



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

FACULDADE DE GEOLOGIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

YURI EWERTON SILVA NASCIMENTO

**PETROGRAFIA, LITOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA DO
GRANITO PAJÉ: UM ESTUDO COMPARATIVO COM OS
GRANITÓIDES DA SUÍTE INTRUSIVA MERUOCA, REGIÃO
NOROESTE DO CEARÁ.**

BELÉM - PA

2012

YURI EWERTON SILVA NASCIMENTO

PETROGRAFIA, LITOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA DO
GRANITO PAJÉ: UM ESTUDO COMPARATIVO COM OS
GRANITÓIDES DA SUÍTE INTRUSIVA MERUOCA, REGIÃO
NOROESTE DO CEARÁ.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Faculdade de Geologia do Instituto de
Geociências da Universidade Federal do Pará
(UFPA), como requisito de cumprimento às
exigências para obtenção do grau de
Geólogo – Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sergio de Sousa
Gorayeb

Coorientador: Dr. Cândido Augusto Veloso
Moura

BELÉM - PA

2012

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

N244p Nascimento, Yuri Ewerton Silva

Petrografia, litoquímica e geocronologia do Granito do Pajé: um estudo comparativo com os granitóides da Suíte Intrusiva Meruoca, região Noroeste do Ceará / Yuri Ewerton Silva Nascimento; Orientador: Paulo Sergio de Sousa Gorayeb; Coorientador: Cândido Augusto Veloso Moura – 2012

97 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em geologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Geofísica, Belém, 2012.

1. Geologia Isotópica – Ceará. 2. Província Borborema. 3. Suíte Intrusiva Meruoca. 4. Granito do Pajé. I. Gorayeb, Paulo Sérgio de Sousa, *orient.* II. Moura, Cândido Augusto Veloso, *coorient.* III. Universidade Federal do Pará. IV. Título.

CDD 22^a ed.: 541.388098131

YURI EWERTON SILVA NASCIMENTO

PETROGRAFIA, LITOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA DO
GRANITO PAJÉ: UM ESTUDO COMPARATIVO COM OS
GRANITÓIDES DA SUÍTE INTRUSIVA MERUOCA, REGIÃO
NOROESTE DO CEARÁ.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Geologia
do Instituto de Geociências da
Universidade Federal do Pará (UFPA),
como requisito de cumprimento às
exigências para obtenção do grau de
Geólogo – Bacharel em Geologia.

Data de Aprovação: ____/____/____

Conceito: _____

Banca Examinadora:

Prof. Paulo Sergio de Sousa Gorayeb – Orientador
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará

Prof. Marco Antonio Galarza Toro – Membro
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará



Hilton Túlio Costi - Membro
Doutor em Geologia
Museu Paraense Emílio Goeldi

***Aos meus pais e a Deus,
sem eles eu não poderia chegar tão longe quanto cheguei hoje.***

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, Meu Senhor, Rei, Salvador e Redentor. Louvo a Ele por tudo o quanto fez e têm feito por mim. Sem esse Deus, não sou e nem seria nada.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Gorayeb e ao meu coorientador Prof. Dr. Cândido Moura pelo apoio, orientação e toda ajuda para a realização deste trabalho.

Aos integrantes do Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) e Oficina de Preparação de Amostras (OPA) pela contribuição na preparação das amostras.

Aos meus pais, Rosemary Nascimento e José Antônio Nascimento, pelas orações, educação e incentivo, e por sempre terem me proporcionado tudo do melhor que eles poderiam me dar.

A minha amada irmã Ingrid Ariel, pelo seu companheirismo e amizade, pelas orações, por sempre estar disponível e pelo tremendo apoio que me ofereceu sem nenhuma hesitação.

Em memória aos meus avós que já se foram. Agradeço por tudo que me ensinaram enquanto vivos. Por me ensinarem a ser a pessoa que sou hoje. Muito obrigado pelo carinho, atenção e amor que vocês sempre me proporcionaram.

A minha namorada Letícia Passos pelo apoio não só afetivo, mas em todos os sentidos que tem me dado durante esse um ano de peleja com este trabalho de conclusão de curso, me aguentando reclamando de tudo e de todos.

Aos meus queridíssimos amigos do G8: Cássio, Susi, Patrícia, Arielle, Filipe, Fernanda e Mayara, por todos os momentos felizes que vocês me proporcionaram no antigo Cefet. Vocês fizeram parte do meu crescimento e me ajudaram também a chegar até aqui.

E aos meus companheiros da Geologia: Adriano, Anderson, Ayara, Camila, Carla, Flávio, Hévila, Igor, Indy, James, João, Leonardo, Luciana, Marcela, Mirlane, Nayan, Nathan, Priscila, Regiane, Rodrigo, Rubem, Susi, Valber e a todos que eu posso estar esquecendo de citar aqui. Foram muito bom todos os momentos que passei com vocês. Mesmo nos momentos mais difíceis e dificuldades que o curso nos fez passar, vocês demonstraram ser verdadeiros amigos. Obrigado por toda a ajuda que vocês me deram e pelo companheirismo em todos os momentos durante a nossa graduação.

***Os que confiam no Senhor são como os montes de Sião,
Que não se abalam, mas permanecem para sempre.
Salmo 125.v-1.***

RESUMO

A região noroeste da Província Borborema é conhecida, do ponto de vista geológico, pela diversidade de corpos graníticos seja de natureza do magmatismo, seja da cronologia e importância desses eventos magmáticos no contexto regional, produzindo terrenos metamórfico-magmáticos de alta complexidade, representando estágios avançados de geração de magmas durante processos deformacionais antigos. Nesse contexto, o evento Brasileiro é de suma importância, por conta de seu domínio regional que afetou toda a Província Borborema, sua evolução em relação às mudanças geotectônicas globais, que envolvem colagens de continentes, formação de orógenos, fechamento de oceanos, assim como uma sucessão de pulsos magmáticos que se estenderam durante todo o evento, formando grandes suítes migmatítica-graníticas, marcando vários episódios de deformação e injeção de magmas. A partir do avanço do conhecimento da região noroeste do Estado do Ceará com os dados apresentados e de pesquisas mais recentes, como análises químicas, análises geocronológicas em corpos graníticos conhecidos, busca-se o melhor entendimento desses eventos magmáticos, sua temporização e contextualização na formação das unidades litológicas que compõem o atual quadro do noroeste da Província Borborema. Nesse sentido, o Granito do Pajé é um exemplo que necessitava de uma revisão/confirmação de dados, através de métodos geocronológicos mais precisos de estudo, os quais foram usados também para um estudo comparativo com outros corpos graníticos melhor conhecidos nesta região. Estudos geocronológicos anteriores realizados através do método Rb-Sr em rocha total, obtiveram idade de 537 ± 21 Ma para o Granito do Pajé. Como se sabe, o método Rb-Sr tem limitações em seu uso quando se busca eventos de litogênese em áreas complexas e tem sido utilizado mais comumente para datar os últimos eventos termais, devido à falta de precisão provocada por diversos fatores, provocando resultados insatisfatórios ou valores duvidosos quanto à idade de cristalização da rocha. Este trabalho na forma de um TCC objetivou a determinação da idade do Granito do Pajé, através de técnicas e métodos mais precisos de datação, como é o caso do método Pb-Pb, além de análises petrográficas e reforçando suas características, um estudo das suas relações de contato com as rochas do embasamento. Além disso foram realizadas análises isotópicas Sm-Nd para discutir as fontes de geração desse granito. A idade de cristalização obtida

através do método Pb-Pb em zircão foi de 528.9 ± 3.7 Ma, demonstrando que a cristalização Granito do Pajé aconteceu no final do Neoproterozóico, início do Paleozóico, e pode ser incluído na Suíte Intrusiva Meruoca, atribuindo-lhe assim, o mesmo tipo de contexto geotectônico de geração e posicionamento crustal, aos principais representantes desta granitogênese como os granitos Meruoca, Mucambo e Serra da Barriga. O método Sm-Nd foi aplicado em duas amostras do Granito do Pajé e os resultados para a amostra 2011/PAJÉ-03 com idade modelo de 1,99 Ga e com valor de $\epsilon_{Nd} (530 \text{ Ma}) = -11,90$; e para a amostra 2011/PAJÉ-02 com idade modelo de 1,79 Ga e com valor de $\epsilon_{Nd} (530 \text{ Ma}) = -9,11$. Valores negativos sugerem contribuição crustal no magma gerador dessas rochas graníticas e a idade modelo indica a idade do protolito ígneo, ou seja o magma fonte, que deu origem a essas rochas.

Palavras-chave: Geologia Isotópica – Ceará. Província Borborema. Suíte Intrusiva Meruoca. Granito do Pajé

ABSTRACT

The northwestern Borborema Province is known, by the geological point of view, for the diversity of granitic bodies by magmatism, chronology and significance of magmatic events in the regional context, producing magmatic-metamorphic terrains of high complexity, representing advanced stages generation of magmas during deformational processes. In this context, the Brasiliano event is very important because of its regional domain that affected all the Borborema Province and its development relative to global geotectonic changes that involve continental collages, orogens formation, closing of oceans, as a series of pulses magmatic that extended throughout the event, forming large migmatitic-granitic suites, marking various episodes of deformation and injections of magma. From the progress of knowledge of the northwestern state of Ceará with the data presented and the most recent research as chemical and geochronological analyzes in known granitic bodies, seeks to better understand these magmatic events, their timing and context in the formation of rock units that make up the current framework of the northwestern Borborema Province. In this sense, the Granito do Pajé is an example that needed a review/confirmation of data by geochronological methods more accurated which were also used for a comparative study with other granites best known in this region. Previous geochronological studies performed by Rb-Sr method in whole rock, obtained age of 537 ± 21 Ma for the Granito do Pajé. As is known, the Rb-Sr method has limitations in its use when seeking lithogenic events in complex areas and has been most commonly used for dating the last thermal event, due to lack of precision caused by various factors that give unsatisfactory results or dubious value in terms of age of crystallization of the rock. This work in the form of TCC aimed the determination of the age of the Granito do Pajé using techniques and methods precise dating, such as the method Pb-Pb, besides petrographic analyses, enhancing its characteristics, and a study of their contact relations with the basement rocks. Furthermore, isotopic analyzes were performed by Sm-Nd method to discuss the sources of generation of this granite. The age of crystallization obtained by the method Pb-Pb in zircon was 528.9 ± 3.7 Ma, demonstrating that the crystallization of the Granito do Pajé happened at the end of the Neoproterozoic, beginning of the Paleozoic, and may be included in Meruoca Intrusive Suite, thus giving it the same kind of context tectonic crustal generation and positioning of the main representatives

granites of this magmatic event as Meruoca, Mucambo and Serra da Barriga. The Sm-Nd method was performed on two samples of the Granito do Pajé and the results for the sample 2011/PAJÉ-03 gives model age of 1.99 Ga and value of $\epsilon_{\text{Nd}} (530 \text{ Ma}) = -11,90$. For the sample 2011/PAJÉ-02 the model age was 1.79 Ga with value of $\epsilon_{\text{Nd}} (530 \text{ Ma}) = -9,11$. Negative values suggest crustal contribution in these granitic magma generator and model age indicates the age of the igneous protolith which gave rise to these rocks.

Keywords: Isotope Geology - Ceará. Borborema Province. Meruoca Intrusive Suite. Granito do Pajé.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Mapa de localização da área de estudo, com destaque aos principais corpos graníticos.....	20
Figura 2.1 – Divisão dos domínios estruturais da Província Borborema	25
Figura 2.2 – Mapa Geológico do noroeste da Província Borborema com destaque aos corpos graníticos	26
Figura 4.1 – Mapa geológico da região do Granito do Pajé. Destaque para a Zona de Cisalhamento do Rio Groaíras a qual lhe confere a sua forma em “8”	35
Figura 4.2 – Visão geral da Serra do Pajé com destaque de relevo com altitudes de até 500m em relação a superfície sertaneja.....	36
Figura 4.3 – a) o diagrama em roseta ilustrando as direções das famílias de fraturas no Granito do Pajé; b) foto do afloramento mostrando as fraturas na direção preferencial E-W.....	37
Figura 4.4 – Enclave de composição tonalítica e textura porfírica com fenocristais de plagioclásio.....	38
Figura 4.5 – Porção do Granito do Pajé com facies granítica porfírica com enclaves tabulares ou lentiformes de rochas mais máficas (microdioritos).....	39
Figura 4.6 – Detalhe do contato entre um megaxenólito de um gnaiss encaixante e o Granito do Pajé na região de borda do plúton. Notar a injeção de veios e a assimilação do gnaiss pela porção granítica.....	40
Figura 4.7 – Xenólitos de gnaisses na zona de borda do corpo intrusivo com variadas dimensões, formas irregulares e diferente grau de assimilação, definindo a zona xenolítica de borda do Granito do Pajé.....	41
Figura 4.8 – Diagrama QAP de Streckeisen (1976) de classificação de rochas plutônicas com posicionamento das amostras do Granito do Pajé.....	42
Figura 4.9 – Aspectos mesoscópicos do Granito do Pajé. a) e b) Mostrando a granulação grossa e textura hipidiomórfica granular típica do centro do corpo granítico. c) Mostra a granulometria média comum na borda do corpo granítico.....	44
Figura 4.10 – Facies monzogranítica do Granito do Pajé e sua relação de contato com a facies sienogranítica. Notar os xenólitos de gnaiss (Xn).....	45

Figura 4.11 – Aspectos microscópicos gerais das amostras coletadas da fácies monzogranítica do Granito do Pajé, ilustrando a granulação grossa e textura granular hipidiomórfica desta rocha.....	46
Figura 4.12 – a) Allanita euédrica, zonada, mineral acessório comum nessa rocha. b) e c) Fotomicrografia da seção basal de hornblenda à luz natural e nicóis-cruzados, respectivamente.....	47
Figura 4.13 – Aspectos mesoscópicos do Granito do Pajé. a) e b) Amostras da fácies mais evoluída mais partes mais centrais do corpo granítico. c) Microgranito da facies de borda do corpo, mostando uma granulação média relacionada a margem resfriada próxima ao contato com a encaixante.....	49
Figura 4.14 – a) e b) Aspecto geral do sienogranito com destaque para a granulação grossa e textura granular hipidiomórfica do granito. c) Microgranito demonstrando a textura granular alotriomórfica na fácies de borda do granito.....	50
Figura 4.15 – a) Aspecto mesoscópico da fácies granodiorítica do Granito do Pajé, apresentando alguns fenocristais de plagioclásio. b) e c) Texturalmente a fácies granodiorítica é predominantemente um arranjo de agregados microgranulares.....	52
Figura 4.16 – Aspectos microestruturais do Granito do Pajé. a) Zoneamento composicional em alguns cristais de plagioclásio. b) Intercrescimento mimerquítico formado por minúsculos cristais de quartzo intercrecidos na borda do plagioclásio (área tracejada). c) Formação de mesopertitas nos cristais de microclima.....	54
Figura 5.1 – Imagem dos cristais de zircão da população 1 da amostra 2011/PAJÉ-01.....	58
Figura 5.2 – Imagem dos cristais de zircão da população 2 da amostra 2011/PAJÉ-01.....	59
Figura 5.3 – Imagem dos cristais de zircão analisados da população 2.....	60
Figura 5.4 – Espectro da idade $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (em Ma) para os zircões da amostra da fácies sienogranito do Granito do Pajé. As barras verticais representam os erros para cada cristal de zircão analisado e a linha horizontal representa a idade média obtida para cada amostra.....	61
Figura 5.5 – Diagrama ϵ_{Nd} vs. Idade (Ga) mostrando as composições isotópicas de Nd e idade modelo T_{DM} para os granitóides do Pajé. Curvas de evolução do manto empobrecido, DM e Reservatório Condritico Uniforme, CHUR.....	66
Figura 6.1 – Diagramas de variação dos teores dos principais óxidos com o aumento da sílica.....	71

Figura 6.2 – Diagrama de alumino-saturação para o Granito do Pajé, segundo as proporções moleculares de Al_2O_3 , álcalis e CaO.....	72
Figura 6.3 – Diagrama de tipologia de granitos que classifica o Granito do Pajé como granito do tipo-A.....	73
Figura 6.4 – Diagrama de ETR normalizados a condritos segundo, mostrando o comportamento obtido para as amostras do Granito do Pajé.....	74
Figura 6.5 – Distribuição das amostras das amostras analisadas em diagramas de caracterização do ambiente tectônico.	74

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 APRESENTAÇÃO	16
1.2 OBJETIVOS	18
1.3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	19
1.4 MATERIAIS E METODOS DE TRABALHO	21
2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	23
2.1 ARCABOUÇO GEOTECTÔNICO DO NW DA PROVÍNCIA BORBOREMA	23
2.2 DOMÍNIO MÉDIO COREAÚ (DMC)	27
2.2.1 Geologia do Domínio Médio Coreaú	27
2.2.1.1 Complexo Granja	27
2.2.1.2 Grupo Martinópolis	28
2.2.1.3 Grupo Ubajara	28
2.3 DOMÍNIO CEARÁ CENTRAL (DCC)	28
2.3.1 Geologia do Domínio Ceará Central	29
2.3.1.1 Bloco Tróia – Pedra Branca	29
2.3.1.2 Complexo Ceará	29
2.3.1.3 Unidade Independência	30
2.3.1.4 Complexo Tamboril-Santa Quitéria	30
3 GRANITOGÊNESE DO NEOPROTEROZÓICO	31
3.1 SUÍTE INTRUSIVA MERUOCA	31
4 GEOLOGIA DA ÁREA	34
4.1 ASPECTOS GERAIS	34
4.2 PETROGRAFIA E FACIOLOGIA DO GRANITO DO PAJÉ	41
4.2.1 Monzogranitos	45
4.2.2 Sienogranitos	48
4.2.3 Granodioritos	51
4.2.4 Análise microestrutural	53
5 GEOCRONOLOGIA	55
5.1 GEOCRONOLOGIA Pb-Pb EM ZIRCÃO	55
5.1.1 Metodologia e procedimentos analíticos	55
5.1.2 Coleta e preparação das amostras para o estudo geocronológico	56
5.1.3 Procedimentos Analíticos	57
5.1.4 Resultados	59
5.2 GEOCRONOLOGIA Sm-Nd	63

5.2.1 Metodologia e procedimentos analíticos.....	63
5.2.2 Coleta e preparação das amostras para o estudo geocronológico.....	64
5.2.3 Resultados das análises.....	65
5.3 DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS GEOCRONOLÓGICOS.....	67
6 LITOQUÍMICA DO GRANITO DO PAJÉ.....	69
7 ESTUDO COMPARATIVO COM OS GRANITÓIDES DA SUÍTE INTRUSIVA MERUOCA.....	75
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
REFERÊNCIAS.....	79
ANEXOS	83
ANEXO A - FICHA PETROGRÁFICA.....	84

1 INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

A Província Borborema é caracterizada pela complexidade e variedade de rochas metamórficas, ígneas e sedimentares, que desempenham um importante papel como marcadores temporais de processos geológicos regionais de várias naturezas e tipos. Os estudos cartográficos, de campo, petrográficos, geoquímicos e geocronológicos, e ainda das relações geométricas entre as rochas que compõem os domínios geológico-estruturais da área de estudo, foram fundamentais para a compreensão do posicionamento estratigráfico e o contexto geotectônico no qual as unidades litológicas se formaram. Os estudos dos corpos graníticos na região são importantes para esse entendimento, pois, a diversidade dos litotipos, gerações e a forma de colocação desses corpos, são importantes ferramentas para definir os ambientes geotectônicos e a evolução do domínio NW da Província Borborema.

A Província Borborema no nordeste do Brasil é representada por vários cinturões orogênicos e constitui uma área de aproximadamente 450.000 km² que se formou como resultado da convergência entre os crátons Oeste Africano e São Francisco durante a orogenia Brasileira/Pan-Africana responsável pela amalgamação final de Gondwana Ocidental entre 660 e 570 Ma. Esta província exhibe o registro de uma evolução geológica pré-cambriana policíclica e complexa, com registros de formação de rochas do Arqueano até o final do Neoproterozóico (BRITO NEVES; CORDANI, 1991).

A região noroeste da Província Borborema é conhecida pela diversidade de corpos graníticos e pelo menos três desses eventos de granitogênese são registrados no Neoproterozóico (BRITO NEVES; CORDANI, 1991). A granitogênese relacionada ao evento Brasileiro da Província Borborema, segundo Bizzi *et al.* (2003), pode ser abordada como uma sucessão de pulsos magmáticos definidos como: supersuíte I (cedo a sin-Brasilião), supersuíte II (tardi-Brasilião) e supersuíte III (pós-Brasilião). No contexto da supersuíte pós-orogênese Brasileira, se encontra a Suíte Intrusiva Meruoca, representada pelos plútons Meruoca, Mucambo e Serra da Barriga, alojada nas rochas dos grupos Ubajara e Jaibaras ou nas rochas supracrustais do Complexo Ceará (BRITO NEVES *et al.* 2003).

Apesar do avanço no conhecimento desta região vários corpos graníticos ainda carecem de dados fundamentais para sua caracterização tipológica e estratigráfica, inclusive geocronológica, necessários para as correlações com as suítes conhecidas. Neste sentido, o estudo aqui desenvolvido no Granito do Pajé, identificado originalmente por Gorayeb e Abreu (1991) é um exemplo que necessitava de uma revisão/confirmação de dados, através de métodos geocronológicos mais precisos de estudo, os quais foram usados neste estudo, que são importantes também para comparações com outros corpos graníticos melhor conhecidos nesta região.

As sistemáticas geocronológicas indicam que as idades obtidas pelo método Rb-Sr são utilizadas mais comumente para datar eventos como o metamorfismo, devido à falta de precisão provocada por diversos fatores conhecidos como: a facilidade da perda desses elementos quando submetidos a eventos metamórficos que podem causar a abertura do sistema isotópico e a entrada de elementos filhos na estrutura do mineral podendo apresentar valores incompatíveis quanto à idade de cristalização dos minerais e da rocha. No caso do uso dessa sistemática no noroeste do Ceará em que as rochas apresentam problemas quanto ao comportamento do sistema Rb-Sr, tornou-se necessário a utilização de métodos analíticos mais adequados, como o método de datação pelos isótopos de Pb na estrutura do zircão (Pb-Pb em zircão) por este mineral apresentar propriedades físico-químicas que preservam esses isótopos em sua estrutura e permitem uma melhor análise geocronológica da rocha. As idades obtidas através desse método demonstraram valores de qualidade suficiente para indicar que os eventos graníticos do evento Brasileiro se estenderam até o Cambriano Inferior a Médio (BRITO NEVES *et al.* 2003).

Outro método auxiliar utilizado no presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), foi o método Sm-Nd em rocha total que consiste em um método isotópico baseado na desintegração radioativa do isótopo ^{147}Sm , originando o ^{143}Nd . O método Sm-Nd é um método muito utilizado para a datação de rochas antigas, particularmente rochas ígneas de composição básica e ultrabásica, onde a datação pelos métodos Rb-Sr e U-Pb não são indicados, em função da baixa razão Rb/Sr e da pouca, ou nenhuma quantidade de zircão nestas rochas. Além da utilização para

datação geocronológica, a metodologia Sm-Nd também é aplicada como indicador petrogenético, fornecendo informações sobre idade modelo e proveniência magmática, podendo ser definida tanto para regiões de crosta continental como de crosta oceânica basáltica.

O presente TCC apresentado na forma desta monografia contém os resultados obtidos através de análises petrográficas e geocronológicas da porção norte do Granito do Pajé, além da reunião de dados geológicos recentes de diversos autores sobre os granitóides da região noroeste do Estado do Ceará e discute as correlações deste granito com os outros corpos da Suíte Meruoca.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo principal deste TCC foi a expansão do conhecimento do Granito do Pajé com a obtenção de dados petrográficos, litoquímicos, datação pelo método Pb-Pb em zircão e obtenção de idades Sm-Nd-TDM (idade modelo). Com base nesses dados foi possível definir com mais precisão a idade de colocação deste granito e desenvolver um estudo comparativo com outros granitos desta região, principalmente com aqueles da Suíte Intrusiva Meruoca.

De modo mais específico o estudo envolveu:

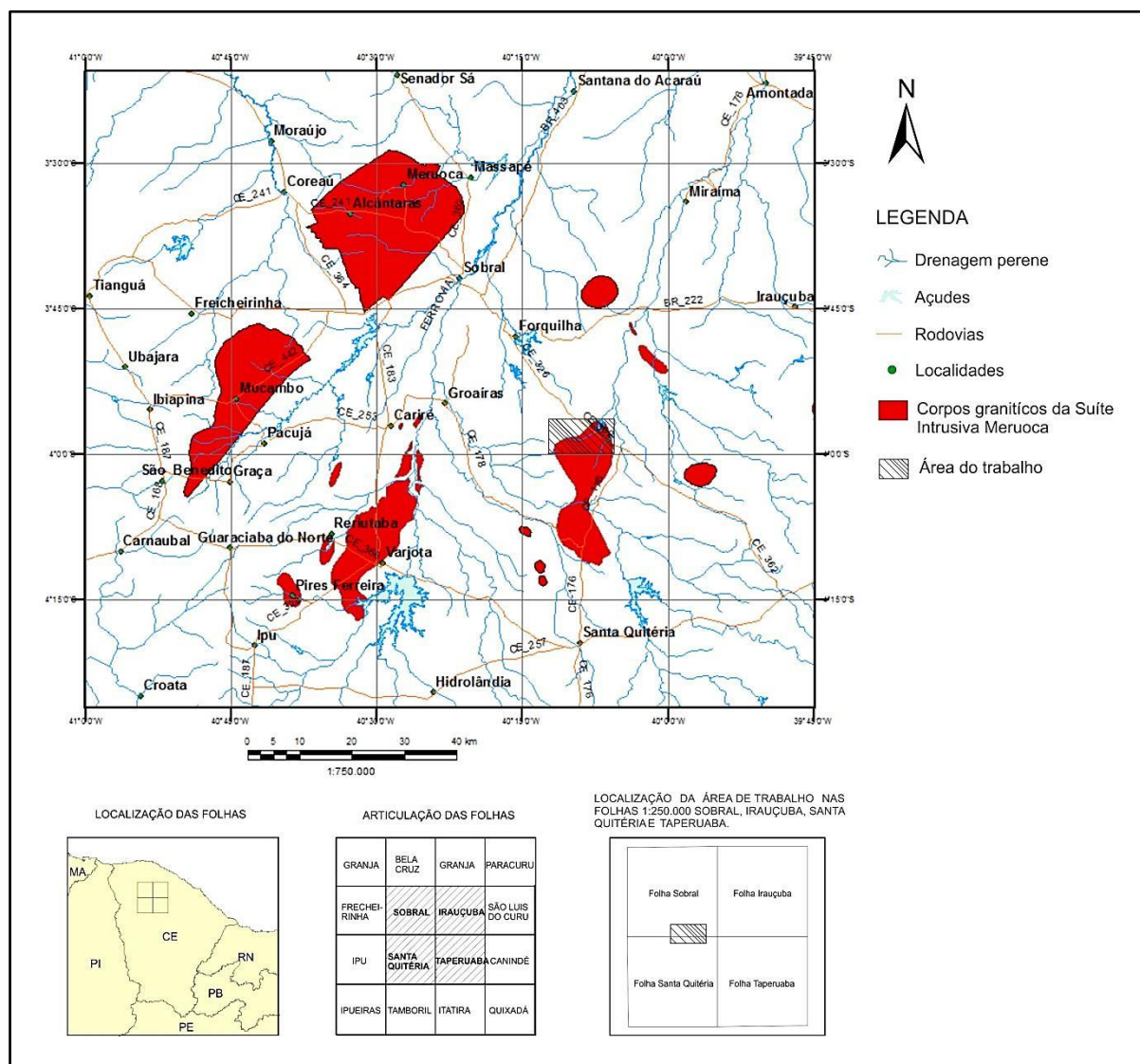
- Estudos petrográficos através da descrição de amostras de mão e lâminas delgadas/polidas, visando a classificação das rochas e a definição dos processos de cristalização;
- Estudos geocronológicos, com base no método Pb-Pb por evaporação-ionização em monocristais de zircão e também a obtenção de idades modelos (T_{DM}) por meio do método Sm-Nd;
- Caracterização das assinaturas geoquímicas e a determinação da tipologia e ambiente tectônico de sua colocação;
- Integração de dados e correlação do Granito do Pajé com os demais granitóides de região noroeste da Província Borborema, tendo como base para esse estudo comparativo a bibliografia que descreve esses corpos granitóides.

1.3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área de trabalho encontra-se localizada na região Nordeste do Brasil, na porção noroeste do estado do Ceará situada aproximadamente 35 km a sudeste da cidade de Sobral e a 20 km a norte de Santa Quitéria. A área do estudo está localizada nas Folhas Sobral (SA.24-Y-D-IV) e Santa Quitéria (SB.24-V-B-I) sendo representada por um retângulo na porção norte do Granito do Pajé com aproximadamente 183 Km², delimitada pelos paralelos 3° 56' e 4° 02'; e pelos meridianos 40° 12' e 40° 06' conforme ilustrado na Figura 1.1.

O acesso a área de trabalho pode ser feito a partir de Belém pela BR-316 até Teresina, seguindo posteriormente pela BR-343 até a localidade de Piripiri de onde então muda-se o percurso para a BR-222, passando por Tianguá, Frecherinha, Sobral até chegar em Forquilha. Depois de Forquilha o acesso é realizado pela CE-230 até encontrar a CE-176, para por fim acessar a CE-362 em direção ao distrito de Taperuaba.

Figura 1.1 – Mapa de localização da área de estudo, com destaque aos principais corpos graníticos



Fonte: (Base cartográfica obtida de CPRM, 2003).

1.4. MATERIAIS E METODOS DE TRABALHO

O presente TCC envolveu inicialmente o levantamento bibliográfico dos principais trabalhos existentes sobre a geologia do NW da Província Borborema, em especial do Domínio Ceará-Central e Médio-Coreaú, e foi importante para o entendimento geológico no qual está inserida a área de trabalho. Além disso foi feito o levantamento de dados geocronológicos existentes dos corpos graníticos.

O mapeamento geológico foi realizado através do levantamento de dados geológicos envolvendo uma etapa de campo, no período de 18 de julho a 4 de agosto de 2011, com caminhamentos e coleta de dados de campo e amostragem para análises petrográficas, litoquímicas e geocronológicas. A descrição dos afloramentos foi realizada seguindo os parâmetros a seguir: a) localização do afloramento; b) caracterização do afloramento; c) classificação dos tipos de rocha e suas variações, postura e interrelações, forma dos corpos, dimensões, etc.; d) identificação da composição mineralógica dos litotipos e estimativas percentuais dos minerais que os compõem; e) descrições dos aspectos e coleta de dados texturais/estruturais; f) classificação das rochas presentes; g) descrição de estruturas primárias e tectógenas;

Estudos laboratoriais envolveram: a) análises petrográficas realizadas por meio da descrição de amostras de mão e lâminas delgada; b) análises geocronológicas para determinação de idade de cristalização, idade modelo e estudos evolutivo do Granito do Pajé.

Foram coletadas 3 amostras para as análises geocronológicas e isotópicas do Granito do Pajé. A preparação dessas amostras envolve processos de fragmentação e/ou pulverização, realizados na Oficina de Preparação de Amostras (OPA), no Instituto de Geociências. A amostra 2011/PAJÉ-01, coletada para análise pelo método Pb-Pb em zircão, foi submetida aos processos de separação mineral realizados no Laboratório de Geologia Isotópica do Instituto de Geociências da UFPA (Pará-Iso) que consiste nas etapas de elutriação, separação dos minerais magnéticos no aparelho Frantz em posição vertical e horizontal, e concentração dos minerais pesados por gravidade com a utilização de líquido denso como o bromofórmio. Após a separação dos minerais densos, foram selecionados os cristais

de zircão a serem analisados pelo Espectrômetro de Massa de Termo-Ionização (TIMS), para determinação da idade de cristalização da rocha pelo método geocronológico Pb-Pb por evaporação-ionização em zircão.

Em relação às análises pelo método Sm-Nd, utilizando um espectrômetro de massa com fonte de Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-MS), foram selecionadas duas amostras representativas das fácies sienogranítica (2011/PAJÉ-02) e granodiorítica (2011/PAJÉ-03) do Granito do Pajé, as quais passaram pelos procedimentos para abertura de amostra com a adição de traçadores e ataque com ácidos bi-destilados, e separação isotópica com resinas trocadoras de íons, realizadas no Laboratório Pará-Iso.

Os resultados das análises geocronológicas, litoquímicos e petrográficos foram tratados através de diagramas isotópicos e geoquímicos adequados, visando à caracterização isotópica e petrológica das rochas estudadas.

Os dados geoquímicos para elaboração do estudo litoquímico do Granito do Pajé foram retirados de trabalhos existentes sobre essa mesma problemática. Estes dados foram retirados da tese de mestrado de Tavares Junior (1992), no qual o referido autor coletou o total de 13 amostras e realizou as análises geoquímicas para calcular o teor de elementos maiores, menores e Terras Raras. Neste TCC, estes dados foram compilados e os diagramas geoquímicos foram atualizados de acordo com as ferramentas hoje existentes.

Os resultados obtidos pelos dois métodos geocronológicos utilizados são apresentados na forma de gráficos, diagramas e tabelas. As interpretações, discussões e conclusões, bem como o estudo comparativo, são apresentadas ao longo desta monografia.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1. ARCABOUÇO GEOTECTÔNICO DO NW DA PROVÍNCIA BORBOREMA

A Província Borborema exibe o registro de uma evolução geológica policíclica e complexa por todo o Pré-Cambriano com registros do Arqueano ao final do Neoproterozóico, com dominante evolução na orogenia Brasileira/Pan-Africana. A região compreende a continuação, na América do Sul, da Província Benin/Nigéria (oeste da África) que apresenta com ela notáveis semelhanças geológicas (BRITO NEVES *et al.*, 2000) . Esta orogenia foi responsável, entre 660 e 570 Ma, pela amalgamação final do continente Gondwana Ocidental. No oeste da África, a identificação de zonas de suturas materializadas por rochas metamórficas de alta pressão com associações de suítes ofiolíticas e arcos magmáticos oceânicos deixa claro o caráter colisional dessa orogenia que envolveu os crátons São Luis-Oeste africano e São Francisco-Congo (BRITO NEVES *et al.*, 2000).

O panorama litoestrutural e tectônico da província foi desenvolvido principalmente durante a evolução de dois eventos tectônicos: a Orogenia Cariris Velho, do Mesoproterozóico Superior ao Neoproterozóico Inferior; e a Orogenia Brasileira, do Neoproterozóico Superior. A Orogenia Brasileira herdou os *trends* estruturais antigos e crosta retrabalhada, formada durante o início da Orogenia Cariris Velho. Adicionalmente, no embasamento da Província Borborema há outras feições tectônicas nas unidades do embasamento que podem ser atribuídas a estágios importantes de amalgamação continental durante a orogênese Transamazônica do Paleoproterozóico Médio (colagem), e também durante o Arqueano (BRITO NEVES *et al.*, 1995).

O evento Cariris Velho segundo Brito Neves *et al.* (1995) parece ser completo, contendo todas as principais fases do ciclo de Wilson de vida curta. O ciclo começou, provavelmente, antes de 1.0 Ga com a acreção de grandes maciços continentais. Localmente, isso ocorreu no Supercontinente Paleoproterozóico Atlântica, embora no momento da acreção isso possa ter sido parte do grande sistema geodinâmico Rodiniano. Em alguns casos, essa acreção resultou na formação de bacias extencionais, blocos não-subordinados de crosta Transamazônica como fragmentos do continente Atlântica, e margens continentais ao longo de grandes remanescentes do Atlântica na margem norte do Cráton São

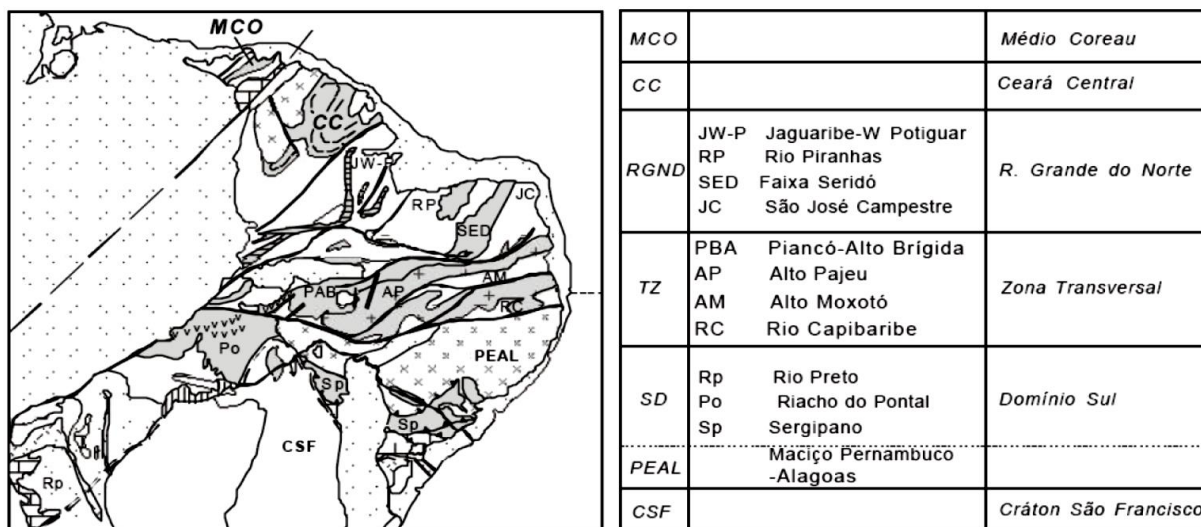
Francisco-Congo. A formação de crosta oceânica seguiram as fases de rifteamento entre os fragmentos e os blocos. Alguns dos maiores fragmentos continentais, subsequentemente convergiram, formando assembléias lito-tectônicas de tipos associados com bacias de antearco e de antepaís.

O conceito de uma província estrutural do Brasileiro é devido à supremacia de estruturas formadas no evento Brasileiro (e suas assinaturas tectônicas) e do plutonismo granítico fora do comum, associado a estas estruturas. Isto é particularmente relevante na distribuição geral dos principais *trends* estruturais da província, os quais configuram um padrão do tipo leque, para toda a parte nordeste do continente Sul-americano, sob a influência de lineamentos tectônicos de maior importância e seus deslocamentos, durante a fase extensional do Cambriano. Dessa forma, todos os *trends* estruturais estendem-se diagonalmente para a costa (BRITO NEVES *et al.*, 2001).

Logo após 750 Ma a paleogeografia dessa região passou por grandes modificações com o desenvolvimento de vários proto-oceanos continentais e bacias oceânicas, seguidos de tafrogênese. Isso conduziu ao desenvolvimento de uma série de zonas concorrentes de arqueamento tectônico como maciços e altos tectônicos que podem ser correlacionados com a quebra geral do continente Rodínia. Esses altos tectônicos foram os lugares onde litoestruturas dos eventos Transamazônico e do Cariris Velho (Granja-Senador Sá, Tróia-Tauá, Rio Piranhas e São José do Campestre) continuaram a ser expostas gerando a fonte sedimentar para o desenvolvimento das bacias, assim como para as que iniciaram um novo ciclo (BRITO NEVES *et al.*, 2001).

Com base em estudos prévios e com o auxílio de dados geocronológicos foi reconhecido cinco domínios estruturais principais na Província Borborema (BRITO NEVES *et al.*, 2000) denominados Médio Coreaú, Ceará Central, Rio Grande do Norte, Zona Transversal e Sul (Figura 2.1).

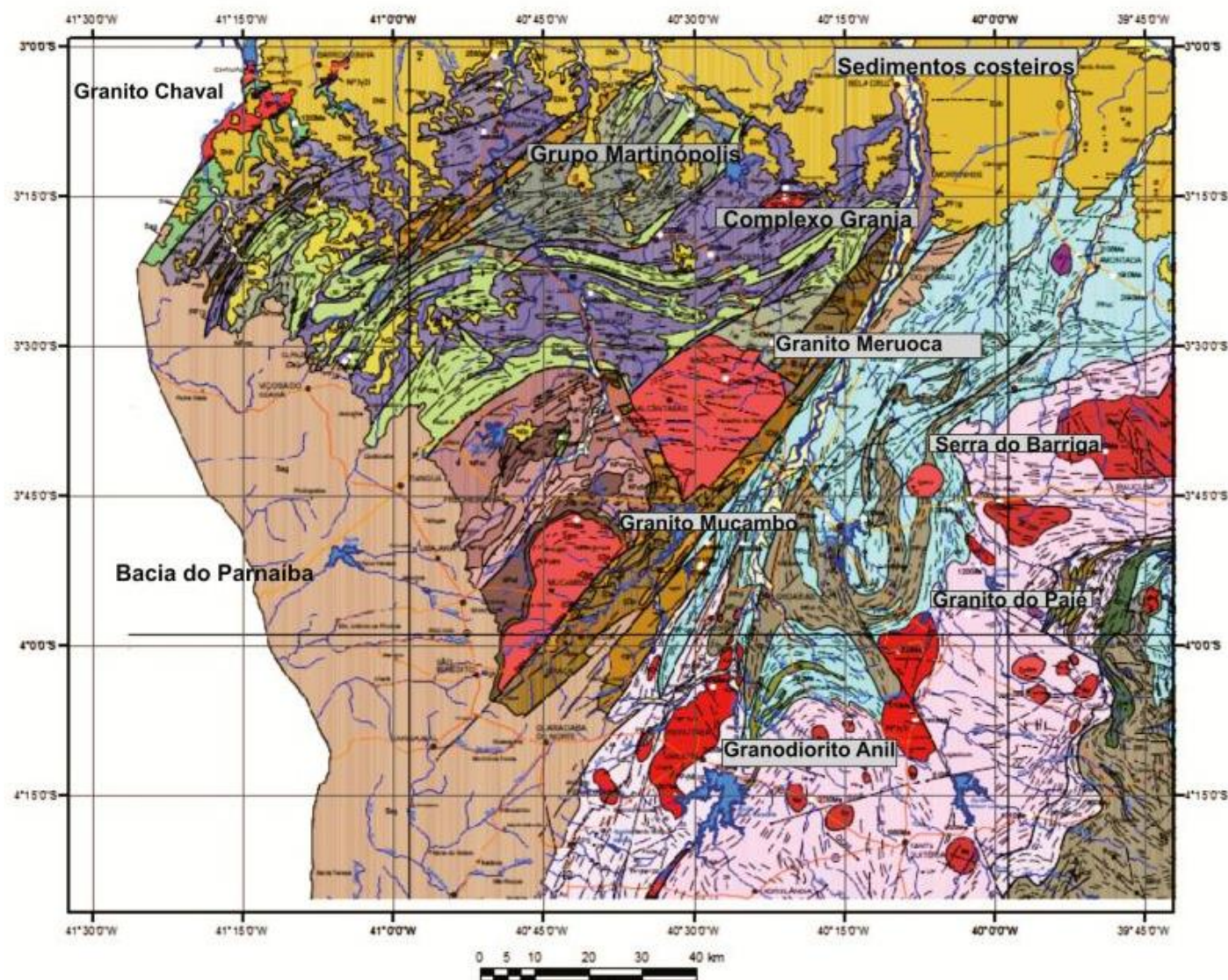
Figura 2.1 – Divisão dos domínios estruturais da Província Borborema



Fonte: Segundo Brito Neves *et al.* (2000).

As evidências geológicas sugerem que esses domínios crustais foram arranjados em sua presente disposição antes do fim do Cambriano, seguindo uma significativa fase do deslocamento transcorrente do fim do evento Brasileiro. Durante o Fanerozóico os limites desses segmentos crustais, não sofreram grandes perturbações, pois suas estruturas dos domínios principais não foram tiveram grandes modificações (BRITO NEVES *et al.*, 2000). Os granitóides da área de estudo se encontram nos domínios Médio Coreau e Ceará Central (Figura 2.2).

Figura 2.2 – Mapa Geológico do noroeste da Província Borborema com destaque aos corpos graníticos.



Fonte: Base Cartográfica Digital (CPRM, 2003).

2.2. DOMÍNIO MÉDIO COREAÚ (DMC)

Este domínio está situado a noroeste do estado do Ceará, a noroeste da Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II, componente do Lineamento Transbrasiliano e compreende o Complexo Granja e a Faixa Martinópolis-Ubajara.

O Domínio Médio Coreaú consiste de um embasamento composto de rochas metamórficas de alto grau juvenis, com idades de 2.35 Ga, segmentos vulcano-sedimentares (Grupo Martinópolis) e sucessões pelíticas e carbonáticas (Grupo Ubajara) do Neoproterozóico. Ao longo do Lineamento Transbrasiliano ocorrem uma série de bacias transtensionais e plútons graníticos pós-orogênicos. Em toda porção leste deste domínio, ocorre as sucessões sedimentares Paleozóicas da Bacia do Parnaíba que recobrem as rochas deste domínio (BRITO NEVES *et al.*, 2001).

2.2.1. Geologia do Domínio Médio Coreaú

O DMC é localizado na porção noroeste do estado do Ceará e nordeste do estado do Piauí e limitado pelo Lineamento Sobral – Pedro II. Segundo (BRITO NEVES *et al.*, 2001) é formado por um embasamento contendo rochas metamórficas médio a alto grau, com idades em torno de 2.35 Ga, seqüências vulcano-sedimentares (Grupo Martinópolis) e por rochas sedimentares clásticas finas e químicas (Grupo Ubajara) do Neoproterozóico. Bacias transtensionais e plútons pós-orogênicos (granitos Mucambo e Meruoca).

2.2.1.1. Complexo Granja

O Complexo Granja definido por Nascimento *et al.* (1981) é considerado embasamento da Faixa Martinópolis–Ubajara, constituído por ortogneisses TTG, granulitos ortoderivados e paraderivados, e gnaisses migmatíticos. Santos (2004), com base em idades U-Pb, Sm-Nd e Pb-Pb, considera os gnaisses TTG como correspondentes a uma crosta juvenil gerada em ambiente de arco magmático durante o Sideriano (2,50 a 2,30 Ga), com retrabalhamento nos eventos Transamazônico e Brasileiro. Determinações U-Pb em titanita nos gnaisses migmatizados e isócrona mista Sm-Nd nos granulitos forneceram valores variando entre 553 e 557 Ma, o que foi interpretado que o metamorfismo do Complexo Granja ocorreram no Neoproterozóico (SANTOS *et al.*, 2004).

2.2.1.2. Grupo Martinópolis

Este grupo compõe-se de sequências supracrustais de margem continental passiva, depositadas entre 775 e 808 Ma e metamorfasadas em torno de 650 Ma (U-Pb em titanita) (SANTOS, 2004). O Grupo Martinópolis corresponde à unidade inferior, que se inicia com quartzitos e metacalcários, intercalados com rochas metavulcânicas (Formação São Joaquim), seguidos por uma sequência metapelitocarbonática (Formações Covão e Santa Terezinha).

2.2.1.3. Grupo Ubajara

Este grupo, de idade Neoproterozóica, é constituído por três formações. A Formação Caiçaras é constituída por ardósias, metasiltitos, metarenitos e metapelitos, que caracterizam um ambiente deposicional fluvial meandrante; a Formação Trapiá, formada por metapelitos e arenitos arcossianos típicos de ambiente de planície de maré e, no topo, a Formação Frecheirinha, com metacalcários de ambiente marinho plataformar (QUADROS; ABREU, 1995). A deposição do grupo se deu em extensas áreas na ordem de milhares de quilômetros, em ambiente de margem continental (ABREU *et al.*, 1993).

2.3. DOMÍNIO CEARÁ CENTRAL (DCC)

Este domínio limita-se a norte pela Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II, que o separa do Domínio Médio Coreaú. A oeste faz limite com a Província Sedimentar do Parnaíba e a leste e ao sul faz fronteira com a Faixa Orós-Jaquaribe por meio da Zona de Cisalhamento Orós Oeste/Aiuaba. O DCC consiste de um embasamento gnáissico, formado durante o processo de colagem no evento Transamazônico, com a inclusão do núcleo Arqueano relacionado ao Maciço Tróia-Tauá. Além disso, contém uma série de sequências supracrustais do Neoproterozóico, relacionadas a cinturões de dobramentos com sucessões de quartzitos, pelitos e unidades carbonáticas menores, e plutonismo expressivo do Neoproterozóico Superior (BIZZI, 2003).

O Complexo Tamboril-Santa Quitéria é uma das unidades expressivas situado na parte nordeste do DCC, dispostas na direção NE-SW, que com uma série de

características isotópicas e dados geofísicos, sugerem que o mesmo se trata de um arco magmático continental envolvido no evento Brasileiro (FETTER, 2003).

2.3.1. Geologia do Domínio Ceará Central

Este domínio estrutural consiste de embasamento gnáissico, formado durante a colagem transamazônica, com a inclusão de um importante núcleo Arqueano (Maciço Tróia-Tauá), além de conter uma série de seqüências supracrustais neoproterozóicas, remanescentes de 23 de cinturões de dobramentos (quartzitos, pelitos, unidades carbonáticas menores), e plutonismo brasileiro expressivo – Neoproterozóico Superior – (BRITO NEVES *et al.*, 2000).

2.3.1.1. Bloco Tróia – Pedra Branca

Segundo Bizzi *et al.* (2003), esta unidade foi primeiramente denominada como Maciço Tróia – Tauá (BRITO NEVES *et al.*, 1975) e representa terrenos arqueanos amalgamados na colagem orogênica no Paleoproterozóico. Abrange ortognaisses e gnaisses diversos, migmatitos, metabasaltos, metagabros, metarriolitos, quartzitos, grafita-xistos, metacalcários, metacherts e BIF's. Investigações geocronológicas pelos métodos U-Pb e Sm-Nd apontam idades em torno de 2,8 a 2,7 Ga (FETTER *et al.*, 1999).

2.3.1.2. Complexo Ceará

O Complexo Ceará é composto por rochas de médio a alto grau metamórfico e segundo Bizzi *et al.* (2003) é subdividido em quatro unidades denominadas: Canindé, Independência, Quixeramobim e Choró. De modo geral são rochas de ambiente plataformar. Idades U-Pb em zircões atestaram idades de 2,1 Ga para o Complexo. Por outro lado, determinações Sm-Nd em rocha total apontaram idades entre 1,98 e 2,44 Ga com valores positivos de ϵ_{Nd} , indicando que a maior parte da crosta cresceu por acreção de terrenos de arcos juvenis, com algum enriquecimento de material crustal mais velho, ou seja, influenciados por crosta arqueana, representada pelo Maciço de Tróia. A presença deste maciço pode indicar progressiva acreção leste-oeste de material crustal ou dois pulsos distintos de crescimento (FETTER *et al.*, 1999).

2.3.1.3. Unidade Independência

Segundo Schobbenhaus *et al.* (1984), a unidade encontra-se assentada sobre os gnaisses do Complexo Ceará e é formado principalmente por gnaisses variados e, em menor proporção, por leptinitos e gnaisses facoidais. Ocorrem intercalações de metaarcóseos, metagrauvacas, anfibolitos, xistos, mármore e metabasitos. Determinações radiométricas para as rochas desta unidade com base no método U-Pb em zircão forneceram idade de 772 ± 31 M.a. Segundo Fetter *et al.* (1999), esta unidade compreenderia uma margem continental ativa anterior à aglutinação do Gondwana Oeste, desenvolvendo um arco continental como produto da subducção. Isto é reforçado pela existência de anomalias gravimétricas positivas sob a Bacia do Parnaíba, no extremo noroeste da Província Borborema, interpretados como remanescentes de uma sutura oceânica. Esta subducção teria como resultado a formação de seqüências de ante e retro arco (Unidade Independência) com o desenvolvimento do Batólito Santa Quitéria, com idades U-Pb entre 665 a 591 Ma. Estas evidências sugerem convergência entre a Província Borborema e o Cráton São Luís – Oeste Africano (FETTER *et al.*, 1999).

2.3.1.4. Complexo Tamboril-Santa Quitéria

Brito Neves (1973), refere-se às áreas de ocorrência desta unidade como um complexo antigo, eminentemente metassomático e constituídos de granitos, migmatitos e gnaisses. O Complexo Tamboril-Santa Quitéria ocorre numa extensa área do Domínio Ceará Central. Segundo Fetter *et al.* (2003), no complexo Santa Quitéria foram identificados quatro tipos principais de granitóides associados com o desenvolvimento do arco magmático, do tipo pré-colisional (diorítico a granodiorítico) e interpretado como a fase mais primitiva do magmatismo continental do arco. As rochas dominantes deste suite são os granodioritos cinzentos que são freqüentemente megaporfíricos. As litologias constituintes foram deformados, metamorfisados e removidas parcialmente durante os estágios mais tardios do desenvolvimento do arco e são representados por xistos, gnaisses e por diversos tipos de migmatitos.

3. GRANITOGÊNESE DO NEOPROTEROZÓICO

O evento Brasileiro é um típico ciclo supercontinental que ocorreu em território sul-americano com as designações de Brasileiro e Pampeano. Vários fragmentos litosféricos derivados da fissão diacrônica do continente Rodínia foram arregimentados entre si para a formação do Supercontinente Gondwana, o que implicou no fechamento de vários oceanos, braços de oceanos neoproterozóicos e aulacógenos, registrando assim a consequente formação gradual e progressiva de vários orógenos (BRITO NEVES *et al.* 2003).

O evento Brasileiro na Província Borborema é marcado por intensa granitogênese e desenvolvimento de extensas zonas de cisalhamento (VAUCHEZ *et al.* 1995 *apud* ALMEIDA *et al.* 2002) e sequências supracrustais metamorizadas na fácies anfibolito alto (BITTAR; CAMPOS NETO 1999 *apud* ALMEIDA *et al.* 2002). Os granitóides Brasileiros apresentam características petrográficas e químicas diversas, tendo sido agrupados nas suítes cálcio-alcálica de alto-K, cálcio-alcálica, trondhjemítica, peralcalina (SIAL 1984 *apud* ALMEIDA *et al.* 2002) e transicional shoshonítica-alcálica (GUIMARÃES *et al.* 1998 *apud* ALMEIDA *et al.* 2002). Dados analíticos de rocha total e química isotópica indicam que os vários grupos de rochas graníticas foram gerados em diversos eventos tectônicos sin a pós à Orogênese Brasileira (ALMEIDA *et al.* 2002).

Segundo Bizzi *et al.* (2003) a granitogênese Brasileira da Província Borborema pode ser abordada como uma sucessão de pulsos magmáticos representados pelas supersuítes I (cedo a sin-Brasileiro), II (tardi-Brasileiro) e III (pós-Brasileiro). No contexto das supersuítes pós-Orogênese Brasileira, se encontra a Suíte Intrusiva Meruoca, representada pelos plútons Meruoca, Mucambo e Serra da Barriga, intrudidos nas rochas metassedimentares dos grupos Ubajara e Jaibaras, ou nas rochas supracrustais do Complexo Ceará (GORAYEB *et al.* 1988).

3.1. SUÍTE INTRUSIVA MERUOCA

Esta suíte híbrida é representada no Domínio Médio Coreaú pelos plútons Meruoca e Mucambo (BRITO NEVES *et al.*, 2003) e estão intrudidos nas rochas sedimentares dos grupos Ubajara e Jaibaras, desenvolvendo expressivas auréolas

de metamorfismo de contato até condições da fácies hornblenda-hornfels (GORAYEB *et al.* 1988).

O Granito Meruoca segundo Gorayeb *et al.* (1988) é representado por uma fácies granítica avermelhada e uma fácies cinzenta a faialita, e abrange sienogranitos, quartzo sienitos, granitos monzoníticos e hornblenda biotita granitos, com idades U-Pb em zircão de 523 ± 9 Ma (ARCHANJO, 2009). Macroscopicamente trata-se de um granito leucocrático de coloração cinza esverdeada, apresentando granulação variando de média a grossa, onde se destacam feldspatos, quartzo e minerais máficos (biotita, anfibólios e opacos), textura fanerítica e inequigranular (TORQUATO *et al.* 2008). Ao microscópio mostra textura inequigranular hipidiomórfica/seriada e como produtos de alteração, foram encontrados clorita, muscovita e minerais argilosos. Os acessórios estão representados por zircão, apatita, titanita, monazita, epidoto e opacos, tendo ainda a presença de fluorita como produto das reações tardimagmáticas (TORQUATO *et al.* 2008). Trata-se de uma rocha ígnea plutônica que é classificada como um biotita sienogranito, ou biotita-hornblenda granito (STRECKEISEN, 1976).

O Granito de Mucambo é geralmente de granulação grossa com textura porfírica, com a presença característica de muitos autólitos (quartzo-dioríticos) e xenólitos de rochas encaixantes (Grupo Ubajara), além de exibir bem marcada auréola de metamorfismo de contato. Composicionalmente, predominam granitos, com biotita e hornblenda, e com composições de granodioritos e quartzo sienitos subordinadas. De acordo com os estudos de Gorayeb *et al.* (1993) a composição do Granito Mucambo é essencialmente sienogranítica a monzogranítica, com abundância de diversos enclaves com diferentes naturezas e tamanhos, veios pegmatíticos graníticos e diques aplíticos. Os efeitos de metamorfismo de contato estão registrados em até 3000 m nas encaixantes (GORAYEB *et al.* 1988). A idade U-Pb em zircão atribuída ao granito Mucambo é de 532 ± 6 Ma (FETTER *et al.* 1999).

Como representantes dessa suíte granítica no Domínio Ceará Central, são registrados os corpos granitóides Serra da Barriga e Anil. O Granito Serra da Barriga é de caráter polintrusivo, do tipo circunscrito, com discretas estruturas de fluxo magmático e xenolíticas praticamente restritas às bordas do maciço. Seu arcabouço litológico está representado sienogranitos inequigranulares, megaporfíricos de

granulação média a grossa e de coloração predominantemente rosada, contendo internamente corpos semi-anelares, mais ou menos contínuos, de biotita monzogranito porfirítico róseo acinzentado e de duas variedades de sienogranitos inequigranulares de granulações média a grossa de coloração branca a branco acinzentada, bem como de raros veios aplíticos e pegmatóides próximos dos contatos com as rochas encaixantes. Localmente ocorrem típicas feições de misturas de magmas, atestadas pela interação entre biotita granitos com sienogranitos de texturas cumuláticas presentes nas bordas do corpo magmático. De modo geral, as variedades de granitos apresentam estruturas isotrópicas e basicamente constituídas por quartzo, microclínio, oligoclásio e subordinadamente albita intersticial, neste caso sugerindo efeitos metassomáticos nos estágios finais de cristalização, além de biotita, hornblenda e traços de opacos, titanita, apatita, zircão, allanita e fluorita. Dados geoquímicos efetuados permitem considerar estes granitos como de natureza peraluminosa de filiação cálcioalcalina alto K, altamente evoluídos, com alguma contaminação crustal. Datação U/Pb em monazitas do sienogranito, apresentam concórdia com intercepto superior com $522 \pm 7,6$ Ma que representa idade de cristalização do final do Neoproterozóico (MATTOS *et al.* 2007).

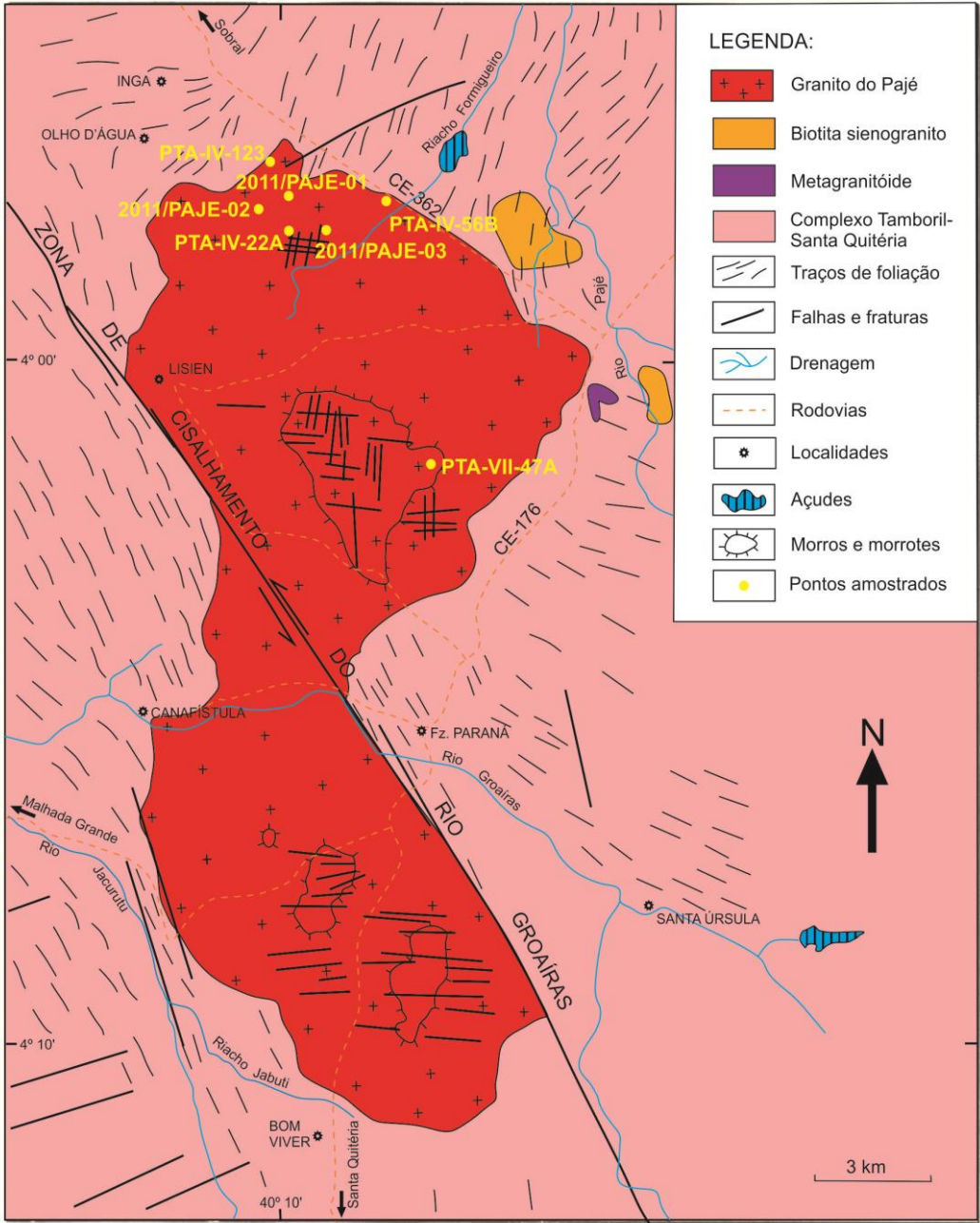
Outro granitóide proposto como componente da Suíte Meruoca por Gorayeb *et al.* (1994), é o Granodiorito Anil, que trata-se de um corpo extenso que aflora à aproximadamente 40 km a SSW de Sobral, englobando os municípios de Varjota, Reriutaba, Delmiro Gouveia, Amanaiara, Cariré e Macaraú. Apresenta-se em um batólito de forma elíptica alongado na direção NNE – SSW, com 35 km de comprimento e por 11 km de largura. Este plúton apresenta composição granodiorítica com variações monzograníticas. Ocorrem localmente massas irregulares, veios, corpos alongados e bolsões de composição álcali-feldspato granítica e leucoquartzo sienítica. Encontram-se intrudidos em uma seqüência de alto grau metamórfico, constituído de paragneisses aluminosos com sillimanita, rochas calcissilicáticas, granulitos, granitóides estratóides e milonitos (GORAYEB *et al.* 1994). O contato com os gnaisses é brusco, com presença de enclaves máficos nas bordas da intrusão e localmente há veios graníticos e diques a partir do seu flanco leste. Determinações isotópicas pelo método Rb–Sr em rocha total revelaram idade de 587 ± 19 Ma, (GORAYEB; LAFON, 1995).

4. GEOLOGIA DA ÁREA

4.1. ASPECTOS GERAIS

O Granito do Pajé definido por Gorayeb e Abreu (1991) é um corpo de dimensão batolítica que ocupa uma área de cerca de 190 km², com formato semelhante a um “8”, forma essa resultante do deslocamento sinistral da Zona de Cisalhamento do Rio Groaíras que o divide quase simetricamente (Figura 4.1). Suas dimensões aproximadas situam-se entre 25 km de comprimento na direção N-S e larguras variando entre 3,5 a 12 km (GORAYEB; ABREU, 1991). Este corpo granítico se localiza ao norte da cidade de Santa Quitéria e a SSW de Forquilha.

Figura 4.1 – Mapa geológico da região do Granito do Pajé, modificado de Gorayeb e Abreu (1991). Destaque para a Zona de Cisalhamento do Rio Groaíras a qual lhe confere a sua forma em “8”.



ERA/ PERÍODO	UNIDADES		DESCRIÇÃO
Paleozóico/ Cambriano	Granito do Pajé		Corpo intrusivo de dimensões batolíticas e composição sienogranítica. Apresenta textura granular idiomórfica, de granulação grossa, cor rosada a cinza escura, leucocrático, com megaxenólitos de gnaiss e enclaves máficos porfiríticos de dimensões centimétricas a métricas.
	Neoproterozóico	Complexo Tamboril-Santa Quitéria	Bt. Sienogranito
		Complexo Tamboril-Santa Quitéria	Metagranitóide
			Gnaisses

Geomorfologicamente o relevo apresentado na área de trabalho podem ser individualizadas em duas unidades de acordo com as homogeneidades das formas de relevo e posicionamento altimétrico relativo: superfície sertaneja e maciços residuais (PRATES *et al.*, 1981). A superfície sertaneja corresponde ao nível mais baixo do relevo, com cotas de 190 m e altitude máxima de 330 m. Constitui a unidade de maior expressão territorial, estendendo-se além dos limites da região em foco. Os maciços residuais correspondem às serras de extensões variadas que se destacam em meio à superfície sertaneja. Como exemplo desses maciços residuais podemos destacar a Serra de Meruoca, Serra do Pajé (Figura 4.2), Serra da Barriga, envolvendo relevos com altitudes superiores a 700 m.

Figura 4.2 – Visão geral da Serra do Pajé com destaque de relevo com altitudes de até 500m em relação a superfície sertaneja. (Imagem fotografada próximo ao ponto PTA-VII-47A)

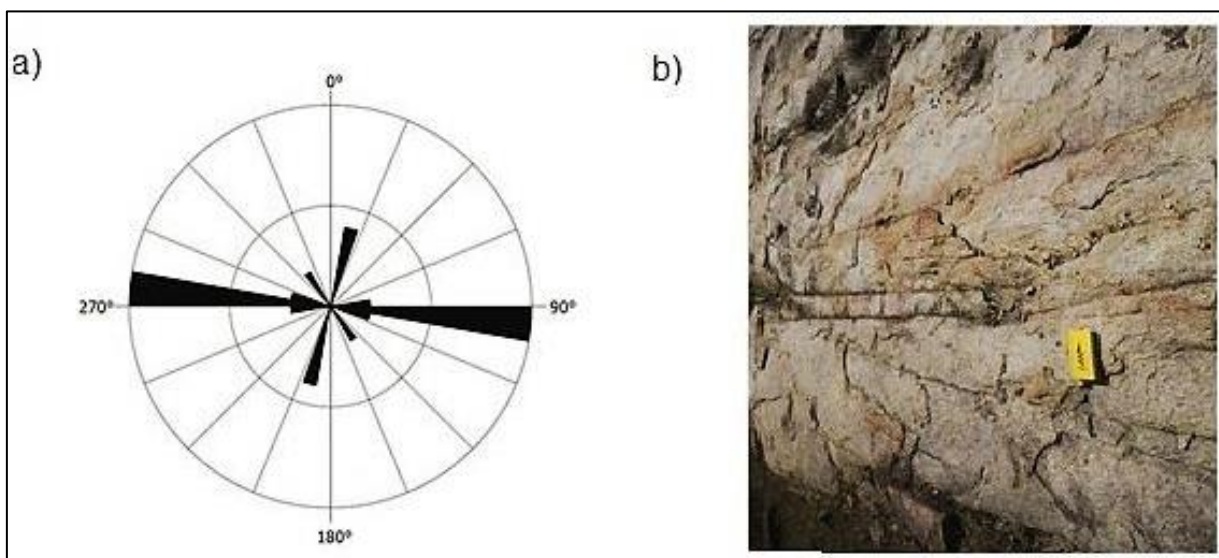


Os contatos com as rochas encaixantes, representados por paragneisses aluminosos com biotita, sillimanita e granada, e em menor expressão, ortogneisses tonalíticos a granodioríticos, além de rochas cálcio-silicatícas migmatizadas, são de dois tipos: intrusivo e tectônico. No primeiro trata-se de um contato brusco entre a

rocha granítica e os gnaisses encaixantes e que é assinalado por grande irregularidade da superfície de contato, com reentrâncias do material granítico nas rochas gnáissicas que truncam bruscamente suas estruturas e a porção granítica projeta-se em alguns casos, por dezenas de metros (GORAYEB; ABREU, 1991). No caso do contato tectônico, evidenciado por limites retos, confrontando bruscamente o material granítico com os gnaisses, através de zonas intensamente deformadas em condições dúcteis, dúcteis-rúpteis e rúpteis. Dentre essas zonas destaca-se a Zona de Cisalhamento Rio Groaíras, de caráter transcorrente sinistral, com rejeitos do corpo da ordem de 5 a 9 km e que é responsável, em parte, pela sua forma atual, assemelhando-se a um “8”.

Nas partes centrais do corpo, onde estão situadas as expressões de maior relevo do plúton, é destacado um sistema de fraturas aproximadamente ortogonal com orientação principalmente E-W e mais raramente N-S (Figura 4.3), subverticais, que são intersectadas por superfícies sub-horizontais que limitam e condicionam as feições morfológicas do granito. Para as laterais do corpo, a morfologia muda completamente, constituindo áreas rebaixadas onde são comuns a presença de grandes lajedos aplainados. Próximo ao contato encontra-se, com certa frequência, estruturas de fluxo magmático, ressaltadas nas fácies porfíricas de borda pela orientação subparalela dos fenocristais de K-feldspato (GORAYEB; ABREU, 1991).

Figura 4.3 – a) o diagrama em roseta ilustrando as direções das famílias de fraturas no Granito do Pajé; b) foto do afloramento mostrando as fraturas na direção preferencial E-W. (Ponto PTA-VII-47A)



Na porção norte do plúton, onde foi definido este trabalho, as rochas graníticas são isotrópicas. Nas zonas de borda por toda a extensão dos afloramentos estudados, destacam-se xenólitos e autólitos, além de corpos tabulares de composição mais máfica. Os autólitos tem forma abaulada, às vezes irregulares, de dimensões decimétricas e apresentam composição tonalítica com xenocristais de plagioclásio (Figura 4.4). Apesar da raridade, ocorrem também corpos alongados, tabulares, de composição máfica, textura afanítica e granulação muito fina, sem uma direção bem definida (Figura 4.5).

Figura 4.4 – Enclave de composição tonalítica e textura porfírica com fenocristais de plagioclásio. (Ponto PTA-VII-47A)

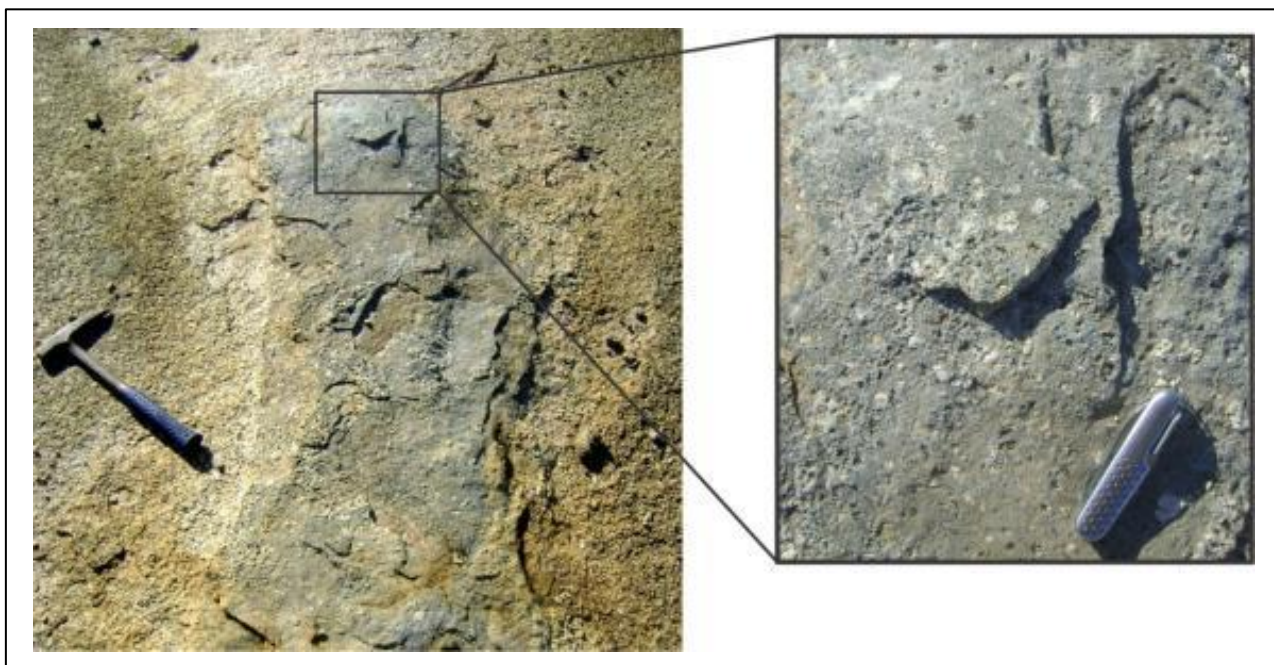
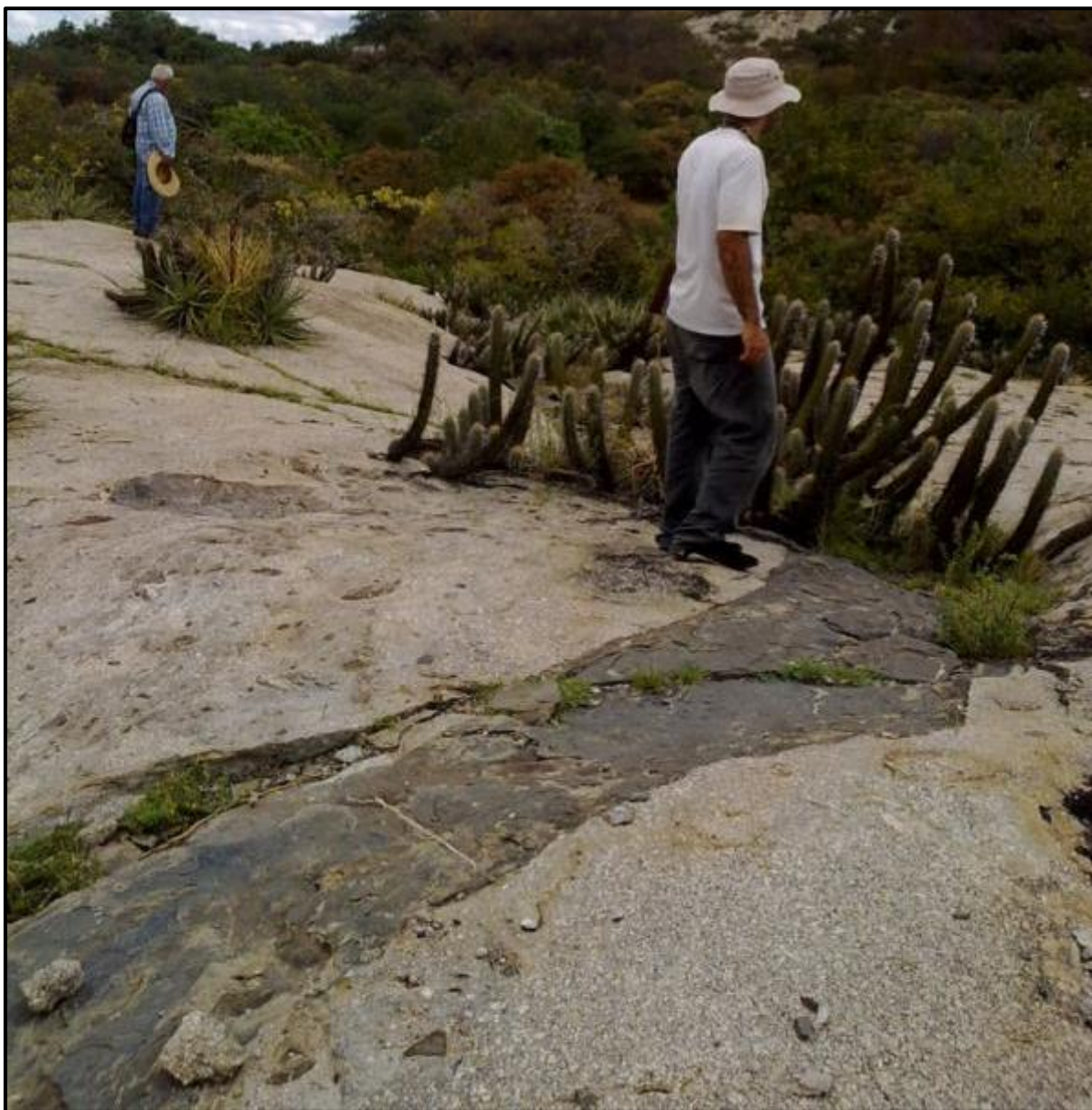


Figura 4.5 – Porção do Granito do Pajé com facies granítica porfirítica com enclaves tabulares ou lentiformes de rochas mais máficas (microdioritos). (Ponto PTA-VII-47A)



Os xenólitos encontrados na rocha, geralmente tem forma irregular e tem dimensões de poucos centímetros à vários metros e também mega-xenólitos que apresentam de 30x40 m de tamanho que é interpretado como tetos abatidos (Figuras 4.6 e 4.7). As relações entre o granito e os gnaisses do Complexo Tamboril-Santa Quitéria são bruscos, entretanto nas regiões de borda do granito ocorre grande quantidade de xenólitos parcialmente assimilados e são registradas injeções de veios graníticos que apresentam estruturas de borda do tipo agmáticas. Na zona de borda comumente há a existência de margens de resfriamento e de estruturas de fluxo magmático definido por orientação de fenocristais e xenólitos, schlieren

biotíticos e acamadamento magmático, revelando o forte gradiente térmico e baixa viscosidade entre o corpo e as encaixantes na fase de cristalização do corpo granítico, e permite interpretar que ora o alojamento do Granito do Pajé se deu de modo forçado, com períodos de “*stopping*” e acomodação, acompanhado de assimilação parcial das encaixantes. O ambiente tectônico de colocação foi interpretado como um regime distensivo regional durante o Eopaleozóico (GORAYEB *et al.* 1993).

Figura 4.6 – Detalhe do contato entre um megaxenólito de um gnaiss encaixante e o Granito do Pajé na região de borda do plúton. Notar a injeção de veios e a assimilação do gnaiss pela porção granítica. (Ponto PTA-VII-47A)

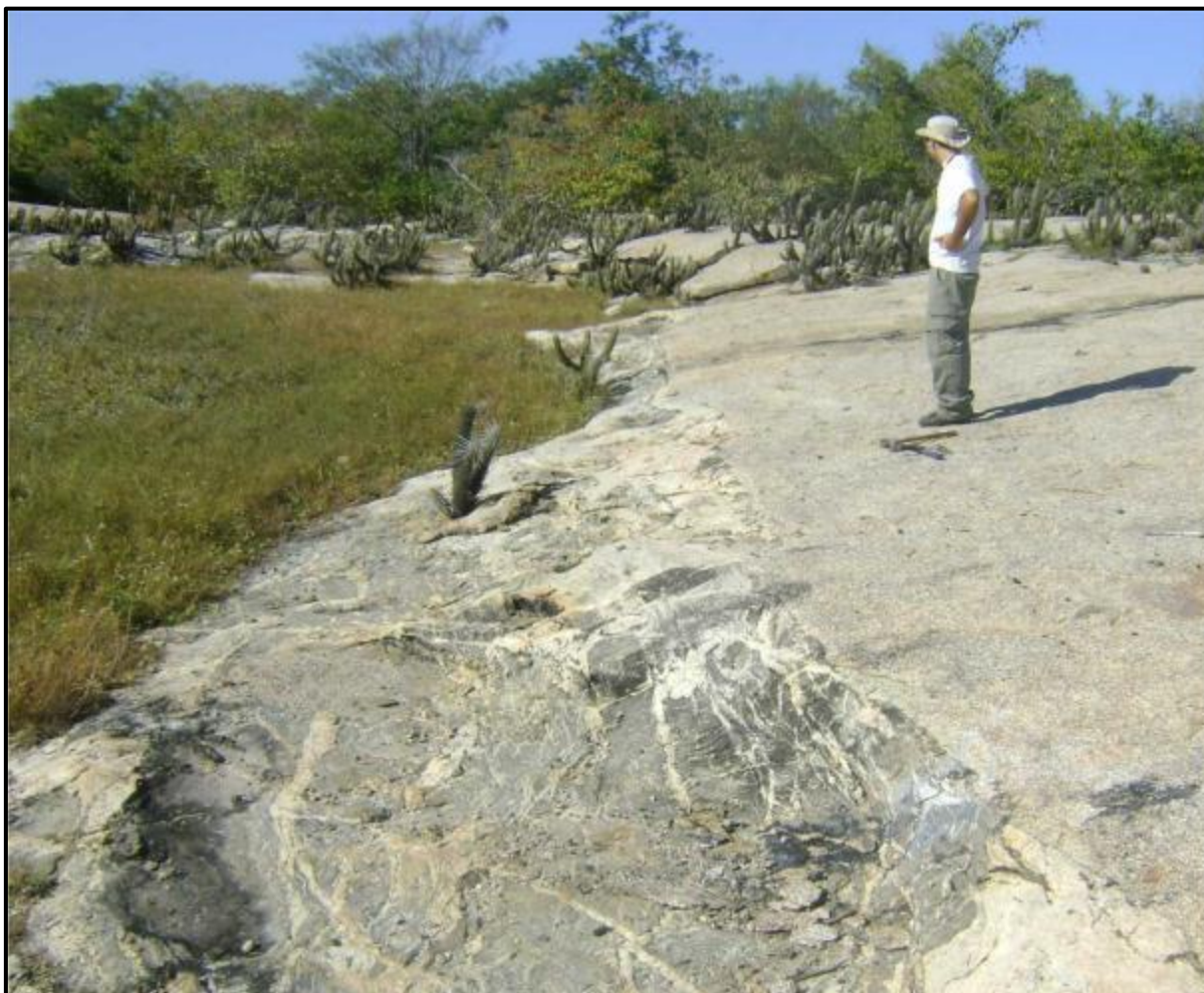


Figura 4.7 – Xenólitos de gnaisses na zona de borda do corpo intrusivo com variadas dimensões, formas irregulares e diferente grau de assimilação, definindo a zona xenolítica de borda do Granito do Pajé. (Ponto PTA-VII-47A)



4.2. PETROGRAFIA E FACIOLOGIA DO GRANITO DO PAJÉ

O estudo petrográfico desenvolvido no Granito do Pajé envolveu a descrição macroscópica e microscópica de 7 amostras do granito, além de um estudo complementar da petrografia desenvolvida por Tavares Júnior (1992), o que possibilitou uma melhor caracterização mineralógica e textural do referido granito. As composições modais das rochas estudadas por Tavares Júnior (1992) e neste trabalho são mostradas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Composições modais do Granito do Pajé. O espaçamento utilizado para a contagem de pontos foi de 3 passos, com exceção das amostras com granulometria mais fina: PTA-IV-56B e PTA-IV-22^a, onde foi feita a contagem com 2 passos.

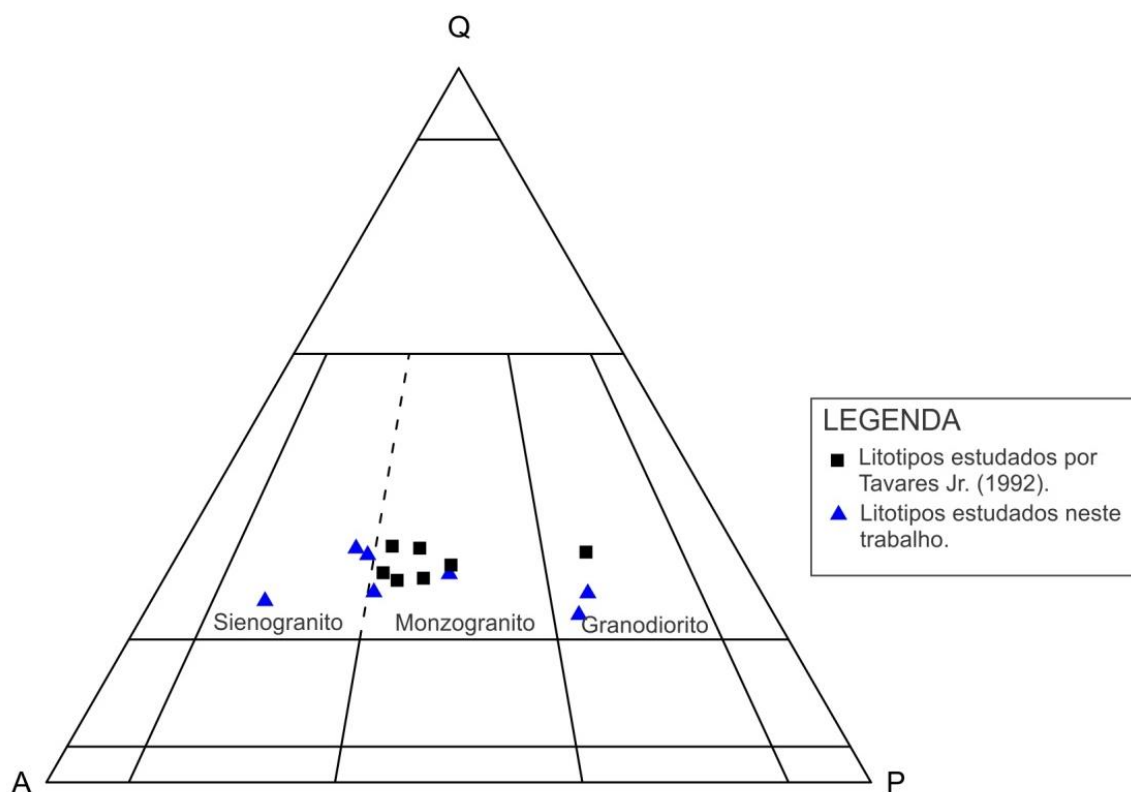
Amostras	Minerais (% modal)						Total %	Nº de pontos
	Plagioclásio	Álcali-feldspato	Quartzo	Biotia	Hornblenda	Acessórios**		
2011/PAJÉ-01	19,1	42,5	29,5	7,9	0,0	1,1	100	2000
2011/PAJÉ-02	21,0	41,1	29,0	8,1	0,0	0,8	100	2000
2011/PAJÉ-03	40,8	18,3	18,1	21,7	0,0	1,1	100	2000
PTA-VII-47A	30,1	32,1	25,6	10,0	1,2	1,0	100	2000
PTA-IV-123	25,3	45,0	25,5	2,6	1,1	0,5	100	2000
PTA-IV-56B	12,3	54,1	22,6	8,8	1,7	2,2	100	2000
PTA-IV-22A	40,0	16,1	20,2	17,2	4,3	2,2	100	2000
*SM-28	27,4	41,8	27,3	3,3	—	0,2	100	1500
*SM-31	26,6	35,3	30,2	7,5	—	0,4	100	1500
*SM-42	43,6	16,3	28,5	11,1	—	0,5	100	1500
*SM-43	22,5	36,8	29,3	10,7	—	0,7	100	1500
*SM-64	25,4	43,2	28,5	2,4	—	0,5	100	1500
*SM-65	32,6	34,4	29,3	3,3	—	0,4	100	1500
*SM-67	28,7	36,5	26,1	8,0	—	0,7	100	1500

*Amostras estudadas por Tavares Júnior (1992).

** Titanita, zircão, alanita, apatita e opacos.

A partir dos dados petrográficos podemos constatar que o Granito do Pajé constitui um extenso plúton com composição relativamente homogênea, podendo ser classificado predominantemente como um monzogranito com pequenas variações ao campo do sienogranito e granodiorito no diagrama de Streckeisen (1976), (Figura 4.8). Entretanto, Gorayeb e Soares (1994) com base nas variações texturais e mineralógicas destacaram seis fácies petrográficas assim definidas: monzogranito porfirítico, monzogranito seriado, micromonzogranito, hornblenda monzogranito, sienogranito e granodiorito.

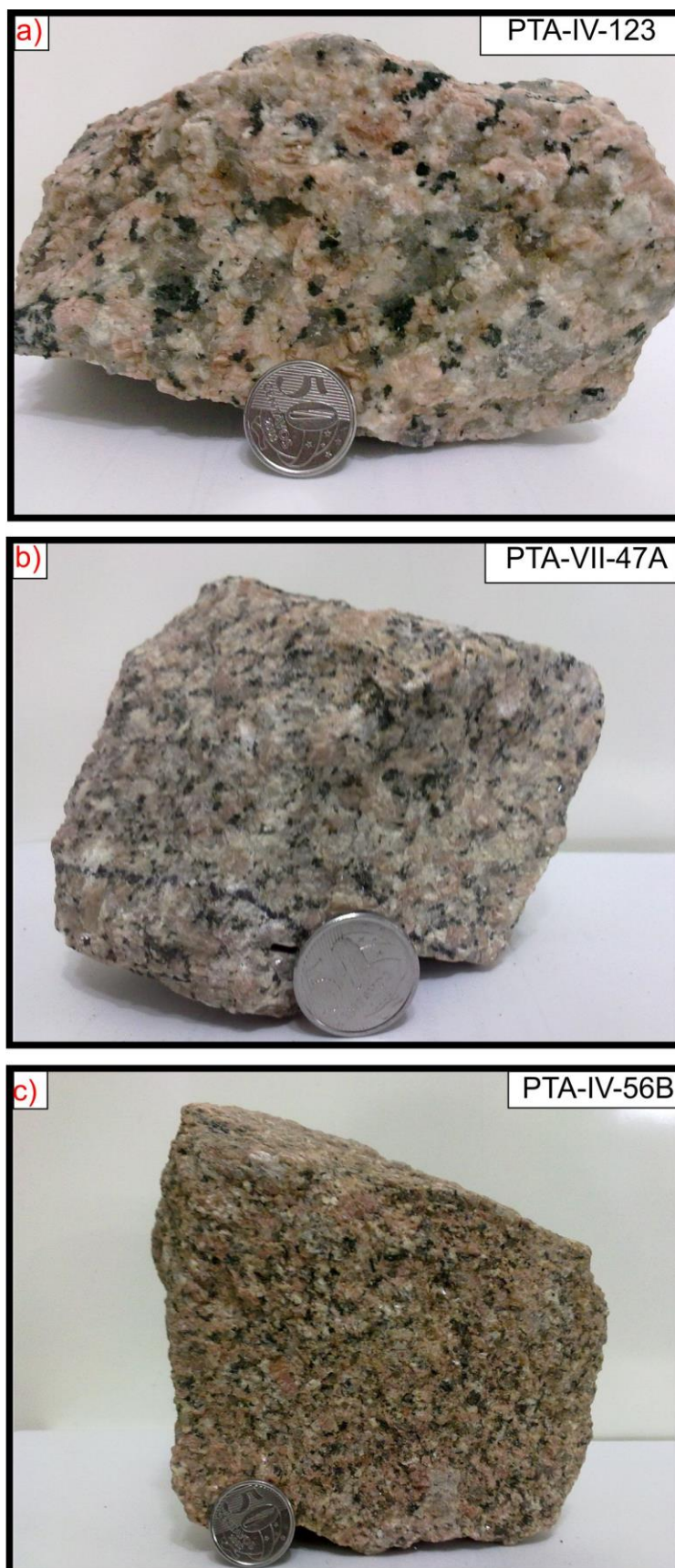
Figura 4.8 – Diagrama QAP de Streckeisen (1976) de classificação de rochas plutônicas com posicionamento das amostras do Granito do Pajé.



O Granito do Pajé trata-se de uma rocha leucocrática, de cor cinza levemente rosada, com cristais inequigranulares de granulação grossa, com textura granular hipidiomórfica, constituída mineralogicamente por álcali-feldspato, quartzo e plagioclásio (Figura 4.9). O conteúdo mineralógico é formado essencialmente por microclina, oligoclásio (An_{22-29}) e quartzo. Biotita e anfibólio são os minerais menos abundantes, geralmente em proporções menores que 10%. Os minerais acessórios são representados por apatita, zircão, titanita, alanita e minerais opacos.

As descrições macroscópicas e microscópicas dos litotipos amostrados e estudados nesse trabalho de pesquisa e a partir de amostras coletadas na disciplina Estágio de Campo II / 2011 (Faculdade de Geologia - UFPA) encontram-se nos anexos deste relatório, na forma de ficha petrográfica, onde se encontram também as fotos micrográficas, de amostra de mão, assim como a localização dos pontos amostrados.

Figura 4.9 – Aspectos mesoscópicos do Granito do Pajé. a) e b) Mostrando a granulação grossa e textura hipidiomórfica granular típica do centro do corpo granítico. c) Mostra a granulometria média comum na borda do corpo granítico.



4.2.1. Monzogranitos

Os tipos monzograníticos foram identificados nas amostras PTA-IV-123, PTA-VII-47A, SM-65, SM-28, SM-31, SM-67, SM-61 e SM-43, e são as rochas mais abundantes no corpo. Segundo Gorayeb e Soares (1994) representam rochas de coloração rosada, levemente acizentada, leucocráticas, com textura granular hipidiomórfica, granulação grossa com cristais de até 5 cm (Figura 4.10), constituídos mineralogicamente por quartzo (22-36%), microclina peritítica (28-42%) e oligoclásio – An_{18-28} (28-34%), e biotita (Figura 4.11). Os minerais acessórios são representados por titanita, alanita (Figura 4.12a), zircão e minerais opacos. Apresentam às vezes hornblenda (Figura 4.12c) na sua composição mineralógica, porém limitam-se as porções da borda do corpo.

Figura 4.10 – Facies monzogranítica do Granito do Pajé e sua relação de contato com a facies sienogranítica. Notar os xenólitos de gnaiss (Xn).



Os tipos porfíricos ocorrem com alguma, inclusive na fácies de borda do corpo e, nesse caso, sobressaem fenocristais euédricos de microclina e mais raramente de plagioclásio zonado (GORAYEB; SOARES, 1994).

Figura 4.11 – Aspectos microscópicos gerais das amostras coletadas da fácies monzogranítica do Granito do Pajé, ilustrando a granulação grossa e textura granular hipidiomórfica desta rocha.

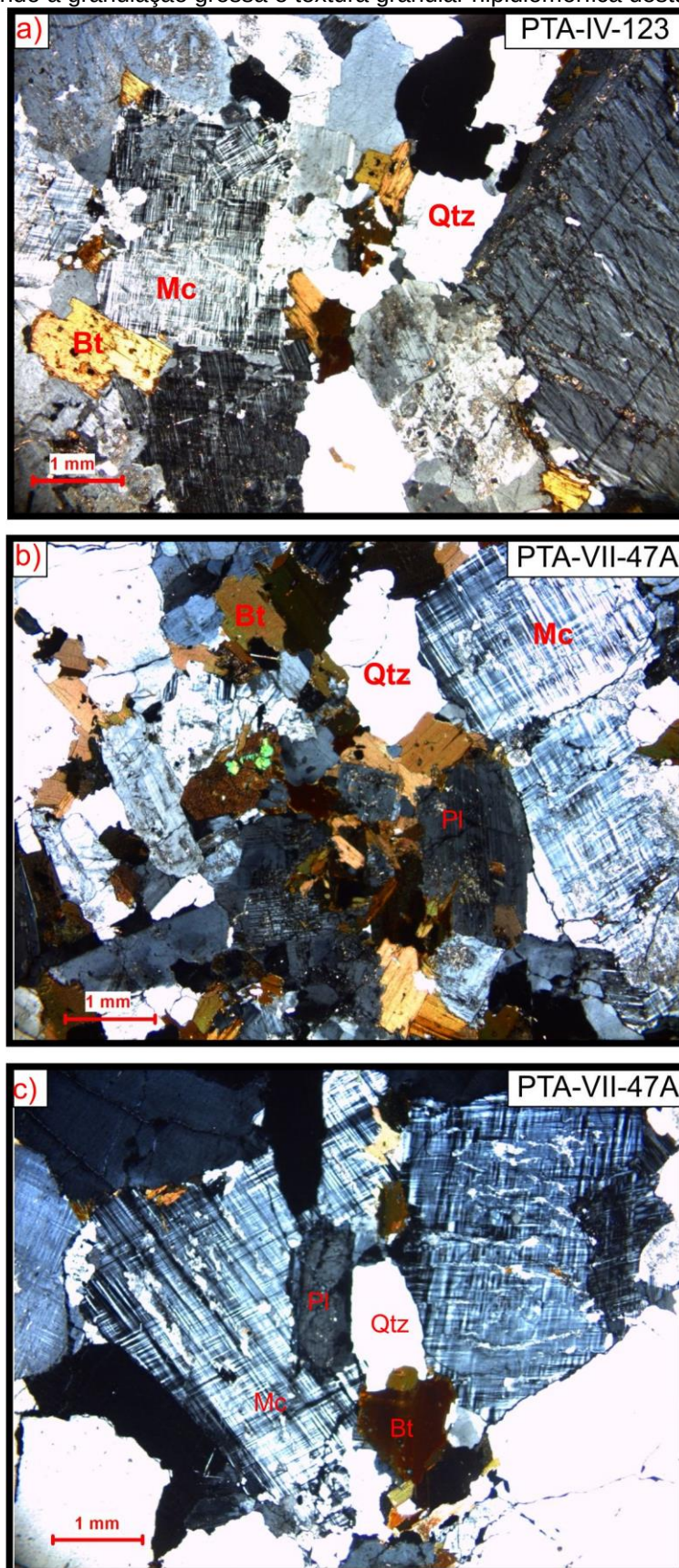
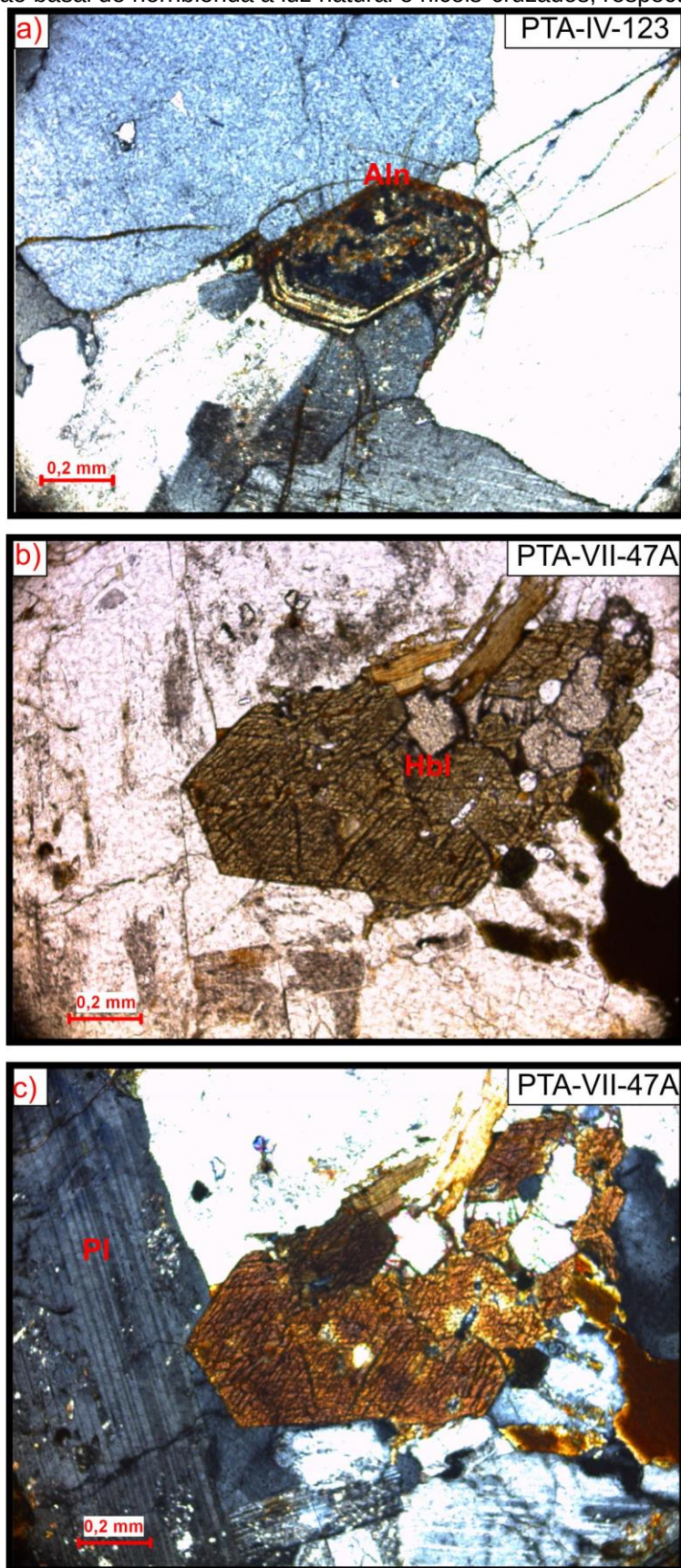


Figura 4.12 – a) Allanita euédrica, zonada, mineral acessório comum nessa rocha. b) e c) Fotomicrografia da seção basal de hornblenda à luz natural e nicóis-cruzados, respectivamente.



4.2.2. Sienogranitos

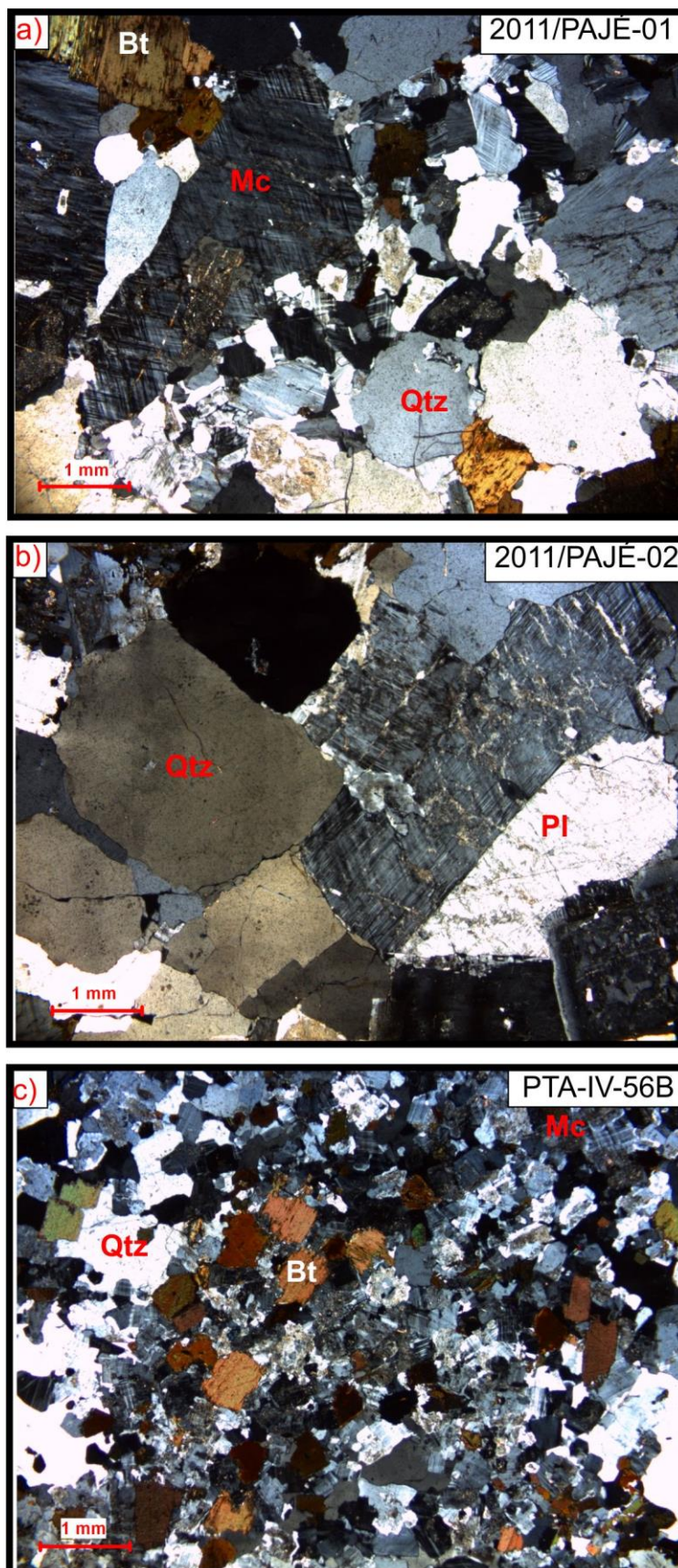
Os sienogranitos foram identificados nas amostras PTA-IV-56B, 2011/PAJÉ-01 e 02. Os sienogranitos são encontrados nas porções mais internas do corpo e de modo mais restrito em algumas porções da borda. Eles se apresentam em formas de corpos irregulares de dimensões métricas, os quais comumente envolvem as rochas da fácies monzogranítica, criando às vezes relações de inclusão de uma pela outra, o que demonstra posicionamento temporal mais novo da cristalização dessas rochas. Os sienogranitos apresentam uma coloração rosa-acinzentada a esbranquiçada, de granulação grossa com cristais de 2 a 5 cm, leucocráticos, apresentando quantidades elevadas de microclina, quartzo e plagioclásio (Figura 4.13) mostrando uma textura granular hipidiomórfica (Figura 4.14).

Os tipos microgranitos apresentam granulação média, textura granular alotriomórfica (Figura 4.14c), comumente restritos à zona de borda ou ocorrem como pequenos diques aplíticos tardios.

Figura 4.13 – Aspectos mesoscópicos do Granito do Pajé. a) e b) Amostras da fácies mais evoluída mais partes mais centrais do corpo granítico. c) Microgranito da fácies de borda do corpo, mostrando uma granulação média relacionada a margem resfriada próxima ao contato com a encaixante.



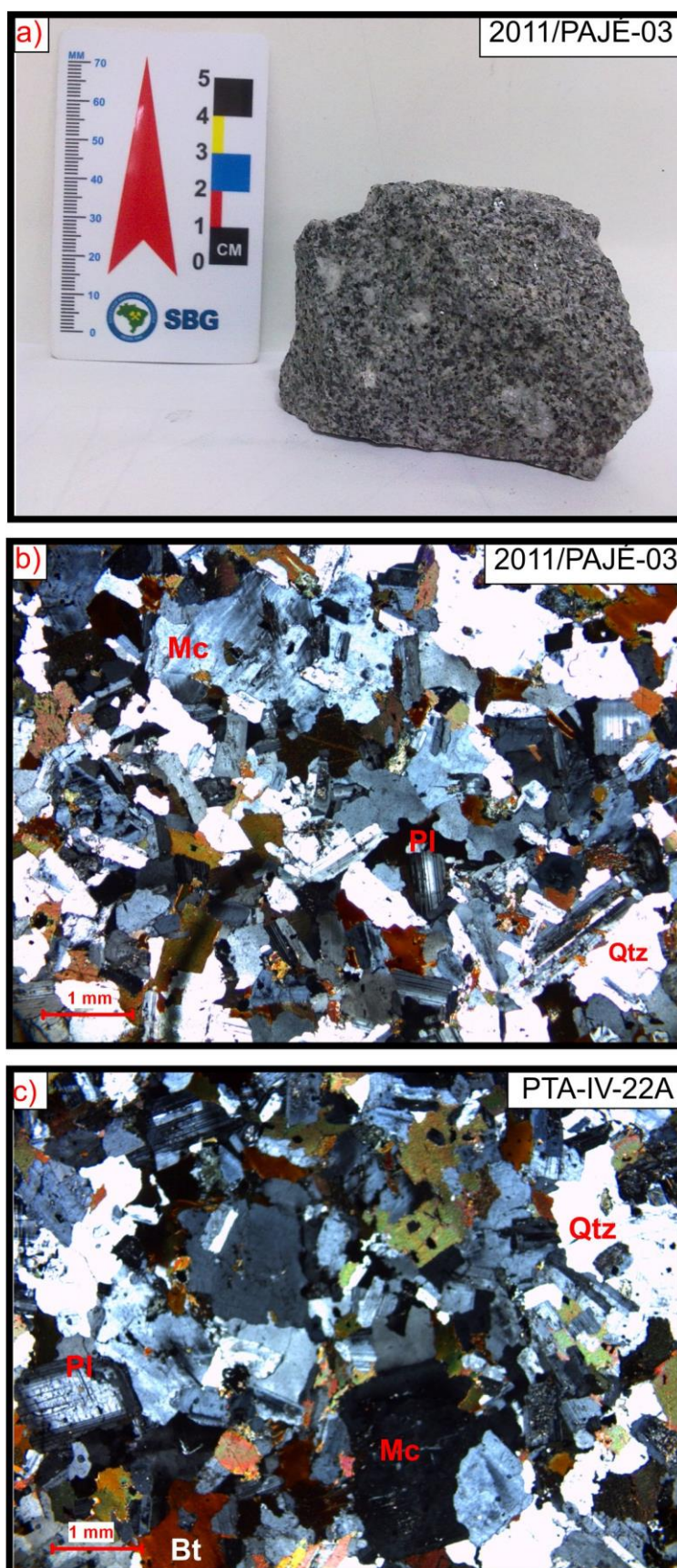
Figura 4.14 – a) e b) Aspecto geral do sienogranito com destaque para a granulação grossa e textura granular hipidiomórfica. c) Microgranito demonstrando a textura granular alotriomórfica na fácies de borda do granito.



4.2.3. Granodioritos

Os granodioritos têm ocorrência bastante limitada e se distribuem em corpos alongados de dezenas de metros. Segundo Gorayeb e Soares (1994) são rochas de cor cinza, granulação média, apresentando os maiores índices de cores e percentuais de plagioclásio (40%). Podem conter raramente fenocristais de álcali-feldspato e suas texturas comuns envolvem agregados microgranulares e frequentes intercrescimentos mimerquíticos, além de raras feições gráficas (Figura 4.15). Algumas vezes percebe-se que há uma relação direta entre a ocorrência dessas rochas e a presença de enclaves ricos em minerais máficos, Segundo Gorayeb e Soares (1994), a petrogênese dos granodioritos está intimamente relacionada a absorção de materiais de composição mais máfica (anfíbolitos, rochas cálcio-silicáticas ou gnaisses tonalíticos) pelo magma monzogranítico, não permitindo definir seguramente a origem dos enclaves (encaixantes locais ou materiais crustais mais profundos – GORAYEB; ABREU, 1991).

Figura 4.15 – a) Aspecto mesoscópico da fácies granodiorítica do Granito do Pajé, apresentando alguns fenocristais de plagioclásio. b) e c) Texturalmente a fácies granodiorítica é predominantemente um arranjo de agregados microgranulares.



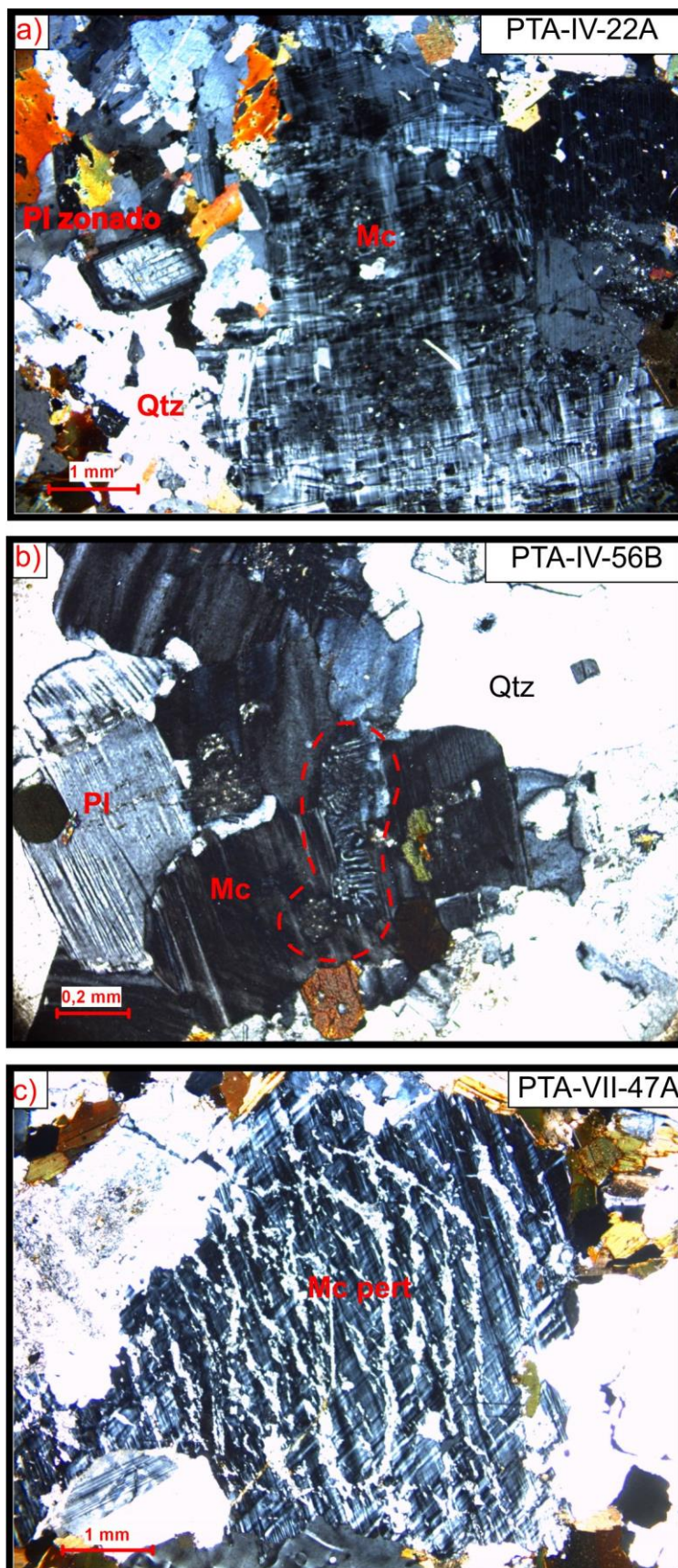
4.2.4. Análise microestrutural

A análise microestrutural e textural do Granito do Pajé mostraram que esse corpo apresenta predominantemente textura granular hipidiomórfica e pela presença de fenocristais de microclina e plagioclásio, subédricos a anédricos, com formas tabulares e com contatos retos entre os fenocristais e irregulares com os cristais de quartzo, este na maioria dos casos intersticial. Alguns cristais de plagioclásio apresentam uma zoneamento provavelmente composicional do centro para as bordas (Figura 4.16a).

A presença de intercrescimentos gráficos com o quartzo desenhando feições goticulares, pontilhados e vermiformes, inclusos nos cristais de microclina e plagioclásio é muito comum (Figura 4.16b). Outra característica comum a esse granito é a presença de mesopertitas desenvolvidas nos cristais de álcali-feldspato (Figura 4.16c).

A ausência de efeitos de deformação e metamorfismo na rocha, como orientação mineral, estiramento, formação de subgrãos e recristalização, demonstram que o Granito do Pajé consiste de uma rocha isotrópica e que conserva as feições primárias da época de sua cristalização.

Figura 4.16 – Aspectos microestruturais do Granito do Pajé. a) Zoneamento composicional em alguns cristais de plagioclásio. b) Intercrescimento mimerquítico formado por minúsculos cristais de quartzo intercrescidos na borda do plagioclásio (área tracejada). c) Formação de mesopertitas nos cristais de microclina.



5. GEOCROLOGIA

Os nuclídeos radioativos são aqueles que emitem espontaneamente partículas α , β e radiações eletromagnéticas γ ou através da captura eletrônica onde o produto final que atinge a estabilidade é chamado de nuclídeo radiogênico. Os isótopos radioativos naturais usados para estudos geocronológicos são aqueles que possuem meia vida compatível com o tempo geológico e que tenham uma quantidade de isótopos-filhos mensuráveis em diversos tipos de rocha. Dentre estes, os principais métodos geocronológicos utilizados são Sm-Nd, Rb-Sr, U-Pb, Pb-Pb, Re-Os, Lu-Hf e K-Ar (DICKIN, 2005).

Neste trabalho de TCC, foram utilizados os métodos Pb-Pb por evaporação-ionização em zircão e Sm-Nd em rocha total, para a obtenção da idade de cristalização, a idade modelo T_{DM} e parâmetro petrogenético ϵ_{Nd} das rochas do Granito do Pajé.

5.1. GEOCROLOGIA Pb-Pb EM ZIRCÃO

5.1.1. Metodologia e procedimentos analíticos

O chumbo é encontrado em rochas de composição ultramáfica até félsica e também em muitos minerais como zircão, plagioclásio e sulfetos. Além da concentração total de chumbo em rochas, é possível estabelecer as razões isotópicas, que permitem o cálculo das idades através da concentração de isócronas ou idades modelos individuais.

A metodologia Pb-Pb é derivada de duas metodologias radiométricas independentes do sistema U-Pb. O urânio tem dois isótopos naturais radioativos usados na datação de rochas o ^{238}U , ^{235}U , além do ^{232}Th , que são a base do método U-Pb. Os produtos finais são o ^{206}Pb , ^{207}Pb e ^{208}Pb , sendo o ^{204}Pb estável e usado como referência (DICKIN, 2005).

A série de decaimento do ^{238}U , que inclui o ^{234}U como um filho intermediário, termina em ^{206}Pb estável, após a emissão de oito partículas alfa e seis partículas beta + energia ($^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb} + 8\ ^4\text{He} + 6\beta^- + Q$). O ^{235}U tem como produto final o ^{207}Pb estável, após emissão de sete partículas alfa e quatro partículas beta + energia ($^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb} + 7\ ^4\text{He} + 4\beta^- + Q$). A série de decaimento do ^{232}Th , termina

em ^{208}Pb estável, após a emissão de seis partículas alfa e quatro partículas beta + energia ($^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb} + 6\ ^4\text{He} + 4\beta^- + Q$).

O método de datação Pb-Pb é baseado no rearranjo das equações de decaimento do método U-Pb. Se dividirmos as equações, uma pela outra, cancela-se o termo ^{204}Pb e obtemos:

Equação 5.1 – Utilizada pelo método de datação Pb-Pb, em função das razões isotópicas de Pb das amostras, onde 1/137,88 é uma razão constante de $^{235}\text{U} / ^{238}\text{U}$, para qualquer urânio de composição natural, seja qual for sua procedência.

$$\begin{aligned} \left(\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right)_P - \left(\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right)_I &= \frac{^{235}\text{U}}{^{204}\text{Pb}} (e^{\lambda_{235}t} - 1) \\ \left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right)_P - \left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right)_I &= \frac{^{238}\text{U}}{^{204}\text{Pb}} (e^{\lambda_{238}t} - 1) \end{aligned} \longrightarrow \frac{\left(\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right)_P - \left(\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right)_I}{\left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right)_P - \left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right)_I} = \frac{1}{137,88} \frac{e^{\lambda_{235}t} - 1}{e^{\lambda_{238}t} - 1}$$

Desta forma, a idade $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ pode ser calculada sem nenhum conhecimento da concentração de urânio. As razões iniciais de $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ podem ser, em geral, inferidas medindo-se a composição isotópica do chumbo em feldspato coexistente ou estimadas a partir de um dos modelos de evolução do chumbo terrestre. A idade é determinada com o auxílio de tabelas ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) em função de “t” (tempo), ou com a utilização de software mediante uma série de sucessivas aproximações para “t”, até que a diferença com a razão esteja dentro de um desejado nível de precisão, em geral 0,1% (DICKIN, 2005).

A metodologia isotópica Pb/Pb pode ser aplicada mesmo em rochas alteradas intempericamente, onde outras técnicas não forneceria resultados confiáveis. A isócrona Pb-Pb em rocha-total apresenta uma estabilidade dos isótopos de chumbo e a confiabilidade de seus dados (Dickin, 2005). Contrariamente às outras técnicas de datação, o resultado depende somente da determinação das razões isotópicas de Pb; não de medidas de concentração de dois elementos diferentes.

5.1.2. Coleta e preparação das amostras para o estudo geocronológico

Foi coletado cerca de 30 kg de amostra da fácies sienogranito do Granito do Pajé para análise geocronológica pelo método Pb-Pb por evaporação em zircão. Após trituração, pulverização e peneiramento da amostra na Oficina de Preparação de Amostras (OPA/UFGA), as frações granulométricas entre, 0,250 mm – 0,180 mm

e 0,180 mm – 0,125 mm, foram separadas com auxílio de elutriador. Na etapa seguinte foi utilizado o separador magnético Isodynamic Frantz do Laboratório de Geologia Isotópica (Pará- Iso/UFGA), para a separação dos minerais magnéticos, e após a separação, a amostra foi levada para a concentração por líquidos pesados (bromofórmio). Os cristais de zircão foram então triados manualmente sob uma lupa binocular e foram selecionados 14 grupos de 5 cristais de zircão para a análise no Espectrometro de Massa de Termo-Ionização com multicoletor, Finnigan MAT 262 (TIMS) do Laboratório de Geologia Isotópica (Pará- Iso/UFGA) e separados pelo menos em duas populações de zircão.

Os cristais selecionados foram preferencialmente aqueles sem evidências de metamitização, sem inclusões ou fraturas, porém por falta de cristais límpidos e sem fraturas, foram analisados alguns cristais que fugiram a essas características.

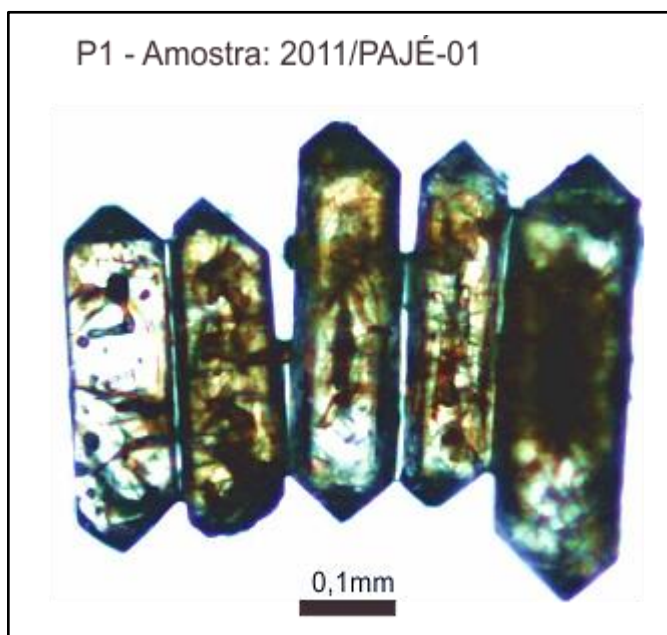
5.1.3. Procedimentos Analíticos

O método de evaporação de Pb em monocristais de zircão, utilizando um espectrômetro de massa TIMS, permitiu a determinação de idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ em um curto espaço de tempo e sem tratamento químico prévio. A metodologia foi desenvolvida por Kober (1987), sendo sua adaptação para o PARÁ-ISO apresentada por Gaudette *et al.* (1998). Essa técnica posiciona frente a frente dois filamentos de rênio, sendo um de evaporação em forma de canoa, onde o cristal de zircão é aprisionado, e um de ionização, a partir do qual o Pb é analisado (KOBBER, 1987). Geralmente, são realizadas três etapas de evaporação a 1450°C, 1500°C e 1550°C, com intervalos de tempo de 3 a 5 minutos de evaporação para cada etapa. O Pb evaporado deposita-se imediatamente no filamento de ionização, o qual é mantido a temperatura ambiente. Dependendo da quantidade de Pb que o cristal contém e de sua capacidade em se fixar no filamento de ionização, pode-se realizar até três ou mais etapas de evaporação. Passado o tempo de evaporação, o filamento é desligado e o filamento de ionização é aquecido a uma temperatura em torno de 1050°C até 1200°C, e o Pb ali depositado é ionizado. Em cada etapa de ionização são obtidos 5 blocos de dados (análise em contador de íons), gerando um bloco com 8 razões $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ em cinco varreduras. A partir das médias das razões $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ dos blocos define-se uma idade para cada etapa de ionização. Em geral, são consideradas as idades obtidas nas etapas de mais alta temperatura

que são as mais representativas da idade de cristalização do mineral, eliminando-se as etapas de mais baixa temperatura. Esses resultados são representados num diagrama Idade (Ma) versus os zircões analisados com desvios a 2σ e as correções do Pb de contaminação e inicial são feitas mediante uso do modelo do Pb em estágio duplo proposto por Stacey e Kramers (1975 apud GALARZA; MACAMBIRA, 2002), utilizando a razão $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. As razões $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ foram corrigidas para um fracionamento de massa de $0,07 \pm 0,03\%$ por u.m.a., determinados a partir de análises repetidas do padrão de Pb NBS-982. Para o tratamento estatístico dos resultados analíticos, como o cálculo da idade, erro analítico e diagrama utilizaram-se os softwares Zircão (PARÁ-ISO) e Isoplot de Ludwig (2004).

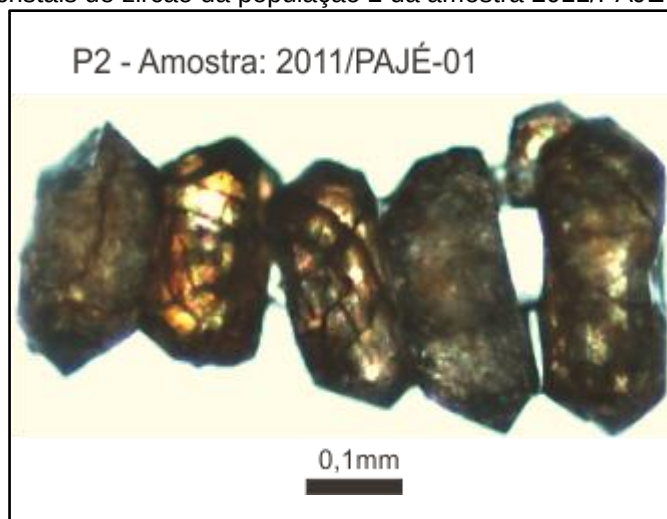
Os cristais de zircão selecionados para a análise foram divididos em duas populações de zircão de acordo com a morfologia e grau de arredondamento dos cristais. Essa metodologia de separação dos zircões em populações foi aplicada para evitar a mistura com cristais de zircões herdados, o qual é muito comum em granitos intrusivos que apresentam xenólitos, evitando, desta forma, a obtenção de idades herdadas. A primeira população (P1) é representada por cristais transparentes a translúcidos com brilho adamantino, com formas prismáticas, alongadas, com proporção 3x1 (Figura 5.1). Alguns cristais se apresentam microfraturados e quase todos contêm inclusões escuras.

Figura 5.1 – Imagem dos cristais de zircão da população 1 da amostra 2011/PAJÉ-01.



A segunda população de zircão (P2) é representada por cristais translúcidos a opacos, com formas prismáticas curtas, alongados nos eixos intermediários do prisma hexagonal (em forma tipo “barril”), sem grandes variações na proporção comprimento *versus* largura (2x1) (Figura 5.2). Comumente os cristais contêm inclusões de minerais escuros e encontram-se microfraturados.

Figura 5.2 – Imagem dos cristais de zircão da população 2 da amostra 2011/PAJÉ-01.



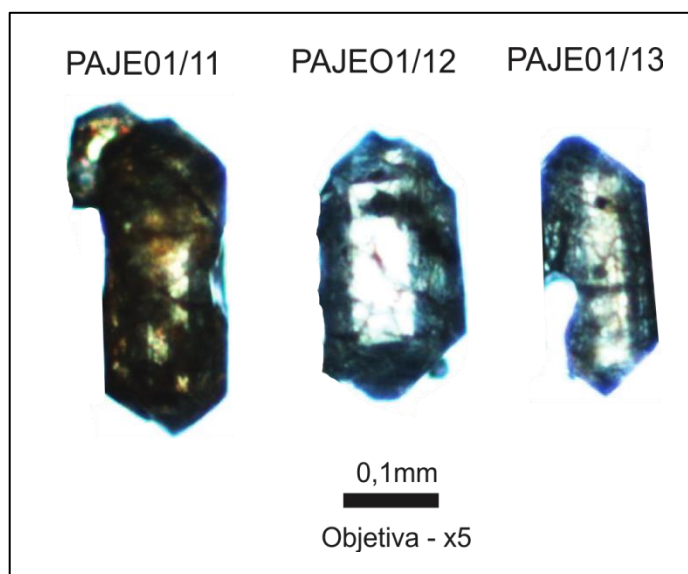
5.1.4. Resultados

Para a análise pelo método de evaporação-ionização de Pb em zircão foram escolhidos 18 cristais dentre os 70 cristais selecionados da amostra 2011/PAJÉ-01, dando preferencia aqueles sem evidências de metamitização, sem ou com poucas inclusões e menos fraturados. Desses cristais, 14 são representantes da população 1 e 4 cristais da população 2.

Durante o procedimento analítico no espectrômetro de massa, a maioria dos cristais de zircão analisados tiveram problemas quanto à emissão de chumbo para obtenção de idade, ou ainda, apresentaram problemas com relação às proporções de chumbo comum no cristal, isto é, a maior parte dos cristais apresentaram razão $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ superior a 0,0004 o que segundo o método são inadequadas para o cálculo de idade. Alguns cristais analisados como PAJE01/2, PAJE01/6 e PAJE01/7, sequer emitiram chumbo. Os cristais PAJE01/11, PAJE01/12 e PAJE01/13 da P2 foram os selecionados para análise e apresentaram um pico de emissão de chumbo logo na primeira etapa da análise, porém essa emissão se tornou instável, decrescendo rapidamente e apresentando razões $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ superiores a 0,0004

(Tabela 5.1). Por essa razão, as idades obtidas para estes cristais foram insatisfatórias e os cálculos da idade apresentaram os seguintes valores: $453,6 \pm 8,4$ Ma; $391,5 \pm 13,8$ Ma e $243,2 \pm 26,2$ Ma, respectivamente para os cristais PAJE01/11, PAJE01/12 e PAJE01/13 (Figura 5.3; Tabela 5.1).

Figura 5.3 – Imagem dos cristais de zircão analisados da população 2.



Dentre os demais cristais de zircão analisados, somente os cristais PAJE01/1, PAJE01/4, PAJE01/5, PAJE01/8, PAJE01/16 e PAJE01/17 obtiveram dados satisfatórios para o cálculo da idade de cristalização da rocha, pois todos eles obtiveram emissão de chumbo suficiente para a análise isotópica. Foi observado que as melhores emissões de chumbo mais estáveis foram obtidas na segunda etapa de aquecimento, quando se aquece o filamento de evaporação à 1500°C . Nessa etapa, a razão $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ficou bem abaixo do valor de 0,0004 que é uma exigência do método para validar a análise, ou seja, foram obtidas idades mais confiáveis e exatas com relação a idade de cristalização da rocha. A partir desses resultados determinou-se o valor da idade média, bem definida, nas etapas de mais alta temperatura que, lançadas num diagrama Idade (Ma) *versus* zircão, indicaram uma idade de $528,9 \pm 2,7$ Ma (Figura 5.4; Tabela 5.1). Os demais cristais analisados, PAJE01/3, PAJE01/9, PAJE01/10, PAJE01/14, PAJE01/15 e PAJE01/18, foram eliminados do cálculo da idade por apresentarem razões $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ superiores a 0,0004 ou idades abaixo da média dos demais cristais.

Figura 5.4 – Espectro da idade $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (em Ma) para os zircões da amostra da fácies sienogranito do Granito do Pajé. As barras verticais representam os erros para cada cristal de zircão analisado e a linha horizontal representa a idade média obtida para cada amostra.

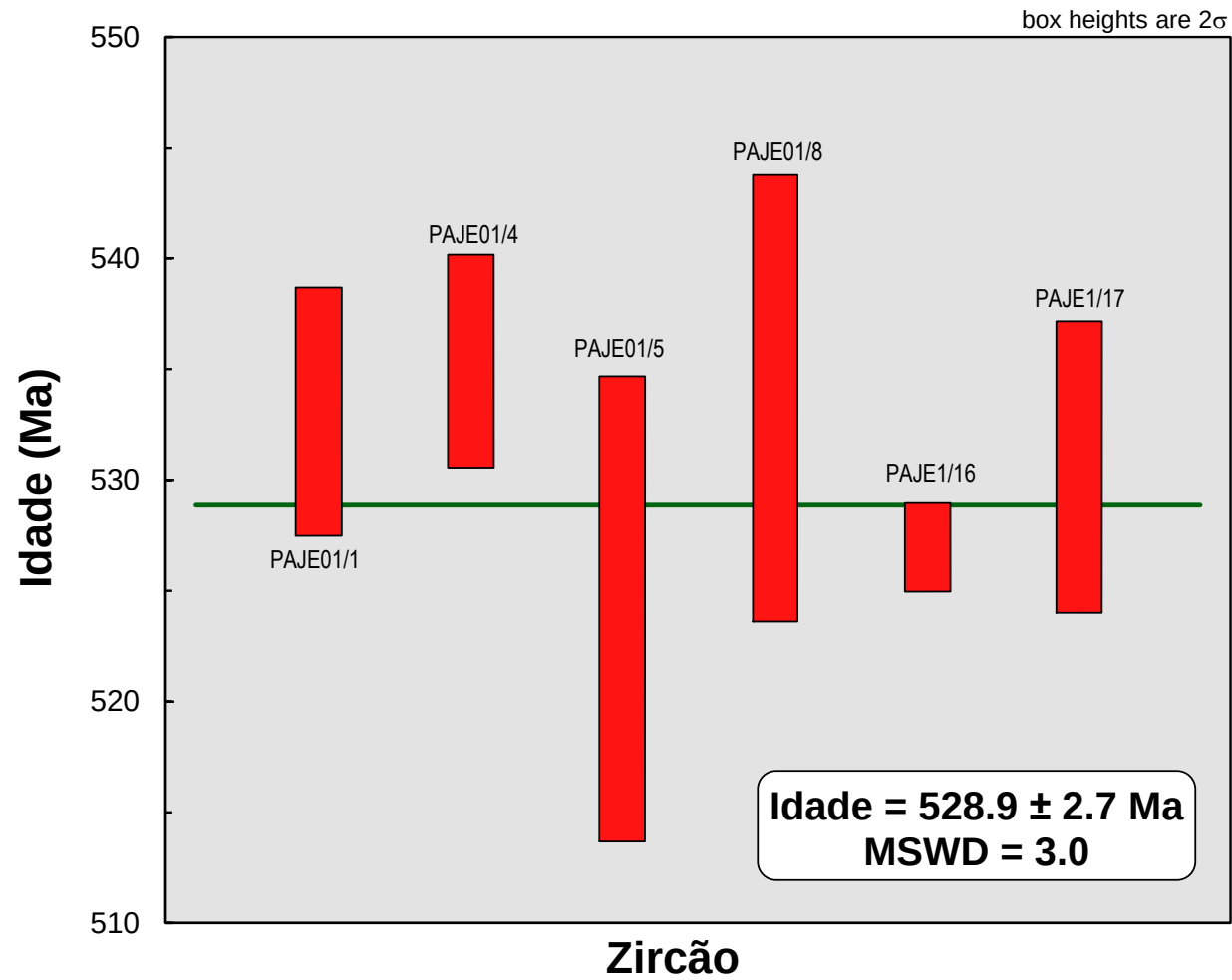


Tabela 5.1 - Resultados analíticos Pb-Pb dos cristais de zircão da amostra PAJE-01 do Granito do Pajé.

Zircão	Temp.	Razões	$^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ	$(^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_c$	2 σ	$(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_c$	2 σ	Idade	2 σ
PAJE01/1	*1450	0/34	0,000324	0,000018	0,13345	0,00082	0,05785	0,00034	524,2	13,0
	1500	38/38	0,000104	0,000005	0,16102	0,00040	0,05808	0,00015	533,1	5,6
PAJE01/3	#1500	0/8	0,001539	0,000058	0,19204	0,00338	0,05547	0,00088	431,5	35,3
PAJE01/4	*1450	0/32	0,000277	0,000020	0,33092	0,00105	0,06864	0,00084	888,3	25,3
	1500	34/34	0,000138	0,000008	0,16240	0,00081	0,05814	0,00013	535,4	4,8
PAJE01/5	1500	08/ago	0,000109	0,000004	0,15537	0,00047	0,05785	0,00028	524,2	10,5
PAJE01/8	#1450	0/4	0,003429	0,000150	0,08742	0,00605	0,04997	0,00259	193,8	120,6
	1500	32/32	0,000156	0,000004	0,15819	0,00110	0,05810	0,00027	533,7	10,1
PAJE01/9	*1450	0/34	0,000333	0,000014	0,10447	0,00071	0,05698	0,00033	491,0	12,7
	*1500	0/32	0,000243	0,000013	0,10346	0,00177	0,05646	0,00047	470,9	18,2
	*1500	0/38	0,000102	0,000013	0,10761	0,00026	0,05781	0,00010	522,7	4,0
PAJE1/10	#1450	0/24	0,000457	0,000033	0,13484	0,00120	0,05881	0,00024	560,3	8,8
PAJE1/11	#1450	0/30	0,000780	0,000012	0,12210	0,00177	0,05603	0,00021	453,6	8,4
PAJE1/12	#1450	0/6	0,001213	0,000012	0,13042	0,00089	0,05449	0,00034	391,5	13,8
PAJE1/13	#1450	0/4	0,000921	0,000038	0,10063	0,00177	0,05105	0,00058	243,2	26,2
PAJE1/14	*1500	0/8	0,000388	0,000144	0,11507	0,00522	0,05555	0,00215	434,7	86,3
PAJE1/15	*1500	0/32	0,000130	0,000037	0,14807	0,00380	0,05670	0,00057	480,1	22,1
	*1500	0/38	0,000108	0,000012	0,14888	0,00075	0,05663	0,00032	477,6	12,5
PAJE1/16	#1450	0/38	0,000475	0,000034	0,10855	0,00121	0,05722	0,00064	500,0	24,6
	1500	32/32	0,000115	0,000005	0,10318	0,00069	0,05792	0,00005	527,0	2,0
PAJE1/17	1450	38/38	0,000288	0,000015	0,13187	0,00053	0,05796	0,00021	528,3	8,0
	1500	22/22	0,000046	0,000004	0,13613	0,00074	0,05814	0,00031	535,3	11,5
PAJE1/18	#1450	0/20	0,000552	0,000113	0,17860	0,00795	0,05749	0,00036	510,8	13,6
	*1500	0/16	0,000140	0,000038	0,13298	0,00301	0,05751	0,00025	511,5	9,4
204/602							Idade Média =		528,9	2,7

(c) - razão $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ e $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ corrigida do Pb comum;

(*) - etapa de evaporação eliminada subjetivamente;

(#) - etapa de evaporação eliminada por apresentar razão $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ superior a 0,0004.

5.2. GEOCRONOLOGIA Sm-Nd

5.2.1. Metodologia e procedimentos analíticos

O método Sm-Nd é um método muito utilizado para a datação de rochas antigas, particularmente rochas ígneas de composição básica e ultrabásica, onde a datação pelos métodos Rb-Sr e U-Pb não são indicados, em função da baixa razão Rb/Sr e da pouca, ou nenhuma quantidade de zircão nestas rochas. O samário e o neodímio são elementos terras raras que possuem raio iônico e número atômicos muito próximos (62 e 60, respectivamente), além de possuírem a mesma valência (+3). Estas propriedades fornecem um caráter de elementos praticamente isoquímicos, ou seja, as razões Sm/Nd são pouco diferenciadas no ciclo geoquímico na rocha e nos diferentes minerais constituintes das rochas (DICKIN, 2005).

Além da utilização para datação geocronológica, a metodologia Sm-Nd também é aplicada como indicador petrogenético, calculado a partir da regressão da razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ baseada em uma linha de evolução isotópica uniforme, fornecendo informações sobre idade modelo e proveniência magmática, podendo ser definida tanto para regiões de crosta continental como de crosta oceânica basálticas. A evolução isotópica do Nd na Terra é assumida como sendo igual a dos meteoritos condriticos (CHUR) e as razões isotópicas para $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ são respectivamente 0,1967 e 0,512638 (JACOBSEN; WASSERBURG, 1984 *apud* BERTOTTI, 2005). A curva de evolução condritica (CHUR) ou da Terra como um todo seria a indicada conforme a equação abaixo:

Equação 5.2 – Curva de evolução condritica (CHUR).

$$\left(\frac{Nd^{143}}{Nd^{144}} \right)_t = 0,512638 - 0,1967(e^{\lambda t} - 1)$$

A modificação mais significativa da razão Sm/Nd ocorre durante o evento de diferenciação manto-crosta. Essa diferenciação manto-crosta foi modelada por DePaolo (1988) e pode ser ocorrer através de processos de fusão parcial, cristalização fracionada ou ambos. Dentro de um processo de fusão parcial o magma tem razão Sm/Nd sempre mais baixa do que a da rocha fonte original e esta

regra é muito importante e dirige a maioria das interpretações de dados isotópicos de Nd. O fato da razão Sm/Nd somente se modificar significativamente durante uma eventual diferenciação manto-crosta, permite que seja possível datar este evento para qualquer tipo de rocha, a época em que seu magma parental diferenciou-se do manto superior, independentemente dos processos geológicos que a rocha tenha sofrido (SATO; TASSINARI, 1997).

O parâmetro petrogenético ϵ_{Nd} consiste basicamente na comparação da razão $^{143}Nd/^{144}Nd$ da amostra estudada para a época de sua formação ou de seu valor atual, com um reservatório condritico uniforme padrão (CHUR), que seria representativo da Terra Global. Se na época de cristalização da rocha, o magma parental tiver uma razão $^{143}Nd/^{144}Nd$ mais elevada que o condrito, o ϵ_{Nd} será positivo, significando que a fonte deste magma possuía a razão Sm/Nd mais elevada que o condrito, ou seja, a fonte seria o manto superior. Por outro lado, quando a razão $^{143}Nd/^{144}Nd$ do magma parental for menor que a do condrito, o valor de ϵ_{Nd} será negativo e, portanto, a fonte destas rochas tinha uma razão Sm/Nd menor do que a do condrito, como é o caso de magma de origem crustal.

5.2.2. Coleta e preparação das amostras para o estudo geocronológico

Para a análise geocronológica do Granito do Pajé pelo método Sm-Nd em rocha total, foram coletados cerca de 5 kg para cada amostra das fácies sienogranito (2011/PAJÉ-02) e granodiorítica (2011/PAJÉ-03). As etapas de preparação das amostras envolveram: trituração, pulverização e moagem, até que se atingisse uma granulometria muito fina necessária para a etapa de análise isotópica.

As análises isotópicas Sm-Nd em rocha total seguiram a metodologia descrita por Oliveira *et al.* (2008), que consiste em adicionar o *spike* $^{150}Nd/^{149}Sm$ em 100 mg de amostra de rocha. À esta solução foi adicionado HF + HNO₃ em frasco de Teflon dentro de recipiente PARR a 150°C por uma semana. Após a evaporação, uma nova adição de HF + HNO₃ foi realizada, e a solução foi colocada para secar e em seguida dissolvida com HCl (6N). Concluída a secagem, a amostra, foi diluída com HCl (2N). Após a ultima evaporação, os elementos terras raras foram separados dos outros elementos por troca cromatográfica usando a resina Dowex 50WX-8, HCl (2N) e HNO₃ (3N). Após isso, Sm e Nd foram separados dos outros ETR por troca

cromatográfica aniônica usando resina Dowex AG1-X4 com a mistura de HNO_3 (7N) e metanol. As frações concentradas de Sm e Nd coletadas são então evaporadas. Em seguida, 1 mL de HNO_3^{**} concentrado (3%) é adicionado em cada amostra e as soluções são levadas ao espectrômetro ICP-MS para leitura de suas razões isotópicas em média de oito blocos para Nd e Sm, respectivamente. Durante o período das análises isotópicas, as razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ foram normalizadas para $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,7219$, o fracionamento de massa foi corrigido no modo exponencial e os standard de Nd “La Jolla” e solução de calibração Neptune forneceram valores de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ de $0,511834 \pm 0,000005$ e $0,517735 \pm 0,000009$ (2σ , média de 10 leituras), respectivamente. As idades-modelo T_{DM} e os valores dos parâmetros ϵ_{Nd} (t = idade de cristalização) foram calculados usando o modelo de DePaolo (1981).

5.2.3. Resultados das análises

As idades modelo TDM foram calculadas através da intersecção entre a curva do manto empobrecido ($\epsilon_{\text{Nd}}(t) = 0,25t^2 - 3t + 8,5$) e a linha de evolução isotópica de Nd da amostra ($\epsilon_{\text{Nd}}(t) = \epsilon_{\text{Nd}}(0) - 25,09 \cdot f_{(\text{Sm}/\text{Nd})} \cdot t$), baseado no modelo de DePaolo (1981) que utiliza as seguintes constates para normalização das razões isotópicas: $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{\text{CHUR}(0)} = 0,512638$ e $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}_{\text{CHUR}} = 0,1967$, representado através do diagrama $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ versus Idade (Ga) (Figura 5.5).

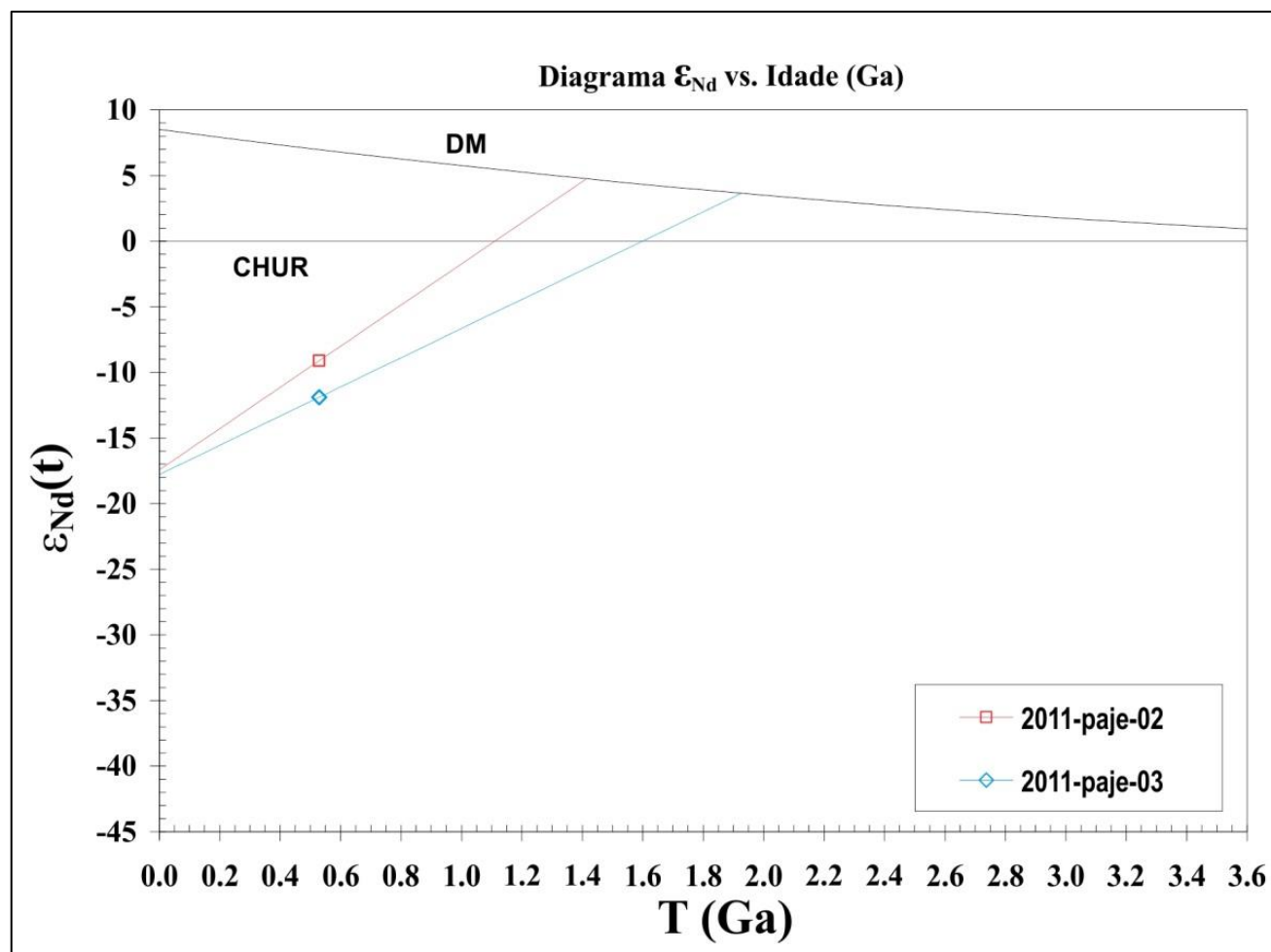
A idade modelo obtida para a amostra 2011/PAJÉ-03 da fácies granodiorítica do Granito do Pajé foi de 1,93 Ga, com valor de $\epsilon_{\text{Nd}}(t=530 \text{ Ma}) = -11,90$; razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ de 0,109445 e o $f_{(\text{Sm}/\text{Nd})}$ de -0,444.

Para a amostra 2011/PAJÉ-02 da fácies sienogranítica do Granito do Pajé, a idade modelo foi de 1,41 Ga, com valor de $\epsilon_{\text{Nd}}(t=530 \text{ Ma}) = -9,11$; razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ de 0,073790 e o $f_{(\text{Sm}/\text{Nd})}$ de -0,625 (tabela 5.2).

Tabela 5.2 – Resultados analíticos Sm-Nd das amostras do Granito do Pajé.

Amostra	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	2 σ	$f_{(\text{Sm}/\text{Nd})}$	$\epsilon_{\text{Nd}}(0)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	Idade t (Ma)	T_{DM} (Ga)	T_{DM2} (Ga) *
2011-paje-02	13,5	110.6	0.07379	0.511745	16	-0.62	-17.42	-9.12	529	1.41	1,79
2011-paje-03	14,36	79.31	0.109445	0.511726	9	-0.44	-17.79	-11.91	529	1.93	1,99

* idade modelo em estágio duplo

Figura 5.5 – Diagrama ϵ_{Nd} vs. Idade (Ga) mostrando as composições isotópicas de Nd e idade modelo T_{DM} para os granitóides do Pajé. Curvas de evolução do manto empobrecido, DM (DEPAOLO, 1981) e Reservatório Condritico Uniforme, CHUR (DEPAOLO; WASSERBURG, 1976).

5.3. DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS GEOCRONOLÓGICOS

Estudos geocronológicos anteriores realizados por Tavares Junior (1992) através do método de datação Rb-Sr em rocha total obtiveram a idade de cristalização para o Granito do Pajé de 522 ± 12 Ma, permitindo assim posicioná-lo na escala de tempo geológico no final do Neoproterozóico, início do Paleozóico.

O resultado do estudo geocronológico no Granito do Pajé através das análises isotópicas pelo método de evaporação-ionização de Pb em monocristais de zircão (método Pb-Pb em zircão) permitiram a obtenção de uma idade média de $528,9 \pm 2,7$ Ma, interpretada como a idade de cristalização do Granito do Pajé, reforçando o seu posicionamento temporal.

Com essas idades de cristalização obtidas, podemos correlacionar cronologicamente o Granito do Pajé com os demais granitos da Suíte Intrusiva Meruoca: Granito do Meruoca, Granito Mucambo, Granito Serra da Barriga e Granodiorito Anil, pois estes apresentam idades de cristalização semelhantes a obtidas neste trabalho. De acordo com os estudos geocronológicos mais recentes, estes plútons graníticos têm idade do final do Neoproterozóico ao início do Paleozóico. Segundo Archanjo (2009) a idade de cristalização obtida através do método U-Pb em zircão para o Granito do Meruoca é de 523 ± 9 Ma; Fetter *et al.* (1999) datou o Granito Mucambo através do mesmo método e obteve idade de cristalização de 532 ± 6 Ma. O Granito Serra da Barriga datado recentemente por Mattos *et al.* (2007) através do método U-Pb em monazitas que forneceram uma idade de cristalização de 522 ± 8 Ma. Outro granitóide proposto como componente da Suíte Meruoca por Gorayeb *et al.* (1994), é o Granodiorito Anil que através de determinações isotópicas pelo método Rb-Sr em rocha total por Gorayeb e Lafon (1995) revelaram idade de 587 ± 19 Ma, sendo o corpo mais antigo entre os outros datados.

A partir dos dados acima citados, podemos correlacionar o Granito do Pajé a estes granitos pós-orogênicos da Suíte Intrusiva Meruoca, inserindo-o no mesmo contexto geológico que estes plútons graníticos que são produtos da intensa granitogênese ocorrida no evento Brasileiro na Província Borborema.

Como método auxiliar ao estudo petrogenético do Granito do Pajé foi aplicado o método isotópico Sm-Nd em rocha total, para a determinação da origem magmática deste pluton, bem como, o tempo de residência crustal baseado em idades modelo, que podem representar o tempo de diferenciação crosta-manto ou mesmo o tempo de geração de crosta.

As idades modelos obtidas pela análise isotópica para fácies sienogranítica e granodiorítica do Granito do Pajé, encontram-se dentro do intervalo proposto por Sato e Tassinari (1997) para as razões $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ (0,09 – 0,12) em um sistema de fracionamento Sm-Nd. Porém, a amostra 2011/PAJÉ-02 apresentou idade modelo fora dos valores médios da outra amostra analisada e o fator de fracionamento situa-se fora dos limites de intervalos propostos pelos autores, fator esse que deveria estar entre – 0,54 a – 0,39, mas na amostra esse valor está acima do proposto, estando em -0,62. Neste contexto, um modelo de evolução em estágio simples de Nd não tem significado geológico específico, ou seja, um modelo de evolução em estágio duplo proposto por Sato e Tassinari (1997) minimizaria os erros ocasionados por problemas de fracionamento na obtenção da idade modelo. Baseado neste modelo de estágio duplo e a utilização de um modelo matemático específico para essa problemática obteve-se uma idade T_{DM} de 1,79 para a amostra 2011/PAJÉ-02, compatível com a idade obtida 1,99 obtida neste estudo (tabela 5.2).

A partir dos resultados obtidos pelas análises das idades de cristalização de 529 Ma e idades modelo 1,99 Ga. e 1,79 (estágio duplo) com valores de $\epsilon\text{Nd}(t)$ de -9,12 e -11,91 podemos concluir que o Granito do Pajé formou-se a partir de um magma gerado pela fusão de rochas de idade Paleoproterozóica com forte contribuição crustal, provavelmente rochas do embasamento da Província Borborema.

6. LITOQUÍMICA DO GRANITO DO PAJÉ

Os dados litoquímicos apresentados neste tópico é uma compilação dos dados obtidos na dissertação de mestrado de Tavares Júnior (1992), dados estes obtidos através do estudo de 13 amostras do Granito do Pajé que são representados em tabelas e diagramas de classificação geoquímica e geotectônica, os quais foram atualizados utilizando *software* mais moderno para plotagem e representação dos dados nestes diagramas. As tabelas a seguir mostram os resultados das análises químicas dos elementos maiores, traços e ETR no estudo do Granito do Pajé.

Tabela 6.1 – Análise química dos elementos maiores no Granito do Pajé obtidas por Tavares Junior (1992). (% em peso)

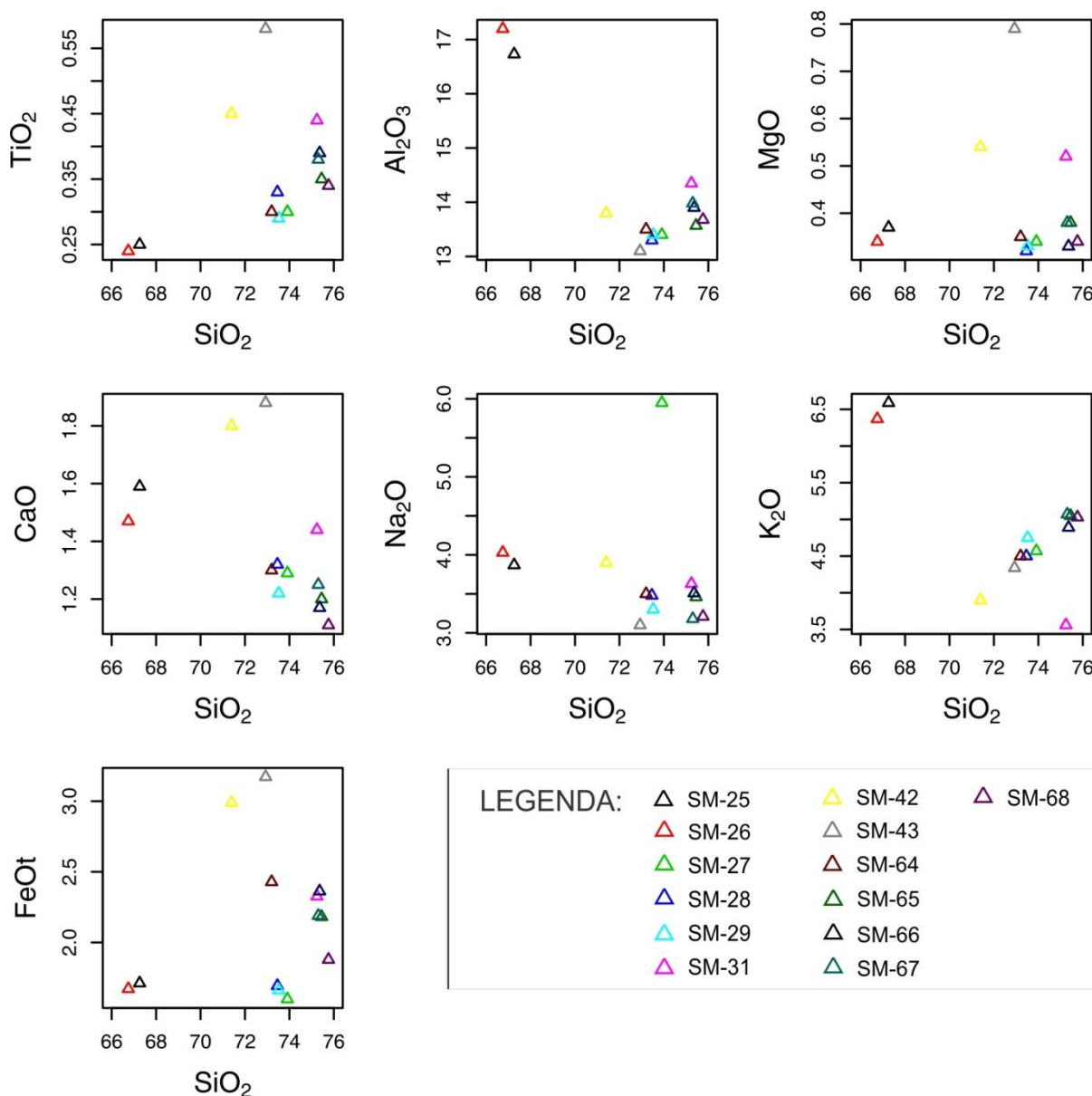
Amostra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
SM-25	67,26	0,25	16,73	1,37	0,38	0,05	0,37	1,59	3,87	6,59	98,46
SM-26	66,75	0,24	17,2	1,42	0,28	0,06	0,34	1,47	4,03	6,37	98,16
SM-27	73,91	0,3	13,4	1,5	0,11	0	0,34	1,29	5,95	4,57	101,37
SM-28	73,46	0,33	13,3	1,63	0,07	0,01	0,32	1,32	3,48	4,5	98,42
SM-29	73,52	0,29	13,4	1,41	0,28	0,03	0,33	1,22	3,3	4,75	98,53
SM-31	75,24	0,44	14,35	1,85	0,53	0,06	0,52	1,44	3,63	3,56	101,62
SM-42	71,4	0,45	13,8	2	1,1	0,04	0,54	1,8	3,9	3,9	98,93
SM-43	72,93	0,58	13,1	2,57	0,67	0,06	0,79	1,88	3,1	4,34	100,02
SM-64	73,2	0,3	13,5	1,7	0,81	0,04	0,35	1,3	3,5	4,5	99,20
SM-65	75,45	0,35	13,57	1,66	0,58	0	0,38	1,2	3,46	5,05	101,7
SM-66	75,36	0,39	13,9	1,94	0,47	0,06	0,33	1,17	3,51	4,89	102,02
SM-67	75,3	0,38	13,98	1,65	0,6	0,04	0,38	1,25	3,18	5,07	101,83
SM-68	75,76	0,34	13,68	1,78	0,11	0,05	0,34	1,11	3,21	5,03	101,41

Tabela 6.2 – Resultados obtidos através da análise dos elementos traços e ETR no Granito do Pajé (TAVARES JUNIOR, 1992). (ppm)

Elementos traços											
Amostra	Ba	Ga	Nb	Rb	Sr	Y	Zr				
SM-25	1310,0	31,0	24,0	290,2	207,7	42,0	183,0				
SM-26	-	-	23,0	322,1	292,6	40,0	192,0				
SM-27	600,0	27,0	26,0	248,2	163,1	44,0	218,0				
SM-28	540,0	29,0	26,0	246,6	131,4	43,0	226,0				
SM-29	-	-	24,0	244,5	156	32,0	235,0				
SM-31	-	-	24,0	225	170,3	32,0	285,0				
SM-42	-	-	23,0	180,8	195,9	40,0	298,0				
SM-43	1170,0	30,0	26,0	208,8	224,5	32,0	387,0				
SM-64	-		25,0	211,7	144,4	34,0	261,0				
SM-65	620,0	25,0	24,0	204,6	112,8	33,0	247,0				
SM-66	-	-	27,0	198,6	126	35,0	272,0				
SM-67	590,0	29,0	25,0	223,3	115,8	33,0	246,0				
SM-68	-	-	23,0	201,1	104,2	38,0	232,0				
Elementos Terras Raras											
Amostra	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Ho	Er	Yb	Lu
SM-25	34,2	73,0	34,1	6,5	0,93	5,2	5,2	1,1	3,0	2,5	0,3
SM-26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SM-27	39,9	79,8	36	6,8	0,6	5,2	4,8	1,0	3,0	2,7	0,4
SM-28	38,0	81,3	35,7	6,6	0,55	4,7	4,3	1,0	2,8	2,6	0,3
SM-29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SM-31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SM-42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SM-43	80,0	170,6	66,4	10,0	1,0	6,5	4,7	1,0	2,9	2,7	0,4
SM-64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SM-65	40,6	88,8	38,6	6,8	0,53	4,7	3,6	0,8	2,3	1,9	0,3
SM-66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SM-67	45,6	107,1	44,9	8,0	0,6	5,3	4,1	0,9	2,5	2,3	0,3
SM-68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

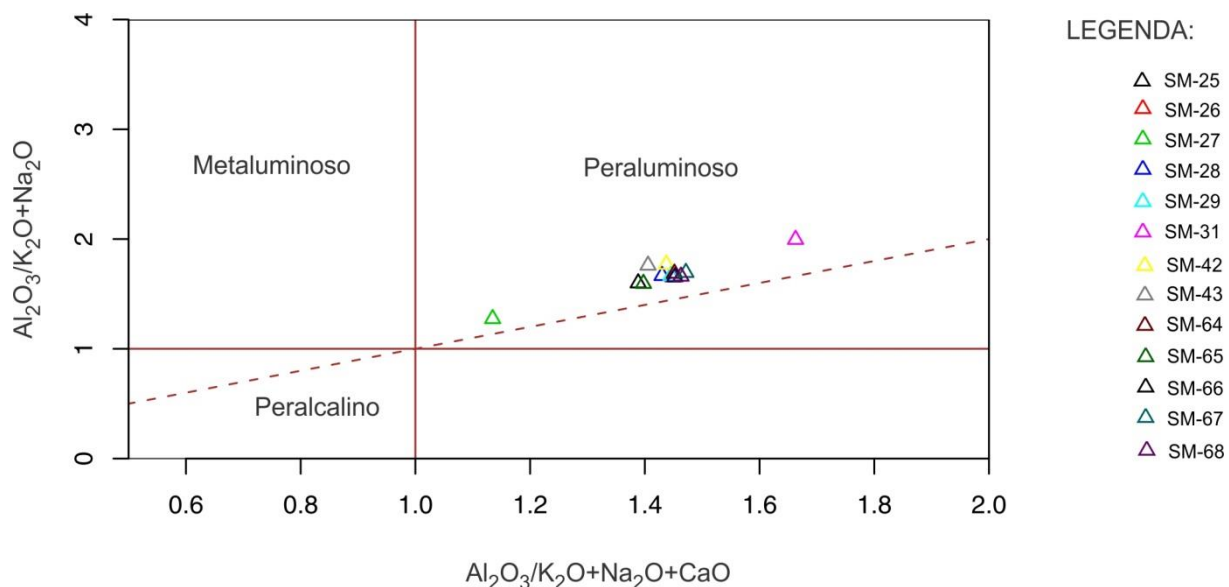
O teor de SiO_2 dessas rochas oscila entre 71% a 76% (exceto as amostras SM-25 e SM-26), o que representa granito ácidos. Com relação aos teores de Al_2O_3 , K_2O e CaO , eles apresentam uma pequena faixa de variação, enquanto para o Na_2O o intervalo de variação é mais amplo, de 3% a 6% (Figura 6.1).

Figura 6.1 – Diagramas de variação dos teores dos principais óxidos com o aumento da sílica, a partir dos dados da Tabela 6.1.



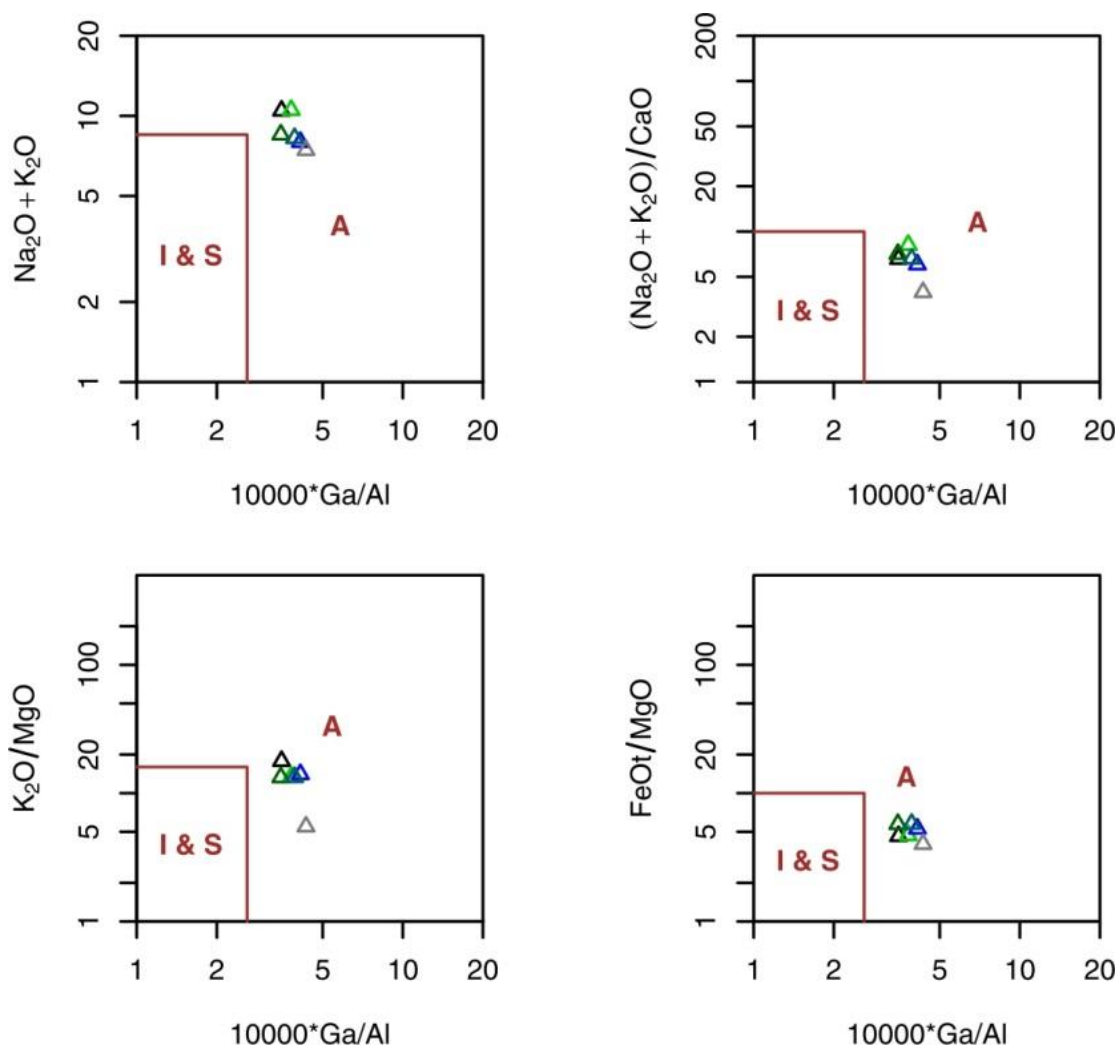
Nos diagramas de variação acima, observa-se um aumento dos teores de K_2O com os de SiO_2 . Já nos de Na_2O não se nota nenhuma variação, ao passo que os teores de CaO decrescem com o aumento da sílica. Com relação a aluminosidade do Granito do Pajé, ele denota ter um caráter peraluminoso (Figura 6.2). As concentrações de FeO_t e MgO estão coerentes com as análises petrográficas, pois as amostras mais ricas em CaO , Fe_2O_3 e MgO foram classificadas como granodioríticas.

Figura 6.2 – Diagrama de alumino-saturação para o Granito do Pajé, segundo as proporções moleculares de Al_2O_3 , álcalis e CaO.



A Figura 6.3 representa o diagrama de tipologia de granitos onde o Granito do Pajé é classificado como granito tipo-A (alcalinos, anidro, anorogênico), que são granitos relativamente potássicos, possuem altas razões $\text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$, TiO_2/MgO , Ga/Al ; altos conteúdos de Zr, Nb, Ta, Rb, Y, Nb, TR (exceto Eu); pobres em Ca, Al e Mg; baixos conteúdos de água e se desenvolvem ao longo de zonas de rifts e dentro de blocos continentais estáveis (WHALEN *et al.* 1987).

Figura 6.3 – Diagrama de tipologia de granitos que classifica o Granito do Pajé como granito do tipo-A.



O padrão de terras raras destas rochas em diagramas normalizados a condritos (Figura 6.4) mostra um moderado a forte fracionamento nos ETR leves, enquanto que nos ETR pesados verifica-se a ausência deste fracionamento. A moderada anomalia negativa do Eu torna-se menor na amostra da fácies granodiorítica, provavelmente devido ao aumento da proporção modal do plagioclásio em relação aos outras fácies, sienogranítica a monzogranítica.

As médias de 38 e 252 ppm para o Y e o Zr estão dentro dos valores normais para granitos. O ambiente tectônico intraplaca para a colocação deste corpo está bem definido tanto no diagrama Nb x Y como no Rb x (Y+Nb) – Figura 6.5 – proposto por Pearce *et al.* (1984).

Figura 6.4 – Diagrama de ETR normalizados a condritos mostrando o comportamento obtido para as amostras do Granito do Pajé.

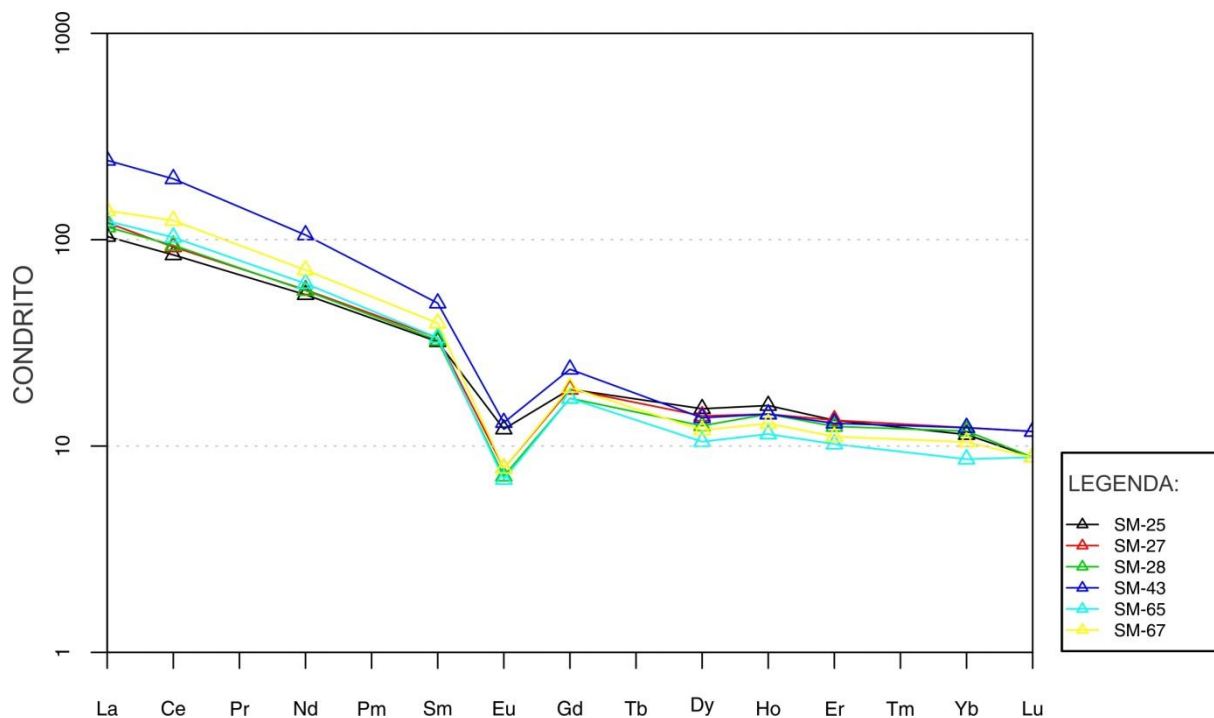
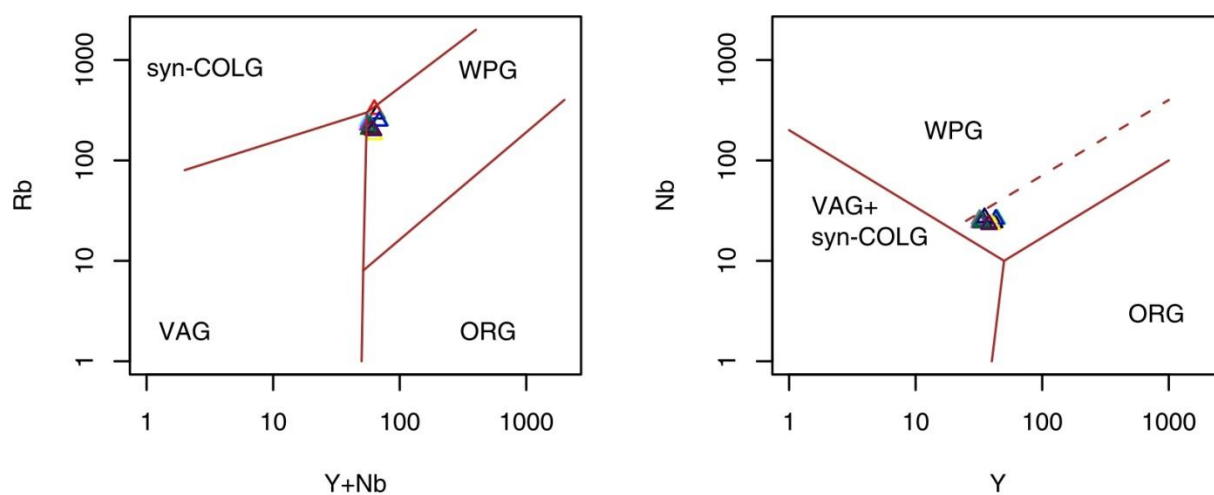


Figura 6.5 – Distribuição das amostras das amostras analisadas em diagramas de caracterização do ambiente tectônico de Pearce *et al.* (1984).



7. ESTUDO COMPARATIVO COM OS GRANITÓIDES DA SUÍTE INTRUSIVA MERUOCA

O magmatismo granítico identificado na Província Borborema foi de grande expressão, principalmente na região noroeste da Província, pela diversidade de corpos graníticos de várias naturezas, representando estágios avançados de geração de magmas durante processos deformacionais mais antigos. O evento Brasileiro foi de grande importância por seu domínio regional, afetando toda a Província, envolvendo colagens de continentes, formação de orógenos, fechamento de oceanos, assim como uma sucessão de pulsos magmáticos que se estenderam durante todo o evento, marcando vários episódios de deformação e injeção de magmas. Neste contexto temos a formação de várias supersuítas pós-orogênicas, dentre elas, a Suíte Intrusiva Meruoca.

No que se refere aos aspectos petrográficos, os granitos pertencentes a esta suíte: Granito do Meruoca, Granito Mucambo, Granito Serra da Barriga e Granodiorito Anil, são muitos semelhantes ao Granito do Pajé estudado neste trabalho, onde todos são constituídos essencialmente por sienogranitos, monzogranitos e granodioritos. Texturalmente e microestruturalmente são semelhantes também, comumente de granulação grossa, tem textura porfirítica predominante, em alguns casos variando para hipidiomórfica granular. Mineralogicamente são compostos essencialmente por álcali-feldspato, plagioclásio, quartzo e com a presença de biotita e/ou hornblenda como minerais varietais. Os minerais acessórios mais comuns são allanita, zircão, apatita e titanita.

Do ponto de vista geoquímico vários autores citam e classificam esses plutons como granitos ácidos, peraluminosos e composição calcioalcalina. Nos diagramas de discriminação de ambiente tectônico proposto por Pearce *et al.* (1984), estes corpos graníticos são classificados como intraplaca.

Cronologicamente estes corpos se apresentam em bastante conformidade. Como foi discutido no item 5.3., estes plútons graníticos tem idade do final do Neoproterozóico ao início do Paleozóico são produtos dos pulsos magmáticos tardios, pós-orogênicos, do intenso magmatismo granítico ocorrido no evento Brasileiro na Província Borborema.

Uma melhor caracterização e um estudo comparativo mais detalhado entre o Granito do Pajé e os granitoides da Suíte Intrusiva Meruoca não foi possível, pela dificuldade da obtenção de dados geoquímicos sobre essas rochas nos trabalhos originais, sendo muitas vezes esses dados somente citados em resumos expandidos ou em periódicos.

Apesar disso, de acordo com as semelhanças petrográficas, geoquímicas e geocronológicas descritas e citadas ao longo deste trabalho, podemos concluir que o Granito do Pajé é perfeitamente correlacionável cronologicamente e petrologicamente com as demais unidades pertencentes a Suíte Intrusiva Meruoca, os quais apresentam características semelhantes e definem um importante e expressivo evento magmático numa das principais províncias geológicas brasileiras.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração e interpretação dos dados obtidos neste trabalho através de trabalhos de campo, análises petrográficas, geocronológicas e litoquímicas do Granito do Pajé, além de estudos previamente realizados por outros autores, possibilitaram as seguintes conclusões:

- a) o Granito do Pajé constitui um corpo de composição relativamente homogênea, predominantemente monzogranítica com pequenas variações de sienogranítica a granodioríticas. As variações texturais e mineralógicas permitiram definir seis fácies petrográficas denominadas Monzogranito Porfirítico, Monzogranito Seriado, Micromonzogranito, Hornblenda Monzogranito, Sienogranito e Granodiorito.
- b) O estudo geocronológico realizado pelo método de evaporação de Pb em zircão, resultou em um valor de $528,9 \pm 2,7$ Ma. Considerando tratar-se de um corpo essencialmente ígneo, sem efeitos de deformação e metamorfismo, e de um corpo intrusivo nos gnaisses do Complexo Ceará e Tamboril-Santa Quitéria, esta idade representa a colocação/cristalização do Granito do Pajé, permitindo posicioná-lo no final do Neoproterozóico – início do Paleozóico (Cambriano), podendo assim correlacionar cronologicamente esta unidade com os demais granitos da Suíte Intrusiva Meruoca.
- c) Comparando esta idade com os valores obtidos por Gorayeb *et al.* (1991) de 533 ± 22 Ma, através da sistemática Rb-Sr, constata-se uma boa proximidade com os dados Pb-Pb em zircão, entretanto com erros analíticos elevados. Comparando-se também com os valores obtidos em outros granitos da região (Meruoca - 523 ± 9 Ma; Mocambo - 532 ± 6 Ma; Serra da Barriga - 522 ± 7 Ma), o valor obtido para o Granito do Pajé está plenamente de acordo com esses dados, dentro dos limites dos erros analíticos, o que permite incluí-lo na Suíte Intrusiva Meruoca.
- d) Os resultados das análises isotópicas realizadas pelo método Sm-Nd, com idades modelos TDM com valores de 1,99 Ga e 1,79 Ga (estágio duplo) e valores negativos de ϵ_{Nd} de -9,12 a -11,91 permitindo concluir

que o Granito do Pajé formou-se a partir de um magma gerado pela fusão de rochas paleoproterozóicas com forte contribuição crustal.

- e) Os dados geoquímicos demonstraram que o Granito do Pajé tem natureza granítica, com alto teor de sílica; caráter peraluminoso e é classificado como um granito do tipo-A. O padrão de terras raras mostra um moderado a forte fracionamento nos ETR leves, enquanto que nos ETR pesados verifica-se a ausência deste fracionamento. De acordo com o diagrama proposto por Pearce *et al.* (1984), o ambiente tectônico para a colocação deste corpo está no campo do ambiente intraplaca.

A análise integrada dos dados de campo, petrográficos, litoquímicos e isotópicos permitiu correlacionar o Granito do Pajé à Suíte Intrusiva Meruoca e aos eventos magmáticos ocorridos ao longo do Proterozóico na Província Borborema.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. A. M.; HASUI, Y., GORAYEB, P. S. S. Grábens eopaleozóicos do oeste cearense - Considerações sobre as sequências litoestratigráficas. *In: Simpósio de Geologia do Nordeste*, 15. Natal. Atas. Bol. Soc. Bras. Geol. Nuc. Nordeste. v. 13. p. 29 - 31. 1993.
- ALMEIDA, C.N.; GUIMARÃES, I.P.; SILVA FILHO, A.F. Petrogênese de rochas plutônicas félsicas e máficas na Província Borborema, NE do Brasil: o Complexo cálcioalcalino de alto-K de Campina Grande. *Revista Brasileira de Geociências*, Volume 32, pg. 205. 2002.
- ARCHANJO C J; LAUNEAU, P.; HOLLANDA, M.H.B.M.; MACEDO, J. W. P. Scattering of magnetic fabrics in the Cambrian alkaline granite of Meruoca (Ceará State, northeastern Brazil). *International Journal of Earth Sciences*, v. 98, p. 1793-1807. 2009.
- BABINSKI, M. *Metodologia Isotópica Pb/Pb. Aplicação aos Migmatitos e Rochas Associadas da Região de São José dos Campos, SP*. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – USP, São Paulo-SP. p. 6-49. 1988.
- BERTOTTI, A.L. *Metodologia Samário/Neodímio: uma abordagem analítica simplificada e alguns exemplos aplicativos*. 2005. (Mestrado em Geociências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Porto Alegre. 96 p. 2005.
- BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Texto, Mapas & SIG*. Brasília: CPRM, 692 p. 2003.
- BRITO NEVES, B.B. Elementos da geologia pré-cambriana do Nordeste oriental. *In: Cong. Bras. Geol.*, 27. Aracaju, 1973. Anais. Aracaju, SBG. v.2. p. 105-133. 1973
- BRITO NEVES, B.B. *Regionalização geotectônica do Pré-Cambriano nordestino*. 1975. (Doutorado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 198 pp. São Paulo, SP. 1975.
- BRITO NEVES, B.B.; CORDANI, U.C. *Tectonic evolution of South America during Late Proterozoic*. *Precambrian Research*, v. 33, p. 23-40, 1991.
- BRITO NEVES, B.B.; VAN SCHMUS, W.R.; DOS SANTOS, E.J., CAMPOS NETO, M.C.; KOZUCH, M. O evento Cariris Velho na Província Borborema: Integração de dados, implicações e perspectivas. *Revista Brasileira de Geociências*. 25(4): 279-296. 1995.
- BRITO NEVES, B.B.; DOS SANTOS, E.J.; VAN SCHMUS, W.R. Tectonic history of the Borborema province, northeastern Brazil, *In: Tectonic evolution of south America-31st International Geological Congress, Abstract*, Rio de Janeiro, 151-182 p. 2000.

- BRITO NEVES, B.; VAN SCHUMUS, W.R.; FETTER, A.H. Noroeste da África – Noroeste do Brasil (Província Borborema) Ensaio Corporativo e Problemas de Correlação. *Revista do Instituto de Geociências*. USP Série Cient., São Paulo, v. 1. p.59-78. 2001.
- BRITO NEVES, B.B.; PASSARELLI, C.R.; BASEI, M.A.S.; DOS SANTOS, E.J. Idades U – Pb em zircão de alguns granitos clássicos da província Borborema. *Revista do Instituto de Geociências*. USP, São Paulo, v.3, p.25 – 38. 2003.
- CPRM. Geologia da Região Nordeste do Estado do Ceará. Projeto Fortaleza. DNPM/CPRM, Brasília, Geologia 12, Seção Geológica Básica 9. Base Digital. 2003
- DEPAOLO, D.J. A neodymium and strontium isotopic study of the Mesozoic calc-alkaline granitic batholiths of the Sierra Nevada and Peninsular Ranges, California. *Journal of Geophysical Research*, **86**(B11): 10470-10488. 1981.
- DEPAOLO, D.J. *Neodymium isotope geochemistry: An introduction*. Springer-Verlag. 187 p. 1988.
- DEPAOLO, D.J.; WASSERBURG, G.J. Nd isotope variations and petrogenetics models. *Geophys. Res. Lett.*, 3: 249-252. 1976.
- DICKIN, A.P. *Radiogenic isotope geology*. Cambridge University Press, Hamilton, Ontario, Second Edition. p. 42-131. 2005.
- FETTER, A. H.; DOS SANTOS, T. J. S.; VAN SCHIMUS, W. R; HACKSPACHER, P. C.; BRITO NEVES, B. B.; ARTHAUD, M. H.; NOGUEIRA NETO, J. A.A. E WERNICK, E. *Evidence for Neoproterozoic Continental Arc Magmatism in the Santa Quitéria Batholith of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the Assembly of West Gondwana*. *Gondwana Research*, v. 6, nº 2, p. 265-273. 2003.
- FETTER, A.H. *U/Pb and Sm/Nd geochronological constraints on the crustal framework and geologic history of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the assembly of Gondwana*. 1999. (Doutorado em Geologia). University of Kansas, Kansas, EUA. 164 p.1999.
- GALARZA, M.A.; MACAMBIRA, M.J.B. Geocronologia e Evolução Crustal da Área do Depósito de Cu-Au Gameleira, Província Mineral de Carajás (Pará), Brasil. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, São Paulo, v.2, p. 143-159. 2002.
- GAUDETTE, H.E.; LAFON, J.M.; MACAMBIRA, M.J.B.; MOURA, C.V.; SCHELLER, T. *Comparasion of single filament Pb evaporation/ionization zircon ages with conventional U-Pb results: exemples from Precambrian of Brazil*. *Jour. South Amer. Earth Sci.*, 11:351-363. 1998.

- GORAYEB, P. S. S.; ABREU, F. A. M.; GAMA JR.; T. G.; HASUI, Y. O Cinturão de Cisalhamento Noroeste do Ceará. *In: Congresso Latino Americano de Geologia*, 7. Belém, 1988. *Anais...* Belém, SBG. v. 1. p. 20 - 34. 1988.
- GORAYEB, P. S. S.; ABREU, F. A. M. O Granito do Pajé-Noroeste do Ceará: Caracterização geológica. *In: XIV Simpósio de Geologia do Nordeste*, SBG, Recife. *Anais*, p. 182-184. 1991.
- GORAYEB, P.S.S.; TAVARES JÚNIOR, S.S.; LAFON, J.M. Novos dados geocronológicos Rb – Sr na região de Forquilha – Santa Quitéria – CE. *In: XIV Simpósio de Geologia do Nordeste*, SBG, Recife. *Anais*, p.260 – 263. 1991.
- GORAYEB, P.S.S., ABREU, F.A.M., HASUI, Y. A tectônica distensiva e a geração de granitos Eopaleozóicos no oeste do Ceará. *In: XV Simp. de Geol. do Nordeste*, Natal. 1993. p. 254 – 255. 1993.
- GORAYEB, P.S.S.; LEMOS, R.L.; ABREU, F.A.M. O Granodiorito Anil: Caracterização geológica e petrográfica. *In: Cong. Bras. Geol.*, 38. Camboriú - SC. Bol. Res. Exp. SBG. V.1. p. 156 – 158. 1994.
- GORAYEB, P.S.S.; SOARES, C.M. Dados petrográficos, faciologia e implicações petrológicas do Granito do Pajé. *In: Cong. Bras. Geol.*, 38. Camboriú - SC. Bol. Res. Exp. SBG. V.1. p. 128 – 129. 1994.
- GORAYEB, P.S.S.; LAFON, J.M. Geocronologia Rb – Sr do Granodiorito Anil – CE. *In: XVI Simpósio de Geologia do Nordeste*, SBG, Recife. *Anais*, p. 274 – 276. 1995.
- KOBER, B. *Single grain evaporation combined with Pb emitter bedding $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ investigations using thermal ion mass spectrometry and implications to zirconology*. Contributions to Mineralogy and Petrology, v. 96, p. 63-71. 1987.
- LUDWIG, K.R. *User's manual for Isoplot/Ex Version 3.2. A geochronological toolkit for Microsoft Excel*. Berkeley Geochronological Center Special Publication, 70p. 2004.
- MATTOS, I. C.; ARTUR, A. C.; ARTHAUD, M. H.; NOGUEIRA NETO, J. A. Geologia e Geocronologia do stock granítico Serra do Barriga – Sobral/CE. *In: XXII Simpósio de Geologia do Nordeste*, SBG, Natal. *Anais*, p. 176. 2007.
- NASCIMENTO, D. A.; GAVA, A; PIRES, J.; TEIXEIRA, W. *Geologia da folha SA. 24 - Fortaleza*. Projeto RADAM Brasil. Rio de Janeiro. DNPM. 21: 23 - 212. 1981.
- OLIVEIRA, E.M.; LAFON, J.M.; GIOIA, S.M.C.L.; PIMENTEL, M.M. 2008. *Datação Sm-Nd em rocha total e granada do metamorfismo granulítico da região de Tartarugal Grande, Amapá Central*. Rev. Bras. Geol., 38(1): 114-127.
- PEARCE, J.A.; HARRIS, N.B.M.; TINDLE, A.D. Trace elemento discrimination diagrams for the tectonic interpretation of rocks. *J. Petrol.*, 25 (4): 956-983. 1984.

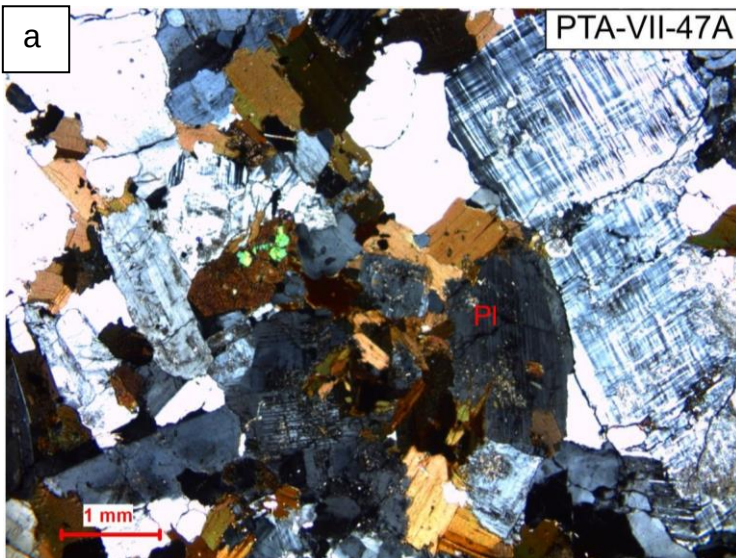
- PRATES, M; GATTO, L.C. S; COSTA, M. I. P. Geomorfologia. *In: Brasil. DNPM - Projeto Radam Brasil*. Folha SB 24-25 Jaguaribe-Natal, RJ: RADAMBRASIL, 1981.
- QUADROS, M.L.E.S.; ABREU, F.A.M. Bacia de Jaibaras – NW do Ceará: considerações sobre a evolução tectono – sedimentar. *In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos*, 5. Gramado. SBG. p. 307 – 309. 1995.
- SANTOS, T. J. S.; DANTAS, E. L.; ARTHAUD, M.H.; FUCK, R.A.; PIMENTEL, M. M.; FETTER, A. H. *Evidências de crosta juvenil neoproterozóica no Ceará*. *In: 42 Congresso Brasileiro de Geologia*, SBG, Araxá. Anais v. 1, p. 1175-1176. 2004.
- SATO, K.; TASSINARI, C.C.G. Principais eventos de acreção continental no Cráton Amazônico baseados em idade modelo Sm-Nd, calculada em evoluções de estágio único e estágio duplo. Universidade de São Paulo – USP, Instituto de Geociências, São Paulo, 1997. *In: COSTA, M.L.; ANGÉLICA, R.S. (eds). Contribuições à Geologia da Amazônia – V Simpósio de Geologia da Amazônia*, Belém, PA. p. 92-125. 1997.
- SCHOBHENHAUS, C. (Coord.) *et al. Geologia do Brasil: texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais*. Brasília: DNPM, 501p. 1984.
- STRECKEISEN, A. L. *To each plutonic rock its proper name*. *Earth Science reviews*, v.12. p.1-33. 1976.
- TAVARES JÚNIOR, S.S. Caracterização litoquímica e geocronologia Rb-Sr de rochas granitóides e ortognaisses da região de Santa Quitéria Sobral, NW do Ceará. Belém. 145 f. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém. 1992.
- TORQUATO, M. F. B.; TORQUATO, J. R. F.; FIGUEIREDO, C.; NOGUEIRA NETO, J. A. Estudo dos granitos cearenses “Vermelho Filomena, Meruoca clássico e Verde Ceará” por análise digital de imagem em câmara com atmosfera saturada em SO₂. *UFCE, Fortaleza, GEONOMOS* 16(2): 51 - 62, 2008.
- WHALEN, J.B.; CURRIE, K.L.; CHAPPELL, B.W. *A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis*. *Contribution Mineral Petrology* 95: 407-419. 1987.

ANEXOS

ANEXO A - FICHA PETROGRÁFICA

FICHA PETROGRÁFICA		
Sigla da Amostra	PTA-VII-47-A	
Localização (toponímia)	Afloramento tipo lajedo, na CE-176 sentido Aracatiaçu-Santa Quitéria no acesso ao ramal da fazenda Rajada.	
Coordenadas (Lat/Long)	375918	9555569

Descrição (Amostra de Mão):	Imagem da Amostra
Rocha leucocrática de composição monzogranítica de coloração cinza rosada, textura fanerítica, granulação grossa com cristais variando de 2 a 4 cm, composta essencialmente por feldspato alcalino, plagioclásio, quartzo e biotita.	

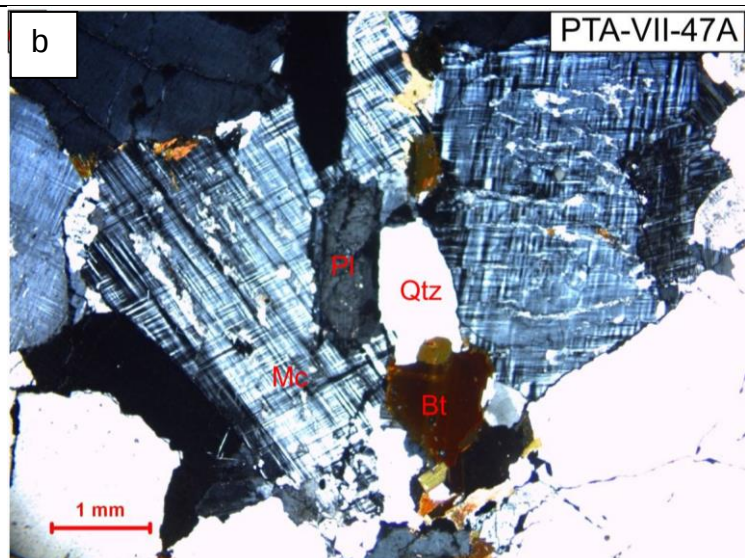
Descrição (Microscopia Ótica):	Fotomicrografia
Trata-se de uma rocha holocristalina, leucocrática, com textura granular hipidiomórfica, de granulação grossa, composta essencialmente por microclina, quartzo, oligoclásio e biotita. Como mineral varietal temos a hornblenda e como minerais acessórios: zircão, apatita e titanita. Minerais secundários como a clorita, sericita, epidoto e argilominerais também são encontrados. A microclina representa cerca 40% da composição mineralógica da rocha (proporção modal). Os cristais encontram-se na forma subédrica a anédrica, variando de 5 a 10 mm. Apresenta maclamento do tipo xadrez; localmente apresentam textura micropertítica e encontram-se parcialmente alterados para argilominerais. O oligoclásio compreende 25% da composição mineralógica da rocha e apresenta-se com cristais subédricos a anédricos, parcialmente alterados para sericita e epidoto, processo de saussuritização. O máfico dominante é a biotita representando aproximadamente 4% da composição mineralógica da	

rocha. A biotita apresenta cristais subédricos a anédricos, na coloração marrom avermelhada, com pleocroísmo para o creme, e por vezes encontra-se totalmente ou parcialmente alterada para clorita.

A hornblenda, mineral varietal, apresenta-se em cristais subédricos de coloração amarelo amarronzado, com pleocroísmo para o verde oliva, com tamanho de aproximadamente 1 mm. Apresenta-se com cristais subédricos e alguns cortes na seção basal deste mineral. O restante da composição da rocha compreende os minerais acessórios como zircão, com cristais euédricos, por vezes metamitizados com tamanho de 1 a 2 mm; e também a titanita, de coloração marrom claro, na forma de losango, com tamanho de mais ou menos 2 mm.

O quartzo está com proporção modal de 20%, com cristais anédricos, extinção ondulante e está sob forma de um mosaico poligonal com junção tríplice e com formação de subgrãos. Os contatos por vezes são retos entre si e irregulares com os outros minerais que constituem a rocha.

A biotita perfaz aproximadamente 30% em proporção modal da rocha, com coloração marrom-esverdeada, com cristais subédricos, localmente com suas extremidades serrilhadas e estão orientadas segundo a estruturação da rocha.



Aspectos Texturais/Microestruturais:

Textura granular hipidiomórfica. Presença de mesoperititas e intercrescimento mimerquítico.

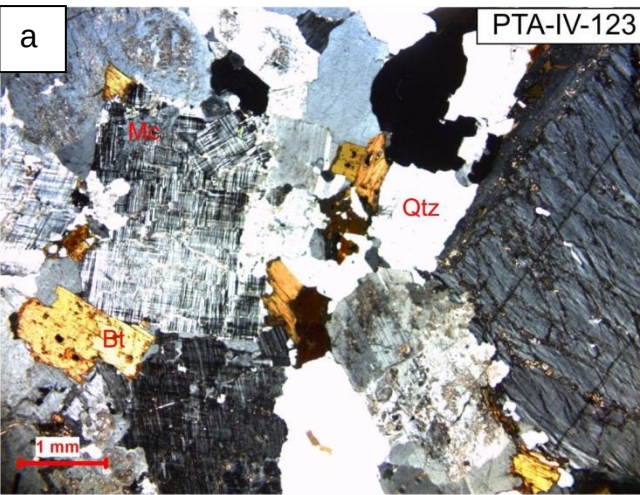
Mineralogia Essencial		% modal	Minerais Acessórios:
Microclina		32,1	Titanita, zircão, apatita e opacos.
Oligoclásio		30,1	
Quartzo		25,6	
Biotita		10,0	
Anfibólio		1,2	Minerais Secundários:
			Clorita, sericita, epidoto e argilominerais
Classificação (tipo de rocha):	Anfibólio-biotita-monzogranito		
Classificação (nome da rocha):	Granito do Pajé		
Petrogênese:			
Granito do tipo intrusivo pertencente à Suíte Intrusiva Meruoca. Idade Paleozóica (Cambriano Inferior).			

Data 15 / 06 / 2012

Petrógrafo: Yuri Nascimento.

FICHA PETROGRÁFICA		
Sigla da Amostra	PTA-IV-123	
Localização (toponímia)	Ramal que leva a Comunidade Lagoa do Mato, no sentido Estrada Lisien-Assentamento Lagoa Mato.	
Coordenadas (Lat/Long)	371481	371481

Descrição (Amostra de Mão):	Imagem da Amostra
Rocha leucocrática de composição monzogranítica de coloração rosa acinzentada, textura fanerítica de granulação grossa com cristais variando de 2 a 3 cm, composta essencialmente por feldspato alcalino, plagioclásio, quartzo e biotita.	

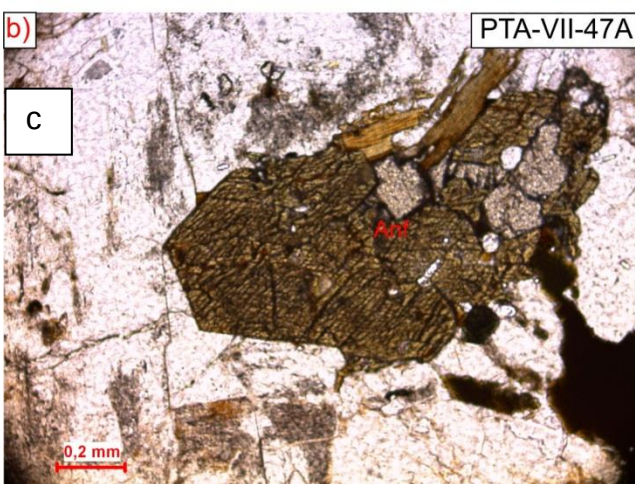
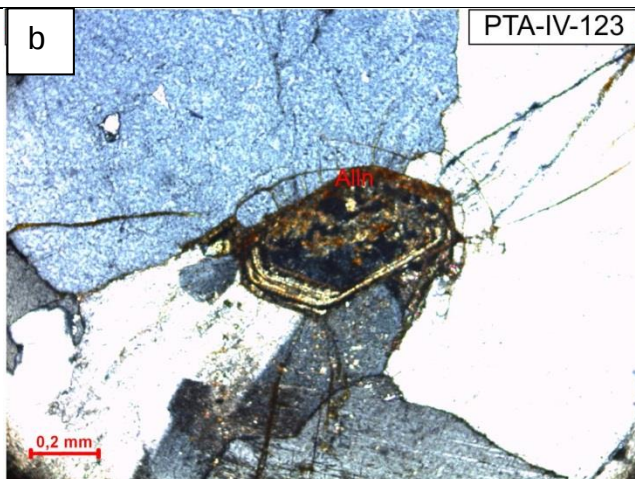
Descrição (Microscopia Ótica):	Fotomicrografia
Rocha ígnea plutônica, holocristalina, leucocrática, com textura granular hipidiomórfica, granulação grossa, inequigranular, sendo composta essencialmente por quartzo, microclina, oligoclásio e biotita. Como acessório tem-se apatita, zircão, titanita e allanita. Os minerais secundários são: clorita, carbonato e argilominerais. A microclina compõem cerca de 45% da rocha, representada por cristais subédricos e tabulares, com tamanhos entre 0,4 a 1,2 cm. O contato entre esses minerais é frequentemente do tipo reto e do tipo côncavo-convexo. Exibem maclamento albita-periclina, com pertitzados sob a forma de filetes, veios e retalhos, e moderada alteração para sericita e argilominerais. Os cristais de microclínio frequentemente envolvem pequenos cristais de plagioclásio, biotita e quartzo. Quando em contato com o plagioclásio geram intercrescimento mirmequítico. Os cristais de oligoclásio (An=22), perfazem cerca de 25 a 30% do volume da rocha, possuem dimensões entre 3 a 8 mm, são anédricos a subédricos prismáticos ocupando posições intersticiais entre os minerais. Alguns cristais apresentam maclamento albita e albita-carlsbad, exibem marcante zoneamento	

composicional, apresentando núcleos mais cálcicos, evidenciados pela intensa saussuritização, sendo o grau de alteração forte, no entanto não atingindo os bordos.

O quartzo compõe cerca de 10 a 15% da rocha, apresenta-se em cristais anédricos a subédricos com tamanhos entre 0,7 a 3 mm. Ocorrem nos interstícios dos cristais de microclínio e oligoclásio ou constituindo agregados monominerálicos. Mostram contatos tipo côncavo-convexo entre si e retos com demais cristais. Localmente verificam-se feições mirmequíticas.

Os cristais de biotita constituem de 5 a 7% da rocha ocorrendo em lamelas de dimensões 0,6 a 1,3 mm, sendo comumente encontradas associadas aos cristais de minerais opacos, titanita e zircão metamítico. Mais raramente ocorre intercrescida em hornblenda. A cloritização encontra-se mais comumente nas bordas dessas lamelas.

Como acessórios (01 - 03%) tem-se a apatita que ocorre como diminutos cristais prismáticos alongados e hexagonais sob a forma de inclusões em plagioclásio, e principalmente na biotita. O zircão, hábito prismático com formas subédricos e euédricos, ocorre também como inclusões em diversos minerais. A titanita é prismática subeudral, onde juntamente com o mineral opaco, gera um intercrescimento simplectítico. Localmente verifica-se a presença de cristais de allanita zonada composicionalmente e textura esquelética bastante corroída e a hornblenda em parte cloritizada e intercrescida com a biotita.



Aspectos Texturais/Microestruturais:

Textura granular hipidiomórfica. Presença de mesoperititas.

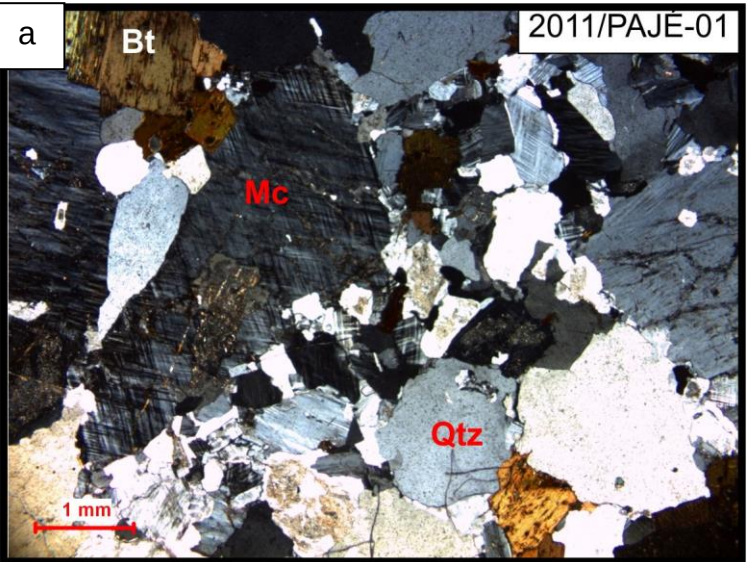
Mineralogia Essencial		% modal	Minerais Acessórios:
Microclina		45,0	Titanita, allanita, zircão, apatita e opacos.
Oligoclásio		25,3	
Quartzo		25,5	
Biotita		2,6	
Anfibólio		1,1	Minerais Secundários:
			Clorita, sericita, epidoto e argilominerais
Classificação (tipo de rocha):	Anfibólio-biotita-monzogranitogranito		
Classificação (nome da rocha):	Granito do Pajé		
Petrogênese:			
Granito do tipo intrusivo pertencente à Suíte Intrusiva Meruoca. Idade Paleozóica (Cambriano Inferior).			

Data 15 / 06 / 2012

Petrógrafo: Yuri Nascimento.

FICHA PETROGRÁFICA		
Sigla da Amostra	2011/PAJÉ-01 (Amostra coletada para geocronologia)	
Localização (toponímia)	Acesso pela CE-362 no sentido Sobral-Taperuaba, às margens do ramal que leva à Comunidade Lagoa do Mato.	
Coordenadas (Lat/Long)	371195	9561675

Descrição (Amostra de Mão):	Imagem da Amostra
Rocha leucocrática de composição sienogranítica de coloração esbranquiçada, textura hipidiomórfica granular, granulação grossa com cristais variando de 1 a 4 cm, composta essencialmente por feldspato alcalino, plagioclásio, quartzo e biotita.	 2011/PAJÉ-01

Descrição (Microscopia Ótica):	Fotomicrografia
Rocha ígnea plutônica, holocristalina, leucocrática, com textura idiomórfica granular, de granulação grossa, com cristais variando de 2 cm a 4 cm. Esta rocha é composta essencialmente por quartzo, oligoclásio (An=29), microclina e biotita. Os minerais acessórios presentes na rocha são titanita, zircão, allanita e apatita. Os minerais de alteração encontrados são clorita, carbonato e sericita. O feldspato alcalino representa cerca de 45% da rocha, em proporção modal, e tem cristais euédricos a subédricos, variando de 2 a 5 cm. Apresentam maclamento do tipo xadrez. A maioria dos cristais encontra-se parcialmente alterados para argilominerais. Comumente é observado textura mimerquítica com cristais de quartzo em forma de gotas. Outro tipo de textura observada é a formação de pertitas, onde lamelas de álcali-feldspato sódico e cálcico se alternam. O quartzo representa 25% da composição modal da rocha, com cristais subédricos a anédricos de	 2011/PAJÉ-01 1 mm A biotita representa aproximadamente 4% da composição modal da rocha sendo o mineral máfico dominante, de coloração marrom avermelhada, com pleocroísmo forte para o

tamanho variado, apresentando em alguns cristais uma extinção ondulante. Comumente formam textura micrográfica com a microclima. O oligoclásio perfaz 25% da composição modal da rocha com cristais euédricos a subédricos, variando de 0,5 a 2,5 cm e apresentam maclamento do tipo albita e albita-carlsbad. A grande maioria dos cristais encontra-se parcialmente alterados para sericita e carbonato. Mais raramente, alguns cristais apresentam um zoneamento, do centro para as bordas.	creme nos cortes longitudinais, representada por cristais subédricos. Alguns cristais estão alterados parcialmente, principalmente nas bordas, para clorita. Os minerais acessórios perfazem 1% dos minerais na rocha: titanita, com cristais subédricos de coloração creme; allanita e zircão.
Aspectos Texturais/Microestruturais: Textura granular hipidiomórfica. Presença de mesopertitas e intercrescimento mimerquítico.	

Mineralogia Essencial	% modal	Minerais Acessórios:
Microclina	43,1	Titanita, alanita, zircão, apatita e opacos.
Oligoclásio	21,0	
Quartzo	27,0	
Biotita	8,1	
Anfibólio	0,0	
		Minerais Secundários:
		Clorita, sericita, epidoto e argilominerais

Classificação (tipo de rocha):	Biotita-sienogranito
Classificação (nome da rocha):	Granito do Pajé

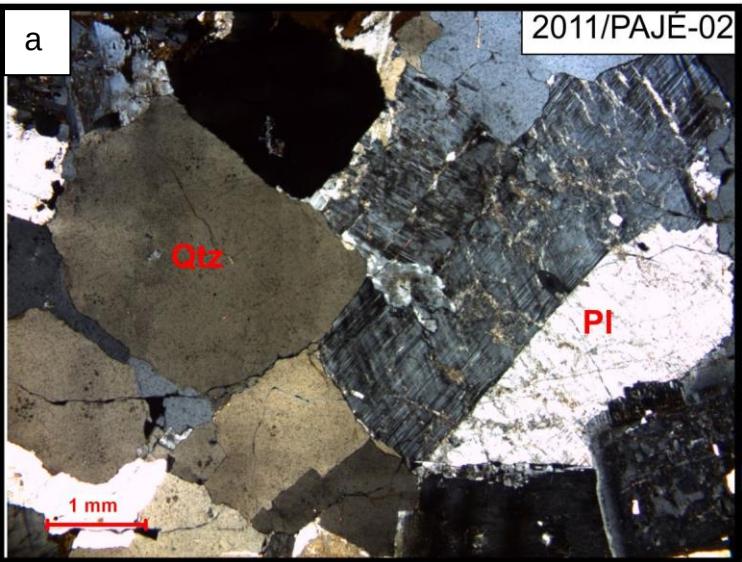
Petrogênese:
Granito do tipo intrusivo pertencente à Suíte Intrusiva Meruoca. Idade Paleozóica (Cambriano Inferior).

Data 15 / 06 / 2012

Petrógrafo: Yuri Nascimento.

FICHA PETROGRÁFICA		
Sigla da Amostra	2011/PAJÉ-02 (Amostra coletada para geocronologia)	
Localização (toponímia)	Acesso pela CE-362 no sentido Sobral-Taperuaba, às margens do ramal que leva à Comunidade Lagoa do Mato.	
Coordenadas (Lat/Long)	371936	9561908

Descrição (Amostra de Mão):	Imagem da Amostra
Rocha leucocrática de composição sienogranítica de coloração rosa acinzentada, textura fanerítica, granulação grossa composta essencialmente por feldspato alcalino, plagioclásio, quartzo e biotita.	

Descrição (Microscopia Ótica):	Fotomicrografia
Rocha ígnea plutônica, holocristalina, leucocrática, com textura idiomórfica granular, de granulação grossa, com cristais variando de 2 cm a 4 cm. Esta rocha é composta essencialmente por quartzo, oligoclásio (An=29), microclina e biotita. Os minerais acessórios presentes na rocha são titanita, zircão, allanita e apatita. Os minerais de alteração encontrados são clorita, carbonato e sericita. O feldspato alcalino é a fase dominante e representa cerca de 40% da rocha, em proporção modal, e tem cristais euédricos a subédricos, variando de 2 a 5 cm. Alguns cristais apresentam maclamento do tipo xadrez e alguns cristais sem maclamento. A maioria dos cristais encontra-se parcialmente alterados para argilominerais. Comumente é observado textura micrográfica com cristais de quartzo em forma de gotas. Outro tipo de textura observada é a formação de pertitas, onde lamelas de álcali-feldspato sódico e cálcico se alternam. O quartzo representa 30% da composição modal da rocha, com	 A biotita é o máfico dominante, de coloração marrom avermelhada, com pleocroísmo forte para o creme nos cortes longitudinais, representada por cristais subédricos. Alguns

cristais subédricos a anédricos de tamanho variado, apresentando em alguns cristais uma extinção ondulante. Comumente formam textura micrográfica com a microclima. O oligoclásio perfaz 20% da composição modal da rocha com cristais euédricos a subédricos, variando de 0,5 a 2,5 cm e apresentam maclamento do tipo albita e albita-carlsbad. A grande maioria dos cristais encontra-se parcialmente alterados para sericita e carbonato. Mais raramente, alguns cristais apresentam um zoneamento, do centro para as bordas.	cristais estão alterados parcialmente, principalmente nas bordas, para clorita. A biotita representa aproximadamente 9% da composição modal da rocha. Os minerais acessórios perfazem 1% dos minerais na rocha e são encontrados: titanita, com cristais subédricos de coloração creme; alanita e zircão.
Aspectos Texturais/Microestruturais: Textura granular hipidiomórfica. Presença de mesoperititas e intercrescimento mimerquítico.	

Mineralogia Essencial	% modal	Minerais Acessórios:
Microclina	41,1	Titanita, zircão, alanita, apatita e opacos.
Oligoclásio	23,0	
Quartzo	25,0	
Biotita	8,1	
Anfibólio	1,7	
		Minerais Secundários:
		Clorita, sericita, epidoto e argilominerais

Classificação (tipo de rocha):	Anfibólio-biotita-sienogranito
Classificação (nome da rocha):	Granito do Pajé

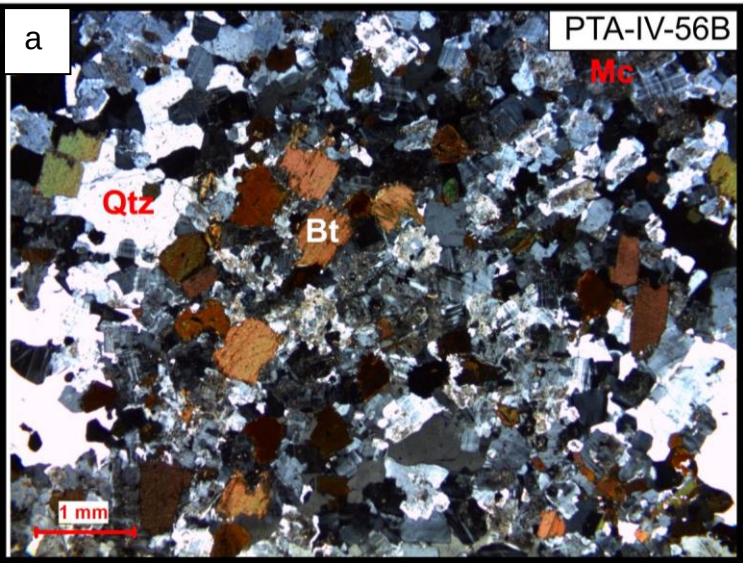
Petrogênese:
Granito do tipo intrusivo pertencente à Suíte Intrusiva Meruoca. Idade Paleozóica (Cambriano Inferior).

Data 15 / 06 / 2012

Petrógrafo: Yuri Nascimento.

FICHA PETROGRÁFICA		
Sigla da Amostra	PTA-IV-56B	
Localização (toponímia)	Às margens da rodovia CE-362 no sentido Sobral-Taperuaba.	
Coordenadas (Lat/Long)	374428	9562241

Descrição (Amostra de Mão):	Imagem da Amostra
Rocha leucocrática de composição sienogranítica de coloração rosa esbranquiçada, textura fanerítica, granulação média, composta essencialmente por feldspato alcalino, plagioclásio, quartzo e biotita.	

Descrição (Microscopia Ótica):	Fotomicrografia
A rocha apresenta granulação média, textura granular hipidiomórfica inequigranular, sendo composta essencialmente por quartzo, plagioclásio e microclínio. Subordinadamente aparece a hornblenda e biotita, como acessório tem-se apatita, zircão e titanita. Os minerais secundários são: clorita, epídoto, carbonato e argilominerais. Os cristais de quartzo compõe cerca de 10 a 15% da rocha, apresentam-se hábito anédricos com dimensões entre 2 a 5 mm, levemente fraturados. Localmente é observado intercrescimento em plagioclásio constituindo feições mirmequíticas. Os cristais de oligoclásio (An 14) são anédricos a subédricos prismáticos, mostram tamanhos entre 3 a 11 mm, apresentam maclamento albita, extinção ondulante moderada, maclas curvadas, lamelas de deformação e	

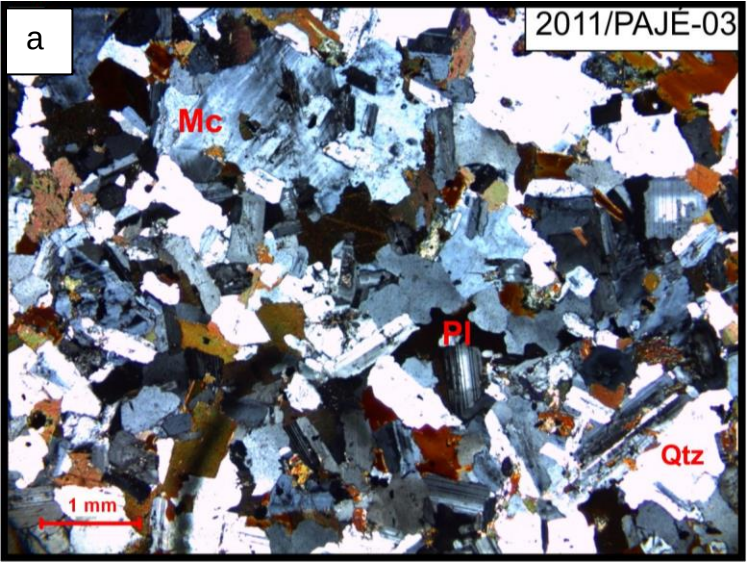
perfazem cerca de 40 a 45% do volume da rocha. Muitos minerais encontram-se inclusos, tais como zircão, epidoto prismáticos, apatita e biotita subeudral, além de minerais opacos e comumente envolvem cristais microclínio, gerando uma textura poiquilítica. Alteram principalmente para sericita e argilominerais, os quais tendem a se concentrarem nos núcleos desses cristais, considerado um grau de alteração moderado. Os cristais de microclínio são subédricos a anédricos, possuem tamanhos entre 3 a 8 mm, e algumas vezes ocorrem como inclusões em plagioclásio. No geral compõem cerca de 35 a 40% da rocha. O contato entre esses minerais é frequentemente do tipo reto e côncavo-convexo, no entanto localmente apresentam contatos lobados, estando moderadamente fraturados. Exibem geminação Albita-Periclina, onde em termos gerais mostram-se fracamente pertitizados sob forma de filetes e retalhos, podendo representar dois estágios de dissolução à diferentes temperaturas,	Como alteração ocorre frequentemente os Os cristais de microclínio frequentemente apresentam inclusões, tais como, titanita e biotita. argilominerais, podendo ser considerada como uma intensidade de alteração moderada. Quando em contato com o plagioclásio geram intercrescimento mirmequítico. A biotita constitui de 5 a 7% da rocha. As lamelas de biotita mostram-se desde euédricas a anédricas, com tamanhos entre 0,4 a 2 mm, geralmente possuem seus limites corroídos, além de que, por vezes encontram-se interticias aos cristais de plagioclásio. Comumente encontram-se associadas com cristais de minerais opacos, apatitas, titanita, zircão, os quais ocorrem como inclusões, sendo que estes últimos provocam efeitos de metamictização moderados nessas lamelas. Mais raramente ocorrem intercrescidas na hornblenda. A cloritização é moderada não afetando completamente o mineral, encontrando-se mais comumente nas bordas. A hornblenda constituindo cerca de 3 a 5% do volume total da rocha, ocorrendo em cristais euédricos e em menor quantidade subédricos. Estando geralmente associadas a biotita. A allanita com hábito prismático e textura esquelética, está somente em parte preservada, apresentando zoneamento composicional e intercrescimento de biotitas. O zircão ocorre como inclusão em diversos minerais, geralmente de hábito prismático ora alongado, ora em diminutos cristais. A titanita ocorre frequentemente em cristais subédricos, ocasionalmente geminados, seus contatos com o plagioclásio indicam uma relação de equilíbrio, sugerindo uma precipitação precoce da titanita. Por outro lado, cristais anédricos ocorrem por desestabilização da biotita, estando intimamente associados com cloritas. Outros acessórios são a apatita e o epidoto.
Aspectos Texturais/Microestruturais: Textura granular alotriomórfica, localmente poiquilítica.	

Mineralogia Essencial		% modal	Minerais Acessórios:
Microclina		54,1	Titanita, zircão, alanita, apatita e opacos.
Oligoclásio		12,3	
Quartzo		22,6	
Biotita		8,8	
Anfibólio		1,7	Minerais Secundários:
			Clorita, sericita, epidoto e argilominerais
Classificação (tipo de rocha):	Biotita-sienogranito		
Classificação (nome da rocha):	Granito do Pajé		
Petrogênese:			
Granito do tipo intrusivo pertencente à Suíte Intrusiva Meruoca. Idade Paleozóica (Cambriano Inferior).			

Data 15 / 06 / 2012

Petrógrafo: Yuri Nascimento.

FICHA PETROGRÁFICA		
Sigla da Amostra	2011/PAJÉ-03 (Amostra coletada para geocronologia)	
Localização (toponímia)	Leito do Riacho Grotá, às margens da estrada para o assentamento Lagoa do Mato.	
Coordenadas (Lat/Long)	371936	9561908

Descrição (Amostra de Mão):	Imagem da Amostra
Rocha mesocrática de composição granodiorítica de coloração acinzentada, textura fanerítica, granulação grossa composta essencialmente por plagioclásio, quartzo, feldspato alcalino e biotita. Apresenta também alguns fenocristais de plagioclásio.	
Descrição (Microscopia Ótica):	Fotomicrografia
Rocha ígnea plutônica, holocristalina, mesocrática, com textura hipidiomórfica granular, de granulação grossa, com cristais variando de 2 cm a 0,5 cm. Esta rocha é composta essencialmente por quartzo, plagioclásio, feldspato alcalino e biotita. Os minerais acessórios presentes na rocha são titanita e zircão. Os minerais de alteração encontrados são clorita, carbonato e sericita. O plagioclásio é a fase dominante e representa 35% da composição modal da rocha. O referido plagioclásio é um oligoclásio e os cristais subédricos a euédricos desse mineral, variam de 0,5 a 2 cm e apresentam maclamento do tipo albita e albita-carlsbad. A grande maioria dos cristais encontra-se parcialmente alterados para sericita e carbonato. Mais raramente, alguns cristais apresentam um zoneamento composicional, do centro para as bordas.	

O quartzo representa 30% da composição modal da rocha, com cristais subédricos a anédricos de tamanho variado, apresentando em alguns cristais uma extinção ondulante.

O feldspato alcalino representa 25% da rocha, em proporção modal, e tem cristais subédricos a anédricos, variando de 0,5 a 1,5 cm e apresentam maclamento do tipo xadrex e alguns cristais sem maclamento. Alguns cristais encontram-se parcialmente alterados para argilominerais.

A biotita é o máfico dominante, de coloração marrom avermelhada, com pleocroísmo forte para o creme nos cortes longitudinais, representada por cristais subédricos. Alguns cristais estão alterados nas bordas para clorita. A biotita representa aproximadamente 9% da composição modal da rocha. Os minerais acessórios encontrados são titanita, com cristais subédricos de coloração creme, e o zircão.

Aspectos Texturais/Microestruturais:

Textura granular hipidiomórfica. Zoaneamento composicional em alguns cristais de plagioclásio.

Mineralogia Essencial	% modal	Minerais Acessórios:
Microclina	18,3	Titanita, zircão e opacos.
Plagioclásio	40,8	
Quartzo	18,1	
Biotita	21,7	
Anfibólio	0	
		Minerais Secundários:
		Clorita, sericita e argilominerais

Classificação (tipo de rocha):	Biotita-granodiorito
Classificação (nome da rocha):	Granito do Pajé

Petrogênese:

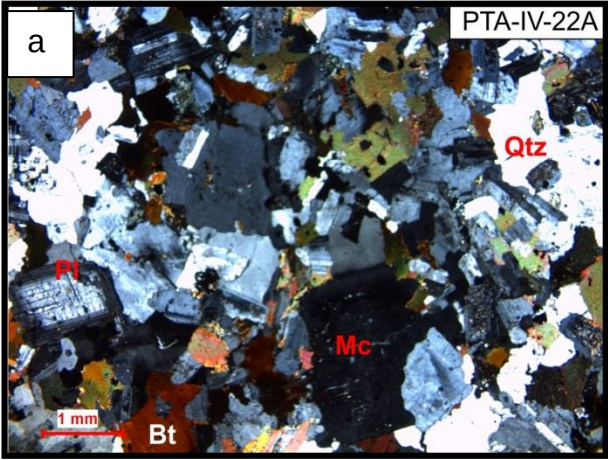
Granito do tipo intrusivo pertencente à Suíte Intrusiva Meruoca. Idade Paleozóica (Cambriano Inferior).

Data 15 / 06 / 2012

Petrógrafo: Yuri Nascimento.

FICHA PETROGRÁFICA		
Sigla da Amostra	PTA-IV-22 A	
Localização (toponímia)	Leito do Riacho Grotá, às margens da estrada para o assentamento Lagoa do Mato.	
Coordenadas (Lat/Long)	371936	9561908

Descrição (Amostra de Mão):	Imagem da Amostra
Rocha mesocrática de composição granodiorítica de coloração acinzentada, textura fanerítica, granulação grossa composta essencialmente por plagioclásio, quartzo, feldspato alcalino e biotita.	

Descrição (Microscopia Ótica):	Fotomicrografia
A rocha apresenta granulação variando de fina a média, textura granular hipidiomórfica, inequigranular, sendo constituída por quartzo, plagioclásio e microclina. Os minerais máficos constituem de 20 a 25% do volume total da rocha, sendo os principais são biotita e hornblenda, como acessório tem-se apatita, zircão e titanita. Os secundários são clorita, sericita, epidoto, carbonato e argilominerais. Os cristais de quartzo compõem cerca de 15 a 20% da rocha, apresentam-se intersticiais aos cristais de plagioclásio, e são geralmente anédricas, moderadamente fraturados, e tamanhos entre 2 a 4 mm. São observadas, localmente, intercrescimento de quartzo em plagioclásio constituindo feições mirmequíticas, resultantes da reação entre microclínio e plagioclásio. A relação de contato com os demais minerais é predominantemente do tipo côncavo-convexas. Os cristais de oligoclásio (An 12), perfazem cerca de 55 a 60% do volume da rocha, em sua maioria com tamanhos entre 2 a 6 mm, subédricos a euédricos, possuem maclamento albita, albita-carlsbard e mais raramente albita-periclina. Exibem zoneamento concêntrico do tipo normal, além de extinção moderadamente ondulante. Algumas evidências de deformação intracristalina puderam ser observadas, tais como, (extinção ondulante e maclas curvadas). Como alteração ocorre o carbonato e a sericita, tendo seu núcleo mais alterado que o bordo, que evidencia a composição mais cálcica, sendo um grau de alteração incipiente. Os cristais de microclina compõem cerca de 5 a 10% da rocha, apresentando tamanhos entre 5 a 10 mm, comumente anédricos	

preenchendo os interstícios entre os cristais de oligoclásio. São fracamente fraturados e exibem geminação típica Albita-Periclina. Os cristais de microclínio frequentemente envolvem cristais de plagioclásio, apatita e opaco caracterizando feições poiquilíticas. Como alteração, o mineral exibe intensidades variáveis de transformações para argilominerais e carbonato, sendo predominantemente em poucas porções dos cristais. Os cristais de biotita constituem aproximadamente 15 a 20% da rocha, as lamelas mostram-se euédricas a anédricas, com dimensões variando entre 0,5 a 1,5 mm, muitas vezes com suas bordas corroídas.	São comumente encontradas associadas com opacos, apatitas, titanita e zircão os quais ocorrem como inclusões, onde os dois últimos provocam efeitos de metamictização de intensidade fraca nessas lamelas. Mais raramente ocorrem intercrescidas na hornblenda. A cloritização pode ser considerada como moderada, em geral não afetando totalmente o cristal. Os cristais de hornblenda constituem cerca de 1 a 3% do volume total da rocha, são geralmente subédricos de hábito prismático, localmente ocupam os interstícios entre os cristais de oligoclásio. A hornblenda, geralmente está associada com a biotita. Contém inclusões de apatita, zircão e minerais opacos. Como acessórios tem-se a apatita que ocorre como diminutos cristais prismáticos alongados e hexagonais. O zircão, hábito prismático com formas subédricas e euédricos. A titanita ocorre em cristais subédricos de hábito losangular, outros anédricos e ocasionalmente geminados.
Aspectos Texturais/Microestruturais: Textura granular hipidiomórfica. Presença de mesoperititas e intercrescimento mimerquítico.	

Mineralogia Essencial	% modal	Minerais Acessórios:
Microclina	41,1	Titanita, zircão, apatita e opacos.
Oligoclásio	23,0	
Quartzo	25,0	
Biotita	8,1	
Anfibólio	1,7	
		Minerais Secundários:
		Clorita, sericita, epidoto e argilominerais

Classificação (tipo de rocha):	Hornblenda-biotita-granodiorito.
Classificação (nome da rocha):	Granito do Pajé

Petrogênese:
Granito do tipo intrusivo pertencente à Suíte Intrusiva Meruoca. Idade Paleozóica (Cambriano Inferior).

Data 15 / 06 / 2012

Petrógrafo: Yuri Nascimento.