



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Geologia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

JARDEL CARLOS LIMA MESQUITA

**GEOLOGIA, PETROGRAFIA E GEOCRONOLOGIA
DAS ROCHAS ENCAIXANTES DO GRANITO
PALEOPROTEROZÓICO SÃO JOÃO, SUDESTE DO
CRÁTON AMAZÔNICO, PROVÍNCIA CARAJÁS**

GEOCIÊNCIAS
U F P A

BELÉM – PA

FEVEREIRO - 2011

JARDEL CARLOS LIMA MESQUITA

**GEOLOGIA, PETROGRAFIA E GEOCRONOLOGIA
DAS ROCHAS ENCAIXANTES DO GRANITO
PALEOPROTEROZÓICO SÃO JOÃO, SUDESTE DO
CRÁTON AMAZÔNICO, PROVÍNCIA CARAJÁS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Geologia da
Universidade Federal do Pará – UFPA, em
cumprimento às exigências para obtenção
do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Nery Lamarão

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

M582g Mesquita, Jardel Carlos Lima

Geologia, petrografia e geocronologia das rochas encaixantes do granito paleoproterozóico São João, sudeste do Cráton Amazônico, Província Carajás. / Jardel Carlos Lima Mesquita; Orientador: Claudio Nery Lamarão – 2011

94 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Faculdade de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Quarto Período de 2010.

1. Granitóides arqueanos. 2. TTG. 3. Leucogranitos. 4. Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria. 5. Cráton Amazônico. 6. Análises de MEV. I. Lamarão, Claudio Nery, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 20^o ed.: 551.712098115

JARDEL CARLOS LIMA MESQUITA

**GEOLOGIA, PETROGRAFIA E GEOCRONOLOGIA
DAS ROCHAS ENCAIXANTES DO GRANITO
PALEOPROTEROZÓICO SÃO JOÃO, SUDESTE DO
CRÁTON AMAZÔNICO, PROVÍNCIA CARAJÁS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Geologia da
Universidade Federal do Pará – UFPA, em
cumprimento às exigências para obtenção
do grau de Bacharel em Geologia.

Data de aprovação: ____/____/____

Conceito: _____

Banca examinadora:

Prof. Dr. Claudio Nery Lamarão – Orientador

Doutor em Petrologia e Geoquímica
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Paulo Sergio de Souza Gorayeb

Doutor em Petrologia e Geoquímica
Universidade Federal do Pará

Membro

Titulação
Instituição

Dedicado a minha irmã Juliana, pela amizade,
amor, lealdade e companheirismo de todos os dias.
Sua força me trouxe aqui.

In memoriam de Jadiel Mesquita.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de externar meus mais sinceros agradecimentos a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. De modo particular ressalto:

Em muito especial a Deus, que sempre esteve comigo mesmo quando não podia vê-lo ou ouvi-lo.

A meus pais, Julio Mesquita e Laodicéia Lima, e a minha irmã Juliana Mesquita.

Ao orientador, professor, amigo e exemplo de pessoa e de profissional Claudio Nery Lamarão.

Ao Prof. Roberto D'agnoll e o Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitóides – GPPG (Gilmara Feio, Fabriciana Guimarães, José de Arimatéia, Marcelo Augusto Oliveira, Albano Leite, Adriel Pereira e Nathan Ramires.) pela enorme contribuição acadêmica e discussões sobre a geologia do Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria.

Ao professor Albano Leite e a geóloga Fabriciana Guimarães por cederem algumas amostras do Granito Xinguara e Trondhjemitógeno para correlações com as rochas estudadas neste trabalho.

Aos professores desta faculdade que muito contribuíram para minha formação acadêmica e profissional. Em especial aos amigos, Vladimir Távora, Vânia Barriga e Rosimery Nascimento.

Aos companheiros da turma de 2006, que muito me ajudaram e que jamais poderei retribuí-los, Latino (Francisco Abrantes Jr.), Cleber, Ph (Paulo Lima), Max, Ignácio, Débora, Hudson, Cesar, Eduardo, Thiago, Verena, Didi (Rudson), Az (Antonio Pantoja), Bruna, Railine, Renan.

Ao Prof. Dr. Marco Antonio Galarza Toro que supervisionou os trabalhos geocronológicos. E ao amigo Nayan Pereira que contribui na preparação de amostra para geocronologia.

A Universidade Federal do Pará, que através do Instituto de Geociências deu-me condições para realizar o curso de graduação.

Ao Grupo PET-Geologia, a Fundação CAPES/Projeto PROCAD (0096/05-9) e ao Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia de Geociências da Amazônia, pelo apoio financeiro ao desenvolvimento deste trabalho.

A todos os amigos feitos aqui nesta instituição, que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho e conclusão do curso de geologia. Muito obrigado.

We find no vestige of a beginning – No prospect of an end.

James Hutton, 1788

RESUMO

As rochas encaixantes do granito paleoproterozóico São João, situadas na região de Água Azul do Norte, Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria (TGGRM), sudeste do Cráton amazônico, estão representadas predominantemente por trondhjemitos e leucogranitos potássicos de idade arqueana. Os trabalhos de mapeamento geológico permitiram caracterizar a distribuição espacial dessas rochas, suas estruturas e estimar suas dimensões. Trondhjemitos e leucogranitos potássicos afloram na forma de morrotes, grandes blocos e lajedos com leve estruturação NW-SE. São cortados por vários diques métricos máficos e félsicos também estruturados na direção NW-SE. Os leucogranitos potássicos são textural e composicionalmente homogêneos, quase sempre de composição monzogranítica. Ocorrem na forma de um corpo elipsoidal, o qual é cortado na borda SSW pelo Granito São João e se estende até o limite oriental do Granito Seringa. Os trondhjemitos estudados dominam na porção sul do Granito São João e seus limites sul e leste vão além da área delimitada para este estudo. Mesoscopicamente apresentam textura granular média a grossa e coloração cinza clara. Em geral, apresentam bandamento composicional com alternância de faixas claras, ricas em minerais félsicos, e escuras, ricas em minerais máficos, com foliação NW-SE. Análises químicas pontuais semiquantitativas através de MEV-EDS em zircões e biotitas realizadas nos leucogranitos potássicos e trondhjemitos deste estudo mostraram grande similaridade com zircões e biotitas do Leucogranito Xinguara e do Trondhjemito Mogno, situados a nordeste de Xinguara e norte de Bannach, respectivamente. Datações geocronológicas por evaporação de Pb em zircão também apresentaram grande similaridade com as idades dessas duas últimas unidades, porém os elevados conteúdos de Pb^{204} presentes nos zircões datados não permitiram idades conclusivas para as rochas da região de Água Azul do Norte.

Palavras Chave: Granitóides arqueanos TTG. Leucogranitos. Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria. Cráton Amazônico. Análises de MEV.

ABSTRACT

The host rocks of the Paleoproterozoic São João granite, located in the Água azul do Norte region, Rio Maria Granite-Greenstone Terrane (RMTGG), southeastern Amazonian Craton, are dominantly represented by Archean trondhjemites and potassic leucogranites. The geologic mapping allowed to characterize the spatial distribution of these rocks, their structural aspects, and estimates its dimensions. Trondhjemites and potassic leucogranites outcrop in the form of small hills, big blocks, and flooring with a slight NW-SE structure. They are cut by several metric mafic and felsic dykes also structured in a NW-SE. The potassic leucogranites are textural and compositionally homogeneous, almost always monzogranítica in composition. They occur in the form of an ellipsoidal body, which is cut in the SSW edge by the São João Granite and extends to the eastern boundary of the Seringa Granite. The trondhjemite rocks dominate in the south portion of the São João Granite and its southern and eastern limits beyond the area delimited for this study. Macroscopically these rocks are medium to-coarse grained and light gray in color. In general, show compositional banding with light bands, rich in felsic minerals, and dark bands, rich in mafic minerals, with NW-SE foliation. Semi-quantitative chemical analysis using SEM-EDS on zircons and biotites performed in the potassic leucogranites and trondhjemite rocks of this study showed great similarities with zircons and biotites of the Xinguara leucogranite and Mogno Trondhjemite located to northeast of Xinguara and north of Bannach cities, respectively. Geochronological dating by Pb evaporation in zircon crystals also showed great similarities to the ages of these latter two units, but the high contents of Pb²⁰⁴ identified in the dated zircons did not allow conclusive ages to the rocks of the Água azul do Norte region.

Key words: TTG Archean granitoids. Leucogranites. Rio Maria Granite-Greenstone Terrane. Amazonian Craton. SEM analysis.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	APRESENTAÇÃO E LOCALIZAÇÃO	12
1.2	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	14
1.2.1	Províncias Geocronológicas do Cráton Amazônico	14
1.2.2	Litoestratigrafia do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria	16
1.2.2.1	<i>Greenstone belts</i> Supergrupo Andorinhas	17
1.2.2.2	Granitóides TTG antigos	18
1.2.2.3	Granitóides Sanukitóides tipo Granodiorito Rio Maria e rochas associadas	18
1.2.2.4	Granitóides TTG jovens	19
1.2.2.5	Leucogranitos potássicos de afinidade cálcico-alcálica	22
1.2.2.6	Granitos anorogênicos paleoproterozóicos tipo-A e diques associados ..	22
1.3	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	23
1.4	OBJETIVOS	24
1.5	MATERIAIS E MÉTODOS	24
1.5.1	Pesquisa bibliográfica	24
1.5.2	Mapeamento Geológico	25
1.5.3	Petrografia	25
1.5.4	Microscopia Eletrônica de Varredura	27
1.5.5	Geocronologia Pb-Pb em zircão	27
2	ASPECTOS GEOLÓGICOS DA ÁREA ESTUDADA	28
2.1	GEOMORFOLOGIA	28
2.2	ARCABOUÇO ESTRUTURAL	31
2.2.1	Caracterização das mesoestruturas	33
3	CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DAS ROCHAS ENCAIXANTES DO GRANITO SÃO JOÃO	34
3.1	LEUCOGRANITOS POTÁSSICOS	34
3.2	TRONDHJEMITOS	46
3.3	GRANODIORITOS	53
3.4	DIQUES	54

4	ANÁLISES QUÍMICAS POR MEV-EDS	56
4.1	LEUCOGRANITO POTÁSSICO	57
4.1.1	Zircões	57
4.1.2	Biotitas	60
4.2	TRONDHJEMITO	62
4.2.1	Zircões	62
4.2.2	Biotitas	64
5	GEOCRONOLOGIA	66
5.1	RESULTADOS	66
5.1.1	Leucogranito Potássico	66
5.1.2	Trondhjemito	67
6	DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	68
	REFERÊNCIAS	71
	ANEXOS	81
	ANEXO A Lista de pontos estudados com coordenadas UTM e tipos de análises realizadas	81
	ANEXO B Composições semiquantitativas (EDS) dos zircões analisados dos leucogranitos potássicos encaixantes do Granito São João e do Granito Xinguara	83
	ANEXO C Composições semiquantitativas (EDS) das biotitas analisadas dos leucogranitos potássicos encaixantes do Granito São João e do Granito Xinguara	86
	ANEXO D Composições semiquantitativas (EDS) dos zircões analisados do trondhjemito encaixante do Granito São João e do Trondhjemito Mogno	88
	ANEXO E Tabela - Composições semiquantitativas (EDS) das biotitas analisados do trondhjemito encaixante do Granito São João e do Trondhjemito Mogno	91

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

O Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria (TGGRM), compreende a porção sul da Província Mineral de Carajás. Esta província possui idade arqueana (ALMEIDA et al., 2008, GUIMARÃES, 2009) e está localizado na porção sudeste do Cráton Amazônico (TASSINARI; MACAMBIRA, 1999, 2004; VASQUEZ et al., 2008). Costa et al. (1995) caracterizaram três domínios nesta província, sendo o Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria (TGGRM) limitado a norte pelo Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas (CCI) e a sul pelo Cinturão de Cisalhamento Pau D'arco (CCPD). Trabalhos posteriores Althoff, Barbey e Boullier (2000), Rolando e Macambira (2002, 2003) e Dall'Agnol et al. (2006) baseados em novos dados geocronológicos e geológicos definiram que o CCPD é uma feição interna do TGGRM, que se prolongaria para sul, pelo menos, até próximo da cidade Redenção.

O TGGRM é formado por seqüência metavulcano-sedimentares tipo *greenstone-belts* (Supergrupo Andorinhas), pelos tonalitos Arco Verde e Caracol com idades entre 2,98 e 2,93 Ga, pelos trondhjemitos Mogno e Água Fria com idades de 2,87 a 2,86 Ga, por rochas granodioríticas da suíte sanukitóide Rio Maria datada em 2,87 Ga e por leucogranitos potássicos de afinidade cálcico-alcalina, representados pelos plutons Xinguara, Mata Surrão e Garantã com idades entre 2,93 e 2,86 Ga (PIMENTEL; MACHADO, 1994; LEITE et al., 2004; DALL'AGNOL et al., 2006; OLIVEIRA; DALL'AGNOL; ALTHOFF, 2006; OLIVEIRA et al., 2009). Essas rochas arqueanas são cortadas por diversos granitos anorogênicos proterozóicos tipo-A com idades em torno de 1,88 Ga.

Apesar do grande número de trabalhos desenvolvidos nas rochas do TGGRM, ainda não existem estudos de detalhe nas rochas do embasamento das regiões de Água Azul do Norte, mais especificamente nas encaixantes do corpo anorogênico proterozóico São João, objetivo principal deste trabalho.

A área de trabalho está situada na Região Norte do Brasil, na porção sudoeste do Estado do Pará, sul do município de Água Azul do Norte (Figura 1.1).

Encontra-se na porção noroeste da Folha Xinguara (SB.22-Z-C), nos domínios da Província Carajás.

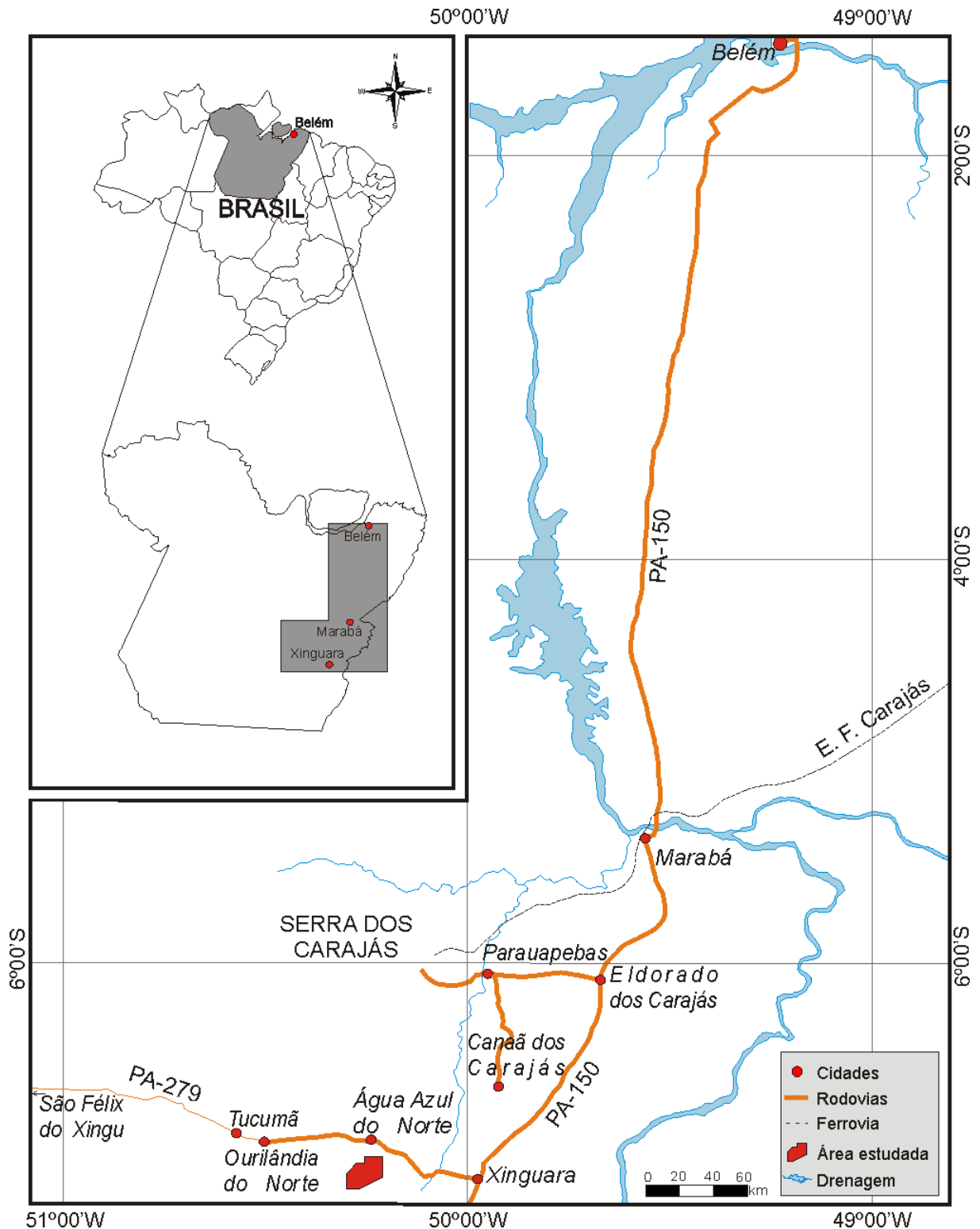


Figura 1.1 – Mapa de localização e acesso à área estudada neste trabalho (modificado do mapa rodoviário do estado do Pará – Brasil, 2002).

O acesso à área é feito pela PA-150 (Belém - Marabá - Xinguara) e PA-279 (Xinguara - Água Azul do Norte - Tucumã- São Félix do Xingu). O acesso ao Granito São João e, conseqüentemente, as suas rochas encaixantes é realizado a partir de Água Azul do Norte através de estradas vicinais que levam a fazendas e vilarejos, permitindo uma amostragem representativa.

1.2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

1.2.1 Províncias Geocronológicas do Cráton Amazônico

A área de estudo deste trabalho está inserida na Província Amazônia Central (PAC), porção sudeste do Cráton Amazônico (CA). Segundo Tassinari e Macambira (1999, 2004), este Cráton é subdividido, com bases em estudos predominantemente isotópicos e geocronológicos, nas províncias geocronológicas: Província Amazônia Central – PAC (>2.3Ga); Província Maroni-Itacaiúnas – PMI (2.2–1.95 Ga); Província Ventuari-Tapajós — PVT (1.95–1.80 Ga); Província Rio Negro-Juruena — PRNJ (1.8–1.55 Ga); Província Rondoniana-San Ignácio — PRSI (1.55–1.3 Ga), e Província Sunsás — PS (1.3–1.0 Ga) (Figura 1.2).

As divisões entre as províncias foram estabelecidas principalmente com base nas idades do embasamento metamórfico e feições geológicas características. Em geral, a idade das províncias apresenta um intervalo de tempo muito amplo, em decorrência de grande parte da geologia do CA ser ainda pouco conhecida. Algumas províncias podem incluir núcleos antigos mais preservados e porções com rochas metamórficas mais jovens, formadas em eventos posteriores (TASSINARI; MACAMBIRA, 1999). O limite entre estas províncias é definido com base, principalmente, em dados geocronológicos, com apoio em dados geológicos e geofísicos. Entretanto em algumas áreas este limite ainda é pobremente conhecido.

A PAC representa a porção mais antiga do Cráton, com uma crosta continental mais antiga que 2,3 Ga. É separada em dois blocos pela Província Maroni-Itacaiúnas, o Bloco Roraima, a norte, e Bloco Carajás-Iricoumé, a Sul. O Bloco Carajás apresenta diversas intrusões granitóides paleoproterozóicas e

deposição sedimentar localizada. Este bloco é dividido em dois domínios: Domínio Carajás e Domínio Rio Maria (VASQUEZ et al., 2008). Além destes domínios, os dados geocronológicos estabeleceram um período de tempo menor que 150 Ma para a formação da crosta continental na área (TASSINARI; MACAMBIRA, 1999). Os resultados de isótopos de Sm-Nd são compatíveis com as datações e sugerem uma crosta mais antiga que 3,04 Ga como a fonte dos granitóides arqueanos (DALL'AGNOL et al., 1999).

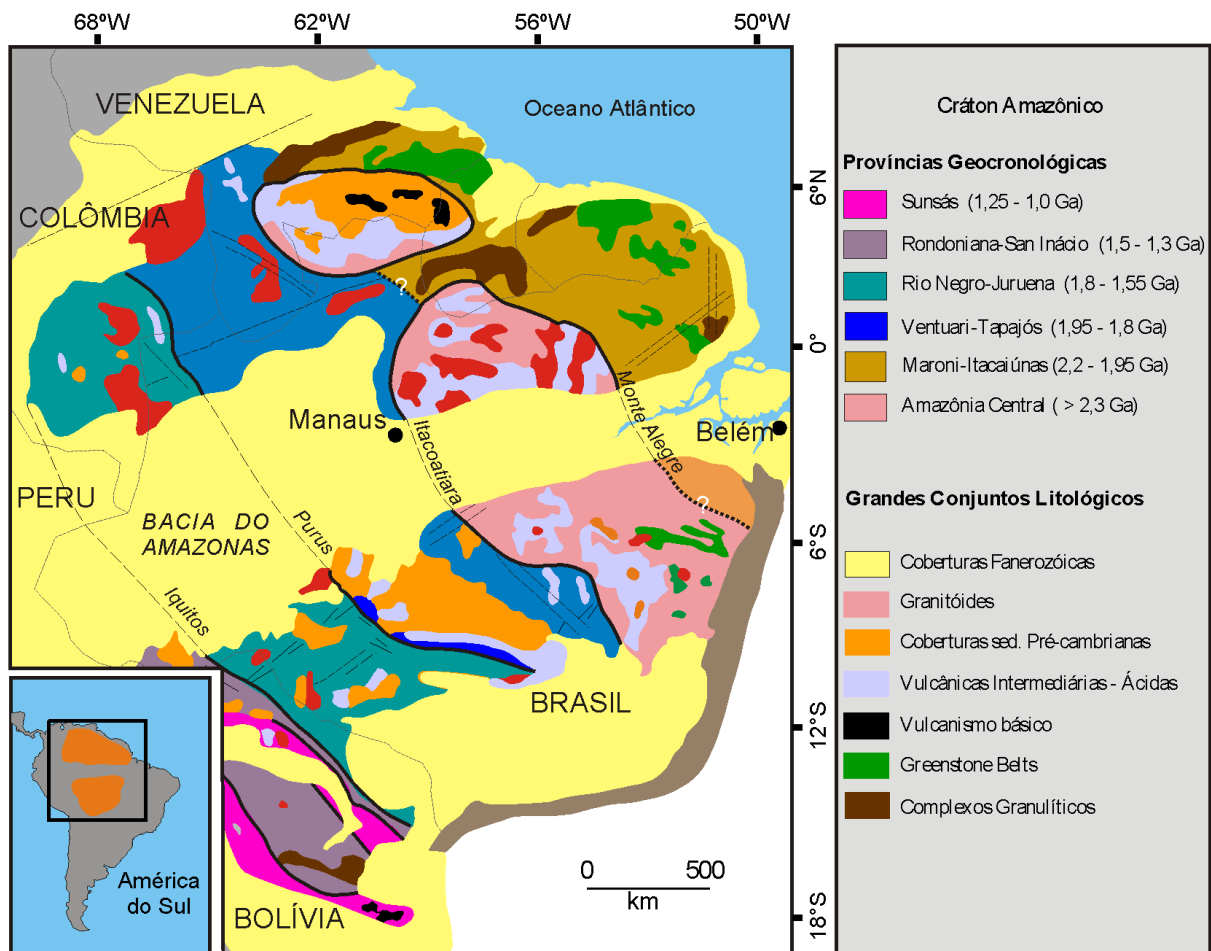


Figura 1.2 Distribuição das províncias geocronológicas do Cráton Amazônico e principais associações litológicas. (modificado de Tassinari e Macambira, 1999).

Segundo Tassinari e Macambira (1999) a Província Ventuari-Tapajós representa o primeiro de sucessivos arcos magmáticos formados de 2,0 a 1,4 Ga. Estes arcos envolvem as províncias Ventuari-Tapajós, Rio Negro-Juruena e parte da Rondoniana-San Ignácio. Estes grandes blocos foram acrescentados à parte oeste do protocráton Amazônico, até então constituído pelas PAC e Província Maroni-Itacaiúnas.

1.2.2 Litoestratigrafia do Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria

A região do Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria (TGGRM) vem sendo alvo de estudos desde as décadas de 70 e 80 (SILVA et al., 1974; HIRATA et al., 1982; HUHN et al., 1988; DOCEGEO, 1988; SOUZA, 1994). Com o avanço do conhecimento, a litoestratigrafia deste terreno foi discutida e modificada. O Complexo Xingu que anteriormente era considerado como embasamento regional, abrangia granulitos, gnaisses, granitóides e *greenstone-belts*; foi redefinido e tornou-se restrito aos gnaisses ao norte da cidade de Xinguara, em torno da Vila Marajoara e de Pau D'arco e ao redor da cidade de Redenção. Tais gnaisses seriam mais antigos que os granitóides arqueanos e *greenstone-belts*, representando o embasamento regional (SOUZA, 1994).

O quadro litoestratigráfico atual do TGGRM mostra que ele é formado por *greenstone-belts* e granitóides, ambos de idade arqueana (Figura 1.3). Segundo dados petrográficos, geoquímicos e geocronológicos (Tabela 1), esses granitóides arqueanos da região de Rio Maria podem ser divididos em três grupos (DALL'AGNOL; COSTI; LEITE, 1997; ALTHOFF; BARBEY; BOULLIER, 2000; LEITE 2001; ALMEIDA et al., 2008; GUIMARÃES, 2009; ALMEIDA, 2010): 1) Granitóides da série tonalítica-trondhjêmica-granodiorítica (Tipo TTG), com os mais antigos representados pelo Tonalito Arco Verde e Complexo Tonalítico Caracol e os mais novos pelos Trondhjemitóides Mogno e Água Fria; 2) Granitóides com alto-Mg, do tipo sanukitóide, representados pelo Granodiorito Rio Maria (GDrm) e rochas máficas e intermediárias associadas; 3) Leucogranitos potássicos de afinidade cálcico-alkalina representados pelos granitos Xinguara, Mata Surrão, Garantã e correlatos. As diversas unidades do TGGRM são cobertas por metassedimentos de idade arqueana do Grupo Rio Fresco e cortados por granitos anorogênicos paleoproterozóicos (HUHN et al., 1988; ARAÚJO et al., 1994) (Figura 1.4).

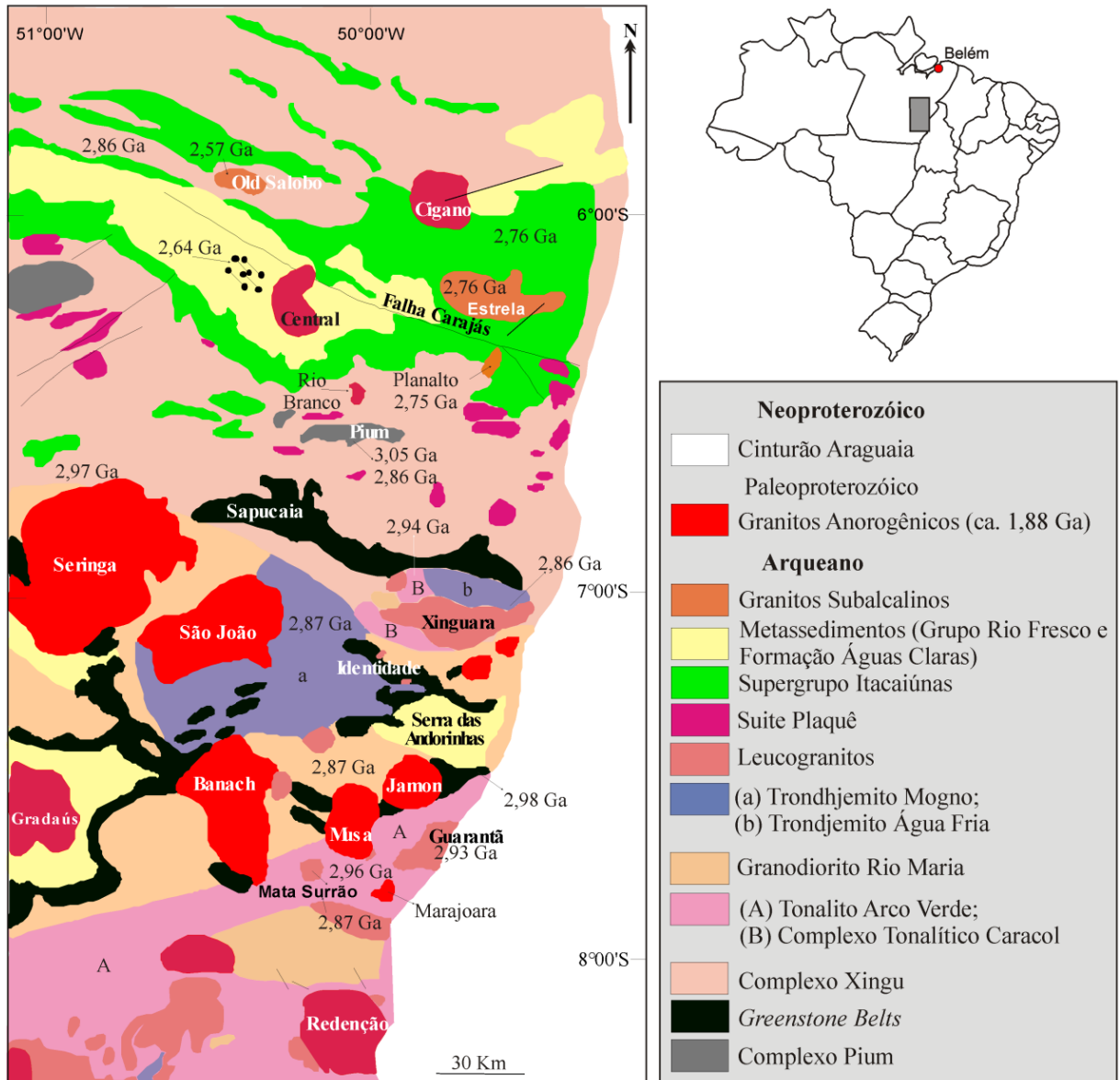


Figura 1.3 - Mapa Geológico da Província Carajás (modificado de Leite, 2001)

1.2.2.1 *Greenstone-belts* Supergrupo Andorinhas

A unidade mais antiga do TGGRM corresponde ao Supergrupo Andorinhas, constituído por diversas seqüências de *greenstone-belts* (DOCEGEO, 1988; HUHNS et al., 1988). São formadas predominantemente por komatiítos e basaltos toleíticos, embora metavulcânicas cálcico-alcálicas e metassedimentos também tenham sido descritos nas porções superiores da unidade. Os komatiítos e basaltos toleíticos possuem idades que variam de 2,98 a 2,90 GA (MACAMBIRA, 1992; PIMENTEL; MACHADO 1994; Tabela 1.1)

1.2.2.2 Granitóides TTG antigos

Contemporaneamente a formação do Supergrupo Andorinhas, são originados corpos plutônicos da série TTG. Esses granitóides são representados pelo Tonalito Arco Verde (ALTHOFF et al., 1995, MACAMBIRA; LANCELOT, 1996; ALTHOFF 1996; ALTHOFF; BARBEY; BOULLIER, 2000) e Complexo Tonalítico Caracol (LEITE, 2001; LEITE et. al., 2004). Essas rochas mostram fortes similaridades petrográficas e geoquímicas e posições estratigráficas análogas, porém suas idades não são sempre coincidentes (Tabela 1.1). O Tonalito Arco Verde apresenta idades U-Pb em zircão e Pb-Pb por evaporação em zircão de 2,98 Ga a 2,93 Ga (MACAMBIRA; LAFON, 1995; ROLANDO; MACAMBIRA, 2003). O Complexo Tonalítico Caracol possui idade de 2,95 a 2,92 Ga (Pb-Pb por evaporação em zircão; LEITE et al.; 2004; Tabela 1.1).

1.2.2.3 Granitóides Sanukitóides tipo Granodiorito Rio Maria e rochas associadas

Cobrem uma grande área do TGGRM e apresentam um padrão geocronológico bastante uniforme, com idades em torno de 2.87 Ga (Tabela 1.1). São intrusivos nas rochas do Supergrupo Andorinhas (SOUZA et al., 2001; LEITE, 2001) e nos granitóides TTG antigos, sendo cortados pelo Trondhjemito Água Fria e Granito Xinguara (LEITE, 2001). Ocorrem exposições nas proximidades da cidade de Rio Maria, área tipo (MEDEIROS; DALL'AGNOL, 1988), a sul e a nordeste de Xinguara (SOUZA, 1994; LEITE, 2001), a norte de Redenção (ALTHOFF; BARBEY; BOULLIER, 2000) e a leste de Bannach (OLIVEIRA; DALL'AGNOL; ALTHOFF, 2006; OLIVEIRA et al., 2009). Exibem feições petrográficas muito características, facilitando a correlação entre suas diferentes áreas de ocorrência. Na área de Bannach, estes granitóides apresentam associações com rochas máficas e intermediárias, formando enclaves ou mais raramente pequenos corpos (OLIVEIRA, 2005; OLIVEIRA; DALL'AGNOL; ALTHOFF, 2006, OLIVEIRA et al., 2009).

1.2.2.4 Granitóides TTG jovens

Afloram nas áreas de Xinguara e Rio Maria do TGGRM, sendo representados pelos Trondhjemitos Mogno e Água Fria. O Trondhjemitos Mogno, descrito inicialmente por Huhn et al. (1988) e DOCEGEO (1988), é intrusivo nas rochas do *greenstone-belt* de Identidade (SOUZA et al., 1994). Segundo dados geocronológicos obtidos pelo método U-Pb em titanita, possui idade de 2,87 (PIMENTEL; MACHADO, 1994). Esta datação geocronológica não fornece total segurança quanto à idade de cristalização da unidade, mas evidências de campo, interpretadas como indicativas de que seria intrusivo nos *greenstone-belts* e no Granodiorito Rio Maria (HUHN et al., 1988), somadas à idade mencionada, serviram de base para o posicionamento estratigráfico do Trondhjemitos Mogno (Tabela 1).

O Trondhjemitos Água Fria, com idade de 2,86 Ga, é intrusivo no Complexo Tonalítico Caracol e contemporâneo ao leucogranito potássico Xinguara (LEITE, 2001; LEITE et al., 2004). Distingue-se do Complexo Tonalítico Caracol por apresentar uma deformação menos intensa, bandas menos espessas e mais regulares e maior número de enclaves. São comuns enclaves métricos alongados do Complexo Tonalítico Caracol englobados pelo Trondhjemitos Água Fria. Este grupo é estratigraficamente posterior aos TTG antigos, porém mostra características petrográficas e geoquímicas muito similares.

As informações mais consistentes sobre a segunda geração de TTG provêm dos estudos do Trondhjemitos Água Fria (LEITE, 2001; LEITE et al. 2004). Relações de campo mostram que são intrusivos nos *greenstones-belts*, no Complexo Tonalítico Caracol, nos granitóides Sanukitóides e contemporâneos aos leucogranitos potássicos do tipo Xinguara.

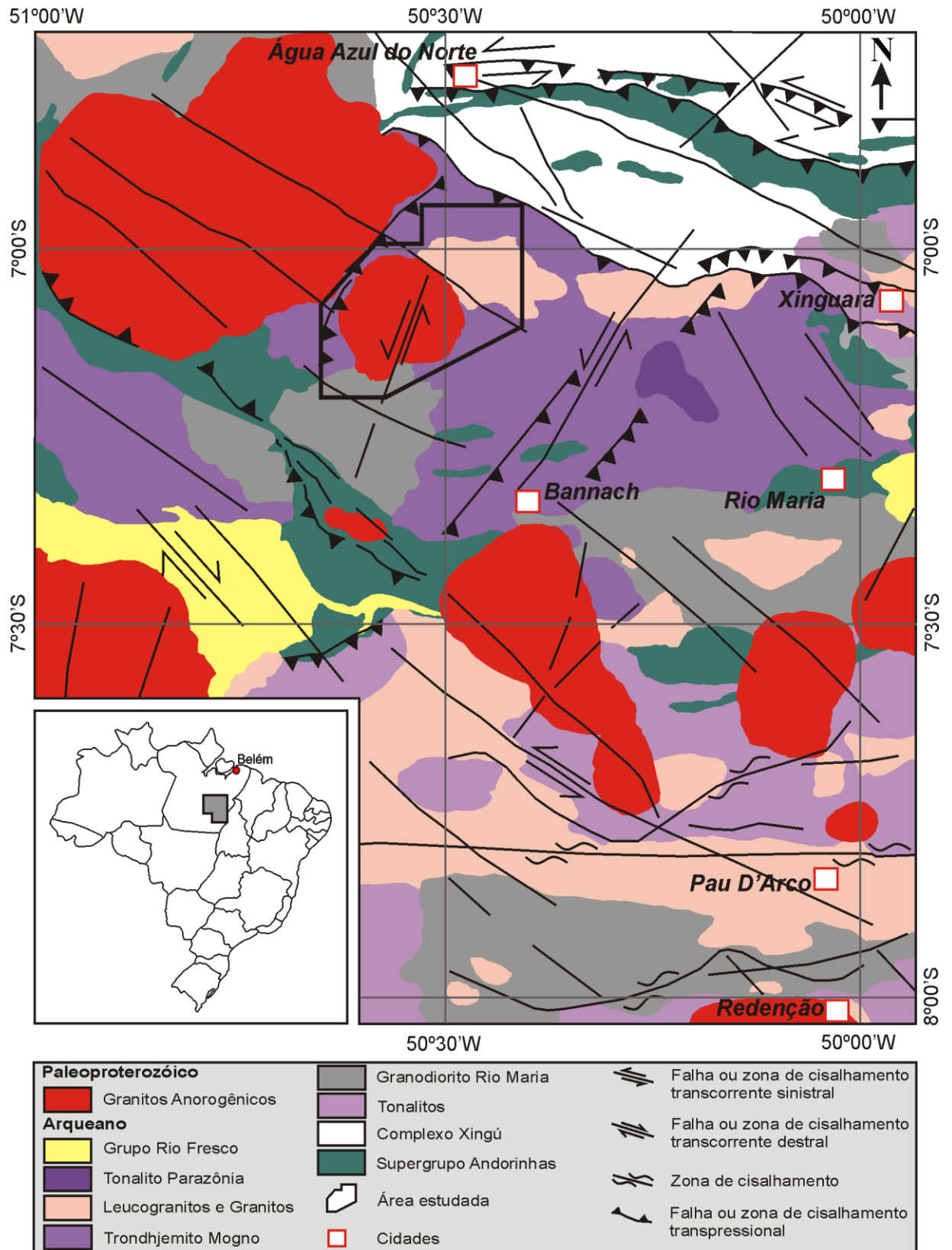


Figura 1.4 - Mapa geológico do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria (Modificado de Guimarães, 2009). Fontes: Huhn et al. (1988), Souza (1994); Santos e Pena Filho (2000b), Althoff, Barbey e Boullier (2000), Leite (2001), Almeida et al. (2008).

Tabela 1.1 – Principais dados geocronológicos das rochas arqueanas do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria.

Unidades Estratigráficas	Tipo de Rocha	Método	Material Analisado	Idade/Referência
Granito tipo Xinguara	Leucogranito (Serra do Inajá)	Pb-Pb Pb-Pb	Zircão Zircão	2875 ± 11 Ma (8) 2881 ± 2 Ma (11)
Granito Xinguara	Leucogranito (área tipo)	Pb-Pb	Zircão	2865 ± 1 Ma (10)
Granito tipo Mata Surrão	Leucogranito (Pau D'Arco)	Pb-Pb	Zircão	2868 ± 5 Ma (13)
Granito tipo Mata Surrão	Leucogranito (Marajoara)	Pb-Pb	Zircão	2871 ± 7 Ma (6)
Granito Mata Surrão	Leucogranito (área tipo)	Pb-Pb	Rocha total	2872 ± 10 Ma (5)
Granodiorito Cumaru	Granitóide	Pb-Pb	Zircão	2817 ± 4 Ma (4)
Tonalito Parazônia	Granitóide	U-Pb	Titanita	2858 Ma (2)
Trondhjemitito Água Fria	Trondhjemitito	Pb-Pb	Zircão	2864 ± 21 Ma (9,10)
Trondhjemitito Mogno	Granitóide Granitóide Granitóide Trondhjemitito	U-Pb Pb-Pb Pb-Pb Pb-Pb	Titanita Zircão Zircão Zircão	2871 ± ? Ma (2) 2857 ± 13 Ma (12) 2900 ± 21 Ma (12) 2959 ± 5 Ma (14)
Granodiorito Rio Maria	Granodiorito Granodiorito Quartzo-diorito Granodiorito (S. Inajá) Granodiorito (S. Inajá) Diorito (S. Inajá) Granodiorito (S. Inajá)	U-Pb U-Pb Pb-Pb Pb-Pb Pb-Pb Pb-Pb Pb-Pb	Zircão Zircão Zircão Zircão Zircão Zircão Zircão	2874 ± 9/-10 Ma (1) 2872 ± 5 Ma (2) 2878 ± 4 Ma (3) 2879 ± 4 Ma (8) 2877 ± 6 Ma (11) 2880 ± 4 Ma (11) 2881 ± 8 Ma (11)
Granito Garantã	Leucogranito	Pb-Pb	Zircão	2930 Ma (7)
Complexo Tonalítico Caracol	Tonalito	Pb-Pb	Zircão	2948 ± 5 Ma (10)
	Tonalito	Pb-Pb	Zircão	2936 ± 3 Ma (10)
	Tonalito	Pb-Pb	Zircão	2924 ± 2 Ma (10)
Tonalito Arco Verde	Tonalito	U-Pb	Zircão	2957±25/-21 Ma (1)
	Tonalito	Pb-Pb	Zircão	2948 ± 7 Ma (8)
	Tonalito	Pb-Pb	Zircão	2981 ± 8 Ma (11)
	Saprólito	Pb-Pb	Zircão	2965 ± 1 Ma (11)
	Tonalito	Pb-Pb	Zircão	2988 ± 5 Ma (11)
	Tonalito	Pb-Pb	Zircão	2936 ± 4 Ma (13)
Supergrupo Andorinhas / Fm. Lagoa Seca	Metagrauvacas	U-Pb	Zircão	2971 ± 18 Ma (1)
	Metavulcânica Félsica	U-Pb	Zircão	2904±29/-22Ma(1)
	Metavulcânica Félsica	U-Pb	Zircão	2979 ± 5 Ma (2)

Fonte dos dados: (1) Macambira (1992); (2) Pimentel e Machado (1994); (3) Dall'Agnol et al. (1999); (4) Lafon e Scheller (1994); (5) Lafon, Rodrigues, Duarte (1994); (6) Althoff et al. (1998); (7) Althoff, Barbey e Boullier (2000); (8) Rolando e Macambira (2003); (9) Macambira et al. (2000); (10) Leite et al. (2004); (11) Rolando e Macambira (2002); (12) Macambira et al. (2000); (13) Almeida et al. (2008); (14) Almeida (2010).

1.2.2.5 Leucogranitos potássicos de afinidade cálcico-alcálica

Os Leucogranitos potássicos ocorrem em várias porções do no Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria, sendo representados pelos granitos Xinguara (LEITE, 1995, 2001; LEITE; DALL'AGNOL, 1997; LEITE; DALL'AGNOL; ALTHOFF, 1999; LEITE et al., 2004) Mata Surrão (DUARTE, 1992; ALTHOFF; BARBEY; BOULLIER, 2000) e Guarantã (ALTHOFF; DALL'AGNOL; SOUZA, 1991; ALTHOFF et al., 1995; ALTHOFF, 1996), por pequenos *stocks* graníticos aflorantes na região de Identidade (SOUZA, 1994) a leste da cidade de Bannach (DIAS, 2007), e por plutons graníticos na região de Marajoara (ALMEIDA et al., 2008). Vários outros batólitos e *stocks* de composição granítica encontrados no Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria também foram correlacionados a este grupo de leucogranitos (ARAÚJO et al., 1994; COSTA et al., 1995).

O Granito Mata Surrão (DUARTE, 1992) é intrusivo no Tonalito Arco Verde e possui idade semelhante a do Granito Xinguara (Tabela 1). Aspectos de campo mostraram que estes granitos são mais jovens que os granitóides TTGs, sendo sua idade de 2,86 (LEITE, 2001). O Granito Guarantã possui idade de cristalização em torno de 2,93 Ga (ALTHOFF; BARBEY; BOULLIER, 2000) diferenciando-se neste aspecto dos granitos Xinguara e Mata Surrão. Essas unidades arqueanas são cobertas por metassedimentos do Grupo Rio Fresco, considerado como sendo de idade arqueana (DALL'AGNOL et al., 2006) ou paleoproterozóica (VASQUEZ et al., 2008).

1.2.2.6 Granitos anorogênicos paleoproterozóicos tipo-A e diques associados

Durante o Paleoproterozóico, em torno de 1,88 Ga, o TGGRM passou por um intenso magmatismo granítico anorogênico (SANTOS; PENA FILHO, 2000b; DALL'AGNOL; LAFON; MACAMBIRA, 1994; DALL'AGNOL; COSTI; LEITE, 1997; DALL'AGNOL et al., 2000, 2005), representado na região de Rio Maria pelos Granitos Jamon (DALL'AGNOL et al., 1999), Musa (GASTAL, 1987), Marajoara

(ROCHA JUNIOR, 2004), Bannach (ALMEIDA, 2005; ALMEIDA; DALL'AGNOL; OLIVEIRA, 2006), Redenção (MONTALVÃO et al., 1982; VALE; NEVES, 1994; OLIVEIRA, 2001; OLIVEIRA; DALL'AGNOL; ALTHOFF, 2006; OLIVEIRA, 2005, 2009) e Manda Saia (LEITE, 2001), que são agrupados na Suíte Jamon (DALL'AGNOL et al., 1999, 2005). Na região de Água Azul, é caracterizado pelos granitos Seringa (ARAÚJO; MAIA, 1991; PAIVA JUNIOR, 2010) e São João (ARAÚJO; MAIA, 1991; LIMA et al., 2009, 2010). Diques félsicos a máficos, de modo geral contemporâneos aos granitos, ocorrem sob forma de corpos subverticais, tabulares, com espessuras de até 10 a 20m, cortando preferencialmente as unidades arqueanas, mas localmente também os granitos anorogênicos (GASTAL, 1987; HUHNS et al., 1988; SILVA JUNIOR, 1996; RIVALENTI et al., 1998; SILVA JUNIOR; DALL'AGNOL; OLIVEIRA, 1999; FERREIRA, 2009). Trabalhos de campo revelaram a ocorrência de dique composto associado ao Granito Jamon (DALL'AGNOL et al. 2002; OLIVEIRA; DALL'AGNOL; ALTHOFF, 2006).

1.3 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

O Granito São João é um batólito proterozóico, definido como anorogênico por Duarte (1992), localizado a SE do Granito Seringa. O Granito Seringa foi objeto da dissertação de mestrado de Paiva Junior (2010) e o Granito São João está sendo estudado por Lima (Inédito) em seu Trabalho de Conclusão de Curso.

A proposição da presente pesquisa se deve ao fato de que os estudos sobre as rochas encaixantes do Granito São João eram quase inexistentes e seus limites geológicos e correlação com as demais unidades do TGGRM mal definidos. Portanto, se tornava necessário aproximar o nível de conhecimento dessas rochas com o de outras já estudadas no TGGRM (LEITE, 2001; GUIMARÃES, 2007; DIAS, 2009; GUIMARÃES, 2009; OLIVEIRA et al., 2009), nas regiões de Xinguara, Rio Maria e Bannach, com o objetivo de caracterizar, estabelecer correlações e contribuir para o conhecimento acerca da distribuição espacial e evolução do TGGRM.

Para atingir tal objetivo, foi necessário realizar o mapeamento geológico e amostragem em escala adequada, seguidos de estudos petrográficos, que

permitissem identificar as variedades petrográficas e texturais dessas rochas, bem como a sua distribuição espacial e relações entre elas. Além disso, foram realizadas datações geocronológicas pelo método de evaporação Pb-Pb em zircão, que permitiram correlacionar as rochas encaixantes do Granito São João com outras do TGGRM de idades já conhecidas.

1.4 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo estudar as rochas encaixantes do Granito São João e contribuir para a ampliação do conhecimento das séries TTGs e dos leucogranitos potássicos do TGGRM. Para tanto, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

Efetuar estudos petrográficos macro e microscópicos nas rochas encaixantes do Granito São João, realizar análises texturais e modais (cf. BARD, 1980; WILLIAMS; TURNER; GILBERT, 1982; MACKENZIE; DONALDSON; GUILFORD, 1982; CHAYES, 1956) e classificar as diferentes rochas (cf. STRECKEISEN, 1976; LE MAITRE, 2002);

Caracterizar as fases minerais acessórias, em especial os minerais opacos, a partir de análises semiquantitativas de EDS-MEV;

Efetuar datação geocronológica através da metodologia Pb-Pb em cristais de zircão em, pelo menos, duas amostras com vistas a definir as idades de cristalização das mesmas;

Comparar os dados obtidos com os de outras rochas similares ocorrentes no TGGRM.

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

1.5.1 Pesquisa bibliográfica

No levantamento bibliográfico foram consultados diversos relatórios, teses e artigos científicos que abordavam a região a ser estudada, bem como livros

didáticos de diferentes temáticas que permitiram uma melhor compreensão a respeito das questões que envolvem a geologia e evolução de terrenos arqueanos e proterozóicos. Foram pesquisados temas relacionados principalmente à evolução e origem de Séries TTGs (tonalitos-trondhjemitos e granodioritos) e das suítes leucograníticas potássicas Mata Surrão, Garantã e Xinguara, além de bibliografias acerca da evolução e geocronologia do Cráton Amazônico, da Província Carajás e do Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria.

1.5.2 Mapeamento Geológico

Foram realizadas duas campanhas de campo nos períodos de 5 a 13 de setembro de 2008 e 8 a 14 de agosto de 2010, que consistiu no levantamento sistemático dos afloramentos existentes ao longo de estradas e caminhos trafegáveis, acompanhado de coleta de amostras (Figura 1.5). Destas campanhas participaram, além do autor e seu orientador, os graduandos integrantes do GPPG, Max de Jesus Pereira dos Santos, Paulo Henrique Araújo Lima e Francisco Romério Abrantes Junior, os dois últimos participaram apenas da primeira campanha.

O mapeamento geológico foi realizado na escala 1:100.000, tendo sido descritos cerca de 90 afloramentos em sua grande maioria nos domínios do Granito Xinguara e do Trondhjemitito Mogno, além de diques Proterozóicos existentes na área estudada (Anexo A). O mapeamento apoiou-se em imagens de radar, satélites e levantamento aerogeofísicos para delimitar com mais precisão as áreas de ocorrência das rochas em estudo. Os pontos de amostragem tiveram suas localizações definidas com GPS (Global Position System), e foram posteriormente lançados em uma base georeferenciada para produção do mapa de amostragem.

1.5.3 Petrografia

Para a caracterização petrográfica foram realizadas descrições macroscópicas que serviram de base para seleção de amostras para estudos

microscópicos. Foram confeccionadas na Oficina de Laminação do IG, 31 lâminas polidas e 9 delgadas, dos litotipos que afloram na área estudada. A descrição macroscópica e microscópica permitiu caracterizar microestruturas, mineralogia e texturas das rochas estudadas, de acordo com os princípios de Streckeisen (1976), Vernon (2004) e Passchier e Trouw (2005).

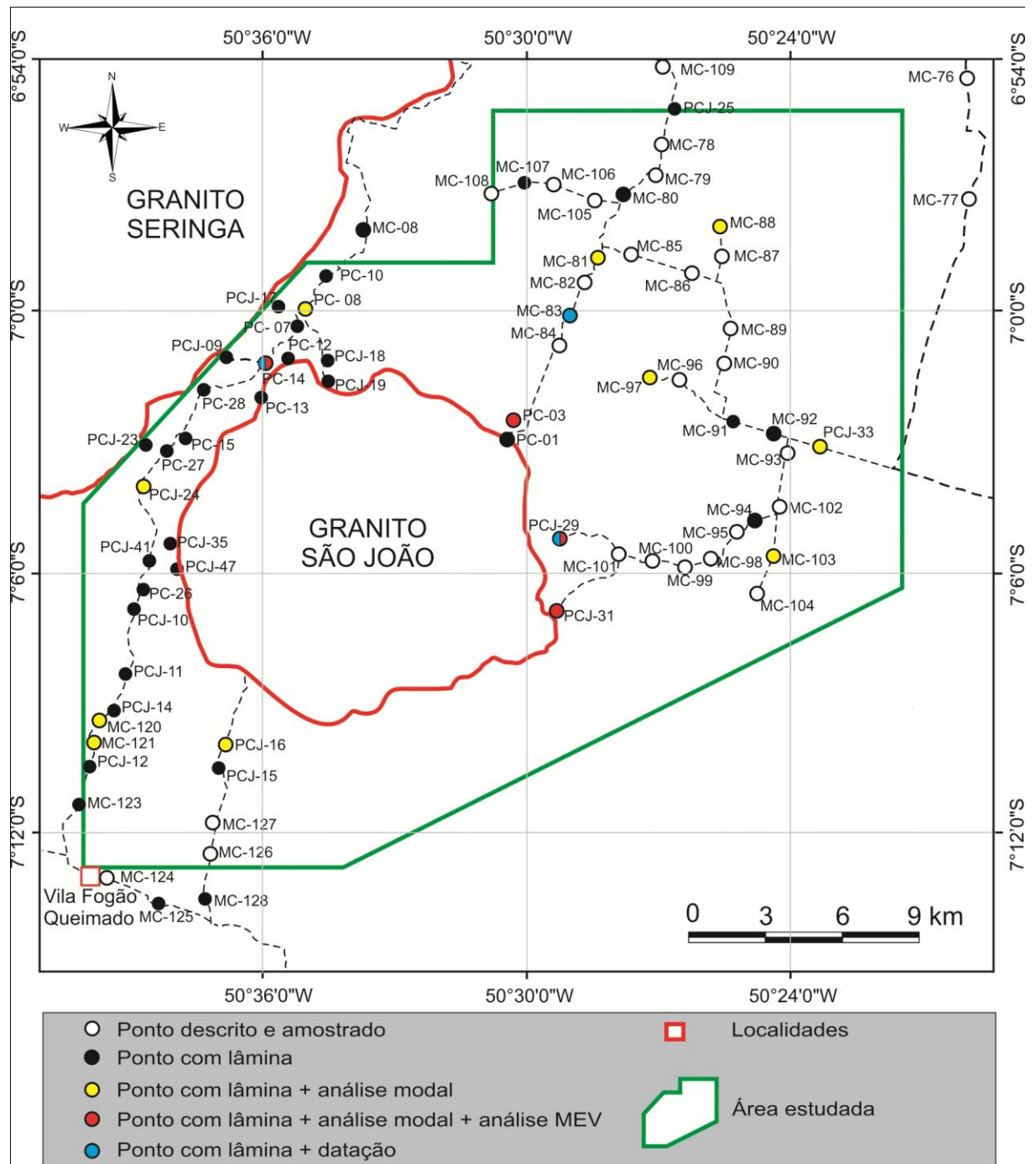


Figura 1.5 – Mapa de pontos com amostragem e tipos de análises.

A análise petrográfica constou, ainda, da descrição de 10 lâminas polidas do Granito Xinguara (LEITE, 2001) e 4 do Trondhjemitó Mogno (GUIMARÃES, 2009). Essas lâminas foram cedidas pelos respectivos autores e permitiram estabelecer correlações petrográficas com as rochas encaixantes do Granito São João.

Foram feitas descrições das feições microscópicas das diversas litologias identificadas no mapeamento, destacando-se as transformações pós-magmáticas e feições devidas à deformação. Esta etapa foi seguida de análise textural, tentando compreender como se deu a cristalização destas rochas e sua evolução no estágio sub-*solidus*. Foram realizadas 14 análises modais em amostras representativas das rochas estudadas, utilizando um contador eletrônico de pontos, da marca Swift, onde foram contados em média 1.500 pontos por lâmina, sendo analisada apenas uma lâmina por amostra. Os dados obtidos foram recalculados e plotados em diagrama QAP (STRECKEISEN, 1976; LE MAITRE, 2002), permitindo, assim, classificar adequadamente as rochas estudadas, conforme estabelecido pela IUGS (International Union of Geological Sciences).

1.5.4 Microscopia Eletrônica de Varredura

As análises de MEV foram realizadas no Microscópio Eletrônico de Varredura LEO-1430 do Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura – LABMEV do IG-UFGA e constaram de obtenção de imagens de elétrons retroespalhados e análises químicas semiquantitativas por EDS (Energy Dispersive Spectrometry) de fases minerais previamente selecionadas. Lâminas e seções polidas dos corpos estudados foram metalizadas a carbono. As condições de análise foram: corrente do feixe = 90 μ A, voltagem de aceleração constante = 20 kv, distância de trabalho = 15 mm, tempo de análise = 30 s com 4000 a 5000 c/s para cada análise. As interpretações foram baseadas na metodologia de Reed (1996).

1.5.5 Geocronologia Pb-Pb em zircão

As datações geocronológicas foram realizadas no Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) da UFPA através da metodologia de evaporação de Pb em zircão, cujos princípios básicos foram desenvolvidos por Kober (1986) e sua adaptação ao Pará-Iso discutida por Gaudette et al. (1993, 1998), Macambira et al. (1994) e Moura et al. (1996). Foi utilizado o espectrômetro de massa FINNIGAN, modelo MAT-262. Para separação dos cristais de zircão, as amostras foram trituradas, pulverizadas, deslamadas e peneiradas nas frações 0,250 mm – 0,180 mm; 0,180 mm – 125 µm no Pará-Iso. A eliminação dos grãos mais leves e concentração dos mais pesados das duas frações anteriores foram feitas com o auxílio de um “elutriador” simples, o qual utiliza água corrente e gravidade. A eliminação dos minerais magnéticos contou com a utilização de um ímã e, posteriormente, de um Separador Eletromagnético da marca FRANTZ. Finalmente, a separação dos minerais pesados não-magnéticos foi feita através de um líquido pesado, (bromofórmio) de densidade 2,89 g/ml. A seleção dos grãos de zircão a serem datados foi realizada através de uma lupa binocular da marca Zeiss.

2 ASPECTOS GEOLÓGICOS DA ÁREA ESTUDADA

2.1 GEOMORFOLOGIA

O relevo da região é marcado pela presença de serrotes e serras, corpos diqueiformes e uma extensa área peneplanizada (Figura 2.1). Os serrotes e serras são de natureza granítica e compõem os granitos Seringa e São João. Os corpos diqueiformes são diques máficos a félsicos identificados na área. Esses corpos são tabulares, estreitos e alongados, possuindo no maior eixo de 200 m à cerca de 1 km de extensão. São, em sua maioria, concordantes com a estruturação das rochas encaixantes, com direção NW-SE. Na área peneplanizada ocorrem as rochas encaixantes do Granito São João, objeto deste estudo.



Figura 2.1 - Aspectos geomorfológicos e formas de relevo existentes na área estudada: A- rochas encaixantes do Granito São João; B- Granito São João; C- Diques félsicos.

Por ocorrerem numa área de relevo arrasado, a visualização das relações de campo entre as diversas rochas que compõem o embasamento do Granito São João são dificultadas. Seus afloramentos são na forma de lajedos ou matacões e, geralmente, apresentam deformação ou bandamento (Figura 2.2). Na área estudada foram identificadas duas associações litológicas, caracterizadas como leucogranítica potássica e trondhjemítica, além dos corpos diqueformes. A sul da área de trabalho foram reconhecidas pequenas ocorrências de rochas granodioríticas. As relações de contato são evidenciadas pelo contraste petrográfico e características geológicas de cada unidade.



Figura 2.2- Formas de relevo características dos afloramentos das unidades estudadas: morrotes abaulados de leucogranitos (a, b); lajedos de leucogranitos (c) e de Trondhjemitos (d).

2.2 ARCABOUÇO ESTRUTURAL

Os granitóides do embasamento da região de Água Azul do Norte são marcados principalmente por foliação subvertical com direção NW-SE (Figura 2.2). Esta foliação é expressa por bandamento magmático e foliação milonítica. O bandamento magmático é predominante nos trondhjemitos, sendo em algumas porções bastante incipiente ou ausente. Os leucogranitos potássicos são geralmente isotrópicos; estruturas planares são em geral pouco visíveis, embora esta unidade possa apresentar, por vezes, foliação de fluxo. Nestas rochas verificou-se a presença de foliação milonítica subvertical com direção NW-SE na porção nordeste do Granito São João.

As estruturas primárias existentes nessas rochas estão relacionadas à bandamentos magmáticos, foliação de fluxo e texturas graníticas. Estas estruturas são de modo geral definidas pelo arranjo interno dos cristais constituintes da rocha, sendo formadas durante os processos magmáticos.

As estruturas secundárias são resultado da deformação em estágio pós-magmático, formadas em regimes dúcteis e rúpteis. No regime dúctil as feições mais expressivas são zonas de cisalhamento. No regime rúptil as estruturas existentes são falhas e fraturas; algumas fraturas são preenchidas por fluidos que formam veios centimétricos.

A imagem de relevo sombreado SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) (Figura 2.3) apresenta um padrão textural bastante semelhante em toda área dos granitóides estudados. Pode-se observar uma tendência estrutural com padrão NW-SE e corpos diqueiformes que foram amostrados e que possuem direção NW-SE. Na porção nordeste da área são perceptíveis estruturas linearizadas que, como base em observações de campo e descrição dos padrões estruturais das rochas, podem ser entendidas como zonas de cisalhamento com direção NW-SE.

Zonas de cisalhamentos são faixas planares que acomodam movimentos de blocos relativamente rígidos, com concentração de deformação. De modo geral, apresentam uma componente rotacional, refletindo em deslizamentos laterais relativos dos blocos envolvidos (PASSCHIER; TROUW, 1996). Resulta do fluxo

plástico lamelar imposto por cisalhamento não-coaxial (HASUI; COSTA, 1992) e ocorre normalmente em zonas de cisalhamento dúctil.

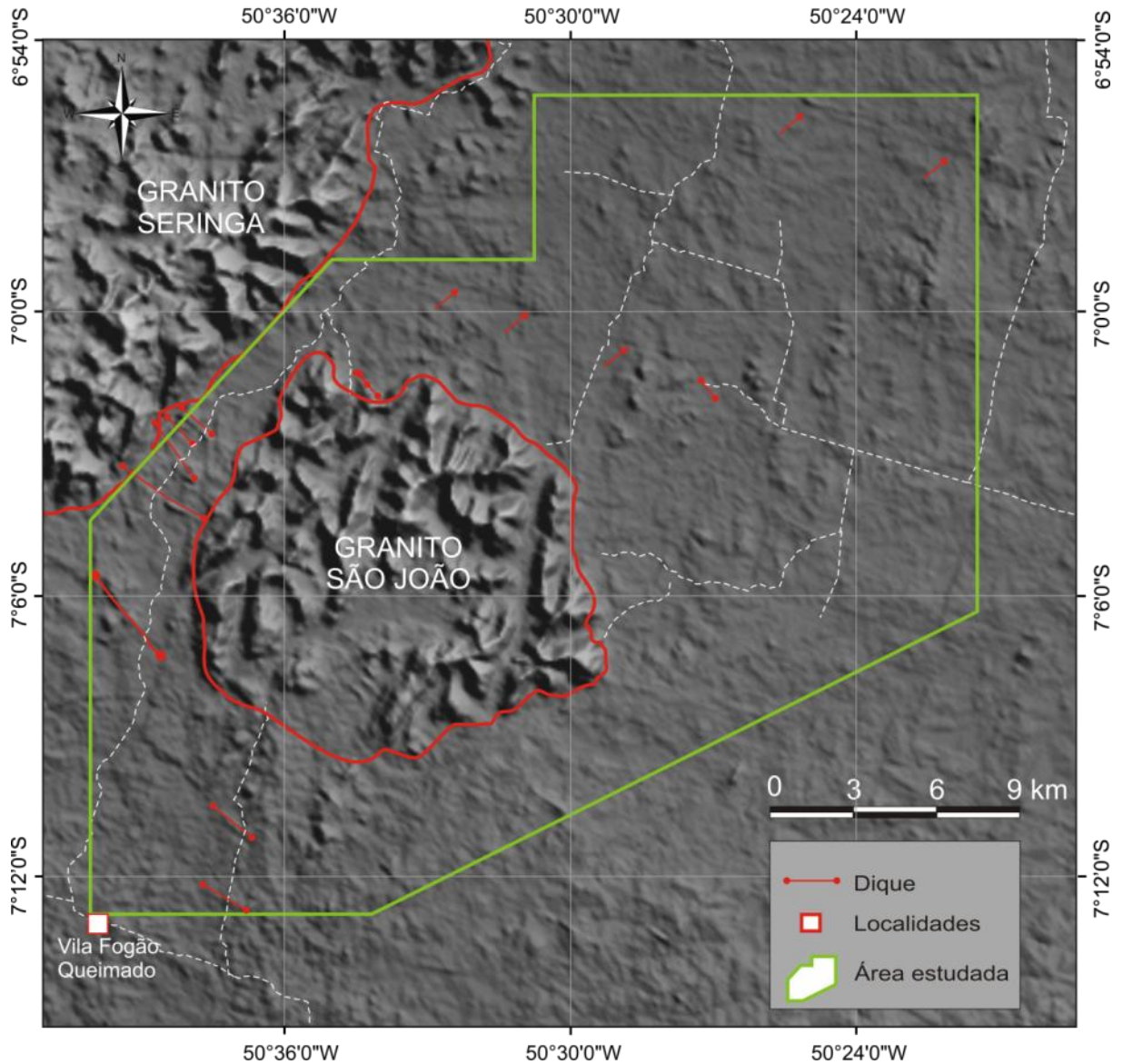


Figura 2.3- Imagem de relevo sombreado SRTM da área estudada, o contorno vermelho marca o limite dos corpos graníticos proterozóicos e as setas vermelhas indicam zonas de cisalhamento (cf. SANTOS; PENA FILHO, 2000b).

2.2.1 Caracterização das mesoestruturas

A foliação do tipo bandamento gnáissico está presente nas rochas trondhjemíticas localizadas a sul e sudoeste do Granito São João. Esta foliação é caracterizada pela sucessão de bandas alternadas dispostas em faixas paralelas (ou subparalelas). O bandamento apresenta direção NW-SE, E-W e mergulho subvertical; a espessura das bandas varia de centimétrica a milimétrica, e é marcada pela alternância de coloração, desde cinza (tonalíticas) a cinza claro, com porções esbranquiçadas (trondhjemíticas; Figura 2.4a). Os cristais constituintes destas rochas, em análise macroscópica e microscópica, não apresentaram evidências de cominuição e nenhum aspecto textural característico de segregação metamórfica como orientação dos minerais no eixo z, ou mesmo texturas lepidoblásticas ou nematoblásticas.

As foliações são descontinuidades de caráter penetrativo, caracterizadas como elementos planares. Estruturas foliadas podem ser estabelecidas em rochas ígneas e metamórficas (PASCHIER; TROUW, 1996). Em uma rocha ígnea a foliação se forma durante a época de sua geração, sendo denominada de foliação primária. No caso das foliações secundárias, resultam de deformação sob a ação de tensões.

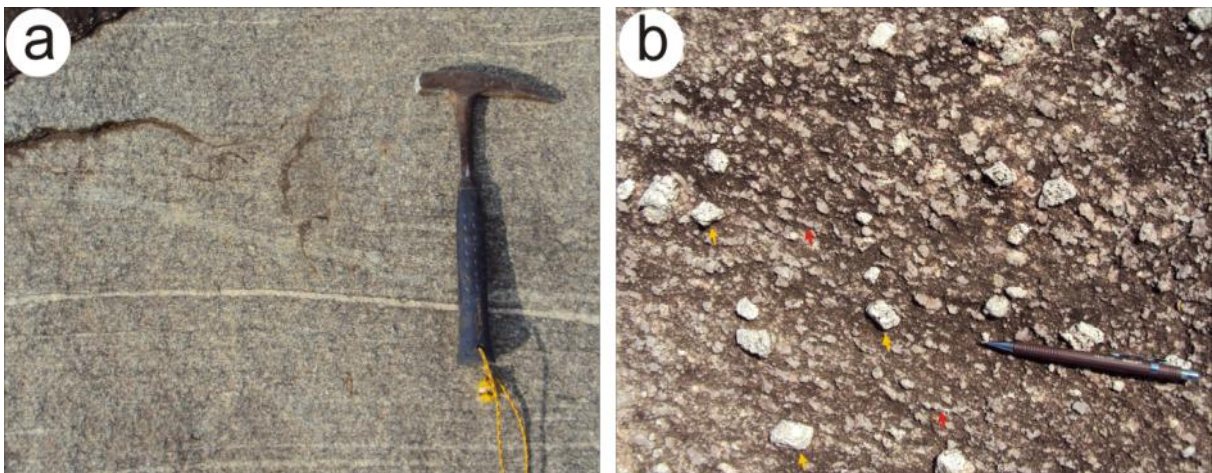


Figura 2.4 – (a) Trondhjemito com bandamento gnáissico; (b) Leucogranito com cristais de feldspatos potássicos euédricos orientados (setas amarelas) e alguns cristais de quartzo estirados (setas vermelhas).

Em alguns afloramentos de leucogranitos potássicos, verificou-se uma orientação mineral, principalmente de megacristais de feldspato potássico

preferencialmente na direção NW-SE, podendo ocorrer variações locais. Entretanto estes cristais apresentam faces bem definidas, sem cominuição. Os cristais de quartzo ocorrem localmente estirados. O arranjo desses cristais mostra que esta estruturação desenvolveu-se sob condições magmáticas definindo uma foliação de fluxo (Figura 2.4b).

Não foram observadas estruturas em afloramentos ou texturas em análises microscópica que remetesse a um metamorfismo de contato referente à intrusão do Granito São João. Esse fato sugere que não existiam grandes variações no gradiente geotérmico entre o corpo intrusivo e as rochas encaixantes.

3 CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DAS ROCHAS ENCAIXANTES DO GRANITO SÃO JOÃO

O mapeamento das rochas encaixantes do Granito São João e as descrições texturais e mineralógicas permitiram caracterizar três grupos litológicos na área de estudo (Figura 3.1): (1) leucogranitos potássicos; (2) trondhjemitos; (3) granodioritos. Diques de composição máfica (diabásios) a félsica (dacito a riolitos) aparecem em vários pontos, entretanto, não fazem parte dos objetivos deste trabalho (Figura 3.1). As descrições macroscópicas e microscópicas se concentraram nos leucogranitos potássicos e trondhjemitos, rochas dominantes da área e encaixantes do Granito São João. Granodioritos foram identificados apenas no extremo sul, fora dos limites da área.

3.1 LEUCOGRANITOS POTÁSSICOS

São cortados na borda SSW pelo Granito São João e se estendem até o limite oriental do Granito Seringa (Figura 3.1). Os limites norte e leste estão além da área de abrangência deste trabalho, entretanto com base nas relações

observadas em campo e na amostragem feita, admite-se que este corpo possui uma extensão muito maior do que aquela proposta por Santos e Pena Filho (2000a).

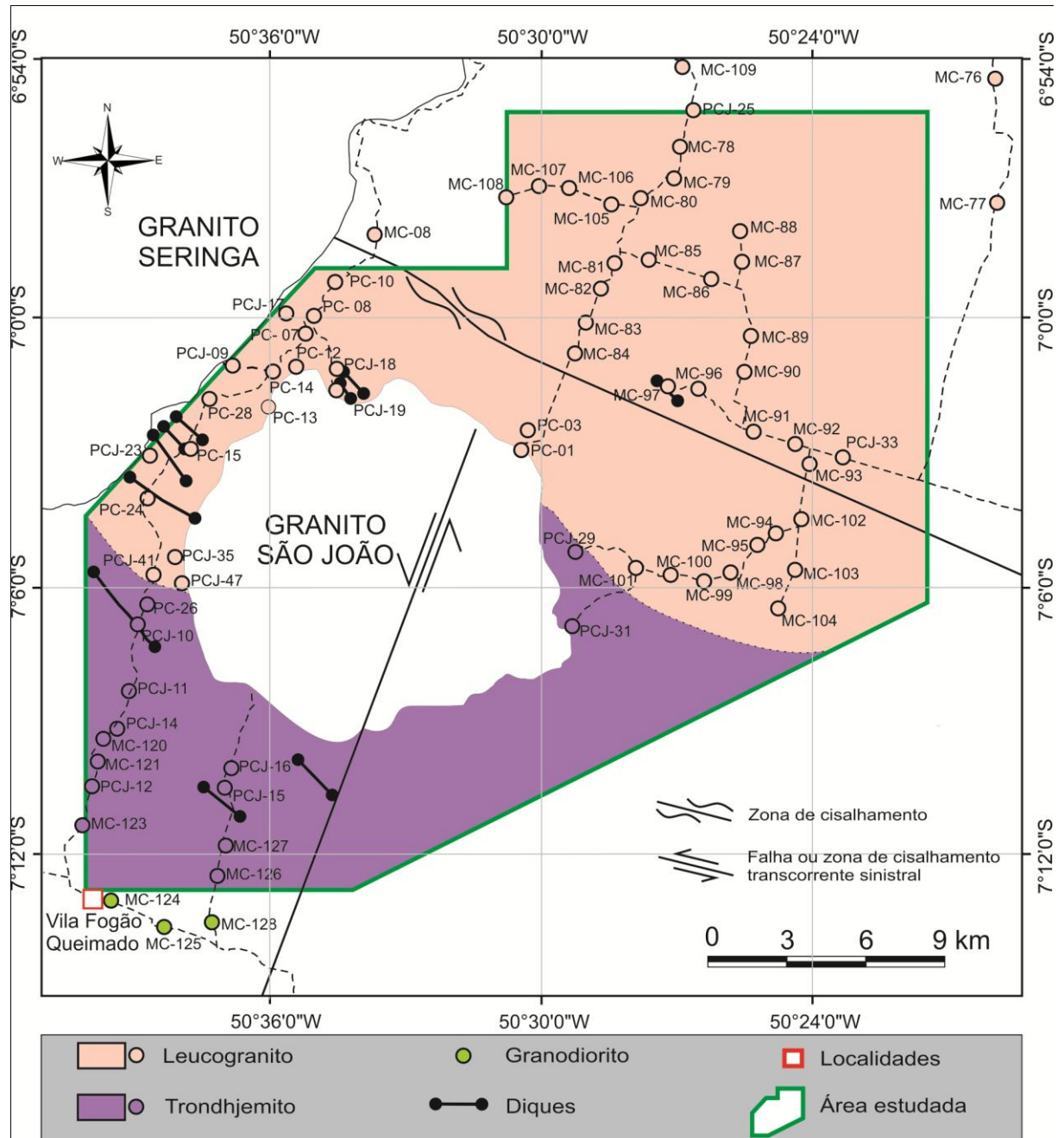


Figura 3.1 – Mapa geológico da área estudada (modificado de Guimarães, 2009 e Santos et al., 2010).

Petrograficamente são rochas homogêneas textural e composicionalmente, apresentando, quase sempre, composição monzogranítica. São rochas muito similares às descritas no Granito Xinguara (LEITE; DALL'AGNOL, 1997; LEITE, 2001). São caracterizadas, de modo geral, pela presença de cristais centimétricos

de feldspato potássico. Trata-se de uma rocha fanerítica, holocristalina, leucocrática, em geral porfirítica, com fenocristais de feldspato potássico em matriz média (Figura 3.2a,c). Variações equigranulares médias e tipos médios a finos ocorrem associados a zonas de maior deformação (Figura 3.2b). Sua composição é representada predominantemente por feldspato potássico, plagioclásio e quartzo e, em menor proporção, biotita.

Microscopicamente possuem textura granular hipidiomórfica média a grossa (Figura 3.2d), apresentando secundariamente textura mortar (Figura 3.2e), definida pela cominuição e recristalização da borda de cristais de plagioclásio, feldspato potássico e quartzo, gerando uma matriz microcristalina. A recristalização é freqüente nestas rochas, estando mais desenvolvida em zonas de maior deformação. Nestas zonas, os feldspatos apresentam bordas recristalizadas e o quartzo ocorre em mosaico ou fitado.

Esta feição pode ser relacionada a uma deformação em estágio pós-magmático onde o corpo granítico estava totalmente cristalizado, mas suficientemente quente para que houvesse recristalização plástica (HUTTON, 1988).

Foram selecionadas 9 amostras representativas e com ampla distribuição espacial para análises modais; os resultados são apresentados na tabela 3.1. As rochas estudadas são constituídas essencialmente por feldspato potássico, quartzo e plagioclásio cujas porcentagens médias são, respectivamente, 35,8%, 32,3% e 27,3%. A biotita é o principal mineral ferromagnésiano com média de 2,9%. Os minerais acessórios estão representados por opacos (magnetita), apatita, zircão, titanita e epidoto (?). As fases secundárias são sericita, epidoto, clorita, argilominerais, muscovita e ilmenita. O conjunto de minerais máficos possui proporções modais entre 3,3% e 7,1%, com média de 4,6%, conferindo a essas rochas a classificação de leucomonzogranitos potássicos.

De acordo com a nomenclatura proposta por Tuttle e Bowen (1958), correspondem a um granito *subsolvus*, caracterizado pela presença de duas fases feldspáticas independentes (plagioclásio e feldspato potássico).

Nos diagramas Q-A-P e Q-(A+P)-M (STRECKEISEN, 1976) estas rochas plotam no campo dos monzogranitos, localmente tendendo a sienogranitos. Mostram leve tendência ao *trend* das rochas da série Cálcico-alcálica monzonítica/granodiorítica de Bowden *et al.* (1984; Figura 3.3). Os dados modais obtidos se

superpõem com o campo definido para as rochas do Granito Xinguara (LEITE; DALL'AGNOL, 1997; LEITE, 2001).

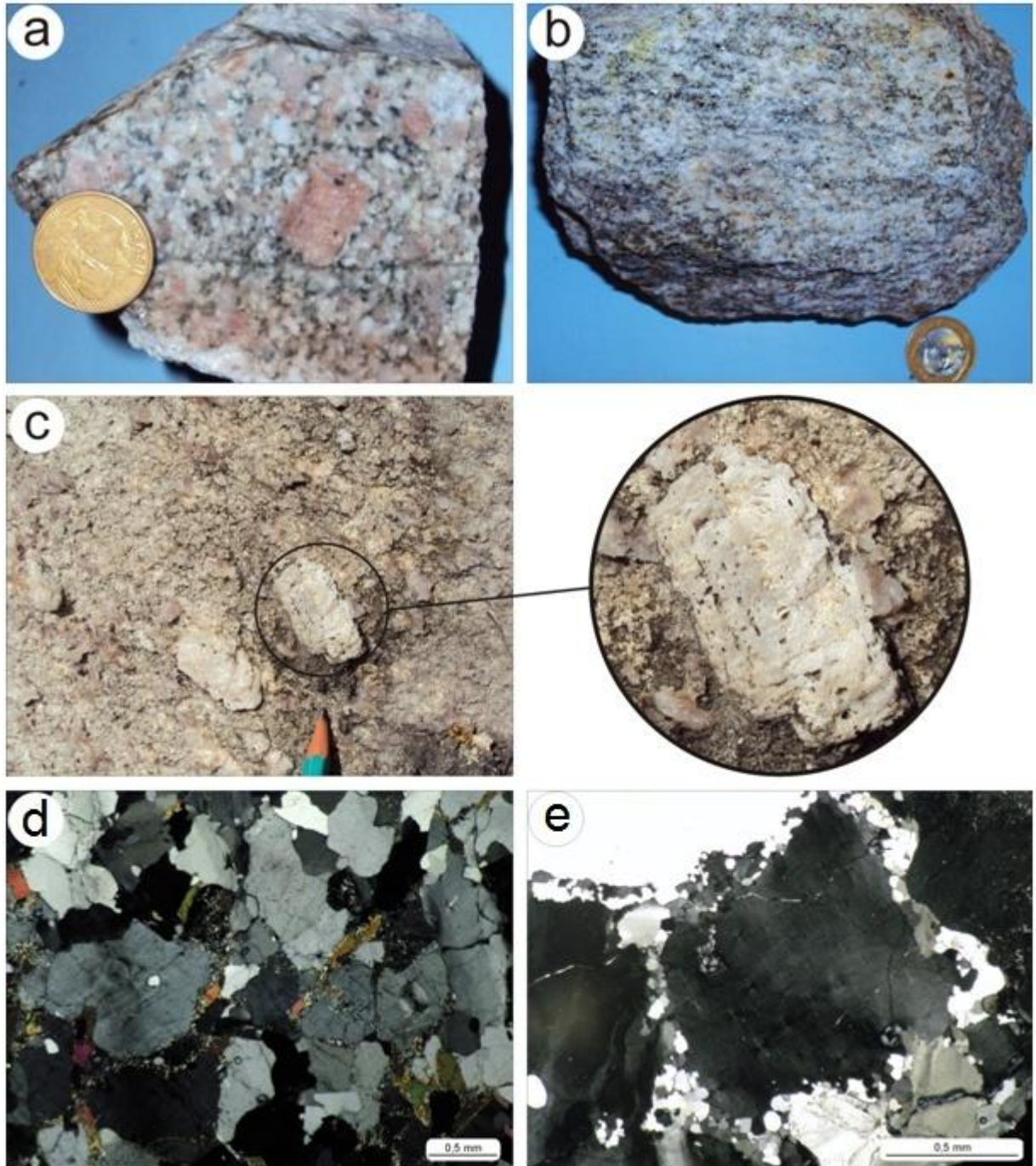


Figura 3.2 – (a) PC-14A – Aspecto mesoscópico dos leucomonzogranitos com fenocristais de feldspato potássico; (b) MC-91 - Amostra equigranular fortemente deformada localizada próximo a zona de cisalhamento (c) Foto do afloramento MC-88, em destaque fenocristal de feldspato potássico com zoneamento evidenciado pelo intemperismo; apresenta, ainda, faces bem definidas e maclamento *Carlsbad*. (e) MC-81 Fotomicrografia, mostrando textura granular hipidiomórfica (NC). (f) MC-88 – Fotomicrografia, com destaque para a textura mortar (NC). NC - nicóis cruzado.

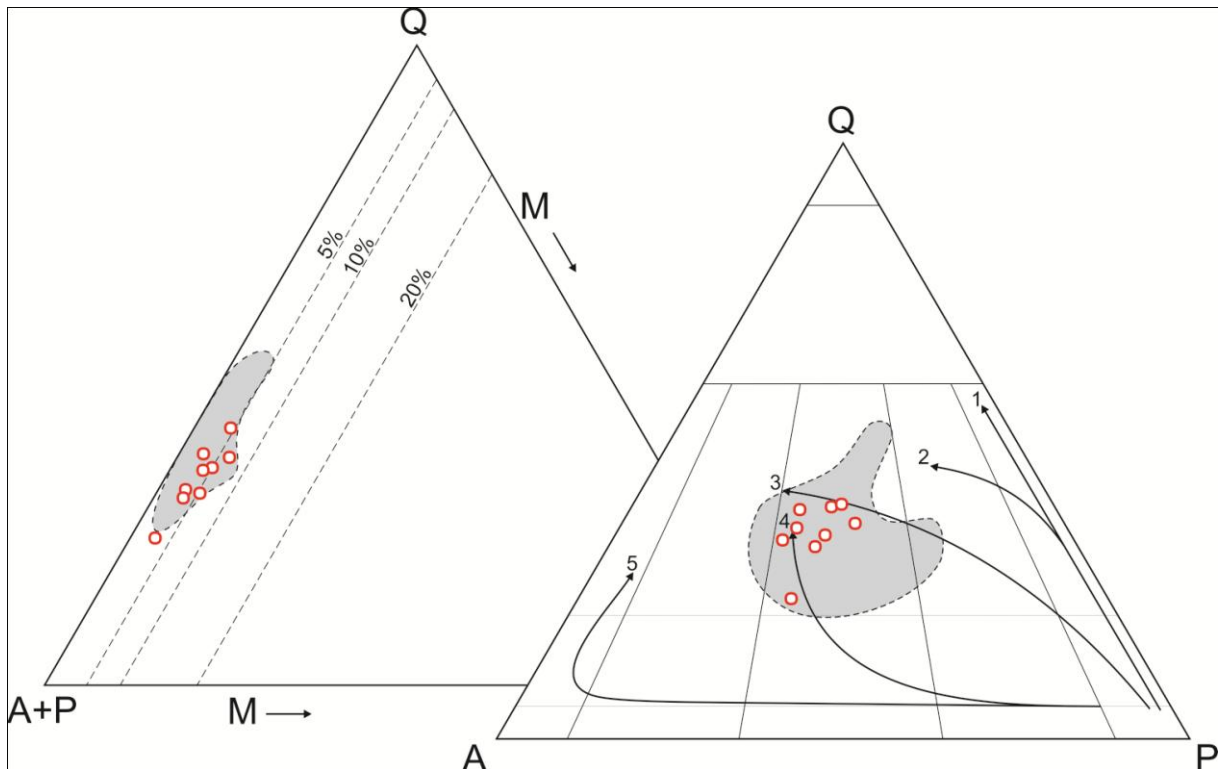


Figura 3.3 - Diagramas modais Q-A-P e Q-(A+P)-M (STRECKEISEN, 1976) para os leucogranitos potássicos estudados. 1 a 5: *trends* evolutivos de séries granitóides (LAMEYRE; BOWDEN, 1982; BOWDEN et al., 1984): 1- Toleítica; 2- Tonalítica ou trondjemíticas; 3- Cálculo-alcalina granodiorítica; 4- Subalcalina monzonítica ou shoshonítica; 5- Alcalina e peralcalina. O campo cinza representa a distribuição dos pontos das composições modais do Granito Xinguara (LEITE; DALL'AGNOL, 1997; LEITE, 2001).

Tabela 3.1 Análises modais¹ dos leucogranitos potássicos estudados

	PC-03A	PC-08B	PC-14A	PCJ-24	PCJ-33	MC-81	MC-88	MC-97	MC-103	MÉDIA
Quartzo	29,6	22,8	29,1	33,6	35,8	40,2	30,4	33,8	35,3	32,3
Feldspato potássico	37,0	44,3	34,6	37,3	37,2	31,6	37,7	32,3	29,8	35,8
Plagioclásio	27,5	29,6	32,4	24,4	23,6	23,4	28,3	28,9	27,8	27,3
Biotita	3,2	2,1	1,9	3,6	2,0	2,9	2,4	3,6	4,5	2,9
Epídoto	0,9	0,6	0,2	0,1	0,6	0,6	0,5	0,7	1,1	0,6
Opacos	1,1	0,3	1,6	0,5	0,5	0,8	0,6	1,3	0,8	0,8
Apatita	0,3	-	0,1	0,1	0,2	0,3	-	0,1	0,1	0,1
Muscovita	-	-	-	-	-	0,2	-	0,3	0,4	0,1
Titanita	0,3	0,3	0,1	0,4	0,1	0,0	0,1	-	0,2	0,2
Máficos (M)	5,9	3,3	3,9	4,7	3,4	4,8	3,6	5,0	7,1	4,6
A+P	57,1	73,9	61,5	61,7	59,4	63,6	58,7	62,7	63,1	62,4
Quartzo*	39,3	23,6	36,0	35,3	38,5	33,2	39,1	34,0	32,1	34,6
Feldspato potássico*	31,5	45,8	30,3	39,1	37,1	42,2	31,5	35,6	38,0	36,8
Plagioclásio*	29,2	30,6	33,7	25,6	24,4	24,6	29,4	30,4	29,9	28,6

A – Álcali-feldspato; P – Plagioclásio; * recalculado a 100%; 1- Com base na contagem de 1500 pontos por amostra.

O feldspato potássico é do tipo microclina com tamanhos variando de 0,4 a 10 mm, entretanto os fenocristais podem apresentar até 4 cm de eixo maior. Esses cristais possuem hábito prismático subédrico, maclamento xadrez difuso e *Carlsbad*. Apresentam exsolução micropertítica do tipo *string* (SMITH, 1974) e, localmente, inclusões de quartzo e biotita. Os contatos com os cristais de quartzo são geralmente retilíneos, embora localmente irregulares e suturados; nos contatos com cristais de plagioclásio são comuns mirmequitas (Figura 3.4a). Apresentam alteração para argilominerais, são bastante fraturados e em algumas amostras são observados cristais com evidências de deformação intracristalina, com maclas retorcidas (Figura 3.4b).

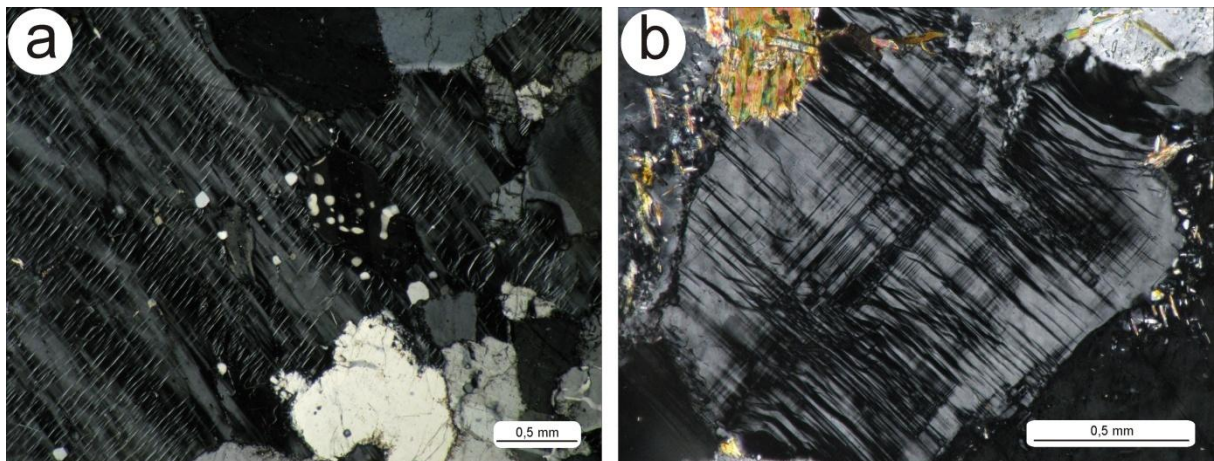


Figura 3.4 - (a) MC-88 Fotomicrografia, ilustrando feldspato potássico com pertitas do tipo *string* e mirmequitas no contato do feldspato alcalino e plagioclásio (NC). (b) MC-91 – Fotomicrografia mostrando intensa deformação do feldspato potássico (NC; próximo à zona de cisalhamento). NC - nicóis cruzado.

O plagioclásio apresenta cristais subédricos com dimensões variando de 0,5 a 7mm. Mostra normalmente maclamento albita, mas também ocorrem maclamentos albita-periclina e albita-*Carlsbad*. Em rochas mais deformadas são comuns microfraturamentos provocando ondulações no maclamento (*kink bands*) e forte extinção ondulante (Figura 3.5b), além de geminações ortogonais (Figura 3.5c). Evidências de recristalização são observadas em cristais que perdem parcialmente o maclamento (Figura 3.5d). Em alguns cristais a variação na intensidade da alteração sugere zoneamento concêntrico (Figura 3.5a). Os contatos intercristalinos normalmente são suturados (serrilhados), ocorrendo localmente de forma poligonal. Ocorrem ainda cristais com borda recristalizada originando uma textura mortar.

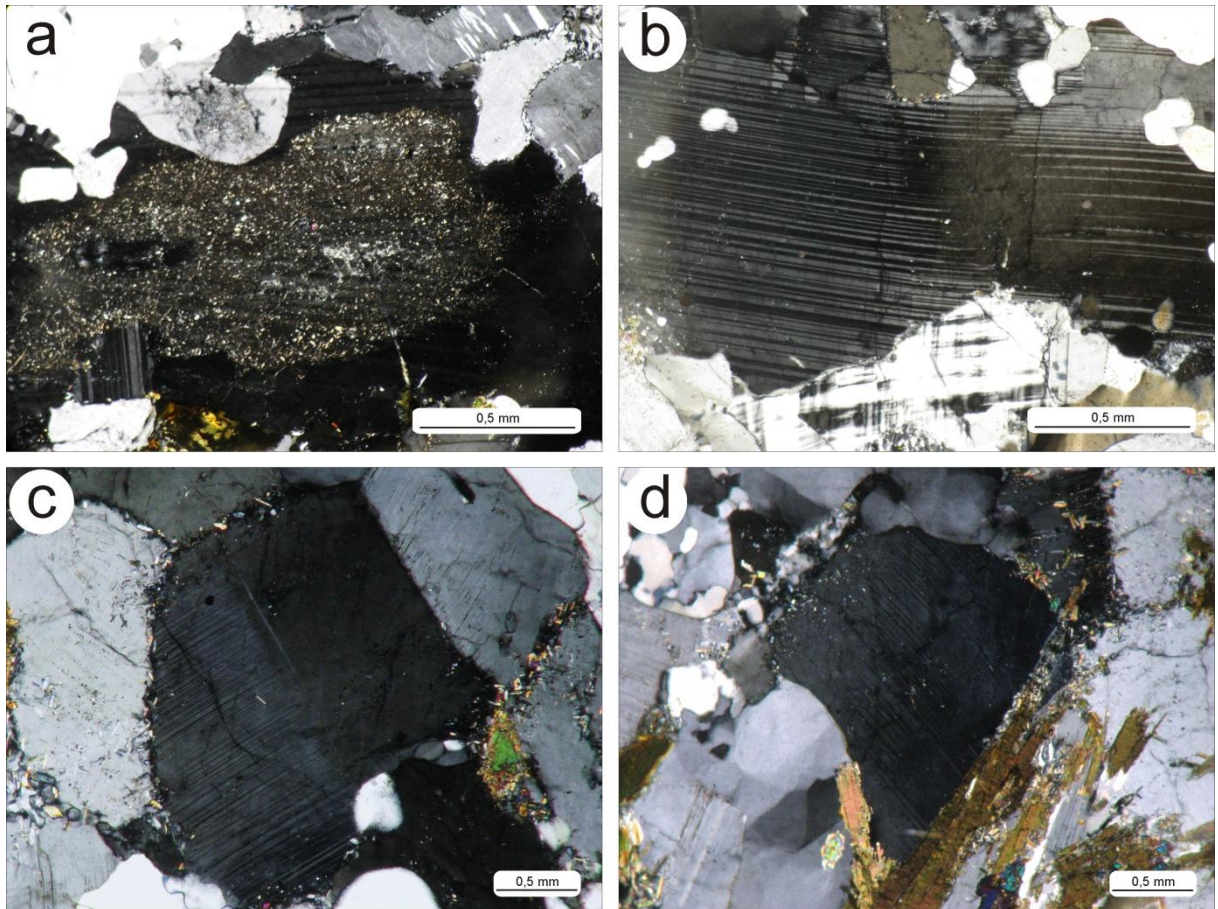


Figura 3.5 - (a) MC-88 – Fotomicrografia de plagioclásio com alteração concêntrica (NC); (b) MC-91 - Fotomicrografia ilustrando cristal com maclas distorcidas (*kink bands*) e extinção ondulante (NC); (c) MC-103 - Fotomicrografia apresentando cristal com geminação ortogonal (NC); (d) MC-81- Fotomicrografia de cristal de plagioclásio deformado, com maclas retorcidas (NC). NC- nicóis cruzados.

O quartzo ocorre de três maneiras: Qz_1 cristais xenomórficos granulares, com tamanhos de 0,3 a 1,0 mm, extinção ondulante moderada e contatos curvos ou serrilhados; Qz_2 agregados policristalinos xenomórficos finos, com contatos irregulares, suturados ou ondulados, localmente poligonais; Qz_3 em inclusões granulares em cristais de plagioclásio.

Nas amostras estudadas, o quartzo é um dos minerais mais susceptíveis à deformação plástica, com mecanismos de deformação evidenciados por estruturas intra e intercrystalina. Observam-se evidências de migração de borda de grãos através de contatos lobados e embaiados (Figura 3.6a, c). Alguns cristais apresentam forte extinção ondulante e deformação lamelar (PASSCHIER; TROUW, 2005). Esta feição, marcada pela presença de subgrãos com contatos retilíneos e disposição de eixos-C ortogonais (Figura 3.6d,f), aponta para deformação de temperaturas elevadas (AVÉ'LALLEMENT; CARTER, 1971; KRUHL, 1996).

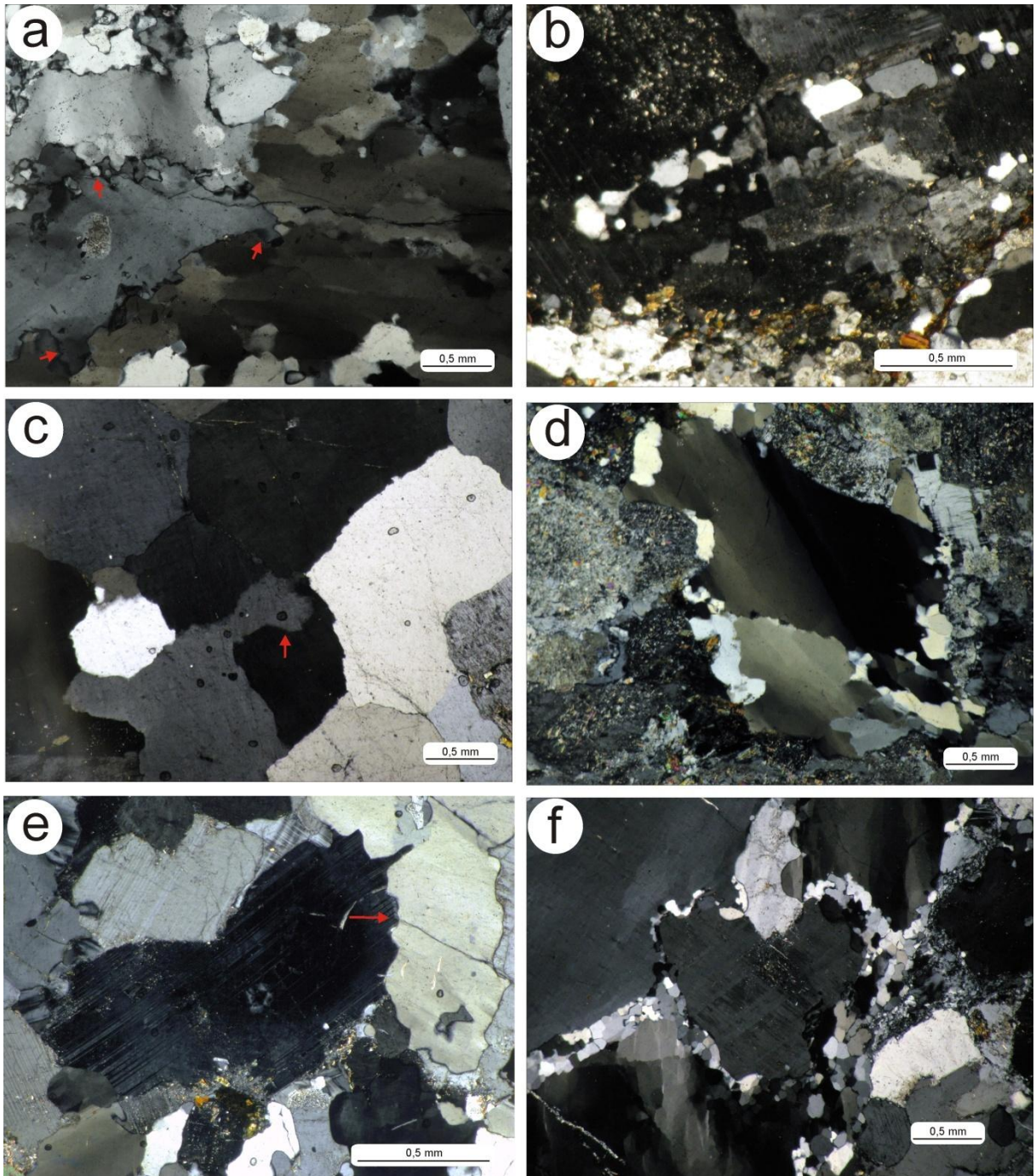


Figura 3.6 - (a) MC-88- Fotomicrografia apresentando cristais de quartzo com contatos intercrystalinos interlobados (NC); (b) PC-01- cristais de quartzo recrystalizados estirados no eixo C (NC); (c) PC-01- cristais de quartzo com contatos intercrystalinos interlobados e textura poligonal (NC); (d) MC-103- Cristal de quartzo com deformação lamelar (NC); (e) MC-91- cristal de quartzo buldinado (NC); (f) PC-14a- microcristais recrystalizados de quartzo e feldspatos em textura mortor (NC). NC- nicóis cruzados. Microestruturas indicadas pelas setas vermelhas.

A recristalização é um dos principais mecanismos atuantes durante a deformação. Aparecem feições como microbuldinagem (Figura 3.6e), denotando que a ela foi favorecida nos limites de grãos. A recristalização também é evidenciada pela formação de subgrãos estirados no eixo c (Figura 3.6b), desenvolvimento de matriz microcristalina no contato intercristais (Figura 3.6f) e presença de cristais com contatos suturados poligonais (Figura 3.6c). O quartzo também ocorre como mirmequita no contato do feldspato alcalino e plagioclásio (Figura 3,4a).

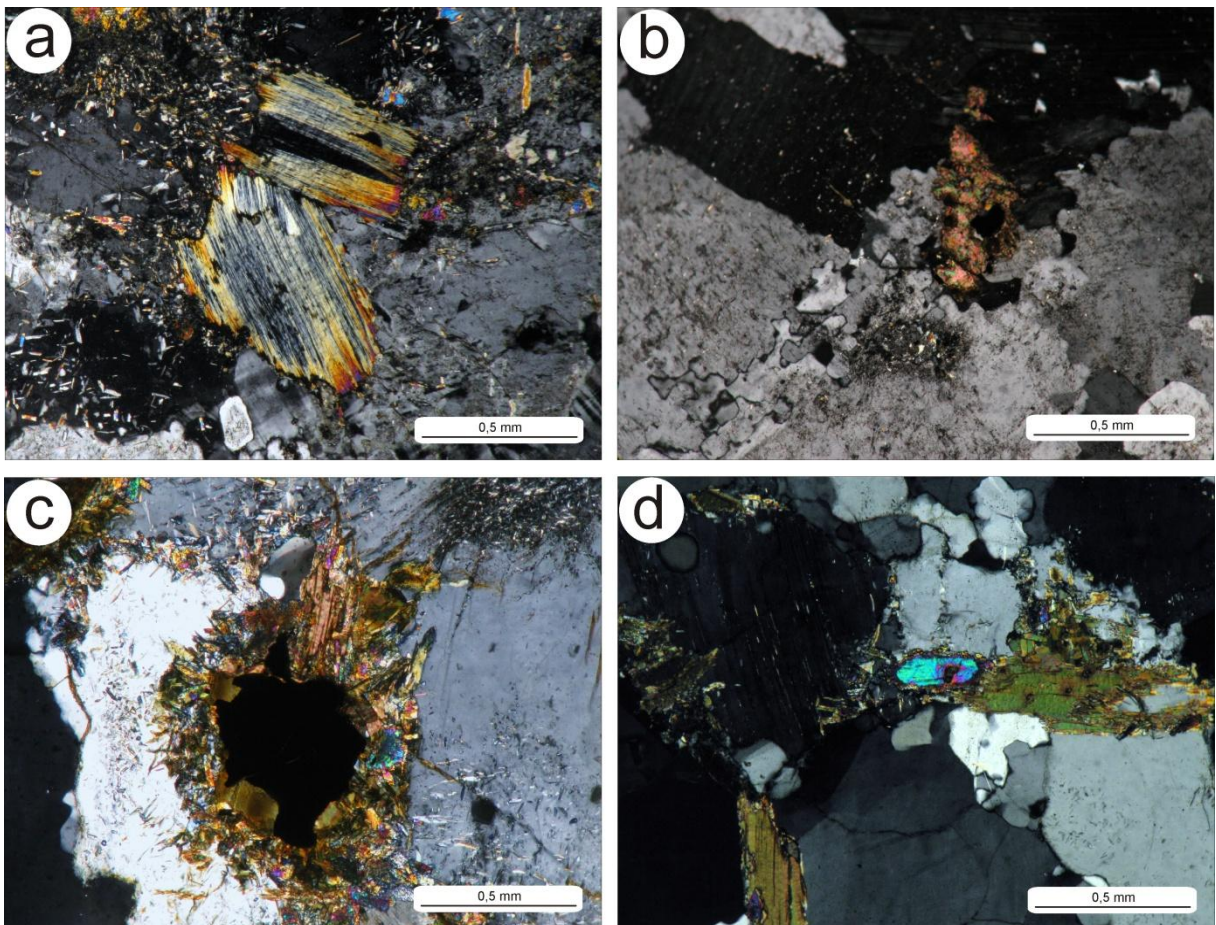


Figura 3.7 - (a) PCJ-34C- Fotomicrografia mostrando biotita cloritizada com bordas levemente corroídas; na porção superior observam-se finos cristais de epidoto; (b) PC-14A- Fotomicrografia de titanita associada a minerais opacos; (c) MC-103- mineral opaco bordejado por titanita, biotita e epidoto; (d) MC-81- Biotita com inclusão de epidoto subédrico. Fotomicrografias sob nicóis cruzados.

A biotita apresenta cor marrom e seu pleocroísmo varia de marrom esverdeado a castanho pálido. Os cristais são subédricos com hábito lamelar e dimensões de 0,3 a 0,8 mm. Pode ocorrer inclusive em cristais de plagioclásio e feldspato potássico. Possuem bordas levemente corroídas e são freqüentes inclusões de apatita, zircão e

minerais opacos. De modo geral, estão intensamente cloritizadas (Figura 3.7a) e freqüentemente associadas a minerais opacos e epídoto (Figura 3.7c).

A titanita apresenta cor marrom e leve pleocroísmo, variando de marrom claro a marrom escuro. Ocorre sob forma de cristais hipidiomórficos associados principalmente com opacos, biotita e epídoto (Figura 3.7b). A apatita ocorre com hábito acicular, extinção reta, baixa cor de interferência e possui divisibilidade basal. Ocorre inclusa nos cristais de plagioclásio e biotita. O zircão é caracterizado por finos cristais subédricos apresentando alta cor de interferência.

O epídoto ocorre em geral de duas maneiras: Ep₁ Cristais hipidiomórficos a xenomórficos, associados a cristais de biotita e minerais opacos (Figura 3.7d), podendo mostrar bordas bastante corroídas; Ep₂ cristais finos xenomórficos, como produto de alteração do plagioclásio.

Minerais opacos e outras fases acessórias foram caracterizadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) através de imagens de elétrons retroespalhadas (*backscattered images*) (Figura 3.8) e análises semiquantitativas de EDS (*Energy Dispersive Spectrometry*) (Tabela 3.2). As análises de MEV confirmaram a presença dos minerais descritos em microscopia óptica convencional e revelaram a natureza dos minerais opacos presentes nos leucogranitos potássicos.

Os cristais de minerais opacos são, em geral, subédricos a anédricos (Figura 3.8b) e ocorrem associados à biotita, epídoto, titanita e apatita (Figura 3.8c). As fases identificadas foram magnetita e ilmenita, esta última apresentando-se como cristais individuais bordejando ou preenchendo fraturas na magnetita (Figura 3.8a) ou, ainda, como Ilmenita em treliça. .

A associação magnetita-ilmenita, somada aos altos teores de titânio encontrado nas ilmenitas (tabela 3.2), sugere reequilíbrio dessas rochas no estágio pós-magmático, onde a titanomagnetita primária se transformou em intercrescimentos de magnetita e ilmenita por processos de oxi-exsolução durante o resfriamento (BUDDINGTON; LINDSLEY, 1964; DALL'AGNOL; COSTI; LEITE, 1997; FIGUEIREDO et al., 2003).

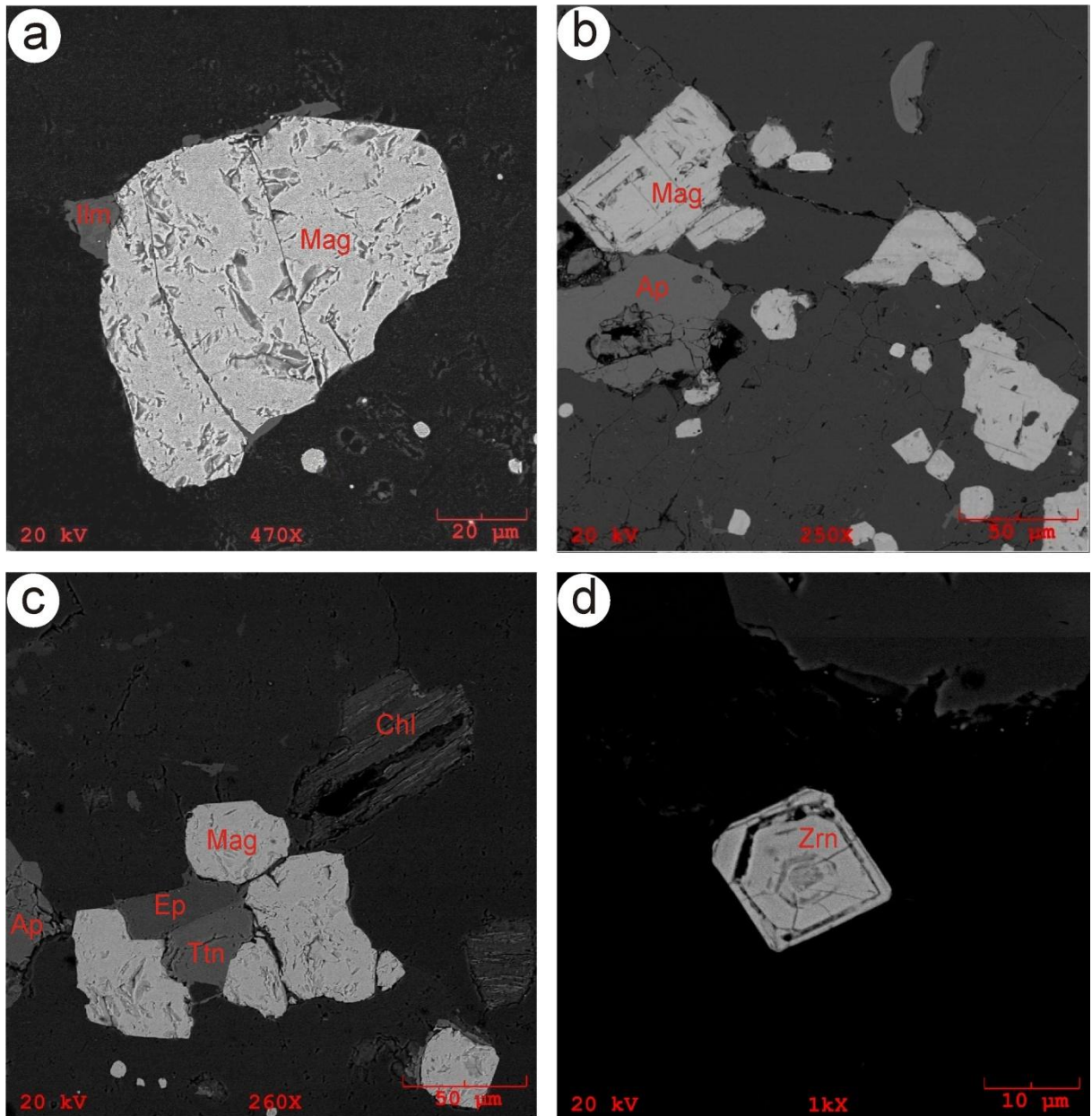


Figura 3.8 – Imagens de elétrons retroespalhados obtidas em MEV. (a) Cristal anédrico de magnetita, bordejado e com Ilmenita preenchendo fraturas . (b) cristais prismáticos subédricos a anédricos de magnetita . (c) agregado mineral formado por biotita cloritizada, magnetita, epídoto, titanita e apatita. (d) monocristal prismático de zircão com zonas bem definidas. *Zrn* - Zircão, *Mag* - Magnetita, *Ilm* - Ilmenita, *Ttn* – Titanita, *Ap* - Apatita, *Chl* - Clorita, *Ep* – Epídoto.

Tabela 3.2- Composições semiquantitativas (EDS) dos principais minerais acessórios constituintes dos leucogranitos estudados.

AMOSTRA	Mineral- BDS	O	F	Mg	Al	Si	P	Ca	Ti	Mn	Fe	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U
PC-03A	Zrn-1	27,37	-	-	-	12,98	0,95	1,07	-	-	-	0,79	51,42	1,07	0,44	0,41	2,38	0,75	0,19	0,17
PC-03A	Zrn-2	25,78	-	-	-	13,21	0,73	0,08	-	-	-	0,85	54,1	1,16	0,41	0,39	1,94	1,05	0,09	0,23
PC-03A	Zrn-3	26,65	-	-	-	13,21	0,97	0,3	-	-	-	0,86	52,62	1,16	0,43	0,43	2,23	0,8	0,13	0,21
PC-03A	Zrn-4	28,04	-	-	-	13,07	0,88	1,01	-	-	-	0,73	50,44	1,03	0,33	0,49	2,73	0,82	0,01	0,41
PC-03A	Zrn-5	27,5	-	-	-	13,11	0,96	1,08	-	-	-	0,68	51,09	1,1	0,46	0,3	2,48	0,79	0,14	0,32
PC-03A	Zrn-6	26,53	-	-	-	13,08	0,85	0,73	-	-	-	0,87	52,58	1,22	0,33	0,43	2,23	0,83	0,14	0,18
PC-14A	Zrn-1	28,38	-	-	-	12,84	1,02	1,35	-	-	-	0,71	50,32	1,25	0,2	0,37	2,5	0,76	0,05	0,24
PC-14A	Zrn-2	27,44	-	-	-	13,09	0,81	1,53	-	-	-	0,78	51,24	1,03	0,23	0,45	2,18	0,77	0,18	0,27
PC-14A	Zrn-3	26,74	-	-	-	13,09	1,04	0,37	-	-	-	0,69	52,71	1,32	0,36	0,41	2,26	0,64	0,12	0,25
PC-03A	Mag1	26,08	-	-	-	-	-	-	0,14	0,11	73,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC-14A	Mag2	25,29	-	-	-	-	-	-	0,08	-	74,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC-14A	Mag3	24,99	-	-	-	-	-	-	-	-	75,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC-14A	Mag4	24,55	-	-	-	-	-	-	0,08	-	75,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC-14A	Ilm-3	36,74	-	-	-	1,62	12,92	17,08	30,4	-	1,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC-03A	Ttn-4	35,15	-	-	-	2,68	-	2,9	32,43	3,37	23,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC-03A	Ttn-5	33,03	-	-	-	0,15	-	0,24	35,26	0,5	30,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC-03A	Ap-1	36,61	2,16	-	-	-	20,09	39,6	-	-	-	-	-	-	-	0,83	-	-	-	-
PC-03A	Ap-4	35,7	1,71	-	-	-	20,17	40,51	-	-	-	-	-	-	-	0,98	-	-	-	-
PC-14A	Ap-1	34,79	1,94	-	-	-	20,24	41,6	-	-	-	-	-	-	-	0,63	-	-	-	-
PC-03A	Chl-5	44,38	-	9,42	11,22	13,83	-	0,14	0,13	0,5	20,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC-14A	Chl-6	47,19	-	10,76	9,64	15,97	-	0,96	-	-	15,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC-14A	Ep-5	40,89	-	-	12,62	19,19	-	18,07	-	-	9,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-

BDS - *backscattered electrons* (Imagem de elétrons retro-espalhados); Zrn - Zircão; Mag- Magnetita; Ilm- Ilmenita; Ttn - Titanita; Ap- Apatita; Chl- Clorita; Ep - Epidoto.

3.2 TRONDHJEMITOS

Os trondhjemitos estudados ocorrem na porção sul-sudeste do Granito São João. (Figura 3.1). Ao sul, próximo a Vila Fogão Queimado, são limitados por rochas granodioríticas.

Mesoscopicamente estas rochas apresentam textura granular média a grossa e coloração cinza clara. Em geral, mostram bandamento composicional, com alternância de bandas claras e escuras e foliação NW-SE (Figura 3.9a); localmente ocorrem variações com cristais grossos de plagioclásio e foliação incipiente (Figura 3.9b). São comuns mobilizados quartzo-feldspáticos concordantes ou não ao bandamento (Figura 3.9a,c) e vênulas epidotizadas (Figura 3.9d).

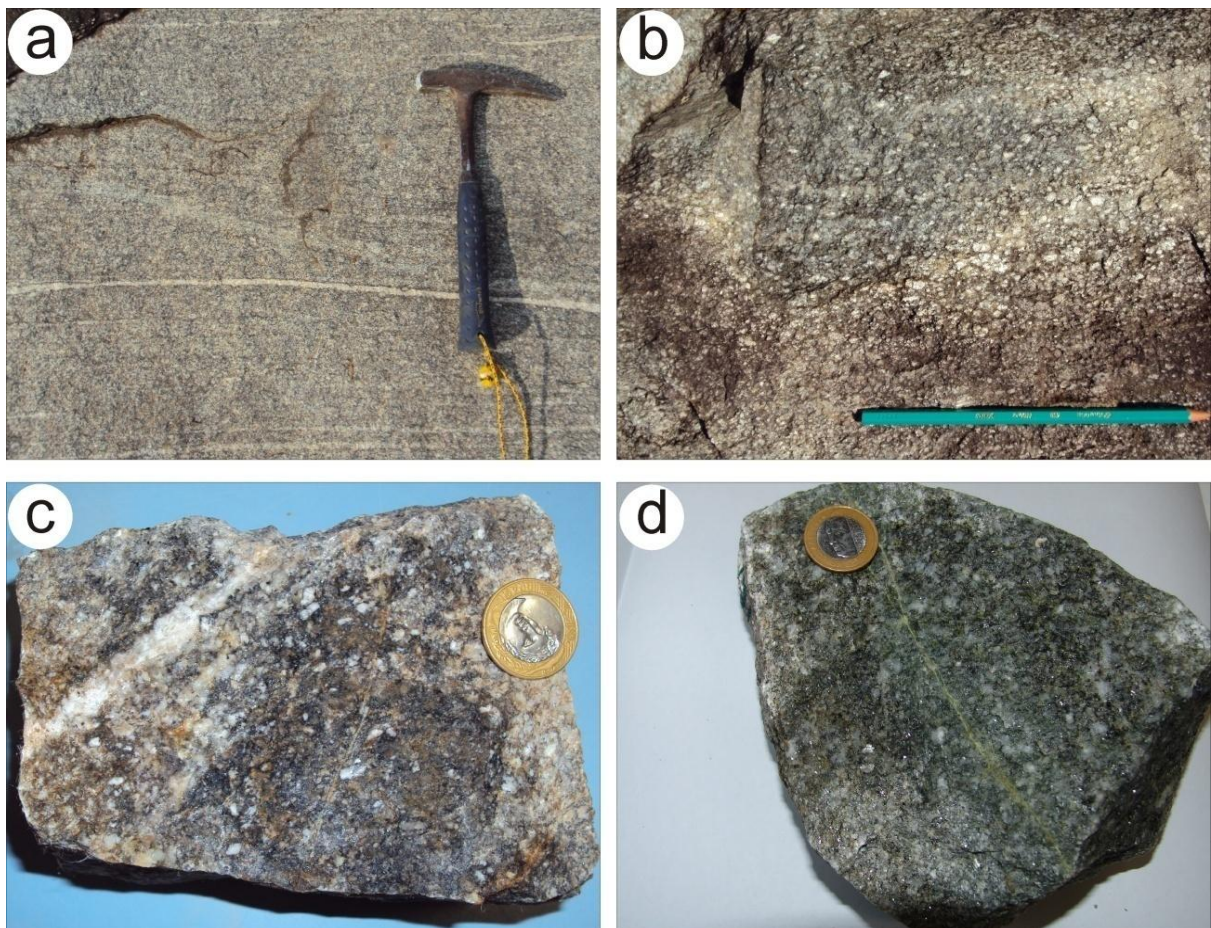


Figura 3.9 - (a) MC-121 aspecto comum dos trondhjemitos com bandamento gnáissico e mobilizados quartzo-feldspáticos; (b) MC-127 rocha com foliação incipiente; (c) MC-119 e (d) PCJ-16 aspecto mesoscópico das rochas estudadas; em c presença de mobilizado quartzo-feldspático e em d, de vênulas epidotizadas.

Em análise microscópica de lâminas delgadas, orientadas segundo cortes paralelos ao plano XZ do elipsóide de deformação finita, observa-se modificação da textura original, em diferentes intensidades, pela deformação que varia desde incipiente, afetando apenas o quartzo, até intensa, deformando feldspatos. Essas feições deformacionais são marcadas pelo desenvolvimento de textura mortar similar à descrita anteriormente nos leucogranitos potássicos. São caracterizadas pela cominuição e recristalização do quartzo e formação de subgrãos no plagioclásio que são contornados pela matriz fina proveniente de recristalização. Em geral, essa feição é observada em zonas de maior deformação, com a rocha assumindo aspecto fortemente orientado.

Foram selecionadas 5 amostras para análises modais e os resultados são apresentados na Tabela 3.3. As rochas estudadas são constituídas essencialmente por plagioclásio e quartzo, com teores modais médios de 57,6% e 33,9% respectivamente. O feldspato potássico é um constituinte acessório nesta unidade, com teores modais entre 0,5% e 3,2% (média de 1,6%).

A biotita é o principal mineral varietal com proporções entre 2,7% e 5,9%, sendo notável a ausência de anfibólio e a presença de conteúdos modais expressivos de epídoto magmático. Os minerais acessórios constituem em média 2,8% da rocha e são representados por opacos, epídoto, apatita, titanita e muscovita.

Nos diagramas Q-A-P e Q-(A+P)-M (STRECKEISEN, 1976), as amostras analisadas plotam no campo dos trondhjemitos-tonalitos (Figura 3.10). A quantidade de minerais máficos nessas rochas é, no máximo, de 8,5%, o que permite classificá-las com trondhjemitos (LE MAITRE, 2002). Essas rochas possuem um comportamento similar ao das séries cálcico-alcálicas trondhjemíticas de baixo potássio (LAMEYRE; BOWDEN, 1982) ou cálcico-alcálicas tonalítica-trondhjemíticas (BOWDEN et al., 1984). Comparativamente, mostram conteúdos modais similares àqueles identificados no Trondhjemito Mogno (GUIMARÃES, 2009; Figura 3.10)

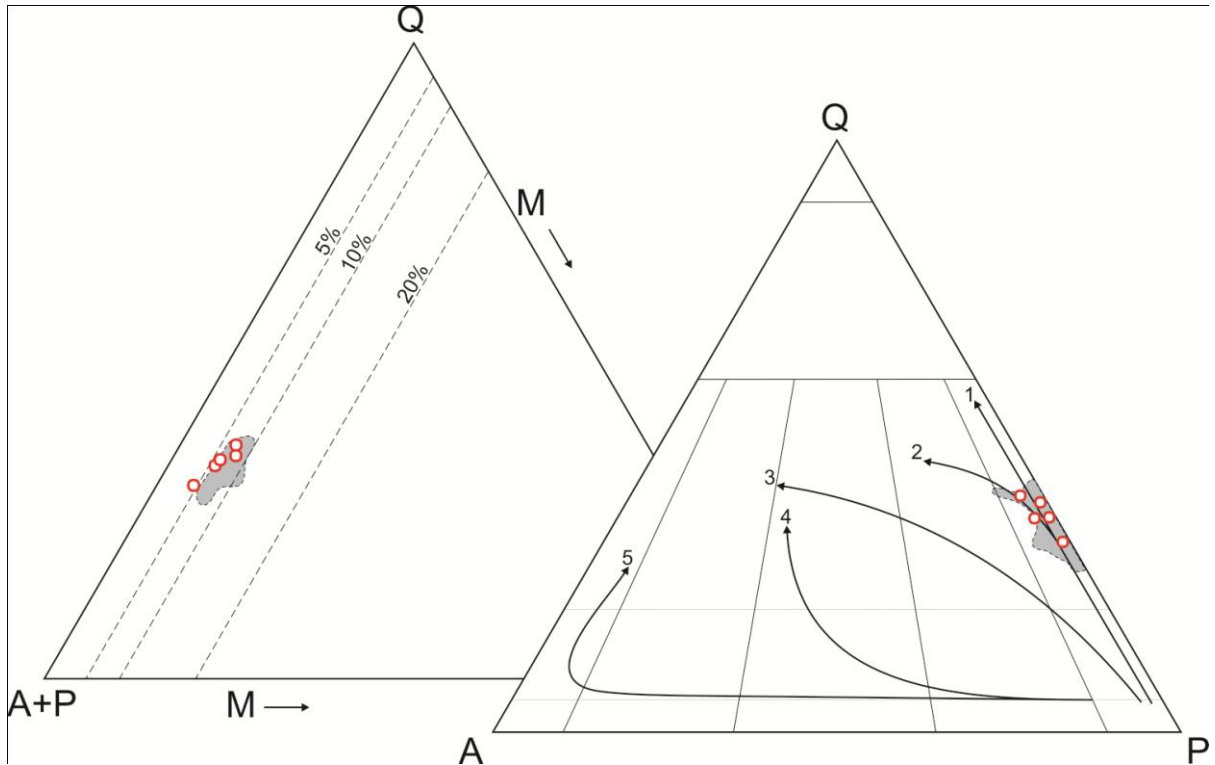


Figura 3.10 - Diagramas modais Q-A-P e Q-(A+P)-M (STRECKEISEN, 1976) para as rochas trondjemíticas estudadas. 1 a 5: *trends* evolutivos de séries granitóides (LAMEYRE; BOWDEN, 1982; BOWDEN et al., 1984): 1- Toleítica; 2, 3 e 4- Cálculo-alcalinas Tonalítica (ou trondjemíticas), granodiorítica e monzonítica (ou shoshonítica); 5- Alcalina e peralcalina. O campo cinza representa a distribuição dos pontos das composições modais do Trondhemito Mogno (GUIMARÃES, 2009).

Tabela 3.3 Análises modais¹ dos trondjemitos estudados

	PCJ-16	PCJ-29B	PCJ-31C	MC-120B	MC-121	MÉDIA
Quartzo	35,3	36,6	30,4	33,6	33,7	33,9
Feldspato potássico	0,8	3,2	0,7	2,9	0,5	1,6
Plagioclásio	55,4	52,7	63,8	57,1	59,1	57,6
Biotita	5,9	5,4	2,8	3,7	2,7	4,1
Epídoto	0,6	1,2	0,8	1,7	2,3	1,3
Opacos	0,7	0,5	0,6	0,5	0,9	0,6
Apatita	0,2	-	0,2	-	0,1	0,2
Muscovita	0,6	-	0,4	0,3	0,2	0,3
Titanita	0,5	0,4	0,3	0,2	0,4	0,4
Máficos (M)	8,5	7,5	5,1	6,4	6,7	6,8
A+P	56,2	55,9	64,5	60,0	59,6	59,2
Quartzo*	38,6	39,6	32,0	35,9	36,1	36,4
Feldspato potássico*	0,9	3,5	0,7	3,1	0,5	1,7
Plagioclásio*	60,5	57,0	67,2	61,0	63,3	61,8

A – Álcali-feldspato; P – Plagioclásio; * recalculado a 100%; 1- Com base na contagem de 1500 pontos por amostra

Microscopicamente essas rochas possuem textura granular hipidiomórfica média a grossa, localmente xenomórfica ou com orientação incipiente. São constituídas essencialmente por plagioclásio e quartzo (Figura 3.11). O mineral varietal é representado pela biotita. As fases acessórias são muscovita, zircão, apatita, titanita, epídoto e minerais opacos (magnetita e ilmenita).

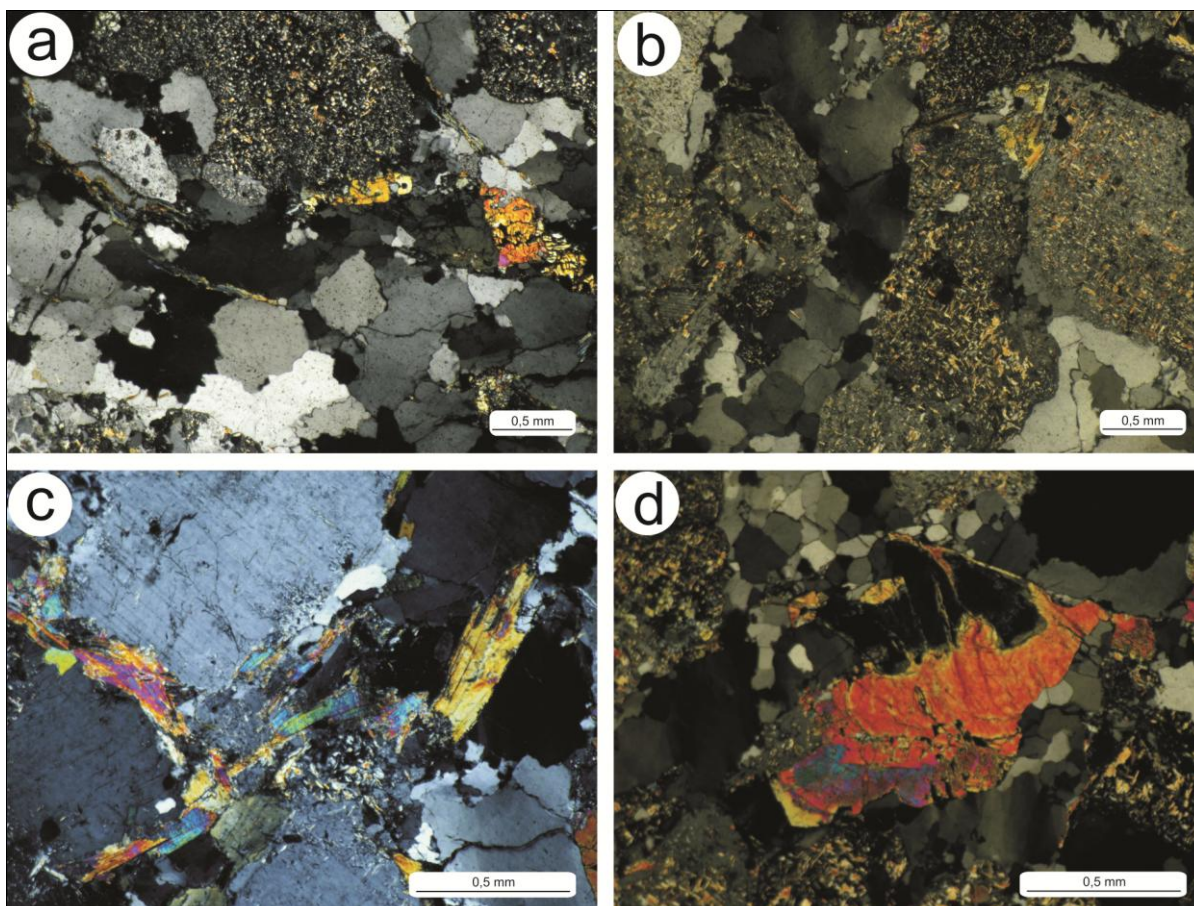


Figura 3.11- (a) MC-120B e (b) PCJ-29B - Fotomicrografias mostrando aspecto textural das rochas trondhjemíticas estudadas; notar expressiva alteração dos cristais de plagioclásio (NC); (c) MC-123 - Detalhe de cristais (de quartzo e plagioclásio) com bordas cominuídas e aspectos texturais da biotita (NC); (d) MC-121- Fotomicrografia, Detalhe de cristal bem desenvolvido de epídoto (primário?). NC – Nicóis cruzados.

O plagioclásio ocorre em cristais hipidiomórficos com tamanho variando 0,5 a 4,0 mm. Possuem maclamento albita, albita-periclina e albita-*Carlsbad*. A maioria dos cristais ocorre intensamente alterado, produzindo uma paragênese secundária de sericita+epídoto+muscovita+carbonato. Alguns cristais apresentam maior alteração na porção central, sugerindo núcleos mais cálcicos e zoneamento concêntrico. Os cristais se apresentam fraturados, com contatos intercristalinos retos ou serrilhados, por vezes microfraturados provocando ondulações no maclamento

(*kink bands*). Registram-se geminações pontiagudas com terminações voltadas para o interior do grão, sugerindo maior participação da deformação ao longo da borda do mesmo (Figura 3.12a). São comuns inclusões de quartzo, biotita e titanita.

A recristalização do plagioclásio é comum nas amostras estudadas. Evidencia-se também a participação de mecanismo de recristalização associado à migração de borda de grãos, com a interrupção da geminação do cristal original. Nota-se, em algumas lâminas, que a recristalização dinâmica foi suficientemente intensa para gerar textura granoblástica com poligonização generalizada de plagioclásio e quartzo.

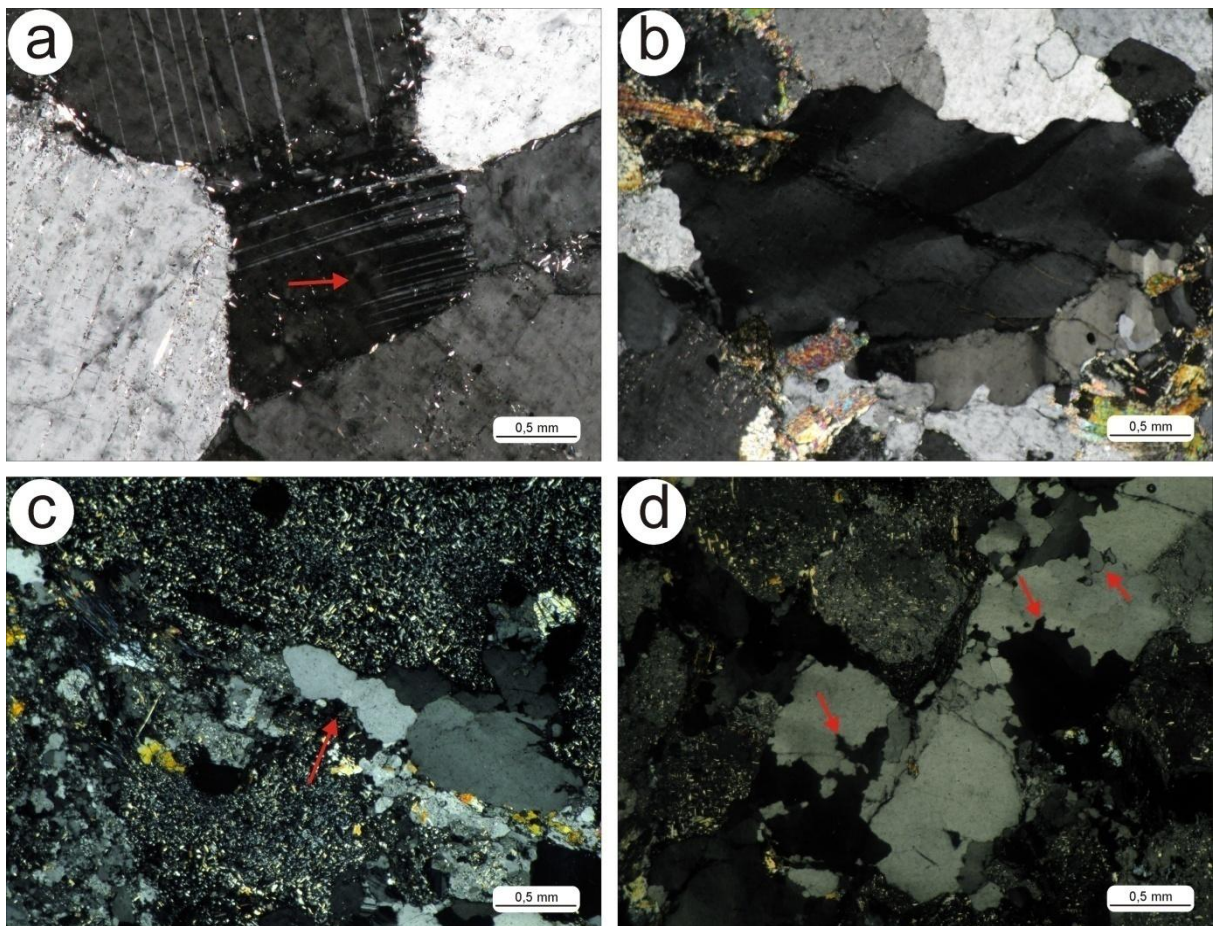


Figura 3.12- Fotomicrografias (a) PCJ-29B - Plagioclásio com geminações pontiagudas voltadas para o centro do cristal (NC); (b) MC-123- Quartzo com forte extinção ondulante e deformação lamelar (NC); (c) MC-119- Cristal de quartzo buldinado (NC); (d) MC-121- Cristais de quartzo com contatos intercristalinos interlobados. Microestruturas indicadas pelas setas vermelhas (NC). NC - nicóis cruzado.

O quartzo ocorre de três maneiras: Qz₁ cristais xenomórficos a hipidiomórficos granulares, com moderada extinção ondulante e contatos curvos ou serrilhados, com tamanho variando de 0,3 a 1,0 mm. Alguns cristais apresentam-se deformados com forte extinção ondulante, deformação lamelar (Figura 3.12b) e, localmente, com desenvolvimento *microbulgings* (Figura 3.12c). Observam-se evidências de recristalização com migração de borda de grãos através de contatos lobados e embaiados (Figura 3.12d); Qz₂ agregados policristalinos xenomórficos finos, com contatos irregulares, suturados ou ondulados, localmente com contatos poligonais, resultantes de recristalização e desenvolvimento de matriz microcristalina no contato intercristalinos; Qz₃ em inclusões granulares em cristais de plagioclásio.

O feldspato potássico é do tipo microclina e ocorre como cristais xenomórficos, de granulação fina a média, com contatos ondulados com os cristais de quartzo e retilíneos entre si. São tardios, preenchendo interstícios. Apresentam inclusões de plagioclásio e biotita.

A biotita ocorre como lamelas hipidiomórficas de granulação fina a média, em geral orientadas, definindo a foliação da rocha. Forma agregados com cristais de titanita e epídoto magmático, com os quais apresenta contatos retos, denotando relações de equilíbrio e contemporaneidade em termos de cristalização. Apresenta-se, ainda, como inclusão em cristais de plagioclásio e feldspato potássico. Localmente é substituída parcial a totalmente por clorita que se posiciona preferencialmente ao longo dos seus planos de clivagem.

O epídoto ocorre em duas variedades texturais: Epidoto₁, cristais hipidiomórficos a xenomórficos dispersos na rocha, isolados ou associados com outros minerais, em geral biotita; Epidoto₂, cristais muito finos, xenomórficos, produtos de saussuritização do plagioclásio.

Os minerais secundários são representados por sericita, muscovita e epídoto que ocorrem como cristais xenomórficos, de granulação fina, substituindo o plagioclásio. Na biotita ocorre, em alguns cristais, alteração para clorita, ao longo dos planos de clivagem.

Os minerais opacos foram caracterizados por meio de imagens de elétrons retroespalhados (Figura 3.13) e análises semiquantitativas de EDS (Tabela 3.2).

Assim como nos leucogranitos potássicos, a ocorrência de magnetita e ilmenita em treliça sugere que essas rochas foram reequilibradas no estágio pós-magmático, onde a titanomagnetita primária se transformou em intercrescimentos de

magnetita e ilmenita por processos de oxi-exsolução durante seu resfriamento (BUDDINGTON; LINDSLEY, 1964; DALL'AGNOL; COSTI; LEITE, 1997; FIGUEREDO et al., 2003).

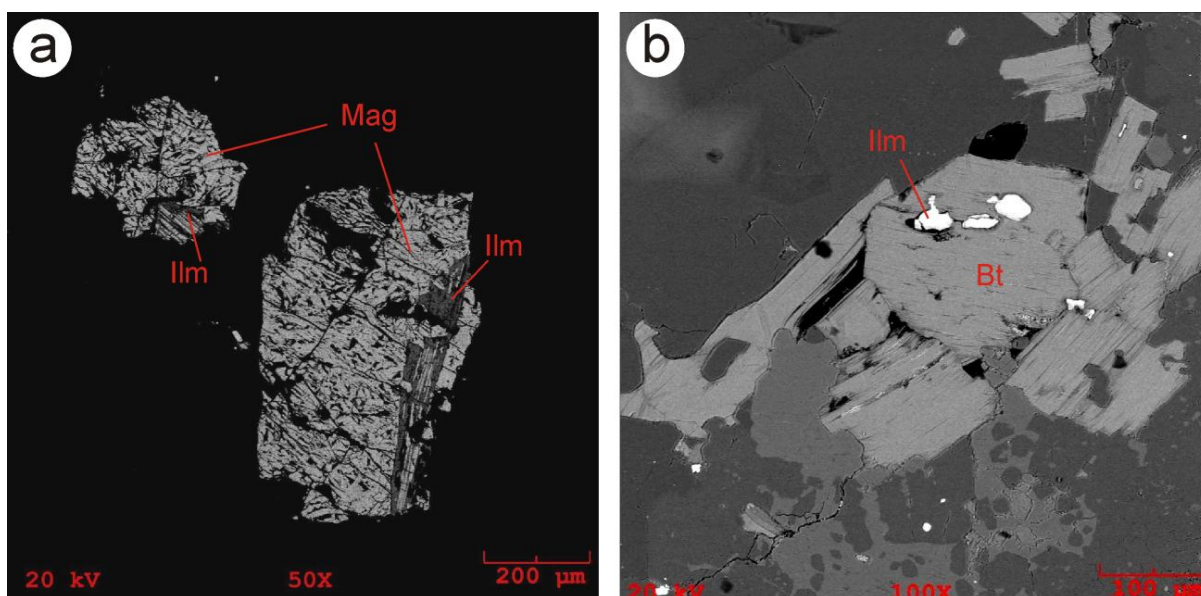


Figura 3.13 – Imagens de elétrons retroespalhados obtidas em MEV. (a) PCJ-29B, cristais subédricos de magnetita com intercrescimento de ilmenita em treliça; (b) PCJ-31C, cristais subédricos a anédricos de ilmenita, inclusos em cristais de biotita.

Tabela 3.4- Composições elementares semiquantitativas (EDS) dos minerais opacos dos trondhjemitos estudados

AMOSTRA	Mineral	O	Ti	Mn	Fe
PCJ-31C	Ilm-1	29,42	31,75	3,32	35,51
PCJ-31C	Mag-2	29,59	4,67	0,49	65,25
PCJ-31C	Ilm-3	29,36	32,15	3,75	34,74
PCJ-29b	Mag-3	20,04	0,11	0,05	68,70
PCJ-29b	Ilm-3	29,97	26,92	3,01	40,11

Mag- Magnetita; *Ilm*- Ilmenita

3.3 GRANODIORITOS

As rochas granodioríticas estão restritas ao sul da área, às proximidades da Vila Fogão Queimado, e não se estendem até o Granito São João como proposto por Santos e Pena Filho (2000b) em mapeamento 1:250.000. Estas rochas variam de granodioritos, comumente contendo enclaves máficos orientados, a quartzo dioritos (Figura 3.14a,b) São rochas faneríticas médias a grossas, mesocráticas e de cor cinza esverdeado.

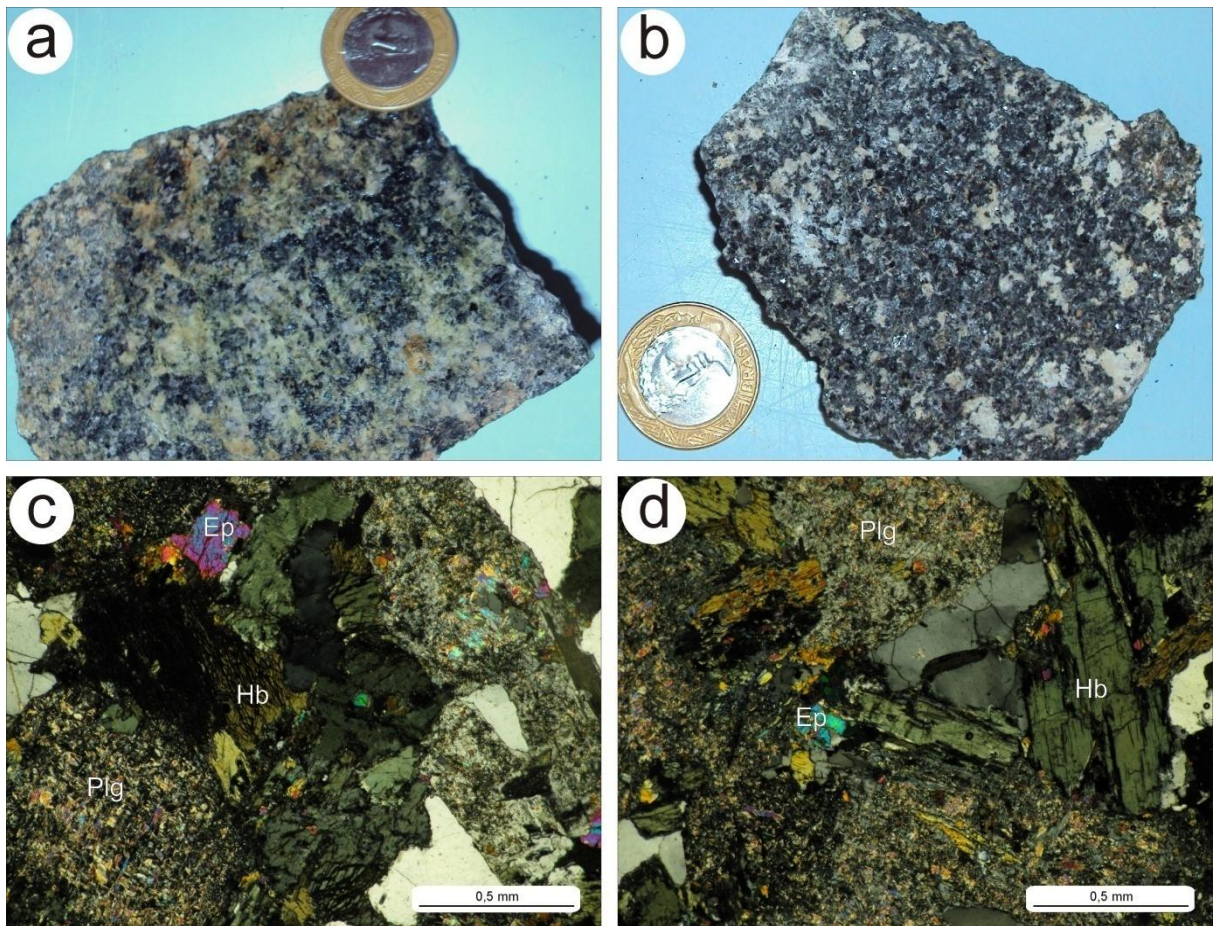


Figura 3.14 – (a) MC-124 e (b) MC-128 - Aspecto textural mesoscópico; em a é possível perceber o tom esverdeado resultante da alteração dos plagioclásios. (c, d) MC-128 - Fotomicrografias, mostrando o aspecto textural e mineralogia principal (NC). Em ambas as microfotografias os cristais de Plagioclásio estão fortemente saussuritizados. Em c, no canto superior esquerdo, notar cristal euédrico bem desenvolvido de epidoto (primário?) (Plg - plagioclásio; Ep - epidoto; Hb – hornblenda; NC – nicóis cruzados).

Microscopicamente estes granodioritos apresentam granulação média e textura granular hipidiomórfica. São caracterizados principalmente por apresentarem cristais de plagioclásio intensamente saussuritizados, quartzo, hornbenda e epídoto(?) (Figura 3.14c, d). A alteração dos plagioclásios é bastante expressiva, originando epídotos secundários e lamelas sericíticas a muscovíticas bem desenvolvidas, dando à rocha um aspecto esverdeado (Figura 3.14a). Rochas granodioríticas pertencentes à Suíte Sanukitóide Rio Maria na região de Bannach (OLIVEIRA et al., 2009), mostram características petrográficas semelhantes.

3.4 DIQUES

Os vários corpos diqueformes identificados na área estudada foram descritos como diques de diabásio, riolito pórfiro e riolito (Figura 3.15). Registrou-se também a ocorrência de diques compostos que são caracterizados pela existência de dois corpos paralelos. Estes corpos possuem orientação preferencial NW-SE.

O estudo petrográfico dos diques que ocorrem na área de estudo não faz parte dos objetivos deste trabalho. Entretanto, tais rochas foram amostradas e individualizadas nos mapas de pontos e geológico.

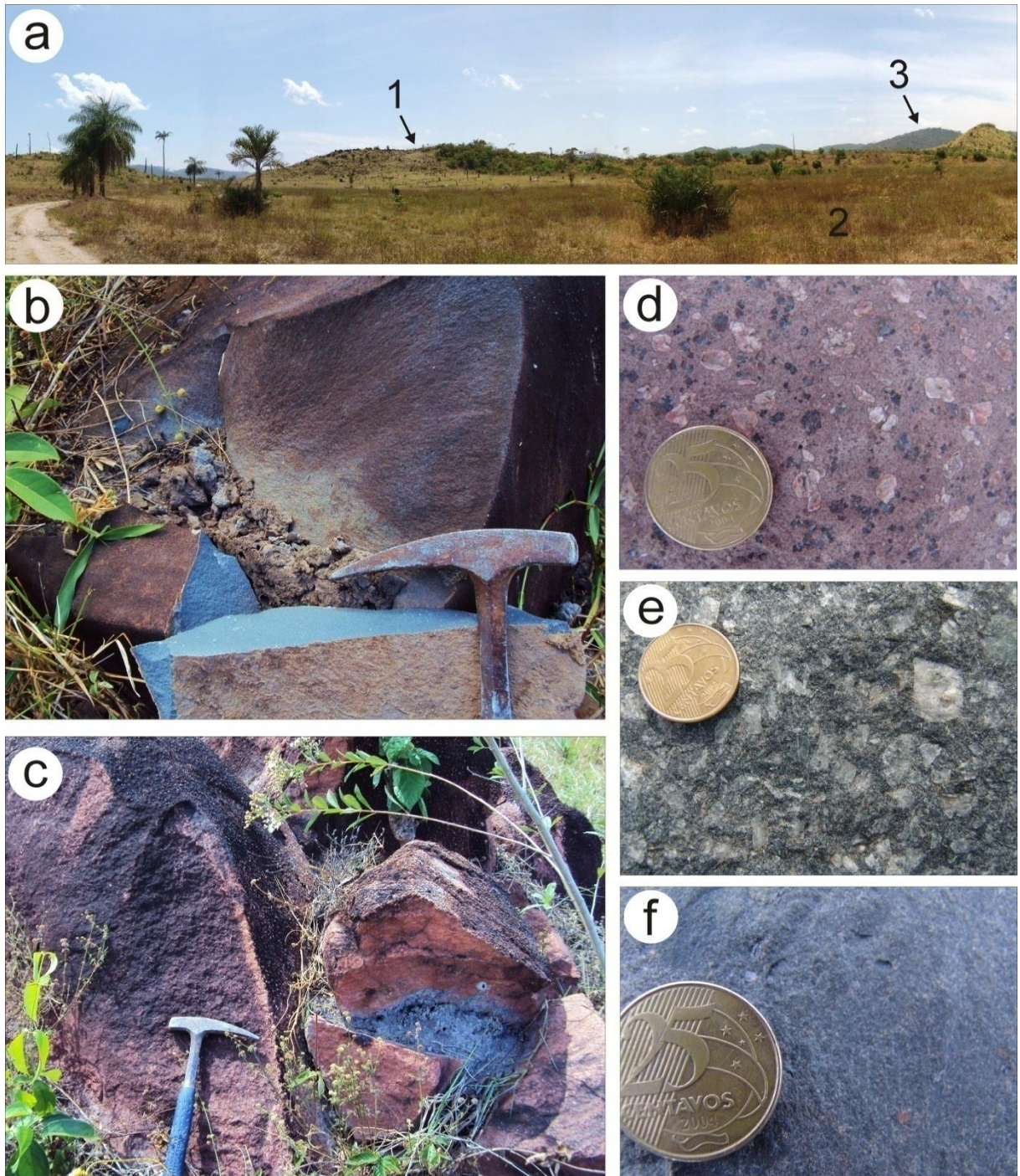


Figura 3.15 – (a) Vista geral mostrando a relação dos corpos diqueiformes com as demais unidades existentes na área estudada: 1- dique; 2- embasamento; 3- Granito São João. (b,c)- Afloramentos com ocorrência de diques máfico (b) e félsico (c). (d, e, f) Detalhe dos tipos de diques identificados : (d) riolito pórfiro, (e) dacito e (f) riolito .

4 ANÁLISES QUÍMICAS POR MEV-EDS

Análises de MEV-EDS (*Energy Dispersive Spectrometry*) permitem caracterizar geoquimicamente fases minerais constituintes das rochas, e embora os resultados obtidos sejam semiquantitativos, fornecem uma aproximação satisfatória da composição real do mineral analisado. Recentemente, diversos trabalhos envolvendo análises de MEV-EDS foram desenvolvidos em minerais como zircão, biotita e anfibólios (ABRANTES JUNIOR, 2008, 2009, 2010; LAMARÃO et al., 2007, 2010; SOLEDADE, 2010; SANTOS, Inédito) estabelecendo correlações entre composição mineral e tipo litológico.

A composição de elementos traços de zircões ígneos, determinada por microsonda eletrônica ou LA-ICP-MS (Laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry) tem sido utilizada por diversos pesquisadores. A elevada estabilidade química do zircão, associada à ocorrência em sua estrutura interna de elementos traços como Hf, Y, Nb, Th, U, ETR, Ca, e P, pode ser útil na identificação da natureza geoquímica da rocha fonte, na caracterização de fracionamento magmático e em estudos de proveniência de zircões detríticos de rochas sedimentares (MURALI et al., 1983, UHER et al., 1998, PUPIN, 1980, 2000, WANG et al., 2000, BELOUSOVA; GRIFFIN 2002, KEMP et al., 2004, LAMARÃO et al., 2007).

Vários estudos têm procurado relacionar a composição química das biotitas com a natureza magmática de suas rochas hospedeiras. Abdel-Rahman (1994) mostrou, por diagramas de elementos maiores, que a composição deste mineral é dependente, sobretudo, da natureza do magma original. Segundo Speer (1984), biotitas de rochas plutônicas são freqüentemente afetadas por reequilíbrio pós-magmático. De acordo com Nachit (1994), é possível visualizar essas diferenças e classificar as biotitas em primárias, reequilibradas e secundárias através do diagrama $10(\text{TIO}_2) - (\text{FeO} + \text{MnO}) - \text{MgO}$.

Neste estudo, foram realizadas análises de MEV-EDS em zircão e biotita presentes nos leucogranitos e trondhjemitos estudados e no Granito Xinguara e Trondhjemitito Mogno. O objetivo principal foi caracterizar e comparar quimicamente essas fases minerais, tendo em vista a grande similaridade petrográfica apresentada por essas rochas.

As análises foram realizadas no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (LABMEV) do Instituto de Geociências/UFPA, utilizando um microscópio eletrônico de varredura (MEV) da marca LEO-ZEISS, modelo 1430. As lâminas das rochas analisadas foram metalizadas a carbono para obtenção de imagens de elétrons retroespalhados e análises semiquantitativas por EDS. As condições de análise foram: corrente de feixe = 90 μ a, voltagem de aceleração constante = 20 Kv, distância de trabalho = 15 mm, tempo de análise = 30 s com 3000 a 4000 c/s para cada análise.

4.1 LEUCOGRANITO POTÁSSICO

4.1.1 Zircões

Foram selecionadas duas amostras representativas dos leucogranitos potássicos (PC-03A e PC-14A) e uma do Granito Xinguara (AL-149; Leite 2001 - amostra cedida pelo auto). Foram analisados os elementos O, Si, P, Ca, Y, Zr, Nb, Ba, Ce, Hf, Ta, Th e U num total de 68 análises (Anexo B). Os conteúdos de Hf, Y, Nb, Th, U e Zr, foram plotados nos diagramas geoquímicos Hf-Y-Nb (Figura 4.2) e Zr/Hf *versus* Hf+Y+Th+U (Figura 4.3).

Os zircões dos leucogranitos potássicos, encaixantes do Granito São João, são euédricos a subédricos, possuem fraco zoneamento, contêm raras inclusões e são pouco a moderadamente fraturados (Figura 4.1a). Seus teores de Hf variam de 1,7% a 2,9%, com valor médio de 2,3%, e os de Y de 0,6% a 1,3%, com média de 0,8%. Suas razões Zr/Hf situam-se entre 16,2 e 32,7. As concentrações médias de U, Th e Ca são inferiores a 1,5% (Anexo B).

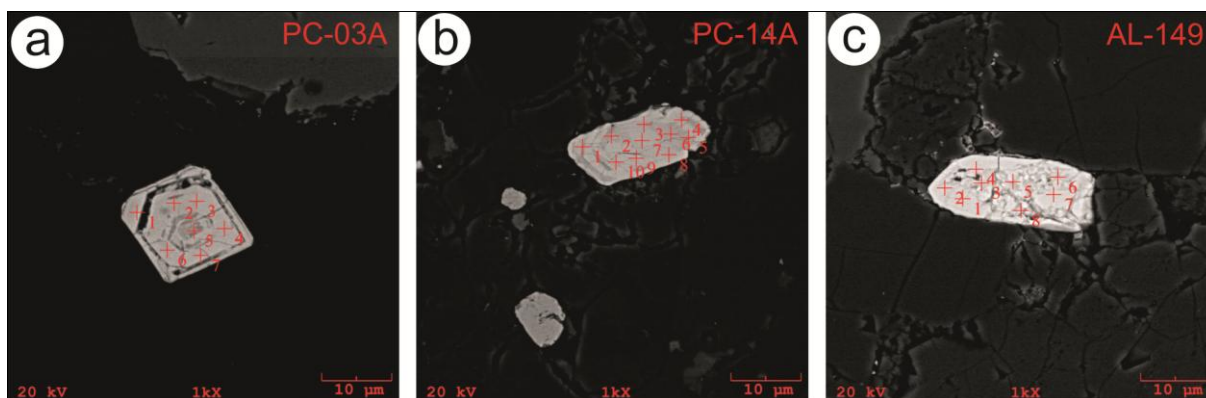


FIGURA 4.1- Imagens de elétrons retroespalhados mostrando a morfologia dos zircões analisados: (a) Leucogranito potássico. Cristal de zircão euédrico, zonado e pouco fraturado; (b) Cristais subédricos de zircão zonados; (c) Cristal subédrico de zircão, moderadamente fraturado, corroído e com inclusões. (b) e (c): Granito Xinguara. Pontos analisados em vermelho.

No Granito Xinguara os zircões analisados são predominantemente subédricos e zonados, passando a anédricos, moderadamente corroídos, fraturados e contendo inclusões (Figura 4.1b, c). Os teores de Hf variam de 2,0 a 3,6%, com valores médios de 2,6%. Suas razões Zr/Hf médias situam-se entre 13,2 e 22,0, com valor médio de 18,6. Esta razão mostra que o Granito Xinguara é um pouco mais enriquecido em Hf que o leucogranito estudado. Os teores médios de Y vão de 0,5% a 1,5%, com média de 0,9%. As concentrações médias de U, Th e Ca são inferiores a 1,2% (Anexo B).

No diagrama Zr/Hf versus Hf+Y+Th+U (Figura 4.2), observa-se uma boa superposição das análises dos zircões estudados, embora os zircões do leucogranito potássico, sobretudo os da amostra PC-03a, sejam um pouco mais empobrecidos em Hf. As concentrações de Hf+Y+Th+U são muito próximas para todos os zircões analisados, com média de 4,4%.

No diagrama Hf-Y-Nb (Figura 4.3), embora ocorra uma pequena dispersão, as análises tendem a se concentrar próximo ao vértice do Hf, indicando que os zircões analisados são comparativamente mais enriquecidos em Hf em relação a Y e Nb.

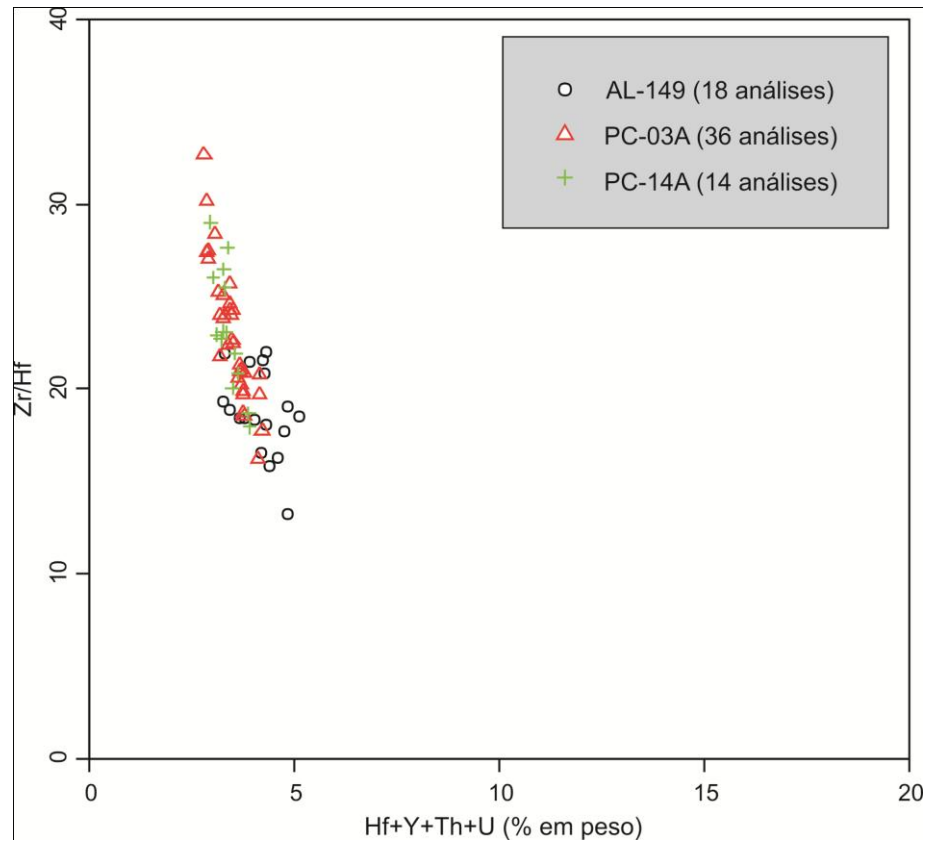


Figura 4.2- Diagrama Zr/Hf versus Hf+Y+Th+U (% peso) para zircões dos leucogranitos potássicos (PC-03a e PC-14a) e do Granito Xinguara (AL-149).

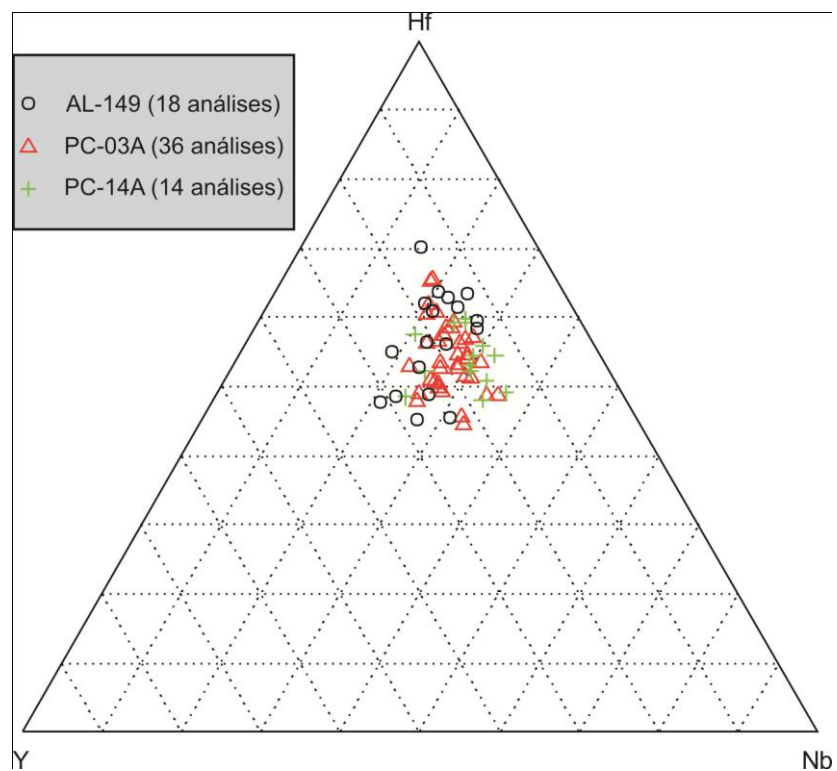


Figura 4.3- Diagrama Hf-Y-Nb (% em peso) mostrando a distribuição das análises de zircões dos leucogranitos potássicos estudados (PC-03a e PC-14a) e de zircões do Granito Xinguara (AL-149).

4.1.2 Biotitas

Foram realizadas 22 análises por EDS em biotitas da amostra PC-03a (leucogranito potássico, este estudo) e 23 em biotitas da amostra AL-62 (Granito Xinguara). Embora apresentem baixos conteúdos modais médios (2,9 e 0,8%, respectivamente) e, em alguns casos, se mostrem cloritizadas, foi possível realizar análises e interpretar os resultados. (Anexo C). Os resultados foram plotados e comparados nos diagramas $\text{FeO} - \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ (ABDEL-RAHMAN, 1994) e $10(\text{TIO}_2) - (\text{FeO} + \text{MnO}) - \text{MgO}$ (NACHIT, 1994).

As biotitas dos leucogranitos potássicos apresentam razões $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ entre 0,6 e 0,7 e Fe/Mg variando de 1,8 a 2,2. As biotitas do Granito Xinguara mostram as razões $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ e Fe/Mg mais elevadas (0,7 e 2,7 a 3,8, respectivamente; Anexo C). De acordo com os critérios de Foster (1960), essas são biotitas ferrosas por apresentarem razões $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg}) > 0,5$.

No diagrama $\text{MgO}-\text{FeO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ (Figura 4.4), as análises de EDS das biotitas estudadas plotam igualmente no campo dos granitos cálcico-alcálicos. Percebe-se que as biotitas do leucogranito potássico são um pouco mais enriquecidas em Mg que as do Granito Xinguara. Entretanto, ambas as biotitas tendem a se superpor ao campo das biotitas do Granito Xinguara analisadas por Leite (2001) através de microsonda eletrônica.

No diagrama $10(\text{TIO}_2) - (\text{FeO} + \text{MnO}) - \text{MgO}$ (NACHIT, 1994), que classifica as biotitas em primárias, reequilibradas e secundárias, as biotitas do leucogranito potássico e do Granito Xinguara analisadas por EDS mostram um *trend* vertical do campo das biotitas primárias e reequilibradas para o das biotitas secundárias, com maior dispersão, neste sentido, para as biotitas do leucogranito. Tal fato se deve, muito provavelmente, a maior alteração (cloritização) dessas últimas, já que as mesmas são comparativamente mais enriquecidas em Fe. As biotitas do Granito Xinguara mostram-se menos alteradas e tendem a se posicionar, predominantemente, na interface biotitas primárias-biotitas reequilibradas (Figura 4.5). Quando comparadas com as análises de microsonda eletrônica (LEITE, 2001) as análises de EDS apresentam relativa superposição (Figura 4.5).

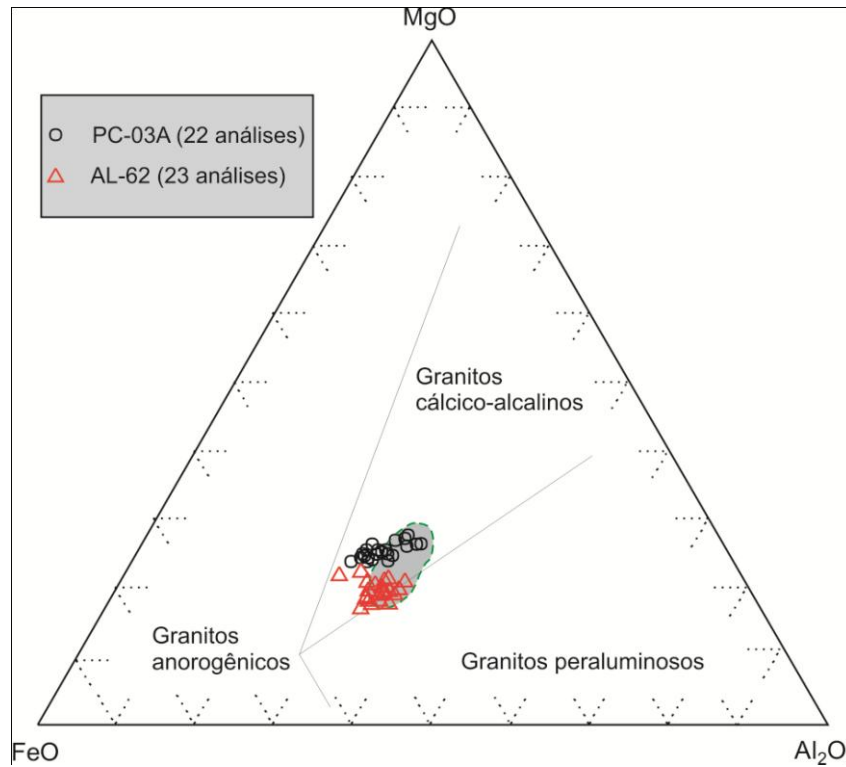


Figura 4.4 – Composições de biotitas do leucogranito potássico, e do Granito Xinguara obtidas por EDS (este estudo) no diagrama FeO – MgO – Al₂O₃ (ABDEL-RAHMAN, 1994). Campo cinza: análises de microsonda eletrônica em biotitas do Granito Xinguara (LEITE, 2001).

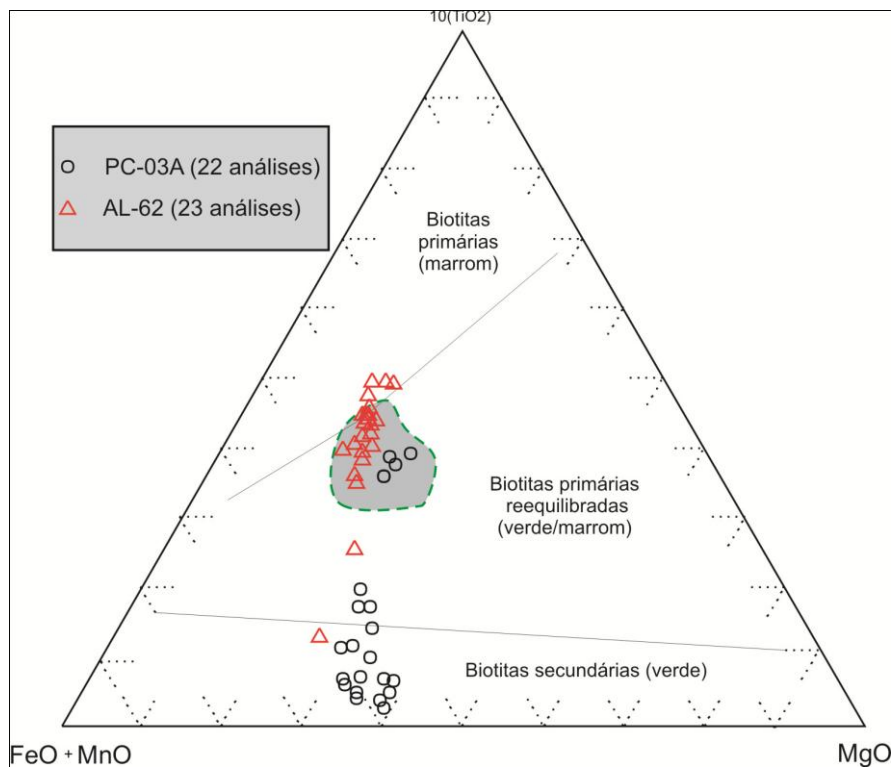


Figura 4.5 – Composições de biotitas do leucogranito potássico e do Granito Xinguara analisadas por EDS no diagrama 10(TiO₂) – (FeO + MnO) – MgO (NACHIT, 1994) . Campo cinza: análises de microsonda eletrônica em biotitas do Granito Xinguara (LEITE, 2001)

4.2 TRONDHJEMITO

4.2.1 Zircões

Foram estudadas duas seções polidas de zircões, uma do trondhjemito encaixante do Granito São João (PC-29B, este estudo) e uma do Trondhjemito Mogno (AM-01 Almeida, 2010). Foram realizadas 70 análises de EDS e analisados os elementos O, Si, P, Ca, Y, Zr, Nb, Ba, Ce, Hf, Ta, Th e U (Anexo D). Os resultados de Hf, Y, Nb, Th, U e Zr, foram plotados nos diagramas geoquímicos Hf-Y-Nb (Figura 4.2) e Zr/Hf *versus* Hf+Y+Th+U (Figura 4.3).

Os zircões dos trondhjemitos encaixantes do Granito São João são morfologicamente muito semelhantes aos do Trondhjemito Mogno. Os cristais são euédricos a subédricos, zonados, contêm inclusões e são pouco a moderadamente fraturados (Figura 4.6).

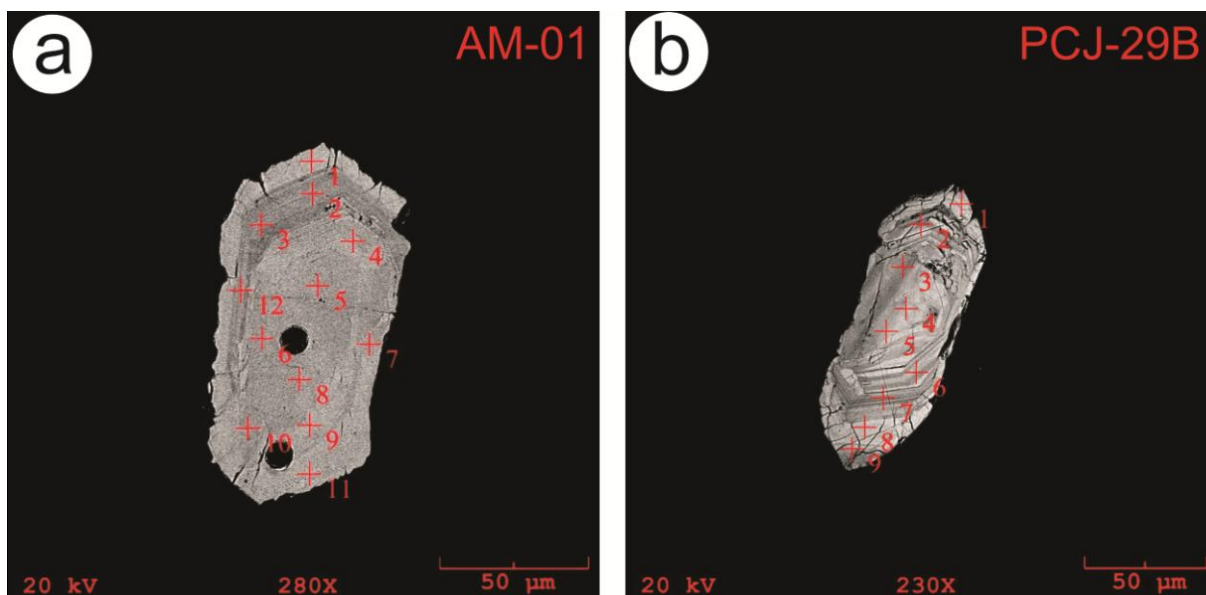


FIGURA 4.6- (a, b) Imagens de elétrons retroespalhados mostrando cristais euédricos zonados e pouco fraturados. Em vermelho, pontos analisados.

Os teores de Hf dos zircões dos trondhjemitos estudados neste trabalho variam de 1,9% a 2,6%, com um valor médio de 2,1%, e os de Y de 0,7% a 1,0%,

com média de 0,8%. Suas razões Zr/Hf situam-se entre 21,4 e 26,9. As concentrações médias de U, Th e Ca são inferiores a 0,6% (Anexo D). Os zircões do Trondhjemito Mogno possuem teores de Hf variando de 1,8 a 2,6 %, com média de 2,2%, e os de Y de 0,6 a 1,4%, com um valor médio de 0,8. Suas razões Zr/Hf situam-se entre 20,9 a 28,9, com um valor médio de 23,8. As concentrações médias de U, Th e Ca situam-se em torno de 0,7%.

No diagrama Zr/Hf x Hf+Y+Th+U (% peso) as análises dos zircões dos trondhjemitos encaixantes do Granito São João e do Trondhjemito Mogno se sobrepõem, mostrando similaridade composicional. (Figura 4.7),

Essa correlação geoquímica entre os zircões das rochas estudadas também é verificada no diagrama Hf-Y-Nb (Figura 4.8), com leve enriquecimento em Hf em relação aos outros dois elementos.

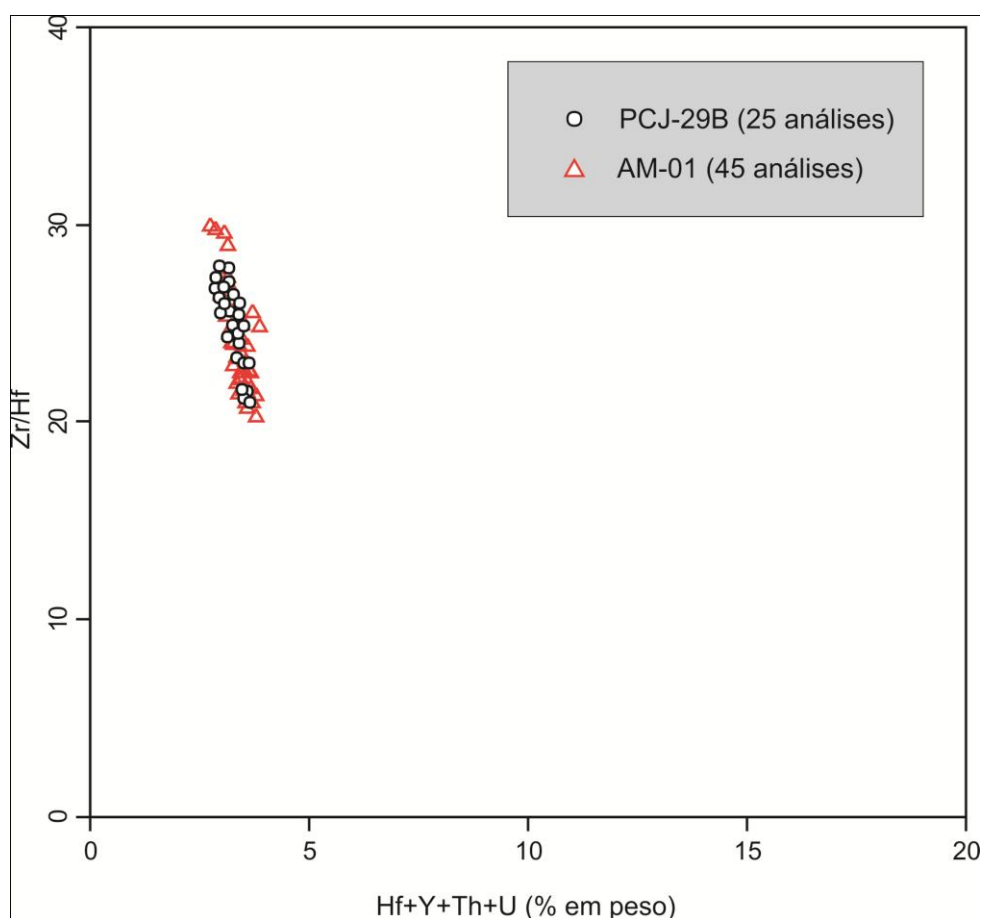


Figura 4.7- Diagrama Zr/Hf x Hf+Y+Th+U (% peso) de zircões dos trondhjemitos encaixantes do Granito São João (PCJ-29B) e de zircões do Trondhjemito Mogno (AM-01) analisados por EDS.

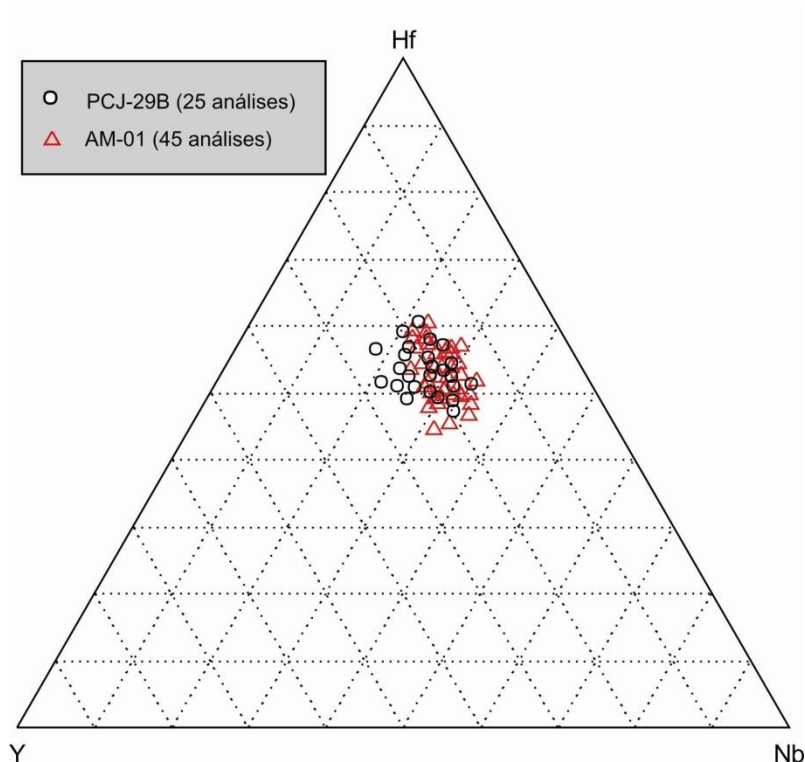


Figura 4.8- Diagrama Hf-Y-Nb (% em peso) mostrando a distribuição das análises de zircões dos trondhjemitos estudados (PCJ-29B) e de zircões do Trondhjemito Mogno (AM-01).

4.2.2 Biotitas

Foram analisadas biotitas de duas amostras dos trondhjemitos encaixantes do Granito São João (PCJ-29B e PCJ-31C) e de duas amostras do Granito Xinguara, num total de 101 análises (Anexo E). Os resultados mostraram forte semelhança composicional, com as biotitas dos dois conjuntos de rochas apresentando razões $Fe / (Fe+Mg)$ em torno de 0,7 e Fe/Mg variando de 2,7 a 3,3(% em peso) Por apresentarem razões $Fe / (Fe+Mg) > 0,5$ são classificadas como ferrosas, segundo Foster (1960).

No diagrama $MgO-FeO-Al_2O_3$ (Figura 4.9), plotam igualmente no campo dos granitos cálcico-alcálicos e mostram boa superposição, exceto para algumas análises da amostra PCJ-31C que se apresentam um pouco mais enriquecidas em Ferro.

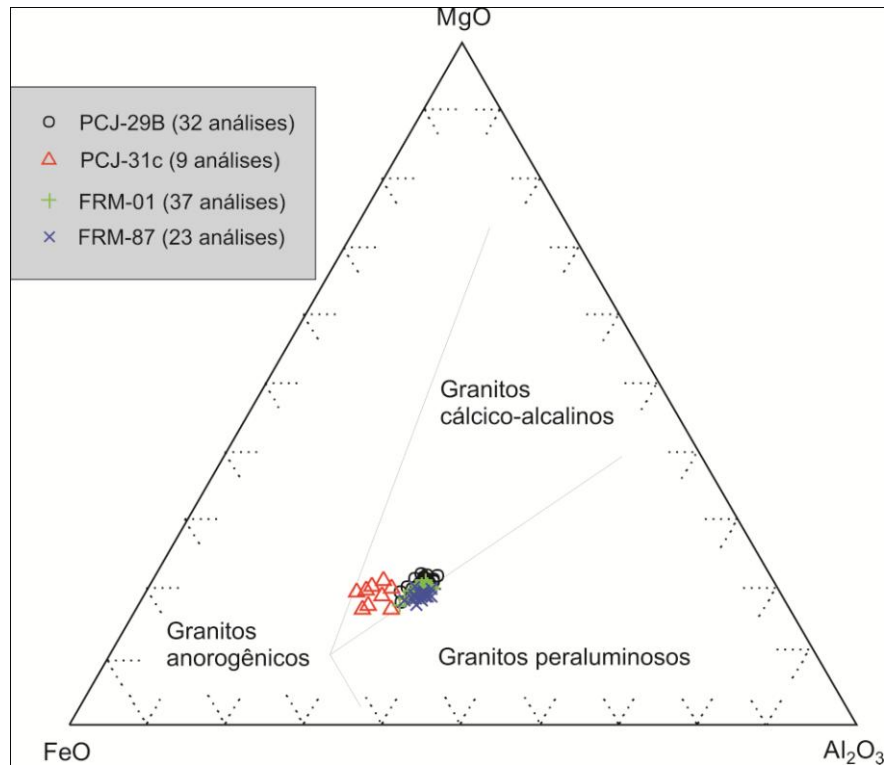


Figura 4.9 – Composições de biotitas dos trondhjemitos encaixantes do Granito São João e do Trondhjemito Mogno no Diagrama FeO – MgO – Al₂O₃ (ABDEL-RAHMAN, 1994).

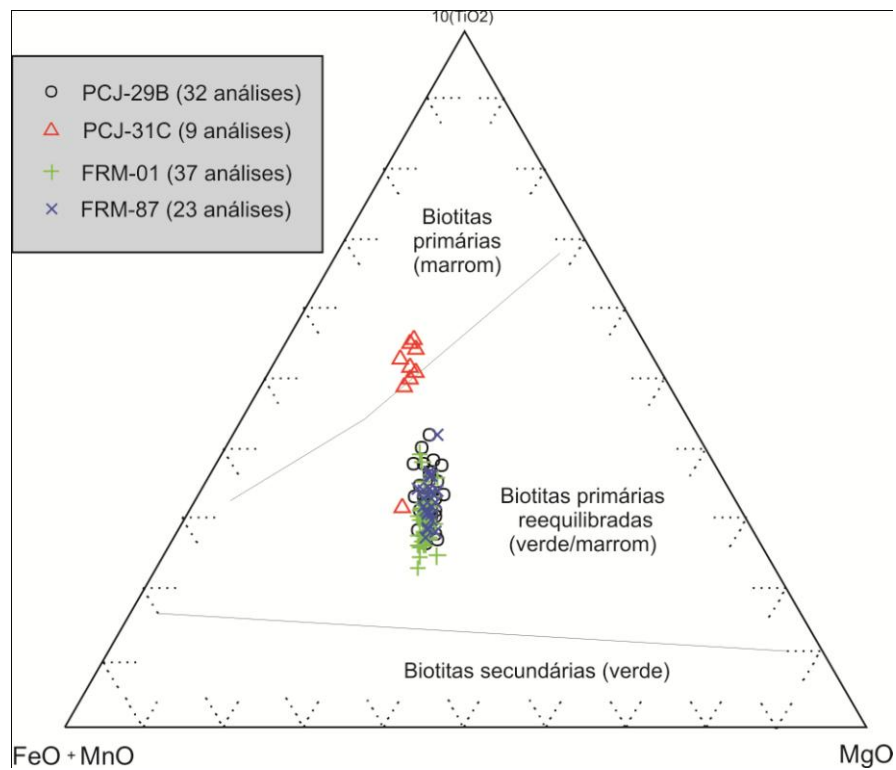


Figura 4.10 – Composições de biotitas dos trondhjemitos encaixantes do Granito São João e do Trondhjemito Mogno no diagrama 10(TiO₂) – (FeO + MnO) – MgO (NACHIT, 1994).

Quando analisadas no diagrama $10(\text{TIO}_2) - (\text{FeO} + \text{MnO}) - \text{MgO}$ (Figura 4.10), as biotitas analisadas mostram um *trend* vertical, com aquelas dos trondhjemitos encaixantes ocupando os campos das biotitas primárias e reequilibradas. As biotitas do Trondhjemito Mogno, por sua vez, ocupam predominantemente o campo das biotitas primárias reequilibradas. Esses dados indicam que as rochas hospedeiras dessas biotitas sofreram alterações por processos pós-magmáticos em diferentes intensidades.

5 GEOCRONOLOGIA

A análise petrográfica das unidades permitiu selecionar amostras representativas de cada corpo, de modo a determinar as suas idades de cristalização pelo método de evaporação de Pb em zircão. Foram datadas as amostras PC-14A, MC-83 e PCJ-29B. As duas primeiras são amostras de leucogranito potássico e a última trondhjemito.

5.1 RESULTADOS

5.1.1 Leucogranito Potássico

Os zircões das duas amostras analisadas mostram características muito similares. Em ambos os casos, os zircões são translúcidos, de cor rosa claro a castanho avermelhado, bipiramidais, moderadamente fraturados e zonados.

Foram datados 17 cristais de zircão da amostra PC-14 A; eventualmente, no caso de cristais muito pequenos, foram analisados grupos de 2 ou 3 cristais. Os resultados obtidos apontam idade média de $2847,0 \pm 2,4\text{Ma}$, considerada idade mínima de cristalização do mesmo. Entretanto, os dados obtidos não são

satisfatórios do ponto de vista estatístico para definição de idade, uma vez que a maioria dos zircões analisados apresentou razão $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ muito acima de 0,0004, limite máximo aceitável para o método. Além disso, a grande maioria dos grãos mostrou insuficiência de Pb para análises na etapa de 1550°C, ou seja, para definição de idades de regiões mais centrais do cristal.

Tabela 5.2 - análises Pb-Pb por evaporação de zircão para os leucogranitos potássicos estudados

Zircão	Temp. (°C)	Razões	$^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2σ	$(^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_c$	2σ	$(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_c$	2σ	Idade (Ma)	2σ
PC14/2	#1450	0/30	0,002656	0,000323	0,06913	0,00584	0,14915	0,00643	2336,6	73,8
PC14/4	#1500	0/40	0,000624	0,000013	0,08899	0,00048	0,20784	0,00042	2889,1	3,3
PC14/6	#1450	0/14	0,004338	0,000020	0,05882	0,00128	0,15173	0,00067	2365,8	7,5
	#1500	0/16	0,000460	0,000066	0,07963	0,00149	0,20915	0,00534	2899,4	41,4
PC14A/7	#1450	0/22	0,003953	0,000214	0,04742	0,00700	0,17023	0,00266	2560,4	26,2
	#1500	0/36	0,000830	0,000018	0,04281	0,00058	0,20199	0,00037	2842,6	3,0
PC14A/8	#1450	0/24	0,004665	0,000074	0,06801	0,00565	0,15349	0,00398	2385,4	44,1
PC14A/11	#1450	0/14	0,003987	0,000030	0,10822	0,00138	0,14772	0,00126	2320,1	14,6
	#1500	0/28	0,000422	0,000014	0,09870	0,00174	0,21185	0,00053	2920,1	4,1
PC14A/12	1500	32/32	0,000262	0,000012	0,08309	0,00035	0,20254	0,00030	2847,0	2,4
PC14A/13	#1450	0/8	0,000476	0,000022	0,08093	0,00158	0,20154	0,00544	2839,0	44,0
	#1450	0/8	0,001570	0,000746	0,08313	0,02462	0,18397	0,01299	2689,4	116,7
PC14A/14	#1450	0/16	0,001208	0,000125	0,04925	0,00381	0,16161	0,00142	2472,8	14,8
	#1500	0/38	0,000536	0,000023	0,03280	0,00044	0,20060	0,00057	2831,4	4,6
PC14A/15	#1450	0/32	0,001516	0,000089	0,05031	0,00308	0,17532	0,00170	2609,3	16,1
	#1500	0/30	0,001435	0,000037	0,06341	0,00080	0,19342	0,00098	2771,7	8,3
PC14A/16	#1500	0/16	0,000481	0,000205	0,02591	0,00775	0,19284	0,00414	2766,8	35,2
32/32									Idade Média = 2847,0	2,4

(c) - razão $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ e $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ corrigida do Pb comum; (#) - etapa de evaporação eliminada por apresentar razão $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ superior a 0,0004. Os zircões 1, 3, 5, 9, 10, 17 foram excluídos por apresentarem insuficiência de Pb para análise.

Além desses, foram analisados 6 zircões da amostra MC-83, afim de obter resultados analíticos e estatísticos melhores do que os da amostra PC-14A. Entretanto, tais zircões apresentaram o mesmo comportamento da amostra anterior e foram descartados.

5.1.2 Trondhjemito

Foram analisados 22 cristais de zircão da amostra PCJ-29B. Os cristais selecionados eram levemente fraturados, translúcidos, castanho avermelhados,

bipiramidais e zonados. Para o cálculo da idade foram eliminados cristais que se apresentaram fora dos padrões aceitáveis para o método. Os cristais selecionados para o cálculo da idade final forneceram idade média de $2880,8 \pm 5,4$ Ma, considerada idade de cristalização do mesmo (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 - análises Pb-Pb por evaporação de zircão para os trondhjemitos estudados

Zircão	Temp. (°C)	Razões	$^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2σ	$(^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_c$	2σ	$(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_c$	2σ	Idade (Ma)	2σ
PCJ29/1	#1450	0/14	0,002186	0,001299	0,00997	0,00408	0,16735	0,01578	2531,6	158,2
	#1500	0/8	0,004984	0,000946	0,00000	0,00000	0,15375	0,01274	2388,2	141,0
PCJ29/2	#1450	0/16	0,003634	0,001064	0,00138	0,06216	0,13502	0,02709	2164,7	349,7
	#1500	0/40	0,000678	0,000168	0,03702	0,00561	0,20128	0,00209	2836,9	16,9
PCJ29/4	#1450	0/4	0,005139	0,000124	0,00000	0,00000	0,14668	0,00749	2308,0	87,7
	#1500	0/30	0,000613	0,000053	0,05686	0,00488	0,17619	0,00195	2617,6	18,4
PCJ29/5	#1450	0/24	0,000764	0,000030	0,10978	0,00420	0,17334	0,00050	2590,5	4,8
PCJ29/6	#1450	0/40	0,000752	0,000017	0,05405	0,00067	0,17268	0,00094	2584,2	9,1
PCJ29/7	*1450	0/4	0,000227	0,000016	0,04512	0,00329	0,20368	0,00419	2856,2	33,5
	*1500	0/14	0,000210	0,000006	0,04698	0,00026	0,20201	0,00104	2842,8	8,4
	#1550	0/6	0,000838	0,001210	0,03557	0,04001	0,19653	0,01800	2797,8	149,9
PCJ29/9	#1450	0/28	0,001314	0,000122	0,07686	0,00648	0,15605	0,00243	2413,7	26,4
PCJ29/10	#1450	0/36	0,000550	0,000074	0,05322	0,00374	0,19282	0,00194	2766,7	16,5
PCJ29/11	#1450	0/8	0,004570	0,000052	0,08344	0,00314	0,15613	0,00102	2414,6	11,0
PCJ29/12	*1450	0/8	0,000000	0,000000	0,09636	0,00197	0,19465	0,00047	2782,1	3,9
PCJ29/13	1500	6/6	0,000322	0,000142	0,05672	0,00462	0,20720	0,00857	2884,2	67,2
PCJ29/15	#1450	0/8	0,001243	0,000008	0,06487	0,00104	0,16810	0,00087	2539,0	8,7
	*1500	0/38	0,000180	0,000003	0,07438	0,00032	0,21295	0,00034	2928,4	2,6
PCJ29/16	#1450	0/38	0,000780	0,000009	0,06647	0,00070	0,17840	0,00044	2638,5	4,1
	*1500	0/36	0,000255	0,000016	0,06417	0,00149	0,21177	0,00035	2919,5	2,7
PCJ29/17	#1500	0/22	0,000551	0,000083	0,08534	0,00401	0,20271	0,00184	2848,4	14,8
PCJ29/18	#1450	0/12	0,000517	0,000021	0,06092	0,00146	0,19233	0,00182	2762,5	15,6
	*1500	0/36	0,000167	0,000007	0,05092	0,00048	0,20476	0,00065	2864,9	5,1
PCJ29/19	#1450	0/12	0,000606	0,000134	0,05882	0,00305	0,18769	0,00174	2722,4	15,3
	1500	22/26	0,000202	0,000029	0,06170	0,00063	0,20679	0,00069	2880,8	5,4
28/514									Idade Média = 2880,8 5,4	

(c) - razão $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ e $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ corrigida do Pb comum; (*) - etapa de evaporação eliminada subjetivamente; (#) - etapa de evaporação eliminada por apresentar razão $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ superior a 0,0004. Os zircões 3,8,14, 20-22 foram excluídos por apresentarem insuficiência de Pb para análise.

6 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Os trabalhos de mapeamento, petrografia, geoquímica por EDS e geocronologia proporcionaram um panorama mais claro acerca das rochas que

compões o embasamento do Granito São João, possibilitando identificar suas naturezas e distribuições espaciais.

Mapeamentos geológicos anteriores em maior escala apontavam a presença de três unidades em contato com o Granito São João (SANTOS; PENA FILHO, 2000a). Entretanto, este mapeamento geológico, de maior detalhe, acompanhado de estudos de petrografia, química mineral por EDS e geocronologia, permitiu a identificação de duas associações litológicas distintas no entorno do Granito São João: leucogranitos potássicos na porção norte e trondhjemitos na porção sul.

Neste mapeamento verificou-se que os leucogranitos possuem dimensões muito maiores do que o proposto em trabalhos anteriores e que o Granodiorito Rio Maria não faz contato com Granito São João. Sua ocorrência mais próxima se dá alguns quilômetros ao sul, na Vila Fogão Queimado. Foram identificados ainda, diversos corpos diqueformes máficos a félsicos, em geral orientados NW-SE.

Os dados estruturais obtidos em campo e por interpretação de imagens SRTM mostram um padrão estrutural muito semelhante para as rochas encaixantes do Granito São João. Verificou-se que as foliações e bandamentos dessas rochas, assim como as zonas de cisalhamento e os diques identificados apresentam um padrão NW-SE. Isto sugere que essas rochas passaram por um evento deformacional de caráter regional. As evidências observadas em escala microscópica de deformação inter e intracristalina indicam que essa deformação aconteceu em estágio pós-magmático quando as rochas já estavam cristalizadas, mas ainda suficientemente aquecidas. Outra possibilidade é esta deformação ter ocorrido no estágio de colocação desses corpos, entretanto são necessários dados geoquímicos e estruturais de maior detalhe para que se possa compreender sua real natureza.

Quanto à relação dessas rochas com o Granito São João, não foram observadas estruturas ou paragênese mineral que remetesse a um metamorfismo de contato referente à intrusão do corpo granítico. Esse fato permite inferir que a colocação desse corpo se deu em profundidade, onde não existiam grandes diferenças no gradiente geotérmico entre o Granito São João suas rochas encaixantes.

As análises petrográficas meso e microscópicas mostraram que essas duas unidades apresentam grande homogeneidade. Os estudos petrográficos associados às análises químicas por MEV-EDS em cristais de zircão e biotita, permitiram

estabelecer boa correlação das rochas estudadas com o Granito Xinguara e o Trondhjemito Mogno, unidades bem conhecidas da literatura.

Análises comparativas por MEV-EDS entre zircões dos trondhjemitos e leucogranitos potássicos estudados com zircões do Trondhjemito Mogno e do Leucogranito Xinguara, respectivamente, sugerem: (1) que o Trondhjemito Mogno, muito bem caracterizado ao norte de Bannach e Rio Maria, se estende até a região de Água azul do Norte e compõe as rochas encaixantes do Granito São João; (2) que os leucogranitos estudados mostram grande similaridade com o Leucogranito Xinguara, aflorante nas proximidades da cidade homônima, e podem ser uma continuação daquele corpo.

As dispersões das análises de EDS em biotitas ratificam o que foi observado na microscopia óptica, onde se verificou a ocorrência, mais ou menos intensa, de cloritização tanto nas amostras do Granito Xinguara, quanto nas do leucogranito potássico encaixante do Granito São João. O *trend* vertical no diagrama $10(\text{TIO}_2) - (\text{FeO} + \text{MnO}) - \text{MgO}$ sugere que essas biotitas ocupavam originalmente o mesmo campo das biotitas primárias e, em estágio pós-magmático, foram reequilibradas e enriquecidas em $\text{Fe} \pm \text{Mn} \pm \text{Mg}$.

Os dados geocronológicos obtidos, apesar de condizerem com idades conhecidas para rochas similares do TGGRM, não são conclusivos. A ausência de Pb e as elevadas razões $\text{Pb}^{204}/\text{Pb}^{206}$ em grande parte dos cristais analisados resultaram em problemas analíticos para o método utilizado, não sendo possível estimar o MSWD (*Mean square weighted deviation*). Entretanto, as mesmas podem ser consideradas indicativas para essas rochas.

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram boas correlações com outras importantes unidades geológicas já estudadas do TGGRM. Entretanto, trabalhos posteriores que envolvam geoquímica quantitativa e geocronologia por métodos de datação pontual são necessários para que se confirmem os dados deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-RAHMAN, A. M. Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline, and peraluminous magmas. *J. Petrol.*, v. 35, p. 525-541, 1994.
- ABRANTES JÚNIOR, F. R. Caracterização de minerais micáceos dos granitos estaníferos Antônio Vicente, Mocambo e Serra da Queimada, Região de São Félix do Xingu, através de microscopia eletrônica de varredura (MEV). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 20. 2009, Belém. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, 2009.
- _____. Caracterização de minerais micáceos do granito especializado Bom Jardim, Região de São Félix do Xingu, através de microscopia eletrônica de varredura (MEV). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19. 2008, Belém. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, 2008.
- _____. Caracterização Petrográfica e Geocronológica da borda sudeste do Granito Gradaús, centro-sul do Pará, Província Mineral de Carajás. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 21. 2010, Belém. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, 2010.
- ALMEIDA, J. A. C. *Evolução Geológica do Terreno Granito Greenstone de Rio Maria*. 2010. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará. Belém, 2010.
- _____. *Geologia, Petrografia e Geoquímica do Granito Anorogênico Bannach, Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria-Pará*. 2005. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará. Belém, 2005. 167p.
- ALMEIDA, J. A. C.; DALL'AGNOL R.; OLIVEIRA D. C. Geologia Petrografia e Geoquímica do Granito anorogênico Bannach, Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, Pará. *Rev. Bras. Geoc.*, 2006. v 36, n. 2, p. 282-295.
- ALMEIDA, J. A. C.; OLIVEIRA, M. A.; DALL'AGNOL, R.; ALTHOFF, F. J.; BORGES, R. M. K. Relatório de mapeamento geológico na escala 1:100.000 da Folha Marajoara (SB-22-Z-C-V). Programa Geobrasil, CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2008. 147p.
- ALTHOFF, F. J. *Etude pétrologique et structurale des granitoïdes de Marajoara (Pará, Brésil): leur rôle dans l'évolution archéenne du craton Amazonien (2,7-3,2 Ga)*. (Tese de Doutorado) Université Henri Poincaré, Nancy I – France. 1996. 296p.
- ALTHOFF, F. J.; BARBEY, P.; BOULLIER, A. M. 2.8-3.0 Ga plutonism and deformation in the SE Amazonian craton: the Archean granitoids of Marajoara (Carajás Mineral province, Brazil). *Precambrian Research*, 2000. v. 104, p. 187-206.
- ALTHOFF, F. J.; BARBEY, P.; BOULLIER, A. M.; DALL'AGNOL, R. Composição e estrutura dos granitóides arqueanos da região de Marajoara. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Série Ciências da Terra*. Belém, 1995. v. 7. p. 5-26.

ALTHOFF, F. J.; BARBEY, P.; MACAMBIRA, M. J. B.; SCHELLER, T.; LETERRIER, J.; DALL'AGNOL, R.; LAFON, J. M. La croissance du craton sud-amazonien (région de Rio Maria, Brésil). In: RÉUNION DES SCIENCES DE LA TERRE. Resumés. Brest, Société Géologique de France, 1998. p. 62.

ALTHOFF, F. J.; DALL'AGNOL, R.; SOUZA, Z. S. Região de Marajoara - SE do Pará: prolongamento dos terrenos arqueanos de Rio Maria ou retrabalhamento In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3. Belém, 1991 Anais... Belém: SBG. p. 130-141.

ARAÚJO, O. J. B.; MACAMBIRA, E. M. B.; VALE, A. G.; OLIVEIRA, J. R.; SILVA NETO, C. S.; COSTA, E. J. S.; SANTOS, A.; PENA FILHO, J. J. C.; NEVES, A. P.; JORGE JOÃO, X. S.; COSTA, J. B. S. Primeira integração das investigações geológicas do Programa Grande Carajás na região SSE do Estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4. Belém, 1994. Boletim de Resumos Expandidos. Belém. SBG. p. 299-301.

ARAÚJO, O. J. B.; MAIA R. G. N. Projeto especial mapas de recursos minerais, de solos e de vegetação para a área do Programa Grande Carajás; Subprojeto Recursos Minerais; Folha SB.22-Z-A Serra dos Carajás - Estado do Pará. DNPM/CPRM, Brasília, 1991. 136p.

AVÉ'LALLEMENT, H. G.; CARTER, N. L. Pressure dependence of quartz deformation lamellae orientation. *Am. J. Sci.*, 1971. v. 270, p.218-235.

BARD, J. P. Microtextures des roches magmatiques et metamorphiques. Paris: Ed. Mason, 1980. 192p.

BELOUSOVA, E. A.; GRIFFIN, W. L. Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 2002. V. 143, p. 602-622.

BOWDEN, P.; BATCHELOR, R. A.; CHAPPELL B. W.; DIDIER J.; LAMEYRE J. Petrological, geochemical and source criteria for the classification of granitic rocks: a discussion. *Earth and Planetary Science Letters*, 1984. v. 35, p. 1-11.

BUDDINGTON, A. F.; LINDSLEY, H. D. Iron-Titanium oxides minerals and synthetic equivalents. *J. Petrology*, 1964. v. 5, n. 2, p. 310-357.

CHAYES, F. *Petrographic modal analysis*. New York : Ed. John Willey & Sons. 1956. 113p.

COSTA, J. B. S.; ARAÚJO, O. J. B.; SANTOS, A.; JORGE JOÃO, X. S.; MACAMBIRA, M. J. B.; LAFON, J. M. A província mineral de Carajás: aspectos tectono-estruturais, estratigráficos e geocronológicos. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Ciências da Terra*, 1995. v. 7, p. 199-235.

DALL'AGNOL, R.; COSTI, H. T.; LEITE, A. A. S. Rapakivi granites from Brazil and adjacent countries. In: INTERN. SYMP. ON GRAN. AND ASSOCIATED MINERALIZATIONS. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais-SGM, Salvador. 1997. p. 185.

DALL'AGNOL, R.; LAFON, J. M.; FRAGA, L. M.; SCANDOLARA, J.; BARROS, C.E.M. The Precambrian Evolution of the Amazonian Craton: one of the last Unknown Precambrian Terranes in the World. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31. Rio de Janeiro, 2000. Abstracts. Rio de Janeiro: CPRM. (CD ROM).

DALL'AGNOL, R.; LAFON, J. M.; MACAMBIRA, M. J. B. Proterozoic anorogenic magmatism in the Central Amazonian Province, Amazonian Craton: geochronological, petrological and geochemical aspects. *Mineral. Petrol.*, 1994. v. 50, n. 1/3, p. 113-138.

DALL'AGNOL, R.; OLIVEIRA, M. A.; ALMEIDA, J. A. C.; ALTHOFF, F. J.; LEITE, A. A. S.; OLIVEIRA, D. C.; BARROS, C. E. M. Archean and paleoproterozoic granitoids of the Carajás Metallogenic Province, eastern Amazonian craton. In: Dall'Agnol, R., Rosa-Costa, L.T., Klein, E.L. (eds.). SYMPOSIUM ON MAGMATISM, CRUSTAL EVOLUTION, AND METALLOGENESIS OF THE AMAZONIAN CRATON. ABSTRACTS VOLUME AND FIELD TRIPS GUIDE. Belém, 2006. p. 99-150. PRONEXUFPA/ SBG-NO.

DALL'AGNOL, R.; OLIVEIRA, D. C.; MACAMBIRA, M. J. B.; LAMARÃO, C. N. Diques proterozóicos do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria: A descoberta de Diques Compostos e novos dados geocronológicos. In: SIMPÓSIO SOBRE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 2. Belém, 2002. Boletim de resumos, p. 13.

DALL'AGNOL, R.; RAMÖ, O. T.; MAGALHÃES, M. S.; MACAMBIRA, M. J. B. Petrology of the anorogenic, oxidised Jamon and Musa granites, Amazonian Craton: implications for the genesis of Proterozoic, A-type Granites. *Lithos*. 1999, v. 46, p. 431-462.

DALL'AGNOL, R.; TEIXEIRA, N. P.; RAMO, O. T.; MOURA, C. A. V.; MACAMBIRA, M. J. B.; OLIVEIRA, D.C.. Petrogenesis of the Paleoproterozoic, rapakivi, A-type granites of the Archean Carajás Metallogenic Province, Brazil. *Lithos*. 2005. v. 80, p. 101-129.

BRASIL, Departamento Nacional de Infra-estrutura e Transportes – Ministério dos Transportes – Mapa Rodoviário Pará. [Brasília], 2002.

DIAS, S. B. *Caracterização geológica, petrográfica e geoquímica de leucogranitos aflorantes na porção leste de Bannach, SE-PA*. 2007. Trabalho de Conclusão de curso (Curso de graduação em geologia) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências. Belém, 2007.

DIAS, S. B. *Caracterização geológica, petrográfica e geoquímica de Granitos Arqueanos da Folha Marajoara, Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria Sudeste do Pará*. 2009. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2009. 129p.

DOCEGEO. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. p. 11–54. *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*, Belém, 1988. SBG.

DUARTE, K. D. *Geologia e geoquímica do Granito Mata Surrão (SW de Rio Maria - PA): um exemplo de granito "stricto sensu" Arqueano*. 1992. (Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1992. 217p.

FERREIRA, A. T. R. *Petrografia, Geoquímica e Geocronologia dos diques da área de Bannach, Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, SE do Pará*. 2009. Trabalho de Conclusão de curso (Curso de graduação em geologia) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências. Belém, 2009.

FIGUEIREDO, M. A. B. M.; DALL'AGNOL, R.; LAMARÃO, C. N.; OLIVEIRA, D. C. Petrologia magnética do granito São Jorge Antigo, Província Aurífera do Tapajós. *Revista Brasileira de Geociências*, 2003, v. 33, n. 2, p. 149-158.

FOSTER, M. D. *Interpretation of the composition of trioctahedral micas*. United States Geological Survey, Professional Paper , 304B. 1960. 49p.

GASTAL, M. C. P. *Petrologia do Maço Granítico Musa. Sudeste do Pará*. 1987. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1987. 316p.

GAUDETTE, H. E.; LAFON, J. M.; MACAMBIRA, M. J. B.; MOURA C. A. V.; SCHELLER T. Comparison of single filament Pb evaporation/ionization zircon ages with conventional U-Pb results: examples from the Precambrian of Brazil. *J. South. Amer. Earth Sci.*, 1998. v. 11, p. 351-363.

GAUDETTE, H. E.; LAFON, J. M.; MOURA, C. A. V.; SCHELLER, T. Datação de monocristais de zircão por evaporação de Pb no Laboratório de Geologia Isotópica-UFPA; metodologia e primeiros resultados. In: CONGR. BRAS. GEOL., 40, Brasília 1993. p. 236-237. Anais.Brasília: SBG.

GUIMARÃES, F. V. *Geologia, Petrografia e Geoquímica do Trondhjemito Mogno e rochas arqueanas associadas, Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria - SE do Pará*. 2009. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2009, 102p.

GUIMARÃES, F. V. *Mapeamento Geológico e Petrografia de granitóide Tonalítico-Trondhjemítico da Região a Leste de Bannach, Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria – PA*. 2007. Trabalho de Conclusão de curso (Curso de graduação em geologia) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências. Belém, 2007.

HASUI, Y.; COSTA, J. B. S, *Zonas e Cinturões de Cisalhamento*. Belém: Ed. Universitária UFPA, 1992.

HIRATA, W. K.; RIGON, J. C.; KADEKARU, K.; CORDEIRO, A. A. C.; MEIRELLES, E. M. Geologia regional da Província Mineral de Carajás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1. Belém, 1982. v. 1, p. 100-108. Anais.. Belém, SBG.

HUHN, S. R. B.; SANTOS, A. B. S.; AMARAL, A. F.; LENDSHAN, E. J.; GOUVÊA, J. L.; MARTINS, L. P. B; MONTALVÃO, R. M. G.; COSTA, V. G. Terreno "granito greenstone" da região de Rio Maria sul do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35. Belém, 1988. Anais... Recife, SBG. v. 3, p. 1438-1452.

HUTTON, D. H. W. Granite emplacement mechanism and tectonic controls: inferences from deformation studies. Transactions of the Royal Society of Edinburgh, *Earth Sciences*, 1988. v. 79, p. 245-255.

KOBER, B. Whole grain evaporation for $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age investigations on single zircons using a double filament source. *Contrib. Miner. Petrol.*, 1986. v.93,p.482-490.

KRUHL, J. H. Prism- and basal-plane parallel subgrain boundaries in quartz: a microstructural geothermobarometer. *J. Metam. Geol.*, 1996. v. 14, p. 581-589

KEMPE, U.; GRUNER, T.; RENNO, A. D.; WOLF, D.; RENÉ, M. Discussion on Wang et al. (2000) "Chemistry of Hf rich zircons from the Laoshan I- and A-type granites, Eastern China". *Mineral. Magazine*, 2004. v. 64, p. 867-877.

LAFON, J. M.; SCHELLER, T. Geocronologia Pb/Pb em zircão do Granodiorito Cumaru, Serra dos Gradaús, PA. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4, Belém, 1994. *Boletim de Resumos Expandidos*. Belém, SBG/NO, p. 321-323.

LAFON, J. M.; RODRIGUES, E.; DUARTE, K. D. Le granite Mata Surrão: un magmatisme monzogranitique contemporain des associations tonalitiques-trondhjemitiques-granodioritiques archéennes de la région de Rio Maria (Amazonie Orientale, Brésil), 1994. p. 642- 649.

LE MAITRE, R. W. *A classification of igneous rocks and glossary of terms*. 2nd Edition. London, 2002. 193 p.

LAMARÃO, C. N.; DALL'AGNOL, R.; SOLEDADE, G. L.; SILVA, J. S.. Variações composicionais de zircão em granitos anorogênicos proterozóicos do Cráton Amazônico: implicações metalogenéticas. *Rev. Bras.Geoc.*, 2007. v. 37, n. 4, p. 693-704.

LAMARÃO, C. N.; DALL'AGNOL, R.; SILVA, J. S; SOLEDADE, G.L. Morphological and compositional variation in zircons of tin-specialized Paleoproterozoic A-type granites of the Amazonian craton: Metallogenic implications. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON A-TYPE GRANITES AND RELATED ROCKS THROUGH TIME (IGCP-510); Helsinki-Finland, 2010.

LAMEYRE, J.; BOWDEN, P. Plutonic rock type series: discrimination of various granitoid series and related rocks. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1982. v. 14, p. 169-186.

LEITE, A. A. S. *Geoquímica, petrogênese e evolução estrutural dos granitóides arqueanos da região de Xinguara, SE do Cráton Amazônico*. 2001. Tese (Doutorado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2001. 330p.

_____. *Geologia e geoquímica do maciço granítico Arqueano Xinguara – sudeste do Estado do Pará*. 1995. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1995. 201p.

LEITE, A. A. S.; DALL'AGNOL, R. Geologia e petrografia do maciço granítico Arqueano Xinguara e de suas nencas - SE do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Série Ciência da Terra*, 1997. v. 9, p. 43-81.

LEITE, A. A. S.; DALL'AGNOL, R.; ALTHOFF, F. J. Geoquímica e aspectos petrogenéticos do granito Xinguara, Terreno granito-greenstone de Rio Maria – Cráton. *Revista Brasileira de Geociências*, 1999.

LEITE, A. A. S.; DALL'AGNOL, R.; MACAMBIRA, M. J. B.; ALTHOFF, F. J. Geologia e geocronologia dos granitóides arqueanos da região de Xinguara (PA) e suas implicações na evolução do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria. *Revista Brasileira de Geociências*, 2004.34, 447-458.

LIMA P. H. A. *Geologia, petrografia e geocronologia do Granito São João, Província Mineral de Carajás, SSE do Pará*. (Inédito). Trabalho de Conclusão de curso (Curso de graduação em geologia) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências. Belém, (Inédito).

LIMA, P. H. A.; LAMARAO, C. N.; GALARZA, M. A. T.; MESQUITA, J. C. L.; SANTOS. M. J. P. Granito São João, Província Mineral de Carajás, SSE do Pará: Caracterização Geológica, Petrográfica e Geocronológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Belém. 45. 2010. Anais...Belém, SBG.

LIMA, P. H. A.; LAMARAO, C. N.; PAIVA JÚNIOR, A. L.; MESQUITA, J. C. L.; SANTOS. M. J. P.; ABRANTES JÚNIOR, F. R. Geologia e caracterização petrográfica do Granito São João, Província Mineral de Carajás, SSE do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 9. Manaus, 2009.

MACAMBIRA, M. J. B. *Chronologie U/Pb, Rb/Sr, K/Ar et croissance de la croûte continentale dans l'Amazonie du sud-est; exemple de la région de Rio Maria, Province de Carajas, Brésil*. 1992. Montpellier, Université Montpellier II-France.(Tese de Doutorado), 1992. 212p.

MACAMBIRA, M. J. B. ; COSTA, J. B. S. ; ALTHOFF, F. J. ; LAFON, J. M.; MELO, J. C. V.; SANTOS ; A. New geochronological data for the Rio Maria TTG terrane; implications for the time constraints of the crustal formation of the Carajás province, Brazil. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31st, Rio de Janeiro, 2000. Abstract, Rio de Janeiro, CD-ROM. SBG.

MACAMBIRA, M. J. B.; LAFON, J. M. Geocronologia da Província Mineral de Carajás: síntese dos dados e novos desafios. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Série Ciência da Terra*, 1995. v. 7, p. 263-288.

MACAMBIRA, M. J. B.; LANCELOT, J. R. Time constraints for the formation of the Archean Rio Maria crust, southeastern Amazonian Craton, Brazil. *International Geology Review*, 1996. v. 38, p. 1134-1142.

MACAMBIRA, M. J. B.; MOURA, C. A. V.; LAFON, J. M.; SCHELLER, T. O método Pb-Pb por evaporação em zircão: avaliação dos dados obtidos no Laboratório de Geologia Isotópica da UFPA. In: CONGR. BRAS. GEOL., 38. Camboriu, 1994. v.2, p. 404-406. Boletim de resumos expandidos. SBG.

MACKENZIE, W. S.; DONALDSON, C. H.; GUILFORD, C. *Atlas of igneous rocks and their textures*. Longman Scientific & Technical. John Wiley & Sons, New York, 1982. 148p.

MEDEIROS, H.; DALL'AGNOL, R. Petrologia da porção leste do Batólito Granodiorítico Rio Maria, sudeste do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA.35. Belém, 1988. v 3, p.1488-1499. Anais... Belém. SBG.

MONTALVÃO, R. M. G.; BEZZERRA, P. E. L.; PRADO, P.; FERNADES, C. A. C.; SILVA, G. H.; BRIM, R. J. P. Características petrográficas e geoquímicas do Granito Redenção e suas possibilidades metalogenéticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGICO. 32. Salvador. 1982. v. 2, p. 520-548. Anais... Salvador. SBG.

MOURA, C. A. V.; GAUDETTE, H. E.; MACAMBIRA, M. J. B.; LAFON J. M.; SCHELLER T. Datação de monocristais de zircão por evaporação de Pb em filamento simples: comparação com resultados U-Pb. In: CONGR. BRAS. GEOL., 39. Salvador, 1996. v.2, p. 481-489. Anais. SBG.

MURALI, A. V.; PARTHASARATHY, R.; MAHADEVAN, T. M.; SANKAR DAS, M. Trace element characteristics, REE patterns and partition coefficients of zircons from different geological environments- a case study on Indian zircons. *Geochim. Cosmochim Acta*, 1983. v. 47, p. 2047-2052.

NACHIT, H. *Contribution à typologie des granitoides, petrogenèse et petrologie structurale Du Batholite Panafrican Du cercle de Tafraoute (Boutnnière de Kerdous, Anti- Atlas Occidental, Maroc)*, Agadir, Université Ibhou Zohor (Thèse d'etat), 1994. 465p.

OLIVEIRA, M. A. *Geologia, Petrografia e Geoquímica do Granodiorito Sanukitóide Arqueano Rio Maria e Rochas máficas associadas, leste de Bannach*. 2005. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.

OLIVEIRA, D. C. *Geologia, geoquímica e petrologia magnética do Granito Paleoproterozóico Redenção, SE do Cráton Amazônico*. 2001. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em

Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2001. 207 p.

OLIVEIRA, M. A.; DALL'AGNOL, R.; ALTHOFF, F. J.; LEITE, A. A. S. Mesoarchean sanukitoid rocks of the Rio Maria Granite-Greenstone Terrane, Amazonian craton, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*. 2009. v. 27, p. 146-160.

OLIVEIRA, M. A.; DALL'AGNOL, R.; ALTHOFF, F. J. Petrografia e Geoquímica do Granodiorito Rio Maria da região de Bannach e comparações com as demais ocorrências no terreno Granito-Greenstone de Rio Maria-Pará. *Revista Brasileira de Geociências*. 2006. v. 36, n. 2, p. 313-326.

PAIVA JÚNIOR, A. L. *Geologia, petrografia, geocronologia e geoquímica do Granito anorogênico Seringa, Província Mineral de Carajás, SSE do Pará*. 2010. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010. 120 p.

PASSCHIER, C. W.; TROUW, R. A. J. *Microtectonics*, 2nd Edition, Berlin, 2005. 366p.

PASSCHIER, C. W.; TROUW, R. A. J. *Microtectonics*, 1996. 289 p.

PIMENTEL, M. M.; MACHADO, N. Geocronologia U-Pb dos Terrenos granito greenstone de Rio Maria, Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38. Camboriú, 1994. p. 390-391. Boletim de Resumos Expandidos. Camboriú, SBG.

PUPIN, J. P. Zircon and granite petrology. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1980. v. 73, p. 207-220.

PUPIN, J. P. Granite genesis related to geodynamics from Hf-Y in zircon. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh Earth Sci.*, 2000. v. 91, p.245-256.

REED, S. J. B. *Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology*. Cambridge University Press. 1996. 201p.

RIVALENTI, G.; MAZZUCHELLI, M.; GIRARDI, V. A. V.; CAVAZZINI, G.; FINATTI, C.; BARBIERI, M. A.; TEIXEIRA, W. Petrogenesis of the Paleoproterozoic basalticandesite-rhyolite dyke association in the Carajás region, Amazonian craton. *Lithos*, 1998. v. 43, p. 235-265.

ROLANDO, A. P.; MACAMBIRA, M. J. B. Archean crust formation in Inajá range area, SSE of Amazonian Craton, Brazil, based on zircon ages and Nd isotopes. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 4. Salvador, 2003. Expanded Abstracts. Salvador: CD-ROM.

ROLANDO, A. P.; MACAMBIRA, M. J. B. Geocronologia dos granitóides arqueanos da região da Serra do Inajá, novas evidências sobre a formação da crosta continental no sudeste do Cráton Amazônico, SSE Pará. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41. João Pessoa, 2002. p. 525. Anais do Congresso Brasileiro de Geologia. SBG.

ROCHA JUNIOR, G. L. D. *Caracterização petrográfica do Granito Paleoproterozóico Marajoara, Terreno Granito- Greenstone de Rio Maria, SE do estado do Pará*. 2004. Trabalho de Conclusão de curso (Curso de graduação em geologia) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências. Belém, 2004. 45p.

SANTOS, A.; PENA FILHO, J. I. C. Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil, Região de Xinguara, folha Xinguara (SB-22-Z-C), Estado do Pará. Texto explicativo, Brasília, DNPM/CPRM. 2000a. 120p.

SANTOS, A.; PENA FILHO, J. I. C. Xinguara: folha SB.22- Z-C. Estado do Pará, escala 1:250.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB). Brasília: CPRM, 2000b. (CD-ROM).

SANTOS, M. J. P. *Geologia, Petrografia e Geocronologia das rochas encaixantes do granito Paleoproterozóico Seringa, sudeste do Cráton Amazônico, Província Mineral de Carajás*. (Inédito). Trabalho de Conclusão de curso (Curso de graduação em geologia) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências. Belém, (Inédito).

SANTOS, M.J.P.; MESQUITA, J. C. L.; LAMARÃO, C.N.; LIMA, P.H.A.; ABRANTES JUNIOR, F.R. Geologia, Petrografia e Geocronologia das rochas encaixantes dos granitos paleoproterozóicos Seringa e São João, sudeste do Cráton Amazônico, Província Mineral de Carajás In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA,45. Belém, 2010. Anais do 45º Congresso Brasileiro de Geologia.

SILVA, G. G; LIMA, M. I. C.; ANDRADE, A. R. F.; ISSLER, R. S.; GUIMARÃES, G. In: BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC.22 Tocantins; Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da Terra. Rio de Janeiro, 1974. Cap.1, p.1-143. (Levantamento de Recursos Naturais, 4).

SILVA JUNIOR, R. O. *Geologia, petrografia e geoquímica dos diques da região de Rio Maria, SE Pará*. 1996. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1996. 123p.

SILVA JUNIOR, R. O.; DALL'AGNOL, R.; OLIVEIRA, E. P. Geologia, petrografia e geoquímica dos diques proterozóicos da região de Rio Maria, sudeste do Pará. *Geoquímica Brasiliensis*, 1999. v. 13, p. 122-123.

SMITH, J. V. *Feldspar Minerals*. New York, Springer Verlag, v. 2: Chemical and textural properties, 1974.

SOLEDADE, G. L. *Estudo de zircões do Granito Madeira, província estanífera do Pitinga (AM), Através de microscopia eletrônica de varredura, cotodoluminescência e difração de raios-x*. 2010. Trabalho de Conclusão de curso (Curso de graduação em geologia) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências. Belém, 2010.

SOUZA, Z. S. *Geologia e petrogênese do "Greenstone Belt" Identidade: implicações sobre a evolução geodinâmica do terreno granito-greenstone de Rio Maria, SE do Pará*. 1994. Tese (Doutorado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-

Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1994. 624p.

SOUZA, Z. S.; POTREL, P.; LAFON, J. M.; ALTHOFF, F.J.; PIMENTEL, M.M.; DALL'AGNOL, R.; OLIVEIRA, C. G. Isótopos de Nd, Pb e Sr de greenstone belt arqueano da região de Rio Maria, SE do Pará: implicações na evolução geodinâmica do Cráton Amazônico. In: SIMPÓSIO GEOLOGIA AMAZÔNIA, 7., Belém, . 2001. Boletim de resumos expandidos. Belém. SBG/NO. (CD-ROM).

SPEER, J. A. *Micas in igneous rocks*. In: Bailey, S.W. (ed). *Micas Reviews in Mineralogy*, 13, 1984. p. 299-356.

STRECKEISEN, A. To each plutonic rocks its proper name. *Earth Sci. Rev.*, 1976. v. 12, p. 1-33.

TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA, M. J. B. Evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Brito Neves, B.B. de (Org.). *GEOLOGIA DO CONTINENTE SUL AMERICANO: EVOLUÇÃO DA OBRA DE F.F.M. DE ALMEIDA*. BECA, São Paulo, 2004. p. 471–486.

TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA M.J.B. Geochronological Provinces of the Amazonian craton. *Episodes*, 1999. v. 22, p. 174-182.

UHER, P.; BREITER, K.; KLECKA, M.; PIVEC, E. Zircon in highly evolved Hercynian Homolka Granite, Moldanubian Zone, Czech Republic: indicator of magma source and petrogenesis. *Geologica Carpathica*, 1998. v. 49, n. 3, p.151-160.

VALE, A. G.; NEVES, P. N. O., Granito Redenção: estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA.38. Camboriú, 1994. v. 1, p.149-150. Resumos Balneário Camboriú: SBG.

TUTTLE, O. F.; BOWEN, N. L. Origin of granite in the light of experimental studies in the system NaAlSi₃O₈-KAlSi₃O₈-SiO₂-H₂O. *Geol. Soc. Am. Mem.*, 1958. v. 74, 153p.

VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T.; SILVA, C. M. G.; RICCI, P. S. F.; BARBOSA, J. P. O.; KLEIN, E. L.; LOPES, E. C. S.; MACAMBIRA, E. M. B.; CHAVES, C. L.; CARVALHO, J. M. A.; OLIVEIRA, J. G. F.; ANJOS, G. C.; SILVA, H. R. Unidades Litoestratigráficas in: *GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DO ESTADO DO PARÁ*. Belém, 2008.

VERNON, R. H. *A practical guide to Rock Microstructure*. Cambridge University Press, First Edition. United Kingdom, 2004. 594p.

WANG, R. C.; ZHAO, G. T.; LU, J. J.; CHEN, X. M.; XU, S. J.; WANG, D. Z. Chemistry of Hf-zircons from the Laoshan land A-type granites, Eastern China. *Mineral. Magazine*, 2000. v. 64, p. 867-877.

WILLIAMS, H.; TURNER, F. J.; GILBERT, C. H. *Petrography. A introduction to the study of rocks in thin section*. 2nd Edition, W. H. Freeman and Company. San Francisco, 1982. 406p.

ANEXO A

Tabela – Lista de pontos estudados com coordenadas UTM e tipos de análises realizadas

Ponto	Coordenadas UTM		altitude	Tipo de análise						
	Latitude	Longitude		1	2	3	4	5	6	
PC-01	50514986	7046136	348m							
PC-03a	50518058	7048184	344m							
PC-07	50580184	6992544	335m							
PC-08a	50,585987	7002784	337m							
PC-08b	50,585987	7002784	337m							
PC-12b	50597934	7024972	357m							
PC-14a	50618073	7018145	369m							
PC-23	50641968	7060814	401m							
PCJ-09	50623535	7032140	368m							
PCJ-10a	50646980	7107590	367m							
PCJ-10b	50646980	7107590	367m							
PCJ-11	50650730	7133880	352m							
PCJ-15	50617960	7166994	343m							
PCJ-16	50616367	7159771	349m							
PCJ-17	50588376	7004798	338m							
PCJ-18	50580081	7021751	344m							
PCJ-19	50583154	7026192	372m							
PCJ-24	50592131	7016063	338m							
PCJ-29a	50496553	7085698	358m							
PCJ-29b	50496553	7085698	358m							
PCJ-31c	50502015	7112665	450m							
PCJ-33	50404031	7052587	355m							
PCJ-34a	50636848	7053311	410m							
PCJ-34b	50636848	7053311	410m							
PCJ-34c	50636848	7053311	410m							
PCJ-35	50635824	7087105	369m							
PCJ-47	50638214	7095980	363m							
MC-72	50354151	6833013	297m							
MC-73	50396294	6854395	301m							
MC-74	50375477	6903864	317m							
MC-75	50374349	6913073	343m							
MC-76	50369248	6924645	336m							
MC-77	50357341	6986782	363m							
MC-78	50459524	6943913	330m							
MC-79	50464855	6953790	318m							
MC-80	50477813	6969966	325m							
MC-81	50289487	6590651	324m							
MC-82	50290948	6593095	331m							
MC-83	50494261	7005632	325m							
MC-84	50501904	7026730	338m							
MC-85	50476326	6981654	323m							
MC-86	50445055	6991297	334m							
MC-87	50435314	6985177	330m							
MC-88	50431174	6970994	325m							

MC-89	50433898	7007500	324m						
MC-90	50439901	7030991	347m						
MC-91	50421668	7047500	359m						
MC-92a	50411393	7053165	373m						
MC-92b	50411393	7053165	373m						
MC-93	50416944	7068774	378m						
MC-94	50424629	7078967	367m						
MC-95a	50429166	7082418	372m						
MC-95b	50429166	7082418	372m						
MC-96	50453174	7039779	344m						
MC-97	50455754	7003873	339m						
MC-98	50437541	7091722	372m						
MC-99	50443497	7095162	374m						
MC-100	50462486	7094201	372m						
MC-101	50469043	7093552	371m						
MC-102	50286814	7054055	356m						
MC-103	50422165	7088087	365m						
MC-104	50421868	7105284	376m						
MC-105	50475289	6906021	323m						
MC-106	50491866	6964437	312m						
MC-107	50512077	6961251	307m						
MC-108	50516623	6974145	309m						
MC-109	50453633	6925999	333m						
MC-110	50477800	6880854	297m						
MC-111	50257668	6858221	305m						
MC-112	50520663	6868031	318m						
MC-113	50514794	6885300	320m						
MC-114	50531488	6921441	339m						
MC-115	50571866	6949187	335m						
MC-116	50567411	6966763	333m						
MC-117	50379822	7030544	398m						
MC-118	50646377	7108332	376m						
MC-119	50648533	7130417	346m						
MC-120a	50651466	7139122	357m						
MC-120b	50651466	7139122	357m						
MC-121	50657431	7148099	336m						
MC-122	50397957	7092745	338m						
MC-123	50665011	7170884	334m						
MC-124	50661124	7218602	391m						
MC-125	50630478	7218609	330m						
MC-126	50618721	7188001	325m						
MC-127	50616044	7176224	363m						
MC-128a	50620712	7221519	302m						
MC-128b	50620712	7221519	302m						

1- mapeamento; 2-amostragem e descrição macroscópica; 3-laminação e descrição microscópica; 4-análise modal; análise em Mev- EDS; 6-datação pelo método Pb-Pb em zircão

ANEXO B

Tabela - Composições semiquantitativas (EDS) dos zircões analisados dos leucogranitos potássicos encaixantes do Granito São João (PC-03A, PC-14A) e do Granito Xinguara (AL-149)

AMOSTRA	ANÁLISE	O	Si	P	Ca	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U	Zr/Hf	Zr/Y
AL-149	Zr-1-1	30,89	13,21	1,34	1,97	0,59	47,11	0,98	0,44	0,23	2,49	0,40	0,06	0,30	18,90	79,84
AL-149	Zr-1-2	29,63	13,25	1,44	1,54	0,81	48,50	0,89	0,26	0,48	2,21	0,72	0,10	0,18	21,93	59,58
AL-149	Zr-2-2	27,86	13,39	1,06	0,89	1,19	49,62	1,57	0,41	0,74	2,31	0,57	0,14	0,26	21,48	41,59
AL-149	Zr-2-3	28,66	12,89	1,90	1,63	1,39	46,90	1,34	0,31	1,12	2,25	0,99	0,04	0,58	20,83	33,82
AL-149	Zr-3-7	31,48	12,18	1,54	1,21	1,22	46,23	0,90	0,63	0,74	2,61	0,37	0,10	0,81	17,70	37,77
AL-149	Zr-3-10	28,86	13,42	0,82	1,57	0,76	48,01	0,77	0,42	0,64	3,63	0,66	0,09	0,34	13,22	62,84
AL-149	Zr-4-1	30,53	12,18	1,10	0,56	1,46	48,56	1,00	0,54	0,72	2,25	0,58	0,02	0,50	21,56	33,21
AL-149	Zr-4-2	29,53	11,97	1,16	0,36	0,78	49,87	1,02	0,25	0,67	3,15	0,78	0,13	0,36	15,86	63,85
AL-149	Zr-4-3	28,62	12,37	1,62	0,50	0,92	49,69	1,23	0,34	0,63	2,75	0,68	0,23	0,44	18,08	54,31
AL-149	Zr-4-4	29,17	12,27	1,39	0,57	0,80	49,62	0,85	0,41	0,82	2,71	0,90	0,04	0,47	18,34	61,79
AL-149	Zr-4-5	29,40	12,36	1,12	0,51	0,89	49,42	1,05	0,28	0,78	3,03	0,48	0,19	0,50	16,33	55,78
AL-149	Zr-6-1	30,80	12,60	1,25	1,14	1,13	46,41	1,12	0,71	0,47	2,51	0,40	1,08	0,39	18,49	41,07
AL-149	Zr-6-4	26,66	13,18	1,09	0,34	0,68	52,47	0,99	0,32	0,49	2,84	0,70	0,08	0,18	18,48	77,51
AL-149	Zr-6-9	29,01	13,23	1,28	1,43	1,47	47,02	1,15	0,43	0,77	2,47	0,85	0,31	0,59	19,05	31,94
AL-149	Zr-7-2	33,33	12,68	0,90	0,37	0,56	47,04	1,17	0,24	0,55	2,43	0,49	0,17	0,09	19,33	83,70
AL-149	Zr-8-1	25,87	12,82	0,99	0,41	0,70	52,57	1,45	0,39	0,38	3,18	0,91	0,07	0,26	16,54	75,20
AL-149	Zr-8-4	32,51	11,90	1,57	0,95	1,03	45,13	1,12	0,38	1,39	2,05	0,76	0,26	0,96	22,03	43,69
AL-149	Zr-8-7	27,68	12,95	1,04	0,38	0,55	51,62	1,07	0,39	0,37	2,81	0,85	0,12	0,20	18,39	94,19
MÉDIA AL-149		29,47	12,71	1,26	0,91	0,94	48,65	1,09	0,40	0,66	2,65	0,67	0,18	0,41	18,70	57,32
PC-03A	Zr-1-1	27,96	13,41	1,02	1,06	0,66	50,45	1,12	0,41	0,76	1,87	0,91	0,15	0,22	27,04	76,55
PC-03A	Zr-1-2	26,61	13,18	1,05	0,14	0,74	53,41	0,91	0,32	0,43	2,13	0,72	0,26	0,13	25,12	72,57

PC-03A	Zr-1-3	27,34	13,29	1,08	1,72	1,06	50,21	1,27	0,42	0,39	2,35	0,61	0,07	0,20	21,36	47,50
PC-03A	Zr-1-4	27,49	13,07	1,09	1,22	0,97	51,37	1,08	0,20	0,35	2,14	0,63	0,16	0,21	24,04	52,80
PC-03A	Zr-1-5	29,15	12,69	0,87	1,29	0,75	49,89	0,82	0,72	0,24	2,42	0,71	0,28	0,16	20,60	66,26
PC-03A	Zr-1-6	28,52	12,49	0,86	1,53	0,79	50,14	0,89	0,93	0,09	2,71	0,78	0,26	0,02	18,53	63,63
PC-03A	Zr-1-7	26,92	12,88	0,94	1,24	0,83	51,21	1,21	0,28	0,42	2,89	0,69	0,31	0,18	17,71	61,62
PC-03A	Zr-1-8	26,97	12,92	1,12	1,08	0,73	51,96	1,10	0,42	0,65	2,06	0,65	0,06	0,30	25,27	71,57
PC-03A	Zr-1-9	26,00	12,83	0,46	0,41	0,67	54,02	0,78	0,42	0,26	2,71	1,05	0,18	0,20	19,91	80,99
PC-03A	Zr-1-10	26,04	13,37	1,25	0,20	0,90	52,45	1,45	0,35	0,38	2,49	0,80	0,19	0,15	21,07	58,15
PC-03A	Zr-1-11	27,60	12,60	0,70	1,52	0,80	51,38	1,07	0,29	0,56	2,54	0,55	0,27	0,11	20,27	64,06
PC-03A	Zr-1-12	27,78	13,02	1,02	1,39	0,60	50,60	1,15	0,54	0,42	2,32	0,89	0,07	0,20	21,77	84,05
PC-03A	Zr-2-2	25,48	13,27	0,90	0,07	0,87	53,77	1,07	0,31	0,45	2,22	1,27	0,06	0,28	24,26	62,01
PC-03A	Zr-2-3	26,09	13,15	0,56	0,08	0,84	54,43	1,24	0,51	0,33	1,67	0,83	0,12	0,17	32,67	65,11
PC-03A	Zr-3-1	28,19	13,00	0,99	0,59	0,97	51,32	0,87	0,23	0,53	2,08	0,85	0,07	0,30	24,67	52,75
PC-03A	Zr-3-2	27,17	13,07	1,10	0,26	1,17	50,58	1,47	0,59	0,62	2,57	1,00	0,16	0,25	19,70	43,19
PC-03A	Zr-3-4	26,21	13,53	0,85	0,43	0,78	52,79	0,96	0,33	0,27	2,68	0,87	0,11	0,20	19,72	68,11
PC-03A	Zr-3-6	26,34	13,01	0,75	0,09	0,79	52,75	1,35	0,71	0,27	2,51	1,02	0,14	0,27	21,03	67,11
PC-03A	Zr-3-7	26,84	13,45	1,16	0,35	0,84	52,80	1,24	0,47	0,14	1,75	0,71	0,18	0,07	30,15	62,55
PC-03A	Zr-3-8	26,58	13,07	1,02	0,38	0,68	52,89	1,34	0,44	0,55	1,93	0,87	0,06	0,19	27,41	77,33
PC-03A	Zr-3-9	26,11	13,21	0,83	0,22	0,95	53,63	1,15	0,26	0,59	2,08	0,60	0,18	0,19	25,75	56,27
PC-03A	Zr-3-10	25,78	13,32	1,07	0,06	0,68	54,19	0,94	0,38	0,50	2,27	0,49	0,14	0,18	23,86	79,81
PC-03A	Zr-4-2	25,82	13,21	1,12	0,09	0,77	53,43	1,22	0,48	0,27	2,55	0,69	0,02	0,35	20,99	69,84
PC-03A	Zr-4-3	30,25	12,93	0,65	1,93	0,70	47,46	0,85	0,17	0,71	2,92	0,95	0,01	0,48	16,24	67,60
PC-03A	Zr-5-5	25,94	13,21	1,02	0,50	0,65	53,28	1,12	0,57	0,28	2,35	0,58	0,21	0,28	22,68	81,60
PC-03A	Zr-5-6	29,07	13,00	0,90	1,66	0,70	48,90	1,07	0,35	0,31	2,61	1,00	0,07	0,36	18,76	69,46
PC-03A	Zr-6-1	26,85	12,93	0,61	1,08	0,87	52,39	0,95	0,19	0,57	2,33	0,92	0,16	0,16	22,49	60,36
PC-03A	Zr-6-2	27,78	12,42	0,65	1,64	0,65	51,42	1,13	0,52	0,35	2,14	0,91	0,21	0,19	24,02	78,62

PC-03A	Zr-6-3	26,42	12,90	1,02	0,89	1,01	52,50	1,25	0,37	0,33	2,52	0,53	0,06	0,22	20,84	51,98
PC-03A	Zr-6-4	26,35	13,26	0,95	0,50	0,97	52,58	1,13	0,33	0,58	2,17	0,81	0,29	0,08	24,26	54,03
PC-03A	Zr-6-5	27,49	13,18	0,78	1,10	1,33	50,00	1,29	0,26	0,64	2,41	1,10	0,10	0,32	20,77	37,54
PC-03A	Zr-6-6	27,98	12,76	0,84	1,70	0,95	51,35	0,94	0,30	0,34	1,81	0,73	0,06	0,25	28,37	54,23
PC-03A	Zr-6-7	25,41	13,42	0,92	0,15	0,70	53,73	1,40	0,29	0,49	2,40	0,81	0,20	0,08	22,40	76,64
PC-03A	Zr-6-8	26,05	13,17	0,71	0,34	0,74	53,84	1,12	0,32	0,34	2,24	0,81	0,18	0,15	24,02	73,25
PC-03A	Zr-6-9	25,60	13,30	0,96	0,06	0,64	54,14	1,43	0,28	0,47	1,97	0,88	0,02	0,27	27,51	84,33
PC-03A	Zr-6-10	25,69	13,27	0,81	0,19	0,85	53,69	1,29	0,35	0,36	2,39	0,85	0,16	0,10	22,48	63,02
MÉDIA PC-03A		26,94	13,08	0,91	0,75	0,82	52,08	1,13	0,40	0,42	2,31	0,81	0,14	0,21	22,99	65,46
PC-14A	Zr-1-1	29,89	12,49	0,93	1,48	0,73	49,34	1,25	0,10	0,42	2,15	0,99	0,00	0,23	22,95	67,97
PC-14A	Zr-1-3	26,86	13,19	1,10	1,23	0,70	51,29	1,26	0,30	0,33	2,86	0,53	0,10	0,25	17,95	73,17
PC-14A	Zr-2-1	27,73	12,91	1,02	1,70	0,61	50,72	1,09	0,18	0,40	2,53	0,75	0,19	0,17	20,06	83,42
PC-14A	Zr-2-2	28,02	13,22	1,05	1,57	0,71	49,97	1,22	0,07	0,73	2,17	0,83	0,20	0,27	23,07	70,58
PC-14A	Zr-2-3	26,95	13,22	0,49	1,47	0,88	52,30	0,93	0,35	0,32	1,98	0,68	0,17	0,26	26,48	59,30
PC-14A	Zr-2-4	27,02	12,87	0,90	1,22	0,65	52,03	0,99	0,35	0,37	2,37	0,69	0,08	0,46	21,94	80,17
PC-14A	Zr-2-5	27,49	13,20	0,61	1,68	1,05	51,18	0,91	0,21	0,44	1,85	0,92	0,24	0,22	27,64	48,61
PC-14A	Zr-3-1	26,71	13,02	0,88	0,73	0,74	52,48	1,36	0,34	0,34	2,52	0,52	0,24	0,13	20,87	70,72
PC-14A	Zr-3-2	26,24	13,43	1,21	0,30	0,57	52,81	1,37	0,24	0,42	2,33	0,77	0,09	0,22	22,70	93,14
PC-14A	Zr-3-3	26,26	13,32	0,83	0,30	0,61	53,33	1,51	0,23	0,44	2,05	0,78	0,17	0,19	26,05	87,42
PC-14A	Zr-3-4	25,32	13,63	1,19	0,14	0,79	53,43	1,47	0,41	0,31	2,10	0,79	0,14	0,29	25,48	67,55
PC-14A	Zr-3-5	31,42	11,78	1,09	0,83	0,81	49,19	0,76	0,50	0,67	2,13	0,51	0,06	0,25	23,12	60,80
PC-14A	Zr-3-6	26,18	13,30	1,10	0,21	0,59	53,87	1,20	0,21	0,38	1,86	0,60	0,07	0,44	29,02	90,99
PC-14A	Zr-3-7	25,06	13,17	0,94	0,10	0,73	53,88	1,54	0,58	0,31	2,88	0,54	0,04	0,23	18,72	73,41
MÉDIA PC-14A		27,22	13,05	0,95	0,93	0,73	51,84	1,20	0,29	0,42	2,27	0,71	0,13	0,26	23,29	73,38

ANEXO C

Tabela - Composições semiquantitativas (EDS) das biotitas analisadas dos leucogranitos potássicos encaixantes do Granito São João (PC-03A) e do Granito Xinguara (AL-62)

AMOSTRA	ANÁLISE	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	FeO
PC-03A	Bt-2-1	13,97	16,47	37,01	0,02	3,37	0,12	2,29	0,59	26,17
PC-03A	Bt-2-2	13,67	15,72	37,57	0,02	4,42	0,16	2,52	0,61	25,32
PC-03A	Bt-2-3	14,93	18,63	35,66	0,03	0,92	0,16	0,91	0,54	28,22
PC-03A	Bt-2-4	15,53	17,42	36,59	0,01	1,37	0,22	0,90	0,57	27,41
PC-03A	Bt-2-5	13,97	16,47	37,01	0,02	3,37	0,12	2,29	0,59	26,17
PC-03A	Bt-2-6	16,01	19,54	35,00	0,02	0,37	0,29	0,34	0,70	27,72
PC-03A	Bt-2-7	14,13	16,66	37,97	0,02	3,32	0,64	2,36	0,65	24,25
PC-03A	Bt-2-8	14,95	17,34	34,96	0,03	1,05	0,19	0,58	0,61	30,27
PC-03A	Bt-2-9	16,32	18,07	35,90	0,01	0,62	0,18	0,73	0,60	27,58
PC-03A	Bt-2-10	15,27	18,45	35,44	0,01	0,80	0,27	0,58	0,57	28,60
PC-03A	Bt-3-1	15,28	18,24	35,45	0,01	0,56	0,27	0,33	0,75	29,11
PC-03A	Bt-3-2	17,62	22,50	31,93	0,02	0,10	0,11	0,17	0,56	26,99
PC-03A	Bt-3-3	16,30	19,87	34,82	0,02	0,32	0,28	0,49	0,62	27,29
PC-03A	Bt-3-4	15,73	18,91	34,17	0,02	0,30	0,21	0,29	0,70	29,66
PC-03A	Bt-3-5	16,99	19,69	32,55	0,01	0,10	0,14	0,24	0,67	29,60
PC-03A	Bt-3-6	18,26	21,59	32,94	0,02	0,07	0,07	0,32	0,63	26,10
PC-03A	Bt-3-7	16,82	21,36	31,42	0,01	0,14	0,18	0,19	0,76	29,12
PC-03A	Bt-3-8	17,68	23,30	31,91	0,01	0,07	0,08	0,12	0,65	26,18
PC-03A	Bt-3-9	17,66	23,57	32,05	0,01	0,16	0,06	0,22	0,72	25,56
PC-03A	Bt-3-10	15,28	17,92	34,62	0,01	1,00	0,24	1,11	0,60	29,22
PC-03A	Bt-3-11	17,68	20,88	33,22	0,01	0,18	0,21	0,33	0,52	26,98

PC-03A	Bt-3-12	14,16	16,92	40,32	0,03	4,98	0,19	2,28	0,57	20,55
MÉDIA PC-03A		15,83	19,07	34,93	0,02	1,25	0,20	0,89	0,63	27,18
AL-62	Bt-1-1	9,81	16,91	39,90	0,01	9,93	0,02	2,92	0,19	20,29
AL-62	Bt-1-2	12,32	16,54	37,77	0,01	5,22	0,11	1,33	0,22	26,49
AL-62	Bt-1-3	9,60	16,72	39,69	0,01	8,87	0,12	1,77	0,26	22,95
AL-62	Bt-1-4	9,04	16,34	40,53	0,01	10,59	0,05	2,91	0,24	20,28
AL-62	Bt-1-5	13,16	16,38	35,72	0,01	2,13	0,35	0,65	0,38	31,23
AL-62	Bt-1-7	8,90	16,06	39,27	0,00	8,65	0,93	2,24	0,00	23,95
AL-62	Bt-2-1	9,27	16,41	39,63	0,01	9,56	0,03	1,83	0,29	22,96
AL-62	Bt-2-2	9,09	16,28	40,13	0,01	9,95	0,08	2,06	0,25	22,16
AL-62	Bt-2-3	9,40	16,87	40,20	0,01	10,18	0,03	2,07	0,25	20,97
AL-62	Bt-2-4	8,92	16,33	39,93	0,02	9,71	0,13	2,26	0,27	22,42
AL-62	Bt-2-5	9,27	16,53	39,84	0,02	10,19	0,00	1,96	0,48	21,71
AL-62	Bt-2-6	8,66	16,18	39,92	0,02	10,43	0,00	2,51	0,34	21,93
AL-62	Bt-2-7	8,76	16,07	40,29	0,01	10,34	0,02	2,45	0,39	21,67
AL-62	Bt-2-8	8,45	15,88	39,73	0,01	10,52	0,05	2,80	0,38	22,18
AL-62	Bt-2-9	9,06	16,47	39,80	0,01	10,15	0,01	2,52	0,34	21,64
AL-62	Bt-2-10	8,81	16,20	40,21	0,01	10,37	0,02	2,48	0,21	21,70
AL-62	Bt-2-11	8,98	16,03	39,37	0,02	10,46	0,03	2,25	0,29	22,56
AL-62	Bt-2-12	8,35	15,68	39,94	0,01	10,38	0,03	3,02	0,32	22,26
AL-62	Bt-3-1	8,67	16,01	40,15	0,01	10,27	0,09	2,56	0,39	21,85
AL-62	Bt-3-2	8,36	16,03	38,87	0,01	9,16	0,16	2,22	0,26	24,94
AL-62	Bt-3-3	8,46	16,63	40,31	0,02	10,52	0,00	2,45	0,20	21,42
AL-62	Bt-3-4	8,88	16,73	39,45	0,02	9,90	0,03	2,51	0,31	22,19
AL-62	Bt-3-5	8,35	15,86	39,92	0,02	10,62	0,07	2,50	0,27	22,41
MÉDIA PC-03A		9,24	16,31	39,59	0,01	9,48	0,10	2,27	0,28	22,70

ANEXO D

Tabela - Composições semiquantitativas (EDS) dos zircões analisados do trondhjemito encaixante do Granito São João (PCJ-29B) e do Trondhjemito Mogno (AM-01)

AMOSTRA	ANÁLISE	O	Si	P	Ca	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U	Zr/Hf	Zr/Y
PCJ-29B	Zrn-1-2	27,14	12,57	1,33	0,10	0,83	53,24	1,10	0,14	0,29	1,96	1,04	0,15	0,10	27,20	64,06
PCJ-29B	Zrn-1-5	28,90	12,32	1,33	0,72	0,78	51,16	1,24	0,21	0,21	2,02	0,83	0,14	0,16	25,38	65,51
PCJ-29B	Zrn-1-6	27,28	12,52	1,38	0,08	0,71	52,65	1,22	0,18	0,31	2,00	1,43	0,06	0,18	26,32	74,47
PCJ-29B	Zrn-2,5	26,14	12,71	1,40	0,23	1,05	53,60	0,98	0,28	0,31	2,12	1,01	0,14	0,06	25,26	51,19
PCJ-29B	Zrn-2-8	25,63	12,81	1,25	0,13	0,84	54,03	1,38	0,47	0,27	1,99	0,94	0,07	0,18	27,15	64,33
PCJ-29B	Zrn-3-1	25,51	13,01	1,11	0,09	0,77	54,54	1,06	0,34	0,23	2,14	1,02	0,05	0,14	25,50	71,19
PCJ-29B	Zrn-3-3	26,36	12,71	1,21	0,09	0,86	53,75	1,22	0,10	0,43	2,02	1,06	0,14	0,07	26,57	62,80
PCJ-29B	Zrn-3-7	25,75	12,77	1,12	0,11	0,96	54,67	0,99	0,23	0,19	1,97	1,01	0,05	0,18	27,75	57,25
PCJ-29B	Zrn-4-1	25,63	12,83	1,18	0,08	0,73	54,17	0,90	0,23	0,37	2,50	1,14	0,06	0,19	21,68	73,80
PCJ-29B	Zrn-4-3	24,78	12,91	1,41	0,10	0,67	54,64	1,22	0,35	0,43	2,00	1,20	0,14	0,15	27,32	81,43
PCJ-29B	Zrn-4-6	24,88	12,90	1,32	0,11	0,68	54,62	1,19	0,31	0,26	2,15	1,40	0,02	0,17	25,42	80,56
PCJ-29B	Zrn-4-8	24,71	13,11	1,18	0,67	0,76	54,39	1,03	0,29	0,30	2,08	1,26	0,06	0,18	26,16	71,85
PCJ-29B	Zrn-5-1	26,23	12,81	1,17	0,05	0,69	53,61	0,98	0,43	0,41	2,31	1,00	0,17	0,16	23,23	77,24
PCJ-29B	Zrn-6-1	27,19	12,41	1,28	0,60	0,89	53,04	0,64	0,08	0,46	1,99	1,18	0,07	0,19	26,64	59,80
PCJ-29B	Zrn-6-4	26,13	12,55	0,96	0,10	0,81	54,67	0,88	0,27	0,37	2,21	0,71	0,21	0,14	24,72	67,50
PCJ-29B	Zrn-6-8	26,33	12,57	1,23	0,38	0,97	52,66	1,02	0,30	0,30	2,29	1,69	0,05	0,22	22,98	54,57
PCJ-29B	Zrn-7-2	26,82	12,42	1,27	0,33	0,71	53,21	1,22	0,26	0,51	2,14	0,89	0,08	0,15	24,92	74,74
PCJ-29B	Zrn-7-7	26,23	12,41	1,17	0,31	0,86	53,75	0,86	0,23	0,31	2,49	1,15	0,19	0,03	21,55	62,28
PCJ-29B	Zrn-7-8	27,69	12,99	0,98	0,84	0,94	51,63	0,87	0,14	0,65	1,92	1,09	0,05	0,22	26,93	55,05
PCJ-29B	Zrn-9-4	25,72	12,78	1,43	0,63	0,84	53,10	1,34	0,27	0,31	2,50	0,93	0,12	0,04	21,21	63,51
PCJ-29B	Zrn-9-6	24,97	12,37	1,10	0,58	0,94	54,70	0,95	0,34	0,20	2,37	1,16	0,12	0,21	23,04	58,50

PCJ-29B	Zrn-9-8	24,56	13,15	1,19	0,11	0,77	54,93	1,04	0,34	0,23	2,15	1,26	0,07	0,23	25,60	71,43
PCJ-29B	Zrn-10-2	25,85	12,74	1,11	0,13	0,77	54,14	1,16	0,17	0,25	2,56	0,89	0,12	0,11	21,14	70,68
PCJ-29B	Zrn-13-2	25,68	12,48	1,17	0,70	0,93	53,72	0,99	0,41	0,33	2,12	1,24	0,00	0,23	25,35	57,76
PCJ-29B	Zrn-13-6	27,66	12,40	1,06	0,86	0,83	52,66	0,94	0,18	0,40	1,90	0,86	0,12	0,16	27,74	63,67
MÉDIA PCJ-29B		26,15	12,69	1,21	0,32	0,82	53,65	1,06	0,26	0,33	2,16	1,09	0,10	0,15	25,07	66,21
AM-01	Zrn-1-3	25,69	13,10	0,62	0,27	0,84	54,13	1,31	0,38	0,39	2,18	0,67	0,29	0,13	24,88	64,29
AM-01	Zrn-1-7	26,21	13,42	1,07	0,09	0,74	53,10	1,24	0,30	0,44	2,53	0,58	0,11	0,18	21,01	71,86
AM-01	Zrn-1-9	25,27	13,41	1,05	0,05	0,61	54,21	1,43	0,33	0,47	2,19	0,58	0,19	0,22	24,78	88,72
AM-01	Zrn-2-1	24,75	13,20	1,02	0,28	1,05	54,04	1,66	0,38	0,23	2,27	0,87	0,16	0,09	23,85	51,27
AM-01	Zrn-2-2	24,78	13,41	0,89	0,39	0,76	54,46	1,35	0,18	0,48	2,52	0,56	0,13	0,11	21,60	71,28
AM-01	Zrn-2-3	25,81	13,13	1,00	0,53	0,87	53,69	1,36	0,16	0,39	2,28	0,50	0,09	0,19	23,58	62,07
AM-01	Zrn-2-8	26,30	13,19	1,51	0,44	0,91	52,92	1,19	0,16	0,33	2,21	0,59	0,18	0,07	23,91	58,15
AM-01	Zrn-2-9	26,21	13,22	1,22	0,38	0,72	53,07	1,41	0,27	0,20	2,36	0,60	0,09	0,24	22,52	73,71
AM-01	Zrn-2-11	25,00	13,63	1,19	0,62	0,81	53,35	1,64	0,33	0,26	2,29	0,64	0,06	0,19	23,34	65,87
AM-01	Zrn-4-4	24,42	13,64	0,86	0,14	0,89	54,95	1,11	0,40	0,44	2,08	0,79	0,13	0,17	26,43	61,81
AM-01	Zrn-4-8	24,98	13,33	0,98	0,07	0,86	54,67	1,30	0,20	0,47	2,09	0,78	0,10	0,16	26,12	63,42
AM-01	Zrn-6-7	28,04	13,03	1,03	0,94	0,94	51,02	1,26	0,12	0,52	1,76	0,90	0,32	0,11	28,92	54,28
AM-01	Zrn-7-1	26,27	13,07	0,88	0,56	0,74	53,47	1,32	0,31	0,18	2,11	0,85	0,16	0,10	25,38	72,55
AM-01	Zrn-7-4	27,26	13,15	0,83	0,54	0,63	53,18	0,87	0,22	0,42	2,02	0,57	0,06	0,26	26,39	84,00
AM-01	Zrn-7-8	25,54	13,60	1,12	0,45	0,88	53,07	1,04	0,18	0,43	2,53	0,87	0,16	0,14	21,01	60,45
AM-01	Zrn-8-1	26,80	12,97	1,23	0,97	0,75	51,60	1,10	0,36	0,52	2,33	1,02	0,17	0,19	22,16	68,80
AM-01	Zrn-8-2	25,55	12,82	1,50	0,28	0,72	53,20	1,30	0,37	0,53	2,63	0,67	0,14	0,29	20,21	73,58
AM-01	Zrn-8-4	25,47	13,20	1,23	0,45	0,76	53,13	1,10	0,38	0,30	2,49	0,95	0,31	0,23	21,37	70,00
AM-01	Zrn-8-12	26,40	13,29	1,01	0,78	0,87	52,21	1,09	0,37	0,37	2,32	0,84	0,20	0,28	22,49	60,22
AM-01	Zrn-10-2	25,69	13,28	1,24	0,51	0,78	53,21	1,22	0,35	0,40	2,41	0,53	0,14	0,25	22,06	68,30
AM-01	Zrn-10-7	24,65	13,40	1,05	0,05	1,31	54,28	1,08	0,44	0,45	2,18	0,74	0,17	0,21	24,85	41,37

AM-01	Zrn-10-9	25,12	13,45	1,09	0,12	0,69	54,77	0,92	0,33	0,45	2,24	0,55	0,19	0,09	24,45	79,49
AM-01	Zrn-10-10	25,73	13,72	1,55	0,45	0,77	52,25	1,47	0,28	0,44	2,49	0,56	0,02	0,26	21,00	68,31
AM-01	Zrn-10-11	25,05	13,21	1,31	0,06	0,70	54,24	0,97	0,44	0,39	2,54	0,74	0,19	0,16	21,34	77,94
AM-01	Zrn-10-12	24,35	13,42	1,31	0,14	0,81	54,86	1,27	0,55	0,29	2,42	0,32	0,15	0,15	22,71	68,06
AM-01	Zrn-12-5	27,04	13,21	1,45	0,68	0,81	52,16	1,15	0,28	0,29	1,91	0,59	0,20	0,24	27,35	64,71
AM-01	Zrn-12-12	26,89	13,27	0,86	0,77	0,71	52,17	1,25	0,38	0,21	2,29	0,93	0,15	0,13	22,82	73,27
AM-01	Zrn-13-1	25,42	13,32	1,26	0,09	0,72	53,89	1,42	0,18	0,68	1,94	0,75	0,13	0,22	27,74	75,16
AM-01	Zrn-13-11	25,32	12,97	1,34	0,06	0,94	54,14	1,32	0,40	0,25	2,18	0,88	0,04	0,18	24,80	57,65
AM-01	Zrn-14-1	26,66	13,60	1,04	0,96	0,70	52,07	0,94	0,59	0,23	2,38	0,57	0,04	0,23	21,92	74,17
AM-01	Zrn-14-9	25,68	13,04	1,11	0,28	0,63	54,19	1,10	0,36	0,37	2,26	0,63	0,13	0,23	23,96	85,75
AM-01	Zrn-14-10	26,80	13,09	1,37	0,89	0,77	51,90	1,48	0,26	0,36	2,23	0,51	0,13	0,21	23,25	67,13
AM-01	Zrn-15-3	26,58	13,21	1,12	0,46	0,67	53,01	1,12	0,17	1,00	1,77	0,59	0,09	0,22	29,95	79,71
AM-01	Zrn-15-4	25,38	13,32	1,13	0,41	0,79	54,26	1,10	0,21	0,25	1,84	0,86	0,18	0,26	29,55	68,34
AM-01	Zrn-15-6	26,17	13,60	0,92	0,64	0,67	52,87	1,21	0,34	0,36	2,38	0,49	0,13	0,23	22,24	78,67
AM-01	Zrn-15-7	25,36	13,07	0,87	0,52	1,27	53,72	1,23	0,42	0,37	2,10	0,75	0,19	0,15	25,54	42,46
AM-01	Zrn-15-8	25,91	13,24	0,90	0,34	0,93	53,69	1,01	0,22	0,36	2,22	0,88	0,24	0,07	24,23	57,80
AM-01	Zrn-15-9	25,71	13,22	1,35	0,41	0,86	53,17	1,28	0,32	0,31	2,35	0,59	0,16	0,27	22,61	61,97
AM-01	Zrn-15-10	25,55	13,78	1,20	0,48	0,60	53,00	1,25	0,32	0,29	2,47	0,74	0,21	0,11	21,46	87,75
AM-01	Zrn-15-11	26,65	12,90	0,95	0,47	0,84	53,02	0,95	0,28	0,65	2,46	0,54	0,10	0,21	21,53	63,34
AM-01	Zrn-15-14	25,98	13,20	1,06	0,40	0,82	53,49	1,18	0,40	0,27	1,99	0,86	0,36	0,01	26,90	65,47
AM-01	Zrn-16-4	24,80	13,42	0,92	0,06	0,94	54,70	1,31	0,33	0,44	2,15	0,65	0,12	0,16	25,40	58,00
AM-01	Zrn-17-1	24,86	13,71	1,03	0,10	0,82	54,26	0,91	0,40	0,34	2,51	0,73	0,30	0,04	21,66	66,49
AM-01	Zrn-17-2	25,45	13,26	0,94	0,11	0,65	54,41	1,22	0,45	0,64	1,83	0,68	0,10	0,26	29,76	83,20
AM-01	Zrn-17-9	26,05	13,22	1,00	0,29	0,76	53,49	1,26	0,27	0,46	2,22	0,76	0,17	0,06	24,05	70,29
MÉDIA AM-01		25,77	13,29	1,10	0,40	0,81	53,44	1,21	0,32	0,40	2,24	0,69	0,16	0,18	24,07	68,02

ANEXO E

Tabela - Composições semiquantitativas (EDS) das biotitas analisados do trondhjemitó encaixante do Granito São João (PCJ-29B, PCJ-31C) e do Trondhjemitó Mogno (FRM-01, FRM-87).

AMOSTRA	ANÁLISE	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	FeO
PCJ-29B	Bt-1-1	9,40	15,82	40,22	0,03	10,70	0,00	1,66	0,26	21,92
PCJ-29B	Bt-1-2	9,43	16,29	40,00	0,02	10,43	0,01	1,80	0,22	21,80
PCJ-29B	Bt-1-3	9,41	15,85	39,84	0,01	10,63	0,00	1,95	0,47	21,82
PCJ-29B	Bt-1-4	9,09	15,78	40,21	0,02	10,92	0,01	2,01	0,27	21,68
PCJ-29B	Bt-1-5	9,25	15,60	40,58	0,01	10,44	0,08	2,03	0,41	21,60
PCJ-29B	Bt-1-6	9,94	15,75	41,79	0,01	10,33	0,08	1,38	0,33	20,40
PCJ-29B	Bt-1-7	9,50	15,89	40,17	0,01	10,40	0,13	1,88	0,25	21,77
PCJ-29B	Bt-1-8	9,75	16,19	39,98	0,02	11,03	0,04	1,73	0,39	20,86
PCJ-29B	Bt-1-9	9,43	16,17	40,76	0,02	10,84	0,12	1,34	0,23	21,11
PCJ-29B	Bt-1-10	9,62	16,75	40,43	0,03	10,29	0,05	1,85	0,26	20,73
PCJ-29B	Bt-1-11	9,11	15,95	40,81	0,02	10,70	0,05	2,00	0,35	21,02
PCJ-29B	Bt-1-12	9,62	15,99	40,05	0,02	10,63	0,05	1,86	0,24	21,54
PCJ-29B	Bt-2-1	9,78	16,17	40,22	0,02	10,74	0,07	1,69	0,28	21,04
PCJ-29B	Bt-2-2	9,87	16,19	40,55	0,02	10,80	0,05	1,53	0,27	20,71
PCJ-29B	Bt-2-3	10,06	16,70	40,64	0,01	10,17	0,10	1,63	0,42	20,26
PCJ-29B	Bt-2-5	9,58	16,13	40,54	0,02	10,76	0,03	1,88	0,40	20,67
PCJ-29B	Bt-2-6	9,64	15,79	40,94	0,03	10,73	0,09	1,77	0,30	20,71
PCJ-29B	Bt-2-7	9,85	16,78	40,64	0,02	10,07	0,21	1,79	0,32	20,32
PCJ-29B	Bt-2-8	9,65	15,85	39,54	0,02	11,21	0,00	1,71	0,42	21,59
PCJ-29B	Bt-2-9	9,84	16,60	41,04	0,02	10,42	0,06	1,57	0,35	20,10
PCJ-29B	Bt-2-10	10,01	16,58	41,68	0,03	10,28	0,00	1,35	0,27	19,81
PCJ-29B	Bt-2-11	10,15	16,06	41,03	0,02	10,29	0,13	1,58	0,29	20,45
PCJ-29B	Bt-4-1	9,99	16,24	40,70	0,02	10,67	0,02	1,60	0,33	20,43

PCJ-29B	Bt-4-2	10,06	16,24	39,83	0,01	10,84	0,16	1,82	0,20	20,83
PCJ-29B	Bt-4-4	10,00	16,48	39,92	0,01	10,76	0,00	1,71	0,44	20,67
PCJ-29B	Bt-4-5	10,14	16,17	40,34	0,02	10,66	0,11	1,62	0,18	20,77
PCJ-29B	Bt-4-6	9,75	16,06	40,19	0,03	10,62	0,06	2,01	0,25	21,03
PCJ-29B	Bt-4-7	9,61	16,29	40,32	0,01	10,20	0,06	1,95	0,40	21,15
PCJ-29B	Bt-4-8	9,83	16,17	40,37	0,02	10,57	0,06	2,21	0,37	20,40
PCJ-29B	Bt-4-9	9,73	16,00	40,03	0,01	10,73	0,05	2,08	0,26	21,10
PCJ-29B	Bt-4-10	9,75	15,60	39,63	0,01	11,00	0,33	2,54	0,21	20,93
PCJ-29B	Bt-4-11	9,80	16,60	40,39	0,02	10,62	0,07	1,69	0,30	20,52
MÉDIA PCJ-29B		9,71	16,15	40,42	0,02	10,61	0,07	1,79	0,31	20,93
PCJ-31C	Bt-1-7	7,81	13,14	41,65	0,06	9,16	0,18	4,04	0,09	23,87
PCJ-31C	Bt-1-9	8,22	15,67	42,08	0,02	7,05	0,13	1,88	0,34	24,61
PCJ-31C	Bt-1-11	9,46	12,95	41,21	0,06	9,79	0,11	4,12	0,33	21,96
PCJ-31C	Bt-2-2	7,60	12,90	40,56	0,07	10,21	0,16	3,91	0,31	24,28
PCJ-31C	Bt-2-8	8,41	12,79	41,15	0,08	9,68	0,03	4,22	0,17	23,46
PCJ-31C	Bt-4-1	8,74	12,37	41,44	0,09	9,44	0,05	4,38	0,26	23,22
PCJ-31C	Bt-4-6	8,76	12,00	40,36	0,07	10,13	0,04	4,10	0,36	24,19
PCJ-31C	Bt-4-10	9,00	12,47	41,46	0,06	9,64	0,12	4,42	0,31	22,52
PCJ-31C	Bt-5-2	8,91	13,04	41,23	0,09	9,62	0,01	4,25	0,22	22,63
MÉDIA PCJ-31C		8,54	13,04	41,24	0,07	9,41	0,09	3,93	0,27	23,42
FRM-01	Bt-1-2	9,41	16,52	40,67	0,02	10,52	0,07	1,49	0,28	21,02
FRM-01	Bt-1-3	9,35	16,28	40,66	0,02	10,42	0,19	1,70	0,28	21,08
FRM-01	Bt-1-4	8,82	16,14	40,00	0,02	10,73	0,02	1,75	0,55	21,97
FRM-01	Bt-1-5	9,31	16,18	40,07	0,02	10,52	0,07	1,47	0,47	21,90
FRM-01	Bt-1-6	8,78	15,70	40,04	0,00	10,22	0,05	2,39	0,41	22,40
FRM-01	Bt-1-7	9,23	15,82	40,04	0,02	10,81	0,13	1,66	0,35	21,95
FRM-01	Bt-1-8	9,40	15,96	40,19	0,01	10,73	0,05	1,74	0,45	21,47
FRM-01	Bt-2-2	9,55	16,34	41,28	0,01	8,88	0,07	1,38	0,34	22,15

FRM-01	Bt-2-3	8,88	16,79	40,14	0,01	10,35	0,16	1,91	0,32	21,45
FRM-01	Bt-2-4	9,15	16,51	40,44	0,02	10,68	0,13	1,76	0,33	20,98
FRM-01	Bt-2-5	9,38	16,09	40,34	0,02	10,94	0,07	1,39	0,38	21,39
FRM-01	Bt-2-6	9,14	16,19	39,98	0,01	10,14	0,16	2,01	0,55	21,82
FRM-01	Bt-2-7	9,32	16,08	39,98	0,01	10,69	0,07	1,64	0,31	21,91
FRM-01	Bt-2-8	8,81	15,93	40,11	0,01	10,31	0,09	2,27	0,37	22,09
FRM-01	Bt-2-9	9,47	16,66	40,76	0,01	10,42	0,00	1,56	0,43	20,69
FRM-01	Bt-2-10	9,39	16,34	40,94	0,01	10,15	0,13	1,36	0,25	21,43
FRM-01	Bt-2-11	9,22	16,30	40,55	0,01	10,24	0,08	1,34	0,33	21,92
FRM-01	Bt-2-12	9,56	16,94	40,08	0,01	10,68	0,13	1,57	0,35	20,68
FRM-01	Bt-2-13	9,45	16,49	40,19	0,02	10,47	0,08	1,57	0,44	21,29
FRM-01	Bt-3-1	9,09	16,32	40,76	0,01	10,44	0,02	1,72	0,45	21,19
FRM-01	Bt-3-2	9,39	16,88	40,58	0,01	10,09	0,05	2,02	0,33	20,66
FRM-01	Bt-3-4	9,19	16,23	40,40	0,02	10,34	0,09	1,82	0,30	21,62
FRM-01	Bt-3-5	9,80	16,34	40,81	0,01	10,55	0,10	1,38	0,28	20,73
FRM-01	Bt-3-6	9,52	16,22	40,31	0,01	10,70	0,03	1,49	0,49	21,24
FRM-01	Bt-3-7	9,46	16,08	41,64	0,01	9,50	0,14	1,20	0,44	21,54
FRM-01	Bt-3-8	9,48	16,45	39,99	0,01	10,47	0,02	1,61	0,39	21,59
FRM-01	Bt-3-9	9,08	16,29	40,03	0,01	10,64	0,02	1,82	0,34	21,76
FRM-01	Bt-3-10	9,17	16,07	40,65	0,01	10,64	0,04	1,78	0,51	21,13
FRM-01	Bt-3-11	9,72	16,27	40,90	0,02	9,93	0,09	1,47	0,34	21,26
FRM-01	Bt-3-12	9,63	16,56	40,32	0,03	10,23	0,04	1,37	0,32	21,49
FRM-01	Bt-3-13	9,31	16,55	40,55	0,02	10,88	0,00	1,47	0,27	20,95
FRM-01	Bt-3-14	9,47	16,38	40,36	0,01	10,67	0,01	1,57	0,43	21,10
FRM-01	Bt-3-15	9,43	16,29	41,10	0,01	10,11	0,13	1,57	0,45	20,90
FRM-01	Bt-3-16	9,13	16,38	40,44	0,01	10,17	0,01	1,66	0,54	21,66
FRM-01	Bt-3-17	9,58	15,82	41,05	0,03	10,74	0,05	1,22	0,40	21,12
FRM-01	Bt-3-18	9,66	16,61	41,38	0,03	9,94	0,14	1,23	0,24	20,77

FRM-01	Bt-3-19	9,30	16,55	40,44	0,02	10,81	0,03	1,43	0,38	21,03
MÉDIA FRM-01		9,33	16,31	40,49	0,01	10,40	0,08	1,62	0,38	21,39
FRM-87	Bt-1-3	8,85	16,03	39,58	0,02	10,33	0,11	2,05	0,29	22,74
FRM-87	Bt-1-4	8,80	16,74	40,05	0,04	9,87	0,59	2,63	0,27	21,01
FRM-87	Bt-1-5	8,72	16,14	40,08	0,04	10,74	0,09	1,97	0,44	21,77
FRM-87	Bt-3-1	9,02	16,62	39,46	0,04	10,78	0,03	1,85	0,44	21,75
FRM-87	Bt-3-2	9,51	17,32	39,18	0,02	9,42	0,06	1,77	0,37	22,35
FRM-87	Bt-3-3	9,28	16,67	40,00	0,04	10,71	0,05	1,43	0,38	21,44
FRM-87	Bt-3-4	9,06	16,49	40,26	0,03	10,45	0,11	1,72	0,26	21,62
FRM-87	Bt-3-5	8,99	16,75	40,13	0,02	10,71	0,07	1,54	0,31	21,48
FRM-87	Bt-3-6	9,11	17,10	39,83	0,04	10,63	0,08	1,97	0,13	21,11
FRM-87	Bt-3-7	9,08	16,46	40,31	0,03	10,09	0,00	2,13	0,29	21,61
FRM-87	Bt-3-8	8,66	16,66	40,18	0,03	10,38	0,04	2,10	0,32	21,63
FRM-87	Bt-3-9	9,40	16,95	40,24	0,03	10,39	0,03	1,81	0,36	20,79
FRM-87	Bt-3-10	8,93	16,84	40,21	0,03	10,46	0,08	1,79	0,38	21,27
FRM-87	Bt-3-11	8,86	16,49	40,52	0,05	10,64	0,05	1,93	0,12	21,35
FRM-87	Bt-3-12	9,11	16,33	39,77	0,04	10,43	0,01	1,90	0,29	22,11
FRM-87	Bt-3-13	9,14	16,97	39,99	0,03	10,52	0,02	1,65	0,26	21,41
FRM-87	Bt-3-14	9,02	16,42	39,97	0,03	10,70	0,08	1,74	0,44	21,61
FRM-87	Bt-4-1	9,04	16,81	40,34	0,02	10,29	0,16	1,71	0,31	21,32
FRM-87	Bt-4-2	9,15	16,62	40,04	0,02	10,38	0,03	2,08	0,40	21,28
FRM-87	Bt-4-3	9,31	16,61	40,06	0,03	10,63	0,05	1,52	0,30	21,49
FRM-87	Bt-4-4	8,79	16,39	40,37	0,02	10,35	0,09	1,79	0,22	21,98
FRM-87	Bt-4-5	8,76	16,55	40,24	0,03	10,31	0,16	2,00	0,21	21,73
FRM-87	Bt-4-6	8,81	17,11	40,72	0,04	10,67	0,11	1,50	0,30	20,74
MÉDIA FRM-87		9,02	16,66	40,07	0,03	10,43	0,09	1,85	0,31	21,55