



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Geologia



Instituto de Geociências

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE GEOLOGIA

DAYANE DO NASCIMENTO COELHO

**PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DO GRANITO PORTO GRANDE, SE DO  
ESCUDO DAS GUIANAS-AP.**

**GEOCIÊNCIAS**  
U F P A

**BELÉM**  
**2015**

DAYANE DO NASCIMENTO COELHO

PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DO GRANITO PORTO GRANDE, SE DO  
ESCUDO DAS GUIANAS-AP.

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

Orientadora: Dra. Lúcia Travassos da Rosa-Costa.  
(CPRM-Belém)

Coorientador: Prof. Dr. Jean Michel Lafon. (UFPA)

BELÉM  
2015

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

---

C672p Coelho, Dayane do Nascimento, 1991

Petrografia e geoquímica do granito Porto Grande, SE do  
Escudo das Guianas-AP / Dayane do Nascimento Coelho. – 2015

62 f. : il. ; 30 cm

Orientadora: Lúcia Travassos da Rosa-Costa

Coorientador: Jean Michel Lafon

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade  
Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia,  
Belém, 2015.

1. Petrologia - Amapá. 2. Geoquímica - Amapá. 3. Geofísica –  
Amapá. 4. Crátons – Amapá. 5. Granito - Amapá. I. Título.

CDD 22. ed.: 552.098116

---

DAYANE DO NASCIMENTO COELHO

PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DO GRANITO PORTO GRANDE, SE DO  
ESCUDO DAS GUIANAS-AP.

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

Data da aprovação: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Conceito: \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

---

Lúcia Travassos da Rosa-Costa – Orientadora  
Doutora em Geologia  
Serviço Geológico do Brasil – CPRM

---

Régis Munhoz Krás Borges- Membro  
Doutor em Geologia  
Universidade Federal do Pará

---

Jaime dos Passos Barbosa-Membro  
Mestre em Geologia  
Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Aos meus pais, Hilda Coelho e  
Antônio Neto por todo o amor e apoio  
incondicional.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter permitido a concretização de mais um sonho e me ajudado a superar todas as dificuldades.

À minha família por todo amor, dedicação e compreensão ao longo da minha vida, em especial a Hilda Coelho, Antônio Neto, Nádia Santos, Aderson Coelho, Nélia Coelho e Belinha Coelho.

Aos melhores amigos e conselheiros: Hilda Coelho e Antonio Neto, por nunca medirem esforços para minha educação e bem estar.

À CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Superintendência Regional de Belém, pelo apoio institucional, cedendo amostras, imagens aerogeofísicas, laboratórios e equipamentos.

À Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências e Faculdade de Geologia pelo suporte necessário para a execução deste trabalho.

À minha orientadora Dra. Lúcia Travassos com admiração, respeito e carinho, por todo constante apoio, paciência e dedicação.

À meu co-orientador Prof. Dr. Jean Michel Lafon por todo o auxílio.

Ao Rafael Estumano, Bruna Nogueira e Douglas Pereira pela grande colaboração para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus queridos amigos de turma, em especial: Arthur Aragão e Franco Felipe por toda força, companheirismo e amizade.

À Hanna Sales, Amanda Andrade, Igor Souto, Karinny Calandrini e Thiago Barros por valorosa amizade e momentos de descontração.

Ao Junior Loureiro por todo amor, incentivo e compreensão.

## RESUMO

A porção sudeste do Escudo das Guianas, na borda oriental do Cráton Amazônico, foi objeto de estudo do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, através do Projeto Geologia da Folha Macapá (BARBOSA ET AL. 2013). Durante o mapeamento geológico da Folha Macapá pelo do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, uma importante contribuição foi a definição de um pluton granítico, designado de Granito Porto Grande, o qual foi datado pelo método de evaporação de Pb em zircão em 1,84 Ga, por Barbosa et al. (2013).

A área selecionada para este trabalho, que engloba o Granito Porto Grande, está localizada na porção nordeste da Folha Macapá, nas proximidades da cidade de Porto Grande. Os dados geoquímicos, gamaespectométricos e petrográficos produzidos neste estudo, adicionados a informações da literatura, permitem algumas considerações que contribuem para a compreensão do magmatismo do Granito Porto Grande.

Os dados químicos demonstraram que as rochas do Granito Porto Grande são subalcalinas, de natureza peraluminosas, e têm características que se assemelham aos granitos Tipo-S, derivados de protólitos sedimentares ou metassedimentares.

A interpretação de imagens gamaespectométricas revelou a alta radiação no canal do Th e U e moderada no canal do K, o que é compatível com a natureza das rochas (granitos).

Os dados petrográficos permitiram o reconhecimento de duas litofácies no Granito Porto Grande, os Biotita sienogranitos, de maior expressão no corpo, e os Biotita monzogranitos, ambos com expressiva deformação dúctil sugerindo que este corpo tem caráter sin-tectônico. Diante disso, é possível sugerir que após 1,99 Ga, o limite inferior aceito para a atuação do Ciclo Transamazônico, o Bloco Amapá foi afetado por um evento tectono-termal, evidenciado pela colocação do Granito Porto Grande, considerando-se que idades em torno de 1,84 Ga ainda não são conhecidas província.

Palavras-Chaves: Petrologia. Geofísica. Cráton Amazônico. Bloco Amapá. Granito Porto Grande.

## ABSTRACT

The southeastern portion of the Guayana Shield, on the eastern edge of the Amazonian Craton, was the object study of Serviço Geológico do Brasil - CPRM of Project Geologia da Folha Macapá, (BARBOSA ET AL 2013).

During the geological mapping of Folha Macapá by Serviço Geológico do Brasil – CPRM, an important contribution was the definition of a granitic pluton, called the Granite Porto Grande, which was dated by Pb evaporation method in zircon at 1.84 Ga by Barbosa et al. (2013).

The area selected for this work, which includes the Granite Porto Grande, is located in the northeast portion of the Folha Macapá, near the city of Porto Grande. The geochemical data, and petrographic gamaespectométricos produced in this study added data from the literature, allow some considerations that contribute to the understanding of magmatism Granite Porto Grande.

The chemical data have shown that the rocks of the Granite Porto Grande are subalkaline of peraluminous nature, and have features that resemble granite Type-S, derived from sedimentary protolith or metasedimentary.

The interpretation of gamaespectométricas images revealed high radiation in the Th and U channel and moderate in the K-bus, which is compatible with the nature of the rocks (granites).

The petrographic data allowed the recognition of two lithofacies in Granite Porto Grande, the syenogranites biotite, with the highest expression in the body, and biotite monzogranites, both with significant ductile deformation suggesting that this body has syn-tectonic character, before that, it is possible to suggest that after 1.99 Ga, which is the lower limit accepted for the performance of the Trans Cycle, Amapá Block was affected by a tectonic-thermal event, evidenced by the placement of Granite Porto Grande, considering that ages around 1, 84 Ga are not known in the province

Key words: Petrology. Geochemistry. Geophysics. Amazonian cráton. Amapá block. Granite Porto Grande.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.1:** Mapa de localização geográfica da área de estudo em relação ao Brasil, ao estado do Amapá e a Folha Macapá (NA-22-Y-D), com destaque ao Rio Araguari que secciona o Granito Porto Grande. Notar a localização da mina pertencente à Mineradora Sousa e Ferreira Ltda.....15
- Figura 2.1:** Localização da Plataforma Sul-Americana, Escudo das Guianas e Brasil Central.....16
- Figura 2.2:** Províncias geocronológicas do Cráton Amazônico.....18
- Figura 2.3:** Províncias tectônicas/geocronológicas do Cráton Amazônico.....19
- Figura 2.4:** Domínios tectônicos do Cráton Amazônico nos estados do Pará e Amapá. Destaque para a localização da Folha Macapá e a área de estudo.....21
- Figura 2.5:** O Bloco Amapá, com destaque para a Folha Macapá (NA. 22-Y-D) e a área de trabalho.....23
- Figura 4.1:** Mapa geológico da área de estudo com a localização das amostras selecionadas para estudos petrográficos e litoquímicos.....27
- Figura 5.1:** Imagens aerogamaespectrométricas do Granito Porto Grande. (A) Mapa do canal do Th; (B) Mapa do canal do U; (C) Mapa o canal do K; (D) Mapa de composição ternária K/Th/U; (E) Mapa geológico segundo Barbosa et al. (2013). Nos mapas dos canais individuais de Th, U e K, simplificadamente, a cor rosa significa mais alta concentração e a cor azul, mais baixa. No mapa ternário a contribuição do K, Th e U é representada no triângulo pelas cores vermelha (Red), verde (Green), e azul (Blue), respectivamente.....30
- Figura 5.2:** Imagem magnetométrica da amplitude do sinal analítico.....31

**Figura 5.3:** (A) Afloramento mostrando orientação de fluxo magmático (seta amarela), destacada por leitos estreitos onde se concentram lamelas de biotita (seta preta); (B) Orientação dos fenocristais euédricos de feldspato; (C) Detalhe de fenocristal de feldspato alcalino mostrando zoneamento concêntrico; (D) e (E) Diques sin-plutônicos de granito equigranular seccionando granito porfirítico grosso.  
.....32

**Figura 5.4:** (A), (B) e (C) Fenocristais de feldspato fortemente estirados e orientados, com formas amendoadas, contornados por lamelas de biotita e quartzo estirado. Notar em (C) estruturação semelhante à foliação S-C; (D) Zonas miloníticas paralelas de concentração de deformação (seta), onde o granito apresenta coloração cinza escura e evidências de forte cominuição.....34

**Figura 5.5 :** (A) Dique com alto ângulo de mergulho do Diabásio Cassiporé cortando o Granito Porto Grande; (B) Detalhe de (A) mostrado a margem do dique, onde se observam injeções do magma máfico no granito encaixante.....35

**Figura 6.1:** Diagrama QAP de Streckeisen (1976), com os litotipos do Granito Porto Grande.....36

**Figura 6.2 :** Imagens mesoscópica e microscópica da litofácies Biotita Sienogranito. (A) Rocha fanerítica com cristais centimétricos de microclínio, bem desenvolvido em relação aos outros minerais presentes, quartzo, plagioclásio e biotita. (B) Textura porfirítica definida por fenocristais de feldspato alcalino em matriz granular hipidiomórfica. (C) Cristal de feldspato potássico com maclamento xadrez e inclusões de plagioclásio e quartzo. (D) Cristal de feldspato com intercrescimento mirmequítico (E) lamelas de biotita nos interstícios de cristais de quartzo e plagioclásio. (F) Cristais de granada em contato com lamelas de biotita e minerais opacos.....39

**Figura 6.3:** Imagens mesoscópica e microscópica da litofácies Biotita monzogranito. (A) Rocha fanerítica de coloração cinza com tonalidades escuras. (B) Destacam-se cristais de K-feldspato com tamanhos centimétricos de 2-3 cm. (C) Cristais de

feldspato potássico com inclusões de plagioclásio e intercrescimento perítico. D) Textura mirmequítica (E) Lamelas de biotita contornando fenocristal de feldspato potássico. (F) Cristais de quartzo anédricos a subédricos com contatos irregulares e/ou retilíneos com o plagioclásio e feldspato alcalino além de intercrescimento perítico em cristal de feldspato potássico com geminação Carlsbad.....42

**Figura 6.4:** Imagens microscópicas de feições de deformação do Granito Porto Grande. (A) (B) e (C) Agregados de quartzo recristalizados, com contatos do tipo interlobar. Notar nos cristais maiores a forte extinção ondulante. (D) Cristais fitados (ribbonquartz). (E) Porfiroclastosestirado e amendoados de feldspato potássico em matriz constituída por agregados policristalinos. (F) Recristalização em bordas e fraturas de feldspato potássico.....45

**Figura 6.5: (A):** Cristais de quartzo irregulares e interlobados caracterizando uma foliação protomilonítica a milonítica. (B) Pertitas em chamuscas nos feldspatos alcalinos. (C) Cristal amendoado de plagioclásio. (D) Borda de plagioclásio, notar a recristalização principalmente do mineral quartzo. (E) lamelas orientadas de biotita, contornando porfiroclastos de feldspato.....46

**Figura 7.1:** Diagrama de nomenclatura de rochas plutônicas TAS (álcalis x sílica), com linha divisória de Irvine & Baragar (1971).....49

**Figura 7.2:** Diagrama de Shand, (1927), apresentando o caráter peraluminoso das rochas estudadas.....79

**Figura 7.3:** Diagramas binários de elementos traços Vs SiO<sub>2</sub>.....51

**Figura 7.4:** Padrão do diagrama de multielementos (spiderdiagrams) para o Granito Porto Grande, normalizado de acordo com o manto primitivo de Wood et al. (1979).....52

**Figura 7.5:** Diagrama de Elementos Terras Raras para as rochas do Granito Porto Grande, normalizadas segundo o condrito de Sun (1982).....53

**Figura 7.6:** Diagrama multicatiônico R1-R2, adaptado por Batchelor, Bowden (1985), para definição de ambientes tectônicos e relação com suítes magmáticas. As rochas

do Granito Porto Grande são plotadas no campo 6, dos granitos sin-  
colisionais/peraluminosos hercinianos.....54

**Figura 7.7:** Diagrama discriminante de tipologia de granitos de Whalen, Currie,  
Chappel(1987).....54

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL .....	16
2.1. O CRÁTON AMAZÔNICO .....	16
2.2. COMPARTIMENTAÇÃO TECTÔNICA DO CRÁTON AMAZÔNICO .....	17
2.3. CONTEXTUALIZAÇÃO TECTÔNICA DA ÁREA DE TRABALHO .....	20
3. OBJETIVOS .....	24
4. ATIVIDADES REALIZADAS .....	25
4.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....	25
4.2. SELEÇÃO DE AMOSTRAS PARA ESTUDO .....	25
4.3. ESTUDO PETROGRÁFICO.....	25
4.4. ESTUDO LITOQUÍMICO.....	26
5. CARACTERÍSTICAS GEOFÍSICAS E GEOLÓGICAS DO GRANITO PORTO GRANDE.....	28
5.1 – ASSINATURA GEOFÍSICA .....	28
5.2 – ASPECTOS GEOLÓGICOS .....	31
6. PETROGRAFIA.....	36
6.1. BIOTITA SIENOGRAITO (BS).....	37
6.2. BIOTITA MONZOGRANITO .....	40
6.3. DEFORMAÇÃO .....	43
7. GEOQUÍMICA .....	47
8. CONCLUSÕES .....	55
REFERENCIAS	

## 1. INTRODUÇÃO

A porção sudeste do Escudo das Guianas, na borda oriental do Cráton Amazônico, foi objeto de estudo do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, através do Projeto Geologia da Folha Macapá (BARBOSA et al. 2013). A Folha Macapá (NA-22-Y-D) representa uma folha com corte padrão na escala 1:250.000, compreende uma área de aproximadamente 18.000 km<sup>2</sup>, está localizada na porção central do estado do Amapá, sendo limitada pelos paralelos 0° 00' a 1° 00' e meridianos 52° 30' e 51° 00' (Figura 1.1). Engloba parte dos municípios de Porto Grande, Santana, Mazagão, Pedra Branca do Amapari, Serra do Navio, Ferreira Gomes, Tartarugalzinho, Laranjal do Jari, além de Macapá (Capital).

O Projeto Geologia da Folha Macapá teve como objetivo a cartografia geológica de semi-detalle, fundamentada na integração geológico-geofísica, trabalhos de campo e análises laboratoriais, somado ao levantamento de dados disponíveis na literatura, conduzindo a um avanço significativo do conhecimento geológico desta porção do sudeste do Escudo das Guianas.

A Folha Macapá está localizada no contexto da Província Maroni-Itacaiúnas, ou da Província Transamazonas, considerando-se as propostas de Tassinari e Macambira (2004) e Santos (2003), respectivamente. Independente da proposta adotada é consenso que estas províncias tiveram sua evolução durante o Ciclo Transamazônico de orogenias, que nesta região ocorreu no Paleoproterozoico, entre 2,26 e 1,99 Ga, principalmente durante o Riaciano, período compreendido entre 2,30 e 2,05 Ga.

Durante o mapeamento geológico da Folha Macapá pela CPRM, uma importante contribuição foi a definição de um plúton granítico, designado de Granito Porto Grande, o qual foi datado pelo método de evaporação de Pb em zircão em 1,84 Ga, por Barbosa et al. (2013). Estes autores interpretam este magmatismo como de natureza anorogênica, embora as rochas deste plúton apresentem deformação dúctil, o que sugere a atuação de eventos tectônicos após o Ciclo Transamazônico.

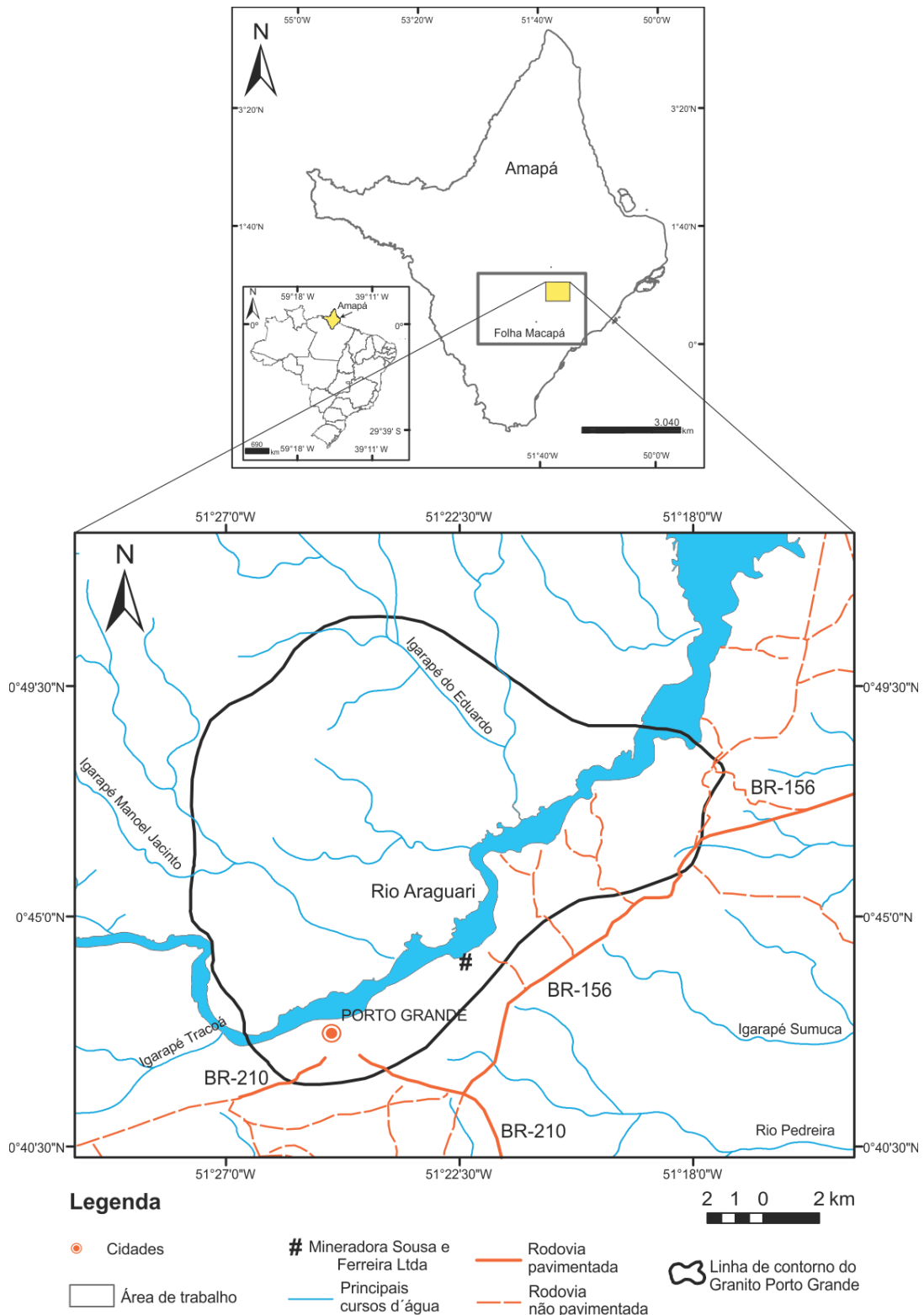
A fim de contribuir para a evolução do conhecimento geológico, uma vez que o mapeamento da Folha Macapá foi realizado em nível regional, foi proposto este estudo em nível de Trabalho de Conclusão de Curso - TCC, cujo objetivo é compreender a natureza do magmatismo do Granito Porto Grande, através do estudo petrográfico e da caracterização química. Vale destacar que o plano de trabalho deste TCC, submetido à FAGEO em 2013, previa a datação de uma amostra do Granito Porto Grande através do método U-Pb (ICP-MS) em zircão, que seria realizada no Laboratório Para-Iso (IG/UFGA), o que não pode acontecer devido a problemas técnicos no referido laboratório.

Este TCC está vinculado à Faculdade de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (FAGEO/IG/UFGA), e foi realizado com o suporte da CPRM-Serviço Geológico do Brasil, através da Superintendência Regional de Belém, que cedeu as amostras do Granito Porto Grande, além de imagens aerogeofísicas da área de estudo.

A área selecionada para este trabalho, que engloba o Granito Porto Grande, está localizada na porção nordeste da Folha Macapá, nas proximidades da cidade de Porto Grande, sendo limitada pelos paralelos  $0^{\circ} 51' a 0^{\circ} 39' N$  e meridianos  $51^{\circ} 29' W a 51^{\circ} 15' 5$  (Figura 1.1). Afloramentos do Granito Porto Grande podem ser acessados através de estradas vicinais que partem da BR-156, até a margem do Rio Araguari, no trecho entre as cidades de Porto Grande e Ferreira Gomes. O referido granito também pode ser estudado em excelentes exposições na mina pertencente à Mineradora Sousa e Ferreira Ltda., que explora esta rocha para utilização em brita, a qual também está localizada próximo a margem direita do Rio Araguari (Figura 1.1).

A estrutura organizacional deste documento inclui, após esta introdução, a contextualização tectônica e geológica regional (Capítulo 2), seguida da definição dos objetivos que motivaram este trabalho (Capítulo 3) e das atividades realizadas para o cumprimento destes objetivos (Capítulo 4). Em seguida serão apresentados os aspectos geológicos gerais do Granito Porto Grande, inclusive sua assinatura geofísica (Capítulo 5). Os resultados alcançados neste trabalho, a partir de estudos petrográficos e geoquímicos, serão apresentados respectivamente nos Capítulos 6 e 7, respectivamente, e por fim, os dados alcançados serão abordados de forma integrada no Capítulo 8.

Figura 1.1: Mapa de localização geográfica da área de estudo em relação ao Brasil, ao estado do Amapá e a Folha Macapá (NA-22-Y-D), com destaque ao Rio Araguari que secciona o Granito Porto Grande. Notar a localização da mina pertencente à Mineradora Sousa e Ferreira Ltda.



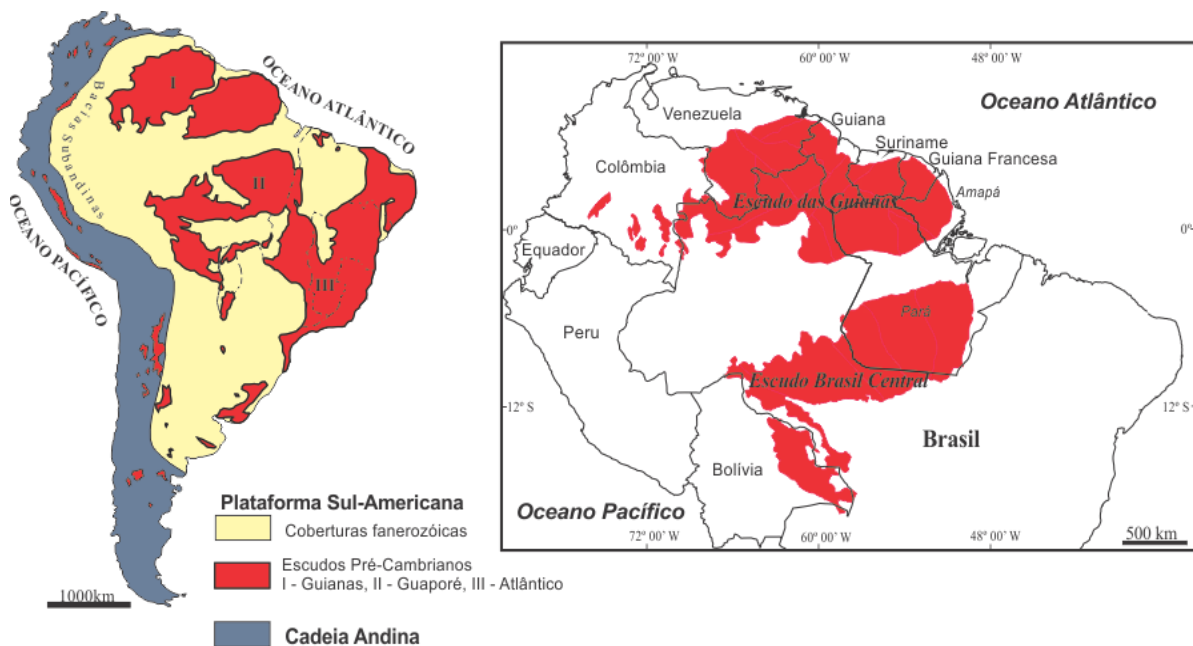
Fonte: Elaborado pela Autora.

## 2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

### 2.1. O CRÁTON AMAZÔNICO

O Crátón Amazônico representa uma das mais extensas áreas cratônicas do mundo (CORDANI; SATO, 1999), está localizado na porção norte da Plataforma Sul-Americana (ALMEIDA et al.,1981), incluindo a parte norte do Brasil, Guiana Francesa, Guiana e Suriname, se estendendo pela Venezuela, Colômbia e Bolívia (Figura 2.1). No Brasil cobre uma área de aproximadamente 4.400.000 Km<sup>2</sup>. É composto pelos escudos das Guianas e Brasil Central, entre os quais se interpõe a Bacia Paleozoica do Amazonas (ALMEIDA et al.,1981). A área deste trabalho está localizada na porção sudeste do Escudo das Guianas.

Figura 2.1: Localização da Plataforma Sul-Americana, Escudo das Guianas e Brasil Central. Baseado em Almeida et al. (1981).



Fonte: Modificado de Rosa-Costa et al. (2012).

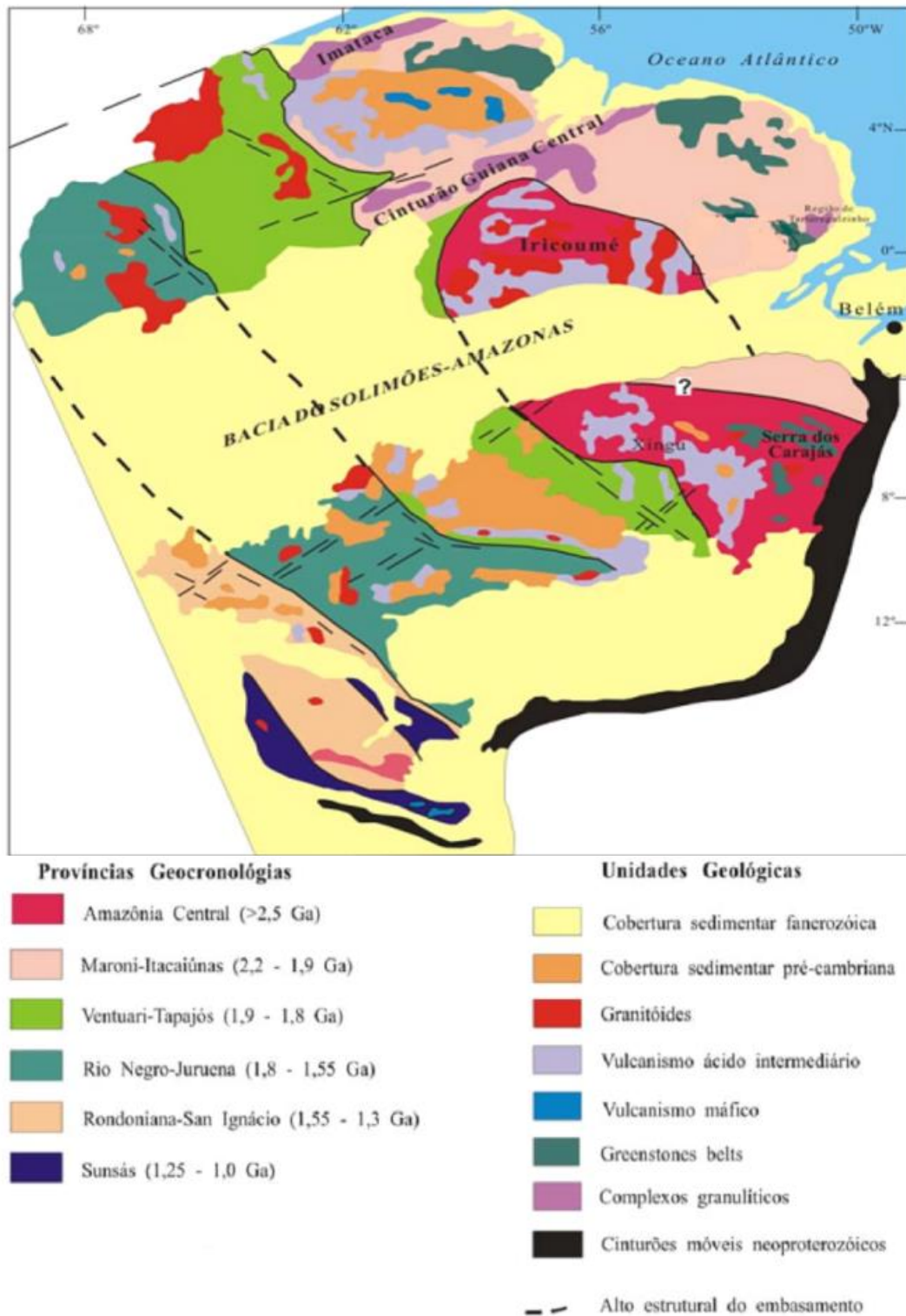
## **2.2. COMPARTIMENTAÇÃO TECTÔNICA DO CRÁTON AMAZÔNICO**

Os principais modelos vigentes para a compartimentação tectônica do Cráton Amazônico são o de Tassinari e Macambira (2004), que evoluiu a partir da proposta de Cordani et al. (1979), e o de Santos (2003). Estes autores propõem a subdivisão do Cráton Amazônico em províncias geocronológicas, que apresentam diferenças marcantes em termos de idade, assinatura isotópica, constituição litológica e história evolutiva.

Embora haja diferenças entre as propostas, principalmente no que diz respeito à denominação das províncias tectônicas e do posicionamento de seus limites, ambas admitem que a evolução do Cráton Amazônico é resultante de sucessivos episódios de acreção crustal no Paleo- e Mesoproterozoico, em torno de um núcleo arqueano mais antigo (ROSA-COSTA 2006).

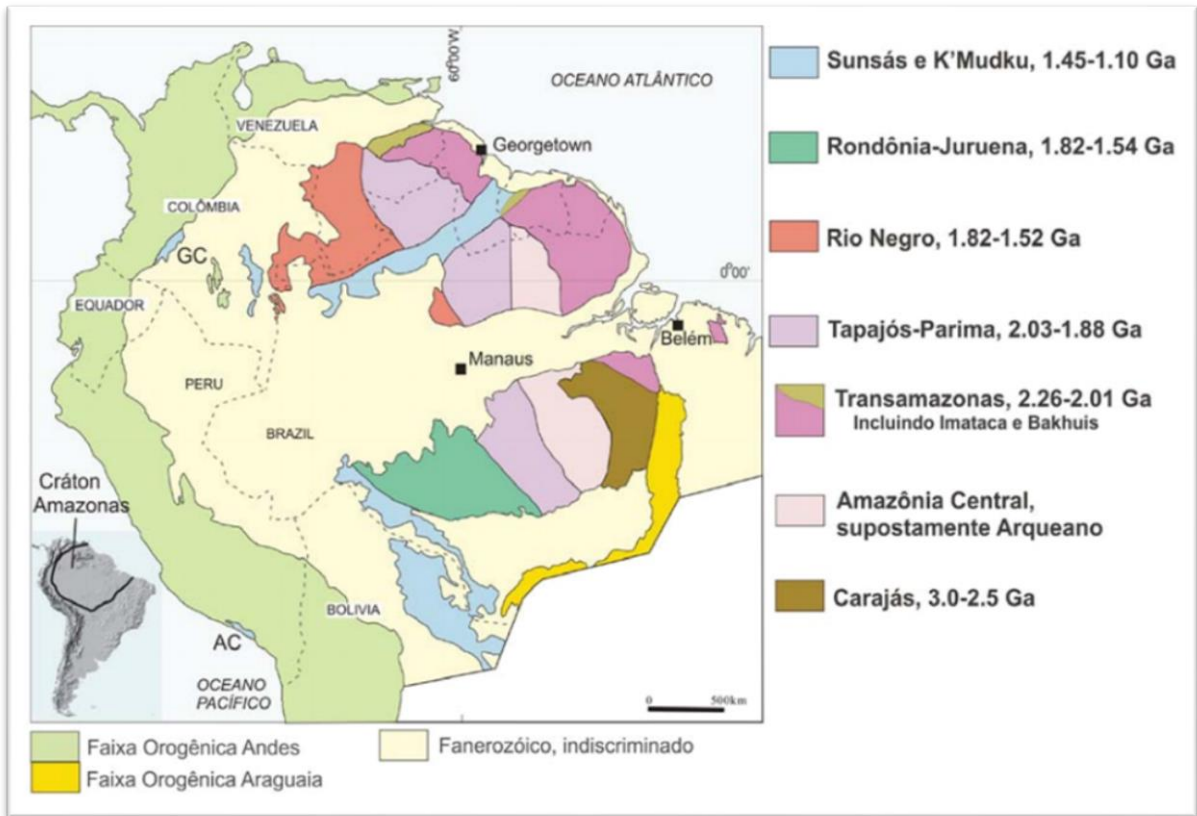
Tassinari e Macambira (2004) individualizaram as províncias Amazônia Central (> 2,5 Ga), que compreende os núcleos arqueanos Carajás e Iricoumé, e as províncias paleo- e mesoproterozoicas denominadas Maroni-Itacaiúnas (2,26 – 1,99 Ga), Ventuari-Tapajós (1,9 – 1,8 Ga), Rio Negro-Juruena (1,8 – 1,55 Ga), Rondoniana-San Ignácio (1,55 – 1,3 Ga) e Sunsás (1,25 – 1,0 Ga), (Figura 2.2). Santos (2003) por sua vez, reconhecem a existência de sete províncias tectônicas, com idades entre 3,1 e 0,99 Ga, assim denominadas: Carajás-Imataca (3,10–2,53 Ga), Transamazônica (2,25 - 2,00 Ga), Tapajós–Parima (2,10 – 1,87 Ga), Amazônia Central (1,88 – 1,77 Ga), Rondônia–Juruena (1,75 – 1,47 Ga), Rio Negro (1,86 – 1,52 Ga) e Sunsás (1,33 – 0,99 Ga) (Figura 2.3).

Figura 2.2: Províncias geocronológicas do Cráton Amazônico, de acordo com Tassinari & Macambira (2004).



Fonte: Tassinari & Macambira (2004).

Figura 2.3: Províncias tectônicas/geocronológicas do Cráton Amazônico de acordo com Santos (2006).



Fonte: Santos 2006.

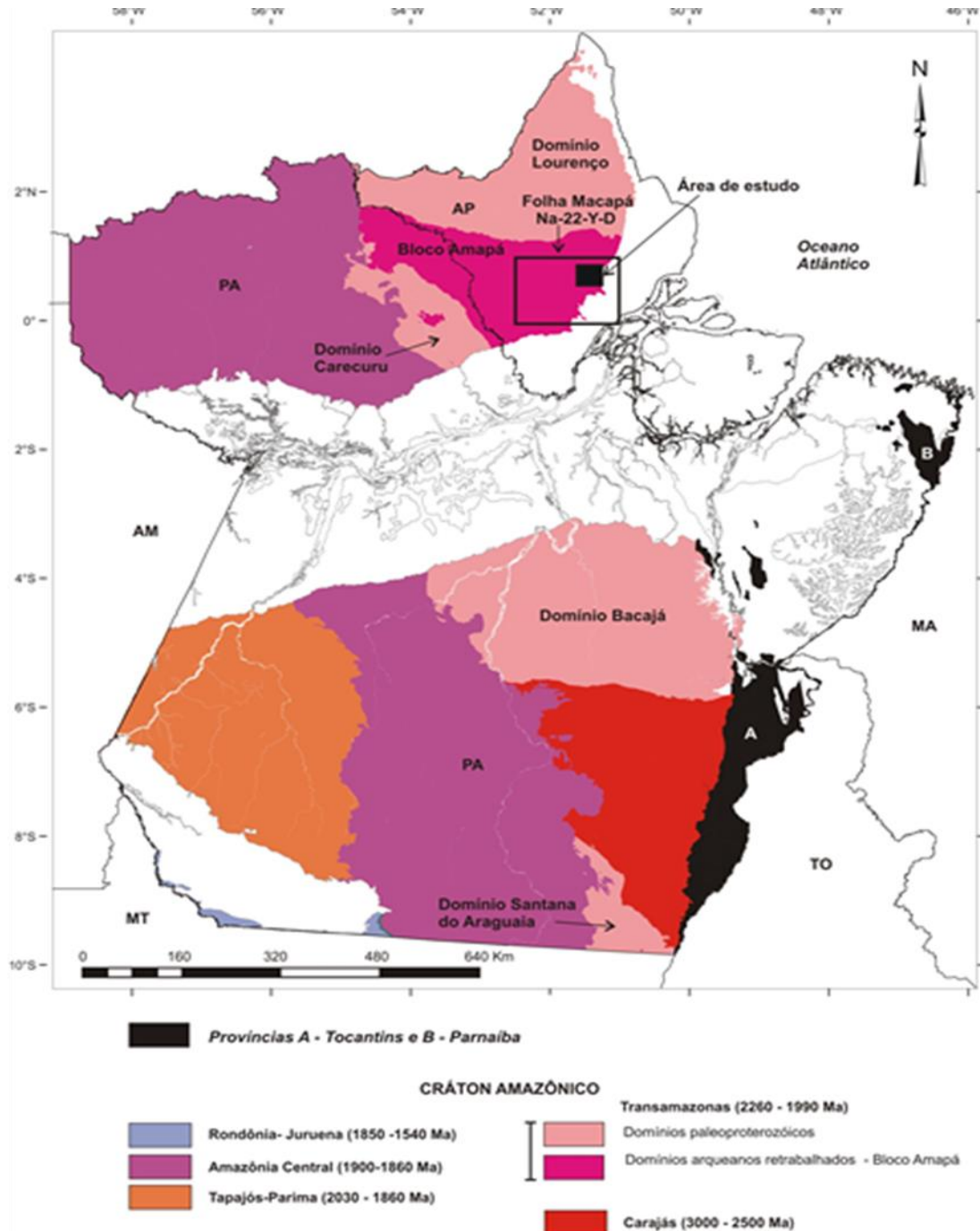
### **2.3. CONTEXTUALIZAÇÃO TECTÔNICA DA ÁREA DE TRABALHO**

A área deste estudo está localizada no contexto da província Maroni-Itacaiúnas ou Transamazonas, se forem consideradas as propostas de Tassinari e Macambira (2004) ou de Santos (2003), respectivamente (Figuras 2.2 e 2.3). Segundo Rosa-Costa et al. (2014), estas províncias foram concebidas como uma expressiva faixa orogênica consolidada no Riaciano, durante o Ciclo Transamazônico de orogenias, com limites assumidos entre 2,26 e 1,99 Ga, que consiste em grandes extensões de crosta juvenil paleoproterozoica e alguns remanescentes arqueanos retrabalhados. Esta faixa engloba a porção sudeste do Escudo Brasil Central (centro-leste do Pará), se estende pela parte leste e nordeste do Escudo das Guianas (Amapá e noroeste do Pará), e inflete para oeste pela Guiana Francesa, Suriname, Guiana e leste da Venezuela.

Em território brasileiro, adotando-se as proposições de Ricci et al. (2001), Rosa-Costa et al. (2006, 2014) e Vasquez e Rosa-Costa (2008), esta faixa orogênica pode ser dividida em cinco domínios tectônicos (Figura 2.4): Bloco Amapá e domínios Carecuru, Lourenço, Bacajá e Santana do Araguaia. Segundo Rosa-Costa et al. (2014), em linhas gerais, os domínios Lourenço, Carecuru, Bacajá e Santana do Araguaia representam terrenos predominantemente riacianos, com evolução envolvendo estágios de subducção de litosfera oceânica em ambientes de arcos de ilha e/ou arcos magmáticos continentais, e com relíquias retrabalhadas de crosta continental arqueana, ou até sideriana (ex. Bacajá), enquanto o Bloco Amapá representa um bloco continental arqueano retrabalhado no Paleoproterozoico, durante o Ciclo Transamazônico de orogenias.

Considerando-se esta proposta de compartimentação, a área deste estudo está localizada no extremo leste do Bloco Amapá, próximo ao limite com a cobertura sedimentar fanerozoica (Figura 2.4).

Figura 2.4: Domínios tectônicos do Cráton Amazônico nos estados do Pará e Amapá. Baseado em Santos (2003), Rosa-Costa et al. (2006) e Vasquez e Rosa-Costa (2008). Destaque para a localização da Folha Macapá e a área de estudo

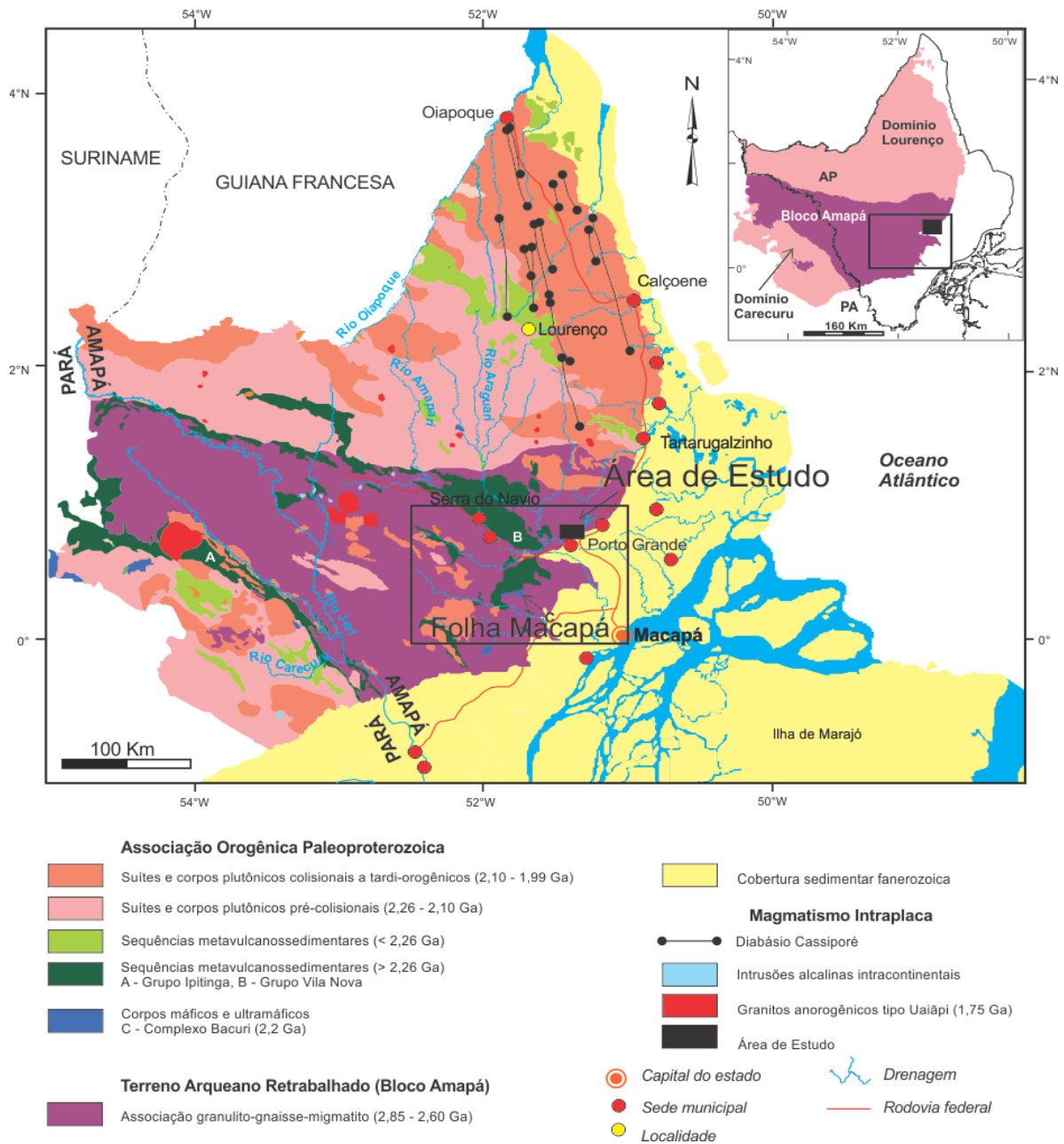


Fonte: Rosa-Costa et al. (2014).

O Bloco Amapá (Figura 2.5), segundo definição de Rosa-Costa et al. (2006), representa o mais expressivo segmento de crosta continental arqueana do Cráton Amazônico afetado pelo Ciclo Transamazônico de orogenias. O embasamento do Bloco Amapá é constituído por uma associação granulito-gnaiss-migmatito, com metamorfismo variando da fácies anfífolito a granulito, representada principalmente pelos complexos metamórficos Jari-Guaribas, Baixo-Mapari, Tumucumaque, e Guianense Iratapuru, e por granitoides deformados, reunidos na Suíte Intrusiva Noucouru, e nos granitos Anauerapucu, Riozinho e Mungubas. Estas unidades possuem idades neo- ou mesoarqueanas, entre 2,85 e 2,60 Ga (AVELAR ET AL., 2003; RICCI ET AL. 2001, ROSA-COSTA ET AL. 2003, 2006, 2014, BARBOSA ET AL. 2013), com relíquias isoladas de crosta ainda mais antiga, de idade paleoarqueana, datadas em até 3,49 Ga (Rosa-Costa et al. 2014). Faixas de rochas metavulcanossedimentares paleoproterozoicas (grupos Ipitinga, Vila Nova e Sequência Serra Samaúma) ocorrem nos limites norte e sul e no interior do Bloco Amapá (RICCI ET AL. 2001, MCREATH; FARACO, 2006, ROSA-COSTA ET AL. 2014). Durante o Ciclo Transamazônico de orogenias, este bloco sofreu deformação, metamorfismo e foi seccionado por diversos corpos plutônicos, principalmente graníticos, com idades entre 2,2 e 1,99 Ga, que refletem diferentes estágios da evolução orogenética transamazônica, desde pré-colisionais a tardi-orogênicos (Rosa-Costa et al. 2014). O magmatismo granítico anorogênico se manifestou no Bloco Amapá através do Granito Waiãpi, datado em 1,75 Ga (VASQUEZ E LAFON, 2001).

Na porção oriental do Bloco Amapá Barbosa et al. (2013) individualizaram o Granito Porto Grande, no qual obtiveram uma idade de 1,84 Ga, através do método de evaporação do Pb em zircão. Estes autores interpretaram este granito como de natureza anorogênica, embora evidências claras de deformação dúctil sejam observadas. Considerando-se o limite inferior em torno de 2,0 Ga para a Orogênese Transamazônica, não é possível associar esta deformação a este evento, tampouco interpretar este corpo como de natureza anorogênica.

Figura 2.5: O Bloco Amapá, com destaque para a Folha Macapá (NA. 22-Y-D) e a área de trabalho.



Fonte: Barbosa et al.(2013).

### 3. OBJETIVOS

O Projeto Geologia da Folha Macapá (BARBOSA ET AL, 2013), desenvolvido pela CPRM-Superintendência Regional de Belém, promoveu avanços significativos no entendimento da geologia da porção sudeste do Escudo das Guianas, mas dentro das limitações oriundas de trabalhos de cunho regional, em escala de semi-detalhe (1:250 000).

A definição do Granito Porto Grande, e sua datação em torno de 1,84 Ga, foi uma importante contribuição do projeto citado, pois este granito marca um evento magmático ainda não conhecido no sudeste do Escudo das Guianas. Este corpo está inserido no contexto de uma província tectônica (Província Maroni-Itacaiúnas ou Província Transamazonas) na qual as últimas manifestações magmáticas relacionadas ao Ciclo Transamazônico são datadas em torno de 1,99 Ga.

Portanto, o objetivo global deste trabalho é melhorar a caracterização geológica do Granito Porto Grande, em seus aspectos estruturais, petrográficos e químicos. Para isso, foram delineados os seguintes objetivos específicos:

- Organizar e sintetizar informações acerca do Granito Porto Grande;
- Descrever a assinatura geofísica do plúton;
- Caracterizar os aspectos texturais, estruturais e petrográficos das rochas que constituem o corpo granítico;
- Caracterizar a assinatura química das rochas graníticas, visando a definição da natureza do magmatismo;
- Discutir sobre o significado tectônico do magmatismo de 1,84 Ga no contexto da Província Maroni-Itacaiúnas/Província Transamazonas.

A definição de uma idade mais precisa do Granito Porto Grande através da datação de zircão pelo método U-Pb (ICP-MS), visto que a idade obtida por Barbosa et al. (2013) apresenta uma erro da ordem de 23 Ma, era objetivo primordial deste trabalho, que não pode ser alcançado devido a problemas operacionais no Laboratório de Geologia Isotópica da UFPA (Para-Iso).

## **4. ATIVIDADES REALIZADAS**

Para alcançar os objetivos propostos neste trabalho, foram realizadas as seguintes atividades:

### **4.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA**

A pesquisa bibliográfica foi amplamente utilizada em todas as fases deste trabalho, inicialmente com objetivo de obter informações a respeito do contexto geológico e geotectônico da área de trabalho, e posteriormente como suporte para auxiliar na obtenção e interpretação de dados. Destacaram-se as consultas bibliográficas realizadas como subsídio para estudos petrográficos, sobre os princípios básicos para interpretação de imagens aerogeofísicas (gamaespectrometria e magnetometria) e para elaboração e interpretação de diagramas geoquímicos.

### **4.2. SELEÇÃO DE AMOSTRAS PARA ESTUDO**

Durante os trabalhos de campo do Projeto Geologia da Folha Macapá foram coletadas diversas amostras, ao longo do Rio Araguari, pertencentes ao Granito Porto Grande, que é o alvo deste Trabalho de Conclusão de Curso. No início desta pesquisa foi realizada a seleção de amostras para caracterização mesoscópica, estudos petrográficos e litoquímicos, as quais foram cedidas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM-Belém). Dentre as 18 amostras do Granito Porto Grande, foram selecionadas 18 para estudos petrográficos e 8 para análises litoquímicas. A localização das amostras estudadas, pode ser observada na figura 4.1.

### **4.3. ESTUDO PETROGRÁFICO**

O estudo petrográfico foi realizado a partir da análise de 21 lâminas delgadas, e teve por objetivo a análise microtextural e caracterização

mineralógica/composicional das rochas, além da definição faciológica, seguindo os princípios da classificação de rochas graníticas de Streckeisen (1974). Para a realização das análises petrográficas foi utilizado o laboratório de petrografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará – IG/UFGPA, e a obtenção das fotomicrografias foi feita no laboratório de petrografia da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM-Belém).

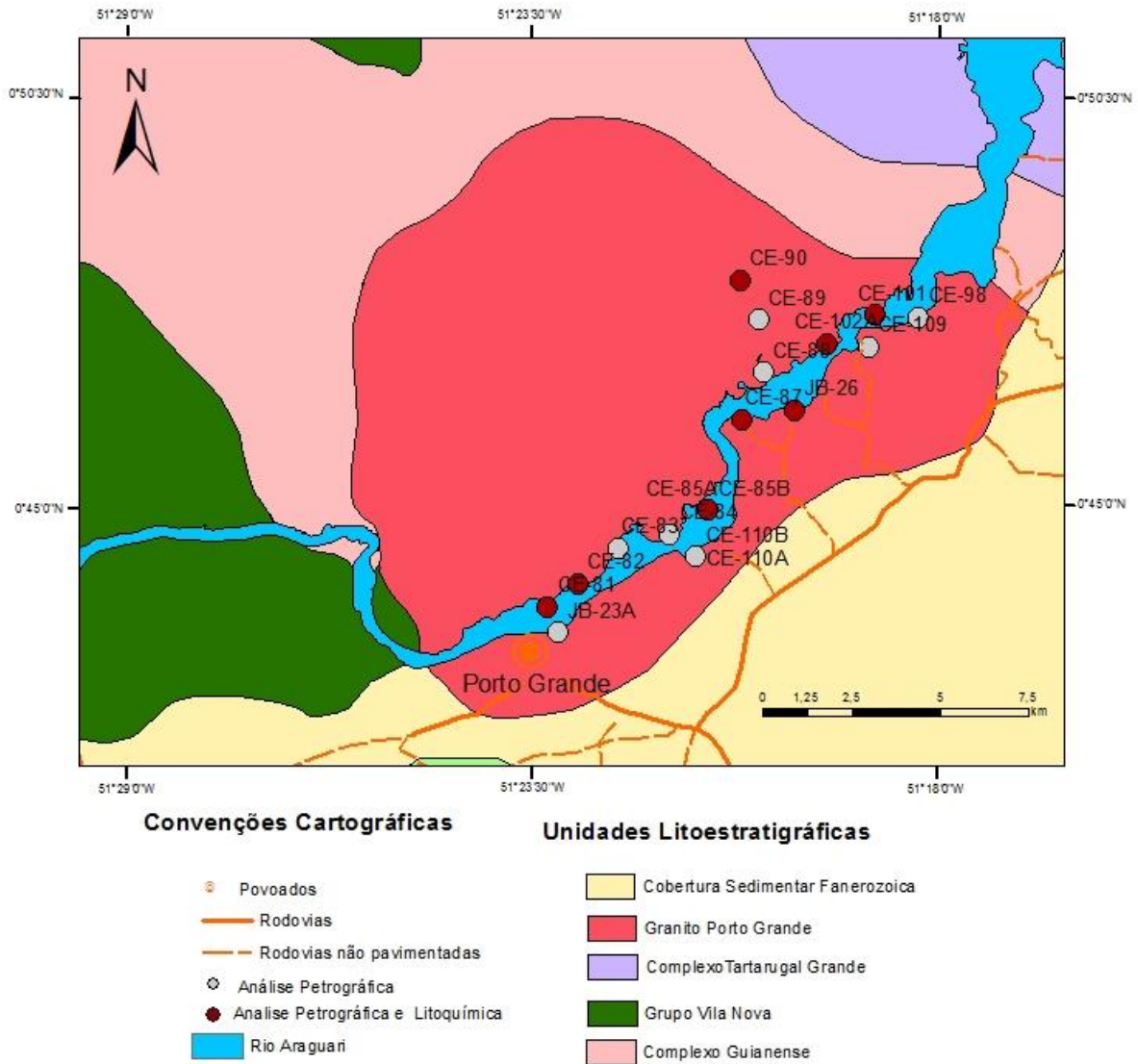
#### 4.4. ESTUDO LITOQUÍMICO

As 8 amostras selecionadas para estudos litoquímicos foram aquelas consideradas mais preservadas e livres de alteração. Estas foram desagregadas em um britador de mandíbula fixa e móvel na Oficina de Preparação de Amostras (OPA) do IG/UFGPA, e em seguida ocorreu homogeneização. Um quarto de cada amostra britada foi selecionado para pulverização em *shatterbox*, até atingir granulometria inferior a 200 *mesh* (0,063 mm).

As análises foram realizadas nos laboratórios de *Acme Analytical Laboratories* para óxidos de elementos maiores, elementos menores e traço, inclusive Elementos Terras Raras (ETR). Para análise de elementos maiores e traço a abertura foi feita por digestão com HNO<sub>3</sub> e fusão com metaborato de lítio, respectivamente, e posteriormente dosados por ICP-ES (InducedCoupled Plasma – EmissionSpectrometry). Para os elementos ETR a abertura foi feita por fusão com metaborato/tetraborato de lítio, com leitura por ICP-MS (InducedCoupled Plasma – EmissionSpectrometry). Os metais base tiveram abertura realizada por digestão com água régia e dosagem por ICP-MS.

Para a organização dos dados litoquímicos em planilhas foi utilizado o *software* Excel 2007, e o tratamento destes foi realizado no programa GCDkit 3.00 (R 2.13.2).

Figura 4.1: Mapa geológico da área de estudo com a localização das amostras selecionadas para estudos petrográficos e litoquímicos. Fonte: modificado de Barbosa et al. (2013).



Fonte: Elaborado pela autora.

## **5. CARACTERÍSTICAS GEOFÍSICAS E GEOLÓGICAS DO GRANITO PORTO GRANDE**

### **5.1 – ASSINATURA GEOFÍSICA**

O Granito Porto Grande foi identificado por Barbosa et al. (2013), que o cartografaram como um corpo de forma circular, com diâmetro médio em torno de 13 km, intrudindo as unidades pré-cambrianas Complexo Guianense e Grupo Vila Nova, e parcialmente recoberto a leste por sedimentos fanerozoicos. Estes autores indicam que o corpo é constituído por sienogranitos e monzogranitos, de granulação grossa a muito grossa, textura equigranular a porfirítica, apresentando feições indicativas de fluxo magmático.

Barbosa et al. (2013) obtiveram uma idade de  $1842 \pm 23$  Ga através do método de evaporação de Pb em zircão, além de uma idade modelo Sm-Nd de 2,87 Ga, que indicam a idade de colocação estateriana do granito e que o magma deriva de fontes crustais arqueanas.

Com auxílio de imagens gamaespectométricas (mapas de distribuição de K, Th, U e mapa de composição ternária) e magnetométricas (mapa de amplitude do sinal analítico) cedidas pelo CPRM-Superintendência Regional de Belém, é possível destacar as características geofísicas do corpo. Estas imagens foram produzidas na Superintendência Regional de Belém da CPRM, com dados do Projeto Aerogeofísico Amapá (CPRM, 2007), utilizando o programa Oasis Montaj.

Os mapas gamaespectométricos demonstram que o Granito Porto Grande possui alta radiação nos canais de Th e U (Figuras 5.1 A e B, respectivamente). No canal do K (Figura 5.1 C), embora se observe que houve uma dispersão deste elemento, ainda é evidente o contraste em relação às unidades adjacentes. A assinatura conjunta destes três elementos no Granito Porto Grande pode ser observada no mapa de composição ternária do K/TH/U em coloração RGB. Neste mapa a contribuição do K, Th e U é representada no triângulo pelas cores vermelha (Red) verde (Green), e azul (Blue), respectivamente, e as diversas gradações de cores são produto da contribuição proporcional de cada elemento (Figura 5.1 D). A cor branca representa teores elevados dos três elementos, enquanto a cor negra revela teores baixos dos mesmos. Nesta imagem ternária do Granito Porto Grande é

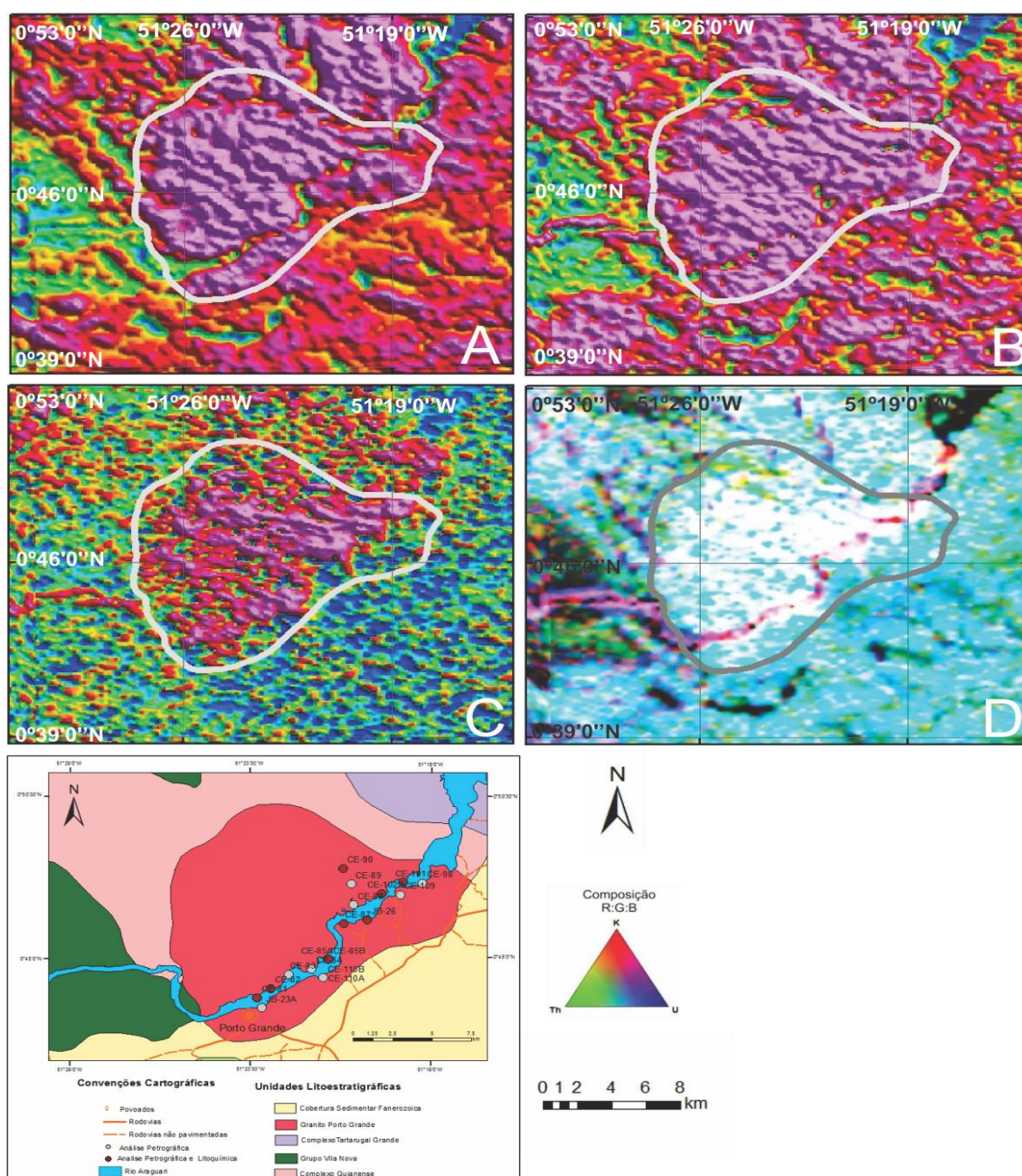
possível verificar que a contribuição dos três elementos foi importante, visto que prevalecem cores brancas na imagem, o que facilita a cartografia do corpo. As pontuações azuladas indicam participação proeminente do Th e U, e irrisória do K, o que é condizente com o que se observa no mapa individual do canal do K.

A assinatura radiométrica do Granito Porto Grande é coerente com a composição granítica do corpo. A análise individual das imagens do Th, U e K demonstra um comportamento mais estável do Th e U, e que o K é um elemento mais móvel. Rosa-Costa et al. (2002) atribuem este comportamento ao fato do Th e U serem elementos mais estáveis sob condições intempéricas, visto que os principais minerais portadores destes elementos em rochas graníticas são o zircão e a monazita, que são minerais resistentes. Por outro lado, o K está na estrutura dos feldspatos e da biotita, sendo facilmente lixiviado no intemperismo. Mas para se compreender este comportamento, deve-se ter em mente que a aeroradiometria mede a abundância de K, Th e U nos materiais superficiais, através da detecção da energia liberada pela emissão de raios gama durante o decaimento radioativo natural destes elementos (MINTY, 1997). Entretanto, cerca de 90% da radiação gama emana dos 30-45 cm superiores. Isto significa que no caso da Região Amazônica, onde se tem um espesso manto intempérico, as assinaturas radiométricas estão relacionadas também ao perfil de solos desenvolvido sobre as rochas, por isso a importância de se entender o comportamento dos radioelementos (ROSA-COSTA ET AL. 2002).

Conceitualmente, a magnetometria se vale do poder de magnetização do campo magnético terrestre e da susceptibilidade magnética diferenciada dos minerais, que produzem resposta magnética distintas (Rigoti et al. 1998 apud Rosa-Costa et al. 2002). As anomalias magnéticas são produzidas em função da presença de minerais magnéticos, principalmente da magnetita, e de outros óxidos de Fe e Ti, como a ilmenita e a titanomagnetita. Alguns fatores também influenciam na respostas magnéticas destes minerais, como tamanho e volume dos cristais, metamorfismo, alterações hidrotermais, etc (CLARCK 1997 Apud ROSA-COSTA ET AL. 2002). No mapa magnetométrico do sinal analítico (Figura 5.2) é possível observar que predomina um relevo magnético suave na área do corpo,

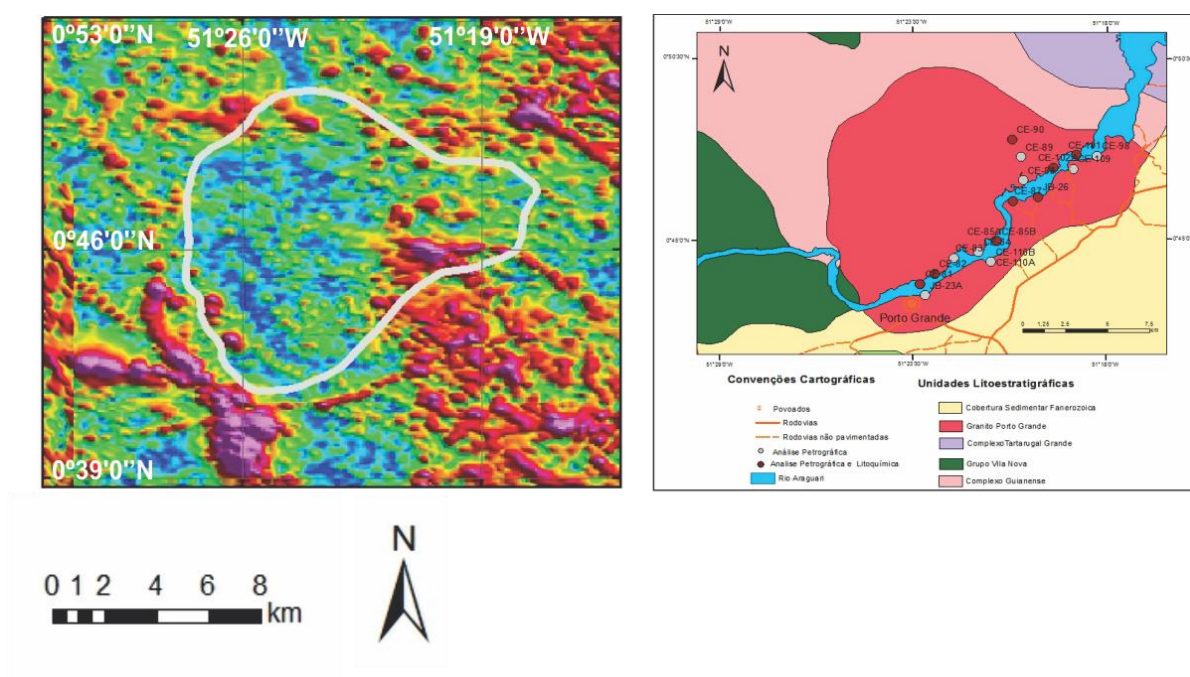
demonstrando que as rochas que constituem o Granito Porto Grande têm baixa susceptibilidade magnética.

Figura 5.1: Imagens aerogamaespectrométricas do Granito Porto Grande. (A) Mapa do canal do Th; (B) Mapa do canal do U; (C) Mapa do canal do K; (D) Mapa de composição ternária K/Th/U; (E) Mapa geológico segundo Barbosa et al. (2013). Nos mapas dos canais individuais de Th, U e K, simplificada, a cor rosa significa mais alta concentração e a cor azul, mais baixa. No mapa ternário a contribuição do K, Th e U é representada no triângulo pelas cores vermelha (Red), verde (Green), e azul (Blue), respectivamente.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 5.2: Imagem magnetométrica da amplitude do sinal analítico.

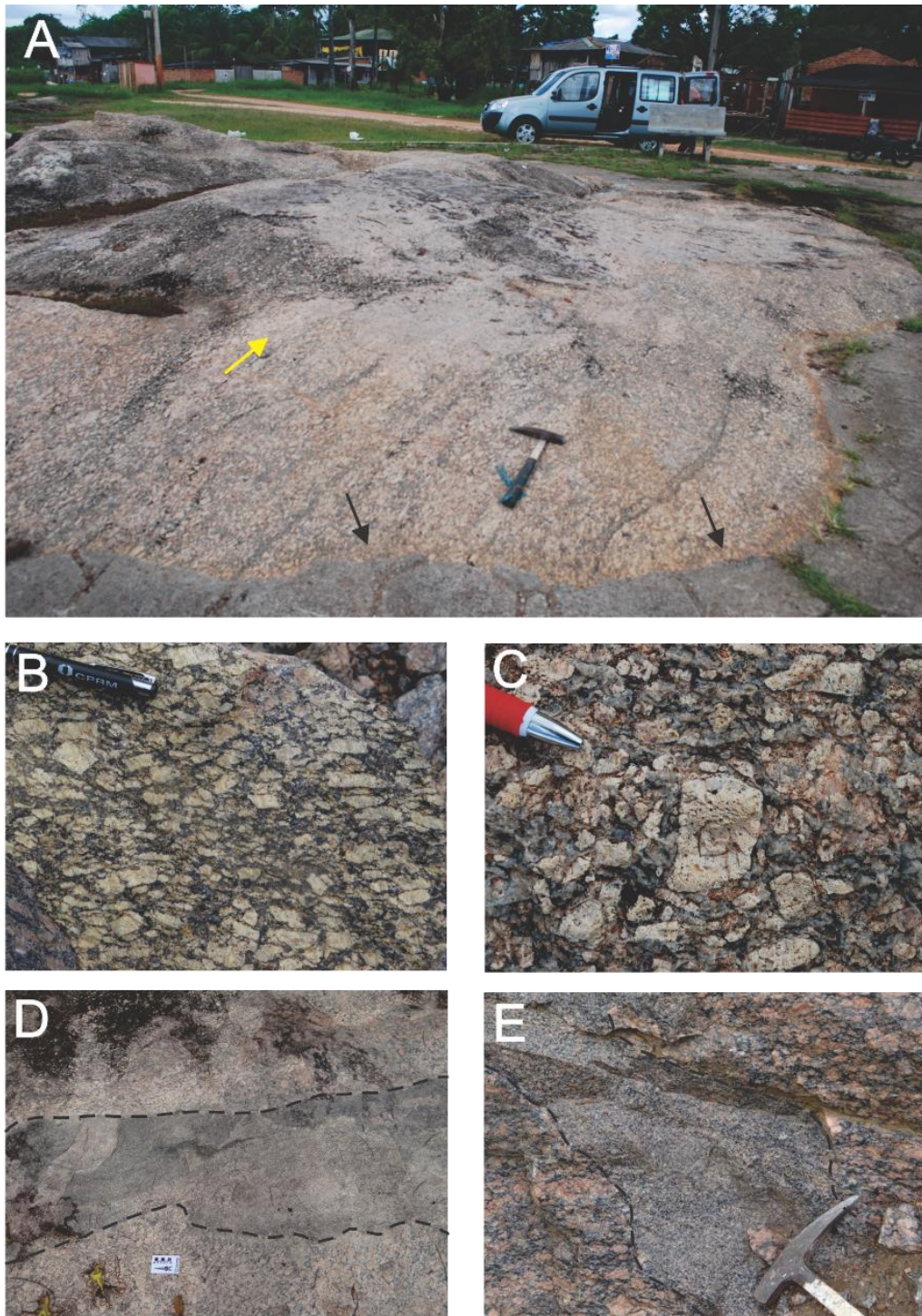


Fonte: Elaborado pela autora.

## 5.2 – ASPECTOS GEOLÓGICOS

O Granito Porto Grande é constituído por granitos leucocráticos, com cores variando de cinza clara a rosada, de granulação grossa a muito grossa, com textura porfírica, onde se destacam fenocristais de feldspato, que chegam a atingir até 5cm, em matriz composta por quartzo, feldspato e biotita. Uma feição característica destes granitos é o proeminente alinhamento dos fenocristais de feldspato, definindo uma orientação de fluxo magmático, marcada também pela presença de leitos ricos em biotita em lamelas orientadas (Figura 5.3 A, B). Nos fenocristais de feldspato mais bem desenvolvidos é comum se observar zoneamento concêntrico (Figura 5.3 C). Em alguns setores são observadas porções equigranulares, de granulação média, além de diques sin-plutônicos com bordas difusas e irregulares (Figura 5.3 D, E), indicando a mistura de magmas graníticos de diferentes estágios de cristalização e resfriamento.

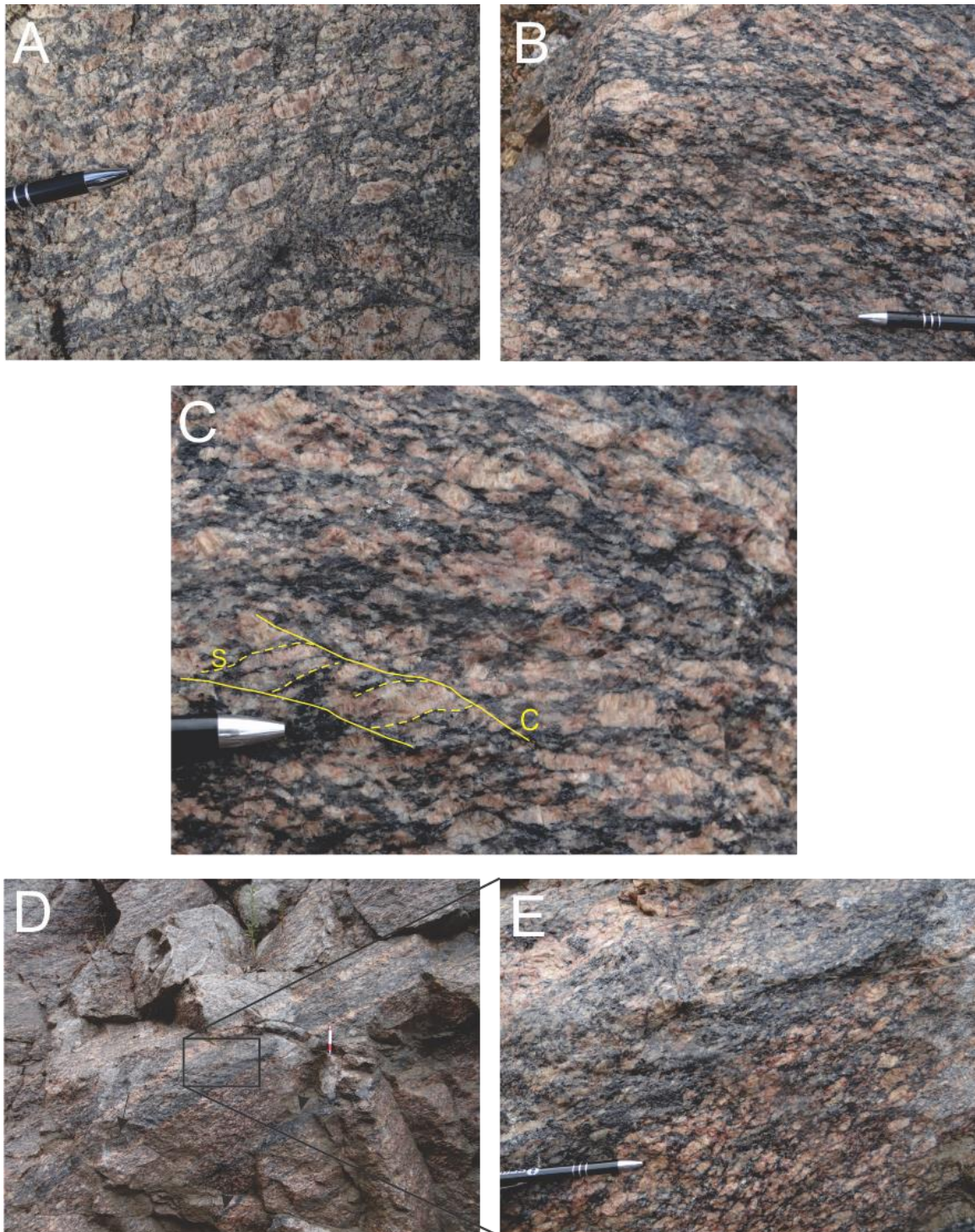
Figura 5.3: (A) Afloramento mostrando orientação de fluxo magmático (seta amarela), destacada por leitos estreitos onde se concentram lamelas de biotita (seta preta); (B) Orientação dos fenocristais euédricos de feldspato; (C) Detalhe de fenocristal de feldspato alcalino mostrando zoneamento concêntrico; (D) e (E) Diques sin-plutônicos de granito equigranular seccionando granito porfirítico grosso.



Fonte: Elaborado pela autora.

Embora as feições ígneas sejam identificadas, observa-se uma clara deformação nas rochas, e de intensidades variáveis, indicando um padrão de deformação heterogênea no corpo granítico. A feição mais comumente observada em escala mesoscópica é uma foliação protomilonítica a milonítica que se superpõe à foliação de fluxo magmático, onde se observam fenocristais de feldspato estirados, por vezes com formas amendoadas e/ou sigmoidais, em uma matriz onde o quartzo está fortemente estirado e a biotita orientada (Figura 5.4 A e B). Em alguns setores feições que se assemelham à foliação S-C são discriminadas (Figura 5.4 C). É comum a presença de zonas miloníticas estreitas, onde aparentemente houve maior concentração da deformação, nas quais o granito apresenta-se fortemente cominuído, com coloração cinza escura e granulação fina (Figura 5.4 D, E).

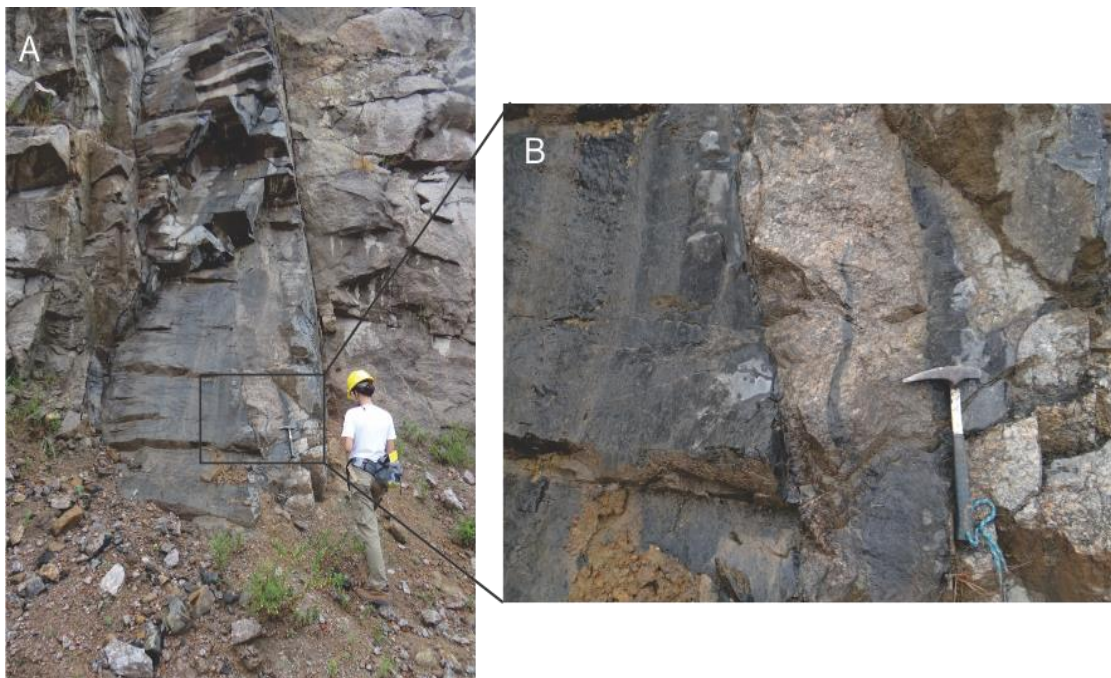
Figura 5.4: (A), (B) e (C) Fenocristais de feldspato fortemente estirados e orientados, com formas amendoadas, contornados por lamelas de biotita e quartzo estirado. Notar em (C) estruturação semelhante à foliação S-C; (D) Zonas miloníticas paralelas de concentração de deformação (seta), onde o granito apresenta coloração cinza escura e evidências de forte cominuição.



Fonte: Elaborado pela autora.

Em frente de lavra da Mineradora Sousa e Ferreira Ltda. são observados diques de diabásio cortando o Granito Porto Gande, (Figura 5.5 A, B) os quais são atribuídos à unidade Diabásio Cassiporé, que representa o magmatismo máfico toleítico relacionado à ruptura do Supercontinente Pangea, e consequente abertura do Oceano Atlântico Central, estabelecida entre o Neojurássico e o Eotriássico. (MARZOLLI ET AL. 1999, LIMA ET AL. 1974, ROSA-COSTA ET AL. 2014).

Figura 5.5: (A) Dique com alto ângulo de mergulho do Diabásio Cassiporé cortando o Granito Porto Grande; (B) Detalhe de (A) mostrado a margem do dique, onde se observam injeções do magma máfico no granito encaixante.

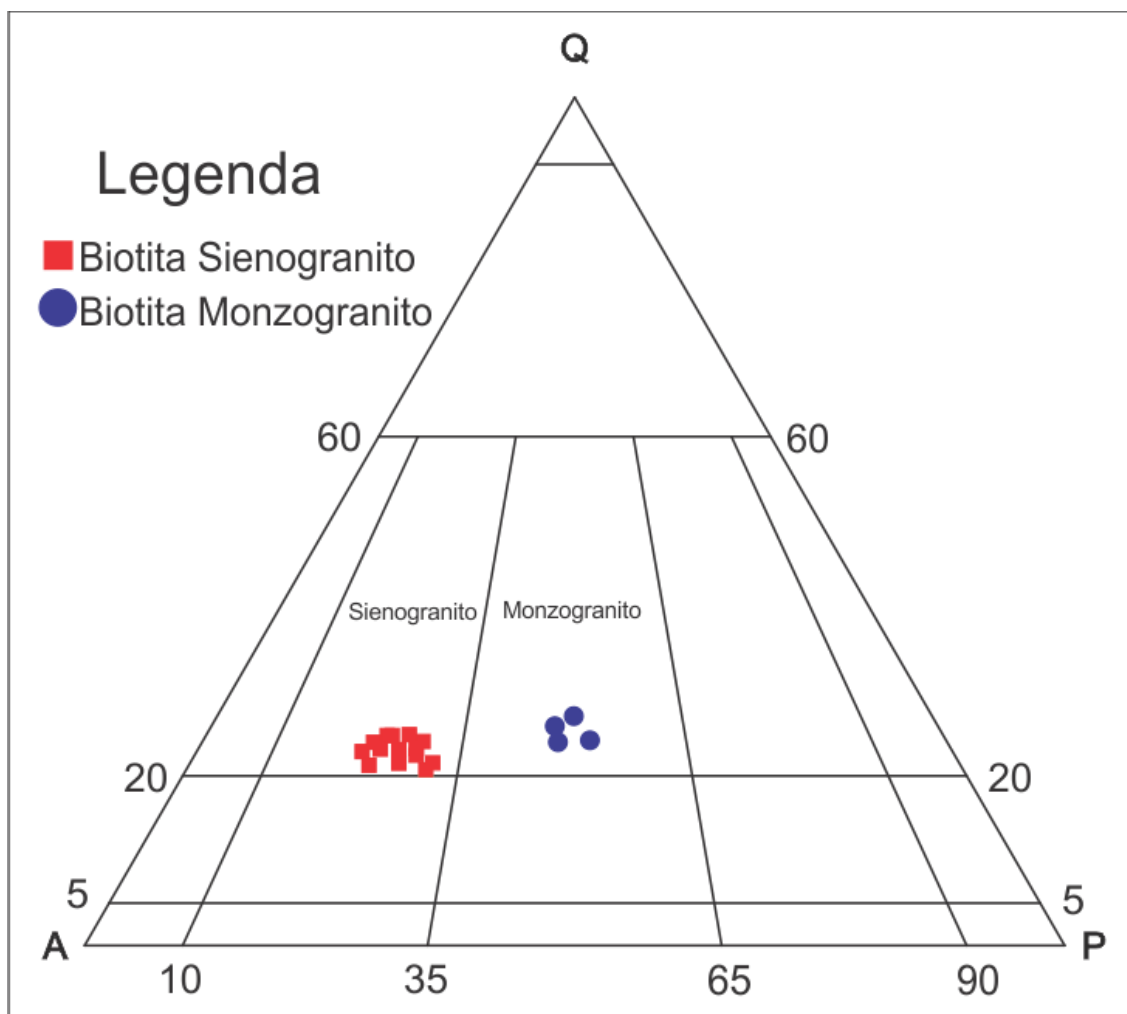


Fonte: Elaborado pela autora.

## 6. PETROGRAFIA

A caracterização mesoscópica e microscópica do Granito Porto Grande envolveu a descrição de 18 amostras de mão e 18 lâminas delgadas representativas do corpo. A partir dos dados pode-se inferir que o Granito Porto Grande é um corpo de composição relativamente homogênea, sendo as amostras classificadas no diagrama de Streckeisen (1976) predominantemente como sienogranitos, ou como monzogranitos (Figura 6.1). Levando-se em conta a presença de biotita em todas as amostras estudadas, foram caracterizadas as fácies petrográficas: Biotita sienogranito (Bs) e Biotita monzogranito (Bm).

Figura 6.1: Diagrama QAP, com os litotipos do Granito Porto Grande.



Fonte: Elaborado pela autora.

## 6.1. BIOTITA SIENOGRANITO (BS).

A litofácies Biotita sienogranito é predominante, e foi representada pelas amostras CE-R-81, CE-R-82, CE-R-83, CE-R-84, CE-R-85-A, CE-R-85-B, CE-R-87, CE-R-88, CE-R-89, CE-R-98, CE-R-110-A, CE-R-110-B, CE-R-102-A e JB-R-26 (localização das amostras na Figura 4.1). São caracterizadas mesoscopicamente pela cor cinza, levemente rosada, são rochas leucocráticas, com cristais inequigranulares de granulação grossa, de tamanhos milimétricos a centimétricos, constituídas mineralogicamente por álcali-feldspato, quartzo, plagioclásio e biotita. Alguns cristais de álcali-feldspato destacam-se de tamanho (4 a 5 cm), caracterizando textura porfírica, com matriz fanerítica grossa (Figura 6.2 A).

Microscopicamente, a litofácies Biotita sienogranito (Bs), quando livre de deformação, apresenta textura porfírica definida por fenocristais de feldspato alcalino, em matriz granular hipidiomórfica (Figura 6.2 B). A mineralogia é basicamente álcali-feldspato (microclínio), plagioclásio, quartzo e biotita, com granada em algumas amostras (CE-R-82, CE-R-85-A, CE-R-87, CE-R-88, e CE-R-89). Como acessórios ocorrem zircão, apatita, allanita e opacos. As fases secundárias são sericita e argilo-minerais ocorrendo preferencialmente como alteração dos plagioclásios, além de clorita, como produto de transformação da biotita.

Os cristais de álcali-feldspato (microclínio) apresentam maclamento xadrez e Calrsbad, e possuem inclusões de plagioclásio, por vezes sericitizado, biotita e quartzo (Figura 6.2 C). Alguns cristais apresentam intercrescimento micropertítico e zoneamento do tipo concêntrico.

Os cristais de plagioclásio são subédricos a anédricos, com maclamento polissintético e albita-carlsbad, possuem dimensões de 1 a 3 mm aproximadamente. Ocorrem como cristais granulares, com contatos irregulares com os outros minerais, ou como cristais ripiformes inclusos no álcali-feldspato.

Os cristais de quartzo possuem hábito granular, com faces anédricas, dimensões médias de 1 a 2 mm, extinção ondulante moderada a forte, com contatos irregulares e/ ou retilíneos com o plagioclásio e microclínio. O quartzo também

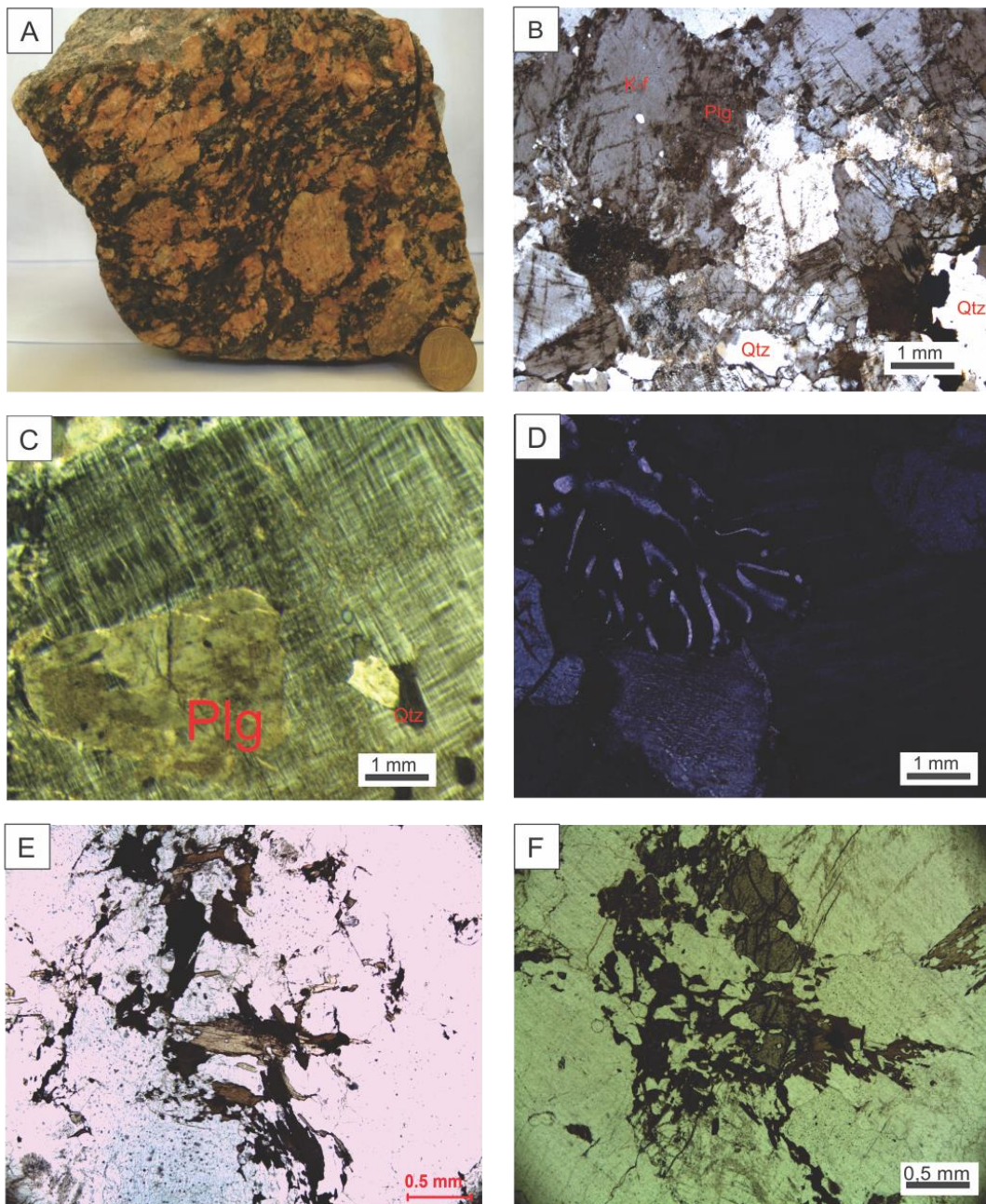
ocorre como inclusão nos cristais de feldspato alcalino e na forma de vermes, intercrescido em plagioclásio resultado da reação que ocorre quando em contato com k-feldspato (textura mirmequítica), (Figura 6.2 D).

A biotita apresenta-se em cristais subédricos, de hábito lamelar, com pleocroísmo que varia de marrom avermelhado a amarelo acastanhado, ocorre intersticial aos cristais de plagioclásio e quartzo, ou de forma dispersa na rocha, neste caso, geralmente se associando aos minerais opacos. (Figura 6.2 E).

Os cristais de granada ocorrem fraturados e geralmente em contato com a biotita. (Figura 6.2 F).

A allanita é hipidiomórfica, ocorre associada com a biotita. Já o zircão é prismático, bem formado e frequentemente zonado, e ocorre incluso na biotita. A apatita apresenta-se acicular, ocorrendo inclusa em quase todos os demais cristais da rocha.

Figura 6.2 : Imagens mesoscópica e microscópica da litofácies Biotita Sienogranito. (A) Rocha fanerítica com cristais centimétricos de microclínio, bem desenvolvido em relação aos outros minerais presentes, quartzo, plagioclásio e biotita. (B) Textura porfírica definida por fenocristais de feldspato alcalino em matriz granular hipidiomórfica. (C) Cristal de feldspato potássico com maclamento xadrez e inclusões de plagioclásio e quartzo. (D) Cristal de feldspato com intercrescimento mirmequítico (E) lamelas de biotita nos interstícios de cristais de quartzo e plagioclásio. (F) Cristais de granada em contato com lamelas de biotita e minerais opacos.



Fonte: Elaborado pela autora.

## 6.2. BIOTITA MONZOGRANITO

A litofácies Biotita monzogranito está representada pelas amostras CE-R-90, CE-R-101, CE-R-109 e CE-R-23-A. É caracterizada mesoscopicamente pela cor cinza com tonalidades escuras (Figura 6.3 A e B). Macroscopicamente são observados seus principais minerais constituintes, álcali-feldspato, plagioclásio, quartzo e biotita. Os minerais acessórios incluem zircão, opacos e apatita.

Alguns cristais de álcali-feldspato destacam-se de tamanho (2 a 3 cm), caracterizando textura porfírica, com matriz fanerítica grossa. Este mineral constitui os maiores cristais da matriz, ocorre como cristais alotriomórficos inequigranulares, com geminação carlsbad e xadrez. Por vezes apresenta-se com intercrescimento perítico, inclusões de plagioclásio sericitizado e biotita, evidenciando a cristalização precoce desses minerais (Figura 6.3 C). Algumas vezes os cristais apresentam zoneamento do tipo concêntrico e textura de intercrescimento mirmequítico (Figura 6.3 D).

Os cristais de plagioclásio são subédricos a anédricos, com dimensões de aproximadamente 1 a 2 mm, ocorrem principalmente como cristais ripiformes inclusos no feldspato alcalino e cristais granulares de contatos irregulares com o quartzo. Comumente apresentam geminação múltipla e/ou geminação carlsbad. (Figura 6.3).

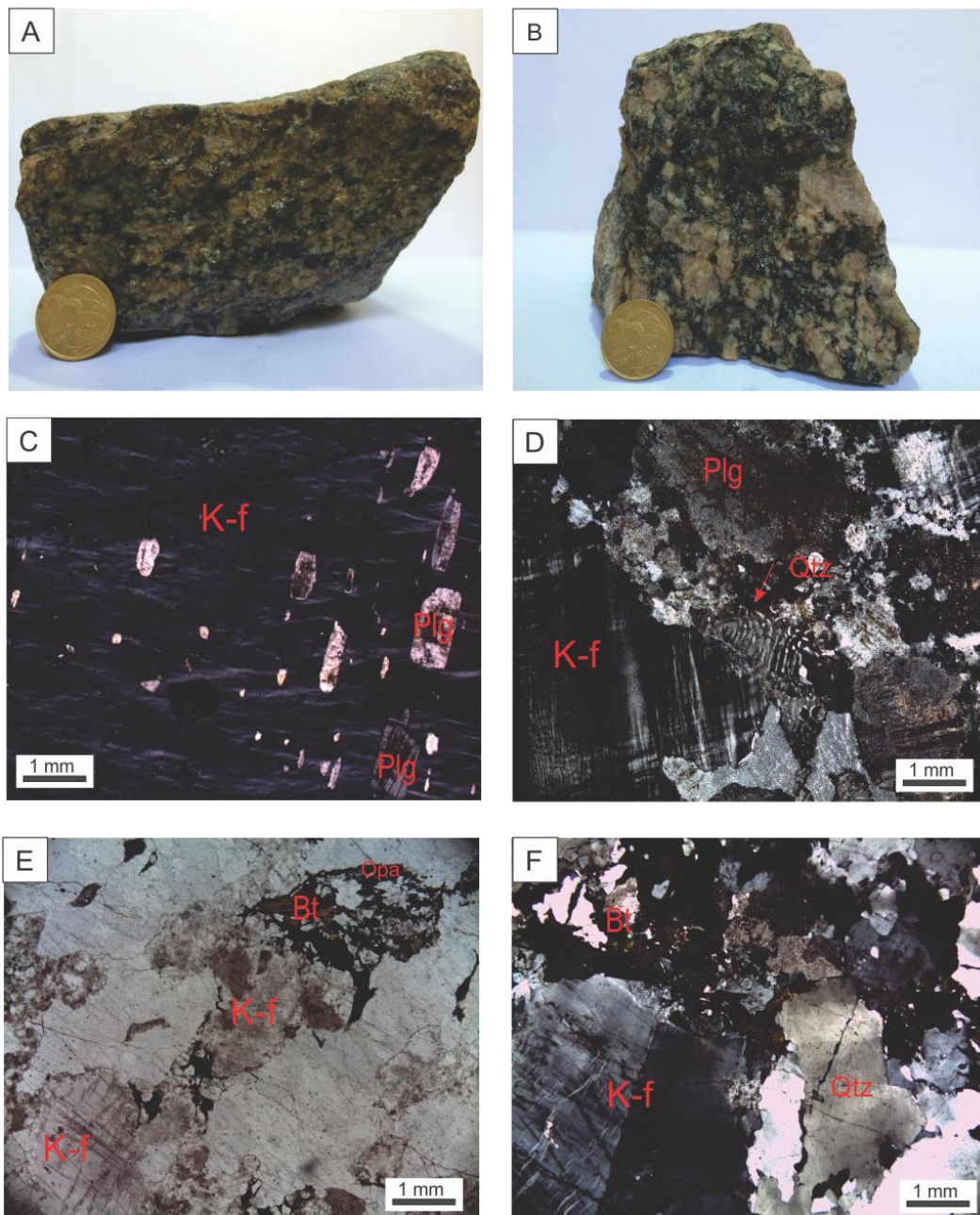
Os cristais de quartzo são anédricos a subédricos de dimensões médias de 1 a 2 mm e extinção ondulante moderada a forte, com contatos irregulares e/ou retilíneos com o plagioclásio e feldspato alcalino (Figura 6.3 F). Observa-se também quartzo anédrico, por vezes em agregados policristalinos, com contatos poligonais em pontos tríplices. Alguns cristais de quartzo ocorrem como finas gotículas e cristais vermiculares em intercrescimento mirmequítico no plagioclásio, resultado da reação que ocorre quando em contato com feldspato alcalino e plagioclásio (textura mirmequítica). (Figura 6.3 D).

Os cristais de biotita ocorrem como lamelas subédricas que se distribuem aleatoriamente na rocha, (Figura 6.3 E) com tamanhos de 0,5 a 1,5 mm. São cristais fortemente pleocróicos, variando do verde amarronzado ao castanho, com alteração

parcial para clorita. O zircão caracteriza-se por ocorrer como cristais bem formados prismáticos, algumas vezes zonados e inclusos parcialmente na biotita.

.

Figura 6.3: Imagens mesoscópica e microscópica da litofácies Biotita monzogranito. (A) Rocha fanerítica de coloração cinza com tonalidades escuras. (B) Destacam-se cristais de K-feldspato com tamanhos centimétricos de 2-3 cm. (C) Cristais de feldspato potássico com inclusões de plagioclásio e intercrescimento perítico. (D) Textura mirmequítica (E) Lamelas de biotita contornando fenocristal de feldspato potássico. (F) Cristais de quartzo anédricos a subédricos com contatos irregulares e/ ou retilíneos com o plagioclásio e feldspato alcalino além de intercrescimento perítico em cristal de feldspato potássico com geminação Carlsbad.



Fonte: Elaborado pela autora.

### 6.3. DEFORMAÇÃO

O Granito Porto Grande apresenta várias evidências de deformação do tipo dúctil, sendo a recristalização um das principais feições atuantes durante este processo. A recristalização dos grãos pode ter sido gerada por dois mecanismos principais: a migração de limite de grãos induzida por deformação e a recuperação ou formação e rotação de subgrãos conforme descrito por Geoffrey e Freeman (1993).

Os grãos de quartzo apresentam, com frequência, contatos do tipo interlobar ou poligonal (Figura 6.4 A, B e C) resultado de um mecanismo de deformação do tipo migração de limite de grão (grain boundary migration- GBM) a temperaturas estimadas entre (500 – 700 °C) (PASSCHIER; TROUW, 1996), compondo domínios de agregados granoblásticos recristalizados (Figura 6.4 B). Também foram descritos subgrãos de quartzo desenvolvendo forte extinção ondulante (Figura 6.4 C). Segundo (PASSCHIER E TROUW, 2005), a extinção ondulante nos cristais ocorre entre 250 a 400 °C. O quartzo pode apresentar-se também como cristais fitados (ribbon quartz) (Figura 6.4 D). Alguns autores (VOLL 1976, WHITE 1975, LISTER & DORNSIEPEN 1982, TULLIS & YUND 1987, HIRTH & TULLIS 1992) estimam temperatura superior a 600° C para a sua formação.

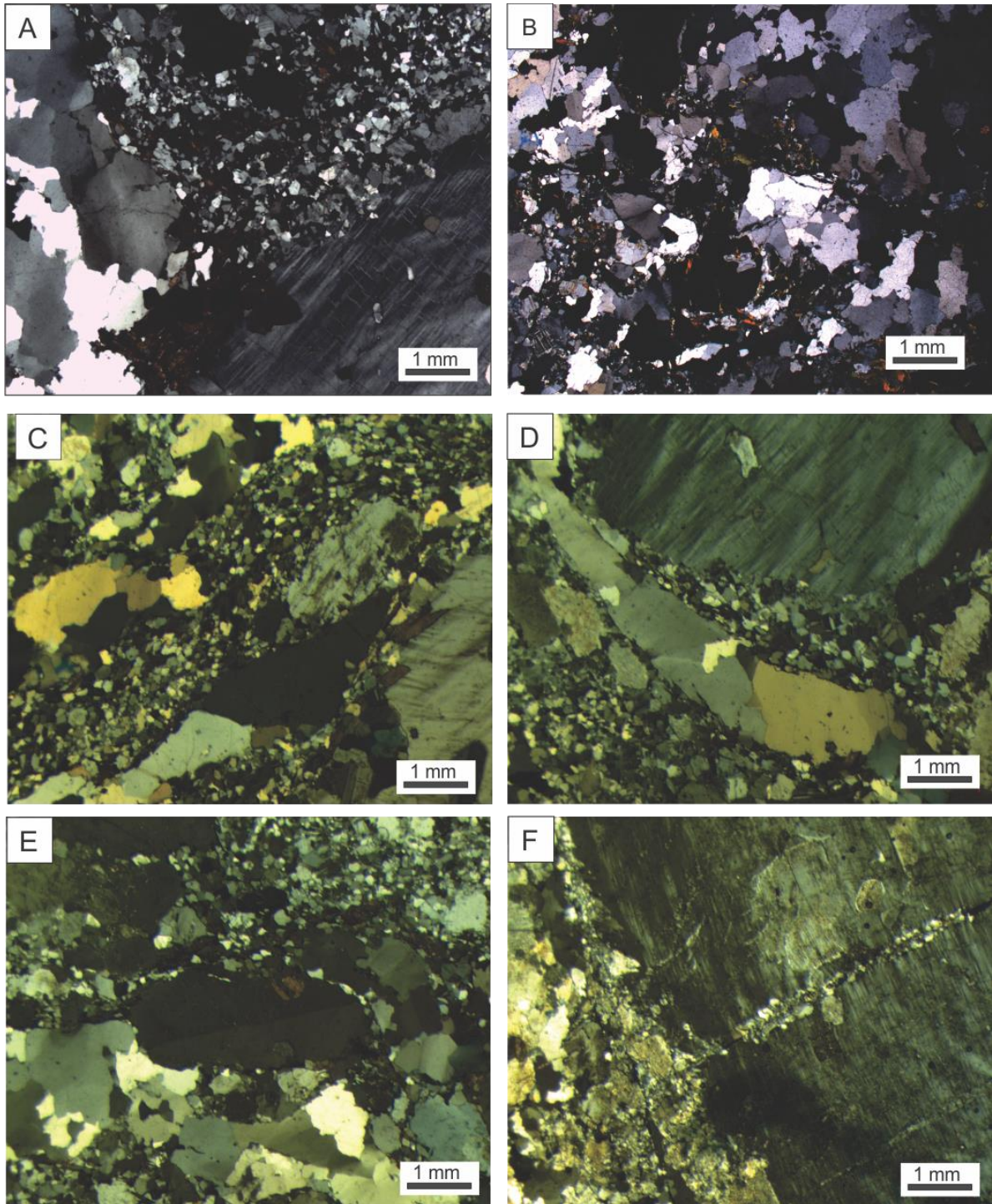
O feldspato é o principal componente mineral de muitos granitoides e o seu comportamento deformacional é importante para estabelecer a reologia da crosta continental (Menegon et al, 2006). Nas rochas deformadas do Granito Porto Grande foi observado que os feldspatos alcalinos apresentam zoneamento difuso ou apagado, ocorrem como porfiroclastos estirados ou amendoados (Figura 6.4 E) sendo frequentemente observada recristalização em suas bordas, e ao longo de fraturas (Figura 6.4 F). Ocorrem imersos em matriz constituída por agregados policristalinos (dominantemente feldspatos + quartzo), fortemente recristalizados, com contato irregulares, interlobados ou retilíneos entre os cristais, caracterizando um foliação protomilonítica a milonítica (Figura 6.4 D, F e 6.5 A).

O feldspato apresenta também pertitas em chamuscas (Figura 6.5 B), geradas devido à substituição do K-feldspato pela albita, estando relacionada ao abrandamento por reação do feldspato alcalino (PRYER E ROBIN, 1995). O

processo de formação da pertita em chama envolve trocas catiônicas entre os álcalis, pois o Na liberado do plagioclásio, substitui o K para formar albita, na forma de pertita em chama, no feldspato alcalino, enquanto o K do feldspato alcalino é utilizado para formar mica branca na matriz (O'HARA, 1988). Segundo Pryer (1993), a formação de pertitas em chama ocorre em temperaturas entre 300 e 500°C.

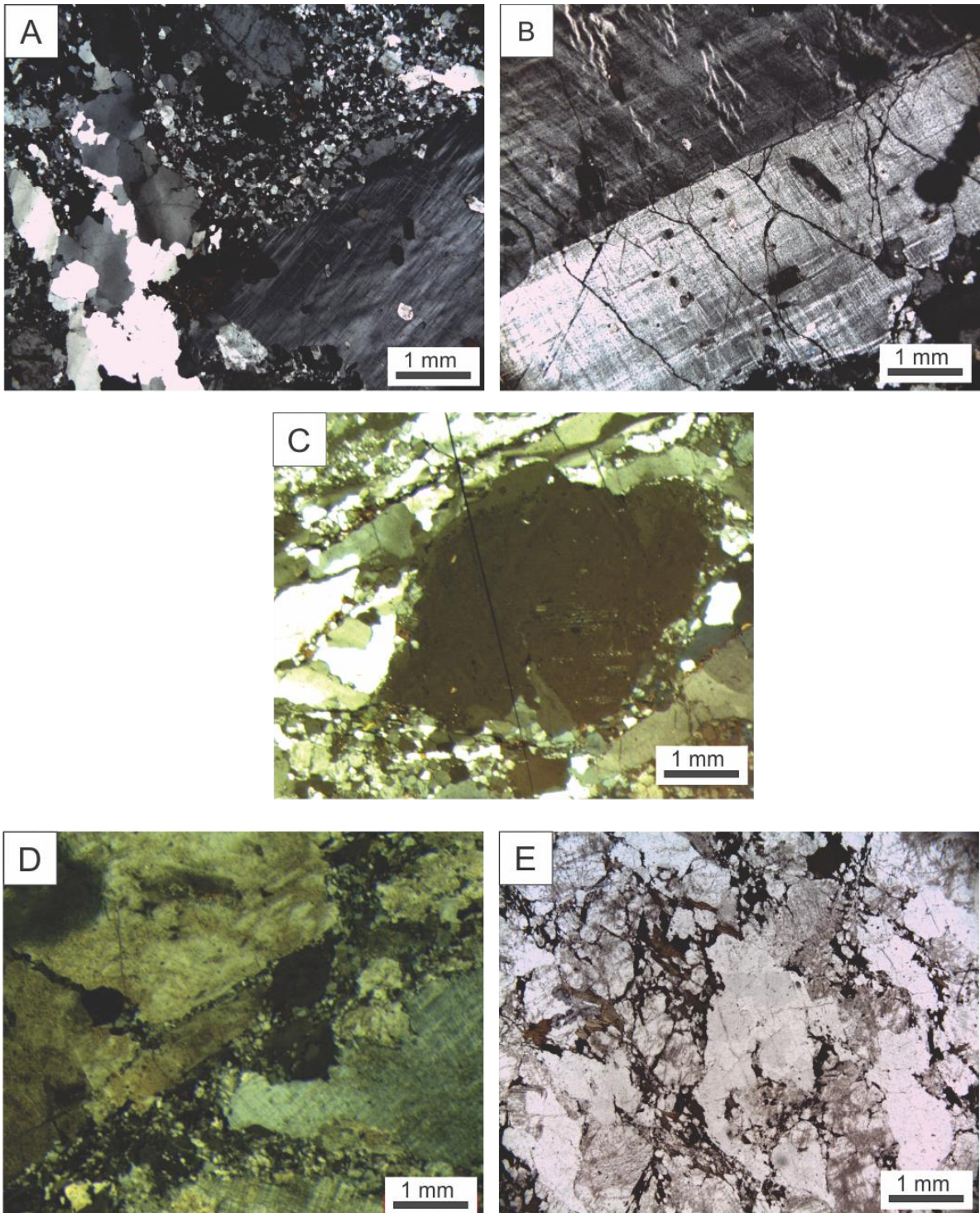
Quanto à deformação do plagioclásio, o aspecto que deve ser abordado diz respeito à seus porfiroclátos amendoados (Figura 6.5 C) e suas bordas recristalizadas. (Figura 6.5 D). Ocorrem efeitos de deformação, também nas biotitas em pequenas lamelas fortemente orientadas, contornando porfiroclastos de feldspato ou agregados policristalinos recristalizados da matriz. (Figura 6.5 E).

Figura 6.4: Fotomicrográfas de feições de deformação do Granito Porto Grande. (A) (B) e (C) Agregados de quartzo recristalizados, com contatos do tipo interlobar. Notar nos cristais maiores a forte extinção ondulante. (D) Cristais fitados (ribbon quartz). (E) porfiroclastos estirado e amendoados de feldspato potássico em matriz constituída por agregados policristalinos. (F) Recristalização em bordas e fraturas de feldspato potássico.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 6.5: (A): Cristais de quartzo irregulares e interlobados caracterizando uma foliação protomilonítica a milonítica. (B) Pertitas em chamas nos feldspatos alcalinos. (C) Cristal amendoado de plagioclásio. (D) Borda de plagioclásio, notar a recristalização principalmente do mineral quartzo. (E) lamelas orientadas de biotita, contornando porfiroclastos de feldspato.



Fonte: Elaborado pela autora.

## 7. GEOQUÍMICA

Neste capítulo serão discutidos os dados litoquímicos obtidos para as rochas do Granito Porto Grande (Tabela 7). Do conjunto de amostras oriundas do estudo petrográfico, 8 foram selecionadas para análises, sendo que duas amostras representam a fácies Biotita monzogranito (Bm), indicada pelo círculo azul nos diagramas, e seis amostras são de Biotita sienogranito (Bs), indicada pelo quadrado de cor vermelha.

Os resultados analíticos de rocha total demonstram que o Granito Porto Grande é constituído por rochas bastante enriquecidas em SiO<sub>2</sub>, que variam de 72,63% a 74,73%, e também ricas em alumina, com Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entre 12,78% a 14,05%, e pobres em MgO e CaO. Os valores de Na<sub>2</sub>O e K<sub>2</sub>O variam, respectivamente, de 3,00% a 3,43%, e de 4,86% a 5,82% (Tabela 7).

Utilizando-se o diagrama TAS (álcalis x sílica), de nomenclatura de rochas plutônicas, as amostras estudadas incidem no campo dos granitos, o que é consistente com a classificação petrográfica, com elevados conteúdos de álcalis dentro de um pequeno intervalo de sílica, e de natureza subalcalina, considerando-se a linha divisória de Irvine & Baragar (1971), (Figura 7.1).

Com relação à saturação em alumina, os valores de  $A/CNK > 1$  e  $A/NK > 1$  mostram sua natureza peraluminosa (Figura 7.2), considerando-se os parâmetros propostos por Shand (1927), que classificou as rochas graníticas em peraluminosas ( $A/CNK > 1$  e  $A/NK > 1$ ), metaluminosas ( $A/CNK < 1$  e  $A/NK > 1$ ) e peralcalinas ( $A/CNK < 1$  e  $A/NK < 1$ ).

Tabela 7: Análises químicas de rocha total para amostras do Granito Porto Grande. Elementos maiores e menores (% em peso) e traços (ppm). Elementos Terras Raras normalizados pelo condrito de Sun (1982).

Elemento/ Fácies	Monzogranito		Sienogranito					
	CE-R-90	CE-R-101	CE-R-87	CE-R-85-B	CE-R-26	CE-R-81	CE-R-82	CE-R-102-A
% em massa de óxido								
SiO <sub>2</sub>	73,19	73,10	74,34	74,39	73,33	74,73	72,66	72,63
TiO <sub>2</sub>	0,20	0,26	0,15	0,21	0,13	0,21	0,18	0,21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,79	13,48	13,61	12,78	13,60	13,01	13,99	14,05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,18	0,22	0,13	0,21	0,20	0,19	0,21	0,17
FeO	1,64	1,99	1,12	1,86	1,78	1,68	1,92	1,55
MnO	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,10	0,02
MgO	0,22	0,30	0,16	0,22	0,20	0,25	0,22	0,24
CaO	0,85	0,99	1,11	0,94	0,95	0,92	0,94	0,97
Na <sub>2</sub> O	3,28	3,17	3,42	3,00	3,43	3,18	3,26	3,33
K <sub>2</sub> O	5,82	5,29	5,07	5,03	5,32	4,86	5,55	5,73
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06	0,09	0,03	0,09	0,06	0,07	0,06	0,07
Total	99,31	99,01	99,19	98,85	99,10	99,20	99,15	99,04
PPM em massa								
Ba	606,00	661,00	588,00	510,00	563,00	509,00	687,00	788,00
Rb	298,80	259,90	135,40	213,40	257,50	273,20	300,20	302,20
Sr	107,70	116,50	107,70	80,50	10,40	102,80	114,90	138,30
Zr	196,60	28,40	142,50	169,80	157,70	225,60	231,90	24,90
Nb	20,50	20,80	10,70	19,80	9,00	22,20	17,60	18,70
Y	43,40	26,40	29,30	32,70	30,70	35,80	74,10	24,50
Ga	20,10	19,50	16,50	16,90	18,80	20,20	20,70	22,20
Sc	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	3,00	4,00	2,00
Th	66,50	95,80	41,30	59,10	60,50	72,60	79,40	78,80
U	13,40	16,50	15,90	24,40	53,70	19,30	18,10	17,10
V	10,00	15,00	10,00	9,00	<8	9,00	11,00	12,00
La	81,20	122,90	55,90	68,70	70,00	90,00	105,30	98,80
Ce	149,20	219,90	98,70	129,60	134,60	165,60	187,40	177,90
Pr	14,91	22,03	9,95	13,44	13,70	16,71	18,75	17,81
Nd	49,00	71,80	33,10	46,20	47,60	53,40	61,70	56,90
Sm	8,75	12,02	6,37	8,53	8,41	9,32	10,58	9,70
Eu	0,75	0,84	0,79	0,66	0,72	0,73	0,92	0,93
Gd	7,50	9,20	6,37	8,22	7,77	8,30	9,35	8,00
Tb	1,20	1,24	1,01	1,26	1,15	1,21	1,50	1,06
Dy	7,02	6,19	5,40	7,08	6,03	6,69	9,96	5,39
Ho	1,43	0,94	0,95	1,18	1,03	1,18	2,59	0,87
Er	4,17	2,06	2,40	2,88	2,54	3,36	10,65	1,93
Tm	0,54	0,25	0,34	0,34	0,35	0,41	2,15	0,24
Yb	3,36	1,49	2,07	2,06	1,84	2,61	15,70	1,28
Lu	0,45	0,20	0,30	0,30	0,29	0,36	2,71	0,20
Lan/ Ybn	16,11	54,99	18,00	22,23	25,36	22,99	4,47	51,46
Eun/Eu*	0,28	0,25	0,38	0,24	0,27	0,26	0,28	0,32

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 7.1: Diagrama de nomenclatura segundo Cox. et al. (1978), modificado para Wilson (1989).

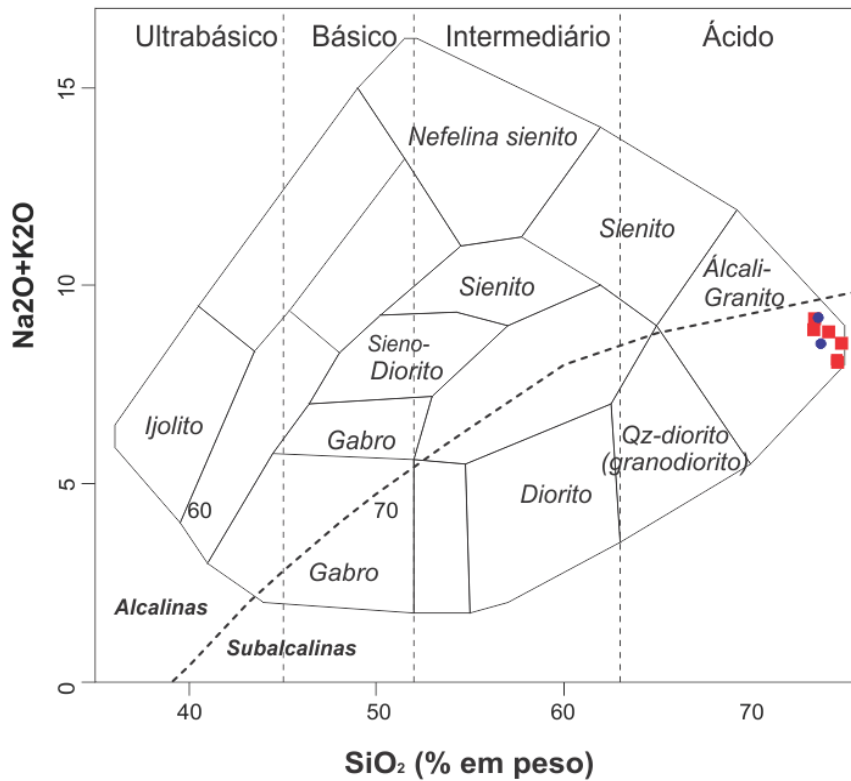
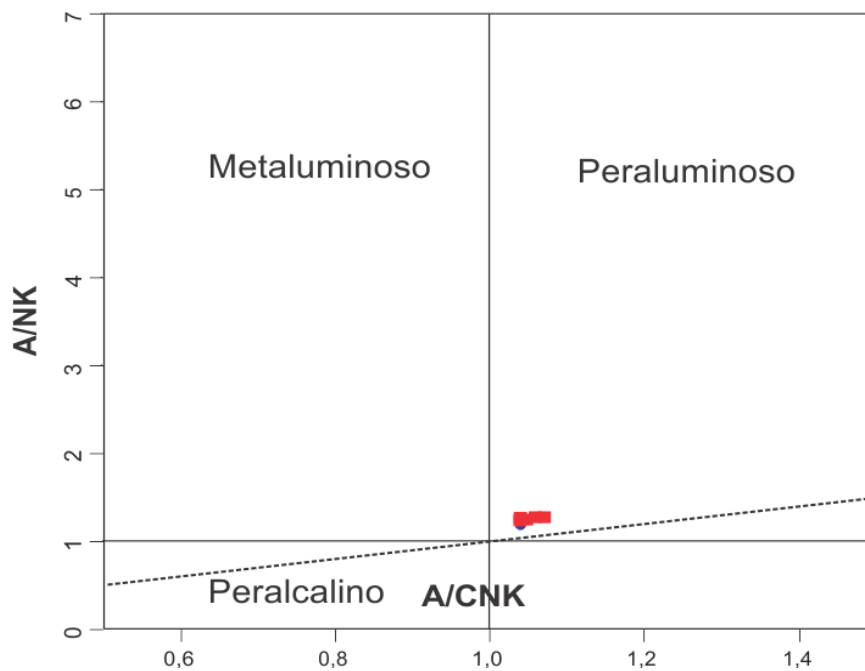


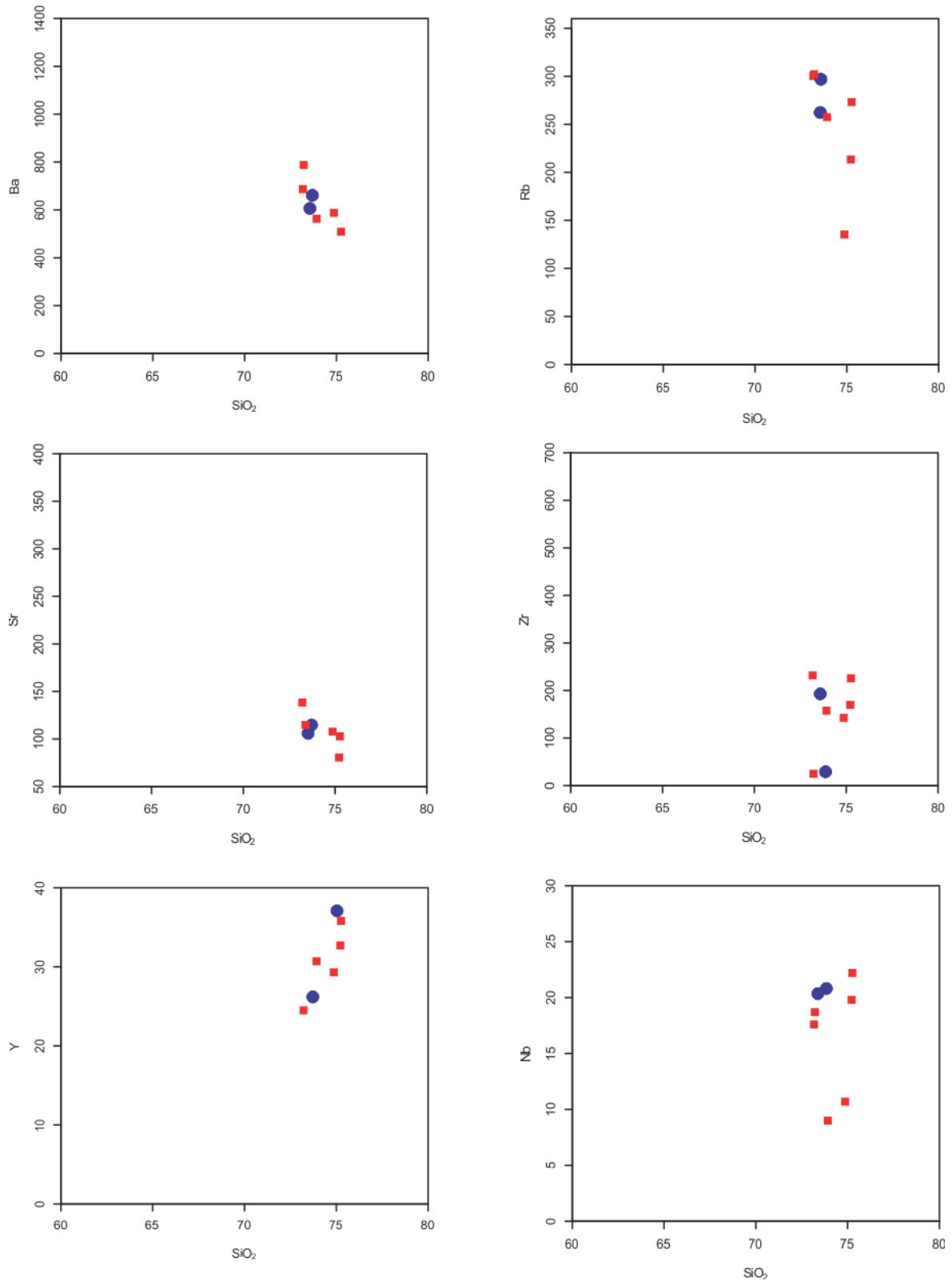
Figura 7.2: Diagrama de Shand, (1927), apresentando o caráter peraluminoso das rochas estudadas.



Fonte: Elaborado pela autora.

O comportamento de alguns elementos com relação à variação do conteúdo de  $\text{SiO}_2$  durante a cristalização pode ser observada nos diagramas de Harker. Nestes diagramas binários, geralmente são selecionados para compor o eixo X, elementos que indiquem o fracionamento durante a diferenciação magmática (FUJIMORI, 1990).

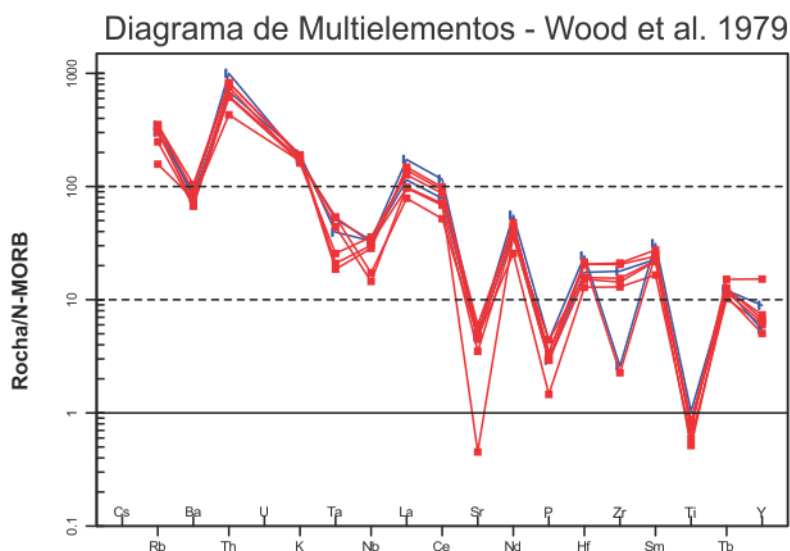
Os diagramas de Harker para as amostras do Granito Porto Grande (Figura 7.3) mostram rochas bastante similares no teor de sílica (72,63% a 74,73%), e por esta razão não é observado um trend de correlação que indique, por exemplo, processo de cristalização fracionada. Este comportamento é esperado, considerando que as rochas estudadas são granitos, com composições bastante semelhantes, e pouca variação no conteúdo de sílica.

Figura 7.3: Diagramas binários de elementos traços Vs SiO<sub>2</sub>.

Fonte: Elaborado pela autora.

No diagrama de multielementos (Figura 7.4), normalizado ao manto primordial de Wood et al. (1979), observa-se que as rochas do Granito Porto Grande são caracterizadas por depleção de Sr, Ti, Ba, Ta, e P e anomalias positivas especialmente de Th, La, Nd e Sm. Com relação ao comportamento do Zr observa-se que este possui duas amostras a CE-R- 101 e CE-R- 102 que apresentam padrão diferente das demais, estabelecendo assim dois padrões distintos de Zr.

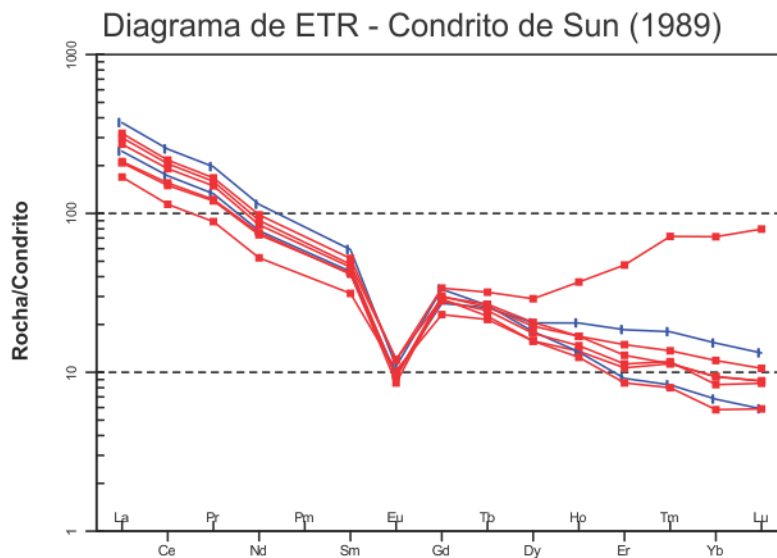
Figura 7.4: Padrão do diagrama de multielementos (spider diagrams) para o Granito Porto Grande, normalizado de acordo com o manto primitivo de Wood et al. (1979).



Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados analíticos de ETR foram normalizados pelos valores do condrito de Sun (1982) e são exibidos da figura 7.5, que mostra um padrão de fracionamento acentuado, com razões  $\text{La}_n/\text{Ybn}$  variando de 4,47 a 54,99, e forte anomalia negativa de Eu ( $\text{Eu}_n/\text{Eu}^* = 0,24$  a  $0,38$ ) que sugere que o plagioclásio foi pouco fracionado durante o processo de evolução magmática. Na figura pode-se observar que a amostra CE-R-82 tem um comportamento distinto das demais, apresentando um padrão tipo “gavota”, típico de granitos Tipo-A

Figura 7.5: Diagrama de Elementos Terras Raras para as rochas do Granito Porto Grande, normalizadas segundo o condrito de Sun (1982).



Fonte: Elaborado pela autora.

No diagrama multicatiônico R1-R2 de Batchelor&Bowden (1985), as amostras do Granito Porto Grande ocupam o campo dos granitos sin-colisionias (Figura 7.6) onde comumente incidem os granitos Tipo-S, gerados a partir de fusão de protólitos sedimentares/metassedimentares.

Segundo a proposta de classificação de tipologia de granitos de Whalen, Currie, Chappell (1987), as amostras do Granito Porto grande plotadas se projetam nos campos de granitoides do tipo I e S (Figura 7.7). Considerando-se a natureza peraluminosa das rochas, e a presença de granada acompanhando a biotita em grande parte das amostras estudadas, pode-se considerar que o Granito Porto Grande possui propriedades semelhantes aos granitos Tipo S.

Figura 7.6: Diagrama multicatiônico R1-R2, adaptado por Batchelor, Bowden (1985), para definição de ambientes tectônicos e relação com suítes magmáticas. As rochas do Granito Porto Grande são plotadas no campo 6, dos granitos sin-colisionais/peraluminosos hercínianos.

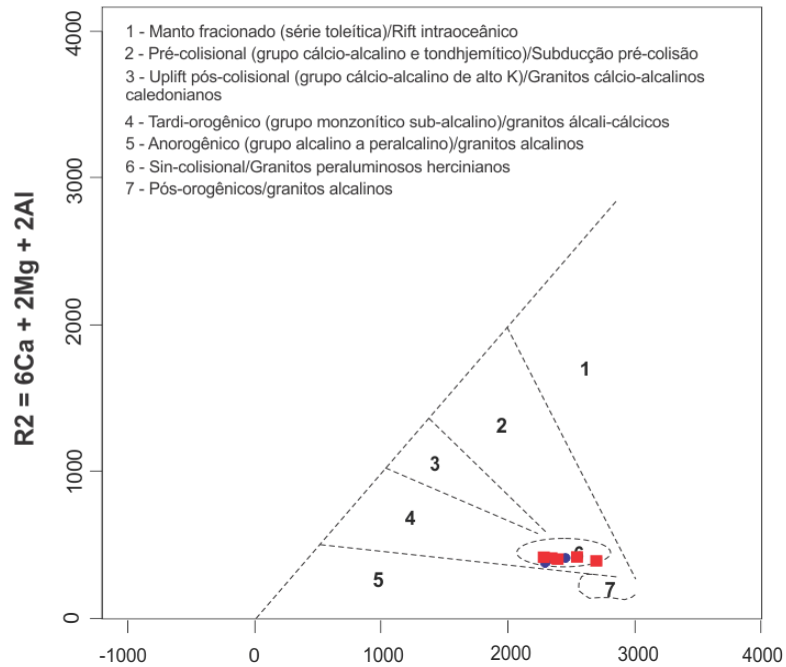
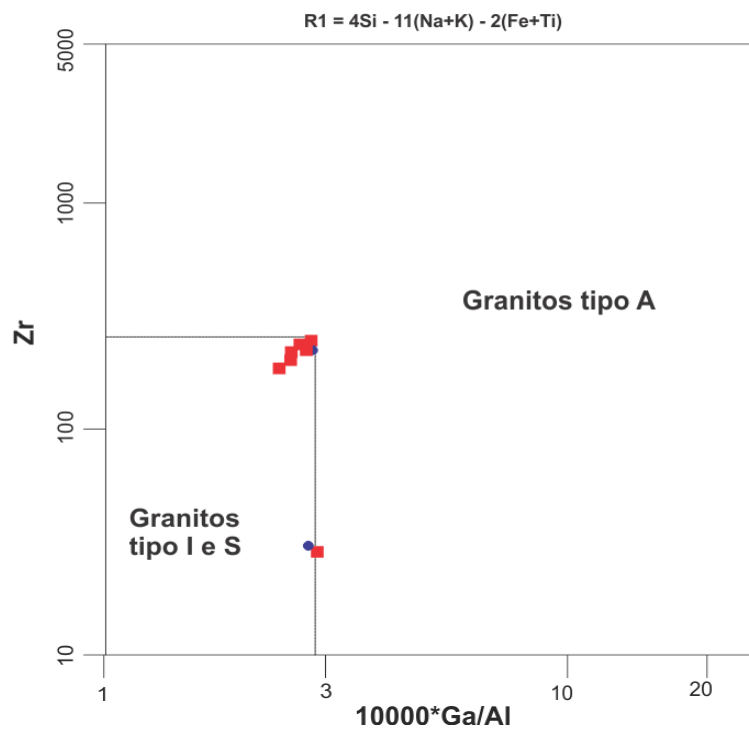


Figura 7.7: Diagrama discriminante de tipologia de granitos de Whalen, Currie, Chappel (1987).



Fonte: Elaborado pela autora.

## 8. CONCLUSÕES

Os dados aerogeofísicos, petrográficos e geoquímicos produzidos neste estudo, adicionados a informações da literatura, permitem algumas considerações que contribuem para a compreensão do magmatismo do Granito Porto Grande.

A interpretação de imagens gamaespectométricas se revelou uma ferramenta importante para a cartografia do Granito Porto Grande, devido sua alta radiação no canal do Th e U e moderada no canal do K, o que é compatível com a natureza das rochas (granitos) e com o comportamento geoquímico destes elementos sob condições intempéricas. A análise do mapa magnético do sinal analítico revelou que este corpo possui relevo magnético suave, demonstrando que as rochas do Granito Porto Grande têm baixa susceptibilidade magnética.

Os dados petrográficos permitiram o reconhecimento de duas litofácies no Granito Porto Grande, os Biotita sienogranitos, de maior expressão no corpo, e os Biotita monzogranitos. Uma característica marcante nestas rochas são as feições que indicam a direção do fluxo magmático.

Os dados químicos demonstraram que as rochas do Granito Porto Grande são subalcalinas, de natureza peraluminosa, e têm características que se assemelham aos granitos Tipo-S, derivados de protólitos sedimentares ou metassedimentares.

A partir de informações da literatura, sabe-se que o Granito Porto Grande está localizado no contexto da Província Maroni-Itaciúnas ou Transamazonas, se forem consideradas as propostas de compartimentação tectônica do Cráton Amazônico de Tassinari e Macambira (2004) ou Santos (2003), respectivamente. Estas províncias tectônicas tiveram sua evolução durante o Ciclo Transamazônico de orogenias, cujos limites aceitos estão entre 2,26 e 1,99 Ga.

Mais especificamente, o Granito Porto Grande é intrusivo em unidades do Bloco Amapá, que representa um fragmento de crosta continental arqueana que foi intensamente retrabalhado durante o Ciclo Transamazônico (Rosa-Costa et al. 2006, 2014), quando foi seccionado por diversos corpos graníticos, em diferentes estágios

da evolução orogenética, desde pré-colisionais a tardi-orogênicos (ROSA-COSTA ET AL. 2014).

Barbosa et al. (2013) definiram o Granito Porto Grande como um corpo anorogênico, e obtiveram neste plúton uma idade de  $1842 \pm 23$  Ga, através do método de evaporação de Pb em zircão. Estes autores interpretaram este magmatismo como de natureza anorogênica.

No entanto, como foi demonstrado neste trabalho, o Granito Porto Grande apresenta uma expressiva deformação dúctil, que imprime uma foliação protomilonítica a milonítica, concordante à foliação de fluxo magmático. As características deformacionais destas rochas sugerem que este corpo tem caráter sin-tectônico.

Diante disso, é possível sugerir que após 1,99 Ga, que é o limite inferior aceito para a atuação do Ciclo Transamazônico, o Bloco Amapá foi afetado por um evento tectono-termal, evidenciado pela colocação do Granito Porto Grande. Considerando-se que idades em torno de 1,84 Ga ainda não são conhecidas na província, pode-se supor que este evento tem caráter localizado, podendo estar relacionado, por exemplo, ao desenvolvimento (ou reativação) de grandes zonas de cisalhamento geradas durante a Orogênese Transamazônica. Portanto, estudos adicionais são recomendados para avançar no entendimento deste evento de 1,84 Ga.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth-Science Reviews**, n. 17, p. 1-29, 1981.
- AMARAL, G. **Geologia Pré-Cambriana da Região Amazônica**. 1974. 212 f. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1974.
- AVELAR, V. G. 2002. Geocronologia Pb-Pb em zircão e Sm-Nd em rocha total da porção centro-norte do Estado do Amapá. Implicações para a Evolução Geodinâmica do setor oriental do Escudo das Guianas. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 213p.
- BARBOSA, J. P. O.; CHAVES, C. L.; COSTA NETO, M. C.; ANJOS, G. C.; ROSA-COSTA, L. T. **Projeto Geologia da Folha Macapá – NA-22-Y-D**: mapa geológico Belém: CPRM, 2013. Escala 1:250.000.
- BATCHELOR, R. A. & BOWDEN, P. 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, 48:43-55.
- BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M. **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**: texto, mapas e SIG. Brasília: CPRM, 2003. 674 p. 1DVD anexo.
- CORDANI, U. G.; SATO K. 1999. Crustal evolution of the South American Platform, based on Nd isotopic systematics on granitoid rocks. *Episodes*, v. 22, p. 167-173.
- CORDANI, U. G.; TASSINARI, C. C. G.; TEIXEIRA, W.; BASEI, M. A. S.; KAWASHITA, K. Evolução Tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. In: CONGR. GEOL. CHILENO, 2., 1979, Arica, Chile. **Actas...** Arica: [s.n.], 1979. p.137-48.
- FUJIMORI, S. 1990. Composição química de rochas e suas aplicações. Centro Editorial e Didático da UFBA, Bahia, 301p.
- GIBBS, A. K.; BARRON, C. N. 1993. *The Geology of the Guayana Shield*. Oxford Univ. Press, Oxford.
- HIRTH, G., & TULLIS, J. 1992. Dislocation creep regimes in quartz aggregates, *J. Struct. Geol.*, 14, 145–159.

- IRVINE, T. N. & BARAGAR, W. R. A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8: 523-548.
- LIMA, M. I. C.; MONTALVÃO, R. M. G.; ISSLER, R. S.; OLIVEIRA, A. S.; BASEI, M. A. S.; ARAÚJO, J. F. V.; SILVA, G. G. Geologia. In: BRASIL Projeto RADAM. **Folha NA/NB 22 Macapá**. Rio de Janeiro, [s.n.], 1974. 1/120p. (Levantamentos de Recursos Naturais, 6).
- LISTER, G. S. & DORNSIEPEN, U. F. 1982. Fabric transition in the Saxonic granulite terrain, *J. Struct. Geol.*, 4, 89-92.
- MARZOLI, A.; RENNE, P. R.; PICCIRILLO, E. M.; ERNESTO, M.; BELLINI, G.; DE MIN, A. 1999. Extensive 200-million-year-old continental flood basalts of the Central Atlantic magmatic province. *Science* 284, 616–618.
- MCREATH, I. & FARACO, M. T. L. 2006. Paleoproterozoic greenstone-granite belts in northern Brazil and the former Guyana Shield-West African craton province. *Revista do Instituto de Geociências-USP. Geol. USP Sér. Cient.*, 5(2):49-63.
- MENEGON, L.; PENNACCHIONI, G.; STÜNITZ, H. 2006. Nucleation and growth of myrmekite during ductile shear deformation in metagranites. *Journal of Metamorphic Geology* 24, 553-568.
- MINTY, B. R. S. 1997. Fundamentals of airborne gamma-rays spectrometry. *AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics*, 17 (2): 39-50.
- O'HARA, K. 1988. Fluid flow and volume loss during mylonitization: An origin for phyllonite in an overthrust setting, North Carolina, U.S.A. *Tectonophysics* 156, 21-36.
- PASSCHIER, C. W. & TROUW, R. A. J. 1996. *Microtectonics*, Ed. Springer-Verlag, 289 p.
- PASSCHIER, C. W. & TROUW, R. A. J. 2005. *Microtectonics*, 2nd ed., Germany, Springer-Verlag, 366 p.
- PRYER, L. L. 1993. Microstructures in feldspars from a major crustal thrust zone: The Greenville front, Ontario, Canada: *Journal of Structural Geology*, v. 15, p. 21-36.
- PRYER, L. L. & ROBIN, P. Y. F. 1995. Retrograde metamorphic reactions in deforming granites and the origin of flame perthite. *Journal of Metamorphic Geology*,

14, 645–658.

RICCI, P. S. F.; CARVALHO, J. M. A.; ROSA-COSTA, L. T.; KLEIN, E. L.; VASQUEZ, M. L.; VALE, A. G.; MACAMBIRA, E. M. B.; ARAÚJO, O. J. B. 2001. Geologia e Recursos Minerais do projeto RENCA- Fase I., CPRM. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 7, Belém, atas, CD-ROM.

ROSA-COSTA, L. T. 2006. Geocronologia  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , Sm-Nd, U-Th-Pb e  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  do segmento sudeste do Escudo das Guianas: Evolução crustal e termocronologia do evento Transamazônico. 226p. Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Pós-graduação em Geoquímica e Petrologia, Belém. (Tese de Doutorado).

ROSA-COSTA, L. T.; LAFON, J. M.; DELOR, C. 2006. Zircon geochronology and Sm-Nd isotopic study: further constraints for the Archean and Paleoproterozoic geodynamic evolution of the southeastern Guiana Shield, north of Brazil. *Gondwana Res.*, 10:277-300.

ROSA-COSTA, L. T.; RICCI, P. S. F.; LAFON, J. M.; VASQUEZ, M. L.; CARVALHO, J. M. A.; KLEIN, E. L.; MACAMBIRA, E. M. B. 2003. Geology and geochronology of Archean and Paleoproterozoic domains of the southeastern Amapá and northwestern Pará, Brazil-southeastern Guiana Shield. *Géologie de la France*, 2-3-4:101-120.

ROSA-COSTA, L. T.; SILVA, C. M. G.; BARBOSA, J. P. O.; COSTA NETO, M. C. 2012. Projeto Folha Rio Araguari – NA-22-Y-B. Mapa Geológico (1:250.000). CPRM, Belém.

ROSA-COSTA, L. T.; VALE, A. G.; SILVA, A. M. 2002b. Integração de dados aerogeofísicos e imagens de sensores remotos como ferramenta para o mapeamento geológico na Região Amazônica: o exemplo do Projeto Promin RENCA. In: KLEIN, E. L.; VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T. da (Eds.), *Contribuições à Geologia da Amazônia*, 3, 227-243.

SANTOS, J. O. S. 2003. Geotectônica do Escudo das Guianas e Brasil- Central. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (ed.)

Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG. Brasília: CPRM- Serviço Geológico do Brasil, p. 169-226.

SANTOS J.O.S.; HARTMANN L.A.; FARIA M.S.; RIKER S.R.; SOUZA, M.M.; ALMEIDA M.E.; MCNAUGHTON N.J. 2006. A Compartimentação do Cráton Amazonas em províncias: avanços ocorridos no período 200-2006. In: SBG, Simpósio de Geologia da Amazônia, 9, Belém. Anais.

SANTOS, J. O. S; HARTMANN, L. A.; GAUDETTE, H. E.; GROVES, D. I.; MCNAUGHTON, N. J.; FLETCHER, I. R. 2000. A new understanding of the provinces of the Amazon Craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. *Gondwana Research*, 3(4):453-488.

SHAND, S. J. 1927. *Eruptive Rocks: Their Genesis, Composition, Classification and Their Relation to Ore-deposits*. Murby, London, p: 360.

STRECKEISEN, A. L. 1976, *Classification and nomenclature of igneous rocks: Earth-Science Reviews*, v. 12, p. 1-35.

STRECKEISEN, A. 1974. *Classification and nomenclature of plutonic rocks: Recommendations of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks: Geologische Rundschau Internationale Zeitschrift für Geologie: Stuttgart*, v. 63, p. 773–785.

SUN, S. S. 1982. *Chemical composition and origin of the Earth's primitive mantle. Geochim. Cosmochim. Acta* 46, 179–192.

TASSINARI, C. C. G. 1996. *O mapa geocronológico do Cráton Amazônico: revisão dos dados isotópicos. Tese de Livre Docência, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo*, 139 p.

TASSINARI, C. C. G.; BETTENCOURT, J. S.; GERALDES, M. C.; MACAMBIRA, M. J. B.; LAFON, J. M. 2000. *The Amazonian Craton*. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; FILHO, A.T.; CAMPOS, D.A. (eds.) *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro. p.41-95.

TASSINARI, C. C. G.; CORDANI, U. G.; NUTMAN, A. P.; VAN SCHMUS, W. R.; BETTENCOURT, J. S.; TAYLOR, P. N. 1996,

Geochronological systematics on basement rocks from the Rio Negro-Juruena Province (Amazonian Craton), and tectonic implications. *International Geology Review*, v.38, n.2, p.161-175.

TASSINARI C.C.G. & MACAMBIRA M.J.B., 2004. Evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: Mantesso-Neto V., Bartorelli A., Carneiro C.D.R., Brito Neves B.B. de. (org.) *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da obra de F.F.M. de Almeida*. Beca, São Paulo, p. 471-486.

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

TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C. C. G.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K. 1989. A review of the geochronology of the Amazon Rio Alegre Terrain: Tectonic Implications. *Precambrian Research*, 42:213-227.

VASQUEZ, M. L. & LAFON, J. M. 2001. Magmatismo tipo A de 1,75Ga na porção oriental do Escudo das Guianas – Estados do Amapá e Pará, Brasil. In: SBG, *Simpósio de Geologia da Amazônia*, 7. Belém, Resumos Expandidos, CD-ROM.

VASQUEZ M.L. & ROSA-COSTA L. T. Mapa geológico e de recursos minerais do Estado do Pará. Projeto Geologia e Recursos Minerais do Pará – Sistema de Informações Geográficas: texto-explicativo. Belém, CPRM, 2008. Mapa, col. Escala 1:1.000.000. 1 CD-ROM.

VERNON, R. H. 2004. *A Practical Guide to Rock Microstructure*. Cambridge University Press, 594 p.

VOLL, G. 1976. Recrystallization of quartz, biotite and feldspars from Erstfeld to the Leventina Nappe, Swiss Alps, and its geological significance, *Schweiz Mineral. Petrogr. Mitt.*, 56, 641-647.

WHALEN, J. B.; CURRIE, K. L.; CHAPPELL, B. W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 95: 407-419.

WHITE, S. 1975. Tectonic deformation and recrystallization of oligoclase. *Contr. Min. Petr.*, 50, 287-305.

WOOD, D. A., 1980. The application of a Th-Hf-Tadiagram to problems of tectono-magmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth and Planetary Science Letters*, 50, 11-30.