



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**  
**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO E PETROGRAFIA DO  
METAGRANITOIDE BOM SUCESSO E DOS DIQUES  
DE METADIABÁSIO, NOROESTE DA SERRA DE  
BOM SUCESSO, MINAS GERAIS**

**VIKTOR SOUTO LOUBACK SILVEIRA**

**ORIENTADOR: Prof. CIRO ALEXANDRE ÁVILA**  
(Departamento de Geologia e Paleontologia – Museu Nacional – UFRJ)

**MARÇO, 2016**  
**RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

**CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO E PETROGRAFIA DO  
METAGRANITOIDE BOM SUCESSO E DOS DIQUES  
DE METADIABÁSIO, NOROESTE DA SERRA DE  
BOM SUCESSO, MINAS GERAIS**

**VIKTOR SOUTO LOUBACK SILVEIRA**

**APROVADA POR:**

---

**Dr. Ciro Alexandre Ávila**

---

**Dra. Eliane Guedes**

---

**Dr. Reiner Neumann**

**MARÇO, 2016  
RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL**

## FICHA CATALOGRÁFICA

**SILVEIRA, Viktor Souto Louback**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO E PETROGRAFIA DO METAGRANITOIDE BOM SUCESSO E DOS DIQUES DE DIABÁSIO, NOROESTE DA SERRA DE BOM SUCESSO, MINAS GERAIS.**

XVIII, 83p., 29,7 cm (Instituto de Geociências – Departamento de Geologia – UFRJ, Monografia de Graduação, 2011).

Monografia: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geologia.

- 1 – Granitoide Bom Sucesso
- 2 – Diques de diabásio
- 3 – Mapeamento geológico
- 4 – Petrografia
- 5 – Cráton São Francisco

I – IGEO/UFRJ

II – Título (série)

## RESUMO

**Silveira, V. S. L. Mapeamento Geológico e petrografia do metagranitoide Bom Sucesso e dos diques de metadiabásio, Noroeste da Serra de Bom Sucesso, Minas Gerais.** Ano 2016, XVIII, 83p. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

O presente trabalho tem como objetivo o estudo geológico dos litotipos que compõe o embasamento da porção noroeste da serra de Bom Sucesso, visando sua inserção no contexto evolutivo da borda meridional do cráton do São Francisco durante o arqueano. Para se alcançar o objetivo proposto foi realizado o mapeamento geológico na escala de 1:25.000 em uma área de cerca de 42 km<sup>2</sup> entre as cidades de Bom Sucesso, Ibituruna e São Tiago, bem como o estudo mineralógico e petrográfico dos principais litótipos.

A área estudada é representada pelos seguintes unidade: 1) Rochas metaultramáficas; 2) Ortognaisse granítico; 3) Metagranitoide Bom Sucesso; 4) Diques de metadiabásio; 5) Diques de metadiabásio porfirítico; 6) sequência metassedimentar da Serra de Bom Sucesso.

A rochas metaultramáficas são compostas por xistos e filitos ultramáficos bastante deformados e alterados, ocorrendo em apenas dois pequenos corpos na área. Sugere-se que estas corresponderiam a prováveis porções desmembradas do maciço ultramáfico do Morro das Almas, que aflora nas proximidades.

O ortognaisse granítico é caracterizado por seu bandamento e estrutura gnáissica, sendo subdividido em seis litótipos diferentes: 1) Metagranitoide de granulação média, esbranquiçado, hololeucocrático, levemente foliado, equigranular e de composição granítica. 2) Metagranitoide de granulação fina, branco acinzentado, leucocrático, fortemente foliado, equigranular e de composição granodiorítica. 3) Metagranitoide de granulação média a grossa, branco acinzentado, leucocrático, insipientemente foliado, equigranular e de composição tonalítica. 4) Anfibolito de granulação fina a média, esverdeado a cinza e foliado. 5) Pegmatitos de granulação grossa a muito grossa, brancos e homogêneos. 6) Gnaisse leucocrático com cor cinza clara, fortemente foliado e com a presença de níveis feldspáticos e de níveis salpicados em biotita. Pelas suas características e pela proximidade dos seus principais afloramentos com o ortognaisse São Tiago, sugere-se uma possível correlação entre os mesmos.

O metagranitoide Bom Sucesso varia de hololeucocrático a leucocrático, de médio a grosso e de equigranular a porfirítico com fenocristais de feldspato de até 2,5 cm que encontram-se alinhados segundo uma direção preferencial, que pode ser devido a fluxo

magmático ou a deformação. Suas rochas são compostas por quartzo, plagioclásio, microclina e biotita, enquanto os minerais acessórios e secundários correspondem a allanita, zircão, apatita, titanita<sub>1</sub>, minerais opacos, galena, monazita, thorogummita, epidoto, clinzoisita, zoisita, biotita<sub>2</sub>, titanita<sub>2</sub>, sericita, carbonato e clorita. É cortado por veios felsicos e pegmatitos, que podem apresentar bordas retilíneas e contatos bem definidos ou bordas irregulares e contatos difusos, bem como possui diversos tipos de enclaves. Sua composição varia de granodiorítica até sienogranítica com um pequeno *gap* no campo monzogranítico, que pode estar associada a uma graduação composicional e textural. A partir das suas principais características pode-se sugerir que este seria compatível com o magmatismo potássico tardio, que foi amplamente desenvolvido nos complexos metamórficos arqueanos entre 2750 e 2700 Ma.

Os diques de metadiabásio ocorrem na forma de vários blocos *in situ* que normalmente estão alinhados e cuja espessura pode alcançar até algumas dezenas de metros e comprimento de até alguns quilômetros. Possuem direção preferencial NE-SW, porém foram identificados três corpos com a orientação NW-SE. A textura predominantemente é equigranular fina a média, isotrópica ou foliada, enquanto raras amostras possuem textura porfirítica com fenocristais de feldspato tabulares e alongados. A mineralogia desses corpos é representada por hornblenda, plagioclásio, epidoto, zoisita, quartzo, titanita, apatita, zircão, minerais opacos, barita, calcopirita, ilmenita, pirita e zircão. Sugere-se que poderiam estar relacionados a um processo de quebra do paleocontinente no final do arqueano ou a um magmatismo com idade próxima a 1,71 Ga, semelhantemente ao caracterizado na região próxima a Pará de Minas.

O dique de metadiabásio porfirítico ocorrem na forma de blocos *in situ*, que podem estar alinhados ou não, alcançando espessura de até algumas dezenas de metros e comprimento na ordem de metros. É intrusivo no metagranitoide Bom Sucesso e composto por fenocristais de plagioclásio imersos numa matriz fina a média, de coloração verde escura, composta principalmente de plagioclásio e anfibólio. Os fenocristais apresentam ampla variação no tamanho, na forma (desde tabular até circular) e na percentagem, podendo compor de 3% até 90% da rocha.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha avó Elce Souto por me amar incondicionalmente e por todo apoio e empenho, sem o qual não me tornaria geólogo.

Ao meu avô José Louback por sempre acreditar em mim.

Aos meus pais Robson e Alessandra pela compreensão e ajuda e por sempre torcerem por mim.

Ao amigo e prof. Ciro Ávila pelo conhecimento e paciência.

A minha namorada Daniely Paggý por estar ao meu lado e me apoiar sempre.

Ao amigo Estevão Cruzick que ensinou que as pessoas devem ser felizes acima de tudo.

Aos amigos Gustavo Mendes, Daniel West, Rhenan Braun, Bruna Rabelo e Thayla Almeida que tornaram a graduação um período muito mais alegre.

## SUMÁRIO

	Pág.
<b>CAPA</b>	<b>I</b>
<b>CONTRA CAPA</b>	<b>II</b>
<b>FICHA CATALOGRÁFICA</b>	<b>III</b>
<b>RESUMO</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>V</b>
<b>SUMÁRIO</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>VIII</b>
<b>1 – INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2 – OBJETIVOS E COMO ALCANÇÁ-LOS</b>	<b>2</b>
<b>3 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO</b>	<b>3</b>
<b>4 – MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO</b>	<b>5</b>
<b>5 – NOMECLATURA ADOTADA PARA OS LITÓTIPOS</b>	<b>8</b>
<b>6 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL</b>	<b>11</b>
6.1 – CRÁTON DO SÃO FRANCISCO	11
6.2 – COMPLEXOS METAMÓRFICOS ARQUEANOS	12
6.3 – GREENSTONE BELT RIO DAS VELHAS	14
6.4 – GRANITOS POTÁSSICOS TARDIOS	15
6.5 – SUPERGRUPO MINAS	16
6.6 – CINTURÃO MINEIRO	18
<b>7 – COMENTÁRIOS DE TRABALHOS PRÉVIOS</b>	<b>21</b>
<b>8 – GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA</b>	<b>25</b>
8.1 – INTRODUÇÃO	25
8.2 – ROCHAS METAULTRAMÁFICAS	28
8.3 – ORTOGNNAISSE GRANÍTICO	31
8.3.1 - FEIÇÕES DE CAMPO	31
8.3.1 - PETROGRAFIA	34
8.4 – METAGRANITOIDE BOM SUCESSO	40
8.4.1 – FEIÇÕES DE CAMPO	40
8.4.2 – PETROGRAFIA	46
8.4.3 – METAMORFISMO	54
8.4.4 – CATODOLUMINESCÊNCIA	55
8.4.5 – MEV-EDS	57
8.5 – DIQUES DE METADIABÁSIO	62
8.5.1 – FEIÇÕES DE CAMPO	62
8.5.2 – PETROGRAFIA	62
8.5.3 – CATODOLUMINESCÊNCIA E MEV-EDS	69
8.6 – DIQUES DE METADIABÁSIO PORFIRÍTICO	74
8.6.1 – FEIÇÕES DE CAMPO	74
8.6.2 – PETROGRAFIA	75
<b>9 – DISCUSSÕES E CONCLUSÕES</b>	<b>78</b>
<b>10 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
<b>Tabela 1</b> – Listagem das lâminas petrográficas confeccionadas com o respectivo tipo litológico.	6
<b>Tabela 2</b> – Roteiro para descrição de lâminas petrográficas.	7
<b>Tabela 3</b> - Subdivisão textural de rochas ígneas segundo a proposta de Williams <i>et al.</i> (1970).	8
<b>Tabela 4</b> - Granulação adotada a partir do tamanho dos cristais (Williams <i>et al.</i> , 1970).	9
<b>Tabela 5</b> - Índice de cor segundo a classificação de Le Maitre (2002) para rochas ígneas.	9
<b>Tabela 6</b> - Nomenclatura dos tipos de enclaves de acordo com Didier & Barbarin (1991).	9
<b>Tabela 7</b> – Estimativa modal a partir de cinco visadas da mineralogia das lâminas estudadas dometagranitoide Bom Sucesso	47
<b>Tabela 8</b> - Composição química por MEV-EDS dos grãos de plagioclásio do metagranitoide Bom Sucesso.	59
<b>Tabela 9</b> - Composição química por MEV-EDS de cristais de feldspato potássico do metagranitoide Bom Sucesso.	60
<b>Tabela 10</b> - Composição química por MEV-EDS de diversos grãos de plagioclásio dos diques de metadiabásio.	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> - Articulação geográfica da área de estudo em relação às folhas topográficas do IBGE na escala 1:50.000 no estado de Minas Gerais. Destaca-se, em vermelho, a localização da área mapeada.	3
<b>Figura 2</b> - Principais vias de acesso até a área estudada, destacado, em amarelo, a área mapeada.	4
<b>Figura 3</b> – Localização detalhada da área estudada (em vermelho) com as principais cidades.	4
<b>Figura 4</b> - Diagrama QAP de Streckeisen (1976) utilizado para a classificação das rochas ígneas plutônicas com índice de cor inferior a 90%. 1a- Quartzolito (silexito); 1b- Granitoide rico em quartzo; 2- Álcali-feldspato granito; 3a- Sienogranito; 3b- Monzogranito; 4- Granodiorito; 5- Tonalito; 6*- Quartzo álcali-feldspato sienito; 7*- quartzo sienito; 8*- Quartzo monzonito; 9*- Quartzo monzodiorito/Quartzo monzogabro; 10*- Quartzo diorito/Quartzo gabro/Quartzo anortosito; 6- Álcali-feldspato sienito; 7- Sienito; 8- Monzonito; 9- Monzodiorito/Monzogabro; 10- Diorito/gabro/anortosito.	8
<b>Figura 5</b> - Forma atual do cráton do São Francisco e suas faixas marginais (Alkmim, 2004).	11
<b>Figura 6</b> - Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero com idades U-Pb de ortognaisse e de rochas granitoides relevantes (Lana <i>et al.</i> , 2013).	13
<b>Figura 7</b> – Modelo de evolução tectônica da crosta TTG arqueana no Quadrilátero Ferrífero. (A–B) esse segmento cresceu devido à adição de magmas TTG's juntamente com material do <i>greenstone belts</i> . (C) O magma TTG é resultante da fusão parcial da base da crosta Rio das Velhas I com metamorfismo de alto grau e <i>emplacement</i> de TTG's do evento Rio das Velhas II (Lana <i>et al.</i> , 2013).	13
<b>Figura 8</b> – Coluna estratigráfica do Supergupo Rio das Velhas (Alkmim & Noce, 2006).	14
<b>Figura 9</b> – Evolução esquemática da borda meridional do cráton do São Francisco no neoarqueano (Romano <i>et al.</i> , 2013). (A) Deposição do Supergupo Rio das Velhas concomitantemente ao <i>emplacement</i> de corpos mais novos entre 2780–2770 Ma. (B) <i>Emplacement</i> de granitos potássicos entre 2750–2700 Ma., deformação do Supergupo Rio das Velhas e diferenciação da crosta. (C) erosão da crosta superior e deposição do Supergupo Minas.	15
<b>Figura 10</b> - Coluna estratigráfica dos Supergrupos Rio das Velhas e Minas modificada de Alkmin & Noce (2006) a partir da inclusão do cinturão Mineiro e separação do Grupo Sabará (Ávila <i>et al.</i> , 2014).	17
<b>Figura 11</b> - Modelo evolutivo do Quadrilátero Ferrífero durante o	9

**Figura 12** - Modelo de evolução por acreção de arcos para o Cinturão Mineiro (Ávila *et al.* 2010).

20

**Figura 13** – Mapa geológico de Quéméneur & Baraud (1983).

21

**Figura 14** - Mapa geológico da porção norte da Serra de Bom Sucesso e perfil de detalhe AB (Neri *et al.*, 2013). 1: Foliação principal (S1); 2: Contato litológico; 3: Falha de empurrão; 4: Falha normal; 5: Falha de alto ângulo; 6: Perfil; 7: Contato cisalhado; 8: Granito Tabuões 9: Unidade Tabuãozinho; 10: Unidade Formação Ferrífera Bandada Bom Sucesso; 11: Unidade Lagoa da Prata; 12: *Greenstone Belt* Rio das Mortes; 13: Meta-anortosito; 14: Granito Bom Sucesso; 15: Anfibolito; 16: Gnaisse.

23

**Figura 15** – Mapa geológico da borda meridional do cráton do São Francisco mostrando a crosta arqueana dos complexos metamórficos, o cinturão Mineiro e a serra de Bom Sucesso que corresponde a um prolongamento das rochas do Supergrupo Minas que afloram no Quadrilátero Ferrífero (Teixeira *et al.* 2015).

25

**Figura 16** – Imagem de aeromagnetometria gerada a partir do levantamento aerogeofísico da CODEMIG (2000) destacando a área estudada em branco.

SB – Serra de Bom Sucesso – Ibituruna. ST – Ortognaissse granítico

São Tiago. LJ – Lineamento Jeceaba – Bom Sucesso. QF – Quadrilátero Ferrífero.

27

**Figura 17** – Blocos de clorita xisto alterados intempericamente e com foliação bem desenvolvida.

28

**Figura 18** – Saprolito da rocha metaultramáfica fortemente alterada intempericamente (parte vermelha) cortada por diversas injeções pegmatíticas de pequenas dimensões (parte branca), gerando uma feição semelhante ao um "migmatito de injeção".

28

**Figura 19** – Afloramento e blocos do talco-clorita xisto alterado intempericamente.

29

**Figura 20** – Amostra de clorita xisto com percolação de óxido de manganês.

29

**Figura 21** – Fotomicrografia do talco-clorita xisto mostrando grandes cristais de talco, percolação de óxido de ferro ao longo de fraturas entre os grãos e diversos minerais opacos com base quadrática. CL-Clorita, TC- talco.

30

**Figura 22** – Fotomicrografia do talco-clorita xisto mostrando cristais de clorita anédricos associados a talco. CL-Clorita, TC- talco.

30

**Figura 23** - Exposições do ortognaissse granítico. **Fig. 23A** - Bloco do ortognaissse mostrando a intercalação de bandas com granulação fina e bandas de granulação média e aspecto granítico. **Fig. 23B** - Lajedo de ortognaissse mostrando a estrutura gnáissica dada pela interação de um metagranitoide fino com aplitos graníticos. Todo o conjunto encontra-se fortemente deformado.

31

**Figura 24** – Afloramento mostrando os diferentes litótipos associados ao ortognaisse granítico. 1) Banda félsica granítica de granulação média. 2) Banda máfica de composição anfibolítica intercalada com nível félsico granodiorítico; 3) Banda félsicas tonalítica de granulação fina; 4) Banda máfica decomposição anfibolítica.

32

**Figura 25** – Diferentes litótipos presentes na unidade ortognaisse granítico.

A) Metagranitoide médio, equigranular, hololeucocrático, esbranquiçado e levemente foliado. B) Metagranitoide fino (seta indicando), equigranular, branco acinzentado, fortemente foliado e intercalado com veios pegmatíticos. C) Anfibolito de granulação fina a média, cinza esverdeado, foliado e composto principalmente de hornblenda e feldspato. Destaca-se a presença de um delgado veio quartzofeldspático dobrado em conjunto com o anfibolito. D) Pegmatito de granulação grossa (Peg), branco, hololeucocrático e homogêneo. Esse corpo trunca a estrutura gnáissica (Gn) da rocha.

33

**Figura 26** – Exposição do ortognaisse granítico mostrando intrusão pegmatítica discordante a foliação principal. 1) Banda félsica granítica de granulação média. 2) Banda félsica granodiorítica de granulação fina; 3) Veio pegmatítico discordante a foliação. 4) Banda máfica de composição anfibolítica.

34

**Figura 27** – Fotomicrografias do metagranitoide de granulação média e composição granítica. **Fig. 27A** – Textura heterogranular anédrica onde as faces da maioria dos grãos de quartzo e microclina são irregulares. Foliação evidenciada pela orientação do quartzo e feldspato. **Fig. 27B** – Fenocristal de microclina com geminação tartan e com inclusão de plagioclásio levemente sericitizado e com sobrecrecimento albítico na borda. **Fig. 27C** - Cristal de plagioclásio subédrico, levemente alterado para sericita, com faces irregulares e com reentrâncias evidenciando sua substituição por microclina. **Fig. 27D** - Cristal de plagioclásio anédrico, levemente alterado para sericita e com faces irregulares marcadas pela substituição pela microclina (círculo vermelho).

35

**Figura 28** – Fotomicrografias do metagranitoide de granulação média e composição granítica. **Fig. 28A** – Grão de allanita com hábito euédrico incluso na biotita e com sobrecrecimento de epidoto ao seu redor. Nicóis paralelos. **Fig. 28B** – Grão de allanita com hábito euédrico incluso na biotita e com sobrecrecimento de epidoto ao seu redor. Nicóis cruzados. **Fig. 28C** - Grão de biotita com faces irregulares provavelmente devido a reação com fluidos hidrotermais. **Fig. 28D** - Região recristalizada (círculo vermelho) com a formação de um mosaico de grãos muito finos de plagioclásio, microclina e quartzo.

36

**Figura 29** - Fotomicrografias do metagranitoide de granulação fina e composição granodiorítica. **Fig. 29A** - Fenocristal de plagioclásio subhédrico, com faces lobadas e borda recristalizada (círculo vermelho). **Fig. 29B** – Cristal de plagioclásio parcialmente substituído nas suas bordas por um mosaico de pequenos grãos de microclina (círculo vermelho). **Fig. 29C** - Textura equigranular dada pelo tamanho uniforme dos grãos de plagioclásio e quartzo. Foliação dada pela orientação dos grãos tabulares de biotita, enquanto o quartzo apresenta extensão ondulante. **Fig. 29D** - Substituição do plagioclásio pela microclina (círculo vermelho), onde o último mostra faces penetrativas no cristal de plagioclásio, inclusive com a formação de intercrescimento

11

mimerquítico. Destaca-se, ainda, a incipiente foliação dada pela orientação dos grãos de biotita.

37

**Figura 30** – Fotomicrografias do metagranitoide de granulação média/grossa e composição tonalítica. **Fig. 30A** - Aglomerado de grãos subhédricos de biotita imprimindo a foliação no litótipo e em contato com grão de plagioclásio levemente sericitizado. **Fig. 30b** - Textura equigranular dada pelo tamanho uniforme dos grãos de plagioclásio e quartzo. Destaca-se que o processo de sericitização processou-se principalmente entre os grãos de plagioclásio.

38

**Figura 31** – Aglomerado de biotita (Bi) + minerais opacos + titanita (Ti) + clorita (Cl). Pg= plagioclásio

**Figura 32** – Fotomicrografias do nível anfibolito mostrando cristal de actinolita com corona de epidoto no contato do anfibólito com grãos de plagioclásio. Observa-se no círculo destacado, que no contato do anfibólito com o quartzo não forma corona de epidoto. Destaca-se, ainda, a presença de inclusões de apatita na actinolita e pequenos sobrecreimentos de hornblenda (com cor de birrefrigênci escura) ao longo da direção de clivagem da actinolita. Ep: epidoto, Ap: apatita, Qtz: quartzo, Ti: titanita.

39

**Figura 33** – Fotomicrografias do gnaisse leucocrático tonalítico. **Fig. 33A** - Foliação dada pela orientação dos grãos de biotita e de quartzo. **Fig. 33B** - Cristais de plagioclásio extremamente alterados para sericita nas bordas e preservado no centro.

39

**Figura 34** – Principais formas de exposição do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 34A** - Lajados e/ou bloco de grande porte com forma irregular. **Fig. 34B** - Acumulação de blocos de pequeno porte com formas arredondadas.

40

**Figura 35** – Principais texturas observadas nas rochas do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 35A** - Textura equigranular média onde a grande maioria dos minerais apresentam o mesmo tamanho e as placas de biotita evidenciam uma incipiente foliação. **Fig. 35B** - Textura porfirítica com fenocristais de até 2 cm de feldspato em meio a uma matriz média composta de quartzo, feldspato e biotita.

41

**Figura 36** – Afloramento do metagranitoide Bom Sucesso onde destaca-se a presença da textura porfiríca com fenocristais de feldspato com tamanho homogêneo e orientados de forma caótica.

41

**Figura 37** – Fragmentos de rochas do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 37A** - Amostra homogênea onde é difícil de se observar a foliação presente. **Fig. 37B** - Amostra com incipiente foliação (paralela a direção da seta), que é dada pela orientação dos grãos de biotita e feldspato.

41

**Figura 38** – Feições observadas nas rochas do metagranitoide Bom Sucesso.

**Fig. 38A** - Corpo pegmatítico com cerca de 25 cm de largura e com contato retilíneo. **Fig. 38B** - Corpo com cerca de 5 cm de largura, marcado pela presença abundante de biotita e com contato difuso e irregular.

42

12

**Figura 39** – Feições secundárias no metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 39A** – Fratura preenchida com quartzo e epidoto em rocha da fácies porfirítica. **Fig. 39B** – Zona de cisalhamento destral centimétrica deslocando veio de quartzo no metagranitoide Bom Sucesso.

42

**Figura 40** – Enclaves no metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 40A** - Enclave máfico biotítico caracterizado pela presença de grãos maiores de biotita (círculo vermelho) e de uma borda de reação fina e biotítica (seta). **Fig. 40B** - Enclave máfico biotítico circular caracterizado pela presença de grãos maiores de biotita (círculo vermelho). **Fig. 40C** - Enclave máfico de granulação fina, composto principalmente por biotita e com a presença de grãos de feldspato (circulo vermelho).

43

**Figura 41** – Enclaves no metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 41A** - Enclave félscico fino porfirítico caracterizado pela presença de uma matriz de granulação fina e quartzo feldspática com rara biotita e fenocristais milimétricos de feldspato na borda (círculo vermelho). A cor mais escura neste enclave é devido ao feldspato se muito fino. **Fig. 41B** - Enclave félscico, circular e com cerca de 1m de uma rocha granítica-gnáissica mais fina, envolvido pelo metagranitoide Bom Sucesso fácies equigranular. **Fig. 41C** - Enclave félscico granítico onde a matriz é média e os fenocristas de feldspato (círculo vermelho) já alcançam cerca de 1,0 cm. Em relação ao enclave da Fig. 31A, a granulação da matriz é mais grossa e rica em biotita. **Fig. 41D** - Enclave félscico feldspático com forma irregular, bordas superiores com reentrâncias (demais contatos retos) e composto por feldspato e quartzo.

44

**Figura 42** – Orientação preferencial dos fenocristais de feldspato (direção do lápis) em um afloramento da fácies porfirítica do metagranitoide Bom Sucesso. Destaca-se a forma tabular da grande maioria dos cristais.

45

**Figura 43** – Orientação caótica dos fenocristais de feldspato em um afloramento da fácies porfirítica do metagranitoide Bom Sucesso. Destaca-se a forma tabular da grande maioria dos cristais.

45

**Figura 44** – Fotomicrografias das texturas do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 44 A** - Textura equigranular com predomínio de grãos levemente maiores de feldspato. **Fig. 44B** - Textura porfirítica com fenocristal euédrico, geminado e centimétrico de microclina imerso em uma matriz fina composta de quartzo, feldspato e biotita.

46

**Figura 45** – Diagrama QAP (Streckeisen, 1976) com a estimativa modal da mineralogia do metagranitoide Bom Sucesso. Campos: 1 - Granitóide rico em quartzo. 2 – Álcali-feldspato granito. 3a – Sienogranito. 3b – Monzogranito. 4 – Granodiorito. 5 – Tonalito/trondhjemito. 6 - Álcali-feldspato quartzo sienito. 7 – Quartzo sienito. 8 – Quartzo monzonito. 9 – Quartzo monzodiorito/quartzo monzogabro. 10 – Quartzo diorito/quartzo gabro. 11 – Álcali-feldspato sienito. 12 – Sienito. 13 – Monzonito. 14 – Monzodiorito/monzogabro. 15 – Diorito/gabro.

47

**Figura 46** – Fotomicrografia do metagranitoide Bom Sucesso mostrando aglomerado máfico representado por biotita (Bi) + minerais opacos + titanita (Ti) + clorita (Cl)

13

+ apatita, que possivelmente representaria um enclave máfico. Pg= plagioclásio. 48

**Figura 47** – Metagranitoide Bom Sucesso mostrando aglomerado máfico com a presença de dois grãos de hornblenda verde (círculos vermelho), que possivelmente representaria um enclave máfico.**Figura 48**

– Fotomicrografia de intercrescimento de minerais opacos. 48

**Figura 48** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 48A** - Cristal de microclina recristalizado formando um mosaico de grãos de granulação mais fina e com contatos poligonais. **Fig. 48B** – Cristal de plagioclásio alterado para sericita e com fácies corroída e penetrada pelo grão de microclina (círculo vermelho). 49

**Figura 49** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. Fig. 49A - Cristal de microclina com inclusões tabulares de plagioclásio (Pl) e plagioclásio sericitizado (Pl-Ser). Fig. 49B - Cristal de microclina com inclusões semi-circulares de quartzo (Qtz), plagioclásio (Pl), biotita (Bi) e mineral opaco (Op). 49

**Figura 50 – Figura 50** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. Fig. 508A - Cristal de plagioclásio com geminação polissintética reliquiaria e sobrecrecimento de albita na sua bordas (círculo vermelho). Fig. 50B – Cristal de plagioclásio bastante alterado em seu interior para sericita e com sobrecrecimento nas suas bordas para albita. 50

**Figura 51** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. Fig. 51A – Cristal de plagioclásio com geminação polissintética reliquiaria alterado no centro para carbonato . Fig. 51B – Contato entre cristais de plagioclásio e microclina o crescimento vermiforme de quartzo sob a forma de mimerquita. 50

**Figura 52** - Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. Fig. 52A - Cristal de quartzo deformado com vários sub-grãos exibindo extinção ondulante. Fig. 52B – Cristais de quartzo recristalizados e com contatos poligonais. 50

**Figura 53** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. Fig. 53A – Aglomerado de cristais tabulares de biotita<sub>1</sub> que marcam a foliação da rocha. Fig. 53B - Aglomerado de cristais alongados de biotita em associação com epidoto. 51

**Figura 54** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. Fig. 54A – Cristal de titanita primária com forma losangular parcialmente inclusa na biotita primária, que ocorre em grãos hipidiomórficos e com pleocroísmo marrom claro. Fig. 54B – Pequeno aglomerado de cristais de biotita onde a parte superior apresenta diversas inclusões (círculo vermelho acima), enquanto na parte inferior do aglomerado a biotita encontra-se intercrescida com o epidoto (círculo vermelho abaixo) apontando para uma gênese secundária. Detalhe para figuras 42C e D e para figura 43. 51

**Figura 55** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso mostrando grãos de biotita<sub>1</sub> subédricos com diversas inclusões euédricas de zircão (Zr) e apatita (Ap), apontando claramente para o caráter primário e magmático da biotita. As inclusões de zircão ocasionam a formação de halos pleocróicos na biotita. Nicóis cruzados e paralelos. 52

**Figura 56** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso mostrando aglomerado de cristais de biotita<sub>2</sub> que estão intimamente associados com epidoto,

gerando um intercrescimento em proporções quase que iguais. Essa feição aponta claramente para o aspecto secundário de parte da biotita desse metagranitoide.

52

**Figura 57** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. Fig. 57A – Cristais de titanita com formato granular e anédricos envolvendo minerais opacos, em uma feição tipicamente de caráter metamórfico. Fig. 57B – Cristais de titanita em associação com grão de zircão zonado e com apatita, que se desenvolve nas bordas de minerais opacos.

52

**Figura 58** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. Fig. 57A – Cristal de zircão euédrico com faces bem definidas, zonado e com possível núcleo herdado. Fig. 57B – Cristal de zircão euédrico, zonado com linhas claras e bege claras e inclusos no plagioclásio.

53

**Figura 59** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso mostrando cristal de allanita de cerca de 0,5 mm com corona muito fina de epidoto ao seu redor. Polarizadores cruzados e paralelos **Figura 60** – A) Fotomicrografia de matriz composta por anfibólito e plagioclásio; B) Fotomicrografia de intercrescimento de opacos com o anfibólito.

53

**Figura 60** - Fotomicrografia do metagranitoide Bom Sucesso. Fig. 60A - Cristal euédrico de allanita com diferentes cores de birrefrigência envolvido parcialmente por epidoto com cores de birrefringência anômala. Fig. 60B - Pequenos cristais de clorita com pleocroísmo verde substituindo parcialmente a biotita.

53

**Figura 61** - Fotomicrografia em catololuminescência de uma parte da lâmina NAZ-1-109 do metagranitoide Bom Sucesso mostrando minerais com luminescência distinta.

55

**Figura 62** - Fotomicrografia da lâmina NAZ-1-109 do metagranitoide Bom Sucesso onde os minerais mostram luminescência distintas, dentre os quais o plagioclásio (rosa), a microclina (azul) e o quartzo (preta a violeta fraca). Plag: plagioclásio; qtz: quartzo; kf: feldspato potássico.

55

**Figura 63** - Fotomicrografia da lâmina NAZ-1-109 do metagranitoide Bom Sucesso em catololuminescência com destaque para dois cristais de apatita com luminescência amarela limão, sendo que um grão apresenta formato alongado e o outro curto. ap: apatita.

56

**Figura 64** - Fotomicrografia da lâmina NAZ-1-109 do metagranitoide Bom Sucesso em catololuminescência mostrando um cristal de apatita (círculo branco) e um de zircão (círculo vermelho) com núcleo azul e borda branca, indicando um provável sobrecrecimento.

56

**Figura 65** - Foto-mosaicos de uma mesma lâmina por microscópia ótica com luz transmitida com os polarizadores cruzados (A) e paralelos (B).

57

**Figura 66** - Fotomicrografias em MEV do metagranitoide Bom Sucesso. Fig. 66A – Cristal de plagioclásio muito alterado com o crescimento de cristais tabulares e longados de sericita sobre o plagioclásio (análise 11) e sobrecrecimento de albita

15

nas suas bordas (análise 10). Análises: 9- microclina, 10- plagioclásio, 11- sericita, 12- albita. Fig. 66B – Cristal de plagioclásio muito alterado com a formação de caulinita em algumas regiões e de albita nas suas bordas. Análises: 4- microclina, 5- plagioclásio, 6- caulinita, 7- microclina, 8- albita.

58

**Figura 67** - Fotomicrografia em MEV do metagranitoide Bom Sucesso com um cristal de plagioclásio alterado para epidoto e sericita no centro e com inclusões de biotita e monazita nas bordas. 26- biotita; 27- monazita; 28- plagioclásio; 29- microclina; 30- epidoto.

58

**Figura 68** - Diagrama de classificação de feldspatos (Deer *et al.*, 1992) aplicado para os grãos de plagioclásio do metagranitoide Bom Sucesso.

59

**Figura 69** - Fotomicrografia em MEV de um cristal de feldspato potássico com inclusões circulares de quartzo. 1- microclina; 2- plagioclásio; 3- microclina; 4- quartzo.

60

**Figura 70** - Diagrama de classificação de feldspato (Deer *et al.*, 1992) para cristais de feldspato potássico do metagranitoide Bom Sucesso, sendo que a todas as análises plotaram no campo da microclina.

61

**Figura 71** - A) Fotomicrografia em MEV do metagranitoide Bom Sucesso. Fig. 71A - Cristal de allanita alterado, nota-se diferença na textura do mineral, o que implica em variação na composição química do cristal. 2- biotita; 3- allanita; 4- allanita; 5- biotita. Fig. 71B - Cristal de monazita com halo de alteração. 14- óxido de Th com ETR; 15- monazita; 16- monazite; 17- mineral de alteração com ETR.

61

**Figura 72** - Blocos *in situ* sub-arredondados e alinhados dos diques de metadiabásio.

62

**Figura 73** - Amostras dos diques de metadiabásio. Fig. 73A - Amostra equigranular média com textura isotrópica. Fig. 73B - Amostra equigranular média com foliação sutil marcada pela orientação dos minerais máficos. Fig. 73C - Amostra equigranular média fortemente deformada, inclusive com a formação de fitas máficas e félscicas. Fig. 73D – Amostra equigranular com fenocristal de plagioclásio com habito tabular.

63

**Figura 74** - Variação faciológica em amostras de um mesmo corpo com rocha de granulação fina a esquerda (relativa a borda do corpo) e rocha de granulação média a direita (do centro do corpo).

63

**Figura 75** - Fotomicrografias dos diques de metadiabásio. Fig. 75A e B - Grãos de anfibólito tabulares e prismáticos com duas modas de tamanho. Nicos cruzados e descruzados. Fig. 75C e D - Grãos de anfibólito alongados e orientados segundo a direção da foliação. Nicos cruzados e descruzados.

64

**Figura 76** - Fotomicrografias dos diques de metadiabásio mostrando grãos de anfibólito tabulares, poligonizados e com contato tríplice. Nicos cruzados e descruzados.

64

<b>Figura 77</b> - Fotomicrografias dos diques de metadiabásio mostrando antigo cristal de anfibólito com aspecto tabular retangular (círculo vermelho) recristalizado em um Mosaico de pequenos grãos poligonizados.	65
<b>Figura 78</b> - Fotomicrografia de dique de metadiabásio exibindo textura nematoblástica, caracterizada pela orientação dos grãos de anfibólito. Presença de grãos com dois tamanhos distintos, sendo o maior tabular e os menores poligonizados com o plagioclásio.	65
<b>Figura 79</b> - Fotomicrografias de grãos de anfibólito com raras <i>bleb's</i> de quartzo com forma sub-arredondada	66
<b>Figura 80</b> - Fotomicrografias do dique de metadiabásio. Fig. 80A - Grão de hornblenda verde substituída no centro e ao longo da sua clivagem (círculo vermelho) por um anfibólito incolor. Fig. 80B - Grão de hornblenda com birrefringência marrom substituída no centro e ao longo das suas clivagens por um anfibólito com cor de birrefringência azulada. Fig. 80C – Anfibólito incolor no centro substituindo hornblenda esverdeada e com o crescimento de epidoto ao longo do contato.	66
<b>Figura 81</b> - Fotomicrografia mostrando grãos de plagioclásio com contatos poligonizados e orientados segundo a direção da foliação.	67
<b>Figura 82</b> - Fotomicrografia do dique de metadiabásio. Fig. 82A - Grãos tabulares de apatita e irregulares de minerais opacos substituídos na borda por titanita. Ambos estão inclusos no plagioclásio. Fig. 82B - Inclusões aciculares e alongadas de apatita no plagioclásio.	67
<b>Figura 83</b> - Fotomicrografia do dique de metadiabásio mostrando cristais muitos pequenos interpretados como de zircão (círculo vermelho). Esses estão inclusos no anfibólito e geram halo pleocróico. Presença de plagioclásio alterado para minerais da família do epidoto (círculo branco).	68
<b>Figura 84</b> - Fotomicrografia de intercrescimento de minerais opacos, semelhantemente a forma de um esqueleto.	68
<b>Figura 85</b> - Fotomicrografia do dique de metadiabásio exibindo um cristal de plagioclásio fortemente alterado para epidoto e zoisita, porém ainda é possível de se observar a sua geminação polissintética reliquiar.	68
<b>Figura 86</b> - Fotomosaico de uma lâmina do dique de metadiabásio. Fig. 86A – Em luz transmitida com os polarizadores cruzados. Fig. 86B – Em luz transmitida com os polarizadores paralelos. Fig. 86C – Em catoluminescência.	69
<b>Figura 87</b> - Fotomicrografia em microscópio de luz transmitida de pequenas inclusões circulares, que lembravam <i>bleb's</i> de quartzo. <b>Figura 87B</b> – Fotomicrografia em MEV com análise de EDS dos pontos cinza escuros que eram de quartzo e corresponderiam a <i>bleb's</i> .	70
<b>Figura 88</b> - Fotomicrografia em catodoluminescência exibindo grãos com luminescência cor verde clara superpostos por mineral de luminescência verde limão.	
<b>Figura 88B</b> - Fotomicrografia em MEV com análises indicando que os grãos	

verde claros corresponderiam a labradorita e os verde limão a minerais da família do epidoto. Análise 15 - plagioclásio; 16 - epidoto; 17 - plagioclásio. 70

**Figura 89** - Diagrama de classificação de feldspato de baixa temperatura (Deer *et al.*, 1992) para cristais de plagioclásio dos diques de metadiabásio, onde todas as análises plotaram no campo da labradorita. 72

**Figura 90** - Fotomicrografia de minerais opacos. Fig. 19A - Fotomicrografia em luz transmitida mostrando minerais opacos sob a forma de um esqueleto. B) Fotomicrografia em MEV de intercrescimentos de ilmenita e titanita. 11- ilmenita; 12- ilmenita; 13- pirita; 14- titanita; 15- anfibólio; 16- plagioclásio; 17- anfibólio. 72

**Figura 91** - A) Fotomicrografia em catodoluminescência com anomalia azul; B) Fotomicrografia em MEV com análise indicando um cristal de zircão. 73

**Figura 92** - Blocos *in situ* de metadiabásio porfiríticos com ampla variação no tamanho e na percentagem dos fenocristais de feldspato. 74

**Figura 93** - Blocos *in situ* de metadiabásio porfiríticos. Fig. 93A - Amostra mostrando textura porfirítica seriada e fenocristais de plagioclásio. Fig. 93B - Fenocristal tabular de plagioclásio muito grande com cerca de 7 cm de comprimento. 75

**Figura 94** - Blocos *in situ* de metadiabásio porfiríticos. Fig. 94A – Percentual de fenocristais bastante elevado, podendo atingir cerca de 90%. Fig. 94B – Percentual de fenocristais intermediário, podendo atingir cerca de 20%. Fig. 94C – Percentual de fenocristais bastante baixo, podendo atingir cerca de 5%. 75

**Figura 95** - Bloco *in situ* de metadiabásio porfiríticos onde os fenocristais de feldspato estão fortemente deformados e estirados ao longo da direção de cisalhamento. 76

**Figura 96** - Fotomicrografia do dique de metadiabásio porfirítico. Fig. 96A - Fenocristal de plagioclásio com geminação de *Carlsbad* e possintética complexa. Fig. 96A - Fotomicrografia de fenocristal de plagioclásio com a presença de anfibólio ao longo de fraturas. 76

**Figura 97** - Fotomicrografia do dique de metadiabásio porfirítico. Fig. 97A – Fenocristais de feldspato com 1mm e matriz composta de hornblenda e plagioclásio. Fig. 97B – Minerais opacos de aspecto irregular associados ao anfibólio. 77

## 1- INTRODUÇÃO

O presente trabalho de final de curso objetiva contribuir para a compreensão da evolução dos eventos geológicos transcorridos na borda meridional do Cráton São Francisco, mais especificamente, sobre o plutonismo félscico interpretado na literatura como arqueano e os pulsos metamórficos que incidiram sobre a região.

A geologia da borda meridional do cráton do São Francisco começou a ser estudada em maior detalhe, a partir da década de 1920, resultando em trabalhos que agrupavam diferentes tipos de rochas em conjuntos litológicos maiores, relacionando os mesmos com os modelos existentes na época (Bastos & Erichsen, 1927; Quéméneur & Baraud, 1983). Entretanto, nas últimas décadas, o avanço do conhecimento geológico permitiu novas interpretações acerca da evolução das unidades arqueanas (Teixeira *et al.*, 1996, 1998) e paleoproterozoicas, principalmente daquelas relacionadas ao Cinturão Mineiro (Ávila, 2000; Ávila *et al.*, 2010, 2014). Porém a separação entre os corpos plutônicos arqueanos e paleoproterozoicos é por demais complexa e requer realização de mapeamento geológico de detalhe na escala de 1:25.000, que deve ser acompanhado da caracterização mineralógica, petrográfica, bem como pela utilização de ferramentas mais específicas, como a geoquímica isotópica e a geocronologia.

Neste contexto, a presente monografia destinou-se a caracterizar de forma mais detalhada a mineralogia e petrografia do metagranitoide Bom Sucesso e dos diques de metadiabásio intrusivos no mesmo. Estes litótipos afloram a noroeste do lineamento Jaceaba - Bom Sucesso, mais precisamente na região entre as cidades de Bom Sucesso, São Tiago e Ibituruna.

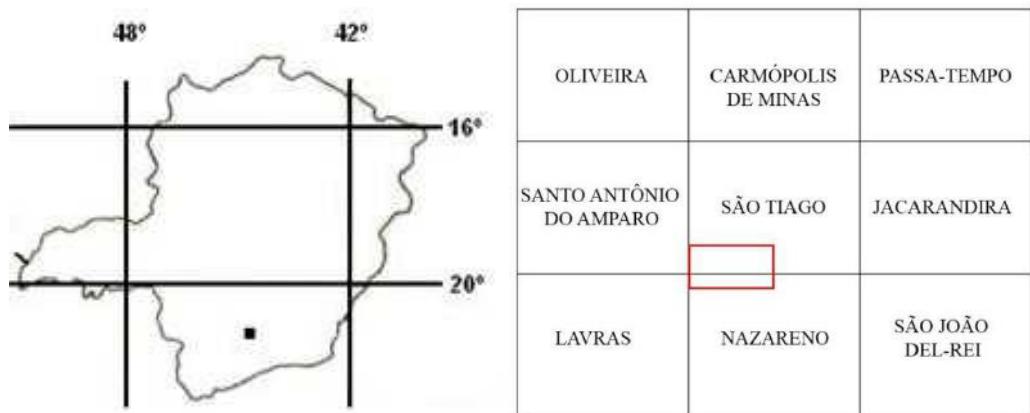
## 2 - OBJETIVOS E COMO ALCANÇÁ-LOS

O presente trabalho tem como objetivo o mapeamento geológico de uma área a noroeste do lineamento Jaceaba - Bom Sucesso, incluindo o estudo mineralógico e petrográfico do metagranitoide Bom Sucesso e dos diques de metadiabásio, que são intrusivos no mesmo. Para alcançar os objetivos propostos foram realizadas as seguintes etapas:

- 1) Mapeamento geológico de detalhe, na escala de 1:25.000, de uma área de cerca de 42 km<sup>2</sup> e definição das principais unidades geológicas da região, bem como o estabelecimento das relações temporais entre as mesmas;
- 2) Compilação e integração dos dados já obtidos pela equipe do projeto com aqueles oriundos das campanhas de estágio de campo III realizadas em 2014 e 2015;
- 3) Estudo petrográfico em luz transmitida das rochas do metagranitoide Bom Sucesso e dos diques de metadiabásio com a finalidade de se caracterizar a mineralogia primária e secundária, bem como texturas e feições reliquias;
- 4) Estudo de lâminas do metagranitoide Bom Sucesso e dos diques de metadiabásio em catodoluminescência, no intuito de se identificar feições e minerais com luminescência anômala;
- 5) Análise da química mineral de parte dos minerais essenciais e acessórios por meio de microscopia eletrônica de varredura com análise por espectroscopia de energia dispersiva (EDS);

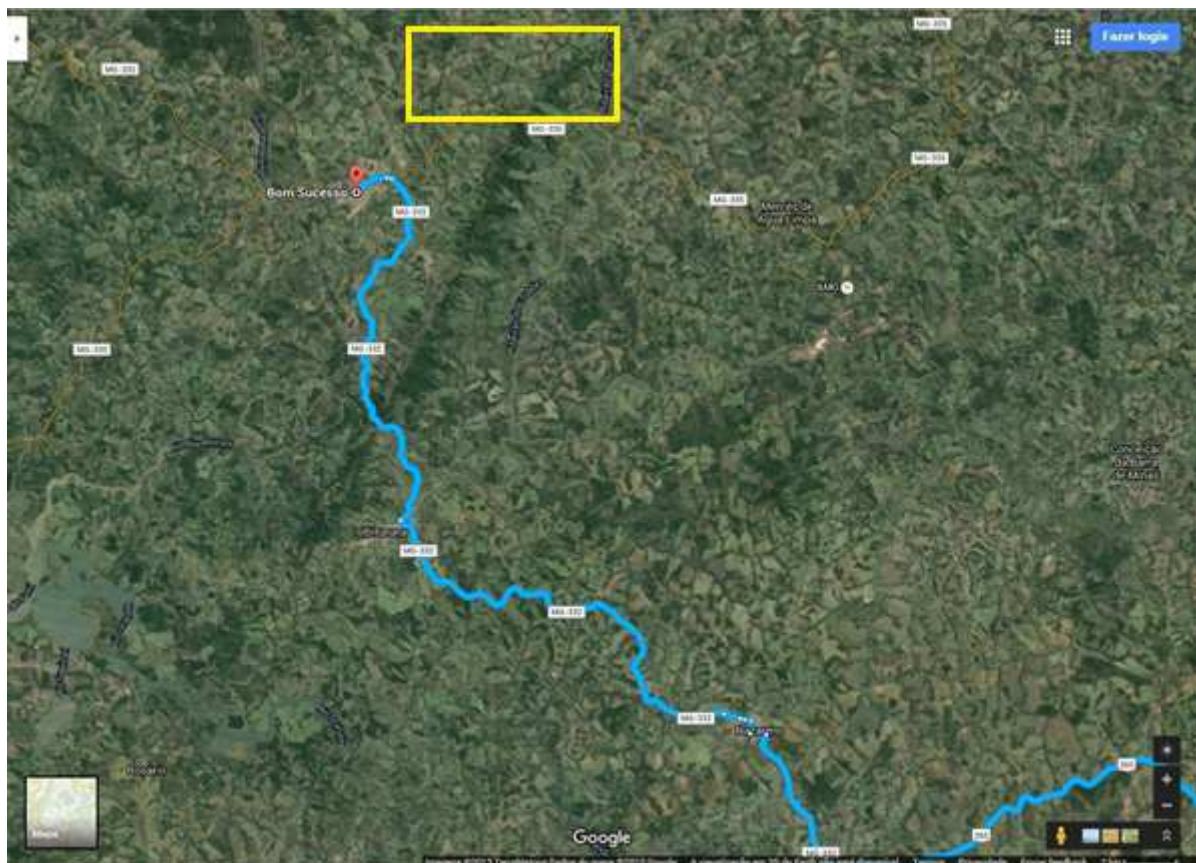
### 3 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área estudada está localizada na porção sudeste do estado de Minas Gerais, na região a nordeste da cidade de Bom Sucesso. Essa possui cerca de 42 km<sup>2</sup> e abrange a parte sudoeste da folha topográfica São Tiago e a porção noroeste da folha topográfica Nazareno (Figura 1), ambas do IBGE na escala de 1:50.000, sendo a mesma limitada pelas coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) 526000 a 536000 (N) e 7676000 a 7683000 (E), segundo o *Datum Córrego Alegre*.



**Figura 1** - Articulação geográfica da área de estudo em relação às folhas topográficas do IBGE na escala 1:50.000 no estado de Minas Gerais. Destaca-se, em vermelho, a localização da área mapeada.

Para se acessar a área estudada a partir do Rio de Janeiro, utiliza-se a BR-040 até a cidade de Barbacena (MG). Em seguida utiliza-se a BR-265 passando pelas cidades de Barroso, Tiradentes, São João del Rei e São Sebastião da Vitória, seguindo-se em direção a cidade de Lavras. Nesta estrada utiliza-se uma entrada a direita até a cidade de Nazareno (MG), fazendo-se posteriormente uso da MG-332, que passa pela cidade de Ibituruna e segue até a cidade de Bom Sucesso (Figura 2). A partir desta última cidade podem ser utilizadas diversas estradas vicinais não asfaltadas, principalmente aquelas que cruzam a Serra de Bom Sucesso e interligam a cidade de Bom Sucesso a Santo Antônio do Amparo e Mercês de Água Limpa (Figura 3).



**Figura 2** - Principais vias de acesso até a área estudada, destacado, em amarelo, a área mapeada.



**Figura 3** - Localização detalhada da área estudada (em vermelho) com as principais cidades.

#### 4 - MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO

A presente pesquisa envolveu a realização de quatro etapas (pré-campo, campo, laboratório e escritório), que serão descritas juntamente com os principais métodos de trabalho. Durante a etapa de pré-campo foi realizada uma busca bibliográfica envolvendo artigos, teses, dissertações e mapas sobre a geologia regional, bem como da área de estudo, visando a obtenção de um conhecimento prévio dos litótipos que seriam observados em campo, bem como dos modelos geotectônicos propostos. Também foi realizada a confecção dos mapas de campo e de escritório em escala (1:25.000) a partir da ampliação das folhas topográficas Nazareno e São Tiago, de escala 1:50.000. Essas foram obtidas no banco de dados do IBGE na forma vetorizada, sendo que os arquivos utilizados foram inseridos e trabalhados no *software* ArcGis ® (versão 10.2.2) objetivando a elaboração final dos mapas.

Com o uso do *software* Terra Incógnita foi realizada a coleta da imagem de satélite georreferenciada da área a ser estudada, no intuito de auxiliar a localização dos afloramentos, estradas, trilhas e vegetação, facilitando a definição do percurso a ser realizado durante o mapeamento geológico.

A etapa de campo foi dividida em duas campanhas, que totalizaram 9 dias, onde foram descritos 137 pontos geológicos, resultando numa área mapeada de 42 km<sup>2</sup>. Nessa etapa foram utilizados um GPS Garmin e-trex com o *datum* Córrego Alegre 23S, bússola Brunton Ecplise 70M declinada com 22°W, martelo petrográfico, marreta, lupa 10x e imã. Nesta fase, foram realizados procedimentos descritivos em cada ponto de interesse baseando-se na seguinte proposta: localização, tipo de afloramento, grau de intemperismo, dimensões, índice de cor, mineralogia, granulação, textura, estrutura, dados estruturais, tipo de contato, classificação da rocha, fotografia e coleta de amostras quando possível.

Na etapa de laboratório, as amostras coletadas no campo foram levadas para o Laboratório de Laminação do Museu Nacional (LLMN) para a confecção de lâminas petrográficas (**Tabela 1**), sendo que a maioria foi descrita em um microscópios Zeiss® Axioskop 40 do Laboratório de Mineralogia – Petrologia do Museu Nacional (LMP-MN), seguindo um roteiro pré-estabelecido (**Tabela 2**).

Ainda na etapa de laboratório foi efetuado o estudo de catodoluminescência no Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) utilizando um microscópio petrográfico Zeiss modelo Axioplan com sistema de captura de imagens MR5 acoplado a um sistema de catodoluminescência ótica CITL modelo MK5, platina CITL modelo TP5 e objetivas Zeiss® EC Epiplan Neofluar 5x e EC Epiplan Neofluar HD 10x. A corrente de emissão utilizada foi de 286 µA e a voltagem de 15,8 kV por um tempo de exposição de 2 segundos. As análises

foram realizadas com o objetivo de se observar minerais radioativos ou de elementos terras-raras ou feições com luminescência anômala, como halos de alteração ou metamictização. A análise é realizada inserindo uma lâmina petrográfica na câmara a vácuo do microscópio, sendo posteriormente ligado um feixe de elétrons, que ao incidir na superfície do mineral, faz com que o mesmo emita uma luminescência característica.

**Tabela 1** – Listagem das lâminas petrográficas confeccionadas com o respectivo tipo litológico.

<b>VL-01</b>	Metadiabásio	<b>VL-97A</b>	Metagranitoide
<b>VL-02</b>	Metagranitoide	<b>VL-97B</b>	Xenólito biotítico
<b>VL-07</b>	Metagranitoide	<b>VL-97C</b>	Xenólito granítico
<b>VL-11</b>	Metaultramáfica	<b>VL-97D</b>	Xenólito biotítico
<b>VL-12</b>	Metadiabásio	<b>VL-97E</b>	Metagranitoide
<b>VL-14</b>	Metadiabásio	<b>VL-97F</b>	Metagranitoide
<b>VL-16</b>	Metagranitoide	<b>VL-97G</b>	Xenólito granítico
<b>VL-21</b>	Metadiabásio	<b>VL-97I</b>	Pegmatito
<b>VL-22</b>	Metagranitoide	<b>VL-98</b>	Metagranitoide
<b>VL-23</b>	Metadiabásio	<b>VL-99</b>	Metagranitoide
<b>VL-26A</b>	Metagranitoide	<b>VL-101</b>	Metagranitoide
<b>VL-26B</b>	Metagranitoide	<b>VL-103</b>	Metagranitoide
<b>VL-27</b>	Metadiabásio	<b>VL-105</b>	Metagranitoide
<b>VL-28</b>	Metagranitoide	<b>VL-107</b>	Metadiabásio
<b>VL-34</b>	Metadiabásio	<b>VL-108</b>	Metadiabásio
<b>VL-35</b>	Metagranitoide	<b>VL-109A</b>	Metadiabásio
<b>VL-43A</b>	Ortognaisse	<b>VL-109B</b>	Metadiabásio
<b>VL-43B</b>	Ortognaisse	<b>VL-115</b>	Metadiabásio
<b>VL-43C</b>	Ortognaisse	<b>VL-119</b>	Metagranitoide
<b>VL-43D</b>	Ortognaisse	<b>VL-122</b>	Metadiabásio porfirítico
<b>VL-43E</b>	Ortognaisse	<b>VL-123A</b>	Metagranitoide
<b>VL-56</b>	Metagranitoide	<b>VL-123B</b>	Metagranitoide
<b>VL-61</b>	Metagranitoide	<b>VL-126A</b>	Metadiabásio porfirítico
<b>VL-69</b>	Metadiabásio	<b>VL-128</b>	Metadiabásio
<b>VL-73</b>	Metadiabásio	<b>VL-130</b>	Metagranitoide
<b>VL-76</b>	Metagranitoide	<b>VL-131</b>	Metagranitoide
<b>VL-77</b>	Metagranitoide	<b>VL-132</b>	Metadiabásio porfirítico
<b>VL-80</b>	Metagranitoide	<b>VL-134</b>	Metagranitoide
<b>VL-82</b>	Metagranitoide	<b>NAZ-I-07</b>	Metadiabásio
<b>VL-87</b>	Metagranitoide	<b>NAZ-I-20</b>	Metadiabásio
<b>VL-88B</b>	Metagranitoide	<b>NAZ-I-66</b>	Metagranitoide
<b>VL-93</b>	Metadiabásio	<b>NAZ-I-106</b>	Metagranitoide
<b>VL-94</b>	Metadiabásio	<b>NAZ-I-108</b>	Metadiabásio
<b>VL-95</b>	Metagranitoide		

Os minerais e as feições observadas na catodoluminescência foram posteriormente estudadas em MEV-EDS para se determinar qual o mineral responsável pela mesma e sua composição química. Essas análises foram realizadas no Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) utilizando-se de um microscópio eletrônico FEI-Quanta 400 que possui acoplado um sistema de microanálise química por dispersão de energia (EDS) Bruker Quantax 800 e detector XFlash5010, tecnologia SDD (*silicone drift detector*) com janela de 10 mm<sup>2</sup> e

resolução de 128 eV a 5,9 keV. Foram também estudados em MEV-EDS minerais específicos como o plagioclásio, a microclina, opacos e allanita.

**Tabela 2** – Roteiro para descrição de lâminas petrográficas.

Ordem de descrição	Feição a ser descrita
1	% de minerais máficos (índice de cor)
2	Granulação
3	Textura
4	Mineralogia global da rocha - Minerais essenciais - Minerais acessórios ou traços - Minerais secundários
5	Descrição de cada mineral - Forma dos grãos (contorno) - Tamanho - Inclusões - Intercrescimentos - Transformações - Reações ígneas - Reações metamórficas - Borda de reações - Outras feições importantes
6	Ordem de cristalização e transformações
7	Classificação no QAPF, ou diagrama correspondente
8	Desenho da seção tipo - Mineralogia - Textura da rocha - Granulação - Inclusões

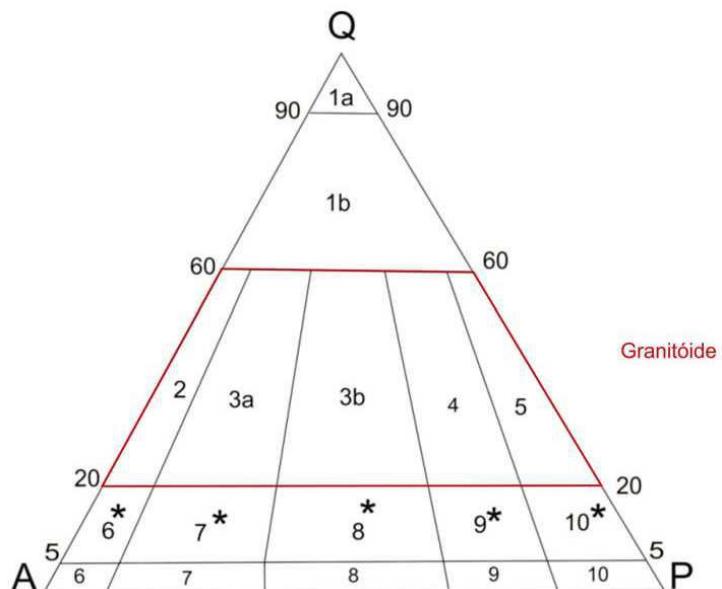
## 5 - NOMECLATURA ADOTADA PARA OS LITÓTIPOS

No presente trabalho a nomenclatura utilizada para as rochas ígneas, bem como para o índice de cor segue as últimas convenções da IUGS (Le Maitre, 2002), enquanto que a nomenclatura para texturas (**Tabela 3**) acompanha a proposta de Williams *et al.* (1970).

**Tabela 3** - Subdivisão textural de rochas ígneas segundo a proposta de Williams *et al.* (1970).

Textura	Descrição
Afanítica	Envolve minerais que não são reconhecíveis a olho nu ou com auxílio de lupa de 10x.
Fanerítica	Envolve minerais que são reconhecíveis a olho nu ou com lupa de 10x.
Seriada	Minerais apresentam-se com tamanho semelhante.
	Grãos maiores (fenocristais) envolvidos por uma matriz menor.
	Apresenta cristais com ampla variação de tamanho.

Segundo a nomenclatura adotada, o prefixo “orto” é utilizado para rochas metamórficas que possuem protólito de natureza ígnea, enquanto que o prefixo “para” é adotado para as rochas de protólito sedimentar. Já o prefixo “meta” é utilizado para rochas que apresentam feições metamórficas e deformacionais, mas que preservaram estruturas primárias. Em relação a nomenclatura de corpos ígneos, o termo granitoide foi utilizado para designar rochas plutônicas que possuem entre 20% e 60% de quartzo em relação ao somatório de quartzo + plagioclásio + K-feldspato no diagrama QAP (**Figura 4**), enquanto que se a rocha possuir mais de 90% de minerais máficos, podem ser utilizados os diagramas para a classificação de gabros e rochas ultramáficas.



**Figura 4** - Diagrama QAP de Streckeisen (1976) utilizado para a classificação das rochas ígneas plutônicas com índice de cor inferior a 90%. 1a- Quartzolito (silexito); 1b- Granitoide rico em quartzo; 2- Álcali-feldspato granito; 3a- Sienogranito; 3b- Monzogranito; 4- Granodiorito; 5- Tonalito; 6\*- Quartzo álcali-feldspato sienito; 7\*- quartzo sienito; 8\*- Quartzo monzonito; 9\*- Quartzo monzodiorito/Quartzo monzogabro; 10\*- Quartzo diorito/Quartzo gabro/Quartzo anortosito; 6- Álcali-feldspato sienito; 7- Sienito; 8- Monzonito; 9- Monzodiorito/Monzogabro; 10- Diorito/gabro/anortosito.

Foram adotadas no presente trabalho as propostas de Williams *et al.* (1970) para caracterizar a granulação de rochas ígneas (**Tabela 4**) e a de Le Maitre (2002) para a determinação do índice de cor, que baseia-se na porcentagem de minerais máficos na rocha (**Tabela 5**). Também foi utilizada a subdivisão das rochas em félscicas (0 a 40% de minerais escuros), máficas (40 a 70% de minerais escuros) e ultramáficas (70 a 100% de minerais escuros).

**Tabela 4** - Granulação adotada a partir do tamanho dos cristais (Williams *et al.*, 1970).

Granulação	Tamanho dos cristais
fina	< 1 mm
média	1 a 5 mm
grossa	5 mm a 3 cm
Muito grossa	> 3 cm

**Tabela 5** - Índice de cor segundo a classificação de Le Maitre (2002) para rochas ígneas.

Índice de cor	% de minerais máficos
Hololeucocrática	0-5%
Leucocrática	5-35%
Mesocrática	35-65%
Melanocrática	65-90%
Holomelanocrática	90-100%

Para o grau de desenvolvimento dos grãos também foi utilizada a classificação de Williams *et al.* (1970), onde estes são diferenciados de acordo com as características descritas a seguir:

- 1) Grãos euédricos: possuem suas faces cristalinas bem desenvolvidas.
- 2) Grãos subédricos: suas faces cristalinas são desenvolvidas parcialmente.
- 3) Grãos anédricos: não apresentam faces cristalinas desenvolvidas.

O termo enclave foi utilizado no presente trabalho para descrever diversos tipos de fragmentos litológicos encontrados inclusos em outras rochas ígneas. Neste sentido, Didier & Barbarin (1991) sugeriram uma subdivisão dos enclaves de acordo com a sua natureza e contato com a rocha encaixante (**Tabela 6**).

**Tabela 6** - Nomenclatura dos tipos de enclaves de acordo com Didier & Barbarin (1991).

ENCLAVE	NATUREZA	CONTATO
Xenólítico	Pedaço da rocha encaixante	Penetrante
Xenocristal	Cristal isolado estranho à rocha	Penetrante
<i>Surmicáceo</i>	Resíduo de fusão (restito)	Penetrante, com uma crosta biotítica
<i>Schlieren</i>	Enclave “rompido” ou “dilacerado”	Gradual
Microgranular Félscico	Dilaceração de margens finas	Penetrante ou gradual
Microgranular Máfico	Bolhas de magmas coesos	Predominantemente anguloso
Cumuláltico (autolítico)	Ruptura e dilaceração de cumulatos	Predominantemente gradual

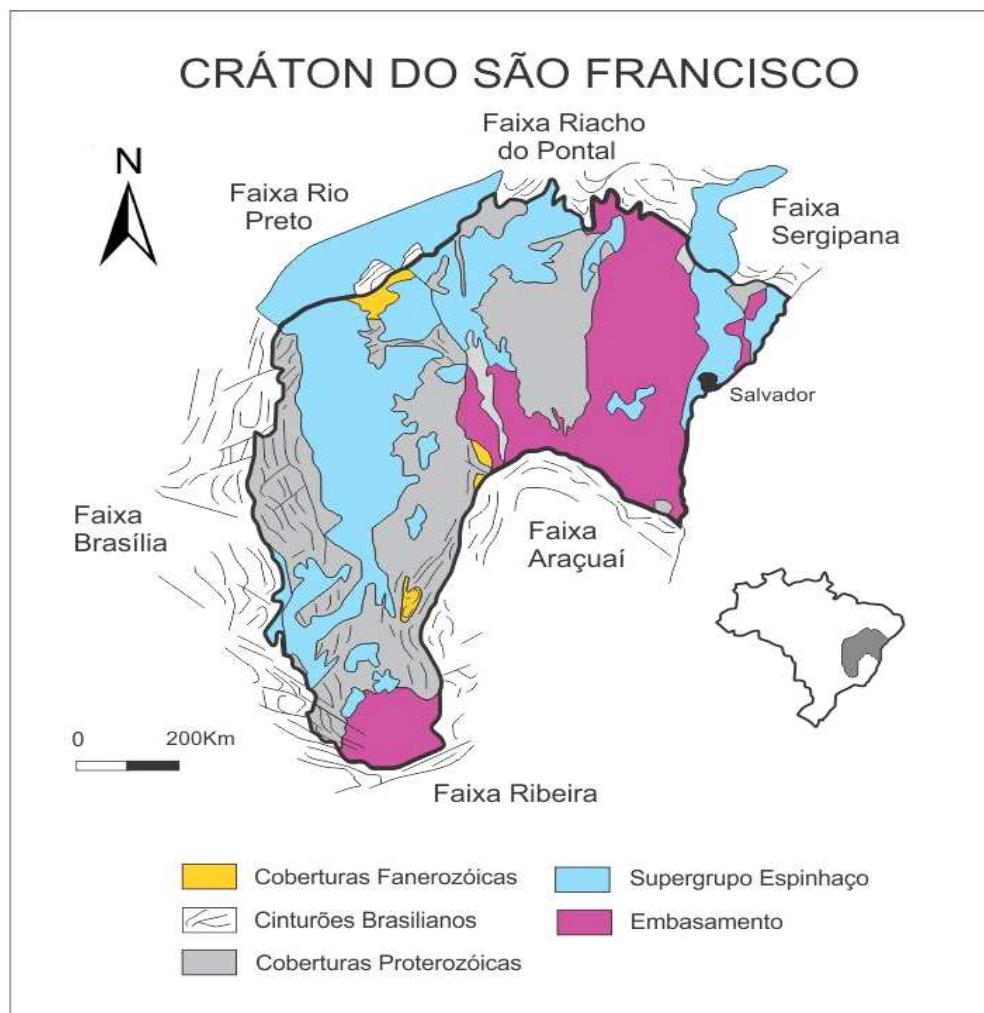
A classificação das rochas metamórficas foi realizada baseando-se na proposta de Yardley (2004), onde a utiliza-se o tamanho dos cristais, as feições planares existentes e a constituição mineralógica. Neste sentido, adotou-se as seguintes denominações:

- I) Filito - rocha com clivagem pronunciada, cujos filossilicatos não são identificados a olho nu;
- II) Xisto - rocha caracterizada por alinhamento paralelo de filossilicatos, os quais são visíveis a olho nu;
- III) Gnaisse - rocha composta preferencialmente de quartzo, feldspato e filossilicatos com estrutura planar, tal como foliação ou bandamento composicional;
- IV) Anfibolito - utilizado para rochas constituídas essencialmente de hornblenda e plagioclásio, com forte orientação dos minerais;

## 6 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

### 6.1 - CRÁTON DO SÃO FRANCISCO

O cráton do São Francisco foi definido por Almeida (1977) como uma unidade tectônica estável e livre de deformação e metamorfismo relacionados ao evento Brasiliano. A forma atual deste cráton foi estabelecida a partir do desenvolvimento das faixas marginais neoproterozóicas que o circundam (Figura 5), sendo as mesmas denominadas: Ribeira (sul), Brasília (oeste), Rio Preto (noroeste), Riacho do Pontal e Sergipana (norte) e Araçuaí (sudeste).



**Figura 5** - Forma atual do cráton do São Francisco e suas faixas marginais (Alkmim, 2004).

A evolução do cráton do São Francisco provavelmente começa com o magmatismo TTG no paleoarqueano, gerando domos gnaissicos-migmatíticos e pequenos blocos de crosta continental (Complexo Santa Bárbara), juntamente com a formação de faixas *greenstone* associadas a eventos orogênicos pré Rio das Velhas. No transcorrer do Meso e Neoarqueno ocorre a formação de uma nova geração de TTG's e do *greenstone belt* Rio das Velhas, cuja evolução envolveu uma etapa distensiva, com rifteamento e abertura oceânica, seguida da

etapa compressiva com subdução, formação de arcos insulares e continentais, fusão parcial da crosta continental levando a geração de TTG's mais novos. Em seguida há intrusões de granitoides potássicos tardios que estabilizam a crosta arqueana do paleocontinente São Francisco. Já no limite Arqueno-Paleoproterozoico a borda meridional do cráton do São Francisco passou por diversos processos geológicos onde houve a formação de *riftes*, instalação de arcos de ilha e estabilização de uma margem passiva, esta última associada à deposição e sedimentação da Bacia Minas (Alkmim, 2004; Lana *et al.*, 2013).

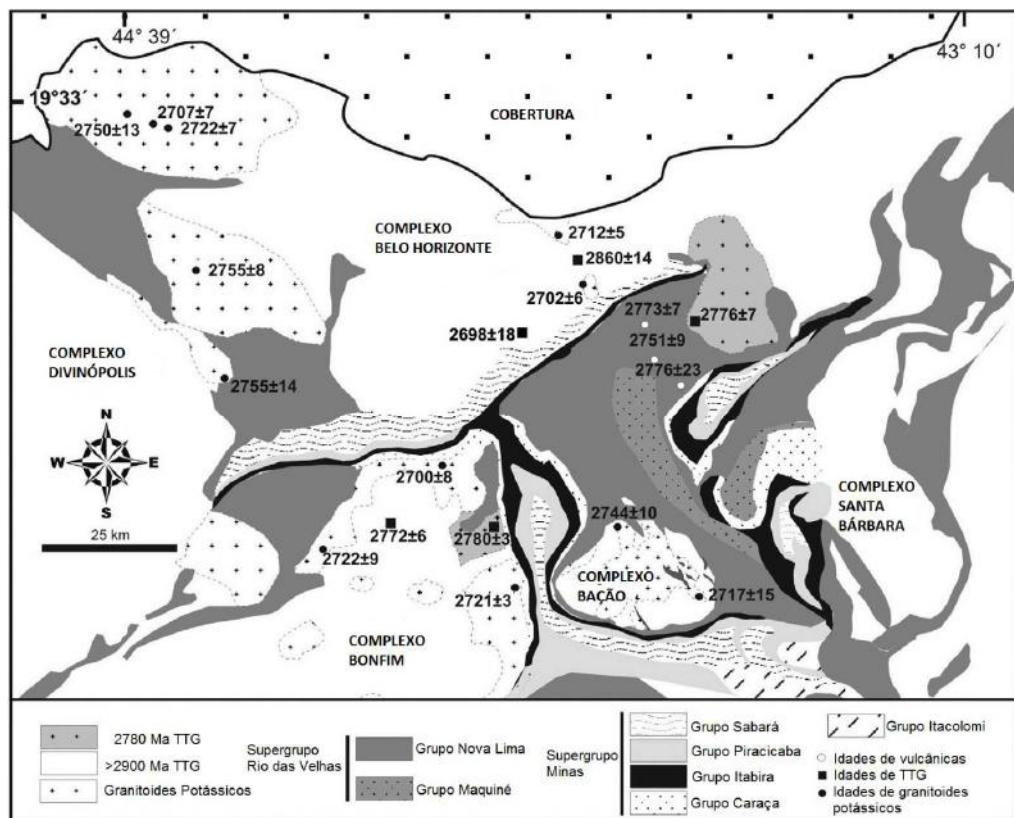
## 6.2 - COMPLEXOS METAMÓRFICOS ARQUEANOS

Os complexos metamórficos arqueanos são as rochas mais antigas da borda meridional do cráton do São Francisco e compreendem gnaisses de composição TTG com idade paleo- a neoarquena, estando os mesmos presentes nos complexos Santa Bárbara, Belo Horizonte, Bação, Bonfim, Caeté, Campo Belo, Divinópolis e Passa Tempo (**Figura 6**).

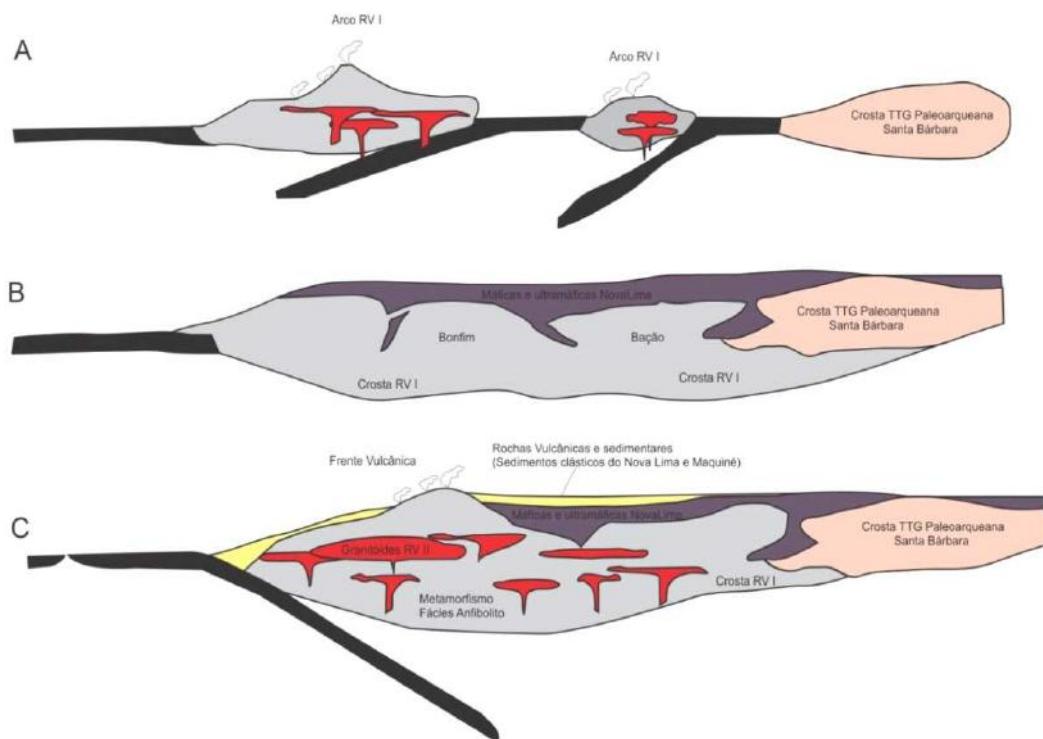
A história desse segmento pode ser dividida em 3 etapas principais de magmatismo TTG, sendo que a primeira se desenvolveu entre 3220-3200 Ma e levou a formação do Complexo Santa Bárbara, que representa um núcleo bem preservado de uma crosta reliquiar paleoarqueana (Lana *et al.*, 2013). Esta crosta evoluiu e cresceu devido à acresção de magmas TTG's juvenis conjuntamente com rochas maficas e ultramáficas dos *greenstone belts* arqueanos durante dois eventos principais de subducção subsequentes, denominados Rio das Velhas I e Rio das Velhas II (**Figura 7**).

A segunda etapa de formação de magmatismo TTG é denominada de evento Rio das Velhas I, cuja idade varia entre 2930 e 2900 Ma. Esse magmatismo está presente em quase todos os complexos granito-gnáissicos que estão em volta do *greenstone belt* Rio das Velhas, reforçando que durante o mesoarqueno houve uma grande expansão da crosta continental nesta região. Os migmatitos existentes nestes complexos foram datados por U-Pb e apresentaram o pico do metamorfismo em  $2860 \pm 14$  Ma (Noce *et al.*, 1998).

A última etapa é designada de evento Rio das Velhas II e durou cerca de 30 Ma, sendo marcada por metamorfismo de alto grau nos TTG's gerados no evento Rio das Velhas I (Lana *et al.*, 2013). Esse evento se desenvolveu ao redor do núcleo paleoarqueano entre 2800 e 2770 Ma e coincide com o *emplacement* de uma terceira geração de magmas TTG's, que são representados pelos corpos Caeté e Samambaia com idades de, respectivamente,  $2776 \pm 7$  Ma e  $2780 \pm 3$  Ma (Noce *et al.*, 1998). Concomitantemente há a deposição de *wackes* turbidíticas do *greenstone belt* Rio das Velhas, bem como intrusões maficas e ultramáficas, representadas pela base do grupo Nova Lima (Noce *et al.*, 2005).



**Figura 6** - Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero com idades U-Pb de ortognaisse e de rochas granitoides relevantes (Lana *et al.*, 2013).



**Figura 7** – Modelo de evolução tectônica da crosta TTG arqueana no Quadrilátero Ferrífero. (A-B): esse segmento cresceu devido à adição de magmas TTG's juntamente com material dos *greenstone belts*. (C) O magma TTG é resultante da fusão parcial da base da crosta Rio das Velhas I com metamorfismo de alto grau e *emplacement* de plutons TTG's do evento Rio das Velhas II (Lana *et al.*, 2013).

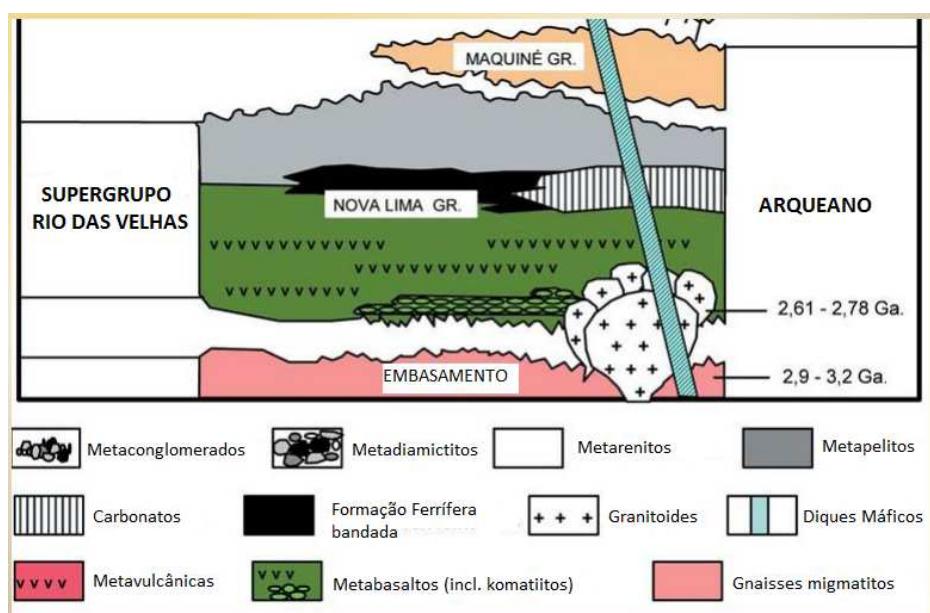
### 6.3 - GREENSTONE BELT RIO DAS VELHAS

O *greenstone belt* Rio das Velhas é composto por sequências de rochas que afloram no Quadrilátero Ferrífero e em seu entorno, as quais estão espacialmente associadas aos complexos metamórficos arqueanos e aos granitoide potássicos tardios. Essas sequências envolvem rochas vulcânicas metamórficas-metaultramáficas e metasedimentares (Machado *et al.*, 1992; Noce *et al.*, 2005).

A estratigrafia do *greenstone belt* Rio das Velhas é dividida nos grupos Nova Lima e Maquiné, sendo que o Grupo Nova Lima compreende peridotitos e uma grande quantidade de komatiitos com textura spinifex e camadas com cumulados de olivina e intercumulus de ortopiroxênio, além de pillows de basaltos komatiíticos, que estão intercalados com carbonatos de sedimentação química (Lana *et al.*, 2013).

Esse vulcanismo máfico foi seguido por deposição submarina de pelitos, formações ferríferas bandadas, arenitos, finas camadas de chert e rochas vulcanoclásticas (Figura 8). Um evento vulcânico félscico marcou o final da deposição do Grupo Nova Lima e as idades variam de 2792-2751 Ma (Machado *et al.*, 1992).

O Grupo Nova Lima apresenta contatos gradacionais e discordantes com rochas do Grupo Maquiné, que compreende uma unidade clástica de 2000m de espessura de sedimentos marinhos e fluviais. De acordo com Dorr (1969) este grupo corresponde a uma sequência do tipo *flysch*, consistindo numa granocrescência ascendente de uma sucessão de *wackes* até níveis conglomeráticos no topo. Idades U-Pb de grãos de zircão detriticos sugerem que a fonte principal de sedimentos para o grupo Maquiné seria um bloco de crosta continental com idades variando de 3260 a 2877 Ma (Machado *et al.*, 1996).

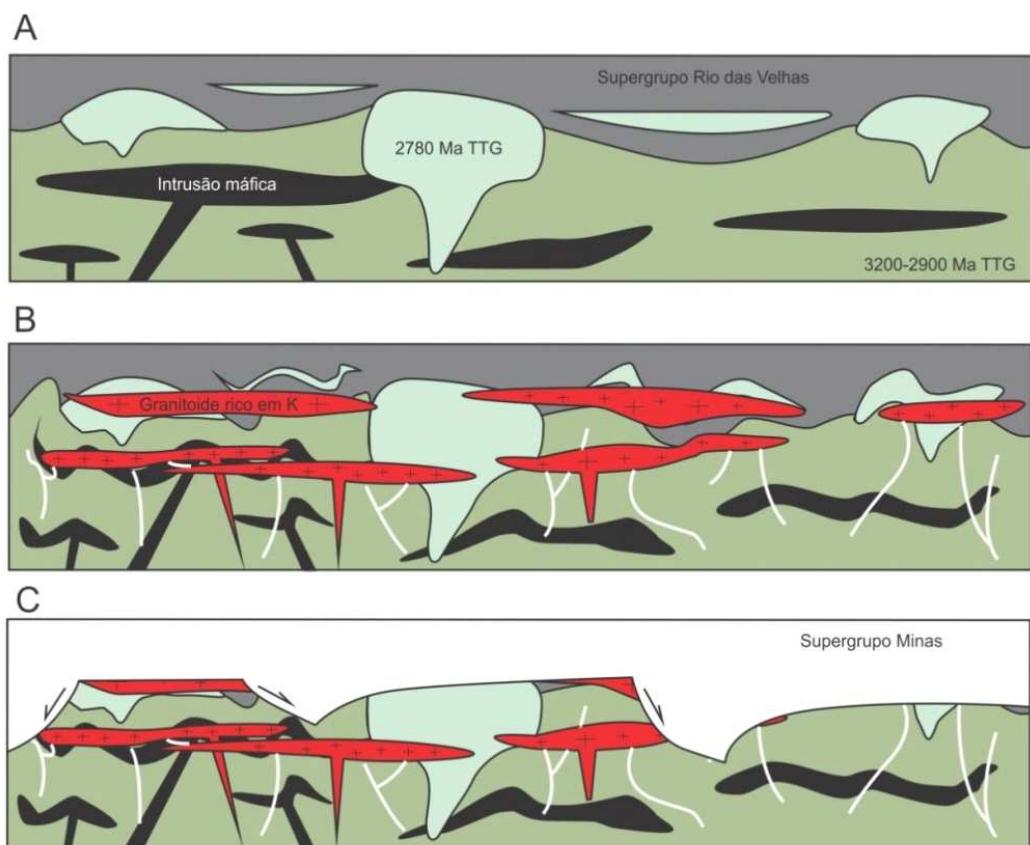


**Figura 8** – Coluna estratigráfica do Supergupo Rio das Velhas (Alkmim & Noce, 2006).

#### 6.4 - GRANITOS POTÁSSICOS TARDIOS

Entre 2750 e 2700 Ma os TTG's arqueanos foram intrudidos por vários batólitos e *sheets* de granitoides potássicos, sendo que os dados geocronológicos U-Pb apontam que as referidas intrusões marcaram a estabilização da crosta arqueana, bem como apontam para o desenvolvimento de um núcleo cratônico rígido (Romano *et al.*, 2013), que posteriormente serviu de anteparo para a deposição em margem passiva do Supergrupo Minas no limite entre o Arqueno e o Paleoproterozoico (Figura 9).

Estudos mostram que existe uma clara diferença geoquímica e geocronológica entre os TTG's (Lana *et al.*, 2013) e os granitos potássicos (Romano *et al.*, 2013), sendo que uma significante porção desses últimos permanece inalterada desde sua cristalização, ao contrário dos TTG's que são polideformados. Com isso Romano *et al.* (2013) sugerem que ocorreu a transição de um magmatismo sódico (dominanteamente TTG com idade entre 2880-2770 Ma) para um magmatismo potássico (dominanteamente granítico) entre 2750-2700 Ma.



**Figura 9** – Evolução esquemática da borda meridional do cráton do São Francisco no neoarqueano (Romano *et al.*, 2013). (A) Deposição do Supergrupo Rio das Velhas concomitantemente ao emplacement de corpos mais novos entre 2780-2770 Ma. (B) Emplacement de granitos potássicos entre 2750-2700 Ma. (C) erosão da crosta superior e deposição do Supergrupo Minas.

Estudos geoquímicos indicam que os granitos potássicos variam de cálcio-alcalinos à shoshoníticos e de peraluminosos à metaluminosos (Noce *et al.*, 1998; Romano *et al.*, 2013). Esses também são mais enriquecidos em K<sub>2</sub>O e ETRL do que os TTG's encaixantes. Idades U-Pb dos corpos graníticos sugerem um período de aproximadamente 150 Ma (de 2750 a 2612 Ma), porém a fase principal de magmatismo potássico, que gerou 99% dos granitoides datados, ocorreu entre 2750 - 2700 Ma, enquanto cerca de 1% dos corpos remanescentes datam entre 2613 - 2612 Ma.

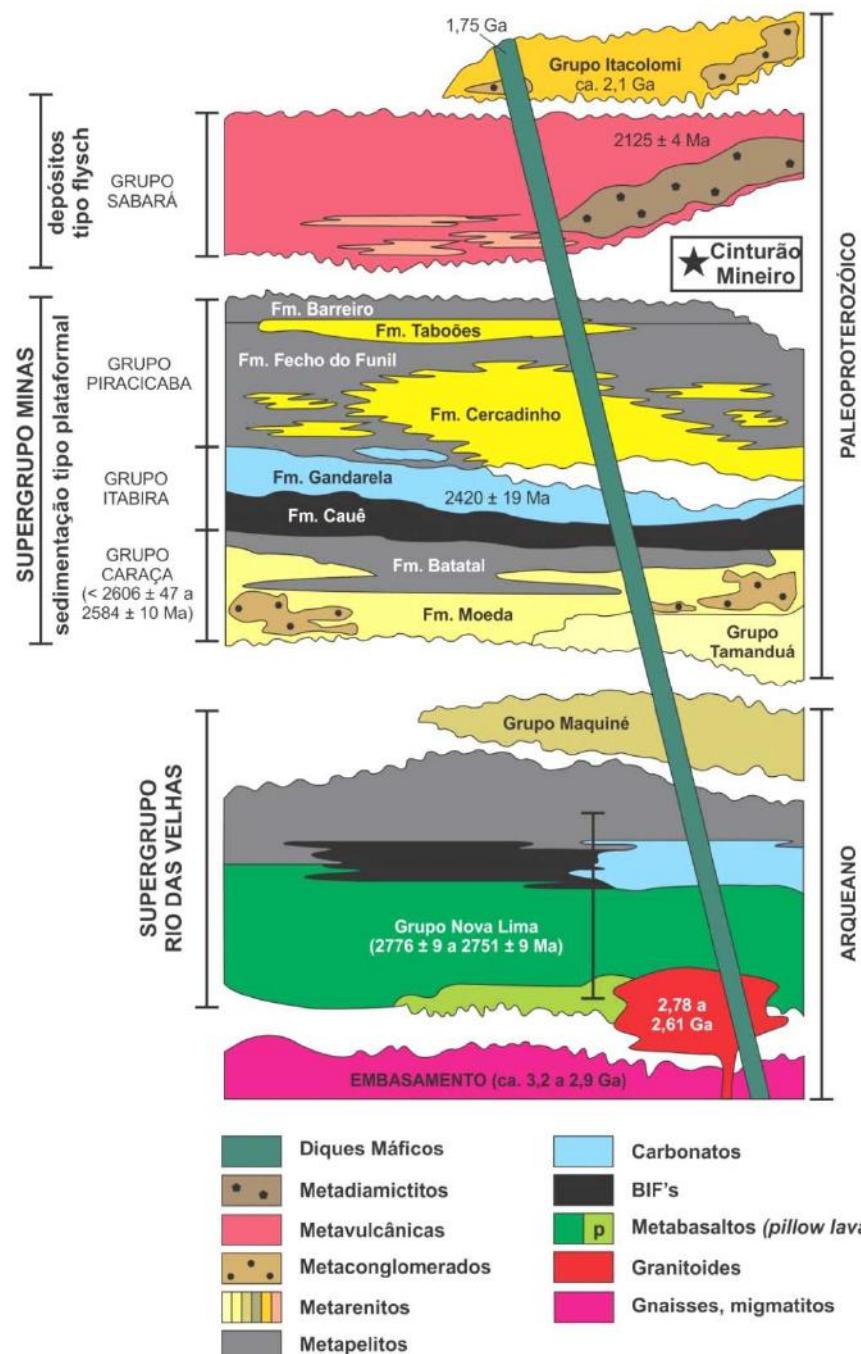
Romano *et al.* (2013) sugeriram que os granitoides potássicos são os grandes sustentadores do relevo e da topografia atual, principalmente nas periferias dos corpos TTG's em contato com as sequências supracrustais. A fusão parcial e o fluxo de calor do magma granítico para a crosta superior (rico em elementos produtores de calor) levaram à diferenciação, fazendo com que a crosta inferior se tornasse suficientemente refratária e resistente a possíveis eventos subsequentes de fusão parcial. Deste modo o magmatismo potássico põe fim à fusão parcial em larga escala da crosta arqueana do paleocontinente São Francisco, deixando a litosfera estável para sustentar a carga de sedimentos decorrente do processo sedimentar associado à formação do Supergupo Minas.

## 6.5 - SUPERGRUPO MINAS

O Supergupo Minas corresponde a uma sequência metasedimentar de 8 km de espessura do limite Arqueano - Paleoproterozoico e é interpretada como formada por uma deposição típica de margem passiva, que evoluiu para uma bacia sin-orogênica ao longo do evento Riaciano-Orosiriano, sendo este responsável pela formação das faixas móveis do paleocontinente São Francisco (Alkmin, 2004). O Supergupo Minas é composto por cinco grupos, sendo estes: Tamanduá, Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará ([Figura 10](#)). O Grupo Itacolomi ocorre superpondo o Supergupo Minas e dessa forma não faria parte do mesmo (Alkmin & Noce, 2006).

A base do Supergupo Minas é representada pelos grupos Tamanduá e Caraça, sendo o último composto pelas formações Moeda e Batatal. Ambos são representados por sedimentos aluviais com gradação para ambiente marinho, associado à fase de subsidência da bacia. Nos quartzitos do Grupo Tamanduá e da Formação Moeda foram obtidas idades de grãos de zircão detritico entre  $2606 \pm 47$  Ma (Machado *et al.*, 1996) e  $2584 \pm 10$  Ma (Hartmann *et al.*, 2006). Já na Formação Batatal do Grupo Caraça predominam filitos sircíticos, por vezes carbonosos ou ferruginosos, marcando a transição entre os quartzitos da Formação Moeda e os itabiritos da Formação Cauê do Grupo Itabira.

O Grupo Itabira é subdividido nas formações Cauê e Gandarela, sendo a primeira com 200 m de espessura e interpretada como sedimentação plataformal do tipo Lago Superior contendo mármore dolomítico e extensas formações ferríferas bandadas com idade de deposição entre 2,58 e 2,42 Ga (Hartmann *et al.*, 2006). Já a Formação Gandarela é composta basicamente por calcários e dolomitos com idade de deposição de  $2420 \pm 19$  Ma (Babinski *et al.*, 1995), além de pelitos, BIF's e brechas. Interpreta-se que o Grupo Itabira foi depositado após denudação completa da área fonte, de modo que a condição reinante era de grande estabilidade tectônica e uniformidade climática.



**Figura 10** - Coluna estratigráfica dos Supergrupos Rio das Velhas e Minas modificada de Alkmin & Noce (2006) a partir da inclusão do cinturão Mineiro e separação do Grupo Sabará (Ávila *et al.*, 2014).

O Grupo Piracicaba foi depositado em inconformidade com os grupos anteriormente citados e é composto por uma sequência deltaica, sendo subdividido nas formações Cercadinho, Fecho do Funil, Tabuões e Berreiro. A unidade basal é denominada Formação Cercadinho e caracteriza-se pela alternância de quartzitos e filitos (freqüentemente ferruginosos), marcando profundo remodelamento da bacia Minas e o registro sedimentológico de uma perturbação na mesma por volta de 2400 Ma.

Nota-se que o Grupo Sabará encontra-se em inconformidade com as unidades anteriores, representando uma sedimentação marinha profunda de turbiditos intercalados com sequências deltaicas. A idade máxima de deposição obtida para essa unidade é de  $2125 \pm 4$  Ma (Machado *et al.*, 1992), sendo a mesma intensamente afetada pela orogenia paleoproterozoica e não sendo considerada por Ávila *et al.* (2014) como pertencente ao Supergrupo Minas (**Figura 10**).

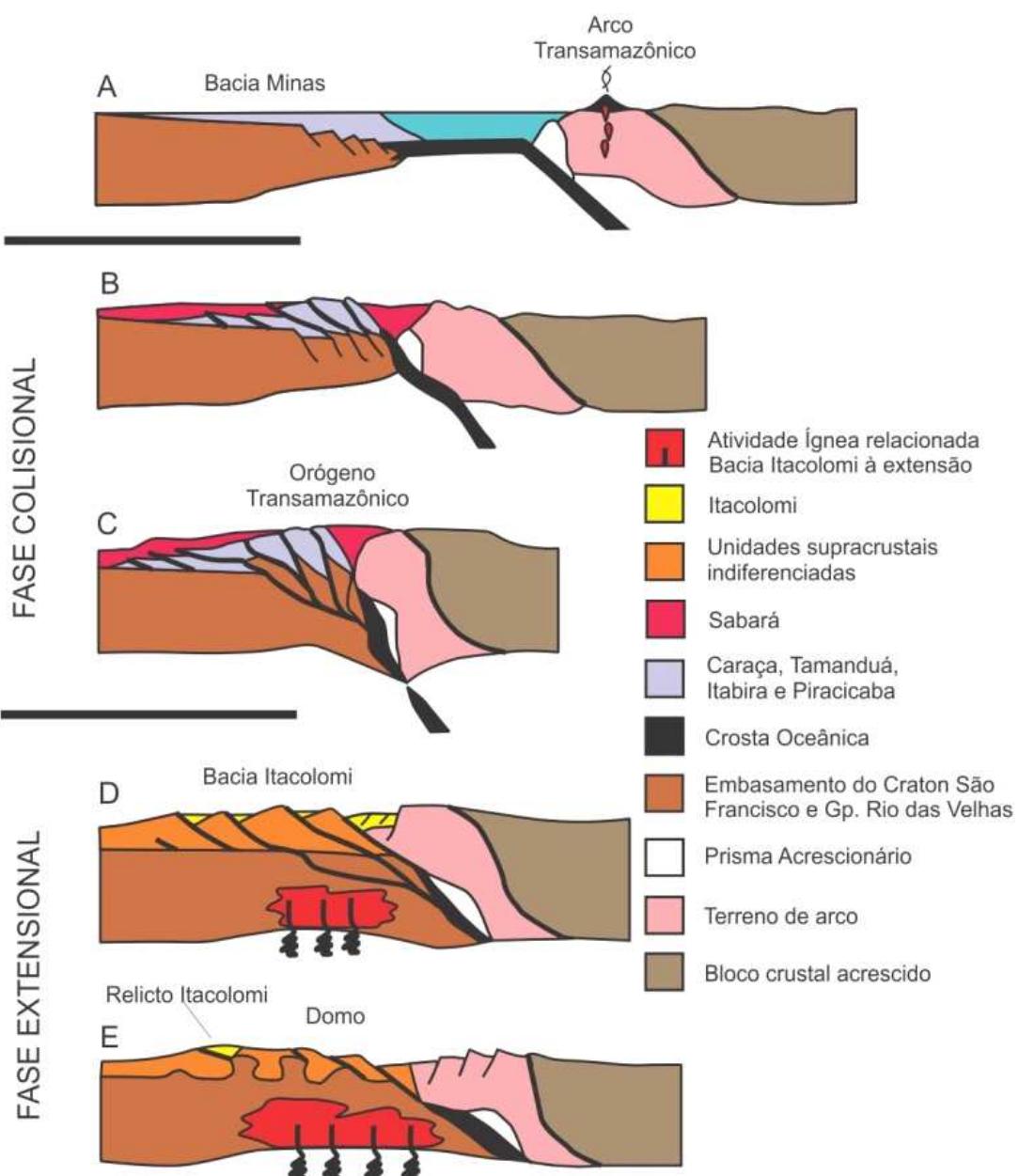
A evolução do Supergrupo Minas termina a partir da deposição do Grupo Itacolomi (**Figuras 10 e 11**), que está relacionado à geração de bacias molássicas extensionais de menor proporção, sendo as mesmas consideradas como pequenas bacias intermontanhas, formadas durante o colapso do orógeno paleoproterozoico (Alkmim & Marshak, 1998). Trata-se de uma sucessão de arenitos, conglomerados e pelitos típicos de um ambiente de leque aluvial, ocorrendo ocasionalmente a formação de depósitos de lago continental e mar raso. Os grãos de zircão detriticos do Grupo Itacolomi apresentam idade U-Pb de 2,1 Ga (Machado *et al.*, 1996), semelhante a aquele encontrada no Grupo Sabará, indicando uma rápida mudança na dinâmica sedimentar e a participação de uma fonte paleoproterozoica (Alkmim & Noce, 2006).

## 6.6 - CINTURÃO MINEIRO

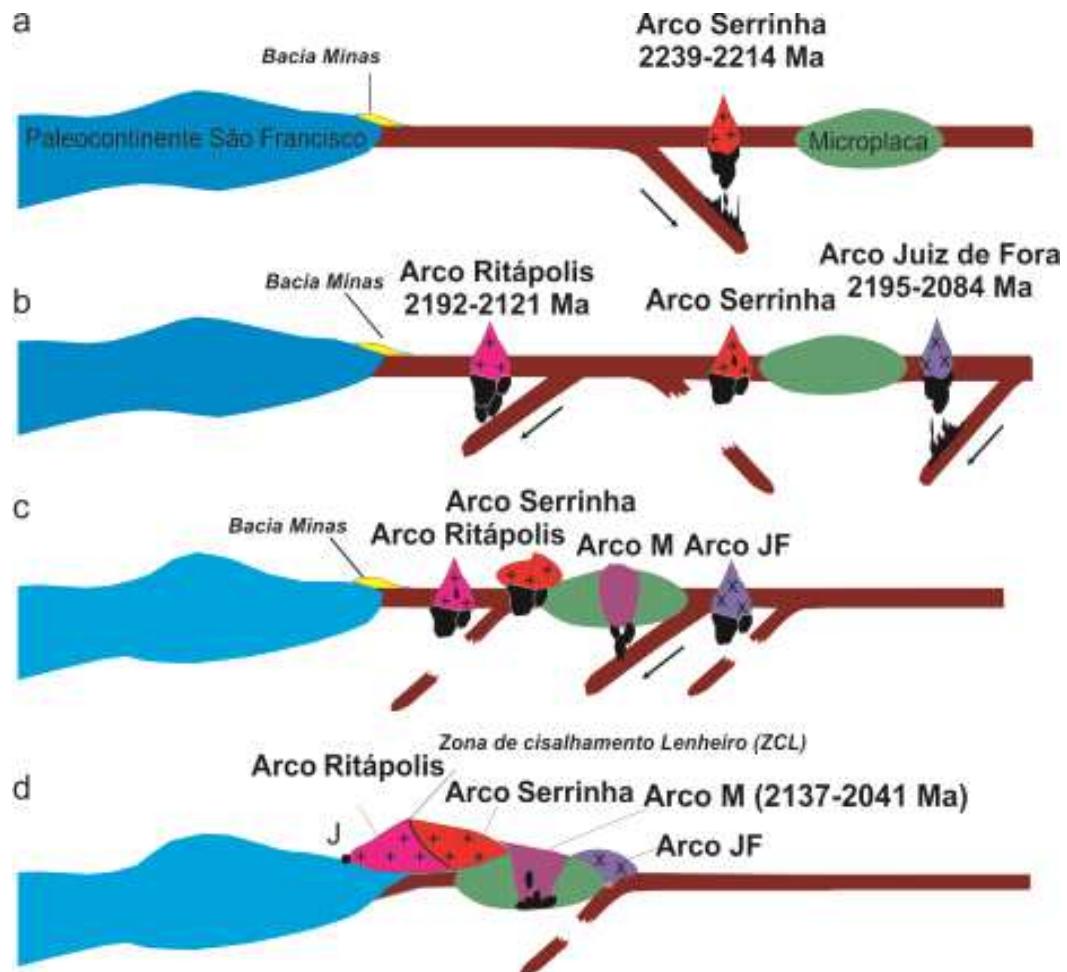
Teixeira (1985) caracterizou que a borda meridional do cráton do São Francisco seria representada por um núcleo arqueano parcialmente circundado por rochas proterozoicas, que compreenderiam terrenos migmatíticos (possivelmente Arqueanos), gnaisses diversos e granitoides intrusivos em sequências metavulcano-sedimentares. A partir dessa proposta, Teixeira & Figueiredo (1991) reuniram as rochas plutônicas paleoproterozoicas e os gnaisses acima citados no Cinturão Mineiro.

No entanto, para Alkmim (2004) o Cinturão Mineiro compreenderia os granitoides paleoproterozoicos, as rochas dos complexos metamórficos arqueanos (3,3 a 2,8 Ga) retrabalhadas no Riaciano - Orosiriano, bem como as rochas do *greenstone belt* Rio das Velhas e do Supergrupo Minas. Porém, segundo Ávila *et al.* (2010) o Cinturão Mineiro é

formado basicamente por rochas paleoproterozoicas, onde ocorreu a formação de sucessivas zonas de subdução e acreção de arcos intraoceânicos. Segundo estes autores o paleoproterozoico em todo o Cinturão Mineiro é marcado pela formação de arcos magmáticos, que ao colidirem formaram zonas de cisalhamento e grandes estruturas regionais de orientação predominantemente NE-SW (Figura 12). A colisão do arco Serrinha com o arco Ritápolis foi a primeira (por volta de 2120 Ma) e gerou a zona de cisalhamento do Lenheiro (Ávila *et al.*, 2010), enquanto a segunda colisão, registrada entre 2100-2050 Ma, estaria associada à junção entre os arcos Juiz de Fora e Mantiqueira (Noce *et al.*, 2007).



**Figura 11** - Modelo evolutivo do Quadrilátero Ferrífero durante o paleoproterozóico proposto por Alkmim & Marshak (1998).

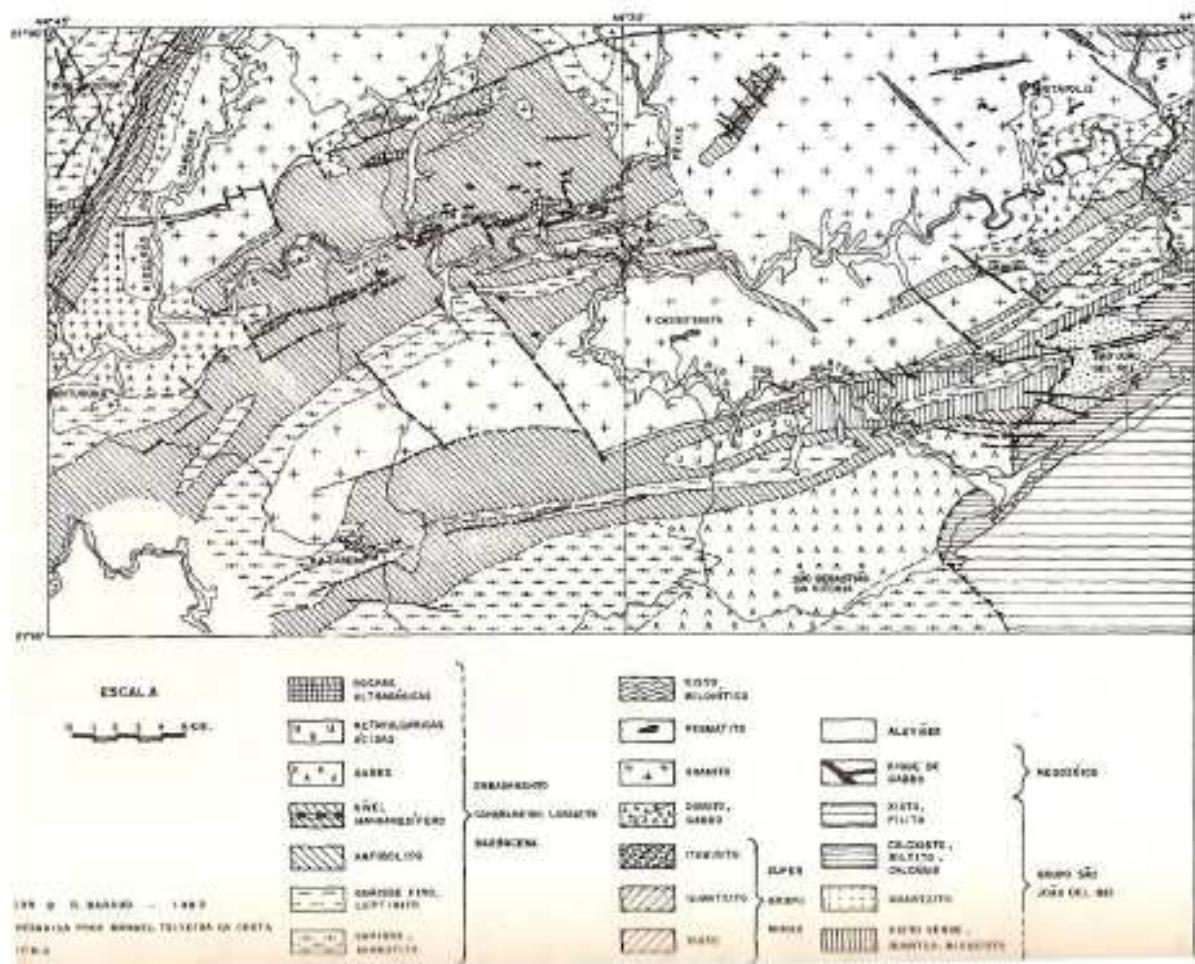


**Figura 12** - Modelo de evolução por acreção de arcos para o Cinturão Mineiro (Ávila *et al.*, 2010).

## 7 – COMENTÁRIOS DE TRABALHOS PRÉVIOS

A sudoeste do Quadrilátero Ferrífero, próximo à cidade de Bom Sucesso, afloram um embasamento arqueano e uma sequência metassedimentar, esta última sob a forma de uma estreita faixa, orientada na direção N30°E, com 500 a 1.000 m de largura e 30 km de extensão. Este embasamento próximo a cidade de Bom Sucesso foi descrito por Quéméneur & Baraud (1983) como sendo constituído por uma trama de gnaisses, migmatitos granitizados, granitos e anfibolitos (Figura 13). Estes autores reuniram os maciços de Cassiterita, Ritápolis e Tabuões no batólito São Tiago, apontando que os mesmos seriam mais novos que os anfibolitos, bem como indicaram que estes aflorariam na porção oeste da folha Nazareno.

Posteriormente Quéméneur (1987) propôs a existência de dois conjuntos distintos de granitoides, sendo que o corpo que aflora a oeste da Serra de Bom Sucesso seria cortado por diversos diques de rochas básicas, enquanto o corpo que aflora a leste corresponderia ao granito Tabuões e pertenceria ao batólito São Tiago. Admitiu que o granito Tabuões seria mais novo que as rochas metassedimentares da Serra de Bom Sucesso, pois o mesmo desenvolveu uma auréola de metamorfismo de contato nestas rochas.



**Figura 13** - Mapa geológico de Quéméneur & Baraud (1983).

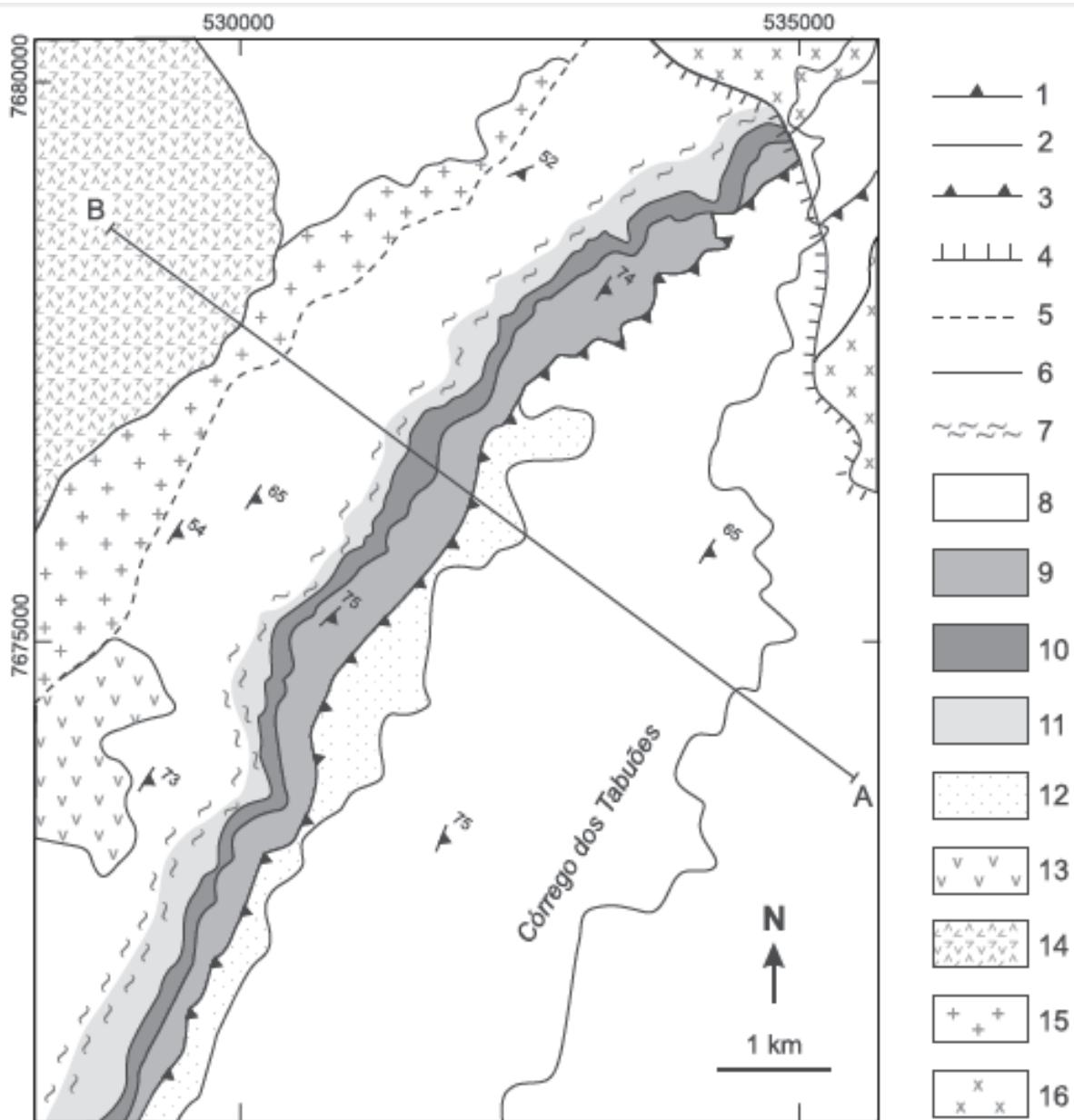
Na presente monografia foram separados na porção oeste da Serra de Bom Sucesso dois litótipos félscos, sendo um o metagranitoide Bom Sucesso (que é cortado por diversos diques de matadiabásio) e o outro um ortognaisse granítico (**Anexo I - Mapa geológico**) muito semelhante em campo a aquele que aflora no entorno da cidade de São Tiago e que foi descrito por Stohler (2011) como ortognaisse São Tiago. Cabe destacar que a designação de ortognaisse São Tiago proposta por Stohler (2011) nada tem a ver com o termo batólito São Tiago utilizado por Quéméneur & Baraud (1983).

Neri *et al.* (2013) seguem uma proposta estratigráfica diferente daquela de Quéméneur (1987) e voltam a sugerir que o granito Tabuões afloraria tanto a oeste, quanto a leste da Serra de Bom Sucesso. Caracterizaram, ainda, a presença de uma falha de empurrão que trucaria a estrutura da serra de Bom Sucesso (**Figura 14**), expondo uma intercalação entre um ortognaisse e o granito de Tabuões. No presente levantamento essa mesma falha também foi inferida, sendo que ao norte da mesma afloraria um ortognaisse, que na presente monografia foi designado de ortognaisse granítico (**Anexo I - Mapa geológico**). Porém não foi observada a intercalação desse ortognaisse com rochas graníticas conforme proposto por Neri *et al.* (2013). O que se caracterizou é que o referido gnaisse seria representado por diversos litótipos graníticos.

O levantamento de campo efetuado na presente monografia (**Anexo I - Mapa geológico**) não identificou a exposição de uma faixa anfibolítica orientada nordeste-sudoeste a oeste da Serra de Bom Sucesso, bem como não foi caracterizada a forma sub-circular do corpo anortosítico proposto por Neri *et al.* (2013). Na realidade a primeira exposição corresponde a um grande dique de metadiabásio, cujas rochas variam de incipientemente foliadas até fortemente estiradas. Em campo essas rochas foram designadas, respectivamente, de metadiabásio e de metadiabásio cisalhado. A segunda exposição (designada de meta-anortosito) também corresponde em campo a um dique de metadiabásio, porém com fenocristais centimétricos de plagioclásio imersos em uma matriz composta de anfibólio e plagioclásio.

A sequência metassedimentar do Supergrupo Minas é constituída por quartzitos, xistos e formações ferríferas bandadas, que sofreram metamorfismo na fácie anfibolito. Neri *et al.* (2013) subdividiram essa sequência em três unidades, da base para o topo: xisto carbonático Lagoa da Prata, que é uma intercalação de quartzitos e mica xistos; Formação Ferrífera Bandada Bom Sucesso, que corresponde a uma intercalação de bandas de óxido de ferro e anfibólio com níveis quartzosos; e o xisto Tabuãozinho que envolve diferentes litótipos tais como hornblenda-clorita xistos, clorita xistos e biotita-muscovita xistos. Dados U-Pb de

zircão detrítico de amostras da Unidade Lagoa da Prata apontaram idade máxima de deposição de  $2603 \pm 7$  Ma. Essa idade possibilitou a correlação da mesma com o Grupo Caraça, na base do Supergrupo Minas (Neri *et al.*, 2013). Dados geoquímicos da Formação Ferrífera Bandada Bom Sucesso apresentaram padrões correlacionáveis aos BIF's da Formação Cauê do Grupo Itabira. Cabe ressaltar que Quéméneur *et al.* (2003) caracterizaram que a sequência metassedimentar da Serra de Bom Sucesso seria cortada por diques maficos e corpos pegmatíticos.



**Figura 14** - Mapa geológico da porção norte da Serra de Bom Sucesso e perfil de detalhe AB (Neri *et al.*, 2013). 1: Foliação principal (S1); 2: Contato litológico; 3: Falha de empurrão; 4: Falha normal; 5: Falha de alto ângulo; 6: Perfil; 7: Contato cisalhado; 8: Granito Tabuões; 9: Unidade Tabuãozinho; 10: Unidade Formação Ferrífera Bandada Bom Sucesso; 11: Unidade Lagoa da Prata; 12: *Greenstone Belt* Rio das Mortes; 13: Meta-anortosito; 14: Granito Bom Sucesso; 15: Anfibolito; 16: Gnaisse.

Na presente monografia propõe-se que o embasamento da sequência metassedimentar do Supergrupo Minas seria composto pelo metagranitoide Bom Sucesso que é intrudido por um enxame de diques de metadiabásio com direção preferencial NE-SW. Destaca-se que no mapa geológico da presente monografia o pluton Tabuões ocorre somente na porção leste da Serra de Bom Sucesso e possui composição variando de tonalítica a diorítica, podendo ser correlacionado ao metadiorito Rio Grande, que apresenta idade de  $2145 \pm 7$  Ma (Barbosa *et al.*, 2015), sendo portanto Paleoproterozoico e correlacionado a evolução geológica do cinturão Mineiro.

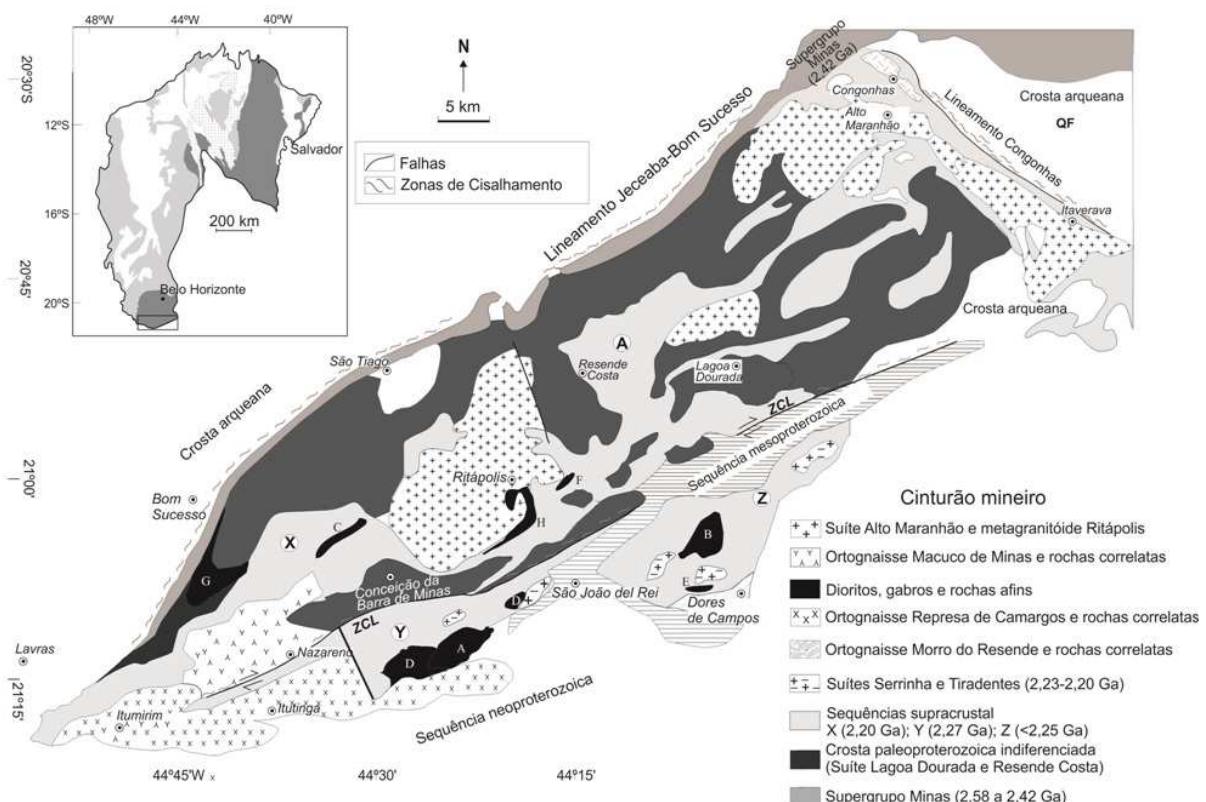
Chaves (2014) caracterizou a presença de minerais acessórios ricos em ETRL e Y no metagranitoide Bom Sucesso, propondo que os mesmos corresponderiam a florencita (Y) e churchita (Y). Propôs que a gênese desses minerais seria magmática e os mesmos teriam se formado devido a escassez de Ca para formar a apatita.

## 8 – GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA

### 8.1 – INTRODUÇÃO

A geologia da região próxima à cidade de Bom Sucesso é bastante complexa e está inserida no contexto evolutivo da borda meridional do cráton do São Francisco, mais precisamente envolvendo os litótipos que afloram a norte e a sul do lineamento Jaceaba-Bom Sucesso (Figura 15), que corresponde a uma zona de cisalhamento dominantemente sinistral (Campos & Carneiro, 2008). Este lineamento foi interpretado como separando duas unidades de mapeamento distintas, representadas por:

- i) gnaisses, migmatitos, metagranitoides, metadiabásios e metadioritos dos complexos metamórficos arqueanos Campo Belo, Passa Tempo e Bonfim;
- ii) rochas do Supergrupo Minas e do cinturão Mineiro. Os litótipos correlatos ao Supergrupo Minas seriam representados por quartzitos, formações ferríferas bandadas e mica xistos que afloram nas serras de Bom Sucesso e Ibituruna. Esses teriam sido depositados entre o fim do Arqueano e o início do paleoproterozoico e estariam associados a uma bacia de margem passiva. O cinturão Mineiro seria representado pelas rochas das sequências metavulcano-sedimentares paleoproterozoicas Nazareno e Rio das Mortes e pelos corpos plutônicos - subvulcânicos máficos e félscos.



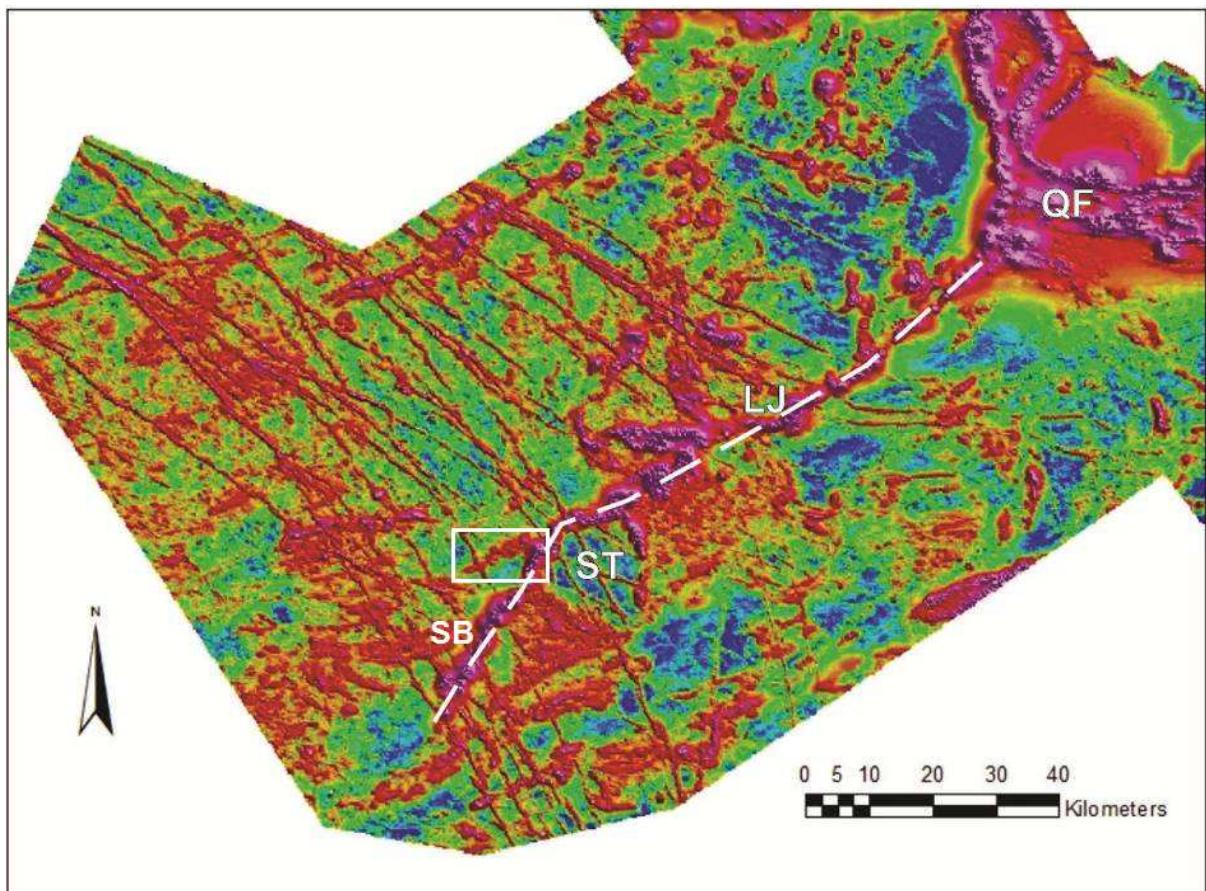
**Figura 15** – Mapa geológico da borda meridional do cráton do São Francisco mostrando a crosta arqueana dos complexos metamórficos, o cinturão Mineiro e a serra de Bom Sucesso que corresponde a um prolongamento das rochas do Supergrupo Minas que afloram no Quadrilátero Ferrífero (Teixeira *et al.*, 2015).

A geologia da área estudada é bastante complexa e pode ser subdividida em seis unidades de mapeamento, as quais foram cartografadas na escala 1:25.000 (**Anexo I – Mapa geológico**). Neste capítulo serão apresentadas as principais características de cada uma dessas unidades.

- 1 – Rochas metaultramáficas:** são representadas por xistas e filitos compostos principalmente por filossilicatos, tais como clorita e talco. Essas rochas estão muito alteradas intempericamente e estão expostas em um corpo lenticular com cerca de 1,5 km de extensão por 300m de largura.
- 2 – Ortognaisse granítico:** envolve um conjunto de litótipos representados por um metagranitoide médio de composição granítica, um metagranitoide fino e um médio de composição tonalítica, anfibolitos, pegmatitos e um gnaisse bandado. Aflora na porção norte do mapa geológico e trunca a estrutura da serra de Bom Sucesso.
- 3 – Metagranitoide Bom Sucesso:** corpo variando texturalmente de equigranular (com granulação média) a porfirítico (com fenocristais de feldspato), insipientemente foliado, com diversos tipos de enclaves. Apresenta duas feições muito peculiares relativas a variação na percentagem de fenocristais de feldspato e a presença de uma grande quantidade de corpos intrusivos de metadiabásio e metadiabásio porfirítico.
- 4 – Diques de metadiabásio:** ocorrem predominantemente sob a forma de blocos alinhados, equigranulares com granulação desde fina até média, variando de isotrópicos a foliados. Mais raramente podem ser encontrados corpos porfiríticos com escassos fenocristais de plagioclásio. São compostos de hornblenda, plagioclásio, epidoto, zoisita, quartzo, titanita, apatita, zircão e minerais opacos e cortam as rochas do metagranitoide Bom Sucesso. Fazem parte de um enxame de diques com direção preferencial NE-SW cujas espessuras podem alcançar até algumas dezenas de metros e comprimento de até alguns quilômetros.
- 5 – Dique de metadiabásio porfirítico:** ocorre sob a forma de um corpo caracterizado por fenocristais de feldspato de até 7 cm imersos em matriz fina a média composta de plagioclásio, anfibólito e minerais opacos.
- 6 - Sequência metassedimentar da Serra de Bom Sucesso:** é representada por vários litótipos, dentre os quais BIFs, quartzo xistas e quartzitos, que foram correlacionados por Neri *et al.* (2013) ao Supergrupo Minas.

Destaca-se na imagem de aeromagnetometria da borda meridional do cráton do São Francisco a presença de uma unidade de cor roxa, que corresponde a sequência

metassedimentar do Supergrupo Minas e vários diques de diabásios ou metabasalto que cortam a referida serra (Figura 16). Ao norte dessa serra está localizado o Lineamento Jaceaba – Bom Sucesso, que apresenta-se espacialmente até a região do Quadrilátero Ferrífero (Campos & Carneiro, 2008), e que envolve na área estudada diversas rochas que foram amplamente milonitizadas (Ávila, Inf. Verbal).



**Figura 16** - Imagem de aeromagnetometria gerada a partir do levantamento aerogeofísico da CODEMIG (2000) destacando a área estudada em branco. SB – Serra de Bom Sucesso – Ibituruna. ST – Ortognaiss granítico São Tiago. LJ – Lineamento Jeceaba – Bom Sucesso. QF – Quadrilátero Ferrífero.

## 8.2 – ROCHAS METAULTRAMÁFICAS

As rochas metaultramáficas encontram-se expostas em um corpo lenticular com *strike* NE-SW com cerca de 1,5 km de extensão por 300m de largura, que aflora paralelamente à Serra de Bom Sucesso ([Anexo I – Mapa geológico](#)). Afloramentos frescos são raros e representados principalmente por talco-clorita xistos e clorita xistos, enquanto a grande maioria das exposições correspondem a blocos alterados intempericamente ([Figura 17](#)) ou saprólitos de coloração avermelhada, que são amplamente intrudidos por veios pegmatíticos, dando a impressão de um migmatito de injeção ([Figura 18](#)).



**Figura 17** – Blocos de clorita xisto alterados intempericamente e com foliação bem desenvolvida.



**Figura 18** – Saprolito da rocha metaultramáfica fortemente alterada intempericamente (parte vermelha) cortada por diversas injeções pegmatíticas de pequenas dimensões (parte branca), gerando uma feição semelhante ao um "migmatito de injeção".

Também foi observado um afloramento isolado com cerca de 5m de largura ([Figura 19](#)), onde as rochas metaultramáficas são compostas principalmente de talco, clorita e

magnetita, bem como são envolvidas por blocos do metagranitoide Bom Sucesso (Anexo I – Mapa geológico). Os principais afloramentos do clorita xisto apresentam pelo menos duas fases de deformação e estão muito alterado intempericamente, destacando-se a presença de cristais maiores de clorita de coloração esbranquiçada a avermelhada e pequenos veios de quartzo de diferentes direções.

O talco-clorita xisto possui textura sedosa devido a presença de talco, apresenta pequenos cristais de clorita e possui cerca de 15% de minerais opacos, que possuem forma bipiramidal e cúbica com arestas bem definidas, estando provavelmente relacionados a magnetita e pirita limonitizada. Toda a rocha é percolada por hidróxidos de ferro, que ocasionam a coloração alaranjada e amarronzada, bem como por óxidos de manganês, que geram a coloração escura (Figura 20).

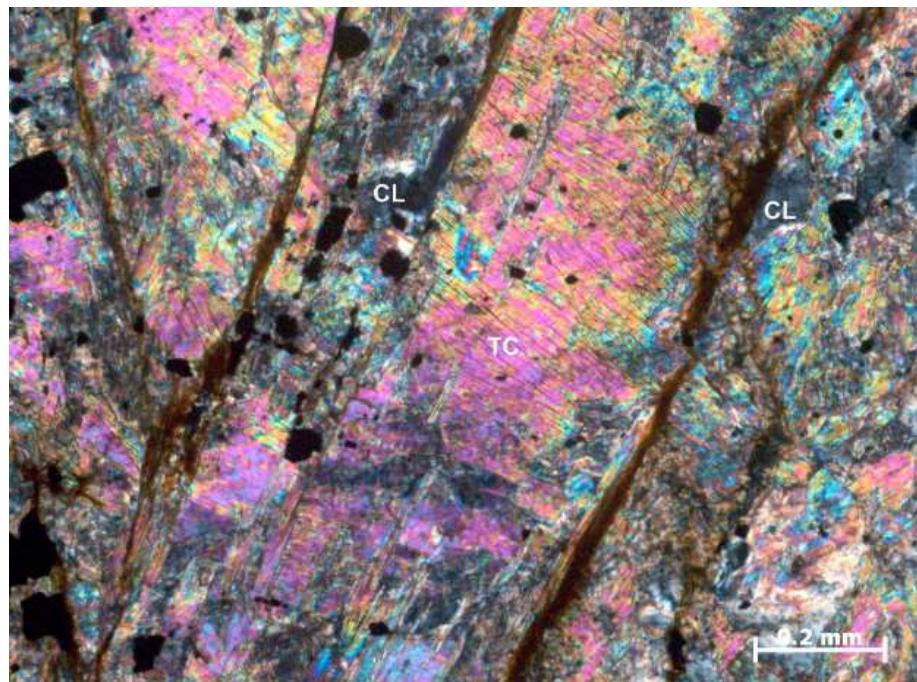


**Figura 19** – Afloramento e blocos do talco-clorita xisto alterado intempericamente.

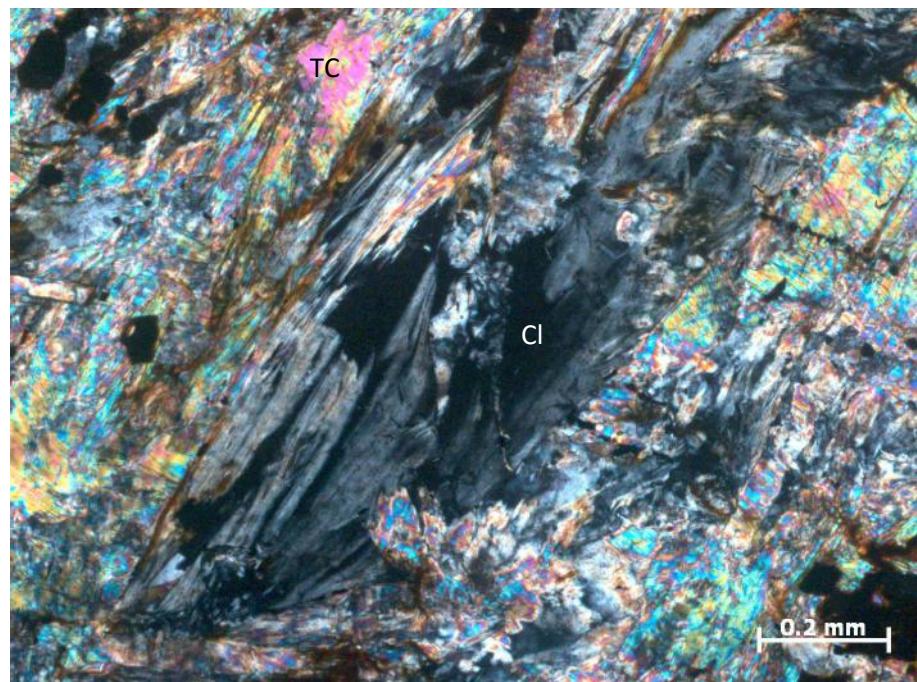


**Figura 20** – Amostra de clorita xisto com percolação de óxido de manganês.

Os cristais de talco perfazem cerca de 70% da rocha, são fibrosos, alongados, possuem elevada birrefringência, clivagem bem marcada e localmente pequenos emaranhados com forma difusa (Figura 21). A clorita possui cor de interferência cinza escura e habito micáceo (Figura 22). Os minerais opacos são abundantes, possuem forma tabular quadrática e estão associados ao talco e a clorita.



**Figura 21** – Fotomicrografia do talco-clorita xisto mostrando grandes cristais de talco, percolação de óxido de ferro ao longo de fraturas entre os grãos e diversos minerais opacos com base quadrática. CL- Clorita, TC- talco.



**Figura 22** – Fotomicrografia do talco-clorita xisto mostrando cristais de clorita anédricos associados a talco. CL-Clorita, TC- talco.

## 8.3 – ORTOGNAISSE GRANÍTICO

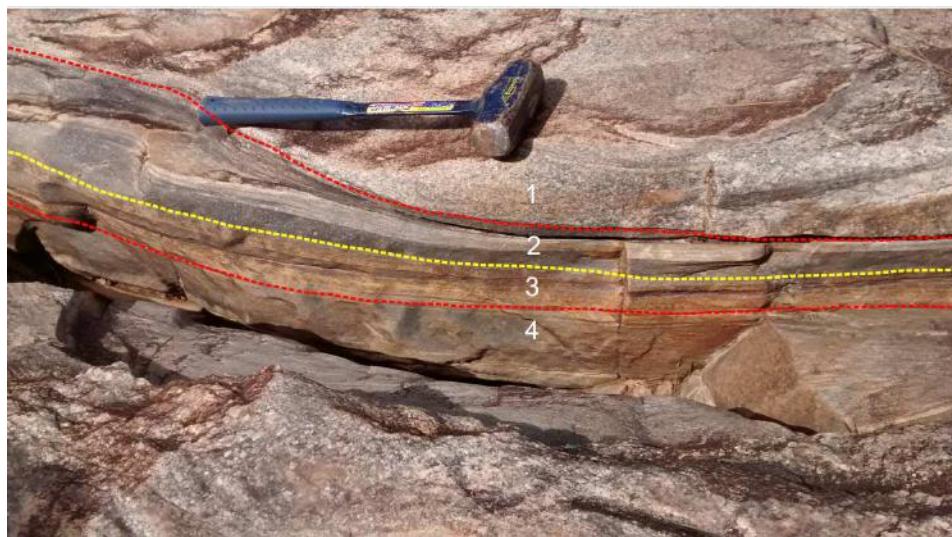
### 8.3.1 – FEIÇÕES DE CAMPO

A unidade denominada de ortognaisse granítico é representada pela reunião de diversos litótipos, dentre os quais diferentes tipos de metagranitoides (principalmente graníticos e tonalíticos), pegmatitos, gnaisses leucocráticos e anfibolitos. Essa unidade também poderia ser designada de complexo indiferenciado, porém o predomínio de metagranitoides (que variam de finos até grossos) é muito grande, representando cerca de 90% dos litótipos cartografados. Por essa razão optou-se pela utilização da designação “ortognaisse granítico”.

Ressalta-se que a estrutura gnáissica dessa unidade (Figura 23A) é dada pela intercalação de metagranitoide de diferentes granulações (fina e média/grossa) e composições (tonalíticas a graníticas) com aplitos (Figura 23B), corpos pegmatíticos e rochas anfibolíticas (Figura 24). Nesse sentido, a principal característica de mapeamento dessa unidade está relacionada a presença de níveis anfibolíticos intercalados com os diferentes tipos de metagranitoides (Figura 24), onde todos os litótipos foram deformados conjuntamente, sendo essa uma feição observada tanto em escala de afloramento, quanto em mapa (Anexo I – Mapa geológico). Destaca-se que a presença de níveis anfibolíticos intercalados com as rochas felsicas não foi observada no metagranitoide Bom Sucesso, o outro corpo plutônico dessa monografia.



**Figura 23** – Exposições do ortognaisse granítico. **Fig. 23A** - Bloco do ortognaisse mostrando a intercalação de bandas com granulação fina e bandas de granulação média e aspecto granítico. **Fig. 23B** - Lajedo de ortognaisse mostrando a estrutura gnáissica dada pela interação de um metagranitoide fino com aplitos graníticos. Todo o conjunto encontra-se fortemente deformado.



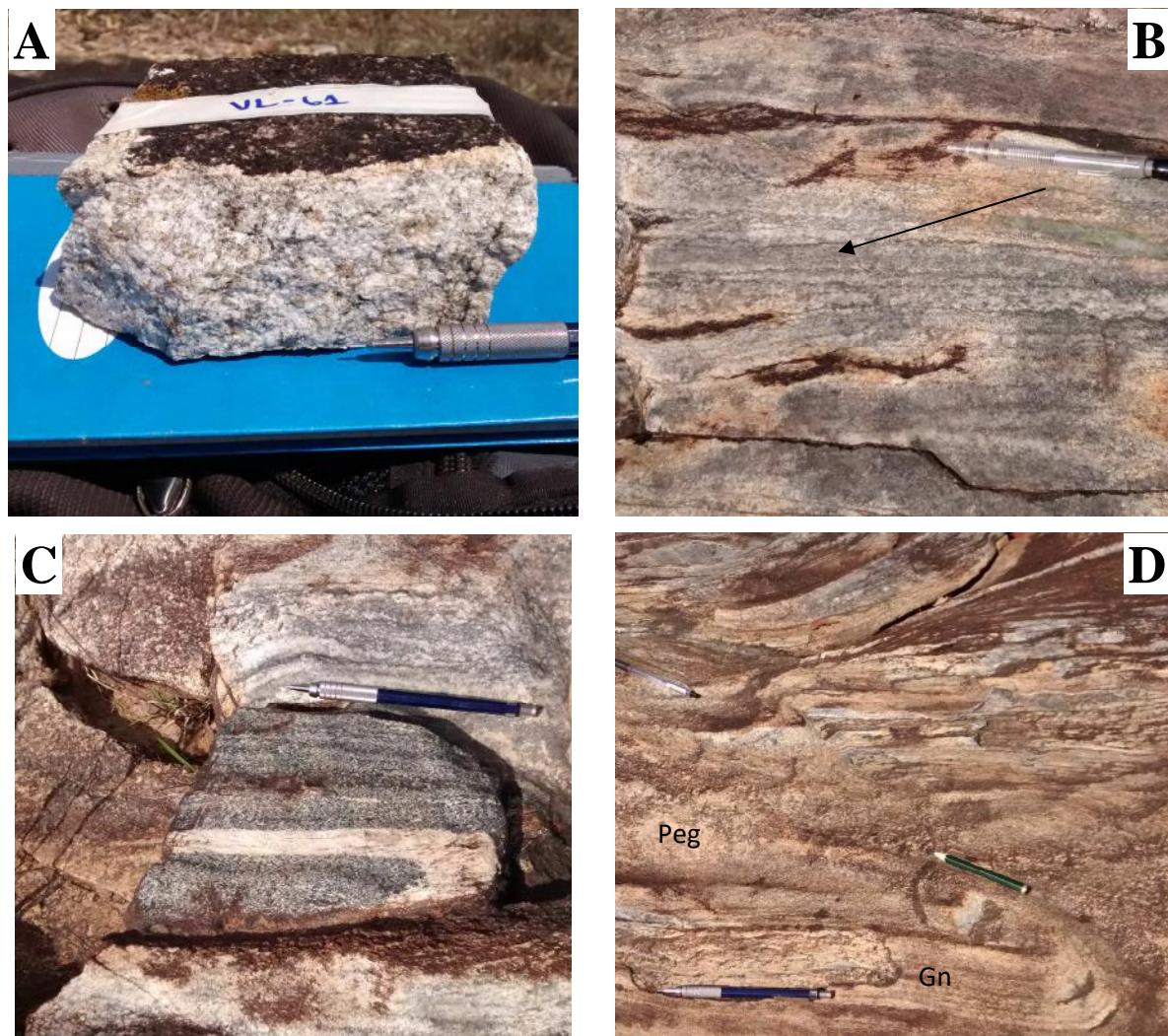
**Figura 24** – Afloramento mostrando os diferentes litótipos associados ao ortognaisse granítico. 1) Banda félscica granítica de granulação média. 2) Banda máfica de composição anfibolítica intercalada com nível félscico granodiorítico; 3) Banda félscicas tonalítica de granulação fina; 4) Banda máfica de composição anfibolítica.

As principais exposições dessa unidade estão associadas a blocos e saprólitos, porém foi identificado um afloramento de grande proporção no córrego da Estiva (ponto VL-43). Nos morros ao redor desse afloramento predominam rochas alteradas intempericamente com a formação de saprólitos avermelhados e esbranquiçados, bem como coberturas superficiais brancas alaranjadas. Porém foram observadas intercalações de saprólitos e solos amarronzados, que neste caso estariam associadas a alteração das rochas anfibolíticas, que afloram conjuntamente com os metagranitoides. Mesmo nos saprólitos é possível de se observar que o bandamento gnaissico é truncado por fases graníticas e pegmatíticas tardias.

Dentre os principais litótipos observados nessa unidade destacam-se:

- 1) Metagranitoide de granulação média, esbranquiçado, hololeucocrático, levemente foliado, equigranular, de composição granítica, representado por quartzo, feldspato e rara biotita. ([Figura 25a](#)). Normalmente está associado com níveis anfibolíticos (amostra VL-43B);
- 2) Metagranitoide de granulação fina, branco acinzentado, leucocrático, fortemente foliado, equigranular, de composição granodiorítica e representado por quartzo, feldspato e salpicado de pequenas palhetas de biotita ([Figura 25b](#)). Cortado por pegmatitos e por veios de quartzo (amostra VL-43C);
- 3) Metagranitoide de granulação média a grossa, branco acinzentado, leucocrático (com cerca de 20% de biotita), insipientemente foliado, equigranular, de composição tonalítica e representado por quartzo, feldspato e biotita. Cortado por pegmatitos e por veios de quartzo (amostras VL-43D);

- 4) Anfibolito de granulação fina a média, esverdeado a cinza, foliado e composto de hornblenda, actinolita, biotita, feldspato, quartzo, epidoto e titanita (**Figura 25c**). A biotita parece se desenvolver a partir da transformação da hornblenda, estando presente principalmente nas regiões de contato com os níveis graníticos (VL-43A);
- 5) Pegmatitos de granulação grossa a muito grossa, brancos, homogêneos e compostos de feldspato e quartzo, com rara biotita (**Figura 25d**). São intrusivos nos demais litótipos e estão deformados com esses (**Figura 26**).
- 6) Gnaisse leucocrático com cor cinza clara, fortemente foliado e com a presença de níveis quartzo feldspáticos e de níveis salpicados em biotita. É cortado por pegmatitos e composto por quartzo, feldspato e biotita;



**Figura 25** – Diferentes litótipos presentes na unidade ortognaisse granítico. A) Metagranitoide médio, equigranular, hololeucocrático, esbranquiçado e levemente foliado. B) Metagranitoide fino (seta indicando), equigranular, branco acinzentado, fortemente foliado e intercalado com veios pegmatíticos. C) Anfibolito de granulação fina a média, cinza esverdeado, foliado e composto principalmente de hornblenda e feldspato. Destaca-se a presença de um delgado veio quartzo-feldspático dobrado em conjunto com o anfibolito. D) Pegmatito de granulação grossa (Peg), branco, hololeucocrático e homogêneo. Esse corpo trunca a estrutura gnáissica (Gn) da rocha.



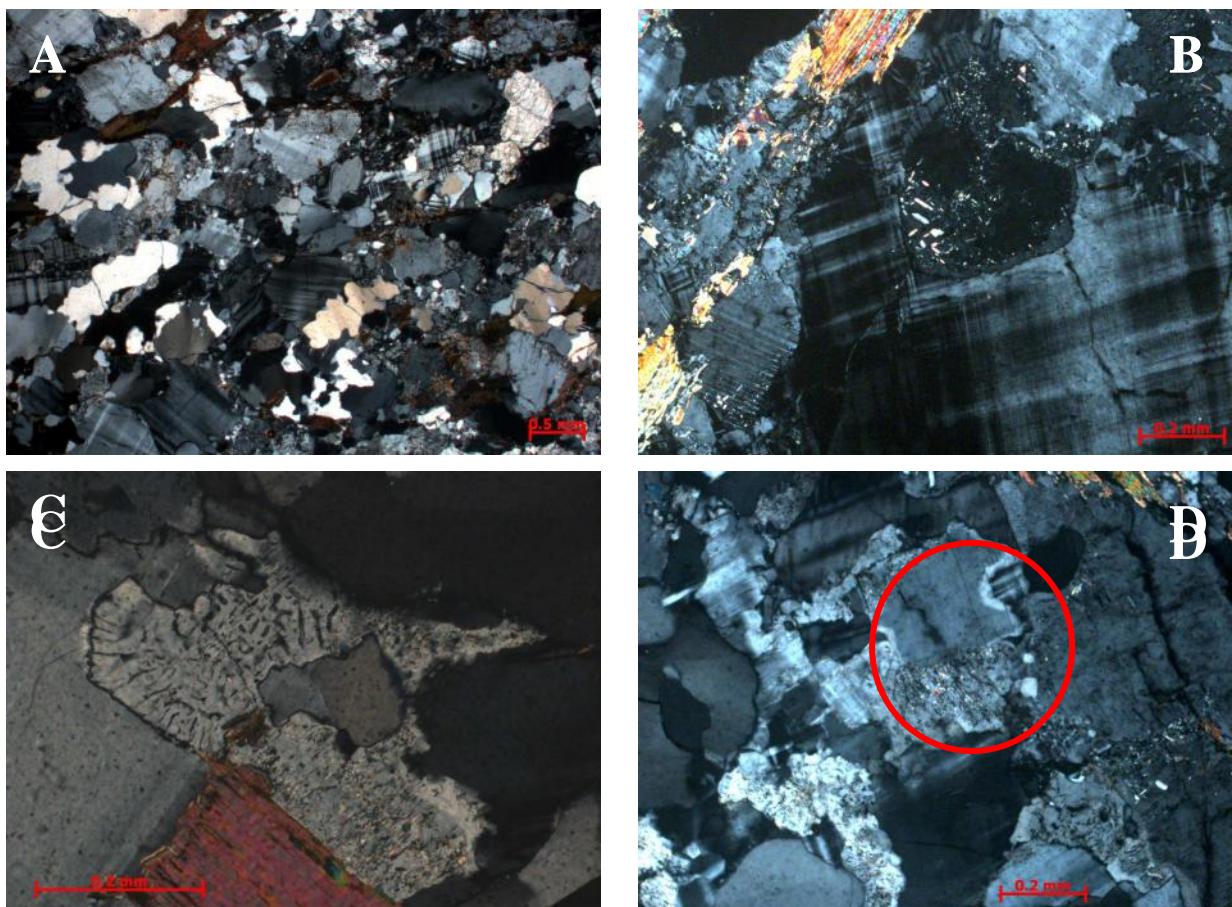
**Figura 26** – Exposição do ortognaisse granítico mostrando intrusão pegmatítica discordante a foliação principal. 1) Banda félscica granítica de granulação média. 2) Banda félscica granodiorítica de granulação fina; 3) Veio pegmatítico discordante a foliação. 4) Banda máfica de composição anfibolítica.

Caracterizou-se, ainda, que os litótipos dessa unidade foram afetados por pelo menos três fases de deformação. A primeira gerou uma foliação (S1), que é transposta por dobras fechadas da segunda fase (S2) com plano axial sub-paralelo a S1, enquanto a terceira fase crenulou suavemente a superfície S2 em dobras abertas.

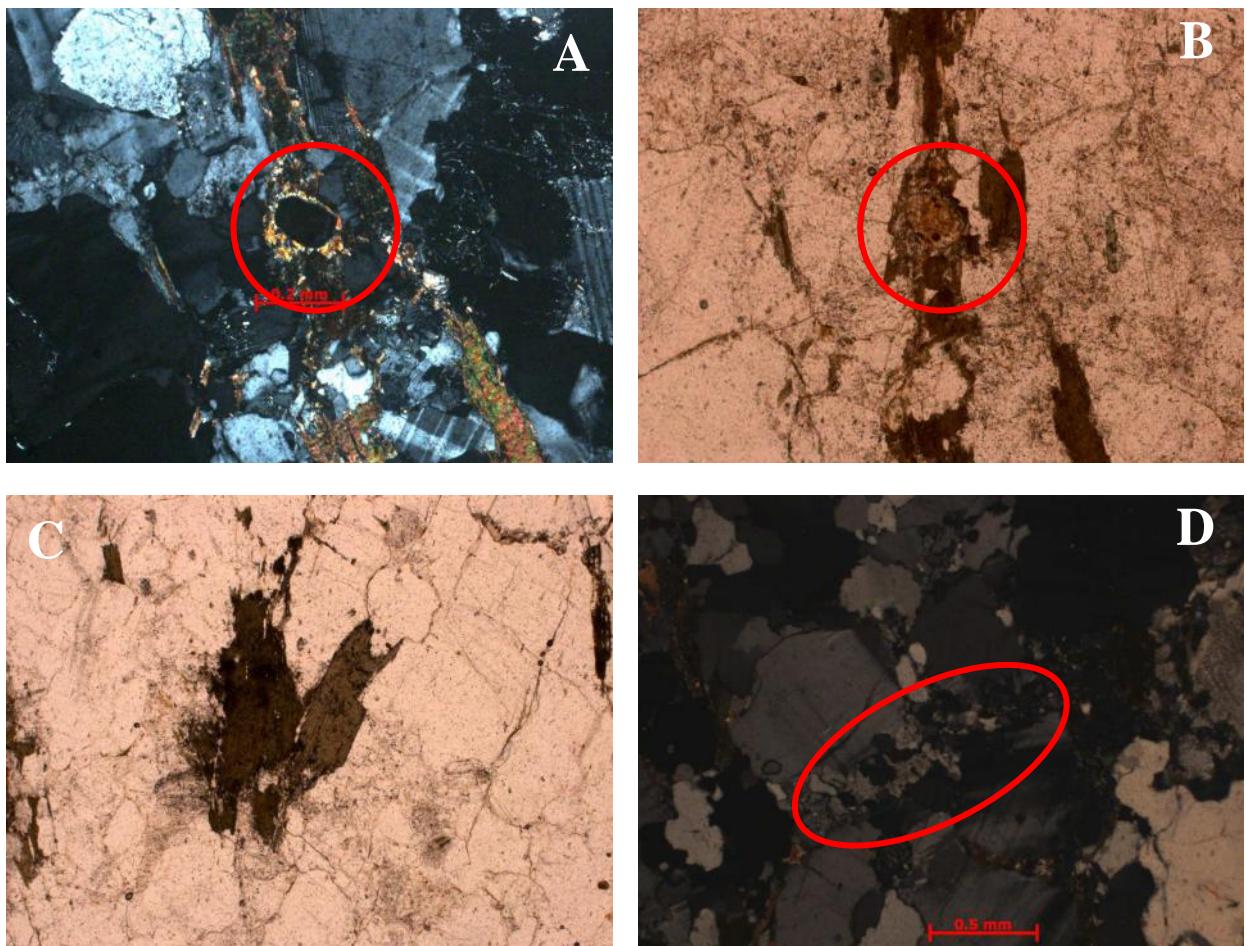
### 8.3.2 – PETROGRAFIA

A principal fase félscica associada a presente unidade corresponde ao nível de granulação média e composição granítica, que possui textura variando de heterogranular anédrica (Figura 27A) a porfirítica com escassos fenocristais de microclina (Figura 27B). Esse nível encontra-se fortemente orientado com grãos alongados de quartzo e feldspato, que conjuntamente com a biotita marcam a foliação (Figura 27A). É composto por quartzo, microclina e plagioclásio, enquanto ortoclásio, biotita, titanita zircão, allanita, carbonato e apatita são fases mais raras. A microclina varia de subédrica a anédrica, apresenta-se deformada com extinção ondulante, límpida e seus grãos possuem inclusões de plagioclásio sericitizado (Figura 27B), biotita cloritizada e allanita. Foi caracterizada uma feição de substituição do plagioclásio pela microclina, pois essa penetra nas faces do plagioclásio (Figuras 27C e D), parecendo inclusive que as dissolve. O ortoclásio é raro e ocorre em grãos anédricos, com extinção ondulante. O plagioclásio varia de subédrico a anédrico, encontra-se

levemente alterado para sericita, carbonato e epidoto, diferindo da microclina que é límpida. Ocorre muitas vezes incluso na microclina, podendo apresentar feições de reação, tais como intercrescimento mimerquítico (Figura 27C) e bordas límpidas (Figuras 27B e D), está última feição podendo corresponder ao sobrecrestamento de uma fase albítica. A biotita é escassa, possui inclusões euédricas de allanita (Figuras 28A e B), zircão e apatita, está dispersa na rocha, marca a foliação e pode ser substituída pela clorita. Seus grãos apresentam faces irregulares (Figura 28C) evidenciando que foi parcialmente dissolvida pela ação dos fluidos hidrotermais. Os grãos de allanita, zircão e apatita apresentam forma euédrica, são muito pequenos e podem ocasionar a formação de halos pleocróicos na biotita. A allanita normalmente ocorre inclusa na biotita e apresenta a desenvolvimento de minerais da família do epidoto ao seu redor (Figura 28A e B). Em algumas regiões da lâmina observa-se feições de recristalização do plagioclásio e da microclina, formando um mozaicos de grãos menores.



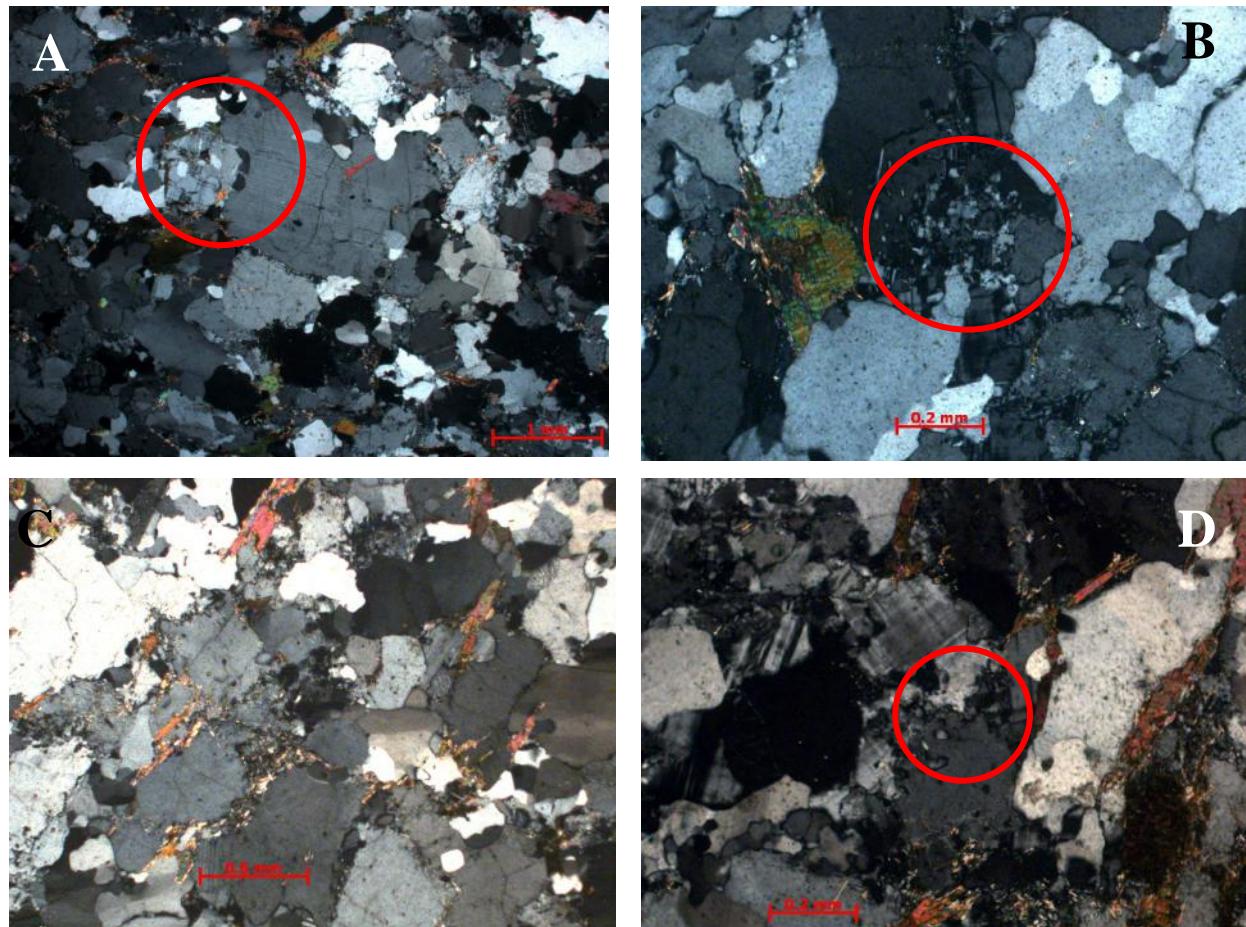
**Figura 27** – Fotomicrografias do metagranitoide de granulação média e composição granítica. **Fig. 27A** – Textura heterogranular anédrica onde as faces da maioria dos grãos de quartzo e feldspato são irregulares. Foliação evidenciada pela orientação do quartzo e feldspato. **Fig. 27B** – Fenocristal de microclina com geminação tartan e com inclusão de plagioclásio levemente sericitizado e com sobrecrestamento albítico na borda. **Fig. 27C** - Cristal de plagioclásio subédrico, levemente alterado para sericita, com faces irregulares e com reentrâncias evidenciando sua substituição por microclina. **Fig. 27D** - Cristal de plagioclásio anédrico, levemente alterado para sericita e com faces irregulares marcadas pela substituição pela microclina (círculo vermelho).



**Figura 28** – Fotomicrografias do metagranitoide de granulação média e composição granítica. **Fig. 28A** – Grão de allanita com hábito euédrico incluso na biotita e com sobrecrecimento de epidoto ao seu redor. Nicóis paralelos. **Fig. 28B** – Grão de allanita com hábito euédrico incluso na biotita e com sobrecrecimento de epidoto ao seu redor. Nicóis cruzados. **Fig. 28C** - Grão de biotita com faces irregulares provavelmente devido a reação com fluidos hidrotermais. **Fig. 28D** - Região recristalizada (círculo vermelho) com a formação de um mosaico de grãos muito finos de plagioclásio, microclina e quartzo.

As rochas da fácie fina apresentam composição granodiorítica e textura variando de equigranular a porfirítica, sendo a última representada por raros fenocristais de plagioclásio (Figura 29A), os quais estão imersos em matriz predominantemente quartzo-feldspática com biotita e escassa microclina. Esse litótipo é composto de plagioclásio, quartzo, biotita e microclina, enquanto apatita, zircão e titanita são acessórios. Os fenocristais de plagioclásio possuem hábito subédrico, estão levemente alterados para sericita e são substituídos por microclina (Figura 29B), enquanto o quartzo é anédrico, está deformado e apresenta extinção ondulante. A biotita possui granulação fina, seus grãos apresentam hábito subédrico e estão orientados, imprimindo uma insípiente foliação no litótipo (Figura 29C). A microclina é anédrica, apresenta hábito intersticial, ocorre preenchendo os espaços entre os grãos de plagioclásio e quartzo, bem como substitui o plagioclásio truncando as fácie do mesmo, inclusive com diversos contatos lobados e irregulares (Figura 29D). Em termos gerais, esse

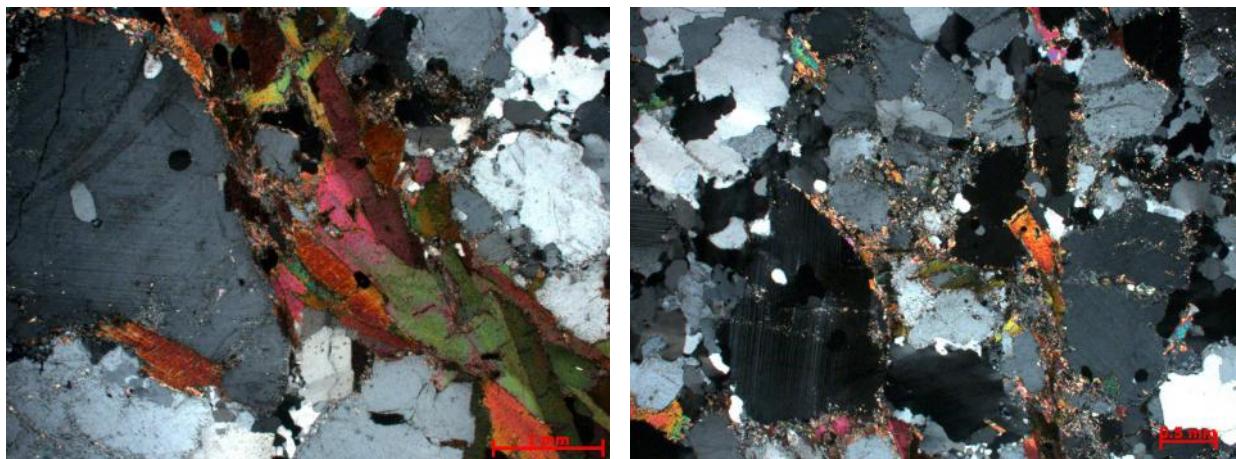
litótipo difere do anterior por: *i*) apresentar uma maior proporção de plagioclásio em relação a microclina (composição granodiorítica x granítica); *ii*) pela sua textura estar melhor preservada (equigranular x heterogranular), onde o quartzo e o plagioclásio não formam grãos alongados; *iii*) apresentar maior quantidade de apatita e biotita; *iv*) possuir grãos de biotita subédricos com as faces bem formadas; *v*) ter titanita; *vi*) não apresentar allanita, que é abundante no nível de granulação média e composição granítica.



**Figura 29** – Fotomicrografias do metagranitoide de granulação fina e composição granodiorítica. **Fig. 29A** - Fenocristal de plagioclásio subhédrico, com faces lobadas e borda recristalizada (círculo vermelho). **Fig. 29B** - Cristal de plagioclásio parcialmente substituído nas suas bordas por um mosaico de pequenos grãos de microclina (círculo vermelho). **Fig. 29C** - Textura equigranular dada pelo tamanho uniforme dos grãos de plagioclásio e quartzo. Foliação dada pela orientação dos grãos tabulares de biotita, enquanto o quartzo apresenta extensão ondulante. **Fig. 29D** - Substituição do plagioclásio pela microclina (círculo vermelho), onde o último mostra faces penetrativas no cristal de plagioclásio, inclusive com a formação de intercrescimento mimerquítico. Destaca-se, ainda, a incipiente foliação dada pela orientação dos grãos de biotita.

O metagranitoide de granulação média a grossa possui composição tonalítica e é composto principalmente por plagioclásio, quartzo e biotita, enquanto microclina, apatita, allanita e zircão são mais raros. Os cristais de biotita variam em tamanho de 1 a 2 mm, apresentam inclusões de allanita e zircão e ocorrem principalmente sob a forma de agregados de grãos (Figura 30A), enquanto o plagioclásio pode alcançar 5 mm de comprimento, possui

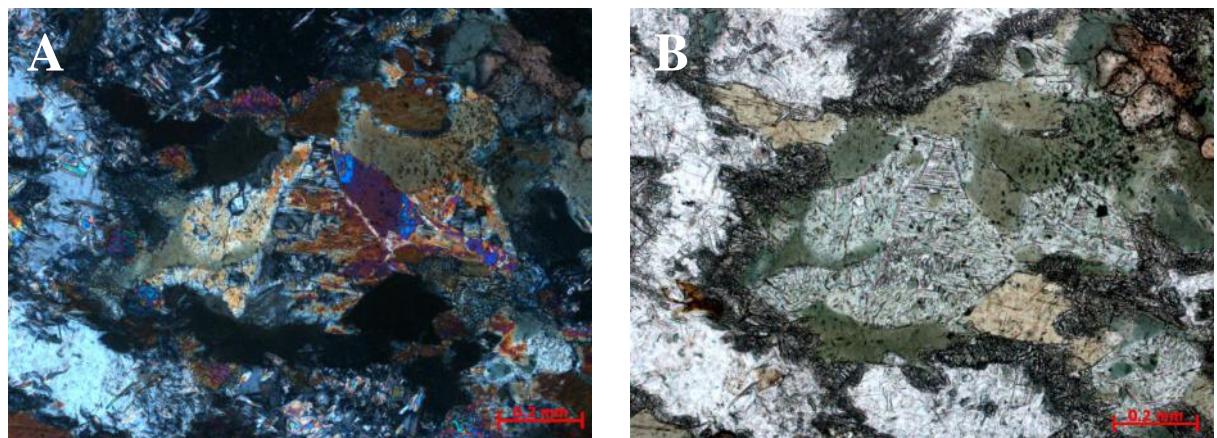
inclusões de allanita, exibe geminação polissintética bem marcada e está levemente alterado para sericita (**Figura 30B**). O quartzo encontra-se deformado, com extinção ondulante e com limites dos grãos lobados.



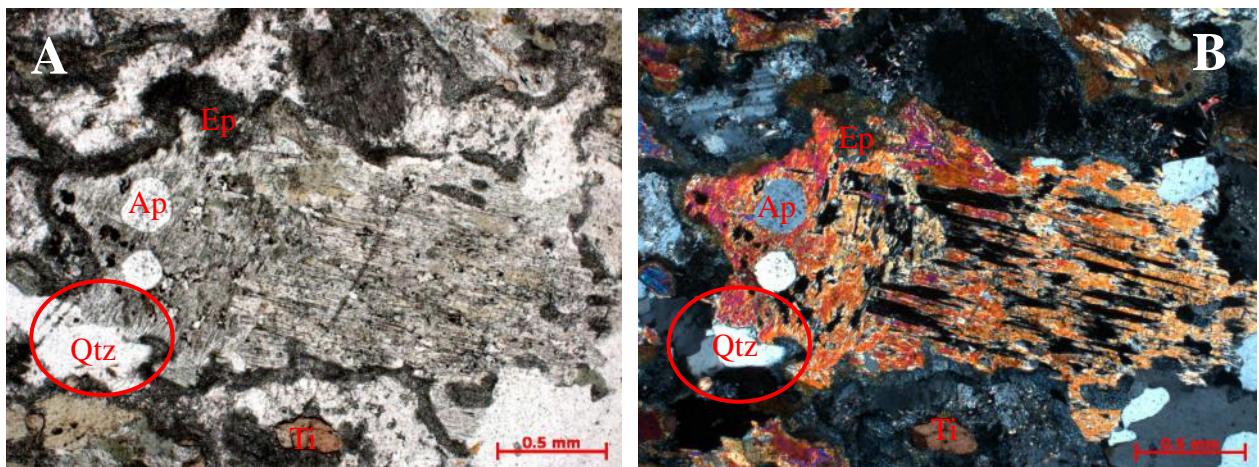
**Figura 30** – Fotomicrografias do metagranitoide de granulação média/grossa e composição tonalítica. **Fig. 30A** - Aglomerado de grãos subhédricos de biotita imprimindo a foliação no litótipo e em contato com grão de plagioclásio levemente sericitizado. **Fig. 30b** - Textura equigranular dada pelo tamanho uniforme dos grãos de plagioclásio e quartzo. Destaca-se que o processo de sericitização processou-se principalmente entre os grãos de plagioclásio.

A banda anfibolítica possui granulação fina e é composta principalmente por actinolita, hornblenda e plagioclásio, enquanto epidoto, apatita, zircão e titanita são mais raros. As principais feições observadas referem-se a:

- 1) Transformação parcial ou completa dos grãos de actinolita (incolor) para hornblenda (verde escura), que é inferido a partir da diferença de pleocroísmo (**Figura 31**);
- 2) Desenvolvimento de coronas de epidoto ao longo da região de contato entre os grãos de anfibólito e de plagioclásio (**Figura 32**), onde o anfibólito possivelmente forneceria os íons de Fe e o plagioclásio os íons de Ca e Al. Esta hipótese é corroborada pela ausência da corona de epidoto ao longo do contato entre os cristais de anfibólito e quartzo (**Figura 32**).

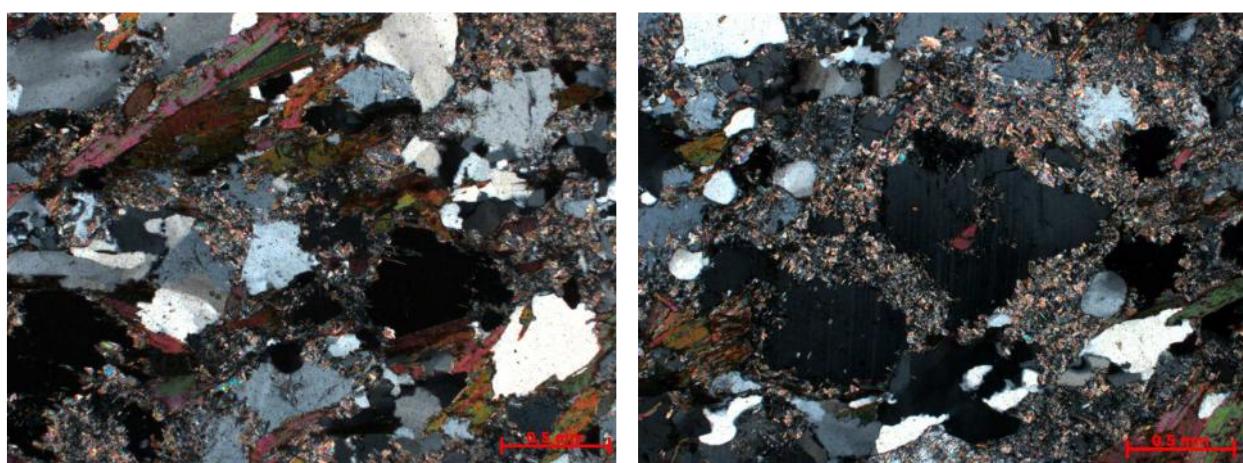


**Figura 31** – Fotomicrografias do nível anfibolítico evidenciando a transformação parcial da actinolita (incolor) para hornblenda (verde musgo). Presença de coronas de epidoto ao longo do contato entre o anfibólito e o plagioclásio.



**Figura 32** – Fotomicrografias do nível anfibolito mostrando cristal de actinolita com corona de epidoto no contato do anfibólio com grãos de plagioclásio. Observa-se no círculo destacado, que no contato do anfibólio com o quartzo não forma corona de epidoto. Destaca-se, ainda, a presença de inclusões de apatita na actinolita e pequenos sobrecrementos de hornblenda (com cor de birrefrigência escura) ao longo da direção de clivagem da actinolita. Ep: epidoto, Ap: apatita, Qtz: quartzo, Ti: titanita.

O gnaisse tonalítico possui granulação fina e é composto por plagioclásio, quartzo, biotita, rara microclina, zircão, allanita, apatita, sericita, caulinita e epidoto. Este apresenta textura equigranular e marcante foliação dada pela orientação dos grãos de biotita e quartzo (Figura 33A). Os cristais de plagioclásio estão fortemente alterados para sericita (Figura 33B) e caulinita, porém ainda é possível de se observar a geminação polissintética em alguns grãos. A microclina é muito escassa e ocorre em pequenos grãos intersticiais, enquanto allanita, apatita e zircão são minerais acessórios comuns e estão inclusos nos demais minerais essenciais.



**Figura 33** - Fotomicrografias do gnaisse leucocrático tonalítico. **Fig. 33A** - Foliação dada pela orientação dos grãos de biotita e de quartzo. **Fig. 33B** - Cristais de plagioclásio extremamente alterados para sericita nas bordas e preservado no centro.

## 8.4 – METAGRANITOIDE BOM SUCESSO

### 8.4.1 – FEIÇÕES DE CAMPO

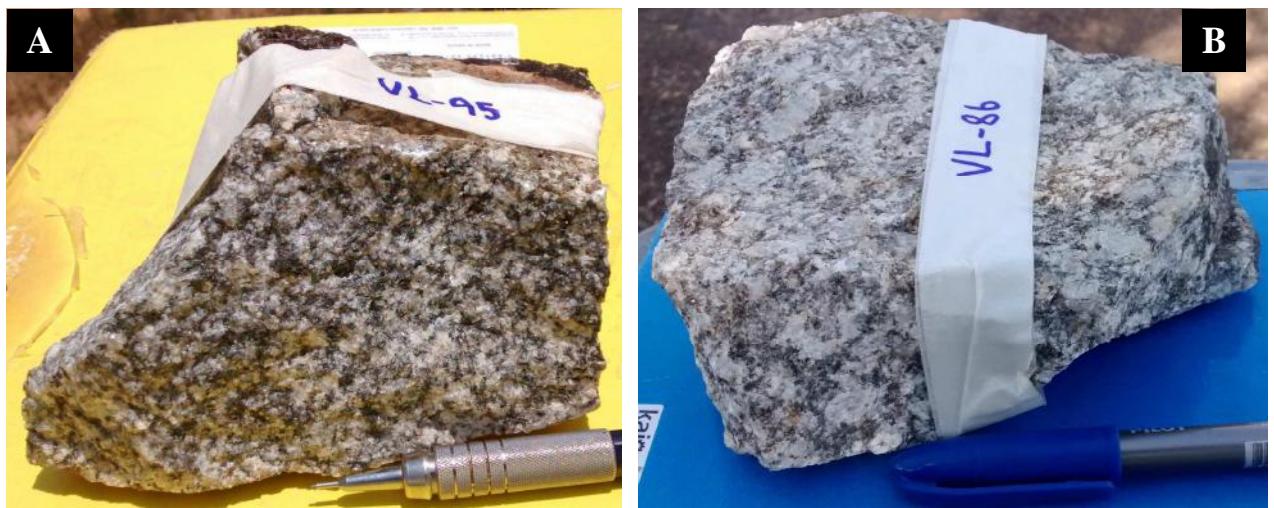
As principais exposições do metagranitoide Bom Sucesso estão relacionadas a lajados presentes nas cristas de morros, bem como a grandes blocos *in situ* ou rolados, que podem estar isolados ou não (Figura 34). Destaca-se que o saprolito e o solo oriundo da alteração das rochas desta unidade apresentam coloração branca ou avermelhada e são ricos em quartzo.



**Figura 34** - Principais formas de exposição do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 34A** - Lajados e/ou bloco de grande porte com forma irregular. **Fig. 34B** - Acumulação de blocos de pequeno porte com formas arredondadas.

As rochas do metagranitoide Bom Sucesso variam de hololeucocráticas a leucocráticas, de médias a grossas e de equigranulares a porfiríticas (Figura 35), destacando-se nestas últimas a presença de fenocristais de feldspato com tamanho entre 1,0 até 2,5 cm (Figura 36). Estas são compostas principalmente por quartzo, microclina, plagioclásio e biotita, sendo que em alguns afloramentos foi identificada a presença de magnetita (VL-16), titanita ou granada (VL-131) e allanita (VL - 22, 56, 77, 87, 123, 131).

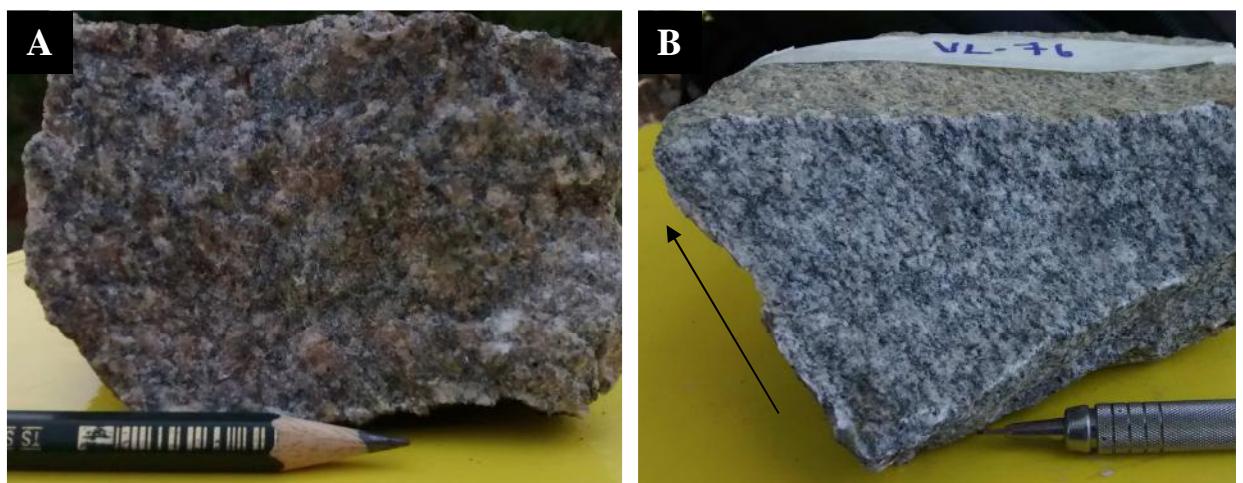
As amostras desse corpo variam desde homogêneas até sutilmente foliadas (Figura 37), sendo que a grande maioria apresenta foliação dada pela orientação dos grãos de feldspato e biotita segundo *strike* NE-SW, cujos mergulhos variam para ambos os lados entre 50-55° (Sn=125/50 e 285/55). Porém como a principal forma de exposição desse corpo é em blocos torna-se difícil e de pouca confiabilidade a obtenção de medidas estruturais. Nas rochas porfiríticas é mais difícil de se observar a foliação, pois os cristais de biotita apresentam deflexão na sua orientação devido ao tamanho dos fenocristais de feldspato. Cabe destacar que não foi possível de se separar em campo as rochas da fácie equigranular daquelas da fácie inequigranular porfirítica, pois parece que estas correspondem a uma graduação entre seus termos, onde ocorre a ampla variação na percentagem de fenocristais.



**Figura 35** – Principais texturas observadas nas rochas do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 35A** - Textura equigranular média onde a grande maioria dos minerais apresentam o mesmo tamanho e as placas de biotita evidenciam uma incipiente foliação. **Fig. 35B** - Textura porfirítica com fenocristais de até 2 cm de feldspato em meio a uma matriz média composta de quartzo, feldspato e biotita.



**Figura 36** – Afloramento do metagranitoide Bom Sucesso onde destaca-se a presença da textura porfiríca com fenocristais de feldspato com tamanho homogêneo e orientados de forma caótica.



**Figura 37** – Fragmentos de rochas do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 37A** - Amostra homogênea onde é difícil de se observar a foliação presente. **Fig. 37B** - Amostra com incipiente foliação (paralela a direção da seta), que é dada pela orientação dos grãos de biotita e feldspato.

Caracterizou-se, ainda, que as rochas desse corpo são cortadas por veios félscicos e por diversos pegmatitos, que podem apresentar allanita, titanita e granada. Alguns desses veios apresentam bordas retilíneas e contatos bem definidos com o metagranitoide (Figura 38A), enquanto outros mostram contato difuso e irregular, bem como são enriquecidos em biotita, ocasionando a formação de uma feição "mosqueada" (Figura 38B). Também foram observadas fraturas preenchidas por quartzo e epidoto (Figura 39A), gerando veios desde centimétricos até métricos, bem como microzonas de cisalhamento de caráter destral (Figura 39B) e falhas com deslocamentos centimétricos.



**Figura 38** – Feições observadas nas rochas do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 38A** - Corpo pegmatítico com cerca de 25 cm de largura e com contato retilíneo. **Fig. 38B** - Corpo com cerca de 5 cm de largura, marcado pela presença abundante de biotita e com contato difuso e irregular.

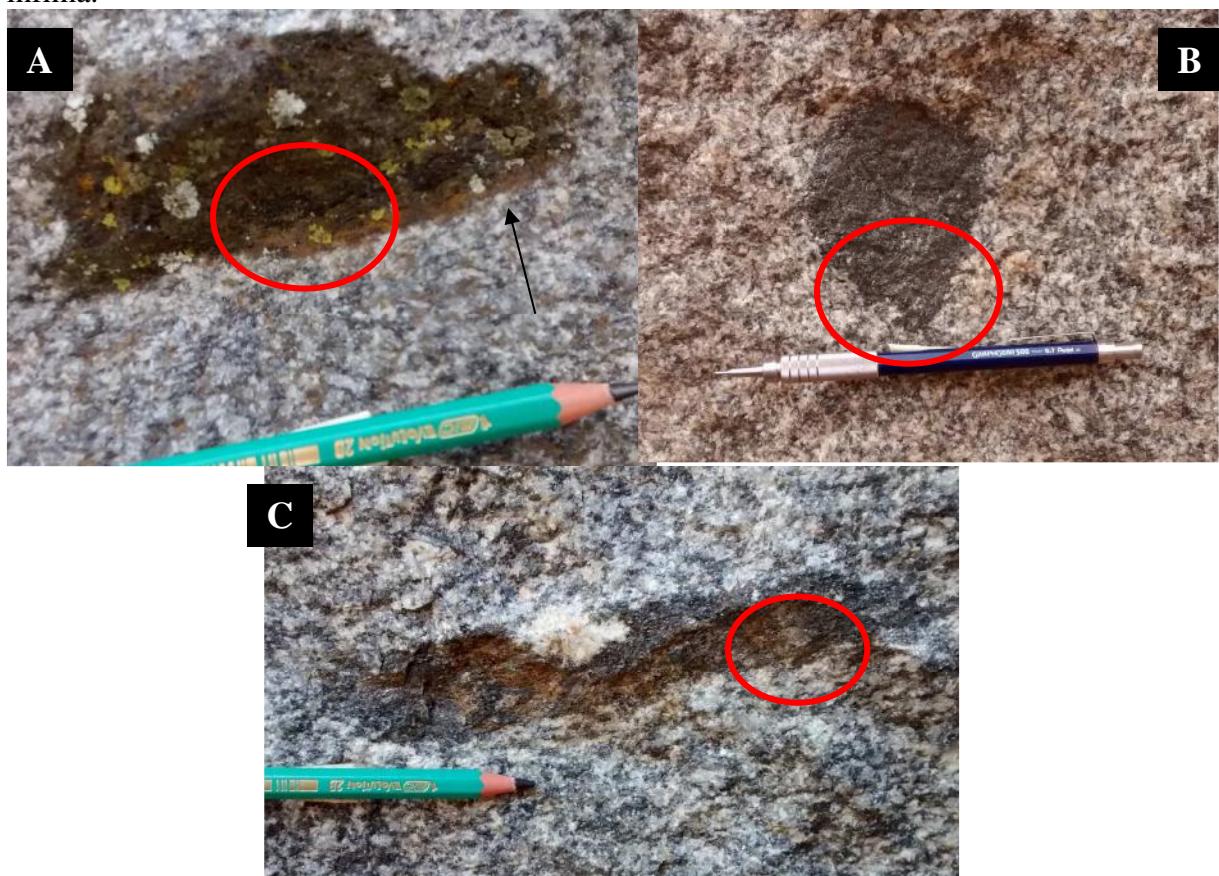


**Figura 39** – Feições secundárias no metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 39A** - Fratura preenchida com quartzo e epidoto em rocha da fácie porfirítica. **Fig. 39B** - Zona de cisalhamento destral centimétrica deslocando veio de quartzo no metagranitoide Bom Sucesso.

Observou-se que a grande maioria dos afloramentos e dos blocos do metagranitoide Bom Sucesso apresentam enclaves com formas, tamanhos e mineralogia diferentes. Esses foram separados em pelo menos cinco tipos distintos:

**i) enclaves máficos biotíticos:** apresentam forma predominantemente achatada ou de charuto com um eixo muito maior que o outro, bem como variam em tamanho desde 3 até 15 cm (Figura 40A e 40B). Possuem coloração preta pois são composto quase que exclusivamente de biotita e granulação variando de média a grossa, com placas bem desenvolvidas desse último mineral. Foi observada a presença de bordas de reação com o metagranitoide, onde se forma uma massa preta de granulação mais fina.

**ii) enclaves máficos:** possuem forma desde alongada até sigmoidal, enquanto seu tamanho pode alcançar até 20 cm (Figura 40C). Também possuem coloração preta, porém sua granulação é mais fina que os enclaves máficos biotíticos, bem como são compostos predominantemente por biotita, porém apresentam feldspato e quartzo em proporção muito ínfima.



**Figura 40** – Enclaves no metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 40A** - Enclave máfico biotítico caracterizado pela presença de grãos maiores de biotita (círculo vermelho) e de uma borda de reação fina e biotítica (seta). **Fig. 40B** - Enclave máfico biotítico circular caracterizado pela presença de grãos maiores de biotita (círculo vermelho). **Fig. 40C** - Enclave máfico de granulação fina, composto principalmente por biotita e com a presença de grãos de feldspato (circulo vermelho).

**iii) enclaves félscos finos e porfiríticos:** estes enclaves possuem forma sigmoidal com eixos alongados, tamanho entre 3 e 15 cm, coloração acinzentada e granulação muito fina com raros fenocristais de feldspato com até 0,5 cm (Figura 41A), que apresentam forma predominantemente tabular. Parece corresponder a uma rocha subvulcânica félscica porfirítica

**iv) enclaves félscos graníticos:** estes enclaves também apresentam forma sigmoidal ou circular, coloração cinza clara, granulação média a grossa, tamanho por volta de 10 cm, podendo alcançar 1m (Figura 41B e C). Sua composição é granítica e representada por quartzo, feldspato e uma maior quantidade de biotita que o granitoide hospedeiro. Também observa-se a presença de fenocristais de feldspato, que podem alcançar cerca de 1,0 cm.

**v) enclaves felsicos feldspáticos:** estes enclaves são mais raros, apresentam formato irregular, tamanho que pode alcançar até 20 cm e são compostos quase que unicamente por feldspato e quartzo (Figura 41D). São brancos, sua granulação varia de média a grossa e os contatos podem ser retilíneos ou irregulares.



**Figura 41** – Enclaves no metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 41A** - Enclave félscico fino porfirítico caracterizado pela presença de uma matriz de granulação fina e quartzo feldspática com rara biotita e fenocristais milimétricos de feldspato na borda (círculo vermelho). A cor mais escura neste enclave é devido ao feldspato se muito fino. **Fig. 41B** - Enclave félscico, circular e com cerca de 1m de uma rocha granítica-gnáissica mais fina, envolvido pelo metagranitoide Bom Sucesso fácies equigranular. **Fig. 41C** - Enclave félscico granítico onde a matriz é média e os fenocristas de feldspato (círculo vermelho) já alcançam cerca de 1,0 cm. Em relação ao enclave da Fig. 31A, a granulação da matriz é mais grossa e rica em biotita. **Fig. 41D** - Enclave félscico feldspático com forma irregular, bordas superiores com reentrâncias (demais contatos retos) e composto por feldspato e quartzo.

Foi observado em alguns afloramentos que os fenocristais de feldspato encontram-se alinhados segundo uma direção preferencial (Figura 42), que pode ser devido a fluxo magmático ou a deformação. A forma tabular da grande maioria desses grãos (ponto VL-81 e 91) corrobora a primeira opção, bem como a presença de regiões onde os grãos encontram-se sem nenhuma orientação preferencial (Figura 43). Porém a segunda opção é corroborada pela presença de insípiente foliação dada a partir da orientação dos grãos tabulares de biotita (Figura 37B), pela forma sigmoidal e alongada da grande maioria do xenólitos (Figura 40A e C e Figura 41A e C), indicando que estes foram deformados, bem como pela presença de escassas regiões onde os fenocristais de feldspato encontram-se com formas pseudo-ovaladas (ponto VL-80) ou ovaladas (ponto VL-77).



**Figura 42** - Orientação preferencial dos fenocristais de feldspato (direção do lápis) em um afloramento da fácies porfirítica do metagranitoide Bom Sucesso. Destaca-se a forma tabular da grande maioria dos cristais.

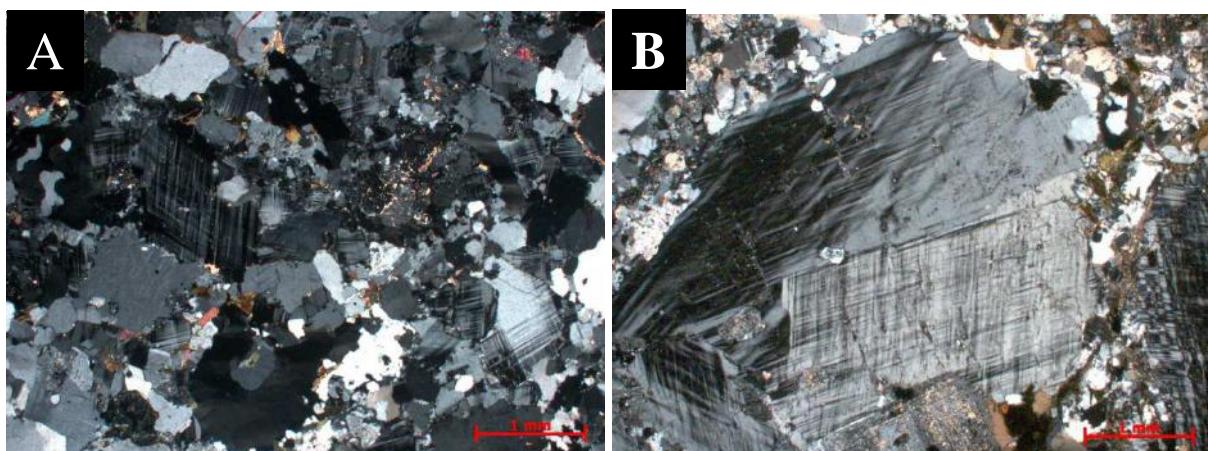


**Figura 43** - Orientação caótica dos fenocristais de feldspato em um afloramento da fácies porfirítica do metagranitoide Bom Sucesso. Destaca-se a forma tabular da grande maioria dos cristais.

O metagranitoide Bom Sucesso apresenta duas feições muito peculiares: variação na percentagem de fenocristais de feldspato, indo desde rochas equigranulares (sem ou com raríssimos fenocristais) a rochas porfiríticas com volume de 40% a 50% de fenocristais; e presença de uma grande quantidade de diques de metadiabásio e metadiabásio porfirítico (Anexo I - Mapa geológico). Esses diques variam em relação a espessura e tamanho.

#### 8.4.2 - PETROGRAFIA

As rochas do metagranitoide Bom Sucesso apresentam granulação desde fina até média/grossa, variam de hololeucocráticas a leucocráticas e texturalmente de equigranulares à porfiríticas (Figura 44). Essas são compostas por quartzo, plagioclásio, microclina e biotita, enquanto os minerais acessórios e secundários correspondem a allanita, zircão, apatita, titanita<sub>1</sub>, minerais opacos, epidoto, zoisita, clinozoisita, biotita<sub>2</sub>, titanita<sub>2</sub>, sericita, carbonato e clorita (Tabela 7). Suas rochas variam amplamente no diagrama QAP, plotando desde sienogranito até granodiorito, com um pequeno gap no campo monzogranítico (Figura 45). Essa feição pode estar associada a uma graduação composicional e textural do referido corpo, semelhante a aquela observada em campo, onde foram identificadas rochas desde equigranulares até porfiríticas, onde a porcentagem dos fenocristais varia desde 2% até 50%.



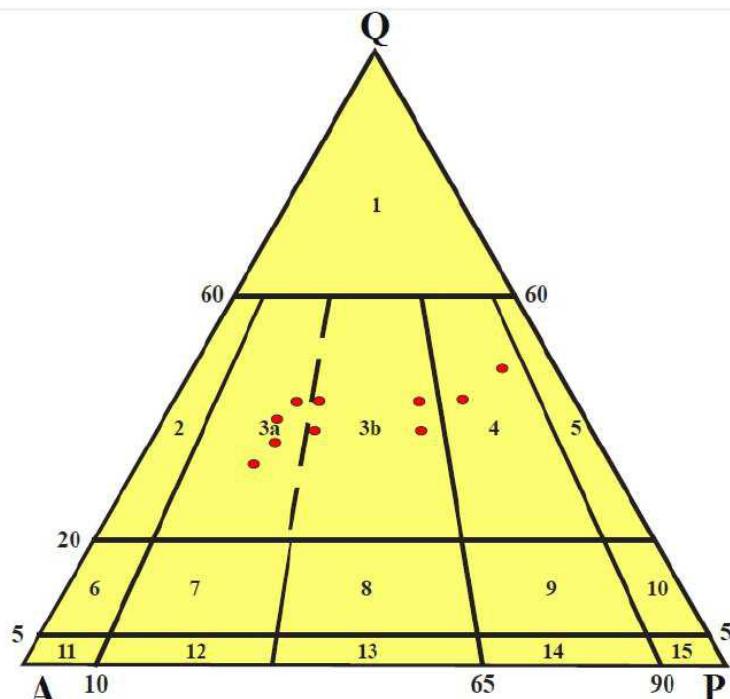
**Figura 44** – Fotomicrografias das texturas do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 44 A** - Textura equigranular com predomínio de grãos levemente maiores de feldspato. **Fig. 44B** - Textura porfirítica com fenocristal euédrico, geminado e centimétrico de microclina imerso em uma matriz fina composta de quartzo, feldspato e biotita.

Destaca-se, ainda, a presença de aglomerados de minerais máficos compostos de biotita + opacos + titanita + clorita + apatita (Figura 46), que poderiam corresponder a enclaves e/ou xenólitos de rochas máficas parcialmente digeridos, semelhantemente a feição observada em campo nos enclaves (Figuras 40 e 41). Alguns desses aglomerados também apresentam hornblenda na sua paragênese (Figura 47), o que não foi observado em nenhuma

das amostras do metagranitoide Bom Sucesso, implicando que o anfibólio estaria associado a rochas mais primitivas.

**Tabela 7** – Estimativa modal a partir de cinco visadas da mineralogia das lâminas estudadas do metagranitoide Bom Sucesso.

Lâmina	Quartzo	Microclina	Plagioclásio	Biotita	Acessórios e secundários
NAZ-I-109	40%	7,0%	34%	14%	5%
VL-35	37%	32%	18%	9%	4%
VL-56	35%	36%	20%	5%	4%
VL-82	36%	22%	34%	5%	3%
VL-87	38%	14%	35%	8%	5%
VL-98	39%	20%	31%	7%	3%
VL-99	31%	44%	15%	7%	3%
VL-119	33%	36%	13%	8%	10%
VL-130	32%	40%	16%	7%	5%
VL-134	35%	34%	15%	9%	7%

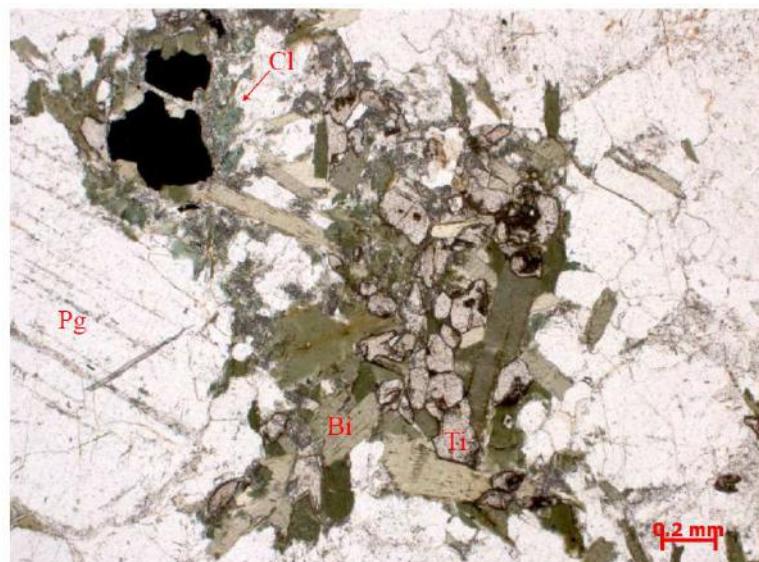


**Figura 45** - Diagrama QAP (Streckeisen, 1976) com a estimativa modal da mineralogia do metagranitoide Bom Sucesso. Campos: 1 - Granitóide rico em quartzo. 2 - Álcali-feldspato granito. 3a - Sienogranito. 3b - Monzogranito. 4 - Granodiorito. 5 - Tonalito/trondhjemito. 6 - Álcali-feldspato quartzo sienito. 7 - Quartzo sienito. 8 - Quartzo monzonito. 9 - Quartzo monzodiorito/quartz monzogabro. 10 - Quartzo diorito/quartz gabro. 11 - Álcali-feldspato sienito. 12 - Sienito. 13 - Monzonito. 14 - Monzodiorito/monzogabro. 15 - Diorito/gabro.

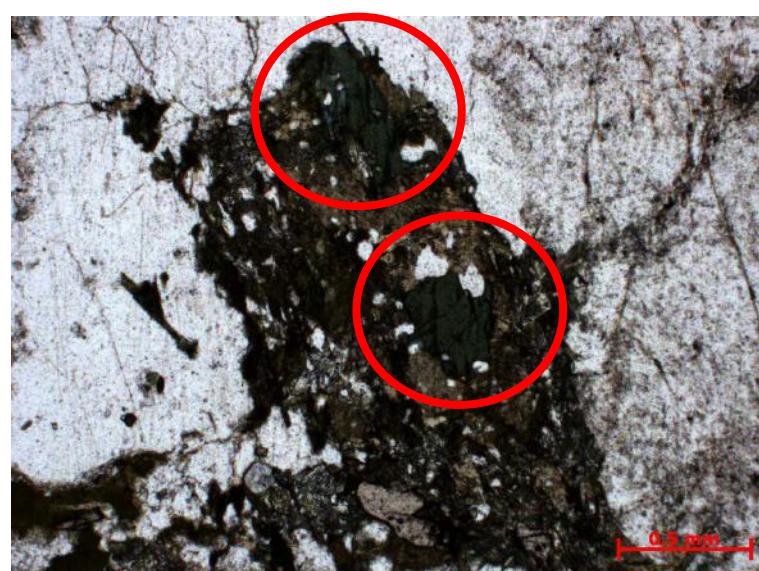
Os cristais de microclina variam amplamente em relação ao tamanho e hábito e podem ser encontrados como: grãos intersticiais subédricos e anédricos presentes na matriz (Figura 44A); fenocristais de até 1,5 cm com forma tabular euédrica e geminação tartan bem marcada (Figura 44B); e em aglomerados de cristais poligonais decorrentes da recristalizados de grãos maiores durante uma fase de deformação (Figura 48A). Caracterizou-se, ainda, que alguns

cristais de microclina penetram a face dos cristais de plagioclásio. Essa feição estaria relacionada a um processo de dissolução e/ou reação entre os dois minerais durante a etapa de formação da microlina, gerando uma incisão com forma lobada desta sobre a face do plagioclásio (Figura 48B).

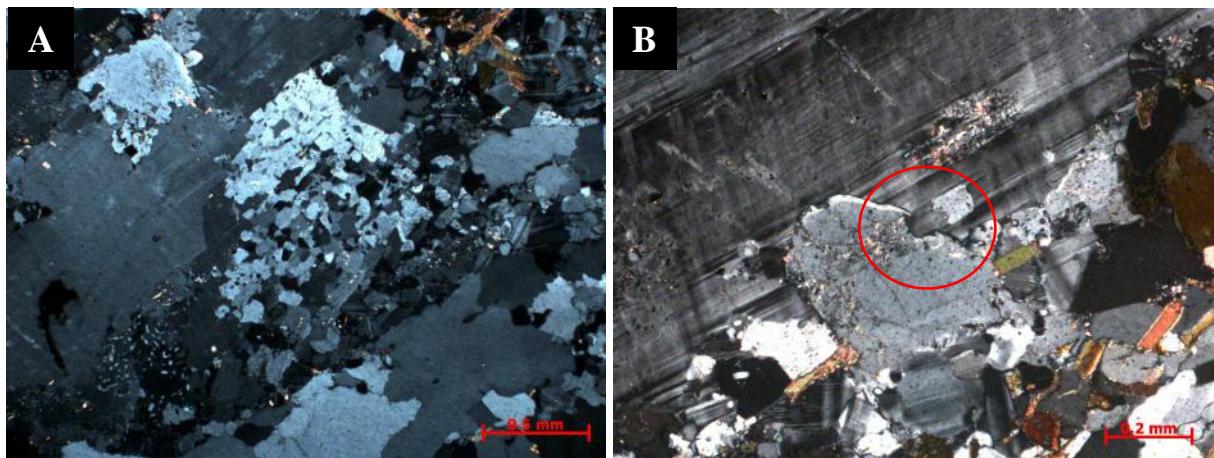
A microclina apresenta diversas inclusões de diferentes tamanhos, sendo as mais comuns representadas por quartzo, plagioclásio límpido, plagioclásio sericitizado (Figura 49A), biotita (Figura 49B) e biotita cloritizada, além das inclusões de minerais acessórios como allanita, apatita, opacos (Figura 49B) e zircão. Com isso conclui-se que a microclina foi o último mineral a se cristalizar na rocha e que esta teria se formado após o processo de sericitização do plagioclásio e da cloritização da biotita.



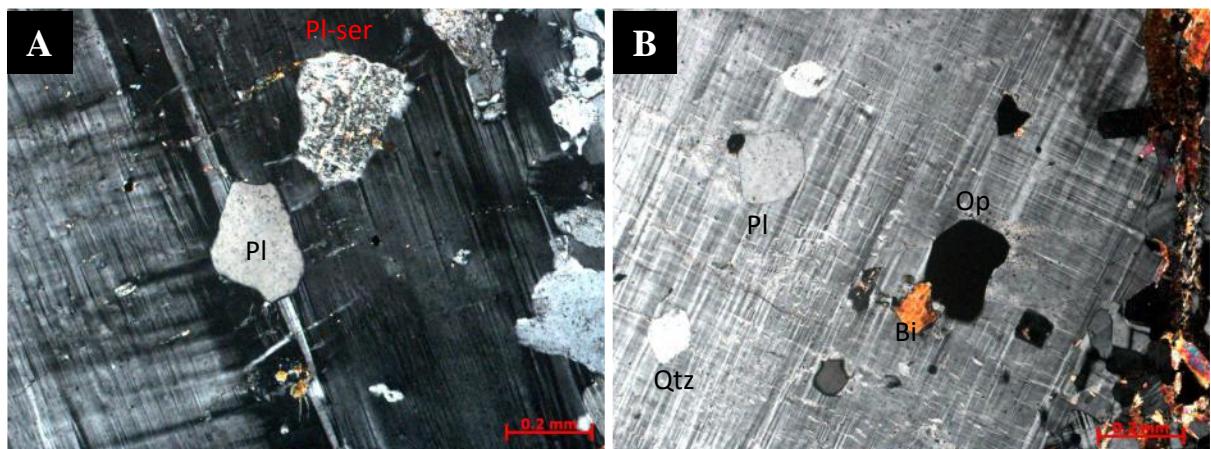
**Figura 46** – Fotomicrografia do metagranitoide Bom Sucesso mostrando aglomerado máfico representado por biotita (Bi) + minerais opacos + titanita (Ti) + clorita (Cl) + apatita, que possivelmente representaria um enclave máfico. Pg= plagioclásio.



**Figura 47** – Metagranitoide Bom Sucesso mostrando aglomerado máfico com a presença de dois grãos de hornblenda verde (círculos vermelho), que possivelmente representaria um enclave máfico.

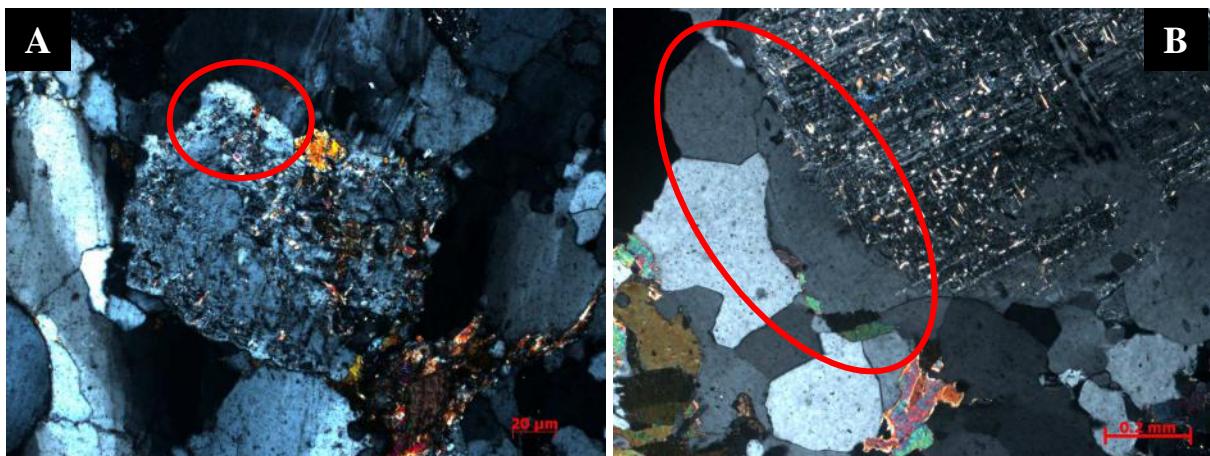


**Figura 48** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 48A** - Cristal de microclina recristalizado formando um mosaico de grãos de granulação mais fina e com contatos poligonais. **Fig. 48B** – Cristal de plagioclásio alterado para sericita e com fácie corroída e penetrada pelo grão de microclina (círculo vermelho).

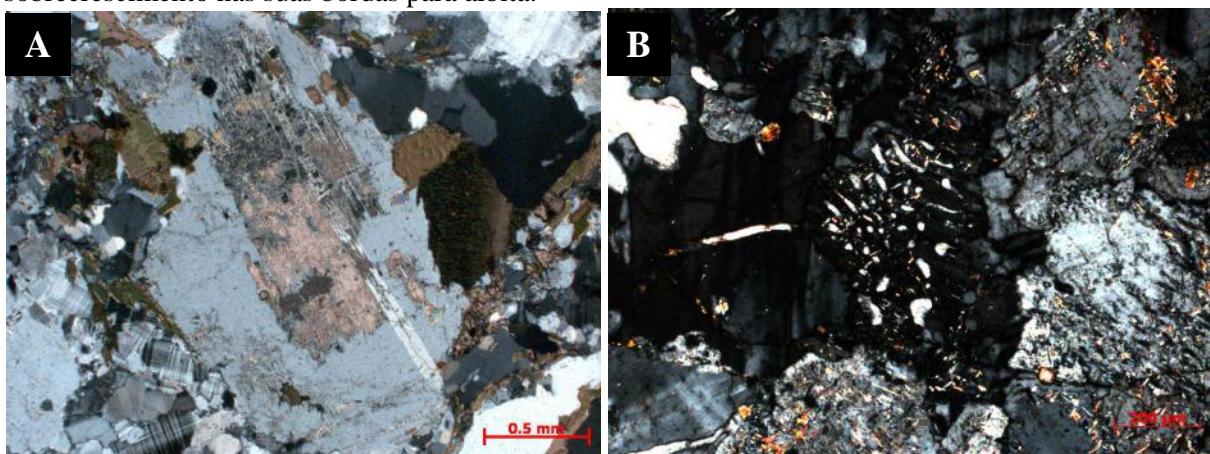


**Figura 49** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 49A** - Cristal de microclina com inclusões tabulares de plagioclásio (Pl) e plagioclásio sericitizado (Pl-Ser). **Fig. 49B** - Cristal de microclina com inclusões semi-circulares de quartzo (Qtz), plagioclásio (Pl), biotita (Bi) e mineral opaco (Op).

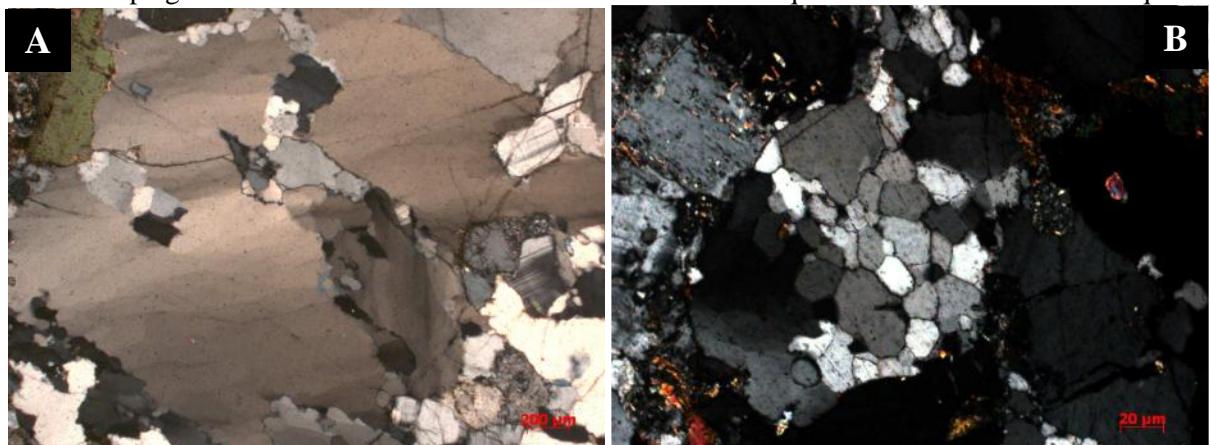
Os grãos de plagioclásio possuem tamanho entre 0,5 e 1,0 mm, forma subhédrica, inclusões de allanita, apatita e zircão e se alteram para epidoto, zoisita, clinozoisita, seja na borda ou no núcleo dos grãos (Figura 50A). Também foi observado que alguns cristais apresentam núcleo fortemente sericitizado e/ou epidotizado, enquanto a borda está límpida (Figura 50B). Sugere-se que essa feição estaria relacionada ao sobrecrecimento de uma fase albítica secundária sobre o plagioclásio primário. Alguns grãos também encontram-se alterados para carbonato, onde o mesmo se forma ao longo da direção da clivagem do plagioclásio (Figura 51A). Quando o plagioclásio está em contato com a microclina pode ocorrer a formação de mimerquita (Figura 51B), indicando a transformação sub-sólido deste. O quartzo exibe aspecto intersticial, ocorre como inclusões circulares nos feldspatos, apresenta extinção ondulante (Figura 52A) e forma sub-grãos poligonais (Figura 52B).



**Figura 50** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 50A** - Cristal de plagioclásio com geminação polissintética reliquiar e sobrecrecimento de albita na sua bordas (círculo vermelho). **Fig. 50B** – Cristal de plagioclásio bastante alterado em seu interior para sericita e com sobrecrecimento nas suas bordas para albita.



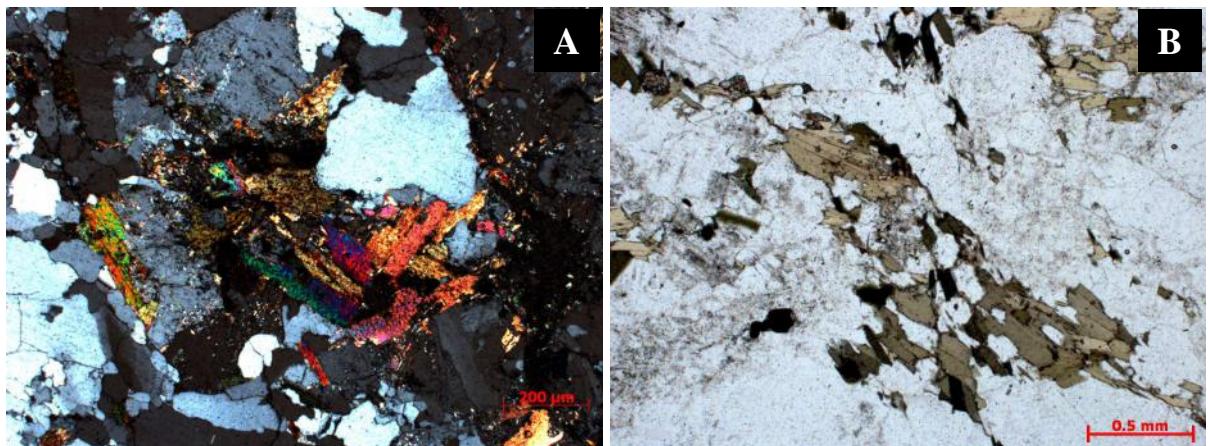
**Figura 51** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 51A** - Cristal de plagioclásio com geminação polissintética reliquiar alterado no centro para carbonato . **Fig. 51B** – Contato entre cristais de plagioclásio e microclina o crescimento vermiforme de quartzo sob a forma de mimerquitia.



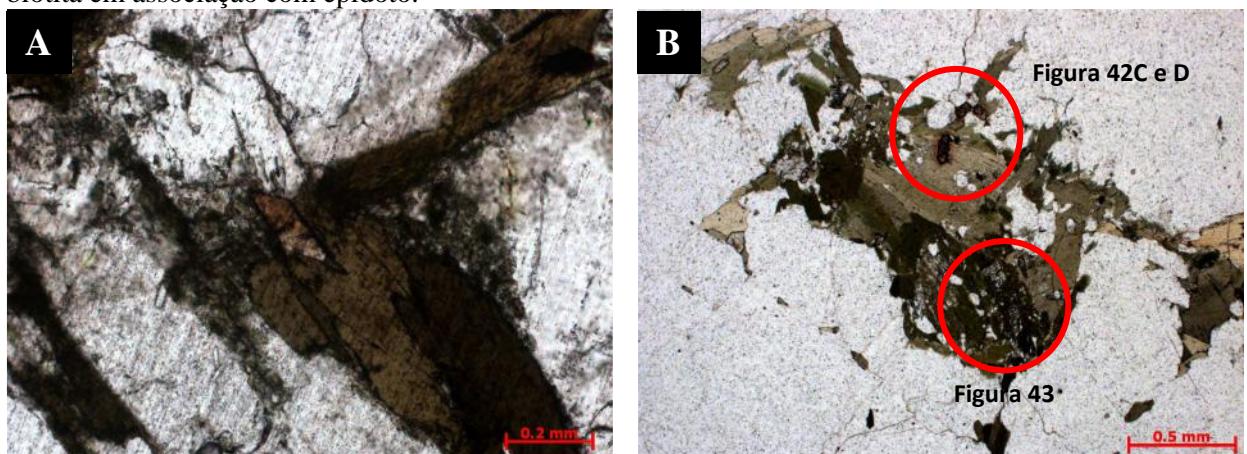
**Figura 52** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 52A** - Cristal de quartzo deformado com vários sub-grãos exibindo extinção ondulante. **Fig. 52B** – Cristais de quartzo recristalizados e com contatos poligonais.

A biotita varia de subédrica a anédrica, ocorre em cristais tabulares, finos e alongados, compondo de 5 a 20% da rocha (Figura 48A), bem como pode estar dispersa na rocha sob a forma de grãos isolados ou formando aglomerados de grãos (Figura 53). Seu pleocroísmo

varia de verde escuro a marrom claro, apresenta inclusões de allanita, titanita<sub>1</sub> (Figura 54A), zircão (Figura 55), apatita (Figura 55) e minerais opacos, podendo ser substituída pela clorita. Alguns grãos ocorrem intimamente associados ao epidoto (Figura 56) apontando para um reequilíbrio metamórfico, enquanto outros como os minerais opacos, titanita, hornblenda, apatita e epidoto poderiam corresponder a enclaves maficos ou xenólitos (Figuras 46 e 47).

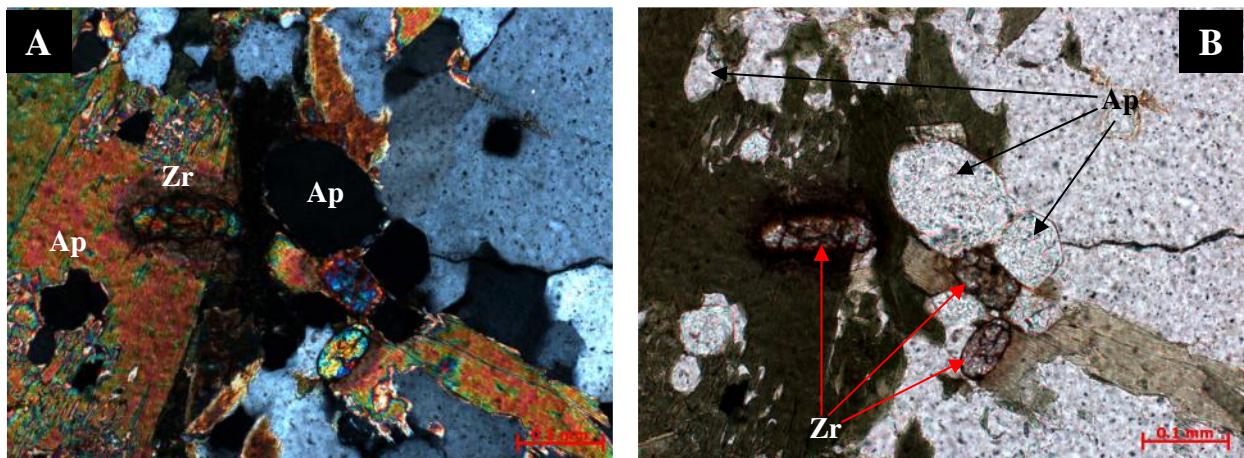


**Figura 53** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 53A** – Aglomerado de cristais tabulares de biotita<sub>1</sub> que marcam a foliação da rocha. **Fig. 53B** - Aglomerado de cristais alongados de biotita em associação com epidoto.

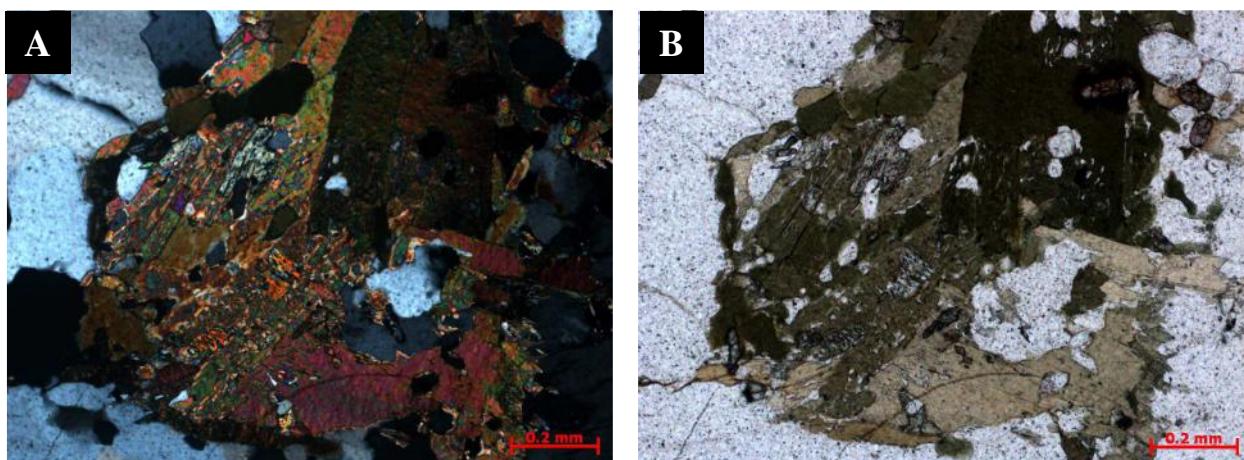


**Figura 54** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 54A** – Cristal de titanita primária com forma losangular parcialmente incluso na biotita primária, que ocorre em grãos hipidiomórficos e com pleocroísmo marrom claro. **Fig. 54B** - Pequeno aglomerado de cristais de biotita onde a parte superior apresenta diversas inclusões (círculo vermelho acima), enquanto na parte inferior do aglomerado a biotita encontra-se intercrescida com o epidoto (círculo vermelho abaixo) apontando para uma gênese secundária. Detalhe para figuras 42C e D e para figura 43.

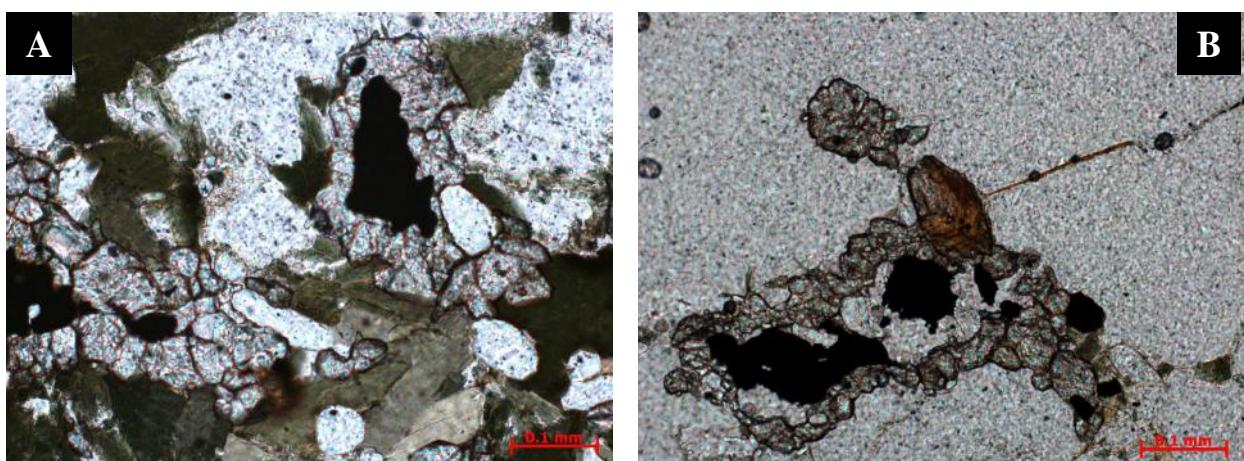
Em termos gerais os minerais acessórios não variam muito no corpo e são representados por titanita<sub>1</sub> (Figura 57A), apatita (Figuras 57A), zircão (Figuras 55, 57B e 58), allanita (Figuras 59 e 60) e minerais opacos. Caracterizou-se também que o metagranitoide Bom Sucesso sofreu transformações metamórficas, que propiciaram o crescimento de minerais secundários, tais como biotita<sub>2</sub>, clorita, zoisita, clinozoisita, epidoto, titanita<sub>2</sub> (Figura 57), carbonato (Figura 51A) e sericita.



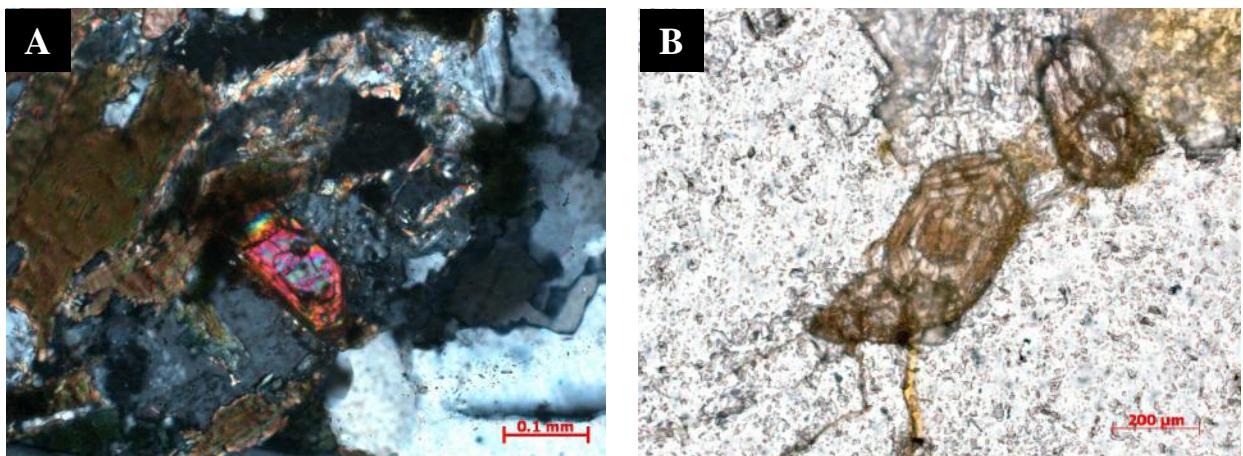
**Figura 55** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso mostrando grãos de biotita<sub>1</sub> subédricos com diversas inclusões euédricas de zircão (Zr) e apatita (Ap), apontando claramente para o caráter primário e magmático da biotita. As inclusões de zircão ocasionam a formação de halos pleocróicos na biotita. Nicóis cruzados e paralelos.



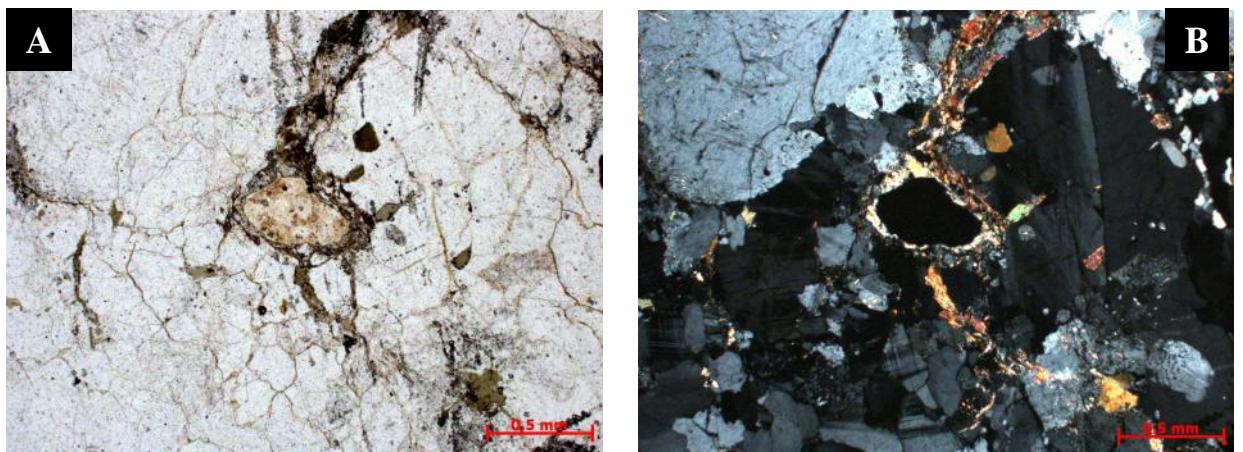
**Figura 56** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso mostrando aglomerado de cristais de biotita<sub>2</sub> que estão intimamente associados com epidoto, gerando um intercrescimento em proporções quase que iguais. Essa feição aponta claramente para o aspecto secundário de parte da biotita desse metagranitoide.



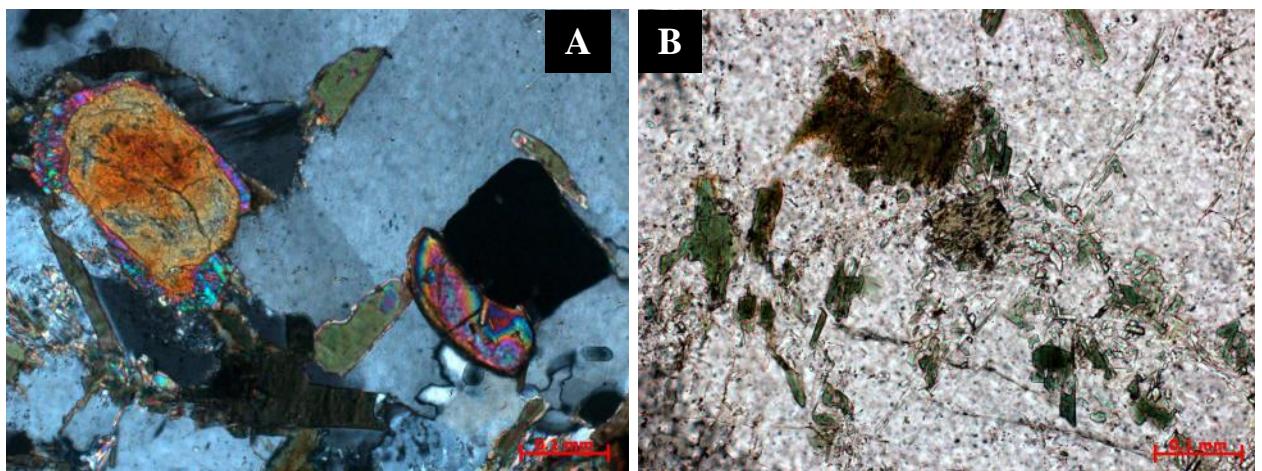
**Figura 57** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 57A** – Cristais de titanita com formato granular e anédricos envolvendo minerais opacos, em uma feição tipicamente de caráter metamórfico. **Fig. 57B** – Cristais de titanita em associação com grão de zircão zonado e com apatita, que se desenvolve nas bordas de minerais opacos.



**Figura 58** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 57A** – Cristal de zircão euédrico com faces bem definidas, zonado e com possível núcleo herdado. **Fig. 57B** – Cristal de zircão euédrico, zonado com linhas claras e bege claras e inclusos no plagioclásio.



**Figura 59** – Fotomicrografias do metagranitoide Bom Sucesso mostrando cristal de allanita de cerca de 0,5 mm com corona muito fina de epidoto ao seu redor. Polarizadores cruzados e paralelos



**Figura 60** – Fotomicrografia do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 60A** - Cristal euédrico de allanita com diferentes cores de birrefringência envolvido parcialmente por epidoto com cores de birrefringência anômala. **Fig. 60B** - Pequenos cristais de clorita com pleocroísmo verde substituindo parcialmente a biotita.

O zircão ocorre em cristais euédricos (Figuras 55, 57 e 58), apresenta tamanho inferior a 0,1 mm, possui zonamento oscilatório muito bem definido e possível núcleo herdado (Figura 58B). Ocorre incluso no plagioclásio, microclina e biotita. É representado na rocha como mineral traço, assim como a apatita, que é observada, em cristais euédricos, levemente maiores que o zircão (com cerca de 0,2 mm), os quais estão inclusos principalmente no plagioclásio e na biotita (Figuras 55 e 57).

A titanita primária (titanita<sub>1</sub>) ocorre em grãos euédricos com tamanho inferior a 0,1 mm, possui forma losangular, estando inclusa ou associada a biotita primaria (Figura 54A), sendo muito raramente observada. A titanita secundária (titanita<sub>2</sub>) ocorre em grãos anédricos, é muito mais abundante que a primária e pode ser encontrada envolvendo os minerais opacos ou associada a biotita metamórfica (Figura 57). A allanita é euédrica, encontra-se inclusa no plagioclásio e na biotita, bem como apresenta-se normalmente envolvida por epidoto (Figuras 59 e 60).

#### 8.4.3 – METAMORFISMO

A análise e caracterização da fácie metamórfica em granitóides é complexa, principalmente, porque seus minerais não são índices para indicarem faixas reduzidas de pressão e temperatura nas quais eles se formaram. No entanto foram identificadas diversas feições metamórficas e deformacionais nesse corpo, sendo que em conjunto elas podem apontar para uma condição de pressão e temperatura aproximada. Em termos gerais essas feições correspondem a:

- 1) Geração de uma foliação tectônica no corpo
- 2) Transformação da hornblenda para biotita nos enclaves (Figura 47).
- 3) Recristalização de cristais de microclina gerando novos poligonizados (Figura 48).
- 4) Epidotização (Figura 50A), sericitização (Figura 50B), carbonatização (Figura 51A) e albitização (Figura 51B) do plagioclásio.
- 5) Formação de intercrescimento mimerquítico no plagioclásio próximo aos grãos de microclina (Figura 51B).
- 6) Impressão da extinção ondulante e a formação de subgrãos no quartzo (Figura 52A).
- 7) Intercrescimento entre biotita e epidoto (Figura 56).
- 8) Sobrecrecimento de titanita ao redor dos minerais opacos (Figura 57);
- 9) Sobrecrecimento de epidoto ao redor dos grãos de allanita (Figuras 59 e 60).
- 10) Transformação parcial ou completa da biotita para clorita (Figura 60B).

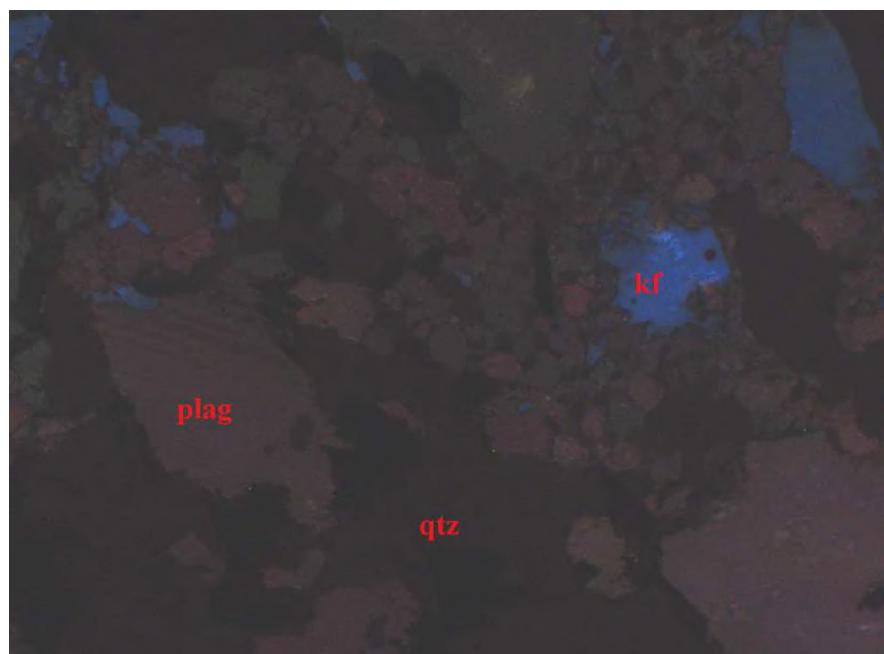
A partir das transformações minerais observadas sugere-se que as rochas do metagranitoide Bom Sucesso sofreram pelo menos um evento metamórfico-hidrotermal de baixa temperatura (possivelmente em condições de fácie xisto verde) para gerar os minerais metamórficos descritos.

#### 8.4.4 – CATODOLUMINESCÊNCIA

Inicialmente no estudo por catodoluminescência foram identificados diversos minerais e feições com luminescência anômala (Figura 61), que posteriormente foram caracterizadas por microscopia ótica e analisadas por MEV-EDS. Em termos gerais, o quartzo apresentou luminescência variando de preta a violeta fraco (Figura 62), estando com textura bem homogênea o que impossibilitou de se observar o contorno dos grãos, principalmente daqueles recristalizados. O plagioclásio mostrou luminescência variando de verde escuro até rosa, sendo que quanto maior o conteúdo de cálcio mais verde fica a tonalidade do grão e quanto maior o teor de sódio, mais rosa fica a resposta (Figura 62).

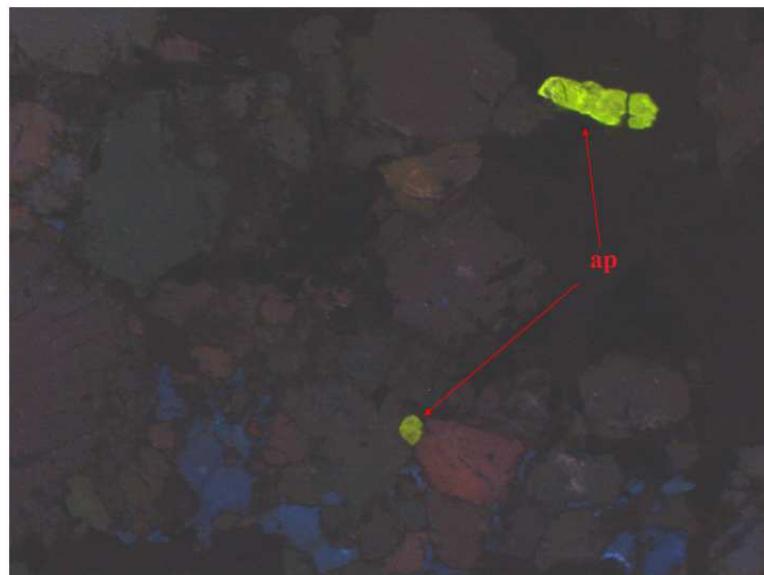


**Figura 61** – Fotomicrografia em catodoluminescência de uma parte da lâmina NAZ-1-109 do metagranitoide Bom Sucesso mostrando minerais com luminescência distinta.



**Figura 62** – Fotomicrografia da lâmina NAZ-1-109 do metagranitoide Bom Sucesso onde os minerais mostram luminescência distintas, dentre os quais o plagioclásio (rosa), a microclina (azul) e o quartzo (preta a violeta fraca). Plag: plagioclásio; qtz: quartzo; kf: feldspato potássico.

Diferentemente do quartzo e plagioclásio, os grãos de microclina apresentaram luminescência azul variando de clara a escura, não importando se os grãos eram tabulares ou com formato anédrico (Figuras 61 e 62). Os cristais de apatita foram aqueles mais facilmente identificados, pois a sua cor de luminescência é verde limão (Figura 63), chamando muito a atenção. Seus grãos variaram em forma desde alongados até prismas curtos tabulares e pode estar na matriz da rocha ou como inclusão no feldspato e quartzo. Já os cristais de zircão aparecem com cor de luminescência azulada forte, destacando-se um sobrecrescimento com tonalidade branca nas bordas dos cristais (Figura 64).



**Figura 63** – Fotomicrografia da lâmina NAZ-1-109 do metagranitoide Bom Sucesso em catoluminiscência com destaque para dois cristais de apatita com luminescência amarela limão, sendo que um grão apresenta formato alongado e o outro curto. ap: apatita.



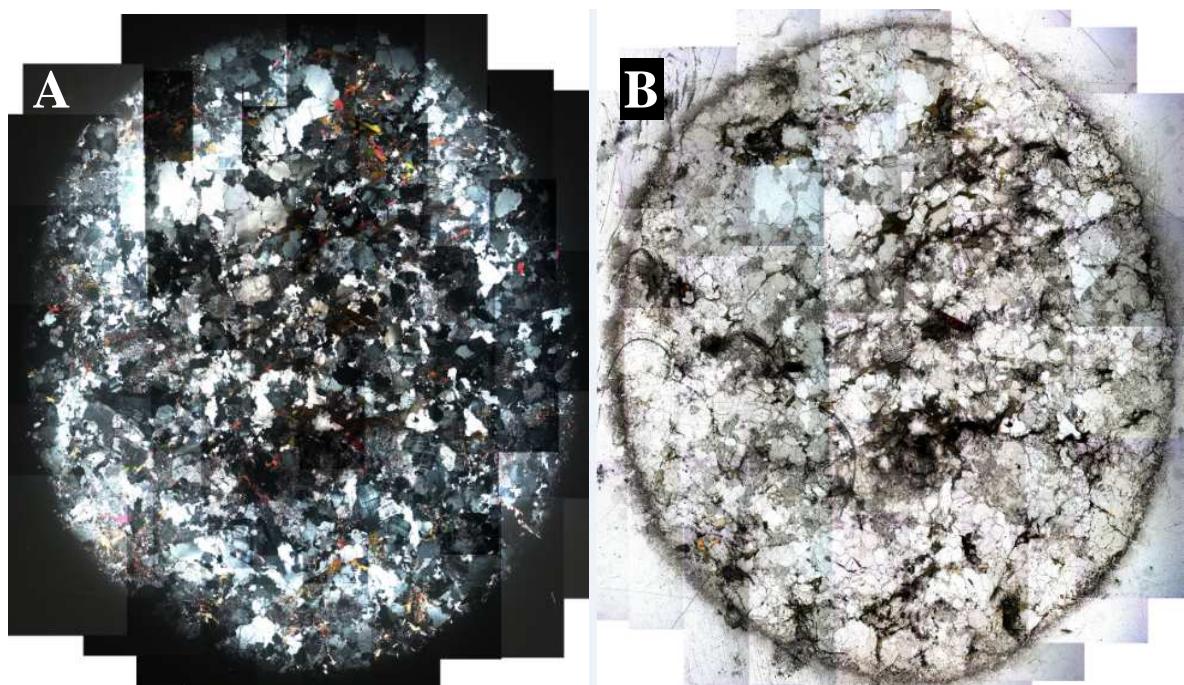
**Figura 64** – Fotomicrografia da lâmina NAZ-1-109 do metagranitoide Bom Sucesso em catoluminiscência mostrando um cristal de apatita (círculo branco) e um de zircão (círculo vermelho) com núcleo azul e borda branca, indicando um provável sobrecrescimento.

#### 8.4.5 – MEV-EDS

O estudo por MEV-EDS foi realizado visando suprir algumas lacunas, tais como:

- 1) Identificação das fases minerais com diferentes cores de luminescência;
- 2) Caracterização dos minerais de tamanho muito reduzido e que são difíceis de serem identificados e analisados na microscopia ótica;
- 3) Identificação das fases minerais opacas que ocorrem distribuídas na rocha;
- 4) Quantificação da composição química das principais fases minerais de interesse petrológico e econômico;

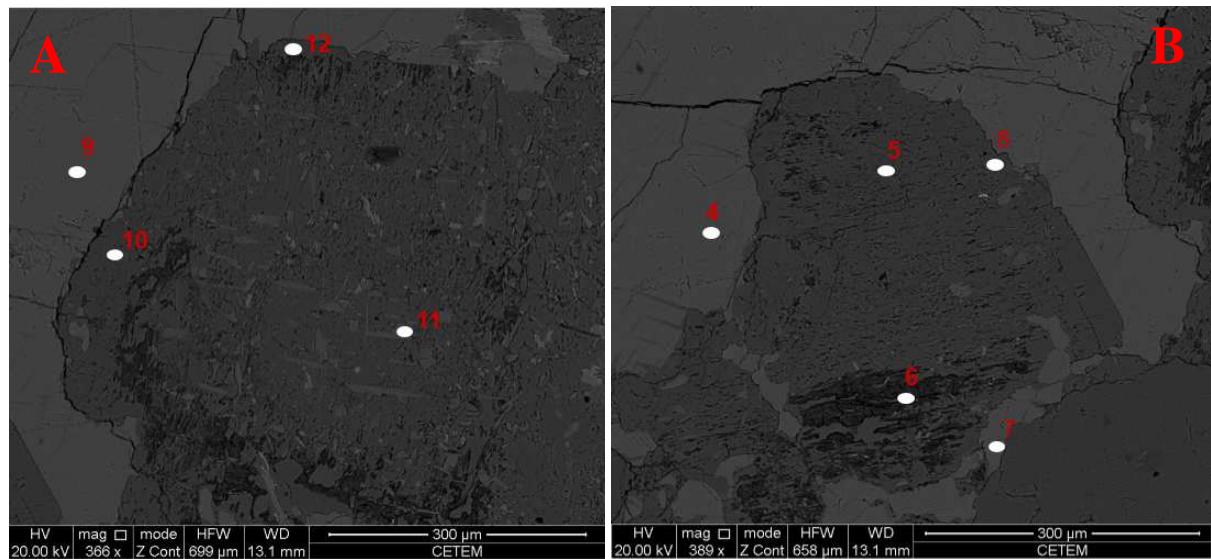
Porém a grande dificuldade nesse tipo de estudo está relacionada a localização da região a ser estudada na lâmina por microscopia ótica e por microscopia eletrônica de varredura, pois existe uma diferença de escala de trabalho. Para facilitar esse tipo de estudo foram confeccionados foto-mosaicos de algumas das lâminas em microscopia ótica de luz transmitida ([Figura 65](#)). Em seguida foram mapeadas nessas mesmas lâminas áreas específicas por catodoluminescência visando a correlação das cores de luminescência com minerais classificados na petrografia. Ao final de fase foram estudados os minerais de maior interesse por MEV-EDS, principalmente aqueles que haviam sido selecionados na petrografia.



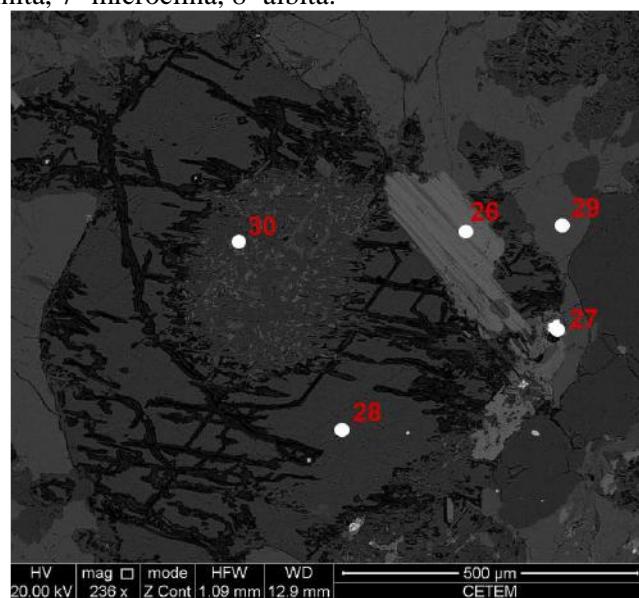
**Figura 65** – Foto-mosaicos de uma mesma lâmina por microscópia ótica com luz transmitida com os polarizadores cruzados (A) e paralelos (B).

Foram analisadas 2 amostras do metagranitoide Bom Sucesso e foi observado que os cristais de plagioclásio estão bastante alterados com a formação de sericita ([Figura 66A](#)) e

caulinita (Figura 66B), bem como são marcados nas bordas dos mesmos pelo crescimento de uma fase albítica e por epidoto (Figura 67). Além disso o plagioclásio possui enriquecimento de sódio em relação ao cálcio (Tabela 8), sendo que a maioria das análises plotaram no campo do oligoclásio e somente uma no da albita (Figura 68). Os cristais de quartzo e de feldspato potássico são límpidos, homogêneos e com poucas inclusões sólidas (Figura 69), enquanto as análises por MEV-EDS dos cristais de feldspato potássico (Tabela 9) indicaram que os mesmos possuem mais de 90% de K<sub>2</sub>O em relação ao Na<sub>2</sub>O, classificando-os como microclina (Figura 70).



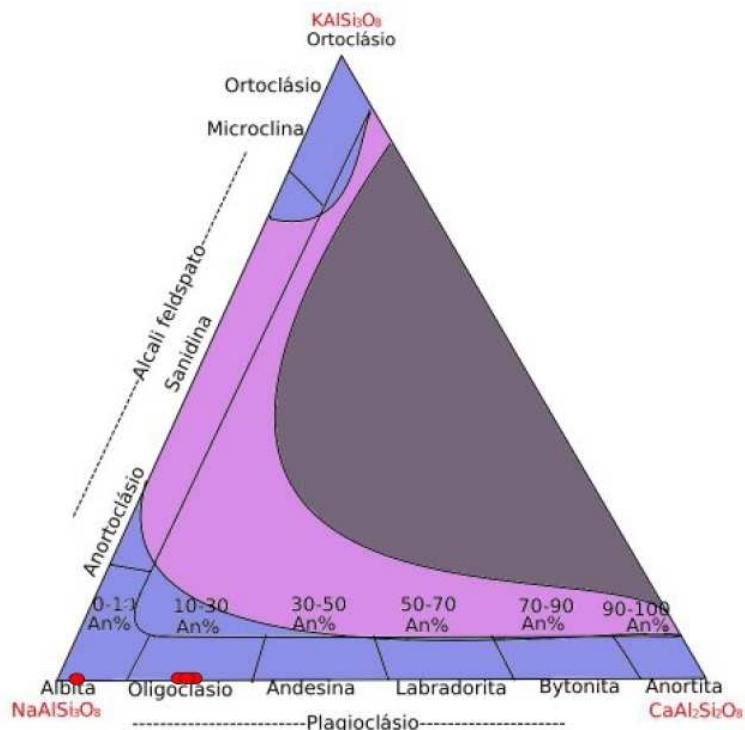
**Figura 66** – Fotomicrografias em MEV do metagranitoide Bom Sucesso. **Fig. 66A** – Cristal de plagioclásio muito alterado com o crescimento de cristais tabulares e longados de sericita sobre o plagioclásio (análise 11) e sobrecrecimento de albita nas suas bordas (análise 10). Análises: 9- microclina, 10- plagioclásio, 11- sericita, 12- albita. **Fig. 66B** – Cristal de plagioclásio muito alterado com a formação de caulinita em algumas regiões e de albita nas suas bordas. Análises: 4- microclina, 5- plagioclásio, 6- caulinita, 7- microclina, 8- albita.



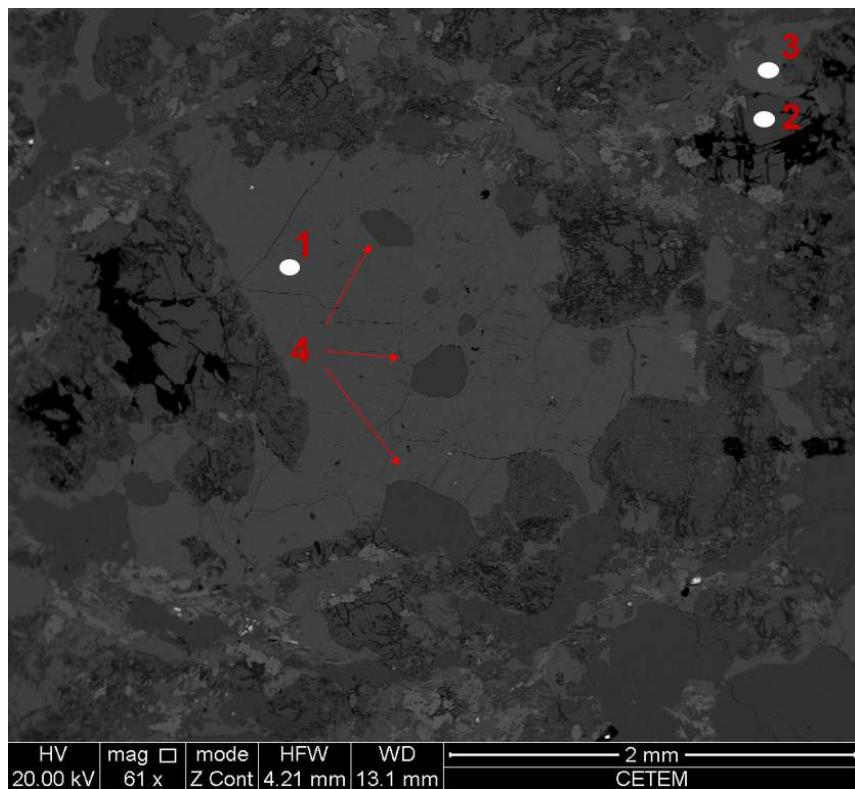
**Figura 67** – Fotomicrografia em MEV do metagranitoide Bom Sucesso com um cristal de plagioclásio alterado para epidoto e sericita no centro e com inclusões de biotita e monazita nas bordas. 26- biotita; 27- monazita; 28- plagioclásio; 29- microclina; 30- epidoto.

**Tabela 7** – Composição química por MEV-EDS dos grãos de plagioclásio do metagranitoide Bom Sucesso.

Análise	VL-16-02	VL-16-05	VL-16-20	VL-16-28
Na	734%	749%	702%	689%
Al	1224%	1157%	1190%	1218%
Si	2943%	3166%	2865%	2981%
Ca	244%	29%	259%	279%
	Ox. Normal	Ox. Normal	Ox. Normal	Ox. Norm
Na <sub>2</sub> O	9,949741	10,07886	9,770192	9,290693
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,27547	21,84414	23,20674	23,01861
SiO <sub>2</sub>	63,3422	67,66513	63,27506	63,7853
CaO	3,432593	0,411871	3,748016	3,905401
K <sub>2</sub> O	0	0	0	0
soma	100	100	100	100
	P/32O	P/32O	P/32O	P/32O
O	32	32	32	32
Na	3,408637	3,396557	3,348823	3,177593
Al	4,846241	4,474042	4,83438	4,784833
Si	11,19319	11,76208	11,18699	11,25285
Ca	0,649705	0,076686	0,709767	0,737974
K	0	0	0	0
Na	3,408637	3,396557	3,348823	3,177593
Ca	0,649705	0,076686	0,709767	0,737974
K	0	0	0	0
soma	4,058342	3,473243	4,05859	3,915567
Ab	83,99087	97,7921	82,51199	81,15283
Anor	16,00913	2,207899	17,48801	18,84717
Or	0		0	0



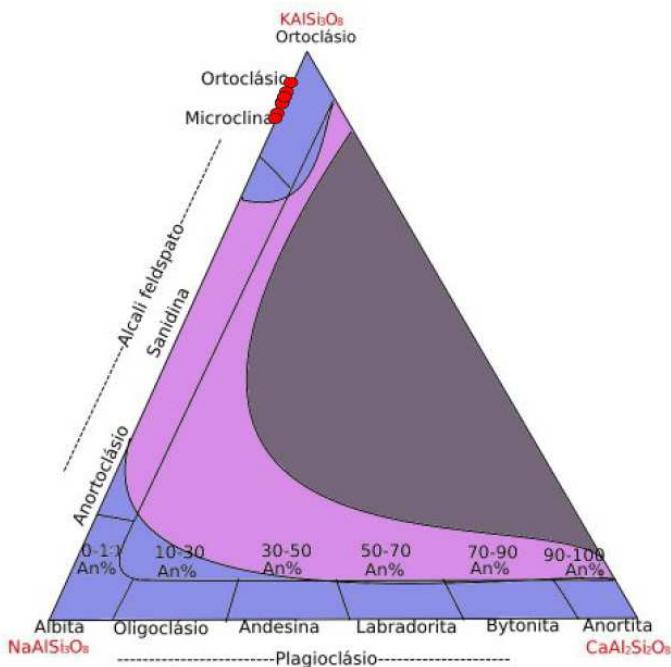
**Figura 68** – Diagrama de classificação de feldspatos (Deer *et al.*, 1992) aplicado para os grãos de plagioclásio do metagranitoide Bom Sucesso.



**Figura 69** – Fotomicrografia em MEV de um cristal de feldspato potássico com inclusões circulares de quartzo. 1- microclina; 2- plagioclásio; 3- microclina; 4- quartzo.

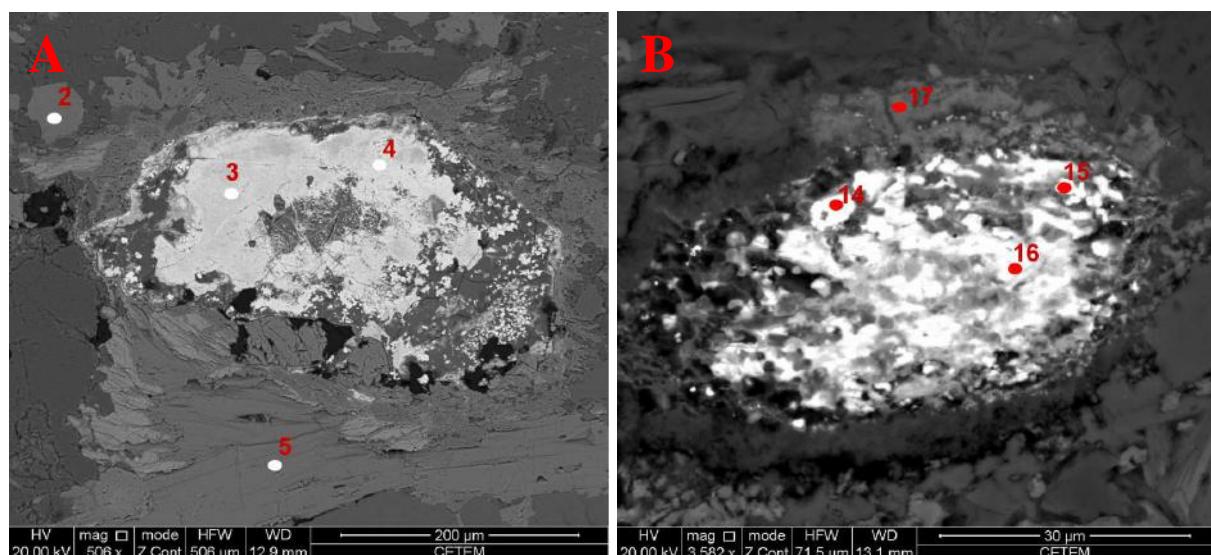
**Tabela 8** – Composição química por MEV-EDS de cristais de feldspato potássico do metagranitoide Bom Sucesso.

Análise	VL-02-01	VL-16-01	VL-16-03	VL-16-04	VL-16-07	VL-16-09	VL-16-21	VL-16-29
Na	54%	58%	37%	44%	22%	39%	45%	35%
Al	985%	1022%	1021%	1011%	1003%	1014%	1016%	1003%
Si	3025%	3024%	3014%	3022%	3000%	3009%	3024%	3005%
Ca								
K	1206%	1206%	1198%	1230%	1215%	1203%	1192%	1201%
Ox. Norma	Ox. Normal	Ox. Normal	Ox. Normal	Ox. Normal	Ox. Norma	Ox. Norma	Ox. Normal	Ox. Norm
Na <sub>2</sub> O	0,73279	0,789793	0,511415	0,593924	0,307195	0,530734	0,608912	0,486063
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,8893	19,44498	19,53984	19,26303	19,3197	19,43954	19,42745	19,30277
SiO <sub>2</sub>	65,63981	65,13197	65,32133	65,19354	65,44422	65,31564	65,43672	65,47208
CaO	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> O	14,7381	14,63325	14,62742	14,9495	14,92888	14,71409	14,52692	14,73909
soma	100	100	100	100	100	100	100	100
	P/32O	P/32O	P/32O	P/32O	P/32O	P/32O	P/32O	P/32O
O	32	32	32	32	32	32	32	32
Na	0,260184	0,280496	0,181346	0,211158	0,109023	0,18832	0,215841	0,172426
Al	4,076195	4,197185	4,211083	4,162356	4,167187	4,192214	4,185368	4,161677
Si	12,02155	11,93161	11,94763	11,95565	11,98031	11,95443	11,96447	11,98006
Ca	0	0	0	0	0	0	0	0
K	3,442317	3,418704	3,412011	3,496321	3,485296	3,434478	3,387362	3,439455
Na	0,260184	0,280496	0,181346	0,211158	0,109023	0,18832	0,215841	0,172426
Ca	0	0	0	0	0	0	0	0
K	3,442317	3,418704	3,412011	3,496321	3,485296	3,434478	3,387362	3,439455
soma	3,702501	3,6992	3,593357	3,707479	3,594319	3,622798	3,603203	3,611881
Ab	7,02726	7,582611	5,046714	5,695463	3,033211	5,1982	5,990263	4,773868
Or	92,97274	92,41739	94,95329	94,30454	96,96679	94,8018	94,00974	95,22613



**Figura 70** – Diagrama de classificação de feldspato (Deer *et al.*, 1992) para cristais de feldspato potássico do metagranitoide Bom Sucesso, sendo que a todas as análises plotaram no campo da microclina.

Em relação a mineralogia acessória e inclusões sólidas foram identificados cristais de allanita, galena, monazita, thorogummita (silicato de Th hidratado) e zircão. Com exceção da allanita todos os demais minerais não foram caracterizados na microscopia ótica por apresentarem tamanho muito reduzido (Figura 71). Nas imagens de MEV esses minerais se mostram com coloração bem clara devido ao elevado peso atômico e quase sempre são representados por mais de uma fase mineral, que estão intimamente associadas.



**Figura 71** – A) Fotomicrografia em MEV do metagranitoide Bom Sucesso. Fig. 71A - Cristal de allanita alterado, nota-se diferença na textura do mineral, o que implica em variação na composição química do cristal. 2- biotita; 3- allanita; 4- allanita; 5- biotita. Fig. 71B - Cristal de monazita com halo de alteração. 14- óxido de Th com ETR; 15-monazita; 16- monazite; 17- mineral de alteração com ETR.

## 8.5 – DIQUES DE METADIABÁSIO

### 8.5.1 – FEIÇÕES DE CAMPO

As rochas dessa unidade ocorrem na forma de vários blocos *in situ* que normalmente estão alinhados (Figura 72) e cuja espessura pode alcançar até algumas dezenas de metros e comprimento de até alguns quilômetros (Anexo I – Mapa geológico). Devido à grande quantidade de alinhamentos de blocos observados durante os trabalhos de campo, pode-se caracterizar que os referidos litótipos fazem parte de um enxame de diques que, no caso da área estudada, são intrusivos no metagranitoide Bom Sucesso. Esses diques possuem direção preferencial NE-SW, porém foram identificados três corpos com a orientação NW-SE. Quando alterado intempericamente esse litótipo ocasiona a formação de saprolito e solo com tonalidade amarronzada escura, que normalmente não apresentam quartzo.



Figura 72 – Blocos *in situ* sub-arredondados e alinhados dos diques de metadiabásio.

A textura predominantemente nesse litótipo é equigranular fina a média isotrópica (Figura 73A) ou foliada, que pode variar desde sutil (Figura 73B) até bem pronunciada (Figura 73C), enquanto raras amostras possuem textura porfirítica com fenocristais de feldspato tabulares e alongados (Figura 73D). Em termos gerais, a granulação da maioria das amostras varia de fina a média (Figura 74), sendo esta gradacional, onde rochas com granulação fina estão normalmente associadas a borda dos diques e as de granulação média no centro dos mesmos. A mineralogia desses corpos é representada basicamente por anfibólio, plagioclásio e epidoto.

### 8.5.2 - PETROGRAFIA

Os diques de metadiabásio possuem mineralogia composta de hornblenda, plagioclásio, epidoto, zoisita, quartzo, titanita, apatita, zircão e minerais opacos. Estas rochas apresentam granulação fina a média, são equigranulares e a principal textura observada corresponde a nematoblástica, que é marcada pela orientação do anfibólio (Figura 75).



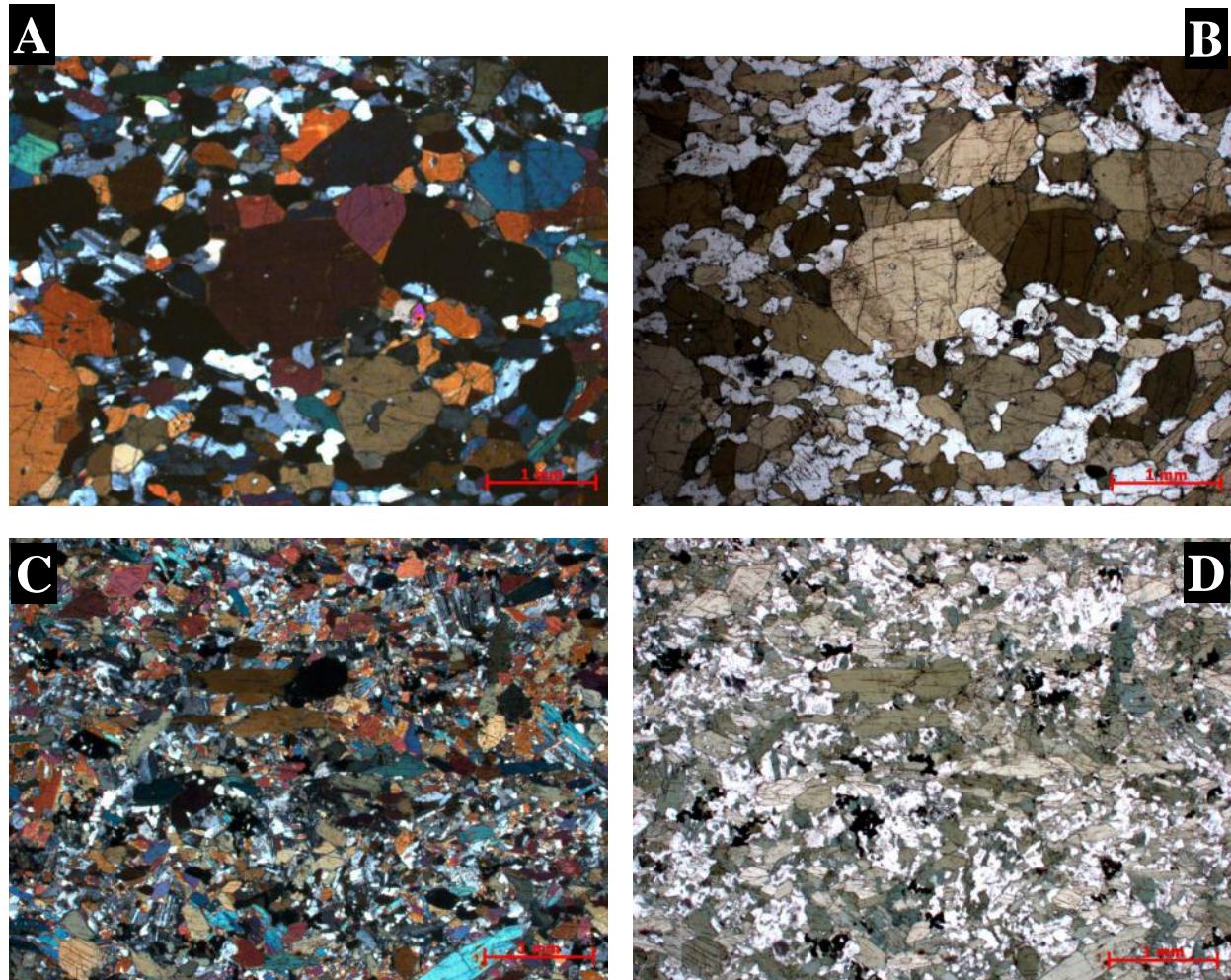
**Figura 73** – Amostras dos diques de metadiabásio. **Fig. 73A** - Amostra equigranular média com textura isotrópica. **Fig. 73B** - Amostra equigranular média com foliação sutil marcada pela orientação dos minerais máficos. **Fig.73C** - Amostra equigranular média fortemente deformada, inclusive com a formação de fitas máficas e félsicas. **Fig. 73D** – Amostra equigranular com fenocristal de plagioclásio com habito tabular.



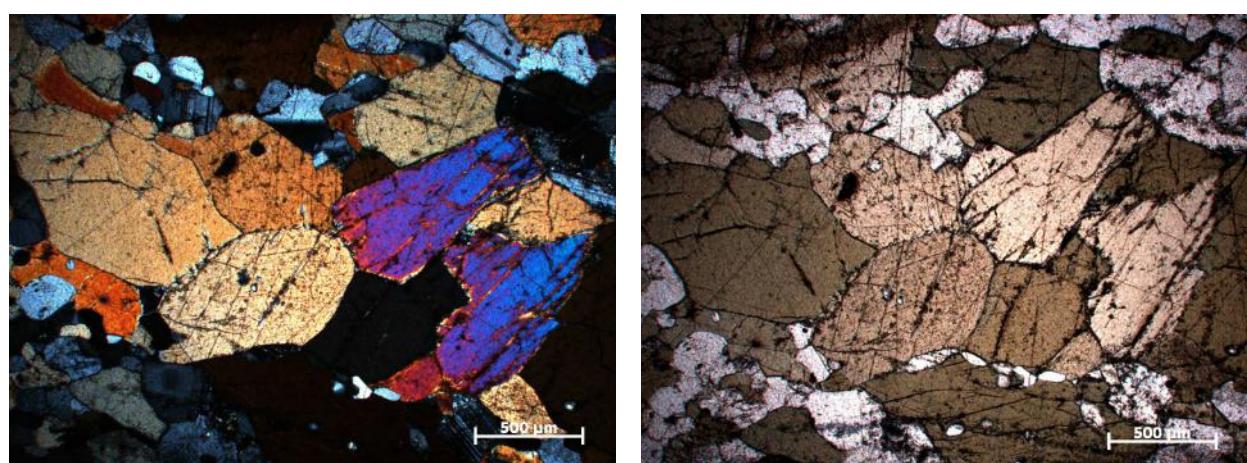
**Figura 74** – Variação faciológica em amostras de um mesmo corpo com rocha de granulação fina a esquerda (relativa a borda do corpo) e rocha de granulação média a direita (do centro do corpo).

A forma dos grãos de anfibólio varia fortemente, podendo serem observados grãos tabulares euédricos (Figura 75A e B), alongados subhédricos (Figura 75C e D), prismáticos poligonizados (Figura 76) e massas irregulares intercrescidas com plagioclásio e quartzo. Todas essas formas encontram-se orientadas segundo a direção da foliação, indicando que os mesmos foram deformados. Os grãos maiores podem alcançar até 2 cm de comprimento,

porém são mais frequentes cristais em torno de 0,3 mm. Muitas vezes observa-se que cristais tabulares quadráticos foram recristalizados gerando um mosaico de pequenos grãos, onde permanece preservada a forma do antigo grão (Figura 77).

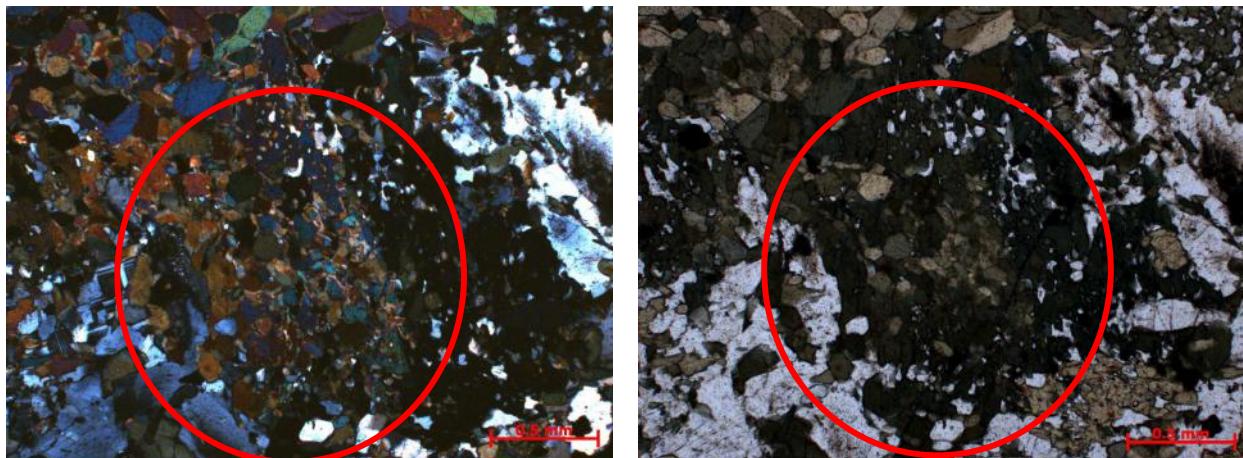


**Figura 75**– Fotomicrografias dos diques de metadiabásio. **Fig. 75A e B** - Grãos de anfibólio tabulares e prismáticos com duas modas de tamanho. Nicois cruzados e descruzados. **Fig. 75C e D** - Grãos de anfibólio alongados e orientados segundo a direção da foliação. Nicois cruzados e descruzados.

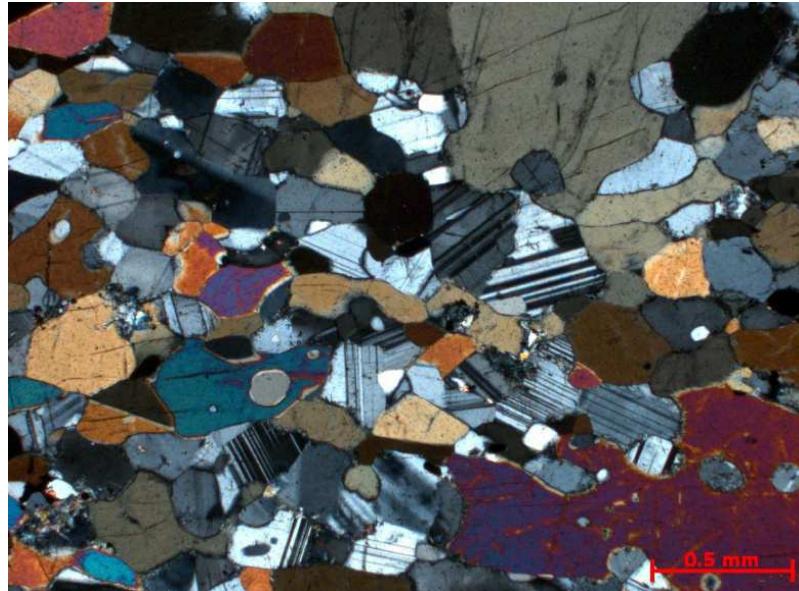


**Figura 76**– Fotomicrografias dos diques de metadiabásio mostrando grãos de anfibólio tabulares, poligonizados e com contato tríplice. Nicois cruzados e descruzados.

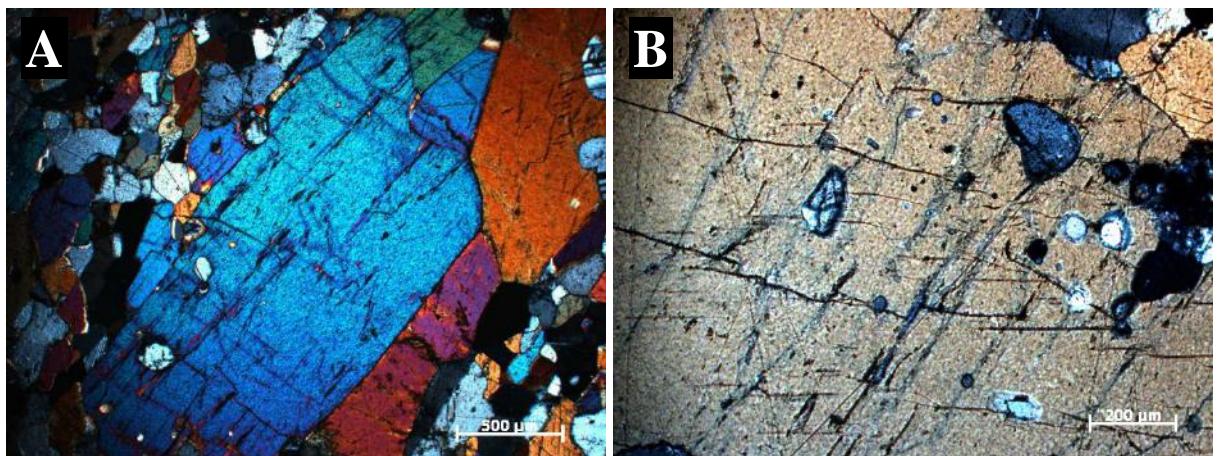
Em relação ao anfibólio, predomina amplamente a hornblenda em todas as amostras e está apresenta pleocroísmo de verde a castanho claro (Figura 75B e D e Figura 76), possui inclusões de plagioclásio e muito restritamente está sendo transformada nas bordas para biotita. Em muitas amostras são observados grãos poligonizados com contatos tríplices com o plagioclásio, indicando um processo de recristalização acentuado (Figura 78). A hornblenda apresenta inclusões de apatita e possível zircão, que ocasionam a formação de halos pleocróicos, bem como possui *bleb's* de quartzo sub-circulares (Figura 79) que estariam associadas a transformação metamórfica do piroxênio do protólito ígneo basáltico para hornblenda metamórfica, onde a sílica residual dessa transformação fica retida no cristal de anfibólio. Caracterizou-se, ainda, a presença de um anfibólio incolor com birrefringência de segunda ordem que substitui a hornblenda (Figura 80).



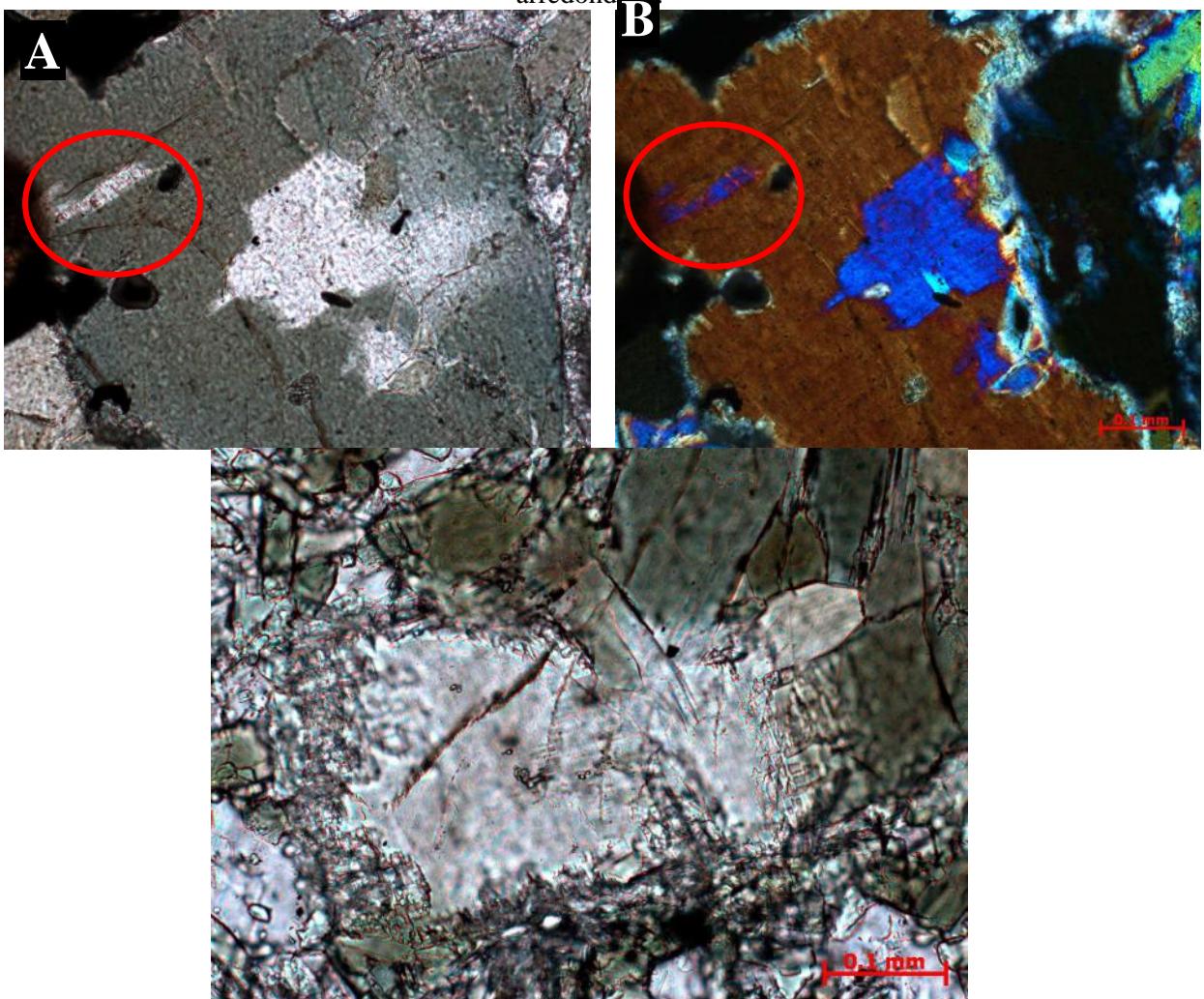
**Figura 77**– Fotomicrografias dos diques de metadiabásio mostrando antigo cristal de anfibólio com aspecto tabular retangular (círculo vermelho) recristalizado em um mosaico de pequenos grãos poligonizados.



**Figura 78**– Fotomicrografia de dique de metadiabásio exibindo textura nematoblástica, caracterizada pela orientação dos grãos de anfibólio. Presença de grãos com dois tamanhos distintos, sendo o maior tabular e os menores poligonizados com o plagioclásio.



**Figura 79** – Fotomicrografias de grãos de anfibólito com raras *bleb's* de quartzo com forma sub-arredondada.

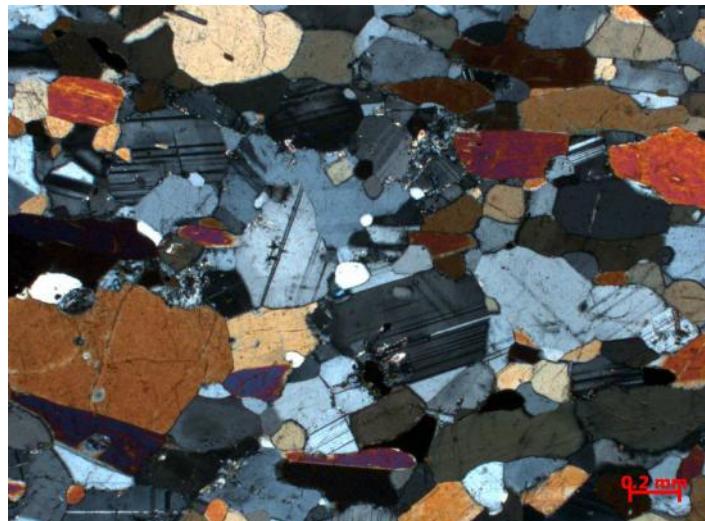


**Figura 80** – Fotomicrografias do dique de metadiabásio. **Fig. 80A** - Grão de hornblenda verde substituída no centro e ao longo da sua clivagem (círculo vermelho) por um anfibólito incolor. **Fig. 80B** - Grão de hornblenda com birrefringência marrom substituída no centro e ao longo das suas clivagens por um anfibólito com cor de birrefringência azulada. **Fig. 80C** - Anfibólito incolor no centro substituindo hornblenda esverdeada e com o crescimento de epidoto ao longo do contato.

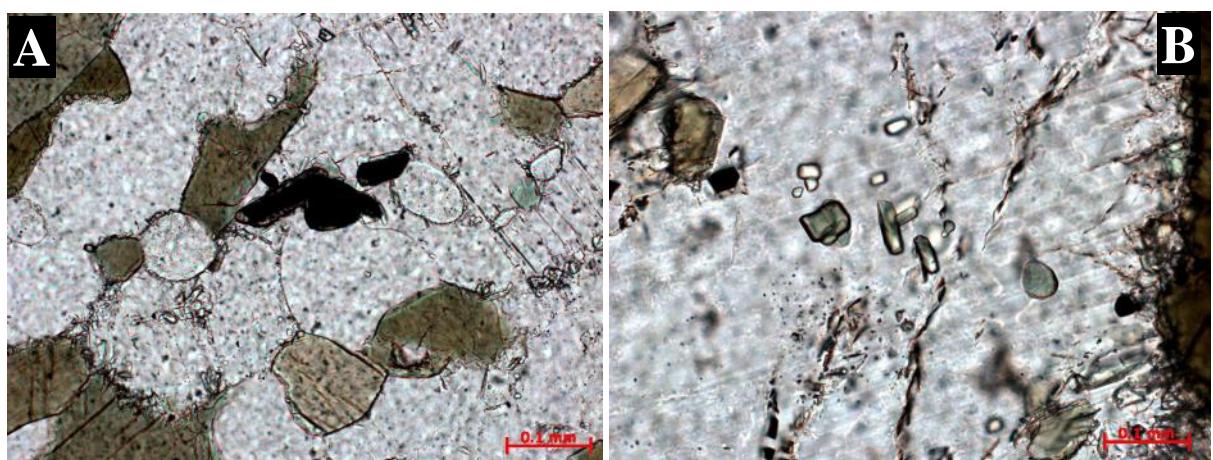
O plagioclásio apresenta hábito prismático tabular, forma subédrica, geminação polissintética bem marcada e acompanha a foliação da rocha, apresentando-se em alguns

locais recristalizado sob a forma de grãos poligonais (Figura 81). Encontra-se muitas vezes alterado para minerais da família do epidoto, pode estar zonado e apresenta inclusões de apatita circular de maior dimensão (Figura 82A) e pequenos cristais aciculares (Figura 82B).

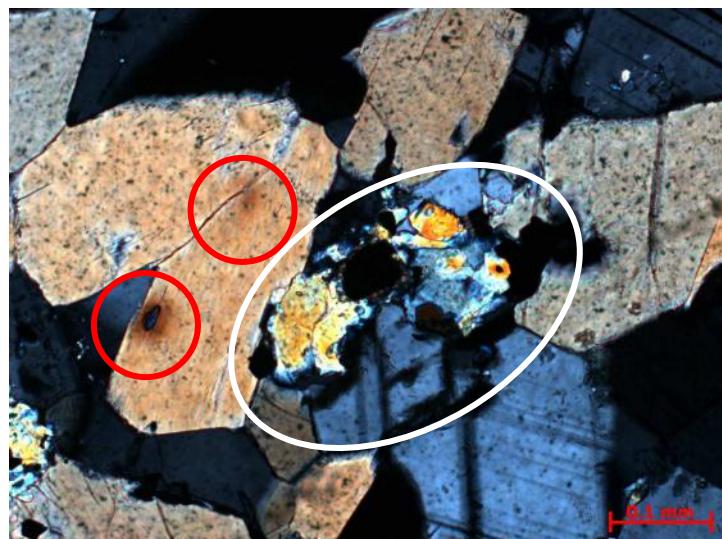
O quartzo é raro, anédrico e possui origem associada ao excesso de sílica das transformações metamórficas, estando normalmente associado ao anfibólio como *bleb's*. O mineral interpretado como zircão é raro, possui tamanho submilimétrico, ocorre incluso no plagioclásio e no anfibólio gerando neste último mineral halos pleocróicos (Figura 83). Os minerais opacos ocorrem espalhados pela rocha, estão orientados segundo a foliação, são normalmente anédricos e podem estar sendo substituídos parcialmente (Figura 82A) ou completamente pela titanita. Alguns grãos formam agregados orientados com aspectos de um "esqueleto" (Figura 84). Os minerais de alteração mais comuns são epidoto, zoisita e clinozoisita, os quais são formados a partir do plagioclásio (Figura 85) e frequentemente estão em paragênese com titanita, sendo comum ocorrer mais titanita nas lâminas mais epidotizadas.



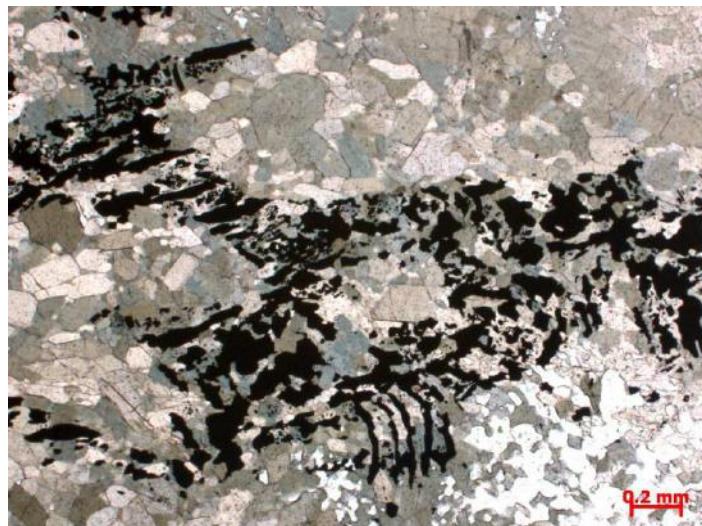
**Figura 81** – Fotomicrografia mostrando grãos de plagioclásio com contatos poligonizados e orientados segundo a direção da foliação.



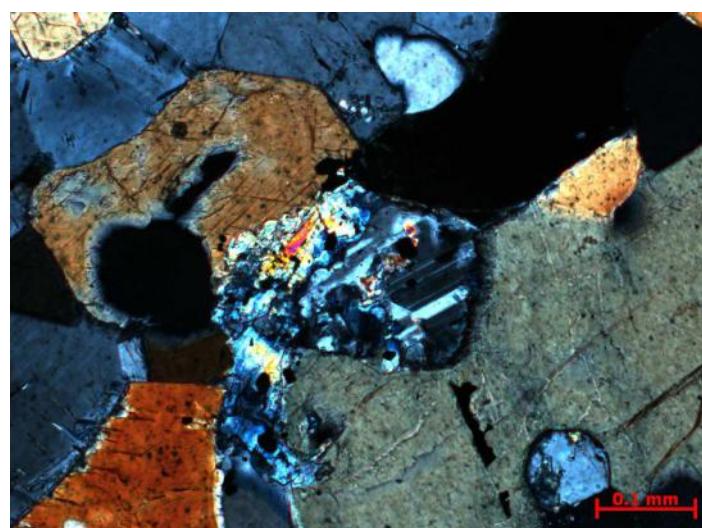
**Figura 82** – Fotomicrografia do dique de metadiabásio. **Fig. 82A** - Grãos tabulares de apatita e irregulares de minerais opacos substituídos na borda por titanita. Ambos estão inclusos no plagioclásio. **Fig. 82B** - Inclusões aciculares e alongadas de apatita no plagioclásio.



**Figura 83** – Fotomicrografia do dique de metadiabásio mostrando cristais muitos pequenos interpretados como de zircão (círculo vermelho). Esses estão inclusos no anfibólio e geram halo pleocróico. Presença de plagioclásio alterado para minerais da família do epidoto (círculo branco).



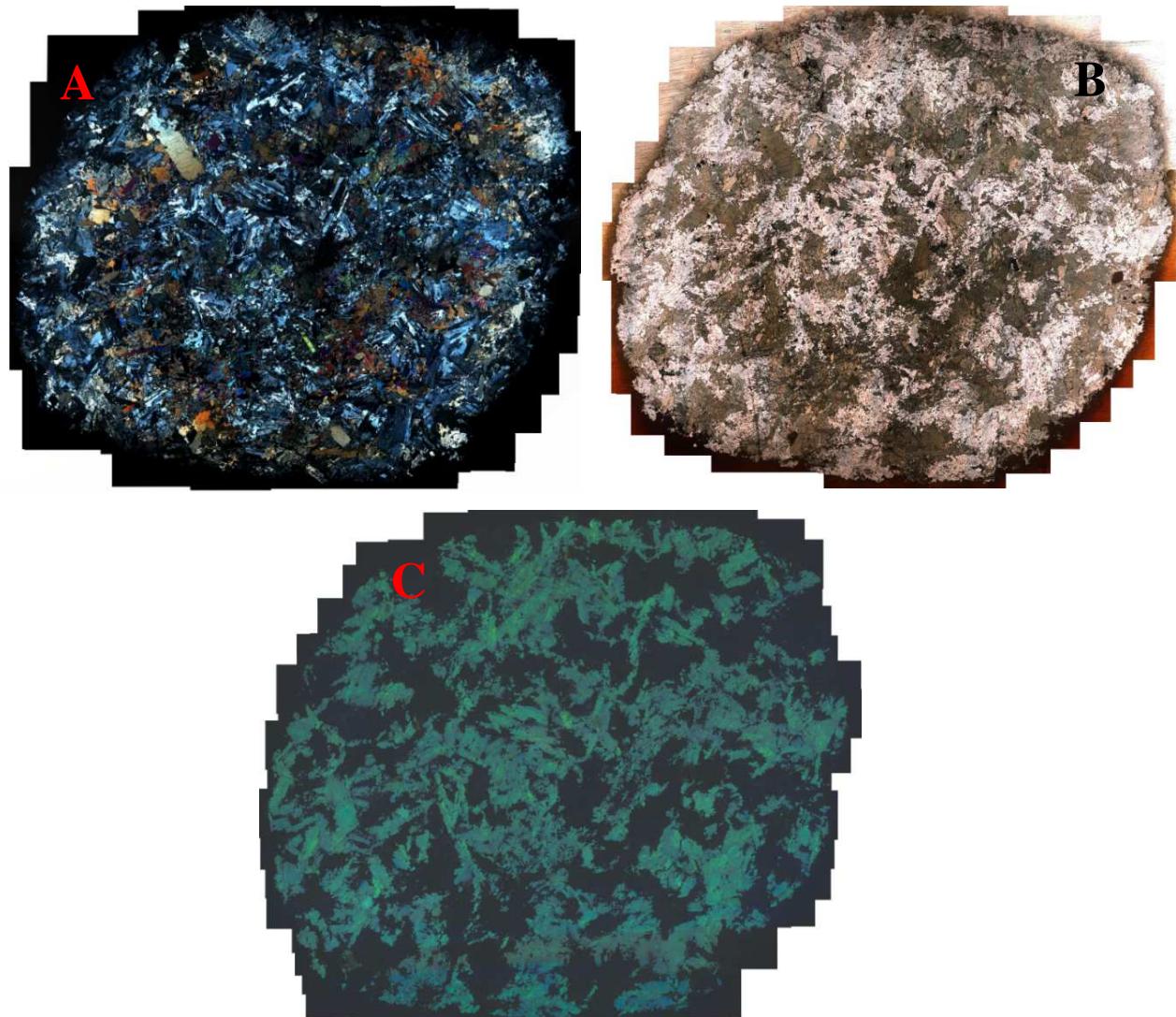
**Figura 84** – Fotomicrografia de intercrescimento de minerais opacos, semelhantemente a forma de um esqueleto.



**Figura 85** – Fotomicrografia do dique de metadiabásio exibindo um cristal de plagioclásio fortemente alterado para epidoto e zoisita, porém ainda é possível de se observar a sua geminação polissintética reliquiar.

### 8.5.3 – CATODOLUMINESCÊNCIA E MEV-EDS

Após a descrição petrográfica foram confeccionados fotomosaicos em luz transmitida com nicól cruzado (Figura 86A) e paralelo (Figura 86B). Em seguida foi confeccionado um fotomosaico em catodoluminescência (Figura 86C) com o objetivo de se observar minerais de interesse e com luminescência anômala. Os alvos determinados foram então estudados em MEV-EDS.

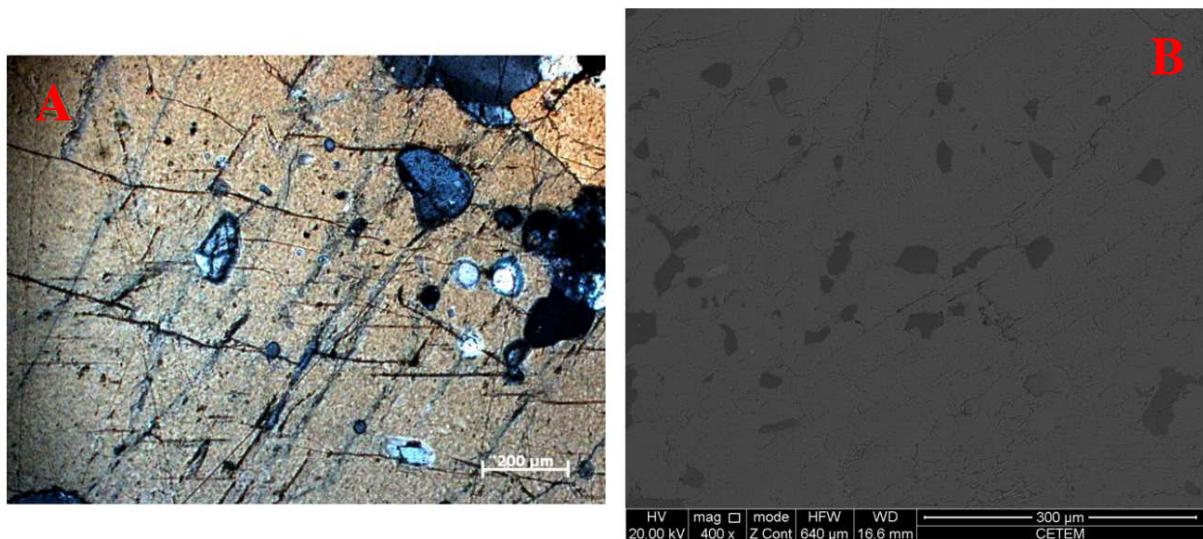


**Figura 86** – Fotomosaico de uma lâmina do dique de metadiabásio. **Fig. 86A** – Em luz transmitida com os polarizadores cruzados. **Fig. 86B** – Em luz transmitida com os polarizadores paralelos. **Fig. 86C** – Em catoluminescência.

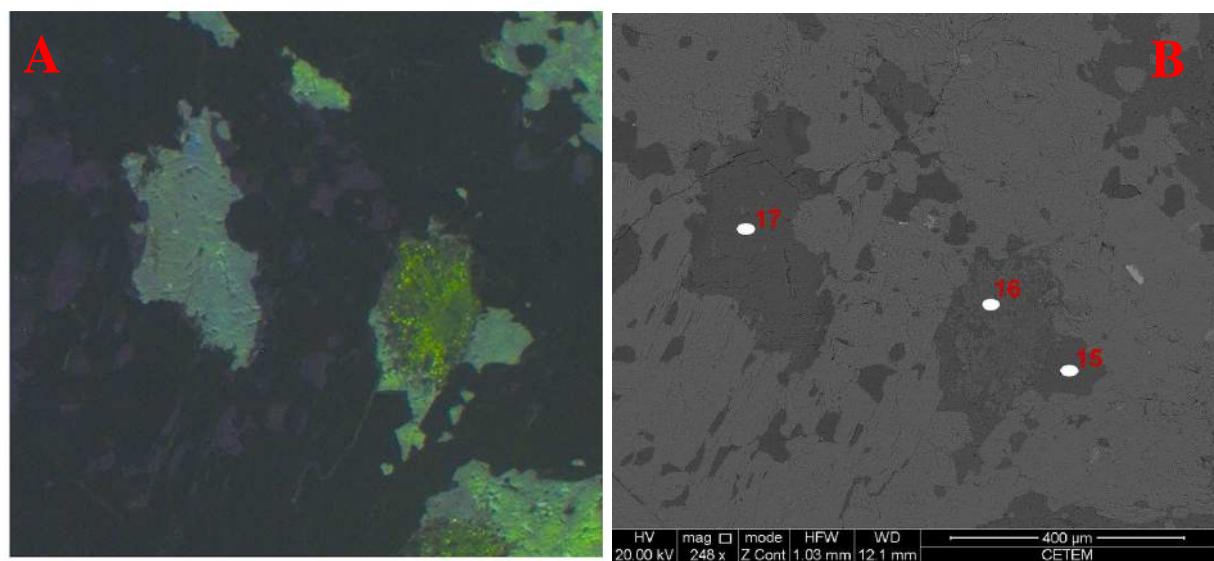
Na petrografia foram observadas pequenas inclusões no anfibólito de um mineral com forma circular, relevo baixo e birrefringência cinza (Figura 87A). Na análise por MEV-EDS caracterizou que eram bleb's de quartzo ovaladas, possivelmente resultado do excesso de sílica da transformação do piroxênio ígneo para o anfibólito (Figura 87B).

Em catodoluminescência caracterizou-se que o plagioclásio cálcico possui cor verde clara bem intensa e alguns cristais possuem um sobrecrestamento de cor verde mais brilhante

(verde limão) e textura rugosa (**Figura 88**). Essa feição foi localizada na lâmina e estudada por MEV-EDS, sendo que as análises indicaram que os mineraia com luminescência verde limão correspondiam a pequenos cristais de epidoto, que substitui o plagioclásio (**Figura 88**). Nesse contexto a análise de vários cristais de plagioclásio que não estavam alterados para epidoto de duas lâminas dos diques de metadiabásio indicaram que a maioria apresenta composição variando de labradorita a andesina (**Tabela 9**) com teores entre 37 a 62% de An (**Figura 89**). O anfibólito não apresentou luminescência devido a presença de íons  $Fe^{+3}$  em sua composição química.



**Figura 87A** – Fotomicrografia em microscópio de luz transmitida de pequenas inclusões circulares, que lembravam *bleb's* de quartzo. **Figura 87B** - Fotomicrografia em MEV com análise de EDS dos pontos cinza escuros que eram de quartzo e corresponderiam a *bleb's*.



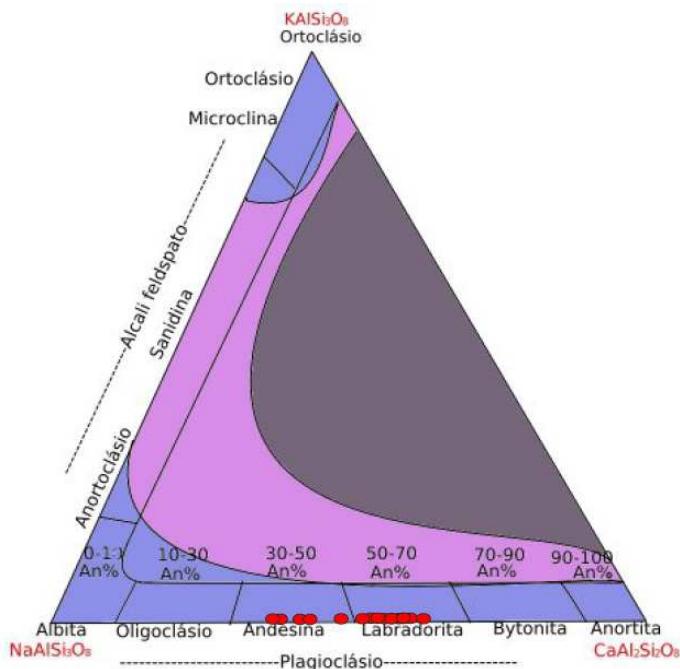
**Figura 88A** - Fotomicrografia em catodoluminescência exibindo grãos com luminescência cor verde clara superpostos por mineral de luminescência verde limão. **Figura 88B** - Fotomicrografia em MEV com análises indicando que os grãos verde claros corresponderiam a labradorita e os verde limão a minerais da família do epidoto. Análise 15 - plagioclásio; 16 - epidoto; 17 - plagioclásio.

**Tabela 9** - Composição química por MEV-EDS de diversos grãos de plagioclásio dos diques de metadiabásio.

Amostras	NAZ-1-7-02	NAZ-1-7-03	NAZ-1-7-1€	NAZ-1-7-21	NAZ-1-7-28	NAZ-1-7-32	NAZ-1-20-C	NAZ-1-20-
Na	381%	500%	464%	508%	546%	496%	389%	382%
Al	1535%	1418%	1412%	1394%	2709%	1429%	1486%	1578%
Si	2204%	2389%	2458%	2355%	5075%	2566%	2478%	2482%
Ca	719%	540%	591%	536%	1654%	558%	831%	800%
K								
	Ox. Normal	Ox. Normal	Ox. Norma	Ox. Normal	Ox. Normal	Ox. Norma	Ox. Normal	Ox. Norm
Na <sub>2</sub> O	5,620602	7,301939	6,665072	7,513402	3,870142	6,940108	5,354979	5,187884
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,75417	29,07004	28,44573	28,93497	26,90605	28,01029	28,65717	30,0344
SiO <sub>2</sub>	51,6102	55,43651	56,0744	55,3167	57,06173	56,9466	54,11419	53,50376
CaO	11,01503	8,191509	8,814803	8,234925	12,16207	8,103003	11,87367	11,27396
K <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0	0	0
soma	100	100	100	100	100	100	100	100
	P/32O	P/32O						
O	32	32	32	32	32	32	32	32
Na	1,97507	2,544128	2,319332	2,621146	1,345755	2,40858	1,879655	1,816794
Al	6,781689	6,155793	6,016066	6,13501	5,686262	5,908129	6,113519	6,392516
Si	9,354636	9,962958	10,06501	9,954112	10,23472	10,19423	9,797679	9,664765
Ca	2,138505	1,576848	1,694711	1,587228	2,336533	1,553695	2,302662	2,181307
K	0	0	0	0	0	0	0	0
Na	1,97507	2,544128	2,319332	2,621146	1,345755	2,40858	1,879655	1,816794
Ca	2,138505	1,576848	1,694711	1,587228	2,336533	1,553695	2,302662	2,181307
K	0	0	0	0	0	0	0	0
soma	4,113575	4,120976	4,014043	4,208374	3,682288	3,962275	4,182317	3,998101
Ab	48,01346	61,73606	57,78044	62,28406	36,54671	60,7878	44,94291	45,44141
Anor	51,98654	38,26394	42,21956	37,71594	63,45329	39,2122	55,05709	54,55859
Or	0		0	0	0	0	0	0

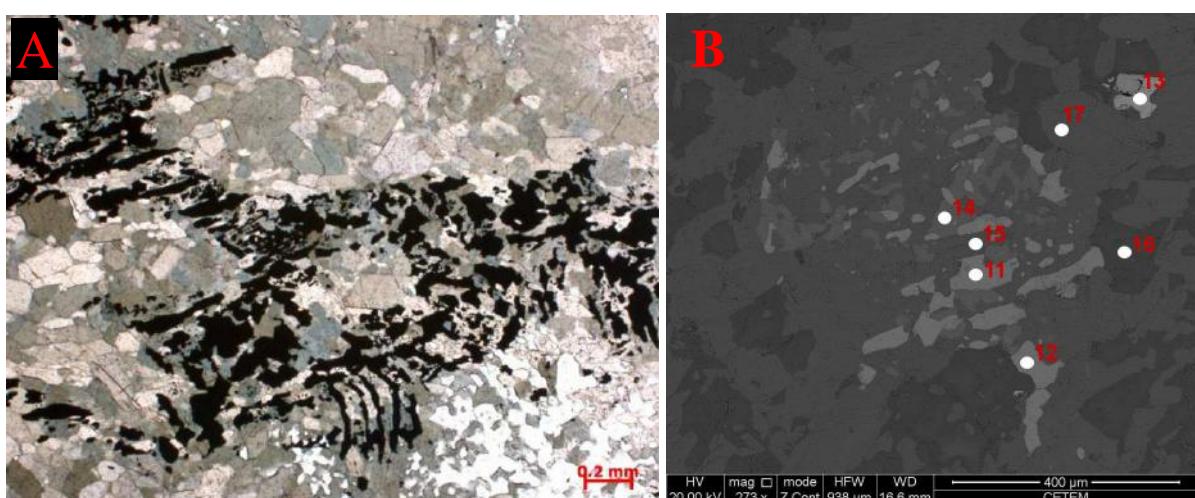
**Tabela 9 (continuação)** - Composição química por MEV-EDS de diversos grãos de plagioclásio dos diques de metadiabásio.

NAZ-1-20-C	NAZ-1-20-1	NAZ-1-20-1NAZ-1-20-1	NAZ-1-20-1NAZ-1-20-1NAZ-1-20-1	NAZ-1-20-1NAZ-1-20-1NAZ-1-20-1	NAZ-1-20-1NAZ-1-20-1
3,637692	3,200609	3,470683	3,182848	2,983245	3,854701
16,5359	16,12294	15,91307	15,9792	15,82291	15,7065
24,11975	24,56671	24,45067	23,32396	23,17803	27,29779
7,606842	8,427107	8,609875	9,255221	8,764828	8,914223
4,982822	4,35163	4,720024	4,407307	4,198324	4,91291
31,75721	30,73469	30,34229	31,02256	31,22039	28,06678
52,44213	53,01813	52,78107	51,26464	51,77518	55,22476
10,81784	11,89555	12,15662	13,30549	12,8061	11,79555
0	0	0	0	0	0
100	100	100	100	100	100
P/32O	P/32O	P/32O	P/32O	P/32O	P/32O
32	32	32	32	32	32
1,742667	1,522884	1,656769	1,554936	1,475891	1,71802
6,750235	6,537041	6,472971	6,652033	6,670439	5,965125
9,460434	9,57042	9,556252	9,329293	9,388405	9,961274
2,09028	2,299981	2,35752	2,593552	2,487256	2,278938
0	0	0	0	0	0
1,742667	1,522884	1,656769	1,554936	1,475891	1,71802
2,09028	2,299981	2,35752	2,593552	2,487256	2,278938
0	0	0	0	0	0
3,832947	3,822865	4,014289	4,148488	3,963147	3,996958
45,46546	39,83619	41,27179	37,48199	37,24039	42,98318
54,53454	60,16381	58,72821	62,51801	62,75961	57,01682
0	0	0	0	0	0

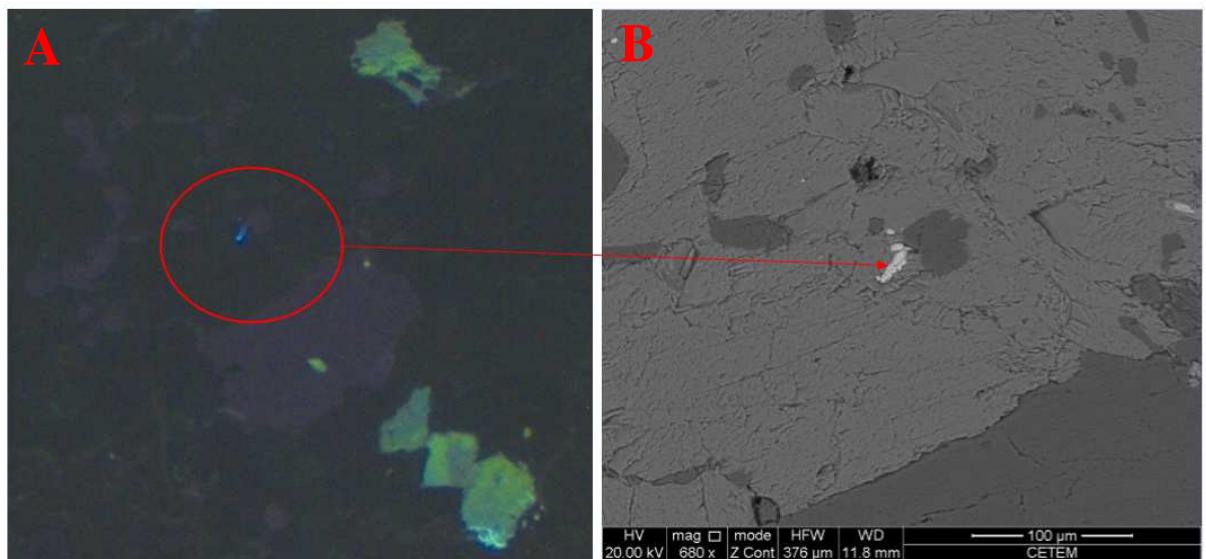


**Figura 89** – Diagrama de classificação de feldspato de baixa temperatura (Deer *et al.*, 1992) para cristais de plagioclásio dos diques de metadiabásio, onde todas as análises plotaram no campo da labradorita.

Em relação a mineralogia acessória e inclusões sólidas foram identificados apatita, barita, calcopirita, ilmenita, piritita, quartzo, titanita e zircão. Os intercrescimentos de minerais opacos observados na petrografia (Figura 84) foram caracterizados em MEV-EDS como sendo cristais de ilmenita e titanita intercrescidos (Figura 90). Já o zircão é muito raro e foi supostamente atribuído na petrografia a minúsculas inclusões presentes no anfibólito que geravam halo pleocróico no mesmo (Figura 83). Na catodoluminescência apresentaram luminiscência azulada bem forte e no MEV-EDS sua tonalidade era branca, pois contém Zr (Figura 91).



**Figura 90** – Fotomicrografia de minerais opacos. Fig. 19A - Fotomicrografia em luz transmitida mostrando minerais opacos sob a forma de um esqueleto. B) Fotomicrografia em MEV de intercrescimentos de ilmenita e titanita. 11- ilmenita; 12- ilmenita; 13- piritita; 14- titanita; 15- anfibólito; 16- plagioclásio; 17- anfibólito.



**Figura 91** – A) Fotomicrografia em catodoluminescência com anomalia azul; B) Fotomicrografia em MEV com análise indicando um cristal de zircão.

## 8.6 – DIQUES DE METADIABÁSIO PORFIRÍTICO

### 8.6.1 – FEIÇÕES DE CAMPO

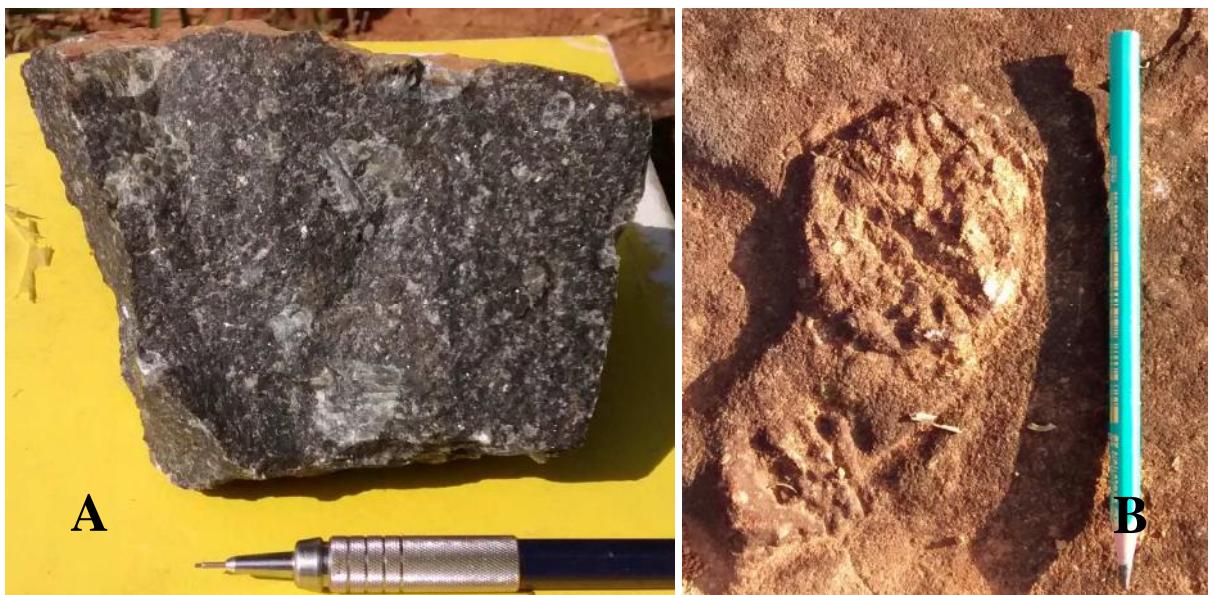
As rochas deste corpo ocorrem na forma de blocos *in situ* (Figura 92), que podem estar alinhados ou não, alcançando espessura de até algumas dezenas de metros e comprimento na ordem de kilômetros. Esse corpo aflora na porção sul da área estudada (Anexo I – mapa geológico), é intrusivo no metagranitoide Bom Sucesso e segundo Ávila (Inf. Verbal) é cortado por um dique de metadiabásio em área próxima, que foi estudada em 2014 na disciplina de Estágio de Campo III. Neri *et al.* (2013) designaram esse corpo de anostosito, por o mesmo é muito enriquecido em feldspato.



**Figura 92** – Blocos *in situ* de metadiabásio porfiríticos com ampla variação no tamanho e na percentagem dos fenocristais de feldspato.

Esse dique é composto basicamente por fenocristais de plagioclásio imersos numa matriz fina a média, de coloração verde escura, composta principalmente de plagioclásio e anfibólio (Figura 93A). Esses fenocristais apresentam ampla variação no tamanho (podendo alguns fenocristais atingirem 7 cm – Figura 93B), na forma (desde tabular até circular) e na percentagem (Figuras 92 e 94). Esses encontram-se, na maioria dos casos, fortemente alterados intempericamente e fraturados.

Caracterizou-se, em campo, que a quantidade de fenocristais é muito variável, podendo compor de 3% (Figura 94C) até 90% da rocha (Figura 94A), sendo que aquela amostras onde os fenocristais predominam, poderia corresponder a um nível “flotado” (Figura 94A). Também foi encontrado um dique bastante deformado, em que os fenocristais de feldspato estavam dispostos em fitas paralelas a foliação da rocha. (Figura 95).



**Figura 93** – Blocos *in situ* de metadiabásio porfiríticos. **Fig. 93A** - Amostra mostrando textura porfirítica seriada e fenocristais de plagioclásio. **Fig. 93B** - Fenocristal tabular de plagioclásio muito grande com cerca de 7 cm de comprimento.



**Figura 94** – Blocos *in situ* de metadiabásio porfiríticos. **Fig. 94A** – Percentual de fenocristais bastante elevado, podendo atingir cerca de 90%. **Fig. 94B** – Percentual de fenocristais intermediário, podendo atingir cerca de 20%. **Fig. 94C** – Percentual de fenocristais bastante baixo, podendo atingir cerca de 5%.

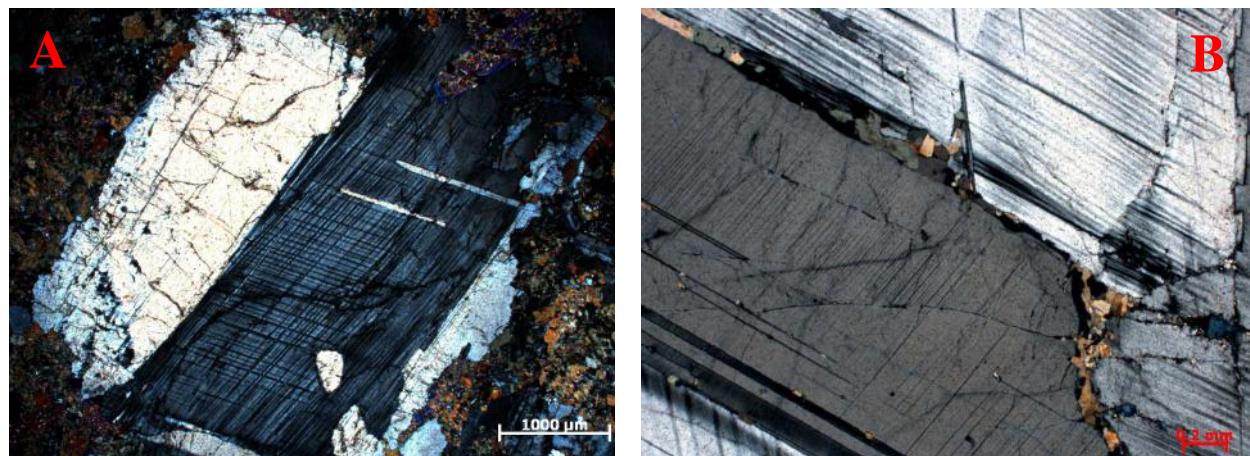
### 8.6.2 – PETROGRAFIA

Os fenocristais de plagioclásio apresentam forma variando de euédrica até fortemente arredondadas, geminação de *Carlsbad* e polissintética bem marcada (Figura 96A), que por vezes mostra lamelas acunhadas devido a deformação (Figura 96B). Possuem inclusões de

minerais opacos e mais frequentemente de pequenos cristais de anfibólito, que preenchem fraturas.

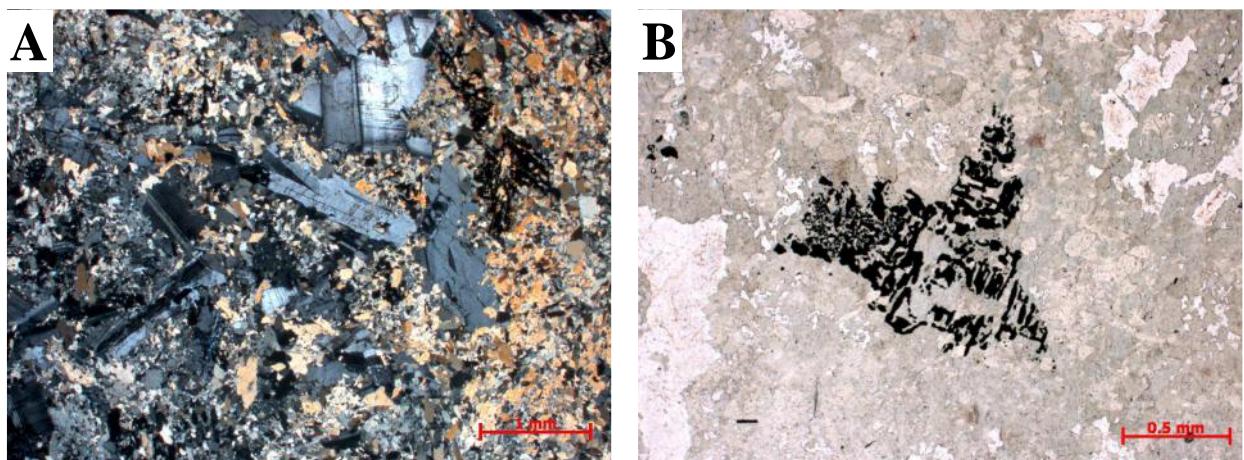


**Figura 95** – Bloco *in situ* de metadiabásio porfiríticos onde os fenocristais de feldspato estão fortemente deformados e estirados ao longo da direção de cisalhamento.



**Figura 96** – Fotomicrografia do dique de metadiabásio porfirítico. **Fig. 96A** - Fenocristal de plagioclásio com geminação de *Carlsbad* e possintética complexa. **Fig. 96B** - Fotomicrografia de fenocristal de plagioclásio com a presença de anfibólito ao longo de fraturas.

A matriz do metadiabásio porfirítico é fina e composta essencialmente por plagioclásio, anfibólito e minerais opacos (Figura 97A), sendo que a maioria dos cristais de anfibólito possuem tamanho de cerca de 0,5 mm, estão recristalizados formando um mosaico de subgrãos e podem ser substituídos por clorita. Também foi observada a presença de vários intercrescimentos de minerais opacos muito finos com o anfibólito (Figura 97B), semelhantemente a aqueles observados nos diques de metadiabásio, que eram representados por ilmenita e titanita.



**Figura 97** – Fotomicrografia do dique de metadiabásio porfirítico. **Fig. 97A** – Fenocristais de feldspato com 1mm e matriz composta de hornblenda e plagioclásio. **Fig. 97B** – Minerais opacos de aspecto irregular associados ao anfibólito.

## 9 – DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A partir do levantamento de campo e do estudo petrográfico foi possível de se estabelecer uma provável sequência cronológica entre as unidades mapeadas, bem como tecer algumas conclusões sobre a inserção dos litótipos cartografados com as grandes unidades da borda meridional do cráton do São Francisco. Porém será necessária a realização de outras campanhas de campos, acompanhada da coleta de novas amostras para a aquisição de dados geoquímicos, isotópicos e geocronológicos para que as propostas sejam mais aprofundadas.

Sugere-se que as rochas metaultramáficas mapeadas corresponderiam a prováveis porções desmembradas do maciço ultramáfico do Morro das Almas descrito por Quéméneur & Baraud (1983). Esse corpo encontra-se localizado mais ao sul da área da presente monografia e aflora nas encostas da serra de Bom Sucesso. Este maciço foi descrito por Quéméneur (1987) e Quéméneur *et al.* (2003) como uma provável intrusão acamada constituída principalmente por serpentinitos. A grande dificuldade de se correlacionar essas rochas a aquelas do Supergrupo Rio das Velhas encontra-se associada a referida unidade não ter sido descrita, até o presente momento, nas imediações da região em questão.

Caracterizou-se que o ortognaisse exposto na porção nordeste da área estudada é representado por 5 litótipos, que variam amplamente em relação a textura, granulação e composição. Porém definiu-se a predominância do litótipo de composição granítica e granulação média em relação aos tipos tonalíticos e granodioríticos. Pelas características da unidade e pela proximidade dos seus principais afloramentos com o ortognaisse São Tiago, sugere-se uma possível correlação entre os mesmos.

O metagranitoide Bom Sucesso, possui composição variando de granodiorítica até sienogranítica com um pequeno *gap* no campo monzogranítico, feição esta que pode estar associada a uma graduação composicional e textural nas rochas do referido corpo. Sua mineralogia acessória foi identificada após a realização de estudos petrográfico, por catoluminescência e por MEV-EDS e é representada principalmente por allanita e zircão, enquanto titanita, galena, monazita e thorogummita são mais raros. Esse minerais apontam para um elevado grau de fracionamento do magma pai desse corpo e, consequentemente o enriquecimento do mesmo em elementos incompatíveis. Quéméneur *et al.* (2003) obtiveram idade  $2705 \pm 5$  Ma para esse corpo e o classificaram como de composição cálcio-alcalina rica em potássio. A partir dessas características pode-se sugerir que o mesmo seria compatível com o magmatismo potássico tardio, que foi amplamente desenvolvido nos complexos metamórficos entre 2750 e 2700 Ma.

O enxame de diques de metadiabásio possui direção preferencial NE-SW e seus representantes são compostos essencialmente por anfibólio e plagioclásio. Possuem textura variando de porfirítica a equigranular, com predomínio de termos equigranulares com granulação desde média até fina. A mineralogia acessória desses corpos é representada por barita, calcopirita, ilmenita, pírita e zircão e sugere-se que o mesmo poderia estar relacionado a um processo de quebra do paleocontinente no final do arqueano (Pine, 1977) ou a um magmatismo com idade próxima a 1,71 Ga, caracterizado por Cederberg *et al.* (2016) na região próxima a Pará de Minas.

Os diques de metadiabásio porfirítico são representados por rochas com fenocristais de feldspato centimétricos imersos em uma matriz composta de anfibólio e feldspato. Esse dique foi descrito por Neri *et al.* (2013) como sendo um corpo meta-anortosítico, com forma semi-circular. Porém no presente trabalho esse corpo não foi classificado como anortosito em decorrência da rocha não apresentar modalmente 90% de plagioclásio.

Durante o mapeamento observou-se que as rochas do ortognaisse granítico foram modificadas por pelo menos três eventos deformacionais distintos, enquanto que no metagranitoide Bom Sucesso e nos diques de metadiabásio observou-se feições relacionadas a somente um evento. Inferiu-se, ainda, que o contato do ortognaisse granítico com o metagranitoide Bom Sucesso e com os litótipos da Serra de Bom Sucesso é controlado por uma falha de empurrão com strike NW-SE e cimento para SW, pois a primeira unidade trunca abruptamente a sequência metassedimentar da Serra de Bom Sucesso.

Estes eventos metamórficos que afetaram a região levaram a diversas transformações minerais que foram observadas nos corpos do presente estudo, tais como: formação de *bleb's* de quartzo em anfibólios; actinolita substituindo hornblenda; titanita substituindo ilmenita; epidotização e sericitização do plagioclásio.

## 10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmim F.F. 2004. O que faz de um cráton um cráton? O cráton do São Francisco e revelações Almeidianas ao delimitá-lo. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Brito-Neves, B.B. (orgs.) *Geologia do Continente Sul-Americanano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca Editor, São Paulo, p.:17-35.
- Alkmim, F.F., Noce, C.M. 2006. The Paleoproterozoic Record of the São Francisco Craton. In: IGCP 509 Field Workshop, Bahia and Minas Gerais, Brazil. Field Guide & Abstracts, p. 114.
- Alkmim, F.F., Marshak, S., 1998. The Transamazonian orogeny in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil: Paleoproterozoic Collision and Collapse in the Southern São Francisco Craton region. *Precambrian Research* **90**, 29–58.
- Almeida F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, **7**:349-364.
- Ávila, C.A. 2000. *Geologia, petrografia e geocronologia de corpos plutônicos paleoproterozóicos da borda meridional do Cráton do São Francisco, região de São João Del Rei, Minas Gerais.* PhD Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 401P.
- Ávila, C.A.; Teixeira, W.; Cordani, U.G.; Moura, C.A.V.; Pereira, R.M. 2010. Rhyacian (2.23-2.20 Ga) juvenile accretion in the southern São Francisco craton, Brazil: Geochemical and isotopic evidence from the Serrinha magmatic suite, Mineiro belt. *Journal of South American Earth Sciences*, **29**: 464-482.
- Ávila, C.A.; Teixeira, W.; Bongiolo, E.M.; Dussin, I.A.; Vieira, T.A.T. 2014. Rhyacian evolution of subvolcanic and metasedimentary rocks of the southern segment of the Mineiro belt, São Francisco Craton, Brazil. *Precambrian Research*, **243**: 221-251.
- Babinski, M., Chemale, F., Van Schmus, W.R., 1995. The Pb/Pb age of the Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Precambrian Research* **72**, 235–245.
- Barbosa, N.S., Teixeira, W., Ávila, C.A., Montecino, P.M., Bongiolo, E.M., 2015. 2.17-2.10 Ga plutonic episodes in the Mineiro belt, São Francisco Craton, Brazil: U-Pb ages, geochemical constraints and tectonics. *Precambrian Research*, **270**, 204–225.
- Bastos, A.A. & Enrichsen, A.I. 1927. Geologia da Folha Barbacena. Rio de Janeiro. In: DNPM/SGM, P. 1-20 (Boletim 25).
- Campos, J.C.S, Carneiro, M.A. 2008. Neoarchean and Paleoproterozoic granitoids marginal to the Jeceaba-Bom Sucesso lineament (SE border of the southern São Francisco craton): Genesis and tectonic evolution. *Journal of South American Earth Sciences*, **26**, 463-484.
- Cederberg, J., Söderland, U., Oliveira, E.P., Ernst, R.E., Pisarevsky, S.A., 2016. U-Pb baddeleyite dating of the Proterozoic Pará de Minas dyke swarm in the São Francisco craton (Brazil) – implications for tectonic correlation with the Siberian, Congo and North China cratons. *GFF*, in press. DOI:10.1080/11035897.2015.1093543.
- Chaves, A.O. 2014. Indicação química de possível ocorrência de Florencita – (Y) em Bom Sucesso (Minas Gerais, Brasil). *Brazilian Journal of Geology*, **44** (4): 523-527.
- Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG). 2000. *Airbone Geophysical Survey Minas Gerais – Brazil*. 1.ed., Minas Gerais, Target Multimídia, 1 CD-ROM.

Deer, W.A., Howie, R.A. Zussman J. 1963. Rock forming minerals. Vol.2, Chain silicates. Longmans, London

Didier, J. & Barbarin, B. 1991. The different types of enclaves in granites – Nomeclature. In: DIDIER, J. & BARBARIN, B. (Eds). Enclaves and Granite Petrology. Netherlands, Elsevier. P. 19-23.

Dorr II, J.V.N., 1969. Physiographic, Stratigraphic and Structural Development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. USGS/DNPM, Washington, Prof.Paper 641-A, 110p.

Hartmann, L.A., Endo, I., Saita, M.D.F., Santos, J.O.S., Frantz, J.C., Carneiro, M.A., McNaughton, N.J., Barley, M.E., 2006. Provenance and age delimitation of Quadrilátero Ferrífero sandstones based on zircon U–Pb isotopes. *Journal of South American Earth Sciences*, **20**, 273–285.

Lana, C.C.; Alkmim, F.F.; Armstrong, R.; Scholz, R.; Romano, R.; Nalini Jr., H.A. 2013. The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil. *Precambrian Research*, **231**: 157–173.

Le Maitre, R.W. 2002. Igneous Rocks: a Classification and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Cambridge, Cambridge University Press, 236 p.

Machado, N.; Noce, C.M.; Ladeira, E.A.; Oliveira, O.B. 1992. U-Pb Geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco craton, Brazil. *Geological Society of America Bulletin*, v. 104, p. 1221-1227.

Machado, N., Schrank, A., Noce, C.M., Gauthier, G., 1996. Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: Implications for Greenstone-Belt setting evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. *Earth and Planetary Science Letters*, **141**:259–276.

Neri, M.E.N.V.; Rosière, C.A.; Lana, C.C. 2013. Supergrupo Minas na Serra de Bom Sucesso, extremo sudoeste do Quadrilátero Ferrífero – MG: petrografia, geoquímica e isótopos de U-Pb. *Geol. USP, Ser. cient., São Paulo*, **13**: 117-202.

Noce, C.M.; Machado, N.; Teixeira, W. 1998. U-Pb Geochronology of gneisses and granitoids in the Quadrilátero Ferrífero (southern São Francisco craton): Age constraints for Archean and Paleoproterozoic magmatism and metamorphism. *Revista Brasileira de Geociências*, **28**:95–102.

Noce, C.M.; Zuccheti, M.; Baltazar, O.F.; Armstrong, R.; Dantas, E.; Renger F.E.; Lobato, L.M. 2005. Age of felsic volcanism and the role of ancient continental crust in the evolution of the Neoarchean Rio das Velhas Greenstone belt (Quadrilátero Ferrífero, Brazil): U–Pb zircon dating of volcaniclastic graywackes. *Precambrian Research*, **141**: 67–82.

Noce, C.M., Pedrosa-Soares, A.C., Silva, L.C., Armstrong, R., Piuzana, D. 2007. Evolution of polycyclic basement complexes in the Araçuaí Orogen, based on U–Pb SHRIMP data: implications for Brazil–Africa links in Paleoproterozoic time. *Precambrian Research*, **159**:60–78.

Pinese, J.P.P. 1997. *Geoquímica, geologia isotópica e aspectos petrológicos dos diques máficos Pré-Cambrianos da região de Lavras (MG), porção sul do Craton do São Francisco*. PhD Thesis, Universidade de São Paulo.

Quéméneur, J.J.G. & Baraud E. R. 1983. Estrutura do embasamento Arqueano e geologia econômica da área pegmatítica de São João Del Rei – MG. In: SBG. Simp. Geol. Minas Gerais, 2, Atas, p.460.

- Quéméneur, J.J.G. 1987. Petrography of the pegmatites from Rio das Mortes Valley, southeast Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **17** (4):595-600.
- Quéménéur, J.J.G.; Ribeiro, A.; Trouw, R.A.J.; Paciullo, F.V.P.; Heilbron, M. 2003. Geologia da folha Lavras. In: Projeto sul de Minas, Etapa I, Capítulo 7. COMIG, UFMG, UFRJ e UERJ, p. 259 – 319.
- Romano, R., Lana, C., Alkmim, F.F., Stevens, G.S., Armstrong, R., 2013. Stabilization of the southern portion of the São Francisco Craton, SE Brazil, through a long-lived period of potassic magmatism. *Precambrian Research*, **224**:143–159.
- Silva, L.C. da, Armstrong, R., Noce, C.M., Carneiro, M.A., Pimentel, M.M., Pedrosa-Soares, A.C., Leite, C.A., Vieira, V.S., Silva, M.A., Paes, V.J.C., Cardoso Filho, J.M., 2002a. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros, com base em novos dados U-Pb SHRIMP, Parte II: Orógeno Araçuaí, Cinturão Mineiro e Cráton São Francisco Meridional. *Revista Brasileira de Geociências*, **32**(4):513-528.
- Stohler R.C. 2011. Mapeamento geológico, petrografia e geoquímica preliminar do ortognaisse granítico São Tiago, estado de Minas Gerais. Monografia de graduação, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 123p.
- Streckeisen, A. 1976. To each plutonic rock its proper name. In: Earth – sci. Rev., **12**:1. 33. Teixeira, W.; Carneiro, M.A.; Noce, C.M.; Machado, N.; Sato, K.; Taylor, P.N. 1996. Pb, Sr e Nd isotope constraints on the Archean evolution of gneissic-granitoids complexes in the southern São Francisco craton, Brazil. *Precambrian Research*, **78**:151-164.
- Teixeira W. 1985. *A evolução tectônica da porção meridional do Cráton São Francisco com base em interpretações geocronológicas*. PhD Thesis, Instituto de Geociências da Universidade de Geociências, Universidade de São Paulo, 207 p.
- Teixeira W., Figueiredo M.C.H. 1991. An outline of Early Proterozoic crustal evolution in the São Francisco craton, Brazil: a review. *Precambrian Research*, **53**:1-22.
- Teixeira, W.; Carneiro, M.A.; Noce, C.M.; Machado, N.; Sato, K.; Taylor, P.N. 1996. Pb, Sr and Nd isotope constraints on the archaean evolution of gneissic-granitoid complexes in the southern São Francisco Craton, Brazil. *Precambrian Research*, **78** (1/3):151-164.
- Teixeira, W.; Cordani, U.G.; Nutman, A.P.; Sato, K. 1998. Polyphase Archean evolution in the Campo Belo metamorphic complex, Southern São Francisco Craton, Brazil: SHRIMP U-Pb zircon evidence. *Journal of South American Earth Sciences*, **11** (3): 279-289.
- Teixeira, W.; Ávila, C.A.; Dussin, I.A.; Bongiolo, E.M. 2011. Geocronologia U/Pb ICPMS-LA em zircão detritico da seqüência metassedimentar a leste de São Tiago: Implicações para a evolução do Supergrupo Minas, cráton do São Francisco. In: 12º Simpósio de geologia do sudeste, página 42.
- Teixeira, W., Ávila, C.A., Dussin, I.A., CorrêaNeto, A.V., Bongiolo, E.M., Santos, J.O., Barbosa, N.S. 2015. A juvenile accretion episode (2.35–2.32 Ga) in the Mineiro belt and its role to the Minas accretionary orogeny: Zircon U–Pb–Hf and geochemical evidences. *Precambrian Research*, **256**, 148-169.
- Williams, H.; Turner, F.J.; Gilbert, C.M. 1970. Petrografia: uma introdução ao estudo das rochas em seções delgadas. Editora Polígono.

Yarley, B.W.D. 2004. *Introdução à petrologia metamórfica* – tradução de Reinhardt Adolfo Fuck.  
Brasília, Editora Universidade de Brasília, 432p.