0,1303	1,05	2112	35	2107	26	2102	37	100,4	100,2
ZR49	0,08	128	0,0342	0,42	6,6178	1,17	0,3641	0,56	0,48	0,1318	0,95	2002	19	2062	20	2122	33	94,3	97,1
ZR66	0,04	74	0,0145	0,40	7,5000	3,13	0,4050	1,67	0,53	0,1343	2,62	2192	62	2173	55	2155	90	101,7	100,9
ZR53	0,21	197	0,0218	0,67	8,1993	1,16	0,4332	0,79	0,68	0,1373	0,76	2320	31	2253	21	2193	26	105,8	103,0
ZR50	0,02	45	0,0101	0,25	7,2824	1,39	0,3797	0,77	0,56	0,1391	1,09	2075	27	2147	25	2216	38	93,7	96,7
ZR12	0,09	71	0,0153	0,08	9,5003	1,67	0,4430	1,34	0,80	0,1555	0,93	2364	53	2388	30	2407	31	98,2	99,0
ZR07	0,03	22	0,0042	0,10	13,9808	2,16	0,5689	1,47	0,68	0,1782	1,53	2903	69	2748	40	2636	50	110,1	105,6
ZR56	0,24	89	0,0060	0,47	12,3560	1,74	0,4779	1,19	0,68	0,1875	1,21	2518	50	2632	32	2720	40	92,6	95,7
ZR51	0,21	776	0,0447	0,40	19,5446	2,02	0,6612	1,62	0,80	0,2144	1,15	3272	83	3069	39	2939	37	111,3	106,6

Cristais destacados em negrito apresentam os grãos com superposição dos erros das idades $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

¹ Conversão do fator mV para CPS é 62500000.

² Discordância calculada como (idade $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ * 100) / (idade $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$).

³ Discordância calculada como (idade $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ * 100)/(idade $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$).

Constantes de decaimento usadas por Jaffey *et al* 1971.

Paragnaisse pelítico FH-21: Os cristais de zircão do paragnaisse pelítico FH-21 têm conteúdo de U entre 1 e 144 ppm e razão Th/U de 0,06 a 1,39 (Tab. 2.3) e esta amostra também conta com dados isotópicos anteriores (Tab. 2.4). Poucos cristais plotam acima da curva concórdia, mostram elevado erro (elipses grandes) e alto chumbo comum (elipses horizontais) marcado por elevado teor de ^{204}Pb (Fig. 2.9A).

Nos histogramas de curvas de probabilidade relativa de idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ com os resultados destes estudo e os previamente obtidos para os cristais deste paragnaisse mostram populações com idades de 1993, 2042 e 2117 Ma (Fig. 2.9B). Ao desconsiderar as idades < 2000 Ma conforme proposto por Vasquez *et al.* (2019), destaca-se a população de 2042 Ma e aparecem populações periféricas de 2074 e 2197 Ma (Fig. 2.9C). Aplicando-se este critério somente para os resultados obtidos neste estudo se distinguem dois picos na população de idades orosirianas, um 2008 Ma e outro de 2039 Ma (Fig. 2.9D), além de uma população riaciana com pico de 2117 Ma. Com o tratamento da superposição das idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ para todos resultados > 2000 Ma desta amostra apresenta novamente uma bimodalidade para a população orosiriana com picos de idades de 2009 e 2050 Ma e mostra uma população riaciana de 2165 Ma (Fig. 2.9E).

As populações de fontes detríticas de idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ riacianas, siderianas, neoarqueana e paleoarqueanas também foram identificadas paragnaisse pelítico FH-21 (Figs. 2.9B a 2.9E). Picos de diferentes idades (2117, 2165 e 2197 Ma) marcam as fontes detríticas riacianas, e um pico de 2074 Ma é difícil de distinguir da curva de distribuição da população orosiriana (Fig. 2.9C). As fontes siderianas, neoarqueana e mesoarqueanas foram subordinadas nos sedimentos que formaram este paragnaisse.

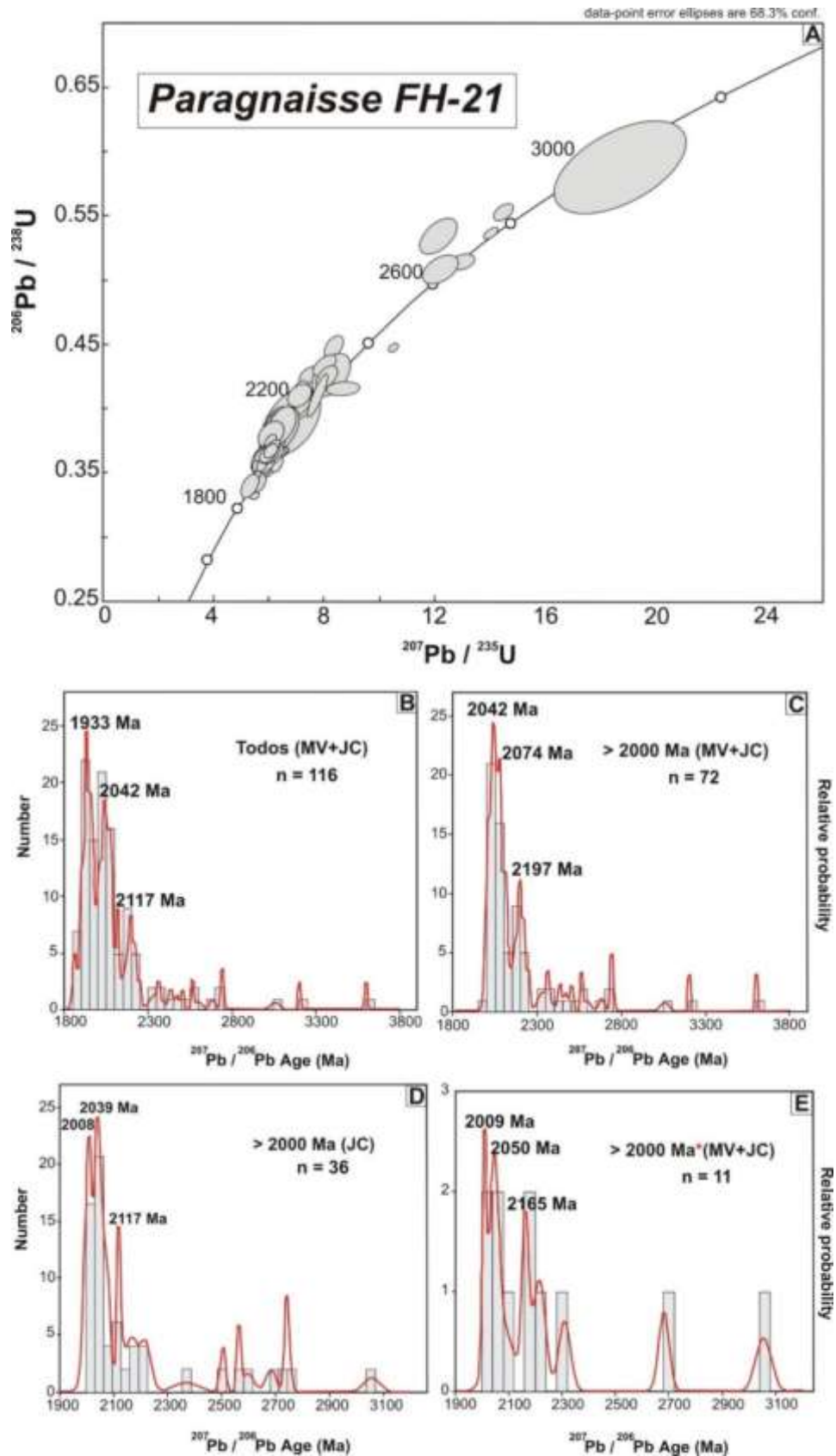


Figura 2.9- Diagramas das idades U-Pb (LA-ICP-MS) em zircão do paragneisse pelítico FH-21: (A) Diagrama concórdia; (B,C,D,E) Histogramas de frequência e curva de probabilidade relativa de idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (concordantes $100 \pm 10\%$): (B) Todos os grãos deste estudo e de Vasquez *et al.* (2019); (C) Grãos com idades >2000 Ma dos dois estudos e (D) deste trabalho; (E) Somente os grãos com superposição dos erros das idades. JC: Grãos deste trabalho, MV: Grãos de Vasquez *et al.* (2019).

Tabela 2.3- Dados isotópicos U-Pb em zircão por LA-ICP-MS da amostra FH-21.

Spot	f_{206}^a (%)	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U ^b	Razões isotópicas						Idades (Ma)					Conc ^c (%)		
						²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (%)	Rho ^c	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^d	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ (abs)		²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1 σ (abs)
D1	0,41	24	12	13	0,57	5,8656	0,86	0,3652	0,53	0,61	0,1165	0,68	2007	11	1956	17	1903	13	105,4
E1	0,41	85	45	65	0,76	8,9570	4,39	0,4787	2,14	0,49	0,1357	0,50	2521	54	2334	102	2173	11	116,0
G1	0,26	44	22	10	0,24	7,1212	1,72	0,4113	0,66	0,39	0,1256	0,54	2221	15	2127	36	2037	11	109,0
K1	0,19	130	64	12	0,09	7,7028	3,84	0,4399	1,91	0,50	0,1270	0,23	2350	45	2197	84	2057	5	114,3
L1	0,20	223	83	13	0,06	5,8376	1,46	0,3531	0,68	0,47	0,1199	0,25	1949	13	1952	28	1955	5	99,7
M1	0,23	114	49	12	0,10	6,6560	1,35	0,3992	0,61	0,45	0,1209	0,29	2165	13	2067	28	1970	6	109,9
N1	0,20	122	51	39	0,32	7,3777	0,70	0,4076	0,23	0,33	0,1313	0,26	2204	5	2158	15	2115	6	104,2
O1	0,24	22	9	10	0,45	6,0953	2,54	0,3669	1,05	0,41	0,1205	0,71	2015	21	1990	50	1964	14	102,6
C2	0,50	22	10	10	0,45	6,4574	1,42	0,3734	1,23	0,86	0,1254	0,71	2045	25	2040	29	2035	15	100,5
D2	0,38	72	26	5	0,07	5,9146	5,83	0,3622	2,86	0,49	0,1184	0,54	1993	57	1963	114	1933	10	103,1
F2	0,25	127	65	57	0,45	10,5388	1,16	0,4481	0,51	0,44	0,1706	0,28	2387	12	2483	29	2563	7	93,1
H2	0,39	82	37	56	0,68	5,5141	2,44	0,3349	1,00	0,41	0,1194	0,70	1862	19	1903	46	1948	14	95,6
I2	0,37	21	9	8	0,36	5,8534	4,71	0,3586	1,66	0,35	0,1184	1,67	1976	33	1954	92	1932	32	102,3
J2	0,24	42	20	24	0,58	6,6361	2,37	0,3797	0,97	0,41	0,1267	0,68	2075	20	2064	49	2053	14	101,1
L2	0,28	35	18	11	0,32	7,4623	3,21	0,4252	1,32	0,41	0,1273	0,91	2284	30	2168	70	2061	19	110,9
N2	0,31	37	17	23	0,63	6,6674	3,18	0,3850	1,47	0,46	0,1256	0,59	2100	31	2068	66	2037	12	103,1
O2	0,42	19	9	14	0,77	6,9033	6,17	0,3953	1,96	0,32	0,1266	2,38	2148	42	2099	130	2052	49	104,7
A3	0,22	26	13	13	0,48	6,4181	0,94	0,3784	0,60	0,64	0,1230	0,72	2069	13	2035	19	2000	14	103,4
D3	0,29	19	9	10	0,51	6,3513	8,69	0,4008	3,74	0,43	0,1149	2,21	2173	81	2026	176	1879	41	115,6
F3	0,31	26	16	14	0,55	13,0125	2,31	0,5153	0,88	0,38	0,1832	0,74	2679	24	2681	62	2682	20	99,9
K3	0,40	56	26	25	0,46	6,2203	5,64	0,3864	2,66	0,47	0,1168	0,93	2106	56	2007	113	1907	18	110,4
A4	0,28	26	12	13	0,49	6,7306	4,49	0,3950	1,95	0,43	0,1236	1,12	2146	42	2077	93	2009	22	106,8
C4	0,38	118	49	55	0,47	5,4816	3,87	0,3423	1,90	0,49	0,1161	0,36	1898	36	1898	73	1898	7	100,0
F4	0,36	50	19	17	0,35	5,9508	1,19	0,3661	0,99	0,83	0,1179	0,66	2011	20	1969	24	1925	13	104,5
H4	0,42	46	26	24	0,53	8,2046	5,69	0,4263	2,70	0,47	0,1396	0,91	2289	62	2254	128	2222	20	103,0
K4	0,38	65	48	18	0,29	18,7000	8,43	0,5888	4,11	0,49	0,2303	0,97	2985	123	3026	255	3054	29	97,7
N4	0,28	60	29	29	0,49	6,6953	2,41	0,3951	1,02	0,42	0,1229	0,65	2147	22	2072	50	1999	13	107,4
O4	0,22	82	69	114	1,39	14,0510	1,34	0,5375	0,62	0,46	0,1896	0,25	2773	17	2753	37	2739	7	101,3
A5	0,52	12	7	4	0,31	8,8743	4,21	0,4785	1,99	0,47	0,1345	0,69	2521	50	2325	98	2158	15	116,8
D5	0,26	21	10	16	0,77	6,8516	9,88	0,3915	4,57	0,46	0,1269	1,89	2130	97	2092	207	2056	39	103,6
F5	0,29	50	27	32	0,65	7,4082	2,03	0,4085	0,94	0,46	0,1315	0,38	2208	21	2162	44	2118	8	104,2

(continuação)

Spot	f_{206}^a (%)	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U ^b	Razões isotópicas						Idades (Ma)						Conc ^c (%)	
						²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (%)	Rho ^c	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^d	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		1 σ (abs)
G5	0,29	27	17	18	0,67	8,8011	5,04	0,4663	2,41	0,48	0,1369	0,74	2467	59	2318	117	2188	16	112,7
H5	0,36	24	11	5	0,20	7,5297	1,54	0,4316	1,43	0,93	0,1265	0,56	2313	33	2177	33	2050	11	112,8
I5	0,49	23	12	15	0,66	6,1262	5,23	0,3795	2,40	0,46	0,1171	1,04	2074	50	1994	104	1912	20	108,5
L5	0,67	22	13	20	0,92	6,3920	6,90	0,3837	3,20	0,46	0,1208	1,29	2094	67	2031	140	1968	25	106,4
M5	0,24	28	14	20	0,70	5,7280	2,54	0,3647	0,82	0,32	0,1139	0,96	2005	17	1936	49	1863	18	107,6
N5	0,42	60	29	24	0,41	6,4400	5,73	0,3792	2,80	0,49	0,1232	0,62	2072	58	2038	117	2003	12	103,5
O5	0,24	147	60	144	0,99	6,2684	1,75	0,3678	0,80	0,45	0,1236	0,37	2019	16	2014	35	2009	7	100,5
C6	0,33	141	68	29	0,21	6,5070	2,05	0,3668	0,95	0,46	0,1287	0,38	2014	19	2047	42	2080	8	96,8
D6	0,19	167	94	34	0,21	12,1388	3,70	0,5348	1,81	0,49	0,1646	0,40	2762	50	2615	97	2504	10	110,3
E6	0,32	52	25	36	0,70	6,5076	1,86	0,3918	0,81	0,44	0,1205	0,45	2131	17	2047	38	1963	9	108,6
G6	0,28	45	21	19	0,42	7,1289	1,12	0,4359	1,06	0,95	0,1186	0,36	2332	25	2128	24	1935	7	120,5
H6	0,39	61	28	19	0,31	7,3236	3,56	0,4028	1,66	0,47	0,1319	0,64	2182	36	2152	77	2123	14	102,8
M6	0,32	40	22	10	0,26	10,1998	6,88	0,5218	3,38	0,49	0,1418	0,61	2707	92	2453	169	2249	14	120,4
A7	0,21	100	43	36	0,36	5,9985	1,38	0,3685	0,57	0,41	0,1181	0,39	2022	11	1976	27	1927	8	104,9
B7	0,29	38	18	17	0,46	6,2207	3,14	0,3571	1,19	0,38	0,1263	1,02	1969	23	2007	63	2047	21	96,2
C7	0,23	91	46	19	0,21	14,0966	4,45	0,6147	2,15	0,48	0,1663	0,59	3089	66	2756	123	2521	15	122,5
D7	0,21	129	70	44	0,35	7,1262	3,52	0,4050	1,67	0,48	0,1276	0,54	2192	37	2127	75	2065	11	106,1
G7	0,28	47	21	25	0,53	6,4474	5,51	0,3863	2,66	0,48	0,1210	0,71	2106	56	2039	112	1972	14	106,8
H7	0,24	52	24	18	0,36	7,5217	6,87	0,4352	3,40	0,49	0,1253	0,50	2329	79	2176	150	2034	10	114,5
J7	0,18	53	30	14	0,27	14,5314	1,70	0,5536	0,76	0,45	0,1904	0,39	2840	21	2785	47	2745	11	103,5
K7	0,27	67	33	63	0,96	6,0539	1,01	0,3706	0,99	0,98	0,1185	0,22	2032	20	1984	20	1933	4	105,1
M7	0,22	87	53	36	0,42	14,9029	1,58	0,4316	0,66	0,42	0,2505	0,42	2313	15	2809	44	3188	13	72,6
N7	0,33	21	11	14	0,68	8,7129	4,49	0,4161	1,00	0,22	0,1519	2,01	2243	23	2308	104	2367	48	94,7
O7	0,29	33	17	38	1,16	5,8386	2,95	0,3577	1,25	0,42	0,1184	0,79	1971	25	1952	58	1932	15	102,0
B8	0,17	25	13	18	0,70	6,3211	2,80	0,3737	1,15	0,41	0,1227	0,79	2047	24	2021	57	1996	16	102,6
D8	0,31	74	36	53	0,72	5,9425	1,19	0,3646	0,42	0,35	0,1182	0,43	2004	8	1967	23	1929	8	103,9
E8	0,28	65	31	46	0,71	5,9155	1,53	0,3632	0,60	0,39	0,1181	0,48	1997	12	1964	30	1928	9	103,6
F8	0,24	92	44	15	0,16	8,2021	6,65	0,4632	3,30	0,50	0,1284	0,39	2454	81	2254	150	2076	8	118,2
J8	0,39	65	30	50	0,78	5,6704	3,24	0,3421	1,55	0,48	0,1202	0,47	1897	29	1927	63	1959	9	96,8
B10	0,31	33	13	5	0,16	7,2181	4,66	0,4253	1,96	0,42	0,1231	1,26	2285	45	2139	100	2001	25	114,1
F10	0,42	15	8	1	0,09	7,8173	5,34	0,4577	2,23	0,42	0,1239	1,48	2429	54	2210	118	2013	30	120,7

(conclusão)

Spot	f_{206}^a (%)	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U ^b	Razões isotópicas						Idades (Ma)						Conc ^c (%)	
						²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (%)	Rho ^c	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^d	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		1 σ (abs)
N10	0,32	24	13	12	0,52	8,3512	3,06	0,4490	1,27	0,42	0,1349	0,85	2391	30	2270	70	2163	18	110,5
A11	0,34	60	29	46	0,78	6,5311	4,25	0,3843	2,00	0,47	0,1232	0,71	2097	42	2050	87	2004	14	104,6
F11	0,35	13	6	3	0,20	8,0317	3,49	0,4330	1,39	0,40	0,1345	1,05	2319	32	2235	78	2158	23	107,5
G11	0,36	47	22	4	0,09	8,1294	3,27	0,4251	1,32	0,40	0,1387	0,97	2284	30	2246	74	2211	21	103,3
I11	0,35	30	13	5	0,16	7,7602	3,00	0,4108	2,72	0,91	0,1370	1,27	2218	60	2204	66	2190	28	101,3
J11	0,17	13	6	7	0,51	6,0939	5,06	0,3804	1,88	0,37	0,1162	1,69	2078	39	1989	101	1899	32	109,5
L11	0,41	7	4	4	0,64	7,2464	13,72	0,4743	4,63	0,34	0,1108	5,06	2502	116	2142	294	1813	92	138,1
M11	0,25	92	48	113	1,24	6,0793	2,92	0,3729	1,34	0,46	0,1182	0,59	2043	27	1987	58	1930	11	105,9
N11	0,28	50	23	17	0,34	6,8988	4,60	0,4096	2,24	0,49	0,1222	0,50	2213	50	2098	96	1988	10	111,3
O11	0,28	39	21	4	0,11	12,2141	3,52	0,5091	1,51	0,43	0,1740	0,90	2653	40	2621	92	2596	23	102,2
F12	0,61	30	15	2	0,07	7,6113	3,57	0,4396	1,55	0,43	0,1256	0,88	2349	36	2186	78	2037	18	115,3
H12	0,42	73	30	24	0,33	6,0041	3,12	0,3537	1,46	0,47	0,1231	0,56	1952	28	1976	62	2002	11	97,5
J12	0,38	109	32	8	0,07	6,0525	3,83	0,3662	1,86	0,48	0,1199	0,47	2011	37	1983	76	1954	9	102,9
L12	0,31	30	14	20	0,66	5,9760	3,44	0,3649	1,32	0,38	0,1188	1,10	2005	27	1972	68	1938	21	103,5
N12	0,57	19	11	7	0,36	8,0975	3,43	0,4687	1,36	0,40	0,1253	1,05	2478	34	2242	77	2033	21	121,9
C13	0,67	32	17	25	0,78	6,7292	4,57	0,4197	1,98	0,43	0,1163	1,14	2259	45	2076	95	1900	22	118,9
G13	0,28	39	18	13	0,35	6,6723	3,24	0,3856	1,56	0,48	0,1255	0,42	2102	33	2069	67	2036	9	103,3
I13	0,43	34	16	14	0,40	7,0999	3,72	0,4117	1,71	0,46	0,1251	0,73	2223	38	2124	79	2030	15	109,5
J13	0,86	49	21	21	0,44	5,3344	3,86	0,3405	1,81	0,47	0,1136	0,67	1889	34	1874	72	1858	13	101,7
K13	0,33	38	16	9	0,24	6,3983	2,01	0,3669	0,83	0,41	0,1265	0,56	2015	17	2032	41	2050	12	98,3
L13	0,32	39	18	10	0,26	7,8803	5,47	0,4595	2,61	0,48	0,1244	0,81	2437	64	2217	121	2020	16	120,7
O13	0,30	35	18	31	0,87	6,0917	2,56	0,3678	0,94	0,37	0,1201	0,87	2019	19	1989	51	1958	17	103,1

Cristais destacados em negrito apresentam os grãos com superposição dos erros das idades ²⁰⁷Pb/²³⁵U, ²⁰⁶Pb/²³⁸U e ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb.

^a Fração do chumbo ²⁰⁶Pb não-radiogênico em porcentagem do ponto do zircão analisado, onde $f_{206} = [^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}]_{\text{comum}} / [^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}]_{\text{amostra}}$.

^b Razão Th/U e concentrações de Pb, Th e U (ppm) calculadas em relação ao zircão de referência GJ-1.

^c Rho é a correlação entre os erros definido como quociente de propagação de erros das razões ²⁰⁶Pb/²³⁸U e ²⁰⁷Pb/²³⁵U.

^d Desvio de massa corrigido por normalização para o zircão de referência GJ-1 e chumbo comum utilizando o modelo de composição de Pb de Stacey e Kramers (1975).

^e Grau de concordância = (idade ²⁰⁶Pb/²³⁸U * 100) / (idade ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb).

Tabela 2.4- Dados isotópicos U-Pb em zircão por LA-ICP-MS da amostra FH-21, tomados de Vasquez *et al.* (2019).

Spot	f_{206} (%)	^{204}Pb cps	^{206}Pb mV ¹	Th/U	Razões isotópicas							Idades (Ma)					% U-Pb Conc. ²	% U-Pb Conc.3	
					$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ (%)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ (%)	Rho	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ (%)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ (abs)	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ (abs)	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$			1 σ (abs)
ZR18	0,04	113	0,0086	0,654	37,3097	1,36	0,8290	1,24	0,91	0,3264	0,43	3892	36	3702	13	3600	7	108	105
ZR60	0,02	52	0,0129	0,415	23,9085	1,34	0,6869	1,21	0,90	0,2524	0,45	3371	32	3265	13	3200	7	105	103
ZR32	0,01	14	0,0026	0,598	10,7780	1,45	0,4846	1,13	0,78	0,1613	0,82	2547	24	2504	13	2469	14	103	102
ZR56	0,67	366	0,0100	0,614	9,5103	1,80	0,4368	1,63	0,91	0,1579	0,66	2336	32	2389	16	2433	11	96	98
ZR9	0,01	25	0,0095	0,433	9,9931	0,95	0,4787	0,69	0,73	0,1514	0,54	2521	14	2434	9	2362	9	107	104
ZR15	1,20	1117	0,0155	0,078	8,9293	3,06	0,4310	1,15	0,38	0,1503	2,81	2310	22	2331	28	2349	47	98	99
ZR50	0,03	22	0,0030	0,013	8,4391	1,89	0,4137	1,16	0,61	0,1479	1,45	2232	22	2279	17	2322	25	96	98
ZR4	0,25	222	0,0207	0,178	7,5534	1,29	0,3864	1,13	0,88	0,1418	0,48	2106	20	2179	11	2249	8	94	97
ZR29	0,01	15	0,0089	0,058	8,4697	0,93	0,4406	0,68	0,73	0,1394	0,52	2353	13	2283	8	2220	9	106	103
ZR43	0,37	184	0,0101	0,358	7,1237	1,16	0,3712	0,93	0,81	0,1392	0,58	2035	16	2127	10	2217	10	92	96
ZR67	0,02	16	0,0043	0,289	7,9526	1,43	0,4192	1,12	0,79	0,1376	0,80	2257	21	2226	13	2197	14	103	101
ZR57	0,01	11	0,0048	0,578	7,9507	1,11	0,4195	0,93	0,84	0,1375	0,46	2258	18	2225	10	2195	8	103	101
ZR5	0,11	84	0,0145	0,273	7,9185	0,90	0,4180	0,71	0,79	0,1374	0,42	2252	14	2222	8	2194	7	103	101
ZR72	0,01	22	0,0059	0,276	8,0434	1,25	0,4298	0,96	0,77	0,1357	0,71	2305	19	2236	11	2173	12	106	103
ZR24	0,14	43	0,0017	0,438	6,8471	4,08	0,3675	3,27	0,80	0,1351	2,40	2018	56	2092	35	2166	41	93	96
ZR64	0,07	234	0,0136	0,170	7,4162	1,44	0,3985	0,63	0,44	0,1350	1,24	2162	12	2163	13	2164	21	100	100
ZR8	0,01	18	0,0047	0,617	7,4281	1,06	0,4105	0,85	0,81	0,1312	0,51	2217	16	2164	9	2115	9	105	102
ZR23	0,07	18	0,0009	0,528	6,8886	3,18	0,3828	2,45	0,77	0,1305	2,00	2089	44	2097	28	2105	35	99	100
ZR21	0,01	62	0,0157	0,217	7,6321	1,05	0,4260	0,89	0,85	0,1299	0,42	2288	17	2189	9	2097	7	109	105
ZR12	0,04	16	0,0021	0,221	6,9053	1,33	0,3889	1,02	0,77	0,1288	0,77	2118	18	2099	12	2081	14	102	101
ZR11	0,02	22	0,0048	0,356	7,0535	1,11	0,3977	0,86	0,78	0,1286	0,59	2158	16	2118	10	2079	10	104	102
ZR34	0,01	16	0,0052	0,523	6,9161	0,97	0,3901	0,65	0,67	0,1286	0,62	2123	12	2101	9	2079	11	102	101
ZR37	0,01	15	0,0043	0,236	7,0941	1,08	0,4008	0,82	0,76	0,1283	0,60	2173	15	2123	10	2075	11	105	102
ZR31	0,00	16	0,0099	0,349	7,3053	1,09	0,4131	0,81	0,74	0,1282	0,63	2229	15	2149	10	2074	11	107	104
ZR35	0,38	109	0,0045	0,515	6,8862	1,21	0,3902	0,82	0,68	0,1280	0,80	2124	15	2097	11	2071	14	103	101
ZR30	0,02	25	0,0030	0,140	6,8333	1,20	0,3875	0,84	0,70	0,1279	0,77	2111	15	2090	11	2069	14	102	101
ZR59	0,03	86	0,0106	0,420	6,2849	1,03	0,3570	0,83	0,80	0,1277	0,50	1968	14	2016	9	2066	9	95	98
ZR22	0,24	133	0,0124	0,265	6,7636	0,91	0,3866	0,69	0,75	0,1269	0,47	2107	12	2081	8	2055	8	103	101
ZR7	0,05	46	0,0054	0,362	6,6510	0,93	0,3821	0,72	0,78	0,1262	0,44	2086	13	2066	8	2046	8	102	101
ZR39	0,00	22	0,0171	0,116	6,9677	1,11	0,4013	0,86	0,78	0,1259	0,58	2175	16	2107	10	2042	10	107	103
ZR51	0,02	16	0,0038	0,189	6,7055	1,13	0,3868	0,83	0,74	0,1257	0,67	2108	15	2073	10	2039	12	103	102
ZR70	0,05	11	0,0011	0,748	6,2098	2,59	0,3586	1,88	0,73	0,1256	1,74	1976	32	2006	22	2037	31	97	98

(conclusão)

Spot	f_{206} (%)	^{204}Pb cps	^{206}Pb mV ¹	Th/U	Razões isotópicas						Idades (Ma)						% U-Pb Conc. ²	% U-Pb Conc. ³	
					$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ (%)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ (%)	Rho	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ (%)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ (abs)	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ (abs)	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$			1 σ (abs)
ZR36	0,14	116	0,0174	0,254	6,9374	1,08	0,4016	0,89	0,83	0,1253	0,48	2177	16	2103	10	2033	9	107	103
ZR46	0,02	11	0,0026	0,234	6,5905	1,55	0,3837	1,11	0,71	0,1246	1,03	2094	20	2058	14	2022	18	104	102
ZR25	0,27	210	0,0107	0,339	5,9137	1,06	0,3446	0,87	0,83	0,1245	0,47	1909	14	1963	9	2021	8	94	97
ZR10	0,81	171	0,0041	0,299	5,7212	2,15	0,3341	1,92	0,89	0,1242	0,90	1858	31	1935	18	2017	16	92	96

¹ Conversão do fator mV para CPS é 62500000.

² Discordância calculada como (idade $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ * 100) / (idade $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$).

³ Discordância calculada como (idade $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ * 100) / (idade $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$).

Constantes de decaimento usadas por Jaffey *et al* 1971.

Mica xisto

Mica xisto MV-58: Os cristais de zircão do mica xisto MV-58A e do quartzo-mica xisto MV-58C apresentam concentrações de 2 a 2935 ppm de U e razão Th/U de 0,03 a 1,81 (Tab. 2.5). Poucos cristais plotaram distante da curva concórdia, mostraram erro elevado e conteúdo de chumbo comum elevado (Fig. 2.10A).

Nos histogramas de curvas de probabilidade relativa de idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ o mica xisto MV-58A mostra fontes detríticas com um pico de 2055 Ma seguido de picos de 2113 Ma e 2192 Ma (Fig. 2.10B). No quartzo-mica xisto MV-58C se distingue um pico de 2034 Ma seguido de um pico de 2121 Ma e subordinado picos de idades riacianas (Fig. 2.10C). Os 163 cristais das duas amostras apresentam notáveis picos de idades 2056 Ma e 2113 Ma e um pico subordinado de 2192 Ma (Fig. 2.10D). Restringindo-se aos cristais com idades > 2000 Ma, os picos de idades semelhantes (2057, 2116 e 2193 Ma) se repetem (Fig. 2.10E), sugerindo pouca influência de eventos posteriores a formação desses mica xistos. Aplicando o tratamento da superposição das idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ para esses dados mostra um pico sutil de 2041 Ma associado a curva de distribuição das fontes detríticas mais jovem marcada pelo pico de 2064 Ma que foi seguida de sucessivas fontes riacianas e subordinadas fontes de idades sideriana, neoarqueana e mesoarqueanas (Fig. 2.10F).

O pico de 2034 (Fig. 2.10C) indicam que fontes detríticas de idades orosirianas contribuíram para os sedimentos que formaram os mica xistos desta unidade, mas também receberam significativas contribuições de fontes detríticas de idades riacianas.

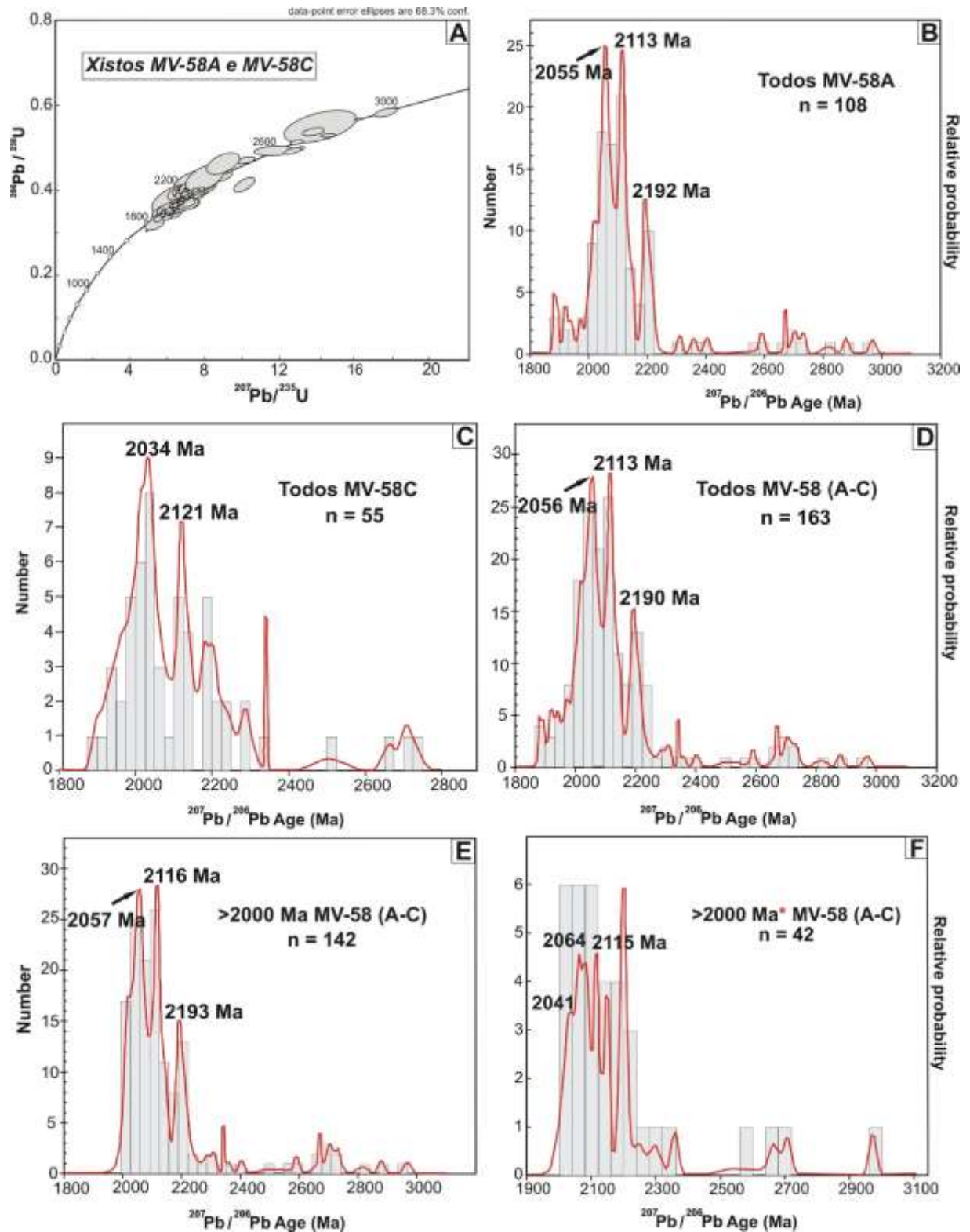


Figura 2.10- Diagramas das idades U-Pb (LA-ICP-MS) em zircão do Xisto MV-58: (A) Diagramas concórdia; (B,C,D,E,F) Histograma de frequência e curva de probabilidade relativa de idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (concordantes $100\pm 10\%$): (B) Todos os grãos do mica xisto (MV-58A); (C) Todos os grãos do quartzo-mica xisto (MV-58C); (D) Todos os grãos da amostra MV-58A mais os grãos da amostra MV-58C; (E) Grãos com idades >2000 Ma dos dois xistos e (F) Somente os grãos com superposição dos erros das idades.

Tabela 2.5- Dados isotópicos U-Pb em zircão por LA-ICP-MS da amostra MV-58A e MV-58C.

Spot	f_{206}^a (%)	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U ^b	Razões isotópicas						Idades (Ma)						Conc ^e (%)	
						²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (%)	Rho ^c	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^d	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		1 σ (abs)
A1(A)	0,19	182	348	364	0,96	7,3518	1,33	0,4053	0,54	0,41	0,1316	0,39	2193	12	2155	29	2119	8	103,5
A2(A)	0,42	172	374	368	1,02	6,7390	1,72	0,3725	0,55	0,32	0,1312	0,66	2041	11	2078	36	2114	14	96,5
A3(A)	0,44	118	142	315	0,45	5,4770	2,77	0,3350	1,29	0,47	0,1186	0,50	1863	24	1897	52	1935	10	96,3
A4(A)	0,09	176	168	431	0,39	6,6118	1,31	0,3809	0,51	0,39	0,1259	0,41	2080	11	2061	27	2041	8	101,9
A5(C)	0,51	30	20	40	0,49	7,7311	4,47	0,4068	1,39	0,31	0,1378	1,75	2200	31	2200	98	2200	38	100,0
A6(A)	0,15	156	12	364	0,03	6,8622	1,49	0,3920	0,61	0,41	0,1269	0,43	2132	13	2094	31	2056	9	103,7
A6(C)	0,30	34	36	93	0,39	6,2768	1,57	0,3638	0,63	0,40	0,1252	0,46	2000	13	2015	32	2031	9	98,5
A7(A)	0,11	172	36	55	0,32	2,2210	1,79	0,1999	0,49	0,27	0,0806	0,75	1175	6	1188	21	1212	9	96,9
A8(A)	0,17	113	126	236	0,54	7,6532	1,28	0,4041	0,52	0,41	0,1374	0,37	2188	11	2191	28	2194	8	99,7
A9(A)	0,39	1257	443	1592	1,28	2,4698	17,39	0,1881	7,19	0,41	0,0952	4,89	1111	80	1263	220	1533	75	72,5
A10(A)	0,26	154	24	224	1,47	0,9055	0,94	0,1064	0,62	0,66	0,0617	0,71	652	4	655	6	665	5	98,1
A11(A)	0,03	78	70	182	0,38	6,5948	1,18	0,3771	0,36	0,31	0,1268	0,46	2063	8	2059	24	2055	9	100,4
A12(A)	0,23	117	13	26	0,22	0,8660	3,97	0,1049	1,23	0,31	0,0599	1,56	643	8	633	25	600	9	107,1
A12(C)	0,35	41	14	32	0,77	6,2097	4,41	0,3356	2,02	0,46	0,1342	0,88	1865	38	2006	88	2154	19	86,6
A13(A)	0,45	306	396	649	0,62	6,8906	1,76	0,4023	0,65	0,37	0,1242	0,59	2180	14	2097	37	2018	12	108,0
A13(C)	0,40	34	13	24	0,73	6,5186	5,16	0,3519	2,08	0,40	0,1343	1,53	1944	40	2048	106	2155	33	90,2
A14(A)	0,01	239	194	546	0,36	6,8024	1,40	0,3862	0,54	0,39	0,1277	0,45	2105	11	2086	29	2067	9	101,8
A15(A)	0,12	53	93	105	0,89	7,3160	1,40	0,4007	0,55	0,39	0,1324	0,43	2172	12	2151	30	2130	9	102,0
A15b(A)	0,14	71	80	137	0,59	7,1023	1,49	0,3887	0,44	0,30	0,1325	0,60	2117	9	2124	32	2131	13	99,3
A16(A)	0,53	69	170	168	1,02	5,5122	1,43	0,3465	0,52	0,37	0,1154	0,49	1918	10	1903	27	1886	9	101,7
B1(A)	0,17	55	68	151	0,45	6,7336	1,25	0,3798	0,29	0,23	0,1286	0,56	2076	6	2077	26	2078	12	99,9
B2(A)	0,44	188	171	372	0,46	11,6646	0,76	0,4881	0,18	0,24	0,1733	0,33	2562	5	2578	19	2590	9	98,9
B2(C)	0,48	31	5	56	0,10	6,7129	1,97	0,3856	0,64	0,32	0,1263	0,75	2102	13	2074	41	2047	15	102,7
B3(A)	0,20	122	337	239	1,42	5,6502	0,91	0,3486	0,31	0,34	0,1176	0,34	1928	6	1924	18	1920	6	100,4
B4(A)	0,20	104	107	258	0,42	5,7505	1,22	0,3555	0,47	0,39	0,1173	0,38	1961	9	1939	24	1916	7	102,4
B5(A)	0,50	86	156	246	0,64	4,8837	0,31	0,3058	0,18	0,56	0,1158	0,26	1720	3	1799	6	1893	5	90,9
B6(A)	0,34	82	96	176	0,55	6,6849	2,92	0,3918	1,39	0,47	0,1238	0,46	2131	30	2071	60	2011	9	106,0
B7(A)	0,34	66	69	154	0,45	6,4375	1,18	0,3664	0,41	0,35	0,1274	0,42	2013	8	2037	24	2063	9	97,6
B7(C)	0,42	28	23	97	0,24	6,1474	1,88	0,3578	0,71	0,38	0,1246	0,61	1972	14	1997	38	2023	12	97,5
B8(C)	0,87	20	9	15	0,79	6,6304	5,99	0,4044	2,62	0,44	0,1189	1,45	2189	57	2063	124	1940	28	112,9
B9(A)	0,07	75	51	165	0,31	6,9744	1,20	0,3905	0,41	0,34	0,1295	0,44	2125	9	2108	25	2092	9	101,6
B10(A)	0,42	210	243	583	0,42	6,7470	1,63	0,3863	0,73	0,45	0,1267	0,35	2106	15	2079	34	2052	7	102,6
B11(A)	0,30	27	34	60	0,58	7,2429	3,17	0,4038	1,46	0,46	0,1301	0,60	2187	32	2142	68	2099	13	104,2
B11(C)	1,18	31	13	76	0,17	6,4114	13,12	0,3780	6,51	0,50	0,1230	0,79	2067	135	2034	267	2000	16	103,3
B12(A)	0,24	78	65	182	0,36	6,4960	1,23	0,3759	0,46	0,37	0,1253	0,41	2057	9	2045	25	2034	8	101,2

(continuação)

Spot	f_{206}^a (%)	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U ^b	Razões isotópicas						Idades (Ma)						Conc ^e (%)	
						²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (%)	Rho ^c	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^d	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		1 σ (abs)
B13(A)	0,12	68	88	136	0,66	7,1074	1,09	0,3942	0,39	0,36	0,1308	0,38	2142	8	2125	23	2108	8	101,6
B14(A)	0,36	30	32	65	0,49	6,9260	1,57	0,3919	0,53	0,34	0,1282	0,58	2132	11	2102	33	2073	12	102,8
B15(A)	0,17	75	101	161	0,63	6,5906	1,30	0,3784	0,44	0,34	0,1263	0,47	2069	9	2058	27	2047	10	101,0
B16(A)	0,15	36	45	53	0,85	14,5652	1,84	0,5313	0,48	0,26	0,1988	0,79	2747	13	2787	51	2817	22	97,5
C1(A)	0,41	117	206	268	0,77	6,7160	1,30	0,3719	0,49	0,37	0,1310	0,43	2038	10	2075	27	2111	9	96,5
C3(A)	0,28	93	60	147	1,59	10,1627	2,56	0,3892	1,22	0,48	0,1894	0,38	2119	26	2450	63	2737	10	77,4
C3(C)	0,41	93	38	42	0,45	6,1977	3,47	0,3424	1,67	0,48	0,1313	0,46	1898	32	2004	70	2115	10	89,8
C4(A)	0,30	135	182	462	0,40	6,0966	2,25	0,3486	1,07	0,48	0,1268	0,35	1928	21	1990	45	2055	7	93,8
C4(C)	0,57	22	18	48	0,39	6,5963	6,08	0,3954	2,92	0,48	0,1210	0,86	2148	63	2059	125	1971	17	109,0
C6(A)	0,41	37	63	74	0,85	7,6524	2,93	0,3986	1,01	0,34	0,1392	1,06	2163	22	2191	64	2218	24	97,5
C7(A)	0,07	254	45	658	0,07	6,3389	1,07	0,3718	0,36	0,34	0,1236	0,40	2038	7	2024	22	2010	8	101,4
C8(A)	0,21	332	272	35	0,10	12,5140	6,07	0,5641	2,99	0,49	0,1609	0,50	2884	86	2644	160	2465	12	117,0
C9(A)	0,32	156	261	315	0,84	7,4722	1,27	0,3981	0,51	0,40	0,1361	0,38	2160	11	2170	28	2178	8	99,2
C9(C)	0,66	17	8	24	1,49	7,4639	7,21	0,4508	3,24	0,45	0,1201	1,58	2399	78	2169	156	1958	31	122,5
C10(A)	0,28	111	51	284	0,18	6,9697	1,01	0,3834	0,34	0,33	0,1318	0,38	2092	7	2108	21	2123	8	98,6
C11(A)	0,25	125	26	46	0,37	2,1632	2,20	0,1986	0,73	0,33	0,0790	0,83	1168	8	1169	26	1172	10	99,7
C12(A)	0,12	72	79	153	0,52	7,3320	1,13	0,3999	0,34	0,30	0,1330	0,45	2168	7	2153	24	2138	10	101,4
C13(A)	0,17	55	63	133	0,48	6,9946	1,21	0,3829	0,43	0,36	0,1325	0,42	2090	9	2111	26	2131	9	98,1
C13(C)	0,32	14	15	33	0,46	6,9970	3,73	0,3806	1,50	0,40	0,1333	1,11	2079	31	2111	79	2142	24	97,1
C14(A)	0,09	89	31	255	0,12	6,2641	1,20	0,3566	0,25	0,21	0,1274	0,54	1966	5	2013	24	2063	11	95,3
C15(A)	0,17	242	31	601	0,05	6,7778	1,30	0,3801	0,47	0,36	0,1293	0,45	2077	10	2083	27	2089	9	99,4
C16(A)	0,08	206	77	121	0,59	4,6645	0,49	0,3140	0,36	0,75	0,1078	0,33	1760	6	1761	9	1762	6	99,9
D1(A)	0,08	45	53	93	0,57	6,6571	1,72	0,3784	0,57	0,33	0,1276	0,64	2069	12	2067	36	2065	13	100,2
D2(A)	0,41	34	70	80	0,88	6,6489	1,97	-2,7161	0,57	0,29	0,1313	0,80	2017	12	2066	41	2115	17	95,4
D2(C)	0,32	41	46	81	0,57	7,3143	1,80	0,3987	0,67	0,37	0,1330	0,60	2163	14	2151	39	2139	13	101,1
D3(A)	0,35	255	132	251	0,99	7,6893	2,26	0,3656	1,04	0,46	0,1525	0,44	2009	21	2195	50	2374	10	84,6
D4(A)	0,30	284	68	2935	0,02	6,0209	1,47	0,3492	0,49	0,33	0,1250	0,55	1931	9	1979	29	2029	11	95,1
D4(C)	0,20	44	23	66	0,36	14,7691	2,76	0,5684	1,21	0,44	0,1885	0,67	2901	35	2800	77	2729	18	106,3
D5(A)	0,26	117	205	390	0,53	6,1243	2,31	0,3532	1,03	0,45	0,1258	0,52	1950	20	1994	46	2040	11	95,6
D6(A)	0,33	65	38	151	0,25	6,6834	1,63	0,3792	0,62	0,38	0,1278	0,53	2073	13	2070	34	2068	11	100,2
D7(A)	0,26	127	124	326	0,38	7,0518	1,30	0,3891	0,43	0,33	0,1314	0,49	2119	9	2118	28	2117	10	100,1
D8(A)	0,33	82	58	147	1,81	11,4765	2,06	0,4429	0,82	0,40	0,1879	0,63	2364	19	2563	53	2724	17	86,8
D8(C)	0,77	23	12	26	1,13	7,3724	6,06	0,4457	2,54	0,42	0,1200	1,65	2376	60	2158	131	1956	32	121,5
D9(A)	0,09	195	75	463	0,16	7,8402	1,17	0,4110	0,41	0,36	0,1383	0,41	2220	9	2213	26	2207	9	100,6
D10(A)	0,67	118	130	276	0,47	6,6189	1,45	0,3739	0,61	0,42	0,1284	0,39	2048	12	2062	30	2076	8	98,6

(continuação)

Spot	f_{206}^a (%)	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U ^b	Razões isotópicas						Idades (Ma)						Conc ^e (%)	
						²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (%)	Rho ^c	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^d	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		1 σ (abs)
D10(C)	0,35	19	11	20	1,11	8,4392	8,19	0,4563	3,80	0,46	0,1341	1,52	2423	92	2279	187	2153	33	112,6
D11(A)	0,13	95	92	214	0,43	6,7116	1,36	0,3726	0,49	0,36	0,1306	0,47	2042	10	2074	28	2107	10	96,9
D13(A)	0,18	185	243	435	0,56	6,3876	1,29	0,3602	0,49	0,38	0,1286	0,42	1983	10	2031	26	2079	9	95,4
D13(C)	0,17	17	9	43	0,21	6,0095	3,56	0,3465	1,27	0,36	0,1258	1,25	1918	24	1977	70	2040	25	94,0
D15(A)	0,28	63	91	86	1,07	17,6199	2,23	0,5854	1,04	0,47	0,2183	0,39	2971	31	2969	66	2968	12	100,1
D16(A)	0,33	78	135	177	0,77	7,4380	1,80	0,4127	0,75	0,42	0,1307	0,50	2227	17	2166	39	2108	11	105,7
E1(A)	0,09	144	125	295	0,43	7,7342	1,34	0,4088	0,46	0,35	0,1372	0,48	2210	10	2201	30	2192	11	100,8
E2(A)	0,36	89	250	195	1,29	7,0795	0,54	0,3920	0,48	0,89	0,1310	0,25	2132	10	2121	12	2111	5	101,0
E2(C)	0,66	20	28	47	0,60	6,6172	3,34	0,3985	1,55	0,46	0,1204	0,64	2162	33	2062	69	1963	13	110,2
E3(A)	0,61	61	62	95	0,66	11,6472	5,96	0,4959	1,60	0,27	0,1704	2,52	2596	41	2576	154	2561	64	101,4
E3(C)	0,84	9	8	17	0,46	9,8610	2,01	0,4334	1,26	0,63	0,1650	1,57	2321	29	2422	49	2508	39	92,6
E4(A)	0,50	66	81	139	0,59	7,0956	1,43	0,3943	0,50	0,35	0,1305	0,51	2143	11	2123	30	2105	11	101,8
E4(C)	0,61	18	9	42	0,20	7,2684	9,28	0,4186	4,59	0,49	0,1259	0,70	2254	103	2145	199	2042	14	110,4
E5(A)	0,26	50	82	106	0,78	6,3206	1,27	0,3683	0,36	0,29	0,1245	0,52	2021	7	2021	26	2021	11	100,0
E5(C)	0,52	32	69	67	1,03	5,9056	8,22	0,3517	4,00	0,49	0,1218	0,94	1943	78	1962	161	1983	19	98,0
E6(A)	0,38	50	73	100	0,74	7,1517	1,42	0,3943	0,47	0,33	0,1316	0,53	2143	10	2130	30	2119	11	101,1
E6(C)	0,42	24	43	71	0,61	5,3549	4,35	0,3295	1,98	0,46	0,1179	0,90	1836	36	1878	82	1924	17	95,4
E7(A)	0,10	185	163	346	0,47	8,9724	1,24	0,4430	0,49	0,40	0,1469	0,38	2364	12	2335	29	2310	9	102,3
E9(A)	0,59	57	77	115	0,68	7,2362	2,91	0,4136	0,84	0,29	0,1269	1,19	2231	19	2141	62	2056	24	108,5
E9(C)	0,93	19	16	43	0,37	6,4790	2,13	0,3752	0,59	0,28	0,1252	0,89	2054	12	2043	44	2032	18	101,1
E10(A)	0,28	107	226	176	1,29	7,5866	3,76	0,4194	1,82	0,48	0,1312	0,48	2258	41	2183	82	2114	10	106,8
E11(A)	0,32	47	18	56	1,19	3,3362	4,22	0,2604	1,24	0,29	0,0929	1,71	1492	18	1490	63	1486	25	100,4
E11(C)	0,43	17	10	16	1,00	8,2508	3,36	0,4840	2,92	0,87	0,1236	1,67	2545	74	2259	76	2009	33	126,6
E12(A)	0,28	332	201	729	0,28	6,7289	1,04	0,3825	0,34	0,32	0,1276	0,40	2088	7	2076	22	2065	8	101,1
E13(A)	0,17	152	157	754	0,21	6,7626	0,90	0,3871	0,30	0,34	0,1267	0,33	2110	6	2081	19	2053	7	102,8
E14(A)	0,30	45	29	43	0,96	8,8328	2,35	0,5152	1,00	0,43	0,1243	0,61	2679	27	2321	55	2019	12	132,7
E16(A)	0,25	133	110	205	0,54	13,7859	2,84	0,5401	1,16	0,41	0,1851	0,81	2784	32	2735	78	2699	22	103,1
F1(A)	0,39	133	185	323	0,58	5,3705	0,26	0,3386	0,17	0,66	0,1150	0,20	1880	3	1880	5	1881	4	100,0
F2(A)	0,66	120	287	331	0,88	6,2811	2,00	0,3665	0,45	0,22	0,1243	0,89	2013	9	2016	40	2019	18	99,7
F3(A)	0,14	105	92	237	0,39	6,6756	1,28	0,3815	0,52	0,41	0,1269	0,37	2083	11	2069	26	2056	8	101,3
F3(C)	0,88	30	12	8	0,27	6,0802	3,89	0,3411	1,45	0,37	0,1293	1,30	1892	27	1987	77	2088	27	90,6
F4(A)	0,25	78	20	29	0,37	2,3108	2,17	0,2064	0,62	0,29	0,0812	0,89	1210	8	1216	26	1226	11	98,7
F5(C)	0,35	12	9	31	0,30	6,7587	0,88	0,3723	0,74	0,84	0,1317	0,48	2040	15	2080	18	2120	10	96,2
F6(A)	0,42	151	146	285	0,52	9,1929	1,11	0,4417	0,31	0,28	0,1510	0,46	2358	7	2357	26	2357	11	100,1
F6(C)	0,51	30	16	12	0,40	7,8236	3,28	0,4584	1,28	0,39	0,1238	1,03	2432	31	2211	73	2011	21	120,9

(continuação)

Spot	f_{206}^a (%)	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U ^b	Razões isotópicas						Idades (Ma)						Conc ^e (%)	
						²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (%)	Rho ^c	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^d	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		1 σ (abs)
F7(A)	0,11	163	43	87	0,54	2,3365	1,69	0,2115	0,64	0,38	0,0801	0,55	1237	8	1223	21	1200	7	103,1
F7(C)	0,66	44	33	73	0,45	14,1442	9,01	0,5521	4,48	0,50	0,1858	0,48	2834	127	2759	249	2705	13	104,8
F8(A)	0,30	186	262	540	0,49	5,9770	1,18	0,3535	0,49	0,42	0,1226	0,33	1951	10	1973	23	1995	7	97,8
F8(C)	0,44	35	20	18	0,51	8,7587	5,19	0,4670	2,34	0,45	0,1360	1,12	2470	58	2313	120	2177	24	113,5
F9(A)	0,41	165	433	304	1,44	6,4919	3,27	0,3791	1,58	0,48	0,1242	0,41	2072	33	2045	67	2017	8	102,7
F10(C)	0,32	14	9	34	0,28	6,4468	3,43	0,3668	1,56	0,45	0,1275	0,72	2014	31	2039	70	2063	15	97,6
F11(A)	0,16	183	183	296	0,62	12,5198	0,19	0,4994	0,12	0,64	0,1818	0,15	2611	3	2644	5	2670	4	97,8
F12(A)	0,30	64	116	137	0,85	6,9625	3,23	0,3890	1,56	0,48	0,1298	0,43	2118	33	2107	68	2096	9	101,1
F13(A)	0,27	130	263	370	0,72	6,2170	0,87	0,3675	0,28	0,32	0,1227	0,33	2018	6	2007	17	1996	7	101,1
F14(A)	0,24	174	274	336	0,82	8,2779	4,31	0,4369	2,12	0,49	0,1374	0,40	2337	50	2262	98	2195	9	106,5
F15(A)	0,25	55	56	112	0,51	7,2169	4,92	0,4135	2,43	0,49	0,1266	0,38	2231	54	2139	105	2051	8	108,8
F16(A)	0,05	137	84	284	0,30	7,4696	1,20	0,4120	0,49	0,41	0,1315	0,35	2224	11	2169	26	2118	7	105,0
G1(A)	0,71	136	95	345	0,28	6,6191	2,04	0,3976	0,94	0,46	0,1207	0,41	2158	20	2062	42	1967	8	109,7
G1(C)	0,80	57	23	28	0,49	6,5842	4,04	0,3527	1,88	0,47	0,1354	0,74	1948	37	2057	83	2169	16	89,8
G2(A)	0,70	218	109	248	1,15	6,3245	7,98	0,3926	3,96	0,50	0,1168	0,46	2135	85	2022	161	1908	9	111,9
G2(C)	1,03	20	15	26	0,58	7,7401	3,59	0,4211	1,31	0,37	0,1333	1,23	2265	30	2201	79	2142	26	105,8
G3(A)	0,78	87	99	201	0,50	5,8794	1,15	0,3423	0,38	0,33	0,1246	0,43	1898	7	1958	23	2023	9	93,8
G3(C)	0,47	49	16	12	0,25	5,4504	2,74	0,3150	0,93	0,34	0,1255	1,01	1765	16	1893	52	2036	21	86,7
G4(A)	0,42	74	203	136	1,50	6,6880	1,51	0,3857	0,54	0,36	0,1258	0,52	2103	11	2071	31	2039	11	103,1
G4(C)	0,46	39	5	102	0,05	5,7960	3,38	0,3426	1,61	0,48	0,1227	0,51	1899	31	1946	66	1996	10	95,2
G5(A)	0,21	72	159	132	1,22	7,7003	1,35	0,4071	0,44	0,33	0,1372	0,51	2202	10	2197	30	2192	11	100,5
G5(C)	1,06	154	42	18	0,11	6,3114	1,74	0,3184	0,54	0,31	0,1438	0,68	1782	10	2020	35	2273	15	78,4
G7(A)	0,20	45	90	96	0,94	6,4715	1,78	0,3735	0,70	0,39	0,1257	0,55	2046	14	2042	36	2038	11	100,4
G8(A)	0,16	65	57	107	0,54	7,7686	5,47	0,4327	2,69	0,49	0,1302	0,46	2318	62	2205	121	2101	10	110,3
G9(A)	0,48	42	135	113	1,20	6,8514	1,20	0,4008	1,15	0,96	0,1240	0,35	2173	25	2092	25	2014	7	107,9
G10(A)	0,47	150	100	398	0,25	6,6726	1,04	0,3830	0,37	0,36	0,1263	0,36	2091	8	2069	21	2048	7	102,1
G11(A)	0,07	96	168	179	0,95	7,9153	2,57	0,4201	1,22	0,47	0,1366	0,42	2261	27	2221	57	2185	9	103,5
G12(A)	0,07	33	46	68	0,69	6,8756	2,24	0,3933	0,89	0,40	0,1268	0,68	2138	19	2096	47	2054	14	104,1
G13(A)	0,48	81	136	140	0,98	7,5174	4,70	0,4185	2,24	0,48	0,1303	0,70	2253	51	2175	102	2102	15	107,2
G13(C)	0,53	19	12	25	0,50	6,9677	6,91	0,3694	2,57	0,37	0,1368	2,31	2027	52	2107	146	2187	51	92,7
G14(A)	0,15	80	53	105	1,32	8,6138	4,83	0,4797	2,36	0,49	0,1302	0,53	2526	60	2298	111	2101	11	120,2
G15(A)	0,07	64	50	113	0,44	9,9059	1,61	0,4633	0,67	0,42	0,1551	0,44	2454	17	2426	39	2402	11	102,2
G16(A)	0,44	120	192	437	0,44	5,6663	1,07	0,3455	0,33	0,31	0,1190	0,42	1913	6	1926	21	1941	8	98,6
H1(A)	0,06	67	126	126	1,01	7,0418	1,21	0,3894	0,49	0,41	0,1312	0,35	2120	10	2117	26	2114	7	100,3
H1(C)	0,96	58	17	34	0,59	5,3209	3,76	0,3150	1,77	0,47	0,1225	0,64	1766	31	1872	70	1993	13	88,6

(continuação)

Spot	f_{206}^a (%)	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U ^b	Razões isotópicas					Idades (Ma)					Conc ^e (%)			
						²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (%)	Rho ^c	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^d	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U		1 σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1 σ (abs)
H2(A)	0,32	156	191	357	0,54	7,9514	8,61	0,4327	4,28	0,50	0,1333	0,45	2318	99	2226	192	2142	10	108,2
H3(A)	0,26	81	108	153	0,71	7,4883	1,96	0,3965	0,94	0,48	0,1370	0,28	2153	20	2172	43	2189	6	98,3
H5(A)	0,17	169	177	309	0,58	13,0083	1,57	0,4996	0,71	0,45	0,1889	0,33	2612	19	2680	42	2732	9	95,6
H6(A)	0,14	33	45	96	0,47	7,2851	1,00	0,3955	0,39	0,39	0,1336	0,31	2148	8	2147	21	2146	7	100,1
H6(C)	0,47	17	15	40	0,37	6,0011	5,99	0,3568	2,80	0,47	0,1220	1,07	1967	55	1976	118	1985	21	99,1
H7(A)	0,19	83	108	164	0,66	7,7196	0,97	0,4063	0,38	0,39	0,1378	0,30	2198	8	2199	21	2200	7	99,9
H8(A)	0,23	51	78	107	0,73	6,7343	1,24	0,3794	0,51	0,41	0,1287	0,35	2073	11	2077	26	2081	7	99,6
H9(A)	0,55	166	87	204	1,24	11,8387	2,58	0,5924	1,10	0,43	0,1449	0,67	2999	33	2592	67	2287	15	131,1
H10(A)	0,25	113	322	335	0,97	6,9636	1,10	0,3852	0,48	0,44	0,1311	0,27	2101	10	2107	23	2113	6	99,4
H11(A)	0,22	66	66	115	0,58	16,2123	0,98	0,5694	0,32	0,33	0,2065	0,37	2905	9	2889	28	2878	11	100,9
H12(A)	0,54	170	122	126	0,75	8,5799	5,47	0,5002	2,72	0,50	0,1244	0,29	2615	71	2294	125	2020	6	129,4
H13(A)	0,88	192	174	654	0,27	6,3901	1,72	0,3598	0,33	0,19	0,1288	0,79	1981	6	2031	35	2082	17	95,2
H13(C)	0,48	45	19	36	0,81	5,0670	3,33	0,3061	2,58	0,78	0,1200	2,10	1722	44	1831	61	1957	41	88,0
H15(A)	0,14	91	171	195	0,88	6,9275	2,13	0,3940	0,97	0,45	0,1275	0,45	2141	21	2102	45	2064	9	103,7
H16(A)	0,15	109	24	36	0,34	1,9372	6,46	0,1946	3,10	0,48	0,0722	0,90	1146	36	1094	71	992	9	115,5
I1(A)	0,09	46	86	141	0,61	12,6462	2,31	0,4943	1,08	0,47	0,1856	0,40	2589	28	2654	61	2703	11	95,8
I2(A)	0,22	153	146	280	0,53	8,9358	6,72	0,4650	3,34	0,50	0,1394	0,40	2461	82	2331	157	2220	9	110,9
I2(C)	0,28	31	26	51	0,52	5,9763	4,98	0,3476	2,22	0,45	0,1247	1,13	1923	43	1972	98	2025	23	95,0
I3(A)	0,21	23	37	76	0,49	7,7063	1,99	0,4027	0,87	0,44	0,1388	0,48	2181	19	2197	44	2212	11	98,6
I3(C)	0,74	96	37	82	0,86	5,0455	2,33	0,3094	0,92	0,39	0,1183	0,72	1738	16	1827	43	1930	14	90,0
I4(A)	0,19	122	197	303	0,65	6,5837	1,02	0,3748	0,37	0,37	0,1274	0,35	2052	8	2057	21	2062	7	99,5
I4(C)	0,42	19	33	49	0,68	5,3697	3,22	0,3354	1,49	0,46	0,1161	0,62	1865	28	1880	60	1897	12	98,3
I7(A)	0,25	105	104	344	0,30	6,3768	1,52	0,3666	0,69	0,45	0,1262	0,32	2013	14	2029	31	2045	7	98,5
I8(A)	0,38	109	242	220	1,10	7,4042	2,05	0,4007	0,97	0,47	0,1340	0,33	2172	21	2161	44	2151	7	101,0
I9(A)	0,58	165	170	653	0,26	5,7568	1,50	0,3441	0,64	0,42	0,1213	0,40	1906	12	1940	29	1976	8	96,5
I10(A)	0,92	172	166	406	0,41	7,5779	2,09	0,3964	1,00	0,48	0,1386	0,32	2153	21	2182	46	2210	7	97,4
I10(C)	0,26	14	16	34	0,48	7,0376	3,74	0,3727	1,66	0,44	0,1369	0,87	2042	34	2116	79	2189	19	93,3
I11(A)	0,35	61	36	112	0,32	6,2957	1,28	0,3586	0,57	0,45	0,1273	0,28	1976	11	2018	26	2061	6	95,8
I12(C)	0,32	27	15	97	0,16	5,9755	2,79	0,3389	1,13	0,41	0,1279	0,81	1881	21	1972	55	2069	17	90,9
I13(A)	0,24	72	98	157	0,63	7,3250	0,89	0,3878	0,38	0,43	0,1370	0,23	2112	8	2152	19	2190	5	96,5
I13(C)	0,37	15	28	35	0,79	6,9282	6,49	0,3688	2,73	0,42	0,1363	1,76	2024	55	2102	136	2180	38	92,8
I14(A)	0,52	76	49	114	1,52	9,0774	2,54	0,5285	1,22	0,48	0,1246	0,33	2735	33	2346	59	2023	7	135,2
I15(A)	0,34	96	57	75	0,78	9,9747	3,79	0,5611	1,66	0,44	0,1289	0,92	2871	48	2432	92	2083	19	137,8
I16(A)	0,22	109	214	252	0,86	7,2222	1,27	0,3995	0,51	0,40	0,1311	0,38	2167	11	2139	27	2113	8	102,5
J1(C)	0,65	3	10	14	0,74	7,5400	5,20	0,4193	-2,73	0,30	0,1304	2,08	2257	35	2178	113	2104	44	107,3

(continuação)

Spot	f_{206}^a (%)	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U ^b	Razões isotópicas						Idades (Ma)					Conc ^e (%)		
						²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (%)	Rho ^c	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^d	1 σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ (abs)		²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1 σ (abs)
J2(C)	0,21	119	49	22	0,19	5,7875	2,46	0,3271	1,07	0,44	0,1283	0,61	1824	20	1945	48	2075	13	87,9
J3(C)	0,84	99	31	24	0,24	4,2121	3,61	0,2623	1,65	0,46	0,1165	0,74	1501	25	1676	60	1903	14	78,9
J4(C)	0,29	22	25	46	0,54	6,6533	5,78	0,3843	2,84	0,49	0,1256	0,54	2096	60	2066	120	2037	11	102,9
J5(C)	0,88	22	31	41	0,77	8,7685	4,77	0,4362	2,26	0,47	0,1458	0,76	2334	53	2314	110	2297	17	101,6
J6(C)	0,74	9	12	19	0,61	5,9923	5,53	0,3542	1,94	0,35	0,1227	1,97	1955	38	1975	109	1996	39	98,0
J9(C)	0,38	31	13	20	0,62	5,8145	1,51	0,3305	1,47	0,98	0,1276	0,33	1841	27	1949	29	2065	7	89,1
K1(C)	0,63	24	8	7	0,29	5,7555	4,15	0,3264	1,45	0,35	0,1279	1,49	1821	26	1940	81	2069	31	88,0
K2(C)	0,39	19	13	52	0,26	6,1227	2,57	0,3431	1,02	0,40	0,1294	0,78	1901	19	1993	51	2090	16	91,0
K4(C)	0,93	28	18	66	0,28	7,6554	1,13	0,3835	1,01	0,89	0,1448	0,52	2093	21	2191	25	2285	12	91,6
K5(C)	0,76	22	43	45	0,97	5,9170	3,67	0,3464	1,68	0,46	0,1239	0,74	1917	32	1964	72	2013	15	95,3
K6(C)	0,46	16	35	35	1,01	6,6539	4,31	0,3972	1,81	0,42	0,1215	1,17	2156	39	2067	89	1978	23	109,0
K7(C)	0,29	19	9	2	0,11	8,0410	6,23	0,4577	2,83	0,45	0,1274	1,31	2429	69	2236	139	2063	27	117,8
K10(C)	0,32	48	20	50	1,04	5,0289	2,06	0,3082	0,80	0,39	0,1183	0,64	1732	14	1824	38	1931	12	89,7
K11(C)	0,37	34	79	78	1,02	6,4834	1,31	0,3541	0,45	0,35	0,1328	0,47	1954	9	2044	27	2135	10	91,5
K13(C)	0,10	59	6	146	0,04	6,8915	2,43	0,3801	1,14	0,47	0,1315	0,41	2077	24	2098	51	2118	9	98,1
L1(C)	0,23	81	26	28	0,35	5,8670	2,31	0,3308	1,03	0,45	0,1287	0,52	1842	19	1956	45	2080	11	88,6
L2(C)	0,54	14	18	39	0,46	5,3020	6,35	0,3221	2,83	0,45	0,1194	1,44	1800	51	1869	119	1947	28	92,4
L3(C)	0,51	40	16	33	0,83	5,5390	6,36	0,3224	3,01	0,47	0,1246	1,01	1801	54	1907	121	2023	20	89,0
L5(C)	0,31	137	30	38	0,28	5,6825	2,55	0,3251	0,81	0,32	0,1268	0,98	1814	15	1929	49	2054	20	88,3
L6(C)	0,53	20	10	6	0,29	8,1638	4,00	0,3865	1,44	0,36	0,1532	1,39	2106	30	2249	90	2382	33	88,4
L8(C)	0,32	25	24	51	0,48	7,3761	1,29	0,3926	0,50	0,39	0,1363	0,40	2135	11	2158	28	2180	9	97,9
L12(C)	0,31	131	41	43	0,33	5,4969	2,67	0,3205	1,22	0,46	0,1244	0,55	1792	22	1900	51	2020	11	88,7
L13(C)	0,21	30	35	75	0,46	5,4733	2,32	0,3335	0,84	0,36	0,1190	0,80	1855	16	1896	44	1942	15	95,5
M1(C)	0,42	22	6	19	0,84	6,4088	3,29	0,3421	1,23	0,37	0,1359	1,10	1897	23	2033	67	2175	24	87,2
M3(C)	0,33	134	45	44	0,33	6,2192	2,48	0,3390	1,13	0,45	0,1330	0,52	1882	21	2007	50	2139	11	88,0
M4(C)	0,33	39	20	62	0,33	7,6123	3,33	0,3940	1,40	0,42	0,1401	0,90	2142	30	2186	73	2229	20	96,1
M5(C)	0,61	177	117	84	0,48	17,3045	3,66	0,4871	1,74	0,48	0,2576	0,57	2558	44	2952	108	3232	18	79,1
M6(C)	0,16	55	29	310	0,10	6,3002	0,37	0,3690	0,20	0,54	0,1238	0,31	2025	4	2018	7	2012	6	100,6
M7(C)	0,89	21	12	58	0,20	5,9901	2,66	0,3483	0,98	0,37	0,1247	0,90	1927	19	1974	53	2025	18	95,2
M8(C)	0,80	11	33	26	1,27	6,9949	3,66	0,4066	1,13	0,31	0,1248	1,44	2199	25	2111	77	2025	29	108,6
M12(C)	0,36	53	18	17	0,32	5,7482	4,49	0,3316	2,06	0,46	0,1257	0,90	1846	38	1939	87	2039	18	90,5
M13(C)	0,29	24	37	53	0,70	6,5962	3,05	0,3664	1,37	0,45	0,1306	0,67	2012	28	2059	63	2106	14	95,6
N1(C)	0,11	41	23	81	0,29	9,4234	0,53	0,4569	0,51	0,97	0,1496	0,12	2426	12	2380	13	2341	3	103,6
N5(C)	0,34	23	7	48	0,15	7,1153	2,64	0,3748	0,68	0,26	0,1377	1,13	2052	14	2126	56	2198	25	93,3
N6(C)	0,25	13	12	30	0,41	6,8581	3,81	0,3887	1,40	0,37	0,1280	1,30	2117	30	2093	80	2070	27	102,3

(conclusão)

Spot	f_{206}^a (%)	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U ^b	Razões isotópicas					Idades (Ma)					Conc ^e (%)			
						²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ (%)	Rho ^c	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^d	1σ (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U		1σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ (abs)
N8(C)	0,21	29	22	67	0,33	6,9173	1,80	0,4004	0,67	0,37	0,1253	0,60	2171	15	2101	38	2033	12	106,8
N12(C)	0,26	57	87	118	0,75	7,7833	6,81	0,4092	3,38	0,50	0,1380	0,41	2211	75	2206	150	2202	9	100,4
O4(C)	0,37	21	42	43	0,99	8,1107	2,82	0,4157	1,14	0,40	0,1415	0,84	2241	26	2243	63	2246	19	99,8
O2(C)	0,52	52	18	31	0,60	5,5293	2,69	0,3164	0,98	0,36	0,1268	0,93	1772	17	1905	51	2053	19	86,3
O5(C)	0,79	70	26	49	0,70	4,8045	4,18	0,2897	1,93	0,46	0,1203	0,81	1640	32	1786	75	1961	16	83,6
O7(C)	0,48	46	33	103	0,32	6,8299	1,25	0,3763	0,56	0,44	0,1316	0,29	2059	11	2090	26	2120	6	97,1
O8(C)	0,22	26	12	42	0,28	12,8750	1,84	0,5155	0,68	0,37	0,1812	0,62	2680	18	2671	49	2663	17	100,6
O9(C)	0,79	175	77	25	0,14	8,2353	2,02	0,3940	0,99	0,49	0,1516	0,22	2141	21	2257	46	2364	5	90,6
O13(C)	0,36	23	32	52	0,62	5,5818	2,93	0,3420	1,12	0,38	0,1184	0,94	1896	21	1913	56	1932	18	98,1

Cristais destacados em negrito apresentam os grãos com superposição dos erros das idades ²⁰⁷Pb/²³⁵U, ²⁰⁶Pb/²³⁸U e ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb.

^a Fração do chumbo ²⁰⁶Pb não-radiogênico em porcentagem do ponto do zircão analisado, onde $f_{206} = [^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}]_{\text{comum}} / [^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}]_{\text{amostra}}$.

^b Razão Th/U e concentrações de Pb, Th e U (ppm) calculadas em relação ao zircão de referência GJ-1.

^c Rho é a correlação entre os erros definido como quociente de propagação de erros das razões ²⁰⁶Pb/²³⁸U e ²⁰⁷Pb/²³⁵U.

^d Desvio de massa corrigido por normalização para o zircão de referência GJ-1 e chumbo comum utilizando o modelo de composição de Pb de Stacey e Kramers (1975).

^e Grau de concordância = (idade ²⁰⁶Pb/²³⁸U * 100) / (idade ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb).

2.7 DISCUSSÃO

As rochas metassedimentares e metavulcânicas básicas do Grupo Jacareacanga são as rochas mais antigas do Domínio Tapajós da Província Tapajós-Parima e representam uma bacia do Arco Cuiú-Cuiú (Santos *et al.* 2000, 2004). Portanto, as rochas desta unidade devem ter se formadas durante o período Orosiriano do Paleoproterozoico, quando foi acrescido este arco magmático. Contudo, podem ter registros de contribuições de fontes crustais mais antigas, pois este arco magmático foi acrescido a um cráton arqueano (Tassinari 1996, Tassinari & Macambira 1999, 2004).

A quantidade de cristais zircão datados para investigar as populações representativas das fontes detríticas e delimitar a idade máxima de sedimentação varia na literatura, mas a maioria recomenda acima de 100 cristais (Vermeesch 2004, Andersen 2005). Também recomendam usar métodos geocronológicos que permitam datar grandes quantidades a um menor custo menor e tempo, métodos de datação *in situ* nas bordas dos cristais para registrar o evento mais jovem, assim o método U-Pb por LA-ICP-MS tem sido o mais usado (Von Eynatten & Dunkl 2012, Gehrels 2014). Nas datações anteriores dos xistos do Grupo Jacareacanga, assumidos como rochas paraderivadas, Santos *et al.* (2000) dataram apenas quatro cristais por U-Pb em zircão por TIMS e Almeida *et al.* (2001b) dataram dez grãos por evaporação de Pb em zircão. Ambos dataram por métodos pouco adequados e quantidades insuficientes de cristais de zircão para investigar as fontes detríticas e obter uma idade máxima de sedimentação desta unidade. Mesmo as datações U-Pb em zircão de Vasquez *et al.* (2019) desta unidade por LA-ICP-MS determinaram quantidades insuficientes de idades. No presente estudo são usados mais de 100 cristais, somando-se os dados obtidos por LA-ICP-MS com os de Vasquez *et al.* (2019) e mesmo aplicando critérios de $\pm 10\%$ concordância (FH-27 – 117 cristais, FH-21 – 116 cristais, MV-58A e 58C – 163 cristais), assim contando com uma população total mais robusta que as datações anteriores.

As idades das fontes detríticas têm sido aplicadas para discriminar os ambientes tectônicos das bacias onde se depositaram os sedimentos (Cawood *et al.* 2012, Von Eynatten & Dunkl 2012, Gehrels 2014). As prévias datações obtidas para os xistos do Grupo Jacareacanga forneceram idades de ca. 2100 Ma e de 2875 Ma (Santos *et al.* 2000) e idades de 2008 e 2034 Ma por Pb-Pb por evaporação em zircão (Almeida *et al.* 2001b). Apesar das restrições de quantidade de cristais datados e método adequado as idades de 2008 e 2034 Ma obtidas por Almeida *et al.* (2001b) são compatíveis com as idades esperadas para rochas sedimentares de um arco magmático orosiriano como o Arco Cuiú-Cuiú (2050-1998 Ma -

Santos *et al.* 2004). Além disso, as idades de ca. 2100 Ma e de 2875 Ma (Santos *et al.* 2000) podem representar fontes detríticas derivadas da crosta mais antiga do cráton margeado por este arco.

Os novos dados geocronológicos por U-Pb em zircão por LA-ICP-MS para quatro amostras de rochas paraderivadas do Grupo Jacareacanga, com base no tratamento das idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ mostram significativas contribuições de fontes detríticas de idades riacianas (picos de 2056 a 2197 Ma), especialmente nas amostras FH-21, MV-58A e MV-58C (Figs. 2.9 e 2.10). As fontes detríticas de idades sideriana (2322 - 2453 Ma), neoarqueanas (2510 - 2732 Ma) e meso a paleoarqueanas (2878 - 3246 Ma) foram subordinadas em todas amostras datadas (Tab. 2.1 a 2.5). As populações de idades orosirianas e do final do Riaciono, marcadas pelos picos há 2021 (amostra FH-27), 2042 (amostra FH-21) e 2056 Ma (amostras MV-58A e MV-58C) indicam um período entre 2021 e 2056 Ma para sedimentação dos sedimentos que formaram as rochas paraderivadas do Grupo Jacareacanga.

Os mapeamentos prévios dos corpos do Grupo Jacareacanga só identificaram rochas metamórficas de baixo grau como mica xistos, clorita xistos, actinolita xistos, tremolita-talco xistos, metacherts ferruginosos e quartzitos (Melo *et al.* 1980). Localmente, também mapearam metagrauvas e metasiltitos de grau metamórfico muito baixo (Ferreira *et al.* 2000). Rochas de médio a alto grau metamórfico só foram mapeadas como xenólitos hospedados nos granitoides e ortognaisses do Complexo Cuiú-Cuiú, Melo *et al.* (1980) descreveram anfibolitos e Ferreira *et al.* (2000) descreveram silimanita-cordierita-biotita gnaisses (гнаisses pelíticos). Em mapeamento recente Vasquez *et al.* (2019, 2020) identificaram paragnaisses pelíticos (amostras FH-21 e FH-27) e anfibolito (amostra MV-59) na parte leste do principal corpo do Grupo Jacareacanga (Fig. 2.2). Provavelmente, devido à intensa recristalização milonítica causada pela transposição das foliações metamórficas anteriores dos paragnaisses pelíticos e das lentes de anfibolitos intercaladas (Figs. 2.4 e 2.6) essas rochas tenham sido previamente mapeadas como mica xistos e actinolita xistos. Contudo, neste estudo as microtexturas de recristalização granoblástica poligonal e paragêneses com silimanita, cordierita, granada e biotita nos paragnaisses pelíticos (Figs 2.3 e 2.4) e de recristalização nematoblástica poligonal do anfibolito (Fig. 2.6) indicam que essas rochas alcançaram condições de P e T de médio a alto grau metamórfico, possivelmente próxima às condições da fácies granulito de baixa pressão (Passchier & Trouw 2005, Bucher & Grapes 2011). Por outro lado, na parte noroeste do corpo principal do Grupo Jacareacanga (garimpo Espírito Santo) afloram mica xistos (amostra MV-58A) e quartzo-mica xistos (amostra MV-58C) que não apresentam relictos de microtexturas

de recristalização granoblásticas de temperatura elevada (Fig. 2.5), como a granoblástica poligonal de ca. 500°C (Passchier & Trouw 2005). Além disso, não apresentam paragêneses (granada, silimanita, cordierita) de rochas pelíticas de médio a alto grau metamórfico.

As condições de alto grau metamórfico são reforçadas pela ocorrência de lentes cordierita-granada-muscovita granito (granito peraluminoso) que cortam o paragnaisse pelítico FH-27 (Fig. 2.3A e 2.3B). A datação U-Pb em zircão deste granito peraluminoso forneceu uma idade de 1956 ± 27 Ma interpretada como a idade de cristalização de um provável produto de anatexia do paragnaisse pelítico encaixante do granito peraluminoso (Vasquez *et al.* 2019). Além disso, estes autores identificaram uma população de zircão de idade de 1890 ± 34 Ma no paragnaisse pelítico FH-21 que foi correlacionada aos granitoides das Suíte Tropas ou da Suíte Parauari que intrudiram o corpo principal do Grupo Jacareacanga (Fig. 2.2). Estas evidências de que eventos posteriores a 2000 Ma afetaram as rochas desta unidade deram suporte para o critério adotado neste estudo de restringir o tratamento aos resultados que forneceram idades > 2000 Ma.

Com a finalidade de aumentar a certeza dos resultados obtidos optou-se por tratar os as idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ com $100 \pm 10\%$ de concordância em relação a curva concórdia e para investigar poli modalidade das populações de zircão detrítico de idades orosirianas e riacianas aplicou-se o critério da superposição das idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{Pb}$ e $^{207}\text{U}/^{235}\text{Pb}$. Assim, os cristais de zircão detríticos, isto é, aqueles com idades de idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} > 2000$ Ma nos paragnaises pelíticos do Grupo Jacareacanga apresentam os principais picos de populações com idades orosirianas. Na amostra FH-27 a população com 2021 Ma (Fig. 2.8C), aplicando a superposição das três idades mostra um pico há 2010 Ma e outro há 2035 Ma (Fig. 2.8E). Esta bimodalidade da população de idade orosiriana identifica pulsos de fontes detríticas compatíveis com as idades dos granitoides de 2033 a 2005 Ma do Complexo Cuiú-Cuiú (Santos *et al.* 2004, Vasquez *et al.* 2017) e as rochas vulcânicas ácidas de 2009 a 2020 da Formação Comandante Arara (Vasquez *et al.* 2017). Na amostra FH-21 o pico de 2042 Ma e seguido de picos de idades riacianas de 2074 Ma e 2197 Ma (Fig. 2.9C), a bimodalidade da população orosiriana (Fig. 2.9D) se acentua com a superposição das três idades (Fig. 2.9E).

Nos mica xistos as amostras MV-58A e MV-58C foram tratadas juntas por serem variações de litótipos no mesmo afloramento que apresentam quantidade maior de quartzo no quartzo-mica xisto MV-58C. Os cristais de zircão detríticos (> 2000 Ma) mostra um pico principal há 2057 Ma seguido de picos há 2116 Ma e 2193 Ma (Fig. 2.10E), e aplicando

superposição das três idades mostra um pico de 2041 Ma subordinado ao pico principal há 2064 Ma (Fig. 2.10F). As curvas de distribuição das populações de zircão detrítico nos mica xistos sugerem uma significativa contribuição de fontes detríticas de idades riacianas (Figs. 2.10E e 2.10F), maior que a dos paragnaisse pelíticos (Figs. 2.8D e 2.8E).

A significativa contribuição de fontes detríticas riacianas pode ter atenuado a contribuição de fontes orosirianas derivadas das rochas do Arco Cuiú-Cuiú nos mica xistos da parte noroeste do corpo. Por outro lado, o paragnaisse pelítico FH-21 teve uma fraca contribuição de fontes detríticas riacianas e de idades mais antigas (Figs. 2.9C a 2.9E), indicando que a sua principal fonte detríticas foram as rochas ígneas no Arco Cuiú-Cuiú.

Não foi possível datar o anfibolito MV-59 que marca o vulcanismo basáltico intercalado aos sedimentos pelíticos representados pelos paragnaisse pelíticos (amostras FH-21 e FH-27). Somente três cristais foram datados, e um deles apresentou uma idade $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ de 2059 ± 25 Ma, sendo próxima das idades dos sedimentos que formaram os paragnaisse.

A sedimentação pelítica imatura marcada pelos paragnaisse pelíticos (amostras FH-21 e FH-27), e possivelmente os mica xistos (MV-58A e MV-58C), com intercalações de derrames de basaltos toleíticos de fundo oceânico representados pelos actinolita xistos, talco-tremolita xistos e anfibolitos mapeados por Melo *et al.* (1980) e Ferreira *et al.* (2000). Esta sequência vulcano-sedimentar representa uma sedimentação turbidítica de uma bacia de fossa oceânica do Arco Cuiú-Cuiú (Santos *et al.* 2000, 2004). Conforme as datações U-Pb em zircão por LA-ICP-MS deste estudo estes sedimentos pelíticos se depositaram na Bacia Jacareacanga entre 2057 e 2021 Ma e como sugerem a datação de granitos peraluminosos derivados de prováveis anatexia dessas rochas metapelíticas sofreram metamorfismo alto grau há 1956 ± 27 Ma (Vasquez *et al.* 2019). Por outro lado, na parte leste do Domínio Tapajós afloram metarenitos e metaconglomerados da Formação Castelo dos Sonhos. Estas rochas representam sedimentos maduros depositados entre 2050 e 2011 Ma em sistemas fluviais aluviais e entrelaçados com dunas eólicas locais relacionadas a uma grande bacia *foreland* (Klein *et al.* 2016).

No contexto de evolução do Arco Cuiú-Cuiú após a colisão riaciana há ca. 2.1 Ga os domínios paleoproterozoicos Bacajá e Santana do Araguaia e o domínios arqueanos Rio Maria e Carajás foram importantes fontes detríticas da Bacia Castelo dos Sonhos conforme Klein *et al.* (2016). Estas fontes detríticas riacianas a paleoarqueanas que preencheram esta bacia de antepais (*foreland*) formada durante o Orosiriano na parte leste do Domínio Tapajós (Fig. 2.11) também alcançaram a bacia do Arco Cuiú-Cuiú, a Bacia Jacareacanga, uma bacia formada

também durante o início do Orosiriano na parte oeste deste domínio como demonstrado pelos dados geocronológicos obtidos neste estudo.

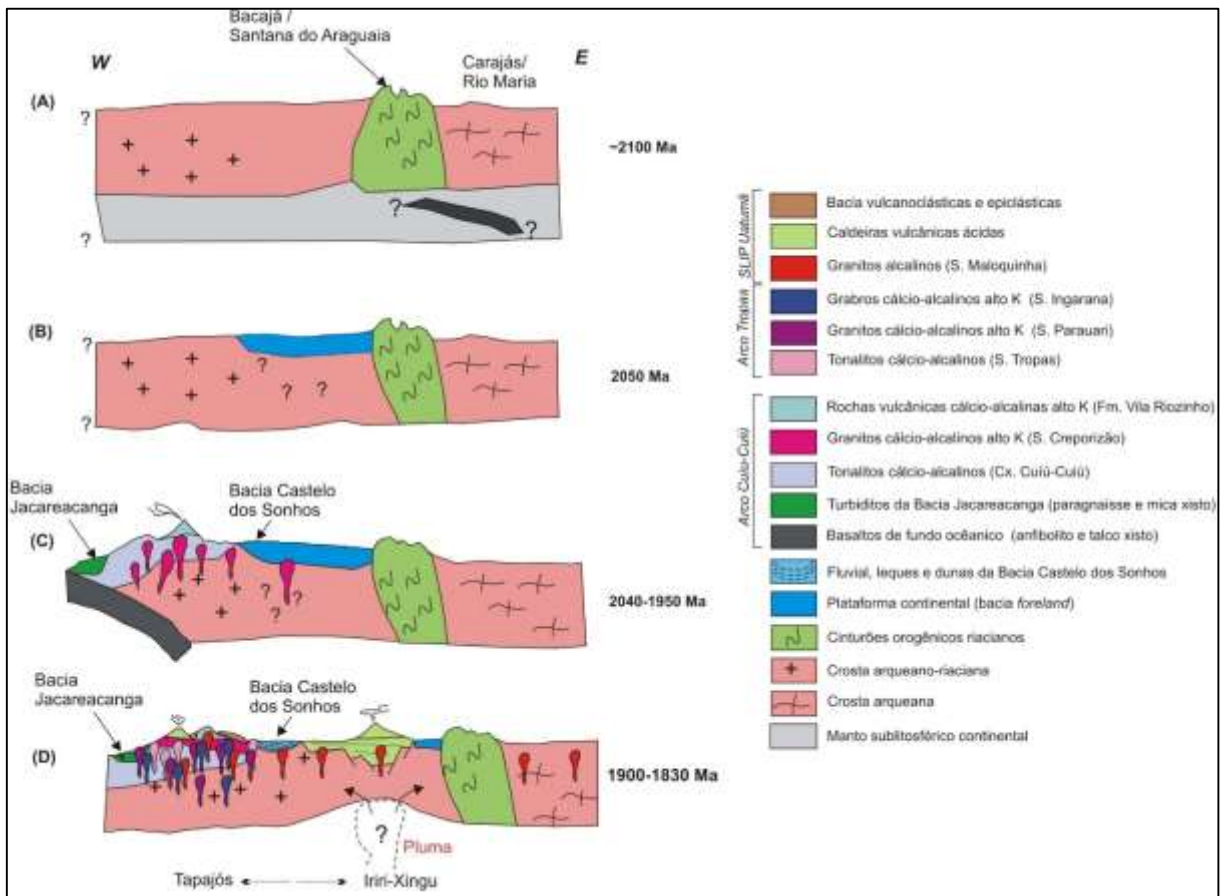


Figura 2.11- Seção esquemática da evolução do sudeste do Cráton Amazônico durante o Riáciano ao Orosiriano: (A) Colagem continental riáciana; (B) Deposição plataformal no início do Orosiriano; (C) Acresção do Arco Cuiú-Cuiú; (D) Acresção do Arco Tropas e da pluma mantélica da SLIP Uatumã (modificado de Klein *et al.* 2016).

2.8 CONCLUSÕES

Baseado nos mapeamentos nos projetos do Serviço Geológico do Brasil – CPRM no Domínio Tapajós (Província Mineral do Tapajós) da Província Tapajós-Parima, e as amostras de rochas metamórficas paraderivadas do Grupo Jacareacanga disponibilizada para estudos petrográficos e geocronológicos por U-Pb em zircão por LA-ICP-MS foi possível investigar as fontes detríticas e delimitar a idade máxima de sedimentação dessas rochas.

Foram identificados e datados paragneisses pelíticos na parte leste do principal corpo do Grupo Jacareacanga representados por silimanita-cordierita-granada-biotita gnaisses (amostras FH-21 e FH-27) com lentes de anfíbrito (amostra MV-59) intercaladas que marcam rochas de alto grau metamórfico com evidências de anatexia marcadas por veio lenticulares de

granitos peraluminosos. Em contraste, na parte noroeste do corpo foram estudados mica xistos (amostras MV-58A e MV-58C) que marcam rochas de baixo grau metamórfico que sugerem um aumento de grau metamórfico de oeste para leste.

Baseado na datação previa dos veios de granitos peraluminosos de ca. 1960 Ma nos paragnaisses pelíticos e na intrusão de granitoides de ca. 1890 Ma nos mica xistos e paragnaisses delimitou-se as fontes detríticas aos cristais de zircão com idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} > 2000$ Ma. Para eliminar dados espúrios, no tratamento adotou-se o corte de dados concordância de $100 \pm 10\%$ em relação às idades aparentes $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ e $^{207}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ para avaliar a distribuição das curvas probabilísticas relativas de idades das populações de zircão detrítico. Além disso, aplicando o filtro da superposição das idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{Pb}$ e $^{207}\text{U}/^{235}\text{Pb}$ na obtenção dessas curvas, é possível verificar poli modalidades de picos das principais populações orosirianas e riacianas das rochas paraderivadas do Grupo Jacareacanga.

Os dados dos paragnaisses pelíticos e mica xistos indicaram fontes detríticas de 2021 a 2057 Ma, que podem representar idade máxima de sedimentação dos sedimentos que originaram essas rochas metamórficas paraderivadas do Grupo Jacareacanga. Infelizmente não foi possível datar o vulcanismo básico associado para delimitar melhor a formação Bacia Jacareacanga.

As idades orosirianas de deposição dos sedimentos pelíticos originais reforçam a correlação da Bacia Jacareacanga com o Arco Cuiú-Cuiú, mas a ocorrência de populações de idades riacianas e subordinadas sideriana a arqueanas respaldam que se trata de um arco magmático de margem continental. Estas fontes detríticas mais antigas foram mais abundantes na bacia de *foreland* contemporânea localizada mais a oeste no Domínio Tapajós, a Bacia Castelo dos Sonhos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Serviço Geológico do Brasil – CPRM pela concessão das amostras utilizadas neste trabalho, pelo apoio no desenvolvimento da preparação das amostras, disponibilidades da infraestrutura e no auxílio das imagens de catodoluminescência. Agradece-se ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) e o Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA) e o Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso/UFPA) pela infraestrutura laboratorial e na aquisição dos dados isotópicos. Agradece-se ao CAPES pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor, (Processo 88887.351816/2019-00).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os dados de projetos de mapeamentos do Serviço Geológico do Brasil – CPRM no Domínio Tapajós (Província Mineral do Tapajós) da Província Tapajós-Parima, e as amostras de rochas metamórficas paraderivadas do Grupo Jacareacanga proporcionadas para estudos petrográficos e geocronológicos por U-Pb em zircão por LA-ICP-MS foi possível investigar as fontes detríticas e delimitar a idade máxima de sedimentação dessas rochas.

Foram identificados e datados paragnaisses pelíticos na parte leste do principal corpo do Grupo Jacareacanga representados por silimanita-cordierita-granada-biotita gnaisses (amostras FH-21 e FH-27) com lentes de anfibolito (amostra MV-59) intercaladas que marcam rochas de alto grau metamórfico com evidências de anatexia marcadas por veio lenticulares de granitos peraluminosos. Em contraste, na parte noroeste do corpo do Grupo Jacareacanga (garimpo Espírito Santo) foram analisados mica xistos (amostras MV-58A e MV-58C) que não apresentam relictos de temperaturas elevadas o que marcam rochas de baixo grau metamórfico, sugerindo um aumento de grau metamórfico de oeste para leste.

Adicionalmente, segundo a datação previa dos veios de granitos peraluminosos de ca. 1960 Ma nos paragnaisses pelíticos e na intrusão de granitoides de ca. 1890 Ma nos mica xistos e paragnaisses delimitou-se as fontes detríticas aos cristais de zircão com idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} > 2000$ Ma. Para eliminar dados alterados no tratamento optou-se por aveitar uma concordância de $100\% \pm 10\%$ com a curva concórdia para avaliar a distribuição das curvas probabilísticas relativas de idades das populações de zircão detrítico. Além disso, aplicando o tratamento mais rigoroso utilizando somente a superposição das idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, $^{238}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ e $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$ na

obtenção dessas curvas foi possível verificar a poli modalidade de picos das principais populações orosirianas e riacianas das rochas paraderivadas do Grupo Jacareacanga.

Os paragnaisses pelíticos e mica xistos delimitaram fontes detríticas de 2021 a 2057 Ma que podem representar a idade máxima de sedimentação dos sedimentos que originaram essas rochas metamórficas paraderivadas do Grupo Jacareacanga. Infelizmente, não foi possível datar o anfibólito que marca o vulcanismo básico associado para delimitar melhor a formação Bacia Jacareacanga, já que, foram datados poucos cristais.

As idades orosirianas de deposição dos sedimentos pelíticos originais reforçam a correlação da Bacia Jacareacanga com o Arco Cuiú-Cuiú, mas a ocorrência de populações de idades riacianas e subordinadas sideriana a arqueanas respaldam que se trata de um arco magmático de margem continental. Estas fontes detríticas mais antigas foram mais abundantes na bacia de *foreland* contemporânea localizada mais a oeste no Domínio Tapajós, a Bacia Castelo dos Sonhos.

REFERÊNCIAS

- Almeida F.F.M., Hasui Y., Brito Neves B.B. 1976. The upper Precambrian of South America. *Boletim IG*, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo – USP, **7**: 45-80.
- Almeida M.E., Brito M.F.L., Ferreira A.L., Monteiro M.A.S., Popini M.V.F. 1998. Geologia e Petrografia do Complexo Cuiú-Cuiú nas folhas SB.21-V-D e SB.21-Y-B, Província Mineral do Tapajós. *In*: SBG, 40º Congresso Brasileiro de Geologia. Minacentro, Belo Horizonte, MG, *Anais*[...], v.10, p. 467.
- Almeida F.F.M., Brito Neves B.B., Carneiro C.D.R. 2000a. The origin and evolution of the South American Platform. *Earth-Science Reviews*, **50**: 77-111. doi:10.1016/S0012-8252(99)00072-0.
- Almeida M.E., Brito M.F.L., Ferreira A.L., Monteiro M.A.S. 2000b. *Geologia e recursos minerais da Folha Vila Mamãe Anã - SB.21-V-D*: Estados do Amazonas e Pará: Escala 1:250.000. Brasília, DF, CPRM. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB). Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (PROMIN Tapajós). Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/2567>.
- Almeida M.E., Ferreira A.L., Brito M.F.L., Monteiro M.A.S. 2001a. Proposta de evolução tectono-estrutural da Província Tapajós com base na geologia das folhas Vila Mamãe Anã e Jacareacanga (1:250.000), região limite dos Estados do Amazonas e Pará. *In*: Reis N.J. & Monteiro M.A.S. (coords.). *Contribuições à geologia da Amazônia*. Manaus, SBG. 2, p. 57-112. Disponível em: <http://arquivos.sbg-no.org.br/BASES/CGA%202.pdf>.
- Almeida M.E., Ferreira A.L., Macambira M.J.B., Sachett C.R. 2001b. Time constraint based on zircon dating for the Jacareacanga Group (Tapajós Province, Amazon Craton, Brazil). *In*: 3º *South American Symposium on Isotope Geology*, Pucon, Chile. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/318018915>.
- Amaral G. 1974. *Geologia pré-cambriana da região amazônica*. PhD Theses Livre Docência, Universidade de São Paulo - USP, 212p.
- Andersen T. 2005. Detrital zircons as tracers of sedimentary provenance: limiting conditions from statistics and numerical simulation. *Chemical Geology*, **216**: 249-270.
- Bahia R.B.C. & Quadros M.L.E.S. 2000. *Geologia e recursos minerais da Folha Caracol SB.21-X-C*: Estados do Pará e Amazonas, Escala 1:250.000. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/3068>.
- Bizinella G.A., Santiago A.F., Santos A., Borges F.R., Souza F.J.C., Godoy H.K., Yamaguti H.S., Oliveira J.R., Oliveira L.R. 1980. *Projeto Tapajós-Sucunduri*: Relatório Final. Manaus, DNPM/CPRM. I-B: 357-700. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/6686>.
- Bucher K. & Grapes R. 2011. *Petogenesis of metamorphic rocks*. Berlim, Springer, 428p.
- Castro J.H.W., Rodrigues J.B., Quadros M.L., Coelho M.R.C., Silva P.E. 2012. *Guia para coleta preparação de amostras para análises isotópica*. Rio de Janeiro, CPRM. Disponível em: http://intra.cprm.gov.br/publique/media/guias_orientativos/dgm/cartografia/gpt_2020_it_digeod_01_procedimentos_de_geocronologia_e_analises_isotopicas_01_07_2020.pdf.
- Cawood P.A., Hawkesworth C.J., Dhuime B. 2012. Detrital zircon record and tectonic setting. *Geology*, **40**:875-878.

Chemale Jr. F., Kawashita K., Dussin I.A., Ávila J.N., Justino D., Bertotti A.L. 2012. U-Pb zircon *in situ* dating with LA-MC-ICP-MS using a mixed detector configuration. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **84**(2): 275-295.

Coelho M.R. & Silva Neto J.J.A. 2015. *Relatório de treinamento em separação de minerais pesados: metodologia utilizada na Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais – CPRM*. [S.l.].

Cordani U.G., Tassinari C.C.G., Teixeira W., Basei M.A.S., Kawashita K. 1979. Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. *In: 2º Congresso Geológico Chileno. Arica, Actas[...]*, p.137-148. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/236348357>.

Corfu F., Hanchar J.M., Hoskin P.W.O., Kinny P. 2003. Atlas of zircon textures, *In: Hanchar J.M. & Hoskin P.W.O. (eds.) Zircon: reviews in mineralogy and geochemistry. Mineralogical Society of America*, **53**: 469-500.

Coutinho M.G.N., Souza E.C., Liverton T., Guimarães M.T., Walsh J.N. 2008. Petrologia e geoquímica das rochas hospedeiras. *In: M.G.N. Coutinho (ed.). Província Mineral do Tapajós: geologia, metalogenia e mapa provisional para ouro em SIG. Rio de Janeiro, CPRM. p.251-262. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/1208>.*

Fernandes C.M.D., Juliani C., Monteiro L.V.S., Lagler B., Echeverri Misas C.M. 2011. High-K calc-alkaline to A-type fissure-controlled volcano-plutonism of the São Félix do Xingu region, Amazonian craton, Brazil: exclusively crustal sources or only mixed Nd model ages? *Journal of South American Earth Sciences*. **32**: 351-368. Doi: 10.1016/j.jsames.2011.03.004.

Ferreira A.L., Almeida M.E., Brito M.F.L., Monteiro M.A.S. 2000. *Geologia e recursos minerais da Folha Jacareacanga – SB.21-Y-B: Estados do Amazonas e Pará. Escala 1:250.000. Brasília,DF, CPRM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB). Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (PROMIN Tapajós). Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/5671>.*

Ferreira A.L., Rizzotto G.J., Quadros M.L.E., Bahia R.B.C., Lopes R.C., Oliveira M.A. 2004. Folha SB.21-Tapajós. *Carta geológica do Brasil ao Milionésimo: sistema de informações geográficas – SIG. Programa Geologia do Brasil. Brasília, DF, CPRM. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/4975>.*

Fettes D.J., Desmons J., Arkai P., Brodei K., Bryhni I. 2007. *Metamorphic rocks: a classification and glossary of terms*. Cambridge, Cambridge University Press.

Gehrels G. 2014. Detrital zircon U-Pb geochronology applied to tectonics. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, **42**: 127-149. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-050212-124012>.

Jackson S.E., Pearson N.J., Griffin W.L., Belousova E.A. 2004. The application of laser ablation inductively coupled plasma-mass spectrometry to *in situ* U–Pb zircon geochronology. *Chemical Geology*, **211**: 47–69.

Klein E.L. & Vasquez M.L. 2000. *Geologia e recursos minerais da Folha Vila Riozinho - SB.21-Z-A: Estados do Amazonas e Pará: Escala 1:250.000. Brasília,DF, CPRM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB). Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (PROMIN - Tapajós). Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/2574>.*

- Klein E.L., Almeida M.E., Vasquez M.L., Bahia R.B.C., Quadros M.L.E.S., Ferreira A.L. 2001. *Geologia e recursos minerais da Província Mineral do Tapajós. Folhas SB.21-V-D, SB.21-Y-B, SB.21-X-C e SB.21-Z-C, Estados do Pará e Amazonas*. Belém, CPRM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (PROMIN - Tapajós). Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/5050>.
- Klein E.L., Rodrigues J.B., Queiroz J.D.S., Oliveira R.G., Guimarães S.B., Chaves C.L. 2016. Deposition and tectonic setting of the Palaeoproterozoic Castelo dos Sonhos metasedimentary formation, Tapajós Gold Province, Amazonian Craton, Brazil: age and isotopic constraints. *International Geology Review*, **59**: 864-883. Doi: <http://dx.doi.org/10.1080/00206814.2016.1237311>.
- Lamarão C.N., Dall'Agnol R., Lafon J.M., Lima E.F. 2002. Geology, geochemistry, and Pb–Pb zircon geochronology of the Paleoproterozoic magmatism of Vila Riozinho, Tapajós Gold Province, Amazonian Craton, Brazil. *Precambrian Research*, **119**: 189-223. Doi: 10.1016/S0301-9268(02)00123-7.
- Lamarão C.N., Dall'Agnol R., Pimentel M.M. 2005. Nd isotopic composition of Paleoproterozoic volcanic and granitoid rocks of Vila Riozinho: implications for the crustal evolution of the Tapajós gold province, Amazon craton. *Journal of South American Earth Science*, **18**: 277-292. Doi: 10.1016/j.jsames.2004.11.005.
- Ludwig K.R. 2012. User's manual for Isoplot 3.75: a geochronological toolkit for Microsoft Excel. *Berkeley Geochronology Center, Berkeley*, **5**: 1-75p.
- Melo A.F.F., Andrade A.F., Yamaguti H.S., Oliveira J.R., Carmona J.R.M., D'Antona R.J.G., Lopes R.C. 1980. *Projeto Tapajós-Sucunduri: Relatório Final*. Belém, CPRM/DNPM, **1-A**: 1-356p. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/6686>.
- Milhomem Neto J.M., Lafon J.M., Galarza M.A., Moura C.A.V. 2017. U-Pb em zircão por LA-MC-ICP-MS no laboratório Pará-Iso (UFPA): metodologia e aplicação na porção sudoeste do Escudo das Guianas. In: Reis N.J. & Monteiro M.A.S. (coords.). *Contribuições à geologia da Amazônia*, v. 10, p. 333-346.
- Passchier C.W. & Trouw R.A.J. 2005. *Microtectonics*. 2nd. revised and enlarged edition, Berlin, Germany, Springer, 366p.
- Pessoa M.R., Santiago A.F., Andrade A.F., Nascimento J.O., Santos J.O.S., Oliveira J.R., Lopes R.C., Prazeres W.V. 1977. *Projeto Jamanxim. Relatório Final*. v. 1- 3. Manaus, DNPM / CPRM. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/9404>.
- Santos D.B., Fernandes P.E.C.A., Dreher A.M., Cunha F.B., Basei M.A.S., Texeira J.B.G. 1975. Geologia. Folha SB.21 – Tapajós. In: Projeto Radam. *Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra*. Rio de Janeiro, DNPM. v. 7, p. 15-99. Programa de Integração Natural, Levantamento de Recursos Naturais. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=224024>.
- Santos J.O.S., Hartmann L.A., Gaudette H.E., Groves D.I., McNaughton N.J., Fletcher I.R. 2000. A new understanding of the provinces of the Amazon Craton based on integration of field mapping and U–Pb and Sm–Nd geochronology. *Gondwana Research*, **3**(4): 453-488. Doi: 10.1016/S1342-937X(05)70755-3.
- Santos J.O.S., Groves D.I., Hartmann L.A., McNaughton N.J., Moura M.B. 2001. Gold deposits of the Tapajós and Alta Floresta domains, Tapajós-Parima orogenic belt, Amazon Craton, Brazil. *Mineralium Deposita*, **36**: 278-299. Doi: 10.1007/s001260100172.

- Santos J.O.S. 2003. Geotectônica dos Escudos das Guianas e Brasil - Central. In: Bizzi L.A., Schobbenhaus C., Vidotti R.M., Gonçalves J.H. (eds). *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil*. Brasília, DF, CPRM, p. 169-226.
- Santos J.O.S., Van Breemen O.T., Groves D.I., Hartmann L.A., Almeida M.E., McNaughton N.J., Fletcher I.R. 2004. Timing and evolution of multiple Paleoproterozoic magmatic arcs in the Tapajós Domain, Amazon Craton: Constraints from SHRIMP and TIMS zircon, baddeleyite and titanite U-Pb geochronology. *Precambrian Research*, **131**: 73–109. Doi: 10.1016/j.precamres.2004.01.002.
- Santos R.A. & Coutinho M.G.N. 2008. Geologia estrutural. In: Coutinho M.G.N. (org.) *Província mineral do Tapajós: geologia, metalogênia e mapa provisional para ouro em SIG*. Rio de Janeiro, CPRM, p. 97-35. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/1208>.
- Santos M.M., Lana C., Scholz R., Buick I., Schmitz M.D., Kamo S.L., Gerdes A., Corfu F., Tapster S., Lancaster S.P., Storey C.D., Basei M.A.S., Tohver E., Alkmin A., Nalini H., Krambrock K., Fantini C., Wiedenbeck M. 2017. A new appraisal of Sri Lankan BB zircon as a reference material for LA-ICP-MS U-Pb geochronology and Lu-Hf isotope tracing. *Geostandards and Geoanalytical Research*, **41**(3): 335-358. Doi: 10.1111/ggr.12167.
- Sato K. & Tassinari C.C.G. 1997. Principais eventos de acreção continental do Cráton Amazônico baseados em idade-modelos Sm-Nd, calculadas em evoluções de estágio único e estágio duplo. In: Costa M.L.C. & Angélica, R.S. (eds). *Contribuições à geologia da Amazônia*. Belém, FINEP/SBG, v. 1, p. 91-142.
- Schobbenhaus C. & Brito Neves B.B. 2003. A geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana. In: Bizzi L.A., Schobbenhaus C., Vidotti R.M., Gonçalves J.H. (eds). *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil*. Brasília, DF, Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais – CPRM, p. 05-54.
- Semblano F.R.D., Macambira M.J.B., Vasquez M.L. 2016a. Petrography, geochemistry and Sm-Nd isotopes of the granites from eastern of the Tapajós Domain, Pará state. *Brazilian Journal of Geology*, **46**(4): 509-529. Doi: 10.1590/2317-4889201620160059.
- Semblano F.R.D., Pereira N.C.S., Vasquez M.L., Macambira M.J.B. 2016b. Novos dados geológicos e isotópicos para o Domínio Iriri-Xingu, Província Amazônia Central; implicações para a idade do Grupo Iriri. *Revista do Instituto de Geociências - USP, Série Científica*, **16**(3): 19 -38. Doi: 10.11606/issn.2316-9095.v16i3p19-38.
- Stacey J.S. & Kramers J.D. 1975. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth and Planetary Science Letters*, **26**: 207-221.
- Tassinari C.C.G. 1996. *O mapa geocronológico do Cráton Amazônico no Brasil: revisão dos dados isotópicos*. PhD Theses Livre Docência, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, SP. 139 p. Doi: <https://doi.org/10.11606/T.44.2013.tde-22082013-163642>.
- Tassinari C.C.G. & Macambira M.J.B. 1999. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, **22**(3): 174-182.
- Tassinari C.C.G. & Macambira M.J.B. 2004. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: Mantesso Neto V., Bartorelli A., Carneiro C.D.R., Neves B.B.B. (orgs). *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca, p. 471-485.

Teixeira W., Tassinari C.C.G., Cordani U.G., Kawashita K. 1989. A review of the geochronology of the Amazonian Craton: tectonic implications. *Precambrian Research*, **42**: 213-227. Doi: 10.1016/0301-9268(89)90012-0.

Vasquez M.L. & Klein E.L. 2000. *Geologia e recursos minerais da Folha Rio Novo - SB.21-Z-C: Estados do Amazonas e Pará: Escala 1:250.000*. Brasília,DF, CPRM. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB). Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (PROMIN - Tapajós). Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/8514>.

Vasquez M.L., Ricci P.S.F., Klein E.L. 2002. Granitóides pós-colisionais da porção leste da Província Tapajós. In: Klein E.L., Vasquez M.L., Rosa-Costa L.T. (eds.). *Contribuições à geologia da Amazônia*. Belém, SBG. v. 3, p. 67-84. Disponível em: <http://arquivos.sbg-no.org.br/BASES/CGA%203.pdf>.

Vasquez M.L., Rosa-Costa L.T., Silva C.M.G., Klein E.L. 2008. Compartimentação tectônica. In: Vasquez M.L. & Rosa Costa L.T. (orgs). *Geologia e recursos minerais do Estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas – SIG: texto explicativo do mapa geológico e tectônico e de recursos minerais do Estado do Pará. Escala 1:1.000.000*. Belém, CPRM. p. 39-112. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/10443>.

Vasquez M. L., Chaves C. L., Moura E. L., Oliveira J. K. M. 2017. *Geologia e recursos Minerais das Folhas São Domingos – SB.21-Z-A-II e Jardim do Ouro – SB.21-Z-A-III, Estado do Pará, Escala: 1:100.000*. Belém, CPRM. Programa Geologia do Brasil (PGB). Integração e Difusão de Dados da Geologia do Brasil. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17997>.

Vasquez M.L., Pinheiros F.G.R., Rodrigues J.B., Tavares F.M., Chaves C.L., Faraco M.T.L. 2019. Idades U-Pb por LA-ICP-MS em zircão das rochas do Grupo Jacareacanga, sudoeste do Domínio Tapajós. In: SBG, 16º Simpósio de Geologia da Amazônia. Manaus. *Anais[...]*. Disponível em: <http://www.sbgeo.org.br/home/pages/44>.

Vasquez M.L., Castro J.M.R., Chaves C.L., Costa Neto M.C., Cruz V.L. 2020. *Mapa de integração geológico-geofísica da ARIM Tapajós na escala 1:500.000*. Projeto Evolução Crustal e Metalogênese da Província Mineral do Tapajós. Belém, CPRM. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/18638>.

Vasquez M.L., Chaves C.L., Gaia S.M.S. 2021. Controles das mineralizações nos distritos mineiros da Província Mineral do Tapajós. In: SBG, 50º Congresso Brasileiro de Geologia, *Anais[...]*, Brasília, DF. Disponível em: <https://50cbg.com/anais/>.

Vermeesch P. 2004. How many grains are needed for a provenance study? *Earth and Planetary Science Letters*, **224**: 351–441.

Von Eynatten H., Dunkl I. 2012. Assessing the sediment factory: the role of single grain analysis. *Earth-Science Reviews*, **115**: 97–120.

Veloso A.S.R. & Santos M.D. 2013. Geologia, petrografia e geocronologia das rochas do depósito aurífero Ouro Roxo, Província Tapajós, Jacareacanga (PA), Brasil. *Brazilian Journal Geology*, **43**: 22-36. Doi: 10.5327/Z2317-488920130004000011.

Yardley B.W.D. 2004. *Introdução à petrologia metamórfica*. 2. ed. Brasília,DF, Editora Universidade de Brasília, 434p.