



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**PETROGRAFIA, GEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA DOS
GRANITOS PRESIDENTE KENNEDY E BARROLÂNDIA,
NOROESTE DO TOCANTINS – CINTURÃO ARAGUAIA**

Dissertação apresentada por:

WILLIAMS PINTO DOS SANTOS

Orientador Prof. Dr. Paulo Sergio de Sousa Gorayeb (UFPA)

**BELÉM
2011**

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

S237p Santos, Williams Pinto dos

Petrografia, geoquímica e geocronologia dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia, noroeste do Tocantins – Cinturão Araguaia / Williams Pinto dos Santos; Orientador: Paulo Sergio de Sousa Gorayeb– 2011
xvi, 100 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2012.

1. Geocronologia. 2. Petrologia. 3. Geoquímica. 4. Granodiorito Presidente Kennedy. 5. Granito Barrolândia. 6. Cinturão Araguaia. 7. Pb-Pb em zircão. 8. Idade modelo Sm-Nd. I. Gorayeb, Paulo Sergio de Sousa, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 22 ed.:551.7098115



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

PETROGRAFIA, GEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA DOS
GRANITOS PRESIDENTE KENNEDY E BARROLÂNDIA,
NOROESTE DO TOCANTINS – CINTURÃO ARAGUAIA

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR
WILLIAMS PINTO DOS SANTOS

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na
Área de GEOQUÍMICA E PETROLOGIA

Data de Aprovação: 20 / 12 / 2011

Banca Examinadora:

Prof. Dr. PAULO SERGIO DE SOUSA GORAYEB

(Orientador – PPGG/UFPA)

Prof. Dr. CLÁUDIO NERY LAMARÃO

(Membro – PPGG/UFPA)

Prof. Dr. SERGIO PACHECO NEVES

(Membro Externo - UFPE)

Dedico este trabalho a todos os meus familiares por amor, dedicação e confiança que sempre tiveram em mim.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não seria possível se não houvesse a colaboração de pessoas e instituições aos quais gostaria de externar meus sinceros agradecimentos.

Agradeço primeiramente a Deus o criador do céu e da terra, pois sem sua força nada seria possível.

À todos os meus familiares, principalmente meus pais que me apoiaram em todas as minhas decisões acertadas da vida, e em especial a minha esposa Camila que esteve comigo em todos os momentos.

À Universidade Federal do Pará (UFPA) e ao Instituto de Geociências (IG) pela oportunidade de ensino gratuito e de qualidade, e pela infra-estrutura cedida para realização dessa dissertação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG/UFPA), pelo fornecimento dos meios e de infra-estrutura, fundamentais para o êxito deste trabalho.

Ao CNPq pelo suporte financeiro através da concessão de bolsa de estudos;

Ao projeto “Instituto de Geociências da Amazônia” – GEOCIAM – INCT/MCT/CNPq pelo suporte financeiro para o desenvolvimento dessa dissertação.

Ao Prof. Dr. Paulo Sérgio de Sousa Gorayeb pela orientação, amizade e confiança.

À todos os professores e funcionários do IG, em especial os técnicos Afonso Quaresma e Haroldo Carvalho pelo apoio e imensa ajuda nas etapas de campo.

Ao Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso), em especial aos professores Candido Augusto Veloso Moura e Marco Antonio Galarza Toro, pela orientação no tratamento dos dados geocronológicos e isotópicos, e às técnicas Etiana e Isa pela “força” nos procedimentos analíticos laboratoriais.

Agradeço, por fim, a todos os meus amigos, em especial a Saney, Daniel, Lívio, Tayla, Kellen e Andrey que me acompanharam nestes anos na pós-graduação, que de uma forma ou de outra contribuíram para o desenvolvimento dessa dissertação.

*Julgue seu sucesso pelas
coisas que você teve que
renunciar para conseguir.*

Dalai Lama

RESUMO

Diversos corpos graníticos têm sido identificados no extremo leste do Cinturão Araguaia em seu domínio de mais alto grau metamórfico (Grupo Estrondo). Tais granitos têm sido interpretados como de posicionamento sin a tardi-cinemático em relação à tectônica principal e metamorfismo regional da evolução do Cinturão Araguaia, no final do Neoproterozóico. Nesta dissertação foram estudados dois plútons graníticos denominados Presidente Kennedy e Barrolândia, este último ainda desconhecido da literatura. Os estudos envolveram a cartografia geológica em duas áreas de ocorrência desses granitos, análises petrográficas, geoquímicas e geocronológicas. O Granodiorito Presidente Kennedy localizado a 6 km a noroeste da cidade de Presidente Kennedy (TO) compõe a forma de um stock elíptico, que abrange uma área aflorante cujo diâmetro maior é de aproximadamente 10 km, e o menor de 5 km, encaixado em micaxistos do Grupo Estrondo e parcialmente coberto por rochas sedimentares da Formação Pimenteiras. O corpo possui foliação bem marcada na borda, no entanto existe uma orientação difusa ou mesmo imperceptível nas porções mais internas do corpo. A foliação é registrada, sobretudo pela orientação de micas. Os estudos petrográficos identificaram rochas hololeucocráticas ($M < 6$) granodioríticas e monzograníticas equigranulares, de cor cinza levemente rosada, e com textura granular hipidiomórfica e alotriomórfica. O conteúdo mineralógico é formado essencialmente por plagioclásio (An_{23-29}), quartzo e microclina, e subordinadamente biotita e muscovita. Apatita, zircão, titanita e minerais opacos compõem a mineralogia acessória, enquanto que clorita, sericita, carbonatos são fases secundárias. O Granito Barrolândia aflora em duas porções distintas na forma de stocks levemente ovalados encaixados em micaxistos do Grupo Estrondo. Em geral o corpo possui foliação bem marcada na borda evidenciada pela orientação de micas, e coincide com a foliação regional da área. Petrograficamente as rochas do Granito Barrolândia apresentam composição monzogranítica, são hololeucocráticas ($M < 10$), de granulação média, cor cinza, textura granular hipidiomórfica ou granoblástica, e sua constituição mineralógica é definida essencialmente por microclina, plagioclásio (An_{15-20}) e quartzo, subordinadamente por biotita e muscovita, e acessoriamente por apatita, zircão e minerais opacos, enquanto clorita e sericita são fases secundárias. Dados litoquímicos revelaram que os granitos são semelhantes, possuindo caráter levemente peraluminoso, com elevados valores SiO_2 , Al_2O_3 e álcalis e baixos valores de MgO , Fe_2O_3 e TiO_2 . Os estudos geocronológicos realizados pelo método de evaporação de Pb em zircão forneceu idade de 539 ± 5 Ma, interpretada como a idade mínima de cristalização do Granodiorito Presidente Kennedy. O mesmo método foi realizado

no Granito Barrolândia, no entanto as respostas analíticas não foram satisfatórias para o cálculo de sua idade, necessitando de trabalhos adicionais. Os estudos petrográficos, geoquímicos e geocronológicos dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia, revelaram semelhanças entre esses dois corpos e com os demais granitos que ocorrem no Cinturão Araguaia (Ramal do Lontra e Santa Luzia). A idade do Granodiorito Presidente Kennedy coincide no limite dos erros analíticos com aquelas obtidas nos granitos Santa Luzia (528 ± 5 Ma) e Ramal do Lontra (549 ± 5 Ma) que são correlacionados ao mesmo evento de granitogênese do Cinturão Araguaia. Do ponto de vista geoquímico, considerando os elementos maiores, esses dois corpos são muito similares aos demais, apresentando, porém pequenas diferenças. No geral os granitos estudados são ricos em SiO_2 , e pobres em MgO , TiO_2 , Fe_2O_3 e CaO , o que indica tratar-se de magmas pouco fracionados refletindo a natureza granítica hololeucocrática dos mesmos. Os estudos isotópicos pelo método Sm-Nd definiram idades modelo (T_{DM}) de 2,11 e 2,24 Ga, e entre 2,13 e 2,17 Ga para os granitos Barrolândia e Presidente Kennedy, respectivamente, e valores ϵ_{Nd} negativos indicando que esses granitos foram provenientes de fonte crustal, gerada a partir da fusão de uma crosta antiga Paleoproterozóica. Neste caso, uma unidade a ser considerada como fonte seria o Complexo Rio dos Mangues. Considerando o contexto geológico da área, e integrando aos dados de campo, petrográficos, geoquímicos e geocronológicos, se interpreta a formação dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia como relacionados a um processo de anatexia crustal de uma fonte do embasamento do Cinturão Araguaia, que supostamente seriam os ortognaisses do Complexo Rio dos Mangues. A agregação desses líquidos graníticos anatéticos, a ascensão e alojamento desses magmas nas seqüências supracrustais, se deram sincronicamente à tectônica principal do Cinturão Araguaia, no final do Neoproterozóico início do paleozóico. Os estudos comparativos revelaram muitas semelhanças entre estes e os demais granitos do Cinturão Araguaia, cronocorrelatos, indicando tratar-se de um evento regional de granitogênese, e possivelmente cogenéticos relacionado à fase principal do metamorfismo do Cinturão Araguaia, no limite Neoproterozóico-Paleozóico.

Palavras-chave: *Geocronologia. Petrologia. Geoquímica. Granodiorito Presidente Kennedy. Granito Barrolândia. Cinturão Araguaia. Pb-Pb em zircão. Idade modelo Sm-Nd.*

ABSTRACT

Several granitic bodies at the eastern of the Araguaia Belt in their area of higher metamorphic grade (Estrondo Group). These granites have been interpreted as positioning to late syn-kinematic in relation to major tectonic during regional metamorphism around 550 Ma. In this dissertation we studied two bodies, the Presidente Kennedy and Barrolândia granites, the latter still unknown in the literature. The studies involved geological mapping of two areas of occurrence of these granites, petrographic analysis, geochemistry and geochronology. The President Kennedy Granite located 6 km northwest of Presidente Kennedy city, comprising a stock of elliptical form, covering an outcrop area whose diameters are approximately 10 km and less than 5 km, intrusive in micaschists of Estrondo Group. The body has well-marked foliation on the edge, although there is a diffuse orientation or even noticeable, as they make a shift to the center of the body. The foliation is accused of everything for the orientation of micas. Petrography, the Presidente Kennedy granite varies from granodiorite to monzogranite compositions, hololeucocratic ($M < 6$) of slightly pinkish gray. Show hypidiomorphic to allotriomorphic texture and medium granulation. They consist mainly of plagioclase (An_{23-29}), quartz and microcline, and minor biotite and muscovite. Apatite, zircon, titanite and opaque minerals make up the accessory, whereas chlorite, sericite, carbonate, muscovite and clay minerals are secondary phases. The Barrolândia Granite surfaces in two distinct parts: (1) 20 km northwest and (2) 10 km southwest of the Barrolândia city, stocks are slightly oval, with approximate dimensions of 7 km, intrusive of Estrondo Group. The body has well-marked foliation on the edge that coincides with the regional foliation. This foliation evidenced by the orientation of micas. Petrographically, the granite and monzogranite are hololeucocratic ($M < 10$) and gray colored. Show hypidiomorphic and allotriomorphic texture the medium granulation. They consist essentially of microcline, plagioclase (An_{15-20}) and quartz and minor biotite and muscovite. Apatite, zircon and opaque minerals make up the accessory mineralogy, whereas chlorite, sericite, muscovite and clay minerals are secondary phases. Geochemical data show that the granites show similarities, have peraluminous character, comprising higher SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O and Na_2O , and depleted in MgO , TiO_2 and Fe_2O_{3Total} . Geochronologic analysis by evaporation Pb-Pb zircon method gave age of 539 ± 5 Ma, interpreted as the minimum age of zircon crystallization and hence Presidente Kennedy Granite. The same Geochronologic analysis was conducted in the Barrolândia Granite however the analytical responses were not satisfactory for the age calculation, requiring additional work. The petrography, geochemistry and geochronology of Presidente Kennedy and Barrolândia granites revealed similarities between these two bodies

and with other granites that occur in the Araguaia belt. The Presidente Kennedy granite coincide within the limits of analytical error obtained in Santa Luzia Granite (528 ± 5 Ma) and Ramal do Lontra Granite (549 ± 5 Ma) that are correlated to the same magmatic event of the Araguaia Belt. From the geochemical date of the studied granites, reveals very similar signature to the others. In general, the granites are rich in SiO_2 , and low in MgO , TiO_2 , and $\text{CaO Fe}_2\text{O}_{3\text{Total}}$, which indicate that it is little fractionated magma and granitic reflect the nature of them.

Key words: *Presidente Kennedy Granodiorite, Barrolândia Granite, Araguaia Belt, Petrology, Geochronology Pb-Pb in zircon, Sm-Nd Model age (T_{DM}).*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1- Mapa de localização da área do estudo.....	3
Figura 2.1- Mapa geológico do Cinturão Araguaia e seu embasamento, com indicações das idades principais em zircão com a localização dos alvos de estudo.....	8
Figura 4.1- Mapa geológico da área de ocorrência do Granodiorito Presidente Kennedy.....	17
Figura 4.2- Mapa geológico da área de ocorrência do Granito Barrolândia.....	18
Figura 4.3- Aspectos morfológicos dos domínios dos biotita xistos.....	19
Figura 4.4- Colina sustentada por biotita quartzo xistos com xistosidade proeminente apresentando baixo ângulo de mergulho.....	19
Figura 4.5- Detalhe de um biotita quartzo xisto destacando o bandamento milimétricos com veio quartzo-feldspáticos budinados concordante com a foliação.....	20
Figura 4.6- Biotita xisto destacando a foliação com corpos tabulares do Granodiorito Presidente Kennedy concordantes. Notar na porção superior restitos de biotita (biotititos) associados às amêndoas pegmatíticas.....	20
Figura 4.7- Feições migmatíticas em Biotita xisto feldspático com xistosidade subvertical encaixante do Granito Barrolândia com corpos tabulares de espessura centimétrica a decamétrica de aplítos e pegmatitos concordantes.....	21
Figura 4.8- Feições migmatíticas anatéticas e biotita xisto, destacando massas pegmatóides concordantes à xistosidade e restitos biotitíticos na região próximo ao contato do granito Barrolândia.....	21
Figura 4.9- Feições do Biotita e muscovita xisto. Orientação mineral marcando a xistosidade da rocha.....	22
Figura 4.10- Quartzo e plagioclásio definindo contatos em ponto tríplice caracterizando textura granoblástica poligonal - equilíbrio metamórfico no biotita xisto.....	22
Figura 4.11- Aspecto geral das áreas de ocorrência do Granodiorito Presidente Kennedy, ressaltando suas colinas com topos abaulados, com altitudes de 200 m.....	24
Figura 4.12- Forma de ocorrência em blocos abaulados do Granodiorito Presidente Kennedy.....	24
Figura 4.13- Aspecto estruturado da zona de borda do Granodiorito Presidente Kennedy na sua porção leste, destacando marcante foliação.....	25
Figura 4.14- Detalhe de pequeno afloramento do Granito Barrolândia, onde ocorre a extração de blocos utilizados para calçamento e urbanização.....	27

Figura 4.15- Aspecto geral do afloramento do tipo lajedo do Granito Barrolândia, destaque para a forte foliação do corpo.....	27
Figura 4.16- Morro testemunho resistente a erosão formando uma coluna sustentada por arenitos da Bacia Parnaíba.....	28
Figura 4.17- Lavra do Granito Barrolândia para a exploração de brita para lastro de ferrovia.....	28
Figura 4.18- Morro testemunho em forma de coluna sustentado por arenitos da Bacia Parnaíba.....	29
Figura 5.1 – Diagramas QAP e Q-A+P-M’ de Streckeisen (1976), onde estão plotadas as amostras da Tabela 5.1.....	32
Figura 5.2 – Aspectos mesoscópicos do Granodiorito Presidente Kennedy destaque para homogeneidade textural e a foliação incipiente da rocha.....	33
Figura 5.3 – Aspectos da textura ígnea original granular hipidiomórfica no Granodiorito Presidente Kennedy.....	38
Figura 5.4 – Aspectos da textura granoblástica poligonal no Granodiorito Presidente Kennedy caracterizada principalmente pelos contatos em pontos tríplexes entre quartzo, microclina e plagioclásio.....	39
Figura 5.5 – Aspectos texturais no Granodiorito Presidente Kennedy.....	40
Figura 5.6 – Aspectos texturais no Granodiorito Presidente Kennedy.....	41
Figura 5.7 – Aspectos texturais no Granodiorito Presidente Kennedy.....	42
Figura 5.8 – Aspectos texturais no Granodiorito Presidente Kennedy.....	43
Figura 5.9 – Diagrama QAP e Q-A+P-M’ de Streckeisen (1976), onde estão plotadas as amostras da Tabela 5.2.....	46
Figura 5.10- Aspectos mesoscópicos do Granito Barrolândia com destaque para a homogeneidade textural e foliação da rocha.....	47
Figura 5.11 – Aspectos da textura granular hipidiomórfica no Granito Barrolândia.....	51
Figura 5.12 – Aspectos da textura granoblástica poligonal no Granito Barrolândia caracterizada pelos contatos em pontos tríplexes entre quartzo, microclina e plagioclásio.....	52
Figura 5.13 – Aspectos texturais no Granito Barrolândia.....	53

Figura 6.4- Diagrama P-Q (Debon & Le Fort (1988), mostrando a afinidade com as séries cálcico-alcálicas dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia.....	62
Figura 6.5- Diagramas binário de variação para elementos traço versus sílica para os granitos Presidente Kennedy e Barrolândia.....	65
Figura 6.6- Diagramas binários de variação entre elementos traço maiores e menores para os granitos Presidente Kennedy e Barrolândia.....	66
Figura 6.7- Diagrama de multi-elementos, mostrando o padrão dos elementos traço para os granitos Presidente Kennedy e Barrolândia. Normalizado pelo condrito de Thompson (1982).....	67
Figura 6.8- Diagrama de discriminação de ambientes tectônicos de granitóides de Pearce et al (1984) com amostras dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia.....	68
Figura 6.9- Diagrama de elementos terras raras para os granitos Presidente Kennedy e Barrolândia. Normalizado pelo condrito de Evensen et al. (1978).....	69
Figura 7.2. Diagrama isotópico dos cristais de zircão analisados, com os resultados do cálculo da idade média de cristalização do Granito Presidente Kennedy.....	76
Figura 8.1- Diagrama representando as idades modelos TDM dos plutons estudados. A curva do Manto Empobrecido (DM) segue o modelo	79
Figura 10.1- Diagrama modal QAP onde estão plotadas as amostras do Granodiorito Presidente Kennedy, Granito Barrolândia, Granito Santa Luzia e Granito Ramal do Lontra.....	87
Figura 10.2- Diagrama de variação de óxidos versus SiO ₂ para os granitos Presidente Kennedy, Barrolândia, Santa Luzia e Ramal do Lontra.....	89
Figura 10.3- Diagrama de classificação geoquímica (a) Diagrama R1-R2 (b) Diagrama A/NK x A/CNK; onde é plotado o índice de Shand.....	90
Figura 10.4- Diagrama (a) A x B de Debon & Le Fort (1983); (b) Diagrama R1-R2 com os campos de ambiente tectônicos.....	91
Figura 10.5- Diagrama de classificação de ambientes tectônicos de granitóides com amostras do GPK, GBR, GSL, GRL: (a) Rb x Ta + Yb e (b) Ta x Yb.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1- Composições modais do Granodiorito Presidente Kennedy.....	31
Tabela 5.2- Composições modais do Granito Barrolândia.....	45
Tabela 6.1- Composição química dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia (elementos maiores e menores em % em peso, traços em ppm).....	56
Tabela 7.1- Composição química de outros Plutons graníticos do Cinturão Araguaia (elementos maiores % em peso; traços em ppm).....	75
Tabela 8.1- Resultados analíticos por evaporação de Pb em zircão utilizados para cálculo da idade do Granito Presidente Kennedy.....	80
Tabela 10.1- Composição química de outros Plutons graníticos do Cinturão Araguaia (elementos maiores % em peso; traços em ppm).....	88

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	iv
AGRADECIMENTOS.....	v
EPIGRAFE.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 APRESENTAÇÃO.....	1
1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO ÀS ÁREAS ESTUDADAS.....	2
1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO.....	4
1.4 ATIVIDADES E MÉTODOS.....	4
2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	7
3 O MAGMATISMO GRANÍTICO NO CINTURÃO ARAGUAIA.....	12
4 GEOLOGIA DA ÁREA DE OCORRÊNCIA DOS GRANITOS PRESIDENTE KENNEDY E BARROLÂNDIA.....	14
4.1 GRUPO ESTRONDO.....	14
4.1.1 Formação Xambioá.....	14
4.2 GRANODIORITO PRESIDENTE KENNEDY.....	23
4.3 GRANITO BARROLÂNDIA.....	26
4.4 FORMAÇÃO PIMENTEIRAS.....	29
5 PETROGRAFIA DOS GRANITOS ESTUDADOS.....	30
5.1 INTRODUÇÃO.....	30
5.2 GRANODIORITO PRESIDENTE KENNEDY.....	30
5.2.1 Análise microestrutural.....	34
5.2.2 Análise mineralógica.....	35
5.3 GRANITO BARROLÂNDIA.....	44
5.3.1 Análise microestrutural.....	48
5.3.2 Análise mineralógica.....	48

6 GEOQUÍMICA	55
6.1 ELEMENTOS MAIORES.....	57
6.2 ELEMENTOS TRAÇOS.....	63
6.3 ELEMENTOS TERRAS RARAS.....	69
6.4 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS.....	70
7 GEOCROLOGIA Pb-Pb EM ZIRCÃO	71
7.1 INTRODUÇÃO.....	71
7.2 PRINCÍPIOS DO MÉTODO DE EVAPORAÇÃO DE Pb EM ZIRCÃO E PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS EMPREGADOS.....	71
7.3 RESULTADOS ANALÍTICOS.....	72
8 SISTEMÁTICA Sm-Nd	77
8.1 INTRODUÇÃO.....	77
8.2 CONDIÇÕES ANALÍTICAS.....	77
8.3 RESULTADOS ANALÍTICOS.....	77
9 DISCUSSÕES	81
10 COMPARAÇÃO COM OUTROS GRANITOS DO CINTURÃO ARAGUAIA	84
11 CONCLUSÕES	93
REFERÊNCIAS	95
ANEXO A - PONTOS DE AMOSTRAGEM E LOCALIZAÇÃO DOS AFLORENTOS ESTUDADOS DA ÁREA DE PRESIDENTE KENNEDY	98
ANEXO B - PONTOS E COORDENADAS DOS AFLORENTOS ESTUDADOS DA ÁREA DE BARROLÂNDIA	100

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

A região de exposição dos granitos do presente estudo localiza-se na porção noroeste do estado do Tocantins, mais especificamente nos arredores das cidades de Presidente Kennedy e Barrolândia e está inserido no setor norte da província Tocantins, no domínio crustal conhecido como Cinturão Araguaia (CA), evoluído no Neoproterozóico.

Os conhecimentos geológicos do CA e de seu embasamento tiveram grandes avanços nas últimas décadas com os estudos geocronológicos mais sistemáticos, o que melhorou o ajuste do quadro lito-estratigráfico e ajudou à compreensão dos processos que levaram a sua edificação. Uma síntese dessa evolução foi publicada no livro *Tectonic Evolution of South America* (Alvarenga *et al.* 2000).

As pesquisas realizadas nos últimos anos permitiram avançar no conhecimento geocronológico das unidades do embasamento do Cinturão Araguaia, bem como em estudos isotópicos Pb-Pb em zircão e Sm-Nd idade modelo, para definirem a proveniência das seqüências metassedimentares do CA. Estudos metalogenéticos foram desenvolvidos sobre as seqüências exalativas da Formação Xambioá (Grupo Estrondo) e sobre os depósitos de sulfetos singenéticos no alvo São Martins - Formação Couto Magalhães (Grupo Tocantins). Datações Pb-Pb em zircão realizada no Granito Ramal do Lontra (domínio norte do CA) revelaram idade de 549 Ma. Datações U-Pb em cristais de zircão de metagabros apontaram também idades do Neoproterozóico, porém no intervalo de 752 a 817 Ma. Estudos de faciologia sedimentar e metalogenéticas nas seqüências sedimentares fracamente metamorfizadas da Formação Couto Magalhães e estudos de microfósseis em testemunhos de sondagem, apontaram novas diretrizes para a continuidade das pesquisas no Cinturão Araguaia (Vilas *et al.* 2007).

O Granodiorito Presidente Kennedy foi alvo de estudos de cunho petrográfico e cartográfico (Bulhões & Dall'Agnol 1985), bem como de levantamento cartográfico regional pela companhia CPRM. Por outro lado o granito Barrolândia foi identificado no presente estudo, e ainda não possui nenhum trabalho na literatura.

Os estudos sobre o magmatismo granítico vinculado ao CA têm avançado principalmente nos granitos Ramal do Lontra e Santa Luzia, com poucos registros desses corpos. Em uma análise geral alguns corpos ainda carecem de dados, inclusive petrográfico. Este trabalho propõe a sistematização do estudo das rochas graníticas identificados nas adjacências das cidades de Presidente Kennedy e Barrolândia voltada para a sua caracterização do ponto de vista geológico, petrográfico, geoquímico e geocronológico

visando contribuir com mais informações a respeito do quadro evolutivo no Cinturão Araguaia, aumentando a gama de dados que permitirão definir e caracterizar este magmatismo bem como situá-lo no contexto geológico.

Os resultados obtidos neste trabalho levaram a melhoria da cartografia das duas áreas de ocorrência dos granitos Barrolândia e Presidente Kennedy, detalhamento da petrografia, bem como caracterização geoquímica e definição da idade de cristalização e proveniência dessas rochas graníticas, permitindo um melhor conhecimento deste magmatismo no CA.

1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

As duas áreas de estudo localizam-se na porção noroeste do estado do Tocantins. A primeira área abrange parte das folhas SB-22-Z-D (Araçuaíra) e SB 22-Z-E (Araguaíra), a qual é delimitada pelas coordenadas geográficas 8°28' - 8°40' de latitude sul e 48°27' - 48°39' de longitude oeste. A segunda área de estudo na região de Barrolândia abrange parte das folhas SB.22-X-D-II (Miranorte) e SB.22-Z-B-V (Porto Nacional) a qual está delimitada pelas coordenadas geográficas 9° 35' - 10° 00' de latitude sul e 48° 40' - 49° 00' de longitude oeste (Fig. 1.1, 4.1 e 4.2).

O acesso à área, a partir de Belém, pode ser feito pela rodovia BR-316 até a cidade de Santa Maria interligando-se à BR-153 (Belém-Brasília), passando pelo estado do Maranhão até as cidades de Presidente Kennedy e Barrolândia no Tocantins. Outra alternativa é o trajeto pela BR-316 acessando a “Alça Viária” em Marituba em direção a cidade de Barcarena, ou se utilizando de balsa diretamente de Belém, atravessando o Rio Guamá até Barcarena. Posteriormente, segue-se pela rodovia PA-150 até Marabá, onde se prossegue pela rodovia BR-230 até São Gerando do Araguaia, com travessia de balsa no Rio Araguaia para Xambioá (TO) em direção a cidade da Araguaína (TO) e, a partir daí, pela rodovia BR-153 (Belém-Brasília) até as respectivas cidades de Barrolândia e Presidente Kennedy (TO).

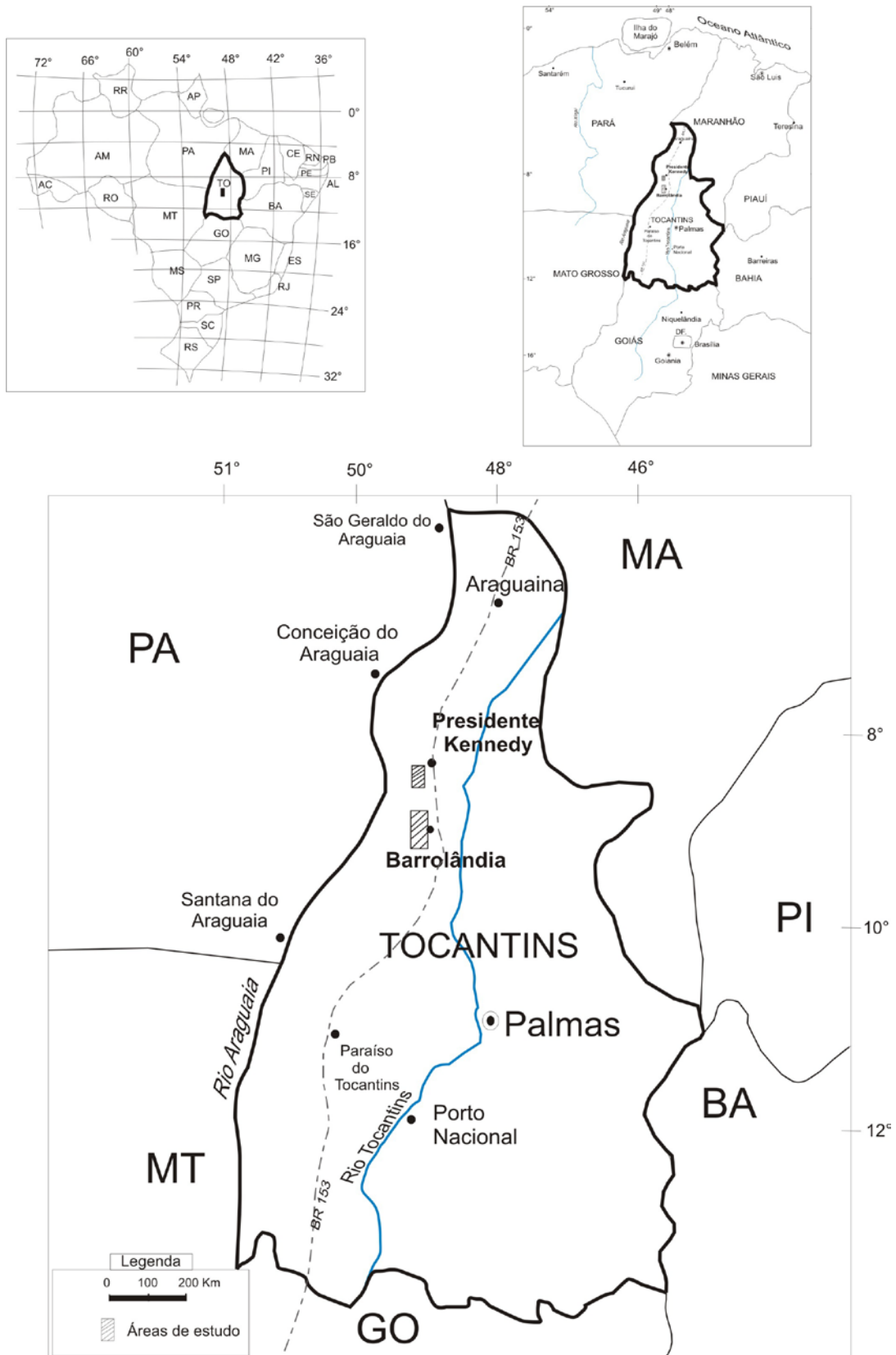


Figura 1.1 - Mapa de localização com indicação das duas áreas de estudo dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia.

1.3 OBJETIVOS

São poucas as ocorrências de corpos graníticos identificados até o presente no Cinturão Araguaia e os estudos geológicos existentes sobre eles são ainda superficiais e carecem de muitas informações. Merecem destaque apenas alguns estudos como os realizados por Bulhões & Dall'Agnol (1985) no Granodiorito Presidente Kennedy, por Lamarão & Kotschoubey (1996) no Granito Santa Luzia, e por Alves (2006) no Granito Ramal do Lontra sendo os dois últimos melhor estudados.

A presente dissertação de mestrado envolve o estudo específico dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia, que junto com os demais corpos graníticos da região representam um importante evento magmático relacionado à uma fase de evolução do CA.

Os estudos existentes no Granodiorito Presidente Kennedy incluem apenas a cartografia e a petrografia, de modo que até o presente ainda estavam indefinidos a litoquímica, a sua idade de cristalização e mesmo o mapeamento de detalhe do corpo. Por outro lado o Granito Barrolândia era ainda desconhecido, não possuindo nenhum estudo na literatura e nunca havia sido cartografado.

Tendo em vista as lacunas de conhecimento dos corpos graníticos dessas duas áreas, a presente dissertação teve como objetivos principais:

- a) Elaborar a cartografia geológica de semidetalhe dessas duas áreas e definir relações espaço-temporais entre os granitos e encaixantes;
- b) Caracterizar petrograficamente as fácies de cada um dos plútons Presidente Kennedy e Barrolândia;
- c) Caracterizar geoquimicamente os dois plutons para definir sua tipologia e discutir suas evoluções;
- d) Obter a idade de cristalização dos corpos através do método geocronológico Pb-Pb em zircão e idades modelos Sm-Nd (T_{DM}) para subsidiar as discussões sobre a origem desses corpos;
- e) Realizar estudos comparativos entre os diversos corpos conhecidos do CA;
- f) Definir as relações desse magmatismo com o metamorfismo e tectônica do Cinturão Araguaia e discutir sua evolução no contexto desta unidade geotectônica.

1.4 ATIVIDADES E MÉTODOS DE TRABALHO

Neste item estão descritas as atividades e métodos de trabalho que foram aplicados nessa dissertação, dentre os quais se destacam basicamente a pesquisa bibliográfica, levantamentos de campo e estudos laboratoriais, os quais são detalhados a seguir.

A pesquisa bibliográfica envolveu a leitura de artigos científicos em periódicos e livros textos com ênfase na petrologia de granitóides e aplicação de métodos geocronológicos (Pb-Pb e Sm-Nd). Além disso, foi realizado um amplo levantamento bibliográfico referente à geologia da região estudada direcionada ao magmatismo granítico, ao metamorfismo e geocronologia do Cinturão Araguaia, que resultou numa síntese sobre este conhecimento, apresentada no Capítulo 2.

O mapeamento geológico envolveu o levantamento de dados nas duas áreas de estudo indicadas na Figura 1.1, através de expedições de campo realizadas nos períodos de 25 de julho a 8 de agosto de 2009. Durante este trabalho foram realizados caminhamentos ao longo das áreas de ocorrência dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia, envolvendo descrição detalhada de afloramentos, além da coleta sistemática de amostras para os estudos petrográficos, litoquímicos e geocronológicos.

Através das técnicas de sensoriamento remoto, utilizando imagens de satélite e radar, compilações de dados cartográficos pré-existentes, somadas às informações obtidas nos trabalhos de campo, foram elaborados mapas geológicos para cada área de estudos apresentados nas figuras 4.1 e 4.2.

A análise petrográfica dos granitos foi realizada em 20 (vinte) amostras em que foram caracterizados os conteúdos mineralógicos, análise textural/microestrutural e classificação segundo o diagrama de Streckeisen (1976). A quantificação mineral, através de análise modal em lâminas delgadas, também foi realizada, se utilizando para isto o contador de pontos da marca Swift do Laboratório de petrografia do PPGG.

O estudo geoquímico envolveu a coleta de 20 (vinte) amostras e após seleção com base na análise petrográfica foram escolhidas 6 (seis) amostras para a dosagem dos elementos maiores, menores e traços, incluindo os elementos terras raras. Este estudo teve como objetivo a caracterização geoquímica e tipológica destes granitos e suas qualificações tipológicas usando diagramas geoquímicos específicos para rochas graníticas.

A preparação das amostras foi feita na Oficina de Preparação de Amostras (OPA) e nos Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) do Instituto de Geociências (UFPA). Nesta fase as amostras foram trituradas, pulverizadas e quarteadas. Em seguida as amostras foram analisadas nos laboratórios da Acme Analítica Laboratórios Ltda. Os elementos maiores e menores foram obtidos por ICP-AES (Plasma Acoplado Indutivo/ Espectrometria de Emissão Atômica) e os traços e terras raras foram obtidos por ICP-MS (Plasma Acoplado Indutivo/ Espectroscopia de Massa). O tratamento e interpretação dos dados seguiram a metodologia descrita por Rollinson (1993).

O estudo isotópico envolveu a datação dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia através do método de evaporação de Pb em zircão com o objetivo de obter suas idades de cristalização além de estudo geocronológico Sm-Nd para discutir a evolução desse magmatismo e suas prováveis fontes. As análises foram realizadas no espectrômetro de massa FINNIGAN modelo MAT 262 do Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) no Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, seguindo a metodologia desenvolvida por Kober (1986, 1987) e já em rotina neste laboratório.

Finalmente, de posse dos resultados obtidos neste trabalho foram feitas as integrações dos dados e a redação desta dissertação.

2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

O Cinturão Araguaia, conforme pode ser visto na Figura 2.1, é uma unidade geotectônica do Neoproterozóico que apresenta uma configuração geral submeridiana, ocupando uma extensão de 1200 km e largura da ordem de uma centena de quilômetros (Alvarenga et al. 2000). Seu limite a oeste se faz com unidades do Cráton Amazônico, ao norte e a leste com a Bacia do Parnaíba, enquanto que a sul e sudeste limita-se com as unidades paleoproterozóicas do Maciço de Goiás. As principais unidades litoestratigráficas que compõem o Cinturão Araguaia estão sintetizadas em Abreu (1978) e Alvarenga *et al.* (2000).

A oeste, o embasamento do Cinturão Araguaia está representado pelo conjunto de rochas arqueanas e paleoproterozóicas da porção oriental do Cráton Amazônico, que as recobre discordantemente em toda a margem leste; a sudeste, seu embasamento é representado pelas rochas do Maciço de Goiás, compreendendo terrenos gnáissicos e granulíticos do Paleoproterozóico (Gorayeb *et al.* 2000, Arcanjo & Moura 2000). No domínio leste, mais precisamente no núcleo erodido de várias estruturas braquianticlinais, o embasamento arqueano encontra-se exposto e é representado por gnaisses do Complexo Colméia, de idade 2,86 Ga correlacionado às suítes TTG do leste do Cráton Amazônico (Moura & Gaudette 1999), além da presença dos granitóides Cantão e Serrote, ambos de idade paleoproterozóica (1,85 Ga) que se encontram intrudidos nos complexos Colméia e Rio dos Mangues, respectivamente. (Gorayeb & Moura 2006).

O Cráton Amazônico na porção sudeste, limite oeste com o Cinturão Araguaia, é representado predominantemente pelo Terreno Granito-*Greenstone* Rio Maria, que é composto por rochas tonalíticas, trondjemíticas e granodioríticas, além de seqüências tipo *greenstone* e rochas metassedimentares, todas de idade arqueana (2,9 – 2,85 Ga).

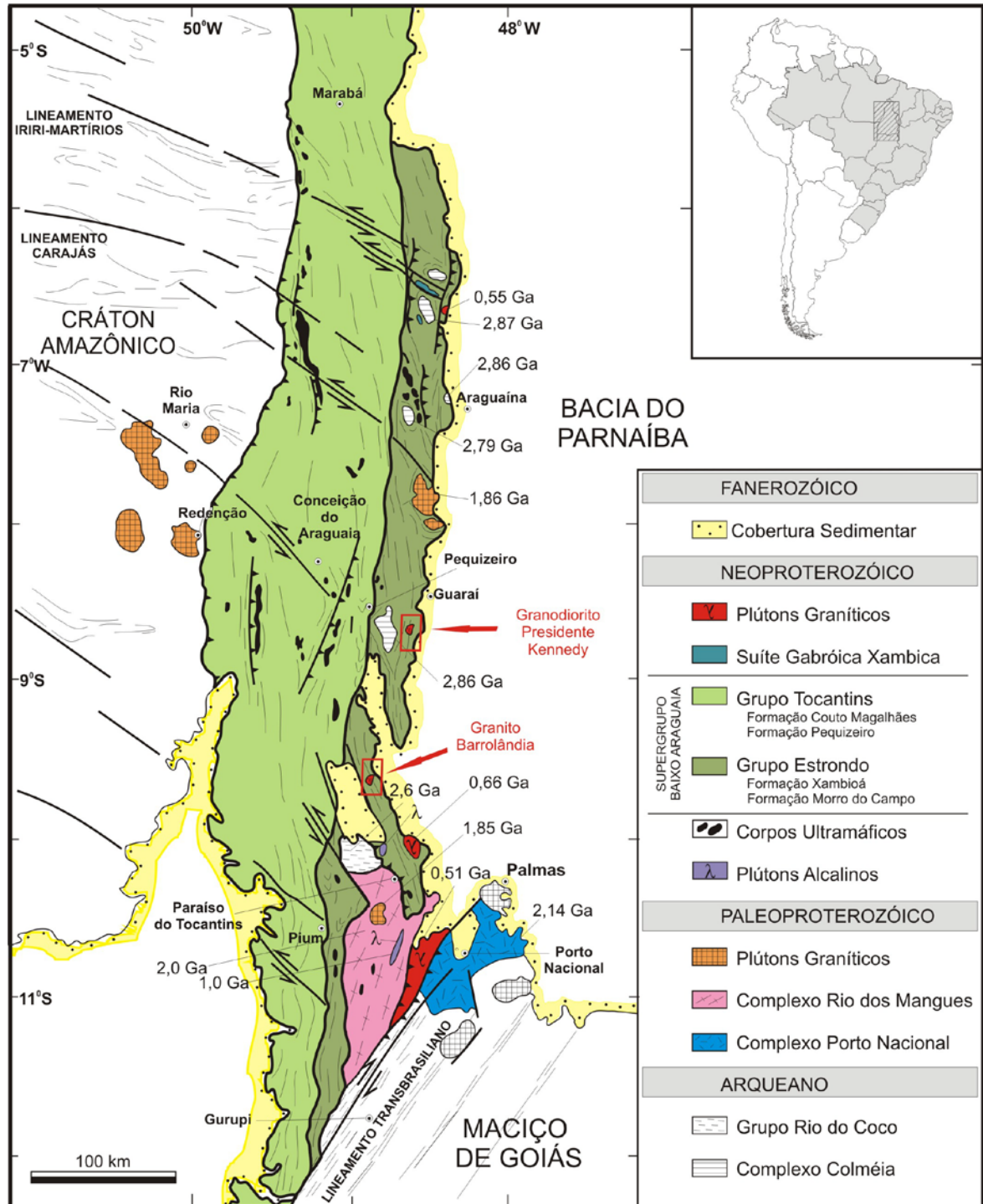


Figura 2.1- Mapa geológico do Cinturão Araguaia e seu embasamento, com indicações das principais idades U-Pb e Pb-Pb em zircão e dos corpos graníticos estudados (Fonte Gorayeb et al. 2008).

O Grupo Rio do Coco (Costa *et al.* 1983), interpretado como remanescente de um *greenstone belt* arqueano, é constituído por uma seqüência de metapelitos, rochas quartzofeldspáticas, metavulcânicas dacíticas portando sulfetos, metabasitos e metaultramafitos com formações ferríferas associadas. Arcanjo *et al.* (2000) dataram um metabasito que obtiveram idade Pb-Pb em zircão de 2,60 Ga.

O Complexo Rio dos Mangues (Costa *et al.* 1983) é uma unidade do Paleoproterozóico de idade entre 2,1 e 2,0 Ga (Moura & Souza 1996) constituída por rochas metassedimentares e metaígneas félsicas e máficas, que sofreram transformações metamórficas na fácies anfíbolito resultando em granada quartzitos, quartzitos, gnaisses tonalíticos, gnaisses cálcio-silicáticos, anfíbolitos e micaxisto subordinados.

As suítes alcalinas Monte Santo e Serra da Estrela, encaixadas nas rochas do Complexo Rio dos Mangues, são constituídas por plútons de nefelina sienito gnaisses. De acordo com Alvarenga *et al.* (2000) esse magmatismo alcalino estaria associado ao rifteamento crustal nos estágios iniciais da instalação da Bacia Araguaia, que recebeu os sedimentos do Supergrupo Baixo Araguaia. A idade Pb-Pb em zircão obtida por Moura & Souza (1996) de 1,0 Ga para um gnaisse sienítico do plúton Serra da Estrela foi interpretada como a idade do magmatismo alcalino que gerou esse corpo.

A sucessão de rochas metassedimentares que compõe o Cinturão Araguaia está reunida no Supergrupo Baixo Araguaia (Abreu 1978), que por sua vez é dividido nos grupos Estrondo e Tocantins. A seqüência basal do Cinturão Araguaia é formada pelo Grupo Estrondo, dividido nas formações Morro do Campo e Xambioá.

A Formação Morro do Campo ocorre principalmente delineando a borda de grandes estruturas braquianticlinais, ou como grandes pacotes quartzíticos cavalgando rochas da Formação Xambioá. É formada principalmente por quartzitos puros, quartzitos muscovíticos, magnetita e cianita quartzitos, além de intercalações de micaxistos (Gorayeb *et al.* 2008).

A Formação Xambioá sobrepõe-se de forma concordante à Formação Morro do Campo, constituindo-se de micaxistos variados tais como grafita xistos, muscovita xistos, xistos feldspáticos com granada, estaurolita e/ou cianita, biotita quartzo xistos além de mármore e corpos de anfíbolitos, meta-máficas e meta-ultramáficas. Esta formação possui ampla distribuição ao longo de todo o Cinturão Araguaia e é a unidade onde se registra as condições de relativamente mais alto grau metamórfico desta unidade geotectônica (Gorayeb *et al.* 2008). Datações K/Ar obtidas por Macambira (1983) em cristais de biotita e muscovita provenientes de xistos, e em hornblenda de anfíbolitos do Grupo Estrondo, revelaram idades que variam entre 565 a 518 Ma. Datações Rb-Sr em rocha total foram ainda realizadas por

Macambira (1983) em rochas do Grupo Estrondo obtendo idade de 590 ± 19 Ma, a qual foi interpretada como idade do metamorfismo que afetou o Grupo Estrondo.

A Formação Canto da Vazante foi definida por Costa (1980) como uma unidade formada principalmente por uma seqüência de xistos feldspáticos na região de Colméia.

A seqüência superior de sedimentos terrígenos, pertencentes ao Grupo Tocantins se sobrepõe concordantemente ao Grupo Estrondo e tem ampla distribuição na porção oeste do Cinturão Araguaia. O Grupo Tocantins é dividido nas formações Pequizeiro e Couto Magalhães. De acordo com Gorayeb (1981) a Formação Pequizeiro é constituída por cloritamuscovita-quartzo-xistos, filitos e intercalações de quartzitos, e a Formação Couto Magalhães é constituída principalmente por filitos, com intercalações de quartzitos hematíticos e jasperóides, além de ardósias, metacalcários, metarcósios e metagrauvas.

Ao longo de todo o Cinturão Araguaia ocorre um seleto grupo de rochas ortoderivadas metamáficas e metaultramáficas, alojado concordante ou discordantemente à estruturação do Cinturão Araguaia, caracterizado como corpos alóctones relacionados à tectônica de inversão do Cinturão Araguaia (Gorayeb 1981). Gorayeb (1989) descreveu corpos de peridotitos serpentinizados, relativamente estreitos e alongados cujos maiores atingem mais de 50 km de comprimento, e a orientação se dá, via de regra, paralelamente com o eixo do Cinturão Araguaia. Uma parte desses corpos é apontada como fragmentos de suítes ofiolíticas (Gorayeb 1981, Gorayeb 1989, Kotschoubey *et al.* 1996, Gorayeb *et al.* 2004).

Alojados nas rochas do Grupo Estrondo ao longo do domínio leste do cinturão Araguaia ocorrem corpos graníticos cujos mais conhecidos são representados pelo Granito Ramal do Lontra e Granodiorito Presidente Kennedy, localizados a leste das estruturas braquianticlinais do Lontra e Colméia, respectivamente, além do Granito Santa Luzia (Lamarão & Kotschoubey 1996), localizado na região de Paraíso do Tocantins, na porção meridional do CA. O Granito Santa Luzia se apresenta na forma de pequenos *stocks*, diques, lentes e veios que estão alojados concordantemente em micaxistos do Grupo Estrondo.

Estudos geocronológicos pelo método Rb-Sr em rocha total realizados no Granito Ramal do Lontra resultaram na idade de 497 Ma (Macambira 1983). Para o Granito Santa Luzia, dados geocronológicos Pb-Pb em zircão obtido por Moura & Gaudette (1993) apontaram idade de cristalização de 583 ± 39 Ma, usando a técnica de filamento simples, enquanto estudos de Moura & Souza (2002) mais recentes, usando a técnica de filamento duplo, obtiveram idades Pb-Pb em zircão no mesmo granito entre 550 e 560 Ma o que caracteriza um magmatismo do final do Neoproterozóico.

Gorayeb *et al.* (200) e Gorayeb & Moura (2006) identificaram 4 eventos principais de granitogênese no domínio do embasamento sudeste e no Cinturão Araguaia, com dois eventos do Paleoproterozóico e dois do Neoproterozóico.

Dezenas de corpos gabróicos metamorfizados (escapolita gabros), alojados em micaxistos do Grupo Estrondo foram identificados por Gorayeb *et al.* (2004) na região de Xambioá-Araguanã, e reunidos na Suíte Intrusiva gabroica Xambica. Datações preliminares apontaram idade Pb-Pb em zircão de 817 ± 5 Ma, que foi interpretada como relacionada à colocação desses corpos, resultante de um plutonismo de natureza básica toleítica pré-tectônica principal da evolução do CA (Gorayeb *et al.* 2004).

3 O MAGMATISMO GRANÍTICO DO CINTURÃO ARAGUAIA

O magmatismo granítico identificado no Cinturão Araguaia (CA) não é de grande expressão no nível crustal atual em que encontra este orógeno, sendo marcado apenas por alguns corpos de dimensões relativamente pequenas que ocorrem sempre nos domínios de maior grau metamórfico do CA, dentre os quais se destacam os granitos Ramal do Lontra, Santa Luzia e Presidente Kennedy. Apesar de espacialmente pouco representativo, esse magmatismo tem grande importância para o entendimento da evolução do respectivo cinturão, pois, segundo a literatura, estaria relacionado à fase principal do metamorfismo regional do CA (Abreu *et al.* 1994).

O Granito Ramal do Lontra (GRL), foi reconhecido inicialmente por Abreu (1978), que identificou corpos granitóides aflorantes no “Ramal do Lontra”, próximo à Fazenda Marinheiro, a leste da braquianticlinal do Lontra, na região de Xambioá-TO. Posteriormente, Macambira (1983) descreveu algumas rochas granitóides aflorantes nessa região, a principal delas correspondendo ao GRL. Macambira (1983) reporta que as relações de campo mostram que este corpo é intrusivo nos quartzitos e micaxistos da Formação Morro do Campo sem, entretanto, apresentar qualquer evidência. Descreve este granito como de cor cinza, com incipiente orientação, com a forma de ocorrência blocos e lajes extensas numa área grosseiramente elíptica, de aproximadamente 2 por 3 km com os estudos petrográficos do granito indicam com mineralogia essencial microclina, quartzo e oligoclásio e como variedades biotita e muscovita. Descreve também, veios graníticos de espessura centimétrica, constituídos de quartzo, feldspato, mica e hematita, e com algumas evidências de deformação, tais como orientação das micas e recurvamento das maclas de oligoclásio, relatando não apresentar feições metamórficas. Macambira (1983) conclui que o granito foi gerado após o metamorfismo regional que afetou a área.

Outro corpo granítico identificado por esse autor compreende um albita-granito localizado na Serra da Ametista, na porção sudeste da Braquianticlinal do Lontra, em seu flanco interno. Segundo o autor este corpo estaria encaixado nos gnaisses do embasamento e anfibolitos localizados estratigraficamente abaixo dos quartzitos da Formação Morro do Campo. Trata-se de um corpo lentiforme de aplito de pequena dimensão com, cerca de 50 m de largura por 500 m de comprimento na direção N-S.

Alves (2006) estudou em detalhe o Granito Ramal do Lontra, sob enfoque petrográfico, geoquímico e geocronológico. Os estudos geocronológicos pelo método de evaporação de Pb em zircão resultaram na idade 549 ± 5 Ma.

Outra importante referência desse magmatismo é a Suíte Santa Luzia, identificada por Costa *et al.* (1983) próximo à cidade de Paraíso do Tocantins, que reúne diversos corpos arredondados e ovalados com diâmetros variando de 1 a 10 km, além de diques alojados em xistos e quartzitos do Grupo Estrondo. Nas bordas destes corpos foi registrada uma foliação desenvolvida de modo incipiente. Petrograficamente O granito Santa Luzia é constituído por rochas leucocráticas pobres em máficos, de granulação média com variação grossa e apresentando raras feições porfiríticas.

Posteriormente, o plúton mais expressivo desta Suíte (Granito Santa Luzia - GSL), foi estudado em maior detalhe por Lamarão & Kotschoubey (1996). Segundo estes autores, o GSL ocorre na forma de pequenos stocks, diques, veios e lentes encaixados nos micaxistos e quartzitos do Grupo Estrondo, cuja relação com a estruturação dessas rochas é geralmente de concordância estrutural sugerindo alojamento sin a tardi-tectônico. Os estudos petrográficos identificaram os tipos granodiorito, monzogranito e granitos pegmatóides, geoquimicamente de caráter peraluminoso. Esses autores interpretam essas rochas como originadas a partir de um magma pouco fracionado gerado na crosta continental, e sugerem que o embasamento gnáissico seria a principal fonte desse magma. Datações realizadas por Moura & Gaudette (1993) em cristais de zircão do GSL utilizando o método de evaporação de Pb com filamento simples revelou idade de 583 ± 39 Ma. No entanto, datações utilizando o mesmo método, porém com a sistemática de filamento duplo, forneceram idades entre 550 e 560 Ma (Moura & Sousa 2002).

O Granodiorito Presidente Kennedy, localizado a norte de Paraíso do Tocantins, foi estudado inicialmente com enfoque cartográfico e petrográfico por Bulhões & Dall'Agnol (1985) que delimitaram dois pequenos stocks intrusivos em quartzitos e micaxistos do Grupo Estrondo, posicionados no núcleo de estruturas anticlinais. Segundo esses autores, os stocks ocupam uma área total de aproximadamente 12 km^2 e registraram, nas rochas graníticas uma foliação formada pela orientação preferencial de micas, que é melhor definida na borda e difusa no centro dos corpos. A composição petrográfica é uniforme em ambos os *stocks*, consistindo de muscovita-biotita granodioritos a monzogranitos. Estudos texturais revelaram que as feições magmáticas são bem evidentes, porém, freqüentemente estão superimpostas por efeitos deformacionais e de recristalização o que é destacado por presença de foliação e texturas em mosaico. A partir de dados estruturais os autores sugerem que os corpos foram colocados por processos diapíricos, supostamente contemporâneos com a formação das estruturas braquianticlinais do Cinturão Araguaia.

4 GEOLOGIA DA ÁREA DE OCORRÊNCIA DOS GRANITOS PRESIDENTE KENNEDY E BARROLÂNDIA

Nesta dissertação foram estudados dois corpos principais, identificados com o Granodiorito Presidente Kennedy e Granito Barrolândia, este último ainda desconhecido da literatura. Os estudos envolveram a cartografia geológica das duas áreas de ocorrência desses granitos, análise petrográfica, geoquímica e geocronologia.

O Granodiorito Presidente Kennedy, localizado aproximadamente 10 km a sudoeste da cidade de Presidente Kennedy (TO), compõe um stock de forma elíptica que abrange uma área aflorante cujo diâmetro maior é de aproximadamente 16 km, e o menor de 12 km, encaixados nos micaxistos do Grupo Estrondo. O corpo apresenta uma foliação bem definida na borda concordante em relação às rochas encaixantes; no entanto, existe uma orientação difusa ou mesmo imperceptível à medida que se desloca para o centro do corpo. A foliação é marcada principalmente pela orientação de micas.

O Granito Barrolândia aflora em duas porções distintas, a primeira em uma área 20 km a norte (corpo 1) e a segunda a 10 km a sul (corpo 2) da cidade de Barrolândia (TO), respectivamente. Constituem stocks levemente ovalados, com dimensões aproximadas de 7 km², encaixados nos micaxistos do Grupo Estrondo. Em geral possuem foliação bem marcada na borda que coincide com a foliação regional da área, sendo essa foliação definida pela orientação preferencial das micas e alongamento de quartzo.

O trabalho de mapeamento geológico nessas duas áreas de estudo permitiu a elaboração de um mapa geológico para cada área estudada, no qual estão plotados os afloramentos estudados, as amostras coletadas, bem como a distribuição das unidades mapeadas. A partir do mapeamento realizado definiu-se melhor a extensão do corpo e os limites do Granodiorito Presidente Kennedy, e no caso do Granito Barrolândia, foi elaborado o mapa do plúton e das unidades associados, até então desconhecidas.

A seguir, serão descritas as principais unidades aflorantes nas áreas de ocorrências dos plutons graníticos que têm correspondência com as unidades geológicas regionais. Todos esses aspectos podem ser observados nos mapas geológicos (Figs. 4.1 e 4.2).

4.1 GRUPO ESTRONDO

4.1.1 Formação Xambioá

Esta unidade ocupa grande parte das áreas de estudo, abrangendo a porção oeste das áreas mapeadas (Figs. 4.1 e 4.2). Morfológicamente é caracterizada por uma superfície com

suaves ondulações, muitas vezes delineando pequenos morros e colinas com topos abaulados (Fig. 4.3). A Formação Xambioá na área é representada principalmente por xistos variados.

O estudo petrográfico nessas rochas permitiu diferenciar algumas variedades de micaxistos, baseado principalmente na variação modal da biotita, muscovita e quartzo. As principais variedades classificadas são: biotita-muscovita-quartzo xisto, muscovita-biotita-quartzo xisto, biotita-quartzo xisto, granada-biotita xistos e xistos feldspáticos.

Os xistos em geral ocorrem como lajedos de dimensões métricas a decamétricas (Fig. 4.4), possui coloração cinza em tons claros e escuros, granulação média, com variações locais para fina ou grossa. São fortemente foliados, com xistosidade característica, e certos tipos destacam bandamento milimétrico a centimétricos com alternância entre níveis mais enriquecidos em quartzo ou quartzo-feldspáticos e micas (Fig. 4.5).

Injeções na forma de veios de quartzo ou veios quartzo-feldspáticos, concordantes e discordantes à foliação foram registradas em diversos locais das áreas de ocorrência desses micaxistos, sendo que alguns definem formas amendoadas e estão boudinados concordantemente à foliação (Fig. 4.6.).

Estes veios ocorrem em várias porções das encaixantes dos plutons mapeados, muitos deles formando pequenos corpos tabulares às vezes budinados, ou como corpos lentiformes, isolados, concordantes com a foliação dos xistos (Fig. 4.7). Em outra situação, constituem massas quartzo-feldspáticas irregulares (Fig. 4.8). Uma parte desses mobilizados pode ser interpretada como originária de anatexia *in situ* ou proveniente de níveis mais profundos relacionados ao alojamento sintectônico dos corpos graníticos estudados.

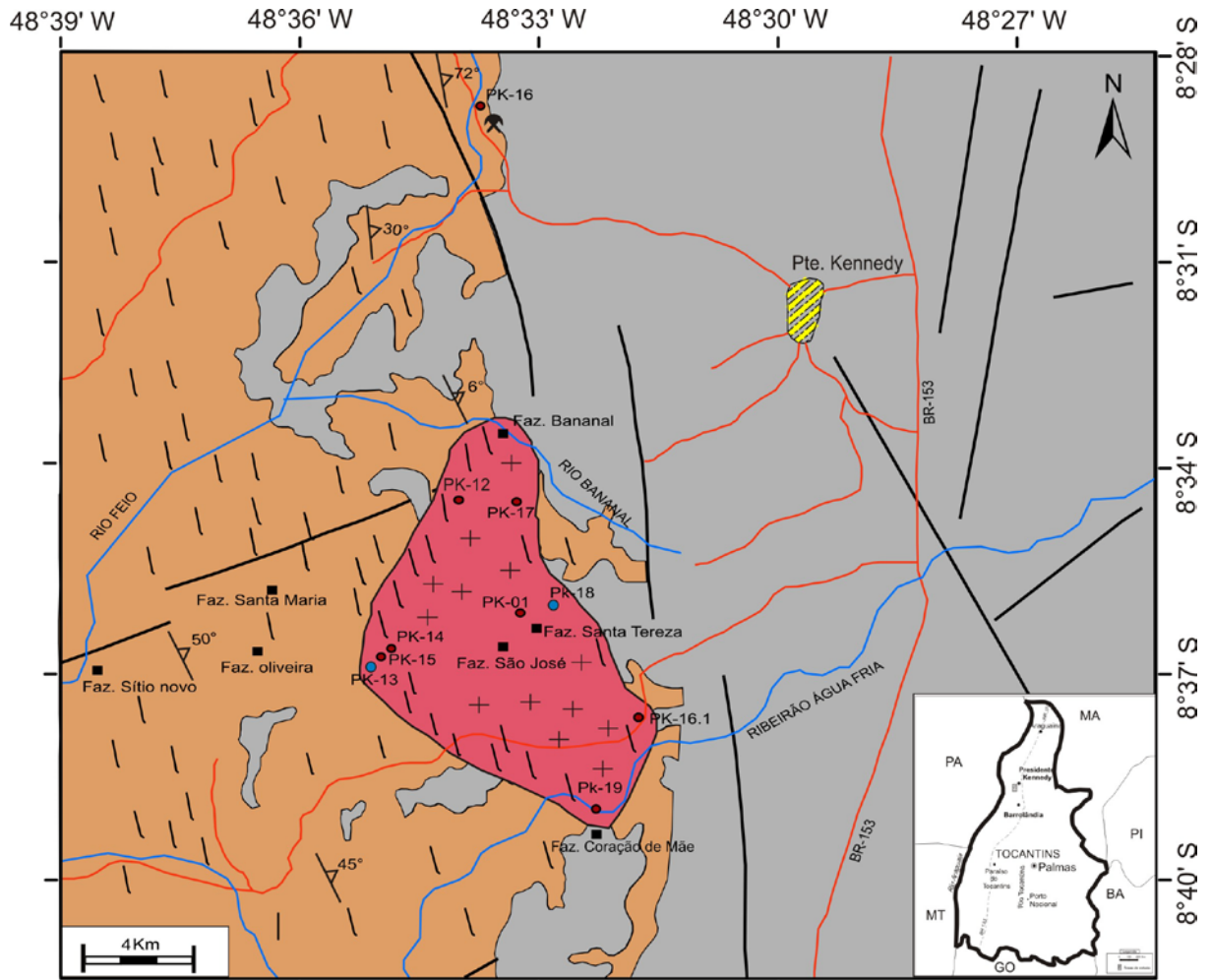
A foliação S_1 nestes xistos apresenta direção $N5^\circ-20^\circ W$, com ângulos de mergulho baixo a médio, entre 30 e 60° , com casos isolados muito baixos (6°), todos para NE.

Os xistos apresentam forte foliação (xistosidade), granulação variando de média a grossa e textura lepidoblástica. Os minerais essenciais são quartzo (30 a 40 %), biotita (20 a 30%), muscovita (20%) e plagioclásio do tipo oligoclásio (An_{17-25}) (10%) podendo ocorrer ainda granada. Como minerais acessórios ocorrem zircão, turmalina, apatita e minerais opacos. Como minerais secundários ocorrem sericita e carbonato provenientes da alteração do plagioclásio.

Os micaxistos apresentam sistematicamente duas estruturas planares, um bandamento e a xistosidade. O bandamento composicional é evidenciado por intercalação de bandas milimétricas ricas em micas com níveis quartzo-feldspáticos, estrutura que pode ser herdada dos protólitos representando a estratificação rítmica primária de origem sedimentar ($S_0?$), ou formadas por processos de diferenciação metamórfica por segregação subsolidus (Sawyer

2008) (Fig. 4.5). A xistosidade (S_1) é definida pela orientação preferencial subparalela de biotita e muscovita (Figs. 4.3, 4.4 e 4.9).

A textura geral dessas rochas é lepidoblástica, caracterizada pela orientação de micas e cristais de quartzo (Fig. 4.9). Localmente porções quartzo-feldspáticas definem a textura granoblástica poligonal cujo contato em ponto tríplice entre cristais de quartzo e plagioclásio são marcantes (Fig. 4.10).



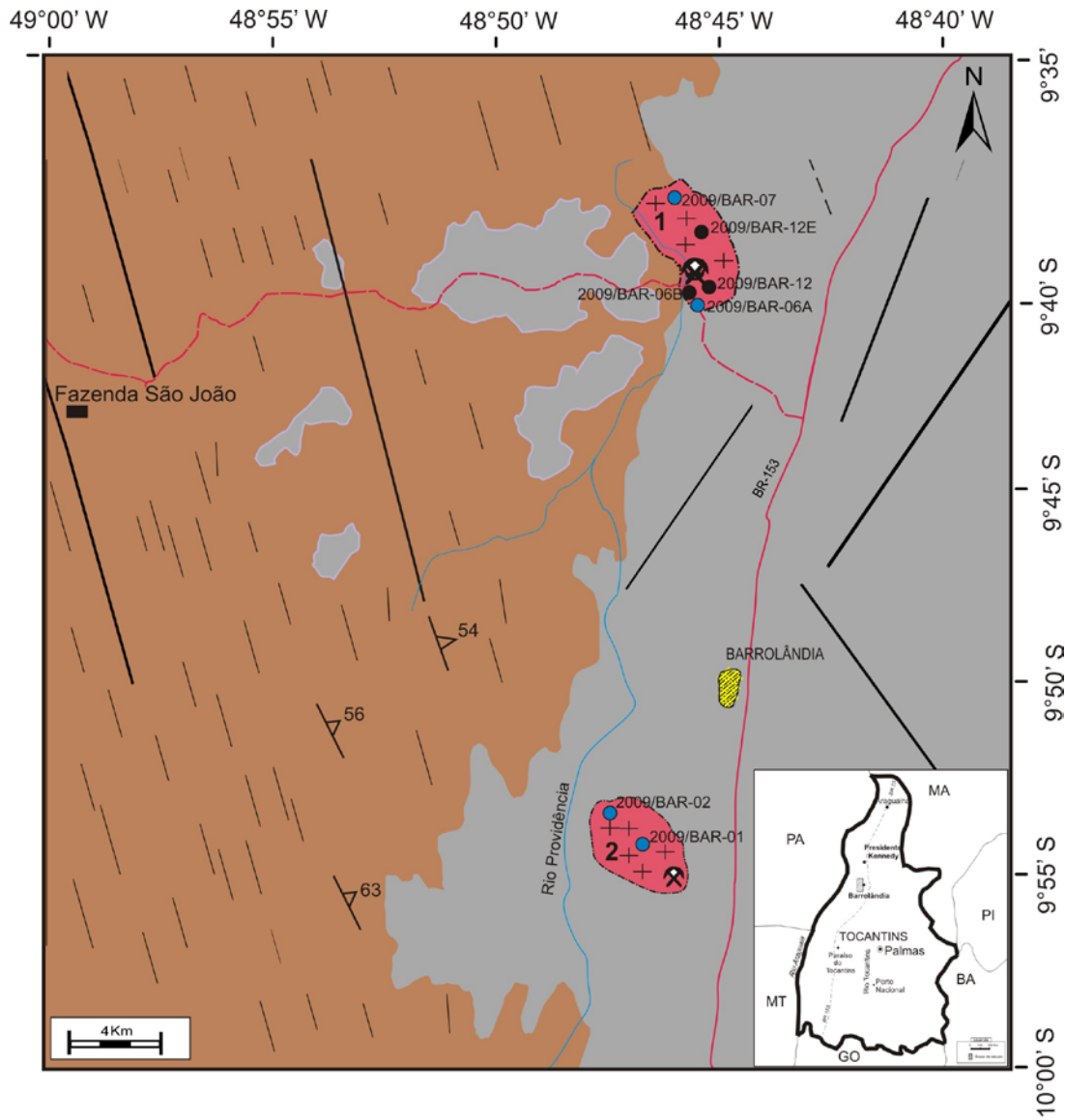
LEGENDA

- Falhas e Fraturas
- Direção da Foliação
- Atitude de Foliação
- Pontos de amostragem
- Amostras para geoquímica e geocronologia
- Pedreira
- Drenagem
- Rodovias
- Cidade
- Fazendas

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

PALEOZOICO		Formação Pimenteiras	Areinitos e siltitos ferruginosos e camadas conglomeráticas.
		Granodiorito Presidente Kennedy	monzogranitos a granodioritos a duas micas
NEOPROTEROZOICO		Formação Xambioá	Biotita xistos, Xistos feldspáticos

Figura 4.1- Mapa geológico da área de ocorrência do Granodiorito Presidente Kennedy, com indicação da amostragem.



LEGENDA

- Falhas e Fraturas
- Direção da Foliação
- Atitude de Foliação
- Pontos de amostragem
- Amostras para geoquímica e geocronologia
- Pedreira
- Drenagem
- Rodovias
- Cidade
- Fazendas

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

PALEOZOICO		Formação Pimenteiras	Areinitos e siltitos ferruginosos e camadas conglomeráticas.
	NEOPROTEROZOICO		Granito Barrolândia Corpo 1 Corpo 2
			Formação Xambioá

Figura 4.2- Mapa geológico da área de ocorrência do Granito Barrolândia, com indicação da amostragem.



Figura 4.3- Aspectos morfológicos dos domínios de biotita xistos, destacando expressivos lajedos. Notar a xistosidade com baixos valores de mergulho. (2009/PK-16)



Figura 4.4- Colina sustentada por biotita quartzo xistos com xistosidade proeminente apresentando baixo ângulo de mergulho (2009/PK-16).



Figura 4.5- Detalhe de um biotita-quartzo xisto destacando o bandamento milimétrico com veio quartzo-feldspático budinado concordante com a foliação (2009/PK-16).



Figura 4.6- Biotita xisto feldspático destacando a foliação com corpos tabulares do Granodiorito Presidente Kennedy concordantes com a xistosidade. Notar na porção superior restos de biotititos (Btt) associados às amêndoas pegmatíticas (Pgm). (2009/BAR-10).



Figura 4.7- Feições migmatíticas em biotita xisto feldspático com xistosidade subvertical encaixante do Granito Barrolândia com corpos tabulares de espessura centimétrica a decamétrica de aplitos (Apl) e pegmatitos (Pgm) concordantes (2009/PK- 10).

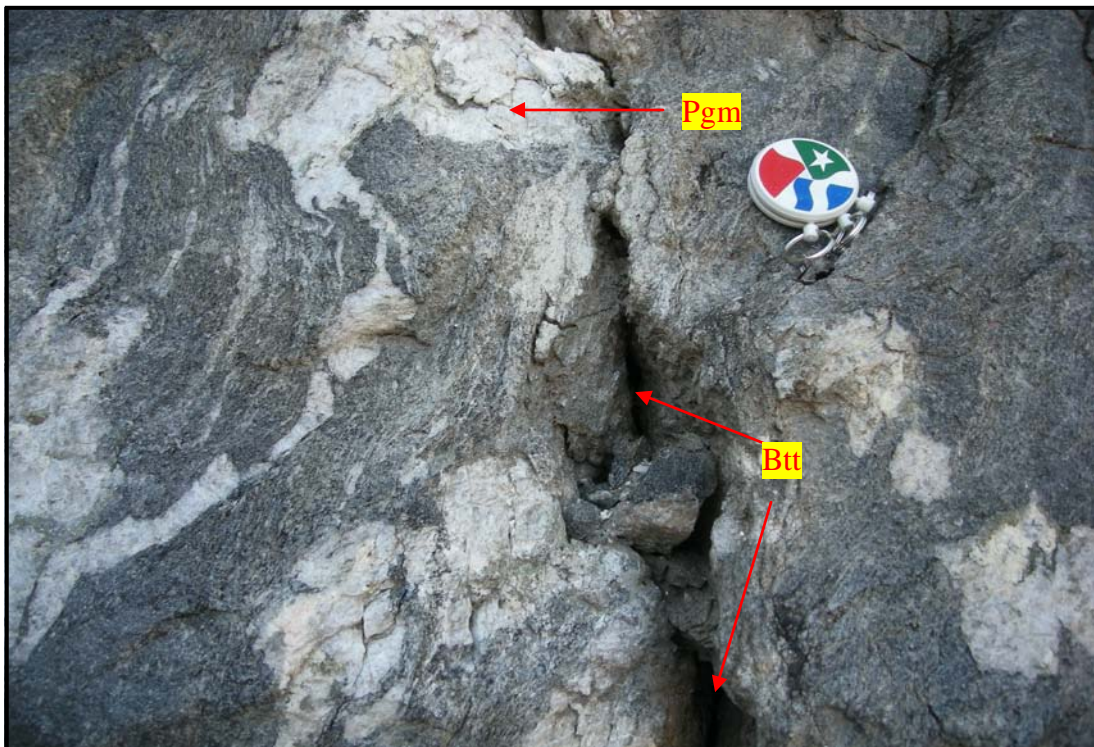


Figura 4.8- Feições migmatíticas de anatexia em biotita xisto, destacando massas pegmatóides (Pgm) concordantes à xistosidade e restitos biotíticos (Btt) na região próxima ao contato do Granito Barrolândia (2009/PK- 07).

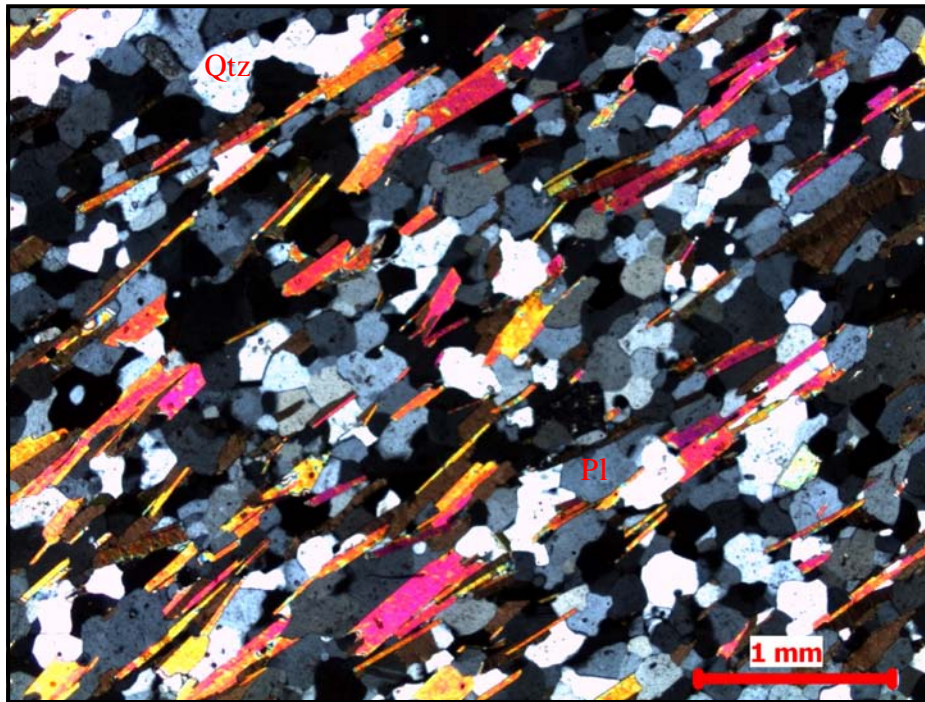


Figura 4.9- Feições ao microscópio do muscovita-biotita xisto feldspático destacando a xistosidade definida pela orientação de micas e alongamento de quartzo e plagioclásio, com textura granoblástica poligonal entre quartzo (Qtz) e Plagioclásio (Pl). (2009/PK-16).

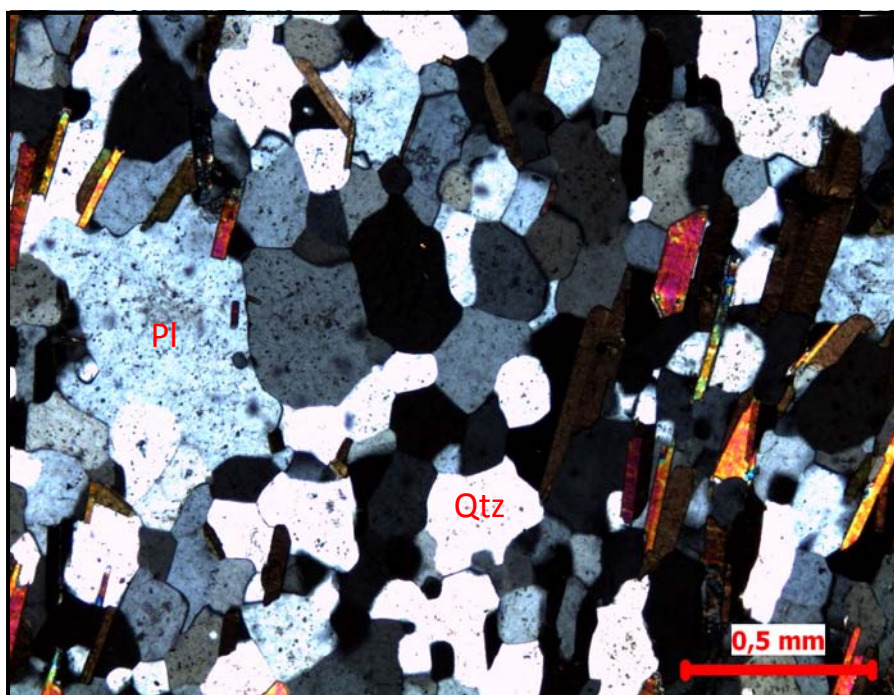


Figura 4.10- Quartzo e plagioclásio ao microscópio definindo contatos em ponto tríplice entre o quartzo (Qtz) e o plagioclásio (Pl), caracterizando textura granoblástica poligonal, indicativa de equilíbrio metamórfico no biotita xisto quartzo-feldspático (2009/PK-16).

4.2 GRANODIORITO PRESIDENTE KENNEDY

No presente trabalho foi realizado um novo mapeamento que revelou não haver descontinuidade entre dois corpos referidos por Bulhões & Dall' Agnol (1985), conforme apresentado na Figura 4.1. Os estudos petrográficos aqui apresentados revelam variação entre granodioritos e monzogranitos, e semelhanças com os outros corpos plutônicos do Cinturão Araguaia e por isso redefinido como Granodiorito Presidente Kennedy.

O plúton está situado 10 km a sudoeste da cidade de Presidente Kennedy, apresenta contato concordante com a estruturação dos xistos da Formação Xambioá, discordante com as rochas da Formação Pimenteiras, por meio de discordância angular (Fig. 4.1).

Apresenta-se como um stock grosseiramente elíptico com orientação N-S, e abrange uma área aflorante cujas dimensões são de aproximadamente 16 por 12 km. Existe a possibilidade de ser um corpo ainda maior devido à cobertura sedimentar da borda oeste da bacia do Parnaíba, por rochas da Formação Pimenteiras. A morfologia, sem destaque significativo de relevo é definida por colinas e morros com topos abaulados e encostas suaves (Figs. 4.11 e 4.12). Os afloramentos têm forma de lajedos, pequenos maciços ou blocos abaulados de dimensões métricas a decamétricas (Fig. 4.12).

Analisando o comportamento estrutural constatou-se que nas proximidades das bordas do corpo as rochas graníticas apresentam uma foliação bem marcada, torna difusa a medida que se adentra o corpo e imperceptível no centro. A foliação coincide com a estruturação principal dos xistos da Formação Xambioá é definida pela orientação das micas e de cristais de quartzo e feldspatos alongados.

As direções principais de foliação deste granodiorito são concordantes com às dos xistos encaixantes preferencialmente na NNW-SSE, com ângulos de mergulho baixos a médios para NE.



Figura 4.11- Aspecto geral da área de ocorrência do Granodiorito Presidente Kennedy ressaltando colinas com topos abaulados com altitudes de 200 m (2009/PK-19).



Figura 4.12- Modo de ocorrência do Granodiorito Presidente Kennedy em formas de blocos abaulados (2009/PK-17).



Figura 4.13- Aspecto estruturado da zona de borda do Granodiorito Presidente Kennedy na sua porção leste, destacando marcante foliação (2009/PK-18).

4.3 GRANITO BARROLÂNDIA

No presente trabalho foi realizado o mapeamento geológico que revelou a existência de dois pequenos corpos graníticos aflorantes na região de Barrolândia. Não se descarta a possibilidade de constituírem um único corpo encoberto pelas rochas sedimentares da Formação Pimenteiras, porém essa continuidade não foi possível comprovar.

O Granito Barrolândia aflora em dois corpos na área de estudo, o primeiro (corpo1) 20 km a norte da cidade de Barrolândia e o segundo (corpo 2) aproximadamente a 10 km a sul da sede do mesmo município. O pluton está encaixado em micaxistos e xistos feldspáticos do Grupo Estrondo e recoberto parcialmente a leste por arenitos e siltitos ferruginosos da Formação Pimenteiras da Bacia do Parnaíba.

Os dois corpos graníticos possuem forma de *stock* levemente ovalado com aproximadamente 7 km² cada; as morfologias são definidas por pequenos morros abaulados (Figs. 4.14 e 4.15), onde as altitudes não ultrapassam 250 m, chegando a atingir localmente 442 m. Os afloramentos têm forma de lajedos abaulados de dimensões métricas a decamétricas presentes nos leitos de drenagem. Há também grandes encostas nas encostas de morros, em pedreiras para exploração de brita como na pedreira Santa Mônica (Figs. 4.16 e 4.17).

Os corpos possuem forte estruturação e marcante foliação melhor definida na borda, que é coincidente com a direção de foliação (N 5°- 20°W/ 50 – 65° NE) dos micaxistos e xistos feldspáticos do Grupo Estrondo.



Figura 4.14- Exposição do Granito Barrolândia (Corpo 2) na encosta de um morro em uma pequena pedreira, onde ocorre a extração de blocos (paralelepípedos) utilizados para calçamento e urbanização (2009/BAR-02).



Figura 4.15- Aspecto geral de um grande lajedo do Granito Barrolândia em forma de um corpo alongado encaixado concordantemente nos biotita xistos feldspáticos da Formação Xambioá (2009/BAR-12).



Figura 4.16- Ocorrência do Granito Barrolândia (Corpo 2) em contato subvertical, concordante (à direita) com biotita xistos do Grupo Estrondo. Notar a xistosidade subvertical (Pedreira Santa Mônica, 2009/BAR- 01).



Figura 4.17- Lavra do Granito Barrolândia para a exploração de brita para lastro da ferrovia norte-sul (Pedreira Santa Mônica, 2009/BAR- 01).

4.4 FORMAÇÃO PIMENTEIRAS

Sucessões de rochas sedimentares das unidades litoestratigráficas basais da Bacia do Parnaíba distribuem-se por toda porção leste das áreas estudadas recobrando o Grupo Estrondo e os granitos Presidente Kennedy e Barrolândia. Constituem áreas topograficamente elevadas, sustentando serras ou morros com topos aplainados, com características de platôs, definindo o planalto da Serra do Estrondo. Os afloramentos ocorrem geralmente em cortes de estradas ou nas encostas de serras e morros. Em vários locais formam crostas lateríticas, capeando serras e morros aplainados formando topos resistentes à erosão (Fig. 4.16).

A Formação Pimenteiras nas duas áreas estudadas é representada por intercalações de níveis decimétricos a métricos de arenitos, siltitos e argilitos, além de conglomerados restritos. Essas rochas estão assentadas em discordância erosiva sobre as rochas da Formação Xambioá e dos granitos estudados. Merece destaque a ocorrência de morros testemunhos em formas erosivas tipo colunas e mesetas (Fig. 4.18).



Figura 4.18- Morro testemunho em forma de coluna sustentado por arenitos da Formação Pimenteiras da Bacia Parnaíba.

5 PETROGRAFIA DAS ROCHAS ESTUDADAS

5.1 INTRODUÇÃO

O estudo petrográfico desenvolvido nos corpos Presidente Kennedy e Barrolândia envolveram a descrição detalhada de amostras de mão e lâminas delgadas o que permitiu uma melhor caracterização mineralógica e classificação dos litotipos, além da análise textural dos granitos estudados. Análise modal com contagem de 1500 pontos por amostra foi executada com o objetivo de quantificar mais precisamente os minerais das rochas e utilizá-la para classificação mais precisa dos litotipos no diagrama QAP de Strekeisen (1976).

5.2 GRANODIORITO PRESIDENTE KENNEDY

O estudo petrográfico desenvolvido no Granodiorito Presidente Kennedy (Fig. 4.1) envolveu a descrição macro e microscópica de 6 amostras do granito, e um estudo complementar da petrografia desenvolvidos por Bulhões & Dall'Agnol (1985) no mesmo corpo.

Foi realizada a descrição detalhada de amostras de mão e lâminas delgadas o que permitiu, junto com a análise modal, uma melhor caracterização mineralógica e textural das rochas. Em termos petrográficos o Granodiorito Presidente Kennedy é bastante homogêneo em toda a sua extensão o que é refletido do diagrama de Strekeisen (1976) que define uma área restrita no limite dos campos do monzogranito e granodiorito (Fig. 5.1). Analisando todos os dados petrográficos as rochas são classificadas como muscovita-biotita monzogranitos e muscovita-biotita granodioritos. Nos casos dos tipos foliados e com recristalização metamórfica, classificou-se como metagranitos.

O granodiorito Presidente Kennedy é constituído por rochas hololeucocráticas com índice de cor variando de 6 a 9, de cor cinza levemente rosada, geralmente equigranulares de granulação média (Fig. 5.2). Algumas vezes ocorrem variações no tamanho dos grãos, caracterizando algumas amostras como inequigranulares.

O conteúdo mineralógico é formado essencialmente por oligoclásio An_{23-29} (35-47% modal aproximadamente), quartzo (22-33%) e microclina (21-29%). Biotita e muscovita são constituintes menores com quantidades de 2 a 6% e 1 a 6%, respectivamente. Os minerais acessórios são representados por apatita, zircão, titanita e minerais opacos.

A partir dos dados petrográficos, análise textural e modal constatou-se que o corpo não possui grandes variações mineralógicas e texturais, tratando-se de um plúton homogêneo composicionalmente.

Tabela 5.1- Composições modais do Granodiorito Presidente Kennedy. Abreviaturas minerais de acordo com Fettes & Desmons (2008).

Minerais (% modal)								
Amostras	Qtz	Pl	Mc	Bt	Ms	Acessórios*	Total	N° de pontos
PK -01	28,8	41,5	23,5	5,3	0,9		100	1500
PK-13	28,4	35,9	27,7	6,5	1,5		100	1500
PK-15	22,7	45,0	25,2	6,8	0,3		100	1500
PK-17	25,9	37,9	29,4	5,8	1,2		100	1500
PK-18	27,5	41,6	23,5	4,9	2,5		100	1500
PK-19	23,3	47,6	21,5	6,8	0,8		100	1500
46**	23,5	49,0	20,0	6,4	0,9	0,2	100	1084
55**	27,9	50,1	15,3	6,1	0,6		100	1000
74**	25,4	43,4	25,3	3,4	2,5		100	1340
91**	28,5	45,8	19,2	2,8	3,7		100	1007
95**	30,9	50,2	13,3	3,3	2,3		100	1045
98**	28,3	46,0	18,4	2,9	4,1	0,3	100	1402
110**	33,3	43,3	16,9	4,1	2,4		100	1500
126**	29,9	49,4	11,3	4,3	4,9	0,2	100	1000
133**	30,0	42,6	19,1	4,4	3,5		100	1090

Acessórios* zircão, apatita, titanita, minerais opacos.

** Dados de Bulhões & Dall' Agnol (1985)

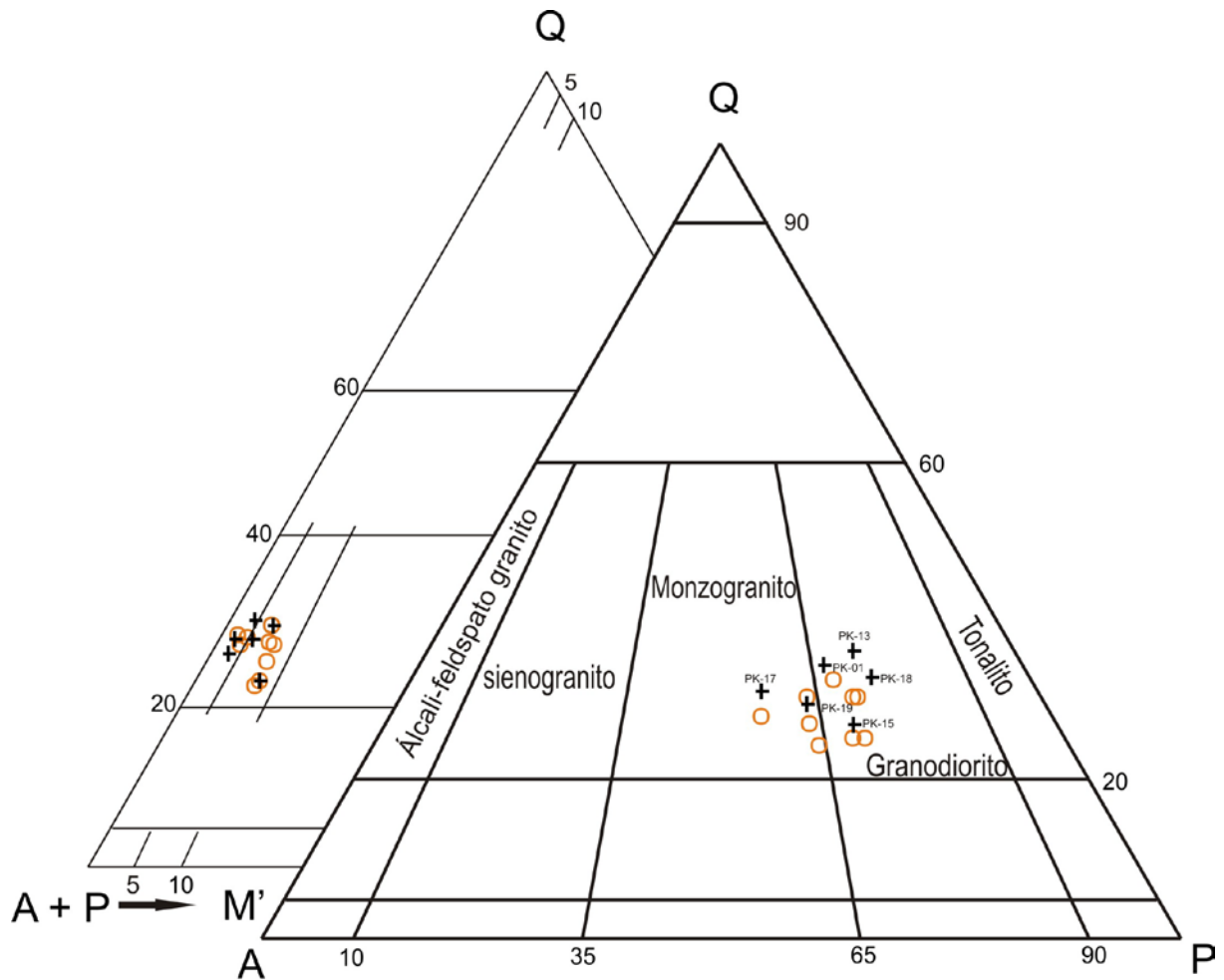


Figura 5.1 – Diagrama QAP e Q-A-P-M' Streckeisen (1976), onde estão plotadas as amostras do Granodiorito Presidente Kennedy da Tabela 5.1.

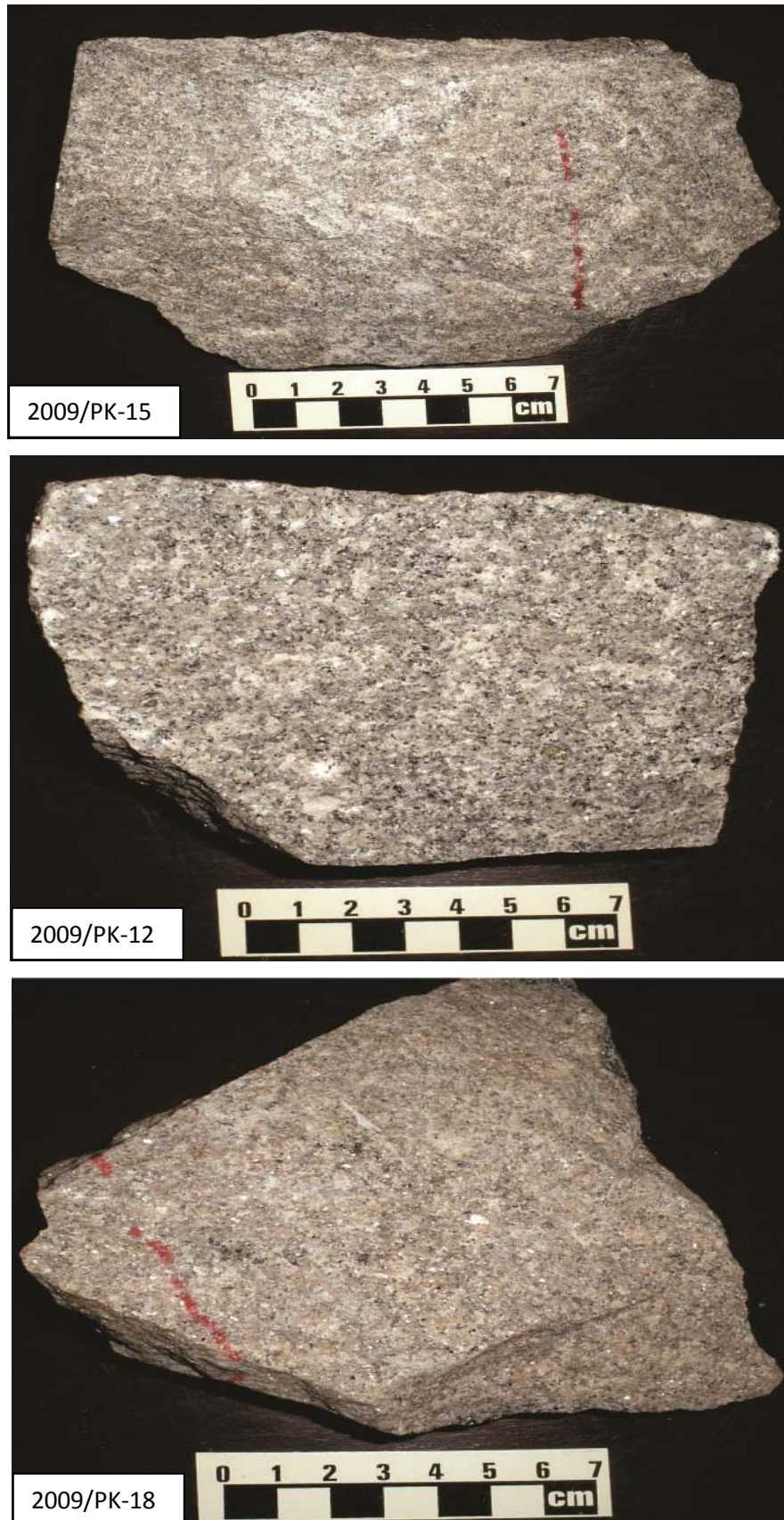


Figura 5.2 – Aspectos mesoscópicos do Granodiorito Presidente Kennedy com destaque para homogeneidade textural e a foliação incipiente das rochas.

5.2.1 Análise microestrutural

Os levantamentos de campo e a análise textural e microestrutural do Granodiorito Presidente Kennedy revelaram aspectos característicos de textura granular hipidiomórfica (Fig.5.3) que representa a textura ígnea original, que é caracterizada principalmente pela presença de cristais grandes de plagioclásio e microclina, e algumas vezes quartzo, anédricos e subédricos, com contatos irregulares, alguns com formas levemente arredondadas e plagioclásio com formas tabulares com feições ígneas. Apesar de ainda identificarem-se feições primárias, todas as rochas apresentam uma foliação incipiente definida pela orientação preferencial das micas e quartzo e feldspatos alongados.

Além disso, várias amostras mostram evidências de recristalização dos minerais, resultando em texturas granoblásticas poligonais (Fig. 5.4), sendo esta feição mais intensa nas zonas de borda do granodiorito próximo aos contatos com os xistos encaixantes. Esta textura é caracterizada pela presença de cristais de quartzo, microclina e plagioclásio de granulação mais fina que aquela das texturas primárias, articulados num arranjo granoblástico poligonal, além de lamelas de biotita e muscovita subédricas, todos com contatos retilíneos, em forma de mosaico, com desenvolvimento de pontos tríplices (Fig. 5.4).

A textura granoblástica é encontrada também constituindo uma espécie de matriz que engloba cristais reliquiares ígneos de quartzo e feldspato parcialmente preservados. Sua origem está associada a processos de recristalização dos minerais originais quartzo, feldspatos e micas, dando origem a novos grãos mais finos, devido a efeitos de recristalização dinâmica durante a formação do Cinturão Araguaia o que permite interpretar esse magmatismo como de alojamento sin a tardi-tectônico.

É expressiva a presença de intercrescimentos mimerquíticos (Fig. 5.5a) que desenvolve-se na interface plagioclásio-microclina e caracteriza texturas tipo simplectítica acompanhado a margem do cristal, ou ainda, podem distribuir-se por todo o cristal de plagioclásio. O quartzo desenha feições goticulares, pontilhados, vermiformes, curvilíneos ou alongados inclusos no plagioclásio (Figs. 5.5a e 5.7c). Essa textura é interpretada como de geração pós-magmática envolvendo provavelmente processos de exsolução ou dissolução induzida por pressão e reprecipitação (Smith & Brown 1988) ocasionado por processos metamórficos.

Além destas características texturais, os efeitos de deformação e metamorfismo na rocha são marcados por feições microestruturais representadas pelo estiramento e orientação de cristais de quartzo, feldspatos, biotita e muscovita (Figs. 5.5 e 5.6), além de extinção ondulante, formação de subgrãos e recristalização (Figs. 5.4, 5.5 e 5.6), e ocorrência de peristerita e coroas de albita (Figs. 5.5a, 5.7b, 5.7c).

5.2.2 Análise mineralógica

A seguir serão descritas as características mineralógicas do Granodiorito Presidente Kennedy.

a) **Quartzo** – Três tipos texturais do quartzo foram identificados. O primeiro (Qtz 1) apresenta-se na forma cristais anédricos ou subédricos de dimensões entre 1,5 a 6 mm, com contatos irregulares e sinuosos entre si e com a microclina e plagioclásio, e geralmente retilíneo com a biotita e muscovita. Em alguns casos tem forma arredondada e, algumas vezes, os cristais estão levemente estirados acompanhando a direção da foliação. Neste caso encontram-se bastante deformados apresentando forte extinção ondulante, com formação de subgrãos e recristalização nas bordas. Localmente possuem pequenas inclusões de biotita e zircão. O Qtz 1 está freqüentemente associado com microclina (Mic 1) e plagioclásio (Pl 1), e representam cristais de natureza magmática, preservados em certas porções do Granodiorito Presidente Kennedy.

O segundo tipo (Qtz 2) é definido por agregados de grãos recristalizados associados com microclina e plagioclásio, articulados em pontos tríplices e formando níveis orientados de agregados de quartzo poligonal. Esta textura é produto de recristalização dos cristais primários de quartzo, conduzida pelo metamorfismo regional do CA, conforme evidenciado em outros dados aqui descritos.

O Qtz 3 é representado por simplectitos em formas goticulares ou vermiformes dispostos nas bordas de cristais de plagioclásio quando em contato com álcali-feldspatos, caracterizando a textura mirmequítica.

b) **Plagioclásio** – Dois tipos são identificados. O Pl1 representa cristais primários de origem magmática, com dimensões maiores que 5 mm que se associam com Qtz 1 e Mic 1. Possuem forma tabular ou levemente alongada e no geral são subédricos, com contatos normais ou irregulares entre si e com quartzo, microclina e biotita. O maclamento dominante é do tipo albita, sendo identificados ainda os tipos albita-carlsbad e albita-periclina. Em vários casos o maclamento não é evidenciado. O Pl1 está bem menos deformado e recristalizado, quando comparado com o quartzo e microclina, porém em alguns casos apresentam leve a moderada extinção ondulante, subgrãos e recristalização incipiente nas bordas e *kink bands*.

Em determinadas amostras o Pl1 apresenta moderada a forte substituição para sericita e localmente para carbonato além de lamelas de muscovita anédrica. Esta alteração é mais intensa no núcleo dos cristais, realçando um discreto zoneamento. Comumente o Pl1 possui pequenas inclusões de biotita, zircão e apatita, revelando sua origem ígnea. Zoneamentos não são freqüentes nos cristais de plagioclásio, porém onde identificado é do tipo normal com três zonas concêntricas, realçadas por uma alteração mais intensa dos seus núcleos.

O tipo Pl 2 ocorre nas rochas mais estruturadas (metagranitos), tem tamanhos de aproximadamente 1 mm com formas anédricas, em contatos tipo pontos tríplexes entre os vários constituintes minerais, definindo cristais límpidos e sem zoneamento (Fig. 5.4). São produtos de recristalização dos cristais primários e junto com microclina, quartzo e micas, compõe a textura granoblástica. No Pl 2 destaca-se ainda, o desenvolvimento de peristerita caracterizada pela presença de lamelas obliquas ao maclamento, com limites bem definidos, algumas bem finas e outras mais espessas, com desenho tipo “espinha de peixe” (Fig. 5.7). A presença desse tipo de intercrescimento é indicativa de efeitos metamórficos que afetaram o Granito Presidente Kennedy, reforçando a contemporaneidade do alojamento deste granito com o metamorfismo do CA.

c) **Microclina** – Igualmente ao quartzo e ao plagioclásio, dois tipos foram identificados. Mic1 é de origem magmática com cristais maiores que 5 mm, anédricos ou subédricos com formas granulares, apresentando contatos retos entre as várias fases minerais e apresentando inclusões de plagioclásio, biotita e quartzo. Apresentam maclamento xadrez típico, embora seja com ausência deles. Com frequência a Mic1 possui recristalização nas bordas, extinção ondulante e forma de subgrãos. Alterações para argilo-minerais e sericita ocorrem com maior ou menor intensidade.

A Mic2 possui dimensões inferiores a 1,5 mm e é produto da recristalização dos cristais primários (Mic1). Os grãos são geralmente anédricos, e constituem aglomerados de cristais, seja apenas de microclina ou de microclina com quartzo e plagioclásio que definem contatos em ponto tríplexes. Em rochas mais estruturadas os cristais apresentam-se levemente estirados.

d) **Biotita** – Ocorre em quantidades modais inferiores a 6 %, constituindo formas lamelares subédricas com dimensões inferiores a 2 mm. É o principal mineral que define a foliação da rocha. Apresentam contato retilíneo com o quartzo, plagioclásio e microclina, entretanto também ocorre em pequenas inclusões no plagioclásio e microclina. O pleocroísmo varia de amarelo pálido (X) a marrom escuro esverdeado (Y, Z). Algumas vezes encontra-se parcial a totalmente cloritizada.

e) **Muscovita** – Ocorre em pequena quantidade (< 5 % modal) caracterizando duas gerações. A primeira (Ms1) ocorre como cristais subédricos, com dimensões de até 2,5 mm, estabelecendo contatos retilíneos com quartzo, plagioclásio, microclina e biotita; estão orientadas definindo, junto com a biotita, a foliação que da rocha, é produto do metamorfismo (Figs. 5.5b, c).

A segunda (Ms2) apresenta-se como finas lamelas anédricas, com bordas irregulares, sendo produto de substituição do plagioclásio primário (sericitização). A forma irregular de algumas lamelas de muscovita assume localmente aspecto poiquiloblástico englobando outros

minerais. Os cristais de muscovita mais desenvolvidos e melhor formados geralmente ocorrem em rochas onde a recristalização foi mais intensa.

Essas duas características da trama da muscovita e de outros minerais a ela associada e, indicam que os cristais mais desenvolvidos (Ms1) resultam da recristalização sob a ação do metamorfismo.

f) Minerais Acessórios – A apatita apresenta-se freqüentemente em cristais menores que 0,1 mm euédricos e subédricos, entretanto, chega a alcançar 0,3 mm. Na maioria das vezes associa-se com a biotita na forma de inclusões. O zircão ocorre em cristais menores que 0,5 mm, geralmente euédricos, inclusos em cristais de biotita, muscovita e quartzo. A titanita apresenta-se subédrica com dimensões inferiores a 0,3 mm. Normalmente, encontra-se associada à biotita. Os minerais opacos estão presentes em todas as amostras em geral são anédricos, com dimensões que não ultrapassam 0,3 mm. Muito localmente ocorrem cristais euédricos. Eles destacam cristais prismáticos oxidados, na cor vermelha intensa, indicando tratar-se provavelmente de hematita.

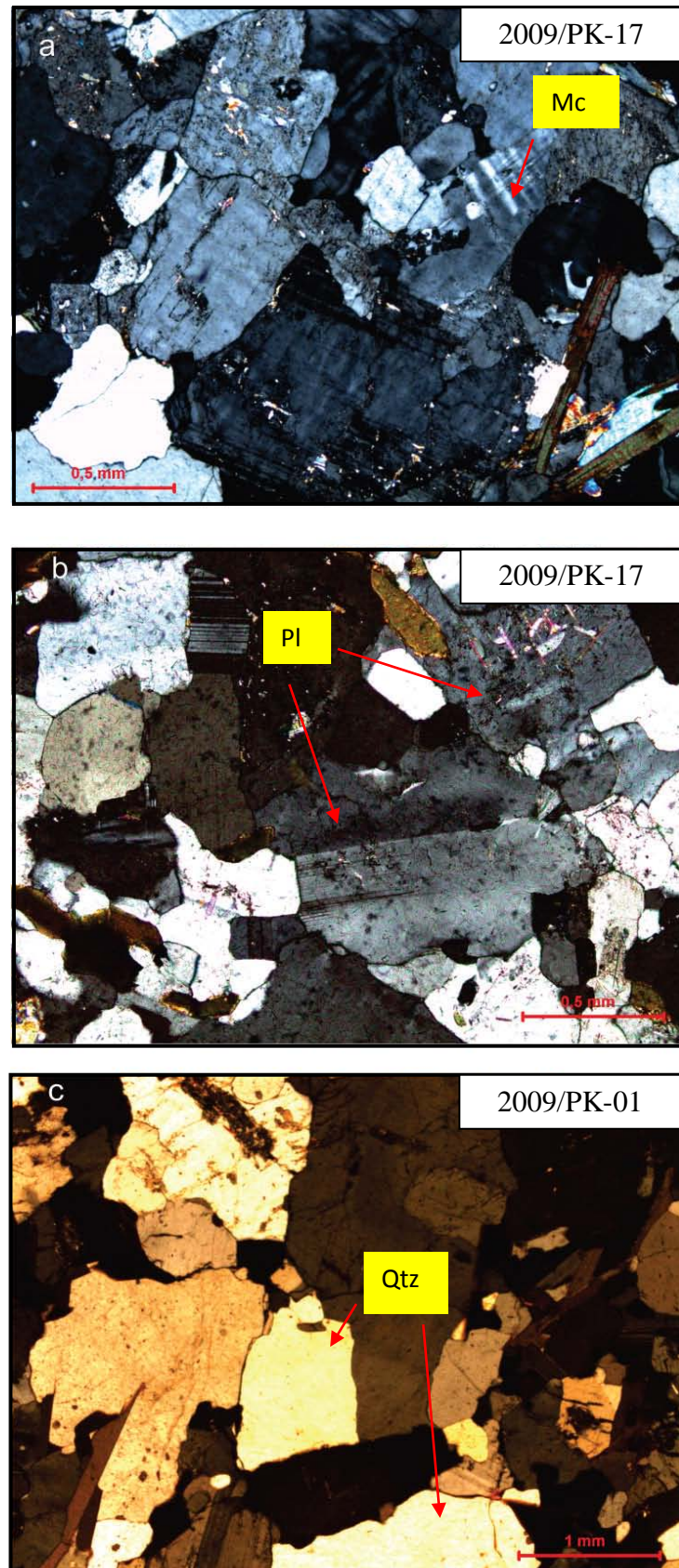


Figura 5.3 – Aspectos da textura ígnea original granular hipidiomórfica preservada no Granodiorito Presidente Kennedy.

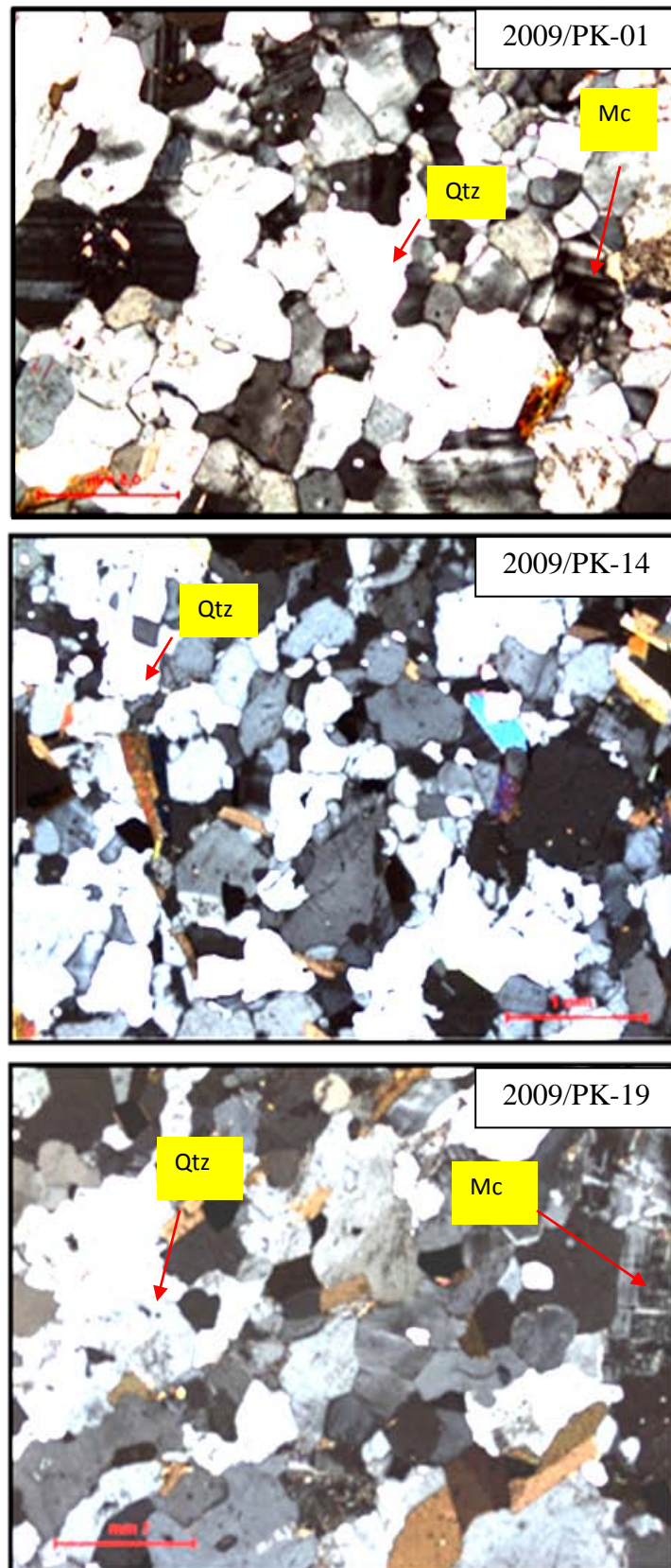


Figura 5.4 – Aspectos da textura granoblástica poligonal no Granodiorito Presidente Kennedy caracterizada principalmente pelos contatos em ponto tríplice entre quartzo (Qtz), microclina (Mc) e plagioclásio (Pl).

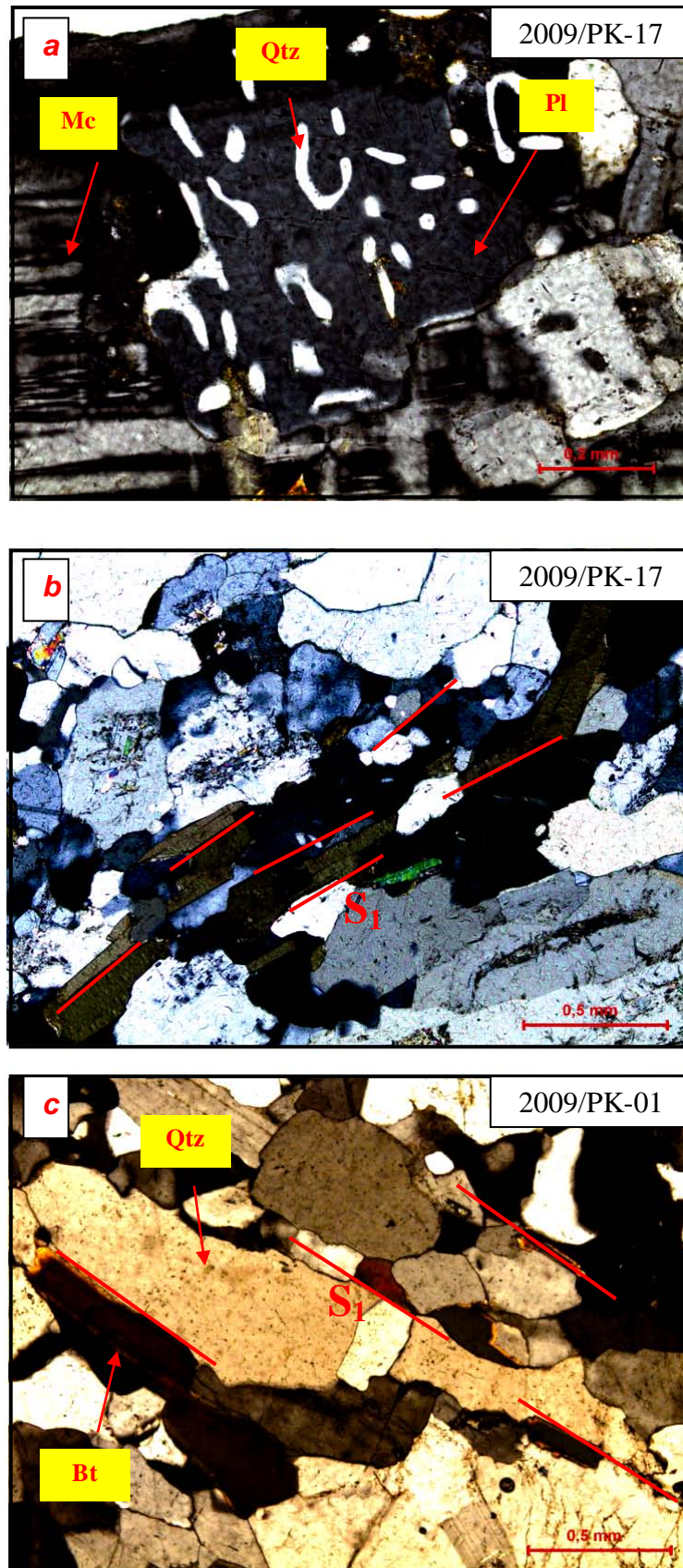


Figura 5.5 – Detalhes texturais no Granodiorito Presidente Kennedy: a) intercrescimento mirmequítico em pequeno cristal de plagioclásio em contato com cristais de microclina; b) orientação das lamelas de biotita e muscovita definindo a foliação S_1 ; c) Cristais de quartzo e feldspatos alongados definindo a foliação do granito juntamente com biotita (Bt) e muscovita (Ms).

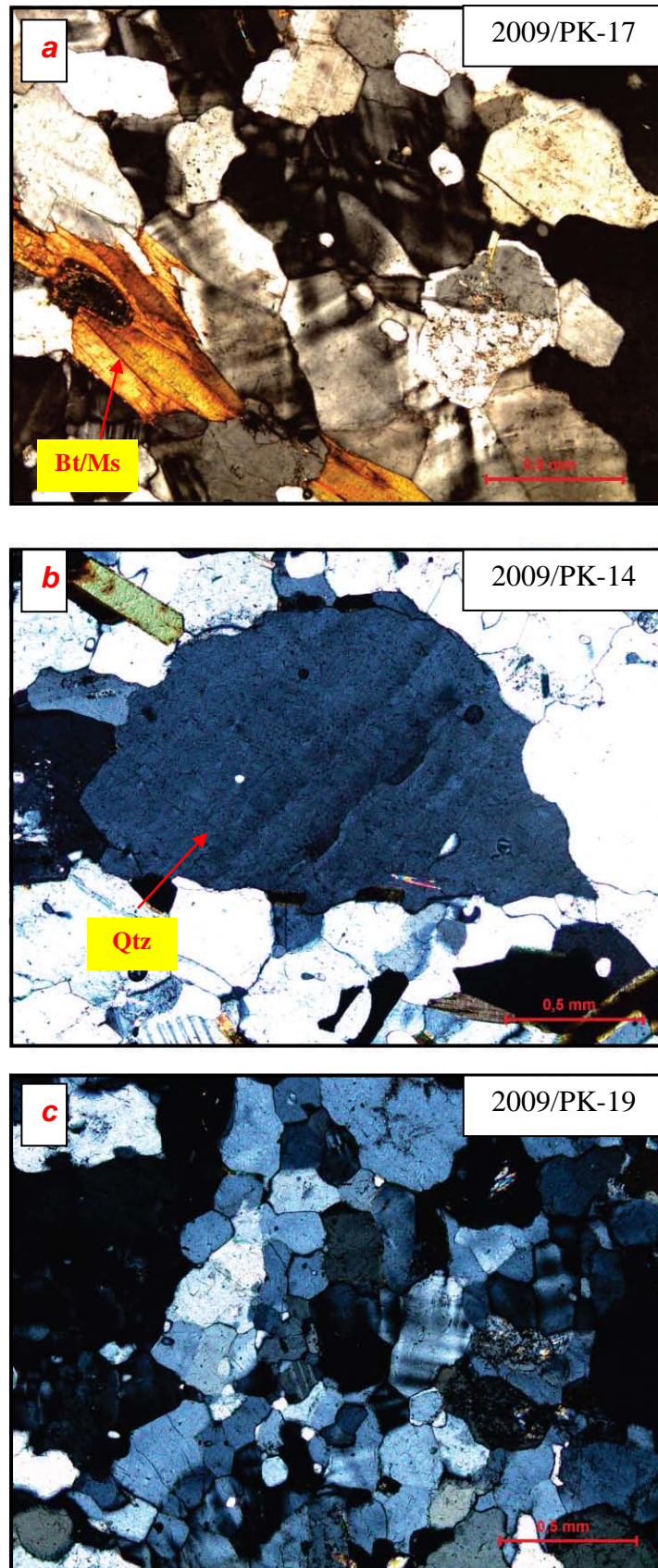


Figura 5.6 – Aspectos texturais no Granodiorito Presidente Kennedy: a) agregados granoblásticos de cristais recrystalizados e estirados de microclina; b) cristal de quartzo com extinção ondulante e subgrãos; c) cristais de quartzo, microclina e plagioclásio de 2^a geração, formados pela recrystalização metamórfica.

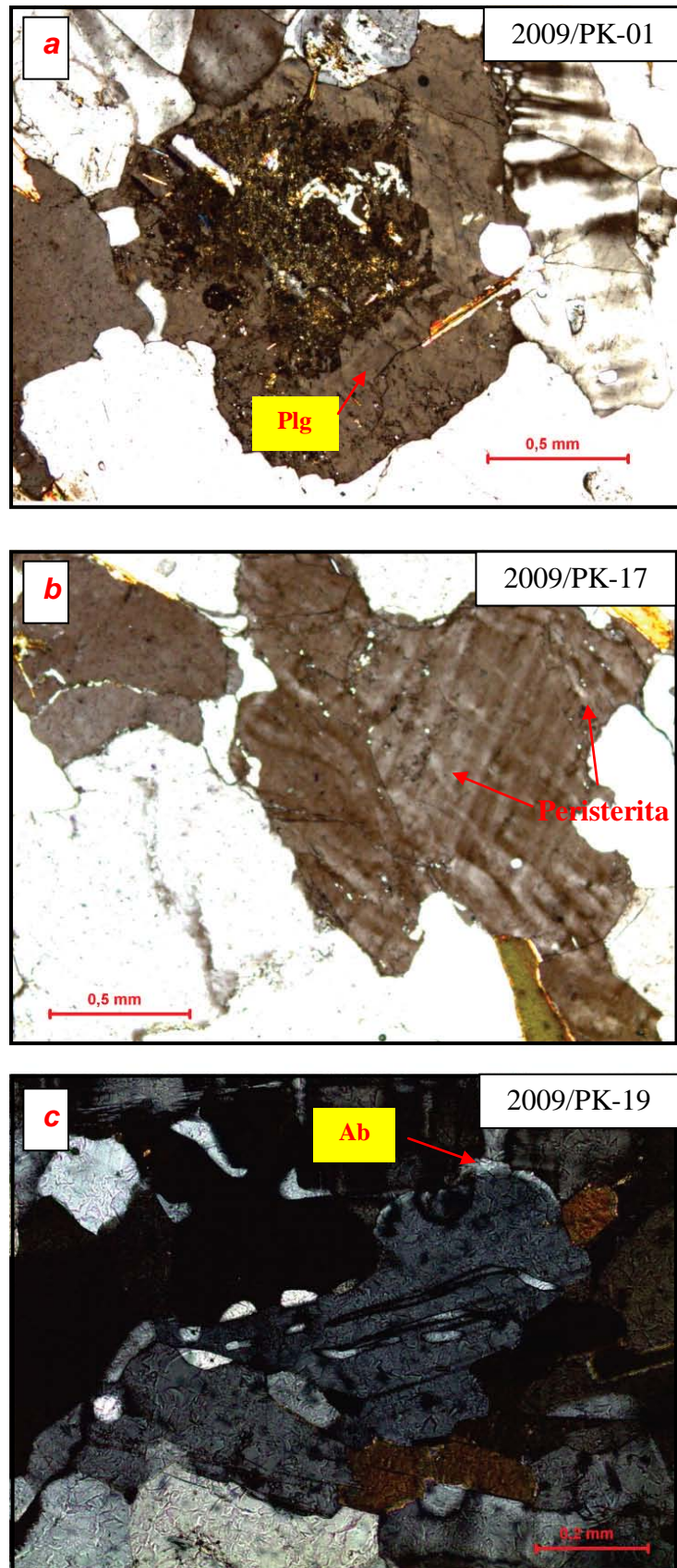


Figura 5.7 – Detalhes texturais do Granodiorito Presidente Kennedy: a) sericitização concentrada no núcleo de cristais primários de plagioclásio (P11) contrastando com a borda mais límpida; b) feições de peristerita no plagioclásio com finas lamelas de intercrescimento oblíquo; c) auréolas de albita e intercrescimento mirmequítico no plagioclásio.

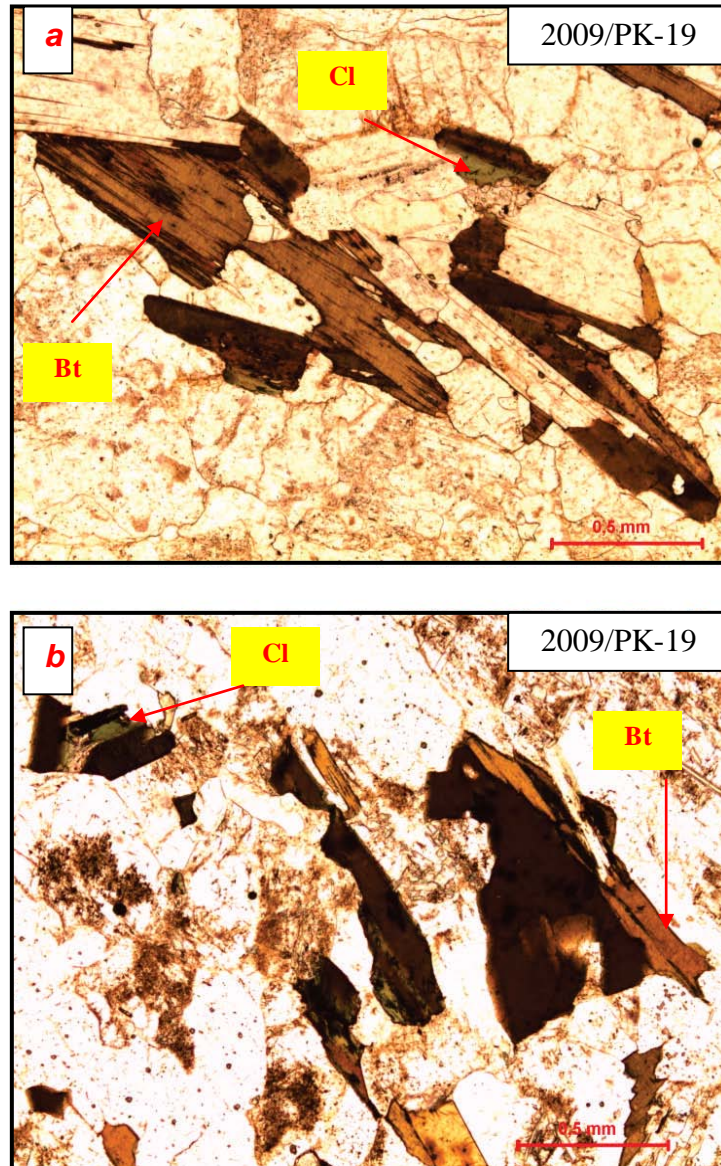


Figura 5.8 – Formação de clorita por substituição da biotita.

5.3 GRANITO BARROLÂNDIA

O estudo petrográfico do Granito Barrolândia envolveu a análise de 7 amostras com macro e microscopia detalhada. A análise modal foi executada nas amostras para a classificação mais precisa dos litotipos no diagrama QAP de Streckeisen (1976), tendo sido contados 1500 pontos em cada amostra (Tab. 5.2).

Em termos petrográficos o Granito Barrolândia é bastante homogêneo em toda a extensão do corpo, o que é refletido do diagrama da Figura 5.9 cujas amostras plotam no campo monzogranito. A análise dos componentes varietais da rocha levou à classificação das rochas como muscovita-biotita monzogranito.

De modo geral o Granito Barrolândia é hololeucocrático com índice de cor variando de 4 a 10, apresenta cor cinza, granulação média e textura granular hipidiomórfica ou alotriomórfica equigranular. Tipos com granulação grossa são localizados e os inequigranulares são raros.

A mineralogia é formada essencialmente por microclina (21-52%), oligoclásio-An₁₅₋₂₀ (20-37%), quartzo (21-40%), biotita (3-7%) e muscovita (0-3%). Os minerais acessórios são representados por apatita, zircão, titanita e minerais opacos.

Tabela 5.2- Composições modais do Granito Barrolândia.

Minerais (% modal)	Amostras						
	2009/BAR-01	2009/BAR-02	2009/BAR-06A	2009/BAR-06B	2009/BAR-07	2009/BAR-12	2009/BAR-12E
Qtz	30	32,2	39,6	21	23,7	22,2	32,7
Pl	22,2	37	26,3	30,5	36,8	20,8	20
Mc	37,5	21,6	26,2	42,5	33	52	43,3
Bt	7	6	6,2	6	6,3	5	3,6
Ms	3,1	3	1,6				
Acessórios*	0,2	0,2	0,1		0,2		0,4
Total	100	100	100	100	100	100	100

* Acessórios: zircão, apatita e titanita

Obs: Contagem de 1500 pontos

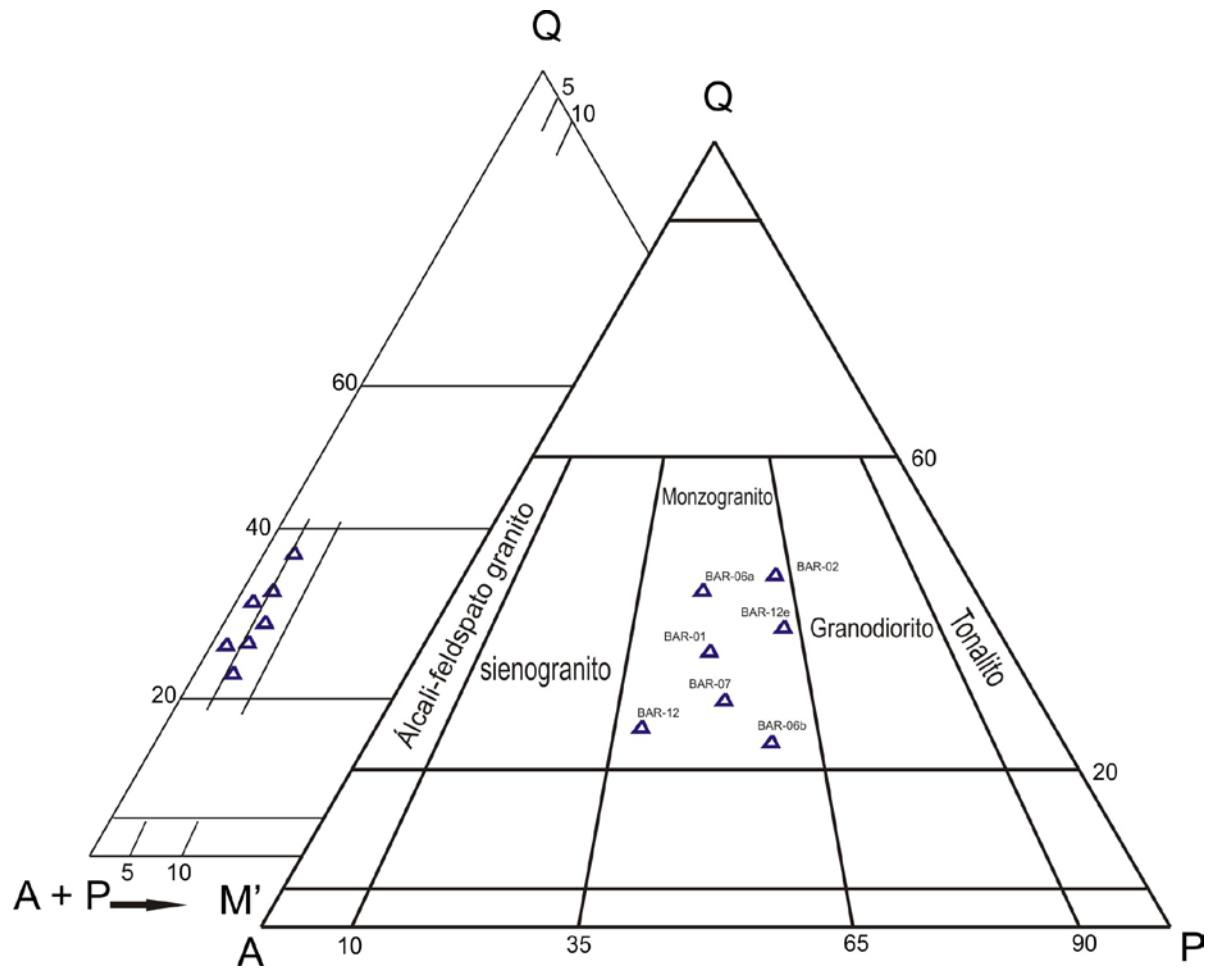


Figura 5.9 – Diagrama QAP e Q-A+P-M' de Streckeisen (1976), onde estão plotadas as amostras do Granito Barrolândia da Tabela 5.2.

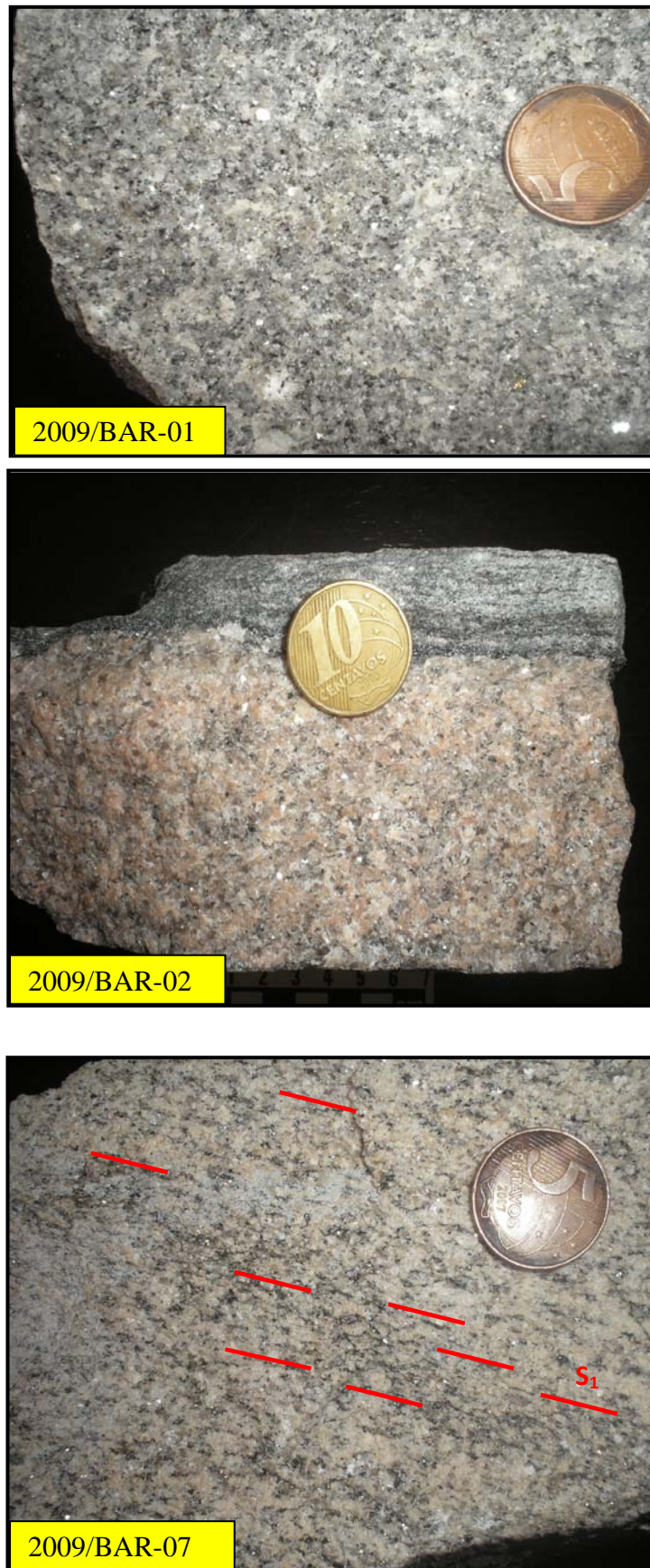


Figura 5.10- Aspectos mesoscópicos do Granito Barrolândia com destaque para a homogeneidade textural e foliação da rocha definida pela orientação de muscovita e biotita.

5.3.1 Análise microestrutural

No que concerne aos aspectos texturais/microestruturais, o Granito Barrolândia possui também pouca variação e, em certas situações, é identificada a textura ígnea original granular hipidiomórfica caracterizada principalmente pela associação de microclina e plagioclásio subédricos e quartzo anédrico (Fig. 5.11). Por outro lado, são claras as evidências de recristalização dos minerais primários neste granito, identificando-se a textura granoblástica. Essa textura é caracterizada pela presença de cristais de quartzo, microclina e plagioclásio de granulação relativamente mais fina que a das rochas originais, que encontram-se articulados em arranjo granoblástico poligonal (Fig. 5.12). Além disso, a presença de lamelas de biotita e muscovita subédricas orientadas, identificam a foliação em muitas partes do corpo.

Outro aspecto textural deste granito é dado pelos cristais de feldspatos, com claras evidências de formação de menos grãos, além de presença de intercrescimentos mimerquíticos que se desenvolvem na interface dos cristais de plagioclásio próximos ao contato com a microclina (Fig.5.13^a).

As texturas de deformação e metamorfismo presentes na rocha são caracterizadas por feições microestruturais evidenciadas pela orientação e estiramento dos cristais de feldspatos, quartzo, biotita e muscovita (Fig.5.13b, c), e também pela extinção ondulante e recristalização desses minerais.

5.3.2 Análise mineralógica

a) Quartzo

Foram identificados três tipos texturais. O primeiro (Qtz1) característico de formação ígnea apresenta formas anédricas, é subordinadamente subédricas, com tamanhos maiores que 1,0 mm. Os cristais apresentam forte extinção ondulante e possuem contatos irregulares entre si e com cristais de microclina e plagioclásio. Possuem raras inclusões de zircão e biotita.

O segundo tipo (Qtz2) forma aglomerados de cristais comparativamente menores, recristalizados, em equilíbrio com a microclina e, em menor quantidade, com o plagioclásio, estabelecendo contatos retilíneos em ponto tríplice, definindo um arranjo granoblástico poligonal (Fig.5.12a, b e c).

O terceiro tipo (Qtz3) define texturas simplectíticas que ocorrem como formas goticulares ou vermiformes no interior de cristais de plagioclásio caracterizando intercrescimentos mirmequíticos.

b) Plagioclásio

Dois tipos são identificados. O primeiro, de origem magmática (Pl 1) tem dimensões maiores que 1 mm e são subédricos. Os contatos com o quartzo e a microclina são irregulares, ao passo que com a biotita e, por vezes com a muscovita são retilíneos. Apresenta no geral maclamento do tipo albíta, e raramente albíta-carlsbad. É do tipo oligoclásio sódico-An₂₂₋₂₉, com frequência encontram-se alterações para sericita, epidoto e, raramente, carbonatos principalmente no núcleo dos cristais, destacando um discreto zoneamento (Fig.5.14).

O segundo (Pl2), ocorre nas rochas mais estruturadas, com tamanho aproximado de 1 mm e forma comumente anédrica. As relações de contato são em pontos tríplices com os demais minerais, principalmente microclina e quartzo, compondo a textura granoblástica poligonal. Verifica-se também a presença de peristerita destacando-se finas lamelas de intercrescimento, formando textura tipo “espinha de peixe”, ou muito raramente em lamelas bem desenvolvidas que sugere um processo de exsolução bastante avançado relacionado ao metamorfismo. Auréolas albíticas e mirmequitas são freqüentes principalmente nos contatos com a microclina (Fig.5.14).

c) Microclina

Igualmente ao plagioclásio, dois tipos foram identificados. O primeiro de origem magmática (Mic1) com dimensões superiores a 7 mm. Possui maclamento albíta-periclina ou polissintético característico, além de extinção ondulante. Apresenta inclusões de plagioclásio, biotita e quartzo, e alteração para argilo-minerais e sericita. O segundo tipo (Mic2) é claramente produto da recristalização da Mic1, e constitui aglomerado de cristais de microclina, ou de microclina com quartzo ou plagioclásio, cujos contatos são irregulares, ocorrendo subordinadamente contatos retilíneos principalmente com os plagioclásios, formando pontos tríplices em agregados granoblásticos (Fig.5.12). Intercrescimentos pertíticos ocorrem de modo irregular no interior dos cristais.

d) Biotita

A biotita é um constituinte menor, ocorrendo em quantidades entre 4 e 7%, aproximadamente, com dimensões inferiores a 1,5 mm, constituindo cristais lamelares com formas subédricas e anédricas. Apresenta forte pleocroísmo variando do marrom esverdeado claro (X) ou marrom escuro (Y,Z). Em alguns casos acham-se parcialmente substituídos pela clorita. Em todas as amostras as lamelas seguem uma orientação preferencial que define uma foliação visível nas lâminas petrográficas, ora incipiente, ora marcante (Fig.5.13).

e) Muscovita

De modo semelhante ao da biotita, a muscovita ocorre em pequena quantidade (< 3%), apresentando-se como cristais subédricos, com dimensões de até 2 mm, possuindo contatos retilíneos com plagioclásio, quartzo, biotita e microclina, e definindo, junto com a biotita, a foliação na rocha (Fig. 5.13), o que caracteriza uma formação por processos metamórficos, conforme relatado anteriormente.

f) Minerais Acessórios

Os minerais acessórios são representados principalmente por apatita, zircão e minerais opacos. A apatita define cristais euédricos e subédricos, ocorrendo próximo ou inclusa em cristais de plagioclásio, biotita e quartzo; apresenta-se freqüentemente em finos cristais (0,1 a 0,3).

O zircão ocorre geralmente como cristais euédricos inclusos em biotita, muscovita e plagioclásio. Apresenta-se como cristais menores que 0,2 mm.

Os opacos são freqüentes em todas as amostras, embora em quantidades insignificantes; em geral são anédricos e possuem dimensões que não ultrapassam 0,2 mm.

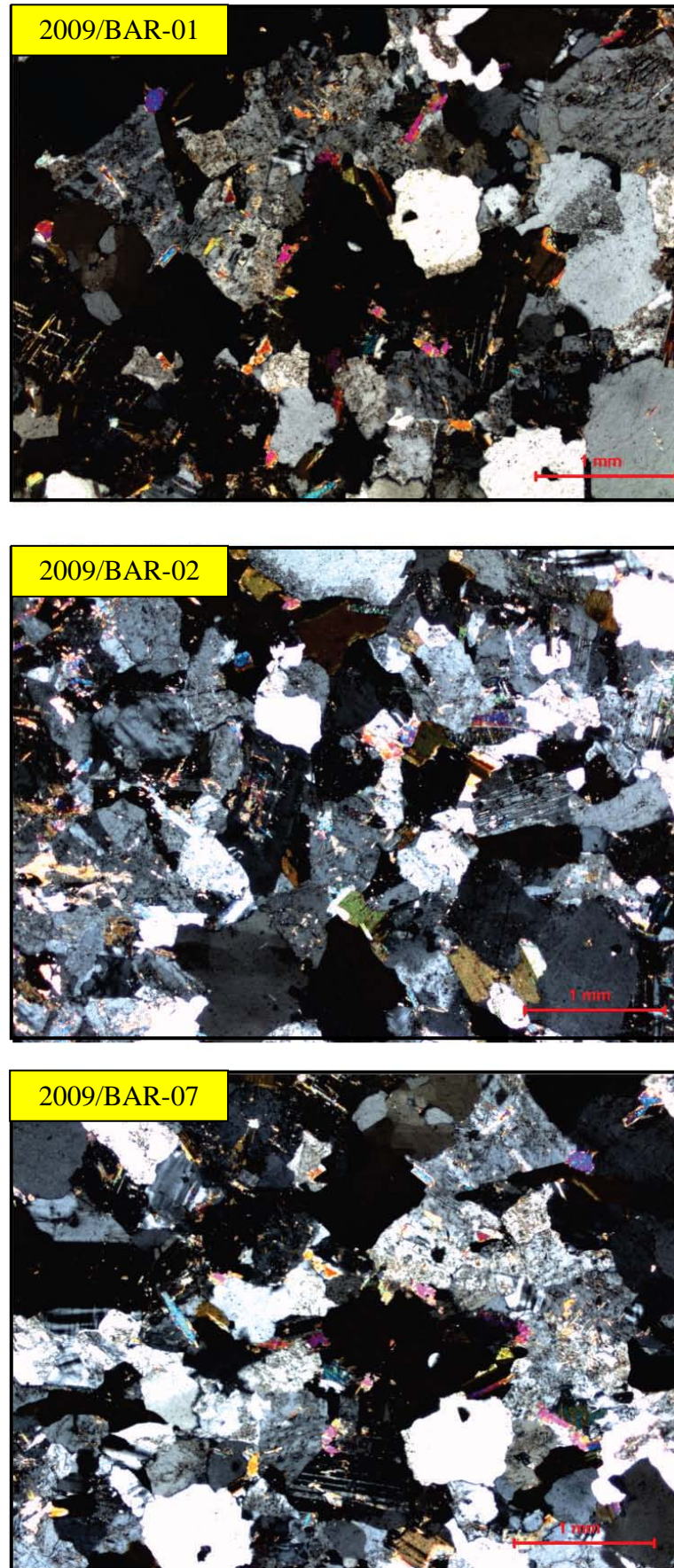


Figura 5.11 – Aspectos gerais da textura granular hipidiomórfica no Granito Barrolândia.

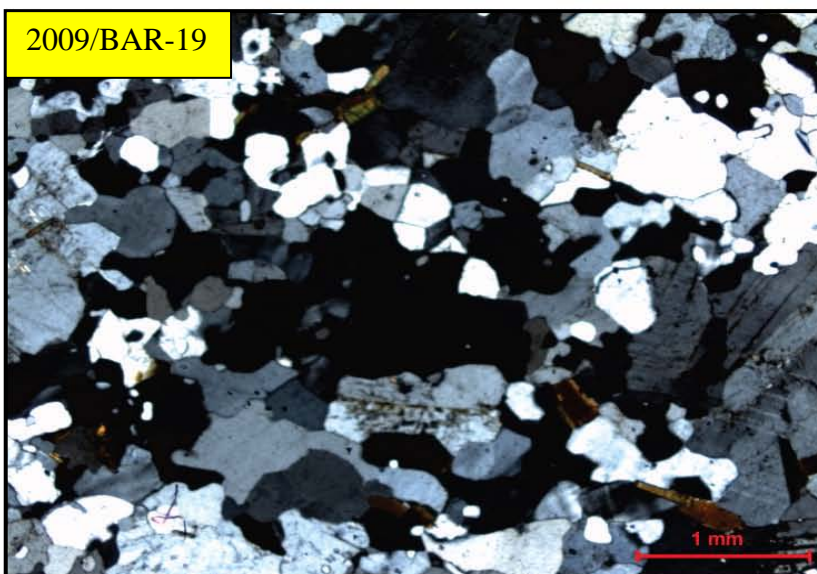
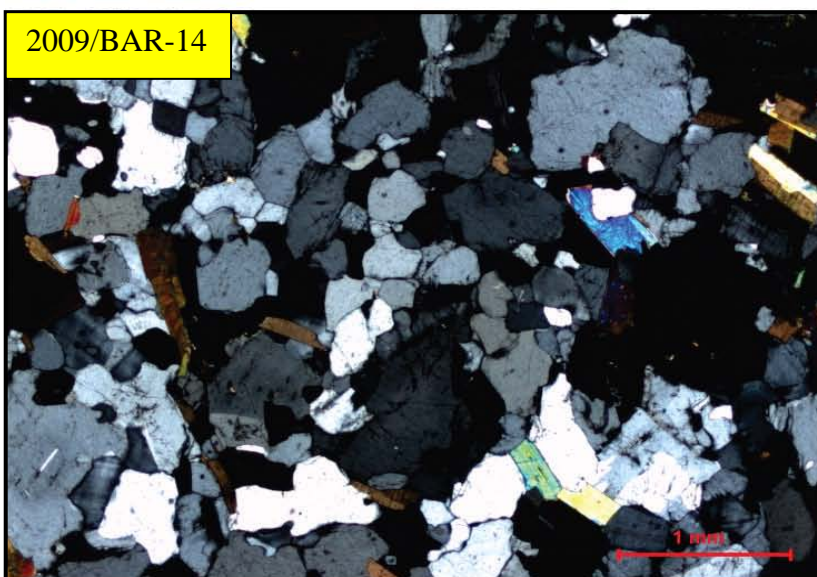
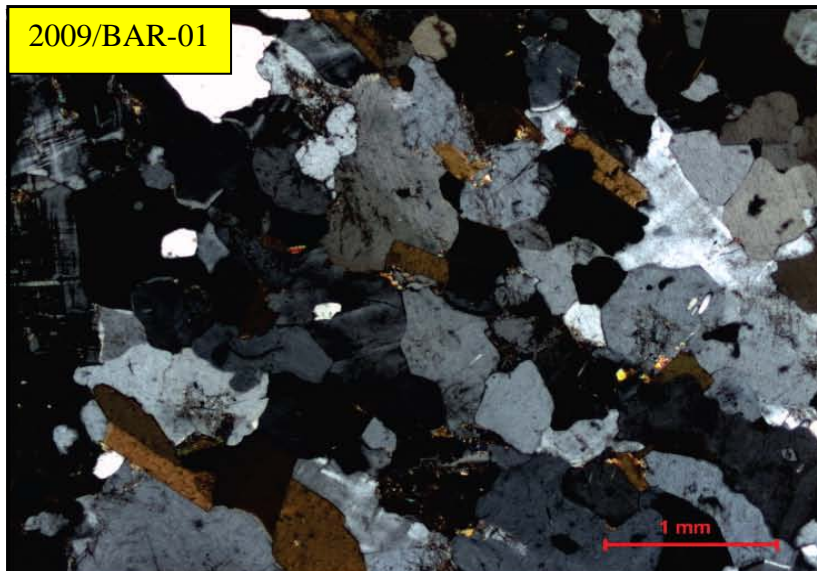


Figura 5.12 – Aspectos da textura granoblástica poligonal no Granito Barrolândia caracterizada principalmente pelos contatos em ponto tríplice entre quartzo (Qtz), microclina (Mc) e plagioclásio (Pl).

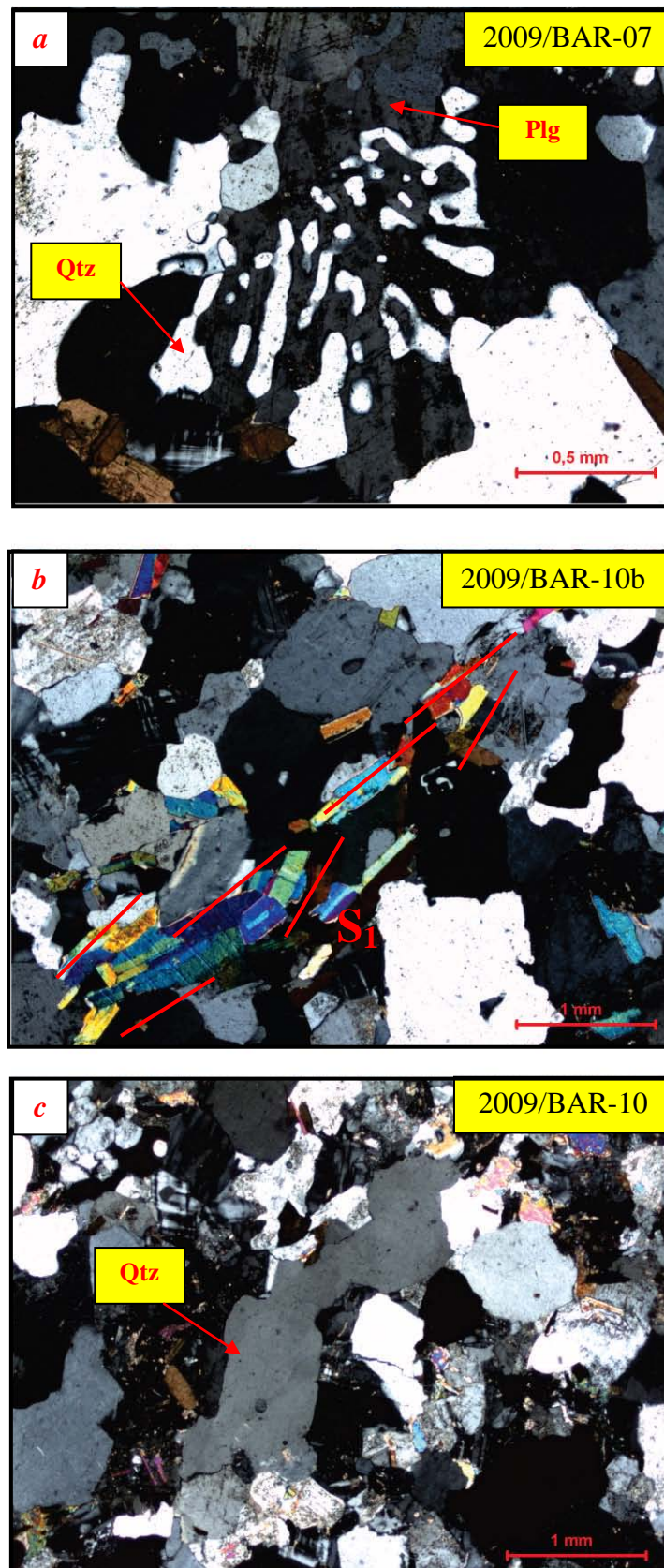


Figura 5.13 – Aspectos texturais do Granito Barrolândia: a) intercrescimento mirmequítico em plagioclásio; b) orientação preferencial das lamelas de biotita e muscovita definindo a foliação; c) alongamento de cristais de quartzo (Qtz).

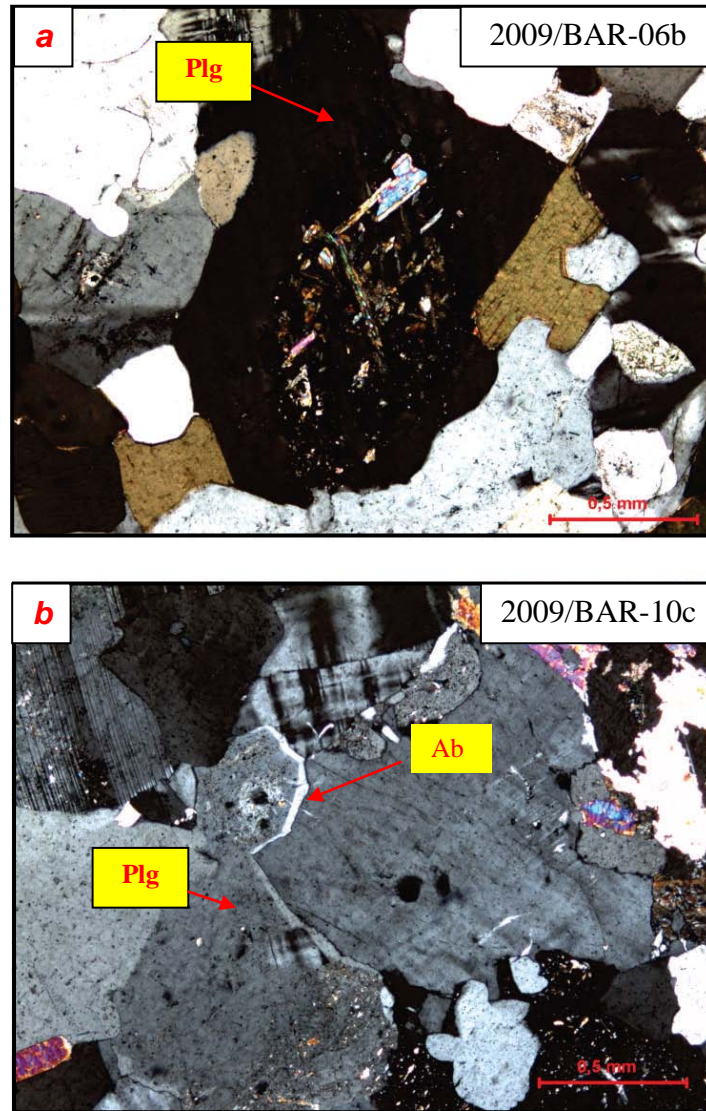


Figura 5.14 – Detalhes microscópicos dos cristais do Granito Barrolândia: a) Saussuritização no núcleo de cristais de plagioclásio, b) coroa de albita na margem de cristais de microclina.

6 GEOQUÍMICA

Os dados deste capítulo visam à caracterização e classificação geoquímica das rochas dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia além da definição da tipologia, e caracterização do ambiente geotectônico de colocação desses plutons graníticos. Para isso foram utilizados diagramas de discriminação e classificação geoquímica para rochas graníticas, além de estudos comparativos com outros granitos do Cinturão Araguaia.

A coleta de amostras para os estudos, geoquímicos, e que serviram também para os estudos isotópicos Sm-Nd, foi realizada nas duas áreas alvo, em que foram selecionadas aquelas isentas de alteração intempérica, e sem efeitos de transformação.

Duas amostras do Granodiorito Presidente Kennedy (PK-13, PK-18) e quatro amostras do Granito Barrolândia (BAR-01, BAR-02, BAR-6a, BAR-07), foram selecionadas para o tratamento analítico. Os resultados são apresentados na Tabela 6.1 e seus locais de coleta podem ser visualizados nos mapas geológicos (Figs. 4.1, 4.2). As análises químicas envolveram a determinação dos elementos maiores (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 total, FeO , CaO , MgO , K_2O e Na_2O), menores (TiO_2 , MnO e P_2O_5), traços (Ba, Rb, Sr, Ta, Nb, Y, Ga, Zr, Th, Hf, U, V, Co, W, Be, Cs, Cu, Pb e Zn) e terras raras (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu)

As análises foram realizadas pela empresa Acme Analítica Laboratórios Ltda (Vancouver), sendo os elementos maiores, menores e alguns traços analisados por ICP-AES (Plasma Acoplado Indutivo/ Espectrometria de Emissão Atômica) e os demais traços, incluindo os terras raras, analisados por ICP-MS (Plasma Acoplado Indutivo/ Espectroscopia de Massa). Os limites de detecção para elementos maiores e menores é de 0,01% e para os elementos traços, incluindo terras raras, 0,1 ppm. O padrão utilizado pelo laboratório nas análises foi o SO-18.

Tabela 6.1- Composição química do Granodiorito Presidente Kennedy e Granito Barrolândia (elementos maiores e menores em % em peso, traços em ppm).

	Presidente Kennedy		Barrolândia			
	PK-13	PK-18	BAR-01	BAR-02	BAR-06.a	BAR-07
SiO ₂	73,11	73,46	72,37	72,32	71,69	72,07
TiO ₂	0,16	0,16	0,22	0,22	0,20	0,20
Al ₂ O ₃	14,76	14,8	14,76	14,78	14,95	14,92
Fe ₂ O _{3T}	2,5	2,39	1,84	1,78	2,17	2,13
MnO	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
MgO	0,32	0,30	0,37	0,37	0,33	0,33
CaO	1,50	1,41	1,63	1,57	1,55	1,53
Na ₂ O	4,17	4,18	3,94	3,69	3,63	3,61
K ₂ O	3,62	3,78	4,09	4,44	4,12	4,12
P ₂ O ₅	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08
PF	0,9	0,9	0,7	0,7	0,5	0,6
Total	100,23	100,58	99,33	98,27	98,74	99,01
Ba	1091	800	1088	1010	1101	1091
Rb	100	115,8	134,3	150,7	121,3	121,2
Sr	309,4	290	335,0	351,0	332,1	329,1
Ta	0,8	0,9	1,1	0,9	1,3	1,3
Nb	7,2	7,8	12,1	11,1	13,0	12,3
Y	4,9	6,4	14,4	13,9	9,2	9,5
Ga	18,8	19,7	19,9	18,4	22,7	24,2
Zr	90,4	80,9	138,2	134,2	79,5	78,3
Th	11,7	13,5	28,0	20,3	6,0	6,1
Hf	2,9	2,7	3,9	4,1	3,1	2,8
U	1,2	3,5	4,2	5,5	1,3	1,2
Cs	1,6	4,3	3,0	2,4	2,1	2,0
La	31,5	30,2	44,2	42,6	40,1	43,9
Ce	56,8	55,7	87,2	82,1	81,0	85,6
Pr	5,37	5,26	8,83	8,34	1,37	1,33
Nd	18,4	16,8	34,1	29,4	32,9	33,3
Sm	2,31	2,34	5,34	4,59	5,28	6,28
Eu	0,53	0,50	0,89	0,90	0,53	0,51
Gd	1,45	1,65	3,96	3,31	1,36	1,42
Tb	0,18	0,25	0,54	0,47	0,27	0,28
Dy	0,87	1,21	2,71	2,49	1,74	1,53
Ho	0,17	0,20	0,49	0,46	0,30	0,31
Er	0,37	0,53	1,37	1,17	0,88	0,83
Tm	0,05	0,07	0,19	0,17	0,11	0,12
Yb	0,33	0,39	1,33	1,12	0,75	0,65
Lu	0,05	0,06	0,19	0,16	0,09	0,09
ΣETR	118,38	115,16	191,34	177,28	162,68	171,15
Na ₂ O+K ₂ O	7,79	7,96	8,03	8,13	7,48	7,73
Na ₂ O/K ₂ O	1,34	1,28	0,96	0,83	0,88	0,87
Rb/Sr	0,28	0,43	0,40	0,43	0,37	0,37
K/Rb	339,91	339,56	329,33	341,89	275,23	276,13
Eu/Eu*	0,22	0,15	0,57	0,56	0,82	0,74
(La/Yb) _N	68,47	55,54	23,84	27,28	10,88	14,41
(La/Sm) _N	8,80	8,33	5,34	5,94	7,57	7,47
(Gd/Yb) _N	4,31	4,26	2,77	2,75	2,1	2,2

6.1 ELEMENTOS MAIORES

A análise dos elementos maiores revelou grande homogeneidade composicional dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia, como pode ser observado na Tabela 6.1 e nos diagramas de variação da Figura 6.1.

Os teores de sílica são elevados e poucos variáveis (71 e 73%) e os de alumina em torno de 15%. Os teores de TiO_2 (• 0,22 %), P_2O_5 (• 0,1 %) e MgO (• 0,4 %) são muito baixos e apresentam comportamentos semelhantes nos diagramas de variação (Fig. 6.1). O Fe_{total} situa-se entre ~1 a 2 % o CaO ~1,5% e os teores de álcalis ~ 8%.

Os baixos conteúdos de Fe_{total} , TiO_2 , MgO e CaO e elevados de sílica e álcalis são características de rochas de natureza granítica, que com Al_2O_3 elevado condiz com o caráter peraluminoso desses granitos.

O total de álcalis apresenta valores relativamente elevados, variando aproximadamente entre 7,7 e 8,1 %. Os valores de K_2O variam entre 3,6 a 4,5 %, enquanto que o Na_2O possui teores de entre 3,6 e 4,2% aproximadamente. Já a razão $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ varia entre 0,8 e 1,3 %, o que demonstra certo equilíbrio entre os teores de sódio e potássio.

Nos diagramas de variação (Fig. 6.1), as amostras plotadas definem campos relativamente restritos, o que implica ausência de grandes variações composicionais. Apesar disso, é possível observar uma leve tendência de diferenciação entre eles e comportamentos similares dentro dos limites de variação de cada um. Analisando com mais detalhe os diagramas verifica-se que Al_2O_3 , MgO , CaO e Fe_{total} mostram leve correlação negativa com sílica (Fig. 6.1). Apesar de pequena a variação de TiO_2 e P_2O_5 , destaca-se um comportamento semelhantes entre os mesmos, apresentando leve enriquecimento com a diminuição da SiO_2 . Os valores de Na_2O mostram correlação positiva com a sílica, enquanto o K_2O , no geral, apresenta uma correlação negativa com SiO_2 (Fig. 6.1).

No diagrama R1-R2 de La Roche et al. (1980), as amostras plotam no campo monzogranito com apenas uma amostra do Granodiorito Presidente Kennedy no limite do campo monzogranito e granodiorito (Fig. 6.2a).

No diagrama $(\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ versus $(\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ com as divisões de Maniar & Piccoli (1989), as amostras caem no campo peraluminoso definindo tal caráter para os granitos estudados (Fig. 6.2b). No diagrama catiônico $\text{Al}-(\text{K}+\text{Na}+2\text{Ca})$ versus $(\text{Fe}+\text{Mg}+\text{Ti})$, (Fig. 6.3a) de Debon & Le Fort (1983) as amostras plotam no campo de leucogranitos e no campo II que corresponde a granitos a duas micas, em que a quantidade de biotita supera a de muscovita. Isto coincide com os dados petrográficos desses granitos (Tabelas 5.1 e 5.2) e reforça o caráter levemente peraluminoso dessas rochas.

Utilizando-se o diagrama R1-R2 de La Roche (1980) com a delimitação dos campos de Batchelor & Bowden (1985), observa-se que as amostras caem no campo 6 correspondente a granitos de alojamento sin-colisional (Fig. 6.3b), reforçando os dados de campo que apontam tratar-se de granitos sin-tardi tectônicos.

No diagrama $Si/3 - (K+Na+2Ca/3)$ versus $K-(Na+Ca)$ (Fig.6.4) de Debon & Le Fort (1988), verifica-se que as amostras plotam no campo do granito com uma amostra no campo do granodiorito onde há ligeira predominância de plagioclásio em relação ao feldspato potássico ($P<0$) situando-as no campo cálcico-alcalina. Isso é muito coerente com os dados petrográficos (capítulo 5), cujas rochas foram classificadas como muscovita-biotita monzogranitos/granodioritos.

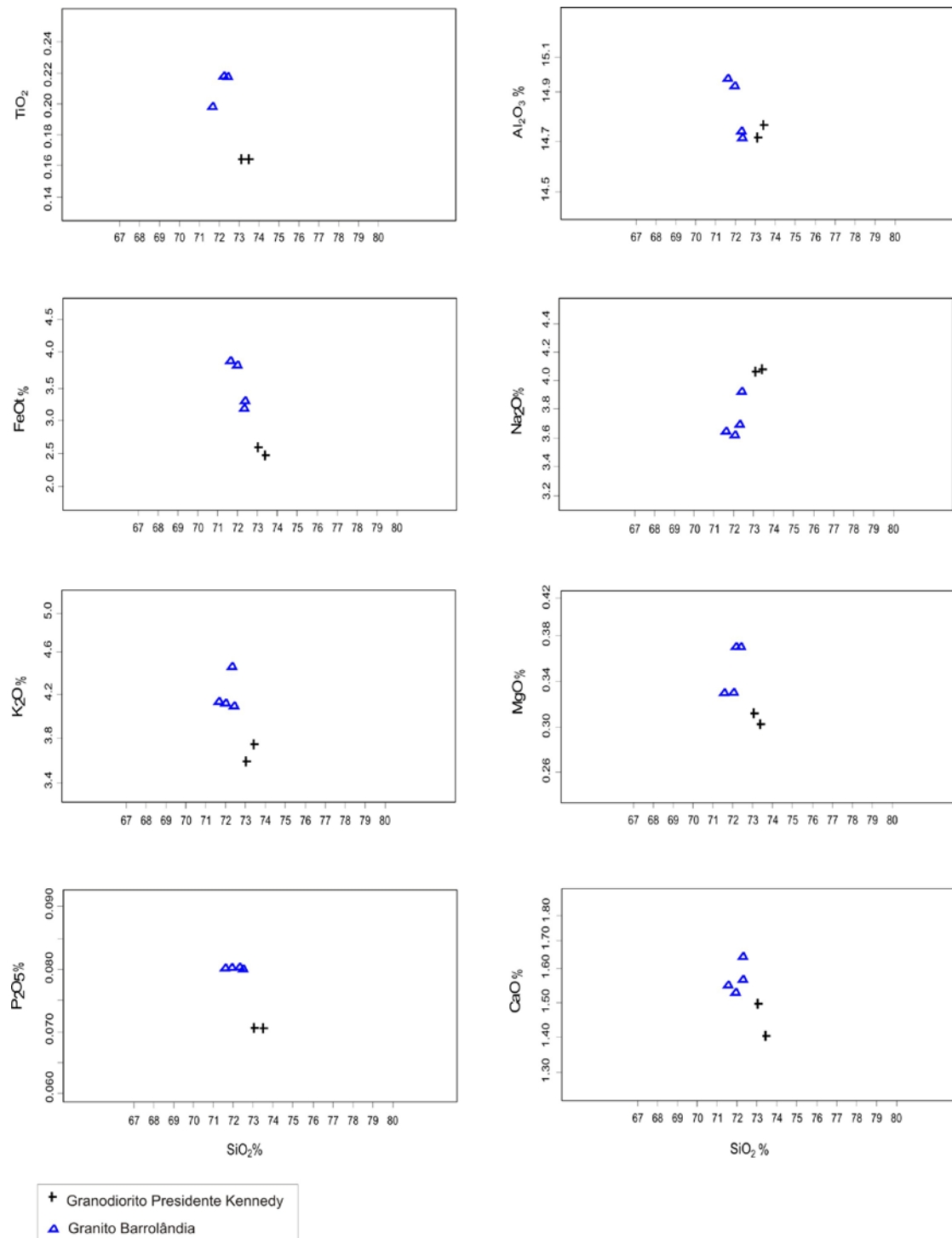


Figura 6.1- Diagramas de variação de Harker dos elementos maiores vs sílica das análises da Tabela 6.1.

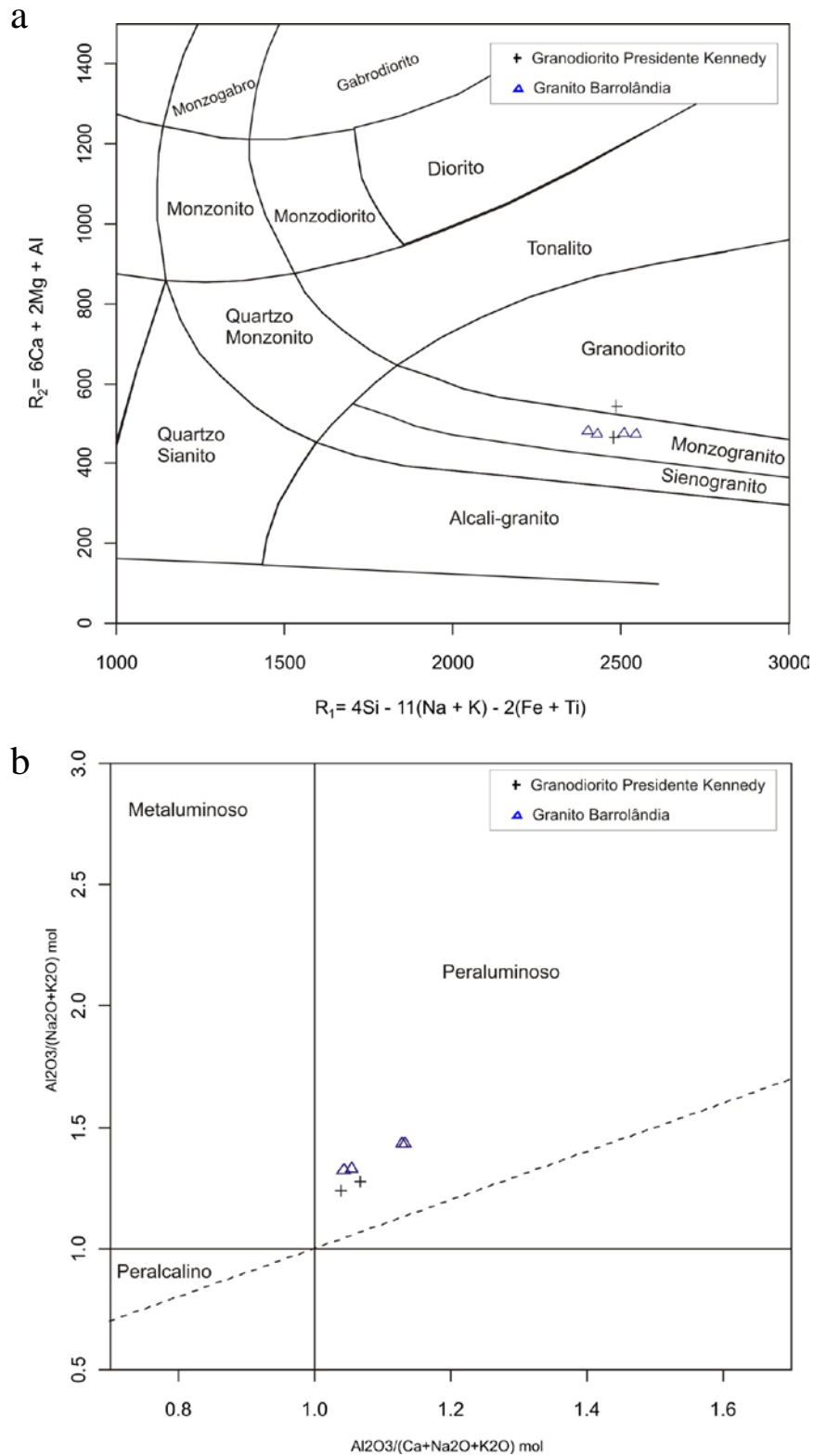


Figura 6.2- Diagramas de classificação geoquímica com plotagem das amostras da Tabela 6.1: (a) R1-R2 de La Roche *et al.* (1980); (b) A/NK versus A/CNK de Maniar & Piccoli (1988) com as divisões do índice de Shand.

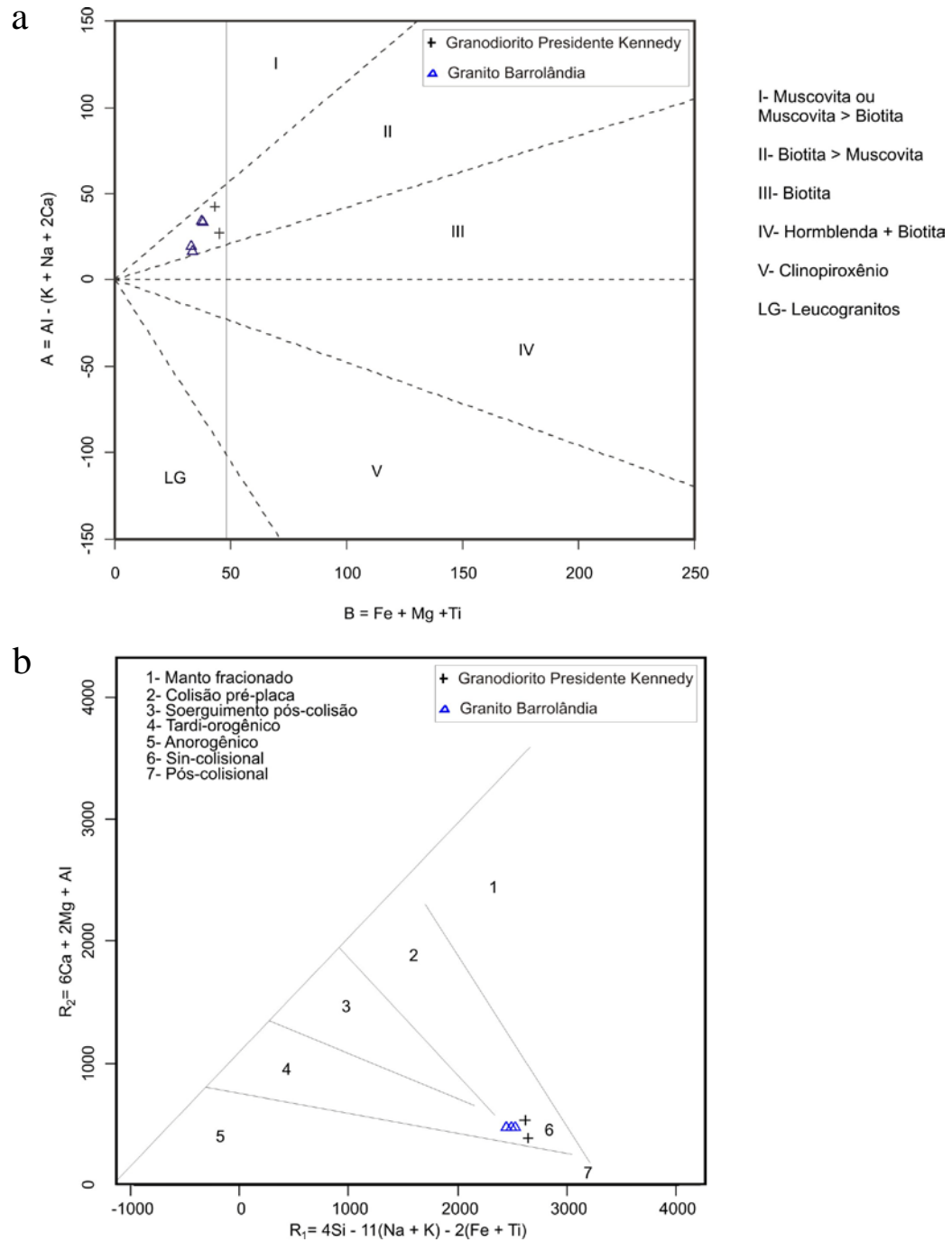


Figura 6.3- Diagramas de discriminação geoquímica com dados da Tabela 6.1: (a) A versus B (Debon & Le Fort 1983); (b) R_1 - R_2 (La Roche *et al* 1980) com a delimitação dos campos de ambientes tectônicos de Batchelor & Bowden (1985).

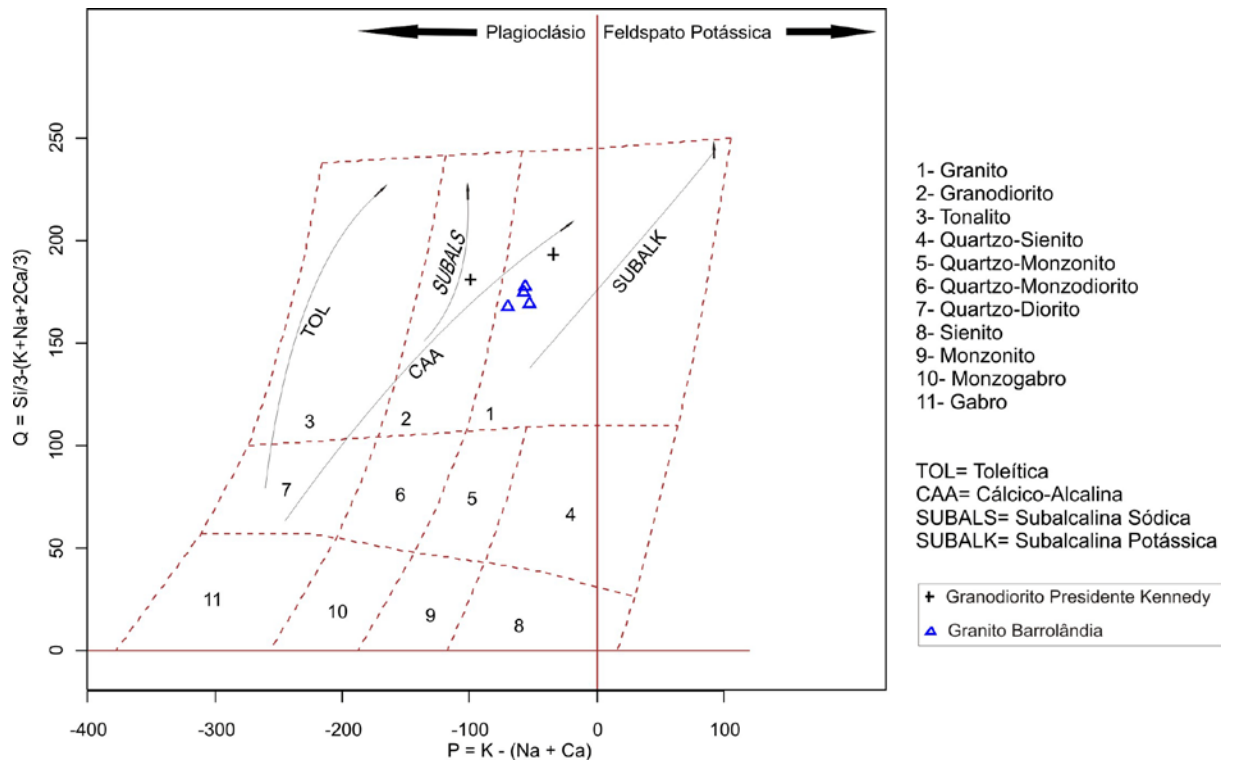


Figura 6.4- Diagrama P versus Q (Debon & Le Fort (1988)), com as delimitações de rochas ígneas mostrando a afinidade com a série cálcico-alcalina dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia.

6.2 ELEMENTOS TRAÇOS

Analisando o comportamento dos elementos-traço constata-se que há algumas variações composicionais, contrastando com a homogeneidade dos elementos maiores, que é registrada principalmente entre os elementos incompatíveis (LILE ou LFS), enquanto os HFS possuem valores baixos e pequenas variações.

O comportamento geoquímico dos principais elementos traços pode ser visualizado nos diagramas de variação (Figs. 6.5 e 6.6), e a de multi-elementos (Fig.6.7).

Os granitos Presidente Kennedy e Barrolândia, no geral, apresentam valores elevados de Ba (entre 800 e 1100 ppm) e moderados de Sr (entre 290 e 350 ppm), considerando que a média da crosta superior para esses elementos é de 350 e 700 ppm (Taylor & McLennan 1984), respectivamente. O comportamento do Rb aponta para valores baixos a moderados (100 a 150 ppm), considerando seu teor médio na crosta superior de 110 ppm. O comportamento do Rb é muito semelhante ao do K, cujos valores mais altos de Rb correspondem aos mais altos de K, e ambos se enriquecem com aumento da SiO₂ (Fig. 6.5).

A razão de K/Rb apresenta valores que variam de 275 a 340, enquanto que a razão Rb/Sr varia de ~ 0,3 a 0,4. O Rb e o Nb possuem correlação positiva em relação a SiO₂, indicando o caráter compatível destes elementos na evolução magmática. Por outro lado o Ba e Sr, no geral empobrecem com o aumento da SiO₂, indicando um caráter incompatível destes elementos (Fig. 6.5).

Nos diagramas de elementos traços, K *versus* Rb e Ba *versus* Rb (Fig. 6.6), destaca-se uma correlação positiva em que K e Ba aumentam como o aumento do Rb, mostrando o caráter incompatível dos mesmos proporcionando uma diminuição da razão K/Rb com o aumento do Rb (Fig. 6.6). O diagrama Sr *versus* Rb (Fig. 6.6) apresenta uma correlação positiva do Sr em relação ao Rb.

O comportamento de K, Rb e Ba indica que os granitos estudados teriam se formado a partir de um líquido pouco fracionado, podendo-se considerar a existência de um leve processo de diferenciação magmática, a partir do comportamento de alguns elementos maiores e dos elemento traço mais móveis citados anteriormente.

Os elementos pouco móveis - Zr, Hf, Y e Nb – não apresentam variações significativas nas amostras estudadas e, no geral, possuem conteúdos baixos a moderados, indicando o caráter mais compatível dos mesmos. O Zr possui valores baixos e uma pequena variação que situa-se entre 78 e 138 ppm (média da crosta superior = 240 ppm), sendo que no diagrama de variação Zr *versus* SiO₂ (Fig. 6.5) as amostras apresentam leve correlação

negativa com a SiO_2 . O Hf possui valores abaixo da média da crosta superior ~ 6 , variando de ~ 3 a 4 ppm. O Y apresenta na maioria das amostras valores regulares entre 5 e 14 ppm.

No diagrama de multi-elementos normalizado segundo o condrito de Thompson (1982), os granitos apresentam uma assinatura geoquímica similar na grande maioria dos elementos, destacando leve empobrecimento em Nd e Sm do Granito Barrolândia. No geral as amostras mostram enriquecimento em Ba, Rb, Th e K, e uma acentuada anomalia negativa de Nb e Ti (Fig. 6.7).

Em diagramas de ambiência tectônica Rb x Ta+ Yb e Ta x Yb (Fig. 6.8) as amostras situam-se em campos bem definidos demonstrando a cogeneticidade desses granitos. No diagrama Rb *versus* Ta+Yb estão posicionadas amostras próximo ao limite entre os campos de Granitos de Arco Vulcânico e Granitos Sin-colisional enquanto que no diagrama Ta *versus* Yb estão situadas na porção inferior do campo de granitos sin-colisionais.

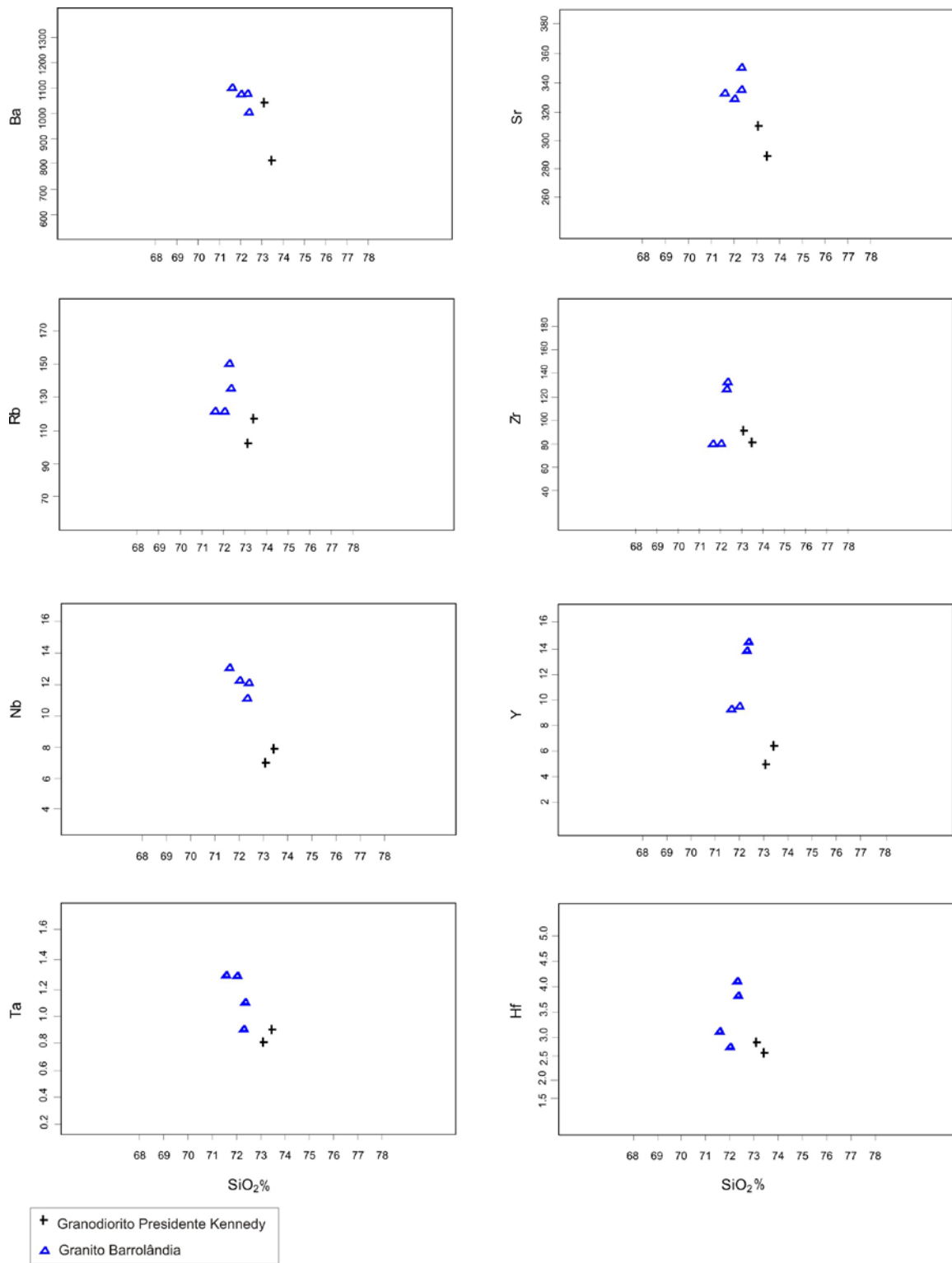


Figura 6.5- Diagrama binário de variação para elementos traço (ppm) *versus* sílica (% em peso) para os granitos Presidente Kennedy e Barrolândia.

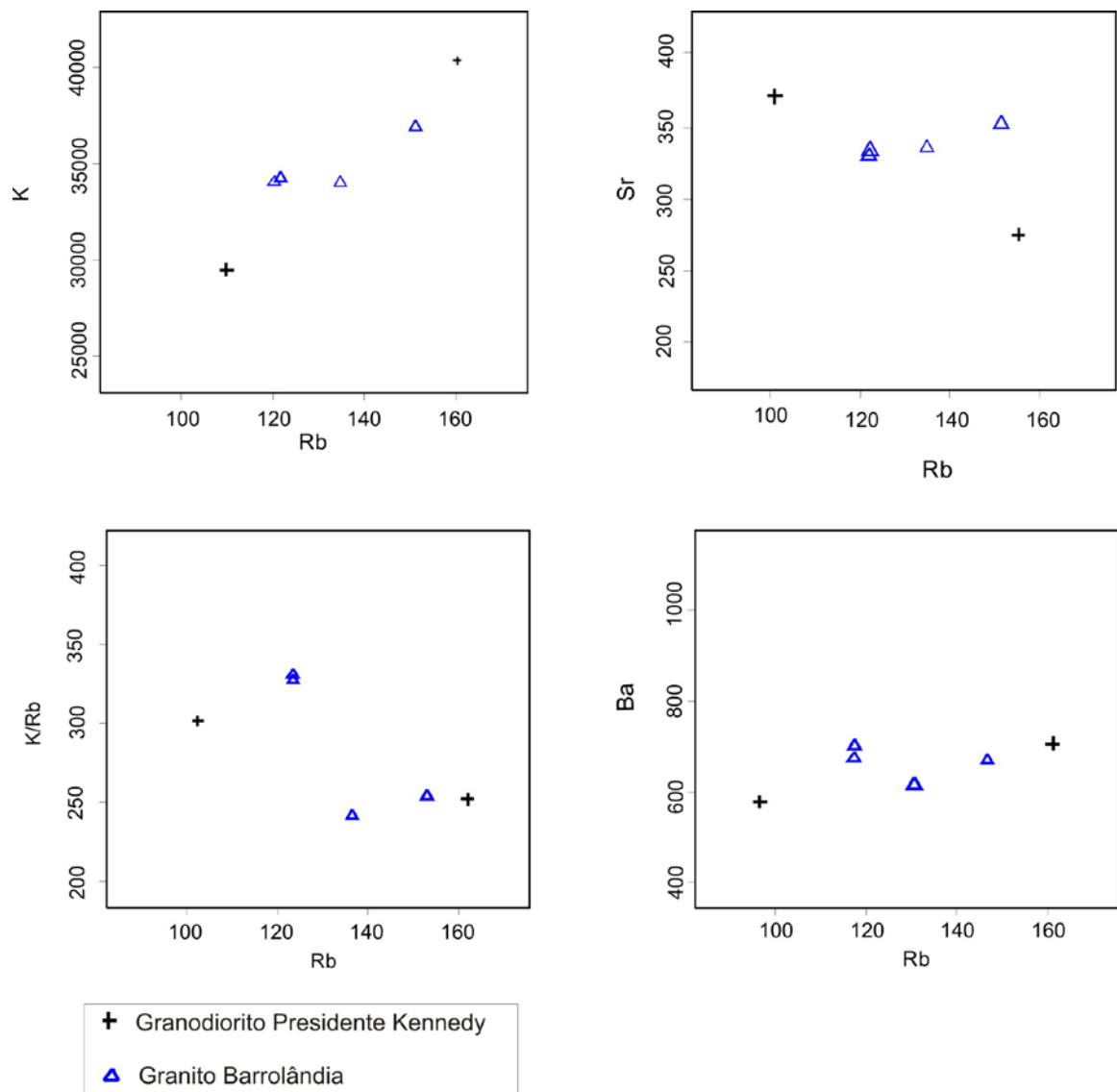


Figura 6.6- Diagramas binários de variação entre elementos traço (ppm), maiores e menores (cátions) para os granitos Presidente Kennedy e Barrolândia.

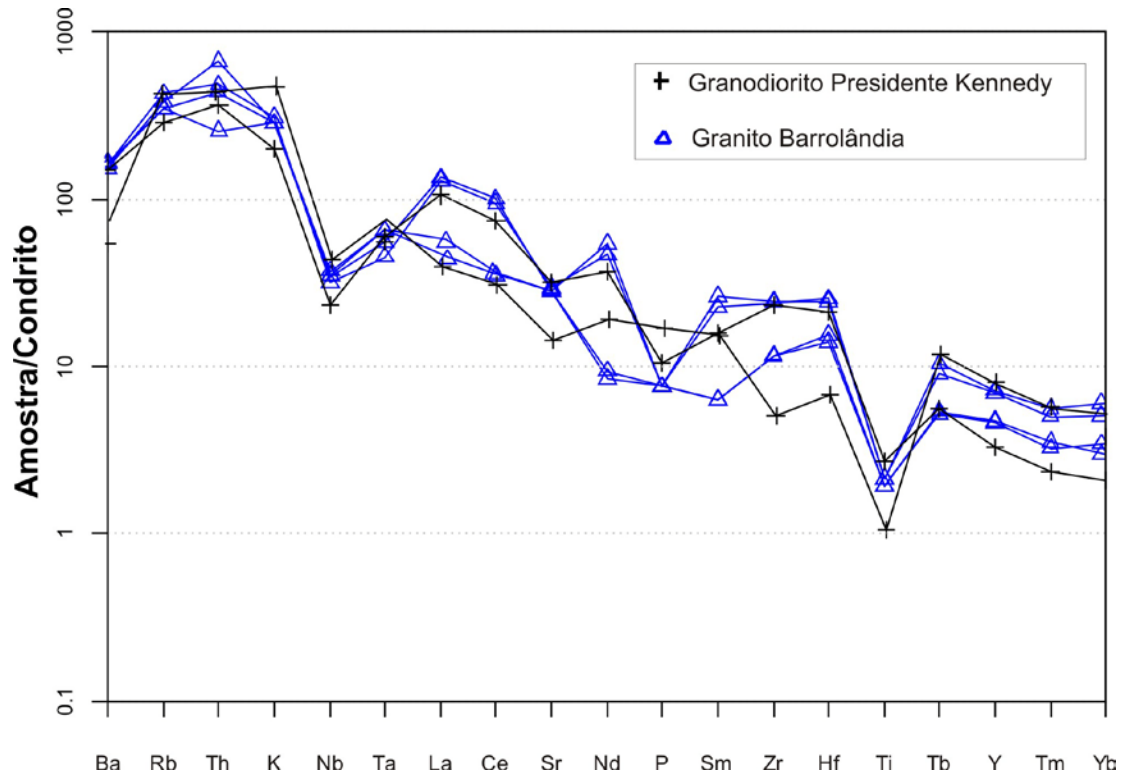


Figura 6.7- Diagrama de multi-elementos, mostrando o padrão dos elementos traço para os granitos Presidente Kennedy e Barrolândia, normalizado pelo condrito de Thompson (1982).

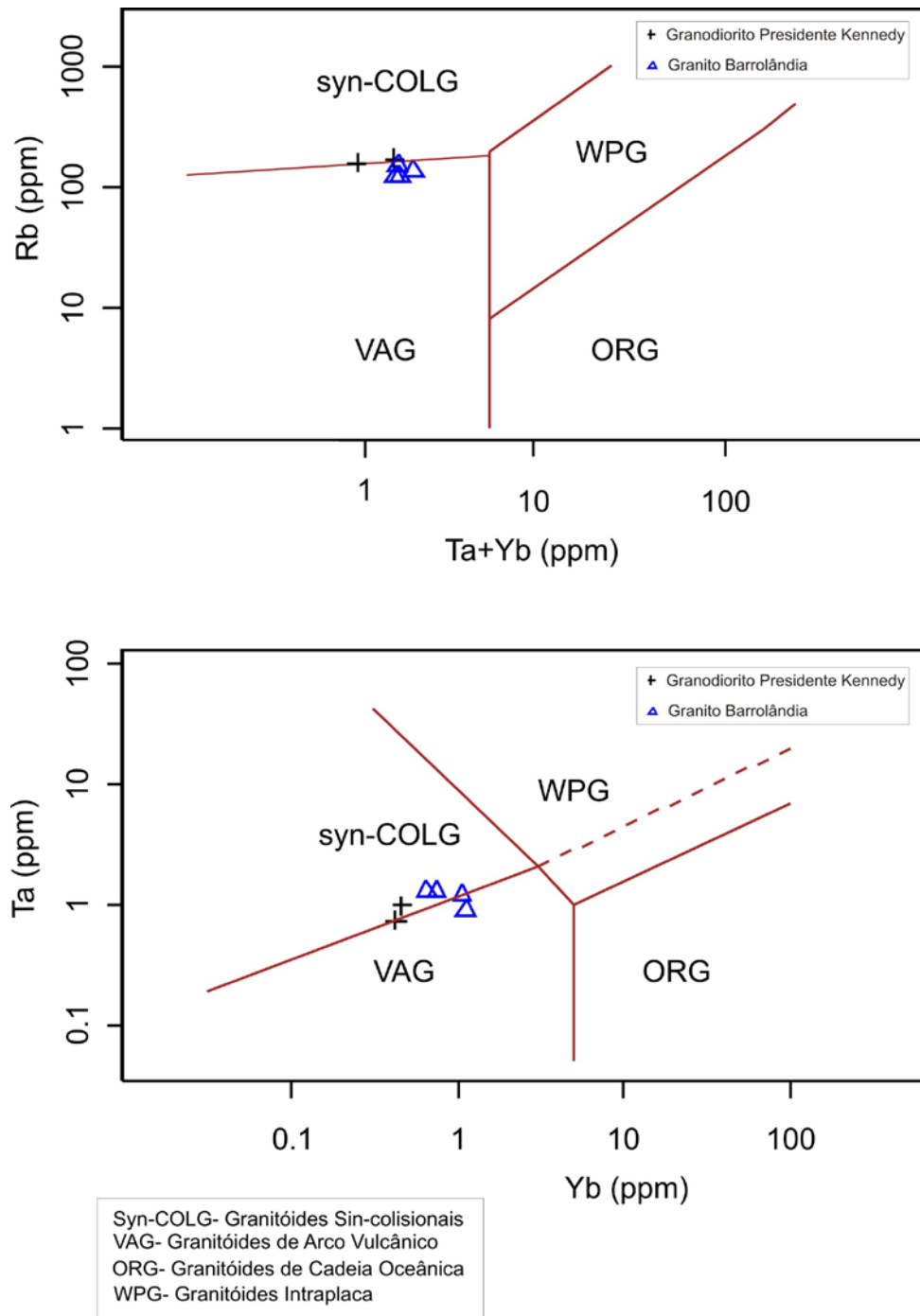


Figura 6.8- Diagrama de discriminação de ambientes tectônicos de granitóides de Pearce *et al.* (1984) com amostras dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia.

6.3 ELEMENTOS TERRAS RARAS

Os resultados analíticos dos elementos terras raras (ETR) das amostras dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia são apresentadas na Tabela 6.1 e o seu padrão geral, com a normalização pelos valores do condrito de Evensen *et al.* (1978) são apresentados na Figura 6.9.

Os granitos Presidente Kennedy e Barrolândia apresentam no geral valores baixos de ETR, com um somatório (Σ ETR) que varia de 115 a 191 ppm (Tab. 6.1).

Pela análise dos dados, há um enriquecimento bem maior dos elementos terras raras leves (ETRL) em relação aos terras raras pesados (ETRP), na maioria das amostras, o que é constatado pelo grau de fracionamento dos ETR, em que as razões $(La/Yb)_N$ variam entre 14 e 68.

Os ETRL apresentam um leve grau de fracionamento, com a razão $(La/Sm)_N$ variando entre 5 e 8 (Tab. 6.1). Os ETRP possuem fracionamento baixo, com razão $(Gd/Yb)_N$ variando entre 2 e 4 (Tab. 6.1).

Em relação à anomalia de Eu, as amostras dos granitos no geral possuem pequenas anomalias negativas de Eu ($Eu/Eu^* < 1$), cujos valores da razão Eu/Eu^* variam entre 0,5 e 0,8.

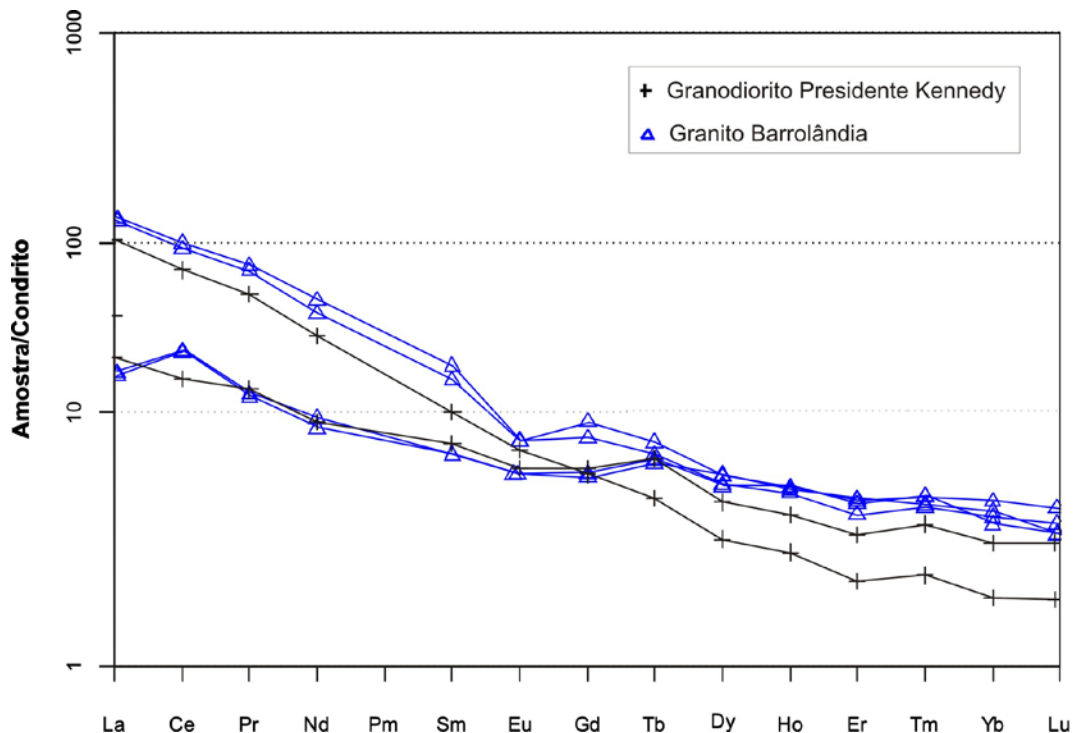


Figura 6.9- Diagrama de elementos terras raras para os granitos Presidente Kennedy e Barrolândia, normalizado pelo condrito de Evensen *et al.* (1978).

6.4 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Os estudos geoquímicos existentes na literatura sobre os granitos do Cinturão Araguaia são ainda incompletos e geralmente se limitam aos elementos maiores e alguns traços. O presente trabalho deu abrangência maior envolvendo análises geoquímicas completas de elementos maiores, menores e traços, incluindo os terras raras.

Os dados de campo e as análises petrográficas dos granitos estudados neste trabalho mostram que há uma grande homogeneidade na composição mineralógica e nos aspectos texturais, fato este evidenciado pelas suas características texturais e suas composições modais, em que no diagrama QAP as amostras do Granito Barrolândia definem uma área restrita no campo do monzogranito (Fig. 5.9) e, igualmente, do Granodiorito Presidente Kennedy definido no campo do monzogranito e o granodiorito (Fig. 5.1). Esta homogeneidade composicional é também evidenciada pelos dados geoquímicos que apresentam pequenas variações dos elementos maiores e traços nos vários diagramas geoquímicos.

Os altos e poucos variáveis valores de SiO_2 (71-73%), Al_2O_3 (~ 15%) e total de álcalis (7-8%), e os baixos valores de $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{Total}}$ (< 2%), TiO_2 (< 0,2) e MgO (< 0,3) reafirmam a natureza monzogranítica e granodiorítica, predominantemente dos corpos Barrolândia e Presidente Kennedy, respectivamente.

Apesar desta homogeneidade composicional se percebe nos diagramas de variação que há um leve alinhamento nos elementos Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{Total}}$, TiO_2 e MgO que possuem correlação negativa com sílica, enquanto o K_2O possui correlação positiva. Isto demonstra que apesar de apresentarem uma relativa homogeneidade, tal fato pode indicar uma pequena diferenciação magmática durante a evolução do magma gerador destas rochas.

Os vários diagramas de classificação geoquímica reforçam a natureza granítica (monzogranito, granodiorito) dos corpos e o seu caráter levemente peraluminoso.

A partir da análise do comportamento desses granitos nos diagramas de discriminação de ambientes tectônicos de Batchelor & Bowden (1985) e Pearce *et al.* (1984) pode-se concluir tratarem-se de corpos de alojamento sin-colisional. Assim, esse magmatismo estaria relacionado à fase final da evolução tectônica do Cinturão Araguaia no final do Neoproterozóico início do Paleozóico, o que é coerente com os dados de campo, petrográficos, geoquímicos e geocronológicos.

7 GEOCROLOGIA Pb-Pb EM ZIRCÃO

7.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são descritas as várias etapas e apresentando os resultados analíticos obtidos no estudo geocronológico através do método de evaporação de Pb em monocristais de zircão objetivando obter as idades de cristalização dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia. Os princípios metodológicos foram baseados nos trabalhos de Faure (1995) e Kober (1986, 1987), e os procedimentos analíticos seguiram as técnicas de rotina do Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) do Instituto de Geociências da UFPA.

Para este estudo foram coletadas duas amostras representativas do Granodiorito Presidente Kennedy (PK-13 e PK-18) e quatro amostras do Granito Barrolândia (BAR-01, BAR-02 BAR-6a e BAR-07), com suas localizações visualizadas nas figuras 4.1 e 4.2.

7.2 PRINCÍPIOS DO MÉTODO DE EVAPORAÇÃO DE Pb EM ZIRCÃO E PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS EMPREGADOS

A evaporação de Pb em monocristais de zircão é um dos principais métodos geocronológicos atualmente utilizados para determinação da idade absoluta de uma rocha. Ele permite a determinação da idade aparente $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ de um cristal de zircão em um espectrômetro de massa de termo-ionização. No Laboratório Pará-Iso as análises isotópicas são realizadas no espectrômetro de massa marca FINNIGAN modelo MAT 262. Os procedimentos analíticos para separação dos cristais de zircão seguiram os métodos tradicionais utilizados em rotina no laboratório, os quais envolveram os seguintes passos:

- Britagem e trituração das amostras no triturador de mandíbulas e posteriormente no moinho de rolo do laboratório de preparação de amostras, nas dimensões adequadas;
- Deslamagem para eliminação da fração argila e secagem em estufa;
- Peneiramento das amostras em conjunto de peneiras de aço com malhas nas frações 0,355; 0,250; 0,180; 0,125 e 0,75 mm;
- Separação das frações dos grãos 0,250, 0,180 e 0,125 mm, considerados as mais apropriadas para concentração de zircão;
- Separação dos minerais pesados dos leves, utilizando um elutriador simples;
- Separação magnética dos minerais, utilizando em um primeiro passo a separação com imã manual e depois com o separador magnético FRANZ, modelo L1, para separar os minerais magnéticos dos não magnéticos;
- Segregação da fração de minerais pesados não-magnéticos através de líquidos pesados (bromofórmio, densidade 2,89 g/ml) para concentração de grãos de zircão;

- Seleção dos cristais de zircão utilizando-se lupa binocular marca ZEISS com aumento de até 60 vezes do Laboratório de Petrografia do PPGG, obedecendo a propriedades mais adequadas para datação, como limpidez, transparência, estrutura e forma dos cristais.

Após todas essas etapas foram selecionados 44 cristais de zircão do Granodiorito Presidente Kennedy e 70 cristais de zircão do Granito Barrolândia. Os grãos de zircão foram depositados em um dos dois filamentos de rênio em formato de “canoas”, consistindo de um filamento de evaporação (onde o zircão é depositado) e outro de deposição do Pb (filamento de ionização) (Kober 1986, 1987). Em seguida, o filamento foi montado no tambor, que por sua vez, foi inserido no espectrômetro de massa. A análise isotópica envolve o aquecimento gradativo do filamento em etapas de 1.450, 1.500 e 1.550 °C onde se encontra o grão de zircão, ocasionando a liberação do Pb de seu retículo cristalino e deposição no filamento de ionização. No fim de cada etapa de aquecimento, o Pb depositado é então analisado, e para cada bloco de 10 razões $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ medidas e corrigidas, é calculada a idade do cristal. Normalmente, a primeira etapa de aquecimento fornece valores menores de idade, pois o Pb analisado provém de porções mais externas do cristal, e não é contabilizado para o cálculo da idade. A partir da temperatura de 1500°C, o Pb analisado é oriundo de zonas mais internas e melhor preservadas do cristal, fornecendo assim, valores de idade mais elevados e próximos da idade real de cristalização do grão. A idade final da amostra é calculada pela média dos resultados obtidos a temperaturas mais altas de todos os cristais analisados.

7.3 RESULTADOS ANALÍTICOS

Os estudos geocronológicos realizados nas quatro amostras do Granito Barrolândia não tiveram respostas isotópicas satisfatórias para o cálculo da idade desta rocha. A justificativa é que os zircões deste granito, apesar de apresentarem todas as características que o método requer (cristais límpidos, sem inclusões, euédricos etc.) eram muito pequenos (~ 0,1mm, Fig. 8.1) e não apresentaram respostas de Pb além de conterem muito Pb comum.

Das duas amostras relacionadas do Granodiorito Presidente Kennedy, a PK-13 foi a que forneceu os melhores resultados para o cálculo da idade da rocha. De um conjunto de 22 cristais de zircão, 12 grãos foram selecionados para análise isotópica, dos quais somente os cristais 4, 5, 15 e 16 forneceram resultados isotópicos satisfatórios. Estes cristais apresentaram cor castanha claro, alguns com bordas escuras, outros bem límpidos e incolores. Possuem hábito prismático bipiramidal, euédricos e subédricos, raramente quebrados ou fraturados e, no geral, isentos de inclusões. Os cristais podem ser observados na Figura 8.1 e os resultados analíticos na Tabela 8.1 e Figura 8.2.

No que se refere à parte analítica, o cristal PK-13/4 formam dois blocos na etapa de 1500 °C, com valores calculados em $543,7 \pm 9,4$ Ma, e na de 1550 °C com idades de $545,1 \pm 13,5$ Ma. Para o cristal PK-13/5 foram obtidos dois blocos de 1450 e 1500 °C com valores das idades de $531,9 \pm 12,4$ e $544,0 \pm 3,6$ Ma, respectivamente. O cristal PK-13/15 forneceram apenas um bloco de 1450 °C com idade de $528,9 \pm 13,2$ Ma. O cristal PK-13/16 forneceu dois blocos de 1500 e 1550 °C com cálculo das idades de $528,9 \pm 5,9$ e $532,6 \pm 7,7$ Ma, respectivamente. O cálculo final envolvendo a média entre as idades dos quatro grãos de zircão analisados forneceu a idade de $539,0 \pm 5,3$ Ma para o Granodiorito Presidente Kennedy (Fig. 8.2).

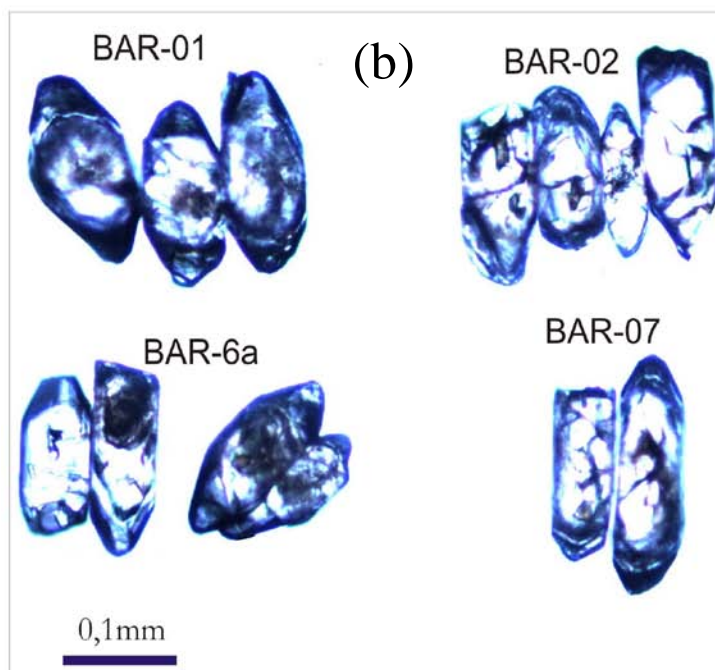
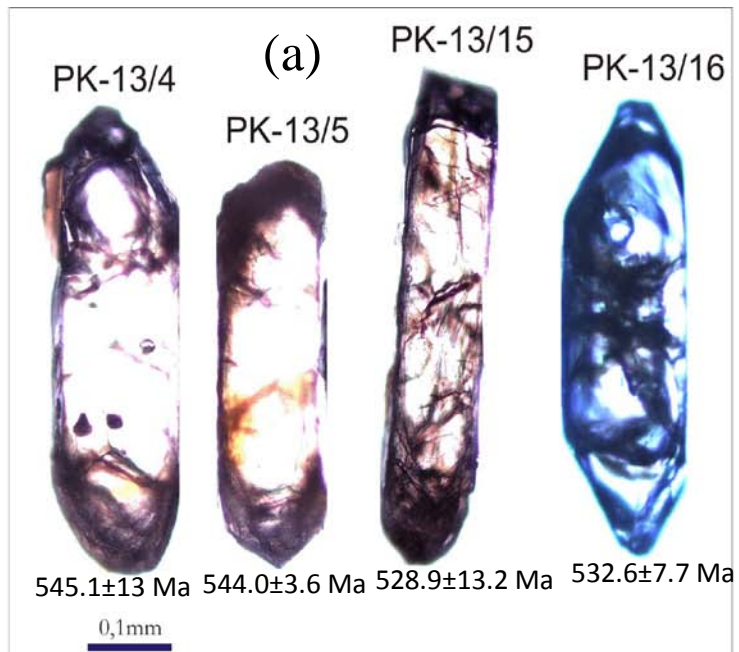


Figura 7.1- Aspectos morfológicos dos cristais de zircão dos granitos Presidente Kennedy (a) e Barrolândia (b), datados neste trabalho, com os valores calculados individualmente.

Tabela 7.1- Resultados analíticos por evaporação de Pb em zircão utilizados para cálculo da idade do Granodiorito Presidente Kennedy.

Zircão	Temp.	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	2σ	
PK13/1	*1450	8/8	0.000223	0.000080	0.12489	0.00304	0.05754	0.00142	512.7	54.2	
PK13/4	1500	36/36	0.000327	0.000007	0.23749	0.00078	0.05836	0.00025	543.7	9.4	
	1550	40/40	0.000327	0.000003	0.23686	0.00110	0.05840	0.00036	545.1	13.5	
PK13/5	1450	18/26	0.000352	0.000014	0.07829	0.00222	0.05805	0.00033	531.9	12.4	
	1500	30/30	0.000071	0.000005	0.12279	0.00048	0.05837	0.00010	544.0	3.6	
PK13/9	*1450	0/14	0.000323	0.000016	0.07182	0.01099	0.06033	0.00133	615.6	47.6	
	*1500	0/8	0.000139	0.000002	0.17107	0.00118	0.09311	0.00033	1490.3	6.7	
PK13/10	*1450	0/24	0.000163	0.000013	0.06985	0.00208	0.05862	0.00048	553.1	17.9	
	*1500	0/34	0.000205	0.000012	0.09273	0.00066	0.06175	0.00077	665.6	26.6	
	*1550	0/38	0.000140	0.000004	0.09012	0.00139	0.06226	0.00016	683.3	5.5	
PK13/12	*1500	0/36	0.000185	0.000014	0.09214	0.00242	0.05965	0.00065	591.0	23.8	
PK13/13	*1500	8/8	0.000166	0.000006	0.01645	0.00310	0.05724	0.00144	501.1	55.3	
PK13/15	1450	8/8	0.000102	0.000022	0.02614	0.00421	0.05797	0.00035	528.9	13.2	
PK13/16	1500	24/24	0.000100	0.000023	0.12093	0.00069	0.05800	0.00016	529.9	5.9	
	1550	30/30	0.000107	0.000008	0.12087	0.00114	0.05807	0.00020	532.6	7.7	
PK13/17	*1500	0/14	0.000271	0.000016	0.06965	0.00440	0.07195	0.00062	984.9	17.7	
PK13/18	*1450	0/4	0.000057	0.000022	0.07026	0.00398	0.05942	0.00074	582.6	26.9	
	*1500	22/22	0.000247	0.000034	0.07439	0.00180	0.05890	0.00105	563.7	38.7	
PK13/19	#1450	0/8	0.000845	0.000034	0.00000	0.00000	0.05106	0.00105	243.8	47.3	
	*1500	0/6	0.000165	0.000014	0.03280	0.00246	0.06172	0.00047	664.7	16.2	
	*1550	0/8	0.000318	0.000162	0.14049	0.01871	0.10156	0.00775	1653.0	141.5	
224/388									Idade Média =	539.0	5.3

(c) razão $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 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

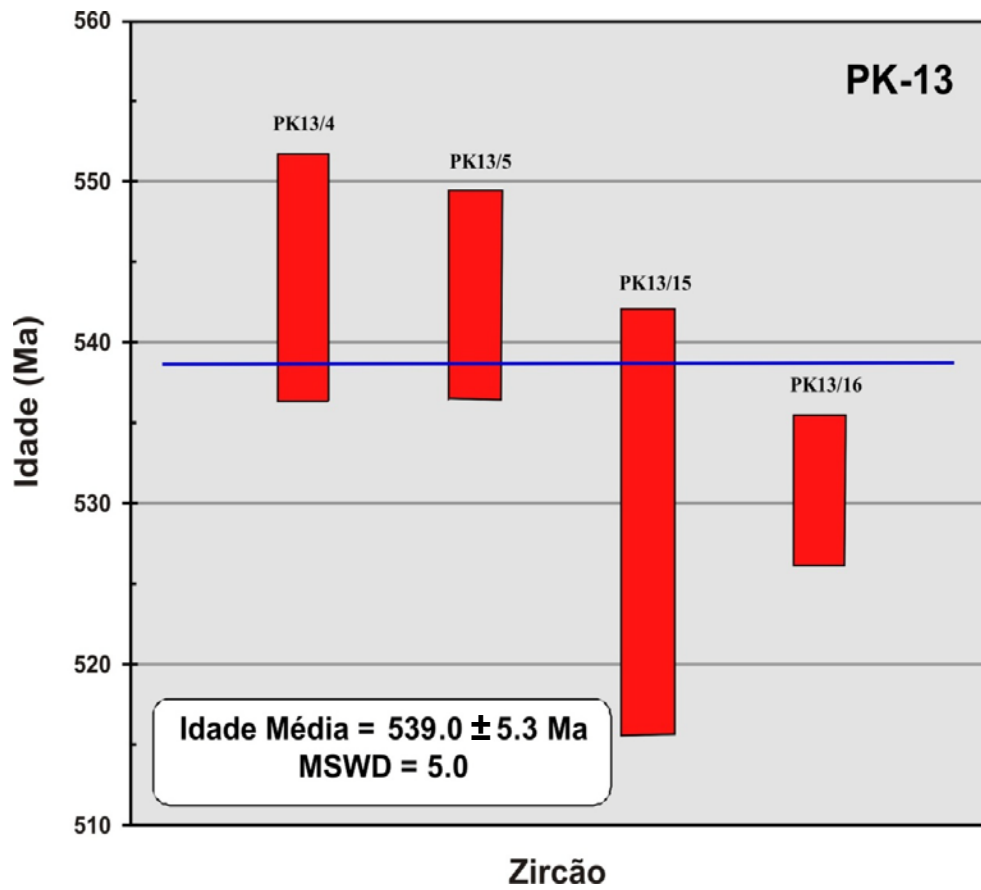


Figura 7.2- Diagrama isotópico Pb-Pb dos cristais de zircão analisados, com o resultado do cálculo da idade média de cristalização do Granodiorito Presidente Kennedy.

8 SISTEMÁTICA Sm-Nd

8.1 INTRODUÇÃO

O método Sm-Nd (rocha total) foi aplicado em duas amostras do Granodiorito Presidente Kennedy (PK-13 e PK-18) e em quatro amostras do Granito Barrolândia (BAR-01, BAR-02, BAR-06a e BAR-07). As idades T_{DM} foram calculadas conforme o modelo de manto empobrecido proposto por De Paolo (1981), e as análises seguiram as técnicas de rotinas do laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) do instituto de Geociências da UFPA, e os resultados são apresentados na Tabela 8.1 e Figura 8.1.

8.2 CONDIÇÕES ANALÍTICAS

As amostras, previamente pulverizadas, foram levadas à abertura por via úmida com HF e HNO₃ em forno de microondas. Em seguida, foi realizada a separação química em duas etapas, utilizando-se colunas de cromatografia de troca iônica. Na primeira coluna é feita a separação dos elementos terras raras dos demais elementos maiores. Na segunda coluna é feita a separação de Sm e Nd dos elementos terras raras. A análise foi realizada no espectrômetro de massa marca FINNIGAN modelo MAT 262, sendo que o depósito de Nd é feito em filamento de Ta e o de Sm em filamento de Re. Na análise química é empregado um arranjo de filamento duplo, constituído de um filamento de evaporação, onde é feito o depósito de Sm ou Nd, e um filamento de ionização. As razões isotópicas medidas do Nd são corrigidas para o fracionamento de massa utilizando como parâmetro de normalização a razão $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,7219$. Os cálculos das idades-modelo foram feitos com base na curva de evolução do manto empobrecido de De Paolo (1981).

8.3 RESULTADOS ANALÍTICOS

A idade modelo obtida para a amostra PK-13 do Granodiorito Presidente Kennedy foi de 2,13 Ga, com valor de $\epsilon_{\text{Nd}(550 \text{ Ma})} -17,58$, razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ de 0,12005 e o f Sm/Nd de -0,39. Para a amostra PK-18 a idade modelo foi de 2,17 Ga, com valores de $\epsilon_{\text{Nd}(550 \text{ Ma})} -24,31$, razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ de 0,09756 e o f Sm/Nd de -0,504.

Para a amostra BAR-01 do Granito Barrolândia a idade modelo foi de 3,30 Ga, com valores de $\epsilon_{\text{Nd}(550 \text{ Ma})} -18,75$, razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ de 0,14906 e o f Sm/Nd é de -0,242. A amostra BAR-06a com idade modelo 2,11 Ga, razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ de 0,11645 e o f Sm/Nd é de -0,408. A idade modelo para a amostra BAR-07 foi de 1,39 Ga, com valor de $\epsilon_{\text{Nd}(550 \text{ Ma})} -11,90$, razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ de 0,10260 e o f Sm/Nd é de -0,478. A amostra BAR-02 não forneceu resposta isotópica satisfatória para o cálculo da idade modelo.

A distribuição das amostras dos granitos estudados é mostrada na Figura 8.1 e os dados analíticos gerados pelo método Sm/Nd estão representados na Tabela 8.1.

Esses resultados indicam que extração desses granitos foi de substratos de crosta antiga do Paleoproterozóico.

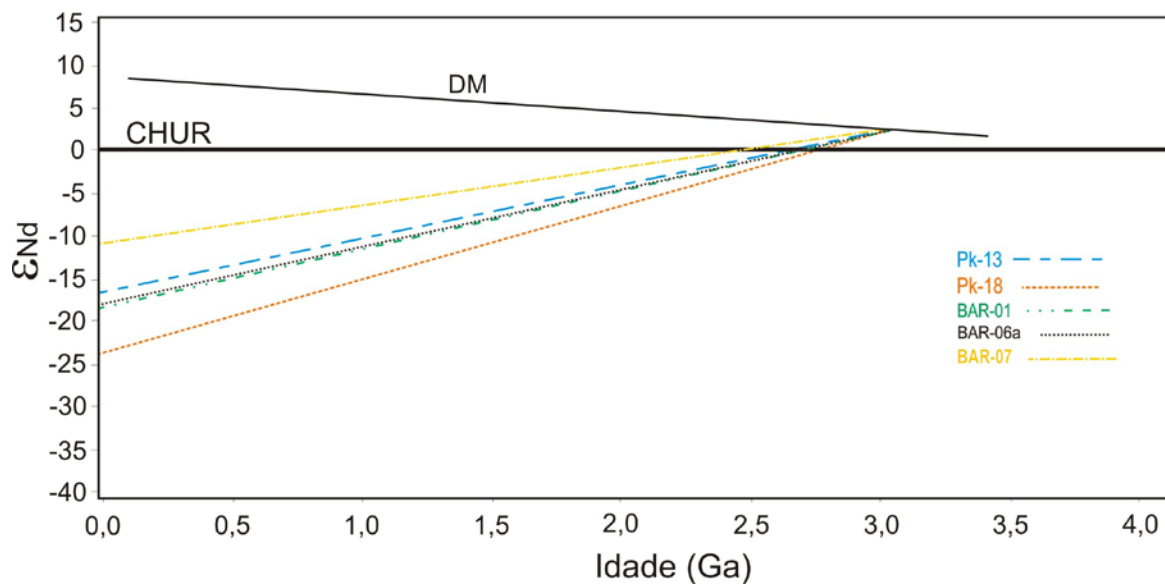


Figura 8.1- Diagrama de evolução representando as idades modelos T_{DM} dos plutons estudados. A curva do Manto Empobrecido (DM) segue o modelo de De Paolo (1981).

Tabela 8.1- Dados analíticos Sm-Nd das amostras dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia com cálculos da idade T_{DM} .

Amostras	Sm	Nd	Sm/ Nd	f Sm/ Nd	$^{147}\text{Sm}/$ ^{144}Nd	$^{143}\text{Nd}/$ ^{144}Nd	$\varepsilon(0)$	$\varepsilon(t)$	T chur	TDM (Ga)	TDM Estágio duplo
				CHUR=	0,1967	0,512638		5,50E+08		De Paolo	
				CHUR (t)		0,000000					
PK-13	2,14	10,74	0,199	-0,390	0,12005	0,511737	-17,58	-12,20	2,54E+11	2,13	
PK-18	1,07	6,65	0,161	-0,504	0,09756	0,511392	-24,31	-17,36	2,80E+11	2,17	
BAR-01	1,34	5,43	0,247	-0,242	0,14906	0,511677	-18,75	-15,42	2,28E+11	3,30	2,24
BAR-06A	1,88	9,76	0,193	-0,408	0,11645	0,511696	-18,38	-12,75	2,58E+11	2,11	
BAR-07	2,37	13,98	0,170	-0,478	0,10260	0,512028	-11,90	-5,00	2,74E+11	1,39	

9 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DE GEOLOGIA ISOTÓPICA

O resultado do estudo geocronológico no Granodiorito Presidente Kennedy, através do método de evaporação de Pb em zircão, permitiu a obtenção da idade média de aproximadamente 540 Ma, considerada idade mínima para a formação dos cristais de zircão e deve representar a idade de cristalização do Granodiorito Presidente Kennedy, permitindo posicioná-lo no final do Neoproterozóico- início do Paleozóico.

Datações anteriores, também realizadas pelo método de evaporação de Pb em zircão, revelaram idades um pouco mais antigas, entre 550 e 560 Ma para o Granito Santa Luzia (Moura & Sousa 2002), e idade de 549 ± 5 Ma para o Granito Ramal do Lontra (Alves 2006). Estudos mais recentes pelo método SHRIMP (Sensitive High Resolution Micro-Probe) em cristais de zircão no Granito Santa Luzia (Moura & Macambira 2008) revelaram idade mais nova (528 ± 5 Ma) obtida em uma borda de zircão e interpretada como sobrecrescimento metamórfico.

O plúton Presidente Kennedy dista, aproximadamente 200 km a sul e 300 km a norte da área de ocorrência dos granitos Santa Luzia e Ramal do Lontra, respectivamente, e a idade obtida neste trabalho é muito próxima aos valores das duas outras idades, o que permite a correlação temporal entre os vários corpos graníticos citados. Se considerarmos ainda outras semelhanças, tais como situação geológica de campo, dados petrográficos e litoquímica verifica-se que são fortes os indícios que apontam para uma correlação comagmática entre esses vários plutons, e talvez uma cogeneticidade.

As idades obtidas pelo método K-Ar em biotita de micaxistos (553 ± 16 Ma) e em hornblenda de anfibolitos (565 ± 20 Ma), além da datação Rb-Sr em rocha total com valor de 590 ± 19 Ma (Macambira 1983), todas obtidas em rochas do Grupo Estrondo na região de Xambioá, são interpretadas como idades mínimas para o processo metamórfico do CA e coincidem, dentro dos intervalos dos erros analíticos, com as idades obtidas nos granitos Presidente Kennedy, Santa Luzia e Ramal do Lontra, demonstrando clara correlação cronológica para os vários plutons deste evento magmático que, supostamente, coincide com a idade do metamorfismo do Cinturão Araguaia.

Comparando-se ainda as idades dos granitos do Cinturão Araguaia com a dos granitos do Neoproterozóico da Suíte Lajeado (Gorayeb & Moura 2006), presentes nos terrenos gnáissico (Complexo Rio dos Mangues) e granulíticos do Paleoproterozóico (Complexo Porto Nacional) do embasamento a sul-sudeste do mesmo (Maciço de Goiás), percebe-se que as idades são muito semelhantes, apesar de situarem-se em outro contexto geotectônico. Assim as idades de 546 ± 6 Ma, 548 ± 5 Ma e 552 ± 4 Ma obtidas para os granitos Lajeado, Palmas e

Matança, respectivamente (Gorayeb *et al.* 2001, Chaves 2003) são similares e correlacionáveis com os do CA, pelo menos cronologicamente.

Como foi discutido no Capítulo 6 as características geoquímicas dos granitos Presidente Kennedy e Barrolândia não são compatíveis com fontes geradas a partir de rochas metassedimentares do Cinturão Araguaia, o que descarta a possibilidade de tratarem-se de granitos tipo S (Chappel & White 1974), o que vem reforçar a proposta da origem desses granitos a partir da fusão dos gnaisses do embasamento. Porém, a presença de zircões herdados de idades Arqueanas e Mesoproterozóicas, identificados também em rochas supracrustais do Cinturão Araguaia (Teixeira & Moura 2001, Moura *et al.* 2005, Pinheiro 2005, Pinheiro *et al.* 2011) não descartam a possibilidade de geração desses granitos por fusão de xistos de composição quartzo-feldspática do Grupo Estrondo.

Com os questionamentos sobre a origem magmática dos plutons estudados em aberto, foi aplicado o estudo isotópico pelo método Sm-Nd em rocha total sobretudo para determinação do tempo de residência crustal das rochas analisadas baseado em idades modelo, que pode ser reflexo do tempo de diferenciação crosta-manto ou, simplesmente, do tempo de geração de crosta, de acordo com a teoria do método Sm-Nd. Estas informações são fundamentais para o entendimento da origem, evolução e relação entre os granitos Presidente Kennedy e Barrolândia no Cinturão Araguaia.

As idades modelos obtidas pela análise isotópica dos granitos encontram-se dentro do intervalo aceitável para um sistema de fracionamento Sm-Nd, com razões $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ entre 0,09 e 0,12, conforme sugerido por Sato & Tassinari (1997). Porém, a amostra BAR-01 apresentou idade modelo fora dos valores médios das outras amostras analisadas e o fator de fracionamento situa-se fora dos limites de intervalos propostos pelos autores, neste contexto a idade modelo de estágio único de Nd poderá não ter significado geológico específico. No entanto, o modelo de evolução em estágio duplo proposto pelos autores poderá minimizar erros ocasionados por problemas de fracionamento na obtenção da idade modelo. Com base em modelo matemático desenvolvido para evolução em estágio duplo obteve-se a idade T_{DM} de 2,24 para amostra BAR-01, que neste caso está em conformidade com as demais idades do Paleoproterozóico obtidas no estudo.

A partir da análise das idades de cristalização das rochas e idades modelos que apresentaram valores de 2,11 Ga e 1,39 Ga para o Granodiorito Presidente Kennedy e idades modelo entre 2,13 e 2,24 Ga (estágio duplo), para o Granito Barrolândia, associado aos valores de ϵ_{Nd} negativos, pode-se concluir que esses granitos formaram-se a partir de fonte crustal, gerada pela fusão de rochas do Paleoproterozóico, provavelmente dos ortognaisses do

Complexo Rio dos Mangues, que corresponde ao substrato do Cinturão Araguaia, aflorante na região de Paraíso do Tocantins a sul da área de estudo.

A análise integrada dos dados de campo, petrográficos, geoquímicos e isotópicos, permite interpretar a formação destes granitos como relacionada ao metamorfismo regional do Cinturão Araguaia, cujas feições indicam alojamento sin-tardi-tectônico. A geração destes granitos estaria relacionada a processos de anatexia crustal em níveis mais profundos na crosta, propiciando a agregação de líquidos graníticos, a ascensão e o alojamento desses magmas sincrônicos à tectônica principal do Cinturão Araguaia.

10 ESTUDO COMPARATIVO COM OUTROS GRANITOS DO CINTURÃO ARAGUAIA

O magmatismo granítico identificado no Cinturão Araguaia (CA) não é de grande expressão, pelo menos no nível crustal de exposição em que se encontra hoje. Ele é representado por alguns corpos de dimensões relativamente menor, dentre os quais se destacam o Granodiorito Presidente Kennedy (GPK) e o Granito Barrolândia (GBR), além dos granitos Ramal do Lontra (GRL) e Santa Luzia (GSL). Apesar da restrita ocorrência desses corpos, esse magmatismo granítico tem grande importância para o entendimento da evolução do Cinturão Araguaia, pois de acordo com os dados da literatura, marcaria o ápice do metamorfismo regional que afetou a região no final do Neoproterozóico.

No que se refere aos aspectos petrográficos, o GSL e o GRL são muito semelhantes aos granitos estudados neste trabalho, sendo todos constituídos basicamente por monzogranitos e granodioritos com presença de biotita e muscovita, seus principais minerais varietais.

O GSL e GPK apresentam, no entanto, pequenas variações na quantidade de plagioclásio e K-feldspato modal, ocupando um campo mais amplo no diagrama QAP (Fig. 10.1), enquanto que o GRL e GBR apresentam um campo mais restrito, com as amostras plotando bem próximas ao limite dos campos monzogranito-granodiorito. Apesar disso a análise integrada dessas rochas no diagrama QAP revela superposição composicional entre elas.

Os teores de anortita no plagioclásio nesses granitos são bem próximos e geralmente se superpõe, sendo que no GSL e no GPK a variação nesses teores é levemente maior (An_{12-25} e An_{23-29} , respectivamente), enquanto no GBR e no GRL o teor de anortita situa-se entre An_{11-16} e An_{15-20} , respectivamente. Esses valores indicam que o plagioclásio nesses granitos é um oligoclásio com variações sódicas e cálcicas.

Também nos aspectos texturais/microestruturais há semelhança em vários pontos com a presença de foliação penetrativa, textura granoblástica poligonal, feições de estiramento e orientação de minerais, além de preservação da textura magmática granular hipidiomórfica original.

Do ponto de vista geoquímico, considerando-se os elementos maiores, esses quatro corpos são muito similares, apresentando, porém pequenas diferenças. No geral, os granitos possuem teores de SiO_2 entre 71 e 74 %. O Al_2O_3 mostra comportamento semelhante ao da SiO_2 , possuindo valores relativamente elevados, porém apresentando pequenas variações. Os teores de álcalis são levemente maiores no GRL e no GPK (Fig. 10.2, Tab. 10.1), o que provavelmente reflete na relação A/CNK e torna esses dois granitos levemente menos

peraluminosos que o GBR e GSL, já que os teores de Al_2O_3 são muito semelhantes nestes granitos. Os teores de MgO , TiO_2 , $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{Total}}$ e CaO são no geral baixos com pequenas variações nesses granitos (Fig. 10.2, Tabs. 6.1, 10.1), o que indica tratar-se de magmas pouco fracionados e refletindo a natureza granítica a leuco a hololeucocrática dos mesmos.

Apesar dos valores desses óxidos serem muito próximos nesses granitos, o GSL apresenta valores levemente menores de MgO , TiO_2 , P_2O_5 e CaO e nos diagramas de Harker (Fig. 10.2) apesar da pequena variação dos óxidos, as amostras plotam aleatoriamente sem definir *trend* preferencial.

Em relação aos elementos-traço, observa-se que os teores de Rb nesses quatro corpos são baixos e não ultrapassam 160 ppm, sendo levemente mais enriquecidos no GSL (Tabelas 6.1 e 10.1). No entanto, os teores de Sr são bem mais elevados no GRL, variando entre 610 e 647 ppm, enquanto que nos demais granitos não ultrapassa 350 ppm. Os teores de Zr são próximos no GSL e GBR, variando de 80 a 160 ppm, enquanto o GPK possui valores entre 95 e 176 ppm, e o GRL variando de 54 a 124 ppm.

As razões K/Rb são bem mais elevadas no GPK, GBR e no GRL onde os valores variam entre 270 e 350, enquanto no GSL os valores variam entre 140 e 210 (Tabs 6.1 e 10.1). Já a razão Rb/Sr apresenta valores mais baixos no GPK, GBR e GRL, variando de 0,16 a 0,43, enquanto no GSL as razões são mais elevadas, variando de 0,45 a 1,4.

No diagrama de La Roche et al. (1980) (Fig. 10.3a) as amostras desses granitos caem principalmente no campo do monzogranito, variando para próximo do limite com o campo do granodiorito, o que está de acordo com os dados petrográficos. Enquanto isso, no diagrama de Manniar & Picolli (1989) (Fig. 10.3b) as amostras dos três granitos mostram caráter levemente peraluminoso e no diagrama de Debon & Le Fort (1983) (Fig. 10.4a) as amostras do GPK, GBR e GRL caem nos campos I e II (Muscovita ou muscovita > biotita e/ou biotita > muscovita) e no campo dos leucogranitos, enquanto as amostras do Granito Santa Luzia possuem uma variação maior, passando pelos campos I, II e III.

Nos diagramas de discriminação de ambiente tectônico de Batchelor & Bowden (1985) (Fig.10.4b) as amostras caem claramente no campo Sin-colisional, e nos diagramas de Pearce *et al.* (1984) (Figs. 10.5 a, b) as amostras plotam no campo sin-colisional com algumas amostras projetando-se no campo de granitos de arco vulcânico.

Em relação aos estudos geocronológicos realizados pelo método de evaporação de Pb em zircão do GRL (Alves 2006) e para o GSL (Moura & Sousa 2002) percebe-se que são muito semelhantes aos resultados dos estudos geocronológicos do GPK.

De acordo com as semelhanças petrográficas, geoquímicas e geocronológicas descritas acima, comparativamente entre os corpos graníticos do limite Paleozóico- Neoproterozóico do

CA, conclui-se que os mesmos são perfeitamente correlacionáveis cronologicamente e petrologicamente, e apresentam características de granitos de posicionamento sin-tarditectônico, e definem um importante evento magmático de natureza granítica o qual pode ser relacionado à fase principal do metamorfismo do CA.

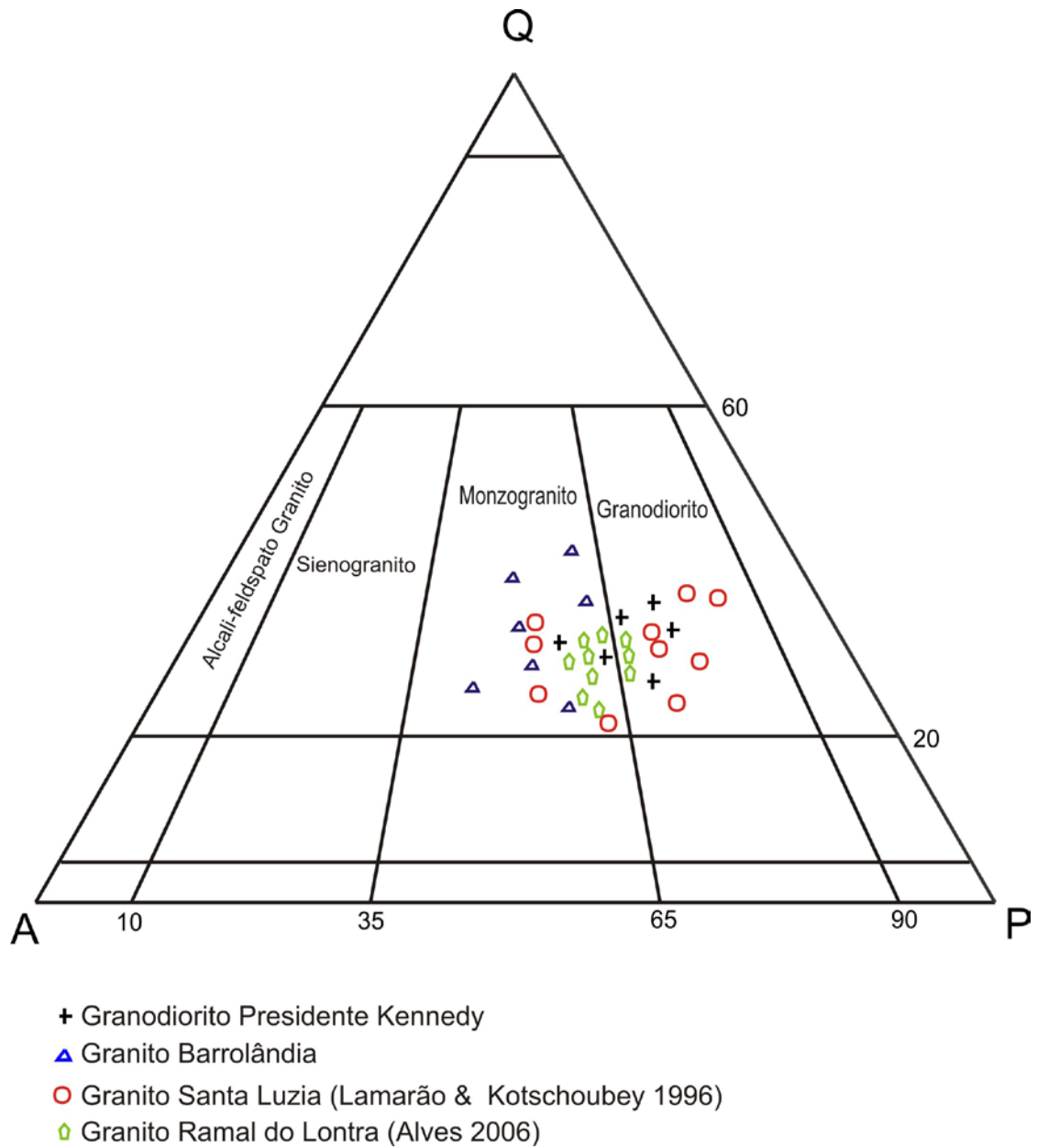


Figura 10.1- Diagrama modal QAP de Streckeisen (1976) onde estão plotadas as amostras dos granitos Presidente Kennedy, Barrolândia, Santa Luzia e Ramal do Lontra.

Tabela 10.1- Composição química de outros plutons graníticos do Cinturão Araguaia (elementos maiores % em peso; traços em ppm)

	Granodiorito Presidente Kennedy*		Granito Santa Luzia**			Granito Ramal do Lontra***		
	Corpo 1	Corpo 2	CL- 32	CL38	CL- 21	RL-36	RL-34	RL-56
SiO ₂	71,96	73,64	73,28	73,34	73,77	73,88	73,96	74,29
Al ₂ O ₃	14,47	15,18	15,00	14,6	14,7	14,5	14,54	14,48
K ₂ O	3,43	3,32	3,63	3,4	3,95	3,66	4,12	4,23
Na ₂ O	5,18	5,15	3,85	4,04	3,6	4,57	4,41	4,42
CaO	1,64	1,21	1,33	1,64	1,63	1,29	1,44	1,54
Fe ₂ O	0,92	0,75	1,04	2,03	2,41	2,24	3,3	2,15
MgO	0,49	0,37	0,34	0,35	0,37	0,26	0,26	0,35
TiO ₂	0,14	0,19	0,2	0,17	0,13	0,15	0,16	0,15
P ₂ O ₅	0,1	0,06	0,02	0,01	0,1	0,05	0,05	0,05
MnO	0,03	0,04				0,01	0,02	0,01
H ₂ O+			0,94	0,62	1			
H ₂ O-			0,08	0,06	0,05			
Ba						827	833	988
Rb	99	103	102	109	157	97	96	103
Sr	554	357	164	224	114	622	610	647
Zr	95	176	122	160	58	54	122	124
Nb	< 6,0	9	5	5	13			
Ta			1,0	0,6	1,2	0,7	1,4	0,6
Yb			0,7	1,2	0,9	1,2	0,6	0,8
Y	< 4	7	10	9	7			
Rb/Sr	0,18	0,29	0,62	0,45	1,38	0,16	0,16	0,16
K/Rb	288	267	214	138	209	272	294	277

* Bulhões & Dall' Agnol (1985); ** Lamarão & Kotschoubey (1996); *** Alves (2006)

Obs.: As análises do Granodiorito Presidente Kennedy representam médias.

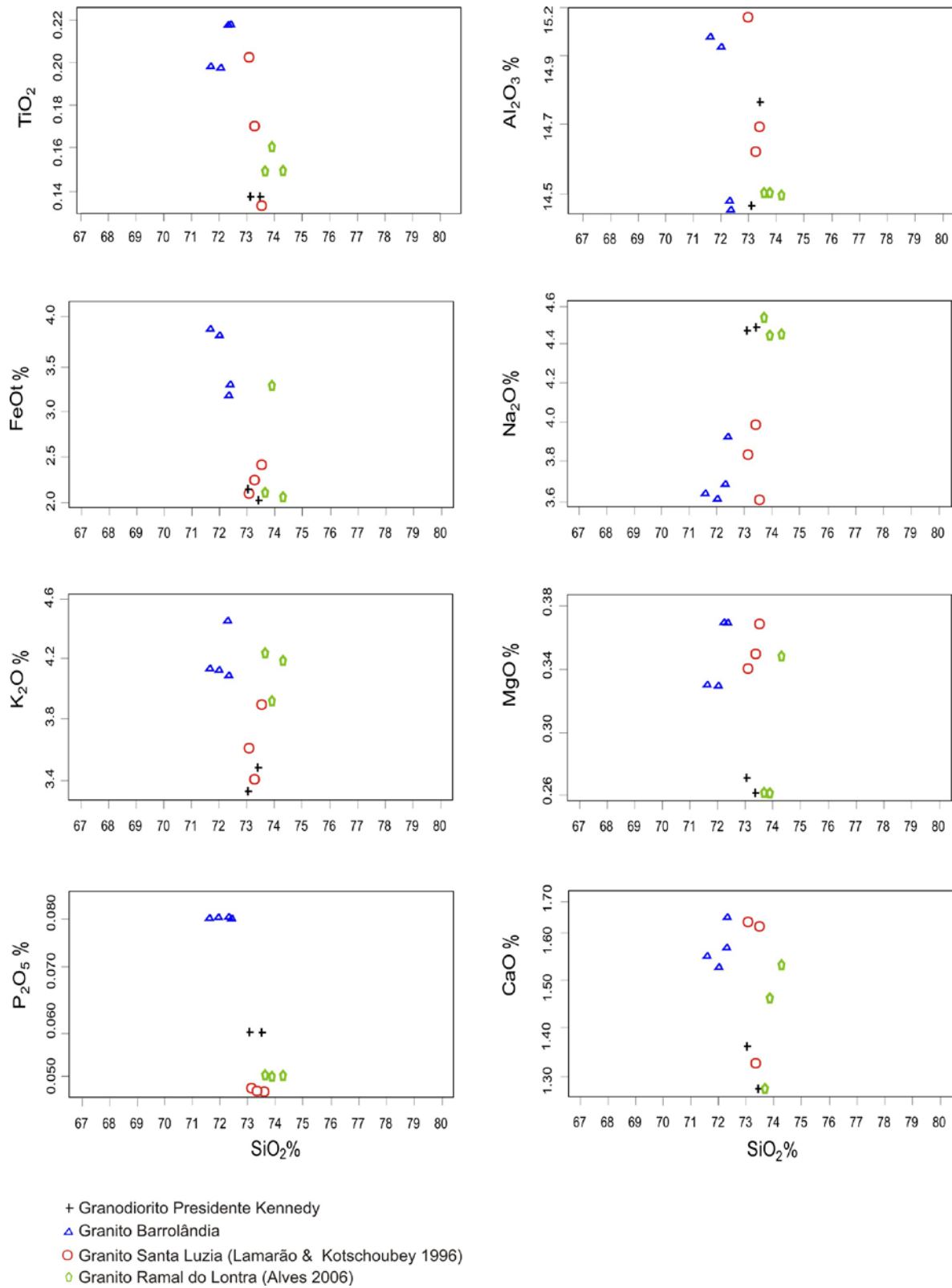


Figura 10.2- Diagrama de variação de óxidos versus SiO₂ para os granitos Presidente Kennedy, Barrolândia, Santa Luzia e Ramal do Lontra.

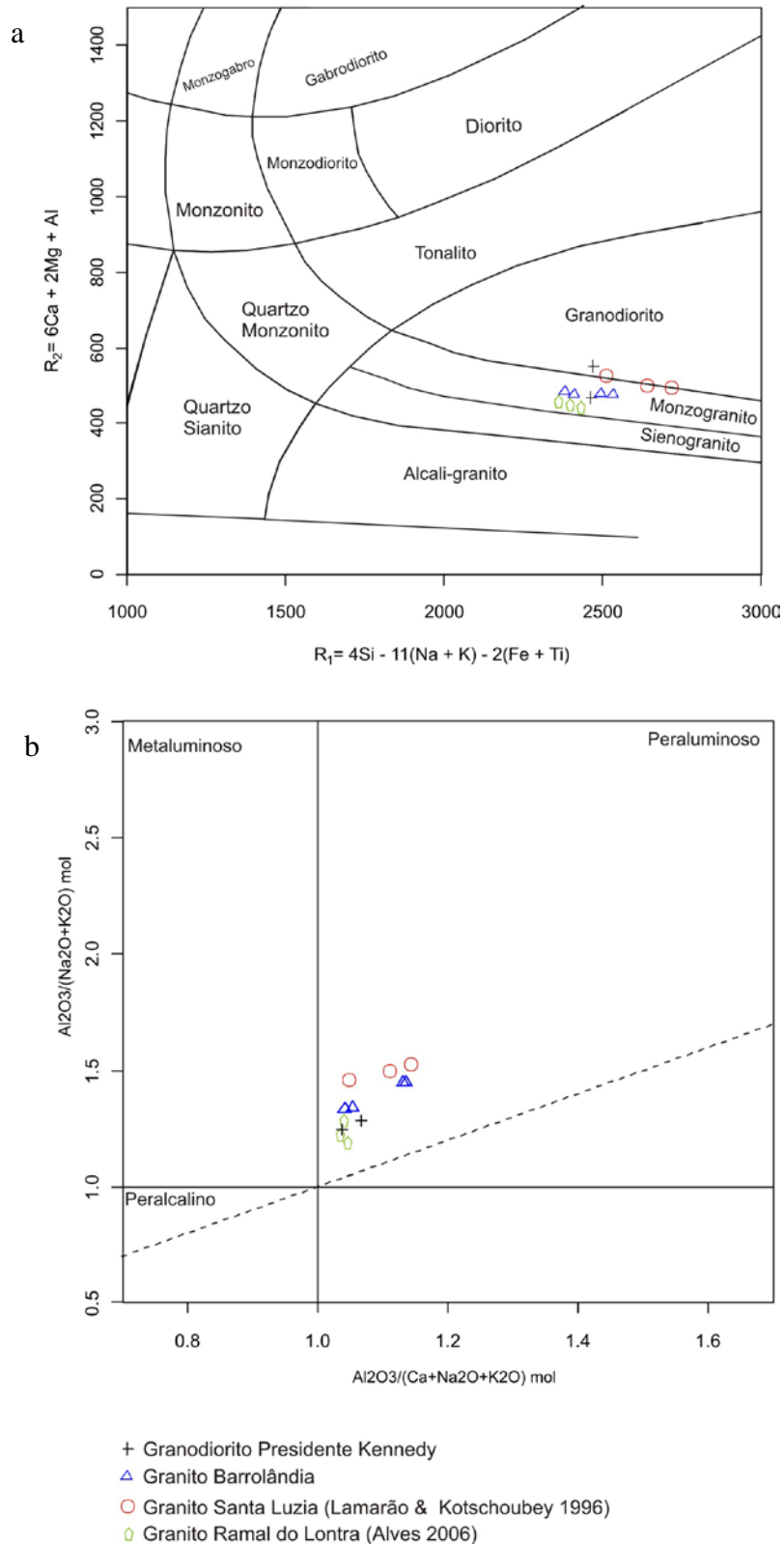


Figura 10.3- Diagrama de classificação geoquímica: (a) Diagrama R1-R2 de La Roche *et al.* (1980); (b) Diagrama A/NK x A/CNK de Maniar & Piccoli (1989) onde é plotado o índice de Shand.

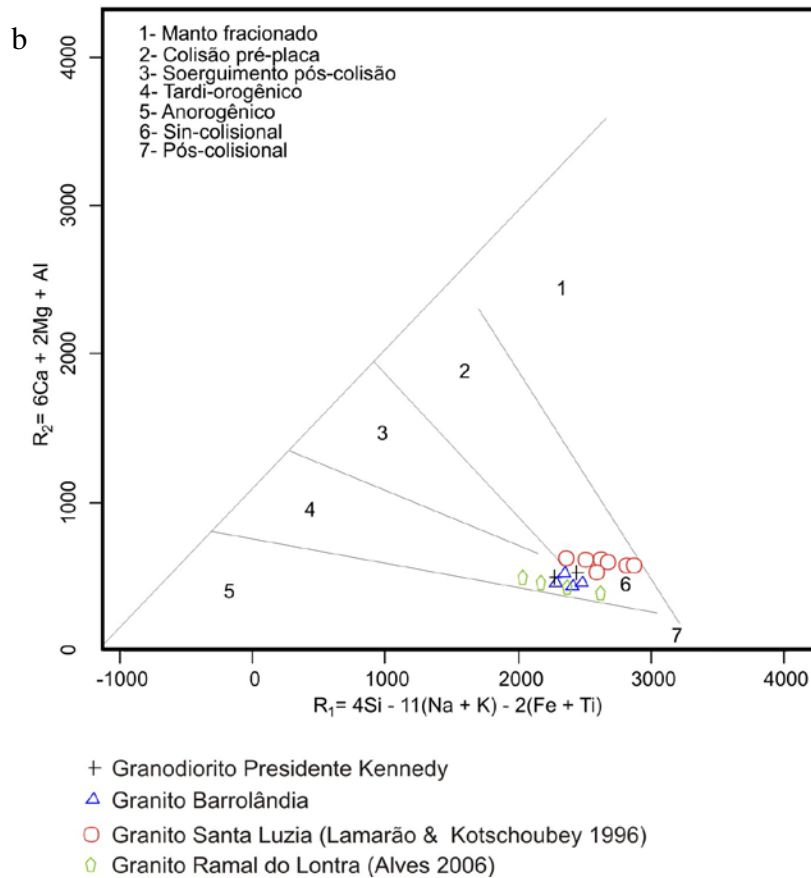
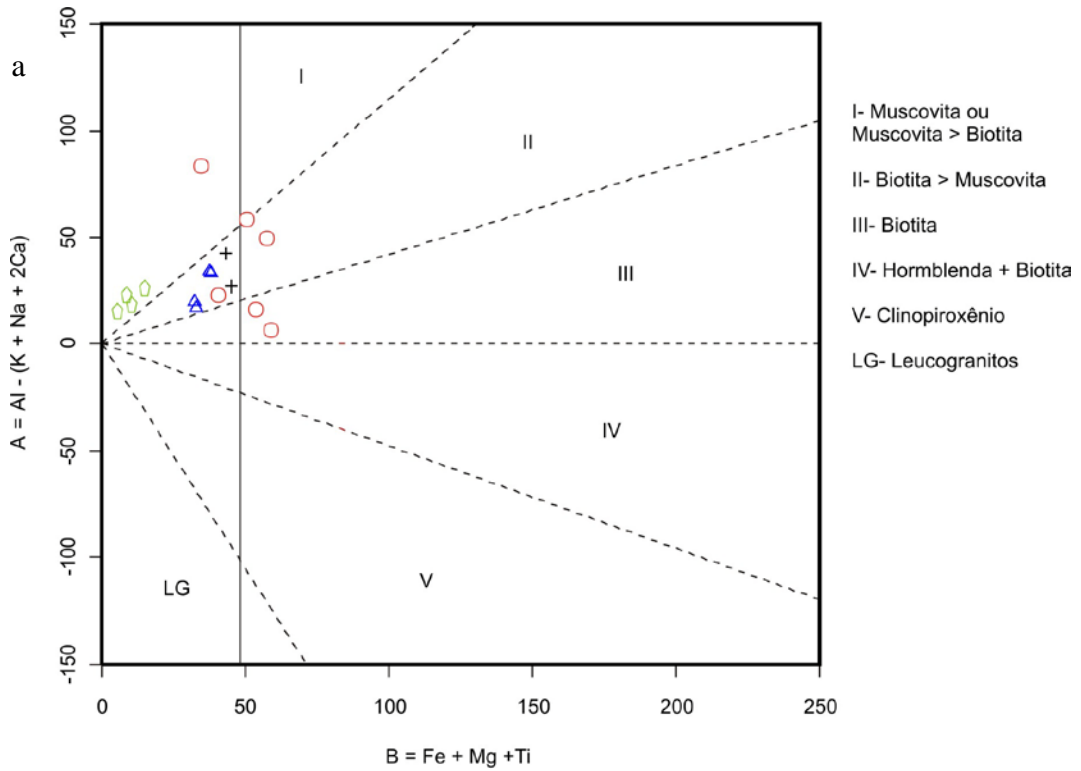


Figura 10.4- Diagrama (a) A x B de Debon & Le Fort (1983); (b) Diagrama R1-R2 de La Roche *et al.* (1980) com os campos de ambiente tectônicos de Batchelor & Bowden (1985).

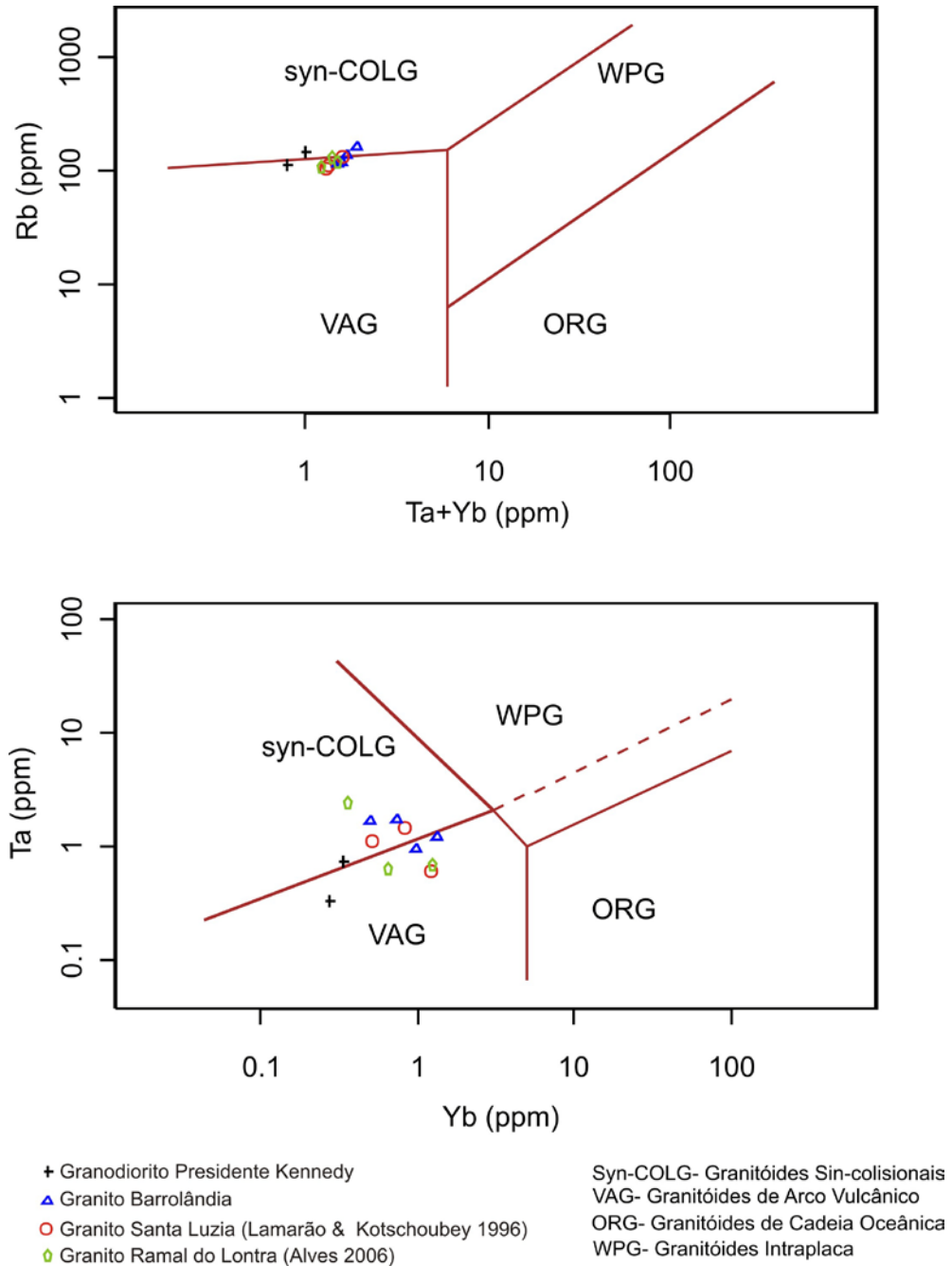


Figura 10.5- Diagrama de classificação de ambientes tectônicos de granitoides de Pearce *et al.* (1984) com amostras dos granitos Presidente Kennedy, Barrolândia, Santa Luzia e Ramal do Lontra. (a) Rb x Ta + Yb e (b) Ta x Yb.

11 CONCLUSÕES

As informações obtidas neste trabalho se basearam em estudos de campo, petrográficos, geoquímicos e geocronológicos dos plutons graníticos Presidente Kennedy e Barrolândia, procurando correlacioná-los aos outros corpos graníticos estudos já existentes no Cinturão Araguaia. A integração e interpretação dos dados permitiram as seguintes considerações:

- a) O mapeamento geológico, auxiliado pela interpretação de imagens de satélite, permitiu a melhoria da cartografia do Granodiorito Presidente Kennedy, indicando tratar-se de um *stock* com forma elíptica de 16 km de eixo maior e 12 km de eixo menor, que se encontra encaixado em biotita xistos da Formação Xambioá. O mapeamento também revelou a existência de dois corpos graníticos na região de Barrolândia-TO, denominado neste trabalho de Granito Barrolândia. Os plútons graníticos possuem formas de *stock* levemente ovalado de aproximadamente 7 km² cada corpo;
- b) O estudo petrográfico demonstrou que o Granodiorito Presidente Kennedy é formado essencialmente por litotipos de composição granodiorítica e monzogranítica e, de acordo com seus minerais varietais foram classificados como muscovita-biotita granodiorito e muscovita-biotita monzogranito. O Granito Barrolândia é constituído essencialmente por monzogranitos e a análise dos componentes varietais da rocha permitiu classificá-lo como muscovita-biotita monzogranito;
- c) Os dados geoquímicos mostraram grande homogeneidade composicional dos granitos estudados, principalmente em relação aos elementos maiores, apresentando elevados valores de SiO₂, Al₂O₃, K₂O e Na₂O, e baixos valores de Fetotal, MgO, TiO₂ e P₂O₅ que, através dos diagramas de classificação geoquímica indicam a natureza leucogranítica e o caráter levemente peraluminoso. Em relação aos elementos-traço observou-se que há pequenas variações composicionais, sugerindo representar um leve processo de diferenciação magmática nessas rochas. Nos diagramas geoquímicos de discriminação de ambientes tectônicos esses plutons incidem no limite entre os campos de granitos sin-colisionais e de arco vulcânico.
- d) Os estudos geocronológicos realizados pelo método de evaporação de Pb em zircão resultaram na idade média de 539,0 ±5,3 Ma, a qual é considerada representar a idade mínima de cristalização do Granodiorito Presidente Kennedy, permitindo assim posicioná-lo no final do Neoproterozóico início do Paleozóico. Comparando-se esta idade com aquelas obtidas para os granitos Santa Luzia e Ramal do Lontra percebe-se que são muito próximas e coincidentes com as idades sugeridas para o metamorfismo

do Cinturão Araguaia. Os estudos geocronológicos realizado nas amostras do Granito Barrolândia não tiveram respostas isotópicas satisfatórias para o cálculo da idade deste pluton, mas pelas semelhanças com o Granodiorito Presidente Kennedy podemos relacioná-lo ao mesmo evento de formação;

- e) O estudo isotópico pelo método Sm-Nd para o cálculo de idade modelo forneceram idades de 2,11 e 2,24 Ga para o Granito Barrolândia, e 2,13 e 2,17 Ga para o Granodiorito Presidente Kennedy e valores ϵ_{Nd} negativos indicando que esses granitos foram provenientes de fonte crustal gerada a partir da fusão de uma crosta antiga Paleoproterozóica. Avaliando o contexto geológico da região uma unidade a ser considerada como fonte de geração desses granitos seria o Complexo Rio dos Mangues que aflora a sul da área;
- f) Os estudos comparativos dos granitos estudados com os demais granitos do Cinturão Araguaia revelam semelhanças do ponto de vista petrográfico, geoquímico e geocronológico, indicando tratar-se de um evento de granitogênese cronocorrelato e possivelmente, cogenético relacionado à fase principal das tectônica e do metamorfismo do Cinturão Araguaia, no final do Neoproterozóico/início do Paleozóico;
- g) Considerando o contexto geológico da área e integrando-se aos dados de campo, petrográficos, geoquímicos e geocronológicos, admite-se a formação do Granodiorito Presidente Kennedy e Granito Barrolândia como relacionados ao processo de anatexia crustal de uma fonte do embasamento do Cinturão Araguaia, supostamente os ortognaisses do Complexo Rio dos Mangues. É sugestivo que a geração destes granitos, reforçado pelos estudos isotópicos (idades T_{DM}) estaria relacionada a processos de anatexia crustal em níveis mais profundos na crosta, propiciando a geração de líquidos graníticos, a ascensão e o alojamento desses magmas sincrônicos à tectônica principal do Cinturão Araguaia.

REFERÊNCIAS

- Abreu, F. A. M. 1978 Estratigrafia e evolução crustal do segmento setentrional da Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia. Dissertação (Mestrado). Belém. UFPA. 75 p.
- Abreu, F.A.M., Gorayeb, P.S.S., Hasui, Y. 1994. Tectônica e inversão metamórfica no Cinturão Araguaia. Simpósio de Geologia da Amazônia, 4, Anais, Belém SBG-NO, p.1-4.
- Alves, C.L.A. 2006. Petrografia, geoquímica e geocronologia do Granito Ramal do Lontra e sua relação com a tectônica e metamorfismo do Cinturão Araguaia, Xambioá-TO. Dissertação (Mestrado) UFPA. 132p.
- Arcanjo, S.H.S., Moura, C.A.V. 2000. Geocronologia das rochas do embasamento do setor meridional do Cinturão Araguaia na região de Paraíso do Tocantins (TO). **30**:665-670.
- Alvarenga, C. J. S., Moura, C. A. V., Gorayeb, P. S. S., Abreu, F. A. M. (2000). Paraguay and Araguaia belts. In: Cordani, U. G.; Milani, E. J.; Tiago Filho, A.; Campos, D. A. (Ed.). Tectonic evolution of South America. Rio de Janeiro, SBG. p. 183-193.
- Bulhões, E. M. & Dall’Agnol, R. 1985. Mapeamento geológico e petrografia do Granodiorito Presidente Kennedy – Faixa de Dobramentos Araguaia (GO). In. Simp. Geol. Amaz., 2; Anais... Belém, SBG-NO. p. 59-76.
- Bowden, P. & Kinnaird, J.A. 1984. Geology and mineralization of the Nigerian anorogenic ring complexes. *Geol. Jahrb.*, **56**:3-65
- Chappel, B. W. & White, A. J. R. 1974. Two contrasting granites types. *Pacific Geol.*, **8**:173-174.
- Costa, J. B. S. 1980. Evolução Geológica da região de Colméia (GO). Dissertação (Mestrado), UFPA. Belém, 71 p.
- Costa, J.B.S 1983. Projeto Paraíso do Norte; Relatório Final. Belém, DNPM./UFPA. 125p.
- Dall’Agnol, R., Teixeira, N. P., Bettencourt, J. S., Ramo, O. T., Macambira, M.J. B. 1999. Contrasts between paleoproterozoic, A-type granites of the Archean Carajas Province, southeastern Amazonian Craton, Brazil: metallogenetic and petrogenetic implications. In: SYMPOSIUM THE ORIGIN OF GRANITES AND RELATED ROCKS, 4., Clermont-Ferrand. Abstracts. Clermont-Ferrand, France. p. 141.
- Dall’Agnol R., Teixeira, N.P., Macambira, J.B., Kotschoubey, B., Gorayeb, P.S.S., Santos, M.D. 1988. Petrologia dos gnaisses e micaxistos da porção norte da faixa de dobramentos Araguaia, Goiás-Brasil. In: Congresso Latino-Americano de Geologia, 7, Anais, Belém v.1, p.1-19.
- Debon, F. & Le Fort, P. 1988. A cationic classification of common plutonic rocks and their magmatic associations: principles, method, applications. *Bull. Mineral.* **111**: 493-510.
- Fettes, D., Desmons, J. 2008. Metamorphic Rocks. Classification and glossary of terms. Cartridge University Press. 244p.

- Faure, G. 1995. Principles of isotopic geology. New York, J. Wiley & Sons. 589p.
- Gorayeb, P. S. S. 1981. Evolução Geológica da região de Araguacema–Pequizeiro (GO). Dissertação (Mestrado em Geologia). UFPA. Belém, 100 p.
- Gorayeb, P. S. S. 1989. Corpos Serpentiníticos da Faixa Araguaia na região de Araguacema-Pequizeiro-Conceição do Araguaia. Ver. Bras. de Geoc. 19: 51-62.
- Gorayeb, P.S.S., Moura, C.A.V. 2001. Aspectos geológicos e geocronológicos do Anortosito Carreira Comprida, região de Porto Nacional-TO. In: Simp. Geol. Amaz., 7, Belém, Boletim de Resumos Expandidos, SBG-NO, CD ROM.
- Gorayeb, P. S. S., Moura, C. A. V., Calado, W. M. 2004. Suite Intrusiva Xambica: um magmatismo toleítico neoproterozóico pré-tectônico no Cinturão Araguaia. In: XLII congresso brasileiro de geociências, 2004, Araxá In: XLII Congresso Brasileiro de Geologia. Araxá: SBG, 2004. v. 1. p. 35-35.
- Gorayeb, P.S.S., Moura, C.A.V., Arcanjo, S.H.S. 2000. Granitogenesis events in the Porto Nacional-Palmas-Paraiso do Tocantins region, Tocantins Province, Brazil. In: Intern. Geol. Cong., 31, Rio de Janeiro, SBG, Anais, CD-ROM.
- Gorayeb, P.S.S., Moura, C.A.V. 2006. Granitogenesis events in the northern portion of the Tocantins Province, Brazil. In: Symposium on magmatism, metalogenesis, and crustal evolution of the Amazonian Craton, Belém, PRONEX-UFPA/SBG-NO, Abstracts and Field Trips, p.21
- Kober, B. 1986. Whole grain evaporation for $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age investigations on single zircons using a double filament source. *Contribution to Mineralogy and Petrology* **93**: 482-490.
- Kober, B. 1987. Single grain evaporation combined with Pb+ emitter bedding for $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ investigations using thermal ion mass spectrometry, and implications for zirconology, *Contributions to Mineralogy and Petrology* **96**, 63-71.
- Kotschoubey, B., Hieronimus, B., Rodrigues, O.B., Amaral, R.T. 1996. Basaltos e serpentinitos da Serra do Tapa (PA). Prováveis testemunhos de um complexo ofiolítico pouco evoluído e desmembrado. In: Congr. Bras. Geol., Salvador, 39, Anais, SBG, v. 6, p.25-28.
- La Roche, H. D.; Leterrier, J.; Grandclaude, P.; Marchal, M. 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram and major-element analyses- Its relationships with current nomenclature. *Chem. Geol.*, **29**:183-210.
- Lamarão, C.N. & Kotschoubey, B. 1996. Granitóides Santa Luzia, registro do magmatismo granítico brasileiro do Cinturão Araguaia na região de Paraíso do Tocantins. Rev. Bras. de Geoc. São Paulo, **26**:277-288.
- Macambira, J. B. 1983. Geologia e ocorrências minerais da braquianticlinal do Lontra (GO). Universidade Federal do Pará, Dissertação (Mestrado em Geologia) UFPA, Belém, 108p.
- Maniar, P. D. & Piccoli, P. M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Gel. Soc. of Am. Bull.* **101**:635-643.

- Miller, C. F. 1985. Are strongly peraluminous magmas derived from pelitic sedimentary sources? *J. Geology*, **93**:673-689.
- Moura, C.A.M. 1992. Geochronology and geochemistry of the basement orthogneisses of the Araguaia belt, Brazil. (PhD Thesis), University of New Hampshire.
- Moura, C.A.V., Gaudette, H.E. 1993. Evidence of Brasiliano/Pan-African deformation in the Araguaia belt: implication for Gondwana evolution. *Rev. Bras. de Geoc.*, **23**:117-123.
- Moura, C.A.V. & Souza, S.H.P. 1996. Síntese dos dados geocronológicos das rochas do embasamento do Cinturão Araguaia e suas implicações estratigráficas. In: Congr. Bras. Geologia. 39., Salvador, 1996. Anais... SBG. v.6, p.31-34.
- Moura, C.A.V. & Gaudette, H.E. 1999. Zircon ages of basement orthogneisses from the northern segment of the Araguaia Belt, Brazil. *Basement Tectonics*, **13**:155-178.
- Moura, C.A.M. Sousa, C.S. 2002. Idades Pb-Pb em zircão por evaporação no Granito Santa Luzia: implicações para a determinação da idade da granitogênese brasileira tardi-tectônica no Cinturão Araguaia-TO. In: Cong. Bras. de Geol. 41, Anais, João Pessoa. p.500.
- Moura, C.A.V.; Pinheiro, B.L.S.; Nogueira, A.C.R.; Gorayeb, P.S.S.; G, M.A. 2005. Sedimentary provenance and paleoenvironment of the Baixo-Araguaia Supergroup: constraints on paleogeographic evolution of the Araguaia Belt and assembly of West Gondwana. In: symposium western gondwana-the ties that bind. Mendoza/Argentina. *Abstracts*. p. 260.
- Passchier, C. W. & Trouw, R.A.J. 1996. *Microtectonics*, Berlin, Springer Verlag, 289p.
- Pearce, J. A.; Harris, N. B. W.; Tindle, A. G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.*, **4**:956-983.
- Pimentel, M. M. & Machado, N. 1994. Geocronologia U-Pb dos terrenos granitogreenstone de Rio Maria, Pará. In: cong. Brás. de geol. 38., *Boletim de Resumos Expandidos*, Camboriú, SBG. p.390-391.
- Pinheiro, B. L. S. 2005 Proveniência das rochas metassedimentares do Cinturão Araguaia, com base em idades modelo Sm-Nd em rocha total e datação Pb-Pb em Zircão. Dissertação (Mestrado), UFPA. 128p
- Rollinson, H. 1993. *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*. Zimbabwe, 344p.
- Sawyer, E. W. 2008. Atlas of migmatites. The Canadian mineralogist, special publication N° 9. NRC research Press, Ontario. 371p.
- Sato, K. & Tassinari, C.G.G. 1997. Principais eventos de acreção continental no Cráton Amazônico baseados em idade-modelo Sm-Nd, calculada em evoluções de estágio único e estágio duplo. In: M.L. Costa & R.S. Angélica (eds.). *Contribuições à Geologia da Amazônia*. Belém, SBG-NO, p 91-142.
- Streckeisen, A. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Review*, **12**:1-33.
- Smith, J. V. 1974. *Feldspar minerals*. Berlin, Springer Verlag. v.2, 690p.
- Taylor, S. R. & McLennan, S. M. 1984. *The continental crust: its composition and evolution*. Oxford, Blackwell Scientific. 300p.
- Teixeira, K. S. L. & Moura, C. A. V. 2001. Idades Pb-Pb em monocristais de zircão em quartzito do Cinturão Araguaia: resultados preliminares e sua aplicação em estudos de proveniência. In: Simp. Geol. Amaz., 7. Belém. SBG-NO. CD-ROM.
- Thompson, R. N. 1982. Magmatismo of British Tertiary Volcanic Province. *Scottish. Jo. Geol.*, **18**:49-107.
- Villas, R. N., Lima, A. D. P., Kotschoubey, B., Neves, M. P., Osborne, G. A. 2007. Contexto geológico e origem da mineralização sulfetada estratiforme de São Martim, SW do Cinturão Araguaia, Pará. *Ver. Bras. de Geoc.s*, **37**:305-323.
- Yardley, B.W.D. – 1994 – *Introdução a petrologia metamórfica*. Ed. Universidade de Brasília. 340p.

ANEXOS

**ANEXO A - PONTOS DE AMOSTRAGEM E LOCALIZAÇÃO DOS AFLORAMENTOS ESTUDADOS
DA ÁREA DE PRESIDENTE KENNEDY**

Pontos	Latitude	Longitude	Litologia	Descrição
2009/PK-01	08°36'30''	48°33'40''	Granodiorito	Rochas graníticas dispostas em blocos nas proximidades da Fazenda Santa Tereza (antiga Fazenda Buritirana).
2009/PK-12	08°34'12''	48°33'00''	Granodiorito	Granodiorito aflorando em lajedos abaulados de dimensões métricas. Foram feitas amostragem para petrografia, geocronologia e química.
2009/PK-13	8°37'24''	48°35'43''	Granodiorito	Granodiorito localizado ao lado de vale, afastando-se mais 100 m para sul deste ponto também nota-se a exposição desta mesma rocha. Foram feitas amostragem para petrografia, geocronologia e química.
2009/PK-14	8°37'08''	48°35'34''	Granodiorito	Granodiorito Presidente Kennedy aflorando em forma de lajedo abaulado
2009/PK-15	8°37'24''	48°35'43''	Granodiorito	Granito - Amostragem- petrografia, geocronologia e química.
2009/PK-16	8°29'14''	48°34'27''	Xisto	Micaxisto em uma pedreira desativada, o xisto encontra-se pouco alterado, sua composição principal é Qtz, biotita, muscovita e K-feldspato.
2009/PK-16.1	8°38'08''	48°32'28''	Granodiorito	Granodiorito na margem esquerda do Ribeirão Água Fria.
2009/PK-17	8°35'00''	48°34'00''	Granodiorito	Granodiorito no leito do rio Bananal (Amostrado).
2009/PK-18	8°39'28''	48°33'00''	Granodiorito	Morros abaulados do Granodiorito Presidente Kennedy Foram feitas coletas sistemáticas para petrografia, geocronologia e química.
2009/PK-19	8°36'30''	48°33'40''	Granodiorito	Granodiorito encontra-se em forma de blocos abaulados, distante 200 metros da fazenda Santa Tereza.

ANEXO B - PONTOS E COORDENADAS DOS AFLORAMENTOS ESTUDADOS DO GRANITO BARROLÂNDIA.

Pontos	Latitude	Longitude	Litologia	Descrição
BAR-01	09°56'33"	48°45'39"	Granito/Micaxisto	Pedreira Santa Mônica em que se encontra o granito em contato com o micaxisto encaixante. Amostragem- petrografia, geocronologia e química.
BAR-02	09°56'00"	48°46'39"	Granito	Afloramento na encosta, rochas graníticas com granulação média, homogênea possuindo discreta foliação, com fenocristais de K-feldspato e quartzo de dimensões centimétricos, e enclaves discóides de biotita e muscovita. Amostragem- petrografia, geocronologia e química.
BAR-04	09°56'17"	48°46'28"	Xisto	Afloramento de xisto com grande quantidade de epidoto
BAR-05	09°58'33"	48°45'07"	Granito	Grande lajedo na margem esquerda da BR-153 (Belém-Brasília) no sentido Barrolândia-Paraíso do Tocantins. Uma alternância regular de granito com xisto concordante com a foliação (sin ou tardi-tectônica). Granito possui granulação média a grossa, fenocristais de K-feldspato de porções isoladas a rocha foi classificada como Pegmatito bandado. Foliação: 170 /63/NE
BAR-06(a) e (b)	09°44'24"	48°44'09"	Granito	Afloramento ao longo da estrada que segue para Abreulândia encontra-se granitos de granulação grossa com leve orientação de biotita, veios de pegmatito com granulação muito grossa. Amostragem- petrografia, geocronologia e química.
BAR-07	09°43'54"	48°45'01"	Granito	Lajedo próximo ao rio Providência lado esquerdo da estrada de terra que dá acesso para uma antiga pedreira de Barrolândia. Encontram-se granitos isotrópicos cortados por pegmatitos graníticos. Amostragem- petrografia, geocronologia e química.
BAR-08	09°56'19"	48°44'32"	Granito/xisto	Afloramento no leito do Rio Cachoeirinha onde ocorre intercalações de xistos e granitos em grande extensão, com feições pegmatíticas.
BAR-10	09°58'14"	48°45'19"	Micaxisto com injeções graníticas	Antiga mina de brita de micaxisto. Ocorrem injeções de corpos graníticos tabulares concordantes com a xistosidade. Os mobilizados apresentam regularidade ao longo da estrutura e a presença de muitos veios pegmatíticos com concentrações centimétricas. Amostragem- petrografia, geocronologia e química.