

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Geologia

PETROGRAFIA, LITOGEOQUÍMICA E QUÍMICA MINERAL DAS ROCHAS
GRANÍTICAS DO STOCK SÃO MIGUEL ARCANJO, SUL DO ESTADO DE
SÃO PAULO

Isabella Maria Wonsik Dalbelo

Prof. Dr. Antonio Misson Godoy

Rio Claro (SP)
2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

ISABELLA MARIA WONSIK DALBELO

**PETROGRAFIA, LITOGEOQUÍMICA E QUÍMICA MINERAL
DAS ROCHAS GRANÍTICAS DO STOCK SÃO MIGUEL
ARCANJO, SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus
de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Geóloga.

Rio Claro – SP

2024

D137p

Dalbelo, Isabella Maria Wonsik

Petrografia, litogeoquímica e química mineral das rochas graníticas do stock São Miguel Arcanjo, sul do estado de São Paulo / Isabella Maria Wonsik Dalbelo. -- Rio Claro, 2024

102 f. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geologia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

Orientador: Antonio Misson Godoy

1. Geologia. 2. Petrologia. 3. Geoquímica. 4. Química mineral. 5. Granito São Miguel Arcanjo. I. Título.

ISABELLA MARIA WONSIK DALBELO

PETROGRAFIA, LITOGEOQUÍMICA E QUÍMICA MINERAL DAS
ROCHAS GRANÍTICAS DO STOCK SÃO MIGUEL ARCANJO,
SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus
de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Geóloga.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Antonio Misson Godoy (orientador)

Prof. Dr. Washington Leite Barbosa

Prof. Dr. Antônio Carlos Artur

Rio Claro, 17 de novembro de 2024.



Assinatura do(a) aluno(a)



assinatura do(a) orientador(a)

Für Monika und Giulia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio às bolsas de Iniciação Científica (proc. nº: 125941/2022-6 e 101120/2024-9), que resultaram na publicação de um artigo.

Ao professor e orientador Antonio Misson Godoy pela ajuda e orientação não só nesta, como em nossas outras produções científicas.

À minha mãe Monika e minha irmã Giulia pelo carinho, cuidado e incentivo que recebo diariamente. Pelo apoio, liberdade e confiança em todas as decisões que fiz e faço. Todas as minhas conquistas são suas também, vocês são parte de quem sou e sua felicidade é a minha. As amo e as guardo sempre em meu coração e pensamento.

À minha família pelo apoio e incentivo para continuar estudando e melhorando um pouco a cada dia. Espero orgulhar a todos tanto quanto me orgulho de fazer parte desta família.

Aos meus amigos Giúlia Raphaella de Moraes e João Victor Campos Silva pela amizade, companheirismo e paciência ao longo desses cinco anos, e pelos muitos que ainda virão.

Resumo

O Granito São Miguel Arcanjo constitui um corpo intrusivo de aproximadamente 36 km², localizado nas proximidades de São Miguel Arcanjo, região sul do Estado de São Paulo. Inserido na Província Mantiqueira Central e na porção centro-sul do Cinturão Ribeira, correlaciona-se à granitogênese neoproterozoica do Terreno Apiaí. O presente trabalho tem como objetivo a distinção e classificação das rochas graníticas baseadas em critérios petrológicos, geoquímicos e de química mineral a fim de compreender a evolução e geração do magmatismo sin- a pós-tectônico do sudeste brasileiro. As pesquisas realizadas foram divididas em três etapas: Levantamento bibliográfico, realizado durante toda a confecção do trabalho; Etapa de campo, caracterizada pelo mapeamento geológico regional na escala 1:25.000 através de levantamentos detalhados e amostragem sistemática em áreas selecionadas; Etapa de Laboratório, constituída por análises macro e microscópicas das amostras coletadas, análises geoquímicas e de química mineral. Como resultado, o Granito São Miguel Arcanjo foi dividido em cinco fácies, baseadas nas diferentes composições mineralógicas e texturais, a fim de realizar investigações geológicas, petrográficas e compreender a evolução do corpo em relação ao evento colisional da Faixa Ribeira. São elas: biotita-hornblenda-quartzo monzonito a granodiorito, biotita monzogranito com hornblenda porfirítico, hornblenda-biotita monzogranito porfirítico, monzogranito com biotita e hornblenda porfirítico e hornblenda-biotita monzogranito cinza fino. As rochas são classificadas como leucocráticas e caracterizadas por coloração cinza a rósea, estrutura isotrópica e localmente anisotrópica, textura equigranular a porfirítica. As composições das fácies variam entre quartzo monzonito, granodiorito e monzogranito e apresentam majoritariamente mais biotita do que hornblenda. A composição mineralógica inclui microclínio, quartzo, oligoclásio, anfibólio (edenita e ferroedenita), e biotita (flogopita e siderofilita), e como minerais acessórios, apatita, allanita, zircão, minerais opacos e titanita. Os minerais secundários são representados por biotita, epidoto, clorita, sericita e turmalina. As rochas graníticas são peraluminosas e altamente diferenciadas, correlacionadas à série cálcio-alcalina de alto potássio a shoshonítica do Tipo I Caledoniano, de ambiente sin- a pós-colisional, pertencentes à fase final da construção do Arco Magmático Ribeira. Estão associadas às estruturas transtensivas da Zonas de Cisalhamento Taxaquara, resultantes do final do evento colisional da Orogênese Ribeira e caracterizam o arranjo final geotectônico de estabilização do Terreno Apiaí.

Palavras-chave: Granito São Miguel Arcanjo, Petrografia, Geoquímica, Química mineral

Abstract

The São Miguel Arcanjo Granite constitutes an intrusive body of approximately 36 km², located in the vicinity of São Miguel Arcanjo, in the southern region of the State of São Paulo. Inserted in the Central Mantiqueira Province and in the central-south portion of the Ribeira Belt, correlated to the Neoproterozoic granitogenesis of the Apiaí Terrain. The present work aims to distinguish and classify granitic rocks based on petrological, geochemical and mineral chemistry criteria in order to understand the evolution and generation of syn- to late-tectonic magmatism in southeastern Brazil. The research was divided into three stages: Bibliographic survey, which was carried out throughout the entire work; Field activities, including regional geological mapping at scale 1:25,000 through detailed surveys and systematic sampling in selected areas; Laboratory Stage, consisting of macro and microscopic analyzes of the collected samples, geochemical and mineral chemistry analyses. As a result, the São Miguel Arcanjo Granite was divided into five facies, based on different mineralogical compositions and textures, in order to perform geological and petrographic investigations and understand the evolution of the body regarding the Ribeira Belt collisional event. They are: biotite-hornblende-quartz monzonite to granodiorite, biotite monzogranite with hornblende porphyritic, hornblende-biotite monzogranite porphyritic, monzogranite with biotite and hornblende porphyritic and fine gray hornblende-biotite monzogranite. The rocks are classified as leucocratic and characterized by gray to pink coloration, isotropic and locally anisotropic structure, and equigranular to porphyritic texture. The compositions of the facies vary between quartz monzonite, granodiorite and monzogranite and present mostly more biotite than hornblende. The mineralogical composition includes microcline, quartz, oligoclase, amphibole (edenite and ferroedenite), and biotite (phlogopite and siderophyllite), and as accessory minerals, apatite, allanite, zircon, opaque minerals and titanite. The secondary minerals are represented by biotite, epidote, chlorite, sericite and tourmaline. The granitic rocks are peraluminous and correlated with the high-potassium calc-alkaline series to shoshonitic of Caledonian Type I, of syn- to post-collisional environment, belonging to the final phase of the construction of the Ribeira Magmatic Arc. They are associated with the transtensive structures of the Taxaquara Shear Zones, resulting from the end of the collisional event of the Ribeira Orogeny and characterize the final geotectonic arrangement of stabilization of the Apiaí Terrain.

Keywords: São Miguel Arcanjo Granite, Petrography, Geochemistry, Mineral Chemistry

Lista de Abreviaturas e Siglas

Aln - Allanita

Ap - Apatita

Bt - Biotita

Ep - Epidoto

Hbl - Hornblenda

Mc - Microclínio

Olg - Oligoclásio

Op - Minerais opacos

Qtz - Quartzo

Tur - Turmalina

Ttn - Titanita

Índice de Figuras

Figura 1 - Localização do município de São Miguel Arcanjo e da área de estudos nele inserida.	16
Figura 2 - (A) Mapa Geológico do Pré-Cambriano do Estado de São Paulo, com a disposição dos principais corpos graníticos pós-orogênicos a anorogênicos. Modificado de Prazeres Filho et al. (2003). (B) Detalhamento das principais unidades geológicas no entorno dos maciços. Modificado de Perrota et al. (2005).....	23
Figura 3 - Esboço Geológico com a faciologia dos granitos da região (Modificado de Leite, 2003).	26
Figura 4 - Figura comparativa dos mapeamentos do Granito São Miguel Arcanjo. (A) Mapeamento realizado por Hasui (1973); (B) Mapeamento realizado por Algarte et al. (1974) e Silva et al. (1977); (C) Mapeamento realizado por Leite (2003) e Perrota et al. (2005).	28
Figura 5 - Mapa geológico do stock São Miguel Arcanjo, incluindo as fácies identificadas e a localização dos pontos onde foram realizadas análises de geoquímica.	30
Figura 6 - Mapa Aerogamaespectométrico: A) Contagem de K; B) Contagem de Th; C) Contagem de U; D) Contagem total (CT) para K, Th e U na região das rochas do Stock São Miguel Arcanjo.	32
Figura 7 - Diagrama QAP (Q- quartzo; A-feldspato alcalino; P- plagioclásio), Streckeisen (1976), com a composição modal estimada para as rochas do Stock Granítico São Miguel Arcanjo. Legenda: (3a) sienogranito e (3b) monzogranito.	33
Figura 8 - (A) Geomorfologia do Granito São Miguel Arcanjo marcada por morros de baixa declividade, topo arredondado e encostas convexas. Feições macroscópicas das fácies: biotita-hornblenda-quartzo monzonito a granodiorito (B e C) Rocha leucocrática, de coloração rósea e cinza escura, com fenocristais de microclínio, estrutura maciça e textura discretamente porfírica. Fácies biotita monzogranito com hornblenda porfírica (D e E) Rocha de coloração cinza escura, branca e rósea, textura porfírica, com fenocristais de microclínio. Fácies hornblenda-biotita monzogranito porfírica (F, G e H) Rocha com estrutura anisotrópica (F) a maciça (G e H), rósea e cinza clara, com veios aplíticos (G) e impregnação de óxido/hidróxido de Fe no quartzo (H). Fácies monzogranito com biotita e hornblenda porfírica (I, J e K) Rocha de coloração rósea, cinza e branca, estrutura maciça e textura porfírica, cujos fenocristais são de microclínio e os cristais de quartzo apresentam-se azulados. Fácies hornblenda-biotita monzogranito cinza fino (L e M) Rocha de coloração cinza escura, estrutura maciça e textura aplítica e equigranular.....	35
Figura 9 - Fotomicrofotografias de aspectos mineralógicos das rochas graníticas do stock São Miguel Arcanjo. Fácies Biotita-hornblenda-quartzo monzonito a granodiorito (A) microclínio pertítico e biotita primária e secundária da transformação hornblenda (pol. cruz.); (B) allanita e apatita euedrais (pol. cruz.); Fácies biotita monzogranito com hornblenda porfírica ; (C) microclínio pertítico, epidoto e biotita secundários (pol. cruz.); (D) inclusões de titanita em cristais de biotita e hornblenda (pol. cruz.); (E) biotita primária e hornblenda com inclusões de titanita e biotita (pol. desc.); Fácies hornblenda-biotita monzogranito porfírica ; (F) com destaque para minerais opacos e biotita primária e secundária (pol. desc.); (G) hornblenda biotitizada com inclusões de titanita (pol. cruz.); (H) hornblenda biotitizada, epidotizada e cloritizada (pol. cruz.); (I) hornblenda biotitizada (pol. cruz.); (J) microclínio com geminação Carlsbad, biotita primária e cristais euedrais de titanita (pol. cruz.); Fácies monzogranito com biotita e hornblenda porfírica ; (K) microclínio pertítico com geminação Carlsbad (pol. cruz.); (L) oligoclásio com geminação polissintética (pol. cruz.); Fácies hornblenda-biotita monzogranito cinza fino ; (M) oligoclásio	

saussuritizado e hornblenda epidotizada e biotitizada (pol. cruz.); (N) microclínio com geminação Carlsbad, feições perfiticas e quartzo com extinção ondulante (pol. cruz.); (O) allanita e apatita euedrais (pol. cruz.). Abreviação (Kretz, 1983).	43
Figura 10 - Imagens de microscópio eletrônico. Análise quantitativa de cristais de (A) Microclínio; (B) Oligoclásio.	44
Figura 11 - Diagrama de composição de feldspato, a partir de valores de K (Or), Na (Ab), Ca (An) (Deer et al., 1963) das rochas graníticas do Stock São Miguel Arcanjo.	45
Figura 12 - Imagens de microscópio eletrônico. (A) e (B) Análise quantitativa de cristais de biotita.	46
Figura 13 - Diagrama de classificação de biotita das rochas graníticas do Stok São Miguel Arcanjo (Speer, 1984).	46
Figura 14 - Imagens de microscópio eletrônico. (A) e (B) Análise quantitativa de cristais de anfibólio.	48
Figura 15 - Diagrama de classificação dos anfibólios das rochas graníticas do Stok São Miguel Arcanjo (Leake et al. (1977).	49
Figura 16 - Diagramas de Harker (1909) com variação dos elementos maiores e menores para as rochas graníticas do Stock São Miguel Arcanjo.	51
Figura 17 - Diagramas geoquímicos de classificação das amostras graníticas do Stock São Miguel Arcanjo. (A) Middlemost (1985); (B) Lameyre & Bowden (1982) (3b- monzogranitos, 4- granodiorito, 8- quartzo monzonito); (C) El Bouseily & El Sokkary (1975); (D) Frost et al. (2001); (E) Debon et al. (1988) 1- 2- monzogranito. SUBALK= subalcalina potássica; (F) Taylor (1976); (G) Maniar & Picolli (1989); (H) Debon & Le Fort (1983) rochas graníticas do campo III– biotita e do campo IV– biotita + hornblenda.	52
Figura 18 - Diagramas binários para elementos traços das rochas graníticas do stock São Miguel Arcanjo.	54
Figura 19 - Diagramas Geoquímicos de classificação de ambientes tectônicos para as amostras do Stock São Miguel Arcanjo. Legenda: A) Batchelor & Bowden (1985); B, C) Pearce et al. (1984) (Syn-COLG) – granitoide sin-colisional; (VAG) – granitoide de arco vulcânico; (WPG) – Granitoide intraplaca; (ORG) – granitoide de cadeias oceânicas; D) Whalen et al. (1987) (SMI) médias composicionais dos granitos do tipo S, M e I, (FG) granitos félsicos fracionados, (Tipo A) anorogênicos; E) Frost et al. (2001). F) Dall'Agnol, & Oliveira (2007).	56
Figura 20 - Diagramas de variograma de multielementos incompatíveis e Elementos Terras Raras para os litotipos do Stock São Miguel Arcanjo. Elementos incompatíveis normalizados: A) Valores para meteoritos condriticos de Thompson (1982) e B) Valores da crosta inferior de Weaver & Tarney (1984), Elementos terras raras normalizados para meteoritos condriticos de Boynton (1984) das fácies: C) Rósea I, E) Rósea II, G) Rósea III e IV, I) Cinza), Elementos terras raras normalizado pelos valores da crosta inferior de Weaver & Tarney (1984), D) Rósea I, F) Rósea II, H) Rósea III e IV, J) Cinza.	58

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Índices para a classificação da coloração de rochas magmáticas.....	18
Tabela 2 - Parâmetros de classificação de granulação de rochas magmáticas.....	19
Tabela 3 - Composição modal estimada e características petrográficas para os litotipos do stock São Miguel Arcanjo.....	34
Tabela 4 - Análises químicas representativas por microsonda eletrônica de cristais de feldspato das rochas graníticas do stock São Miguel Arcanjo.	45
Tabela 5 - Análises químicas representativas por microsonda eletrônica de cristais de biotita das rochas graníticas do Stock São Miguel Arcanjo.....	47
Tabela 6 - Análises químicas representativas por microsonda eletrônica de cristais de anfibólio das rochas graníticas do Stock São Miguel Arcanjo.....	48
Tabela 7 - Análises geoquímicas de amostras de rochas das faciologias graníticas do Stock São Miguel Arcanjo.....	50

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa e Objetivos	14
1.2 Localização	15
1.3 Aspectos fisiográficos	15
1.4 Materiais e Métodos	17
1.4.1 Levantamento Bibliográfico	17
1.4.2 Trabalho de Campo	17
1.4.3 Análise Petrográfica	17
1.4.4 Litogeoquímica e química mineral	20
2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	22
2.1 Terreno Apiaí	22
2.1.1 Grupo Votuverava	24
2.1.2 Complexo Agudos Grandes	25
2.1.3 Granito São Miguel Arcanjo	27
2.2 Bacia do Paraná	27
2.3 Magmatismo Serra Geral	29
3. CONTEXTO GEOLÓGICO DO STOCK SÃO MIGUEL ARCANJO	30
3.1 Contexto Geomorfológico	30
3.2 Contexto aerogamaespectométrico	32
3.3 Contexto Geológico e Petrográfico	33
3.3.1 Fácies 1 - Biotita-hornblenda-quartzo monzonito a granodiorito	36
3.3.2 Fácies 2 - biotita monzogranito com hornblenda porfirítico	37
3.3.3 Fácies 3 - Hornblenda-biotita monzogranito porfirítico	39
3.3.4 Fácies 4 - Monzogranito com biotita e hornblenda porfirítico	40
3.3.5 Fácies 5 - Hornblenda-biotita monzogranito cinza fino	41
3.4 Química Mineral	44
3.4.1 Feldspato	44
3.4.2 Biotita	46
3.4.3 Anfibólio	47
3.5 Litogeoquímica	49
4. CONCLUSÕES	60
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

Anexo I – Fichas de Descrição de Lâminas Delgadas	69
Anexo II – Mapa Geológico e Faciológico	100

1. INTRODUÇÃO

O Granito São Miguel Arcanjo está localizado no município homônimo, sul do Estado de São Paulo, e pertence à Faixa Ribeira (Almeida *et al.*, 1973; Hasui *et al.*, 1975; Hasui & Oliveira, 1984), porção central da Província Mantiqueira (Almeida, 1967 e Hasui & Oliveira, 1984).

A área de estudo situa-se na porção centro-sul da Faixa Ribeira, contido no Terreno Apiaí, por sua vez caracterizado por rochas meso a neoproterozoicas de baixo a médio grau metamórfico (Campanha, 1991; Campanha & Sadowski, 1999), acrescidas durante a Orogenia Brasileira (Weber *et al.*, 2004; Campanha & Faleiros, 2005; Faleiros, 2008). O evento de magmatismo teve caráter predominantemente cálcio-alcálico e gerou três batólitos principais: Cunhaporanga, Três Córregos e Agudos Grandes (Prazeres Filho, 2001, 2005; Prazeres Filho *et al.*, 2003; Janasi *et al.*, 2001).

São apresentadas diferentes delimitações e classificações do corpo nos trabalhos existentes sobre a área. A mais atual, de Leite (2003), divide o corpo em duas porções, norte pós-orogênica e sul sin-orogênica.

A área abrange encaixantes metassedimentares pertencentes ao Grupo Votuverava, do Supergrupo Açungui, rochas granitoides neoproterozoicas do Complexo Agudos Grandes, o *stock* granítico São Miguel Arcanjo, rochas sedimentares do Grupo Itararé e coberturas quaternárias. Algarte *et al.* (1973) descrevem o Granito São Miguel Arcanjo como rocha de granulação média a grossa, porfiroide, coloração cinza a cinza escura e/ou rosada, constituída por microclínio, quartzo e máficos.

Dessa forma, estas rochas graníticas tardias são fundamentais para a compreensão da evolução petrogenética e do ambiente tectônico da Orogenia Brasileira, um dos últimos eventos acrescionários relacionados à Faixa Ribeira.

Neste trabalho são discutidos e apresentados resultados das investigações geológica, petrográfica, faciológica e litogeoquímica do Granito São Miguel Arcanjo e a relação com suas rochas encaixantes.

1.1 Justificativa e Objetivos

A área estudada conta com mapeamentos geológicos de cunho regional e estudos de semi-detalle, sendo necessários, portanto, estudos geológicos básicos que esclareçam os episódios magmáticos a partir do (a):

- Distinção das rochas do Granito São Miguel Arcanjo, baseada nos critérios petrológicos e geoquímicos, a fim de definir a sequência cronológica de eventos tectônicos e magmáticos envolvidos;
- Correlação do corpo granítico estudado com o evento colisional da Faixa Ribeira, a fim de compreensão da evolução e geração do magmatismo sin- a pós-tectônico brasileiro do sudeste brasileiro.

1.2 Localização

O Granito São Miguel Arcanjo localiza-se no sudoeste do estado de São Paulo, no município de São Miguel Arcanjo, inserido na 19 Região Administrativa (Figura 1), a cerca de 143 km da capital. A área pertence às Folhas Topográficas de São Miguel Arcanjo (SF-23-Y-C-IV-3) e Gramadinho (SF-22-Z-D-VI-4) de escala 1:50.000, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os limites da área de estudos têm como coordenadas geográficas 47°88'W/23°92'S e 48°03'W/24°02'S.

Partindo da cidade de Rio Claro, para chegar ao município de São Miguel Arcanjo, é necessário pegar a rodovia Fausto Santo Mauro (SP-127), sentido sul, até o Anel Viário, no qual toma-se a saída para Limeira, Americana e Campinas, até chegar à rodovia do Açúcar (SP-308). Esta, seguindo a Via de Acesso 155/308 sentido Itu e Sorocaba, cairá na rodovia principal SP-270, que passará pelas cidades de Tatuí e Itapetininga, até a cidade de Gramadinho, onde deve-se pegar a saída 178 em direção a São Miguel Arcanjo/Registro para cair na SP-139 e chegar até o município de São Miguel Arcanjo. O percurso total dura cerca de 2h40min.

1.3 Aspectos fisiográficos

No contexto geomorfológico regional, a área de estudos situa-se na Província Geomorfológica do Planalto Atlântico do Estado de São Paulo (Almeida, 1964), na região do Alto do Ribeira, apresentando relevo ondulado e montanhoso com desníveis altimétricos maiores do que o resto do estado e englobando os terrenos Planalto do Ribeira/Turvo (Ross & Moroz, 1996).

Esse tipo de terreno é caracterizado por formas de topos convexas, elevada densidade de canais de drenagem, declives bem acentuados nas encostas e forte controle tectônico do relevo esculpido por vales estreitos e profundos. As principais drenagens que abastecem a região são o Rio do Turvo, Rio Taquaral, Ribeirão São

Miguel, Rio Acima e Córrego Pinhalzinho.

O relevo da Faixa Ribeira é constituído por várias litologias, majoritariamente metamórficas e associadas a rochas intrusivas, onde a amplitude altimétrica é a maior do estado, em decorrência da alta resistência ao intemperismo e erosão das rochas graníticas e metassedimentares do embasamento. Assim, estão presentes serras e morros com picos arredondados e angulosos, relacionados às zonas de cisalhamento e/ou intrusões graníticas (Ponçano, 1981).

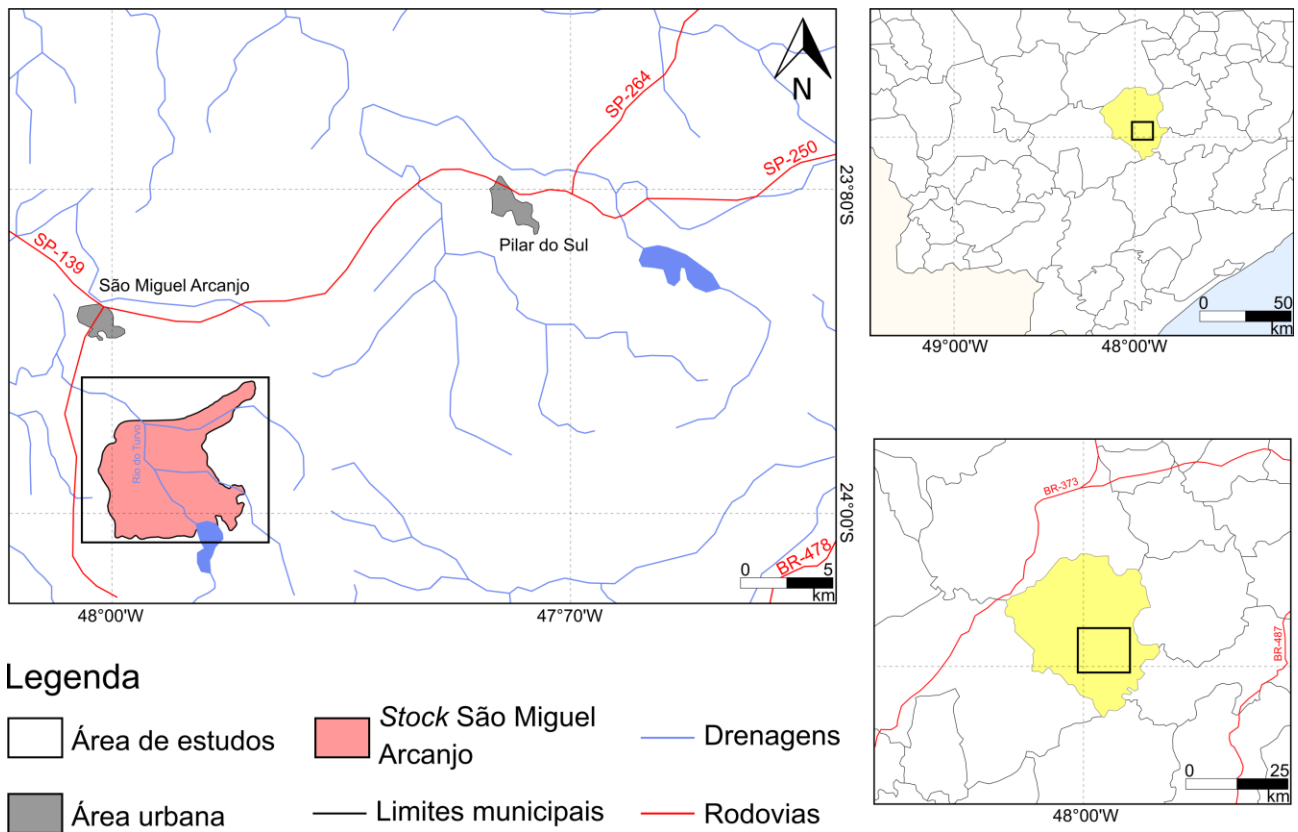


Figura 1 - Localização do município de São Miguel Arcanjo e da área de estudos nele inserida.

O clima é subtropical úmido e apresenta temperaturas amenas o ano todo. A época mais quente e chuvosa corresponde ao verão, com temperaturas máxima e mínima entre 26,3° C e 14,7° C respectivamente.

O inverno é seco e frio, cujas temperaturas variam entre 21,5° C e 7,2° C. A precipitação média anual é de 1383,8 mm (IBGE, 2006).

O bioma na qual a área está inserida é a Mata Atlântica, que se destaca por sua grande diversidade ecológica, representada pelas Florestas Ombrófila Densa, Ombrófila Mista e Estacional Semidecídua, além dos importantes ecossistemas associados, como ambientes de cavernas, representado pelo Parque Estadual Carlos Botelho. Áreas com altitudes acima de 600m caracterizam-se por florestas de transição e, em cotas mais

elevadas, observa-se resquícios de florestas de Araucárias.

A principal classificação pedológica da região é o espodossolo, unidade originada principalmente de materiais quartzosos em climas subtropicais/tropicais úmidos. Sua coloração varia de cinza a avermelhada ou amarelada. Ocorre ainda o acúmulo de compostos aluminosos com ou sem ferro, que sofrem lixiviação na presença de húmus ácido (Embrapa, 2006).

1.4 Materiais e Métodos

São descritos abaixo os procedimentos da confecção deste trabalho. As pesquisas presentes neste projeto foram desenvolvidas em trabalhos de campo e de laboratório realizados no Departamento de Geologia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Rio Claro e da SGS Geosol Laboratórios Ltda., Belo Horizonte, MG.

1.4.1 Levantamento Bibliográfico

O levantamento bibliográfico foi realizado durante toda a confecção do trabalho, a partir do banco de dados disponibilizado pela UNESP através da biblioteca, e de trabalhos publicados sobre a geologia da área.

1.4.2 Trabalho de Campo

Foram realizados reconhecimentos geológicos regionais em escala 1:25000 através de levantamentos detalhados em áreas selecionadas, com amostragem sistemática, visando a distribuição homogênea dos pontos, com a finalidade de obter maior detalhamento de toda estrutura local e regional. Ao todo, foram 3 dias de campo na área de estudo, com 39 pontos cartografados. As faciologias foram separadas com base nas etapas posteriores de petrografia e geoquímica e desenhadas com base na fotointerpretação, feita no software Google Earth.

1.4.3 Análise Petrográfica

Durante a etapa de laboratório foram confeccionadas 16 lâminas delgadas a partir de amostras coletadas em campo, no Laboratório de Preparação de amostras e de Laminação do Departamento de Geologia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas. As observações em escala micro foram feitas com um microscópio binocular de luz

polarizada da marca ZEISS, modelo Axioskop 40 com objetivas de 2.5; 5; 10; 20; 50 e 100x, do DG (Departamento de Geologia) – IGCE. As fotomicrografias foram obtidas a partir de uma câmera fotográfica CANON, modelo EOS 5D MARK II, com aumento óptico de 4x acoplada ao microscópio.

A classificação petrográfica objetivando a classificação das diferentes faciologias graníticas foi embasada nas recomendações da IUGS (Siivola & Schmid, 2007), como composição mineralógica, aspectos texturais, granulação e índice de coloração, bem como coloração geral das litologias, baixo detalhadas.

Composição mineralógica: Além da identificação dos tipos de minerais presentes, eles são caracterizados quanto à cor, forma, dimensões, tipos de contatos, textura etc., que resultam na classificação da moda (composição mineralógica real da rocha em porcentagem de volume). A identificação dos minerais presentes nas fotomicrografias teve como base a lista de abreviações recomendada pela IUGS (Siivola & Schmid, 2007). As porcentagens minerais (moda), assim como as porcentagens de fenocristais, foram definidas através de estimativas visuais.

Coloração: Os litotipos estudados foram classificados quanto a sua tonalidade predominante, onde se destacaram duas tonalidades predominantes – rósea e cinza escura.

Índice de coloração: O índice de coloração foi classificado segundo a recomendação da *International Union of Geological Sciences* - IUGS (Streckeisen, 1973), considerando a porcentagem do volume de minerais máficos e opacos (Tabela 1), estimada a partir de análises microscópicas.

Índice de cor (% em volume)	Classificação
< 5	Hololeucocrática
5 - 30	Leucocrática
30 - 60	Mesocrática
60 - 90	Melanocrática
> 90	Ultramelanocrática

Tabela 1 - Índices para a classificação da coloração de rochas magmáticas.

Granulação e aspectos texturais: As rochas foram classificadas de acordo com o tamanho absoluto e relativo dos grãos minerais, além da presença e dimensões de fenocristais (Tabela 2).

Tamanho Absoluto			
Granulação	1. Fina: <1 mm	2. Média: 1 a 5 mm	3. Grossa: > 5 mm.
Tamanho Relativo			
Granulação	1. Equigranular Rochas com grãos de tamanhos iguais ou apresentando variações mínimas.	2. Inequigranular Variação de tamanho entre os grãos minerais sem destaque dos maiores vs aos menores.	3. Porfírica Rochas com fenocristais que sobressaem de tamanho em relação a matriz mais fina.

Tabela 2 - Parâmetros de classificação de granulação de rochas magmáticas.

Observações macroscópicas em fenocristais:

A seguir são destacadas as principais observações efetuadas a nível macro e/ou microscópico em amostras coletadas e em afloramentos visitados. A quantificação dos fenocristais foi realizada durante os trabalhos de campo e de laboratório.

- Cor: coloração predominante do fenocristal;
- Forma: formato predominante dos pórfiros (euédricos, subédricos e anédricos);
- Dimensão: tamanho absoluto do cristal, em duas dimensões;
- Abundância: quantidade estimada, em % de volume, de fenocristais presentes na rocha;
- Tipo de contato: forma do contato do grão com a matriz;
- Variação de tamanho: se existem dois (hiatal) ou mais tamanhos de fenocristais (serial);
- Estruturas internas: presença de inclusões, zoneamento e clivagens;
- Estrutura e textura: arranjo dos cristais formadores, presença ou não de bandamento, orientação de cristais por fluxo magmático ou deformação posterior à cristalização;

Escala Microscópica:

- Composição mineralógica: tipos de minerais constituintes da matriz e dos formadores de fenocristais;
- Textura e estrutura: relações entre minerais, orientação da matriz, tipo de contato entre os grãos, presença de geminação ou zoneamento nos minerais, porcentagem de cada mineral na composição modal da rocha.

Estrutura:

Para a descrição macroscópica das rochas, utilizou-se os termos:

- Anisotrópico: para rochas com orientação condicionada pela deformação regional;
- Isotrópico: para rochas maciças, homogêneas, cujos minerais ocorrem aleatoriamente distribuídos, sem qualquer orientação.

Nomenclatura:

A partir dos dados das observações micro e mesoscópica e com base nos critérios propostos pela IUGS (Streckeisen, 1973).

1.4.4 Litogeoquímica e química mineral

Foram realizados estudos litogeoquímicos por meio de análises químicas de rocha total de diferentes litotipos específicos (12 amostras de granito), executadas pelo laboratório da SGS Geosol Laboratórios Ltda., Belo Horizonte, MG.

Para análise dos elementos maiores (concentração em %) foram utilizados para quantificação Fluorescência de Raios X, através de pastilha fundida em meio com tetraborato de lítio. Os elementos menores (concentração em ppm) foram analisados por Espectrômetro Óptico com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES), por fusão com tetraborato de lítio.

Os elementos terras raras foram analisadas por Espectrômetro de Massa em Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-MS), após fusão utilizando metaborato/tetraborato de lítio e digestão em ácido nítrico, segundo os padrões de rotina do laboratório de geoquímica.

A análise química qualitativa e semi-quantitativa foram realizada em amostras de plagioclásio, biotita e anfibólio, bem como imagens de elétrons retro-espalhados (BSE), no Laboratório de Microscopia Eletrônica do DPM, utilizando-se Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) modelo JEOL-JSM-6010LA, com detector de EDS (*Energy Dispersive X-Ray Spectrometer*) acoplado.

Análises químicas quantitativas de minerais foram realizadas no Laboratório de Microsonda Eletrônica do DPM, utilizando-se microsonda eletrônica (EPMA) modelo JEOL JXA8230 Superprobe, com 5 detectores WDS.

Estas análises foram realizadas em lâminas delgadas-polidas recobertas com fina camada de carbono e sob condições analíticas de 15 a 20kV, com tensão de aceleração de 15 kV em minerais silicáticos formadores de rocha. Para as análises de plagioclásio,

biotita e anfibólio, foram utilizado tempo de contagem de 10 segundos, no pico, e 5 segundos em cada posição do *background* (inferior e superior).

2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A área de estudo (Figura 2) pertence ao Terreno Apiaí, localizado na porção central da Faixa Ribeira (Almeida *et al.*, 1973; Hasui *et al.*, 1975; Hasui & Oliveira, 1984), por sua vez, contida na Província Mantiqueira (Almeida, 1967; Hasui & Oliveira, 1984).

A Província Mantiqueira ocorre ao longo das regiões sul e sudeste do Brasil, até o Uruguai, como uma faixa de direção NE-SW (Almeida, 1967; Heilbron *et al.*, 1995, 2004) com mais de 3000 km de extensão na qual estão contidos os orógenos neoproterozoicos Araçuaí, Ribeira, Brasília meridional, Dom Feliciano e São Gabriel.

O cinturão orogênico Ribeira caracteriza um domínio crustal metamorfizado entre o Neoproterozoico até o Paleozoico, durante a Orogenia Brasileira (Campanha *et al.* 2015a e 2015b), que se subdivide, segundo Hasui (2012), em oito domínios ou terrenos: Varginha, Embu, Costeiro, São Roque, Apiaí, Curitiba, Paranaguá e Luís Alves.

2.1 Terreno Apiaí

Segundo Campanha & Sadowski (1999), o Terreno Apiaí, localizado no centro-sul do cinturão Ribeira, é constituído por sequências supracrustais de baixo a médio grau metamórfico que iniciaram sua evolução entre o Paleo e o Mesoproterozoico, caracterizadas, no sul, por basaltos toleíticos de fundo oceânico e, ao norte, por assembleias de arco de ilhas.

O terreno apresenta também inúmeras intrusões graníticas neoproterozoicas (650-580 Ma), resultantes de processos acrecionários, colisionais e pós-colisionais, e cobertura por rochas fanerozoicas da Bacia do Paraná e neoproterozoicas a eopaleozoicas das Bacias de Camarinha e Castro (Janasi *et al.*, 2001; Prazeres Filho, 2005; Silva *et al.*, 2005).

Estratigraficamente, o Terreno divide-se nas formações Perau, Votuverava, Água Clara e Itaiacoca, pertencentes ao Supergrupo Açungui (Souza, 1990; Campanha, 1991). O Supergrupo, de idade Mesoproterozoica a Ediacarana (Tassinari *et al.*, 1990; Fiori, 1992, 1994; Hackspacher *et al.*, 2000), é caracterizado por unidades metassedimentares e metavulcanossedimentares e representa as encaixantes de muitas das intrusões dos granitos pós-tectônicos da área (Gimenez Filho, 1993), como o corpo São Miguel Arcanjo (Figura 2).

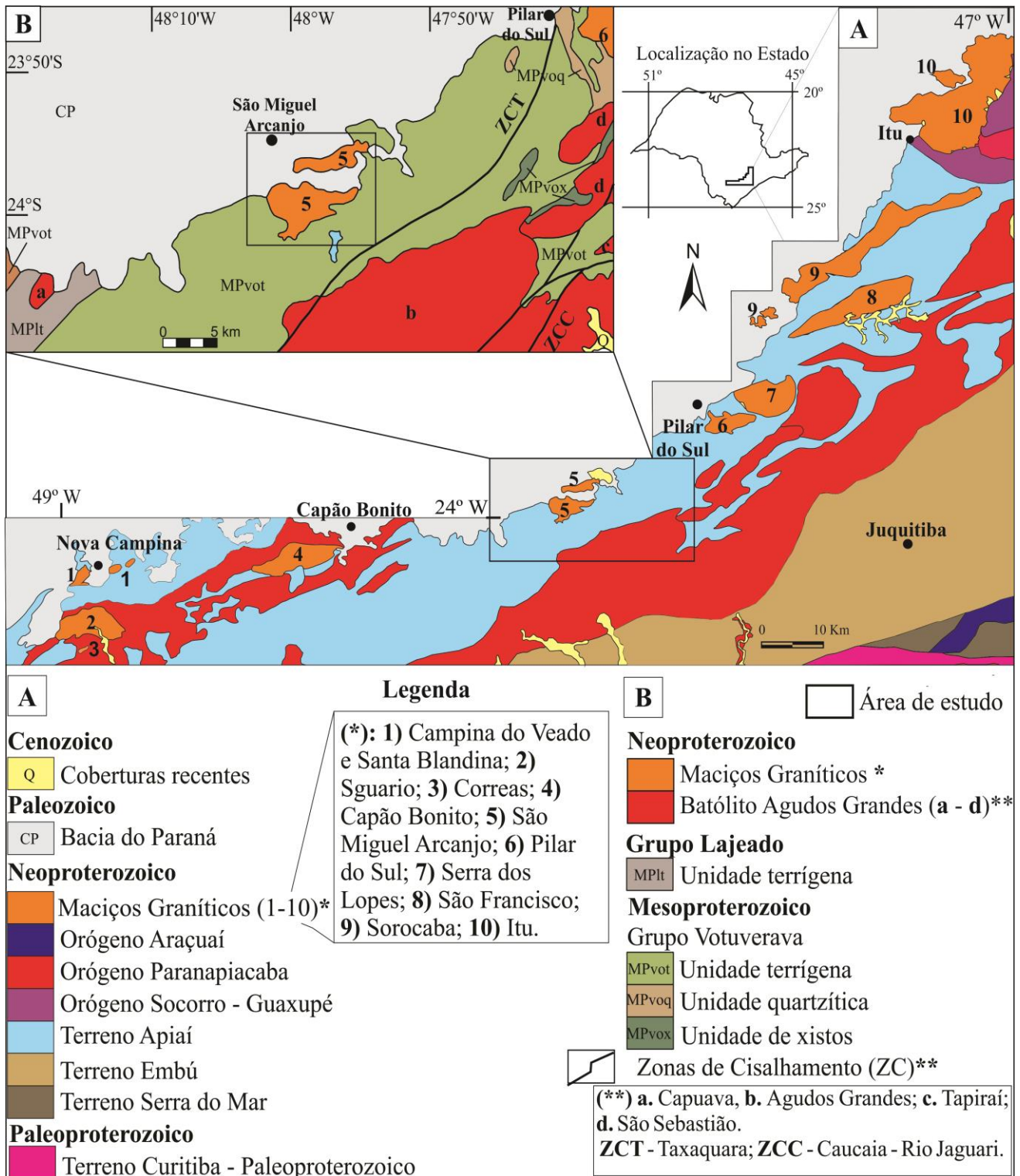


Figura 2 - (A) Mapa Geológico do Pré-Cambriano do Estado de São Paulo, com a disposição dos principais corpos graníticos pós-orogênicos a anorogênicos. Modificado de Prazeres Filho *et al.* (2003). (B) Detalhamento das principais unidades geológicas no entorno dos maciços. Modificado de Perrota *et al.* (2005).

2.1.1 Grupo Votuverava

O Grupo Votuverava foi definido por Bigarella & Salamuni (1958) e datado a partir do método U-Pb por Basei *et al.* (2004), que obtiveram idades de aproximadamente 1479 Ma.

Segundo Faleiros *et al.* (2007), o Grupo Votuverava pode ser dividido em dois domínios metamórficos e estruturais: norte e sul, delimitados pela Zona de Cisalhamento Ribeira.

O domínio a norte da zona de cisalhamento é caracterizado, além de filitos, por rochas metassedimentares da fácies xisto verde inferior, como anfibólio xisto, anfibólio fels, metarenito, metachert, metargilito e o dominante metarritmito silto-argiloso e às vezes carbonoso.

A foliação é predominantemente marcada pela alternância entre leitos milimétricos sílticos e argilosos, enquanto o bandamento, observado no filito, é definido por leitos paralelos subcentimétricos a decimétricos marcados por cores diferentes. Os filitos apresentam coloração avermelhada a arroxeadas e composição marcada predominantemente por sericita (50-70%) e quartzo (50-30%), que gradam para metarritmitos quando estruturas rítmicas surgem, intercalando camadas de metassiltito e metarenito (Bolonini & Godoy, 2013).

As demais rochas do domínio apresentam clivagem ardosiana paralela ao acamamento primário, dobrada por clivagem de crenulação espaçada. Localmente, essas duas foliações geram lineação de intersecção e, por vezes, observa-se lineação mineral marcada pelo crescimento de sericita (Faleiros, 2008).

Ainda no domínio norte, foi observada a presença de indicadores paleoambientais, tais como camadas estratificadas em turbiditos, finas camadas de formações ferríferas, metachert e depósitos sulfetados de Pb-Zn-Ag-Cu (Campanha, 1991).

Segundo Faleiros (2008), a porção do domínio ao norte mais próxima à zona de cisalhamento passa apresentar estreitas faixas cisalhadas com foliações de alto ângulo, lineações de estiramento sub-horizontais e veios de quartzo paralelos à foliação.

Na Zona de Cisalhamento Ribeira, as foliações e os acamamentos dos metarritmitos encontram-se fatiados e transpostos, juntamente com as foliações metamórficas pré-cisalhamento.

Na porção de mais alta deformação ocorrem faixas de filonito, milonito e ultramilonito, além de veios de quartzo estirados e boudinados, paralelos à foliação

milonítica. Restritamente, existem veios extensionais que cortam a foliação milonítica (Faleiros, 2008).

Faleiros (2008) ainda descreve o domínio a sul da zona de cisalhamento, caracterizando-o por quartzo-sericita a sericita-quartzo xistos, às vezes carbonosos, com intercalações de anfibolitos.

A estrutura predominante é xistosidade, que transpõe o acamamento sedimentar, e o bandamento é marcado pela alternância de lâminas quartzosas e sericíticas. A presença de biotita, granada e, localmente, estaurolita e cianita, indica maior grau de metamorfismo em relação ao domínio norte.

2.1.2 Complexo Agudos Grandes

Inicialmente considerado por Florence (1907, *apud* Hasui *et al.*, 1975) e posteriormente nomeado por Bettencourt *et al.* (1971), o Complexo Agudos Grandes corresponde a uma unidade geológica caracterizada por conjuntos de granitos sin- a pós-orogênicos, que se estende na direção NE-SW por cerca de 240 km na porção central da Faixa Ribeira (Leite, 2003).

Grande parte de seu volume é composto por intrusões sin-orogênicas cálcio-alcalinas de aproximadamente 610 Ma (Janasi *et al.*, 2001), cujo contorno é preenchido por rochas graníticas mais jovens de características variadas.

Segundo Leite (2003), a porção centro-norte do batólito é marcada pela presença de plútons elípticos a subcirculares peraluminosos, classificados como tardi-orogênicos. As relações geológicas sugerem que os plútons tardi-orogênicos marcam uma migração do foco de magmatismo para SW, ilustrada pela mudança composicional progressiva do magma, cada vez mais diferenciado.

Segundo a CPRM (1989), ainda são observadas no Complexo Agudos Grandes anomalias de estanho, chumbo, zinco e cobre no contato das encaixantes com o batólito, todas causadas pelos efeitos termais da intrusão; além de falhamentos de direção preferencial N40W50 e idade mesozoica, perto dos quais são observados diques de diabásio.

Leite (2003) atualizou a subdivisão realizada por Janasi *et al.* (1990), identificando tipos petrográficos sin-, tardi- e pós-orogênicos (Figura 3).

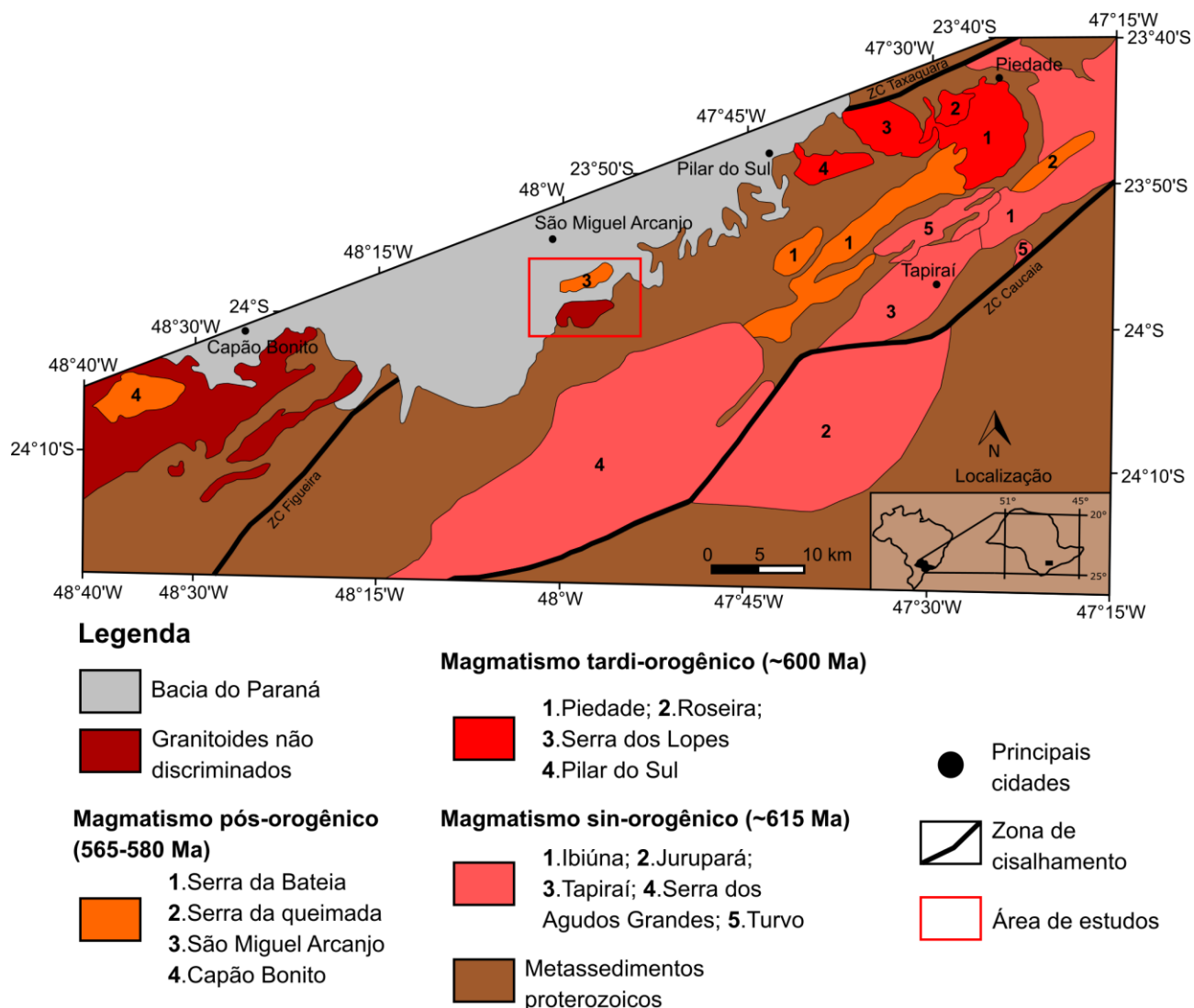


Figura 3 - Esboço Geológico com a facilogia dos granitos da região (Modificado de Leite, 2003).

O magmatismo sin-orogênico ocorre concentrado na porção oriental do batólito Agudos Grandes, cuja composição predominante é descrita por Leite (2003) como hornblenda-biotita quartzo monzonito a monzogranito megaporfirítico com largos fenocristais de feldspato alcalino, representada em corpos intrusivos elipsoidais de orientação NE que se tornam mais alongados e gradativamente mais foliados para leste. Dentre os corpos sin-orogênicos, tem-se os granitos Ibiúna, Jurupará, Tapiraí, Serra dos Agudos Grandes e Turvo.

A NW da massa principal, ocorrem plútons graníticos tardi-orogênicos, elípticos a subcirculares, internamente zonados, com foliação pouco intensa e septos de xistos e gnaisses (Leite, 2003). Os quatro corpos graníticos tardi-orogênicos são os granitos Piedade, Roseira, Serra dos Lopes e Pilar do Sul.

O magmatismo pós-orogênico encontra-se na porção oeste do batólito e ocorre

associado a fraturas de direção NE, podendo invadir discordantemente os granitos sin- e tardi-orogênicos (Janasi *et al.*, 1990). Quatro corpos graníticos são classificados como pós-orogênicos: sienogranito Serra da Bateia, sienogranito Serra da Queimada, granito São Miguel Arcanjo e sienogranito Capão Bonito. O Granito São Miguel Arcanjo localiza-se destacado do corpo principal do batólito e apresenta-se parcialmente encoberto por sedimentos paleozoicos da Bacia do Paraná (Leite, 2003).

2.1.3 Granito São Miguel Arcanjo

O Granito São Miguel Arcanjo foi inicialmente considerado por Hasui (1973) e posteriormente descrito durante mapeamento regional realizado por Algarte *et al.* (1974), no qual foi classificado como rocha de granulação média a grossa, porfiroide, coloração cinza a cinza escura e/ou rosado, constituído por feldspato potássico, quartzo e máficos, que, em alguns locais, eram dominantes. Foi relatada ainda a existência de cisalhamento, evidenciado por minerais fragmentados e veios de quartzo hidrotermal. Mais tarde, Silva *et al.* (1977) e Bistrich *et al.* (1981) reuniram as informações existentes, realizando novos mapeamentos.

Os três últimos trabalhos descrevem as porções norte e sul do corpo como descontínuas, porém interligadas. Leite (2003) e Perrota *et al.* (2005), no entanto, assim como Hasui (1973) em seu trabalho pioneiro, separaram essas duas porções por exibirem características distintas (Figura 4).

A porção norte foi considerada de caráter pós-orogênico, onde foram encontrados blocos de hornblenda-biotita monzogranito porfirítico a porfiroide e pouco foliado, preservando a textura magmática, enquanto a porção sul é representada por hornblenda-biotita monzogranito a granodiorito porfirítico com foliação subsólida mais intensa. O autor relata a existência de blocos desse granito na porção norte, sendo interpretado como possível corpo mais antigo de granito sin-orogênico, que teria sido invadido pelo granito pós-orogênico da porção norte.

2.2 Bacia do Paraná

Na região, a Bacia do Paraná ocorre representada pelo Grupo Itararé, que aflora ao longo de uma faixa irregular, cuja largura varia de 32 a 58 e espessura de 450 a 1311 m km (Algarte *et al.*, 1974). O Grupo tem idade permo-carbonífera e é constituído por

sedimentos glaciais a correlatos, contendo arenitos grossos a conglomeráticos, feldspáticos, argilosos e siltosos; siltitos e folhelhos; diamictitos e conglomerados. (Hasui, 1973).

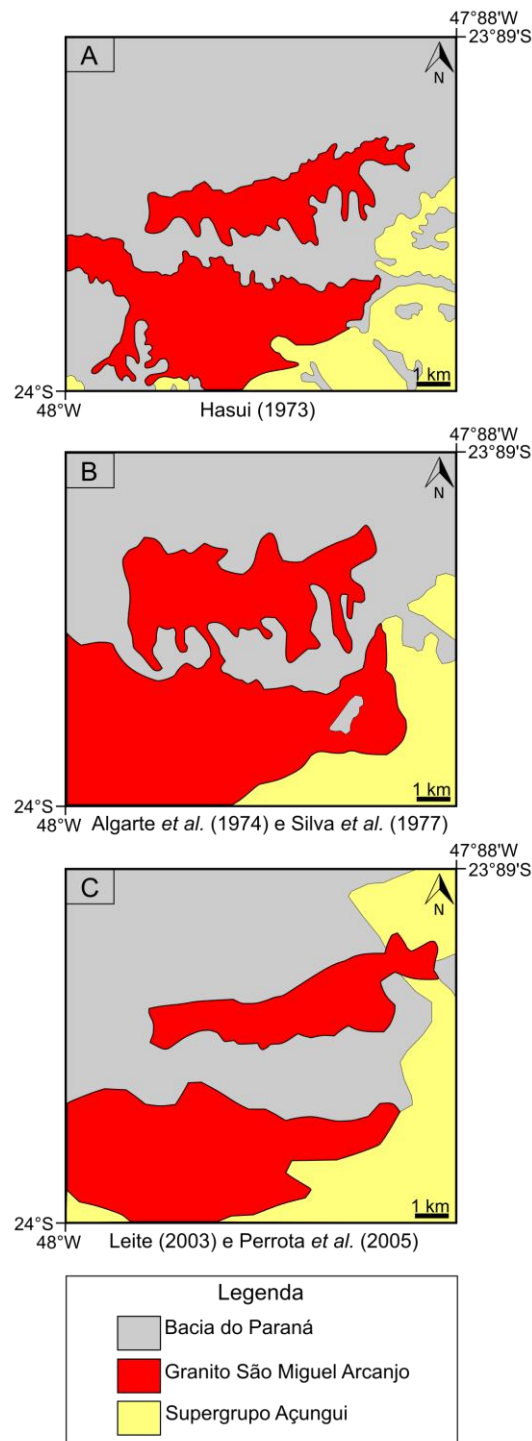


Figura 4 - Figura comparativa dos mapeamentos do Granito São Miguel Arcanjo. (A) Mapeamento realizado por Hasui (1973); (B) Mapeamento realizado por Algarte *et al.* (1974) e Silva *et al.* (1977); (C) Mapeamento realizado por Leite (2003) e Perrota *et al.* (2005).

Segundo Algarte *et al.* (1974), a região ocupada pelos sedimentos do Grupo Itararé

apresenta relevo suave, levemente ondulado, altitudes mais baixas quando comparadas ao embasamento e discordâncias erosivas a angulares quando em contato com as rochas ígneas e metamórficas da região.

2.3 Magmatismo Serra Geral

O magmatismo Serra Geral tem idade mesozoica e é caracterizado por diques de diabásio centimétricos a métricos, tabulares e, por vezes, porfiríticos. São orientados principalmente para NW e NNW e atravessam a maioria das litologias da região, uma vez que são subverticais (Ferreira *et al.*, 1981).

3. CONTEXTO GEOLÓGICO DO STOCK SÃO MIGUEL ARCANJO

O *stock* granítico caracteriza-se por um corpo único e contínuo, com cerca de 36 km² de área aflorante, 7,5 km de comprimento e 6,5 km de largura média, distribuído a oeste do Batólito Agudos Grandes, sendo considerado um corpo-satélite (Figura 5 e Anexo II). Dista cerca de 10 km do município de São Miguel Arcanjo e aflora no limite entre a Folha Topográfica homônima com a de Gramadinho.

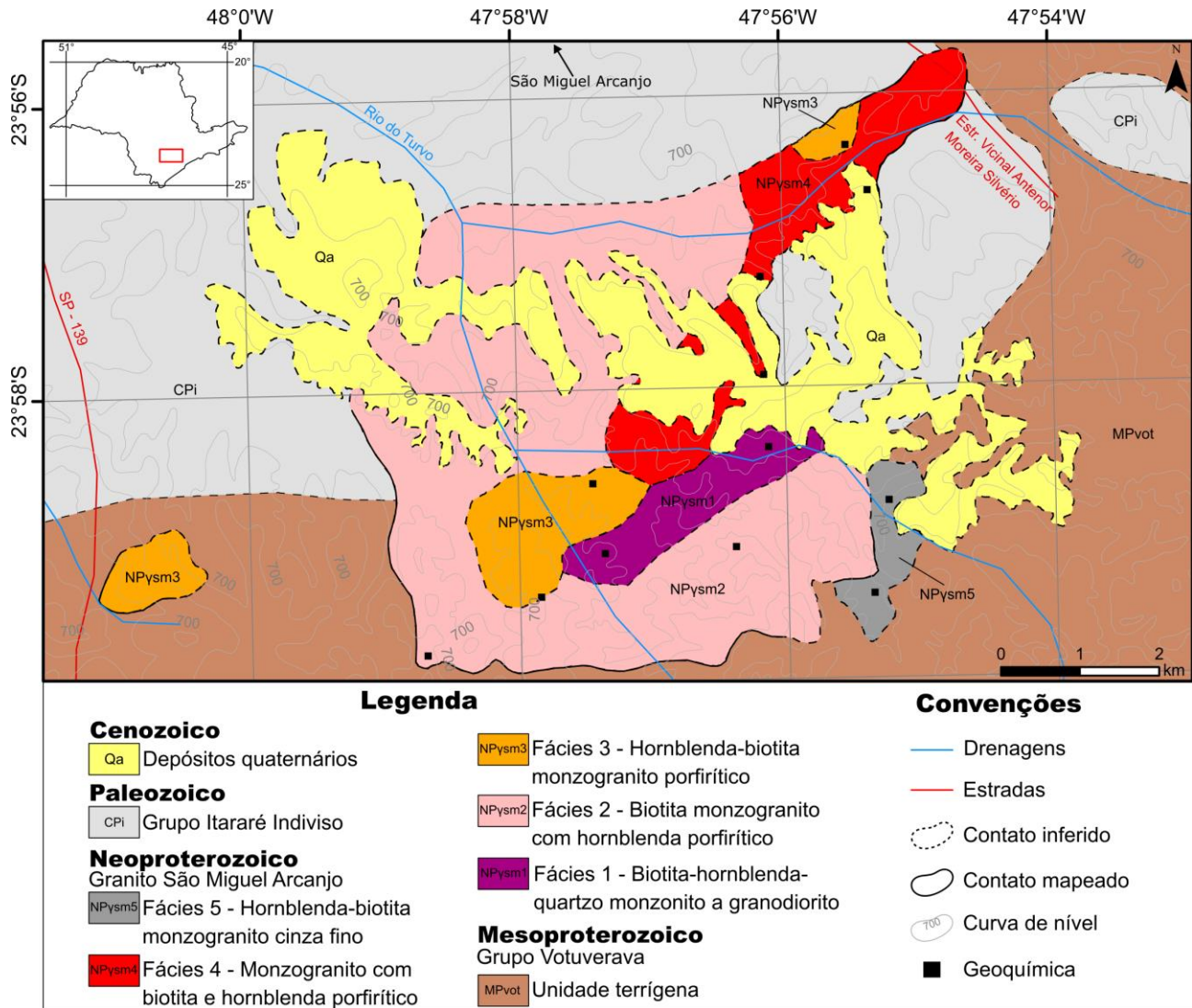


Figura 5 - Mapa geológico do *stock* São Miguel Arcanjo, incluindo as fácies identificadas e a localização dos pontos onde foram realizadas análises de geoquímica.

3.1 Contexto Geomorfológico

Do ponto de vista geomorfológico, a área de estudos situa-se entre dois grandes domínios morfológicos: Depressão Periférica e Planalto Atlântico do estado de São Paulo (Almeida, 1981).

No Domínio da Depressão Periférica, localizado na porção norte da área, observa-se o predomínio de colinas amplas com declividades suaves. As exposições das rochas graníticas ocorrem como raros matacões com dimensões variáveis e parcialmente encobertos. O corpo é delimitado pelas quebras de relevo, associadas ao contato do granito com sedimentos da Bacia do Paraná.

Na região de transição entre as duas províncias morfológicas são registrados níveis de relevo que decrescem gradualmente de altitude. Basicamente, as rochas do conjunto granítico da região são de difícil identificação em função da espessa cobertura de rochas do Grupo Itararé e sedimentos recentes.

O corpo encontra-se exposto, dentro do Domínio do Planalto Atlântico, principalmente na região do Alto do Ribeira, zona do Planalto de Ibiúna, e é delimitado na parte sul pela Serra dos Agudos Grandes, constituindo parte da Serra do Paranapiacaba, onde ocorrem as maiores elevações da região, apresentando relevo ondulado e montanhoso com desníveis altimétricos maiores do que o resto da área. Nestas áreas, encontram-se expostas as rochas do embasamento pré-cambriano, caracterizadas por relevo de morrotes com declividades acentuadas, mais dissecadas e erodidas.

Boas exposições de rocha estão presentes neste domínio, marcado pelos maiores cursos de drenagem da região. Ocorrem como pequenos lajedos e blocos (Figura 7A), distribuídos ao longo das pequenas quedas dos cursos de água, onde o relevo suaviza os vales parcialmente encobertos por uma expressiva cobertura sedimentar aluvionar.

As principais drenagens regionais incluem o rio Turvo, Turvinho e Areias, além de seus ribeirões afluentes secundários, nas quais encontram-se as planícies de inundação mais representativas, onde é rara a aparição de matacões graníticos.

Aproveitando o curso de maior porte e maior declividade, propiciada pela exposição rochosa pré-cambriana, destacam-se duas áreas represadas. A maior, Represa São José, possui instalações de duas Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs, definidas como usinas hidroelétricas Turvinho e São José. No ribeirão Areias, afluente do rio Turvo, localiza-se a Usina Hidroelétrica Lavrinha.

O limite sul do corpo é definido pelo contato com as rochas metassedimentares, ainda caracterizado por grande cobertura de vegetação natural, principalmente associada às maiores drenagens, que se amplia para os limites da Reserva Florestal de Carlos Botelho.

3.2 Contexto aerogamaespectrométrico

A emissão dos raios gama, quando ajustada para uso na geologia, possibilita realizar a medição dos elementos K, U e Th em rochas, sedimentos e solos.

Na figura 6 são apresentados os mapas produzidos a partir dos dados aerogamaespectrométricos, disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Projeto Aerogeofísico Paraná-Santa Catarina (2011).

Nestes mapas, foram inseridos os limites das unidades dos corpos ígneos obtidos neste trabalho, com objetivo de ilustrar e caracterizar a relação entre as respectivas respostas das rochas por elementos analisados.

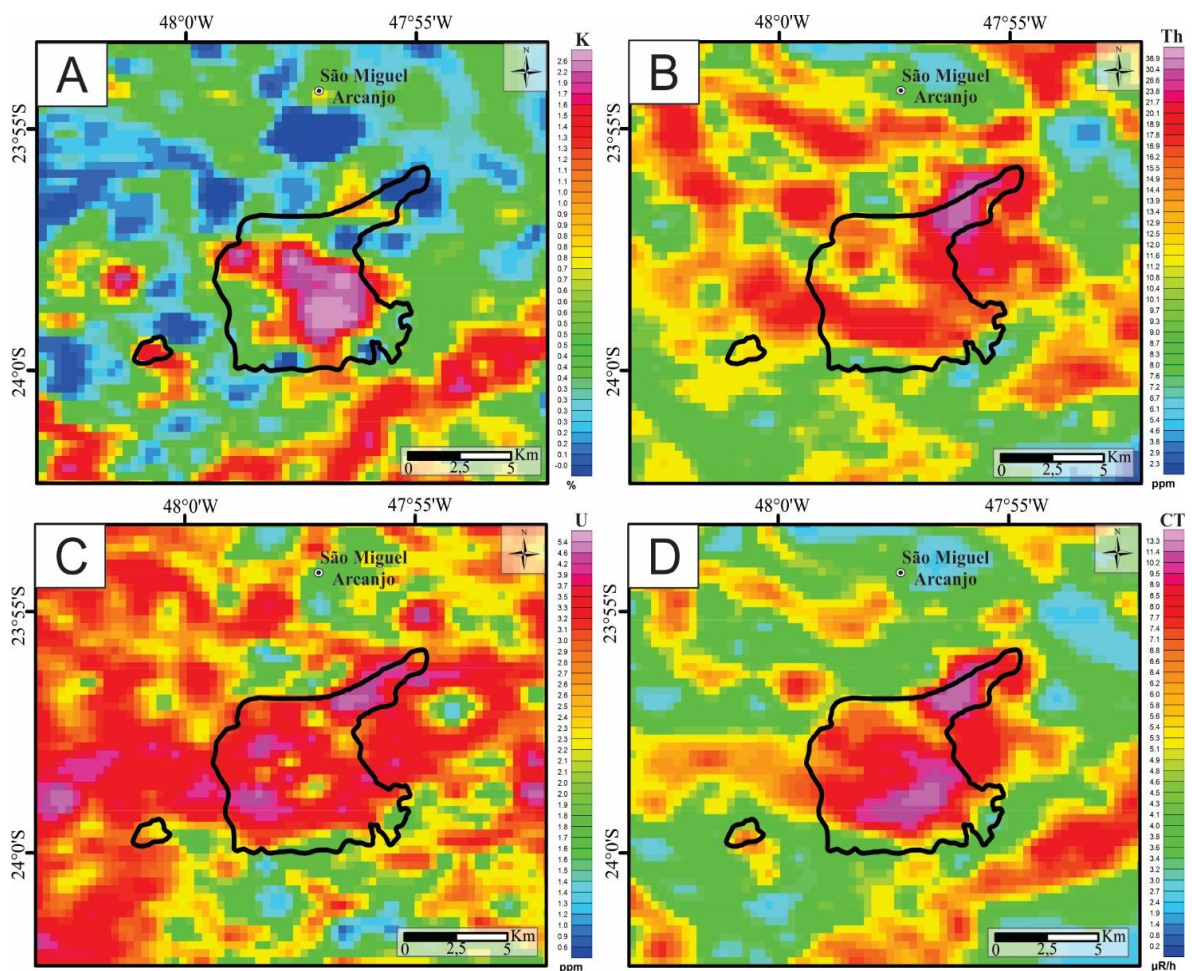


Figura 6 - Mapa Aerogamaespectrométrico: A) Contagem de K; B) Contagem de Th; C) Contagem de U; D) Contagem total (CT) para K, Th e U na região das rochas do *Stock* São Miguel Arcanjo.

O mapa de contagem de K (Figura 6A) reproduz a melhor equivalência com os contatos externos das rochas com os litotipos do corpo, expressando valores mais altos das intensidades relativas de potássio, reflexo de rochas graníticas com altos teores de feldspato potássico.

Os mapas de Th e U apresentam valores altos das intensidades relativas dos sinais

referidos nos mapas pelas suas quantidades equivalentes (eTh, eU). O mapa de Th (Figura 6B) se destaca pelos valores elevados. O contraste também é observado entre as ocorrências das fácies potássicas, apresentando também valores elevados de U para todo o plúton (Figura 6C).

O mapa de contagem (CT) (Figura 3D) para K, Th, U apresenta resultados similares na delimitação das rochas do plúton.

De modo geral, as imagens geradas pelo método aerogamaespectrométrico confirmaram os contatos já definidos para o *stock* São Miguel Arcanjo. Destaca-se também a dificuldade de definição mais precisa dos contatos em razão da marcante cobertura sedimentar sobreposta às rochas graníticas no contato norte do *stock*.

3.3 Contexto Geológico e Petrográfico

As rochas graníticas estudadas exibem características geológicas, petrográficas, estruturais, texturais e minerais variadas, que permitiram o reconhecimento de cinco fácies distintas (Figuras 5 e 7 e Tabela 3): biotita-hornblenda-quartzo monzonito a granodiorito, biotita monzogranito com hornblenda porfirítico, hornblenda-biotita monzogranito porfirítico, monzogranito com biotita e hornblenda porfirítico e hornblenda-biotita monzogranito cinza fino.

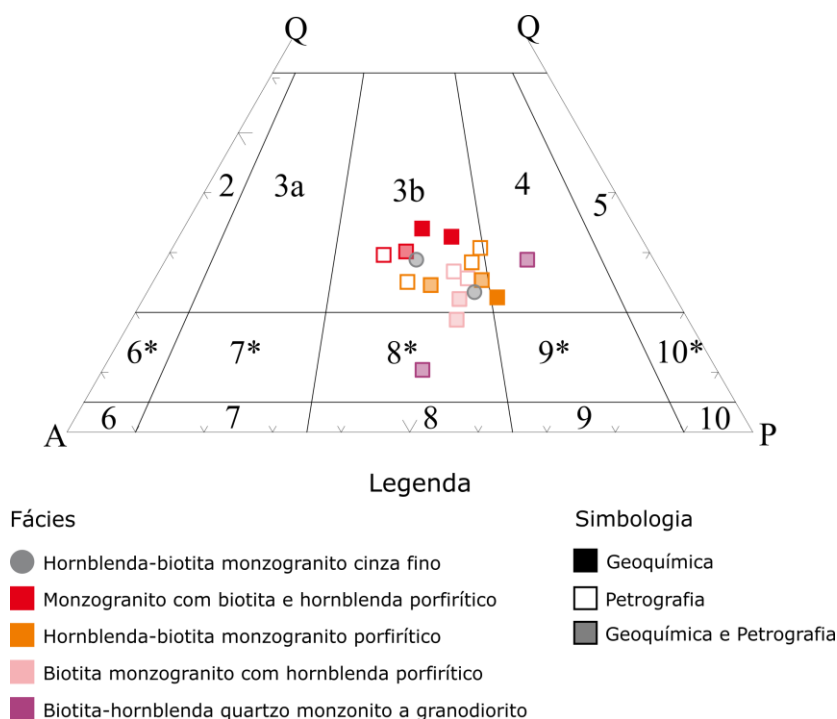


Figura 7 - Diagrama QAP (Q- quartzo; A-feldspato alcalino; P- plagioclásio), Streckeisen (1976), com a composição modal estimada para as rochas do Stock Granítico São Miguel Arcanjo. Legenda: (3a) sienogranito e (3b) monzogranito.

Estes conjuntos litológicos são intrudidos tardiamente por inúmeros aplitos que ocorrem como diques de coloração rósea e cinza, tabulares e orientados segundo o padrão de fraturamento.

Os valores das composições modais estimadas e mineralogia encontram-se descritos na tabela 1 e ilustradas nas figuras 8 e 9. As fichas de descrição petrográfica encontram-se no Anexo II.

Fácies		Biotita-hornblenda-quartzo monzonito a granodiorito	Biotita monzogranito com hornblenda porfirítico	Hornblenda-biotita monzogranito porfirítico	Monzogranito com biotita e hornblenda porfirítico	Hornblenda-biotita monzogranito cinza fino
Estrutura		Isotrópica	Isotrópica	Isotrópica a anisotrópica	Isotrópica	Isotrópica
Textura		Porfirítica a inequigranular hipidiomórfica	Porfirítica, matriz inequigranular hipidiomórfica	Porfirítica, matriz inequigranular hipidiomórfica	Porfirítica, matriz inequigranular hipidiomórfica	Aplítica, matriz equigranular hipidiomórfica
Grão	Matriz (mm)	0,1 - 0,4	0,1 – 0,5	0,1 – 0,5	0,1 – 0,5	0,1
	Fenocristal (cm)	1 - 2	1 - 4	2 - 5	1 - 6	-
% Feno-cristais	FK	15 - 25	15 - 20	25 - 30	30 - 35	-
Descrição		Coloração cinza escura e rósea, com fenocristais de feldspato róseos e matriz média	Coloração cinza, rósea e branca, com fenocristais de feldspato róseos e matriz média a grossa	Coloração cinza a rósea, com fenocristais de feldspato róseo e matriz média a grossa	Coloração cinza a rósea, com fenocristais de feldspato róseo e matriz média	Coloração cinza e matriz fina
Índice de cor		Leucocrático	Leucocrático	Leucocrático	Leucocrático	Leucocrático
Minerais félsicos (%)	Qtz	15 - 30	20 – 32	20 - 30	30 - 35	25 - 30
	FK	19 - 31	25 - 30	25 - 30	29 - 35	30 - 35
	Plag	30 - 40	30 - 35	20 - 30	25 - 30	30 - 35
Minerais escuros (%)	Biot	6 - 7	4 - 9	4 - 8	4 - 5	5 - 8
	Hbl	7	0 - 5	1 - 7	0 - 1	0 - 5
	Ttn	0 - 1	0 - 2	0 - 2	-	-
	Índice M	14	4 - 16	5 - 17	4 - 6	5 - 13
	Índice M'	13	4 - 14	5 - 15	4 - 6	5 - 13
Minerais Acessórios		Apatita, zircão, minerais opacos	Apatita, zircão e minerais opacos	Apatita, zircão e minerais opacos	Apatita, titanita, zircão, minerais opacos	Titanita, allanita, zircão, minerais opacos
Minerais Secundários		Clorita, sericita, turmalina, epidoto e biotita	Clorita, sericita, epidoto e biotita	Clorita, sericita, epidoto e biotita	Clorita, sericita, epidoto, biotita, hidróxidos e óxidos de Fe	Clorita, sericita, epidoto e biotita
Classificação		Biotita-hornblenda-quartzo monzonito a granodiorito	Biotita monzogranito com hornblenda porfirítico	Hornblenda-biotita monzogranito porfirítico	Monzogranito com biotita e hornblenda porfirítico	Hornblenda-biotita monzogranito fino

Tabela 3 - Composição modal estimada e características petrográficas para os litotipos do stock São Miguel Arcanjo.

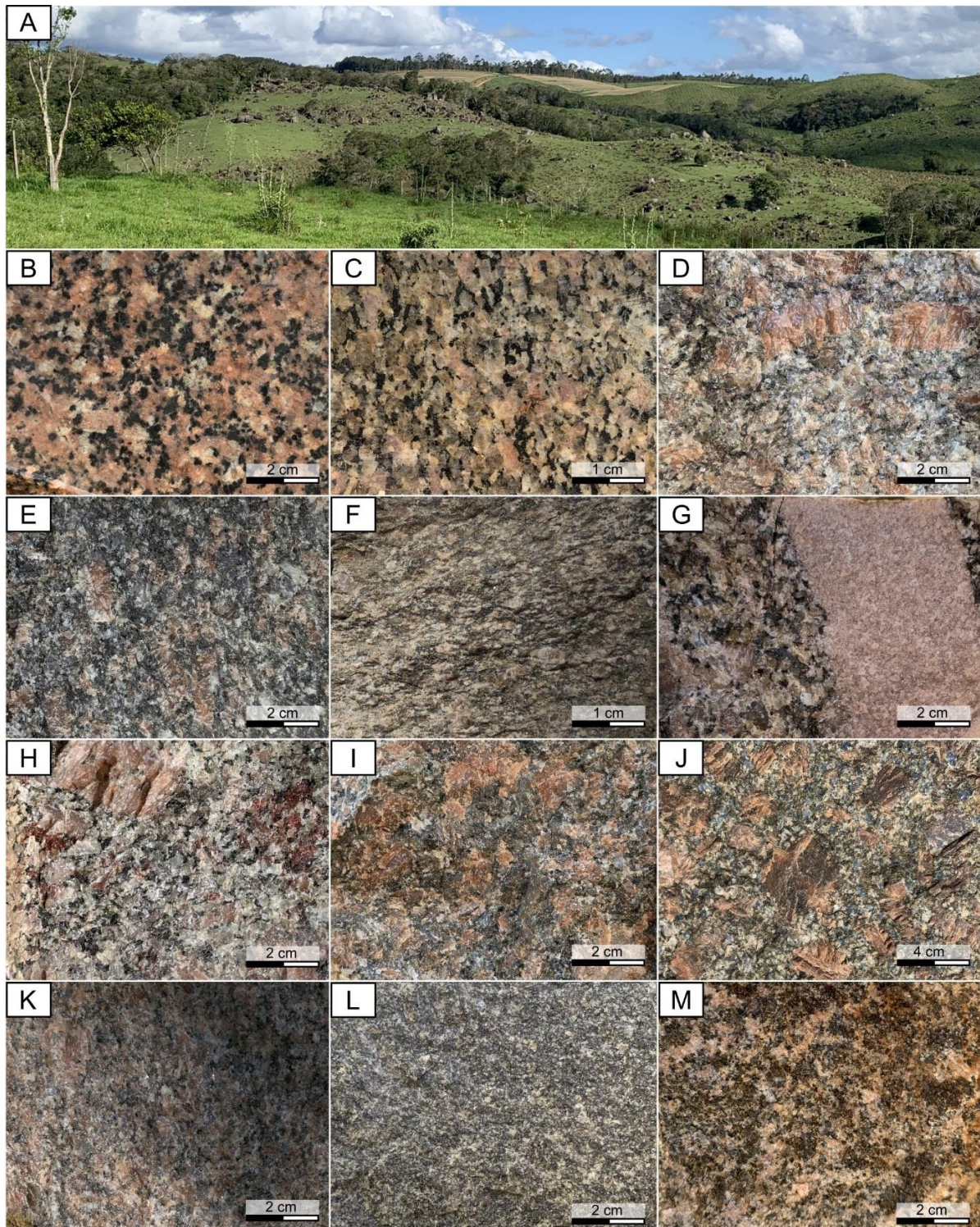


Figura 8 - (A) Geomorfologia do Granito São Miguel Arcanjo marcada por morros de baixa declividade, topo arredondado e encostas convexas. Feições macroscópicas das fácies: biotita-hornblenda-quartzo monzonito a granodiorito (B e C) Rocha leucocrática, de coloração rósea e cinza escura, com fenocristais de microclínio, estrutura maciça e textura discretamente porfirítica. Fácies biotita monzogranito com hornblenda porfirítico (D e E) Rocha de coloração cinza escura, branca e rósea, textura porfirítica, com fenocristais de microclínio. Fácies hornblenda-biotita monzogranito porfirítico (F, G e H) Rocha com estrutura anisotrópica (F) a maciça (G e H), rósea e cinza clara, com veios aplíticos (G) e impregnação de óxido/hidróxido de Fe

no quartzo (H). Fácies monzogranito com biotita e hornblenda porfirítico (I, J e K) Rocha de coloração rósea, cinza e branca, estrutura maciça e textura porfirítica, cujos fenocristais são de microclínio e os cristais de quartzo apresentam-se azulados. Fácies hornblenda-biotita monzogranito cinza fino (L e M) Rocha de coloração cinza escura, estrutura maciça e textura aplítica e equigranular.

3.3.1 Fácies 1 - Biotita-hornblenda-quartzo monzonito a granodiorito

A Fácies 1 localiza-se de forma isolada na porção centro-sul do corpo (Figura 5 e Anexo II) e caracteriza-se por pequenos morrotes de topos arredondados. Distingue-se das outras fácies por apresentar menores porcentagens de quartzo e microclínio, sendo classificada como rocha de acidez intermediária.

Caracterizada por biotita-hornblenda-quartzo monzonito a granodiorito, os litotipos desta fácies são classificados como leucocráticos, apresentando coloração cinza escura e rósea, textura fanerítica, discretamente porfirítica (Figura 8B), hipidiomórfica e estrutura maciça. As rochas possuem composição intermediária, com cerca de 20% de fenocristais de microclínio imersos em matriz de coloração cinza escura e rósea e granulação média (Figura 8C). Os fenocristais são de microclínio e apresentam dimensões de 1 a 2 cm.

A matriz tem coloração cinza escura a clara, granulação média, com cristais de 0,1 a 0,4 cm e é composta por oligoclásio (30-40%), quartzo (15-30%), microclínio (19-31%), hornblenda (7%) e biotita (6-7%). Os minerais acessórios incluem titanita (0-2%), apatita, zircão e minerais opacos. Os minerais secundários são representados por clorita, sericita, turmalina, epidoto e biotita.

O oligoclásio possui entre 0,1 e 2 mm. Os cristais exibem formato subédrico granular, que caracterizam contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o quartzo). Apresenta ainda geminação do tipo Albita, feições mimerquíticas e inclusões de titanita, microclínio e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação do mineral, caracterizados por saussuritização e epidotização. Ocorre alteração para albita nas bordas do oligoclásio.

O quartzo apresenta-se como cristais de dimensões entre 0,2 e 2 mm, subédricos, cujos contatos mostram-se anastomosados. Apresenta extinção ondulante e inclusões de titanita e minerais opacos.

O microclínio ocorre como grãos de dimensões entre 0,2 e 2 mm, formato euédrico a subédrico e com contatos retilíneos. Apresentam geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas (Figura 9A) e mimerquíticas, e inclusões de oligoclásio, quartzo, zircão, biotita e titanita. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

A hornblenda ocorre como cristais de 0,1 mm, podendo chegar a 2 mm,

subédricos, de hábito prismático ou granular. Exibe forte pleocroísmo, variando de verde claro e verde escuro, até tons amarronzados. Seu processo de alteração caracteriza-se por biotitização, epidotização e cloritização. Ocorrem associações com biotita e titanita.

A biotita apresenta-se como cristais de dimensões próximas a 0,2 mm, podendo chegar a 1 mm e na forma de lamelas irregulares e subédricas, com pleocroísmo variando entre tons de bege, marrom a marrom esverdeado. Associa-se a titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração é caracterizado por cloritização.

A apatita ocorre como cristais de 0,1 mm, euédricos, prismáticos, com hábito granular a tabular e pleocroísmo na coloração cinza clara (Figura 9B). A titanita ocorre como cristais euédricos, de hábito losangular, com no máximo 0,7 mm.

Classificados como minerais traço, a allanita ocorre como cristais euédricos de no máximo 0,2 mm, com contatos retilíneos a irregulares, hábito prismático a granular e apresenta pleocroísmo variando entre amarelo, marrom e vermelho (Figura 9B); o zircão ocorre como cristais de no máximo 0,1 mm, euédricos, de hábito granular e com halos de corrosão bem definidos; e os minerais opacos têm dimensões de até 0,3 mm e ocorrem nos formatos irregular e granular, subédricos a euédricos e normalmente resultam da alteração de outros minerais, como biotita e hornblenda.

3.3.2 Fácies 2 - biotita monzogranito com hornblenda porfirítico

O litotipo representativo da Fácies 2 é biotita monzogranito com hornblenda porfirítico. É a fácies de maior ocorrência e está distribuída ao longo do *stock*, principalmente em sua porção oeste (Figura 5 e Anexo II). Apresenta-se como rochas leucocráticas, de coloração rósea e cinza clara a escura, estrutura maciça e textura porfirítica. Os fenocristais de microclínio representam cerca de 20% da rocha, possuem tamanho médio de 3 cm, mas atingem dimensões de 4 cm (Figura 8D), imersos em matriz de granulação média a grossa (Figura 8E).

A matriz possui coloração cinza escura a clara e branca, granulação média (0,1 a 0,5 cm) e é composta por oligoclásio (30-35%), quartzo (25-32%), microclínio (25-30%), biotita (4-9%) e hornblenda (4-5%). Os minerais secundários são representados por clorita, sericita, epidoto, minerais opacos e biotita. Os minerais acessórios são titanita (0-2%), apatita, zircão, e minerais opacos.

O oligoclásio apresenta-se como cristais de 0,2 a 4 mm, formato subédrico granular, que caracteriza contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o

quartzo). Apresenta geminação do tipo albita, feições mimerquíticas e inclusões de titanita, feldspato e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação do mineral, caracterizados por saussuritização. Ocorre alteração para albita nas bordas do oligoclásio.

Os cristais de quartzo apresentam dimensões entre 0,5 e 1 mm, subédricos, granulares, cujos contatos mostram-se poligonais. Apresenta extinção ondulante e inclusões de minerais opacos.

O microclínio ocorre como cristais com 0,3 a 4 mm, formato euédrico a subédrico e com contatos irregulares a retilíneos. Apresentam geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas (Figura 9C) e mimerquíticas, e inclusões de plagioclásio, biotita e minerais opacos. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

A biotita apresenta-se como cristais de dimensões próximas a 0,7 mm e agregados irregulares de 0,1 a 2 mm. Os grãos possuem formato de lamelas irregulares e subédricas, com pleocroísmo variando entre tons de bege, marrom a marrom esverdeado. Associa-se a titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos (Figura 9D). Seu processo de alteração é marcante e caracterizado por cloritização.

A hornblenda ocorre como grãos de dimensões próximas a 0,5 mm, mas podem chegar a 2 mm. Apresenta cristais subédricos, hábito prismático ou granular, forte pleocroísmo, variando de verde a tons amarronzados. Seu processo de alteração caracteriza-se por biotitização, epidotização e cloritização. Associa-se à biotita e titanita (Figura 9E).

A titanita ocorre como cristais euédricos, de hábito losangular e dimensões entre 0,1 e 0,2 mm, podendo chegar a 1 mm. Normalmente apresentam inclusões de biotita e na hornblenda.

Classificados como minerais traço, a apatita ocorre majoritariamente como inclusões na biotita, com cristais de no máximo 0,2 mm, euédricos, prismáticos, com hábito granular a tabular e pleocroísmo na coloração cinza clara; o zircão ocorre como cristais de no máximo 0,1 mm, além de agregados irregulares, euédricos, de hábito granular e com halos de corrosão bem definidos; e os minerais opacos apresentam-se como grãos de 0,1 a 3 mm e agregados irregulares e ocorrem nos formatos irregular e granular, subédricos a euédricos e normalmente resultam da alteração de outros minerais, como biotita e hornblenda.

3.3.3 Fácies 3 - Hornblenda-biotita monzogranito porfirítico

A Fácies 3, caracterizada pelo litotipo hornblenda-biotita monzogranito porfirítico, aflora descontinuamente ao longo do corpo (Figura 5 e Anexo II) e ocorre na forma de blocos com dimensões variáveis, majoritariamente alterados de forma superficial.

São rochas leucocráticas, de coloração rósea e matriz cinza, estrutura maciça a localmente deformada (Figura 8F), textura porfirítica, com a presença marcante de veios aplíticos (Figura 8G) e grandes fenocristais de microclínio (25-30%) com dimensões entre 2 e 5 cm. Observa-se ainda a ocorrência de porções com cristais e quartzo impregnados com óxido/hidróxido de Fe, conferindo coloração vermelha à rocha (Figura 8H).

A matriz possui coloração cinza escura a clara e branca, granulação média a grossa (0,1 a 0,5 cm) e é composta por oligoclásio (25-30%), microclínio (25-30%), quartzo (20-30%), biotita (4-8%) e hornblenda (1-7%). Os minerais acessórios são titanita (0-2%), apatita, zircão, e minerais opacos. Os minerais secundários são representados por clorita, sericita, epidoto, minerais opacos e biotita.

O oligoclásio apresenta-se como cristais de majoritariamente 0,1 mm, mas podem chegar a 3 mm. Possuem formato subédrico granular, contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o quartzo), geminação do tipo albita, feições mimerquíticas e inclusões de titanita, feldspato e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação e são caracterizados por saussuritização e epidotização. Ocorre alteração para albita nas bordas do oligoclásio.

O microclínio ocorre como cristais de dimensões entre 0,2 e 2 mm, formato euédrico a subédrico e contatos retilíneos. Exibem geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas e mimerquíticas, e inclusões de quartzo, zircão, biotita, titanita. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

Os grãos de quartzo possuem 0,1 a 1,3 mm, são subédricos, com contatos poligonais e anastomosados (principalmente com o oligoclásio). Apresenta extinção ondulante e inclusões de titanita, zircão e minerais opacos.

A biotita ocorre como grãos de majoritariamente 0,25 mm, podendo chegar a 1,2 mm (Figura 9F). Possuem formato de lamelas irregulares e subédricas, pleocroísmo variando entre tons de bege a marrom esverdeado. Apresenta inclusões de titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração caracteriza-se por cloritização.

A hornblenda ocorre como grãos de dimensões próximas a 0,3 mm, mas podem chegar a 1 mm. Apresenta cristais subédricos, hábito prismático ou granular, forte

pleocroísmo, variando de verde a tons amarronzados. Seu processo de alteração caracteriza-se por biotitização, epidotização e cloritização (Figuras 9 G, H e I). Associa-se à biotita e titanita.

A titanita ocorre como grãos com dimensões de 0,1 a 0,3 mm, euédricos e de hábito losangular (Figura 9J). Classificados como minerais traço, a apatita apresenta-se como cristais de 0,2 a 0,4 mm, com formato euédrico e hábito granular; o zircão ocorre como cristais de dimensões próximas a 0,1 mm, euédricos, hábito granular e com halos de corrosão bem definidos; e os minerais opacos ocorrem como grãos de 0,15 a 0,7, que possuem formato irregular e granular, caráter subédrico a euédrico e normalmente resultam da alteração de outros minerais, como biotita e hornblenda.

3.3.4 Fácies 4 - Monzogranito com biotita e hornblenda porfirítico

A Fácies 4, caracterizada pelo litotipo monzogranito com biotita e hornblenda porfirítico, ocorre na porção nordeste do corpo como blocos de dimensões variáveis, moderadamente alterados (Figura 5 e Anexo II).

A maior porcentagem de fenocristais de microclínio (30-35%) distingue esta fácies das demais, os quais possuem majoritariamente 3 cm, mas chegam a 6 cm (Figura 8I). Destaca-se também a coloração cinza azulada do quartzo e o forte fraturamento do microclínio, evidenciando feições deformacionais (Figura 8J). No geral, os litotipos são leucocráticos e apresentam coloração cinza escura a clara e rosados a avermelhados, pelo destaque dos fenocristais de microclínio, definindo uma textura porfirítica em matriz de granulação média a grossa e estrutura maciça (Figura 8K).

A matriz possui coloração cinza escura a clara e branca, granulação média (0,1 a 0,5 cm) e é composta por quartzo (30-35%), microclínio (29-35%), oligoclásio (30%), biotita (4-5%) e hornblenda (1%). Os minerais acessórios são representados por apatita, titanita, zircão e minerais opacos. Os minerais secundários incluem clorita, sericita, epidoto, biotita e hidróxidos e óxidos de ferro.

O quartzo apresenta-se como cristais de dimensões entre 0,1 e 0,5 mm, podendo chegar a 1 mm, subédricos, cujos contatos mostram-se poligonais. Apresenta extinção ondulante e inclusões de minerais opacos.

O microclínio ocorre como grãos de dimensões entre 0,1 e 6 mm, formato euédrico a subédrico e com contatos retilíneos. Apresentam geminação do tipo Carlsbad (Figura 9K), feições pertíticas e mimerquíticas, e inclusões de oligoclásio, quartzo, zircão, biotita, titanita e outros feldspatos. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

Os cristais de oligoclásio possuem entre 0,1 e 1,2 mm, formato subédrico granular, que caracterizam contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o quartzo). Apresenta geminação do tipo albita (Figura 9L), feições mimerquíticas e inclusões de titanita, feldspato e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação do mineral, caracterizados por saussuritização e epidotização. Ocorre alteração para albita nas bordas do oligoclásio.

A biotita apresenta-se com cristais de dimensões entre 0,2 e 1 mm e formato de lamelas irregulares e subédricas, com pleocroísmo variando entre tons de bege, marrom a marrom esverdeado. Associa-se a titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração é caracterizado por cloritização.

A hornblenda ocorre como cristais de dimensões entre 0,1 e 0,2 mm, subédricos, de hábito prismático ou granular. Exibe forte pleocroísmo, variando de verde claro e verde escuro, até tons amarronzados. Seu processo de alteração caracteriza-se por biotitização, epidotização e cloritização. Ocorrem associações com biotita e titanita.

Classificados como minerais traço, a apatita ocorre como cristais de no máximo 0,1 mm, euédricos, prismáticos, com hábito granular a tabular e pleocroísmo na coloração cinza clara; a titanita ocorre como cristais euédricos, de hábito losangular, com dimensões de 0,3 mm; o zircão ocorre como cristais de no máximo 0,1 mm, euédricos, de hábito granular e com halos de corrosão bem definidos; e os minerais opacos possuem 0,2 mm e ocorrem nos formatos irregular e granular, subédricos a euédricos e normalmente resultam da alteração de outros minerais, como biotita e hornblenda.

3.3.5 Fácies 5 - Hornblenda-biotita monzogranito cinza fino

A Fácies 5 localiza-se, de forma restrita, na porção sudeste do corpo (Figura 5 e Anexo II), sendo caracterizada pela presença de blocos moderadamente alterados em porções próximas às bases dos morros ou, de forma pontual, por morros pouco acentuados e com topos aplainados. As rochas dispõem-se na forma de blocos e apresentam feições que sugerem constituir diques aplíticos. Os litotipos são classificados como hornblenda-biotita monzogranito cinza fino, leucocráticos e apresentam granulação média a fina, coloração cinza escura a clara, estrutura maciça e textura equigranular (Figura 8L). Dominantemente, observam-se texturas equigranular a inequigranulares (Figura 8M), sem evidências de deformação.

Com coloração cinza escura a clara, textura aplítica e matriz de granulação fina, (0,1 mm), as rochas desta fácies são constituídas por oligoclásio (30-35%), microclínio

(30-35%), quartzo (25%), biotita (5-8) e hornblenda (0-5%). Os minerais acessórios presentes são allanita, titanita, apatita, zircão e minerais opacos; e os minerais secundários são representados por clorita, sericita, epidoto e biotita.

O oligoclásio apresenta-se como cristais de 0,1 mm a 1 mm. Possuem formato subédrico granular, contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o quartzo), geminação do tipo albita, feições mimerquíticas e inclusões de titanita, microclínio e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação e são caracterizados por saussuritização (Figura 9M) e epidotização. Ocorre alteração para albita nas bordas do oligoclásio.

O microclínio ocorre como cristais de dimensões 0,1 e 0,3 mm, formato euédrico a subédrico e contatos retilíneos. Exibem geminação do tipo Carlsbad (Figura 9N), feições pertíticas e mimerquíticas, e inclusões de oligoclásio, quartzo, zircão, biotita, titanita. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

Os cristais de quartzo possuem 0,1 a 1 mm, são subédricos, com contatos poligonais e anastomosados (principalmente com o oligoclásio). Apresenta extinção ondulante e inclusões de titanita, zircão e minerais opacos.

A biotita ocorre como grãos de majoritariamente 0,2 mm, podendo chegar a 1,2 mm. Possuem formato de lamelas irregulares e subédricas, pleocroísmo variando entre tons de bege a marrom esverdeado. Apresenta inclusões de titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração caracteriza-se por cloritização.

A hornblenda ocorre como grãos de dimensões próximas a 0,5 mm, mas podem chegar a 1,5 mm. Apresenta cristais subédricos, hábito prismático ou granular, forte pleocroísmo, variando de verde a tons amarronzados. Seu processo de alteração caracteriza-se por biotitização, epidotização e cloritização. Associa-se à biotita e titanita.

A titanita ocorre como grãos com dimensões entre 0,1 e 0,2 mm, euédricos e de hábito losangular. Classificados como minerais traço, a allanita ocorre como cristais euédricos de no máximo 0,5 mm, com contatos retilíneos a irregulares, hábito prismático a granular e apresenta pleocroísmo variando entre amarelo, marrom e vermelho (Figura 9O); a apatita apresenta-se como cristais de 0,1 a 0,2 mm, com formato euédrico e hábito granular (Figura 9O); o zircão ocorre como cristais de dimensões próximas a 0,1 mm, euédricos, hábito granular e com halos de corrosão bem definidos; e os minerais opacos ocorrem como grãos de 0,1 a 0,3 mm, que possuem formato irregular e granular, caráter subédrico a euédrico.

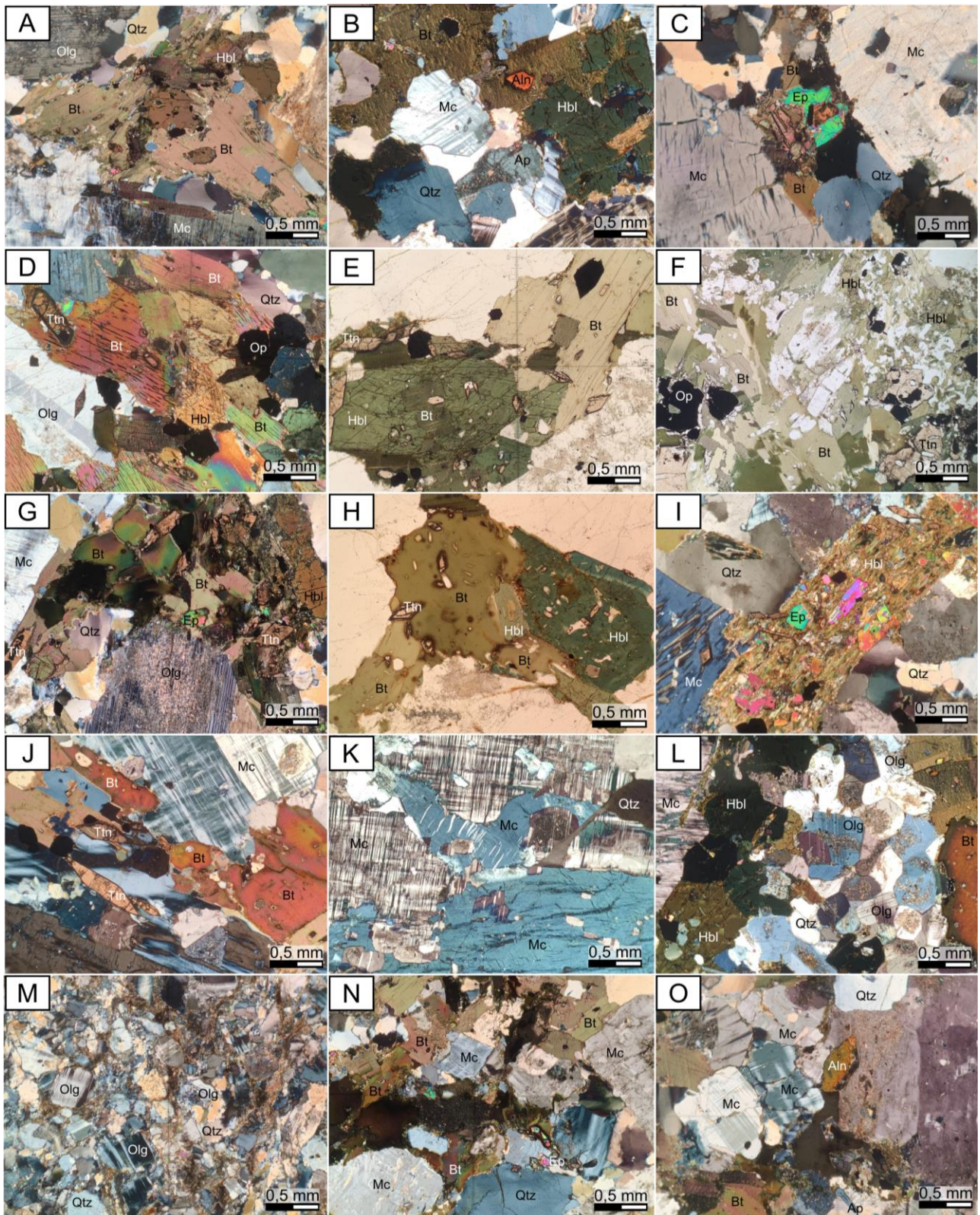


Figura 9 - Fotomicrofotografias de aspectos mineralógicos das rochas graníticas do stock São Miguel Arcanjo. **Fácies Biotita-hornblenda-quartzo monzonito a granodiorito** (A) microclínio pertítico e biotita primária e secundária da transformação hornblenda (pol. cruz.); (B) allanita e apatita euedrais (pol. cruz.); **Fácies biotita monzogranito com hornblenda porfírico**; (C) microclínio pertítico, epidoto e biotita secundários (pol. cruz.); (D) inclusões de titanita em cristais de biotita e hornblenda (pol. cruz.); (E) biotita

primária e hornblenda com inclusões de titanita e biotita (pol. desc.); **Fácies hornblenda-biotita monzogranito porfirítico**; (F) com destaque para minerais opacos e biotita primária e secundária (pol. desc.); (G) hornblenda biotitizada com inclusões de titanita (pol. cruz.); (H) hornblenda biotitizada, epidotizada e cloritizada (pol. cruz.); (I) hornblenda biotitizada (pol. cruz.); (J) microclínio com geminação Carlsbad, biotita primária e cristais euedrais de titanita (pol. cruz.); **Fácies monzogranito com biotita e hornblenda porfirítico**; (K) microclínio pertítico com geminação Carlsbad (pol. cruz.); (L) oligoclásio com geminação polissintética (pol. cruz.); **Fácies hornblenda-biotita monzogranito cinza fino**; (M) oligoclásio saussuritizado e hornblenda epidotizada e biotitizada (pol. cruz.); (N) microclínio com geminação Carlsbad, feições pertíticas e quartzo com extinção ondulante (pol. cruz.); (O) allanita e apatita euedrais (pol. cruz.). Abreviação (Kretz, 1983).

3.4 Química Mineral

O estudo de química mineral do Granito São Miguel Arcanjo foi desenvolvido em todas suas fácies predominantes, sendo caracterizados seus principais minerais essenciais: feldspato alcalino, plagioclásio, anfibólio e biotita.

3.4.1 Feldspato

Foram analisados 10 cristais de feldspato potássico e 20 cristais de plagioclásio (Figura 10). O conteúdo de átomos por unidade de fórmula (a.p.u.f.) para os cristais de feldspato analisados de cada amostra foi calculado na base em 8 oxigênios e os resultados significativos estão apresentadas na tabela 4.

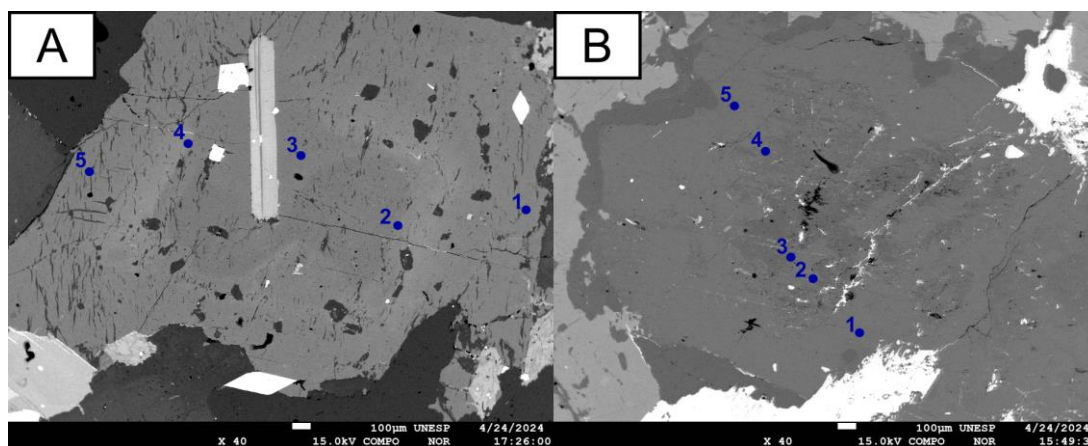


Figura 10 - Imagens de microscópio eletrônico. Análise quantitativa de cristais de (A) Microclínio; (B) Oligoclásio.

Os cristais de plagioclásio apresentam variação composicional com teor de albita entre $Ab_{77,35}$ – $Ab_{99,03}$ (Tabela 2), discriminadas no gráfico An – Ab - Or (Figura 7), apresentando composição predominantemente de oligoclásio e albita. A presença de albita nas bordas dos plagioclásios é explicada como fruto de alteração hidrotermal e

recristalização do oligoclásio. Os valores de feldspato potássico condizem com a interpretação petrográfica de microclínio, com Or>90 (Tabela 4), discriminadas no gráfico An – Ab - Or (Figura 11).

	Plagioclásio ●									Feldspato Potássico ●		
SiO ₂	62,90	63,36	63,36	63,78	62,78	62,32	65,09	69,70	69,25	64,50	64,34	63,97
Al ₂ O ₃	23,37	23,11	23,07	24,14	23,33	23,32	18,60	18,81	23,80	25,59	26,63	19,02
Fe ₂ O ₃	0,07	0,03	0,05	0,07	0,11	0,50	0,06	0,07	0,05	0,07	0,03	0,03
BaO	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,05	0,00	0,63
CaO	4,48	4,00	3,92	3,99	3,94	3,73	2,91	0,19	0,12	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	8,87	9,18	9,07	9,12	9,10	8,48	9,52	10,91	10,91	0,37	0,36	0,34
K ₂ O	0,18	0,08	0,08	0,23	0,19	0,56	0,15	0,11	0,06	15,86	16,14	15,78
Total	99,87	99,77	99,58	100,15	99,50	99,06	100,00	100,81	100,03	99,53	99,57	99,77
Fórmula estrutural calculada com base em 8 oxigênios												
Si	2,78	2,80	2,81	2,78	2,79	2,79	2,97	3,04	2,89	2,79	2,76	2,97
Al	1,22	1,21	1,20	1,24	1,22	1,23	1,00	0,97	1,17	1,31	1,35	1,04
Fe ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Ca	0,21	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,14	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Na	0,76	0,79	0,78	0,77	0,78	0,73	0,84	0,92	0,88	0,03	0,03	0,03
K	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,88	0,88	0,94
Soma Cations	4,99	4,99	4,98	4,99	5,00	4,98	4,96	4,94	4,96	5,01	5,02	4,99
Ab	77,35	80,21	80,34	79,46	79,81	77,76	84,78	98,39	99,03	3,45	3,29	3,20
An	21,60	19,31	19,21	19,20	19,08	18,88	14,33	0,95	0,61	0,00	0,00	0,00
Or	1,05	0,48	0,46	1,34	1,11	3,36	0,89	0,67	0,36	96,55	96,71	96,80

Tabela 4 - Análises químicas representativas por microsonda eletrônica de cristais de feldspato das rochas graníticas do stock São Miguel Arcanjo.

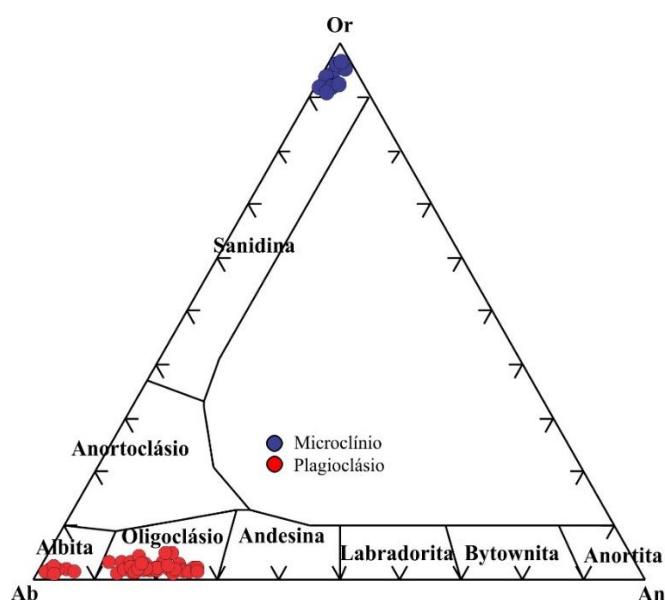


Figura 11 - Diagrama de composição de feldspato, a partir de valores de K (Or), Na (Ab), Ca (An) (Deer et al., 1963) das rochas graníticas do Stock São Miguel Arcanjo.

3.4.2 Biotita

Foram analisados 20 cristais de biotita em todas as fácies das rochas do *Stock* São Miguel Arcanjo, totalizando aproximadamente 30 pontos (Figura 12). O conteúdo de átomos por unidade de fórmula (a.p.u.f.) para os cristais analisados de cada amostra foram calculados na base em 8 oxigênios e estão apresentados os valores obtidos na tabela 5.

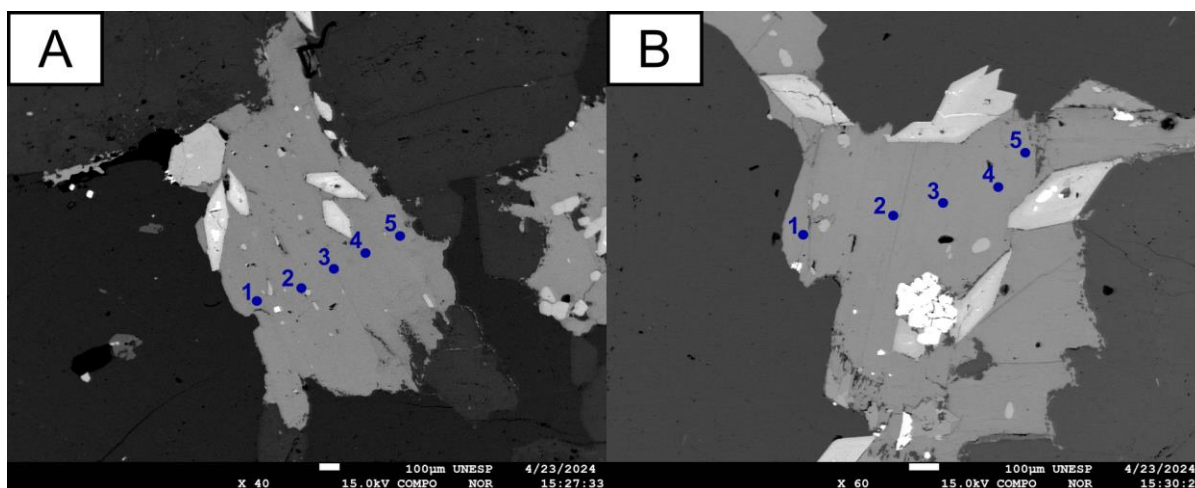


Figura 12 - Imagens de microscópio eletrônico. (A) e (B) Análise quantitativa de cristais de biotita.

De acordo com o diagrama Al (IV) *versus* $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+}+\text{Mg})$ (Deer et al., 1992; Speer, 1984) (Figura 13), os cristais de biotita são quimicamente classificados como flogopita (Fácies 2 - biotita monzogranito com hornblenda porfirítico, 3 - hornblenda-biotita monzogranito porfirítico, 4 - monzogranito com biotita e hornblenda porfirítico, 5 - hornblenda-biotita monzogranito cinza fino) e siderofilita (Fácies 1 – biotita-hornblenda-quartz monzogranito a granodiorito).

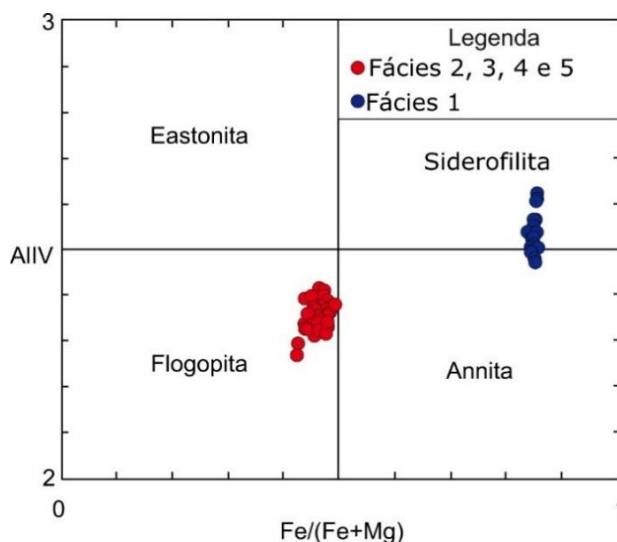


Figura 13 - Diagrama de classificação de biotita das rochas graníticas do *Stok* São Miguel Arcanjo (Speer, 1984).

	Fácies 2, 3, 4, 5 ●								Fácies 1 ●			
	2 - Bt monzogranito com Hbl porfirítico, 3 - Hbl-Bt monzogranito porfirítico, 4 - monzogranito com Bt e Hbl porfirítico e 5 - Hbl-Bt monzogranito cinza fino								Bt-Hbl-Qz monzonito a granodiorito			
SiO₂	37,50	37,30	37,40	36,57	37,22	37,49	37,37	37,52	34,18	34,85	34,27	33,12
TiO₂	1,42	1,81	1,91	1,75	1,74	1,58	1,61	1,64	2,31	3,37	3,00	3,23
Al₂O₃	14,82	15,52	14,99	14,68	14,80	14,82	14,66	14,58	14,01	13,87	13,77	13,55
FeO	18,76	18,46	19,88	19,83	19,62	19,76	20,22	20,26	35,04	33,94	35,12	35,24
MnO	0,36	0,30	0,32	0,38	0,35	0,35	0,40	0,37	0,40	0,40	0,41	0,36
MgO	13,50	13,15	12,72	12,67	12,53	12,56	12,51	12,36	3,74	3,51	3,30	3,25
BaO	0,04	0,05	0,04	0,06	0,07	0,12	0,07	0,07	0,07	0,09	0,04	0,05
Na₂O	0,07	0,07	0,12	0,11	0,13	0,09	0,11	0,09	0,11	0,05	0,07	0,07
K₂O	9,49	9,54	9,50	9,63	9,66	9,60	9,40	9,72	8,84	9,21	9,18	8,82
Total	96,87	97,05	97,67	96,30	96,84	97,17	97,00	97,42	99,07	99,58	99,54	98,14
Fórmula estrutural calculada com base em 8 oxigênios												
Si	2,83	2,80	2,81	2,80	2,83	2,84	2,83	2,84	2,73	2,75	2,73	2,69
Al^{iv}	2,33	2,39	2,37	2,40	2,35	2,33	2,33	2,32	2,53	2,49	2,54	2,62
Ti	0,08	0,10	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,14	0,20	0,18	0,20
Fe²⁺	1,19	1,16	1,25	1,27	1,25	1,25	1,28	1,28	2,34	2,24	2,34	2,39
Mn	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02
Mg	1,52	1,47	1,43	1,44	1,42	1,42	1,41	1,39	0,45	0,41	0,39	0,39
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
K	0,91	0,92	0,91	0,94	0,94	0,93	0,91	0,94	0,90	0,93	0,93	0,91
Fe/Fe+Mg	0,44	0,44	0,47	0,47	0,47	0,47	0,48	0,48	0,84	0,84	0,86	0,86

Tabela 5 - Análises químicas representativas por microsonda eletrônica de cristais de biotita das rochas graníticas do Stock São Miguel Arcanjo.

3.4.3 Anfibólio

Os resultados analíticos, juntamente à fórmula estrutural, aparecem na tabela 6 e na figura 15, sendo o cálculo feito com base em 23 átomos de oxigênio. As análises foram realizadas em 20 cristais de anfibólio, totalizando aproximadamente 40 pontos (Figura 14).

Devido ao alto grau de hidrotermalismo, algumas litologias não apresentavam anfibólios bem preservados para identificação.

O diagrama de TSi x Mg/Mg+Fe (Figura 15), proposto por Leake et al. (1977), evidencia a presença de dois grupos principais de anfibólio analisados, quimicamente classificados como edenita (Fácies 2- Bt monzogranito com Hbl porfirítico, 3- Hbl-Bt monzogranito porfirítico, 4- monzogranito com Bt e Hbl porfirítico e 5- Hbl-Bt monzogranito cinza fino) e como ferroedenita (Fácies 1- Bt-Hb-Qz monzonito a granodiorito).

Tal divisão quando à composição tanto do anfibólio quanto da biotita provavelmente indicam uma fonte distinta para a fácies 1 em relação às outras.

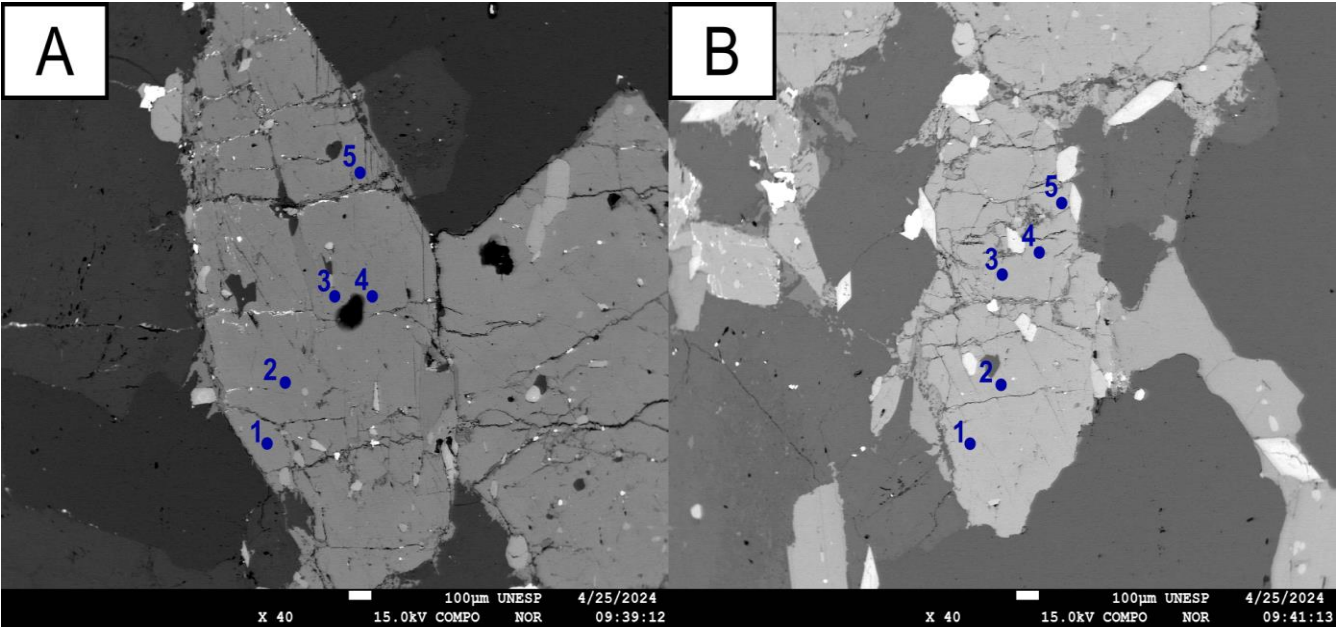


Figura 14 - Imagens de microscópio eletrônico. (A) e (B) Análise quantitativa de cristais de anfibólio.

	Fácies 2, 3, 4, 5 ●								Fácies 1 ●			
	2 - Bt monzogranito com Hbl porfirítico, 3 - Hbl-Bt monzogranito porfirítico, 4 - monzogranito com Bt e Hbl porfirítico e 5 - Hbl-Bt monzogranito cinza fino								Bt-Hbl monzogranito a Qz monzonito			
SiO ₂	43,58	43,88	43,73	42,37	43,88	44,06	43,73	42,37	41,29	41,39	40,76	41,30
TiO ₂	0,44	0,71	0,33	0,94	0,71	0,94	0,33	0,94	2,04	1,88	1,67	2,04
Al ₂ O ₃	9,37	9,15	9,22	9,64	9,14	8,62	9,21	9,63	8,36	7,99	8,31	8,37
FeO	20,53	20,50	20,67	20,90	18,43	18,43	18,58	18,78	28,04	28,26	32,38	31,22
MnO	0,51	0,49	0,53	0,51	0,49	0,48	0,53	0,51	0,95	0,94	0,95	0,95
MgO	10,13	10,37	10,26	9,53	10,35	10,40	10,24	9,51	3,13	3,21	3,03	3,13
CaO	11,91	11,75	11,83	11,63	11,74	11,78	11,83	11,62	10,08	10,42	9,42	10,08
Na ₂ O	1,07	1,23	1,14	1,42	1,23	1,18	1,13	1,42	1,68	1,65	1,65	1,69
K ₂ O	1,08	1,13	1,11	1,33	1,13	1,07	1,11	1,33	1,16	1,15	1,09	1,16
Total	98,92	99,50	99,13	98,62	97,39	97,24	97,00	96,46	97,07	97,24	99,52	100,30
Fórmula estrutural calculada com base em 23 oxigênios												
Si	6,61	6,62	6,63	6,50	6,70	6,73	6,71	6,58	6,66	6,68	6,53	6,54
Ti	0,05	0,08	0,04	0,11	0,08	0,11	0,04	0,11	0,25	0,23	0,20	0,24
Al	1,68	1,63	1,65	1,74	1,65	1,55	1,67	1,76	1,59	1,52	1,57	1,56
Fe ²⁺	2,61	2,59	2,62	2,68	2,35	2,36	2,38	2,44	3,78	3,82	4,34	4,13
Mn	0,07	0,06	0,07	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07	0,13	0,13	0,13	0,13
Mg	2,29	2,33	2,32	2,18	2,35	2,37	2,34	2,20	0,75	0,77	0,72	0,74
Ca	1,94	1,90	1,92	1,91	1,92	1,93	1,94	1,93	1,74	1,80	1,62	1,71
Na	0,32	0,36	0,33	0,42	0,36	0,35	0,34	0,43	0,53	0,52	0,51	0,52
K	0,21	0,22	0,21	0,26	0,22	0,21	0,22	0,26	0,24	0,24	0,22	0,23
Total Cátions	15,76	15,78	15,79	15,86	15,69	15,66	15,70	15,78	15,68	15,71	15,85	15,81

Tabela 6 - Análises químicas representativas por microssonda eletrônica de cristais de anfibólio das rochas graníticas do Stock São Miguel Arcanjo.

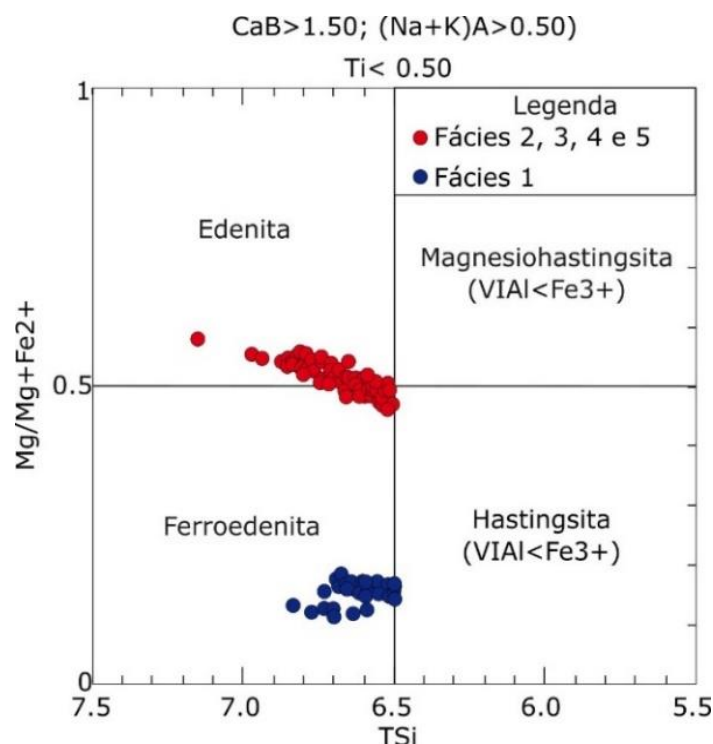


Figura 15 - Diagrama de classificação dos anfibólios das rochas graníticas do *Stok* São Miguel Arcanjo (Leake et al. (1977)).

3.5 Litogeoquímica

As rochas do *stock* São Miguel Arcanjo possuem raras análises geoquímicas previamente realizadas, encontradas exclusivamente em Leite (2003).

A presente descrição geoquímica obedeceu a divisão em cinco fácies distintas: Biotita-hornblenda-quartzo monzonito a granodiorito, biotita monzogranito com hornblenda porfíritico, hornblenda-biotita monzogranito porfíritico, monzogranito com biotita e hornblenda porfíritico e hornblenda-biotita monzogranito cinza fino, cujas análises de rocha total encontram-se representadas na tabela 7.

A distribuição dos elementos maiores (Figuras 16A a H) de Harker (1909) identificam, quanto aos teores de sílica, dois conjuntos de litologias do *stock*: rochas de composição ácida e rochas de composição intermediária, variando predominantemente entre monzogranito, quartzo monzonito e, localmente, granodiorito.

Os valores de sílica distribuem-se no intervalo amplo de 61 e 75%, com termos composicionais intermediários e, principalmente, ácidos, apresentando majoritariamente valores maiores que 65%. As rochas com teores superiores a 70% constituem os litotipos mais diferenciados do *stock*.

	SM-6	SM-39	SM-19	SM-10	SM-37	SM-29	SM-15	SM-7	SM-24	SM-35	SM-22	SM-20
	Rósea 1 		Rósea 2 		Rósea 3 			Rósea 4 			Cinza 	
	Bt-Hbl-Qz monzonito a granodiorito		Bt monzogranito com Hbl porfirítico		Hbl-Bt monzogranito porfirítico			Monzogranito com Bt e Hbl porfirítico			Hbl-Bt monzogranito cinza fino	
SiO ₂	61,63	65,86	65,59	65,82	64,89	68,71	68,93	72,14	72,85	74,59	66,36	70,66
TiO ₂	0,82	0,88	0,47	0,54	0,87	1,00	0,63	0,26	0,45	0,26	1,45	0,36
Al ₂ O ₃	15,70	13,63	14,30	14,65	14,24	13,57	14,24	13,57	13,16	13,12	13,68	13,99
Fe ₂ O ₃	6,86	5,16	3,05	3,34	4,77	5,64	3,77	1,95	3,17	1,95	7,38	2,49
MnO	0,18	0,07	0,05	0,05	0,07	0,08	0,06	0,04	0,06	0,05	0,12	0,05
MgO	0,61	2,10	1,08	1,25	1,84	1,20	1,54	0,35	0,64	0,35	1,86	0,54
CaO	2,05	3,64	2,17	2,40	3,53	2,71	2,81	1,05	1,68	1,06	3,05	1,31
Na ₂ O	3,99	3,74	3,80	3,76	3,69	3,09	3,79	3,21	3,46	3,26	3,43	3,25
K ₂ O	6,39	2,63	4,73	4,98	3,68	5,01	4,01	5,69	4,38	4,99	4,12	5,40
P ₂ O ₅	0,19	0,37	0,19	0,24	0,32	0,37	0,23	0,08	0,14	0,09	0,46	0,12
LOI	0,29	0,48	0,42	0,56	0,39	0,43	0,43	0,47	0,57	0,60	0,63	0,72
Soma	100,69	100,39	99,20	99,53	99,70	99,88	98,93	98,79	99,48	99,12	99,39	98,99
Ba	474,00	420,00	1053,00	1592,00	267,00	958,00	999,00	572,00	445,00	434,00	713,00	667,00
Ga	25,60	25,90	23,80	23,40	23,80	23,60	24,50	21,20	23,80	21,90	25,70	22,10
Hf	27,70	6,10	4,29	4,80	6,62	11,23	4,87	5,48	8,81	5,73	10,49	5,72
Nb	28,01	9,63	2,85	3,63	9,59	25,11	7,56	13,86	19,53	15,62	41,81	14,13
Rb	125,70	134,60	192,20	160,20	120,70	225,00	160,70	291,30	253,90	280,80	239,50	278,20
Sr	68,00	695,00	635,00	860,00	876,00	257,00	724,00	128,00	148,00	118,00	221,00	181,00
Ta	0,69	0,05	0,05	0,05	0,05	0,94	0,05	1,34	0,52	0,41	1,03	0,39
U	1,39	4,55	8,16	2,54	2,87	3,77	5,32	11,92	5,43	12,11	4,66	11,61
Y	38,04	50,36	12,24	15,51	23,73	50,55	48,55	47,24	38,64	48,27	102,75	156,48
Zn	141,00	98,00	56,00	57,00	74,00	91,00	65,00	46,00	60,00	46,00	113,00	45,00
Zr	1587,00	278,00	180,00	204,00	295,00	533,00	197,00	208,00	352,00	209,00	474,00	230,00
La	75,90	186,40	43,90	50,50	73,50	106,40	58,20	62,10	84,80	69,70	96,40	319,40
Ce	147,70	354,80	75,70	84,90	140,80	217,60	95,20	115,20	160,80	124,60	192,90	452,90
Pr	18,87	45,62	9,39	10,46	17,53	25,22	12,75	13,98	18,57	15,32	24,49	49,33
Nd	72,20	169,10	34,10	38,20	64,20	90,40	46,80	50,30	62,60	53,50	93,70	184,20
Sm	11,90	28,80	4,30	4,80	9,70	15,30	6,80	8,90	9,30	9,00	17,50	29,20
Eu	2,95	5,83	0,05	0,05	0,86	1,11	0,60	0,51	0,79	0,59	1,93	2,80
Gd	10,09	16,63	3,19	3,27	6,26	10,80	4,22	5,52	6,37	7,89	15,29	22,70
Tb	1,40	2,31	0,41	0,40	0,82	1,78	0,75	1,32	1,12	1,32	2,60	4,35
Dy	7,61	10,88	1,89	1,95	3,93	10,03	3,72	7,89	6,63	7,86	15,43	26,07
Ho	1,53	1,83	0,35	0,32	0,69	1,93	0,75	1,62	1,33	1,64	3,20	5,47
Er	3,78	3,99	0,47	0,33	1,19	4,82	1,58	4,50	3,61	4,58	8,65	14,68
Tm	0,61	0,59	0,12	0,10	0,23	0,75	0,24	0,77	0,65	0,76	1,30	2,10
Yb	4,00	3,30	0,70	0,50	1,20	4,60	1,20	5,00	4,20	5,10	7,80	12,50
Lu	0,61	0,44	0,08	0,06	0,15	0,67	0,16	0,73	0,61	0,74	1,15	1,81
Soma ETR	359,15	830,52	147,65	195,84	321,06	491,41	232,97	278,34	361,38	302,60	482,34	1127,5
Média ETR	612,83		171,74		348,48			314,10			804,92	
[La/Yb] _n	12,79	38,08	42,28	68,09	41,29	15,59	32,70	8,37	13,61	9,21	8,33	17,23
Média	25,44		55,19		29,86			10,40			12,78	
Eu*	80,50	179,80	28,21	30,93	61,83	99,31	43,02	56,30	59,99	61,39	119,26	193,57
Média	130,15		29,57		68,05			59,22			156,41	
Eu/Eu*	0,50	0,44	0,02	0,02	0,19	0,15	0,19	0,12	0,18	0,13	0,22	0,20
Média	0,47		0,02		0,18			0,14			0,21	
Ce-Sm	3,00	2,97	4,25	4,27	3,50	3,43	3,38	3,12	4,17	3,34	2,66	3,74
Média	2,98		4,26		3,44			3,55			3,20	
Gd-Yb	2,04	4,07	3,68	5,28	4,21	1,89	2,84	0,89	1,22	1,25	1,58	1,47
Média	3,05		4,48		2,98			1,12			1,52	

Tabela 7 - Análises geoquímicas de amostras de rochas das faciologias graníticas do *Stock* São Miguel Arcanjo.

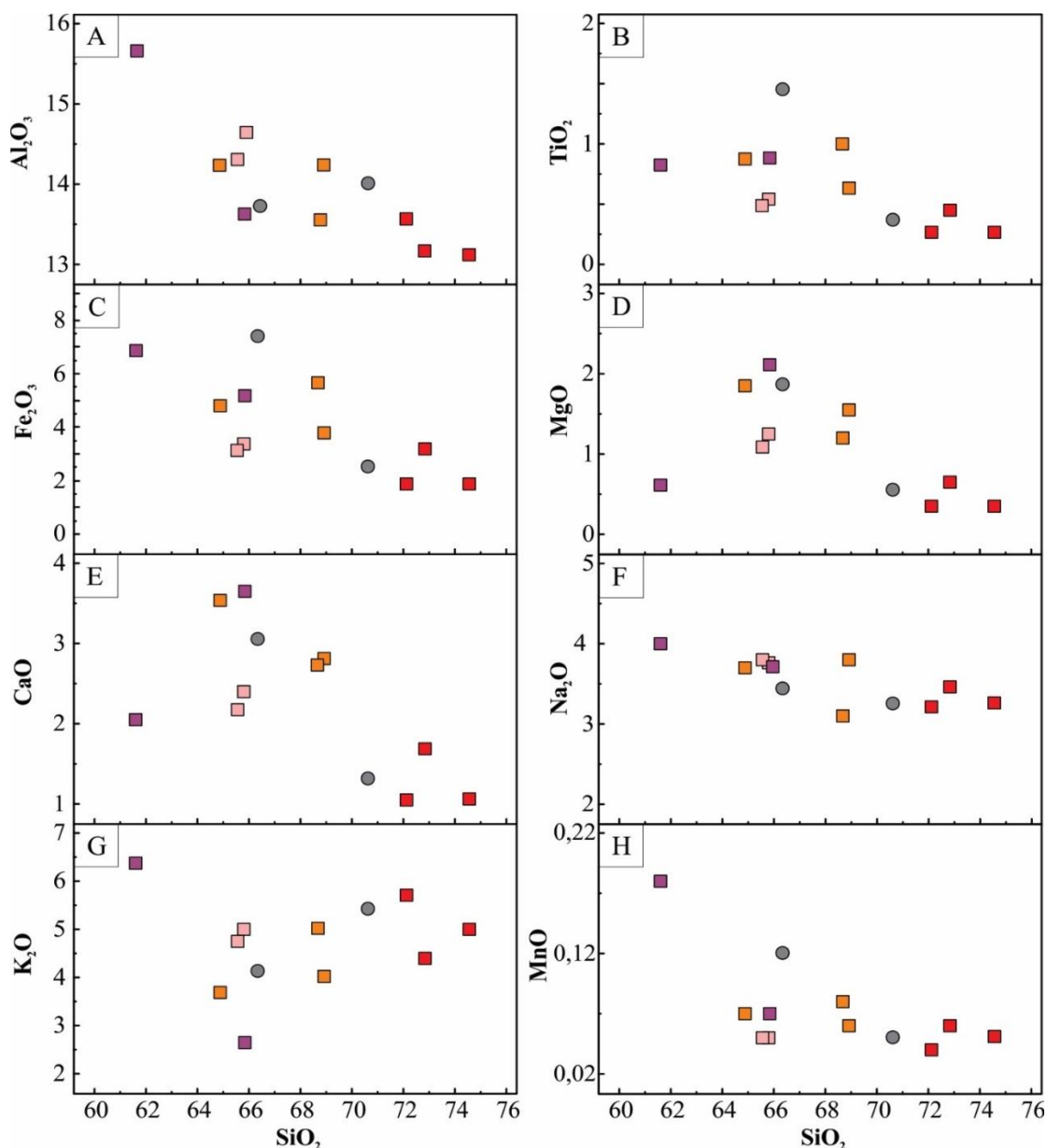


Figura 16 - Diagramas de Harker (1909) com variação dos elementos maiores e menores para as rochas graníticas do Stock São Miguel Arcanjo.

A distribuição dos elementos Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO e CaO (Figuras 16A, B, C, D, E), de forma geral, registra decréscimo, visto a partir de sua redução em relação ao aumento da sílica. Os teores elevados de Na_2O oscilam num intervalo de 3 a 4% (Figura 16F), mas evidenciam um suave decréscimo linear com o aumento de sílica.

Quanto à distribuição dos álcalis, os teores elevados de K_2O ocorrem distribuídos entre 4 e 6,5% (Figura 16G) e desenvolvem um *trend* crescente, em relação ao aumento de sílica, sendo os teores maiores nas fácies graníticas mais evoluídas e altamente diferenciadas. O conteúdo de MnO não apresenta grandes variações de conteúdo, mas mostra um decréscimo em relação ao aumento de sílica (Figura 16H).

A partir da distribuição química dos elementos maiores, possibilita-se a

determinação de diversos diagramas de classificação petrográfica (Figuras 17A a H).

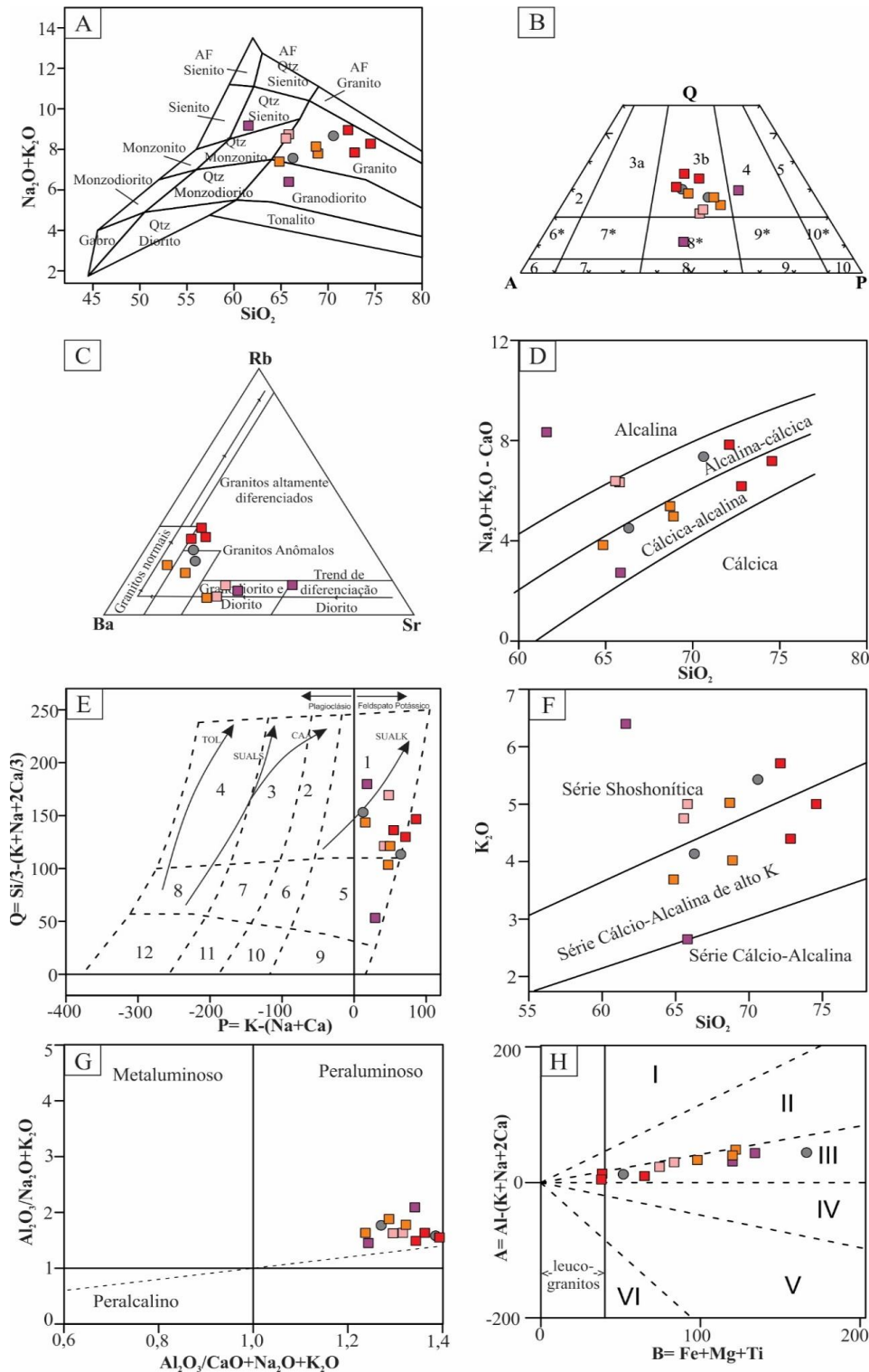


Figura 17 - Diagramas geoquímicos de classificação das amostras graníticas do Stock São Miguel Arcanjo. (A) Middlemost (1985); (B) Lameyre & Bowden (1982) (3b- monzogranitos, 4- granodiorito, 8- quartzo monzonito); (C) El Bouseily & El Sokkary (1975); (D) Frost et al. (2001); (E) Debon et al. (1988) 1- 2- monzogranito. SUBALK= subalcalina potássica; (F) Taylor (1976); (G) Maniar & Picolli (1989); (H) Debon & Le Fort (1983) rochas graníticas do campo III– biotita e do campo IV– biotita + hornblenda.

No diagrama de $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ *versus* SiO_2 , de Middlemost (1985) (Figura 17A), as amostras distribuem-se concentradamente no campo de granitos (monzogranito), mas existem amostras isoladas, com ligeiro decréscimo de $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$, que transicionam para rochas granodioríticas. Observa-se ainda litotipos com menores teores de SiO_2 que transicionam entre quartzo sienito a quartzo monzonito.

No diagrama químico QAP de Lameyre & Bowden (1982) (Figura 17B), as amostras classificam-se predominantemente como monzogranito. As exceções são uma amostra transicionando para granodiorito e outra para quartzo monzonito.

Segundo o diagrama ternário Rb-Ba-Sr de El Bouseily & El Sokkary (1975) (Figura 17C), o comportamento das amostras corresponde ao de granitos anômalo, que é caracterizado por tipos graníticos que provavelmente sofreram metassomatismo.

De acordo com o diagrama de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}$ *versus* SiO_2 de Frost *et al.* (2001) (Figura 17D), as amostras analisadas assemelham-se às rochas do campo cálcio alcalino, devido à presença de biotita + hornblenda. As amostras que transicionam para as classificações alcalina-cálcica e alcalina são reflexos do elevado teor de potássio observado em alguns litotipos.

O diagrama de classificação petrográfica de Debon *et al.* (1988) (Figura 17E), que utiliza os parâmetros multicatiônicos (Q *versus* P), classifica os litotipos majoritariamente como granitos enriquecidos em feldspato potássico ($P > 0$) e que apresentam afinidade com a série subalcalina potássica (SALKL).

No diagrama de K_2O *versus* SiO_2 de Taylor (1976) (Figura 17F), as amostras correlacionam-se aos litotipos pertencentes às séries cálcio-alcalina de alto K e shoshonítica, devido à presença marcante de potássio nas análises.

A saturação em alumínio, definida pelo Índice de Shand do diagrama de Maniar & Picolli (1989) (Figura 17G) e identificada a partir dos parâmetros das razões molares $A/(\text{CNK})$ *versus* $A/(\text{NK})$, revela caráter peraluminoso nas amostras analisadas, em decorrência da presença marcante de biotita.

No diagrama de Debon & Le Fort (1983) (Figura 17H), a partir dos parâmetros (A *versus* B), as rochas do *stock* são constituídas predominantemente por rochas graníticas peraluminosas do campo III-biotita e que transicionam para o campo IV-biotita + hornblenda.

A distribuição química dos elementos traços, presente nos diagramas binários de Harker (1909) (Figuras 18A a F), demonstra baixos valores na distribuição de rubídio (Rb) *versus* SiO_2 (Figura 18A) e, no geral, correlação positiva para o aumento de sílica.

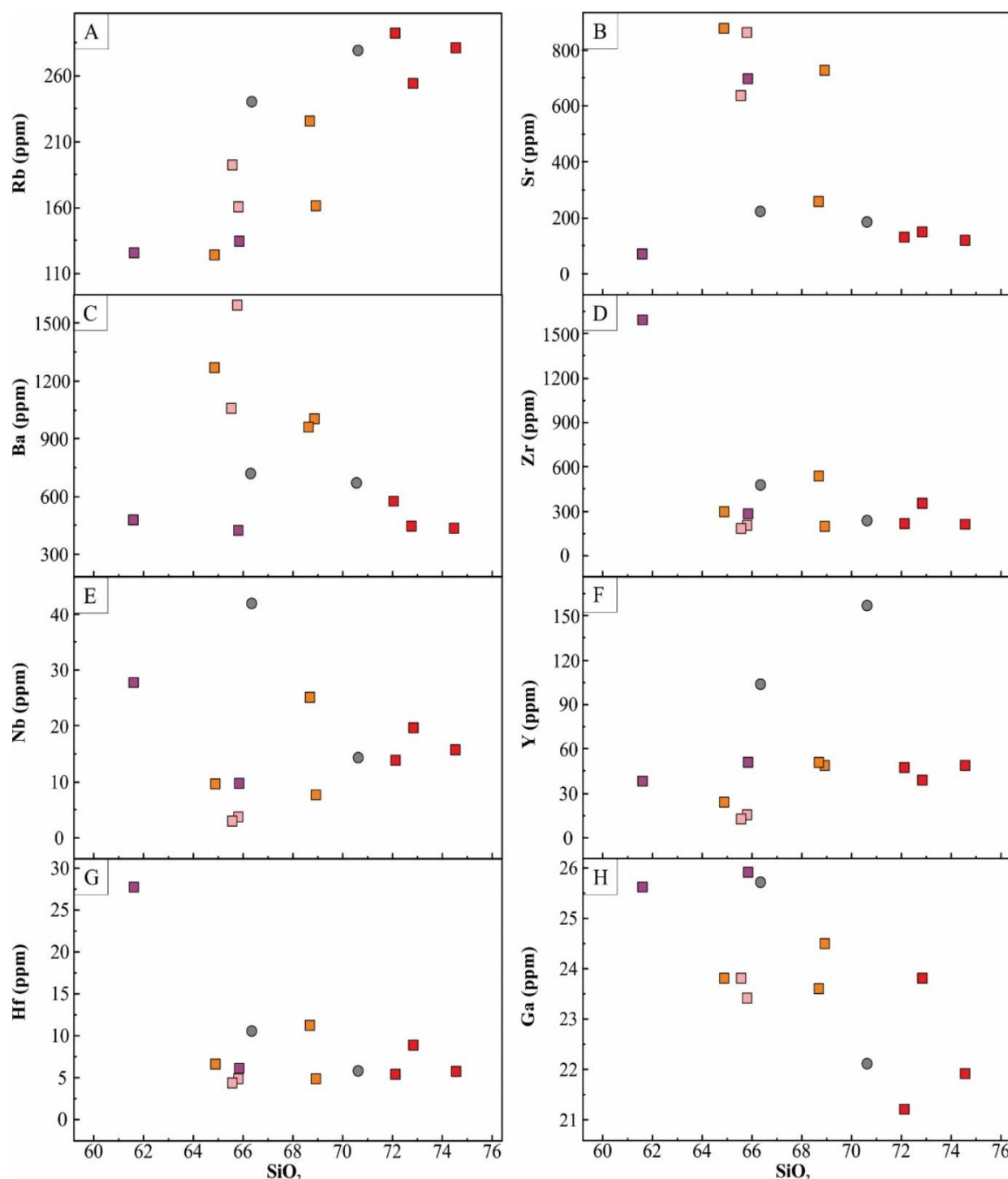


Figura 18 - Diagramas binários para elementos traços das rochas graníticas do *stock* São Miguel Arcanjo.

Geralmente, o rubídio substitui o potássio do feldspato potássico e da biotita e, portanto, os menores valores de Rb estão diretamente associados às menores porcentagens de biotita e às maiores de hornblenda nos termos graníticos menos enriquecidos em sílica.

Observa-se, para a relação do estrôncio (Sr) *versus* SiO_2 (Figura 18B), uma leve distribuição negativa em relação ao acréscimo da SiO_2 .

Os teores no diagrama de bário (Ba) *versus* SiO₂ (Figura 18C) evidenciam a forte correlação deste elemento com o Ca do plagioclásio intermediário. Para as rochas das fácies mais diferenciadas, ocorre a redução de plagioclásio e, portanto, observa-se um *trend* de redução progressiva de Ba. Portanto, sugere-se um processo de diferenciação magmática na formação dos litotipos do *stock* caracterizado principalmente pelo fracionamento do feldspato, de forma que, para as rochas mais diferenciadas, houve aumento de feldspato potássico, leve redução de plagioclásio e empobrecimento de Ba e Sr do líquido magmático disponível para estas fases.

O diagrama de zircônio (Zr) *versus* SiO₂ (Figura 18D) mostra valores baixos de distribuição das amostras, com leve tendência negativa para as fácies mais diferenciadas. Esta distribuição homogênea de Zr sugere alto grau de fracionamento para os litotipos analisados.

Os valores do diagrama de nióbio (Nb) *versus* SiO₂ (Figura 18E) mostram teores relativamente baixos, apresentando disposição das amostras com leve redução em relação aos valores crescentes de SiO₂. Os diagramas de ítrio (Y) *versus* SiO₂ (Figura 18F) e Háfio (Hf) *versus* SiO₂ (Figura 18G) demonstram pouca variação dos valores destes elementos nas rochas.

Os valores observados de gálio (Ga) *versus* SiO₂ (Figura 18H) apresentam correlação negativa com o crescente aumento de SiO₂, em decorrência da diminuição de minerais ferromagnesianos e consequente dificuldade de assimilação desses elementos por minerais magmáticos mais fracionados.

A distribuição dos elementos traço citados acima permitem a elaboração de diagramas geoquímicos de caracterização de ambientes tectônicos (Figuras 19A a H).

No diagrama R1 *versus* R2 proposto por Batchelor & Bowden (1985) (Figura 19A), as amostras apresentam-se distribuídas nos campos de ambiente sin-colisional a tardi-colisional. Observa-se a mesma classificação nos diagramas Nb *versus* Y (Figura 19B) e Rb *versus* Y + Nb (Figura 19C) propostos por Pearce *et al.* (1984), onde os litotipos dispõem-se segundo um *trend* migrando do campo sin-colisional (syn-COLG) para o campo pós-colisional (WPG).

O diagrama de classificação (K₂O+Na₂O/CaO *versus* Zr+Nb+Ce+Y) de Whalen *et al.* (1987) (Figura 19D), apresenta as amostras majoritariamente distribuídas ao longo do campo de granitos tipo A.

Tal classificação pode ser explicada a partir dos diagramas de classificação petrográfica, onde as fácies mais diferenciadas e enriquecidas em potássio classificam-se

como granitos cálcio-alcálinos (Figura 17E) e apresentam caráter shoshonítico (Figura 17F), assim, nos diagramas geotectônicos, são automaticamente induzidos a granitos de ambiente anorogênico intraplaca.

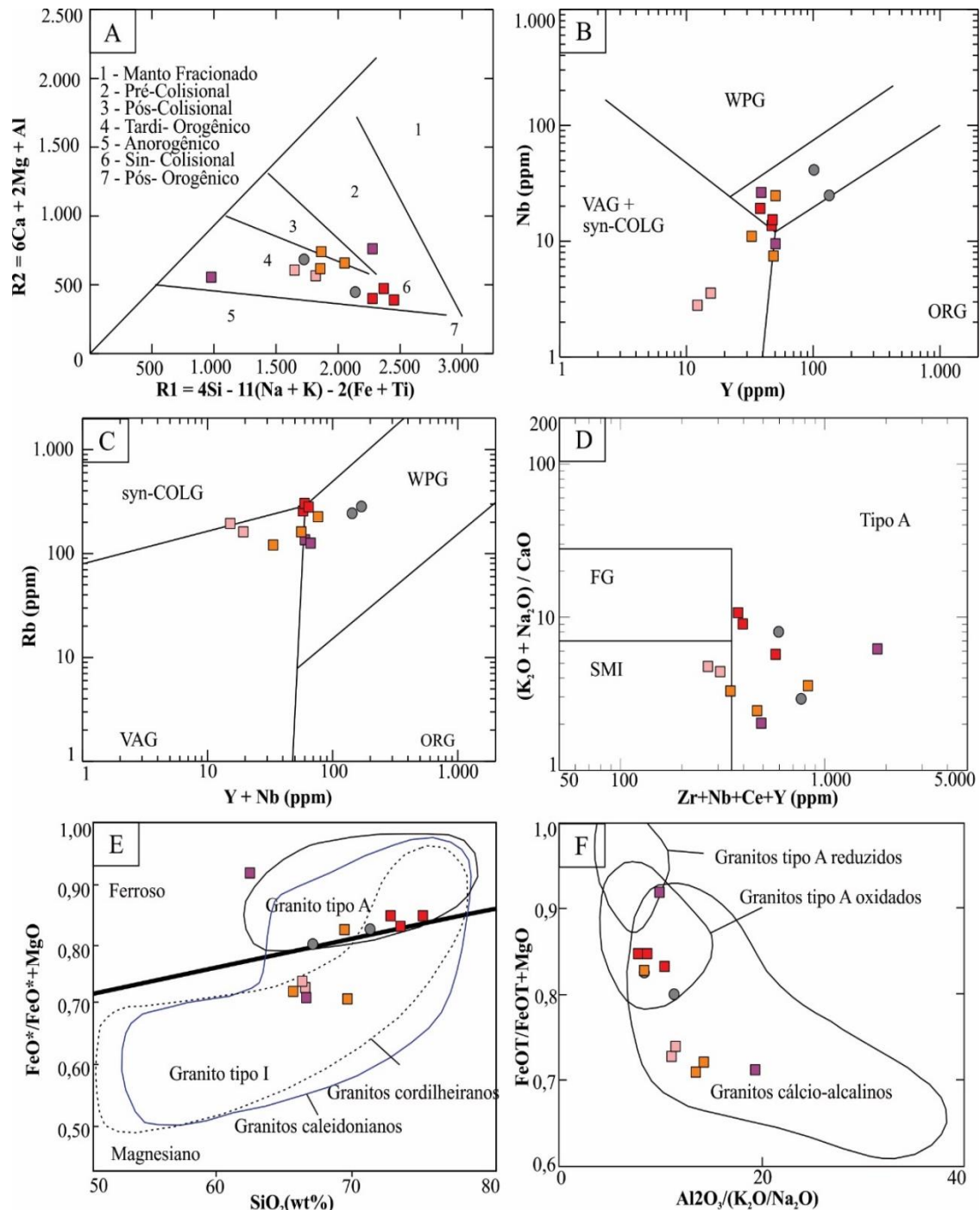


Figura 19 - Diagramas Geoquímicos de classificação de ambientes tectônicos para as amostras do *Stock* São Miguel Arcanjo. Legenda: A) Batchelor & Bowden (1985); B, C) Pearce et al. (1984) (Syn-COLG) – granitoide sin-colisional; (VAG) – granitoide de arco vulcânico; (WPG) – Granitoide intraplaca; (ORG) – granitoide de cadeias oceânicas; D) Whalen et al. (1987) (SMI) médias composicionais dos granitos do tipo S, M e I, (FG) granitos félsicos fracionados, (Tipo A) anorogênicos; E) Frost et al. (2001). F) Dall'Agnol, & Oliveira (2007).

No diagrama $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t + \text{MgO})$ versus SiO_2 de Frost *et al.* (2001) (Figura 19E), as rochas graníticas correlacionam-se aos granitos tipo I Caledonianos, com alta relação $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$. Os litotipos mais diferenciados correspondem à classificação de granitos ferrosos, enquanto os menos evoluídos correspondem aos granitos magnesianos.

No diagrama $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t + \text{MgO})$ versus $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O})$ de Dall'Agnol & Oliveira (2007) (Figura 19F), com base nas condições de oxidação das rochas analisadas, agrupam-se no campo dos granitos cálcio-alcálicos. As amostras mais diferenciadas e enriquecidas em potássio também coincidem com o campo dos granitos do tipo A oxidados.

Os variogramas multielementares apresentam elementos traços normalizados segundo os valores propostos por Thompson (1982) para os meteoritos condriticos (Figura 20A), onde as amostras graníticas analisadas apresentam fortes anomalias negativas de Rb, Nb, Ta e Ti.

Os valores de Crosta Inferior, normalizados segundo os valores propostos por Weaver & Tarney (1984) (Figura 20B), apresentam forte empobrecimento dos elementos litófilos de grande raio iônico (LILE), com anomalias negativas de Rb, Ba, K e Sr em relação aos elementos terras raras leves (LREE). Destacam-se também anomalias negativas de P, Zr e Ti e altos valores de Th e U, podendo indicar um magma com forte participação crustal.

Nos diagramas de elementos terras raras (ETR), as amostras do *stock* foram normalizadas segundo valores de meteoritos condriticos de Boynton (1984) (Figuras 20C, E, G, I) e segundo valores para crosta inferior de Weaver & Tarney (1984) (Figuras 20D, F, H, J), apresentando padrão de distribuição muito similar, assimétrico e paralelo entre as análises das fácies.

Os diagramas de elementos terras raras (ETR) para as amostras do *stock* São Miguel Arcanjo permitem a identificação de cinco fácies magmáticas distintas (fácies róseas e cinza) que caracterizam magmatismo comagmático, com valores crescentes de elementos terras raras para as rochas mais diferenciadas e depleção de valores de Eu, das fácies róseas para cinza.

A fase inicial é constituída pelos litotipos da fácies rósea I - biotita-hornblenda-quartzo monzonito a granodiorito (Figura 20C, Tabela 7), caracterizadas por ETR com valores de 612,83 ppm e baixo grau de fracionamento $[(\text{La}/\text{Yb})_N = 25,44]$, apresentando altos valores de Eu = 130,15 e fraca anomalia negativa, com $[\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,47]_N$.

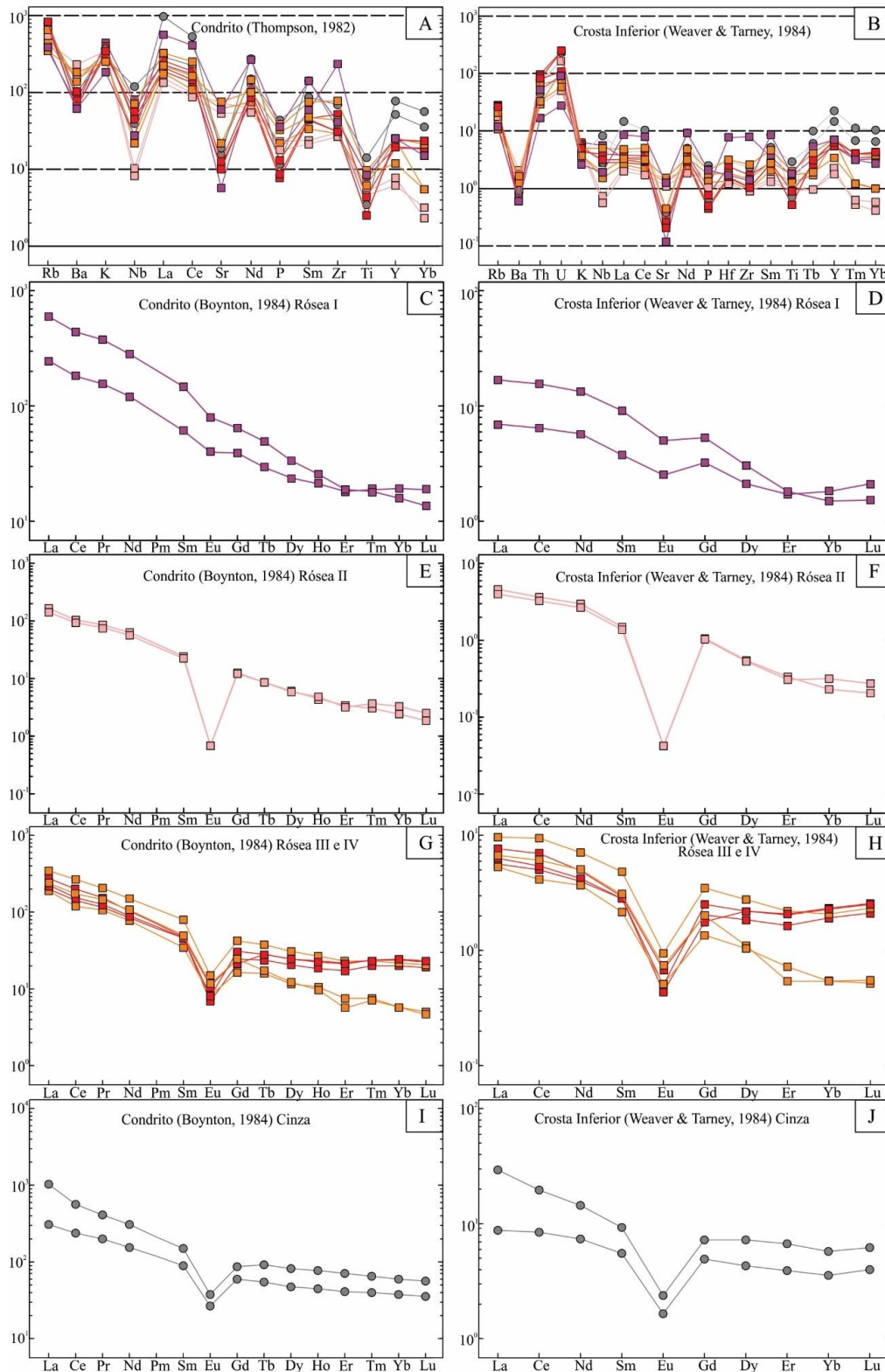


Figura 20 - Diagramas de variograma de multielementos incompatíveis e Elementos Terras Raras para os litotipos do *Stock* São Miguel Arcanjo. Elementos incompatíveis normalizados: A) Valores para meteoritos condriticos de Thompson (1982) e B) Valores da crosta inferior de Weaver & Tarney (1984), Elementos terras raras normalizados para meteoritos condriticos de Boynton (1984) das fácies: C) Rósea I, E) Rósea II, G) Rósea III e IV, I) Cinza), Elementos terras raras normalizado pelos valores da crosta inferior de Weaver & Tarney (1984), D) Rósea I, F) Rósea II, H) Rósea III e IV, J) Cinza.

Os dados mostram assimetria observada entre a média dos elementos terras raras leves ETRL $[\text{Ce}/\text{Sm}]_N = 2,98$ comparada aos elementos terra raras pesadas ETRP $[\text{Gd}/\text{Yb}]_N = 3,05$, indicando um conjunto de rochas analisadas pouco evoluído.

As rochas da fácies rósea II - biotita monzogranito com hornblenda porfirítico (Figura 20E, Tabela 7) são caracterizadas por ETR com valores de 171,74 ppm e alto grau de fracionamento $[(\text{La}/\text{Yb})_N = 55,19]$, apresentando baixos valores de $\text{Eu} = 29,57$ e com forte anomalia negativa $[\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,02]_N$. Os dados mostram assimetria entre a média dos elementos terras raras leves ETRL $[\text{Ce}/\text{Sm}]_N = 4,26$ em relação aos elementos terra raras pesadas ETRP $[\text{Gd}/\text{Yb}]_N = 4,48$.

As rochas das fácies rósea III - hornblenda-biotita monzogranito porfirítico (Figura 20G, Tabela 7) são caracterizadas por ETR com valores de 348,48 ppm e o baixo grau de fracionamento $[(\text{La}/\text{Yb})_N = 29,86]$, apresentando baixos valores de $\text{Eu} = 68,05$ e moderada anomalia negativa, com $[\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,18]_N$. Os dados mostram assimetria observada entre a média dos elementos terras raras leves ETRL $[\text{Ce}/\text{Sm}]_N = 3,44$ em comparação com os elementos terra raras pesadas ETRP $[\text{Gd}/\text{Yb}]_N = 2,98$.

As rochas da fácies rósea IV - monzogranito com biotita e hornblenda porfirítico (Figura 20G, Tabela 7) são caracterizadas por ETR com valores de 314,10 ppm e menor grau de fracionamento $[(\text{La}/\text{Yb})_N = 10,40]$, apresentando baixos valores de $\text{Eu} = 59,22$ e moderada anomalia negativa, com $[\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,14]_N$. Os dados mostram assimetria observada entre a média dos elementos terras raras leves ETRL $[\text{Ce}/\text{Sm}]_N = 3,55$ em relação aos elementos terras raras pesadas ETRP $[\text{Gd}/\text{Yb}]_N = 1,22$.

A fase final, constituída pelos litotipos da fácies cinza – hornblenda-biotita monzogranito cinza fino (Figura 20I e Tabela 7), caracteriza-se pelos valores de ETR 804,92 ppm e menor grau de fracionamento $[(\text{La}/\text{Yb})_N = 12,78]$, apresentando os maiores valores de $\text{Eu} = 156,41$ e moderada anomalia negativa, com $[\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,21]_N$. Os dados mostram assimetria observada entre a média dos elementos terras raras leves ETRL $[\text{Ce}/\text{Sm}]_N = 3,20$ com os elementos terra raras pesadas ETRP $[\text{Gd}/\text{Yb}]_N = 1,52$.

4. CONCLUSÕES

A região de ocorrência do stock São Miguel Arcanjo está inserida no Bloco Cotia, no Terreno Apiaí e é constituída principalmente por rochas neoproterozoicas da unidade metavulcanossedimentar do Grupo Votuverava, pertencente ao Supergrupo Açungui.

As rochas intrusivas de composição granítica do stock constituem corpos mais diferenciados e relacionados à evolução da granitogênese do Batólito Granítico Agudos Grandes.

O corpo granítico exposto apresenta cerca de 36 km², disposto segundo a direção geral NE-SW, resultante das deformações impostas pela Zona de Cisalhamento Taxaquara.

As rochas apresentam coloração rósea e cinza e são constituídas predominantemente por litotipos plutônicos hololeucocráticos de composição monzogranítica, mas que atingem tipos quartzo-monzoníticos, granulação média a grossa, equi- a inequigranulares a porfiríticos e isotrópicas a localmente anisotrópicas. Rochas hololeucocráticas, equigranulares, de coloração cinza e granulação fina a média ocorrem localmente.

As rochas são constituídas por cinco variedades de fácies, definidas como biotita-hornblenda monzonito a granodiorito, biotita monzogranito com hornblenda porfirítico, hornblenda-biotita monzogranito porfirítico, monzogranito com biotita e hornblenda porfirítico e hornblenda-biotita monzogranito cinza fino, além de pegmatitos e aplitos.

A mineralogia é constituída por quartzo, microclínio, oligoclásio e albita recristalizada nas bordas, anfibólio (edenita e ferroedenita) e biotita (flogopita e siderofilita). Os minerais acessórios são caracterizados por titanita, apatita, rutilo, allanita, zircão e minerais opacos. Os minerais de alteração presentes são biotita, clorita, sericita, epidoto, turmalina, hidróxidos e óxidos de ferro.

As análises litogeoquímicas posicionaram as rochas do stock no intervalo amplo de 61 e 75% de SiO₂, entre termos composicionais litológicos intermediários a ácidos. Para termos ácidos, a maioria das análises apresenta valores acima de 65% SiO₂. As rochas com teores superiores a 70% SiO₂ representam os litotipos mais diferenciados do stock.

A composição das litologias varia de monzogranito a quartzo monzonito, apresentando caráter peraluminoso e da série cálcio-alcalina de alto potássio a shoshonítica.

Quanto à assinatura geoquímica, as rochas do stock São Miguel Arcanjo podem correlacionar-se a granitos tipo I Caledoniano, gerados em ambiente sin- com tendência a

tardi- e pós-colisional de arco vulcânico continental, sendo associado à construção do Arco Magmático Ribeira. rochas estão associadas às estruturas transtensivas da Zona de Cisalhamento Taxaquara, durante o final do evento colisional da Orogênese Ribeira, e caracterizam o arranjo final geotectônico de estabilização do Terreno Apiaí.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALGARTE, J.P.; MARTINS, A.J.M.; MORGENTHAU, A.; DAITX, E.C.; ANDRADE Jr, F.S.; BATOLLA Jr, F.; FERREIRA, F.J.F.; PINTO, G.G.; CUNHA, H.C.S.; DRUMOND, J.B.V., RODRIGUES, J.C.; YAMAMOTO, K.; KAEFER, L.Q.; CHIEREGATI, L.A.; PINHO FILHO, W.D.; ADDAS, W. Projeto Sudeste do Estado de São Paulo. Relatório Final. São Paulo: DNPM/CPRM, 1973.
- ALMEIDA, F. F.M. Geologia do Estado de São Paulo. IGG, Boletim N.º 41, 263 p., 1964.
- ALMEIDA, F.F.M. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro: Boletim DNPM/DGM, v. 241, 38 p., 1967.
- ALMEIDA, F.F.M.; AMARAL, G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. The Precambrian evolution of the South America cratonic margin south of the Amazon river. In: NAIR, A.E.M. & STEHLI, F.G. (ed.) The Ocean Basins and Margins. New York, Plenum, v. 1, p. 411-446, 1973.
- ALMEIDA, F.F.M.; BRITO NEVES, B.B.; CARNEIRO, C.D.R. The origin and evolution of the South American Platform. Earth Science Reviews, v. 50, p. 77-111, 2000.
- BASEI, M.A.S.; SIGA JUNIOR, O.; KAULFUSS, G.A.; CORDEIRO, H.; NUTMAN A.; SATO, K.; CURY, L.F.; PRAZERES FILHO, H.J.; PASSARELLI, C.R.; HARARA, O.M.; REIS NETO, J.M.; WEBER, W. "Geochronology and isotope geochemistry of Votuverava and Perau Mesoproterozoic Basins, Southern Ribeira Belt, Brazil" – In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY (Short Papers), IV, 2003, São Paulo. Expanded Abstract....São Paulo: USP-IG.
- BATCHELOR, R.A. & BOWDEN, P. Petrogenetic interpretation of granitic rock series using multicationic parameters. Chemical Geology, v. 48, n. 1, p. 43-55, 1985.
- BETTENCOURT, I.; FULFARO, V.J.; GIRARDI, V.A.V.; PETRI, S. Geologia da Folha de Capão Bonito, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, 1971, São Paulo. Boletim de Resumos...São Paulo: SBG, p. 94, 1971.
- BIGARELLA, J.J. & SALAMUNI, R. Some palaeogeographic features of the Brazilian Devonian. Boletim Paranaense de Geociências, v. 21/22, p. 133-151, 1967.
- BISTRICHI, C.A., CARNEIRO, C.D.R., DANTAS, A.S.L., PONÇANO, W.L., CAMPANHA, G.A. da C., NAGATA, N., ALMEIDA, M.A. de, STEIN, D.P., MELO, M.S. de & CREMONINI, O.A. 1981. Mapa geológico do estado de São Paulo. Escala 1: 500 000. IPT Monografias nº6, Volume II-Mapas.

- BOLONINI, T.M. & GODOY, A.M. Geologia e Geoquímica das rochas graníticas do Maciço Capão Bonito, SP. São Paulo, UNESP. Geociências, v. 32, n. 3, p. 452-470, 2013.
- BOYNTON, W.V. Geochemistry of the rare Earth elements: meteorite studies. In: HENDERSEN, P. (Org.). Rare earth element geochemistry. Elsevier Amsterdam, p. 63-114, 1984.
- CAMPANHA, G.A.C. Tectônica proterozoica no Alto e Médio Vale do Ribeira, Estados de São Paulo e Paraná. São Paulo, 1991. 296 p. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.
- CAMPANHA, G.A.C. & SADOWSKI, G.R. Tectonics of the southern portion of the Ribeira Belt (Apiaí Domain). Precambrian Research, v. 98, p. 31-51, 1999.
- CAMPANHA, G.A.C.; BASEI, M.S.; FALEIROS, F.M.; NUTMAN, A.P. The Mesoproterozoic to Early Neoproterozoic passive margin Lajeado Group and Apiaí Gabbro, Southeastern Brazil. Geoscience Frontiers, p. 1-12, 2015b.
- CAMPANHA, G.A.C.; FALEIROS, F.M.; Neoproterozoic terrane collage in the Southern and Central Ribeira Belt, Brazil. 2005, Anais. Mendoza: Academia Nacional de Ciencias, 2005.
- CAMPANHA, G.A.C.; FALEIROS, F.M.; BASEI, M.A.S.; TASSINARI, C.C.G.; NUTMAN, A.P.; VASCONCELOS, P.M. Geochemistry and age of mafic rocks from the Votuverava Group, southern Ribeira Belt, Brazil: Evidence for 1490Ma oceanic back-arc magmatism. Precambrian Research, v. 266, p. 530–550, 2015a.
- CHIEREGATI, L.A.; SILVA, A.A.G.P.; OSTAFIUC, G.B.; MOTA FILHO, J.; ALEGRI, V.; SILVA, V.A.; SILVA, M.E.; FRANCISCONI, Ó.; YAMATO, A.A.; ALGARTE, J.P.; CÓ, A.E O.; MINORELLI, D.; GOUVEIA, J.C.; SHIMAMOTO, R.Y. Projeto Integração Geológica da Região Metropolitana de São Paulo. Relatório de Integração Geológica. Relatório Final. São Paulo: CPRM, 1991.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Projeto Agudos Grandes: relatório preliminar de pesquisa, DNPM nº 820.802/85. São Paulo: CPRM, 29 p., 1989.
- CORDANI, U.G.; SATO, K.; TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C.C.G.; BASEI, M.A.S. Crustal evolution of the South American platform. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. (Eds.) Tectonic Evolution of South America, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 2000, p. 19- 40.
- DEBON, F. & LE FORT, P. A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. Transactions of the Royal Society of Edinburgh Earth Sciences,

v. 73, n. 1, p. 135-149, 1983.

DEBON, F.; LE FORT, P.; SABATÉ, P. Uma classificação químico-mineralógica das rochas plutônicas comuns e suas associações, método e aplicações. *Revista Brasileira de Geociências*. v. 18, n. 2, p. 122-133, 1988.

DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. *Rock forming minerals*. Londres, Longman, 558 p., 1963.

DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. *An introduction to the rock-forming minerals*. Harlow, Essex, England: New York, NY: Longman Scientific & Technical, 696 p., 1992.

EL BOUSEILY, A.M. & EL SOKKARY, A.A. The Relation between Rb, Ba and Sr in Granitic Rocks. *Chemical Geology*, v. 16, n. 1, p. 207-219, 1975.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa -SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306p., 2006.

FALEIROS, F.M.; CAMPANHA, G.A.C.; BELLO, R.M.S. & FUZIKAWA, K.; Fault-valve action and vein development during strike-slip faulting: an example from the Ribeira Shear Zone, Southeastern Brazil. *Tectonophysics*, 438: 1-32, 2007.

FALEIROS, F.M. *Evolução De Terrenos Tectono-Metamórficos Da Serrania Do Ribeira E Planalto Do Alto Turvo (SP, PR)*. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 306 p., 2008.

FERREIRA F.J.F.; MORAES R.A.V.; FERRARI M.P.; VIANNA R.B. Contribuição ao estudo do Alinhamento Estrutural do Guapiara. In: *SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA*, Curitiba, 1981. Atas...Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, 1981, p. 226-240.

FIORI, A.P. Tectônica e estratigrafia do Grupo Açungui, PR. *Boletim IG-USP. Série Científica*, v. 23, p. 55-74, 1992.

FIORI, A.P. Evolução geológica da bacia Açungui. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 42, p. 7-27, 1994.

FLORENCE, G. - 1907 - Notas geológicas sobre o Rio Tietê em o trecho estudado pela turma em 1905. *Comm. Geogr. e Geol. Prov. de S.Paulo.*, p. 9-15.

FROST, B.R.; BARNES, C.G.; COLLINS, W.J.; ARCULUS, R.J.; ELLIS, D.J.; FROST, C.D.A. Geochemical Classification for Granitic Rocks. *Journal of Petrology*, v. 42, n. 11, p. 2033-2048, 2001.

GIMENEZ FILHO, A. *Evolução do Complexo Granítico Três Córregos a noroeste da Apiaí – SP*. São Paulo, 1993, 118 p. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.

- HACKSPACHER, P.C.; DANTAS, E.L.; SPOLADORE, A.; FETTER, A.H., OLIVEIRA, M.A.F. Evidence of Neoproterozoic back arc basin development in the Central Ribeira Belt, Southeastern Brazil new geochronological and geochemical constraints from São Roque Açungui groups. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, n. 1, p. 110-114, 2000.
- HASUI, Y. & OLIVEIRA, M.A.F. Província Mantiqueira. Setor Central. In: ALMEIDA, F.F. & HASUI, Y. (Eds). *O Pre-Cambriano do Brasil*. São Paulo, p. 308-344, 1984.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; COIMBRA, A.M. The Ribeira folded belt. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 5, n. 4, p. 257-266, 1975.
- HASUI, Y. Sistema Orogênico Mantiqueira. In: HASUI, Y., CARNEIRO, C.D.R., ALMEIDA, F.F.M.A., BARTORELLI, A. (org.) *Geologia do Brasil*. São Paulo, Beca, p. 331- 372, 2012.
- HASUI, Y., 1973. Tectônica da área das Folhas de São Paulo e Pilar do Sul, São Paulo. - Tese de Doutorado, Inst. Geociências USP, 190 pp.
- HARKER, A. *The Natural History of Igneous Rocks*. London, Methuen, 384 p., 1909.
- HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.C.; SILVA, L.C. TROUW, R.A.J.; JANASI, V.A. Província Mantiqueira. In: MANTESSO NETO, V., BARTORELLI, A., CARNEIRO, C.D.R., BRITO-NEVES, B.B. (Eds.) 2004. *Geologia do Continente Sulamericano*. São Paulo: Ed. Beca, p. 203-236, 2004.
- HEILBRON, M.; VALERIANO, C.M.; VALLADARES, C.S.; MACHADO, N.A Orogênese Brasileira no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 25, n. 4, p. 249-266, 1995.
- IBGE. 2006. Histórico dos municípios. Disp. em: < <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>> acesso em 20 de junho de 2020.
- JANASI, V.A.; VASCONCELOS, A.C.B.C.; VLACH, S.R.F.; MOTIDOME, M.J. Granitóides da região entre as cidades de São Paulo e Piedade (SP): faciologia e contexto tectônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal. Anais... Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990, v. 4, p. 1925-1935.
- JANASI, V.A.; LEITE, R.J.; VAN SCHMUS, W.R. U-Pb chronostratigraphy of the granitic magmatism in the Agudos Grandes Batholith (west of São Paulo, Brazil) - implications for 142 the evolution of the Ribeira Belt. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 14, p. 363-376, 2001.
- KRETZ, R. Symbols for rock-forming minerals. *American mineralogist*, v. 68, n. 1-2, p. 277-279, 1983.

- LAMEYRE, J. & BOWDEN, P. Plutonic rock types of series: Discrimination of various granitoids series and related rocks. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 14, n. 1-2, p. 169-186, 1982.
- LEAKE, B.E.; WOOLEY, A.R.; ARPS, C.E.S.; BIRCH, W.D.; GILBERT, M.C.; GRICE, J.D.; HAWTHORNE, F.C.; KATO, A.; KISCH, H.J.; KRIVOVICHEV, V.G.; LINTHOUT, K.; LAIRD, J.; MANDARINO, J.A.; MARESCH, W.V.; NICKEL, E.H.; ROCK, N.M.S.; SCHUMACHER, J.C.; SMITH, D.C.; STEPHENSON, N.C.N.; UNGARETTI, L.; WHITTAKER, E.J.W.; YOZHI, G. Nomenclature of amphiboles: Report of Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association. Commission on New Minerals and Mineral Name. *American Mineralogist*, v. 82, p. 1019-1037, 1977.
- LEITE, R.J. Petrogênese e geocronologia U-Pb do magmatismo granítico tardi a pósorogênico no Batólito Agudos Grandes–SP. São Paulo, 2003. 218 p. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- MANIAR, P.D. & PICOLLI, P.M. Tectonic Discrimination of Granitoids. *Geological Society of America Bulletin*, v. 101, p. 635-643, 1989.
- MIDDLEMOST, E.A.K. *Magma and magmatic rocks: An Introduction to Igneous Petrology*. Longman, 266 p., 1985
- PEARCE, J.A.; HARRIS, N.B.W.; TINDLE, A.G. Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. *Journal of Petrology*, v. 25, n. 1, p. 956-983, 1984.
- PERROTA, M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D'AGOSTINO, L.Z.; PERUFFO, N.; FOMES, S.D.; SACHS, L.L.B.; MEIRA, V.T.; GARCIA, M.G.M.; LACERDA FILHO, J.V. Mapa geológico do Estado de São Paulo, 1:750.000. Programa Geologia do Brasil (PGB), CPRM, São Paulo, 2005.
- PRAZERES FILHO, H.J. Caracterização geológica e petrogenética do Batólito Granítico Três Córregos (PRSP): geoquímica isotópica (Nd-Sr-Pb), idades (IDTIMS/ SHRIMP) e $\delta^{18}\text{O}$ em zircão. São Paulo, 2005. 207 p. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.
- PRAZERES FILHO, H.J. Litogeoquímica, geocronologia (U-Pb) e geologia isotópica dos complexos graníticos Cunhaporanga e Três Córregos, estado do Paraná. 2001. 180 p. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- PRAZERES FILHO, H.J.; BASEI, M.A.S.; PASSARELLI, C.R.; HARARA, O.M.; SIGA JÚNIOR, O. U-Pb zircon ages of post-orogenic granitic magmatism in Apiaí folded

- belt (Paraná state, southern Brazil): petrological and geotectonic significance. Anais. Salvador: CBPM/IRD, 2003b.
- PONÇANO, W.L. (coord) - Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 94p, 1981.
- ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. Revista de Departamento de Geografia, n. 10, p. 41-58, 1996.
- SILVA, A.T.S.F. et al. 1977. Projeto Santos - Iguape; relatório final de geologia. São Paulo, convênio DNPM/CPRM.
- SILVA, L.C.; MCNAUGHTON, N.J.; ARMSTRONG, R.; HARTMANN, L.A.; FLETCHER, I.R. The Neoproterozoic Mantiqueira province and its African connections: a zircon based U– Pb geochronologic subdivision for the Brasiliano/Pan-African systems of orogens. Precambrian Research, v. 136, p. 203–240, 2005.
- SIIVOLA, J. & SCHMID, R. List of mineral abbreviations. Web: Version (01.02.2017) IUGS. (www.bgs.ac.uk/scmr/home.html). p 14. 2007.
- SOUZA, A.P. Mapa geológico na escala 1:50.000 e esboço da evolução tectônica e sedimentar do Grupo Itaiacoca, nas folhas Barra do Chapéu e Ouro Verde – SP/PR. 149 São Paulo, 1990. 200 p. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- SPEER, J.A. Micas in igneous rocks. In: BAILEY S.W. (eds.) Micas. Review in Mineralogy, 13, Washington, Mineralogical Society of America, p. 299-356, 1984.
- STRECKEISEN, A.L. Plutonic Rocks: Classification and Nomenclature Recommended by the I.U.G.S. Sub-Commission on the Systematic of Igneous. Rocks, Geo, Times, v. 18, p. 26-30, 1973
- STRECKEISEN, A. To each plutonic rock its proper name. Earth-Science Reviews, v. 12, p. 1-33, 1976.
- TASSINARI, C.C.G.; BARBOUR, A.P.; DAITX, E.C.; SATO, K. Aplicação dos isótopos de Pb-Sr na determinação da natureza das fontes das mineralizações de chumbo do Vale do Ribeira - SP e PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal. Anais... Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, n. 3, p. 1254-1266, 1990.
- TAYLOR, W.P. Intrusion and differentiation of granitic magma at high level in the crust: The Puscao Pluton, Lima Province, Peru. Journal of Petrology, v. 17, n. 2, 194–218, 1976.
- THOMPSON, R.N. Magmatism of the British Tertiary volcanic province. Journal of Geology, v. 18, n. 1, p. 49- 107, 1982.

- VLACH, S.R.F.; JANASI, V.A.; VASCONCELLOS, A.C.B.C. The Itú Belt: associated calc alkaline and aluminous a-type late Brasiliano granitoids in the states of São Paulo and Paraná, southern Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal. Anais...Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, v. 4, p. 1700-1711, 1990.
- WEAVER, B. & TARNEY, J. Empirical approach to estimating the composition of the continental crust. *Nature*, v. 310, n. 1, p. 575-577, 1984.
- WEBER, W.; SIGA JÚNIOR, O.; SATO, K.; REIS NETO, J.M.; BASEI, M.A.S.; NUTMAN, A.P. A Formação Água Clara na região de Araçáiba – SP: registro de uma bacia mesoproterozoica. *Geologia USP, Série Científica*, v. 4, p. 101-110, 2004.
- WHALEN, J.W.; CURRIE, K.L.; CHAPPEL, B.W. A-Type Granites: Geochemical Characteristics, Discrimination and Petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 95, p. 407-419, 1987.
- WEBER, W.; SIGA JÚNIOR, O.; SATO, K.; REIS NETO, J.M.; BASEI, M.A.S.; NUTMAN, A.P. A Formação Água Clara na região de Araçáiba – SP: registro de uma bacia mesoproterozoica. *Geologia USP, Série Científica*, v. 4, p. 101-110, 2004.
- WERNICK, E. Enclaves e seu significado geológico. *Geociências*, v. 2, p. 17-36, 1983.

Anexo I – Fichas de Descrição de Lâminas Delgadas

Microscopia de Rochas

Amostra/Lâmina: SM-2

MACROSCOPIA

Rocha de coloração cinza escura a clara e rósea, granulação média, estrutura maciça e textura porfírica e fanerítica. Possui fenocristais de microclínio e veios aplíticos.

MICROSCOPIA

Estruturas/Texturas:

Rocha de estrutura isotrópica e textura fina a média, holocristalina, hipidiomórfica, inequigranular e granulação fina a média.

Composição modal estimada visualmente (%):

Oligoclásio (30%); Quartzo (30%); Microclínio (30%); Biotita (6%); Hornblenda (2%); Titanita (2%); Apatita (Tr); Zircão (Tr); Opacos (Tr).

Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O oligoclásio apresenta-se como cristais de dimensões entre 0,1 e 0,2 mm, e formato subédrico granular, que caracterizam contatos retilíneos a anastomosados. Mostra geminação do tipo albita, feições mimerquíticas e inclusões de titanita, feldspato e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação e são caracterizados por saussuritização e epidotização.

Os cristais de microclínio possuem entre 1 e 2 mm, formato euédrico a subédrico e contatos retilíneos. Apresentam geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas e mimerquíticas, e inclusões de plagioclásio, quartzo, zircão, biotita, titanita, além de feldspatos. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

O quartzo ocorre como cristais de 0,1 a 1,3 mm, subédricos, com contatos poligonais e anastomosados. Apresenta extinção ondulante e inclusões de titanita, zircão e minerais opacos.

A biotita ocorre como grãos de dimensões entre 0,5 e 1 mm, com formato de lamelas irregulares e subédricas, pleocroísmo variando entre tons de bege a marrom esverdeado. Apresenta inclusões de titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração caracteriza-se por cloritização.

A hornblenda ocorre como cristais de dimensões próximas a 0,4 mm, podendo chegar a 1 mm. Apresenta-se como cristais subédricos, hábito prismático ou granular,

forte pleocroísmo, variando de verde a tons amarronzados. Associa-se à biotita e titanita.

A titanita ocorre como grãos de aproximadamente 0,3 mm, euédricos e de hábito losangular.

Ocorrem como minerais traço, apatita, zircão e minerais opacos. A apatita ocorre majoritariamente como inclusões na biotita, com cristais de no máximo 0,2 mm, euédricos, prismáticos, com hábito granular a tabular e pleocroísmo na coloração cinza clara. O zircão ocorre como cristais de dimensões próximas a 0,1 mm, euédricos, hábito granular e com halos de corrosão bem definidos. Os minerais opacos ocorrem como grãos de até 0,15 mm e possuem formato irregular e granular, caráter subédricos a euédricos.

Classificação da Rocha:

Biotita monzogranito com hornblenda porfirítico

Amostra/Lâmina: SM-4

MACROSCOPIA

Rocha de coloração cinza escura a clara e rósea, granulação média, estrutura maciça e textura porfírica e fanerítica. Possui fenocristais de microclínio e veios aplíticos.

MICROSCOPIA

Estruturas/Texturas:

Rocha de estrutura isotrópica e textura fina a média, holocristalina, hipidiomórfica, inequigranular e granulação fina a média.

Composição modal estimada visualmente (%):

Oligoclásio (30%); Quartzo (30%); Microclínio (30%); Biotita (8%); Hornblenda (1%); Titanita (1%); Apatita (Tr); Zircão (Tr); Opacos (Tr).

Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O oligoclásio possui entre 0,1 e 0,25 mm, podendo chegar a 1mm. Os cristais exibem formato subédrico granular, que caracterizam contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o quartzo, resultante do processo de exsolução). Apresenta ainda geminação do tipo albita, feições mimerquíticas e inclusões de titanita, feldspato e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação do mineral, caracterizados por saussuritização e epidotização.

O quartzo ocorre como cristais subédricos de aproximadamente 0,5 mm, cujos contatos mostram-se poligonais e anastomosados. Apresenta extinção ondulante e inclusões de titanita, zircão e minerais opacos.

O microclínio ocorre como grãos de dimensões entre 0,25 e 1 mm, possivelmente chegando a 2 mm, formato euédrico a subédrico e com contatos retilíneos. Apresentam geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas e mimerquíticas, e suas inclusões associam-se a plagioclásio, quartzo, zircão, biotita, titanita e outros feldspatos. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

A biotita possui dimensões próximas a 0,25 mm e ocorre na forma de lamelas irregulares e subédricas, com pleocroísmo variando entre tons de bege, marrom a marrom esverdeado. Associa-se a titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração é caracterizado por cloritização.

A hornblenda ocorre com dimensões entre 0,15 e 0,25 mm, como cristais

subédricos, de hábito prismático ou granular. Exibe forte pleocroísmo, variando de verde claro e verde escuro, até tons amarronzados. Ocorrem associações com biotita e titanita.

A titanita ocorre como cristais euédricos, de hábito losangular, não passando de 0,1 mm.

Classificados como minerais traço, a apatita ocorre majoritariamente como inclusões na biotita, com cristais de no máximo 0,2 mm, euédricos, prismáticos, com hábito granular a tabular e pleocroísmo na coloração cinza clara; o zircão ocorre como cristais de no máximo 0,1 mm, euédricos, de hábito granular e com halos de corrosão bem definidos; e os minerais opacos têm dimensões de até 0,3 mm e ocorrem nos formatos irregular e granular, geralmente subédricos a euédricos.

Classificação da Rocha:

Biotita monzogranito com hornblenda porfirítico

Amostra/Lâmina: SM-6

MACROSCOPIA

Rocha de coloração cinza escura e rósea, granulação média, estrutura maciça e textura porfírica a inequigranular e fanerítica. Possui fenocristais de microclínio.

MICROSCOPIA

Estruturas/Texturas:

Rocha de estrutura isotrópica e textura média, holocristalina, hipidiomórfica, inequigranular e granulação média.

Composição modal estimada visualmente (%):

Oligoclásio (40%); Microclínio (31%); Quartzo (15%); Hornblenda (7%); Biotita (6%); Apatita (1%); Titanita (Tr); Zircão (Tr); Opacos (Tr).

Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O oligoclásio possui entre 0,1 e 0,3 mm, podendo chegar a 0,5 mm. Os cristais exibem formato subédrico granular, que caracterizam contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o quartzo). Apresenta ainda geminação do tipo albita, feições mimerquíticas e inclusões de titanita, feldspato e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação do mineral, caracterizados por saussuritização e epidotização.

O quartzo apresenta-se como cristais de dimensões entre 0,2 e 0,5 mm, subédricos, cujos contatos mostram-se anastomosados. Apresenta extinção ondulante e inclusões de titanita e minerais opacos.

O microclínio ocorre como grãos de dimensões entre 0,2 e 1 mm, formato euédrico a subédrico e com contatos retilíneos. Apresentam geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas e mimerquíticas, e inclusões de plagioclásio, quartzo, zircão, biotita, titanita e outros feldspatos. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

A hornblenda ocorre como cristais de dimensões entre 0,15 e 0,25 mm, podendo chegar a 0,5 mm, subédricos, de hábito prismático ou granular. Exibe forte pleocroísmo, variando de verde claro e verde escuro, até tons amarronzados. Ocorrem associações com biotita e titanita.

A biotita apresenta-se como cristais de dimensões próximas a 0,2 mm e na forma de lamelas irregulares e subédricas, com pleocroísmo variando entre tons de bege,

marrom a marrom esverdeado. Associa-se a titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração é caracterizado por cloritização.

A apatita ocorre como cristais de 0,1 mm, euédricos, prismáticos, com hábito granular a tabular e pleocroísmo na coloração cinza clara.

Classificados como minerais traço, a titanita ocorre como cristais euédricos, de hábito losangular, não passando de 0,2 mm; o zircão ocorre como cristais de no máximo 0,01 mm, euédricos, de hábito granular e com halos de corrosão bem definidos; e os minerais opacos têm dimensões de até 0,15 mm e ocorrem nos formatos irregular e granular, geralmente subédricos a euédricos.

Classificação da Rocha:

Biotita-hornblenda-quartzo monzonito

Amostra/Lâmina: SM-7

MACROSCOPIA

Rocha de coloração rósea e cinza clara, granulação média, estrutura maciça e textura porfírica e fanerítica e matriz inequigranular. Possui fenocristais de microclínio.

MICROSCOPIA

Estruturas/Texturas:

Rocha de estrutura isotrópica, holocristalina, hipidiomórfica, inequigranular e granulação média.

Composição modal estimada visualmente (%):

Quartzo (35%); Oligoclásio (30%); Microclínio (29%); Biotita (5%); Hornblenda (1%); Apatita (Tr); Titanita (Tr); Zircão (Tr); Opacos (Tr).

Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O quartzo apresenta-se como cristais de dimensões entre 0,1 e 0,5 mm, podendo chegar a 1 mm, subédricos, cujos contatos mostram-se poligonais. Apresenta extinção ondulante e inclusões de minerais opacos.

Os cristais de oligoclásio possuem entre 0,1 e 0,5 mm, formato subédrico granular, que caracterizam contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o quartzo). Apresenta geminação do tipo albita, feições mimerquíticas e inclusões de titanita, feldspato e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação do mineral, caracterizados por saussuritização e epidotização.

O microclínio ocorre como grãos de dimensões entre 0,1 e 2 mm, formato euédrico a subédrico e com contatos retilíneos. Apresentam geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas e mimerquíticas, e inclusões de plagioclásio, quartzo, zircão, biotita, titanita e outros feldspatos. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

Os cristais de biotita apresentam dimensões entre 0,2 e 0,4 mm e formato de lamelas irregulares e subédricas, com pleocroísmo variando entre tons de bege, marrom a marrom esverdeado. Associa-se a titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração é caracterizado por cloritização.

A hornblenda ocorre como cristais de dimensões próximas a 0,2 mm, subédricos, de hábito prismático ou granular. Exibe forte pleocroísmo, variando de verde claro e verde escuro, até tons amarronzados. Ocorrem associações com biotita e titanita.

Classificados como minerais traço, a apatita ocorre como cristais de no máximo 0,1 mm, euédricos, prismáticos, com hábito granular a tabular e pleocroísmo na coloração cinza clara; a titanita ocorre como cristais euédricos, de hábito losangular, não passando de 0,2 mm; o zircão ocorre como cristais de no máximo 0,01 mm, euédricos, de hábito granular e com halos de corrosão bem definidos; e os minerais opacos têm dimensões entre 0,1 e 0,2 mm e ocorrem nos formatos irregular e granular, geralmente subédricos a euédricos.

Classificação da Rocha:

Monzogranito com biotita e hornblenda porfirítico

Amostra/Lâmina: SM-8

MACROSCOPIA

Rocha de coloração cinza escura a clara e rósea, granulação média a grossa, estrutura maciça e textura porfirítica e fanerítica e matriz inequigranular. Possui fenocristais de microclínio.

MICROSCOPIA

Estruturas/Texturas:

Rocha de estrutura isotrópica, holocristalina, hipidiomórfica, inequigranular e granulação média a grossa.

Composição modal estimada visualmente (%):

Oligoclásio (30%); Quartzo (32%); Microclínio (30%); Biotita (8%); Apatita (Tr); Titanita (Tr); Zircão (Tr); Opacos (Tr).

Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O oligoclásio apresenta-se como cristais de 1 a 4 mm, formato subédrico granular, que caracteriza contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o quartzo). Apresenta geminação do tipo albita, feições mimerquíticas e inclusões de titanita, feldspato e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação do mineral, caracterizados por saussuritização.

Os cristais de quartzo apresentam dimensões entre 0,5 e 1 mm, subédricos, granulares, cujos contatos mostram-se poligonais. Apresenta extinção ondulante e inclusões de minerais opacos.

O microclínio ocorre como cristais com 1 a 3,5 mm, formato euédrico a subédrico e com contatos irregulares a retilíneos. Apresentam geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas e mimerquíticas, e inclusões de plagioclásio, biotita e minerais opacos. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

A biotita apresenta-se como cristais de dimensões próximas a 0,7 mm e agregados irregulares de 0,5 a 2 mm. Os grãos possuem formato de lamelas irregulares e subédricas, com pleocroísmo variando entre tons de bege, marrom a marrom esverdeado. Associa-se a titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração é marcante e caracterizado por cloritização.

Classificados como minerais traço, a apatita ocorre majoritariamente como

inclusões na biotita, com cristais de no máximo 0,1 mm, euédricos, prismáticos, com hábito granular a tabular e pleocroísmo na coloração cinza clara; a titanita ocorre como cristais euédricos, de hábito losangular, não passando de 0,5 mm; o zircão ocorre como cristais de no máximo 0,1 mm, além de agregados irregulares, euédricos, de hábito granular e com halos de corrosão bem definidos; e os minerais opacos apresentam-se como grãos de dimensões próximas a 0,1 mm e agregados irregulares e ocorrem nos formatos irregular e granular, geralmente subédricos a euédricos.

Classificação da Rocha:

Biotita monzogranito porfirítico

Amostra/Lâmina: SM-10

MACROSCOPIA

Rocha de coloração cinza escura a clara e rósea, granulação média a grossa, estrutura maciça e textura porfírica e fanerítica e matriz inequigranular. Possui grandes fenocristais de microclínio (aproximadamente 4 cm).

MICROSCOPIA

Estruturas/Texturas:

Rocha de estrutura isotrópica, holocristalina, hipidiomórfica, inequigranular e granulação média a grossa.

Composição modal estimada visualmente (%):

Oligoclásio (35%); Microclínio (30%); Quartzo (25%); Biotita (9%); Titanita (1%); Apatita (Tr); Zircão (Tr); Opacos (Tr).

Descrição das relações mineralógicas e de contato:

Os cristais de microclínio possuem 2 a 4 mm, formato euédrico a subédrico e com contatos irregulares a retilíneos. Apresentam geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas e mimerquíticas, e inclusões de plagioclásio, biotita e minerais opacos. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

O oligoclásio apresenta-se como cristais de majoritariamente 0,2 mm, podendo chegar a 1 mm, com formato subédrico granular, que caracteriza contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o quartzo). Apresenta geminação do tipo albita, feições mimerquíticas e inclusões de titanita, feldspato e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação do mineral, caracterizados por saussuritização.

Os cristais de quartzo apresentam-se com dimensões próximas a 1 mm, sendo subédricos, granulares e com contatos poligonais e anastomosados (principalmente com o oligoclásio). Apresenta extinção ondulante e inclusões de minerais opacos.

A biotita apresenta-se principalmente como agregados irregulares de 0,1 mm e cristais 0,2 mm. Os grãos possuem formato de lamelas irregulares e subédricas, com pleocroísmo variando entre tons de bege, marrom a marrom esverdeado. Associa-se a titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração é marcante e caracterizado por cloritização.

A titanita ocorre como cristais euédricos, de hábito losangular e dimensões majoritariamente entre 0,1 e 0,2 mm, podendo chegar a 1 mm. Normalmente apresentam inclusões de biotita.

Classificados como minerais traço, a apatita ocorre majoritariamente como inclusões na biotita, com cristais de no máximo 0,1 mm, euédricos, prismáticos, com hábito granular a tabular e pleocroísmo na coloração cinza clara; o zircão ocorre como cristais de no máximo 0,1 mm, além de agregados irregulares, euédricos, de hábito granular e com halos de corrosão bem definidos; e os minerais opacos apresentam-se como agregados irregulares de 0,2 mm ou grãos de dimensões próximas a 0,1 mm e ocorrem nos formatos irregular e granular, geralmente euédricos.

Classificação da Rocha:

Biotita monzogranito porfirítico

Amostra/Lâmina: SM-12

MACROSCOPIA

Rocha de coloração cinza escura e rósea, granulação média, estrutura maciça e textura porfírica e fanerítica. Possui fenocristais de microclínio e quartzo.

MICROSCOPIA

Estruturas/Texturas:

Rocha de estrutura isotrópica com porções anisotrópicas, marcadas pela orientação de minerais máficos, e textura fina a média, holocristalina, hipidiomórfica, inequigranular e granulação fina a média.

Composição modal estimada visualmente (%):

Oligoclásio (30%); Microclínio (27%); Quartzo (30%); Biotita (8%); Hornblenda (4%); Titanita (1%); Apatita (Tr); Zircão (Tr); Opacos (Tr).

Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O oligoclásio apresenta-se como cristais de dimensões entre 0,1 e 1,6 mm, formato subédrico granular, contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o quartzo), geminação do tipo albita, feições mimerquíticas e inclusões de titanita, feldspato e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação e são caracterizados por saussuritização e epidotização.

O microclínio ocorre com dimensões entre 0,2 e 2 mm, formato euédrico a subédrico e contatos retilíneos. Exibem ainda geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas e mimerquíticas, e inclusões de plagioclásio, quartzo, zircão, biotita, titanita e feldspato. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

Os grãos de quartzo possuem 0,1 a 0,5 mm, são subédricos, com contatos poligonais e anastomosados (principalmente com o oligoclásio). Apresenta extinção ondulante e inclusões de titanita, zircão e minerais opacos.

A biotita ocorre como grãos de dimensões entre 0,3 e 1 mm, com formato de lamelas irregulares e subédricas, pleocroísmo variando entre tons de bege a marrom esverdeado. Apresenta inclusões de titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração caracteriza-se por cloritização.

A hornblenda ocorre como grãos de dimensões próximas a 0,3 mm. Apresenta cristais subédricos, hábito prismático ou granular, forte pleocroísmo, variando de verde a

tons amarronzados. Associa-se à biotita e titanita.

A titanita ocorre como grãos de aproximadamente 0,2 mm, euédricos e de hábito losangular.

Ocorrem como minerais traço, apatita, zircão e minerais opacos. A apatita apresenta-se como cristais de 0,2 e 0,4 mm, euédricos, prismáticos, com hábito granular a tabular e pleocroísmo na coloração cinza clara. O zircão ocorre como cristais de dimensões próximas a 0,1 mm, euédricos, hábito granular e com halos de corrosão bem definidos. Os minerais opacos ocorrem como grãos de até 0,7 mm, que possuem formato irregular e granular, caráter subédrico a euédrico.

Classificação da Rocha:

Biotita monzogranito com hornblenda porfirítico

Amostra/Lâmina: SM-15

MACROSCOPIA

Rocha de coloração cinza escura a clara e rósea, granulação média a grossa, estrutura maciça e textura porfirítica a inequigranular e fanerítica. Possui grandes fenocristais de microclínio (2 a 5 cm). Observa-se cristais de quartzo de coloração vermelha, resultante de impregnação por óxidos de ferro.

MICROSCOPIA

Estruturas/Texturas:

Rocha de estrutura isotrópica, holocristalina, hipidiomórfica, inequigranular e granulação média a grossa.

Composição modal estimada visualmente (%):

Oligoclásio (30%); Microclínio (28%); Quartzo (30%); Biotita (6%); Hornblenda (5%); Titanita (1%); Apatita (Tr); Zircão (Tr); Opacos (Tr).

Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O oligoclásio apresenta-se como cristais de majoritariamente 0,5 mm, mas podem chegar a 1,2 mm. Possuem formato subédrico granular, contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o quartzo), geminação do tipo albita, feições mimerquíticas e inclusões de titanita, feldspato e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação e são caracterizados por saussuritização e epidotização.

O microclínio ocorre como cristais de dimensões entre 0,3 e 1,5 mm, formato euédrico a subédrico e contatos retilíneos. Exibem geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas e mimerquíticas, e inclusões de quartzo, zircão, biotita, titanita. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

Os grãos de quartzo possuem 0,1 a 1 mm, são subédricos, com contatos poligonais e anastomosados (principalmente com o oligoclásio). Apresenta extinção ondulante e inclusões de titanita, zircão e minerais opacos.

A biotita ocorre como grãos de majoritariamente 0,5 mm, podendo chegar a 1,2 mm. Possuem formato de lamelas irregulares e subédricas, pleocroísmo variando entre tons de bege a marrom esverdeado. Apresenta inclusões de titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração caracteriza-se por cloritização.

A hornblenda ocorre como grãos de dimensões próximas a 0,5 mm, mas podem chegar a 1,5 mm. Apresenta cristais subédricos, hábito prismático ou granular, forte pleocroísmo, variando de verde a tons amarronzados. Associa-se à biotita e titanita.

A titanita ocorre como grãos com dimensões entre 0,1 e 0,2 mm, euédricos e de hábito losangular.

Classificados como minerais traço, a apatita apresenta-se como cristais de no máximo 0,2 mm, com formato euédrico e hábito granular; o zircão ocorre como cristais de dimensões próximas a 0,1 mm, euédricos, hábito granular e com halos de corrosão bem definidos; e os minerais opacos ocorrem como grãos de 0,1 a 0,3 mm, que possuem formato irregular e granular, caráter subédrico a euédrico.

Classificação da Rocha:

Hornblenda-biotita monzogranito porfirítico

Amostra/Lâmina: SM-19

MACROSCOPIA

Rocha de coloração cinza clara a escura e rósea, granulação média a grossa, estrutura maciça e textura porfírica a inequigranular e fanerítica. Possui fenocristais de microclínio (1 a 3 cm).

MICROSCOPIA

Estruturas/Texturas:

Rocha de estrutura isotrópica, holocristalina, hipidiomórfica, inequigranular e granulação média a grossa.

Composição modal estimada visualmente (%):

Oligoclásio (35%); Microclínio (30%); Quartzo (25%); Biotita (4%); Hornblenda (4%); Titanita (2%); Apatita (Tr); Zircão (Tr); Opacos (Tr).

Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O oligoclásio apresenta-se como cristais de majoritariamente 0,5 mm, mas podem chegar a 1,2 mm. Possuem formato subédrico granular, contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o quartzo), geminação do tipo albita, feições mimerquíticas e inclusões de titanita, feldspato e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação e são caracterizados por saussuritização e epidotização.

O microclínio ocorre como cristais de dimensões entre 0,3 e 1,5 mm, formato euédrico a subédrico e contatos retilíneos. Exibem geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas e mimerquíticas, e inclusões de quartzo, zircão, biotita, titanita. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

Os grãos de quartzo possuem 0,1 a 1 mm, são subédricos, com contatos poligonais e anastomosados (principalmente com o oligoclásio). Apresenta extinção ondulante e inclusões de titanita, zircão e minerais opacos.

A biotita ocorre como grãos de majoritariamente 0,5 mm, podendo chegar a 1,2 mm. Possuem formato de lamelas irregulares e subédricas, pleocroísmo variando entre tons de bege a marrom esverdeado. Apresenta inclusões de titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração caracteriza-se por cloritização.

A hornblenda ocorre como grãos de dimensões próximas a 0,5 mm, mas podem

chegar a 1,5 mm. Apresenta cristais subédricos, hábito prismático ou granular, forte pleocroísmo, variando de verde a tons amarronzados. Associa-se à biotita e titanita.

A titanita ocorre como grãos com dimensões entre 0,1 e 0,2 mm, euédricos e de hábito losangular.

Classificados como minerais traço, a apatita apresenta-se como cristais de no máximo 0,2 mm, com formato euédrico e hábito granular; o zircão ocorre como cristais de dimensões próximas a 0,1 mm, euédricos, de hábito granular e com halos de corrosão bem definidos; e os minerais opacos ocorrem como grãos de 0,1 a 0,3 mm, que possuem formato irregular e granular, caráter subédrico a euédrico.

Classificação da Rocha:

Monzogranito com biotita e hornblenda porfirítico

Amostra/Lâmina: SM-20

MACROSCOPIA

Rocha de coloração cinza clara a escura, granulação fina, estrutura maciça e textura aplítica a equigranular.

MICROSCOPIA

Estruturas/Texturas:

Rocha de estrutura isotrópica, holocristalina, hipidiomórfica, equigranular e granulação fina.

Composição modal estimada visualmente (%):

Microclínio (30%); Oligoclásio (30%); Quartzo (25%); Biotita (5%); Allanita (Tr); Apatita (Tr); Titanita (Tr); Opacos (Tr).

Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O oligoclásio apresenta-se como cristais de 0,1 a 0,2 mm, podendo chegar a 0,8 mm. Possuem formato subédrico granular, contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o quartzo), geminação do tipo albita, feições mimerquíticas e inclusões de titanita, feldspato e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação e são caracterizados por saussuritização e epidotização.

O microclínio ocorre como cristais de 0,1 mm, podendo chegar a 0,6 mm, de formato euédrico a subédrico e contatos retilíneos. Exibem geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas e mimerquíticas, e inclusões de quartzo, zircão, biotita, titanita. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

Os grãos de quartzo possuem majoritariamente 0,1 mm, formato subédrico, com contatos poligonais e anastomosados (principalmente com o oligoclásio). Apresenta extinção ondulante e inclusões de titanita, zircão e minerais opacos.

A biotita ocorre como grãos de majoritariamente 0,2 mm. Possuem formato de lamelas irregulares, pleocroísmo variando entre tons de bege a marrom esverdeado. Apresenta contatos irregulares e inclusões de titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração é marcante e caracteriza-se por cloritização.

Classificados como minerais traço, a allanita ocorre como cristais euédricos de até 0,5 mm, com contatos retilíneos a irregulares, hábito prismático a granular e apresenta pleocroísmo variando entre amarelo, marrom e vermelho; a apatita ocorre

majoritariamente como inclusões na biotita, com cristais de no máximo 0,1 mm, euédricos, prismáticos, com hábito granular a tabular e pleocroísmo na coloração cinza clara; o zircão ocorre como cristais de dimensões próximas a 0,1 mm, euédricos, de hábito granular e com halos de corrosão bem definidos; e os minerais opacos ocorrem como grãos de 0,1 mm, que possuem formato irregular e granular e caráter subédrico.

Classificação da Rocha:

Biotita monzogranito fino

Amostra/Lâmina: SM-22

MACROSCOPIA

Rocha de coloração cinza clara a escura e rósea, granulação fina, estrutura maciça e textura equigranular e fanerítica.

MICROSCOPIA

Estruturas/Texturas:

Rocha de estrutura isotrópica, holocristalina, hipidiomórfica, inequigranular e granulação fina.

Composição modal estimada visualmente (%):

Oligoclásio (35%); Microclínio (34%); Quartzo (25%); Biotita (8%); Hornblenda (7%); Titanita (2%); Allanita (Tr); Apatita (Tr); Zircão (Tr); Opacos (Tr).

Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O oligoclásio apresenta-se como cristais de majoritariamente 0,2 mm, mas podem chegar a 1 mm. Possuem formato subédrico granular, contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o quartzo), geminação do tipo albita, feições mimerquíticas e inclusões de titanita, feldspato e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação e são caracterizados por saussuritização e epidotização.

O microclínio ocorre como cristais de dimensões próximas a 0,25 mm, formato euédrico a subédrico e contatos retilíneos. Exibem geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas e mimerquíticas, e inclusões de quartzo, zircão, biotita, titanita. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

Os cristais de quartzo possuem 0,1 a 1 mm, são subédricos, com contatos poligonais e anastomosados (principalmente com o oligoclásio). Apresenta extinção ondulante e inclusões de titanita, zircão e minerais opacos.

A biotita ocorre como grãos de majoritariamente 0,5 mm, podendo chegar a 1,2 mm. Possuem formato de lamelas irregulares e subédricas, pleocroísmo variando entre tons de bege a marrom esverdeado. Apresenta inclusões de titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração caracteriza-se por cloritização.

A hornblenda ocorre como grãos de dimensões próximas a 0,5 mm, mas podem chegar a 1,5 mm. Apresenta cristais subédricos, hábito prismático ou granular, forte

pleocroísmo, variando de verde a tons amarronzados. Associa-se à biotita e titanita.

A titanita ocorre como grãos com dimensões entre 0,1 e 0,2 mm, euédricos e de hábito losangular.

Classificados como minerais traço, a allanita ocorre como cristais euédricos de no máximo 0,5 mm, com contatos retilíneos a irregulares, hábito prismático a granular e apresenta pleocroísmo variando entre amarelo, marrom e vermelho; a apatita apresenta-se como cristais de no máximo 0,2 mm, com formato euédrico e hábito granular; o zircão ocorre como cristais de dimensões próximas a 0,1 mm, euédricos, hábito granular e com halos de corrosão bem definidos; e os minerais opacos ocorrem como grãos de 0,1 a 0,3 mm, que possuem formato irregular e granular, caráter subédrico a euédrico.

Classificação da Rocha:

Hornblenda-biotita monzogranito fino

Amostra/Lâmina: SM-25

MACROSCOPIA

Rocha de coloração cinza clara a escura e rósea, granulação média a grossa, estrutura maciça e textura porfirítica a inequigranular e fanerítica. Possui grandes fenocristais de microclínio (2 a 6 cm) e cristais de quartzo com coloração azulada.

MICROSCOPIA

Estruturas/Texturas:

Rocha de estrutura isotrópica, holocristalina, hipidiomórfica, inequigranular e granulação média a grossa.

Composição modal estimada visualmente (%):

Microclínio (35%); Oligoclásio (30%); Quartzo (31%); Biotita (4%); Titanita (Tr); Apatita (Tr); Zircão (Tr); Opacos (Tr).

Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O microclínio ocorre como grandes cristais de 1 a 6 mm, formato euédrico a subédrico e contatos retilíneos a irregulares. Exibem geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas e mimerquíticas, e inclusões de oligoclásio, quartzo, zircão, biotita, titanita. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

O oligoclásio apresenta-se como cristais de majoritariamente 0,5 mm, mas podem chegar a 1,2 mm. Possuem formato subédrico granular, contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o quartzo), geminação do tipo albita, feições mimerquíticas e inclusões de oligoclásio e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação e são caracterizados por saussuritização.

Os grãos de quartzo possuem 0,1 a 0,4 mm, são subédricos, com contatos poligonais e anastomosados (principalmente com o oligoclásio). Apresenta extinção ondulante e inclusões de titanita, zircão e minerais opacos.

A biotita ocorre como grãos de majoritariamente 0,3 mm, podendo chegar a 1 mm. Possuem formato de lamelas irregulares e subédricas, pleocroísmo variando entre tons de bege a marrom esverdeado. Apresenta inclusões de hornblenda, titanita, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração caracteriza-se por cloritização.

A hornblenda e a apatita ocorrem como inclusões na biotita. A hornblenda apresenta-se como grãos de dimensões próximas a 0,1 mm, subédricos, hábito granular,

forte pleocroísmo, variando de verde a tons amarronzados. Os cristais de apatita são granulares a tabulares e possuem até 0,1 mm.

Classificados como minerais traço, a titanita ocorre como grãos com dimensões entre 0,1 e 0,3 mm, euédricos e de hábito losangular; a apatita ocorre majoritariamente como inclusões na biotita, com cristais de no máximo 0,1 mm, euédricos, prismáticos, com hábito granular a tabular e pleocroísmo na coloração cinza clara;; o zircão ocorre como cristais de dimensões de no máximo 0,1 mm, euédricos, de hábito granular, com halos de corrosão bem definidos e normalmente ocorrem como inclusões; e os minerais opacos ocorrem como grãos de majoritariamente 0,2 mm, mas podendo chegar a 1 mm, que possuem formato irregular e granular, caráter subédrico a euédrico, normalmente resultado da alterações de outros minerais, como biotita e hornblenda.

Classificação da Rocha:

Monzogranito com biotita porfirítico

Amostra/Lâmina: SM-29

MACROSCOPIA

Rocha de coloração cinza escura e rósea, granulação média, estrutura maciça e textura porfírica e fanerítica. Possui fenocristais de microclínio e quartzo.

MICROSCOPIA

Estruturas/Texturas:

Rocha de estrutura isotrópica com porções anisotrópicas, marcadas pela orientação de minerais máficos, e textura fina a média, holocristalina, hipidiomórfica, inequigranular e granulação fina a média.

Composição modal estimada visualmente (%):

Oligoclásio (30%); Quartzo (23%); Microclínio (30%); Biotita (8%); Hornblenda (7%); Titanita (2%); Apatita (Tr); Zircão (Tr); Opacos (Tr).

Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O microclínio ocorre com dimensões entre 0,1 e 3 mm, formato subédrico e contatos retilíneos. Exibe ainda geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas, e inclusões de plagioclásio, quartzo, zircão, biotita, titanita e feldspato. Apresenta-se saussuritizado.

Os cristais de oligoclásio possuem formato subédrico granular, contatos retilíneos e irregulares, com dimensões próximas a 0,25 mm, podendo chegar a 1 mm. Apresenta geminação do tipo Albita e feições mimerquítica. As associações presentes envolvem titanita, feldspato e biotita e os padrões de alteração seguem o padrão de geminação do mineral, caracterizado por saussuritização e epidotização.

O quartzo apresenta-se como grãos de dimensões entre 0,1 e 0,4 mm, mas podem chegar a 1 mm. São majoritariamente anedrais e apresentam extinção ondulante e contatos poligonais e anastomosados. As inclusões presentes são de titanita, zircão e minerais opacos.

A biotita ocorre como palhetas e agregados irregulares, com dimensões predominantemente próximas a 0,5 mm, podendo chegar a 1 mm. Os cristais são subédricos, com contatos irregulares a retos e apresentam pleocroísmo variando entre tons de bege, marrom e marrom esverdeado. Associa-se com titanita, minerais opacos, hornblenda, apatita e zircão. Apresenta-se cloritizada.

A hornblenda ocorre como cristais de dimensões entre 0,15 e 0,25 mm, podendo chegar a 0,7 mm, e ocorre como cristais subédricos, de hábito prismático ou granular, com contatos irregulares. Exibe forte pleocroísmo, variando de verde claro e verde escuro, até tons amarronzados. Apresenta associações com biotita e titanita. Apresenta-se epidotizada, cloritizada e biotitizada.

A titanita ocorre como cristais euédricos, de hábito losangular, contatos retilíneos e dimensões entre 0,1 e 0,5 mm. Existem ainda ocorrências como agregados irregulares de até 0,3 mm. Associa-se a biotita e hornblenda.

Classificados como minerais traço, a apatita ocorre majoritariamente como inclusões na biotita, com cristais de 0,2 a 0,4 mm, euédricos, prismáticos, com hábito granular a tabular e pleocroísmo na coloração cinza clara; zircão ocorre como cristais de dimensões próximas a 0,1 mm, euédricos e de hábito prismático, gerando halo de corrosão bem definido. Associa-se a microclínio, quartzo e biotita; os minerais opacos têm dimensões de até 2 mm, mas principalmente 0,2 mm, formato irregular a granular e caráter subédrico a euédrico;

Classificação da Rocha:

Hornblenda-biotita monzogranito

Amostra/Lâmina: SM-33

MACROSCOPIA

Rocha de coloração cinza clara a escura e rósea, granulação média a grossa, estrutura maciça e textura porfirítica a inequigranular e fanerítica. Possui fenocristais de microclínio (1 a 3 cm) e cristais de quartzo com coloração azulada.

MICROSCOPIA

Estruturas/Texturas:

Rocha de estrutura isotrópica, holocristalina, hipidiomórfica, inequigranular e granulação média a grossa.

Composição modal estimada visualmente (%):

Oligoclásio (30%); Quartzo (30%); Microclínio (25%); Biotita (5%); Hornblenda (5%); Titanita (2%); Apatita (Tr); Zircão (Tr); Opacos (Tr).

Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O oligoclásio apresenta-se como cristais de majoritariamente 1 mm, mas podem chegar a 3 mm. Possuem formato subédrico granular, contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o quartzo), geminação do tipo albita, feições mimerquíticas e inclusões de titanita, feldspato e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação e são caracterizados por saussuritização e epidotização.

Os cristais de microclínio possuem dimensões entre 1 e 3 mm, formato euédrico a subédrico e contatos retilíneos. Exibem geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas e mimerquíticas, e inclusões de quartzo, biotita, titanita, hornblenda e minerais opacos. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

O quartzo apresenta-se como grãos de aproximadamente 1 mm, são subédricos, com contatos poligonais e anastomosados (principalmente com o oligoclásio). Apresenta extinção ondulante e inclusões de titanita, zircão e minerais opacos.

A biotita ocorre como grãos que não ultrapassam 1 mm. Possuem formato de lamelas irregulares e subédricas, pleocroísmo variando entre tons de bege a marrom esverdeado. Apresenta inclusões de titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração caracteriza-se por cloritização.

A hornblenda ocorre como grãos de dimensões próximas a 1 mm, mas podem

chegar a 2 mm. Apresenta cristais subédricos, hábito prismático ou granular, forte pleocroísmo, variando de verde a tons amarronzados. Associa-se à biotita, titanita e minerais opacos.

A titanita ocorre como grãos com dimensões de aproximadamente 0,2 mm, euédricos e de hábito losangular.

Classificados como minerais traço, a apatita apresenta-se como cristais de no máximo 0,2 mm, com formato euédrico e hábito granular; o zircão ocorre como cristais de dimensões próximas a 0,1 mm, euédricos, de hábito granular e com halos de corrosão bem definidos; e os minerais opacos ocorrem como grãos de 2 a 3 mm, que possuem formato irregular e caráter subédrico.

Classificação da Rocha:

Hornblenda-biotita monzogranito porfirítico

Amostra/Lâmina: SM-39

MACROSCOPIA

Rocha de coloração cinza escura e rósea, granulação média, estrutura maciça e textura porfírica a inequigranular e fanerítica. Possui fenocristais de microclínio (1 a 2 cm).

MICROSCOPIA

Estruturas/Texturas:

Rocha de estrutura isotrópica, holocristalina, hipidiomórfica, inequigranular e granulação média.

Composição modal estimada visualmente (%):

Oligoclásio (35%); Quartzo (30%); Microclínio (19%); Biotita (7%); Hornblenda (7%); Titanita (1%); Apatita (Tr); Zircão (Tr); Opacos (Tr).

Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O oligoclásio apresenta-se como cristais com dimensões entre 1 e 2 mm. Possuem formato subédrico granular, contatos retilíneos a anastomosados (principalmente com o quartzo), geminação do tipo albita, feições mimerquíticas e inclusões de titanita, microclínio e biotita. Os processos de alteração do mineral seguem os padrões de geminação e são caracterizados por saussuritização e epidotização.

Os grãos de quartzo possuem majoritariamente 1 mm, mas podem chegar a 2 mm. São granulares, subédricos, com contatos poligonais e anastomosados (principalmente com o oligoclásio). Apresenta extinção ondulante e inclusões de titanita, zircão e minerais opacos.

O microclínio ocorre como raros cristais de 2 mm, formato euédrico a subédrico e contatos retilíneos. Exibem geminação do tipo Carlsbad, feições pertíticas e mimerquíticas, e inclusões de oligoclásio, quartzo, zircão, biotita, titanita. O padrão de alteração caracteriza-se por saussuritização.

A biotita ocorre como grãos de majoritariamente 0,2 mm, podendo chegar a 1 mm. Possuem formato de lamelas irregulares e subédricas, pleocroísmo variando entre tons de bege a marrom esverdeado. Apresenta inclusões de titanita, hornblenda, apatita, zircão e minerais opacos. Seu processo de alteração caracteriza-se por cloritização.

A hornblenda ocorre como grãos de dimensões próximas a 0,1 mm, mas podem

chegar a 2 mm. Apresenta cristais subédricos, hábito prismático ou granular, forte pleocroísmo, variando de verde a tons amarronzados. Associa-se à biotita e titanita.

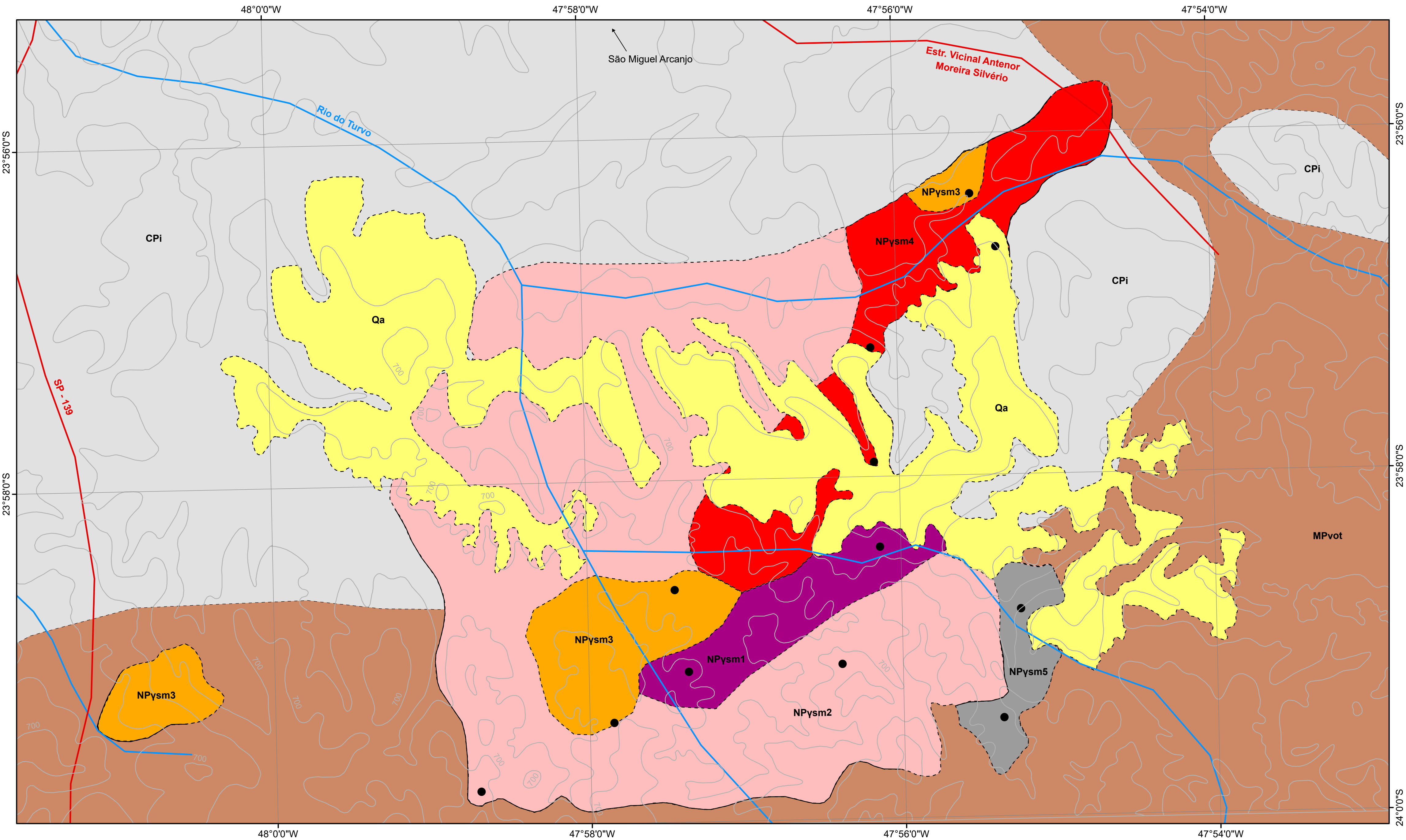
A titanita ocorre como grãos com dimensões entre 0,1 e 0,7 mm, euédricos e de hábito losangular.

Classificados como minerais traço, a apatita apresenta-se como cristais de no máximo 0,2 mm, com formato euédrico e hábito granular; o zircão ocorre como cristais de dimensões próximas a 0,1 mm, euédricos, de hábito granular e com halos de corrosão bem definidos; e os minerais opacos ocorrem como grãos de majoritariamente 0,3 mm, que possuem formato irregular e granular, caráter subédrico a euédrico.

Classificação da Rocha:

Hornblenda-biotita granodiorito

Anexo II – Mapa Geológico e Faciológico



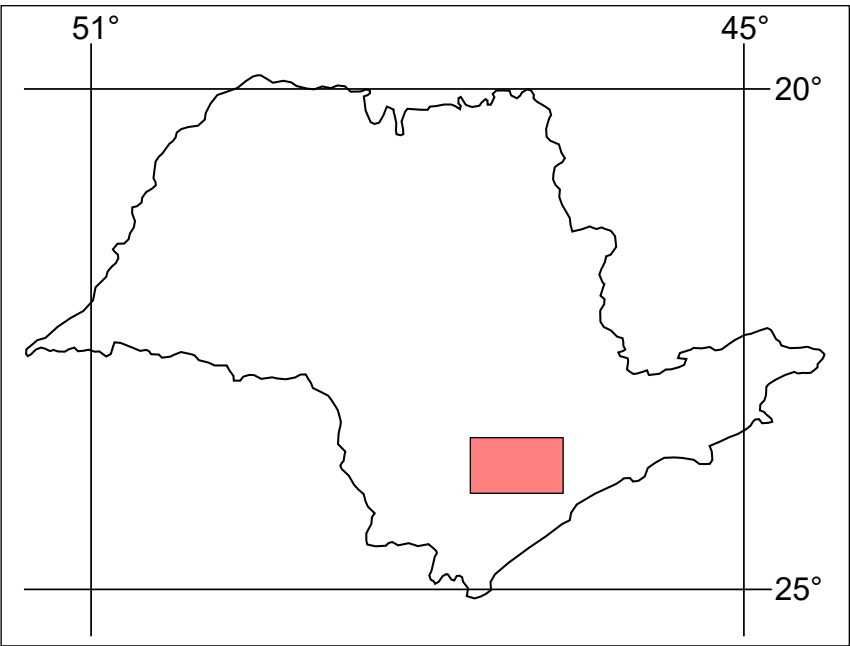
LEGENDA

CONVENÇÕES

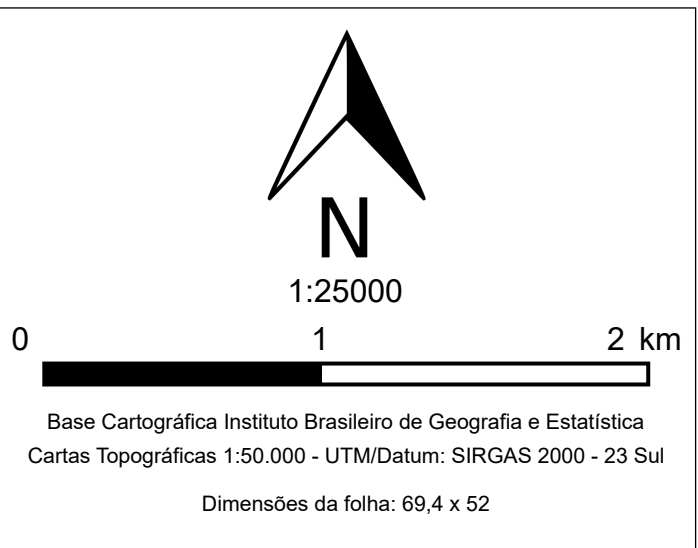
LOCALIZAÇÃO NO ESTADO

ARTICULAÇÃO DA ÁREA

Cenozoico	
Qa	Depósitos quaternários
Paleozoico	
CPI	Grupo Itararé Indiviso
Neoproterozoico	
Granito São Miguel Arcanjo	
NPysm5	Fácies 5 - Hornblenda-biotita monzogranito cinza fino
NPysm4	Fácies 4 - Monzogranito com biotita e hornblenda porfirítico
NPysm3	Fácies 3 - Hornblenda-biotita monzogranito porfirítico
NPysm2	Fácies 2 - Biotita monzogranito com hornblenda porfirítico
NPysm1	Fácies 1 - Biotita-hornblenda-quartzo monzonito a granodiorito
Mesoproterozoico	
Grupo Votuverava	
MPvot	Unidade terrígena



Itapetininga	Sarapuá	Salto de Pirapora
Gramadinho	São Miguel Arcanjo	Pilar do Sul
Taquaral	São José	Foz do Açungui



Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"
Campus Rio Claro
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Curso de Graduação em Geologia

Trabalho de Conclusão de Curso
Petrografia, litogeoquímica e química mineral das rochas graníticas do stock São Miguel Arcanjo, sul do estado de São Paulo

Aluna: Isabella Maria Wonsik Dalbello
Orientador: Antonio Misson Godoy

Apêndice II
Mapa geológico e faciológico
Rio Claro, 2024