

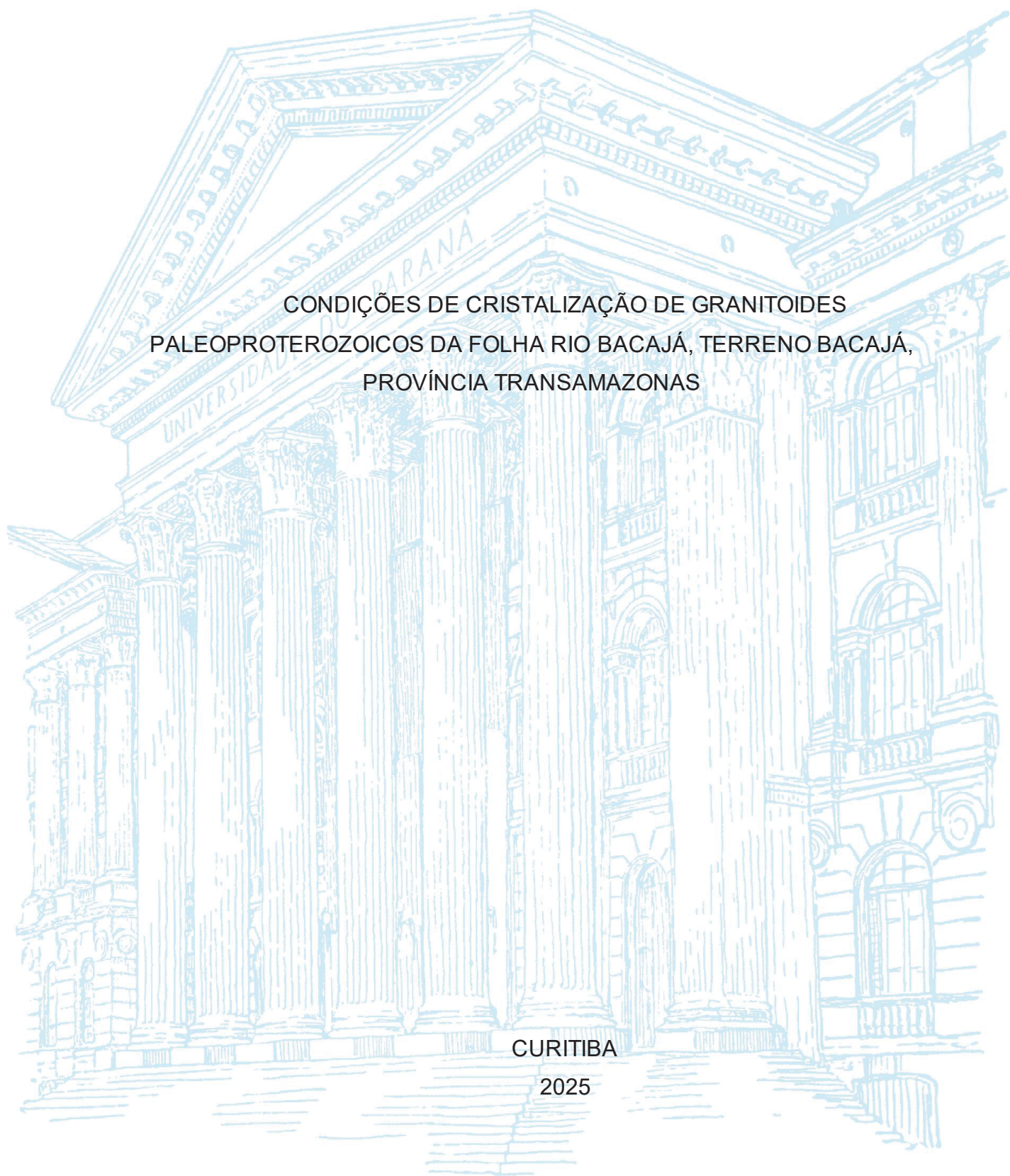
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FLÁVIA LANARO DE GRANDE

CONDIÇÕES DE CRISTALIZAÇÃO DE GRANITOIDES
PALEOPROTEROZOICOS DA FOLHA RIO BACAJÁ, TERRENO BACAJÁ,
PROVÍNCIA TRANSAMAZONAS

CURITIBA

2025



FLÁVIA LANARO DE GRANDE

CONDIÇÕES DE CRISTALIZAÇÃO DE GRANITOIDES
PALEOPROTEROZOICOS DA FOLHA RIO BACAJÁ, TERRENO BACAJÁ,
PROVÍNCIA TRANSAMAZONAS

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geologia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Eleonora Maria Gouvea Vasconcellos

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo de Mesquita Barros

CURITIBA

2025

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Grande, Flávia Lanaro de

Condições de cristalização de granitoides paleoproterozoicos da folha Rio Bacajá, Terreno Bacajá, Província Transamazonas / Flávia Lanaro de Grande. – Curitiba, 2025.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geologia.

Orientador: Eleonora Maria Gouvea Vasconcellos

Coorientador: Carlos Eduardo de Mesquita Barros

1. Granito. 2. Cristalização. 3. Hornblenda. 4. Geotermobarometria. 5. Paleoproterozoico. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Geologia. III. Vasconcellos, Eleonora Maria Gouvea. IV. Barros, Carlos Eduardo de Mesquita. V. Título.

Bibliotecário: Elias Barbosa da Silva CRB-9/1894

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação GEOLOGIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **FLÁVIA LANARO DE GRANDE**, intitulada: **CONDIÇÕES DE CRISTALIZAÇÃO DE GRANITOIDES PALEOPROTEROZOICOS DA FOLHA RIO BACAJÁ, TERRENO BACAJÁ, PROVÍNCIA TRANSAMAZONAS**, sob orientação da Profa. Dra. ELEONORA MARIA GOUVÊA VASCONCELLOS, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 06 de Maio de 2025.

Assinatura Eletrônica

07/05/2025 10:10:07.0

ELEONORA MARIA GOUVÊA VASCONCELLOS

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

14/05/2025 14:31:17.0

VALDECIR DE ASSIS JANASI

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO)

Assinatura Eletrônica

07/05/2025 10:49:52.0

CRISTINA VALLE PINTO-COELHO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado a muitas mãos, com a colaboração de diversas pessoas e instituições. A elas gostaria de expressar meus agradecimentos.

Em primeiro lugar, agradeço à CPRM-UFPR-FUNPAR pela possibilidade de participar do Projeto Pronageo, que financiou meus procedimentos analíticos. Agradeço à CAPES por minha bolsa de pesquisa.

Aos meus orientadores, Prof^a. Dr^a. Eleonora Vasconcellos e Prof. Dr. Carlos Eduardo Barros, agradeço pela confiança, disposição e pelos infinitos ensinamentos ao longo de toda a graduação e pós-graduação. Obrigada pelo direcionamento e incentivo em momentos de dúvida, tanto acadêmicos quanto pessoais. Nossas conversas sempre reacendem meu amor e entusiasmo pela Geologia.

Aos professores Ricardo Silveira e Leonardo Lagoeiro, muito obrigada pelo apoio na solução de problemas. Agradeço especialmente à professora Cristina Pinto-Coelho pelo conhecimento compartilhado e pelas diversas conversas e conselhos. Obrigada por acreditar em mim.

Agradeço ao Laboratório de Microanálises do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (LAMICRO-IG-UFPA) e à geóloga Gisele Marques (UFPA) pelas análises de microsonda eletrônica. Obrigada ao Centro de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal do Paraná (CME-UFPR), ao Instituto Laboratório de Análises de Minerais e Rochas (LAMIR-UFPR) e à equipe técnica pelas análises de MEV-EDS.

Sou grata à Universidade Federal do Paraná, aos programas de graduação e pós-graduação em Geologia. Agradeço ao corpo docente pelo conhecimento sólido adquirido durante os anos na universidade.

Aos amigos com quem tive o prazer de conviver na sala da pós, Robson, Angela, Gabriel, Paulo e Leonardo, muito obrigada pela parceria e apoio. Sua companhia foi um alento para o humor. Desejo a vocês todo o sucesso do mundo. Ao Robson, agradeço especialmente pelo amor, apoio, e compreensão durante este ciclo. Aos amigos Guilherme, Gabriela, Gabrielle e Lívia, com quem dividi os anos até nos tornarmos geólogos, obrigada pela força, incentivo e por sempre estarem por perto, mesmo longe.

Por fim, sou grata aos meus pais, Celia e Julio, e meus irmãos, Livia e Gabriel, pelo apoio incondicional e por todas as oportunidades que recebi durante a vida. Obrigada por me emprestarem sua força, seu tempo, seus ouvidos e ombros sempre que precisei. Sem vocês essa caminhada não seria possível.

Muito obrigada a todos.

RESUMO

O Terreno Bacajá corresponde à porção sul da Província Transamazonas, uma das seis províncias geocronológicas que compõem o Cráton Amazônico. Seu arcabouço geológico compreende o embasamento neoarqueano, sequências supracrustais metassedimentares e rochas plutônicas paleoproterozoicas. A Folha Rio Bacajá se situa na porção norte do Terreno Bacajá e nela destacam-se os granitoides riacianos do Complexo Bacajaí e suítes intrusivas Arapari e João Jorge. Essas unidades compreendem predominantemente monzogranitos e sienogranitos, e, subordinadamente álcali-feldspato granitos, quartzo álcali-feldspato sienitos, quartzo sienitos, granodioritos, quartzo monzodiorito, tonalitos e quartzo sienitos. A assembleia mineral dessas unidades é semelhante, sendo composta essencialmente por quartzo, microclínio e plagioclásio. Biotita, anfibólio, piroxênio, epidoto, titanita, allanita, apatita, zircão, muscovita, carbonato, sericita, magnetita e ilmenita ocorrem em concentrações modais menores. Além de características de deformação magmática são identificadas feições que sugerem deformação em estado sólido. Análises de química mineral foram feitas nos granitoides. O cálculo da fórmula estrutural de microclínio revela a predominância do componente ortoclásio em todas as unidades estudadas, sendo os maiores valores de sódio observados nas suítes João Jorge I e João Jorge II. Nas rochas do Complexo Bacajaí e Suíte Intrusiva Arapari há zoneamento composicional do plagioclásio, definido por núcleos compostos por oligoclásio e bordas compostas por andesina. O plagioclásio da Suíte João Jorge I é homogêneo e classificado como oligoclásio. Foram analisados cristais de biotita primários e primários reequilibrados. A biotita do Complexo Bacajaí é rica em ferro, composição observada também em algumas amostras da Suíte João Jorge I. Na Suíte Arapari há uma tendência partindo de composições ricas em magnésio em direção a cristais ricos em ferro. Dois monzogranitos da Suíte João Jorge I possuem biotita rica em magnésio, próxima à composição da flogopita. São cristais primários e primários reequilibrados. O anfibólio de todas as unidades é classificado como anfibólio cálcico. No Complexo Bacajaí predomina Fe-hornblenda enquanto nas suítes Arapari, João Jorge I e João Jorge II o anfibólio predominante é Mg-hornblenda. Em um quartzo monzodiorito da Suíte Arapari há Fe-tschermakita. A partir da composição da biotita e do anfibólio são estimadas condições de cristalização com fugacidade de oxigênio intermediária para o Complexo Bacajaí, e alta fugacidade de oxigênio para as demais unidades. A pressão de cristalização varia entre 4,5 a 7,4 kbar, com temperatura de 694 a 789°C para o Complexo Bacajaí, 3,0 a 6,0 kbar com temperatura de 599 a 851°C para a Suíte Arapari, e 2,9 a 5,0 kbar e temperatura de 709 a 868°C para a Suíte João Jorge I. A partir desses dados são estimadas profundidades finais de cristalização, respectivamente, entre 17 e 28 km, 11 e 23 km e 12 a 19 km para essas unidades. A presença de epidoto primário, allanita e titanita primária em todas as unidades sugere origem profunda para os magmas, acima de 10 kbar, sob condições oxidantes, seguida por ascensão rápida e colocação crustal rasa a intermediária. A partir da composição da biotita todas as unidades são associadas à série da magnetita, apesar dos baixos valores de susceptibilidade magnética. O Complexo Bacajaí possui afinidade com as séries magmáticas cálcio-alcálica e peraluminosa, posicionando-se próximo à série ferro-potássica. Para essa unidade, é possível sugerir um ambiente de formação em arco magmático, com possível contribuição de fontes crustais. A Suíte Arapari pertence à série cálcio-alcálica, possivelmente associada a um arco magmático, com fontes profundas, evidenciadas pela composição magnésiana de biotita e anfibólio. As

rochas da Suíte João Jorge I definem dois grupos distintos, um pertencente à série cálcio-alcálica e outro associado às séries ferro-potássica e peralcalina. Essas composições sugerem fontes bimodais para os magmas dessa unidade em contexto sin a tardi-tectônico. A proximidade de corpos da Suíte Intrusiva João Jorge II com zonas de cisalhamento transcorrente sugere que a ascensão desses magmas teria sido controlada por estruturas subverticais profundas.

Palavras-chave: Faciologia de granitos; hornblenda; geotermobarometria; Paleoproterozoico; Terreno Bacajá.

ABSTRACT

The Bacajá Terrane represents the southern portion of the Transamazon Province, one of the six geochronological provinces that make up the Amazon Craton. Its geological framework includes neoarchean basement rocks, metasedimentary supracrustal sequences, and paleoproterozoic plutonic rocks. The Rio Bacajá Sheet is located in the northern portion of the Bacajá Terrane, where the Riaccian granitoids of the Bacajaí Complex and the Arapari and João Jorge intrusive suites are prominent. These units predominantly consist of monzogranites and syenogranites, with subordinate occurrences of alkali-feldspar granites, alkali-feldspar quartz syenites, quartz syenites, granodiorites, quartz monzodiorites, tonalites, and quartz syenites. The mineralogy of these units is similar, mainly composed of quartz, microcline, and plagioclase. Biotite, amphibole, pyroxene, epidote, titanite, allanite, apatite, zircon, muscovite, carbonate, sericite, magnetite, and ilmenite occur in smaller modal concentrations. In addition to features of magmatic deformation, solid-state deformation features are also identified. Mineral chemistry analyses were conducted on the granitoids. The calculation of the microcline structural formula reveals the predominance of orthoclase in all studied units, with the highest sodium contents observed in the João Jorge I and João Jorge II suites. In the rocks of the Bacajaí Complex and Arapari Intrusive Suite, plagioclase compositional zoning is observed, with cores composed of oligoclase and edges composed of andesine. The plagioclase in the João Jorge I Suite is homogeneous and classified as oligoclase. Primary and re-equilibrated primary biotite crystals were analyzed. The biotite in the Bacajaí Complex is iron-rich, a composition also observed in some samples from the João Jorge I Suite. In the Arapari Suite, there is a trend from magnesium-rich compositions towards iron-rich crystals. Two monzogranites from the João Jorge I Suite contain magnesium-rich biotite, close to the composition of phlogopite. These are primary and re-equilibrated primary crystals. The amphibole in all units is classified as calcic amphibole. In the Bacajaí Complex, Fe-hornblende predominates, while in the Arapari, João Jorge I, and João Jorge II suites, the amphibole is predominantly Mg-hornblende. In a quartz monzodiorite from the Arapari Suite, Fe-tschermakite is present. Based on the composition of biotite and amphibole, crystallization conditions are estimated with intermediate oxygen fugacity for the Bacajaí Complex, and high oxygen fugacity for the other units. Crystallization pressure ranges from 4.5 to 7.4 kbar, with temperatures from 694 to 789°C for the Bacajaí Complex, 3.0 to 6.0 kbar with temperatures from 599 to 851°C for the Arapari Suite, and 2.9 to 5.0 kbar with temperatures from 709 to 868°C for the João Jorge I Suite. Based on these data, final crystallization depths are estimated to range between 17 and 28 km, 11 and 23 km, and 12 to 19 km for these units. The presence of primary epidote, allanite, and primary titanite in all units suggests a deep origin for the magmas of the studied units, above 10 kbar, under oxidizing conditions, followed by rapid ascent and relatively shallow crustal emplacement. Based on the composition of biotite, all units were associated with the magnetite series, despite low magnetic susceptibility values. The Bacajaí Complex shows affinity with the calc alkaline and peraluminous magmatic series, positioning close to the iron-potassic series. For this unit, a magmatic arc formation environment can be suggested, with possible contributions from crustal sources. The Arapari Suite is related to the calc alkaline series, possibly associated with a magmatic arc, with deep sources, as evidenced by the

magnesium-rich composition of biotite and amphibole. The rocks of the João Jorge I Suite exhibit two distinct groups, one associated with the calcium-alkaline series and the other with the iron-potassic and peralkaline series. These compositions suggest bimodal sources for the magmas of this unit in a syn- to late-tectonic context. The proximity of bodies from the João Jorge II Intrusive Suite to strike-slip shear zones suggests that the ascent of these magmas was controlled by deep subvertical structures.

Keywords: Granite faciology; hornblende; geothermobarometry; Paleoproterozoic; Bacajá terrain.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Figura de localização da área de estudo. Fonte: Besser & Barros (2016).	17
Figura 2 – Cráton Amazônico e sua subdivisão em províncias geocronológicas. Fonte: Santos <i>et al.</i> 2006.....	19
Figura 3 - Mapa geológico simplificado com pontos de amostragem. Fonte: Adaptado de Besser & Barros (2015).	25
Figura 4 – Fotomicrografias de feições de deformação em quartzo em granitoides da Folha Rio Bacajá, polarizadores cruzados. (A) Cristais de quartzo estirados em um monzogranito (FB-133) do CB; (B) e (C) possuem contatos serrilhados (seta) em agregados de subgrãos de quartzo em um monzogranito (FB-14) do CB e um granodiorito (FB-146) da SIA; (D) quartzo estirado em um monzogranito (FB-13) da SIJJ I.	37
Figura 5 – Fotomicrografias de microclínio de granitoides da Folha Rio Bacajá, polarizadores cruzados. (A) Cristal de microclínio com pertitas em chama (porção superior) e geminação em grade bem desenvolvida (porção inferior) em monzogranito (FB-15) da SIA; (B) cristal de microclínio com pertitas em chama e venulares em granodiorito (FB- 146) da SIA; (C) geminação em grade bem desenvolvida (porção superior) e pertitas em chama e venulares (porção inferior) em monzogranito (FB-13) da SIJJ I; (D) pertitas em chama bem desenvolvidas no monzogranito FB-13 (SIJJ I); (E) cristal de microclínio de granulação grossa com pertitas em chama e venulares e geminação em grade pouco desenvolvida em monzogranito (FB-44) da SIJJ I; (F) microclínio com pertitas em chama em quartzo álcali- feldspato sienito da SIJJ II.	38
Figura 6 – Fotomicrografias de plagioclásio de granitoides da Folha Rio Bacajá, polarizadores cruzados. (A) Mirmequita bem desenvolvida em plagioclásio em contato com feldspato alcalino em monzogranito (FB- 85) da SIA; (B) mirmequita bem desenvolvida em um monzogranito (FB-44) da SIJJ I; (C) e (D) são fotomicrografias de mirmequitas (seta) em sienogranito (FB-147) da SIJJ I.	40

- Figura 7 – Fotomicrografias de agregados máficos em granitoides da Folha Rio Bacajá. (A) e (B) Agregado orientado de anfibólio subédrico, biotita, epidoto e titanita em granodiorito (FB-146) da SIA; (C) e (D) agregado de cristais de biotita, anfibólio, apatita e magnetita em um monzogranito (FB-131) da SIJJ I; (E) e (F) agregado de anfibólio, titanita euédrica, zircão e magnetita subédrica em quartzo álcali-feldspato sienito (FB-39) da SIJJ II. As imagens (B), (D) e (F) estão com polarizadores cruzados. 41
- Figura 8 – (A) e (B) Núcleo de clinopiroxênio com bordas intensamente uralitizadas em meio a allanita, titanita alterada para magnetita e feldspato alcalino, em um quartzo álcali-feldspato sienito (FB-39) da SIJJ II. (A) em P//; (B) em PX. 42
- Figura 9 – (A) e (B) cristal de allanita metamórfico envolto por epidoto primário em meio a quartzo e feldspato alcalino em um monzogranito (FB-133) do CB; (C) e (D) agregado máfico composto por biotita anédrica, allanita subédrica com borda de epidoto primário, titanita anédrica e apatita em quartzo monzodiorito (FB-123) da SIA; (E) e (F) epidoto primário subédrico em contato com cristal de biotita em monzogranito (FB-44) da SIJJ I; (G) e (H) cristais de titanita alterada para limonita junto a anfibólio, zircão zonado, magnetita e feldspato alcalino em quartzo álcali-feldspato sienito (FB-39) da SIJJ II. As imagens (B), (D), (F) e (H) estão com os polarizadores cruzados. 45
- Figura 10 – Imagens obtidas com detector de elétrons retroespalhados de fases opacas de granitoides da Folha Rio Bacajá. Estrelas representam pontos analisados por EDS. (A) Ilmenita em monzogranito (FB-15) da SIA; (B) cristais de magnetita (porção superior) e ilmenita (porção inferior) em monzogranito (FB-131) da SIJJ I (C) núcleo de pirita com bordas de magnetita em monzogranito (FB-44) da SIJJ I; (D) magnetita com inclusão de apatita (espectro 63) em quartzo álcali-feldspato sienito da SIJJ II. 46
- Figura 11 – Imagens em elétrons retroespalhados de cristais de feldspatos de granitoides da Folha Rio Bacajá analisados por microsonda eletrônica. Estrelas representam pontos analisados. (A) e (B) representam cristais de microclínio perítico do granodiorito (FB-146)

da SIA e do monzogranito (FB-131) do CB, respectivamente; (C) microclínio perítico com zoneamento concêntrico em quartzo álcali-feldspato sienito (FB-20) da SIJJ II; (D), (E) e (F) representam cristais de plagioclásio dos monzogranitos FB-150 do CB, FB-15 da SIA e FB-44 da SIJJ I, respectivamente.....	48
Figura 12 – Diagrama Ab-Or-An para cristais de feldspato alcalino e plagioclásio: (A) Complexo Bacajaí; (B) Suíte Intrusiva Arapari; (C) Suíte Intrusiva João Jorge I; (D) Suíte Intrusiva João Jorge II. Fonte: Deer <i>et al.</i> (1992). .	49
Figura 13 - Imagens de elétrons retroespalhados de cristais de biotita de granitoides da Folha Rio Bacajá analisados por microsonda eletrônica. Estrelas representam pontos analisados. (A), (B), (C) e (D) representam cristais de biotita subédrica dos monzogranitos FB-14 (CB), FB-15 (SIA), FB-13 (SIJJ I) e do sienogranito FB-47 (SIJJ I), respectivamente.....	50
Figura 14 – Diagrama de classificação de biotita do Complexo Bacajaí, Suíte Intrusiva Arapari e Suíte Intrusiva João Jorge I. Fonte: Deer <i>et al.</i> (1992).....	51
Figura 15 – Diagrama $\text{FeO}_{(t)} + \text{MnO} - 10\text{TiO}_2 - \text{MgO}$ para a classificação de biotita do Complexo Bacajaí, Suíte Intrusiva Arapari e Suíte Intrusiva João Jorge I. Fonte: Nachit <i>et al.</i> (2005).....	52
Figura 16 – Imagens em elétrons retroespalhados de cristais de anfibólio de granitoides da Folha Rio Bacajá analisados por microsonda eletrônica. Estrelas representam pontos amostrados. (A), (B), (C) e (D) representam cristais de Mg-hornblenda nos monzogranitos FB-150 (CB), FB-85 (SIA), FB-131 (CB) e no quartzo álcali-feldspato sienito FB-20 da SIJJ II, respectivamente.	53
Figura 17 – Diagrama $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ vs Si para a composição de anfibólio do Complexo Bacajaí e suítes intrusivas Arapari, João Jorge I e João Jorge II. Fonte: Leake <i>et al.</i> (1997).	54
Figura 18 – Intervalos de pressão de cristalização para os monzogranitos FB-150 (CB) e FB-85 (SIA), quartzo monzodiorito FB-123 (SIA), granodiorito FB-146 (SIA) e monzogranito FB-131 (SIJJ I), estimados a partir dos trabalhos de: (1) Hollister <i>et al.</i> (1987); (2) Johnson & Rutherford (1989); (3) Schmidt (1992) e (4) Mutch <i>et al.</i> (2016).....	56

Figura 19 - Intervalos de temperatura de cristalização para o monzogranito FB-150 (CB), monzogranito FB-85 (SIA), quartzo monzodiorito FB-123 (SIA), granodiorito FB-146 (SIA), monzogranito FB-131 (SIJJ I) e dois quartzo álcali-feldspato sienitos (FB-20 e FB-30) da SIJJ II estimados a partir dos trabalhos de: (1) Blundy & Holland (1990); (2) Holland & Blundy (1994) – equação 1 (edenita + 4 quartzo = tremolita + albita); (3) Holland & Blundy (1994) – equação 2 (edenita + albita = richterita + anortita); (4) Ridolfi *et al.* (2010) e (5) Putirka (2016). Foram obtidos valores inadequados para o monzogranito FB-150 utilizando a calibração (5), para o quartzo monzodiorito FB-123 com a calibração (4), e para os quartzo álcali-feldspato sienitos FB-20 e FB-39 através das calibrações (1), (2) e (3). 61

Figura 20 – Diagramas de fO_2 para análises de cristais de anfibólio do CB, SIA, SIJJ I e SIJJ II: A) diagrama Al^{IV} vs $Fe/(Fe+Mg)$ indicando que as rochas FB-150 (CB) e FB-123 (SIA) se formaram sob condições de intermediária fugacidade de oxigênio, enquanto as demais rochas analisadas se formaram em condições de alta fO_2 ou muito próximas a este limite; B) diagrama $T(^{\circ}C)$ vs $\log fO_2$ a partir do qual se constata que, com exceção das rochas FB-150 e FB-123, formadas entre os *buffers* NNO e FMQ, todas as rochas se formaram em condições relativamente oxidantes, entre os *buffers* NNO e HM. HM: *buffer* hematita-magnetita (Chou 1978); NNO: *buffer* níquel-óxido de níquel (Huebner & Sato 1970); FMQ: *buffer* fayalita-magnetita-quartzo (Huebner 1971). Fonte: Anderson & Smith (1995). 66

Figura 21 – Diagramas discriminantes para biotita do CB, SIA e SIJJ I: (A) diagrama $MgO-FeO-Al_2O_3$ indicando afinidade da biotita com granitoides das séries cálcio-alcálica (CA) e ferro-potássica (Fe-K); (B) e (C) são diagramas $FeO^*-MgO-Al_2O_3$ e MgO vs Al_2O_3 que representam a afinidade das amostras com os campos dos granitos cálcio-alcálicos e granitos peraluminosos; (D) diagrama Al_{TOTAL} vs $Fe/(Fe+Mg)$ indicando que todas as amostras são da série à magnetita. As rochas cuja biotita possui maiores quantidades de Mg plotam-se nos campos cálcio-alcálicos nos diagramas (A), (B) e (C), enquanto as rochas com biotita enriquecida em Fe possuem afinidade com as séries Fe-K e

peraluminosa. No diagrama (D) é observada uma tendência para a série à ilmenita conforme ocorre o aumento de Fe da biotita, indicando diminuição da fugacidade de oxigênio. Fonte: (A) Rossi & Chevremont (1987); (B-C) Abdel-Rahman (1994); (D) Anderson *et al.* (2008). 68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quantidade de lâminas petrográficas de cada unidade geológica. CB: Complexo Bacajaí; SIA: Suíte Intrusiva Arapari; SIJJ I: Suíte Intrusiva João Jorge I; SIJJ II: Suíte Intrusiva João Jorge II.	25
Quadro 2 - Condições de operação do MEV-EDS. Fonte: CME-UFPR (2024).	26
Quadro 3 - Condições de operação do MEV-EDS. Fonte: CME-UFPR (2024).	34
Quadro 4 - Lâminas petrográficas selecionadas para análises de MEV-EDS.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação das amostras utilizadas para análises com microsonda eletrônica.....	27
Tabela 2 - Estimativas geobarométricas para rochas do Complexo Bacajaí e suítes intrusivas Arapari e João Jorge I a partir das calibrações de Hollister <i>et al.</i> (1987), Johnson & Rutherford (1989), Schmidt (1992) e Mutch <i>et al.</i> (2016). *C1 e *C2 correspondem aos cristais utilizados para o cálculo geobarométrico.....	55
Tabela 3 – Estimativas de profundidade de cristalização para rochas do Complexo Bacajaí e suítes intrusivas Arapari e João Jorge I a partir das calibrações de Hollister <i>et al.</i> (1987), Johnson & Rutherford (1989), Schmidt (1992) e Mutch <i>et al.</i> (2016). *C1 e *C2 correspondem aos cristais utilizados para o cálculo geobarométrico.	57
Tabela 4 - Estimativas geotermométricas para as rochas do Complexo Bacajaí e suítes intrusivas Arapari, João Jorge I e João Jorge II. *C(b), *C(i) e *C(c) se referem a análises pontuais realizadas nas bordas, porções intermediárias e centro dos cristais de anfibólio, respectivamente. *HB 1 se refere à reação de calibração termométrica de Holland & Blundy (1994) edenita + 4 quartzo = tremolita + albita; *HB 2 se refere à reação de calibração termométrica de Holland & Blundy (1994) edenita + albita = richterita + anortita.	58
Tabela 5 - Valores de susceptibilidade magnética (SM), desvio padrão (DP) e proporção entre minerais opacos, máficos e félsicos. M1*, M2*, M3*: medidas 1, 2 e 3. Litotipo*: 1 – monzogranito, 2 – sienogranito, 3 – álcali-feldspato granito, 4 – tonalito, 5 – quartzo monzodiorito, 6 – granodiorito, 7 – quartzo álcali-feldspato sienito, 8 – quartzo sienito.	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CB	Complexo Bacajaí
eV	Elétron-volt
FB	Afloramentos descritos na área da Folha Rio Bacajá por Carlos Eduardo de Mesquita Barros e Marcell Leonard Besser
kV	Quilovolt
kbar	Quilobar
mm	Milímetros
nm	Nanômetros
SI	Sistema Internacional
SIA	Suíte Intrusiva Arapari
SIJJ I	Suíte Intrusiva João Jorge I
SIJJ II	Suíte Intrusiva João Jorge II

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	16
1.1 OBJETIVOS	16
1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO	16
1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	18
2 GEOLOGIA REGIONAL	18
2.1 EMBASAMENTO	19
2.2 GRUPO TRÊS PALMEIRAS	20
2.3 COMPLEXO BACAJAÍ	21
2.4 SUÍTES GRANÍTICAS INTRUSIVAS	22
3 MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1 ANÁLISE PETROGRÁFICA	24
3.2 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA – MEV	26
3.3 MICROSSONDA ELETRÔNICA – ME	26
3.3.1 Química mineral	28
3.3.1.1 Geotermobarometria	29
3.4 SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA - SM	30
4 RESULTADOS	30
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS	80
APÊNDICE 1	86
APÊNDICE 2	89
APÊNDICE 3	91

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Terreno Bacajá se situa na porção sul da Província Transamazonas, no estado do Pará, e seu arcabouço geológico é composto por ortognaisses de idade arqueana metamorfisados em fácies xisto verde a anfibolito, rochas supracrustais e metassedimentares e rochas plutônicas paleoproterozoicas (Vasquez *et al.* 2008, Besser 2012, Barros *et al.* 2023). Na Folha Rio Bacajá destacam-se as unidades paleoproterozoicas: Complexo Bacajaí (CB) e as suítes intrusivas Arapari (SIA), João Jorge I (SIJJ I) e João Jorge II (SIJJ II). Estas unidades são compostas por granitoides de idade riaciana associados a fases colisionais e acrecionárias de um orógeno. O estudo das condições de pressão, temperatura e fugacidade de oxigênio, atuantes durante o processo de cristalização dos magmas geradores dos granitoides riacianos por meio de análises petrográficas, de química mineral, por microsonda eletrônica, de susceptibilidade magnética e da aplicação de geotermobarômetros possui potencial para elucidar as condições de cristalização dos respectivos magmas e o contexto geotectônico no âmbito do Terreno Bacajá.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho teve como principal objetivo estimar as condições de pressão, temperatura e oxidação durante a cristalização dos magmas do Complexo Bacajaí e das suítes intrusivas Arapari, João Jorge I e João Jorge II, descritos na folha Rio Bacajá (1:100.000). Pretendeu-se contribuir para o entendimento da origem dos magmas e o respectivo ambiente tectônico.

Foram definidos os seguintes objetivos específicos para esta pesquisa:

1. Caracterização petrográfica e petrológica dos granitoides do Complexo Bacajaí, Suíte Intrusiva Arapari, Suíte Intrusiva João Jorge I e João Jorge II;
2. Caracterização da química mineral de feldspatos, anfibólio e biotita dessas rochas.

1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O Terreno Bacajá está situado na porção sul da Província Transamazonas e é delimitado a sul pelo núcleo arqueano pertencente à Província Carajás, a oeste

pela Província Amazônia Central, a leste pelo Cinturão Araguaia e a norte pela Bacia Sedimentar do Amazonas (Vasquez & Rosa-Costa 2008). A Folha Rio Bacajá se localiza entre os rios Xingu e Tocantins, a sul da BR-230 (rodovia Transamazônica), e abrange porções dos municípios de Anapu, Pacajá e Senador José Porfírio (Figura 1). O acesso à área é feito por estradas não pavimentadas vicinais à rodovia Transamazônica.

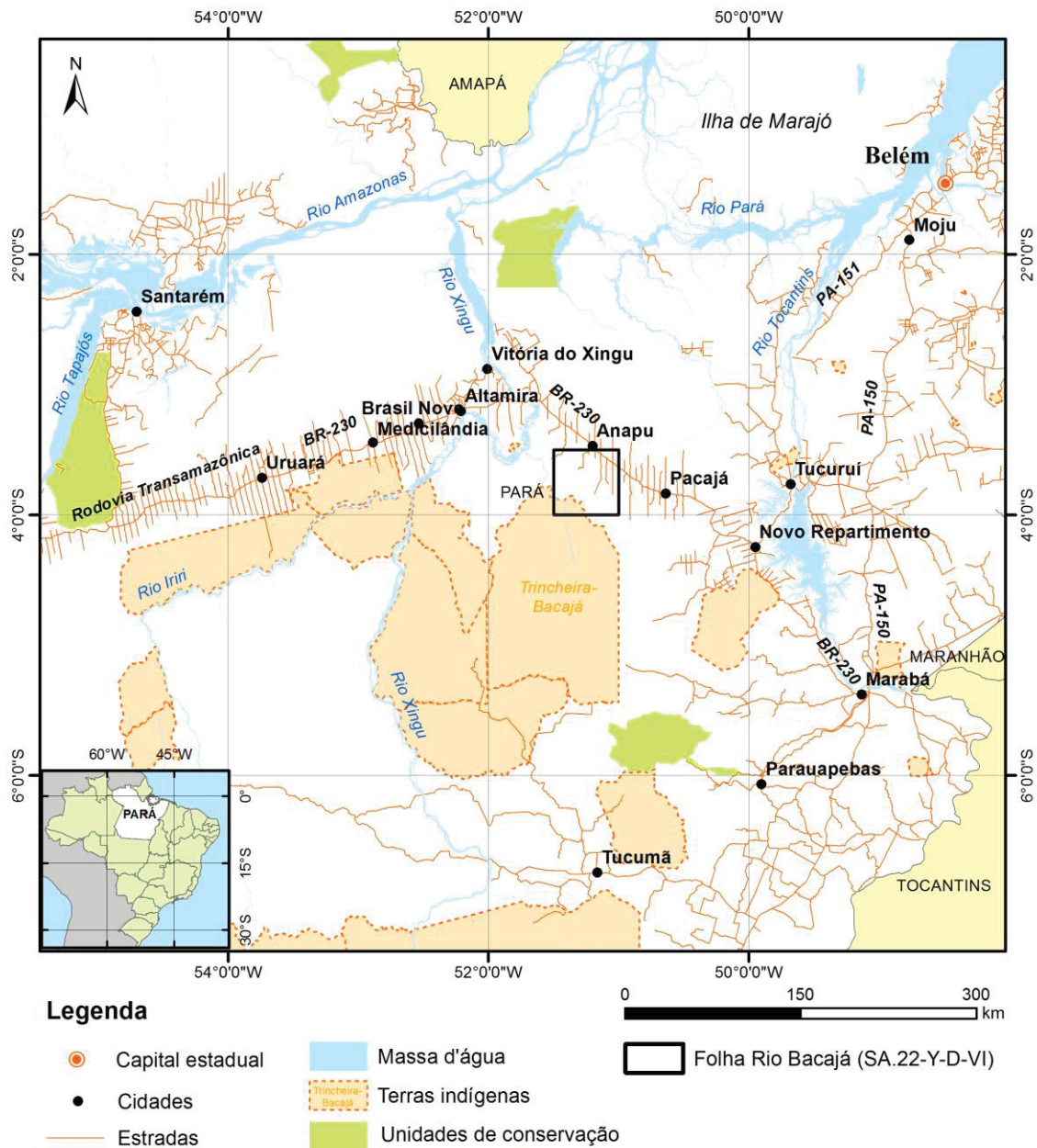


Figura 1 - Figura de localização da área de estudo. Fonte: Besser & Barros (2016).

1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho foi organizado em cinco capítulos. No Capítulo 1 foram introduzidos o tema, a justificativa, os objetivos gerais e específicos desta dissertação e a localização da área de estudo. No Capítulo 2 foi feita a contextualização geológica da Folha Rio Bacajá, com ênfase na caracterização das unidades intrusivas na área de estudo. O Capítulo 3 trata dos materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa. O Capítulo 4 compreende o artigo científico correspondente aos resultados dessa pesquisa, intitulado “Química mineral de granitoides paleoproterozoicos da Folha Rio Bacajá, Terreno Bacajá, Província Transamazonas”. Este capítulo será traduzido para o inglês e formatado segundo as normas da revista *Brazilian Journal of Geology*, para a qual será submetido. No Capítulo 5 estão contidas as considerações finais e as referências utilizadas.

2 GEOLOGIA REGIONAL

A Província Transamazonas (Santos *et al.* 2000) ou Província Maroni-Itacaiúnas (Tassinari & Macambira 1999) corresponde a uma das seis províncias geocronológicas que compõem o Cráton Amazônico (Figura 2) e recebe esse nome pois sua evolução ocorreu durante o evento orogênico do Ciclo Transamazônico, entre os períodos Riachiano e Orosiriano (2,2 a 1,9 Ga). A orogenia do Ciclo Transamazônico foi responsável por retrabalhar terrenos preexistentes neoarqueanos e siderianos e por gerar novas rochas e faixas móveis ao redor do núcleo arqueano da Província Carajás (Tassinari & Macambira 1999, Santos *et al.* 2000).

O Terreno Bacajá se localiza na região sul da Província Transamazonas, a norte da Província Carajás. Nele são encontradas as únicas rochas de idades arqueanas de toda a província e sua formação está intimamente ligada com a formação da província Carajás. O Terreno Bacajá é composto por um conjunto de corpos plutônicos paleoproterozoicos, rochas supracrustais, rochas metassedimentares e *inliers* de rochas arqueanas, metamorfasadas em fácies xisto verde a anfibolito (Vasquez *et al.* 2008; Besser 2012). Segundo Faraco *et al.* (2005), as unidades do terreno estão estruturadas segundo NW-SE e WNW-ESSE, em concordância com as feições estruturais observadas na região.

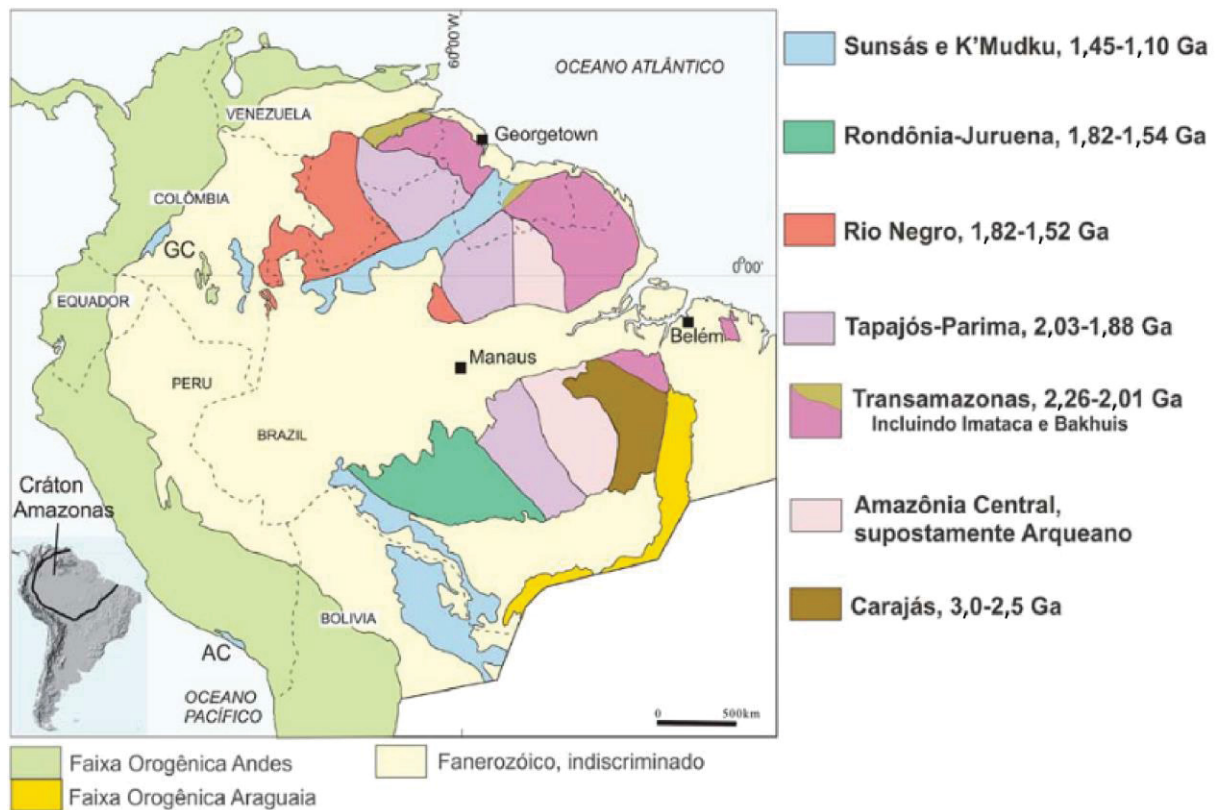


Figura 2 – Cráton Amazônico e sua subdivisão em províncias geocronológicas. Fonte: Santos *et al.* 2006.

2.1 EMBASAMENTO

Na porção oeste do Terreno Bacajá o embasamento consiste em gnaisses de origem ígnea e sedimentar, ortogranulitos e migmatitos. As principais ocorrências de ortognaisses são encontradas nas áreas de Uruará, Maribel e Manelão e são representados por ortognaisses metaluminosos com *boudins* de anfibolito e estruturas migmatíticas localizadas (Vasquez *et al.* 2008). Os ortognaisses são formados por metatonalitos e metagranodioritos com biotita e hornblenda, e metamonzogranitos e metaquartzo dioritos subordinados, com texturas poligonais e porfiroclásticas (Vasquez *et al.* 2008). Por meio de suas feições texturais é possível inferir que essas rochas foram metamorfasadas sob condições de fácies anfibolito médio (Vasquez *et al.* 2005). Macambira *et al.* (2009) obtiveram idades U-Pb SHRIMP e idades Pb-Pb de evaporação de zircão de 2.671 ± 3 e 2.440 ± 1 Ma para essas rochas. Segundo Besser (2012), devido à sua composição juvenil, essas rochas podem representar um arco de ilhas ou uma suíte tonalito-trondhjemitó granodiorito (TTG).

Faraco *et al.* (2005) incluíram unidades de alto grau ao embasamento do terreno. Dentre estas unidades estão: Suíte Granulítica Direita, formada por corpos

alongados de direção WNE e compostos por granulitos quartzo-feldspáticos cortados por veios de pegmatitos e granitos. Feições miloníticas são frequentes.

O Complexo Kinzigítico Ipiaçava forma uma faixa de direção NW-SE delimitada por imagens de satélite e mapas aerogeofísicos.

O Piriclasito Rio Preto é representado por corpos alongados de orientação WNW-ESE, compostos por granulitos máficos a dois piroxênios, inseridos na unidade Enderbitto Cajazeiras, relacionadas ao Complexo Pium, unidade mais antiga da Província Carajás (Oliveira *et al.* 1994).

O Complexo Enderbítico Cajazeiras engloba rochas cálcio-alcálinas, metaluminosas e ricas em ETR leves, semelhantes a rochas de arcos de ilhas. Podem estar milonitizadas.

O Complexo Xingu é constituído por gnaisses tonalíticos, granodioríticos (2.974 ± 15 Ma, Pb-Pb em zircão) e dioríticos de médio a alto grau metamórfico e migmatitos (2.859 ± 2 e 2.851 ± 4 Ma, Machado *et al.* 1991).

Composto por anfibolitos, metagranitoides e ortognaisses, o Complexo Aruanã se localiza nas porções nordeste e leste da Folha Rio Bacajá e engloba rochas neoarqueanas (Besser & Barros, 2016). O Anfibolito Armezinho aflora como faixas estreitas de direção WNW no nordeste do terreno e está em contato tectônico com gnaisses e granitos também do Complexo Aruanã. O Anfibolito Armezinho possui feições de metamorfismo térmico, o que permite posicioná-lo estratigraficamente abaixo dos granitoides. Os ortognaisses e metagranitoides do complexo afloram nas porções nordeste e leste do Terreno, e compreendem tonalitos, monzogranitos e sienogranitos de idade de cristalização de $2.586,9 \pm 4,6$ Ma (Pb-Pb em zircão, Besser & Barros 2016).

2.2 GRUPO TRÊS PALMEIRAS

O Grupo Três Palmeiras é formado por rochas supracrustais metamorfasadas, e corresponde a um *greenstone-belt* de idade sideriana (João *et al.* 1987). As rochas máficas do Grupo Três Palmeiras possuem composição química que varia entre toleítos de arcos de ilhas e MORB (João *et al.* 1987). Dados de isótopos de Nd caracterizam fontes mantélicas para essas rochas, com pouca ou nenhuma contaminação crustal, o que corrobora com a hipótese de que essas rochas foram formadas em ambientes de arcos de ilha (Macambira *et al.* 2009).

A gênese do Grupo Três Palmeiras pode ter relação com o lançamento de porções de arcos de ilhas ou de assoalho oceânico contra a margem continental ativa, o que posicionou essas rochas em meio a unidades continentais mais jovens (Besser, 2012). Faraco *et al.* (2005) dividem o Grupo Três Palmeiras em duas partes, uma inferior, representada pelos metabasaltos e anfibolitos da Formação Itatá, e uma superior, descrita como Micaxisto Bacajá.

A Formação Itatá compreende xistos e anfibolitos ortoderivados, metatufos e rochas metavulcânicas ácidas a intermediárias, metamorfisadas em fácies xisto verde a anfibolito (João *et al.*, 1987). Faraco *et al.* (2005) e Besser & Barros (2016) descrevem feições de metamorfismo térmico e deformação geradas pela intrusão do Complexo Bacajaí Suíte Granítica Arapari, Suíte Granítica São Jorge e Granodiorito Oca.

A Formação Bacajá corresponde à porção superior do *greenstone-belt* Três Palmeiras (Faraco *et al.*, 2005). É composta por rochas metassedimentares, metavulcânicas ácidas a intermediárias, filitos, quartzitos e formações ferríferas bandadas, metamorfisadas em fácies xisto verde a anfibolito (João *et al.* 1987, Besser & Barros 2016). Os filitos e quartzitos da Formação Bacajá ocorrem na forma de lentes com larguras decimétricas e comprimentos quilométricos, adjacentes à Formação Itatá (Besser & Barros, 2016).

2.3 COMPLEXO BACAJAÍ

O Complexo Bacajaí foi descrito na área da Folha Altamira (João *et al.* 1987) como Granulito Bacajaí, compreendendo granulitos enderbíticos e charnockíticos com ortopiroxênio de assinatura cálcio-alcálica. Na Folha Rio Bacajá, Besser & Barros (2016) descrevem metaquartzo dioritos, metaquartzo monzodioritos, metatonalitos, metagranodioritos e monzogranitos.

Apesar de se assemelharem às rochas das suítes Arapari e João Jorge I e II em campo, a posição estratigráfica do Complexo Bacajaí acima das rochas do Grupo Três Palmeiras é confirmada por dados geocronológicos (Besser & Barros 2016). Faraco *et al.* (2005) e Monteiro (2006) obtiveram idades entre 2.114 Ma e 2.094 Ma para as rochas do Complexo Bacajaí (U-Pb SHRIMP e Pb-Pb evaporação em zircão, respectivamente). Besser & Barros (2016) obtiveram idade média de aproximadamente 2.112 Ma para essas rochas (Pb-Pb, evaporação em zircão). Além dos dados geocronológicos, a presença de textura granoblástica,

clinopiroxênio, biotita avermelhada e crescimento de muscovita a partir da sericitização do plagioclásio, corroboram para a individualização dessa unidade (Besser & Barros 2016). Segundo Barros *et al.* (2023) os granitoides do Complexo Bacajaí têm assinatura cálcio-alcálica de baixo a médio K. De acordo com diagramas geotectônicos essas rochas correspondem a granitos de arcos vulcânicos e granitos relacionados à subducção e sua origem pode estar relacionada à fusão parcial de fontes crustais e mantélicas sob altas pressões (Barros *et al.* 2023).

2.4 SUÍTES GRANÍTICAS INTRUSIVAS

Faraco *et al.* (2005) caracterizam o Complexo Jacaré, uma faixa de direção EW, composta por monzogranitos protomiloníticos, metamonzogranitos, tonalitos, trondhjemitos. De modo subordinado afloram metagranodioritos e metassienogranitos. Os autores obtiveram idades U-Pb (SHRIMP) em metatonalitos de $2.313 \pm 9,5$ Ma para essas rochas. O Complexo Valentim compreende gnaisses, migmatitos, metatonalitos, metagranodioritos e metamonzogranitos, e ocorre como uma faixa NW-SE. São observados *boudins* de gabro, gnaisses e migmatitos (Faraco *et al.* 2005). Essas rochas possuem texturas granoblásticas porfiroclásticas e foram metamorfasadas em fácies xisto verde a anfibolito superior e, posteriormente deformadas.

João *et al.* (1987) descrevem uma unidade chamada Granodiorito Anapu, constituída por tonalitos, quartzo dioritos, trondhjemitos e granodioritos foliados, com enclaves anfibolíticos. Vasquez & Rosa-Costa (2008) agruparam o granodiorito Anapu a um conjunto de chamoquitos e chamoenderbitos orientados na direção WNW-ESE e que compõem a Suíte Intrusiva Arapari. Besser & Barros (2016) descrevem monzodioritos, tonalitos, granodioritos e monzogranitos foliados nessa unidade. Os contatos da Suíte Arapari com o Complexo Bacajaí e com as rochas metabásicas da Formação Itatá são tectônicos, controlados por zonas transcorrentes destrais (Besser & Barros 2016). Foram obtidas idades entre 2.086 e 2.069 Ma para as rochas da Suíte Intrusiva Arapari (Pb-Pb e U-Pb em zircão, Vasquez & Rosa-Costa 2008). Segundo Barros *et al.* (2023), essas rochas são cálcio-alcálicas a álcali-cálcicas e são comparáveis a granitos de arcos magmáticos. Esses autores obtiveram idade de 2.072 ± 4 Ma (U-Pb em zircão) para um quartzo monzodiorito dessa unidade. De acordo com Vasquez *et al.* (2008), o *emplacement* da Suíte

Arapari foi fortemente controlado por tectônica transcorrente, atribuindo à essas rochas origem sin-transcorrente.

A Suíte Intrusiva João Jorge é descrita por João *et al.* (1987) e Faraco *et al.* (2005) como batólitos alongados orientados NW-SE, sin-cinemáticos, intrusivos no Complexo Xingu, no Piriclasito Preto e no Anfibolito Itatá. São descritos monzogranitos e sienogranitos. Os corpos graníticos são seccionados por zonas de cisalhamento transcorrentes sinistrais, as quais controlaram o posicionamento crustal dessas rochas (Vasquez & Rosa-Costa 2008). As suítes Arapari e João Jorge são agrupadas por Vasquez & Rosa-Costa (2008) às Suítes Plutônicas Pós-Colisionais do Terreno Bacajá. Segundo Delor *et al.* (2003), associações pós-colisionais semelhantes às suítes Arapari e João Jorge ocorrem no Escudo das Guianas, pertencente aos domínios transamazônicos do Cráton Amazônico e são representadas por granitoides entre 2,07 e 2,06 Ga encaixados ao longo de falhas transcorrentes sinistrais WNW-ESE.

Na Folha Rio Bacajá, Besser & Barros (2016) distinguiram a Suíte João Jorge em dois grupos faciológicos, sendo o primeiro formado por monzogranitos e sienogranitos, e o segundo composto por sienitos e monzonitos. Seus contatos com o Complexo Aruanã são tectônicos e com a Formação Itatá são intrusivos, evidenciados pela presença de *hornfels*. Segundo Besser & Barros (2016), o primeiro grupo faciológico composto por monzogranitos e sienogranitos possui assinatura cálcio-alkalina de alto potássio a álcali-cálcica com afinidade metaluminosa. Em diagramas geotectônicos essas rochas são compatíveis com granitos de arcos magmáticos com transição para colisão continental (Besser & Barros 2016, Barros *et al.* 2023).

O segundo grupo, composto por sienitos e monzonitos, possui assinatura shoshonítica, cálcio-alkalina, peralcalinas a metaluminosas, e suas rochas se agrupam na interface entre granitos sin-colisionais/de arcos magmáticos e granitos intraplaca, comportamento geoquímico comum em rochas pós-colisionais (Besser & Barros 2016, Barros *et al.* 2023). Por meio de datação por evaporação de Pb em zircão, Vasquez *et al.* (2005) obtiveram uma idade de 2.077 ± 2 Ma para um monzogranito da Suíte Intrusiva João Jorge, e Barros *et al.* (2023) obtiveram idade de 2.076 Ma para um álcali-feldspato sienito. Idades TDM de 2.210 Ma e assinaturas de ϵNd positivas (+1,51) sugerem curto período de residência crustal e,

possivelmente, contribuições mantélicas durante a produção de magmas shoshoníticos (Barros *et al.* 2023).

O Granitoide Felício Turvo ocorre como corpos lenticulares subconcordantes a concordantes com as estruturas regionais do Terreno Bacajá (Faraco *et al.* 2005). São descritos monzogranitos com granodioritos subordinados, foliados, metamorfisados em fácies xisto verde a anfíbolito. Souza *et al.* (2003) obtiveram idades Pb-Pb de 2.069 ± 6 Ma para essa unidade. Incluso na Suíte Anorogênica de 1,88 Ga (Faraco *et al.* 2004), o Granodiorito Oca é intrusivo no Grupo Três Palmeiras. Nele predominam granodioritos com trondhjemitos e granitos subordinados (Faraco *et al.* 2005).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras utilizadas foram coletadas por Carlos Eduardo de Mesquita Barros e Marcell Leonard Besser na região da Folha Rio Bacajá durante a etapa de mapeamento do Projeto Pronageo: Mapeamento geológico e recursos naturais da Folha Rio Bacajá (CPRM-UFPR-FUNPAR), em 2012.

Para a elaboração desta dissertação se faz necessária a abordagem do tema de estudo a partir de diversas etapas, as quais consistem em: revisão bibliográfica; análise de susceptibilidade magnética de amostras de mão; análise petrográfica por microscopia ótica em luzes transmitida e refletida; microscopia eletrônica de varredura, com análise semiquantitativa por Espectrometria de Dispersão de Energia (MEV-EDS) e análise de química mineral por microsonda eletrônica.

3.1 ANÁLISE PETROGRÁFICA

Foi realizada a descrição de 32 lâminas petrográficas (Quadro 1). Foram selecionadas rochas representativas do Complexo Bacajaí e das suítes intrusivas Arapari e João Jorge I e II (Figura 3). Foram evitadas rochas com alto grau de alteração e deformação. As rochas foram descritas com base em sua composição mineral e aspectos estruturais e texturais utilizando-se os trabalhos de Deer *et al.* (1992), Passchier & Trouw (2005) e Wernick (2004). Porcentagens modais foram estimadas visualmente utilizando os diagramas desenvolvidos por Shvetsov (1954).

As seguintes faixas granulométricas foram utilizadas neste trabalho: <0,1 mm – muito fina; 0,1 a 1 mm – fina; 1 a 4 mm – média; 4 a 16 mm – grossa.

As análises petrográficas em luz transmitida foram realizadas em microscópio petrográfico de marca Olympus modelo BX-60; as análises petrográficas em luz refletida foram realizadas em microscópio Leica DM2500 P, disponíveis no Laboratório de Pesquisa em Microscopia (LAPEM), do Departamento de Geologia da UFPR. As fotomicrografias foram feitas no Instituto Laboratório de Análise de Minerais e Rochas (iLAMIR) com o auxílio de câmera AxioCam HRc, acoplada a microscópio Zeiss Imager.A2m, utilizando o *software* de captura *Image ProPlus*.

Os minerais foram abreviados com base na lista de nomenclaturas aprovadas pela Comissão de Novos Minerais e Nomes de Minerais (CNMNM) da Associação Mineralógica Internacional (IMA) em 2021.

Quadro 1 – Quantidade de lâminas petrográficas de cada unidade geológica. CB: Complexo Bacajai; SIA: Suíte Intrusiva Arapari; SIJJ I: Suíte Intrusiva João Jorge I; SIJJ II: Suíte Intrusiva João Jorge II.

Unidade	Lâminas petrográficas
CB	7
SIA	9
SIJJ I	12
SIJJ II	4

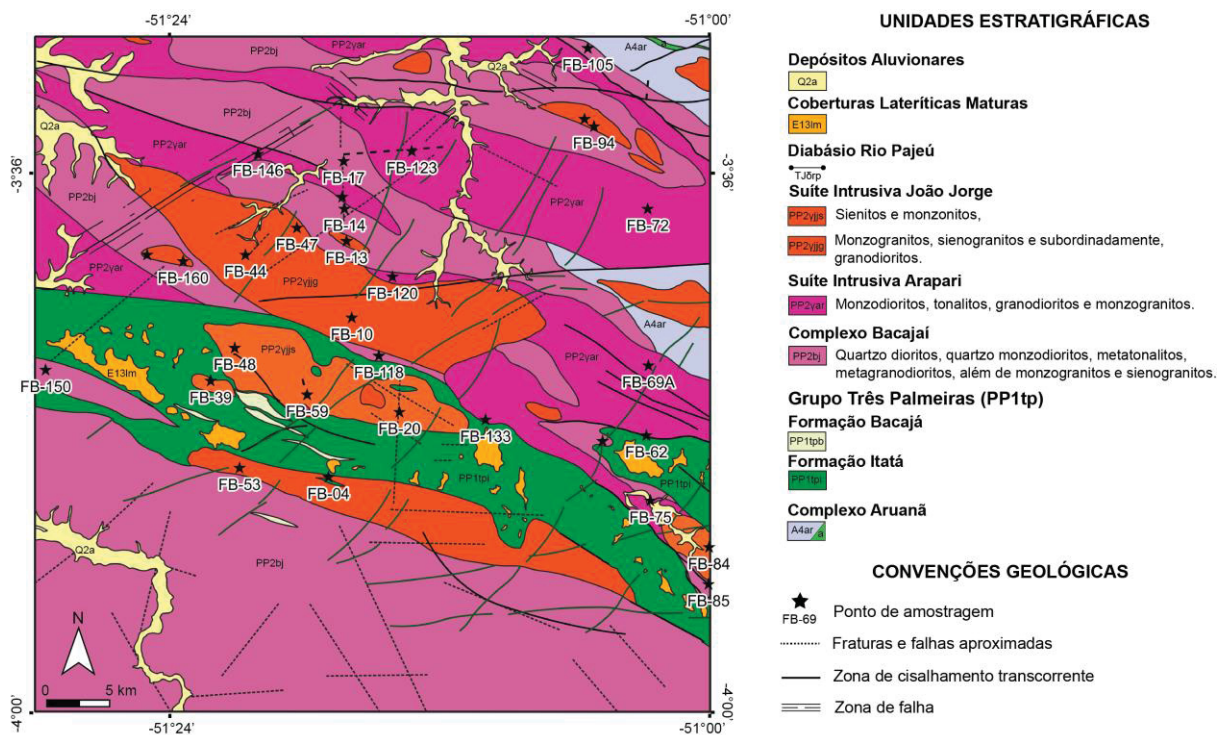


Figura 3 - Mapa geológico simplificado com pontos de amostragem. Fonte: Adaptado de Besser & Barros (2015).

3.2 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA – MEV

A partir das 32 lâminas petrográficas descritas em microscópio óptico foram selecionadas 3 amostras do Complexo Bacajaí, 4 da Suíte Intrusiva Arapari, 5 da Suíte João Jorge I e 2 da Suíte João Jorge II, totalizando 14 amostras. As amostras de mão foram cortadas em tabletes de aproximadamente 8 cm x 5 cm no Laboratório de Laminação Petrográfica (LAMIN) e enviadas para o laboratório Geolab para a confecção de lâminas petrográficas polidas.

A partir das 14 lâminas petrográficas, foram selecionadas 6 lâminas para a análise da composição química de minerais opacos por MEV-EDS. Os parâmetros utilizados na seleção dessas amostras foram: 1) menor grau de alteração e intemperismo; 2) menor grau de deformação e 3) maior porcentagem de minerais opacos.

As análises foram realizadas no Centro de Microscopia Eletrônica (CME-UFPR) com microscópio eletrônico de varredura de marca TESCAN e modelo VEGA3 LMU. As condições de operação do equipamento estão descritas no Quadro 2. A metalização das lâminas petrográficas foi realizada com ouro.

Quadro 2 - Condições de operação do MEV-EDS. Fonte: CME-UFPR (2024).

Condições de operação – MEV-EDS	
Tensão de aceleração	15,0 kV
Magnificação	200 - 1500 x
Distância de operação	9,96 - 15,02 mm
Detector	Elétrons retroespalhados
Vácuo	Alto vácuo

3.3 MICROSSONDA ELETRÔNICA – ME

Após a descrição petrográfica foram escolhidos os cristais a serem analisados. Em seguida, foram traçados mapas de pontos sobre as 14 lâminas polidas. Os minerais analisados são: feldspato alcalino, plagioclásio, biotita e anfibólio. A seleção dos cristais levou em consideração diferentes granulometrias, a presença de pertitas, mirmequitas e zoneamentos. Além disso, buscou-se evitar cristais muito alterados.

As 14 lâminas foram então enviadas para o Laboratório de Microanálises (LAMICRO) do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (IG-UFPA), onde foram realizadas as análises de química mineral com microsonda eletrônica

JEOL JXA-8230, equipada com 5 espectrômetros WDS. As condições de operação do equipamento são descritas a seguir: voltagem de aceleração constante = 15kV, corrente do feixe de elétrons = 20nA, diâmetro do feixe de elétrons = 10µm, método de correção dos efeitos de matriz = ZAF, tempo de contagem = 30 s para análise de Na, F e Cl e 20 s para os demais elementos.

Os elementos analisados, padrões e cristais analisadores utilizados foram, respectivamente: Na - sodalita - TAP, Al - coríndon - TAP, Si - quartzo - TAP, F – fluorita - TAP, Mg - periclásio - TAP, Sr - celestina - TAP, Ca - wollastonita - PETJ, K - microclina - PETJ, Fe - Fe₃O₄ - LIF, Mn - rhodonita - LIF, Ba - barita - LIF, Cl – sodalita- PETH, Ti - rutilo - PETH. Foram realizadas análises pontuais no centro, porções intermediárias e bordas dos cristais selecionados, assim como em porções onde há a suspeita de variação composicional (zoneamentos, intercrescimentos etc). No total foram realizadas análises em 539 pontos, sendo 156 em feldspato alcalino, 213 em plagioclásio, 72 em biotita e 98 em anfibólio (Tabela 1).

Tabela 1 – Relação das amostras utilizadas para análises com microsonda eletrônica. (Continua)

Unidade	Amostra	Mineral analisado	Cristais analisados	Qte. análises
CB	FB-14	Plagioclásio	4	29
		Biotita	1	5
	FB-133	Microclínio	1	5
		Plagioclásio	3	25
		Biotita	1	5
	FB-150	Plagioclásio	4	32
		Biotita	1	5
		Anfibólio	2	13
	FB-15	Microclínio	2	12
		Plagioclásio	2	14
		Biotita	1	7
SIA	FB-85	Microclínio	2	15
		Plagioclásio	2	18
		Biotita	1	5
		Anfibólio	2	14
	FB-123	Plagioclásio	2	10
		Biotita	1	5
		Anfibólio	1	4
	FB-146	Microclínio	2	14
		Plagioclásio	2	18
		Biotita	1	5
		Anfibólio	2	14

Tabela 1 – Relação das amostras utilizadas para análises com microsonda eletrônica. (Conclusão)

Unidade	Amostra	Mineral analisado	Cristais analisados	Qte. análises
SIJJ I	FB-13	Microclínio	2	16
		Plagioclásio	2	17
		Biotita	1	10
	FB-44	Microclínio	2	15
		Plagioclásio	1	9
		Biotita	1	5
	FB-47	Microclínio	1	9
		Plagioclásio	2	18
		Biotita	1	5
	FB-131	Microclínio	2	13
		Plagioclásio	1	5
		Biotita	2	10
		Anfibólio	2	14
	FB-147	Microclínio	2	15
		Plagioclásio	2	18
		Biotita	1	5
SIJJ II	FB-20	Microclínio	3	28
		Anfibólio	3	23
	FB-39	Microclínio	2	14
		Anfibólio	3	16

3.3.1 Química mineral

As fórmulas estruturais dos minerais foram calculadas a partir das análises químicas fornecidas pela microsonda eletrônica, cujos dados foram fornecidos em óxidos. Os cálculos foram feitos com planilhas eletrônicas *GabbroSoft*.

- Feldspatos: cálculo estrutural na base de 32 átomos de oxigênio por malha unitária. Os cristais foram classificados com base em seus teores de moléculas de ortoclásio - Or (KAlSi_3O_8), albita - Ab ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) e anortita - An ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) conforme a classificação proposta por Deer *et al.* (1992).
- Anfibólio: cálculo estrutural na base de 23 oxigênios a partir da classificação de Leake *et al.* (1997). Os cristais foram classificados com base em seus teores de Ca, Na, K, Ti, Mg, Fe^{2+} e Si a.f.u. (átomos por fórmula unitária). O diagrama de Anderson & Smith (1995) e o diagrama $\log f\text{O}_2$ vs $T^\circ\text{C}$ foram utilizados para estimativa da fugacidade de oxigênio durante a cristalização do anfibólio.

- Biotita: cálculo estrutural na base de 22 oxigênios de acordo com a sugestão de Rieder *et al.* (1998), pois não há análises de H₂O, para micas analisadas por microsonda eletrônica. A classificação da biotita foi realizada com base em Deer *et al.* (1992). Os cristais foram classificados a partir dos componentes siderofilita ($K_2Fe_4Al_2[Si_4Al_4O_{20}](OH)_4$), eastonita ($K_2Mg_4Al_2[Si_4Al_4O_{20}](OH)_4$), anita ($K_2Fe_6[Si_6Al_2O_{20}](OH)_4$) e flogopita ($K_2Mg_6[Si_6Al_2O_{20}](OH)_4$). O diagrama de Nachit *et al.* (2005) foi utilizado para a distinção entre biotita primária, primária reequilibrada e secundária. Os dados químicos foram plotados nos diagramas discriminantes de Rossi & Chevremont (1987) e Abdel-Rahman (1994). A partir da composição química da biotita foram utilizados os diagramas de Nachit *et al.* (2005) para classificar corpos graníticos dentro de associações magmáticas e para a discriminação de diferentes gerações de biotita, respectivamente, e de Rossi & Chevremont (1987), Abdel-Rahman (1994) e Anderson *et al.* (2008) para a classificação de associações magmáticas.

3.3.1.1 Geotermobarometria

A partir dos cálculos de fórmulas estruturais foram aplicados geobarômetros embasados no valor de Al_{total} em cristais de hornblenda (Hollister *et al.* 1987, Johnson & Rutherford 1989, Schmidt 1991, Mutch *et al.* 2016) das rochas do CB, SIA e SIJJ I. Para isto foram utilizadas análises feitas nas bordas dos cristais de hornblenda. Não foram realizados os cálculos barométricos para SIJJ II em decorrência de as rochas dessa unidade não possuírem a paragênese mineral necessária.

Foram aplicados geotermômetros baseados no par anfibólio-plagioclásio (Blundy & Holland 1990, Holland & Blundy 1994), em óxidos em anfibólio (Ridolfi *et al.* 2010) e em anfibólios cálcicos (Putirka 2016, equação 5) às rochas de todas as unidades. Em decorrência da alta quantidade de Fe dos cristais de anfibólio das amostras FB-150 (monzogranito) e FB-123 (quartzo monzodiorito), do CB e SIA, respectivamente, não foi possível o cálculo de sua temperatura a partir do trabalho de Ridolfi *et al.* (2010), devido à sensibilidade da fórmula à quantidade de FeO. As calibrações de Blundy & Holland (1990) e Holland & Blundy (1994) não foram

utilizadas para as rochas da SIJJ II pois não foram analisados cristais de plagioclásio dessa unidade.

Os cálculos de geotermobarometria foram realizados utilizando planilhas eletrônicas disponíveis nos materiais suplementares dos trabalhos utilizados.

3.4 SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA - SM

Um total de 6 amostras do Complexo Bacajaí, 9 da Suíte Intrusiva Arapari, 9 da Suíte Intrusiva João Jorge I e 3 da Suíte Intrusiva João Jorge II foram submetidas a medidas de susceptibilidade magnética, obtidas com a utilização do susceptibilímetro Kappameter KT-5 de marca SatisGeo, com sensibilidade da ordem de 1×10^{-5} SI, e que permite medir materiais com SM entre 0,00 a 999×10^{-3} SI. O susceptibilímetro foi disponibilizado pelo Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada da UFPR (LPGA-UFPR).

As medidas de SM foram realizadas em superfícies serradas das amostras de mão, a fim de proporcionar o contato homogêneo com o sensor do equipamento, evitando faces com visível alteração intempérica. Foram realizadas 3 medidas por amostra de mão, com uma medição de espaço vazio entre elas, com o intuito de aumentar a confiabilidade da medição. A média dos três resultados foi considerada representativa da SM de cada amostra.

Os dados obtidos foram organizados e tratados em planilhas eletrônicas, a partir das quais foram gerados histogramas de frequência, utilizados para discutir a evolução magmática dos granitoides com base em seu conteúdo de minerais opacos.

4 RESULTADOS

Esse capítulo corresponde ao manuscrito que será submetido à revista *Brazilian Journal of Geology* e será traduzido para o inglês e formatado segundo as normas da revista.

QUÍMICA MINERAL DE GRANITOIDES PALEOPROTEROZOICOS DA FOLHA RIO BACAJÁ, TERRENO BACAJÁ, PROVÍNCIA TRANSAMAZONAS

Flávia Lanaro De Grande¹, Eleonora Maria Gouvêa Vasconcellos², Carlos Eduardo de Mesquita Barros¹

¹Universidade Federal do Paraná; ²Programa de Pós-Graduação em Geologia
– Universidade Federal do Paraná

RESUMO: A Folha Rio Bacajá se localiza na porção sul do Terreno Bacajá e seu arcabouço geológico abrange o embasamento neoarqueano, rochas supracrustais metassedimentares e rochas plutônicas paleoproterozoicas. Dentre as rochas aflorantes nessa região, destacam-se os granitoides riacianos do Complexo Bacajaí e as suítes intrusivas Arapari e João Jorge, associados a fases sin a tardi-colisionais de um orógeno. Estudos de detalhe sobre a química mineral e condições de cristalização (pressão, temperatura, fugacidade de oxigênio) destas unidades se fazem necessários em decorrência do potencial econômico da região, denotado pelas mineralizações de ouro e cobre, e do alto potencial de exploração de rochas ornamentais. Tais informações possuem potencial para auxiliar na estimativa das condições de cristalização dos magmas e na contextualização geotectônica do Terreno Bacajá, assim como na busca por bens minerais. Este trabalho envolveu análises petrográficas destes granitoides, análises de microsonda eletrônica em feldspatos, biotita e anfibólio e análises de MEV-EDS em fases opacas. A partir dos resultados obtidos foi presumida cristalização sob condições com fugacidade de oxigênio intermediária para o Complexo Bacajaí, e alta fugacidade de oxigênio para as demais unidades. Para essas rochas, foi interpretada origem magmática em profundidades acima de 10 kbar, seguida por ascensão crustal rápida e colocação em profundidades rasas a intermediárias, entre 11 e 28 km, concomitante a esforços compressivos. A afinidade dos granitoides da Folha Rio Bacajá com as séries magmáticas cálcio-alcálica, peraluminosa e ferro-potássica permitiu relacionar essas rochas aos estágios sin a tardi-tectônicos e a estágios sin-transcorrentes, com fontes magmáticas em profundidades variadas.

Palavras-chave: Faciologia de granitos; hornblenda, geotermobarometria.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre a porção sul da Província Transamazônica, denominada de Terreno Bacajá, avançou significativamente desde os levantamentos geológicos pioneiros na região (João *et al.*, 1987; Faraco *et al.*, 2005; Barros *et al.*, 2007; Vasquez *et al.*, 2008; Macambira *et al.*, 2009). Nas duas últimas décadas,

esforços foram direcionados à caracterização dos plútons riacianos aflorantes na Folha Rio Bacajá, com estudos abordando suas características petrológicas, estruturais, geoquímicas e isotópicas (Vasquez et al. 2008, Besser 2012, Besser & Barros 2016, Perico et al. 2017, Alves 2020, Barros et al. 2023, Pimentel 2024).

Este trabalho busca apresentar os primeiros dados de química mineral em feldspato alcalino, plagioclásio, biotita e anfibólio dos granitoides da Folha Rio Bacajá, assim como estimativas das condições de pressão, temperatura e fugacidade de oxigênio durante a cristalização dessas unidades, a fim de contribuir para a contextualização geotectônica do Terreno Bacajá e para a prospecção de recursos minerais na região.

2. GEOLOGIA REGIONAL

A Província Transamazonas (Santos et al. 2000) é uma das seis províncias geocronológicas do Cráton Amazônico e sua evolução geodinâmica se deu durante Ciclo Transamazônico, entre o Riacyano e Orosiriano (2,2 a 1,9 Ga). O Terreno Bacajá corresponde à porção sul da Província Transamazonas, situado diretamente a norte da província arqueana Carajás (Vasquez & Rosa-Costa 2008) e sua evolução está estreitamente relacionada a ela.

A Folha Rio Bacajá se localiza na porção norte do Terreno Bacajá e nela afloram anfibolitos, metagranitoides e ortognaisses neoarqueanos ($2.586,9 \pm 4,6$ Ma, Pb-Pb em zircão) do Complexo Aruanã (Besser & Barros 2016), metatoleítos e metapelitos siderianos metamorfisados em fácies xisto verde a anfibolito (João et al. 1987), e granitoides riacianos sin a tardi-colisionais pertencentes ao Complexo Bacajaí, Suíte Intrusiva Arapari e Suíte Intrusiva João Jorge (João et al. 1987, Faraco et al. 2005, Vasquez et al. 2008, Macambira et al. 2009, Besser & Barros 2016, Barros et al. 2023).

O Complexo Bacajaí (2,1 Ga) consiste em charnoquitos e granitoides cálcio-alcalinos de baixo a médio K, associados a granitos de arcos vulcânicos e granitos relacionados à subducção (Faraco et al. 2005, Monteiro 2006, Besser & Barros 2012, Barros et al. 2023). As suítes Arapari e João Jorge (2.086 ± 5 Ma and 2.096 ± 6 Ma) são compostas por plútons alongados e tiveram sua colocação controlada por falhas transcorrentes regionais de direção NW-SE a WNW-ESE (João et al. 1987, Faraco et al. 2005, Barros et al. 2023). A Suíte Arapari compreende rochas cálcio-

alcalinas a álcali-cálcicas, comparáveis a granitos de arcos magmáticos (Barros *et al.* 2023).

A Suíte João Jorge, dividida em dois grupos faciológicos, corresponde a granitos cálcio-alcalinos de alto K a álcali-cálcicos com afinidade metaluminosa, associados a granitos de arcos magmáticos com transição para granitos de colisão continental (grupo I), e granitoides shoshoníticos, cálcio-alcalinos a peralcalinos metaluminosos, relacionados a granitos sin-colisionais/de arcos magmáticos e granitos intraplaca (grupo II) (Besser & Barros 2016, Barros *et al.* 2023). Vasquez *et al.* (2008) associam os granitoides das suítes Arapari e João Jorge a granitos controlados por zonas transcorrentes e com significativa composição crustal, similares a demais associações pós-colisionais intraplaca.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras descritas foram coletadas durante a etapa de mapeamento do Projeto Pronageo: Mapeamento geológico e recursos naturais da Folha Rio Bacajá (CPRM-UFPR-FUNPAR), em 2012, pelos geólogos Carlos Eduardo de Mesquita Barros e Marcell Leonard Besser.

Foram descritas 32 lâminas petrográficas representativas do Complexo Bacajaí (CB), Suíte Intrusiva Arapari (SIA), Suíte Intrusiva João Jorge I (SIJJ I) e Suíte Intrusiva João Jorge II (SIJJ II) segundo sua assembleia mineral e aspectos texturais e estruturais, com base nos trabalhos de Deer *et al.* (1992), Passchier & Trouw (2005) e Wernick (2004). Diagramas propostos por Shvetsov (1954) foram utilizados para estimar porcentagens modais de minerais. As análises petrográficas em luz transmitida e refletida foram realizadas no Laboratório de Pesquisa em Microscopia (LAPEM-UFPR), utilizando microscópios Olympus BX-60 e Leica DM2500 P, respectivamente. As fotomicrografias foram feitas com câmera AxioCam HRc acoplada a microscópio Zeiss Imager.A2m, utilizando o *software* de captura Image ProPlus, disponíveis no Instituto Laboratório de Análise de Minerais e Rochas (iLAMIR-UFPR). Foi seguida a lista de nomenclaturas aprovadas pela Comissão de Novos Minerais e Nomes de Minerais (CNMNM) da Associação Mineralógica Internacional (IMA) em 2021. A tabela de sumarização de dados petrográficos pode ser consultada no Apêndice 1.

Análises de MEV-EDS em fases minerais opacas foram realizadas no Centro de Microscopia Eletrônica (CME-UFPR) utilizando microscópio eletrônico de

varredura TESCAN VEGA3 LMU (Quadro 3). As lâminas petrográficas foram metalizadas com ouro.

Quadro 3 - Condições de operação do MEV-EDS. Fonte: CME-UFPR (2024).

Condições de operação – MEV-EDS	
Tensão de aceleração	15,0 kV
Magnificação	200 - 1500 x
Distância de operação	9,96 - 15,02 mm
Detector	Elétrons retroespalhados
Vácuo	Alto vácuo

Cristais de feldspato alcalino, plagioclásio, biotita e anfibólio de 14 lâminas petrográficas foram analisados por microsonda eletrônica JEOL JXA-8230 no Laboratório de Microanálises (LAMICRO) do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (IG-UFPA). As fórmulas estruturais dos minerais foram calculadas com o auxílio de planilhas eletrônicas GabbroSoft. O cálculo de feldspatos foi realizado com base em 32 oxigênios, conforme Deer *et al.* (1992), o anfibólio foi calculado com base no trabalho de Leake *et al.* (1997), levando em conta 23 oxigênios e a fórmula da biotita foi calculada com base em 22 oxigênios, pois não foram realizadas análises de H₂O, e sua classificação seguiu o trabalho de Deer *et al.* (1992). As condições de operação da microsonda assim como as planilhas de química mineral estão disponíveis no Apêndice 2 e 3 desse trabalho.

As pressões de cristalização para o CB, SIA e SIJJ I foram estimadas a partir da quantidade de Al_{total} em anfibólio segundo os trabalhos de Hollister *et al.* (1987), Johnson & Rutherford (1989), Schmidt (1991) e Mutch *et al.* (2016). Não foram estimadas pressões para a SIJJ II pois sua assembleia mineral não é adequada às calibrações utilizadas em decorrência de seus teores insignificantes de plagioclásio. A temperatura de cristalização foi calculada com base nos trabalhos de Blundy & Holland (1990), Holland & Blundy (1994), Ridolfi *et al.* (2010) e Putirka (2016, equação 5), baseados no par anfibólio-plagioclásio, óxidos de anfibólio e anfibólios cálcicos. Não foram aplicadas as calibrações de Blundy & Holland (1990) e Holland & Blundy (1994) à SIJJ II pois não foram feitas análises de plagioclásio. A calibração de Ridolfi *et al.* (2010) não foi utilizada para o monzogranito FB-150 (CB) e quartzo monzodiorito FB-123 (SIA) em decorrência da alta quantidade de Fe em anfibólio.

A susceptibilidade magnética foi obtida com o uso de susceptíbilímetro Kappameter KT-5 SatisGeo, com sensibilidade de 1×10^{-5} SI, disponibilizado pelo

Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada da UFPR (LPGA-UFPR). Foram realizadas três medidas em superfícies serradas de amostras de mão, com uma medida de espaço vazio entre elas. A média dos valores foi considerada representativa da susceptibilidade magnética de cada amostra. Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas e foram elaborados histogramas de frequência e gráficos comparativos.

4. ANÁLISE PETROGRÁFICA

O CB é composto por monzogranitos e sienogranitos subordinados, com estrutura fraca a moderadamente orientada e textura granular, fina a média. Por vezes ocorrem texturas granulares e heterogranulares médias a grossas. Essas rochas são compostas por quartzo (20% a 45%), microclínio (30% a 40%), plagioclásio (10% a 40%) e biotita (<1 a <5%).

A SIA compreende monzogranitos, sienogranitos, álcali-feldspato granitos, tonalitos, granodioritos e quartzo monzodioritos, com estrutura fraca a moderadamente orientada, ocasionalmente maciça e textura granular e heterogranular fina a média. São compostos por quartzo (15% a 40%), microclínio (traços a 60%), plagioclásio (5% a 60%) e biotita (<1% a <5%).

A SIJJ I é composta por monzogranitos e sienogranitos, fraca a moderadamente orientados, com textura granular fina a média e heterogranular média a grossa. Em menor número ocorrem sienitos porfíricos médios a grossos maciços. Essas rochas são formadas por quartzo (25% a 40%), microclínio (30% a 50%), plagioclásio (10% a 30%), e biotita (<1% a <5%).

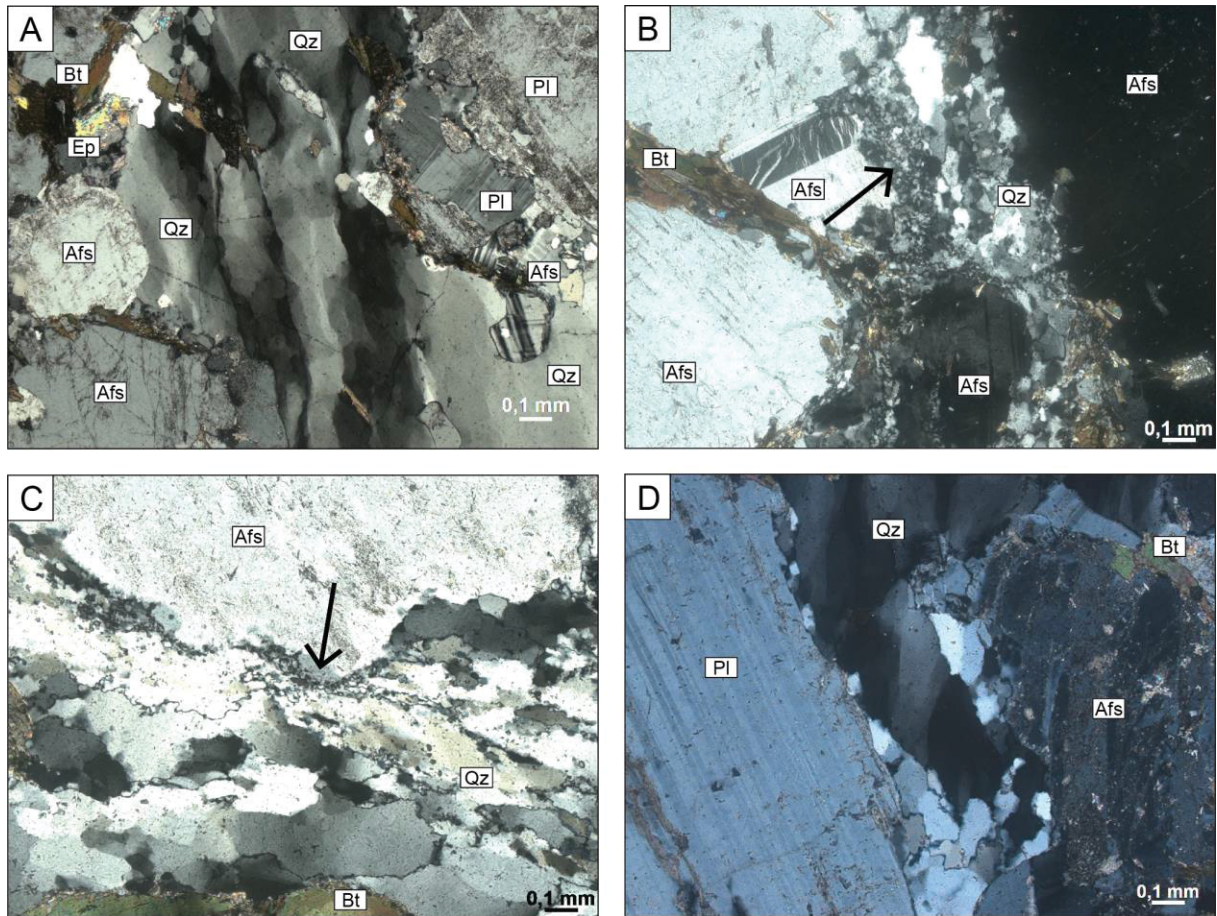
Anfibólio ocorre com pouca frequência nas rochas do CB, SIA e SIJJ I, junto a agregados de biotita, opacos e minerais acessórios.

A SIJJ II abrange quartzo álcali-feldspato sienitos, quartzo sienitos e sienogranitos maciços e textura inequigranular porfírica, por vezes granular média a grossa. A assembleia mineral dessas rochas compreende quartzo (5% a 40%), microclínio (40% a 80%) e plagioclásio (5% a 15%). Biotita ocorre apenas em um quartzo sienito e um sienogranito enquanto anfibólio é descrito em quartzo álcali-feldspato sienitos. São observados núcleos de clinopiroxênio com bordas de anfibólio em quartzo sienitos e quartzo álcali-feldspatos sienitos. Em menor frequência ocorrem fraturas finas preenchidas por muscovita.

Pertitas e mirmequitas são comuns em todas as unidades estudadas. Com frequência é observada biotita alterada para clorita.

Os minerais acessórios dessas unidades são semelhantes, compõem menos de 1% do volume das rochas e são representados por epidoto, titanita, allanita, apatita e zircão. As fases minerais opacas correspondem a magnetita (todas as unidades), ilmenita (CB, SIA, SIJJ I) e pirita (SIJJ I), e compõem <5% dessas rochas. Sericita ocorre como produto da alteração de feldspatos.

O quartzo é anédrico, com dimensões de <0,1 a 6 mm no CB, <0,1 a 3 mm na SIA, 0,1 a 4 mm na SIJJ I e 0,2 a 5,5 mm SIJJ II. É observada orientação preferencial fraca a forte dos cristais no CB, SIA e SIJJ I. Predominam contatos curvos a levemente curvos, mas contatos serrilhados e lobados são comuns às unidades do CB, SIJJ I e SIJJ II. Em todas as unidades são identificadas feições de deformação e recristalização (Figura 4), como extinção ondulante, agregados de subgrãos e de novos grãos. Com exceção da SIJJ II, há em todas as unidades cristais de quartzo estirados e bandas de deformação.

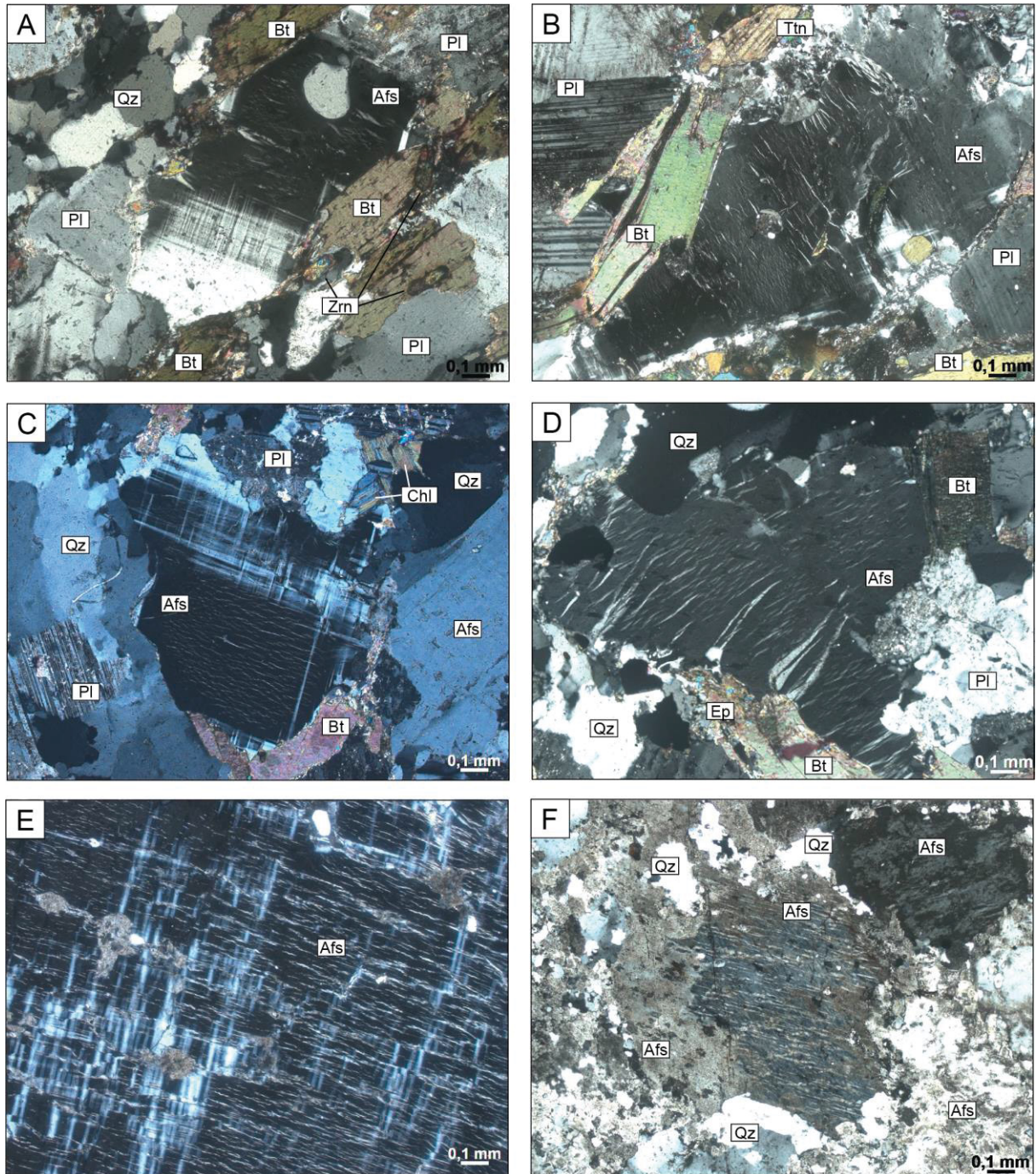


Afs: feldspato alcalino; Bt: biotita; Pl: plagioclásio; Qz: quartzo.

Figura 4 – Fotomicrografias de feições de deformação em quartzo em granitoides da Folha Rio Bacajá, polarizadores cruzados. (A) Cristais de quartzo estirados em um monzogranito (FB-133) do CB; (B) e (C) possuem contatos serrilhados (seta) em agregados de subgrãos de quartzo em um monzogranito (FB-14) do CB e um granodiorito (FB-146) da SIA; (D) quartzo estirado em um monzogranito (FB-13) da SIJJ I.

O microclínio é anédrico, podendo ser subédrico nas rochas da SIJJ I e SIJJ II e mede de 0,1 a 6 mm, exceto em um sienogranito porfirítico da SIJJ I no qual atinge 15 mm. Predominam contatos retos a levemente curvos, sendo observados contatos lobados em cristais da SIJJ II. Não há orientação preferencial dos cristais de microclínio do CB e da SIJJ II. Na SIJJ I predominam cristais não orientados mas observa-se orientação preferencial fraca a moderada em monzogranitos e sienogranitos. A SIA possui microclínio fraco a fortemente orientado. Observa-se geminação em grade moderada a bem desenvolvida não pervasiva, geminação simples não pervasiva e pertitas em chama e venulares (Figura 5). Além dessas, no CB ocorrem pertitas lamelares e interpenetradas, na SIA há pertitas em filetes e interligadas, na SIJJ I há pertitas em barras e filetes e na SIJJ II, interligadas. A sericitização do microclínio é moderada a intensa nas rochas do CB e da SIA e mais branda nas rochas do SIJJ I e SIJJ II, havendo ocorrência de microclínio límpido na

última. Feições de deformação intracristalina são identificadas apenas na SIJJ I e SIJJ II, e consistem em microfraturas preenchidas por quartzo, epidoto e muscovita e *kink bands*, na primeira, e microfraturas preenchidas por muscovita, na segunda. Com exceção de um tonalito da SIA, todas as rochas possuem mais de 10% de microclínio.

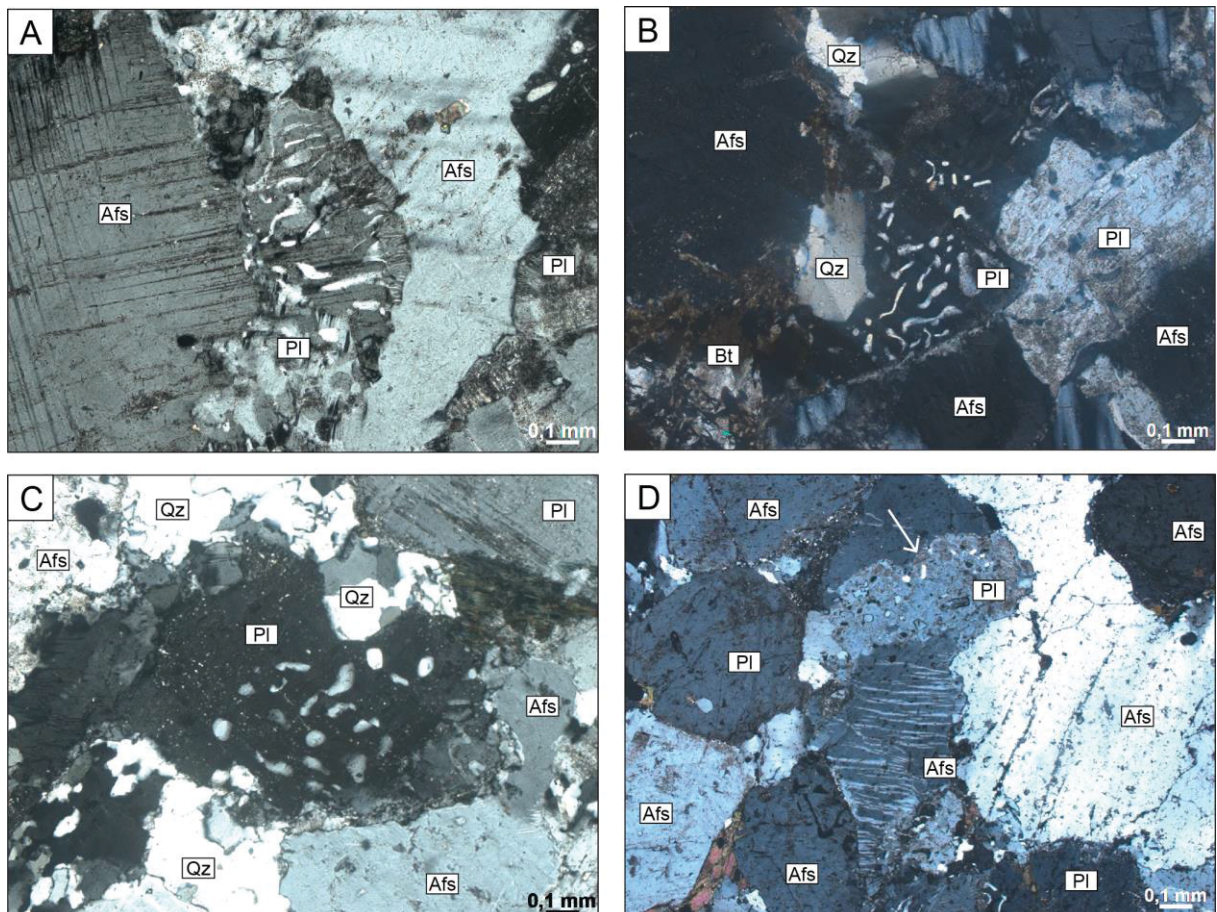


Afs: feldspato alcalino; Bt: biotita; Chl: clorita; Ep: epidoto; Pl: plagioclásio; Qz: quartzo, Ttn: titanita; Zrn: zircão.

Figura 5 – Fotomicrografias de microclínio de granitoides da Folha Rio Bacajá, polarizadores cruzados. (A) Cristal de microclínio com pertitas em chama (porção superior) e geminação em grade bem desenvolvida (porção inferior) em monzogranito (FB-15) da SIA; (B) cristal de microclínio com pertitas em chama e venulares em granodiorito (FB-146) da SIA; (C) geminação em grade bem desenvolvida (porção superior) e pertitas em chama e venulares (porção inferior) em monzogranito

(FB-13) da SIJJ I; (D) pertitas em chama bem desenvolvidas no monzogranito FB-13 (SIJJ I); (E) cristal de microclínio de granulação grossa com pertitas em chama e venulares e geminação em grade pouco desenvolvida em monzogranito (FB-44) da SIJJ I; (F) microclínio com pertitas em chama em quartzo álcali-feldspato sienito da SIJJ II.

O plagioclásio é anédrico a subédrico e mede entre 0,1 e 6 mm no CB, 0,3 e 8 mm na SIA, 0,3 e 5 mm na SIJJ I e 0,2 e 2 mm na SIJJ II. No CB e na SIJJ II não há orientação preferencial, na SIA é observada orientação fraca a moderada e na SIJJ I predominam cristais sem orientação, mas pontualmente, é descrita orientação fraca a moderada. Os contatos são retilíneos a levemente curvos e há contatos lobados na SIJJ II. Há geminação polissintética fraca a moderadamente desenvolvida, pervasiva e zoneamento concêntrico pouco desenvolvido, não pervasivo. Mirmequitas são comuns a todas as unidades, sendo mais frequentes na SIJJ I (Figura 6). Não há feições de deformação intracristalina, com exceção de um granodiorito da SIA, no qual ocorrem *kink bands* moderadamente a bem desenvolvidas, pervasivas, e de um monzogranito e um sienogranito da SIJJ I, nos quais há *kink bands* e microfraturas preenchidas por muscovita. O plagioclásio está fraca a moderadamente sausrutizado.

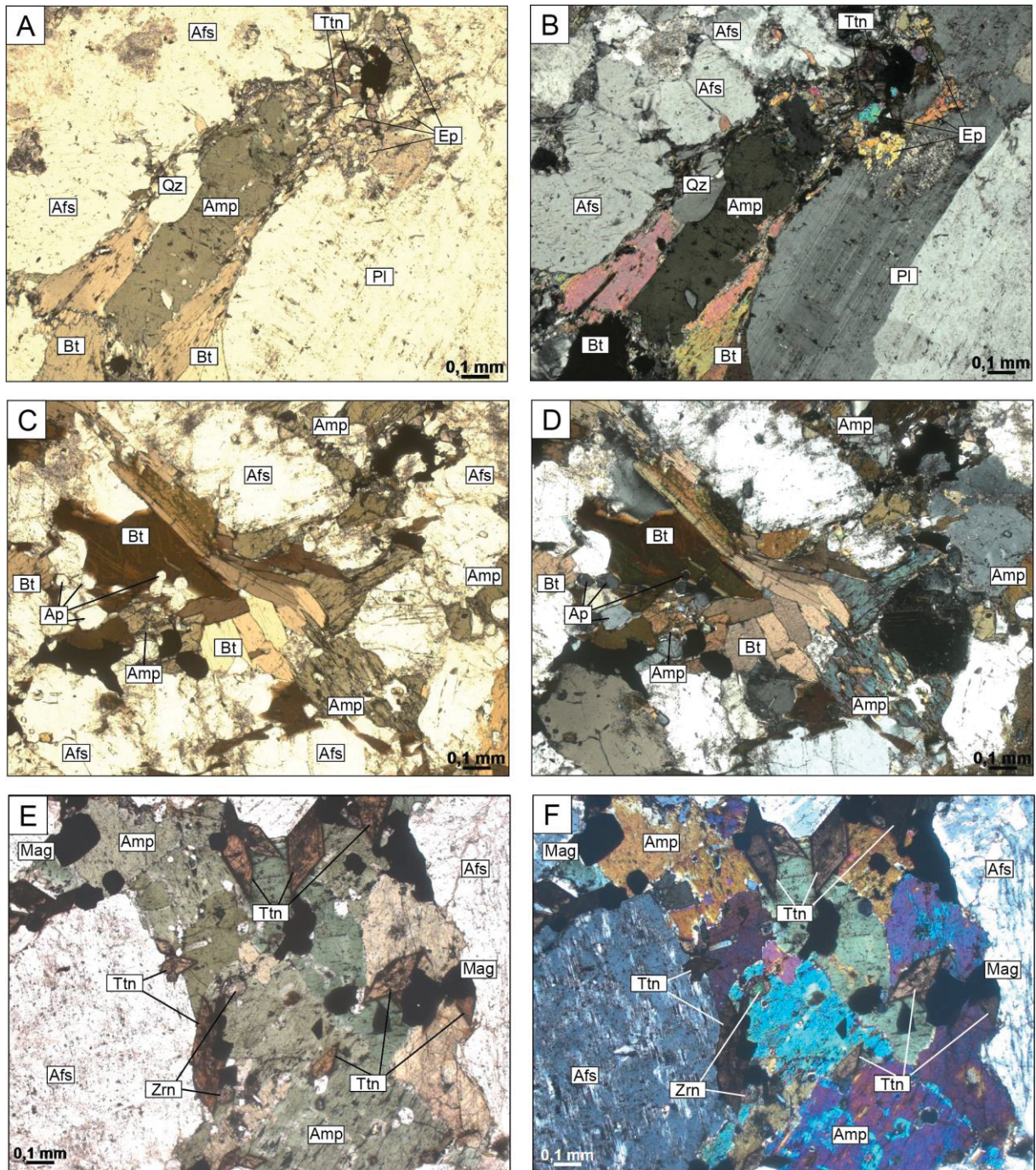


Afs: feldspato alcalino; Amp: anfibólio; Bt: biotita; Pl: plagioclásio; Qz: quartzo.

Figura 6 – Fotomicrografias de plagioclásio de granitoides da Folha Rio Bacajá, polarizadores cruzados. (A) Mirmequita bem desenvolvida em plagioclásio em contato com feldspato alcalino em monzogranito (FB-85) da SIA; (B) mirmequita bem desenvolvida em um monzogranito (FB-44) da SIJJ I; (C) e (D) são fotomicrografias de mirmequitas (seta) em sienogranito (FB-147) da SIJJ I.

A biotita é subédrica a anédrica, medindo entre 0,1 e 2 mm no CB, 0,1 e 8 mm na SIA, 0,1 e 0,3 mm na SIJJ I e entre 0,2 e 1 mm na SIJJ II. Seus contatos são retilíneos e, por vezes, levemente curvos. Com exceção das rochas da SIJJ I, salvo um monzogranito, os cristais de biotita possuem orientação preferencial fraca a moderada. Ocorre em agregados junto a anfibólio, quando presente, fases opacas e minerais acessórios (Figura 7). Está parcial a completamente substituída por clorita e alterada para minerais opacos finos ao longo das bordas e planos de clivagem. Frequentemente são observados halos pleocróicos gerados por inclusões de zircão.

O anfibólio mede entre 0,1 e 3 mm no CB, entre 0,1 e 6 mm na SIA, entre 1,1 e 3 mm na SIJJ I e entre 0,2 e 4 mm na SIJJ II. É predominantemente anédrico a subédrico, havendo cristais euédricos na SIJJ I e seus contatos são retilíneos a levemente curvos. O anfibólio tem cor verde pálido a verde oliva e verde intenso e pleocroísmo forte em tons de verde. Ocorre em agregados não orientados de biotita, opacos e acessórios, exceto na SIA, na qual há orientação preferencial fraca. No CB, SIA e SIJJ I há alteração do anfibólio para minerais opacos finos em suas bordas e centro. Na SIJJ II o anfibólio ocorre como produto da uralitização de núcleos de clinopiroxênio e está límpido a fracamente oxidado nas bordas.

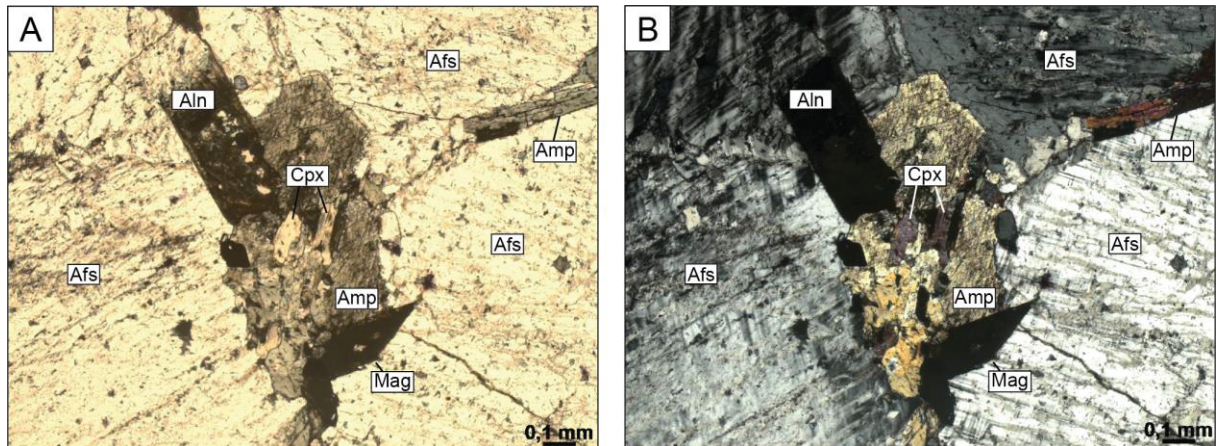


Afs: feldspato alcalino; Amp: anfibólio; Ap: apatita; Bt: biotita; Ep: epidoto; Mag: magnetita; Pl: plagioclásio; Qz: quartzo; Ttn: titanita; Zrn: zircão.

Figura 7 – Fotomicrografias de agregados máficos em granitoides da Folha Rio Bacajá. (A) e (B) Agregado orientado de anfibólio subédrico, biotita, epidoto e titanita em granodiorito (FB-146) da SIA; (C) e (D) agregado de cristais de biotita, anfibólio, apatita e magnetita em um monzogranito (FB-131) da SIJJ I; (E) e (F) agregado de anfibólio, titanita euédrica, zircão e magnetita subédrica em quartzo álcali-feldspato sienito (FB-39) da SIJJ II. As imagens (B), (D) e (F) estão com polarizadores cruzados.

O clinopiroxênio é observado apenas na SIJJ II e mede entre 0,4 e 2 mm. São cristais anédricos, com contatos retilíneos a levemente curvos. Possui cor verde

pálido e pleocroísmo fraco em tons de verde. Suas bordas estão intensamente uralitizadas e fracamente alteradas para minerais opacos (Figura 8).



Afs: feldspato alcalino; Aln: allanita; Amp: anfibólio; Cpx: clinopiroxênio; Mag: magnetita.

Figura 8 – (A) e (B) Núcleo de clinopiroxênio com bordas intensamente uralitizadas em meio a allanita, titanita alterada para magnetita e feldspato alcalino, em um quartzo álcali-feldspato sienito (FB-39) da SIJJ II. (A) em P//; (B) em PX.

Os minerais opacos foram classificados em dois grupos, primários e secundários, e foram separados por meio de sua granulação, morfologia e relação com outros minerais. Os minerais opacos primários medem entre 0,1 e 2 mm e são anédricos a euédricos. Os contatos são retilíneos a levemente curvos, e foram descritos contatos lobados na SIJJ II. A magnetita foi descrita em todas as unidades, corresponde à fase opaca predominante e ocorre frequentemente como cristais límpidos. Na SIA há cristais de magnetita com halos de epidoto primário e magnetita com interferência de cristalização de minerais acessórios, como titanita, zircão, epidoto e apatita. Na SIJJ II há magnetita com bordas de hematita. A ilmenita ocorre nas rochas da SIA e da SIJJ I em proporções semelhantes à magnetita. Na SIA ocorre ilmenita com bordas finas de magnetita. Há pequena quantidade de pirita na SIJJ I. São observados intercrescimentos de pirita com magnetita e hematita e núcleos de pirita com bordas de magnetita oxidada e reequilibrada para hematita e goethita. Os opacos se associam a agregados de biotita, anfibólio, epidoto, titanita, allanita e apatita e podem estar inclusos em quartzo, microclínio, plagioclásio, biotita, anfibólio e titanita. Na SIJJ I os opacos estão alterados para magnetita e titanita em suas bordas e para leucóxênio no centro e na SIJJ II há pseudomorfos de titanita substituídos por magnetita nas bordas e limonita no centro. Frequentemente há textura esquelética pouco desenvolvida, não pervasiva. As fases opacas primárias

correspondem de 80 - 95% dos opacos totais no CB, 50 - 95% na SIA, 40 - 100% na SIJJ I e 80 - 85% na SIJJ II.

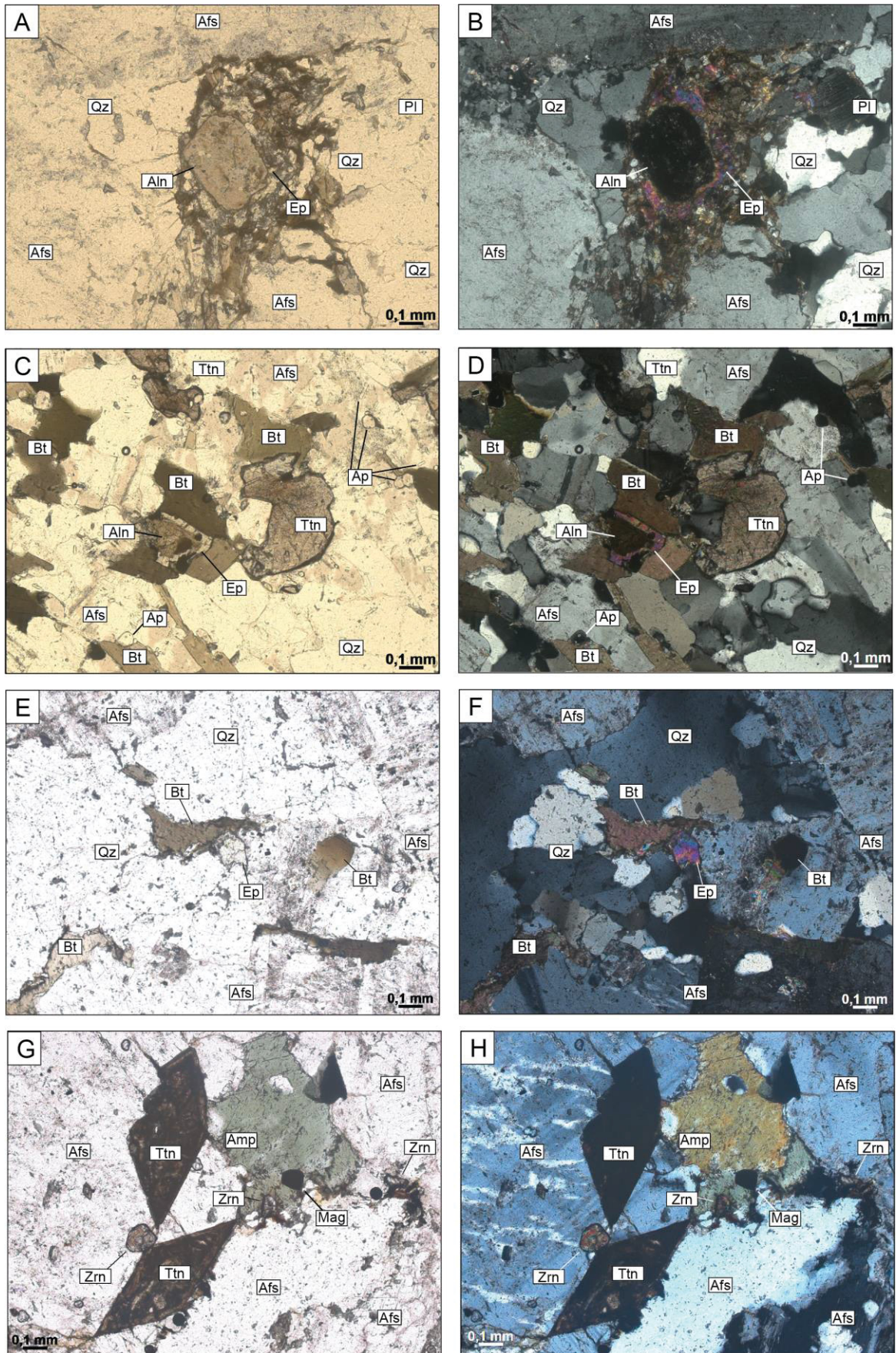
Os opacos secundários medem entre <0,1 e 0,3 mm e são anédricos, produtos de alteração de biotita, anfibólio, clorita (SIA e SIJJ I) e piroxênio (SIJJ II). Em dois monzogranitos do CB, dois monzogranitos da SIA, um monzogranito e um sienogranito da SIJJ I há simplectitos formados por cristais muito finos de opacos nos contatos entre biotita e plagioclásio ou entre biotita e microclínio.

Assim como as fases opacas, os cristais de epidoto podem ser primários ou secundários, e se distinguem por sua granulação, morfologia e associação com outros minerais. Com exceção de um monzogranito do CB e um sienogranito da SIJJ I, epidoto primário ocorre em todas as amostras. Mede entre <0,1 e 1 mm no CB, 0,2 e 1 mm na SIA e SIJJ I, e entre 0,2 e 0,7 mm na SIJJ II. O epidoto primário é anédrico a subédrico, sendo observados cristais euédricos na SIA e SIJJ I (Figura 9.C-D, 9.E-F). Geralmente o epidoto se associa a agregados de minerais máficos, ou como inclusões em quartzo, microclínio, plagioclásio e biotita. No CB, SIA e SIJJ I, o epidoto envolve cristais de allanita (Figura 9.A-F).

O epidoto secundário tem tamanho <0,1 mm, é anédrico granular e ocorre como produto da saussuritização de plagioclásio e como preenchimento de veios finos de um sienogranito da SIJJ I.

A allanita é anédrica a subédrica e mede entre 0,2 e 1 mm no CB, SIA e SIJJ I, e entre 0,2 e 0,7 mm na SIJJ II. Na SIJJ I, cristais de allanita podem ser euédricos. Este mineral se associa a agregados de minerais máficos e frequentemente possui feições metamícticas e zoneamento oscilatório.

A titanita mede entre 0,1 e 2,1 mm e é anédrica a euédrica. Ocorre em agregados de biotita e em um monzogranito da SIA, como simplectitos formados nos contatos entre anfibólio e plagioclásio. Apatita e zircão têm tamanho entre <0,1 e 1 mm, são subédricos a euédricos, ocorrem em agregados de biotita e anfibólio (Figura 9.G-H) e como inclusões em quartzo, plagioclásio, microclínio, biotita e anfibólio.



Afs: feldspato alcalino; Amp: anfibólio; Ap: apatita; Bt: biotita; Ep: epidoto; Mag: magnetita; Pl: plagioclásio; Qz: quartzo; Ttn: titanita; Zrn: zircão.

Figura 9 – (A) e (B) cristal de allanita metamórfico envolto por epidoto primário em meio a quartzo e feldspato alcalino em um monzogranito (FB-133) do CB; (C) e (D) agregado máfico composto por biotita anédrica, allanita subédrica com borda de epidoto primário, titanita anédrica e apatita em quartzo monzodiorito (FB-123) da SIA; (E) e (F) epidoto primário subédrico em contato com cristal de biotita em monzogranito (FB-44) da SIJJ I; (G) e (H) cristais de titanita alterada para limonita junto a anfibólio, zircão zonado, magnetita e feldspato alcalino em quartzo álcali-feldspato sienito (FB-39) da SIJJ II. As imagens (B), (D), (F) e (H) estão com os polarizadores cruzados.

4.1. MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA COM ESPECTROMETRIA POR DISPERSÃO DE ENERGIA – MEV-EDS

No Quadro 4 estão relacionadas as amostras selecionadas para análises da composição química de fases minerais opacas (Figura 10).

Quadro 4 - Lâminas petrográficas selecionadas para análises de MEV-EDS.

Unidade	Lâmina	Litotipo
SIA	FB-15	monzogranito
	FB-146	granodiorito
SIJJ I	FB-44	monzogranito
	FB-131	monzogranito
SIJJ II	FB-20	quartzo álcali-feldspato sienito
	FB-39	quartzo álcali-feldspato sienito

Nas amostras de granodiorito FB-146 (SIA), monzogranito FB-131 (SIJJ I) e quartzo álcali-feldspato sienitos da SIJJ II (FB-20 e FB-39) há cristais opacos compostos por Fe (cerca de 85%_{peso}) e O (cerca de 15%_{peso}), confirmando, com o amparo de análises petrográficas sob luz refletida, a presença de magnetita nessas rochas. Além de magnetita, o monzogranito FB-15 da SIA possui cristais compostos por Fe (40%_{peso}), Ti (35%_{peso}) e O (25%_{peso}), assim como o monzogranito da SIJJ I, evidenciando a existência de ilmenita nessas unidades. No monzogranito FB-44 da SIJJ I foram identificados núcleos de pirita com bordas oxidadas de magnetita.

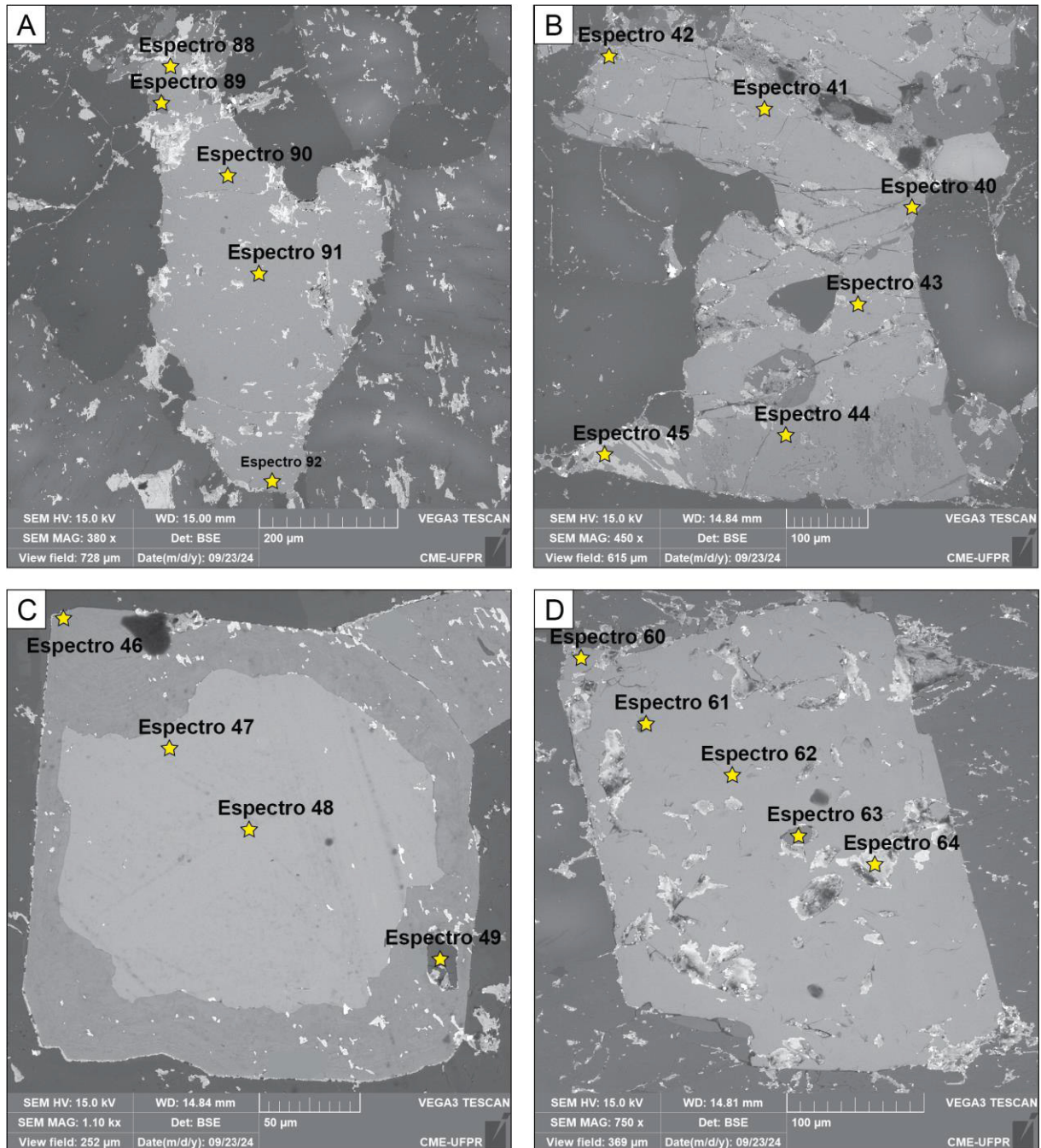


Figura 10 – Imagens obtidas com detector de elétrons retroespalhados de fases opacas de granitoides da Folha Rio Bacajá. Estrelas representam pontos analisados por EDS. (A) Ilmenita em monzogranito (FB-15) da SIA; (B) cristais de magnetita (porção superior) e ilmenita (porção inferior) em monzogranito (FB-131) da SIJJ I (C) núcleo de pirita com bordas de magnetita em monzogranito (FB-44) da SIJJ I; (D) magnetita com inclusão de apatita (espectro 63) em quartzo álcali-feldspato sienito da SIJJ II.

5. QUÍMICA MINERAL

Foram analisados cristais de microclínio, plagioclásio, biotita e anfibólio por microsonda eletrônica. Os dados brutos estão apresentados no Apêndice 3.

Análises de cristais de microclínio (Figura 11.A-C) evidenciaram predominância de moléculas de ortoclásio em todas as unidades estudadas (Figura 12). Os cristais do CB e SIA possuem composições muito semelhantes, homogêneas, potássicas. Nas amostras da SIJJ I observou-se aumento sutil de sódio, evidenciado pela tendência albítica. O microclínio da SIJJ II possui a maior quantidade de sódio dentre todas as unidades, mas ainda predominam moléculas de ortoclásio. Foram analisadas pertitas, correspondentes aos pontos plotados no extremo albítico do diagrama de Deer *et al.* (1992).

Os centros e bordas de cristais de plagioclásio (Figura 11.D-F) são formados por oligoclásio, com poucas exceções. Observou-se aumento de Ca nas porções intermediárias, compostas por andesina, em relação ao centro dos cristais, compostos por oligoclásio (Figura 12) do CB e SIA. Na SIJJ I as composições de centros e bordas são homogêneas, não havendo zoneamento composicional. O plagioclásio dessa unidade foi classificado como oligoclásio.

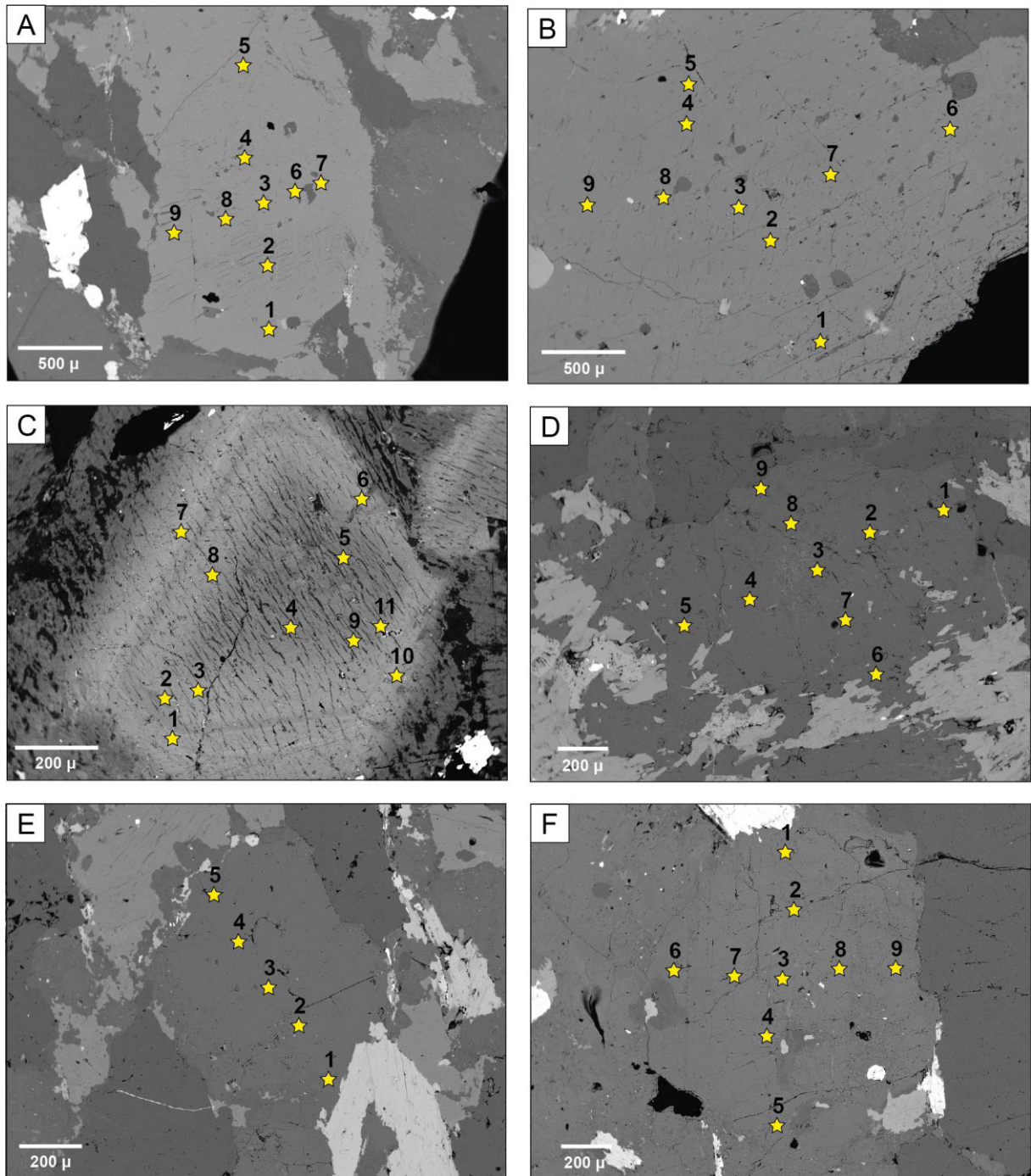


Figura 11 – Imagens em elétrons retroespalhados de cristais de feldspatos de granitoides da Folha Rio Bacajá analisados por microsonda eletrônica. Estrelas representam pontos analisados. (A) e (B) representam cristais de microclínio pertítico do granodiorito (FB-146) da SIA e do monzogranito (FB-131) do CB, respectivamente; (C) microclínio pertítico com zoneamento concêntrico em quartzo álcali-feldspato sienito (FB-20) da SIJJ II; (D), (E) e (F) representam cristais de plagioclásio dos monzogranitos FB-150 do CB, FB-15 da SIA e FB-44 da SIJJ I, respectivamente.

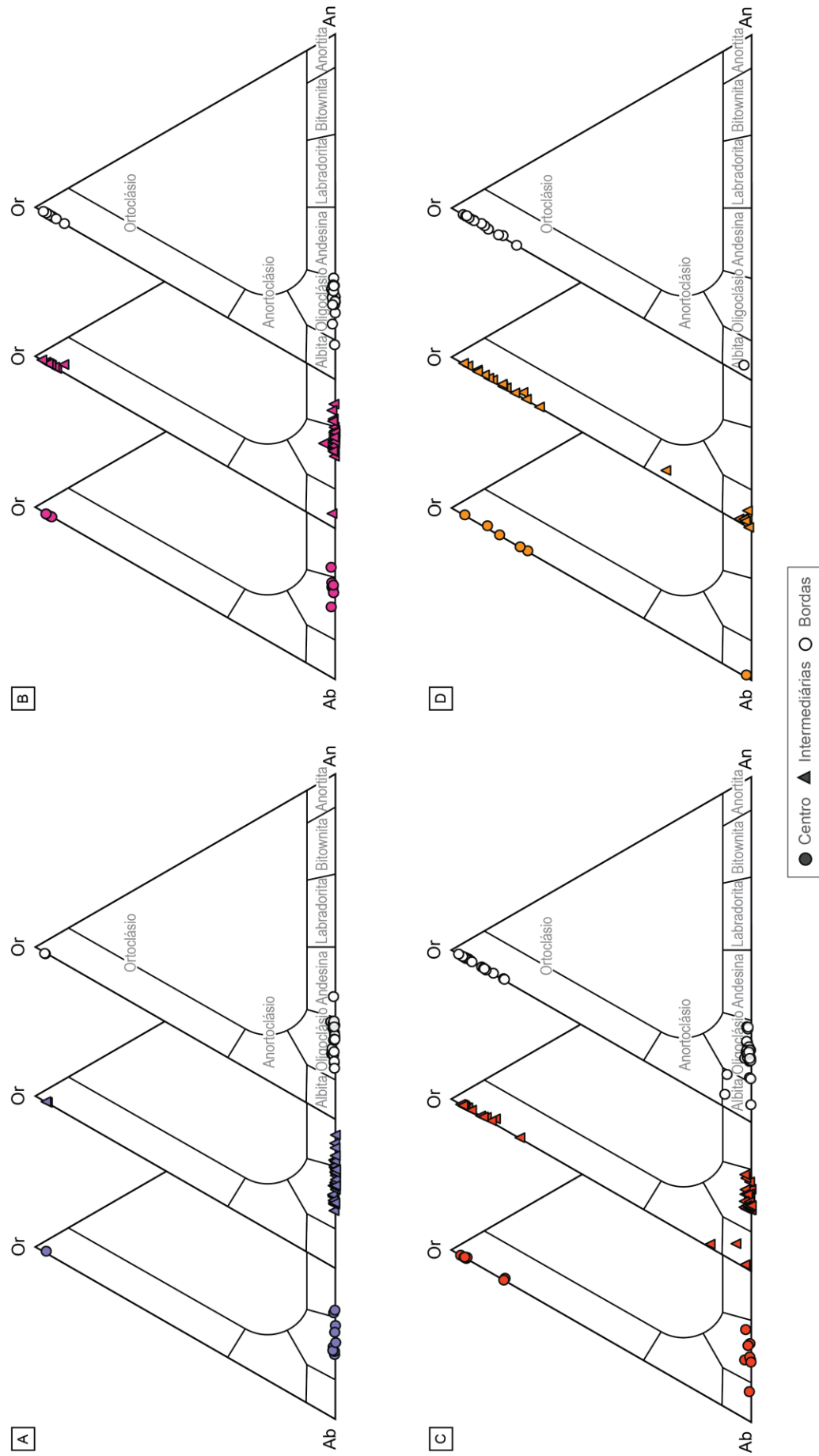


Figura 12 – Diagrama Ab-Or-An para cristais de feldspato alcalino e plagioclásio: (A) Complexo Bacajai; (B) Suíte Intrusiva Arapari; (C) Suíte Intrusiva João Jorge I; (D) Suíte Intrusiva João Jorge II. Fonte: Deer *et al.* (1992).

A determinação da biotita do CB, SIA e SIJJ I (Figura 13) segundo a classificação de Deer *et al.* (1992) pode ser observada na Figura 14. A biotita do CB é rica em Fe e possui valores de $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ entre 0,59 e 0,71 e o Al^{IV} está em torno de 2,4 em todas as amostras. Os cristais da SIA têm razão $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ entre 0,47 e 0,64 e o Al^{IV} varia entre 2,2 e 2,4. O aumento de Fe é diretamente proporcional ao aumento de Al^{IV} e foi tendência em direção ao polo da siderofilita. Na SIJJ I foram observados dois grupos distintos de biotita. O primeiro grupo, representado pelos monzogranitos FB-44 e FB-131, possui $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ entre 0,38 e 0,51 e seu Al^{IV} varia de 2,2 a 2,4, se aproximando da composição da flogopita. A biotita do segundo grupo possui $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ entre 0,64 e 0,72 e Al^{IV} entre 2,3 e 2,5, tendendo à composição da siderofilita, assim como observado na SIA.

No CB os valores de Ti (afu) variam entre 0,232 e 0,382 e na SIA entre 0,202 e 0,376. Na SIJJ I há maior variação do Ti, entre 0,151 e 0,590.

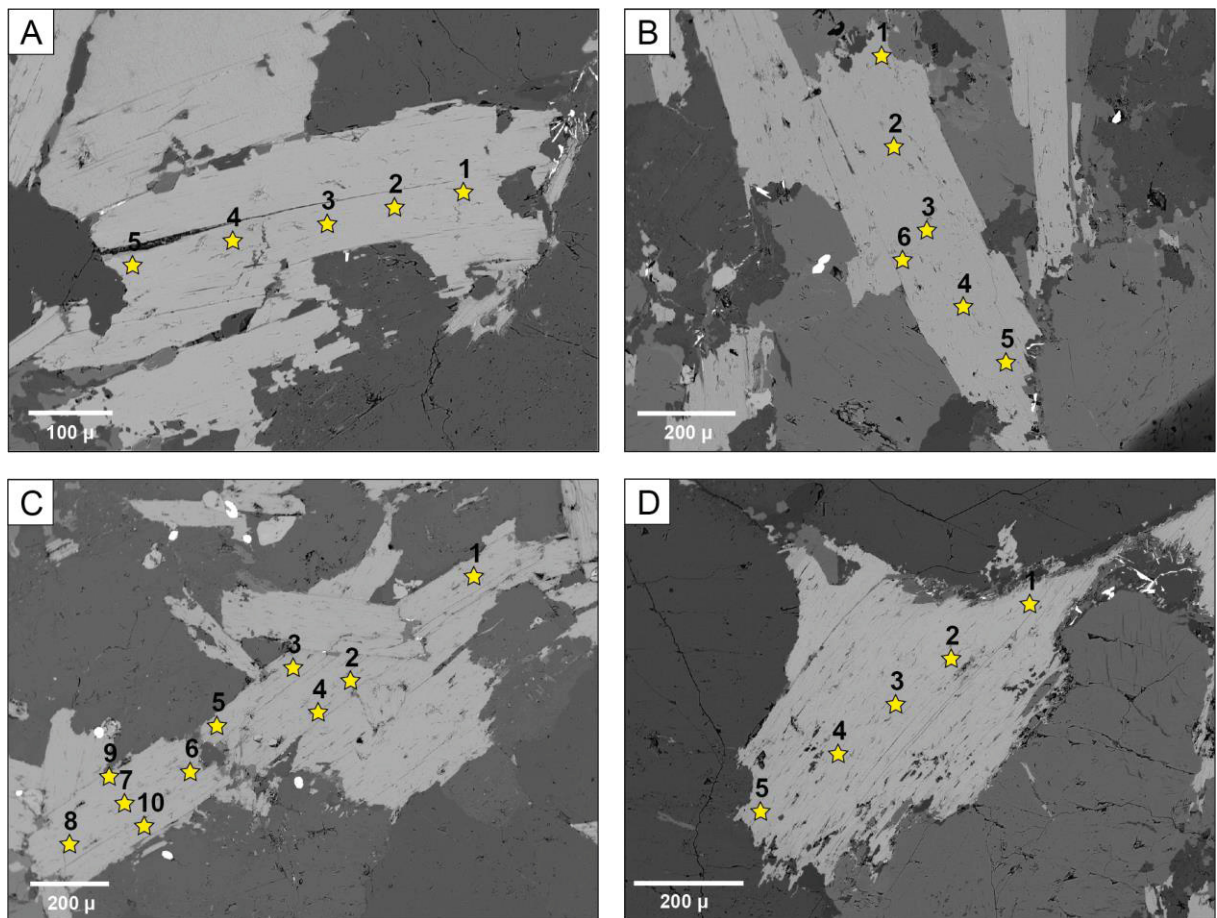


Figura 13 - Imagens de elétrons retroespalhados de cristais de biotita de granitoides da Folha Rio Bacajá analisados por microsonda eletrônica. Estrelas representam pontos analisados. (A), (B), (C) e (D) representam cristais de biotita subédrica dos monzogranitos FB-14 (CB), FB-15 (SIA), FB-13 (SIJJ I) e do sienogranito FB-47 (SIJJ I), respectivamente.

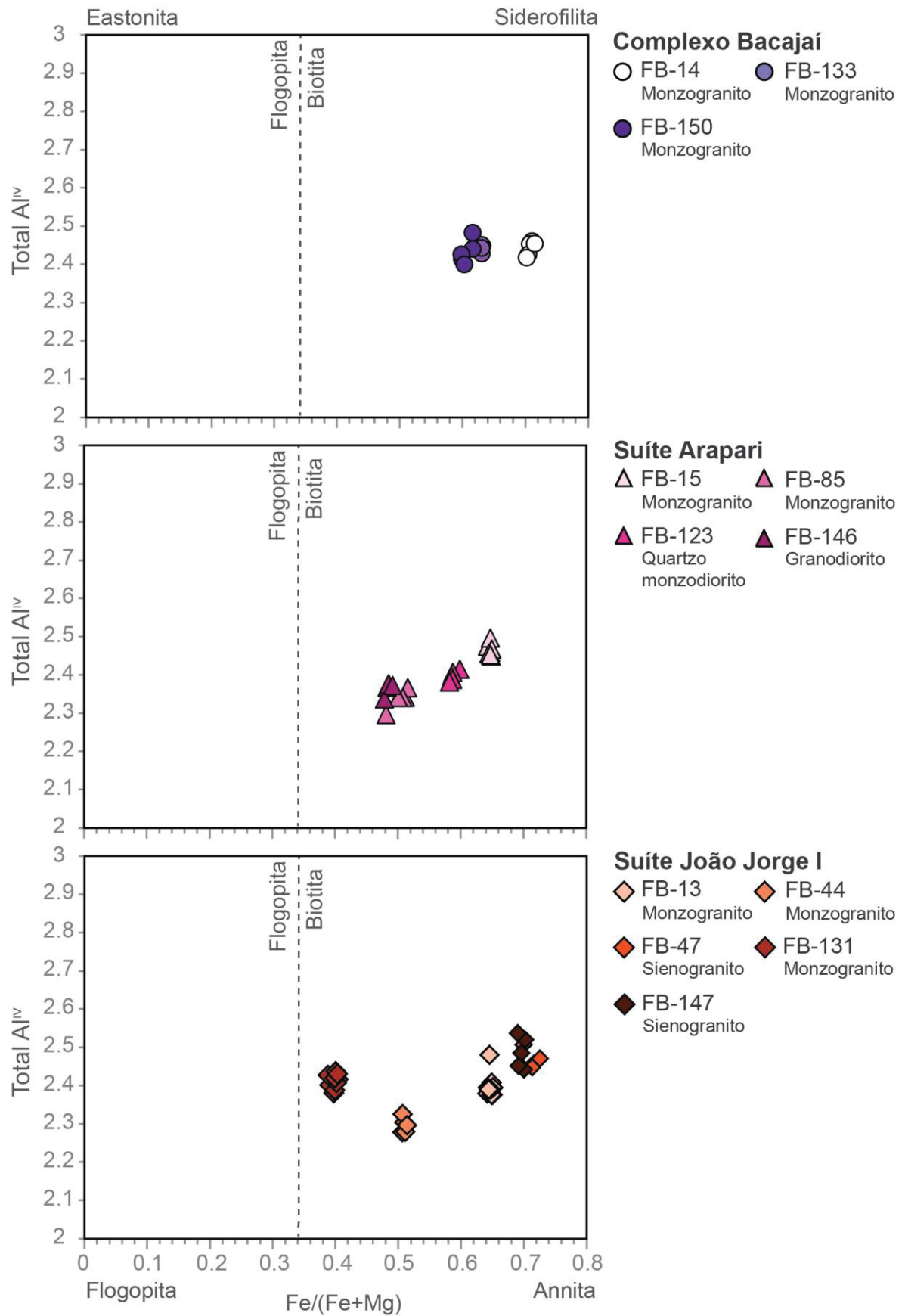


Figura 14 – Diagrama de classificação de biotita do Complexo Bacajaí, Suíte Intrusiva Arapari e Suíte Intrusiva João Jorge I. Fonte: Deer *et al.* (1992).

Segundo o diagrama $\text{FeO}_{(t)} + \text{MnO} - 10 \cdot \text{TiO}_2 - \text{MgO}$ proposto por Nachit *et al.* (2005) para a distinção entre cristais magmáticos, reequilibrados e neoformados, a biotita de todas as unidades foi classificada como primária e primária reequilibrada (Figura 15).

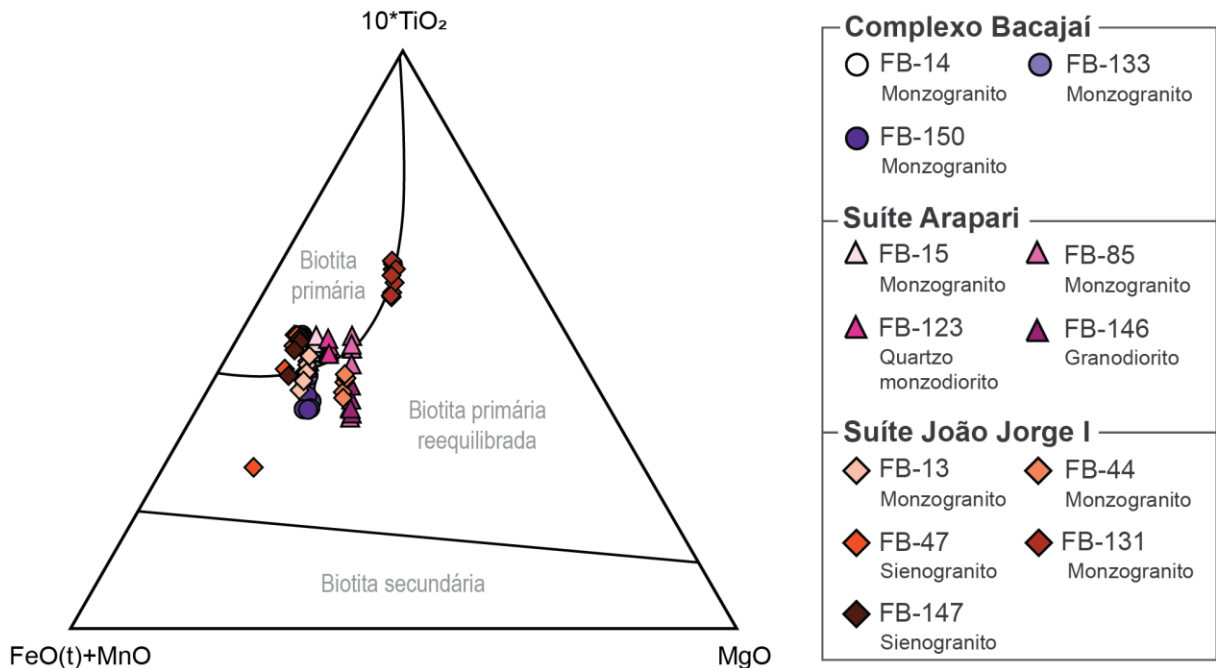


Figura 15 – Diagrama $\text{FeO}_{(t)} + \text{MnO} - 10\text{TiO}_2 - \text{MgO}$ para a classificação de biotita do Complexo Bacajaí, Suíte Intrusiva Arapari e Suíte Intrusiva João Jorge I. Fonte: Nachit *et al.* (2005).

Os cristais de anfibólio (Figura 16) de todas as unidades pertencem ao grupo dos anfibólios cálcicos ($\text{Ca}_B \geq 1,50$; $(\text{Na}+\text{K})_A < 0,50$; $\text{Ca}_A < 0,50$), de acordo com a classificação proposta por Leake *et al.* (1997) (Figura 17), e são homogêneos.

No CB o anfibólio foi classificado como Fe-tschermakita, com proporções de $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ entre 0,38 e 0,43 e Si^{IV} entre 6,26 e 6,47 afu. Na SIA ocorre Mg-hornblenda (monzogranito FB-85), com $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ entre 0,57 e 0,64 e Si^{IV} entre 6,52 e 6,81 afu e Fe-tschermakita (quartzo monzodiorito FB-123), com razões $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ entre 0,42 e 0,44 e Si^{IV} entre 6,36 e 6,42 afu. Os cristais de anfibólio do granodiorito FB-146 variam entre Mg-hornblenda e Fe-tschermakita e possuem razão $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ entre 0,56 e 0,60 e Si^{IV} entre 6,43 e 6,66. Na SIJJ I o anfibólio é Mg-hornblenda e possui $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ entre 0,65 e 0,71 e Si^{IV} entre 6,50 e 6,69 afu. Nos quartzo álcali-feldspato sienitos da SIJJ II predomina Mg-hornblenda, com $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ entre 0,56 e 0,74 (FB-20) e 0,71 e 0,78 (FB-39), e conteúdo de Si^{IV} entre 6,74 e 7,32 afu (FB-20) e 7,32 e 7,57 afu (FB-39).

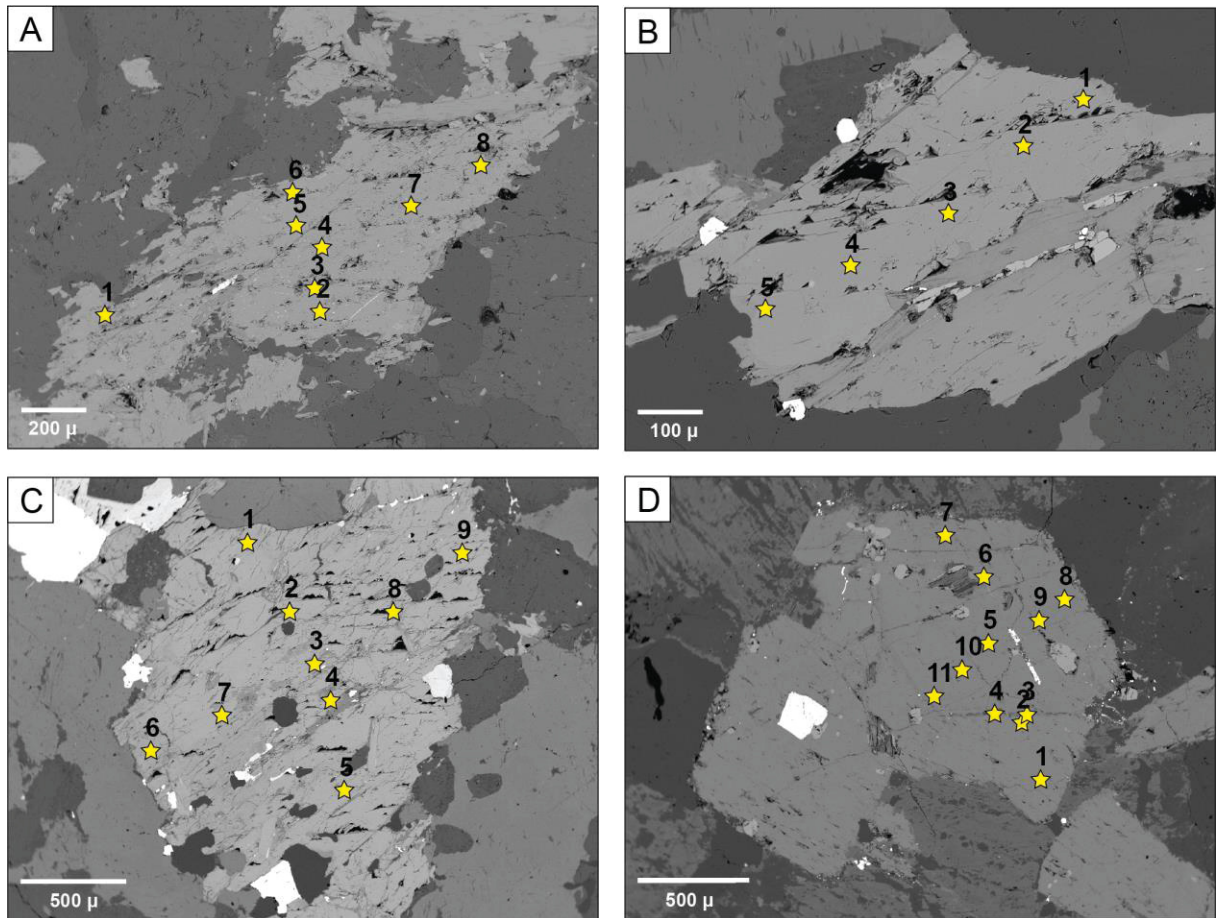


Figura 16 – Imagens em elétrons retroespalhados de cristais de anfibólio de granitoides da Folha Rio Bacajá analisados por microsonda eletrônica. Estrelas representam pontos amostrados. (A), (B), (C) e (D) representam cristais de Mg-hornblenda nos monzogranitos FB-150 (CB), FB-85 (SIA), FB-131 (CB) e no quartzo álcali-feldspato sienito FB-20 da SIJJ II, respectivamente.

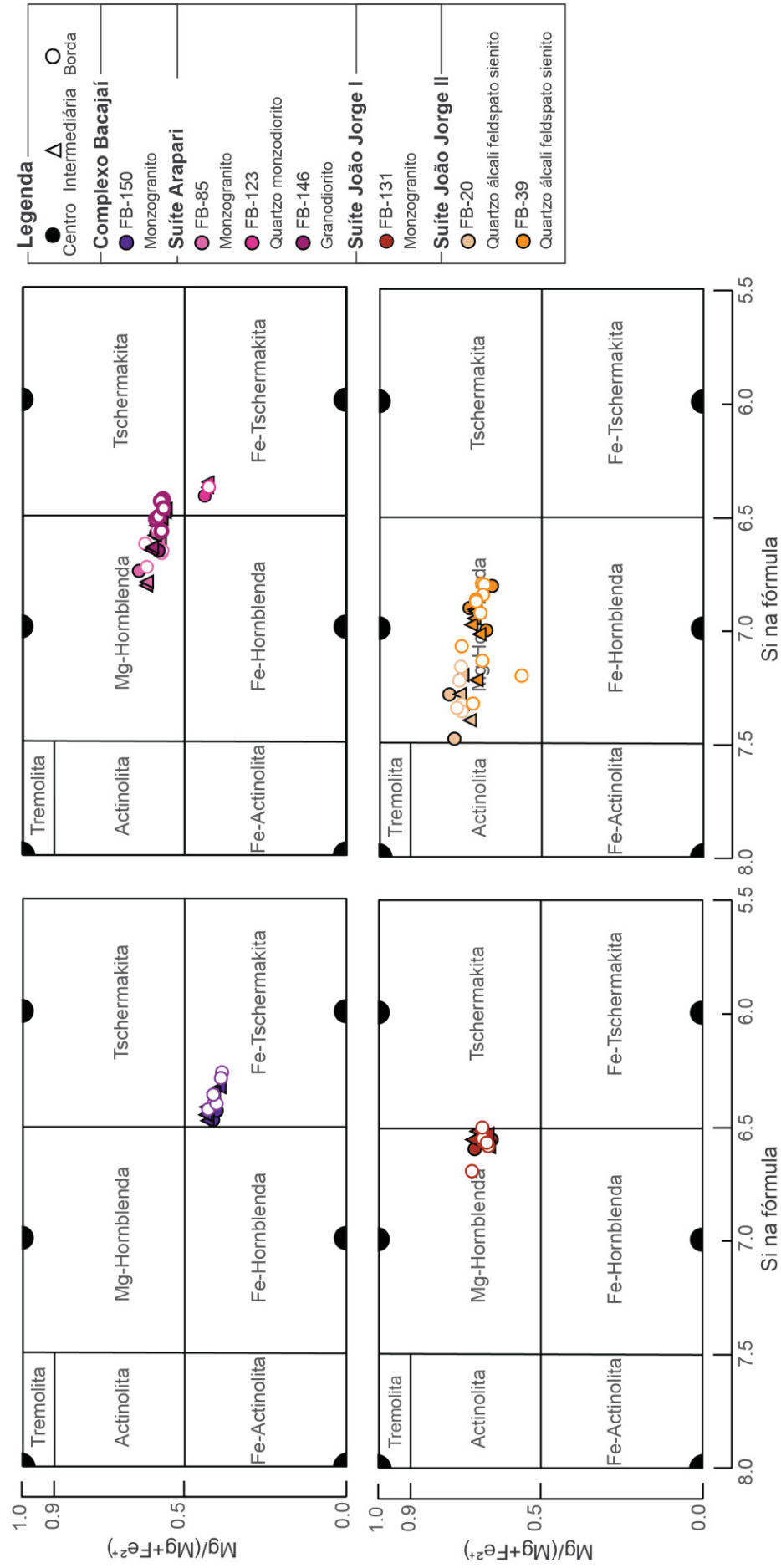


Figura 17 – Diagrama Mg/(Mg+Fe²⁺) vs Si para a composição de anfibólio do Complexo Bacajai e suítes intrusivas Arapari, João Jorge I e João Jorge II. Fonte: Leake *et al.* (1997).

5.1. Geotermobarometria

Anfibólios cálcicos são minerais comuns em rochas félsicas e intermediárias. Sua série é uma solução sólida com composição sensível à pressão, temperatura e composição da rocha hospedeira, características que tornam anfibólios cálcicos minerais úteis para estimar diretamente as condições de evolução magmática (Mutch *et al.* 2016).

Na Tabela 2 estão representadas as estimativas de pressão, obtidas a partir dos geobarômetros de Hollister *et al.* (1987), Johnson & Rutherford (1989), Schmidt (1991) e Mutch *et al.* (2016) para rochas do CB, SIA e SIJJ I. Na Figura 18 estão representados seus intervalos de cristalização.

Tabela 2 - Estimativas geobarométricas para rochas do Complexo Bacajá e suítes intrusivas Arapari e João Jorge I a partir das calibrações de Hollister *et al.* (1987), Johnson & Rutherford (1989), Schmidt (1992) e Mutch *et al.* (2016). *C1 e *C2 correspondem aos cristais utilizados para o cálculo geobarométrico.

Geobarometria							
Unidade	Amostra	Litologia	Cristal* (bordas)	Pressão (kbar)			
				Hollister <i>et al.</i>	Johnson & Rutherford	Schmidt	Mutch <i>et al.</i>
				1987	1989	1992	2016
Complexo Bacajá	FB-150	Monzogranito	C1	6,2	4,8	6,2	4,9
			C1	6,0	4,6	6,1	4,8
			C1	7,1	5,4	7,0	5,6
			C1	5,9	4,5	5,9	4,6
			C2	7,4	5,7	7,3	5,8
			C2	6,7	5,1	6,7	5,3
			C2	6,7	5,1	6,7	5,3
Suíte Arapari	FB-85	Monzogranito	C1	5,0	3,8	5,2	4,0
			C1	4,2	3,3	4,6	3,6
			C1	3,8	3,0	4,2	3,3
			C1	4,7	3,6	5,0	3,9
			C2	4,4	3,4	4,7	3,6
			C2	4,4	3,4	4,7	3,7
	FB-123	Quartzo monzodiorito	C1	6,0	4,6	6,0	4,7
			C1	4,7	3,6	4,9	3,8
	FB-146	Granodiorito	C1	5,5	4,2	5,6	4,4
			C1	4,9	3,8	5,1	4,0
			C1	5,0	3,9	5,3	4,1
			C2	5,6	4,3	5,7	4,5
			C2	5,4	4,2	5,6	4,3
			C2	5,4	4,2	5,6	4,3
Suíte João Jorge I	FB-131	Monzogranito	C1	4,8	3,7	5,0	3,9
			C1	4,5	3,5	4,8	3,7
			C1	3,8	2,9	4,2	3,3
			C1	4,6	3,5	4,9	3,8
			C2	4,7	3,6	5,0	3,8
			C2	4,7	3,6	4,9	3,8
			C2	4,7	3,6	4,9	3,8

As pressões de cristalização obtidas para o monzogranito FB-150 do CB são as mais altas dentre todas as unidades, entre 4,5 e 7,4 kbar. As pressões estimadas

para as rochas da SIA e SIJJ I são semelhantes, sendo os valores para a SIA ligeiramente mais altos. Os valores obtidos para essas unidades são 3,0 a 6,0 kbar, para a SIA, e 2,9 a 5,0 kbar, para a SIJJ I. Os geobarômetros de Schmidt (1992), o qual considera pressão a principal variável responsável por variações de Al_{total} em hornblenda, e Hollister *et al.* (1987), o qual leva em consideração pressão e temperatura na composição do anfibólio, fornecem valores próximos. Os valores obtidos a partir dessas calibrações são: 5,9 – 7,4 kbar e 5,9 – 7,3 kbar, para o CB; 3,8 – 6,0 kbar e 4,2 – 6,0 kbar, para a SIA e 3,8 – 4,8 e 4,2 – 5,0, para a SIJJ I. As menores pressões foram calculadas a partir da calibração experimental de Johnson & Rutherford (1989). Valores intermediários foram calculados a partir do trabalho de Mutch *et al.* (2016), o qual cobre um intervalo de pressão mais amplo do que os demais trabalhos utilizados (0,8 – 10 kbar), dependente de uma quantidade maior de variáveis.

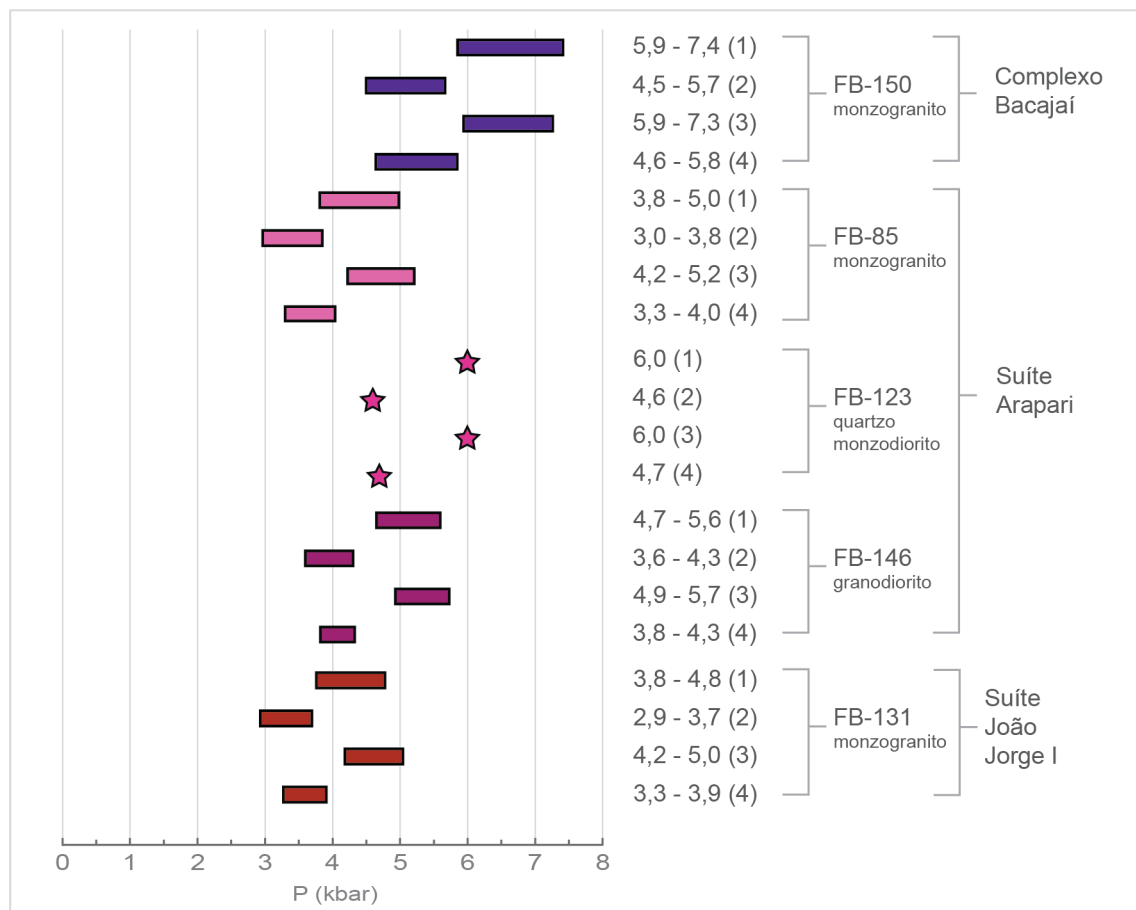


Figura 18 – Intervalos de pressão de cristalização para os monzogranitos FB-150 (CB) e FB-85 (SIA), quartzo monzodiorito FB-123 (SIA), granodiorito FB-146 (SIA) e monzogranito FB-131 (SIJJ I), estimados a partir dos trabalhos de: (1) Hollister *et al.* (1987); (2) Johnson & Rutherford (1989); (3) Schmidt (1992) e (4) Mutch *et al.* (2016).

A profundidade de cristalização (Tabela 3) foi calculada considerando a equação $P = pgh$, na qual P é a pressão (Pa), p corresponde à densidade média da crosta continental (2.700 kg/m^3), g é a aceleração da gravidade ($\sim 9,8 \text{ m/s}^2$) e h é a profundidade (m).

Tabela 3 – Estimativas de profundidade de cristalização para rochas do Complexo Bacajaí e suítes intrusivas Arapari e João Jorge I a partir das calibrações de Hollister *et al.* (1987), Johnson & Rutherford (1989), Schmidt (1992) e Mutch *et al.* (2016). *C1 e *C2 correspondem aos cristais utilizados para o cálculo geobarométrico.

Geobarometria							
Unidade	Amostra	Litologia	Cristal* (bordas)	Pofundidade (km)			
				Hollister <i>et al.</i>	Johnson & Rutherford	Schmidt	Mutch <i>et al.</i>
				1987	1989	1992	2016
Complexo Bacajai	FB-150	Monzogranito	C1	23	18	24	18
			C1	23	18	23	18
			C1	27	20	26	21
			C1	22	17	22	18
			C2	28	21	27	22
			C2	25	19	25	20
Suíte Arapari	FB-85	Monzogranito	C1	19	15	20	15
			C1	16	12	17	13
			C1	14	11	16	12
			C1	18	14	19	15
			C2	16	13	18	14
			C2	17	13	18	14
	FB-123	Quartzo monzodiorito	C1	22	17	23	18
			C1	18	14	19	14
	FB-146	Granodiorito	C1	21	16	21	17
			C1	18	14	19	15
			C1	19	15	20	15
			C2	21	16	22	17
			C2	20	16	21	16
			C1	18	14	19	15
Suíte João Jorge I	FB-131	Monzogranito	C1	17	13	18	14
			C1	14	11	16	12
			C1	17	13	18	14
			C2	18	14	19	14
			C2	18	14	19	14
			C2	18	14	19	14

As profundidades de cristalização obtidas para o monzogranito FB-150 (CB) definem valores entre 17 e 28 km. Para as amostras da SIA foram calculadas profundidades entre 11 e 20 km para o monzogranito FB-85; 17 a 23 kbar para o quartzo monzodiorito FB-123 e 14 a 22 km para o granodiorito FB-146. Profundidades entre 12 e 19 km foram estimadas para o monzogranito da SIJJ I.

A Tabela 4 relaciona as estimativas da temperatura de cristalização das rochas do CB, SIA e SIJJ II obtidas com base nos trabalhos de Blundy & Holland

(1990), Holland & Blundy (1994), Ridolfi *et al.* (2010) e Putirka (2016). Na Figura 19 estão representadas as faixas de temperatura calculadas para cada unidade.

Tabela 4 - Estimativas geotermométricas para as rochas do Complexo Bacajai e suítes intrusivas Arapari, João Jorge I e João Jorge II. *C(b), *C(i) e *C(c) se referem a análises pontuais realizadas nas bordas, porções intermediárias e centro dos cristais de anfibólio, respectivamente. *HB 1 se refere à reação de calibração termométrica de Holland & Blundy (1994) edenita + 4 quartzo = tremolita + albita; *HB 2 se refere à reação de calibração termométrica de Holland & Blundy (1994) edenita + albita = richterita + anortita. (Continua)

Geotermometria								
Unidade	Amostra	Litologia	Cristal/ Posição	Temperatura (°C)				
				Blundy & Holland	Holland & Blundy		Ridolfi et al.	Putirka
					1994			
					1990	HB 1*		
Complexo Bacajai	FB-150	Monzogranito	C1(b)	750	707	711	-	758
			C1(b)	749	700	713	-	751
			C1(i)	752	712	723	-	751
			C1(c)	751	717	722	-	767
			C1(i)	750	708	722	-	758
			C1(b)	768	721	734	-	772
			C1(i)	756	710	733	-	755
			C1(b)	789	745	772	-	769
			C2(b)	784	714	738	-	758
			C2(i)	759	707	714	-	762
			C2(c)	748	700	714	-	762
			C2(i)	775	716	740	-	757
			C2(b)	757	694	718	-	754
Suíte Arapari	FB-85	Monzogranito	C1(b)	732	713	709	851	781
			C1(i)	736	721	723	846	784
			C1(c)	707	680	689	800	746
			C1(i)	699	686	687	800	756
			C1(b)	713	698	699	826	771
			C1(i)	690	656	652	805	750
			C1(b)	673	652	599	810	751
			C1(i)	724	694	702	834	772
			C1(b)	713	700	684	842	780
			C2(b)	707	678	677	822	758
			C2(i)	723	695	701	832	771
			C2(c)	733	710	717	840	778
			C2(i)	725	708	705	837	774
			C2(b)	706	683	667	829	762
	FB-123	Quartzo monzodiorito	C1(b)	744	723	713	-	762
			C1(i)	742	714	711	-	765
			C1(c)	737	709	699	-	759
			C1(i)	756	723	717	-	759
	FB-146	Granodiorito	C1(b)	732	712	709	841	775
			C1(i)	748	723	750	822	767
			C1(c)	740	726	729	831	775
			C1(i)	765	742	757	855	790
			C1(b)	748	724	731	860	790
			C1(b)	751	718	743	845	782
			C1(i)	747	716	732	847	780
			C1(i)	736	716	732	828	775

Tabela 4. (Continua)

Geotermometria								
Unidade	Amostra	Litologia	Cristal/ Posição	Temperatura (°C)				
				Blundy & Holland	Holland & Blundy		Ridolfi et al.	Putirka
					1990	1994 HB 1* HB 2*		
Suíte Arapari	FB-146	Granodiorito	C1(b)	741	718	725	853	791
			C2(b)	743	703	716	860	784
			C2(i)	747	718	721	859	785
			C2(c)	748	725	726	859	785
			C2(i)	742	705	719	856	786
			C2(b)	743	707	723	855	787
Suíte João Jorge I	FB-131	Monzogranito	C1(b)	735	713	725	866	830
			C1(i)	737	715	738	855	823
			C1(c)	732	712	724	850	814
			C1(i)	737	716	728	858	821
			C1(b)	737	724	734	859	824
			C1(b)	720	709	714	837	802
			C1(i)	736	722	732	860	826
			C1(i)	739	723	731	864	829
			C1(b)	743	725	742	860	827
			C2(b)	737	714	731	861	825
			C2(i)	744	740	750	863	829
			C2(c)	739	725	736	867	834
			C2(i)	743	733	740	867	830
			C2(b)	749	745	746	868	831
Suíte João Jorge II	FB-20	Quartzo álcali- feldspato sienito	C1(b)	-	-	-	805	788
			C1(i)	-	-	-	804	786
			C1(c)	-	-	-	812	797
			C1(i)	-	-	-	814	794
			C1(b)	-	-	-	808	792
			C1(b)	-	-	-	799	788
			C1(i)	-	-	-	803	791
			C1(i)	-	-	-	819	802
			C1(b)	-	-	-	783	774
			C2(b)	-	-	-	759	769
			C2(i)	-	-	-	772	763
			C2(c)	-	-	-	782	773
			C2(i)	-	-	-	783	780
			C2(b)	-	-	-	796	786
			C2(i)	-	-	-	770	762
			C2(i)	-	-	-	784	777
			C2(b)	-	-	-	786	773
			C3(b)	-	-	-	709	710
			C3(i)	-	-	-	764	753
			C3(c)	-	-	-	764	750
			C3(i)	-	-	-	723	717
			C3(b)	-	-	-	739	730
	FB-39	Quartzo álcali- feldspato sienito	C1(b)	-	-	-	719	715
			C1(i)	-	-	-	719	709
			C1(c)	-	-	-	692	695
			C1(i)	-	-	-	700	708

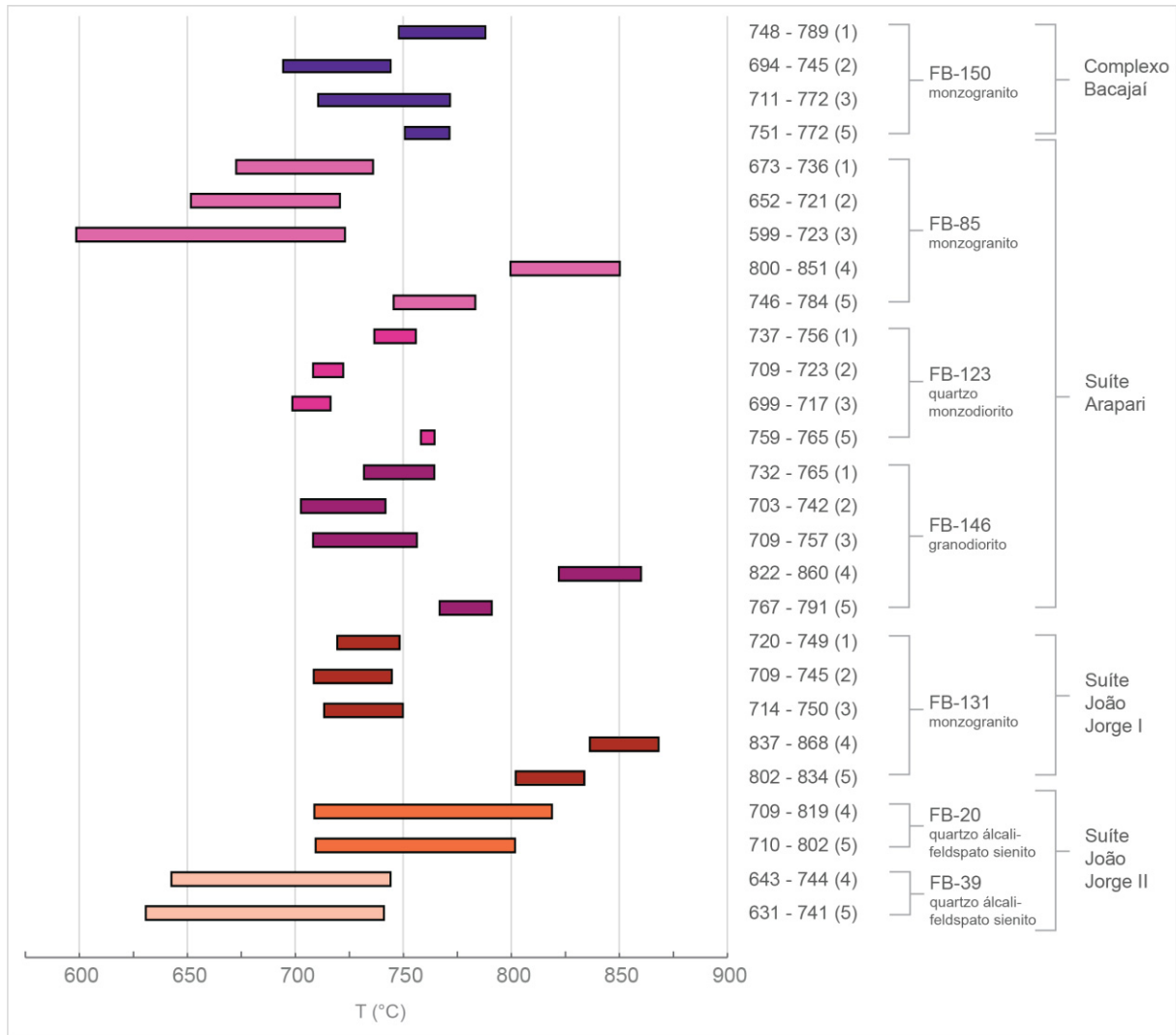


Figura 19 - Intervalos de temperatura de cristalização para o monzogranito FB-150 (CB), monzogranito FB-85 (SIA), quartz monzodiorito FB-123 (SIA), granodiorito FB-146 (SIA), monzogranito FB-131 (SIJJ I) e dois quartz álcali-feldspato sienitos (FB-20 e FB-30) da SIJJ II estimados a partir dos trabalhos de: (1) Blundy & Holland (1990); (2) Holland & Blundy (1994) – equação 1 (edenita + 4 quartzo = tremolita + albita); (3) Holland & Blundy (1994) – equação 2 (edenita + albita = richterita + anortita); (4) Ridolfi *et al.* (2010) e (5) Putirka (2016). Foram obtidos valores inadequados para o monzogranito FB-150 utilizando a calibração (5), para o quartz monzodiorito FB-123 com a calibração (4), e para os quartz álcali-feldspato sienitos FB-20 e FB-39 através das calibrações (1), (2) e (3).

As temperaturas de cristalização obtidas para as rochas do CB são semelhantes e variam de 694 a 789°C. Devido ao alto FeO em anfibólio no monzogranito FB-150 (CB) não foi possível utilizar a calibração de Ridolfi *et al.* (2010). Há uma variação significativa entre as temperaturas obtidas para as rochas da SIA. O monzogranito FB-85 forneceu temperaturas variadas, entre 599 e 851°C, enquanto para o quartz monzodiorito foram calculadas temperaturas entre 699 e 765°C. Para o granodiorito FB-146 foram obtidos valores entre 703 e 860°C. A temperatura estimada para o monzogranito da SIJJ I é muito semelhante às

calculadas para a amostra FB-146 (SIA), entre 709 e 868°C. Os quartzo álcali-feldspato sienitos da SIJJ II forneceram valores entre 709 e 819°C (FB-20) e 631 a 744°C (FB-39).

Os maiores valores foram obtidos pelas calibrações de Ridolfi *et al.* (2010) e Putirka (2016), havendo uma diferença de cerca de 30°C entre elas. As duas equações geotermométricas de Holland & Blundy (1994) forneceram as menores temperaturas de cristalização. A equação de Blundy & Holland (1990) forneceu valores ligeiramente maiores do que as menores temperaturas.

6. SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA – SM

Os valores de susceptibilidade magnética (SM) de cada unidade, suas médias, desvio padrão (DP) e a proporção entre minerais opacos, máficos e félsicos obtidas por meio de estimativas visuais podem ser consultados na Tabela 5. A distribuição dos valores de SM de cada unidade está representada no Gráfico 1.

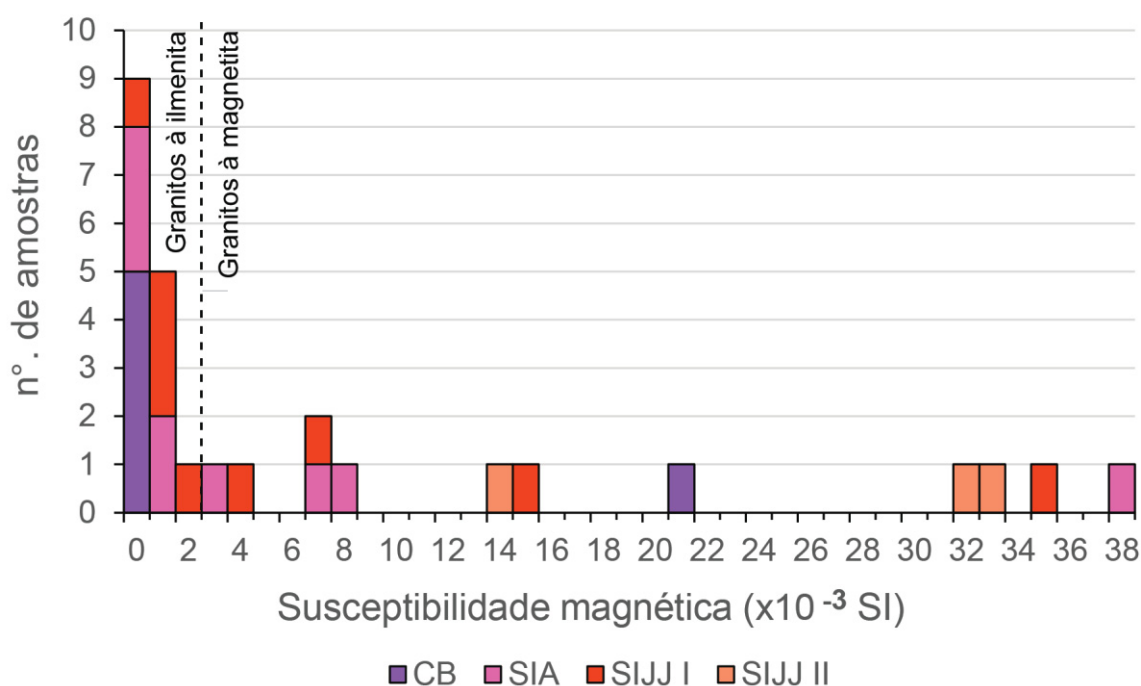
Tabela 5 - Valores de susceptibilidade magnética (SM), desvio padrão (DP) e proporção entre minerais opacos, máficos e félsicos. M1*, M2*, M3*: medidas 1, 2 e 3. Litotipo*: 1 – monzogranito, 2 – sienogranito, 3 – álcali-feldspato granito, 4 – tonalito, 5 – quartzo monzodiorito, 6 – granodiorito, 7 – quartzo álcali-feldspato sienito, 8 – quartzo sienito. (Continua)

Unidade	Amostra	Litotipo*	SM					Proporção mineral (%)		
			M1*	M2*	M3*	Média	DP	Opacos	Máficos	Félsicos
Complexo Bacajá	FB-14	1	0,66	0,69	0,68	0,68	0,02	0,08	3,58	96,35
	FB-105	1	21,00	21,60	21,40	21,33	0,31	2,53	5,63	91,84
	FB-116	1	0,33	0,23	0,23	0,26	0,06	1,14	2,93	95,93
	FB-118B	1	0,14	0,10	0,12	0,12	0,02	0,40	6,77	92,83
	FB-133	1	0,08	0,07	0,07	0,07	0,01	0,49	6,30	93,22
	FB-150	1	0,52	0,53	0,51	0,52	0,01	1,71	19,52	78,77
Suíte Arapari	FB-15	1	0,11	0,11	0,13	0,12	0,01	1,94	4,18	93,88
	FB-62	3	0,68	0,71	0,72	0,70	0,02	1,23	2,54	96,23
	FB-69	2	1,02	1,02	1,07	1,04	0,03	2,23	2,65	95,12
	FB-72	2	37,50	38,70	39,30	38,50	0,92	2,76	6,52	90,72
	FB-75	4	0,19	0,21	0,20	0,20	0,01	1,15	3,93	94,93
	FB-84	1	1,21	1,22	1,20	1,21	0,01	0,11	4,89	95,00
	FB-85	1	7,57	7,56	7,53	7,55	0,02	1,60	8,10	90,30
	FB-123	5	3,15	3,33	3,70	3,39	0,28	1,26	6,59	92,15
	FB-146	6	8,41	8,74	8,69	8,61	0,18	2,10	9,10	88,80
Suíte João Jorge I	FB-04	2	1,24	1,22	1,26	1,24	0,02	0,69	3,85	95,46
	FB-10	1	15,20	15,20	15,30	15,23	0,06	1,56	2,19	96,25
	FB-13	1	2,10	2,33	2,20	2,21	0,12	1,08	5,43	93,50
	FB-44	1	7,24	7,34	6,93	7,17	0,21	1,50	3,18	95,32

Tabela 5 - Valores de susceptibilidade magnética (SM), desvio padrão (DP) e proporção entre minerais opacos, máficos e félsicos. M1*, M2*, M3*: medidas 1, 2 e 3. Litotipo*: 1 – monzogranito, 2 – sienogranito, 3 – álcali-feldspato granito, 4 – tonalito, 5 – quartzo monzodiorito, 6 – granodiorito, 7 – quartzo álcali-feldspato sienito, 8 – quartzo sienito. (Conclusão)

Unidade	Amostra	Litotipo*	SM					Proporção mineral (%)		
			M1	M2	M3	Média	DP	Opacos	Máficos	Félsicos
Suíte João Jorge I	FB-47	2	1,45	1,46	1,46	1,46	0,01	0,48	3,09	96,43
	FB-120	1	1,58	1,56	1,49	1,54	0,05	0,36	3,74	95,90
	FB-131	1	34,90	34,90	35,70	35,17	0,46	4,77	15,07	80,17
	FB-147	2	0,82	0,64	0,80	0,75	0,10	0,43	2,79	96,79
	FB-160	1	4,41	3,82	4,76	4,33	0,48	0,81	1,38	97,81
Suíte João Jorge II	FB-20	7	32,20	32,80	32,80	32,60	0,35	3,13	4,35	92,52
	FB-39	7	34,30	34,10	32,70	33,70	0,87	2,24	4,76	93,00
	FB-48	8	14,90	15,00	14,50	14,80	0,26	2,18	4,11	93,71

Gráfico 1 – Distribuição dos valores de susceptibilidade magnética (SM) das rochas do Complexo Bacajá, Suíte Intrusiva Arapari, Suíte Intrusiva João Jorge I e Suíte Intrusiva João Jorge II.



Os monzogranitos do CB possuem valores de SM entre 0 e 1×10^{-3} SI, com exceção do monzogranito FB-105, com $21,33 \times 10^{-3}$ SI. Os valores de SM do CB são os menores dentre as unidades estudadas, o que reflete a pequena quantidade de minerais máficos. O monzogranito FB-105 tem a maior porcentagem de minerais opacos dentre as rochas dessa unidade, compondo 2,53% de sua assembleia mineral. Não é clara a relação entre SM e %opacos para as rochas com pequena quantidade de opacos (>2%), mas na amostra FB-105 a relação é diretamente proporcional.

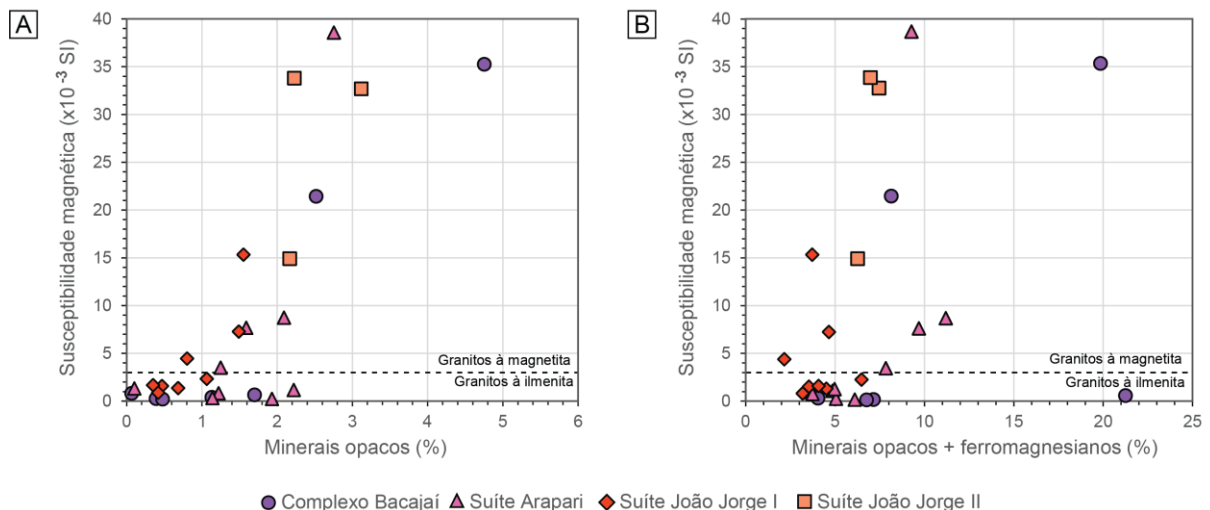
A rochas da SIA possuem valores variados de SM. Cinco dos nove granitoides da SIA possuem valores de SM até 2×10^{-3} SI (FB-15, FB-62, FB-69, FB-75 e FB-84), três possuem valores até 9×10^{-3} SI (FB-85, FB-123 e FB-146), e uma amostra tem valor de $38,5 \times 10^{-3}$ SI (FB-72). Como constatado no CB, a relação entre SM e a %opacos das rochas da SIA não é clara para rochas com pequeno teor de opacos, sendo diretamente proporcional em rochas com maior teor.

Foram obtidos valores variados para as rochas da SIJJ I. Quatro amostras têm valores de SM até 2×10^{-3} SI (FB-04, FB-47, FB-120, FB-147), três têm valores até 9×10^{-3} (FB-13, FB-44, FB-160) e duas rochas forneceram valores mais elevados, de $15,23 \times 10^{-3}$ SI (FB-10) e $35,17 \times 10^{-3}$ SI (FB-131). Os granitoides FB-10 e FB-131 possuem os maiores teores de fases opacas dentre as rochas dessa unidade, compondo 1,56% e 4,77% de sua assembleia mineral, respectivamente.

Valores elevados de SM foram obtidos para as rochas da SIJJ II e variam entre $14,90 \times 10^{-3}$ SI e $34,10 \times 10^{-3}$ SI. Os maiores valores foram obtidos para as amostras de quartzo álcali-feldspato sienito FB-20 e FB-39 e refletem a presença de anfibólio, piroxênio e grandes quantidades de minerais opacos nessas rochas (3,13% e 2,24% respectivamente).

A partir do Gráfico 2 constata-se que não há uma relação clara entre a proporção de opacos vs SM, ou entre as proporções de opacos+ferromagnesianos vs SM nas amostras com baixo teor de fases opacas, em contraste às rochas com alta quantidade de opacos, nas quais essa relação é diretamente proporcional.

Gráfico 2 – (A) e (B) representam a relação susceptibilidade magnética vs %opacos e susceptibilidade magnética vs %opacos + %máficos, respectivamente. Fonte: Adaptado de Magalhães & Dall'Agnol (1992).



7. FUGACIDADE DE OXIGÊNIO – fO_2

A fugacidade de oxigênio (fO_2) representa um papel importante na composição química de silicatos em um líquido, além de influenciar a estabilidade de óxidos e sulfetos (Frost 1991). O aumento de Mg em anfibólios permite que esses minerais sejam estáveis em condições de alta fugacidade de oxigênio, assim como valores mais elevados de Fe sugerem formação em condições redutoras (Frost 1991).

Segundo Wones & Eugster (1965) a biotita é o mais simples indicador do estado de oxidação magmática devido à sensibilidade de sua composição química a variações composicionais do magma hospedeiro e de suas condições de cristalização. A partir dos diagramas Al^{IV} (afu) vs $Fe/(Fe+Mg)$ (Anderson & Smith 1995) e $T(^{\circ}C)$ vs $\log fO_2$ em anfibólio (Figura 20) é possível constatar que o monzogranito FB-150 do CB se formou em condições de fO_2 intermediária, entre os *buffers* NNO e FMQ. Esse comportamento reflete valores elevados de Fe em anfibólio dessa amostra, de composição Fe-tschemakita. Além disso, os cristais de biotita desta amostra possuem quantidades de Fe moderadas.

Os monzogranitos FB-133 e FB-150 possuem as menores quantidades de Fe em biotita do CB, composição sugestiva de fO_2 moderada, enquanto os cristais do monzogranito FB-14 são ricos em Fe, o que sugere baixa fO_2 durante sua formação. Assim como no monzogranito FB-150 (CB), o anfibólio do quartzo monzodiorito FB-123 (SIA) é Fe-tschemakita e suas análises plotam em posições muito semelhantes a essa amostra nos diagramas de fO_2 . É observada uma tendência ao aumento da fO_2 a partir do granodiorito FB-146 em direção ao monzogranito FB-85 (SIA). Ambas as amostras se situam entre os *buffers* NNO e HM, mas os pontos referentes ao granodiorito estão mais próximos à curva NNO. O anfibólio dessas amostras possui composições entre tschemakita (FB-146) e Mg-hornblenda (FB-85 e FB-146), e a biotita é quimicamente muito semelhante, sendo os cristais do monzogranito FB-85 ligeiramente mais ricos em Fe. A biotita do monzogranito FB-15 tem o maior valor de Fe dentre as amostras da SIA, o que sugere formação em ambiente mais redutor do que as demais.

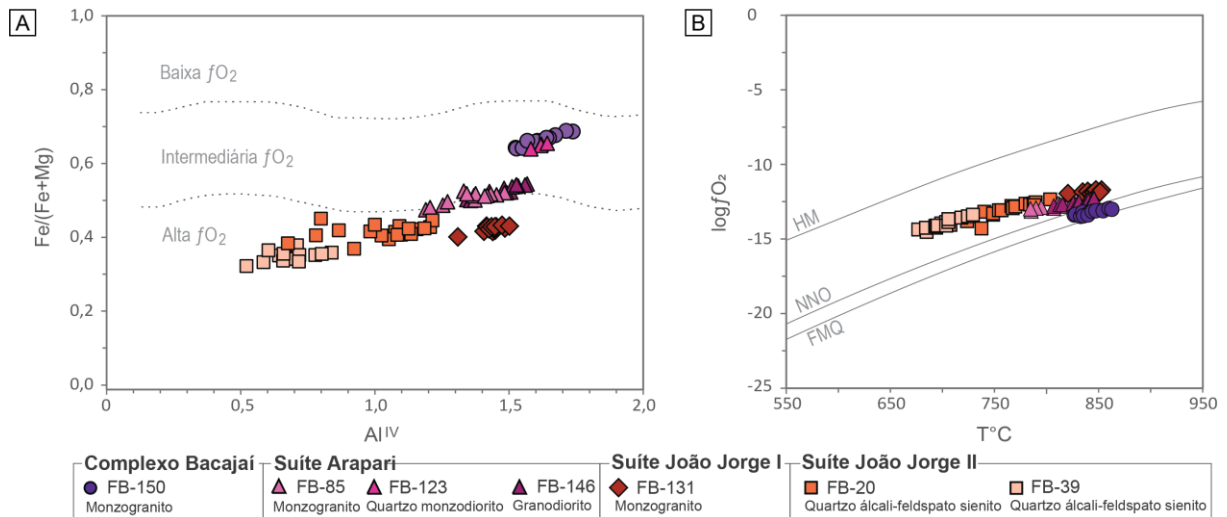


Figura 20 – Diagramas de fO_2 para análises de cristais de anfibólio do CB, SIA, SIJJ I e SIJJ II: A) diagrama Al^{IV} vs $Fe/(Fe+Mg)$ indicando que as rochas FB-150 (CB) e FB-123 (SIA) se formaram sob condições de intermediária fugacidade de oxigênio, enquanto as demais rochas analisadas se formaram em condições de alta fO_2 ou muito próximas a este limite; B) diagrama $T(^{\circ}C)$ vs $\log fO_2$ a partir do qual se constata que, com exceção das rochas FB-150 e FB-123, formadas entre os *buffers* NNO e FMQ, todas as rochas se formaram em condições relativamente oxidantes, entre os *buffers* NNO e HM. HM: *buffer* hematita-magnetita (Chou 1978); NNO: *buffer* níquel-óxido de níquel (Huebner & Sato 1970); FMQ: *buffer* fayalita-magnetita-quartzo (Huebner 1971). Fonte: Anderson & Smith (1995).

As rochas formadas em condições de maior fO_2 correspondem ao monzogranito FB-131 (SIJJ I) e aos quartzos álcali-feldspato sienitos da SIJJ II (FB-20 e FB-39). O anfibólio do monzogranito é Mg-hornblenda e a biotita possui a maior quantidade de Mg dentre todos os cristais analisados, se aproximando da composição da flogopita. O anfibólio dos quartzos álcali-feldspato sienitos (SIJJ II) é Mg-hornblenda. Essas amostras plotam no campo de alta fO_2 , entre os *buffers* NNO e HM, acima das demais amostras analisadas. Os cristais de biotita dos sienogranitos FB-47 e FB-147 da SIJJ I possuem altos valores de Fe e Al_{total} , sugerindo cristalização em menor fO_2 do que o monzogranito FB-44, o qual possui biotita mais rica em Mg e com menor quantidade de Al_{total} .

A biotita do monzogranito FB-13 tem características intermediárias entre as demais amostras da mesma unidade. A significativa quantidade de titanita magmática (Figura 9) nos quartzos álcali-feldspato sienitos FB-20 e FB-39 (SIJJ II), monzogranitos FB-131 (SIJJ I) e FB-133 (CB), e no monzogranito FB-85 e granodiorito FB-146 (SIA), além da presença de epidoto magmático corrobora com a hipótese de formação sob condições oxidantes. Nos quartzos álcali-feldspato sienitos da SIJJ II a fase opaca predominante é magnetita, assim como no granodiorito FB-146 da SIA, são evidências de condições de alta fO_2 . Nos monzogranitos FB-15

(SIA) e FB-131 (SIJJ I) coexistem magnetita e ilmenita em quantidades semelhantes, indicando condições de fugacidade de oxigênio inferiores às rochas sem ilmenita. No monzogranito FB-44 (SIJJ I), além de magnetita, ocorrem núcleos de pirita com bordas oxidadas de magnetita, sugestivos de ambientes oxidantes.

8. DISCUSSÕES

A biotita corresponde à fase máfica mais comum em granitoides e sua composição química pode ser utilizada como parâmetro para a classificação petrogenética dessas rochas. Segundo Shabani *et al.* (2003) os seguintes fatores fazem da biotita um importante indicador de composição magmática: 1) corresponde ao principal reservatório de alumínio excedente em rochas livres ou com teores insignificantes dos principais aluminossilicatos (granada, cordierita e polimorfos de Al_2SiO_5) e reflete diretamente a peraluminosidade do magma e 2) é o principal indicador de estado de oxidação magmática (Wones & Eugster 1965). Esses dois parâmetros geoquímicos são a base da classificação de granitos I e S de Chappel & White (1974) e da classificação de granitos das séries à ilmenita e à magnetita (Ishihara 1977, 1981). Segundo este autor, os granitos à magnetita possuem magnetita como principal fase opaca (0,1 a 2 vol.%), seguida por ilmenita, hematita, pirita, titanita, epidoto e biotita com alto razão Mg/Fe. Para estas rochas é interpretada origem profunda, entre o manto superior e crosta inferior. Os granitos à ilmenita possuem este como seu principal mineral opaco (<0,1 vol.%), podendo conter pirrotita, grafita, muscovita e biotita com baixo valor de Mg/Fe. Os granitos à ilmenita são formados em crosta continental intermediária a inferior e possui fontes mantélicas e crustais (Ishihara 1977).

Segundo o diagrama $\text{MgO-FeO-Al}_2\text{O}_3$ de Rossi & Chevremont (1987) (Figura 21.A) a biotita dos granitoides da Folha Rio Bacajá plota-se entre os campos relacionados a granitos das séries cálcio-alcálica (CA), associada a regimes de subducção, e ferro-potássica (Fe-K), associada a granitos intraplaca e pós-colisionais. As rochas FB-150 (CB), FB-85 (SIA), FB-146 (SIA) e FB-44 (SIJJ I), as quais possuem biotita com maiores quantidades de Mg e são associadas a condições intermediárias a altas de $f\text{O}_2$, plotam exclusivamente no campo associado à série cálcio-alcálica, enquanto as demais amostras, com biotita rica em Fe e associada a menor fugacidade de oxigênio, plotam na interface entre os campos CA e Fe-K.

Nos diagramas $\text{FeO}^*\text{-MgO-Al}_2\text{O}_3$ e $\text{MgO vs Al}_2\text{O}_3$ de Abdel-Rahman (1994) (Figura 21.B-C), como observado anteriormente, as amostras com biotita rica em Mg plotam no campo referente a granitos cálcio-alcálicos, enquanto as rochas com biotita rica em Fe são relacionadas a granitos peraluminosos. Os pontos referentes às rochas FB-150 (CB) e FB-123 (SIA), com valores intermediários de Fe, se situam na divisão entre a série cálcio-alcálica e a série peraluminosa.

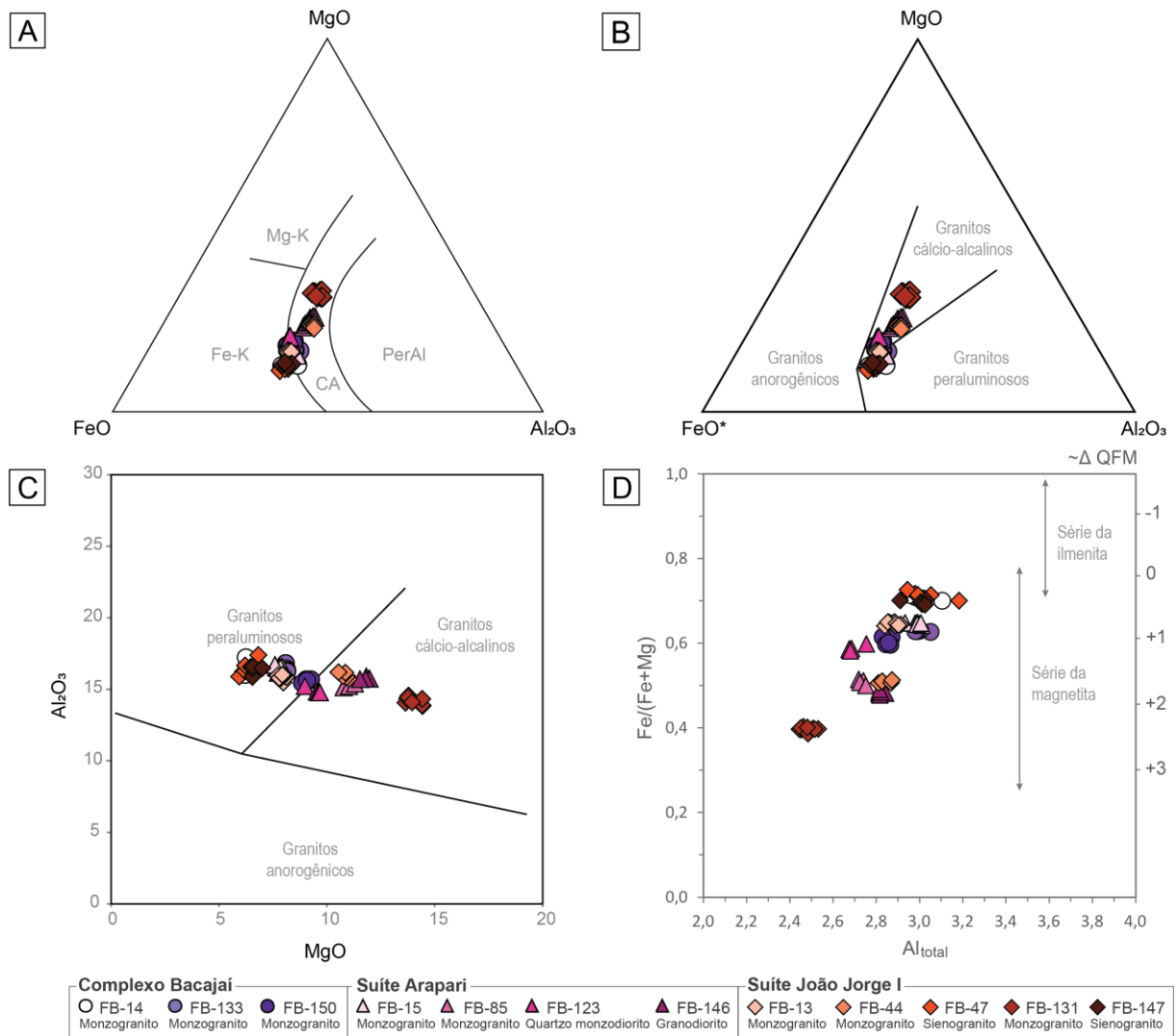


Figura 21 – Diagramas discriminantes para biotita do CB, SIA e SIJJ I: (A) diagrama $\text{MgO-FeO-Al}_2\text{O}_3$ indicando afinidade da biotita com granitoides das séries cálcio-alcálica (CA) e ferro-potássica (Fe-K); (B) e (C) são diagramas $\text{FeO}^*\text{-MgO-Al}_2\text{O}_3$ e $\text{MgO vs Al}_2\text{O}_3$ que representam a afinidade das amostras com os campos dos granitos cálcio-alcálicos e granitos peraluminosos; (D) diagrama $\text{Al}_{\text{total}} \text{ vs } \text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ indicando que todas as amostras são da série à magnetita. As rochas cuja biotita possui maiores quantidades de Mg plotam-se nos campos cálcio-alcálicos nos diagramas (A), (B) e (C), enquanto as rochas com biotita enriquecida em Fe possuem afinidade com as séries Fe-K e peraluminosa. No diagrama (D) é observada uma tendência para a série à ilmenita conforme ocorre o aumento de Fe da biotita, indicando diminuição da fugacidade de oxigênio. Fonte: (A) Rossi & Chevremont (1987); (B-C) Abdel-Rahman (1994); (D) Anderson *et al.* (2008).

Segundo o diagrama Al_{TOTAL} vs $Fe/(Fe+Mg)$ (Anderson *et al.* 2008) (Figura 21.D) todos os cristais de biotita são característicos de granitoides da série à magnetita (Ishihara 1977). Foi observada uma tendência para a série à ilmenita a partir do monzogranito FB-150, mais oxidado e com biotita mais magnesiânica, em direção ao monzogranito FB-14 (CB) e sienogranito FB-47 (SIJJ I), mais reduzidos e com biotita rica em Fe.

As rochas do CB plotam-se de forma relativamente homogênea entre si, caracterizando condições redutoras com baixa fO_2 e composições entre granitos cálcio-alcalinos e ferro-potássicos, e cálcio-alcalinos a peraluminosos. Na SIA há tendência de aumento da quantidade de Mg da biotita e do anfibólio e aumento da fO_2 . Esse padrão é caracterizado pela afinidade da biotita rica em Mg com a série cálcio-alcalina e da biotita rica em Fe com as séries peraluminosa a ferro-potássica. As rochas da SIJJ I caracterizam dois grupos distintos: o primeiro possui biotita e anfibólio ricos em Mg e é associado à série cálcio-alcalina e condições de alta fO_2 ; o segundo conta com biotita rica em Fe com afinidade com as séries peraluminosa e ferro-potássica.

A partir dos resultados obtidos e sua discussão com base na literatura sobre o Domínio Bacajá, foi possível discutir um plausível modelo de evolução tectônica para as unidades estudadas.

A análise petrográfica indica que, além de deformação em estágio não completamente consolidado, marcada por foliação magmática, orientação de biotita e anfibólio, extinção ondulante em quartzo e início da formação de subgrãos em quartzo (Barros *et al.* 2007), há feições que sugerem deformação em estado sólido. As feições comuns ao CB, SIA e SIJJ I consistem em extinção ondulante moderada a forte em quartzo com a presença de bandas de deformação, agregados de novos grãos e subgrãos de quartzo, por vezes com contatos serrilhados a lobados, pertitas em chamuscas em microclínio e mirmequitas em plagioclásio. Foi observada orientação fraca a forte de feldspatos, formação de simplectitos muito finos de opacos nos contatos entre biotita ou anfibólio e plagioclásio e microclínio e *kink* em plagioclásio nas rochas da SIA e SIJJ I, além de *kink* em biotita nessa última unidade. Foram descritas fraturas finas preenchidas por quartzo e muscovita em cristais de feldspato alcalino na SIJJ I e SIJJ II, sendo essa a única feição de deformação intracristalina observada na segunda unidade.

As características mencionadas são também descritas nos trabalhos de Barros *et al.* (2007) e Perico *et al.* (2017), os quais consideram as unidades do CB, SIA e SIJJ granitos sin a tardi-tectônicos, deformados durante a colocação crustal por esforços compressivos em um regime de deformação progressiva e temperatura decrescente, durante a evolução de um arco magmático. O formato alongado e direção WNW-ESSE dos plútons, concordantes com as estruturas transcorrentes regionais (João *et al.* 1987, Faraco *et al.* 2005), atestaria tais condições de formação (Perico *et al.* 2017). A foliação ausente a muito fraca e os cristais fraturados de feldspato alcalino da SIJJ II, somadas aos contatos tectônicos com as demais unidades, corroboram a hipótese de colocação magmática tardia e controlada por estruturas tectônicas subverticais e profundas (Barros *et al.* 2023).

Nas rochas da SIA, SIJJ I e SIJJ II, anfibólitos com composições predominantes de Mg-hornblenda, biotita da variedade annita, magnetita e ilmenita sugerem cristalização a partir de magmas com fO_2 moderada a alta, entre os *buffers* NNO e HM. Condições de fO_2 intermediária, entre os *buffers* FMQ e NNO são observadas para o monzogranito FB-150 (CB) e para o quartzo monzodiorito FB-123 (SIA), ambos com Fe-tschermakita e biotita rica em Fe, com tendência à siderofilita. Nos sienogranitos FB-47 e FB-147 e no monzogranito FB-13 (SIJJ I), cristais de biotita ricos em Fe também são sugestivos de fontes mais reduzidas. Apesar dessa variação, todas as unidades pertencem à série da magnetita, comportamento esperado em arcos magmáticos (Ishihara 1977). Considerando a afinidade de todas as unidades com a série da magnetita seriam esperados valores mais elevados de susceptibilidade magnética. Em decorrência da pequena quantidade de amostras de mão de cada afloramento e de suas dimensões reduzidas, é possível que essas não representem o teor real de fases minerais opacas das unidades em questão.

A alta fugacidade de oxigênio também é atestada pela presença de epidoto magmático com núcleos de allanita e por titanita magmática. A presença de epidoto primário preservado sugere origem magmática em pressões superiores a 10 kbar, ascensão crustal rápida e colocação em profundidades rasas (Sial *et al.* 2008). Tais requisitos vão de encontro às pressões entre 4,5 – 7,4 kbar, 3,0 – 6,0 kbar e 2,9 – 5,0 kbar obtidas para o CB, SIA e SIJJ I, respectivamente. Temperaturas finais de cristalização entre 694 – 789°C, 599 – 860°C, 709 – 868°C e 631 – 819 °C foram obtidas para o CB, SIA, SIJJ I e SIJJ I, respectivamente. Barros *et al.* (2023)

consideram temperaturas relativamente baixas e altos graus de fusão em ambiente de arco magmático para os granitos cálcio-alcalinos dessas unidades.

Os diagramas discriminantes (Figura 21.A- C) para biotita apontam afinidade com granitos cálcio-alcalinos com tendência ferro-potássica (Figura 21.A) e cálcio-alcalinos a peraluminosos (Figura 21.B-C), comportamentos esperados em rochas pós-colisionais (Besser & Barros 2016, Barros *et al.* 2023). As rochas com assinaturas peraluminosas e com tendências Fe-K coincidem com as que possuem biotita e anfibólio ricos em Fe.

Diversos autores consideram o CB, SIA e SIJJ como estágios sin e tardi-colisionais de um arco magmático continental riaciano-orosiriano (Barros *et al.* 2007, Besser 2012, Perico *et al.* 2017, Alves 2020, Barros *et al.* 2023, Pimentel 2024). Vasquez *et al.* (2005, 2008) sugerem origem sin-transcorrente para as rochas das Suítes Arapari e João Jorge,

Os possíveis processos geradores dessas unidades são a fusão parcial de fontes mantélicas profundas e crustais arqueanas e siderianas retrabalhadas, com colocação crustal rasa a intermediária concomitante a esforços compressivos durante a evolução de um arco magmático continental (Complexo Bacajá) (Barros *et al.* 2007, Besser 2012, Perico *et al.* 2017, Alves 2020, Barros *et al.* 2023, Pimentel 2024) e colocação pós-tectônica mediante esforços transcorrentes (Suíte Arapari, Suíte João Jorge) (Vasquez *et al.* 2005, 2008)

9. CONCLUSÕES

As análises petrográficas, de química mineral e susceptibilidade magnética nos granitoides riacianos aflorantes na Folha Rio Bacajá conduziram às seguintes conclusões:

- O CB, SIA, SIJJ I e II compreendem monzogranitos, sienogranitos, álcali-feldspato granitos, quartzo álcali-feldspato sienitos, quartzo sienitos, granodioritos, quartzo monzodioritos, e tonalitos. A mineralogia essencial dessas rochas é semelhante, composta por quartzo, feldspato alcalino e plagioclásio. Biotita, anfibólio, piroxênio, epidoto, titanita, allanita, apatita, zircão, muscovita, carbonato, sericita, magnetita e ilmenita ocorrem em menores proporções modais.

- Há feições de deformação cristalina em estado sólido em todas as unidades, as quais vão de encontro à hipótese proposta por Barros *et al.* (2007) e Perico *et al.* (2017) de cristalização magmática concomitante à deformação progressiva e a esforços compressivos.
- Os granitoides do CB plotam-se na interface de séries cálcio-alcalinas e ferro-potássicas de acordo com os diagramas de Rossi & Chevremont (1987) e Abdel-Rahman (1994), podendo ser classificados também como granitos peraluminosos. Esse comportamento condiz com a composição rica em Fe de biotita e anfibólio, e presença de magnetita.
- As rochas da SIA são classificadas como cálcio-alcalinas segundo os diagramas de Rossi & Chevremont (1987) e Abdel-Rahman (1994). Existe uma afinidade com as séries ferro-potássica e peraluminosa, concordante com o aumento de Fe e diminuição de Mg em cristais de anfibólio e biotita.
- Na SIJJ I se observam dois comportamentos distintos: o primeiro, caracterizado por rochas com anfibólio e biotita ricos em Mg e assinatura cálcio-alcalina (*cf.* Rossi & Chevremont 1987, Abdel-Rahman 1994), e o segundo definido por enriquecimento em Fe de biotita e anfibólio e afinidade com as séries ferro-potássica e peraluminosa.
- De acordo com os campos do diagrama de Anderson & Smith (1995) as rochas do CB se formaram sob condições de fO_2 intermediária. As rochas da SIJJ II, assim como uma amostra da SIJJ I, se formaram sob alta fO_2 . As rochas da SIA também mostram tendência à cristalização sob condições de alta fugacidade de oxigênio.
- Todas as unidades estudadas neste trabalho são da série à magnetita na classificação de Ishihara (1977). Os valores baixos de susceptibilidade magnética obtidos em amostras de mão possivelmente não são representativos da porcentagem efetiva de fases opacas nessas rochas.

- A presença de epidoto primário (Sial *et al.* 2008) aponta para fontes magmáticas profundas, em pressões acima de 10 kbar, e ascensão crustal rápida e colocação em níveis crustais relativamente rasos.
- Foram estimadas pressões e temperaturas de cristalização entre 4,5 – 7,4 kbar e 694 – 789°C para o CB, 3,0 – 6,0 kbar e 599 – 860°C para a SIA, 2,9 – 5,0 kbar e 709 – 868°C para a SIJJ I. Para a SIJJ II foram obtidas temperaturas de cristalização entre 631 – 819°C. Esses valores concordam com a hipótese de cristalização e colocação final em profundidades rasas a moderadas, entre 11 e 28 km.
- Os resultados obtidos possuem semelhanças com trabalhos de Barros *et al.* (2007), Besser (2012), Perico *et al.* (2017), Alves (2020), Barros *et al.* (2023) e Pimentel (2024), os quais consideram o CB como estágios sin e tardi-colisionais de um arco magmático continental que teve sua evolução entre os períodos riaciano-orosiriano e com os trabalhos de Vasquez *et al.* (2005, 2008), os quais associam a SIA e SIJJ a granitos sin-transcorrentes.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-RAHMAN, A. F. **Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline, and peraluminous magmas**. Mineralogical Magazine, v. 58, p. 159-168, 1994.
- ALVES, João Paulo Silva. **A relação entre o domínio Bacajá e o domínio Carajás, Sudeste do Cratón Amazônico, com base em geologia isotópica e química mineral**. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 79p., 2020.
- ANDERSON, J. L.; BARTH, A. P.; WOODEN, J. L.; MAZDAB, F. **Thermometers and thermobarometers in granitic systems**. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, v. 69, n. 1, p. 121-142, 2008.
- ANDERSON, J. L.; SMITH, D. R. **The effects of temperature and fO_2 on the Al-in hornblende barometer**. American Mineralogist, v. 80, p. 549-559, 1995.
- BARROS, C. E. M.; BESSER, M. L.; VASCONCELLOS, E. M. G. **Voluminous Paleoproterozoic plutonic belt of the Bacajá domain in Amazon Craton: Petrology, geotectonic setting and Pb-Pb zircon evaporation ages**. Journal of South American Earth Sciences, v. 130, 2023.
- BARROS, C. E. M.; MACAMBIRA, M. J. B.; SANTOS, M. C. C.; SILVA, D. C. C. S.; PALMEIRA, L. C. M.; SOUSA, M. M. **Estruturas sinmagmáticas e idade de zircão (evaporação de Pb) de granitos paleoproterozóicos da parte leste do domínio Bacajá, Província Maroni-Itacaiúnas**. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 293-304, 2007.
- BESSER, M. L. & BARROS, C. E. M. **Geologia e recursos minerais da Folha Rio Bacajá –AS.22-Y-D-VI, Estado do Pará, escala 1:100.000**. Belém: CPRM-UFPR, 100 p., 2016.
- BESSER, M. L. **Origem e evolução das rochas paleoproterozoicas da área Rio Bacajá, Pará, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, 136p., 2012.
- BLUNDY, J. D. & HOLLAND, T. J. B. **Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer**. Contributions to Mineralogy and Petrology, v. 104, p. 208-224, 1990.
- CHAPPELL, B. W.; WHITE, A. J. R. **Two contrasting granite types**. Pacific Geology, v. 8, p. 173-174, 1974.
- CHOU, I. M. **Calibration of oxygen buffers at elevated P and T using the hydrogen fugacity sensor**. American Mineralogist, v. 63, n. 7-8, p. 690-703, 1978.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A., ZUSSMAN, J. **An Introduction to the Rock-forming Minerals** (2ª edição). Longman Scientific & Technical, Harlow, Essex, England: New York, NY, 696 p., 1992. ISBN: 0470218096.

DELOR, C.; LAHONDÈRE, D.; ÉGAL, E.; LAFON, J. M.; COCHERIE, A.; GUERROT, C.; ROSSI, P.; TRUFFERT, C.; THÉVENIAUT, H.; PHILLIPS, D.; AVELAR, V. G. **Transamazonian crustal growth and reworking as revealed by the 1:500,000-scale geological map of French Guiana**. 2. ed. *Geologie de la France*, v. 2–4, p. 5–57, 2003.

FARACO, M. T. L., VALE, A. G., SANTOS, J. O. S., LUZARDO, R., FERREIRA, A. L., OLIVEIRA, M., MARINHO, P. A. C. **Levantamento geológico da região ao norte da Província Carajás**. In: A. Horbe & W. Souza (eds.) *Contribuições à Geologia da Amazônia*, v. 4, p.16-31, 2005.

GRANDE, F. L. DE. **Química mineral de anfibolitos paleoproterozoicos do Terreno Bacajá, Província Transamazonas**. Monografia - Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, 139 p., 2022.

FROST, B. R. **Introduction to oxygen fugacity and its petrologic importance**. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, v. 25, n. 1, p. 1-9, 1991.

HAMMARSTROM, J. M. & ZEN, E. A. **Aluminium in hornblende: an empirical igneous geobarometer**. *American Mineralogist*, v. 71: 1297-1313p., 1986.

HOLLAND, T.; BLUNDY, J. **Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry**. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 116, n. 4, p. 433-447, 1994.

HOLLISTER, L. S.; GRISSON, G. C.; PETERS, E. K.; STOWELL, H.H.; SISSON V.B. **Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons**. *American Mineralogist*, v. 72: 231-239 p., 1987.

HUEBNER, J. S. **Buffering techniques for hydrostatic systems at elevated pressures**. In: ULMER, G. C. (Ed.). *Research techniques for high pressure and high temperature*. Berlin: Springer, 123-145 p., 1971.

HUEBNER, J. S.; SATO, M. **The oxygen fugacity-temperature relationships of manganese oxide and nickel oxide buffers**. *American Mineralogist*, v. 55, n. 5-6, p. 934-952, 1970.

ISHIHARA, S. **The granitoid series and mineralization**. *Economic Geology Anniversary*, v. 75, p. 458-484, 1981.

ISHIHARA, S. **The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks**. *Mining Geology*, v. 27, p. 293-305, 1977.

JOÃO, X. S. J., VALE, A. G., LOBATO, T. A. M. **Folha SA.22- Y-D, Altamira. Projeto especial mapas de recursos minerais de solos e de vegetação para a área do programa Grande Carajás, escala 1:250.000**. Brasília: DNPM-CPRM, 1987. Relatório técnico.

JOHNSON, M. C.; RUTHERFORD, M. J. **Experimental calibration of the aluminium in hornblende geobarometer with application to Long Valley Caldera (California) volcanic rocks**. *Geology*, v. 17, p. 837-841, 1989.

LEAKE, B. E., WOLLEY, A. L., ARPS, C. E. S., BIRCH, W. D., GILBERT, M. C., GRICE, J. D., HAWTHORNE, F. C., KATO, A., KISCH, H. J., KRIVOVICHEV, V. G., LINTHOUT, K., LAIRD, J., MANDARINO, J. A., MARESCH, W., NICKEL, E. H., ROCK, N. M. S., SCHUMACHER, J. C., SMITH, D. C., STEPHENSON, N. C. N., UNGARETTI, L., WHITTAKER, E. J. W. & YOUZHI, G. **Nomenclature of Amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on new minerals and mineral names**. *The Canadian Mineralogist*, v. 35, p. 219-246, 1997.

MACAMBIRA, M. J. B., VASQUEZ, M. L., SILVA, D. C. C., GALARZA, M. A., BARROS, C. E. M., CAMELO, J. F. **Crustal growth of the central-eastern Paleoproterozoic domain, SW Amazonian craton: Juvenile accretion vs reworking**. *Journal of South American Earth Sciences*, v.27, p. 235-246, 2009.

MAGALHÃES, M. S. & DALL'AGNOL, R. **Estudo de minerais opacos e susceptibilidade magnética nos granitos Musa e Jamon (região de Rio Maria – SE do Pará) e suas implicações petrológicas**. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 22(2): p. 184-197, 1992.

MONTEIRO, P. C. **Investigação do limite entre domínios geocronológicos da região do médio rio Xingu, sudeste do Cráton Amazônico**. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Setor de Ciências, Universidade Federal do Pará, Belém, 104 p., 2006.

MUTCH, E. J. F.; BLUNDY, J. D.; TATTITCH, B. C. et al. **An experimental study of amphibole stability in low-pressure granitic magmas and a revised Al-in-hornblende geobarometer**. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 171, p. 85, 2016.

NACHIT, H.; IBHI, A.; ABIA, E. H.; OHOUD, M.B. **Discrimination between primary magmatic biotites, reequilibrated biotites and neoformed biotites**. *Géoscience*, v. 337(16): p. 1415-1420, 2005.

PERICO, E.; BARROS, C. E. M.; MANCINI, F.; ROSTIROLLA, S. P. **Protracted deformation during cooling of the Paleoproterozoic arc system as constrained by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of muscovite from brittle faults: The Transamazonian Bacajá Terrane, Brazil**. *Brazilian Journal of Geology*, São Paulo, v. 47, n. 3, p. 427-440, 2017.

PIMENTEL, Helmut Sousa. **Estudo isotópico do depósito aurífero Volta Grande, domínio Bacajá, sudeste do cráton amazônico**. 2024. xxiv, Tese (Doutorado em Geoquímica e Petrologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 165 p., 2024.

PUTIRKA, K. **Amphibole thermometers and barometers for igneous systems and some implications for eruption mechanisms of felsic magmas at arc volcanoes**. *American Mineralogist*, v. 101, n. 4, p. 841-858, 2016.

RIDOLFI, F.; RENZULLI, A.; PUERINI, M. **Stability and chemical equilibrium of amphibole in calc-alkaline magmas: an overview, new thermobarometric formulations and application to subduction-related volcanoes**. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 160, p. 45-66, 2010.

ROSSI, P. & CHEVREMONT, P. **Classification des associations magmatiques granitoides**. *Geochronique*, v. 21: p. 14-18, 1987.

SANTOS, J. O. S, HARTMANN, L. A, GAUDETTE, H. E, GROVES, D. I., MCNAUGHTON, N. J., FLETCHER, I. R. **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*, v. 3, n.4: p. 453-488, 2000.

SCHMIDT, M.W. **Amphibole compositions in tonalite as function of pressure: an experimental calibration of the Al- in hornblende barometer**. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 110: p. 304-310, 1992.

SHABANI, A. A. T.; LALONDE, A. E.; WHALEN, J. B. **Composition of biotite from granitic rocks of the Canadian Appalachian Orogen: a potential tectonomagmatic indicator?** *The Canadian Mineralogist*, v. 41, n. 6, p. 1381-1396, 2003.

SIAL, A. N.; VASCONCELOS, P. M.; FERREIRA, V. P.; PESSOA, R. R.; BRASILINO, R. G.; MORAIS NETO, J. M. **Geochronological and mineralogical constraints on depth of emplacement and ascension rates of epidote-bearing magmas from northeastern Brazil**. *Lithos*, v. 105, p. 225-238, 2008.

VASQUEZ, M. L.; MACAMBIRA, M. J. B.; ARMSTRONG, R. A. **Zircon geochronology of granitoids from the western Bacajá domain, southeastern Amazonian craton, Brazil: Neoproterozoic to Orosirian evolution**. *Precambrian Research*, v. 161: p. 279-302, 2008.

WONES, D. R.; EUGSTER, H. P. **Stability of biotite: experiment, theory, and application**. *American Mineralogist*, v. 50, n. 9, p. 1228-1272, 1965.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O Terreno Bacajá compreende a porção sul da província geocronológica Transamazônica e se situa diretamente a norte do núcleo arqueano Carajás. Sua evolução geodinâmica e relação com terrenos arqueanos é complexa e sua gênese é ainda discutida.
- A Folha Rio Bacajá se situa na porção norte do Terreno Bacajá e nela afloram o embasamento neoarqueano, sequências supracrustais siderianas, granitoides riacianos do Complexo Bacajaí e suítes intrusivas Arapari e João Jorge, além de enxames de diques mesozoicos e sedimentos cenozoicos.
- Essa pesquisa teve como objetivo determinar as condições de cristalização dos granitoides riacianos aflorantes na Folha Rio Bacajá.
- Análises de química mineral e o cálculo de fórmulas estruturais de biotita e anfibólio possibilitaram a estimativa de condições de pressão, temperatura e fugacidade de oxigênio durante a cristalização das rochas do Complexo Bacajaí e suítes intrusivas Arapari e João Jorge.
- Foram estimadas pressões de cristalização entre 3,0 e 7,4 kbar e temperaturas entre 599 e 868°C para as unidades estudadas, condições compatíveis com colocação crustal rasa a moderada, sob profundidades entre 11 e 28 km.
- Os magmas formadores das unidades estudadas cristalizaram sob moderada a alta fugacidade de oxigênio, e sua mineralogia permite supor fontes magmáticas profundas e posterior colocação crustal rasa a intermediária.
- Os granitoides estudados possuem composições compatíveis com as séries magmáticas cálcio-alcálica, peraluminosa e ferro-potássica.
- Os granitoides da Folha Rio Bacajá se assemelham a granitoides formados durante os estágios sin a tardi-colisionais de um arco

magmático (CB) e ao estágio pós-tectônico sin-transcorrente (SIA, SIJJ).

REFERÊNCIAS

- ABDEL-RAHMAN, A. F. **Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline, and peraluminous magmas**. Mineralogical Magazine, v. 58, p. 159-168, 1994.
- ALVES, João Paulo Silva. **A relação entre o domínio Bacajá e o domínio Carajás, Sudeste do Cratón Amazônico, com base em geologia isotópica e química mineral**. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 79p., 2020.
- ANDERSON, J. L.; BARTH, A. P.; WOODEN, J. L.; MAZDAB, F. **Thermometers and thermobarometers in granitic systems**. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, v. 69, n. 1, p. 121-142, 2008.
- ANDERSON, J. L.; SMITH, D. R. **The effects of temperature and fO_2 on the Al-in hornblende barometer**. American Mineralogist, v. 80, p. 549-559, 1995.
- BARROS, C. E. M.; BESSER, M. L.; VASCONCELLOS, E. M. G. **Voluminous Paleoproterozoic plutonic belt of the Bacajá domain in Amazon Craton: Petrology, geotectonic setting and Pb-Pb zircon evaporation ages**. Journal of South American Earth Sciences, v. 130, 2023.
- BARROS, C. E. M.; MACAMBIRA, M. J. B.; SANTOS, M. C. C.; SILVA, D. C. C. S.; PALMEIRA, L. C. M.; SOUSA, M. M. **Estruturas sinmagmáticas e idade de zircão (evaporação de Pb) de granitos paleoproterozóicos da parte leste do domínio Bacajá, Província Maroni-Itacaiúnas**. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 293-304, 2007.
- BARROS, C. E. M. & BARBEY, P. **A importância da granitogênese tardi-arqueana (2.5 Ga) na evolução tectono-metamórfica da Província Mineral de Carajás – O Complexo Granítico Estrela e sua aureola de contato**. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 513-522, 1998.
- BESSER, M. L. & BARROS, C. E. M. **Geologia e recursos minerais da Folha Rio Bacajá –AS.22-Y-D-VI, Estado do Pará, escala 1:100.000**. Belém: CPRM-UFPR, 100 p., 2016.
- BESSER, M. L.; BARROS, C. E. M. **Programa Geologia do Brasil - PGB. Rio Bacajá. Folha SA.22-Y-D-VI. Carta Geológica**. Belém, CPRM, 2015, 1 mapa colorido, escala 1:100.000, 2015.
- BESSER, M. L. **Origem e evolução das rochas paleoproterozoicas da área Rio Bacajá, Pará, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, 136p., 2012.
- BLUNDY, J. D. & HOLLAND, T. J. B. **Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer**. Contributions to Mineralogy and Petrology, v. 104, p. 208-224, 1990.

CHAPPELL, B. W.; WHITE, A. J. R. **Two contrasting granite types**. *Pacific Geology*, v. 8, p. 173-174, 1974.

CHOU, I. M. **Calibration of oxygen buffers at elevated P and T using the hydrogen fugacity sensor**. *American Mineralogist*, v. 63, n. 7-8, p. 690-703, 1978.

DEER, W. A., HOWIE, R. A., ZUSSMAN, J. **An Introduction to the Rock-forming Minerals** (2ª edição). Longman Scientific & Technical, Harlow, Essex, England: New York, NY, 696 p., 1992. ISBN: 0470218096.

DELOR, C.; LAHONDÈRE, D.; ÉGAL, E.; LAFON, J. M.; COCHERIE, A.; GUERROT, C.; ROSSI, P.; TRUFFERT, C.; THÉVENIAUT, H.; PHILLIPS, D.; AVELAR, V. G. **Transamazonian crustal growth and reworking as revealed by the 1:500,000-scale geological map of French Guiana**. 2. ed. *Geologie de la France*, v. 2-4, p. 5-57, 2003.

FARACO, M. T. L., VALE, A. G., SANTOS, J. O. S., LUZARDO, R., FERREIRA, A. L., OLIVEIRA, M., MARINHO, P. A. C. **Levantamento geológico da região ao norte da Província Carajás**. In: A. Horbe & W. Souza (eds.) *Contribuições à Geologia da Amazônia*, v. 4, p.16-31, 2005.

GRANDE, F. L. DE. **Química mineral de anfíbolitos paleoproterozoicos do Terreno Bacajá, Província Transamazonas**. Monografia - Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, 139 p., 2022.

FROST, B. R. **Introduction to oxygen fugacity and its petrologic importance**. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, v. 25, n. 1, p. 1-9, 1991.

HAMMARSTROM, J. M. & ZEN, E. A. **Aluminium in hornblende: an empirical igneous geobarometer**. *American Mineralogist*, v. 71: 1297-1313p., 1986.

HOLLAND, T.; BLUNDY, J. **Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry**. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 116, n. 4, p. 433-447, 1994.

HOLLISTER, L. S.; GRISSON, G. C.; PETERS, E. K.; STOWELL, H.H.; SISSON V.B. **Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons**. *American Mineralogist*, v. 72: 231-239 p., 1987.

HUEBNER, J. S. **Buffering techniques for hydrostatic systems at elevated pressures**. In: ULMER, G. C. (Ed.). *Research techniques for high pressure and high temperature*. Berlin: Springer, 123-145 p., 1971.

HUEBNER, J. S.; SATO, M. **The oxygen fugacity-temperature relationships of manganese oxide and nickel oxide buffers**. *American Mineralogist*, v. 55, n. 5-6, p. 934-952, 1970.

ISHIHARA, S. **The granitoid series and mineralization**. *Economic Geology Anniversary*, v. 75, p. 458-484, 1981.

ISHIHARA, S. **The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks.** *Mining Geology*, v. 27, p. 293-305, 1977.

JOÃO, X. S. J., VALE, A. G., LOBATO, T. A. M. **Folha SA.22- Y-D, Altamira. Projeto especial mapas de recursos minerais de solos e de vegetação para a área do programa Grande Carajás, escala 1:250.000.** Brasília: DNPM-CPRM, 1987. Relatório técnico.

JOHNSON, M. C.; RUTHERFORD, M. J. **Experimental calibration of the aluminium in hornblende geobarometer with application to Long Valley Caldera (California) volcanic rocks.** *Geology*, v. 17, p. 837-841, 1989.

LEAKE, B. E., WOLLEY, A. L., ARPS, C. E. S., BIRCH, W. D., GILBERT, M. C., GRICE, J. D., HAWTHORNE, F. C., KATO, A., KISCH, H. J., KRIVOVICHEV, V. G., LINTHOUT, K., LAIRD, J., MANDARINO, J. A., MARESCH, W., NICKEL, E. H., ROCK, N. M. S., SCHUMACHER, J. C., SMITH, D. C., STEPHENSON, N. C. N., UNGARETTI, L., WHITTAKER, E. J. W. & YOUZHI, G. **Nomenclature of Amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on new minerals and mineral names.** *The Canadian Mineralogist*, v. 35, p. 219-246, 1997.

LE MAITRE, R.; STRECKEISEN, A.; ZANETTIN, B.; LE BAS, M.; BONIN, B.; BATEMAN, P.; BELLINI, G.; DUDEK, A.; EFREMOVA, S.; KELLER, J.; LAMEYRE, J.; SABINE, P.A.; SCHMID, R.; SORENSEN, H.; WOOLLEY, A.R. **Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks** (2ª edição). Cambridge: Cambridge University Press, 236 p., 2002. ISBN: 9780511535581.

MACAMBIRA, E. M. B.; RICCI, P. S. F. **Aspectos litogeoquímicos do Diabásio Rio Pajeú: exame de diques no sudeste do Cráton Amazônico.** In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 8., 2011, Gramado. Anais... Gramado: UFRGS – Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica, p. 685-688, 2011.

MACAMBIRA, M. J. B., VASQUEZ, M. L., SILVA, D. C. C., GALARZA, M. A., BARROS, C. E. M., CAMELO, J. F. **Crustal growth of the central-eastern Paleoproterozoic domain, SW Amazonian craton: Juvenile accretion vs reworking.** *Journal of South American Earth Sciences*, v.27, p. 235-246, 2009.

MACHADO, N.; LINDENMAYER, Z.; KROGH, T.E.; LINDENMAYER, D. **U-Pb geochronology of Archean magmatism and basement reactivation in the Carajás area, Amazon shield, Brazil.** *Precambrian Research*, v.49(3-4), p.329-354, 1991.

MAGALHÃES, M. S. & DALL'AGNOL, R. **Estudo de minerais opacos e susceptibilidade magnética nos granitos Musa e Jamon (região de Rio Maria – SE do Pará) e suas implicações petrológicas.** *Revista Brasileira de Geociências*, v. 22(2): p. 184-197, 1992.

MONTEIRO, P. C. **Investigação do limite entre domínios geocronológicos da região do médio rio Xingu, sudeste do Cráton Amazônico**. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Setor de Ciências, Universidade Federal do Pará, Belém, 104 p., 2006.

MUTCH, E. J. F.; BLUNDY, J. D.; TATTITCH, B. C. et al. **An experimental study of amphibole stability in low-pressure granitic magmas and a revised Al-in-hornblende geobarometer**. Contributions to Mineralogy and Petrology, v. 171, p. 85, 2016.

NACHIT, H.; IBHI, A.; ABIA, E. H.; OHOUD, M.B. **Discrimination between primary magmatic biotites, reequilibrated biotites and neoformed biotites**. Géoscience, v. 337(16): p. 1415-1420, 2005.

NACHIT, H., RAZAFIMAHEFA, N., STUSSI, J.M., CARRON, J.P. **Composition chimique des biotites et typologie magmatique des granitoides**. Comptes Rendus Academie des Sciences, Paris, v. 301: p. 813–818, 1985.

OLIVEIRA, J. R.; SILVA NETO, C. S.; COSTA, E. J. S. **Serra Pelada - Folha SB.22-X-C, Estado do Pará, escala 1:250.000**. Brasília: CPRM, 1994. Relatório técnico.

PASSHIER, C. W. & TROUW, R. A. J. **Microtectonics**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005.

PEARCE, J.; HARRIS, N.; TINDLE, A. **Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks**. Journal of Petrology, v.25: p. 956-983, 1984.

PERICO, E.; BARROS, C. E. M.; MANCINI, F.; ROSTIROLLA, S. P. **Protracted deformation during cooling of the Paleoproterozoic arc system as constrained by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of muscovite from brittle faults: The Transamazonian Bacajá Terrane, Brazil**. Brazilian Journal of Geology, São Paulo, v. 47, n. 3, p. 427-440, 2017.

PIMENTEL, Helmut Sousa. **Estudo isotópico do depósito aurífero Volta Grande, domínio Bacajá, sudeste do cráton amazônico. 2024**. xxiv, Tese (Doutorado em Geoquímica e Petrologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 165 p., 2024.

PUTIRKA, K. **Amphibole thermometers and barometers for igneous systems and some implications for eruption mechanisms of felsic magmas at arc volcanoes**. American Mineralogist, v. 101, n. 4, p. 841-858, 2016.

RIDOLFI, F.; RENZULLI, A.; PUERINI, M. **Stability and chemical equilibrium of amphibole in calc-alkaline magmas: an overview, new thermobarometric formulations and application to subduction-related volcanoes**. Contributions to Mineralogy and Petrology, v. 160, p. 45-66, 2010.

RIEDER, M., CAVAZZINI, G., D'YAKONOV, Y.S. *et al.* **Nomenclature of the Micas.** Clays Clay Miner. V. 46, p. 586–595, 1998.

ROSSI, P. & CHEVREMONT, P. **Classification des associations magmatiques granitoides.** Geochronique, v. 21: p. 14-18, 1987.

SANTOS, J.O.S., HARTMANN L. A., FARIA, M.S., RIKER, S. R., SOUZA, M. M., ALMEIDA, M. E., MCNAUGHTON, N. J. **A Compartimentação do Cráton Amazonas em Províncias: Avanços ocorridos no período 2000-2006.** In: SBG, Simpósio de Geologia da Amazônia, v. 9, 2006 Belém, CD-ROM.

SANTOS, J. O. S., HARTMANN, L. A., GAUDETTE, H. E., GROVES, D. I., MCNAUGHTON, N. J., FLETCHER, I. R. **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, v. 3, n.4: p. 453-488, 2000.

SCHMIDT, M.W. **Amphibole compositions in tonalite as function of pressure: an experimental calibration of the Al- in hornblende barometer.** Contributions to Mineralogy and Petrology, v. 110: p. 304-310, 1992.

SHABANI, A. A. T.; LALONDE, A. E.; WHALEN, J. B. **Composition of biotite from granitic rocks of the Canadian Appalachian Orogen: a potential tectonomagmatic indicator?** The Canadian Mineralogist, v. 41, n. 6, p. 1381-1396, 2003.

SHVETSOV, M. **Concerning some additional aids in studying sedimentary formations.** Bulletin Moscow Society Naturalists (Pub. Moscow Univ. Geol. Sect.), v. 29, p. 61-66, 1954.

SIAL, A. N.; VASCONCELOS, P. M.; FERREIRA, V. P.; PESSOA, R. R.; BRASILINO, R. G.; MORAIS NETO, J. M. **Geochronological and mineralogical constraints on depth of emplacement and ascension rates of epidote-bearing magmas from northeastern Brazil.** Lithos, v. 105, p. 225-238, 2008.

SOUZA, V. S.; KOTSCHOUBEY, B.; MACAMBIRA, M. J. B. **Idade de zircão do granito Felício Turvo, garimpo de ouro do Manelão, região do Bacajá (PA): implicações tectônicas.** In: VIII Simpósio de Geologia da Amazônia, Manaus, 2003.

STRECKEISEN, A. **To each plutonic rock its proper name.** Earth-Science Reviews, v. 12, n. 1: p. 1-33, 1976.

TASSINARI, C. & MACAMBIRA, M. **Geochronological provinces of the Amazonian Craton.** Episodes, v. 22: p. 174-182, 1999.

VASQUEZ, M. L.; MACAMBIRA, M. J. B.; ARMSTRONG, R. A. **Zircon geochronology of granitoids from the western Bacajá domain, southeastern Amazonian craton, Brazil: Neoproterozoic to Orosirian evolution.** Precambrian Research, v. 161: p. 279-302, 2008.

VASQUEZ, M. L., ROSA-COSTA, L. T. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará, escala 1:1.000.000**. Belém: CPRM, 328 p., 2008.

VASQUEZ, M. L.; MACAMBIRA, M. J. B.; GALARZA, M. A. **Granitoides Transamazônicos da região Iriti-Xingu, Pará – novos dados geológicos e geocronológicos**. Contribuições à Geologia da Amazônia, Manaus, v. 4, p. 16-31. 2005.

WARR, L. N. **IMA–CNMNC approved mineral symbols**. Mineralogical Magazine, v. 85, n. 3, p. 291-320, 2021. DOI:

WERNICK, E. **Rochas magmáticas – conceitos fundamentais e classificação modal, química, termodinâmica e tectônica**. São Paulo: UNESP, 2003.

WONES, D. R.; EUGSTER, H. P. **Stability of biotite: experiment, theory, and application**. American Mineralogist, v. 50, n. 9, p. 1228-1272, 1965.

APÊNDICE 1

Porcentagem modal estimada e sumarização das principais feições petrográficas observadas em granitoides da Folha Rio Bacajá																	
Características		Sítio Intrusivo Arapari															
		Complexo Bacajá															
Mineralogia (%)		FB-14	FB-17	FB-105	FB-116A	FB-118	FB-133	FB-150	FB-15	FB-62	FB-69A	FB-72	FB-75	FB-84	FB-85	FB-123	FB-146
Quartzo		30	40	35	45	20	25	20	25	30	30	40	35	35	25	15	30
Microclino		35	40	35	30	30	35	30	40	60	50	40	0	30	35	10	15
Plagioclásio		30	10	20	20	40	30	30	25	5	15	5	60	25	25	60	40
Biotita		<1	<1	<1	<1	<5	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<1	<1	<1	<5	<5
Anfóibio		0	0	0	0	0	0	<5	0	0	0	<1	<1	0	<5	<1	<5
Epidoto		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epidoto		<1	<1	<1	0	<1	<5	<5	<1	<1	<1	<5	<1	<1	<5	<1	<5
Titanita		0	0	<1	0	<1	<1	0	0	0	<5	<5	0	<1	<5	<1	<5
Alantita		<1	<1	<1	0	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	<1	<1
Apatita		<1	<1	<1	0	<1	0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Zircão		<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<1	0	0	<1	<1	<1	<1
Clorita		<1	<1	0	0	<1	0	0	<5	<5	<5	0	<1	<1	0	0	0
Carbonato		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sericita		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Muscovita		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Opacos		<1	<1	<5	<5	<1	<1	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<1	<5	<5	<5
Primários		80	80	90	85	80	5	85	70	90	95	85	50	50	80	75	90
Secundários		20	20	10	15	20	95	15	30	10	5	15	50	50	20	25	10
Feições de deformação		Extinção ondulante, bandas de deformação, agregados de subgrãos e novos grãos (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)
Estrutura		Moderadamente orientada	Moderadamente orientada	Fracamente orientada	Fracamente orientada	Fracamente orientada	Fracamente orientada	Fracamente orientada	Moderadamente orientada	Faixa a moderadamente orientada	Nacipa	Moderada a fortemente orientada	Faixa a moderadamente orientada	Moderadamente orientada	Moderadamente orientada	Faixa a moderadamente orientada	Moderada a fortemente orientada
Textura		Granular fina a grossa peritética mmequical	Granular fina a média peritética mmequical	Granular fina a média peritética mmequical	Granular fina a média peritética mmequical	Granular fina a média peritética mmequical	Granular fina a média peritética mmequical	Granular fina a média peritética mmequical	Granular fina a média peritética mmequical	Heterogranular peritética	Granular fina a média peritética mmequical	Granular fina a média peritética mmequical	Heterogranular fina a grossa peritética	Heterogranular peritética mmequical	Heterogranular peritética mmequical	Granular fina a média peritética mmequical	Granular média a grossa peritética mmequical
Índice de cor M e M'		Holeleucocrática	Holeleucocrática	Holeleucocrática	Holeleucocrática	Holeleucocrática	Holeleucocrática	Holeleucocrática	Holeleucocrática	Holeleucocrática	Holeleucocrática	Holeleucocrática	Holeleucocrática	Holeleucocrática	Holeleucocrática	Holeleucocrática	Holeleucocrática
Nomenclatura		Monzogranito	Siengranito	Monzogranito	Monzogranito	Monzogranito	Monzogranito	Monzogranito	Monzogranito	Siengranito	Siengranito	Siengranito	Tonalito	Monzogranito	Monzogranito	Quartzo monozoniorito	Granodiorito

Porcentagem modal estimada e sumarização das principais feições petrográficas observadas em granitoides da Folha Rio Bacajá																
Suíte Intrusiva João Jorge I																
Características	FB-04	FB-10	FB-13	FB-13B	FB-44	FB-47	FB-53	FB-84	FB-120	FB-131	FB-147	FB-160	FB-20	FB-39	FB-48	FB-59
Mineralogia (%)																
Quartzo	45	40	30	40	40	25	40	30	35	25	35	35	15	5	10	40
Microclínio	35	35	30	30	35	50	45	30	35	30	40	30	70	80	40	40
Plagioclásio	15	20	25	25	20	20	10	20	25	25	20	30	5	5	15	15
Biotita	<1	<1	<5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0	0	<1	<1
Anfólio	0	0	0	0	0	0	0	<1	0	<5	0	0	<1	<1	0	0
Proterito	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<1	<1	<1	0
Epidoto	<1	<1	<1	<1	<1	0	<1	10	<1	<5	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Titanita	0	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	<1	0	0	<5	<5	0	0
Alantita	0	<1	<1	<1	0	0	<1	<1	0	0	0	<1	0	<1	<1	0
Apatita	<1	<1	0	0	0	<1	<1	<1	0	<1	0	<1	0	<1	<1	0
Zircão	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0	0	0	<1	0
Clorita	0	<1	0	<5	0	<1	<1	<5	<1	0	<1	<5	0	0	<1	0
Carbonato	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<1	0	0	0	0
Sericita	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Muscovita	0	<1	0	<1	<1	0	0	0	<1	0	<1	<1	0	0	<1	<1
Opacos	<1	<5	<5	<5	<5	<1	<1	<5	<1	5	<1	<5	<5	<5	<5	<5
Primários	90	85	100	90	85	90	95	90	90	95	40	50	80	85	80	0
Secundários	10	15	0	10	15	10	5	10	10	5	60	50	20	15	20	100
Feições de deformação	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo), fraturas (microclínio)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo), fraturas (microclínio)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo), fraturas (microclínio)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo), fraturas (microclínio)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo), fraturas (microclínio)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos (quartzo)	Extinção ondulante, contatos serrilhados (quartzo), fraturas (microclínio)	Extinção ondulante, contatos serrilhados (quartzo)
	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo), fraturas (microclínio)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo), fraturas (microclínio)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo), fraturas (microclínio)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo), fraturas (microclínio)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo), fraturas (microclínio)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo), fraturas (microclínio)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos, contatos serrilhados (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos (quartzo)	Extinção ondulante, agregados de subgrãos e novos grãos (quartzo)	Extinção ondulante, contatos serrilhados (quartzo)
Estrutura	Fracamente orientada	Fracamente orientada	Moderadamente orientada	Moderadamente orientada	Moderadamente orientada	Moderadamente orientada	Moderadamente orientada	Maciça	Fracamente orientada	Fracamente orientada	Maciça	Moderadamente orientada	Maciça	Maciça	Maciça	Maciça
Textura	Heterogranular média a grossa perlitica nimequítica	Heterogranular média a grossa perlitica nimequítica	Heterogranular média a grossa perlitica nimequítica	Heterogranular média a grossa perlitica nimequítica	Heterogranular média a grossa perlitica nimequítica	Heterogranular média a grossa perlitica nimequítica	Heterogranular média a grossa perlitica nimequítica	Inequigranular média a grossa perlitica nimequítica	Granular fina a média perlitica	Heterogranular média a grossa nimequítica	Granular média a grossa perlitica	Granular fina a média perlitica	Inequigranular perlitica nimequítica	Inequigranular perlitica média a grossa perlitica	Inequigranular perlitica média a grossa perlitica nimequítica	Granular média a grossa perlitica
Índice de cor	Hololeucocrática	Hololeucocrática	Hololeucocrática	Hololeucocrática	Hololeucocrática	Hololeucocrática	Hololeucocrática	Hololeucocrática	Hololeucocrática	Hololeucocrática	Hololeucocrática	Hololeucocrática	Hololeucocrática	Hololeucocrática	Hololeucocrática	Hololeucocrática
M e M'	0	0	0	0	0	0	0	10	0	5	0	0	0	0	0	<1
Nomenclatura	Sienogranito	Monzogranito	Monzogranito	Monzogranito	Monzogranito	Sienogranito	Sienogranito	Sienogranito	Monzogranito	Monzogranito	Sienogranito	Monzogranito	Quartzo alcali feldspato sienito	Quartzo alcali feldspato sienito	Quartzo sienito	Sienogranito

APÊNDICE 2

CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DA MICROSSONDA ELETRÔNICA

Silicatos - Geral

Standard data

Measurement Condition

WDS elements

Element	X-ray	Crystal	CH	Acc.v	Peak Pos.	(nm)	BG_L	BG_U (mm)
1 Na	Ka	TAP	(1)	15.0	129.527	1.19101	6.000	3.700
2 Al	Ka	TAP	(1)	15.0	90.653	0.83393	2.800	3.500
3 Si	Ka	TAP	(1)	15.0	77.429	0.71254	9.300	2.600
4 F	Ka	TAP	(2)	15.0	198.792	1.83200	6.900	4.000
5 Mg	Ka	TAP	(2)	15.0	107.059	0.98900	8.000	4.600
6 Sr	La	TAP	(2)	15.0	74.020	0.68628	6.400	4.800
7 K	Ka	PETJ	(3)	15.0	119.594	0.37414	1.900	7.400
8 Ca	Ka	PETJ	(3)	15.0	107.360	0.33584	4.200	4.400
9 Cr	Ka	PETJ	(3)	15.0	73.081	0.22897	3.200	4.700
10 Ni	Ka	LIF	(4)	15.0	115.237	0.16579	4.000	2.500
11 Fe	Ka	LIF	(4)	15.0	134.529	0.19360	6.900	3.700
12 Mn	Ka	LIF	(4)	15.0	146.026	0.21018	4.200	3.700
13 Ba	La	LIF	(4)	15.0	192.809	0.27759	4.700	3.100
14 Cl	Ka	PETH	(5)	15.0	151.349	0.47278	3.300	6.200
15 V	Ka	PETH	(5)	15.0	162.423	0.25036	1.600	1.000
16 Ti	Ka	PETH	(5)	15.0	87.803	0.27485	1.500	4.000

Element	Peak	Back	Pksk	Gain	High.V	Base.L	Window.W	Mode
1 Na	30.0	15.0 (s)	0	16	1660	0.7	9.3 (V)	Dif
2 Al	30.0	15.0 (s)	0	16	1660	0.7	9.3 (V)	Dif
3 Si	20.0	10.0 (s)	0	16	1660	0.7	9.3 (V)	Dif
4 F	30.0	15.0 (s)	0	16	1650	0.7	9.3 (V)	Dif
5 Mg	30.0	15.0 (s)	0	16	1650	0.7	9.3 (V)	Dif
6 Sr	30.0	15.0 (s)	0	16	1650	0.7	9.3 (V)	Dif
7 K	30.0	15.0 (s)	0	16	1658	2.3	- (V)	Int
8 Ca	20.0	10.0 (s)	0	16	1658	2.3	- (V)	Int
9 Cr	30.0	15.0 (s)	0	16	1658	2.3	- (V)	Int
10 Ni	30.0	15.0 (s)	0	32	1670	1.5	- (V)	Int
11 Fe	30.0	15.0 (s)	0	32	1670	1.5	- (V)	Int
12 Mn	30.0	15.0 (s)	0	32	1670	1.5	- (V)	Int
13 Ba	30.0	15.0 (s)	0	32	1670	1.5	- (V)	Int
14 Cl	30.0	15.0 (s)	0	64	1614	1.4	- (V)	Int
15 V	30.0	15.0 (s)	0	64	1614	1.4	- (V)	Int
16 Ti	20.0	10.0 (s)	0	64	1614	1.4	- (V)	Int

Measurement Order of WDS

Order	Channel 1	2	3	4	5
1	Na_1TAP_	F_2TAP_K	K_3PETJ_	Ni_4LIF_	Cl_5PETH
2	Al_1TAP_	Mg_2TAP_	Ca_3PETJ	Fe_4LIF_	V_5PETH_
3	Si_1TAP_	Sr_2TAP_	Cr_3PETJ	Mn_4LIF_	Ti_5PETH
4	-	-	-	Ba_4LIF_	-

Calc. Elements : O (Anion) OH (Difference)

Standard Data

Element	Standard name	Mass (%)	ZAF Fac.	Z	A	F
1 Na2O	Sodalite	25.1667	5.7526	10.8469	0.5286	1.0034
2 Al2O3	Corundum	99.9949	4.4254	5.8915	0.7512	1.0000
3 SiO2	SiO2	100.0000	3.5148	4.3603	0.8061	1.0000
4 F	Fluorite	48.6700	5.5588	22.0589	0.2520	1.0000
5 MgO	Periclase	99.9874	5.3785	7.8316	0.6868	1.0000
6 SrO	Celestine	56.4103	3.4798	4.3538	0.7957	1.0045
7 K2O	Microcline	15.1400	1.0691	1.2020	0.8894	1.0000
8 CaO	Wollastonite	47.8387	0.8771	0.9407	0.9324	1.0000
9 Cr2O3	Cr2O3	99.9985	0.3641	0.3706	0.9825	1.0000
10 NiO	NiO	99.9951	0.1201	0.1213	0.9902	1.0000
11 FeO	Fe3O4	93.0898	0.2153	0.2181	0.9872	1.0000
12 MnO	Rhodonite	43.4885	0.2671	0.2733	0.9774	1.0000
13 BaO	Barite	65.6948	0.5358	0.5747	0.9322	1.0000
14 Cl	Sodalite	7.2000	1.6146	2.0012	0.8068	1.0000
15 V2O3	Vanadinite	15.4617	0.5049	0.5791	0.8718	1.0000
16 TiO2	Rutile	100.0001	0.5913	0.6060	0.9757	1.0000

Standard Intensity of WDS

Standard Intensity of WDS							
	Element	Curr.(A)	Net(cps)	Bg-(cps)	Bg+(cps)	S.D.(%)	Date
1	Na	2.001E-008	2574.6	10.0	8.2	0.16	2023/03/10 12:04:05
2	Al	2.001E-008	22260.8	104.5	33.1	0.05	2023/03/10 12:11:11
3	Si	2.000E-008	21913.6	43.7	53.3	0.07	2023/03/10 12:16:38
4	F	1.999E-008	360.0	4.3	3.5	0.43	2023/03/10 12:24:07
5	Mg	1.999E-008	20224.5	18.2	23.4	0.06	2023/03/10 12:31:35
6	Sr	1.999E-008	9088.9	168.0	83.9	0.09	2023/03/10 12:38:47
7	K	2.000E-008	1338.2	7.6	2.8	0.22	2023/03/10 13:20:03
8	Ca	2.000E-008	4275.1	17.3	12.9	0.15	2023/03/10 13:25:32
9	Cr	2.001E-008	6513.3	245.5	121.6	0.10	2023/03/10 13:32:35
10	Ni	2.000E-008	4484.5	23.1	21.8	0.12	2023/03/10 13:39:46
11	Fe	1.999E-008	4052.1	13.4	9.8	0.13	2023/03/10 13:46:56
12	Mn	2.000E-008	1355.2	5.6	5.0	0.22	2023/03/10 14:27:44
13	Ba	1.999E-008	381.5	3.6	3.7	0.42	2023/03/10 14:34:50
14	Cl	2.001E-008	2584.2	19.8	15.8	0.16	2023/03/10 12:04:05
15	V	1.998E-008	4247.6	120.8	138.9	0.13	2023/03/10 14:41:50
16	Ti	1.999E-008	29798.5	215.3	138.9	0.06	2023/03/10 14:47:16

UNK No. :	2	3	4	5	6	7
	8	9	10	11	12	
	13	14	15	16	17	
		18	19	20		

APÊNDICE 3

Complexo Bacajal - FB-133					
Composição do feldspato alcalino					
Porcentagem em peso de óxidos					
	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(b)
SiO2	64,122	64,054	64,340	64,340	64,127
TiO2	0,016	0,000	0,015	0,000	0,018
Al2O3	18,455	18,447	18,532	18,563	18,504
FeO	0,016	0,028	0,008	0,008	0,024
CaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
K2O	0,392	0,417	0,371	0,368	0,369
	15,743	15,557	15,706	15,664	15,842
BaO	0,218	0,059	0,229	0,167	0,269
Total	98,962	98,562	99,120	99,110	99,153
NOME Ortoclásio					
Fórmula estrutural					
Si	11,971	11,980	11,971	11,976	11,960
Ti	0,002	0,000	0,002	0,000	0,003
Al	4,060	4,066	4,069	4,072	4,067
Fe(ii)	0,002	0,004	0,001	0,001	0,004
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,142	0,151	0,134	0,133	0,133
K	3,749	3,712	3,732	3,719	3,769
Ba	0,016	0,004	0,017	0,012	0,020
Total	19,942	19,918	19,926	19,914	19,955
An	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ab	3,646	3,914	3,466	3,448	3,419
Or	96,354	96,086	96,534	96,552	96,581

Suíte Arapari - FB-15													
Composição do feldspato alcalino													
Porcentagem em peso de óxidos													
	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(i)	C1(b)	C1(b)	C1(i)	C2(b)	C2(i)	C2(c)	C2(i)	C2(b)
SiO2	64,040	64,319	64,373	64,181	64,092	64,260	64,049	64,321	63,927	63,914	64,011	64,011	64,053
TiO2	0,028	0,039	0,023	0,024	0,012	0,000	0,028	0,014	0,030	0,010	0,008	0,010	0,016
Al2O3	18,703	18,697	18,699	18,830	18,691	18,875	18,630	18,829	18,714	18,672	18,709	18,709	18,736
FeO	0,030	0,008	0,025	0,015	0,030	0,028	0,009	0,000	0,036	0,001	0,004	0,004	0,013
CaO	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008
Na2O	0,419	0,499	0,581	0,490	0,573	0,737	0,306	0,472	0,474	0,437	0,760	0,760	0,431
K2O	15,453	15,397	15,178	15,286	15,290	15,001	15,664	15,423	15,265	15,169	15,029	15,029	15,415
BaO	0,703	0,627	0,865	0,782	0,705	0,921	0,862	0,676	0,606	0,926	0,779	0,779	0,830
Total	99,376	99,586	99,754	99,608	99,393	99,822	99,548	99,735	99,052	99,129	99,300	99,300	99,502
NOME Ortoclásio													
Fórmula estrutural													
Si	11,932	11,945	11,945	11,925	11,934	11,917	11,937	11,932	11,932	11,939	11,927	11,927	11,928
Ti	0,004	0,005	0,003	0,003	0,002	0,000	0,004	0,002	0,004	0,001	0,001	0,001	0,002
Al	4,107	4,092	4,089	4,123	4,102	4,125	4,092	4,116	4,116	4,110	4,108	4,110	4,112
Fe(ii)	0,005	0,001	0,004	0,002	0,005	0,004	0,001	0,000	0,006	0,000	0,001	0,001	0,002
Ca	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
Na	0,151	0,180	0,209	0,177	0,207	0,265	0,111	0,170	0,172	0,158	0,275	0,275	0,156
K	3,673	3,648	3,593	3,623	3,632	3,549	3,724	3,649	3,634	3,614	3,572	3,572	3,662
Ba	0,051	0,046	0,063	0,057	0,051	0,067	0,063	0,049	0,044	0,068	0,057	0,057	0,061
Total	19,923	19,917	19,908	19,910	19,932	19,927	19,931	19,918	19,909	19,891	19,941	19,941	19,923
An	0,000	0,000	0,052	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,042
Ab	3,958	4,694	5,495	4,646	5,389	6,948	2,883	4,445	4,507	4,195	7,137	7,137	4,075
Or	96,042	95,306	94,453	95,354	94,611	93,052	97,117	95,555	95,493	95,805	92,863	92,863	95,884

Sulite Arapari - FB-85																
Composição do feldspato alcalino																
Porcentagem em peso de óxidos																
	C1(b)	C1(i)	C1(p)	C1(i)	C1(b)	C1(c)	C1(i)	C1(b)	C1(i)	C1(b)	C1(i)	C2(b)	C2(i)	C2(c)	C2(i)	C2(b)
SiO2	63,469	66,097	63,895	63,450	63,865	63,856	63,414	63,976	63,995	63,804	63,893	64,334	64,101	64,259	64,087	
TiO2	0,014	0,000	0,034	0,028	0,030	0,029	0,051	0,018	0,031	0,001	0,026	0,017	0,003	0,014	0,012	
Al2O3	18,542	20,072	19,292	18,650	18,528	18,480	18,575	18,494	18,553	18,410	18,542	18,660	18,464	18,542	18,605	
FeO	0,037	0,067	0,122	0,049	0,016	0,037	0,004	0,034	0,012	0,003	0,028	0,028	0,039	0,054	0,052	
CaO	0,000	0,852	0,400	0,000	0,006	0,000	0,014	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	
Na2O	0,492	10,969	0,684	0,511	0,572	0,548	0,665	0,457	0,503	0,641	0,485	0,368	0,430	0,550	0,507	
K2O	15,183	0,256	13,105	14,953	14,834	15,192	14,962	15,451	15,297	15,111	15,323	15,396	15,272	15,391	15,352	
BaO	0,805	0,000	1,032	1,129	0,783	0,700	0,779	0,670	0,611	0,419	0,625	0,467	0,414	0,407	0,329	
Total	98,542	98,313	98,564	98,770	98,634	98,842	98,464	99,103	99,002	98,389	98,922	99,270	98,724	99,217	98,944	
Ortoclásio																
NOME	Ortoclásio	Albita	Ortoclásio													
Fórmula estrutural																
Si	11,930	11,787	11,894	11,914	11,960	11,953	11,919	11,954	11,953	11,969	11,949	11,965	11,982	11,964	11,955	
Ti	0,002	0,000	0,005	0,004	0,004	0,004	0,007	0,003	0,004	0,000	0,004	0,002	0,000	0,002	0,002	
Al	4,107	4,218	4,232	4,127	4,089	4,077	4,115	4,072	4,084	4,070	4,086	4,090	4,067	4,069	4,090	
Fe(ii)	0,006	0,010	0,019	0,008	0,003	0,006	0,001	0,005	0,002	0,000	0,004	0,004	0,006	0,008	0,008	
Ca	0,000	0,163	0,080	0,000	0,001	0,000	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Na	0,179	3,792	0,247	0,186	0,208	0,199	0,242	0,166	0,182	0,233	0,176	0,133	0,156	0,199	0,183	
K	3,640	0,058	3,112	3,581	3,544	3,627	3,587	3,683	3,645	3,616	3,655	3,652	3,641	3,655	3,653	
Ba	0,059	0,000	0,075	0,083	0,057	0,051	0,057	0,049	0,045	0,031	0,046	0,034	0,030	0,030	0,024	
Total	19,924	20,029	19,664	19,903	19,866	19,918	19,931	19,932	19,914	19,920	19,920	19,880	19,883	19,927	19,916	
An	0,000	4,056	2,320	0,000	0,032	0,000	0,074	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	
Ab	4,694	94,493	7,179	4,937	5,534	5,197	6,323	4,301	4,760	6,057	4,590	3,505	4,103	5,151	4,779	
Or	95,306	1,451	90,501	95,063	94,434	94,803	93,603	95,683	95,240	93,943	95,410	96,495	95,891	94,849	95,221	

Sulite Arapari - FB-146																
Composição do feldspato alcalino																
Porcentagem em peso de óxidos																
	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(b)	C1(i)	C1(b)	C1(i)	C1(b)	C1(i)	C1(b)	C2(b)	C2(i)	C2(c)	C2(i)	C2(b)
SiO2	64,110	64,253	63,816	64,000	64,006	63,768	64,049	64,067	63,804	63,999	63,939	63,863	63,713	63,861	63,713	63,861
TiO2	0,018	0,012	0,023	0,018	0,024	0,027	0,000	0,043	0,015	0,017	0,001	0,040	0,001	0,019	0,001	0,019
Al2O3	18,701	18,491	18,713	18,663	18,669	18,629	18,611	18,653	18,713	18,590	18,722	18,726	18,671	18,735	18,671	18,735
FeO	0,021	0,046	0,029	0,038	0,031	0,030	0,029	0,026	0,038	0,017	0,027	0,049	0,015	0,030	0,015	0,030
CaO	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,004	0,000	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000
Na2O	1,040	0,435	0,606	0,545	0,304	0,448	0,343	0,540	0,743	0,392	0,454	0,419	0,232	0,293	0,232	0,293
K2O	14,683	15,621	15,041	15,308	15,638	15,374	15,526	15,244	14,987	15,515	15,437	15,518	15,664	15,641	15,664	15,641
BaO	0,551	0,407	0,784	0,572	0,830	0,780	0,533	0,678	0,763	0,732	0,705	0,697	0,666	0,688	0,666	0,688
Total	99,124	99,265	99,031	99,144	99,502	99,056	99,091	99,252	99,063	99,266	99,285	99,312	98,965	99,267	98,965	99,267
Ortoclásio																
Fórmula estrutural																
Si	11,934	11,968	11,923	11,937	11,931	11,928	11,953	11,940	11,918	11,944	11,926	11,916	11,928	11,921	11,928	11,921
Ti	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	0,000	0,006	0,002	0,002	0,000	0,006	0,000	0,003	0,000	0,003
Al	4,102	4,059	4,120	4,102	4,101	4,107	4,093	4,097	4,119	4,089	4,115	4,118	4,119	4,122	4,119	4,122
Fe(ii)	0,003	0,007	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005	0,004	0,006	0,003	0,004	0,008	0,002	0,005	0,002	0,005
Ca	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000
Na	0,375	0,157	0,219	0,197	0,110	0,162	0,124	0,195	0,269	0,142	0,164	0,152	0,084	0,106	0,084	0,106
K	3,486	3,712	3,585	3,642	3,718	3,668	3,696	3,624	3,571	3,693	3,673	3,693	3,741	3,724	3,741	3,724
Ba	0,040	0,030	0,057	0,042	0,061	0,057	0,039	0,050	0,056	0,052	0,051	0,049	0,050	0,050	0,049	0,050
Total	19,944	19,935	19,916	19,929	19,929	19,931	19,910	19,915	19,941	19,927	19,935	19,942	19,924	19,931	19,924	19,931
An	0,000	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,021	0,000	0,000	0,016	0,000	0,016	0,000
Ab	9,719	4,060	5,764	5,133	2,870	4,241	3,249	5,109	7,007	3,697	4,279	3,942	2,201	2,768	2,201	2,768
Or	90,281	95,940	94,136	94,867	97,130	95,759	96,751	94,886	92,993	96,282	95,721	96,058	97,783	97,232	97,783	97,232

Sulite João Jorge I - FB-13																			
Composição do feldspato alcalino																			
Porcentagem em peso de óxidos																			
	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(b)	C1(b)	C1(b)	C2(b)	C2(i)	C2(c)	C2(i)	C2(b)	C2(b)	C2(i)	C2(i)	C2(b)	C2(i)	C2(b)	C2(b)
SiO2	63,986	63,880	64,045	64,096	64,091	63,962	64,092	64,038	63,972	64,210	63,918	64,238	64,232	64,231	63,545	64,076			
TiO2	0,047	0,014	0,040	0,022	0,010	0,025	0,037	0,044	0,042	0,031	0,016	0,055	0,013	0,036	0,021	0,026			
Al2O3	18,817	18,733	18,710	18,753	18,789	18,621	18,643	18,998	18,814	18,901	18,818	18,836	18,866	18,834	18,672	18,781			
FeO	0,028	0,065	0,027	0,000	0,000	0,018	0,007	0,069	0,027	0,015	0,035	0,000	0,005	0,044	0,018	0,016			
CaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
Na2O	0,448	0,469	0,483	0,437	0,517	0,426	0,374	0,454	0,549	0,444	0,401	0,483	0,511	0,471	0,431	0,431			
K2O	15,288	15,103	15,067	15,382	15,416	15,287	15,339	15,350	15,370	15,280	15,498	15,396	15,349	15,288	15,530	15,458			
BaO	1,155	0,987	0,870	0,926	0,886	0,849	0,984	1,131	0,922	0,883	0,985	0,892	0,863	0,988	1,023	0,940			
Total	99,769	99,241	99,242	99,616	99,710	99,188	99,565	100,004	99,601	99,869	99,714	99,818	99,811	99,932	99,280	99,728			
NOME Ortoclásio																			
Fórmula estrutural																			
Si	11,907	11,925	11,939	11,927	11,917	11,942	11,937	11,888	11,909	11,910	11,902	11,923	11,920	11,917	11,898	11,918			
Ti	0,007	0,002	0,006	0,003	0,001	0,004	0,005	0,006	0,006	0,004	0,002	0,008	0,002	0,005	0,003	0,004			
Al	4,127	4,121	4,110	4,112	4,117	4,097	4,092	4,156	4,128	4,132	4,129	4,120	4,126	4,118	4,120	4,117			
Fe(ii)	0,004	0,009	0,004	0,000	0,000	0,003	0,001	0,011	0,004	0,002	0,005	0,000	0,001	0,007	0,003	0,002			
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
Na	0,162	0,170	0,175	0,158	0,186	0,154	0,164	0,135	0,164	0,197	0,160	0,144	0,174	0,184	0,171	0,155			
K	3,629	3,596	3,583	3,651	3,657	3,641	3,644	3,635	3,650	3,615	3,681	3,645	3,633	3,618	3,709	3,667			
Ba	0,084	0,072	0,064	0,068	0,065	0,062	0,073	0,082	0,067	0,064	0,072	0,065	0,063	0,072	0,075	0,069			
Total	19,919	19,895	19,879	19,918	19,944	19,903	19,916	19,913	19,928	19,926	19,952	19,904	19,919	19,920	19,979	19,932			
An	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
Ab	4,264	4,507	4,646	4,139	4,850	4,063	4,296	3,571	4,296	5,178	4,173	3,808	4,564	4,834	4,406	4,065			
Or	95,736	95,493	95,354	95,861	95,145	95,937	95,704	96,429	95,704	94,822	95,827	96,192	95,436	95,166	95,594	95,935			

Sulite João Jorge I - FB-44																			
Composição do feldspato alcalino																			
Porcentagem em peso de óxidos																			
	C1(b)	C1(b)	C1(b)	C1(i)	C1(b)	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(b)	C2(i)	C2(b)	C2(c)	C2(i)	C2(i)	C2(b)	C2(i)	C2(b)	C2(b)
SiO2	64,179	64,173	64,324	64,292	64,655	64,606	64,466	64,052	64,117	64,441	64,108	64,060	64,329	64,201	64,372				
TiO2	0,016	0,010	0,012	0,035	0,027	0,010	0,010	0,028	0,016	0,033	0,031	0,022	0,024	0,006	0,000				
Al2O3	18,550	18,580	18,736	18,671	18,417	18,657	18,703	18,641	18,655	18,610	18,617	18,638	18,582	18,700	18,528				
FeO	0,035	0,049	0,031	0,063	0,052	0,018	0,033	0,033	0,000	0,026	0,003	0,000	0,033	0,018	0,016				
CaO	0,000	0,028	0,024	0,000	0,035	0,000	0,004	0,000	0,040	0,013	0,000	0,043	0,045	0,013	0,000				
Na2O	0,476	0,461	0,708	0,544	1,024	0,469	0,384	0,352	0,390	0,495	0,409	0,438	0,487	0,354	0,329				
K2O	15,284	15,179	15,110	15,255	14,579	15,541	15,500	15,586	15,419	15,312	15,452	15,372	15,248	15,484	15,528				
BaO	0,616	0,605	0,334	0,343	0,190	0,344	0,406	0,548	0,552	0,369	0,402	0,300	0,416	0,445	0,316				
Total	99,156	99,085	99,279	99,203	98,979	99,645	99,506	99,240	99,189	99,299	99,022	98,873	99,164	99,221	99,089				
NOME Ortoclásio																			
Fórmula estrutural																			
Si	11,964	11,964	11,947	11,955	12,004	11,969	11,962	11,943	11,949	11,971	11,956	11,953	11,970	11,952	11,986				
Ti	0,002	0,001	0,002	0,005	0,004	0,001	0,001	0,004	0,002	0,005	0,004	0,003	0,003	0,001	0,000				
Al	4,075	4,082	4,101	4,092	4,030	4,074	4,090	4,096	4,097	4,074	4,092	4,099	4,075	4,103	4,066				
Fe(ii)	0,005	0,008	0,005	0,010	0,008	0,003	0,005	0,005	0,000	0,004	0,000	0,000	0,005	0,003	0,002				
Ca	0,000	0,006	0,005	0,000	0,007	0,000	0,001	0,000	0,008	0,003	0,000	0,009	0,009	0,003	0,000				
Na	0,172	0,167	0,255	0,196	0,369	0,168	0,138	0,127	0,141	0,178	0,148	0,158	0,176	0,128	0,119				
K	3,634	3,610	3,580	3,618	3,453	3,673	3,669	3,707	3,665	3,628	3,676	3,659	3,619	3,677	3,688				
Ba	0,045	0,044	0,024	0,025	0,014	0,025	0,030	0,040	0,027	0,029	0,022	0,030	0,032	0,023					
Total	19,899	19,882	19,918	19,901	19,888	19,913	19,895	19,922	19,903	19,890	19,906	19,903	19,887	19,898	19,884				
An	0,000	0,148	0,124	0,000	0,182	0,000	0,021	0,000	0,209	0,068	0,000	0,225	0,236	0,068	0,000				
Ab	4,519	4,406	6,640	5,141	9,628	4,385	3,628	3,319	3,694	4,680	3,867	4,141	4,619	3,356	3,120				
Or	95,481	95,446	93,236	94,859	90,190	95,615	96,351	96,681	96,096	95,252	96,133	95,634	95,146	96,576	96,880				

Sulite João Jorge I - FB-47											
Composição do feldspato alcalino											
Porcentagem em peso de óxidos											
	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(b)	C1(b)	C1(b)	C1(i)	C1(b)	C1(i)	C1(i) (p)
SiO2	64,110	64,263	64,335	64,265	64,683	64,284	63,953	67,153	64,567		
TiO2	0,028	0,007	0,015	0,000	0,016	0,051	0,004	0,000	0,004		
Al2O3	18,591	18,513	18,551	18,681	18,618	18,527	18,563	19,515	18,669		
FeO	0,026	0,016	0,004	0,051	0,052	0,069	0,041	0,011	0,026		
CaO	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,006	0,290	0,011		
Na2O	0,418	0,340	0,480	0,469	0,443	0,410	0,445	9,905	1,044		
K2O	15,744	15,836	15,686	15,615	15,504	15,666	15,587	2,490	14,636		
BaO	0,428	0,208	0,260	0,305	0,246	0,184	0,325	0,099	0,395		
Total	99,346	99,183	99,332	99,386	99,562	99,191	98,924	99,463	99,352		
NOME	Anortoclásio										
Fórmula estrutural											
Si	11,944	11,971	11,965	11,947	11,981	11,966	11,949	11,915	11,965		
Ti	0,004	0,001	0,002	0,000	0,002	0,007	0,001	0,000	0,001		
Al	4,082	4,064	4,066	4,093	4,064	4,064	4,087	4,081	4,077		
Fe(ii)	0,004	0,002	0,001	0,008	0,008	0,011	0,006	0,002	0,004		
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,055	0,002		
Na	0,151	0,123	0,173	0,169	0,159	0,148	0,161	3,407	0,375		
K	3,741	3,763	3,721	3,703	3,663	3,720	3,715	0,564	3,460		
Ba	0,031	0,015	0,019	0,022	0,018	0,013	0,024	0,007	0,029		
Total	19,958	19,939	19,947	19,942	19,896	19,929	19,945	20,030	19,913		
An	0,005	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,031	1,369	0,057		
Ab	3,878	3,160	4,444	4,366	4,162	3,825	4,157	84,632	9,775		
Or	96,116	96,840	95,551	95,634	95,838	96,175	95,812	13,998	90,168		

Sulite João Jorge I - FB-131													
Composição do feldspato alcalino													
Porcentagem em peso de óxidos													
	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(b)	C1(b)	C1(i)	C1(i)	C1(b)	C2(b)	C2(c)	C2(i)	C2(b)
SiO2	63,960	63,788	63,846	63,434	63,905	63,692	64,072	63,727	64,051	63,935	64,021	64,020	64,025
TiO2	0,048	0,023	0,026	0,057	0,034	0,043	0,034	0,052	0,037	0,036	0,040	0,037	0,046
Al2O3	18,905	18,834	18,894	18,721	18,843	18,703	18,864	18,666	18,790	18,896	18,965	18,953	18,924
FeO	0,055	0,013	0,039	0,059	0,048	0,034	0,022	0,061	0,049	0,030	0,058	0,023	0,023
CaO	0,091	0,108	0,149	0,321	0,061	0,029	0,086	0,036	0,074	0,007	0,062	0,021	0,019
Na2O	1,745	1,163	1,796	1,376	1,396	1,072	1,357	1,091	1,782	1,173	2,388	1,839	1,094
K2O	13,211	14,002	13,003	13,643	13,691	14,188	13,781	14,094	13,186	14,095	12,417	13,144	14,029
BaO	0,925	1,019	1,278	1,067	1,086	1,047	1,150	0,905	1,023	1,246	1,065	1,120	1,124
Total	98,940	98,950	99,031	98,678	99,064	98,808	99,366	98,632	98,992	99,418	99,016	99,057	99,184
Ortoclásio													
NOME	Ortoclásio												
Fórmula estrutural													
Si	11,897	11,903	11,888	11,878	11,904	11,914	11,906	11,924	11,914	11,897	11,884	11,906	11,920
Ti	0,007	0,003	0,004	0,008	0,005	0,006	0,005	0,007	0,005	0,005	0,006	0,005	0,006
Al	4,144	4,142	4,146	4,131	4,137	4,123	4,131	4,116	4,119	4,144	4,149	4,132	4,130
Fe(II)	0,009	0,002	0,006	0,009	0,007	0,005	0,003	0,010	0,008	0,005	0,009	0,004	0,004
Ca	0,018	0,022	0,030	0,064	0,012	0,006	0,017	0,007	0,015	0,001	0,012	0,004	0,004
Na	0,629	0,421	0,648	0,500	0,504	0,389	0,489	0,396	0,643	0,423	0,859	0,663	0,395
K	3,135	3,333	3,088	3,259	3,253	3,385	3,287	3,364	3,129	3,345	2,940	3,118	3,332
Ba	0,067	0,075	0,093	0,078	0,079	0,077	0,084	0,066	0,075	0,091	0,077	0,082	0,082
Total	19,906	19,900	19,904	19,927	19,902	19,905	19,901	19,890	19,907	19,911	19,936	19,913	19,872
An	0,479	0,572	0,789	1,685	0,323	0,154	0,454	0,192	0,389	0,037	0,323	0,111	0,102
Ab	16,639	11,145	17,213	13,067	13,374	10,285	12,958	10,506	16,973	11,224	22,545	17,516	10,585
Or	82,882	88,283	81,998	85,248	86,303	89,561	86,588	89,302	82,637	88,739	77,132	82,373	89,313

	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(b)	C1(b)	C1(i)	C1(i)	C1(b)	C2(b)	C2(i)	C2(c)	C2(b)	C2(i)	C2(b)
SiO2	63.960	63.788	63.846	63.434	63.905	63.692	64.072	63.727	64.051	63.935	64.021	64.020	64.020	64.025	64.025
TiO2	0.048	0.023	0.026	0.057	0.034	0.043	0.034	0.052	0.037	0.036	0.040	0.037	0.037	0.046	0.046
Al2O3	18.905	18.834	18.894	18.721	18.843	18.703	18.864	18.666	18.790	18.896	18.965	18.853	18.853	18.824	18.824
FeO	0.055	0.013	0.039	0.059	0.048	0.034	0.022	0.061	0.049	0.030	0.058	0.023	0.023	0.023	0.023
CaO	0.091	0.108	0.149	0.321	0.061	0.029	0.086	0.036	0.074	0.027	0.062	0.021	0.019	0.019	0.019
Na2O	1.745	1.163	1.796	1.376	1.396	1.072	1.357	1.091	1.782	1.173	2.388	1.839	1.839	1.094	1.094
K2O	13.211	14.002	13.003	13.643	13.691	14.188	13.781	14.094	13.186	14.095	12.417	13.144	13.144	14.029	14.029
BaO	0.925	1.019	1.278	1.067	1.086	1.047	1.150	0.905	1.023	1.246	1.065	1.120	1.120	1.124	1.124
Total	98.940	98.950	99.031	98.678	99.064	98.808	99.366	98.632	98.992	99.418	99.016	99.057	99.057	99.184	99.184
Nome Ortoclásio															
Fórmula estrutural															
Si	11.897	11.903	11.888	11.878	11.904	11.914	11.906	11.924	11.914	11.897	11.884	11.906	11.906	11.920	11.920
Ti	0.007	0.003	0.004	0.008	0.005	0.006	0.005	0.007	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.006	0.006
Al	4.144	4.142	4.146	4.131	4.137	4.123	4.131	4.116	4.119	4.144	4.149	4.132	4.130	4.130	4.130
Fe(II)	0.009	0.002	0.006	0.009	0.007	0.005	0.003	0.010	0.008	0.005	0.009	0.004	0.004	0.004	0.004
Ca	0.018	0.022	0.030	0.064	0.012	0.006	0.017	0.007	0.015	0.001	0.012	0.004	0.004	0.004	0.004
Na	0.629	0.421	0.648	0.500	0.504	0.389	0.496	0.396	0.643	0.423	0.859	0.663	0.663	0.395	0.395
K	3.135	3.333	3.088	3.259	3.253	3.385	3.267	3.364	3.129	3.345	2.940	3.118	3.332	3.332	3.332
Ba	0.067	0.075	0.093	0.078	0.079	0.077	0.084	0.066	0.075	0.091	0.077	0.082	0.082	0.082	0.082
Total	19.906	19.900	19.904	19.927	19.902	19.905	19.901	19.890	19.907	19.911	19.936	19.913	19.913	19.872	19.872
An	0.479	0.572	0.789	1.685	0.323	0.154	0.454	0.192	0.389	0.037	0.323	0.111	0.102	0.102	0.102
Ab	16.639	11.145	17.213	13.067	13.374	10.285	12.958	10.506	16.973	11.224	22.545	17.516	17.516	10.585	10.585
Or	82.882	88.283	81.998	85.248	86.303	89.561	86.588	89.302	82.637	88.739	77.132	82.373	82.373	89.313	89.313

Sulfeto de Jorge I - FB-147																		
Composição do feldspato alcalino																		
Porcentagem em peso de óxidos																		
	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(b)	C1(b)	C1(i)	C1(i)	C1(i)	C1(b)	C1(i)	C1(i)	C1(i)	C2(b)	C2(i)	C2(c)	C2(i)	C2(b)
SiO2	64,357	64,113	64,262	63,875	63,958	64,125	64,283	64,548	64,425	67,056	64,516	64,320	64,018	64,108	63,867			
TiO2	0,027	0,028	0,015	0,017	0,029	0,015	0,009	0,015	0,016	0,001	0,031	0,020	0,006	0,000	0,009			
Al2O3	18,711	18,632	18,678	18,640	18,779	18,704	18,652	18,757	18,681	19,594	18,688	18,739	18,706	18,720	18,564			
FeO	0,043	0,004	0,041	0,033	0,024	0,024	0,039	0,025	0,016	0,034	0,061	0,018	0,060	0,000	0,000			
CaO	0,049	0,039	0,081	0,000	0,033	0,024	0,005	0,043	0,000	0,268	0,000	0,000	0,031	0,021	0,000			
Na2O	0,544	0,578	0,525	0,405	0,630	0,422	0,493	0,709	0,362	11,158	0,703	0,435	0,480	0,407	0,220			
K2O	15,211	15,420	15,153	15,546	15,286	15,560	15,440	15,259	15,548	0,429	15,285	15,413	15,334	15,442	15,609			
BaO	0,602	0,532	0,535	0,632	0,628	0,552	0,476	0,527	0,523	0,031	0,379	0,482	0,514	0,552	0,731			
Total	99,544	99,346	99,290	99,148	99,367	99,426	99,397	99,883	99,571	98,571	99,663	99,427	99,149	99,250	99,000			
NOME	Ortoclássio				Albita				Ortoclássio									
Fórmula estrutural																		
Si	11,947	11,938	11,951	11,932	11,912	11,935	11,953	11,942	11,959	11,910	11,951	11,949	11,935	11,942	11,950			
Ti	0,004	0,004	0,002	0,002	0,004	0,002	0,001	0,002	0,002	0,000	0,004	0,003	0,001	0,000	0,001			
Al	4,093	4,089	4,094	4,103	4,122	4,103	4,087	4,090	4,087	4,101	4,080	4,103	4,110	4,109	4,094			
Fe(ii)	0,007	0,001	0,006	0,005	0,004	0,004	0,006	0,004	0,002	0,005	0,009	0,003	0,009	0,000	0,000			
Ca	0,010	0,008	0,016	0,000	0,007	0,005	0,001	0,009	0,000	0,051	0,000	0,000	0,006	0,004	0,000			
Na	0,196	0,209	0,189	0,147	0,227	0,152	0,178	0,254	0,130	3,842	0,252	0,157	0,173	0,147	0,080			
K	3,602	3,663	3,595	3,704	3,631	3,694	3,662	3,601	3,682	0,097	3,612	3,652	3,647	3,669	3,726			
Ba	0,044	0,039	0,039	0,046	0,046	0,040	0,035	0,038	0,038	0,002	0,028	0,035	0,038	0,040	0,054			
Total	19,902	19,949	19,892	19,940	19,953	19,935	19,922	19,939	19,901	20,009	19,937	19,901	19,919	19,912	19,904			
An	0,256	0,201	0,425	0,000	0,170	0,124	0,026	0,221	0,000	1,278	0,000	0,000	0,162	0,110	0,000			
Ab	5,142	5,379	4,981	3,809	5,885	3,954	4,627	6,582	3,418	96,286	6,533	4,113	4,534	3,847	2,097			
Or	94,602	94,420	94,594	96,191	93,945	95,922	95,347	93,198	96,582	2,436	93,467	95,887	95,304	96,043	97,903			

Complexo Bacajai - FB-14																									
Composição do plagioclásio																									
Porcentagem em peso de óxidos																									
	C1(b)	C1(l)	C1(c)	C1(i)	C1(b)	C1(l)	C1(i)	C1(b)	C1(l)	C1(c)	C2(l)	C2(b)	C2(l)	C2(b)	C3(l)	C3(b)	C3(l)	C3(b)	C3(l)	C3(b)	C3(l)	C3(b)	C4(l)	C4(b)	
SiO2	63,286	62,884	62,438	62,687	63,146	62,657	62,468	63,309	63,065	62,899	63,500	63,445	63,577	63,213	63,928	63,111	62,878	63,110	62,924	63,094	63,113	62,531	62,849	62,702	62,983
TiO2	0,018	0,004	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,004	0,000	0,009	0,011	0,000	0,000	0,018	0,013	0,002	0,000	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
Al2O3	23,170	23,260	23,489	23,461	22,973	23,365	23,449	23,120	23,167	23,116	23,089	23,222	22,661	23,054	22,758	23,048	23,211	23,084	23,174	23,511	23,388	23,215	23,200	22,783	
FeO	0,064	0,060	0,099	0,066	0,086	0,061	0,100	0,060	0,051	0,108	0,083	0,222	0,083	0,060	0,067	0,074	0,035	0,068	0,071	0,048	0,073	0,075	0,034	0,022	
CaO	3,901	4,019	4,226	4,260	3,839	3,960	4,313	4,372	3,944	4,000	3,917	3,814	3,896	3,396	3,502	3,829	4,018	3,902	3,871	3,882	4,079	4,195	4,048	3,949	
Na2O	9,314	9,207	9,079	9,043	9,152	9,280	9,131	9,019	9,146	9,104	9,213	9,330	9,402	9,460	9,394	9,696	9,328	9,282	9,331	9,179	9,224	9,031	9,161	9,309	
K2O	0,194	0,175	0,202	0,224	0,232	0,122	0,149	0,247	0,176	0,143	0,177	0,112	0,112	0,089	0,147	0,159	0,171	0,118	0,137	0,129	0,204	0,207	0,213	0,109	
Total	99,947	99,609	99,551	99,745	99,235	99,763	99,676	99,655	99,767	99,534	99,430	99,937	100,134	99,188	99,760	100,121	99,567	99,576	99,662	100,192	99,407	99,616	99,353	99,501	
NOME Oligoclásio																									
Fórmula estrutural																									
Si	11,192	11,162	11,102	11,121	11,210	11,186	11,124	11,208	11,191	11,183	11,220	11,195	11,297	11,201	11,276	11,201	11,164	11,194	11,188	11,183	11,127	11,160	11,161	11,186	
Ti	0,002	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	
Al	4,829	4,866	4,922	4,905	4,820	4,837	4,889	4,911	4,824	4,845	4,808	4,829	4,746	4,814	4,731	4,821	4,857	4,825	4,856	4,850	4,905	4,858	4,867	4,873	
Fe(ii)	0,009	0,009	0,015	0,010	0,012	0,013	0,009	0,015	0,008	0,016	0,012	0,007	0,001	0,012	0,009	0,010	0,010	0,011	0,005	0,007	0,007	0,011	0,011	0,005	
Ca	0,739	0,764	0,805	0,810	0,732	0,752	0,820	0,832	0,748	0,760	0,746	0,722	0,736	0,647	0,734	0,662	0,728	0,764	0,741	0,737	0,737	0,800	0,800	0,775	
Na	3,193	3,168	3,130	3,110	3,159	3,187	3,143	3,107	3,139	3,132	3,175	3,196	3,216	3,259	3,227	3,316	3,210	3,195	3,209	3,164	3,188	3,116	3,175	3,161	
K	0,044	0,040	0,046	0,051	0,053	0,028	0,034	0,096	0,040	0,032	0,020	0,025	0,020	0,033	0,036	0,039	0,027	0,036	0,031	0,029	0,049	0,049	0,048	0,025	
Total	20,009	20,009	20,022	20,007	19,986	20,002	20,019	20,024	19,968	19,968	20,004	19,985	20,010	19,969	20,022	20,032	20,011	20,018	20,016	19,982	20,003	20,003	20,022	20,011	
An	18,588	19,240	20,224	20,391	18,567	18,949	20,524	20,632	19,049	19,375	18,832	18,309	18,514	16,469	16,386	16,490	18,309	19,174	18,599	18,751	18,639	20,176	19,289		
Ab	80,311	79,762	78,625	78,332	80,097	80,356	78,631	77,767	79,939	79,800	80,155	81,051	80,852	83,017	80,783	82,619	80,717	80,155	80,487	80,623	78,599	78,599	79,537		
Or	1,101	0,998	1,151	1,277	1,336	0,685	0,844	1,401	1,012	0,825	1,013	0,640	0,514	0,832	0,891	0,974	0,974	0,670	0,914	0,790	1,225	1,225	1,174		

Complexo Bacajal - FB-150																																				
Composição do plagioclásio																																				
Porcentagem em peso de óxidos																																				
	C1(b)	C1(l)	C1(c)	C2(b)	C2(l)	C2(b)	C2(l)	C2(b)	C2(l)	C2(b)	C2(l)	C2(b)	C2(l)	C2(b)	C2(l)	C2(b)	C2(l)	C2(b)	C2(l)	C2(b)	C2(l)	C2(b)	C2(l)	C2(b)	C2(l)	C2(b)	C2(l)	C2(b)	C2(l)	C2(b)	C2(l)	C2(b)	C2(l)	C2(b)	C2(l)	
SiO2	60.649	59.682	59.646	59.847	60.343	60.134	59.424	57.394	57.930	60.635	60.181	58.625	59.743	60.403	60.403	60.403	60.220	58.149	59.482	60.182	58.358	60.079	59.997	60.424	60.240	59.965	59.177	59.332	60.276	60.239	60.076	59.154	60.293	60.293	60.293	60.293
TiO2	0.014	0.010	0.007	0.012	0.019	0.012	0.003	0.000	0.013	0.002	0.018	0.008	0.023	0.018	0.017	0.017	0.006	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.006	0.025	0.000	0.017	0.000	0.000	0.009	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	
Al2O3	24.601	24.910	25.384	25.009	24.592	24.853	25.317	26.810	26.415	24.801	24.930	25.998	25.240	24.688	24.696	24.787	24.614	25.229	24.687	25.031	24.888	24.627	24.456	24.558	24.720	24.943	25.063	25.289	24.720	24.943	25.063	25.763	24.507	24.507	24.507	
FeO	0.106	0.053	0.022	0.052	0.047	0.201	0.012	0.033	0.030	0.036	0.028	0.010	0.057	0.028	0.000	0.002	0.058	0.000	0.026	0.065	0.058	0.037	0.010	0.000	0.030	0.000	0.016	0.000	0.037	0.055	0.022	0.013	0.011	0.011	0.011	
CaO	5.507	5.873	6.281	5.967	5.815	5.824	7.803	7.378	5.678	5.766	5.838	7.096	6.094	5.659	5.678	5.702	6.089	6.311	5.697	7.233	6.061	5.665	5.665	5.445	5.599	5.901	6.335	6.358	5.692	5.828	5.891	6.711	5.511	5.511	5.511	
Na2O	8.217	8.125	7.737	7.991	8.198	8.198	7.782	7.179	8.094	8.050	7.310	7.849	7.849	8.115	7.988	8.138	7.694	7.653	8.074	7.199	7.959	8.124	8.177	8.177	8.187	8.092	7.706	7.784	8.091	8.032	8.088	7.637	8.254	8.254	8.254	
K2O	0.136	0.078	0.093	0.140	0.056	0.113	0.096	0.085	0.117	0.117	0.145	0.087	0.099	0.088	0.284	0.108	0.160	0.166	0.149	0.127	0.150	0.094	0.114	0.089	0.090	0.090	0.094	0.101	0.119	0.105	0.061	0.084	0.091	0.091		
Total	99.230	98.731	99.170	99.018	98.870	98.870	98.918	98.867	99.062	99.341	99.190	99.134	99.105	98.999	99.066	98.963	98.764	98.867	98.854	99.023	99.174	98.517	98.622	98.728	98.910	98.790	98.864	98.935	99.211	99.211	99.365	98.667	98.667	98.667	98.667	
NOME	Oligoclásio	Andesina	Oligoclásio	Oligoclásio	Oligoclásio	Oligoclásio	Andesina	Oligoclásio	Oligoclásio	Oligoclásio	Oligoclásio	Andesina	Oligoclásio	Oligoclásio	Oligoclásio	Oligoclásio	Andesina	Andesina	Oligoclásio	Oligoclásio	Andesina	Oligoclásio	Oligoclásio	Oligoclásio	Oligoclásio	Oligoclásio	Oligoclásio	Andesina	Oligoclásio	Oligoclásio	Oligoclásio	Oligoclásio	Andesina	Andesina	Andesina	
Fórmula estrutural																																				
Si	10.852	10.749	10.684	10.747	10.835	10.772	10.686	10.367	10.442	10.820	10.781	10.541	10.717	10.830	10.829	10.806	10.698	10.701	10.814	10.814	10.771	10.814	10.868	60.240	10.774	10.657	10.679	10.818	10.785	10.759	10.804	10.846	10.846	10.846	10.846	
Ti	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003	0.002	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001	0.003	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.025	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000		
Al	5.187	5.287	5.363	5.293	5.204	5.246	5.365	5.707	5.611	5.224	5.263	5.509	5.336	5.218	5.218	5.242	5.337	5.349	5.228	5.527	5.258	5.231	5.184	24.558	5.264	5.400	5.364	5.229	5.263	5.290	5.443	5.196	5.196	5.196	5.196	
Fe(II)	0.016	0.008	0.003	0.008	0.007	0.030	0.002	0.005	0.005	0.005	0.004	0.002	0.009	0.004	0.000	0.000	0.009	0.004	0.010	0.009	0.006	0.002	0.002	0.000	0.030	0.000	0.002	0.000	0.006	0.008	0.003	0.002	0.002	0.002		
Ca	1.056	1.133	1.206	1.148	1.080	1.118	1.211	1.510	1.425	1.102	1.120	1.367	1.171	1.087	1.091	1.096	1.200	1.216	1.097	1.396	1.164	1.094	1.049	5.599	1.136	1.222	1.226	1.094	1.118	1.130	1.289	1.062	1.062	1.062	1.062	
Na	2.850	2.837	2.689	2.782	2.854	2.847	2.713	2.361	2.509	2.805	2.796	2.548	2.730	2.821	2.776	2.831	2.744	2.669	2.813	2.515	2.766	2.839	2.851	8.187	2.819	2.690	2.716	2.815	2.788	2.812	2.654	2.879	2.879	2.879		
K	0.031	0.018	0.021	0.032	0.013	0.026	0.022	0.020	0.027	0.027	0.033	0.020	0.023	0.020	0.065	0.025	0.038	0.038	0.034	0.029	0.034	0.022	0.026	0.089	0.021	0.022	0.023	0.027	0.024	0.014	0.019	0.021	0.021	0.021		
Total	19.994	20.034	19.979	20.012	19.984	20.040	19.989	19.970	20.019	19.983	20.000	19.988	19.988	19.988	19.981	20.000	20.025	19.978	19.995	19.992	20.000	20.001	19.978	19.998	19.998	20.013	19.996	20.009	19.989	19.988	20.009	20.011	20.005	20.005	20.005	
An	28.813	28.415	30.800	28.974	27.368	28.008	30.662	38.812	35.975	28.020	28.370	34.737	29.850	27.674	27.736	27.737	30.140	31.001	27.810	35.436	29.362	27.664	26.720	27.285	28.574	31.066	30.918	27.799	28.446	28.572	32.529	26.810	26.810	26.810		
Ab	72.399	71.136	68.657	70.217	72.307	71.345	68.759	60.685	63.345	71.302	70.791	64.756	69.573	71.814	70.612	71.637	68.917	68.028	71.324	63.824	69.773	71.790	72.614	72.198	70.907	68.385	68.498	71.509	70.944	71.075	66.987	72.663	72.663	72.663		
Or	0.788	0.449	0.543	0.809	0.325	0.647	0.558	0.503	0.679	0.678	0.839	0.507	0.577	0.512	1.652	0.626	0.943	0.971	0.866	0.741	0.865	0.547	0.666	0.516	0.519	0.549	0.585	0.692	0.610	0.352	0.485	0.527	0.527	0.527		

Suíte Arapari - FB-123

Composição do plagioclásio

Porcentagem em peso de óxidos

	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(b)	C2(b)	C2(i)	C2(c)	C2(i)	C2(b)
SiO2	61,868	61,842	62,325	61,626	61,625	61,770	60,056	61,217	60,661	62,276
TiO2	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,000	0,025
Al2O3	23,664	23,626	23,192	23,554	23,656	23,674	24,820	24,141	24,647	23,298
FeO	0,040	0,013	0,132	0,056	0,068	0,114	0,065	0,027	0,041	0,106
CaO	4,603	4,566	4,301	4,677	4,809	4,706	5,985	5,147	5,711	4,380
Na2O	8,781	8,736	8,969	8,264	8,644	8,845	7,930	8,420	8,175	8,832
K2O	0,134	0,198	0,228	0,730	0,221	0,069	0,123	0,093	0,142	0,204
Total	99,090	98,981	99,159	98,907	99,023	99,178	98,990	99,045	99,377	99,121

NOME Oligoclásio

Fórmula estrutural

Si	11,052	11,059	11,128	11,053	11,029	11,034	10,782	10,952	10,841	11,118
Ti	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003
Al	4,982	4,979	4,880	4,978	4,990	4,984	5,252	5,090	5,191	4,902
Fe(ii)	0,006	0,002	0,020	0,008	0,010	0,017	0,010	0,004	0,006	0,016
Ca	0,881	0,875	0,823	0,899	0,922	0,901	1,151	0,986	1,093	0,838
Na	3,041	3,029	3,105	2,873	2,999	3,063	2,760	2,920	2,832	3,057
K	0,031	0,045	0,052	0,167	0,050	0,016	0,028	0,021	0,032	0,046
Total	19,993	19,988	20,009	19,978	20,001	20,014	19,985	19,974	19,996	19,980
An	22,288	22,154	20,675	22,814	23,216	22,631	29,221	25,114	27,624	21,257
Ab	76,940	76,702	78,020	72,947	75,514	76,974	70,064	74,346	71,558	77,565
Or	0,773	1,144	1,305	4,240	1,270	0,395	0,715	0,540	0,818	1,179

Suíte Arapari - FB-146

Composição do plagioclásio

Porcentagem em peso de óxidos

	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(b)	C1(i)	C1(b)	C1(i)	C1(b)	C2(b)	C2(i)	C2(b)	C2(i)	C2(b)	C2(i)	C2(b)	C2(i)	C2(b)	C2(i)	C2(b)
SiO2	60,985	58,290	59,741	58,712	61,022	59,630	59,995	59,581	60,544	60,910	60,439	60,575	60,679	60,439	60,902	60,597	60,569	60,615	60,569	60,615
TiO2	0,004	0,019	0,001	0,000	0,017	0,008	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,018	0,008	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000	0,008
Al2O3	24,449	26,293	25,465	25,891	24,430	25,460	25,019	25,346	24,763	24,357	24,758	24,724	24,813	24,552	24,403	24,585	24,474	24,665	24,403	24,665
FeO	0,086	0,064	0,067	0,070	0,107	0,106	0,073	0,080	0,090	0,082	0,082	0,015	0,041	0,048	0,022	0,059	0,067	0,107	0,022	0,059
CaO	5,267	7,251	6,531	6,939	5,338	6,436	5,940	6,279	5,520	5,219	5,827	5,541	5,746	5,576	5,220	5,552	5,445	5,526	5,220	5,552
Na2O	8,338	7,097	7,515	7,383	8,332	7,650	7,908	7,695	8,160	8,409	8,195	8,104	8,173	8,202	8,478	8,222	8,351	8,240	8,478	8,222
K2O	0,263	0,138	0,228	0,255	0,249	0,180	0,143	0,209	0,179	0,159	0,123	0,105	0,096	0,183	0,094	0,105	0,145	0,135	0,094	0,105
Total	99,392	99,152	99,548	99,250	99,495	99,470	99,078	99,190	99,257	99,136	99,426	99,064	99,566	99,008	99,119	99,133	99,051	99,296	99,119	99,133

NOME Oligoclási Andesina

Fórmula estrutural

Si	10,893	10,486	10,681	10,555	10,891	10,672	10,762	10,690	10,831	10,902	10,806	10,846	10,822	10,843	10,898	10,851	10,860	10,841	10,851	10,860
Ti	0,001	0,003	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001
Al	5,146	5,574	5,366	5,485	5,138	5,370	5,289	5,359	5,221	5,138	5,217	5,215	5,217	5,191	5,146	5,188	5,171	5,199	5,146	5,188
Fe(ii)	0,013	0,010	0,010	0,010	0,016	0,016	0,011	0,012	0,013	0,012	0,012	0,002	0,006	0,007	0,003	0,009	0,010	0,016	0,003	0,009
Ca	1,008	1,397	1,251	1,336	1,021	1,234	1,141	1,207	1,058	1,001	1,116	1,063	1,098	1,072	1,001	1,065	1,046	1,059	1,001	1,065
Na	2,887	2,475	2,605	2,573	2,883	2,654	2,750	2,677	2,830	2,918	2,841	2,813	2,826	2,853	2,941	2,854	2,903	2,857	2,941	2,854
K	0,060	0,032	0,052	0,058	0,057	0,041	0,033	0,048	0,041	0,036	0,028	0,024	0,022	0,042	0,021	0,024	0,033	0,031	0,021	0,024
Total	20,007	19,977	19,964	20,018	20,008	19,989	19,985	19,993	19,994	20,007	20,020	19,964	19,992	20,008	20,010	19,993	20,023	20,003	20,010	19,993
An	25,483	35,793	32,012	33,680	25,772	31,404	29,088	30,700	26,927	25,304	28,010	27,254	27,825	27,020	25,249	27,010	26,267	26,828	27,020	25,249
Ab	73,002	63,396	66,657	64,847	72,796	67,550	70,078	68,083	72,033	73,778	71,286	72,131	71,621	71,924	74,209	72,382	72,901	72,392	71,621	72,382
Or	1,515	0,811	1,331	1,474	1,431	1,046	0,834	1,217	1,040	0,918	0,704	0,615	0,554	1,056	0,541	0,608	0,833	0,780	0,541	0,608

Suíte João Jorge I - FB-147																							
Composição do plagioclásio																							
Porcentagem em peso de óxidos																							
	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(b)	C1(i)	C1(i)	C1(b)	C1(i)	C1(i)	C1(b)	C2(b)	C2(i)	C2(c)	C2(i)	C2(b)	C2(i)	C2(b)	C2(i)	C2(b)	C2(i)	C2(b)	C2(b)
SiO2	62,851	62,820	63,074	62,508	63,108	62,802	63,043	62,826	62,493	62,757	63,301	63,347	63,039	63,347	63,039	62,770	62,996	63,034	62,807	64,096			
TiO2	0,010	0,000	0,008	0,028	0,002	0,000	0,000	0,020	0,000	0,018	0,014	0,000	0,018	0,000	0,018	0,011	0,000	0,000	0,003	0,011			
Al2O3	23,534	23,274	23,193	23,240	23,203	23,493	23,006	22,939	23,418	23,265	23,053	23,234	23,253	23,234	23,253	23,415	23,173	23,143	23,157	22,080			
FeO	0,059	0,068	0,088	0,092	0,088	0,115	0,089	0,074	0,057	0,078	0,059	0,075	0,072	0,075	0,072	0,065	0,070	0,066	0,015	0,024			
CaO	4,159	4,090	3,985	4,182	4,124	4,139	3,857	3,888	4,188	4,147	3,857	3,735	4,057	3,735	4,057	4,302	3,929	3,879	4,010	2,770			
Na2O	9,197	9,355	9,294	9,128	9,173	8,980	9,180	9,225	9,126	9,050	9,407	9,512	9,345	9,512	9,345	9,145	9,319	9,232	9,272	10,129			
K2O	0,167	0,123	0,187	0,171	0,246	0,215	0,326	0,061	0,153	0,263	0,214	0,112	0,107	0,112	0,107	0,176	0,123	0,178	0,059	0,067			
Total	99,977	99,730	99,829	99,349	99,944	99,744	99,501	99,033	99,435	99,578	99,905	100,015	99,891	99,884	99,891	99,884	99,610	99,532	99,323	99,177			
NOME Oligoclásio																							
Fórmula estrutural																							
Si	11,121	11,145	11,174	11,134	11,171	11,134	11,203	11,204	11,118	11,150	11,203	11,192	11,161	11,192	11,161	11,123	11,178	11,190	11,173	11,389			
Ti	0,001	0,000	0,001	0,004	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,002	0,002	0,000	0,002	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001			
Al	4,908	4,866	4,842	4,878	4,840	4,908	4,818	4,821	4,910	4,871	4,808	4,838	4,852	4,838	4,852	4,890	4,846	4,842	4,855	4,624			
Fe(ii)	0,009	0,010	0,013	0,014	0,013	0,017	0,013	0,011	0,008	0,012	0,009	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010	0,002	0,004			
Ca	0,788	0,777	0,756	0,798	0,782	0,786	0,734	0,743	0,798	0,789	0,731	0,707	0,770	0,707	0,770	0,817	0,747	0,738	0,764	0,527			
Na	3,155	3,218	3,192	3,152	3,148	3,086	3,163	3,189	3,148	3,117	3,228	3,258	3,208	3,258	3,208	3,142	3,206	3,177	3,198	3,489			
K	0,038	0,028	0,042	0,039	0,056	0,049	0,074	0,014	0,035	0,060	0,048	0,025	0,024	0,025	0,024	0,040	0,028	0,040	0,013	0,015			
Total	20,020	20,044	20,021	20,019	20,010	19,980	20,006	19,985	20,018	20,001	20,029	20,031	20,027	20,031	20,027	20,022	20,015	19,998	20,005	20,050			
An	19,804	19,324	18,953	20,006	19,623	20,048	18,492	18,824	20,053	19,902	18,249	17,717	19,232	17,717	19,232	20,427	18,764	18,651	19,224	13,079			
Ab	79,249	79,984	79,989	79,020	78,984	78,712	79,647	80,824	79,075	78,595	80,545	81,650	80,164	81,650	80,164	78,578	80,537	80,329	80,439	86,545			
Or	0,947	0,692	1,059	0,974	1,394	1,240	1,861	0,352	0,872	1,503	1,206	0,633	0,604	0,633	0,604	0,995	0,699	1,019	0,337	0,377			

Complexo Bacajal - FB-14						
Composição da biotita						
Porcentagem em peso de óxidos						
	<i>Cf(b)</i>	<i>Cf(l)</i>	<i>Cf(c)</i>	<i>Cf(l)</i>	<i>Cf(b)</i>	<i>Cf(b)</i>
SiO2	35,552	35,558	35,853	36,075	35,315	
TiO2	3,241	3,180	3,215	3,094	3,233	
Al2O3	16,227	16,389	16,488	17,021	15,975	
FeO	25,532	25,146	24,754	24,149	25,542	
MnO	0,414	0,361	0,393	0,379	0,476	
MgO	5,871	5,872	5,845	5,785	5,743	
CaO	0,000	0,003	0,000	0,005	0,038	
Na2O	0,027	0,016	0,037	0,033	0,017	
K2O	9,475	9,476	9,436	9,549	9,361	
Cl	0,028	0,030	0,027	0,024	0,030	
F	0,186	0,126	0,037	0,104	0,206	
Total	96,553	96,157	96,085	96,218	95,936	
NOME	Análisa					
Fórmula estrutural						
Si	5,539	5,546	5,574	5,582	5,545	
Al	2,461	2,454	2,426	2,418	2,455	
Al	0,518	0,559	0,595	0,686	0,501	
Ti	0,380	0,373	0,376	0,360	0,382	
Fe(II)	3,326	3,280	3,218	3,125	3,354	
Mn	0,055	0,048	0,052	0,050	0,063	
Mg	1,364	1,365	1,355	1,334	1,344	
Ca	0,000	0,001	0,000	0,001	0,006	
Na	0,008	0,005	0,011	0,010	0,005	
K	1,883	1,885	1,871	1,885	1,875	
Cl	0,007	0,008	0,007	0,006	0,008	
F	0,092	0,062	0,018	0,051	0,102	
Total	15,534	15,516	15,477	15,450	15,531	

Complexo Bacajal - FB-150						
Composição da biotita						
Porcentagem em peso de óxidos						
	Cf(b)	Cf(l)	Cf(c)	Cf(l)	Cf(b)	Cf(b)
SiO2	35,198	35,500	35,876	35,628	35,808	
TiO2	2,054	2,222	2,104	1,993	1,970	
Al2O3	15,538	15,323	15,502	15,540	15,491	
FeO	24,508	24,040	23,278	23,178	23,240	
MnO	0,358	0,406	0,325	0,304	0,357	
MgO	8,617	8,454	8,784	8,787	8,640	
CaO	0,032	0,000	0,012	0,010	0,000	
Na2O	0,064	0,056	0,087	0,076	0,075	
K2O	8,803	9,265	9,400	9,485	9,377	
Cl	0,062	0,057	0,057	0,056	0,058	
F	0,065	0,217	0,226	0,138	0,116	
Total	95,299	95,540	95,651	95,195	95,132	
NOME	Análisa					
Fórmula estrutural						
Si	5,517	5,559	5,586	5,573	5,600	
Al	2,483	2,441	2,414	2,427	2,400	
Al	0,387	0,387	0,430	0,438	0,455	
Ti	0,242	0,262	0,246	0,234	0,232	
Fe(II)	3,212	3,148	3,031	3,032	3,039	
Mn	0,048	0,054	0,043	0,040	0,047	
Mg	2,014	1,974	2,039	2,049	2,014	
Ca	0,005	0,000	0,002	0,002	0,000	
Na	0,019	0,017	0,026	0,023	0,023	
K	1,760	1,851	1,867	1,893	1,870	
Cl	0,016	0,015	0,015	0,015	0,015	
F	0,032	0,107	0,111	0,068	0,057	
Total	15,687	15,692	15,685	15,711	15,680	

Complexo Bacajal - FB-133						
Composição da biotita						
Porcentagem em peso de óxidos						
	Cf(b)	Cf(l)	Cf(c)	Cf(l)	Cf(b)	Cf(b)
SiO2	35,829	35,701	35,616	35,534	35,570	
TiO2	2,240	2,287	2,287	2,381	2,454	
Al2O3	16,661	16,268	16,346	16,242	16,183	
FeO	22,944	23,254	23,349	23,283	23,271	
MnO	0,476	0,466	0,549	0,545	0,493	
MgO	7,651	7,690	7,679	7,708	7,705	
CaO	0,004	0,000	0,000	0,000	0,007	
Na2O	0,025	0,028	0,019	0,057	0,041	
K2O	9,585	9,473	9,606	9,477	9,365	
Cl	0,000	0,003	0,002	0,005	0,003	
F	0,146	0,196	0,076	0,056	0,000	
Total	95,561	95,366	95,529	95,288	95,092	
NOME	Análisa					
Fórmula estrutural						
Si	5,566	5,571	5,551	5,549	5,557	
Al	2,434	2,429	2,449	2,451	2,443	
Al	0,616	0,563	0,554	0,538	0,536	
Ti	0,262	0,268	0,268	0,280	0,288	
Fe(II)	2,980	3,034	3,043	3,040	3,040	
Mn	0,063	0,062	0,072	0,072	0,065	
Mg	1,772	1,789	1,784	1,794	1,794	
Ca	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	
Na	0,008	0,008	0,006	0,017	0,012	
K	1,899	1,886	1,910	1,888	1,866	
Cl	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	
F	0,072	0,097	0,037	0,028	0,000	
Total	15,601	15,611	15,637	15,629	15,604	

Suíte Arapari - FB-15						
Composição da biotita						
Porcentagem em peso de óxidos						
	Cf(b)	Cf(l)	Cf(c)	Cf(l)	Cf(b)	Cf(b)
SiO2	35,492	35,483	35,772	35,737	35,927	35,773
TiO2	2,621	2,924	3,001	3,098	3,098	2,727
Al2O3	16,410	16,411	16,323	16,383	16,067	16,367
FeO	23,906	24,051	23,885	23,850	23,964	23,485
MnO	0,257	0,259	0,251	0,237	0,278	0,244
MgO	7,465	7,359	7,296	7,220	7,291	7,395
CaO	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000
Na2O	0,027	0,038	0,030	0,029	0,040	0,025
K2O	9,396	9,558	9,398	9,466	9,545	9,531
Cl	0,060	0,059	0,064	0,059	0,056	0,062
F	0,458	0,270	0,367	0,364	0,323	0,318
Total	96,092	96,412	96,387	96,447	96,489	96,497
NOME	Análisa					
Fórmula estrutural						
Si	5,524	5,503	5,540	5,532	5,549	5,543
Al	2,476	2,497	2,460	2,468	2,451	2,454
Al	0,535	0,502	0,519	0,521	0,482	0,531
Ti	0,307	0,341	0,350	0,361	0,361	0,370
Fe(II)	3,111	3,119	3,093	3,087	3,104	3,102
Mn	0,034	0,034	0,033	0,031	0,036	0,032
Mg	1,732	1,701	1,685	1,666	1,684	1,650
Ca	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Na	0,008	0,011	0,009	0,009	0,012	0,008
K	1,866	1,891	1,857	1,869	1,886	1,873
Cl	0,016	0,016	0,017	0,015	0,015	0,016
F	0,225	0,132	0,180	0,178	0,158	0,155
Total	15,593	15,600	15,545	15,544	15,565	15,582

Suite Arapari - FB-85									
Composição da biotita									
Porcentagem em peso de óxidos									
	<i>C1(b)</i>	<i>C1(i)</i>	<i>C1(c)</i>	<i>C1(i)</i>	<i>C1(i)</i>	<i>C1(i)</i>	<i>C1(b)</i>		
SiO2	36,861	36,730	36,997	37,010	37,249				
TiO2	2,958	3,162	2,894	2,600	1,753				
Al2O3	15,147	15,041	15,116	15,270	15,590				
FeO	19,567	19,803	19,596	19,427	18,680				
MnO	0,371	0,379	0,376	0,407	0,401				
MgO	10,488	10,465	10,665	10,888	11,325				
CaO	0,000	0,000	0,022	0,000	0,004				
Na2O	0,036	0,043	0,031	0,029	0,031				
K2O	9,449	9,576	9,564	9,559	9,596				
Cl	0,022	0,026	0,023	0,021	0,020				
F	0,334	0,307	0,099	0,258	0,210				
Total	95,233	95,532	95,383	95,479	94,859				
NOME Anlita									
Fórmula estrutural									
Si	5,657	5,633	5,658	5,658	5,702				
Al	2,343	2,367	2,342	2,342	2,298				
Al	0,397	0,351	0,383	0,409	0,515				
Ti	0,341	0,365	0,333	0,299	0,202				
Fe(ii)	2,511	2,539	2,506	2,483	2,391				
Mn	0,048	0,049	0,049	0,053	0,052				
Mg	2,400	2,393	2,432	2,484	2,585				
Ca	0,000	0,000	0,004	0,000	0,001				
Na	0,011	0,013	0,009	0,009	0,009				
K	1,850	1,873	1,866	1,864	1,874				
Cl	0,006	0,007	0,006	0,005	0,005				
F	0,162	0,149	0,048	0,125	0,102				
Total	15,559	15,563	15,561	15,601	15,628				

Suite Arapari - FB-146									
Composição da biotita									
Porcentagem em peso de óxidos									
	<i>C1(b)</i>	<i>C1(i)</i>	<i>C1(c)</i>	<i>C1(i)</i>	<i>C1(i)</i>	<i>C1(b)</i>			
SiO2	36,762	36,981	36,779	36,661	36,716				
TiO2	1,901	1,833	1,947	2,036	2,246				
Al2O3	15,746	15,609	15,609	15,610	15,586				
FeO	18,945	18,643	19,353	19,085	19,203				
MnO	0,484	0,445	0,457	0,448	0,464				
MgO	11,423	11,548	11,549	11,398	11,173				
CaO	0,030	0,014	0,000	0,000	0,034				
Na2O	0,061	0,064	0,066	0,058	0,029				
K2O	9,417	9,293	9,333	9,476	9,409				
Cl	0,026	0,034	0,026	0,029	0,023				
F	0,085	0,132	0,027	0,017	0,053				
Total	94,880	94,796	95,146	94,818	94,936				
NOME Anlita									
Fórmula estrutural									
Si	5,631	5,662	5,623	5,623	5,627				
Al	2,369	2,338	2,377	2,377	2,373				
Al	0,474	0,478	0,435	0,445	0,442				
Ti	0,219	0,211	0,224	0,235	0,259				
Fe(ii)	2,427	2,412	2,474	2,448	2,461				
Mn	0,063	0,058	0,059	0,058	0,060				
Mg	2,609	2,636	2,632	2,606	2,553				
Ca	0,005	0,002	0,000	0,000	0,006				
Na	0,018	0,019	0,020	0,017	0,009				
K	1,840	1,815	1,820	1,854	1,839				
Cl	0,007	0,009	0,007	0,008	0,006				
F	0,041	0,064	0,013	0,008	0,026				
Total	15,654	15,631	15,664	15,663	15,628				

Suite Arapari - FB-123									
Composição da biotita									
Porcentagem em peso de óxidos									
	<i>C1(b)</i>	<i>C1(i)</i>	<i>C1(c)</i>	<i>C1(i)</i>	<i>C1(i)</i>	<i>C1(b)</i>			
SiO2	35,958	36,099	36,227	36,353	36,235				
TiO2	3,219	3,117	3,022	2,983	2,943				
Al2O3	15,049	14,707	14,671	14,708	14,666				
FeO	22,867	23,041	23,011	23,174	22,812				
MnO	0,320	0,273	0,345	0,341	0,284				
MgO	8,617	9,062	9,163	9,155	9,200				
CaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
Na2O	0,019	0,051	0,043	0,041	0,032				
K2O	9,415	9,406	9,464	9,326	9,369				
Cl	0,046	0,043	0,050	0,044	0,043				
F	0,397	0,397	0,396	0,304	0,261				
Total	95,907	96,216	96,392	96,429	95,845				
NOME Anlita									
Fórmula estrutural									
Si	5,584	5,593	5,603	5,611	5,618				
Al	2,416	2,407	2,397	2,389	2,382				
Al	0,339	0,278	0,277	0,286	0,298				
Ti	0,376	0,363	0,352	0,346	0,343				
Fe(ii)	2,969	2,985	2,976	2,991	2,957				
Mn	0,042	0,036	0,045	0,045	0,037				
Mg	1,985	2,098	2,113	2,107	2,126				
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
Na	0,006	0,015	0,013	0,012	0,010				
K	1,865	1,859	1,867	1,836	1,853				
Cl	0,012	0,011	0,013	0,012	0,011				
F	0,195	0,194	0,194	0,148	0,128				
Total	15,592	15,633	15,642	15,623	15,625				

Suite João Jorge I - FB-13									
Composição da biotita									
Porcentagem em peso de óxidos									
	<i>C1(c)</i>	<i>C1(b)</i>	<i>C1(b)</i>	<i>C1(b)</i>	<i>C1(b)</i>	<i>C1(c)</i>	<i>C1(b)</i>	<i>C1(b)</i>	<i>C1(b)</i>
SiO2	36,180	35,916	35,880	36,231	35,086	36,164	36,239	36,162	36,104
TiO2	2,547	2,643	2,573	2,657	2,514	2,867	2,278	2,278	2,393
Al2O3	15,604	15,386	15,643	15,765	15,704	15,803	15,784	15,646	15,809
FeO	24,345	23,965	24,377	23,996	24,666	24,142	24,203	24,391	24,556
MnO	0,227	0,196	0,235	0,207	0,242	0,217	0,240	0,211	0,256
MgO	7,372	7,531	7,443	7,325	7,646	7,568	7,309	7,374	7,542
CaO	0,008	0,000	0,001	0,000	0,007	0,008	0,002	0,004	0,011
Na2O	0,026	0,019	0,051	0,042	0,024	0,033	0,027	0,007	0,017
K2O	9,431	9,333	9,353	9,440	8,992	9,374	9,464	9,523	9,306
Cl	0,108	0,094	0,096	0,102	0,069	0,096	0,092	0,089	0,099
F	0,582	0,569	0,630	0,476	0,200	0,446	0,494	0,350	0,515
Total	96,430	95,652	96,284	96,241	95,150	96,403	96,516	96,701	96,536
NOME Anlita									
Fórmula estrutural									
Si	5,627	5,624	5,596	5,628	5,523	5,609	5,608	5,613	5,614
Al	2,373	2,376	2,404	2,372	2,477	2,391	2,392	2,387	2,386
Al	0,487	0,464	0,471	0,514	0,436	0,497	0,495	0,461	0,516
Ti	0,298	0,311	0,302	0,298	0,320	0,334	0,326	0,266	0,280
Fe(ii)	3,166	3,138	3,179	3,117	3,247	3,131	3,139	3,156	3,187
Mn	0,030	0,026	0,031	0,027	0,032	0,029	0,032	0,028	0,034
Mg	1,709	1,758	1,731	1,696	1,794	1,750	1,690	1,701	1,745
Ca	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,005
Na	0,008	0,006	0,015	0,013	0,007	0,010	0,008	0,002	0,005
K	1,871	1,864	1,861	1,870	1,805	1,854	1,873	1,880	1,843
Cl	0,028	0,025	0,026	0,027	0,018	0,025	0,024	0,023	0,022
F	0,286	0,282	0,311	0,234	0,100	0,219	0,242	0,171	0,253
Total	15,570	15,567	15,590	15,547	15,620	15,569	15,557	15,561	15,587

Sulite João Jorge I - FB-47									
Composição da biotita									
Porcentagem em peso de óxidos									
	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(i)	C1(b)			
SiO2	35,476	35,163	35,445	35,438	34,872	34,872			
TiO2	3,261	3,310	3,036	2,586	1,271	1,271			
Al2O3	16,175	15,881	16,207	16,527	17,142	17,142			
FeO	25,706	26,182	25,650	25,688	26,204	26,204			
MnO	0,322	0,383	0,349	0,372	0,372	0,372			
MgO	5,696	5,541	5,765	5,775	6,289	6,289			
CaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,006			
Na2O	0,019	0,033	0,019	0,024	0,047	0,047			
K2O	9,480	9,387	9,378	9,360	9,420	9,420			
Cl	0,039	0,044	0,036	0,044	0,047	0,047			
F	0,072	0,000	0,000	0,104	0,042	0,042			
Total	96,246	95,924	95,885	95,918	95,712	95,712			
Fórmula estrutural									
NOME	Anlita								
Si	5,543	5,529	5,551	5,552	5,493	5,493			
Al	2,457	2,471	2,449	2,448	2,507	2,507			
Al	0,521	0,472	0,542	0,604	0,675	0,675			
Ti	0,383	0,391	0,358	0,305	0,151	0,151			
Fe(ii)	3,358	3,442	3,359	3,365	3,452	3,452			
Mn	0,043	0,051	0,046	0,049	0,050	0,050			
Mg	1,327	1,299	1,346	1,349	1,477	1,477			
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001			
Na	0,006	0,010	0,006	0,007	0,014	0,014			
K	1,889	1,883	1,873	1,871	1,893	1,893			
Cl	0,010	0,012	0,010	0,012	0,013	0,013			
F	0,036	0,000	0,000	0,052	0,021	0,021			
Total	15,527	15,549	15,531	15,550	15,712	15,712			

Sulite João Jorge I - FB-147									
Composição da biotita									
Porcentagem em peso de óxidos									
	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(i)	C1(b)			
SiO2	34,975	35,589	35,309	35,626	34,743	34,743			
TiO2	2,985	3,227	3,084	3,317	16,402	16,317			
Al2O3	16,394	15,804	16,317	16,402	16,317	16,317			
FeO	25,569	25,569	25,060	24,694	25,965	25,965			
MnO	0,536	0,486	0,492	0,509	0,501	0,501			
MgO	6,061	6,120	6,118	6,161	6,507	6,507			
CaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
Na2O	0,013	0,015	0,025	0,026	0,015	0,015			
K2O	9,536	9,357	9,430	9,505	9,194	9,194			
Cl	0,025	0,020	0,021	0,023	0,018	0,018			
F	0,000	0,004	0,145	0,000	0,090	0,090			
Total	96,094	96,191	96,137	96,030	95,910	95,910			
Fórmula estrutural									
NOME	Anlita								
Si	5,480	5,557	5,515	5,549	5,463	5,463			
Al	2,520	2,443	2,485	2,451	2,537	2,537			
Al	0,507	0,466	0,518	0,559	0,487	0,487			
Ti	0,352	0,379	0,378	0,361	0,303	0,303			
Fe(ii)	3,350	3,339	3,273	3,216	3,414	3,414			
Mn	0,071	0,064	0,065	0,067	0,067	0,067			
Mg	1,416	1,425	1,425	1,430	1,525	1,525			
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
Na	0,004	0,005	0,008	0,008	0,005	0,005			
K	1,906	1,864	1,879	1,888	1,844	1,844			
Cl	0,007	0,005	0,006	0,006	0,005	0,005			
F	0,000	0,002	0,072	0,000	0,045	0,045			
Total	15,606	15,541	15,546	15,530	15,644	15,644			

Sulite João Jorge I - FB-44									
Composição da biotita									
Porcentagem em peso de óxidos									
	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(i)	C1(b)			
SiO2	37,542	37,349	37,688	37,321	37,524	37,524			
TiO2	2,024	2,113	2,246	2,306	2,350	2,350			
Al2O3	15,636	15,732	15,794	15,997	16,025	16,025			
FeO	19,312	19,385	19,227	19,091	19,111	19,111			
MnO	0,520	0,573	0,520	0,535	0,523	0,523			
MgO	10,580	10,488	10,347	10,438	10,169	10,169			
CaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
Na2O	0,034	0,057	0,050	0,043	0,029	0,029			
K2O	9,507	9,503	9,634	9,669	9,572	9,572			
Cl	0,045	0,046	0,046	0,036	0,040	0,040			
F	0,885	0,958	0,928	0,829	0,802	0,802			
Total	96,085	96,204	96,480	96,285	96,145	96,145			
Fórmula estrutural									
NOME	Anlita								
Si	5,725	5,699	5,724	5,678	5,707	5,707			
Al	2,275	2,301	2,276	2,322	2,293	2,293			
Al	0,535	0,528	0,551	0,546	0,579	0,579			
Ti	0,232	0,243	0,257	0,264	0,269	0,269			
Fe(ii)	2,463	2,473	2,442	2,429	2,430	2,430			
Mn	0,067	0,074	0,067	0,069	0,067	0,067			
Mg	2,405	2,386	2,343	2,367	2,306	2,306			
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
Na	0,010	0,017	0,015	0,013	0,009	0,009			
K	1,849	1,850	1,866	1,876	1,857	1,857			
Cl	0,012	0,012	0,012	0,009	0,010	0,010			
F	0,427	0,462	0,446	0,399	0,386	0,386			
Total	15,562	15,571	15,540	15,564	15,516	15,516			

Sulite João Jorge I - FB-131									
Composição da biotita									
Porcentagem em peso de óxidos									
	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C2(i)	C2(i)	C2(i)	C2(b)		
SiO2	37,258	37,133	37,266	37,218	37,110	37,445	37,302	36,974	
TiO2	5,230	4,472	4,266	4,154	4,226	4,975	4,898	5,064	4,769
Al2O3	13,937	13,958	13,847	13,752	13,797	14,158	14,173	14,258	13,973
FeO	16,047	15,743	16,303	16,474	16,646	15,719	15,883	15,866	15,801
MnO	0,253	0,213	0,251	0,234	0,257	0,242	0,282	0,246	0,242
MgO	13,343	13,858	13,945	14,009	13,995	13,415	13,463	13,437	13,597
CaO	0,032	0,005	0,016	0,013	0,008	0,418	0,000	0,014	0,002
Na2O	0,059	0,077	0,059	0,033	0,056	0,050	0,018	0,037	0,034
K2O	9,518	9,514	9,248	9,285	9,172	8,811	9,368	9,414	9,482
Cl	0,100	0,101	0,097	0,089	0,085	0,104	0,108	0,085	0,104
F	0,650	0,903	0,707	0,553	0,763	0,614	0,511	0,536	0,511
Total	96,427	95,977	96,127	95,814	96,123	96,531	96,026	96,244	96,094
Fórmula estrutural									
NOME	Anlita								
Si	5,584	5,599	5,620	5,612	5,593	5,573	5,564	5,581	5,570
Al	2,416	2,401	2,380	2,388	2,407	2,427	2,436	2,419	2,430
Al	0,046	0,079	0,073	0,056	0,044	0,056	0,070	0,111	0,094
Ti	0,590	0,507	0,483	0,471	0,479	0,557	0,584	0,551	0,570
Fe(ii)	2,011	1,985	2,049	2,077	2,098	1,956	1,993	1,985	1,977
Mn	0,032	0,027	0,032	0,030	0,033	0,031	0,036	0,036	0,031
Mg	2,981	3,115	3,125	3,149	3,146	3,105	3,003	2,997	3,054
Ca	0,005	0,001	0,003	0,002	0,001	0,067	0,002	0,000	0,000
Na	0,017	0,023	0,017	0,010	0,016	0,014	0,005	0,011	0,015
K	1,820	1,830	1,773	1,786	1,763	1,673	1,793	1,796	1,809
Cl	0,025	0,026	0,025	0,023	0,022	0,026	0,029	0,027	0,024
F	0,308	0,431	0,336	0,264	0,289	0,264	0,289	0,242	0,335
Total	15,501	15,567	15,554	15,581	15,581	15,459	15,484	15,493	15,490

Complexo Bacajal - FB-150													
Composição do anfíbolio													
Porcentagem em peso de óxidos													
	C1(b)	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(b)	C1(i)	C1(b)	C1(i)	C2(b)	C2(i)	C2(c)	C2(i)
SiO2	41,571	41,905	42,188	41,846	41,766	40,642	41,990	41,346	40,636	40,986	41,671	41,100	41,336
TiO2	1,019	0,800	0,979	1,565	1,173	1,065	1,173	1,496	0,586	1,232	0,730	0,730	0,762
Al2O3	10,713	10,593	10,093	9,905	10,379	11,527	10,123	10,308	11,829	11,297	10,536	11,126	11,199
Cr2O3	0,033	0,000	0,045	0,000	0,009	0,025	0,007	0,000	0,000	0,008	0,000	0,022	0,000
FeO	23,024	22,866	22,610	22,147	22,690	23,701	22,590	22,792	23,496	23,290	22,764	23,114	23,181
MnO	0,470	0,439	0,493	0,492	0,550	0,518	0,470	0,551	0,516	0,485	0,475	0,513	0,477
MgO	6,593	6,881	7,028	6,959	6,944	6,048	7,039	6,571	5,948	6,230	6,521	6,399	6,397
CaO	11,019	10,979	11,020	11,036	10,875	10,876	10,834	10,824	10,952	11,029	10,802	10,869	10,806
Na2O	1,181	1,164	1,168	1,183	1,194	1,295	1,163	1,257	1,145	1,187	1,252	1,192	1,160
K2O	1,238	1,253	1,182	1,362	1,311	1,495	1,255	1,443	1,293	1,358	1,329	1,279	1,262
Total	96,861	96,880	96,806	96,495	96,783	97,192	96,644	96,588	96,401	96,765	96,582	96,344	96,580
NOME Fe-tschermakita													
Fórmula estrutural													
Si	6,398	6,429	6,479	6,476	6,418	6,266	6,453	6,403	6,291	6,332	6,436	6,355	6,365
Al	1,602	1,571	1,521	1,524	1,582	1,734	1,547	1,597	1,709	1,688	1,564	1,645	1,635
Al	0,341	0,344	0,305	0,282	0,298	0,360	0,287	0,285	0,450	0,388	0,353	0,382	0,397
Fe(iii)	0,792	0,843	0,780	0,595	0,843	0,850	0,828	0,709	0,891	0,797	0,713	0,881	0,903
Ti	0,118	0,082	0,113	0,182	0,123	0,123	0,136	0,174	0,068	0,104	0,143	0,085	0,088
Cr	0,004	0,000	0,005	0,000	0,001	0,003	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,000
Fe(ii)	2,171	2,090	2,124	2,271	2,072	2,205	2,075	2,242	2,151	2,211	2,227	2,108	2,081
Mn	0,061	0,057	0,064	0,064	0,072	0,068	0,061	0,072	0,068	0,063	0,062	0,067	0,062
Mg	1,513	1,574	1,609	1,605	1,591	1,390	1,613	1,517	1,373	1,435	1,501	1,475	1,468
Ca	1,817	1,804	1,813	1,830	1,790	1,796	1,784	1,796	1,817	1,825	1,787	1,800	1,782
Na	0,352	0,346	0,348	0,355	0,356	0,387	0,347	0,377	0,344	0,355	0,375	0,357	0,346
K	0,243	0,245	0,232	0,269	0,257	0,294	0,246	0,285	0,255	0,268	0,262	0,252	0,248
Total	15,412	15,396	15,392	15,453	15,403	15,477	15,376	15,458	15,416	15,448	15,424	15,410	15,377

Suíte Arapari - FB-85													
Composição do anfíbolio													
Porcentagem em peso de óxidos													
	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(b)	C1(i)	C1(b)	C1(i)	C1(b)	C1(i)	C2(b)	C2(i)	C2(b)
SiO2	43,134	43,479	45,015	45,566	44,248	45,428	45,016	44,168	43,479	44,326	43,798	43,593	43,610
TiO2	0,847	0,891	0,836	0,790	0,711	0,851	0,837	0,874	0,740	0,898	0,910	0,840	0,679
Al2O3	9,700	9,564	7,974	7,863	9,027	8,419	8,625	9,365	9,435	9,116	9,277	9,390	9,216
Cr2O3	0,000	0,031	0,020	0,002	0,000	0,010	0,007	0,037	0,009	0,000	0,025	0,041	0,070
FeO	18,945	18,758	18,188	17,561	18,491	17,574	18,304	18,561	18,784	19,054	18,658	18,605	18,692
MnO	0,513	0,546	0,545	0,505	0,569	0,571	0,560	0,544	0,551	0,532	0,488	0,537	0,520
MgO	9,747	9,863	10,718	10,862	10,290	10,611	10,384	9,867	9,783	9,636	9,710	9,855	9,946
CaO	11,032	11,004	10,781	11,026	10,746	11,072	10,942	11,059	10,938	10,939	10,920	10,917	11,008
Na2O	1,323	1,416	0,993	1,154	1,377	1,062	1,136	1,296	1,397	1,253	1,286	1,343	1,288
K2O	1,154	1,106	1,050	0,865	0,987	0,859	0,913	1,067	1,107	0,990	1,024	1,117	1,059
Total	96,395	96,658	96,120	96,479	96,525	96,317	96,538	96,801	96,357	96,586	96,084	96,287	96,157
NOME Mg-hornblenda													
Fórmula estrutural													
Si	6,520	6,550	6,749	6,813	6,630	6,797	6,731	6,634	6,571	6,671	6,627	6,585	6,594
Al	1,480	1,450	1,251	1,187	1,370	1,203	1,269	1,366	1,429	1,329	1,373	1,415	1,406
Al	0,247	0,248	0,158	0,198	0,224	0,281	0,251	0,291	0,251	0,288	0,281	0,256	0,236
Fe(iii)	0,858	0,819	0,949	0,715	0,930	0,740	0,861	0,741	0,814	0,789	0,769	0,808	0,827
Ti	0,096	0,101	0,094	0,121	0,089	0,080	0,073	0,095	0,099	0,084	0,102	0,103	0,096
Cr	0,000	0,004	0,002	0,000	0,000	0,001	0,001	0,004	0,001	0,000	0,003	0,002	0,005
Fe(ii)	1,537	1,544	1,331	1,480	1,386	1,459	1,428	1,591	1,560	1,609	1,592	1,542	1,529
Mn	0,066	0,070	0,069	0,064	0,072	0,072	0,071	0,069	0,071	0,068	0,063	0,069	0,067
Mg	2,196	2,215	2,396	2,421	2,298	2,367	2,315	2,209	2,204	2,162	2,190	2,219	2,242
Ca	1,786	1,776	1,732	1,766	1,725	1,775	1,753	1,779	1,771	1,764	1,770	1,767	1,783
Na	0,388	0,414	0,289	0,335	0,400	0,308	0,329	0,377	0,409	0,366	0,377	0,393	0,358
K	0,222	0,213	0,201	0,165	0,189	0,164	0,174	0,204	0,213	0,190	0,198	0,215	0,196
Total	15,397	15,402	15,221	15,266	15,314	15,247	15,256	15,361	15,394	15,320	15,345	15,375	15,365

Suíte Arapari - FB-123

Composição do anfibólio				
Porcentagem em peso de óxidos				
	C1(b)	C1(l)	C1(c)	C1(l)
SiO2	41,361	41,395	41,655	41,266
TiO2	0,845	0,936	0,892	0,759
Al2O3	10,446	10,500	10,211	10,588
Cr2O3	0,010	0,049	0,039	0,095
FeO	23,040	22,822	22,586	23,124
MnO	0,491	0,424	0,485	0,496
MgO	6,867	6,924	7,136	6,828
CaO	10,874	10,765	10,923	10,881
Na2O	1,387	1,379	1,272	1,281
K2O	1,304	1,355	1,366	1,383
Total	96,625	96,549	96,565	96,661
NOME Fe-tschermakita				
Fórmula estrutural				
Si	6,383	6,385	6,422	6,361
Al	1,617	1,615	1,578	1,639
Al	0,283	0,294	0,277	0,285
Fe(III)	0,869	0,860	0,833	0,917
Ti	0,098	0,109	0,103	0,088
Cr	0,001	0,006	0,005	0,012
Fe(II)	2,105	2,083	2,079	2,064
Mn	0,064	0,055	0,063	0,065
Mg	1,580	1,592	1,640	1,569
Ca	1,798	1,779	1,804	1,797
Na	0,415	0,412	0,380	0,383
K	0,257	0,267	0,269	0,272
Total	15,470	15,458	15,453	15,452

Suíte Arapari - FB-146

Composição do anfibólio												
Porcentagem em peso de óxidos												
	C1(b)	C1(l)	C1(c)	C1(l)	C1(b)	C1(l)	C1(c)	C1(l)	C1(b)	C2(b)	C2(l)	C2(b)
SiO2	43,687	44,504	44,341	43,103	42,743	43,365	43,251	44,430	43,189	42,501	42,794	42,599
TiO2	1,002	1,079	1,129	1,149	1,046	1,135	1,186	1,199	1,189	0,924	0,986	1,023
Al2O3	9,406	8,717	8,806	9,778	10,233	9,641	9,628	8,853	9,785	10,276	10,095	9,938
Cr2O3	0,000	0,000	0,000	0,030	0,021	0,059	0,000	0,016	0,000	0,016	0,000	0,033
FeO	19,007	18,577	18,323	18,926	19,720	18,983	19,228	18,317	18,737	19,351	19,272	19,168
MnO	0,635	0,632	0,605	0,604	0,575	0,659	0,705	0,675	0,691	0,687	0,583	0,618
MgO	9,668	10,220	10,158	9,656	9,233	9,629	9,427	10,233	9,627	9,163	9,265	9,245
CaO	11,151	10,974	11,255	10,869	10,837	10,982	11,004	10,929	10,874	11,136	11,083	10,745
Na2O	1,255	1,208	1,264	1,348	1,397	1,261	1,209	1,252	1,362	1,223	1,258	1,267
K2O	1,087	1,033	1,042	1,173	1,261	1,155	1,178	1,040	1,174	1,244	1,177	1,191
Total	96,898	96,944	96,923	96,778	97,098	96,724	96,794	97,003	96,683	96,289	96,576	96,358
Tschermaklita												
Mg-hornblenda												
NOME	Mg-hornblenda				Tschermaklita							
Si	6,576	6,658	6,660	6,497	6,435	6,524	6,521	6,646	6,512	6,444	6,479	6,469
Al	1,424	1,342	1,340	1,503	1,565	1,476	1,479	1,354	1,488	1,556	1,521	1,531
Al	0,244	0,195	0,219	0,234	0,251	0,233	0,232	0,207	0,251	0,280	0,281	0,248
Fe(III)	0,782	0,839	0,875	0,830	0,919	0,897	0,850	0,789	0,813	0,931	0,804	0,835
Ti	0,113	0,121	0,128	0,130	0,118	0,128	0,134	0,135	0,135	0,105	0,113	0,117
Cr	0,000	0,000	0,000	0,004	0,002	0,007	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,004
Fe(II)	1,610	1,485	1,626	1,556	1,564	1,491	1,575	1,502	1,549	1,523	1,636	1,624
Mn	0,081	0,080	0,077	0,073	0,073	0,084	0,090	0,086	0,088	0,088	0,075	0,079
Mg	2,169	2,279	2,275	2,170	2,072	2,160	2,119	2,282	2,174	2,071	2,091	2,093
Ca	1,798	1,759	1,811	1,778	1,753	1,747	1,774	1,763	1,765	1,766	1,806	1,803
Na	0,366	0,350	0,368	0,394	0,408	0,368	0,353	0,363	0,398	0,359	0,369	0,373
K	0,209	0,197	0,200	0,226	0,242	0,222	0,227	0,198	0,226	0,241	0,227	0,231
Total	15,373	15,306	15,379	15,398	15,403	15,336	15,354	15,925	15,389	15,366	15,403	15,379
15,369												

Suíte João Jorge II - FB-39																	
Composição do anfibólio																	
Porcentagem em peso de óxidos																	
	C1(b)	C1(i)	C1(c)	C1(i)	C1(b)	C2(b)	C2(i)	C2(c)	C2(i)	C2(b)	C3(b)	C3(i)	C3(c)	C3(c)	C3(i)	C3(b)	C3(b)
SiO2	50,528	50,012	51,779	51,277	49,583	49,220	50,512	50,632	50,903	50,841	50,857	49,456	54,886	50,574	50,453	52,284	52,284
TiO2	0,551	0,548	0,414	0,463	0,625	0,669	0,613	0,565	0,422	0,493	0,562	0,648	0,000	0,525	0,636	0,208	0,208
Al2O3	4,346	4,643	3,234	3,647	4,719	5,155	4,432	4,417	4,215	4,296	4,193	4,901	0,921	4,215	3,945	2,775	2,775
Cr2O3	0,000	0,000	0,031	0,004	0,016	0,065	0,019	0,014	0,000	0,000	0,022	0,029	0,036	0,059	0,027	0,000	0,000
FeO	13,612	14,884	13,031	13,409	14,015	14,245	14,195	13,545	14,072	13,995	13,515	14,148	12,278	14,155	14,262	13,581	13,581
MnO	0,461	0,574	0,491	0,481	0,500	0,455	0,438	0,456	0,501	0,376	0,428	0,444	0,492	0,479	0,593	0,501	0,501
MgO	14,614	13,643	15,264	14,984	14,398	14,210	14,567	15,008	14,560	14,438	14,845	14,327	16,003	14,309	13,838	14,894	14,894
CaO	11,299	11,135	11,288	11,006	11,052	11,000	11,097	10,974	10,951	10,974	10,958	11,118	11,868	11,111	10,865	11,377	11,377
Na2O	0,988	1,009	0,871	1,146	1,229	1,354	1,216	1,177	1,171	1,093	1,256	1,310	0,249	1,011	1,022	0,664	0,664
K2O	0,538	0,586	0,368	0,467	0,623	0,652	0,518	0,514	0,489	0,522	0,545	0,635	0,102	0,528	0,485	0,294	0,294
Total	96,937	97,034	96,771	96,884	96,760	97,025	97,607	97,302	97,284	97,028	97,181	97,016	96,835	96,966	96,126	96,578	96,578
NOME	Mg-hornblenda																
Fórmula estrutural																	
Si	7,329	7,291	7,480	7,416	7,223	7,163	7,283	7,284	7,346	7,358	7,343	7,199	7,881	7,341	7,398	7,578	7,578
Al	0,671	0,709	0,520	0,584	0,777	0,837	0,717	0,716	0,654	0,642	0,657	0,801	0,119	0,659	0,602	0,422	0,422
Al	0,072	0,089	0,030	0,038	0,034	0,047	0,036	0,033	0,063	0,091	0,057	0,040	0,036	0,062	0,080	0,052	0,052
Fe(iii)	0,590	0,627	0,591	0,627	0,691	0,703	0,684	0,753	0,696	0,637	0,633	0,661	0,340	0,637	0,585	0,551	0,551
Ti	0,060	0,060	0,045	0,050	0,068	0,073	0,066	0,061	0,046	0,054	0,061	0,071	0,000	0,057	0,070	0,023	0,023
Cr	0,000	0,000	0,004	0,000	0,002	0,007	0,002	0,002	0,000	0,000	0,003	0,003	0,004	0,007	0,003	0,000	0,000
Fe(ii)	1,061	1,188	0,983	0,995	1,016	1,030	1,028	0,876	1,002	1,057	0,999	1,061	1,134	1,081	1,164	1,095	1,095
Mn	0,057	0,071	0,060	0,059	0,062	0,056	0,053	0,056	0,061	0,046	0,052	0,055	0,060	0,059	0,074	0,061	0,061
Mg	3,160	2,965	3,287	3,231	3,127	3,083	3,131	3,219	3,132	3,115	3,196	3,109	3,426	3,097	3,025	3,218	3,218
Ca	1,756	1,739	1,747	1,705	1,725	1,715	1,714	1,691	1,693	1,702	1,695	1,734	1,826	1,728	1,707	1,767	1,767
Na	0,278	0,285	0,244	0,321	0,347	0,382	0,340	0,328	0,328	0,307	0,352	0,370	0,069	0,285	0,291	0,187	0,187
K	0,100	0,109	0,068	0,086	0,116	0,121	0,095	0,094	0,090	0,096	0,100	0,118	0,019	0,098	0,091	0,054	0,054
Total	15,133	15,133	15,059	15,113	15,188	15,218	15,149	15,114	15,111	15,105	15,147	15,221	14,914	15,110	15,088	15,007	15,007