



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO, PETROGRAFIA E
GEOQUÍMICA PRELIMINAR DOS ORTOGNAISSES
TONALÍTICO BANDEIRA E TRONDHJEMÍTICO
CANOAS**

FILIPE VIDAL CUNHA SANTA ROSA SOARES DE OLIVEIRA

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

Prof. EVERTON MARQUES BONGIOLO
(Departamento de Geologia – Instituto de Geociências – CCMN – UFRJ)

PETRO-MIN: Grupo de Estudos em Petrologia e Mineralogia
(Departamento de Geologia e Paleontologia – Museu Nacional)

DEZEMBRO, 2011
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, PETROGRAFIA E
GEOQUÍMICA PRELIMINAR DOS ORTOGNAISSES
TONALÍTICO BANDEIRA E TRONDHJEMÍTICO
CANOAS**

FILIPPE VIDAL CUNHA SANTA ROSA SOARES DE OLIVEIRA

APROVADA POR:

Dr. Ciro Alexandre Ávila

Dr. Everton Marques Bongioiolo

Ph.D. Julio Cezar Mendes

Dr. Beatriz Paschoal Duarte

**PETRO-MIN: Grupo de Estudos em Petrologia e Mineralogia
(Departamento de Geologia e Paleontologia – Museu Nacional)**

**DEZEMBRO, 2011
RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL**

FICHA CATALOGRÁFICA

OLIVEIRA, Filipe Vidal Cunha Santa Rosa Soares

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO, PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA PRELIMINAR
DOS ORTOGNAISSES TONALÍTICO BANDEIRA E TRONDHJEMÍTICO CANOAS**

XVI, 98 p., 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 – Ortognaisse tonalítico Bandeira
- 2 – Ortognaisse trondhjemítico Canoas
- 3 – Petrografia
- 4 – Geoquímica
- 5 – Cinturão Mineiro
- 6 – Cráton São Francisco

I – IGEO/UFRJ

II – Título (série)

RESUMO

Oliveira, F. V. C. S. R. S. **Mapeamento Geológico, petrografia e geoquímica dos ortognaisses tonalítico Bandeira e trondhjemítico Canoas.** Ano 2011, XVI, 98p. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

A borda meridional do cráton São Francisco se desenvolveu após a estabilização de uma massa continental arqueana, onde se formaram diversos arcos magmáticos Paleoproterozoicos, que atualmente compõem o Cinturão Mineiro. Neste contexto se formaram as rochas estudadas no presente trabalho.

A partir do mapeamento geológico na escala de 1:25.000 foram definidas oito unidades de mapeamento representadas por: 1) sequência *greenstone belt*; 2) ortognaisse granítico São Tiago e pegmatitos associados; 3) Sequência metassedimentar; 4) Ortognaisses tonalíticos Bandeira, trondhjemítico Canoas e tonalítico Serra (com pegmatitos associados); 5) Rochas metafélicas; 6) Granitóides e pegmatitos correlacionados ao granitóide Ritápolis; 7) Diques noríticos; 8) Diques máficos.

A sequência *greenstone belt* reúne diversos tipos litológicos distintos interpretados como pertencentes a uma sequência metavulcanossedimentar composta por rochas metamáficas, metaultramáficas, metassedimentares e hidrotermalitos. Esta unidade foi considerada como a mais antiga da área e por isso correlacionada ao *greenstone belt* Rio das Velhas.

O ortognaisse granítico São Tiago é caracterizado por seu bandamento e estrutura gnáissica, podendo apresentar estrutura migmatítica. Foi separado em três diferentes rochas: 1) ortognaisse bandado; 2) veios félsicos hololeucocráticos; 3) veios pegmatíticos hololeucocráticos.

A sequência metassedimentar é representada por quartzitos, xistos granadíferos, gonditos e BIFs (Formação Ferrífera Bandada). Segundo a proposição de Teixeira *et al.* (2011), os BIFs possuem idade máxima de deposição de 2,4 Ga (obtida a partir de grãos de zircão detrítico), sendo assim estes não poderiam fazer parte da sequência *greenstone belt* Rio das Velhas, sendo neste caso correlacionados as rochas do Supergrupo Minas.

O ortognaisse tonalítico Serra possui composição tonalítica, apresenta-se muito deformado e é cortado por veios félsicos, pegmatitos, veios de quartzo e por um dique norítico. Segundo Pinese *et al.* (1997) os diques noríticos teriam idade arqueana, implicando em uma mais antiga para esse corpo em relação aos ortognaisses Bandeira e Canoas.

O ortogneisse tonalítico Bandeira possui uma foliação penetrativa, é leucocrático e foi subdividido em duas facies: 1) facies à hornblenda; 2) facies à biotita. Varia de metaluminoso a peraluminoso, pertence à série trondhjemítica e é associado a um ambiente de arco vulcânico.

O ortogneisse trondhjemítico Canoas possui foliação incipiente, é hololeucocrático e quimicamente varia de metaluminoso a peraluminoso, pertence à série trondhjemítica e está associado a um ambiente de arco vulcânico. Destaca-se que a composição química dos ortogneisses Canoas e Bandeira é muito semelhante.

Em relação aos corpos pegmatitos foram diferenciadas pelo menos três gerações distintas: a primeira é localmente concordante com a foliação metamórfica do ortogneisse granítico São Tiago e estaria associada a esse corpo, enquanto a segunda geração é intrusiva nas sequências *greenstone belt* e metassedimentar e estaria relacionada aos ortogneisses Bandeira e/ou Canoas. A terceira geração está associada ao granitóide Ritápolis e corta as gerações anteriores e a grande maioria dos litótipos estudados.

AGRADECIMENTOS

A meu pai Antonio Cesar e minha mãe Rosemar que sempre me apoiaram, e graças a eles pude me tornar geólogo.

À minha namorada Raphaela Cristina por estar sempre ao meu lado, me dando força quando necessário.

A todos meus familiares que sempre me apóiam e torcem por mim.

Aos meus amigos pelos bons momentos durante minha vida acadêmica.

Ao Rômulo, meu companheiro de trabalho, que sempre me ajudou quando precisei.

Ao professor e amigo Ciro Ávila por estar sempre me ajudando, e me corrigindo quando necessário.

SUMÁRIO	Pág.
CAPA	I
CONTRA CAPA	II
FICHA CATALOGRÁFICA	III
RESUMO	IV
AGRADECIMENTOS	VI
SUMÁRIO	VII
ÍNDICE DE TABELAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
1 – INTRODUÇÃO	1
2 – OBJETIVOS E COMO ALCANÇÁ-LOS	2
3 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	3
4 – MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO	5
4.1 - INTRODUÇÃO	5
4.2 – ETAPA DE CAMPO	6
4.2.1 – MAPEAMENTO GEOLÓGICO	6
4.2.2 – COLETA DE AMOSTRAS DE ROCHAS	8
4.3 – ETAPAS DE LABORATÓRIO	8
4.3.1 – PETROGRAFIA	8
4.3.2 – PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS PARA GEOQUÍMICA	9
4.3.3 – ANÁLISE QUÍMICA	9
4.4 – ETAPA DE ESCRITÓRIO	10
5 – NOMECLATURA ADOTADA PARA OS LITÓTIPOS	11
6 - COMENTÁRIO DOS TRABALHOS PRÉVIOS	15
7 – GEOLOGIA REGIONAL	19
7.1 – INTRODUÇÃO	19
7.2 – CRÁTON SÃO FRANCISCO	19
7.3 – CINTURÃO MINEIRO	20
7.4 – GNAISSES ARQUEANOS	20
7.5 – <i>GREENSTONES</i>	21
7.6 – GNAISSES PALEOPROTEROZÓICOS	23
7.7 – GRANITOS	23
7.8 – ROCHAS METASSEDIMENTARES	24
7.9 – MEGASSEQUÊNCIA SÃO JOÃO, CARANDAÍ E ANDRELÂNDIA	25
8 – GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA	27
8.1 – INTRODUÇÃO	27
8.2 – SEQUÊNCIA <i>GREENSTONE BELT</i>	30
8.2.1 – ROCHAS METAULTRAMÁFICAS	30
8.2.2 – ROCHAS METAMÁFICAS	31
8.2.3 – ROCHAS METASSEDIMENTARES	32
8.2.4 – ROCHAS FORAMADAS POR HIDROTERMALISMO	33
8.3 – ORTOGNAISSE GRANÍTICO SÃO TIAGO	35
8.3.1 – ASPÉCTOS DE CAMPO	35
8.4 – SEQUÊNCIA METASSEDIMENTAR	38
8.4.1 – ROCHAS QUÍMICAS	38
8.4.2 – ROCHAS CLÁSTICAS	40
8.5 – ORTOGNAISSE TONALÍTICO SERRA	41
8.5.1 – ASPECTOS DE CAMPO	41
8.6 – ORTOGNAISSE TONALÍTICO BANDEIRA	43

8.6.1 – ASPECTOS DE CAMPO	43
8.6.2 – PETROGRAFIA	44
8.6.3 – GEOQUÍMICA	53
8.7 – ORTOGNAISSE TRONDHJEMÍTICO CANOAS	59
8.7.1 – ASPECTOS DE CAMPO	59
8.7.2 – PETROGRAFIA	60
8.7.3 – GEOQUÍMICA	69
8.8 – METANDESITO	76
8.9 – GRANITÓIDES	77
8.10 – VEIOS E PEGMATITOS	79
8.10.1 – PEGMATITOS	79
8.10.2 – VEIOS DE QUARTZO OU EPÍDOTO	80
8.11 – DIQUES DE NORITO	82
8.12 – DIQUES DE DIABÁSIO E METADIABÁSIO	83
9 – GEOLOGIA ESTRUTURAL	85
10 – DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	90
10.1 – RELAÇÕES DE CAMPO	90
10.2 – PETROGRAFIA	92
10.3 – GEOQUÍMICA	93
10.4 – CONTEXTO REGIONAL	94
11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 – Lista das lâminas petrográficas estudadas na presente monografia. -----	5
Tabela 2 – Lista das amostras analisadas na geoquímica para a presente monografia. -----	6
Tabela 3 - Índice de cor proposto por Streckeisen (1976) para a classificação de rochas ígneas. -----	12
Tabela 4 - Tamanho dos grãos adotado para granulação em rochas ígneas (Willian <i>et al.</i> , 1970). -----	14
Tabela 5 - Análise modal das lâminas estudadas do ortognaisse tonalítico Bandeira. -----	45
Tabela 6 - Resultados da análise química das amostras do ortognaisse tonalítico Bandeira. -	53
Tabela 7 - Norma CIPW das amostras. Q = quartzo, C = coríndon, Or = ortoclásio, Ab = albita, An = anortita, Hy = hyperistênio, Il = ilmenita, Tn = titanita, Ru = rutilo e Ap = apatita. -----	54
Tabela 8 - Composição modal das lâminas do ortognaisse trondhjemitico Canoas. -----	63
Tabela 9 - Resultados das análises químicas das amostras do ortognaisse trondhjemitico Canoas. -----	70
Tabela 10 - Norma CIPW das amostras analisadas. Q = quartzo, C = coríndon, Or = ortoclásio, Ab = albita, An = anortita, Hy = hyperistênio, Il = ilmenita, Tn = titanita, Ru = rutilo e Ap = apatita. -----	71
Tabela 11 - Comparações de campo, petrográfica e geoquímica entre os ortognaisses da presente monografia. -----	91

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 – Articulação geográfica da região estudada em relação às cartas topográficas 1:50.000 do IBGE, destacando-se em vermelho a área mapeada. -----	3
Figura 2 – Mapa rodoviário com as principais vias de acesso à área estudada. O quadrado em vermelho representa a área estudada, e linha em azul representa a rota a partir do Rio de Janeiro. -----	4
Figura 3 - Contato do granito Ritápolis com a sequência <i>greenstone belt</i> , inferido pela cor do solo (Ponto 89). -----	7
Figura 4 - Diagrama QAP de <i>Streckeisen</i> (1976), usado para a classificação das rochas ígneas plutônicas na área estudada. -----	13
Figura 5 - Mapa geológico de Quéméneur & Baraud (1983) na escala 1:50.000. -----	15
Figura 6 - Mapa geológico de Pires e Porto Jr (1986) na escala 1:250.000. -----	16
Figura 7 - Mapa geológico de Quéméneur & Garcia (1993). -----	17
Figura 8 - Mapa geológico confeccionado por Souza (2009) na escala 1:25.000. -----	18
Figura 9 - Domínios tectônicos e principais estruturas da província São Francisco (Delgado <i>et al.</i> , 2003). -----	21
Figura 10 - Distribuição dos <i>greenstone belts</i> arqueanos na província São Francisco. (Delgado <i>et al.</i> , 2003). -----	22
Figura 11 - Riftes e sinéclises paleo- mesoproterozóicos das províncias São Francisco e Tocantins. (Delgado <i>et al.</i> , 2003). -----	25
Figura 12 - Imagem de aeromagnetometria gerada a partir do levantamento aerogeofísico da CODEMIG (2000) destacando a área estudada. ST – ortognaisse granítico São Tiago; LJ – lineamento Jeceaba; QF – Quadrilátero Ferrífero. -----	29
Figura 13 - Bloco de rocha metaultramáfica apresentando um acamamento (ponto ST-124). -	30
Figura 14 - Bloco “ <i>in situ</i> ” de serpentinito fresco com cor desde esverdeada até cinza (Ponto ST-139). -----	31
Figura 15 - Blocos de cloritito fortemente alterado intempericamente (Ponto ST-166). -----	31
Figura 16 - Saprólito amarronzado de rocha metamáfica muito alterada (ponto ST-201). ----	32
Figura 17 - Amostra de gnaiss associado à unidade metassedimentar do <i>greenstone belt</i> (ponto ST-122). -----	32
Figura 18 - Afloramento de filito arroxeadado em muito alterado no leito da estrada (ponto ST-191). -----	33

Figura 19 - Xenólito de filito no ortognaisse tonalítico Bandeira (ponto ST-238). -----	33
Figura 20 - Amostra de epidosito com coloração fortemente esverdeada. -----	34
Figura 21 - Epidosito alterado, onde se destaca a presença de quartzo (Ponto ST-438). -----	34
Figura 22 - Afloramento de ortognaisse granítico São Tiago (ponto ST-65), evidenciando seu aspecto migmatítico.-----	36
Figura 23 - Bloco do ortognaisse granítico São Tiago mostrando a presença do litótipo bandado (banda félsica e banda máfica) e do veio pegmatítico hololeucocrático cortando tanto as banda máfica, quanto a banda félsica (Ponto ST-03). -----	36
Figura 24 - Saprólito do ortognaisse granítico São Tiago onde se destaca a presença das bandas máficas e félsicas (ponto ST-05). -----	37
Figura 25 - Ortognaisse granítico São Tiago mostrando sua parte bandada, sendo cortada por um veio félsico hololeucocrático (ST-65). -----	37
Figura 26 - Furos de sondagem da companhia Vale localizado nas coordenadas 0554016/7689962 (ponto ST-164). -----	38
Figura 27 - Afloramento em corte de estrada mostrando o gondito alterado intempéricamente com a substituição da granada manganésifera por pirolusita/psilomelana (Ponto ST-174). --	39
Figura 28 - Detalhe dos níveis de quartzo e dos níveis de óxido de ferro no BIF (ponto ST-152).-----	39
Figura 29 - Pegmatito cortando o BIF em corte de estrada (ponto ST-152). -----	39
Figura 30 - Afloramento de mica quartzito com acamamento dobrado pela segunda fase de deformação (Ponto ST-151). -----	40
Figura 31 - Bloco alterado de xisto granadífero, onde se destaca a presença de grãos de granada com ate 1cm de tamanho (Ponto ST-165).-----	40
Figura 32 - Lajedo do ortognaisse tonalítico Serra em encosta de morro (ponto ST-173). ----	41
Figura 33 - Ortognaisse tonalítico Serra fortemente deformado onde é possível de se observar a presença de duas fases de deformação (Ponto ST-173). -----	42
Figura 34 - Ortognaisse tonalítico Serra com veios de quartzo alongados segundo a direção da foliação (Ponto ST-172). -----	42
Figura 35 - Ortognaisse tonalítico Bandeira com foliação metamórfica dobrada juntamente com um pegmatito (ponto ST-136). -----	43
Figura 36 - Lajedo formando uma cachoeira no ortognaisse tonalítico Bandeira (ponto ST-217). -----	44
Figura 37 - Xenólito de rocha máfica no ortognaisse tonalítico Bandeira (ponto ST-197). ---	44

- Figura 38** - Plotagem da análise modal das lâminas do ortogneisse tonalítico Bandeira. 1 - Quartzolito. 2 - Granitóide rico em quartzo. 3 - Alkali-feldspato granito. 4 - Sienogranito. 5 - Monzogranito. 6 - Granodiorito. 7 - Tonalito-trondhjemitó. 8 - Quartzo alcali-feldspato sienito. 9 - Quartzo sienito. 10 - Quartzo monzonito. 11 - Quartzo monzodiorito ou quartzo monzogabro. 12 - Quartzo diorito ou quartzo gabro. 13 - Alkali-feldspato sienito. 14 - Sienito. 15 - Quartzo monzonito. 16 - Monzodiorito ou monzogabro. 17 - Diorito ou gabro. -----45
- Figura 39** - Lâmina do ortogneisse tonalítico Bandeira mostrando índice de cor que caracteriza o referido corpo como leucocrático (Ponto ST-206a). Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita; Hb = hornblenda; Ap = apatita. -----46
- Figura 40** - Textura granolepidoblástica do ortogneisse tonalítico Bandeira (ponto ST-136a). Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita. -----46
- Figura 41** - Imagem com nicol descruzado (acima) e cruzado (abaixo) do ortogneisse tonalítico Bandeira na facies à biotita, a qual apresenta granulação fina (ponto ST-207a). Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita. -----47
- Figura 42** - Imagem com nicol descruzado (acima) e cruzado (abaixo) do ortogneisse tonalítico Bandeira na facies à hornblenda, que apresenta granulação média (ponto ST-206a). Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita; Hb = hornblenda. -----48
- Figura 43** - Quartzo com extinção ondulante em lâmina do ortogneisse tonalítico Bandeira (ponto ST-187). Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita. -----48
- Figura 44** - Imagem com nicois descruzados (acima) e cruzados (abaixo) do ortogneisse tonalítico Bandeira mostrando biotita ígnea hipidiomórfica, com inclusão de allanita (ponto ST-186a). Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita; All = allanita. -----49
- Figura 45** - Imagem com nicois descruzados (acima) e cruzados (abaixo) do ortogneisse tonalítico Bandeira mostrando grãos de biotita metamórfica substituindo a hornblenda primária (ponto ST-224b). Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt₂ = biotita metamórfica, Hb = hornblenda, Tn = titanita. -----50
- Figura 46** - Grãos de biotita envolvidos por titanita, no ortogneisse tonalítico Bandeira (ponto ST-136a). Pg = plagioclásio; Bt = biotita; Tn = titanita. -----50
- Figura 47** - Imagem com nicois descruzados (esquerda) e cruzados (direita) do ortogneisse tonalítico Bandeira mostrando grão de apatita incluso no plagioclásio (ponto ST-136a). -----51
- Figura 48** - Mineral opaco envolvido por titanita (diferentes níveis de substituição) no ortogneisse tonalítico Bandeira (ponto ST-136a). Pg = plagioclásio; Bt = biotita; Op = minerais opacos; Tn = titanita. -----52
- Figura 49** - Diagramas de Harker para as amostras do ortogneisse tonalítico Bandeira, com seu possível *trend* (interpretado) marcado por uma linha vermelha. -----55
- Figura 50** - Diagrama de Shand (1943) para as amostras do ortogneisse tonalítico Bandeira, onde $A/NK = Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$ e $A/CNK = Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$. -----55
- Figura 51** - Diagrama TAS (Cox *et al.*, 1979) para as amostras do ortogneisse tonalítico Bandeira. -----56

- Figura 52** - Diagrama triangular dos feldspatos de O'Connor (1965) para as amostras do ortogneisse tonalítico Bandeira, onde Ab = albita, An = anortita e Or = ortoclásio (todos normativos). -----56
- Figura 53** - Diagrama AFM de Irvine & Baragar (1971) para as amostras do ortogneisse tonalítico Bandeira. -----57
- Figura 54** - Diagrama de Barker & Arth (1976) para as amostras do ortogneisse tonalítico Bandeira. -----57
- Figura 55** - Diagrama $[Y+Nb]xRb$ de Pearce *et al.* (1984) para as amostras do ortogneisse tonalítico Bandeira. VAG = granito de arco vulcânico; ORG = granito orogênico; WPG = granito intraplaca; syn-COLG = granito sin-colisional. -----58
- Figura 56** - Diagrama $SiO_2xAl_2O_3$ de Barker (1979) para as amostras do ortogneisse tonalítico Bandeira. -----58
- Figura 57** - Raro ponto do ortogneisse trondhjémítico Canoas onde sua foliação fica evidente (ponto ST-127). -----59
- Figura 58** - Amostra do ortogneisse trondhjémítico Canoas mostrando granulação muito semelhante (ponto ST-122). -----60
- Figura 59** - Blocos do ortogneisse trondhjémítico Canoas (ponto ST-262). -----60
- Figura 60** - Plotagem da análise modal das lâminas do ortogneisse trondhjémítico Canoas. 1 - Quartzolito. 2 - Granitóide rico em quartzo. 3 - Alkali-feldspato granito. 4 - Sienogranito. 5 - Monzogranito. 6 - Granodiorito. 7 - Tonalito-trondhjémítico. 8 - Quartzo alkali-feldspato sienito. 9 - Quartzo sienito. 10 - Quartzo monzonito. 11 - Quartzo monzodiorito ou quartzo monzogabro. 12 - Quartzo diorito ou quartzo gabro. 13 - Alkali-feldspato sienito. 14 - Sienito. 15. Quartzo monzonito. 16 - Monzodiorito ou monzogabro. 17 - Diorito ou gabro. -----61
- Figura 61** - Índice de cor extremamente baixo de uma amostra do ortogneisse trondhjémítico Canoas (ponto ST-103). Nicol descruzado. Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita ---61
- Figura 62** - Textura granoblástica heterogranular do ortogneisse trondhjémítico Canoas (ponto ST-104). Nicol cruzado. Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita. -----62
- Figura 63** - Alinhamento de grãos de biotita que evidenciam uma foliação metamórfica no ortogneisse trondhjémítico Canoas (ponto ST-105). Nicol descruzado. Pg = plagioclásio; Bt = biotita; Ap = apatita. -----62
- Figura 64** - Grão de plagioclásio zonado com geminação polissintética parcialmente apagada no centro e com sericita nas suas bordas. Ortogneisse trondhjémítico Canoas (ponto ST-262). Nicol cruzado. Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita; Sr = sericita. -----63
- Figura 65** - Plagioclásio fortemente sericitizado no ortogneisse trondhjémítico Canoas (ponto ST-37). Nicol cruzado. Qtz = quartzo; Sr = sericita. -----64

- Figura 66** - Plagioclásio com geminação polissintética e zoneamento composicional evidenciado pela alteração preferencial nas bordas para sericita no ortogneisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-259). Nicol cruzado. Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Sr = sericita. -----64
- Figura 67** - Quartzo apresentando bandas de deformação (extinção ondulante) no ortogneisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-134). Nicol cruzado. Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo. ---64
- Figura 68** – Grão de quartzo em processo avançado de recristalização, onde se observa o desenvolvimento inicial de sub-grãos. Ortogneisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-29). Nicol cruzado. Qtz = quartzo. -----65
- Figura 69** - Biotita ígnea com forma hipidiomórfica em paragênese com epidoto e titanita metamórfica. Destaca-se o crescimento em suas bordas de muscovita. Ortogneisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-119). Nicol descruzado (acima) e cruzado (abaixo). Pg = plagioclásio; Bt = biotita; Mv = muscovita; Tn = titanita; Ep = epidoto. -----65
- Figura 70** - Biotita com crescimento de clorita em suas clivagens. Ortogneisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-34a). Nicol descruzado. Pg = plagioclásio; Bt = biotita; Cl = clorita. -----66
- Figura 71** - Zircão ígneo incluído na biotita e no plagioclásio. Ortogneisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-103). Nicol descruzado (esquerda) e cruzado (direita). Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita; Zr = zircão. -----66
- Figura 72** - Apatita idiomórfica parcialmente incluída em mineral opaco, evidenciando que sua cristalização foi anterior a este. Ortogneisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-104). Nicol descruzado (esquerda) e cruzado (direita). Pg = plagioclásio; Ap = apatita; Op = minerais opacos; Ep = epidoto. -----67
- Figura 73** - Allanita com estrutura metamítica. Ortogneisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-119). Nicol descruzado. Pg = plagioclásio; Op = minerais opacos; Bt = biotita; All = allanita. -----67
- Figura 74** - Cristal idiomórfico de mineral opaco com epidoto ao seu redor. Ortogneisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-105). Nicol descruzado. Pg = plagioclásio; Op = minerais opacos; Ep = epidoto. -----67
- Figura 75** - Mineral opaco com titanita desenvolvendo em suas bordas de titanita. Ortogneisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-104). Nicóis descruzados. Pg = plagioclásio; Bt = biotita; Op = minerais opacos; Tn = titanita. -----68
- Figura 76** – Diagrama de Harker para as amostras do ortogneisse trondhjemítico Canoas, com seu possível *trend* (interpretado) marcado por uma linha vermelha. -----71
- Figura 77** – Diagrama de Shand (1943) para as amostras do ortogneisse trondhjemítico Canoas, onde $A/NK = Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$ e $A/CNK = Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$. -----72
- Figura 78** – TAS (Cox *et al.*, 1979) para as amostras do ortogneisse trondhjemítico Canoas. -----72
- Figura 79** - Diagrama triangular dos feldspatos de O'Connor (1965) para as amostras do ortogneisse trondhjemítico Canoas, onde Ab = albita, An = anortita e Or = ortoclásio (todos normativos). -----73

Figura 80 - Diagrama AFM de Irvine & Baragar (1971) para as amostras do ortogneisse trondhjemítico Canoas. -----	73
Figura 81 – Diagrama de Barker & Arth (1976) para as amostras do ortogneisse trondhjemítico Canoas. -----	74
Figura 82 - Diagrama [Y+Nb]xRb de Pearce <i>et al.</i> (1984) para as amostras do ortogneisse trondhjemítico Canoas. VAG = granito de arco vulcânico; ORG = granito orogênico; WPG = granito intraplaca; syn-COLG = granito sin-colisional. -----	74
Figura 83 - Diagrama SiO ₂ xAl ₂ O ₃ de Barker (1979) para as amostras do ortogneisse trondhjemítico Canoas. -----	75
Figura 84 – Planos paralelos que marcam a foliação no metandesito (ponto ST-190). -----	76
Figura 85 - Contato entre o metandesito e o granitóide, onde foram caracterizados fragmentos do granitóide inclusos no metandesito (ponto ST-190). -----	76
Figura 86 - Xenólito do ortogneisse trondhjemítico Canoas no granitóide Ritápolis próximo ao contato entre ambos. -----	77
Figura 87 - Detalhe do xenólito do ortogneisse trondhjemítico Canoas no granitóide Ritápolis. -----	77
Figura 88 - Amostra do granitóide, referente ao ponto ST-126. -----	78
Figura 89 - Blocos <i>in situ</i> do granitóide, ponto ST-126. -----	78
Figura 90 – Duas gerações de corpos pegmatíticos cortando o ortogneisse granítico São Tiago. A primeira geração mais velha está deformada e dobrada com o ortogneisse, enquanto a terceira geração mais nova corta a mais antiga (ponto ST-03). -----	79
Figura 91 – Pegmatito com textura gráfica cortando o ortogneisse tonalítico Bandeira, referente à segunda geração (ponto ST-197). -----	79
Figura 92 - Pegmatito com núcleo quartzoso cortando o ortogneisse tonalítico Bandeira, referente à segunda geração (ponto ST-217). -----	80
Figura 93 - Veio de epidoto cortando pegmatito encaixado no ortogneisse tonalítico Bandeira. Destaca-se ainda a presença de uma expressiva zona de epidotização no contato entre o pegmatito e o veio (ponto ST-199). -----	80
Figura 94 - Veio de quartzo cortando pegmatito encaixado no ortogneisse tonalítico Bandeira (ponto ST-217). -----	81
Figura 95 - Bloco de norito com os cristais aciculares aparecendo na superfície, ponto ST-70. -----	82
Figura 96 – Norito composto por plagioclásio, ortopiroxênio e anfibólio, com nicóis descruzados (acima) e cruzados (abaixo). Pg = plagioclásio; Opx = ortopiroxênio; Anf = anfibólio. -----	82

- Figura 97** - Bloco de diabásio mostrando matriz homogênea, onde se destaca a ausência de fenocristais (ponto ST-144). -----83
- Figura 98** - Blocos de diabásio alinhados apontando para o *strick* do dique (ponto ST-145).-83
- Figura 99** – Diabásio com textura subofítica e granulação muito fina (ponto ST-156). Pg = plagioclásio; Cpx = clinopiroxênio; Op = minerais opacos. -----84
- Figura 100** - Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação obtidos nas rochas da sequência *greenstone belt* segundo Stohler (2011). -----85
- Figura 101** – Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação D₁ obtidos no ortognaisse granítico São Tiago segundo Stohler (2011). -----86
- Figura 102** - Estereograma mostrando os pólos dos planos das dobras D₂ obtidos no ortognaisse granítico São Tiago segundo Stohler (2011). -----86
- Figura 103** – Estereograma mostrando os pólos dos planos das dobras D₃ obtidos no ortognaisse granítico São Tiago segundo Stohler (2011). -----87
- Figura 104** - Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação obtidos no ortognaisse tonalítico Bandeira segundo Stohler (2011). -----87
- Figura 105** – Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação obtidos no ortognaisse tonalítico Serra segundo Stohler (2011). -----87
- Figura 106** - Pegmatito dobrado em duas fases de deformação distintas (ST-195). -----88
- Figura 107** – Veio de quartzo afetado por uma falha sinistral (ST-217). -----89

1 - INTRODUÇÃO

O presente trabalho de monografia faz parte das atividades do grupo de pesquisas denominado PETRO-MIN (Grupo de Estudos em Petrologia e Mineralogia) do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional, UFRJ, coordenado pelo professor Ciro Alexandre Ávila. Junto a outros trabalhos, tanto de monografia como de dissertação e tese, o presente compõe um grande projeto de mapeamento e estudo dos corpos ígneos, que compõem o Cinturão Mineiro, buscando um modelo geotectônico para o mesmo. A geologia do Cinturão Mineiro vem sendo estudada há décadas mostrando sempre novidades, principalmente a cerca dos corpos plutônicos e de seu ambiente geotectônico (Teixeira & Figueiredo, 1991; Teixeira *et al.*, 1996, 2000; Alkmim, 2004; Noce *et al.*, 2007; Ávila *et al.*, 2010; Heilbron *et al.*, 2010).

Neste cinturão de idade riaciana foram descobertos recentemente alguns “enclaves” com idades superiores a essa, representados pelo ortognaisse granítico São Tiago, que tem sua origem associada ao Neoarqueano (2667 ± 43 Ma - Toledo *et al.* 2010). Ao se estudar em detalhe a região no entorno da cidade de São Tiago caracterizou-se a dificuldade de se distinguir as rochas mais antigas (Arqueanas) daquelas formadas durante o Paleoproterozoico. Essa dificuldade é refletida nos levantamentos efetuados anteriormente (Quéméneur & Baraud, 1983; Pires & Porto Jr., 1986; Quéméneur & Garcia, 1993; Ávila *et al.*, 2003; Souza, 2009; Vasques, 2009) onde diferentes tipos de gnaisses foram reunidos entre si e com corpos plutônicos quase sem deformação.

Apesar deste trabalho não oferecer novas idades dos corpos graníticos da região, disponibiliza com clareza as variações de campo, petrográficas e geoquímicas dos diversos corpos com gêneses distintas que foram anteriormente reunidos sob a designação de “batólito São Tiago” (Quéméneur & Baraud, 1983) ou “migmatito Barbacena” (Pires & Porto Jr, 1986).

2 - OBJETIVO E COMO ALCANÇÁ-LO

A presente monografia tem como objetivo a individualização dos ortognaisses tonalíticos Canoas e Bandeira, bem como estabelecer as relações de campo destes com as rochas que ocorrem a seu redor. Os dois ortognaisses estudados afloram entre as cidades de São Tiago, Ritópolis e Resende Costa, no centro-sul do estado de Minas Gerais.

Para alcançar este objetivo foram realizadas as seguintes etapas:

- Mapeamento geológico na escala de 1:25.000 de uma área de aproximadamente 80 km² (Anexo I – Mapa geológico);
- Estabelecimento da relação temporal entre os ortognaisses e os principais conjuntos litológicos que os envolvem;
- Caracterização petrográfica das rochas dos ortognaisses Canoas e Bandeira;
- Estudo geoquímico das rochas dos ortognaisses Canoas e Bandeira.
- Inserção dos corpos estudados no contexto evolutivo do Cinturão Mineiro e da borda meridional do Cráton do São Francisco.

3 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área estudada na presente monografia tem 80 km² e engloba a porção sudoeste da folha Jacarandira (Figura 1), mais especificamente a região entre as cidades de São Tiago, Ritápolis e Resende Costa, abrangendo os vilarejos de Monte Pio, Mato Virgem, Jorge, Saudade e Canoas. Apresenta formato semelhante a um retângulo e é delimitada pelas latitudes 44°23'51"S e 44°30'00"S e longitudes 20°52'02"W e 20°57'58"W, destacando-se como feições geomorfológicas o rio do Peixe e a serra de Florentino ou São Miguel.

Folhas 1:50.000 (IBGE)

Carminópolis de Minas	Passa-Tempo	Entre-Rios de Minas
São Tiago	Jacarandira 	Resende Costa
Nazareno	São João Del Rei	Tiradentes

Figura 1 - Articulação geográfica da região estudada em relação às cartas topográficas 1:50.000 do IBGE, destacando-se em vermelho a 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 até a cidade de São João Del Rei (MG), onde segue-se pela BR-494 (liga São João del Rei a rodovia Fernão Dias) até as entradas para as cidades de Ritápolis (MG) e São Tiago (MG) (Figura 2), onde pode-se acessar uma estrada não pavimentada para a cidade de Resende Costa. A partir desta estrada e da BR-494, podem ser utilizadas diversas estradas não pavimentadas, que cortam toda a área estudada e acessam aos vilarejos de Monte Pio, Mato Virgem, Jorge, Saudade e Canoas.



Figura 2 - Mapa rodoviário com as principais vias de acesso à área estudada. O quadrado em vermelho representa a área estudada, e linha em azul representa a rota a partir do Rio de Janeiro.

4 - MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO

4.1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão abordadas as diferentes etapas (campo, laboratório e escritório) envolvidas na elaboração da presente monografia, bem como os principais métodos de trabalho desenvolvidos. Em termos gerais, foram coletados 85 fragmentos de rocha, que resultaram em 33 lâminas petrográficas (Tabela 1), e dos quais 19 amostras foram selecionadas para análise química para elementos maiores e traços (Tabela 2).

Tabela 1 – Lista das lâminas petrográficas estudadas na presente monografia.

Lâminas petrográficas estudadas			
Amostra	GPS		Litologia
ST-12a	0555843	7684093	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-27	0556702	7683553	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-29	0556728	7683658	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-34a	0557046	7683763	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-34b	0557046	7683763	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-34c	0557046	7683763	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-37	0556775	7683785	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-103	558318	7685662	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-104	557722	7685794	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-105	557465	7685910	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-119	558836	7685886	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-134	0555875	7683891	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-136a	555817	7690480	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-186a	556206	7690985	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-186b	556206	7690985	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-187	556363	7690716	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-195	556875	7691619	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-197	557218	7691431	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-199a	557485	7691395	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-200	557804	7691813	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-203b1	557804	7690967	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-206a	557453	7689655	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-207b	557993	7689785	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-224b	559422	7689829	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-224c	559422	7689829	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-230b	559897	7692318	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-237a	559955	7691017	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-242a	558367	7690150	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-259	560555	7687689	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-262	559862	7686418	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-264	558909	7686071	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-265	558619	7686021	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-266	558296	7685030	Ortognaisse trondhemítico Canoas

O acervo de amostras e lâminas petrográficas montado durante a presente monografia poderá ser utilizado em estudos futuros da área em questão, onde uma parte do mesmo foi

utilizado na elaboração da monografia do estudante Rômulo de Campos Stohler defendida em novembro de 2011. Esta monografia versou sobre as rochas do ortognaisse granítico São Tiago, uma vez que grande parte das atividades de campo foram desenvolvidas em conjunto.

Tabela 2 – Lista das amostras analisadas na geoquímica para a presente monografia.

Amostras analisadas na geoquímica			
Amostra	GPS		Litologia
ST-12a	0555843	7684093	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-12b	0555843	7684093	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-12c	0555843	7684093	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-29	0556728	7683658	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-34b	0557046	7683763	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-104	557722	7685794	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-105	557465	7685910	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-119	558836	7685886	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-136a	555817	7690480	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-186a	556206	7690985	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-197	557218	7691431	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-206a	557453	7689655	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-206b	557453	7689655	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-207b	557993	7689785	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-224b	559422	7689829	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-230b	559897	7692318	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-242a	558367	7690150	Ortognaisse tonalítico Bandeira
ST-259	560555	7687689	Ortognaisse trondhemítico Canoas
ST-265	558619	7686021	Ortognaisse trondhemítico Canoas

4.2 - ETAPA DE CAMPO

4.2.1 – Mapeamento Geológico

A metodologia utilizada para a realização do presente trabalho baseou-se no mapeamento geológico na escala 1:25.000, que culminou na elaboração do mapa geológico na referida escala (**Anexo I – Mapa geológico**). Para tal, foram realizadas quatro campanhas, que totalizaram 25 dias de campo. A primeira foi realizada entre os dias 13 e 18 de janeiro de 2009; a segunda entre os dias 14 e 18 de setembro 2009; a terceira entre os dias 24 de fevereiro e 8 de março de 2010; enquanto a quarta apenas no dia 05 de agosto de 2011. No total foram mapeados cerca de 80km² e realizados 276 pontos geológicos (**Anexo II – Mapa de pontos**), os quais foram plotados na folha topográfica Jacarandira, a partir do uso de um GPS Garmin Etrex, utilizando o *datum* Córrego Alegre, sendo a localização conferida e confirmada a partir das feições topográficas. A descrição sumarizada dos pontos de campo com sigla ST (**Anexo III – Tabela geral**) foi acrescentada na presente monografia visando facilitar o arquivamento futuro do material.

Para a delimitação dos litótipos em campo foi usado o método de caminhar ao longo dos contatos, em virtude da natureza intrusiva de grande parte dos corpos mapeados, com contatos irregulares e sinuosos. Os contatos dos ortognaisses e dos granitóides com as rochas da sequência *greenstone belt* foram inferidos de acordo com a observação de mudança de cor do solo correspondente a essas rochas (as rochas do *greenstone belt* dão origem a um solo marrom, mais escuro que o solo amarelado proveniente dos gnaisses e o granitóide - **Figura 3**). Dessa forma, a presença de florestas e espessos mantos de intemperismo dificultaram em muito essa fase.



Figura 3 – Contato do granito Ritápolis com a sequência *greenstone belt*, inferido pela cor do solo (Ponto 89).

Em termos gerais, as rochas estudadas possuem estruturas secundárias (foliação, xistosidade) impressas ou visíveis em amostras de mão, que foram medidas em *dip-dip* a partir do uso de bússola Eclipse Pro 8099 da Brunton® com declinação de 19° W. Na distinção entre rochas do granitóide e do ortognaisse foi utilizado o critério relativo à presença de lineações ou foliações marcantes ou bandamentos nos gnaisses. A predominância da ausência dessas estruturas implicou sua classificação em um granitóide.

A descrição dos pontos foi realizada em campo, a partir da observação do tipo de afloramento (lajedo, piso, corte de estrada, blocos), do grau de intemperismo da rocha (rocha fresca, alterada ou saprólito), presença de xenólitos, aplitos, veios e pegmatitos, assim como mineralogia, textura, estruturas primárias e secundárias. Na descrição de corpos intrusivos como diques de diabásio foram feitas medidas de *strike*, *dip*, espessura, mineralogia, foliação e extensão, segundo a proposta de Vasques (2009).

As principais dificuldades identificadas durante esta fase de mapeamento geológico estiveram diretamente relacionadas à:

- 1) Ampla distribuição de cobertura vegetal e colúvio, impossibilitando a identificação precisa das unidades;
- 2) Grande variação na granulação das rochas;
- 3) Elevado grau de alteração intempérica das rochas estudadas, dificultando a identificação mineralógica e, conseqüentemente, sua classificação.

4.2.2 – Coleta de amostras de rocha

As amostras foram coletadas com o objetivo de produzir lâminas petrográficas e material para análise química. A amostragem levou em consideração a representatividade do fragmento coletado e o grau de intemperismo que deveria ser mínimo no caso da amostragem para a confecção de lâminas petrográficas e para a seleção de material para análise química. Foram coletadas amostras sem enclaves, veios de quartzo e diques de qualquer natureza, para não haver influência dessas feições nos resultados (contaminação). Em alguns casos especiais, foram confeccionadas lâminas relativas aos contatos dos corpos ígneos com suas encaixantes ou com enclaves, com objetivo de buscar feições petrográficas de interesse, como assimilação e transformações mineralógicas.

4.3 - ETAPAS DE LABORATÓRIO

4.3.1 – Petrografia

As amostras coletadas em campo foram identificadas e enviadas diretamente para o Laboratório de Laminação do Museu Nacional (LLMN), visando à confecção de lâminas delgadas. Em algumas amostras foram selecionadas áreas para corte, principalmente aquelas relacionadas à orientação dos minerais (feições primárias ou secundárias) ou áreas de contato entre corpos ígneos e xenólitos, onde buscava-se feições petrográficas de interesse, como assimilação e transformações mineralógicas. Após o corte para laminação, algumas amostras apresentaram feições de grande interesse, que foram documentadas através de fotografias.

As descrições das lâminas foram realizadas no microscópio petrográfico Carl Zeiss® Axioskop 40, identificando-se a mineralogia essencial, acessória e secundária, bem como texturas e estruturas de interesse. Durante a caracterização petrográfica, buscou-se ainda a classificação das rochas, a caracterização de seus protólitos e a organização de um acervo digital, incluindo fotomicrografias das principais feições identificadas.

É importante ressaltar que as rochas da área sofreram transformações hidrotermais e metamórficas, como, por exemplo, epidotização, sericitização e cloritização, onde o crescimento de paragêneses secundárias mascara os minerais e as texturas primárias, dificultando, e muito, a descrição das lâminas.

4.3.2 – Preparação de amostras para geoquímica

A seleção das amostras a serem analisadas quimicamente (Tabela 2) envolveu os critérios de campo em relação ao grau intempérico da amostra, bem como em lâmina petrográfica, onde foram evitadas amostras com alteração intempérica e hidrotermal. Após a escolha das amostras pela petrografia, definiu-se nestas a área de corte (foram evitados veios, contatos, xenólitos), priorizando-se nas mesmas as áreas centrais dos fragmentos. Essas áreas foram então cortadas em briquetes (*slabs* de cerca de 7 x 5cm) no Laboratório de Laminação do Museu Nacional (LLMN) e em seguida o briquete foi quebrado com martelo até alcançar fragmentos entre 5 e 20 mm. Por fim, o material foi processado em um moinho de panela de tungstênio por cerca de 3 minutos até atingir uma granulometria inferior a 200 *mesh*, considerada como adequada para a análise química.

4.3.3 – Análise química

Foram selecionadas dezoito amostras para análise química a partir do uso de um espectrômetro de fluorescência de raios-X Phillips modelo PW 2400 com tubo de Rh, sendo nove amostras do ortognaisse tonalítico Bandeira e nove amostras do ortognaisse tonalítico Canoas. Dessas amostras quatorze foram analisadas no laboratório da Universidade de São Paulo (USP) e quatro no laboratório da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

A perda ao fogo das amostras foi determinada através da comparação do peso da amostra antes e depois da mesma ser aquecida por 30 minutos a 950° C. A preparação das mesmas para análise dos elementos maiores envolveu a fusão de 1g de material pulverizado (< 200 mesh) com cinco 5g de tetraborato de lítio para formar uma pastilha de vidro. Os elementos traços foram analisados e determinados por espectroscopia de fluorescência de raios-X em pastilha prensada a partir de 7g do pó da amostra juntamente com 1g de aglutinante *wax*. Os elementos leves foram aferidos com as seguintes condições: detector de fluxo e cristal analisador PET/Ge. No Laboratório de Fluorescência de Raios-X da USP, o erro analítico relativo estimado foi de cerca de 2% para Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K e P e de 5 a 10% para os elementos traços. Já no Laboratório de Fluorescência de Raios-X da UFRJ, os elementos pesados foram analisados com detector selado, cristais analisadores LIF200/LIF200. Com base em análises padrões, o erro analítico relativo estimado foi: Si, Al (< 1%), Fe, Mg, Ca (1-2%), Ti, Na, K (3-5%), P e outros elementos traço ($\leq 6\%$).

As condições analíticas no laboratório de fluorescência de raios-X da USP incluíram: voltagem de aceleração entre 22 kV (para Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Si) e 40 kV (para Mn, Ti); intensidade do feixe de raio-X de 50 mA; tempo médio de contagem entre 30 segundos (para Al, Ca, Fe, K, Si) e 60 segundos (para Mg, Na, P); correções de matriz Alpha; e limites de

detecção dos elementos: Si (0,03%), Ti (0,003%), Al (0,02%), FeT (0,01), Ma (0,002%), Mg (0,01%), Ca (0,01%), Na (0,02%), K (0,01%), P (0,003%), LOI (0,01%), Ba (37 ppm), Ce (3 ppm), Co (6 ppm), Cr (13 ppm), Cu (5 ppm), Ga (9 ppm), La (28 ppm), Nb (9 ppm), Nd (14 ppm), Ni (5 ppm), Pb (4 ppm), Rb (13 ppm), Sc (14 ppm), Sr (2 ppm), Th (7 ppm), U (3 ppm), V (9 ppm), Y (2 ppm), Zn (2 ppm), Zr (2 ppm), Cl (50 ppm), F (500 ppm) e S (550 ppm). Maiores detalhes sobre o procedimento analítico e as condições instrumentais podem ser encontrados em Mori *et al.* (1999).

4.4 - ETAPAS DE ESCRITÓRIO

Esta etapa pode ser subdividida em duas fases: pré-campo e pós-campo. Na fase pré-campo foi realizada uma ampliação xerográfica da folha Jacarandira (escala convencional 1:50.000 para a escala de 1:25.000), visando facilitar o mapeamento geológico e a plotagem dos pontos. Em seguida os mapas foram entelados e marcados de acordo com suas coordenadas UTM, procedendo-se, inicialmente, a inserção dos contatos geológicos entre os litótipos aflorantes na área estudada e em áreas adjacentes, tendo como base os mapas de Souza (2007), Vasques (2007) e Guimarães (2010), todos estudantes integrantes do grupo de pesquisa PETRO-MIN.

A fase pós-campo abrangeu o tratamento integrado dos dados obtidos em campo (durante o mapeamento geológico) e em laboratório (análises petrográficas e geoquímicas). As análises químicas foram trabalhadas usando o software GCDKit da R[®] para confeccionar os vários diagramas de elementos maiores e traços, no intuito de apontar a classificação geoquímica da rocha e fazer inferências quanto a seu ambiente geotectônico.

A fase final correspondeu à integração dos dados obtidos em campo por geoprocessamento, com o uso do *software* Corel Draw X4, com a finalidade de confeccionar o mapa geológico sobre a carta topográfica (Folha SF-23-X-A-V-3 - Jacarandira) e a elaboração do relatório final da presente monografia. A organização das referências bibliográficas está de acordo com as normas da Revista Brasileira de Geociências, volume 39, número 4 de dezembro de 2009.

5 - NOMECLATURA ADOTADA PARA OS LITÓTIPOS

Durante a descrição das rochas estudadas e na redação do texto da presente monografia, foram utilizadas algumas terminologias que nem sempre se enquadram em um consenso geral. Desta forma, o presente capítulo tem como objetivo expor o método e o proponente das classificações utilizadas visando facilitar o leitor no entendimento do texto. Será destacada a nomenclatura utilizada para granitóides e ortognaisses, pois estes correspondem ao principal enfoque do trabalho.

Os nomes atribuídos às unidades plutônicas mapeadas na presente monografia foram escolhidos com base no Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (Petri *et al.*, 1986), onde, normalmente, o primeiro nome refere-se ao tipo de rocha classificada em campo, o segundo é referente a composição petrográfica predominante, enquanto o terceiro é correlato a localidade tipo ou ponto geográfico de referência presente nas redondezas do corpo. Como exemplo, temos a designação ortognaisse tonalítico Bandeira, onde o termo ortognaisse se refere a uma rocha com protólito ígneo que foi deformada e seus minerais estão orientados conforme a foliação regional; o termo tonalítico está relacionado à composição petrográfica; e o termo Bandeira refere-se a uma serra próxima aos melhores afloramentos do corpo.

Na identificação de um granito foi utilizado o conceito de *Streckeisen* (1976) referente a este corresponder a uma rocha plutônica constituída por quartzo em proporções entre 20% e 60% da soma total de quartzo + álcali feldspato + plagioclásio, e com conteúdo de plagioclásio entre 10% a 65% do total de feldspatos. Este termo sofre a adição, na mineralogia de campo, avaliada com a vista desarmada, de biotita.

O termo anfibolito foi empregado para litótipos máficos metamorfizados que são compostos por plagioclásio e hornblenda e que possuem um visível bandamento devido à segregação mineral, separando-se a predominância desses minerais em níveis, que podem variar (milímetros) em relação à espessura.

O termo gnaisse foi atribuído em campo às rochas com estruturas típicas de deformação, como lineação, foliação e bandamento. Rochas oriundas de protólitos ígneos receberam o prefixo „orto“ e um segundo nome de acordo com sua classificação no diagrama QAP (*Streckeisen*, 1976). Um exemplo seria o ortognaisse tonalítico.

Pelo fato da área estudada ser composta principalmente por corpos ígneos intrusivos, são necessárias a observação e a descrição dos tipos de enclaves baseadas na classificação proposta por Didier & Barbarin (1991) que utilizaram, como base, a forma e a natureza dos contatos. Estes são descritos a seguir:

- 1) Xenólitos: Pedaçõs angulosos de rochas encaixantes, que possuem contatos bruscos e angulosos.

- 2) Xenocristal: Cristais isolados estranhos à rocha, que possuem contatos bruscos e angulosos.

As rochas ultramáficas relacionadas ao *greenstone belt* Rio das Mortes foram classificadas principalmente com relação à mineralogia e à textura. Rochas compostas essencialmente por anfibólio (anfíbolitos) foram interpretadas como oriundas de protólitos como piroxenitos. Um processo similar ocorreu com os serpentinitos, relacionados à substituição pseudomórfica dos grãos de olivina por serpentina.

Algumas rochas alteradas por um evento hidrotermal na região foram nomeadas de acordo com o mineral neoforado predominante. Como exemplo, temos os anfíbolitos, que tiveram sua composição mineralógica fortemente modificada com a substituição do plagioclásio e do anfibólio por minerais do grupo do epidoto. Essa rocha recebeu, então, a designação de epidosito.

A classificação petrográfica das rochas plutônicas é feita de acordo com o índice de cor (Tabela 3) e a mineralogia predominante (teor modal de quartzo, álcali-feldspato e plagioclásio no diagrama QAP – Figura 4), observando-se também a granulação, a estrutura e a textura da rocha.

Tabela 3 - Índice de cor proposto por Streckeisen (1976) para a classificação de rochas ígneas.

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

Foram adotadas no presente trabalho as propostas de Willian *et al.* (1970) para granulação de rochas ígneas (Tabela 4), e para o grau de desenvolvimento dos grãos, onde estes são diferenciados de acordo com as características descritas a seguir:

- 1) Idiomórficos: possui suas faces cristalinas bem desenvolvidas.
- 2) Hipidiomórficos: suas faces cristalinas são desenvolvidas parcialmente.
- 3) Xenomórficos: não apresentam faces cristalinas desenvolvidas.

A petrotrama corresponde à associação da granulação com o grau de desenvolvimento dos grãos, gerando os padrões a seguir:

- 1) Afanítica: minerais não reconhecidos a olho nú ou com lupa de 10x, no caso contrário é fanerítica.

- 2) Fanerítica equigranular fina, média ou grossa: apresenta minerais sempre de mesmo tamanho.
- 3) Fanerítica porfirítica: fenocristais maiores se destacam em uma matriz de granulação inferior.
- 4) Fanerítica inequigranular seriada: variação do tamanho dos minerais sem uma predominância.

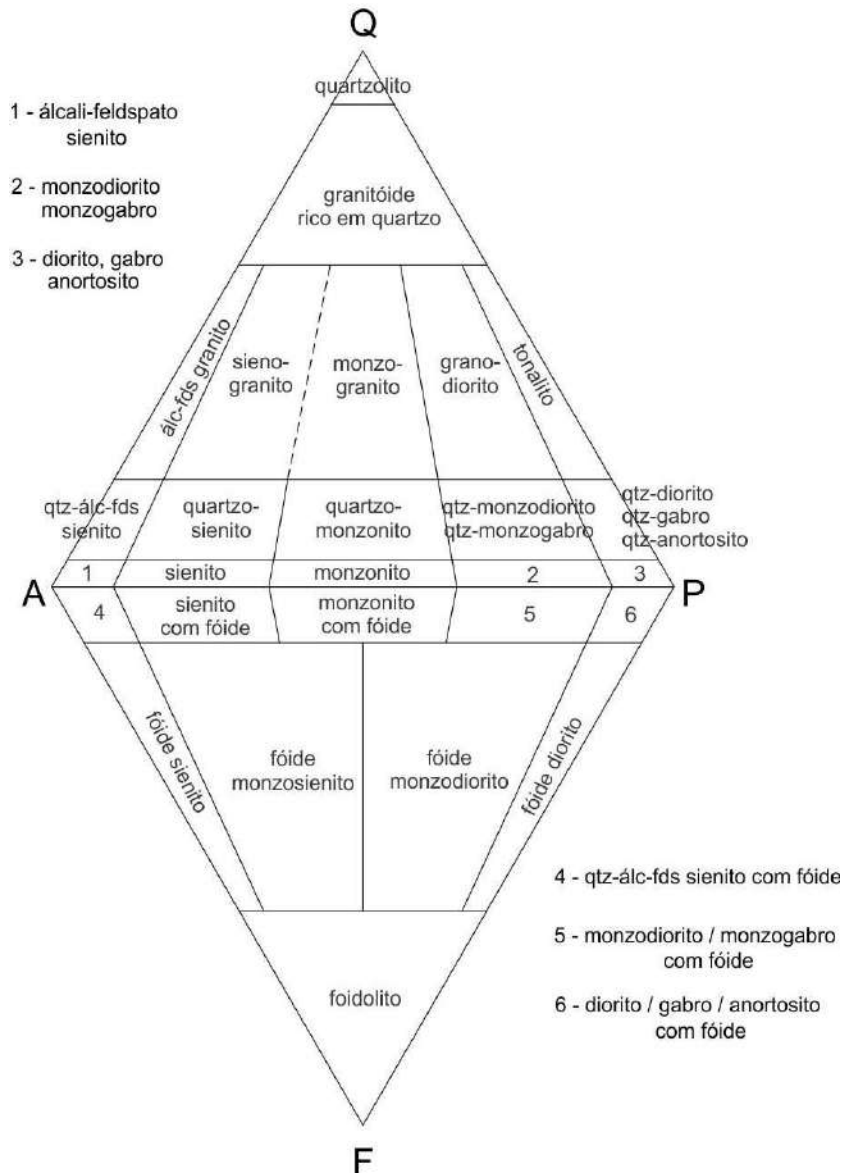


Figura 4 - Diagrama QAP de *Streckeisen* (1976), usado para a classificação das rochas ígneas plutônicas na área estudada.

A deformação sofrida pela rocha interfere na associação mineralógica e na forma do grão, evidenciando os padrões (Bard, 1985) a seguir:

- 1) Granoblástica isogranular: minerais primários de mesmo tamanho.
- 2) Granoblástica heterogranular: minerais primários de tamanhos distintos.
- 3) Nematoblástica: minerais com hábito estirado.

- 4) Lepidoblástica: minerais com hábito planar.
- 5) Granonematoblástica: combinação da textura nematoblástica com a granoblástica, em uma mesma amostra.
- 6) Granolepidoblástica: combinação da textura lepidoblástica com a granoblástica, em uma mesma amostra.

Tabela 4 - Tamanho dos grãos adotado para granulação em rochas ígneas (Willian *et al.*, 1970).

Granulação	Tamanho dos cristais
Muito grossa	> 3 cm
Grossa	5 mm a 3 cm
Média	1 a 5 mm
Fina	< 1 mm

6 – COMENTÁRIOS DOS TRABALHOS PRÉVIOS

A área da presente monografia foi estudada por diferentes pesquisadores e estudantes, dentre os quais Quéméneur & Baraud (1983), Pires & Porto Jr. (1986), Quéméneur & Garcia (1993), Sousa (2007 e 2009) e Vasques (2007 e 2009), sendo que os dois últimos publicaram mapas na escala de 1:25.000.

Quéméneur & Baraud (1983) designaram de granito as rochas que afloram nas proximidades da cidade de São Tiago (Figura 5) e reuniram as mesmas no batólito São Tiago. Na presente monografia, caracterizou-se que as rochas graníticas descritas corresponderiam, na realidade, a três tipos diferentes de ortognaisses (São Tiago – granítico; Bandeira – tonalítico; Canoas – trondhjémítico).

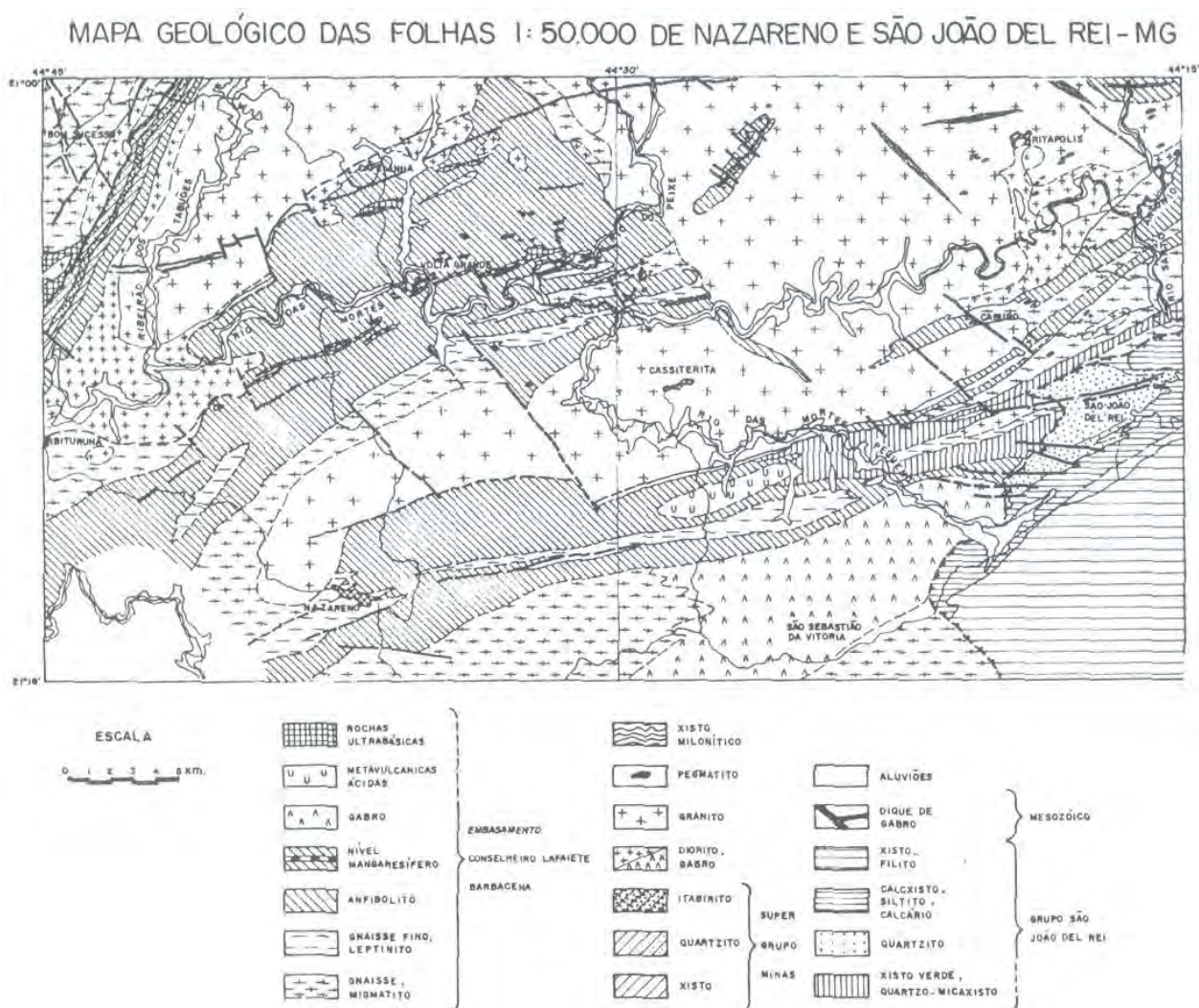


Figura 5 – Mapa geológico de Quéméneur & Baraud (1983) na escala 1:50.000.

Pires & Porto Jr. (1986) apontaram que na região próxima à cidade de São Tiago aflora o “migmatito Barbacena” (correlato ao ortognaisse granítico São Tiago da presente monografia) e as rochas do granito Santa Rita (Figura 6) que corresponderia ao granito

Ritópolis de Quéméneur & Baraud (1983). Destaca-se que em seu mapa geológico, Pires & Porto Jr. (1986) não identificaram as rochas gnáissicas designadas nesse trabalho de ortogneisse tonalítico Bandeira e ortogneisse trondhjemítico Canoas. Eles consideraram que esses gnaisses fariam parte do granito Santa Rita.

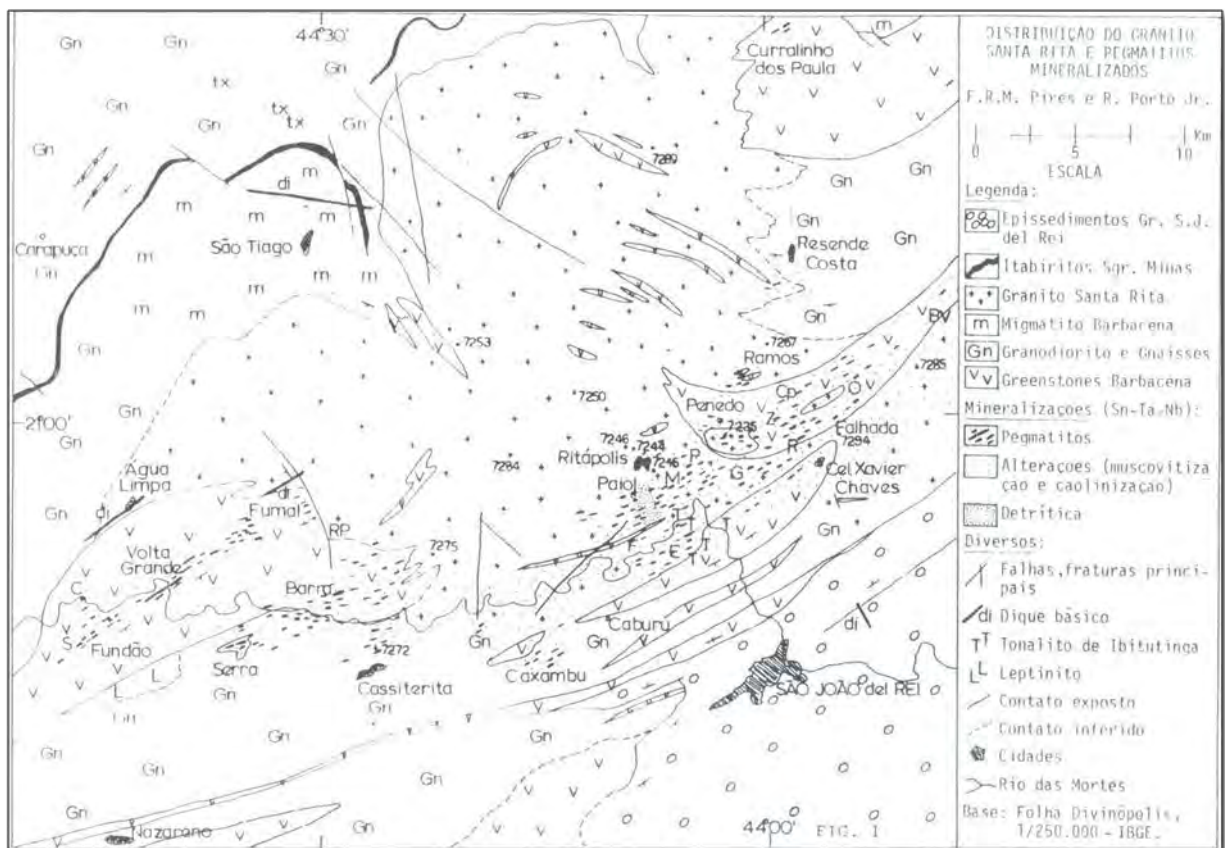


Figura 6 - Mapa geológico de Pires e Porto Jr (1986) na escala 1:250.000.

Quéméneur & Garcia (1993) resolveram designar de gnaiss as rochas aflorantes nas proximidades da cidade de São Tiago. Estas corresponderiam ao ortogneisse granítico São Tiago da presente monografia. De forma semelhante, denominaram de migmatitos e ortogneisses os corpos que foram individualizados como ortogneisse tonalítico Bandeira e ortogneisse trondhjemítico Canoas (Figura 7).

Souza (2007) e Vasques (2007) descreveram um gnaiss fortemente foliado de granulação fina a média e localmente bandado com níveis brancos (compostos por quartzo e feldspato) e cinza claros (por quartzo, feldspato e biotita). Estas rochas corresponderiam ao ortogneisse granítico São Tiago. Propuseram duas possíveis relações entre este corpo e as rochas do *greenstone* que aflora próximo. Na primeira, o *greenstone* corresponderia ao embasamento do ortogneisse granítico São Tiago, enquanto na segunda o “gnaiss bandado” seria mais velho e dessa forma, o embasamento do *greenstone*.

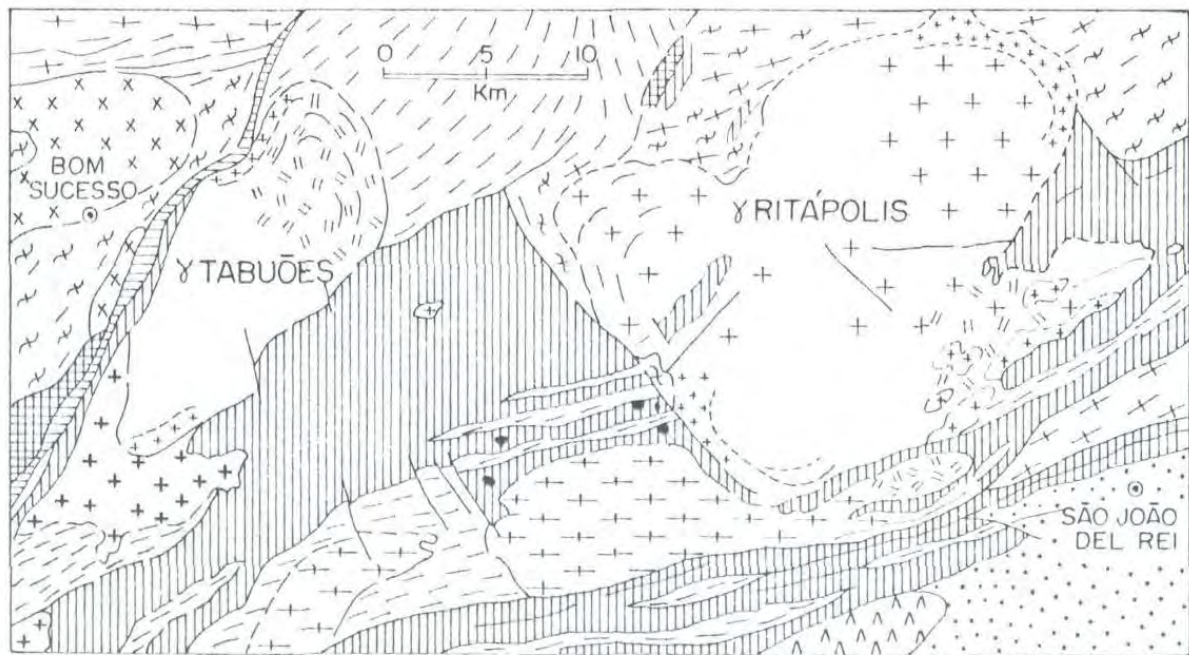
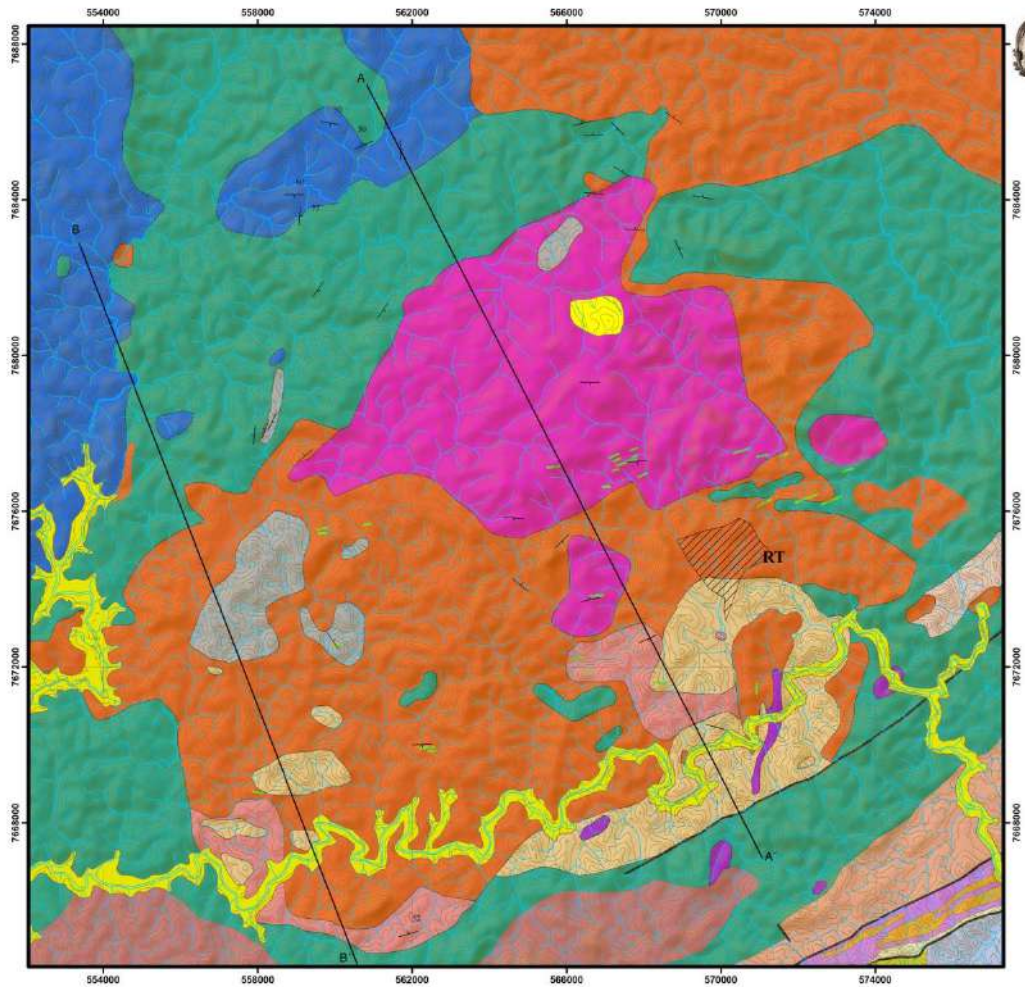


Fig.3- OS MACIÇOS DE TABUÕES E RITÁPOLIS — QUÉMÉNEUR & GARCIA, 1993



Figura 7 – Mapa geológico de Quéméneur & Garcia (1993).

Souza (2009) e Vasques (2009) designaram de “gnaisse São Tiago” um corpo fortemente foliado que apresenta granulação variando de fina a grossa e é constituído por quartzo, biotita, muscovita, feldspato, anfibólio, zircão e allanita. Subdividiram este corpo em quatro diferentes fácies (segundo seu índice de cor, sua granulação e sua deformação), apesar de não diferenciá-las em seus mapas (Figura 8). De acordo com o mapa elaborado na presente monografia, o “gnaisse São Tiago” de Souza (2009) e Vasques (2009) compreende os seguintes corpos: o ortognaisse granítico São Tiago e o ortognaisse trondhjemitico Canoas da presente monografia. Ressalta-se que estes autores não chegaram à área de exposição do ortognaisse tonalítico Bandeira.



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

Dissertação de Mestrado

Evolução petrográfica e geoquímica do granitóide Ritápolis,
borda meridional do Cráton São Francisco

Autor: Alexandre Nascimento de Souza

Orientador: Ciro Alexandre Ávila

Co-orientador: Julio Cesar Mendes

ANEXO I
MAPA GEOLÓGICO

Convenções

- Folição
- Cidades
- Lineamentos

Neógeno

Sedimentos fluviais e coluvionares

Paleo-Meso-Neoproterozóico

Dique de metagabro-metadiabásio

Bacias Proterozóicas

Megassequência Carandai (filitos (metapelitos))

Megassequência São João del Rei (metaconglomerados e quartzitos)



Paleoproterozóico
(Ryaciano)

- Facies Grossa
- Facies Média (2121 +/- 7 Ma)
- Facies Fina
- Ortognaisse São Tiago (2050 +/- 12 Ma)

Granitóide Ritápolis

- Diorito Brumado (2131 +/- 4 Ma)
- Tonalito-trondjhemito Cassiterita (2162 +/- 10 Ma)
- Quartzo-monzodiorito Glória (2188 +/- 29 Ma)
- Gnaisse Granítico Fé (2191 +/- 9 Ma)
- Suite Serrinha (2239 - 2187 Ma)

Arqueano-Paleoproterozóico

Dunitos, piroxenitos, gabros acamadados

Greenstone Belt Rio das Mortes

Filitos, gonditos e quartzitos

Anfibolitos finos a médios

Greenstone Belt Nazareno

Quartzitos

Metaultramáficas, filitos e quartzitos

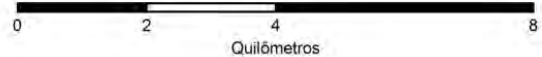


Figura 8 – Mapa geológico confeccionado por Souza (2009) na escala 1:25.000.

7 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

7.1 – INTRODUÇÃO

A forma atual do Cráton São Francisco foi estabelecida a partir do desenvolvimento das faixas marginais neoproterozóicas que o circundam. Segundo Almeida *et al.* (1981), o antecessor do cráton São Francisco foi formado no ciclo Jequié (Neoarqueano) e designado de cráton do Paramirim. No final do Neoarqueano iniciou-se uma tafrogênese com a deposição dos sedimentos da Bacia Minas, que foi seguida por um grande evento de formação de crosta no Riáciano, onde se estabeleceram os Cinturões Mineiro e Bahia Oriental (Teixeira *et al.*, 2000). Durante o Estateriano houve uma nova grande tafrogênese, que gerou riftes no continente Paleoproterozóico, mas não o dividiu, formando apenas novas bacias sedimentares, dentre as quais a bacia do Espinhaço e a bacia de São João del Rei. Durante o Mesoproterozóico a porção sul novamente sofreu um evento tafrogenético, onde foram depositados os sedimentos que formaram a bacia Carandaí (Ribeiro *et al.*, 1995). No Neoproterozóico houve um novo evento tafrogenético na região, relacionado à separação de Rodínea, e no final do Neoproterozóico formou-se Gondwana Oeste (Evento Brasileiro), fazendo com que o cráton se juntasse aos demais terrenos que atualmente compõem a Plataforma Sul-Americana, não se desvincilhando deles até hoje.

7.2 - CRÁTON SÃO FRANCISCO

Segundo Almeida (1977), o Cráton do São Francisco é uma grande unidade tectônica, que foi estabilizada após o término do ciclo Transamazônico e que compreende parte dos estados da Bahia, Minas Gerais, Sergipe, Pernambuco e Goiás. Este cráton está delimitado por regiões que sofreram regeneração relacionada ao ciclo Brasileiro, denominadas de faixas móveis Araçuaí, Brasília, Riacho do Pontal e Sergipana.

A borda meridional do cráton consiste de um núcleo arqueano parcialmente circundado por um cinturão paleoproterozóico, relacionado à Orogênese Transamazônica (Noce *et al.*, 2000). Esta borda é delimitada pelas faixas Brasília (oeste) e Ribeira (leste), tendo ao sul o truncamento de ambas, interpretado como a zona de interferência (Trouw *et al.*, 2000). Esta porção do cráton, situada no estado de Minas Gerais, é representada por um embasamento (Arqueano-Paleoproterozóico), por uma cobertura proterozóica e por uma outra cobertura fanerozóica (ambas pertencentes à bacia de São Francisco). A pequena porção arqueana existente na parte meridional do cráton foi deformada no ciclo Jequié (Neoarqueano). No entanto, eventos posteriores, de idade paleoproterozóica, relacionados ao Ciclo Transamazônico, mascararam, obliteraram e modificaram os padrões geotectônicos do Arqueano (Pedreira *et al.*, 1984).

7.3 - CINTURÃO MINEIRO

O Cinturão Mineiro foi delimitado em mapa por Teixeira & Figueiredo (1991) e por Teixeira *et al.* (1996; 2000). Está restrito ao sul do Cráton São Francisco e é representado por uma pequena faixa NE-SW, envolvendo o Quadrilátero Ferrífero e os terrenos adjacentes a sudoeste, reunindo toda porção do embasamento arqueano exposto ao sul do cráton que sofreu deformação e ação termal no decorrer do Evento Transamazônico (Alkmim, 2004).

Segundo Alkmim (2004), o Cinturão Mineiro compreende um complexo metamórfico basal, as supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas, o Supergrupo Minas, o Grupo Itacolomi e muitos granitóides arqueanos e paleoproterozóicos. Nesse sentido, o seu embasamento corresponderia, para Delgado *et al.* (2003), aos terrenos granitos-*greenstones* consolidados no final do Mesoarqueano.

Em termos gerais, o final do Arqueano e o início do Paleoproterozóico (Sideriano) são marcados por um período de estabilidade, que foi representado pela formação de uma margem passiva, tipificada pelas rochas do Supergrupo Minas (Delgado *et al.*, 2003). Durante o Transamazônico a região sofreu magmatismo, metamorfismo e deformação, tendo como resultado a formação do denominado Cinturão Mineiro (Teixeira, 1985 *apud* Delgado *et al.*, 2003). Segundo Noce *et al.* (2007) e Ávila *et al.* (2010), vários arcos magmáticos foram acrescentados ao paleocontinente São Francisco, sendo que parte dos mesmos estaria exposta como *inliers* ao longo da faixa móvel Ribeira de idade neoproterozóica (Heilbron *et al.*, 2010).

7.4 – GNAISSES ARQUEANOS

Os gnaisses mais antigos encontrados no Cráton São Francisco datam do Paleoarqueano e são as rochas mais antigas do continente sul-americano (Delgado *et al.*, 2003). Estes gnaisses são do tipo TTG e ocorrem em domos, maciços e plútons, localizados no segmento sul do Bloco Gavião, apresentando-se na forma de lascas tectônicas imbricadas em seqüências supracrustais mais recentes (Delgado *et al.*, 2003).

Os complexos gnáissicos mesoarqueanos são suítes ígneas do tipo TTG, que se apresentam (juntamente com os terrenos *greenstone* – **Figura 9**) como blocos crustais de diversos tamanhos e microcontinentes (Delgado *et al.*, 2003). Estes terrenos estão localizados em diversas partes do cráton São Francisco e foram denominados de blocos Quadrilátero Ferrífero, Guanhões e Porteirinha em Minas Gerais e de blocos Paramirim, Guanambi-Correntina, Serrinha e Sobradinho na Bahia (Delgado *et al.*, 2003).

Os blocos crustais arqueanos foram aglutinados durante um processo orogênico paleoproterozóico, que se estendeu entre 2,2 e 2,0 Ma, ocorrendo neste a consolidação do bloco continental São Francisco - Congo que, provavelmente, fazia parte de um extenso

continente paleoproterozóico (Noce *et al.*, 2007). Os complexos Guanhães, Gouveia e Porteirinha são terrenos arqueanos representados por domos gnáissico-migmatíticos de composição TTG (tonalito – trondhjemito - granodiorito), com idades maiores que 2,9 Ga, e associados ao *greenstone belt* Rio das Velhas (Noce *et al.*, 2007).

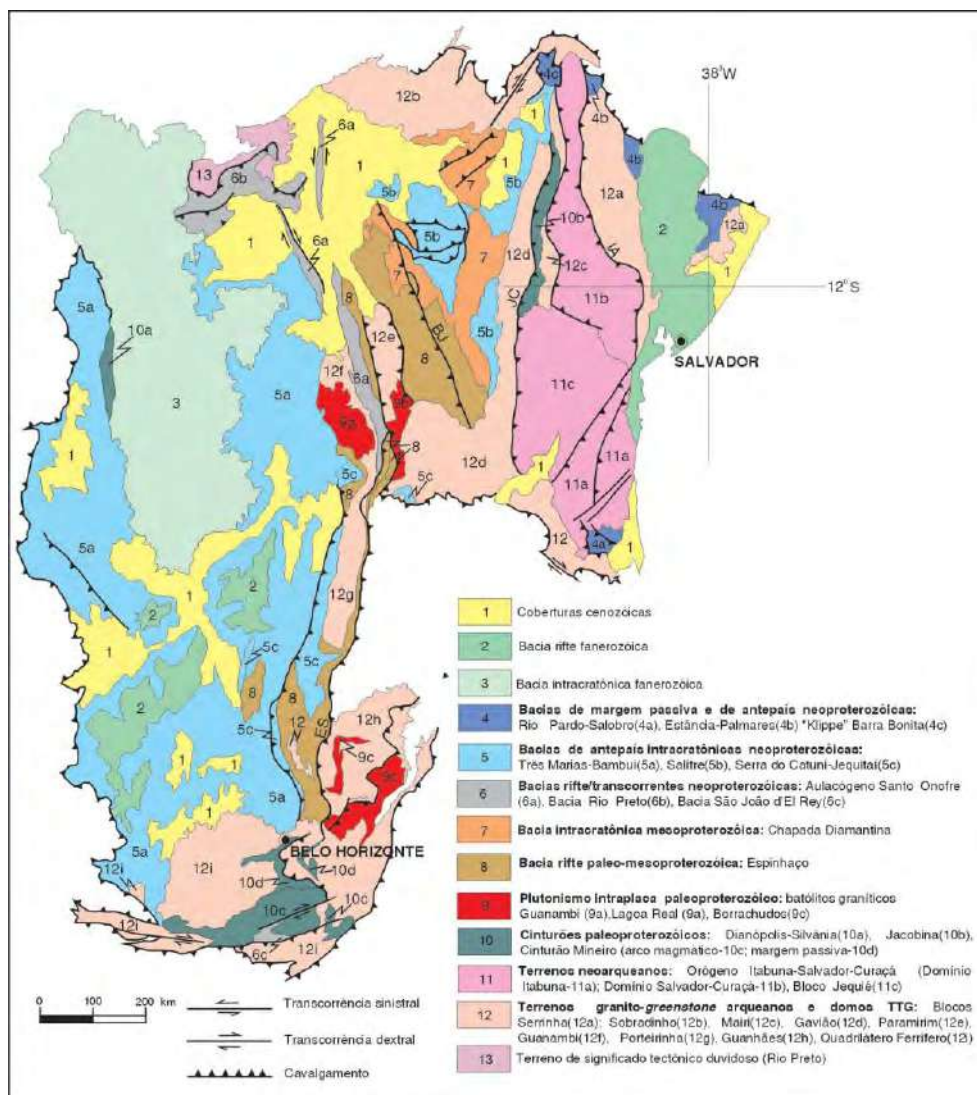


Figura 9 - Domínios tectônicos e principais estruturas da província São Francisco (Delgado *et al.*, 2003).

7.5 – GREENSTONES BELTS

Os *greenstones belts* são muito importantes, pelo aspecto metalogenético, para o Cráton São Francisco e possuem idades variando desde o Arqueano até o Paleoproterozóico. Os *greenstones* mesoarqueanos ocorrem em todos os blocos de mesma idade, fazendo par com complexos granito - gnáissicos e são representados pelos *greenstone belts* Brumado, Guajeru, Ibitira, Ubiraçaba, Uburanas, Riacho do Santana, Fortaleza de Minas, Rio Mata Caval, Piumhi, Serro, Contendas-Mirante e Mundo Novo, sendo os dois últimos com sequências iniciadas no Paleoarqueano (Delgado *et al.*, 2003). Todos estes *greenstones* possuem um fator em comum, que é a presença de suítes de metakomatiitos e metatoleiitos

com intercalações de formações silico-ferro-manganesíferas posicionadas na seção inferior da pilha estratigráfica (Delgado *et al.*, 2003).

No Neoarqueano os *greenstone belts* são formados em retroarcos, associados ao Evento Jequié (Figura 10). São fortes candidatos, ou fazem parte deste contexto, os *greenstone belts* Contendas-Mirante, Itapicuru e Rio Salitre, controlados pelo lineamento Contendas-Jacobina e os *greenstone belts* Licínio de Almeida e Urandí, controlados pelo lineamento Espinhaço (Delgado *et al.*, 2003). Estes *greenstones* se dispõem ao longo de faixas lineares que se comportam como sítios extencionais intracontinentais, limitados por falhas. Eles evoluíram até aberturas oceânicas, possivelmente estreitas, que condicionaram a deposição de espessa pilha vulcanossedimentar (Delgado *et al.*, 2003).

Ao iniciar-se o Paleoproterozóico, temos a tafrogênese Sideriana. Esse regime extencional se estendeu até 2,2 Ga (início do Riáciano) e culminou com uma abertura oceânica (Delgado *et al.*, 2003). No Bloco Serrinha temos o *greenstone belt* Rio Itapicuru, essencialmente constituído por basaltos toleíticos, às vezes apresentando pillow-lavas bem preservadas (Delgado *et al.*, 2003), tornando-se evidência desta abertura oceânica (Figura 10).

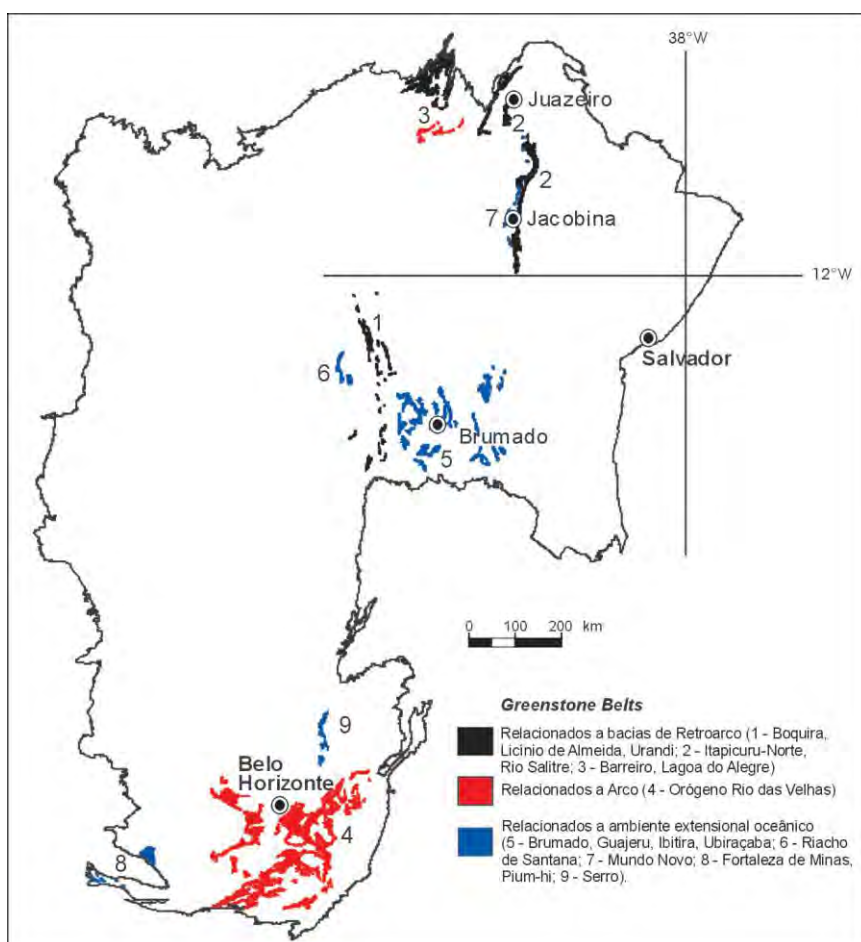


Figura 10 - Distribuição dos *greenstone belts* arqueanos na província São Francisco. (Delgado *et al.*, 2003).

7.6 – GNAISSES PALEOPROTEROZÓICOS

Os corpos gnáissicos paleoproterozóicos corresponderiam segundo Ávila (2000) e Cherman (2004), a antigos granitóides originados por um regime de deformação durante os estágios iniciais da formação do Cinturão Mineiro. Com o processo de maturação deste cinturão e com a colisão e acreção de pequenos arcos magmáticos durante o Paleoproterozóico ao Paleocontinente São Francisco, os antigos granitóides foram deformados e transformados em ortognaisses. Dentre estes corpos destacam-se os ortognaisses Cassiterita, Fé, Itutinga, Itumirim, Resende Costa, Bandeira e Canoas.

7.7 – GRANITOS

Os granitóides existentes no Cráton São Francisco se formaram durante o Neoarqueano, intrudindo suítes TTG mesoarqueanas. No bloco Quadrilátero Ferrífero estes granitóides podem ser divididos em três suítes. A primeira composta por granito, granodiorito e tonalito cálcio-alcalinos e metaluminosos. A segunda suíte é representada por granitóides tipo I peraluminosos. As duas suítes podem ser correlacionadas ao período de acreções e colisões, enquanto a terceira suíte possui plutons e diques de granito cinza, mais jovem, de caráter pós orogênico (Delgado *et al.*, 2003). Durante o Neoarqueano, no Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá, foram geradas intrusões de charnockito, granito, tonalito e monzonito, algumas das quais podendo apresentar evolução paleoproterozóica (Delgado *et al.*, 2003).

Na evolução do Cinturão Mineiro, durante o Paleoproterozóico, houve um intenso retrabalhamento crustal dos antigos núcleos continentais, além da geração de uma quantidade relativamente grande de crosta continental juvenil (Ávila, 2000 *apud* Delgado *et al.*, 2003). Noce *et al.* (2000) propuseram uma divisão em três suítes para os corpos plutônicos do Cinturão Mineiro: granítica; TTG; e gabro-diorítica. A suíte granítica compreende tanto corpos peraluminosos do tipo S altamente diferenciados, como plutons metaluminosos a peraluminosos de alto K, menos diferenciados. Já a suíte TTG é essencialmente cálcio-alcalina, formada, provavelmente, em um ambiente de margem de placa, tipo Andina. Noce *et al.* (2000) sugerem que o modelo de granitogênese seria ligado a falhamentos profundos, no contexto de fase compressiva da Orogenia Transamazônica, e que esta orogenia teria representado um importante episódio de geração de crosta continental. Ávila *et al.* (2010) levaram em consideração um sistema integrado policíclico para a evolução do Cinturão Mineiro durante o Riáciano relacionado com a longa duração de convergência de duas massas arqueanas: São Francisco e Oeste Congo.

O cinturão móvel Bahia Oriental possui intensa granitogênese, iniciada após um pequeno período de estabilidade com o fim do evento Jequié. Este paleocontinente neoarqueano foi submetido a um regime extensional que, no Sideriano, provocou uma

fragmentação cratônica e culminou em uma oceanização (Delgado *et al.*, 2003). Devido a essa zona de instabilidade ocorreram intrusões graníticas (alcalinas a subalcalinas) e de monzonitos shoshoníticos (Delgado *et al.*, 2003). Durante o Evento Transamazônico os segmentos crustais colidiram formando uma importante cadeia montanhosa (Barbosa & Sabaté, 2004). Com a implantação deste orógeno foram registradas diversas manifestações magmáticas, representadas por intrusões graníticas - granodioríticas, de afinidade cálcio-alcalina de médio a alto K (Delgado *et al.*, 2003).

O período Orosiriano envolveu importante magmatismo intraplaca no Cráton São Francisco, devido a uma reação do manto com a formação do supercontinente Atlântica (Delgado *et al.*, 2003). Neste período podemos destacar duas importantes suítes magmáticas: uma cálcio-alcalina de alto K; e outra com afinidade alcalina (Delgado *et al.*, 2003). Além destes, numerosos maciços de granitóides peraluminosos deste período se encontram no bloco Gaviões - Lençóis, alinhados ao longo de descontinuidades estruturais regionais (Delgado *et al.*, 2003).

Durante o Estateriano implantou-se um regime de tafrogênese, marcado por um plutonismo granítico tipo A, por vulcanismo félsico subaéreo (riolitos, traquitos e dacitos) e corpos subvulcânicos de granito granofírico e porfírico. A partir deste evento nenhum magmatismo granítico de grande importância regional foi registrado no cráton São Francisco (Delgado *et al.*, 2003).

7.8 – ROCHAS METASSEDIMENTARES

As rochas metassedimentares na borda meridional do cráton São Francisco são representadas no Neoarqueano por uma sequência vulcano-sedimentar, o Supergrupo Rio das Velhas. Este é dividido em dois grupos: Nova Lima e Maquiné (mais recente). O grupo Nova Lima é composto por uma associação vulcano-sedimentar (Pinto, 1996a *apud* Delgado *et al.*, 2003), enquanto o grupo Maquiné é uma sequência sedimentar terrígena, contendo metaconglomerados, metarenitos e metapelitos, depositados no estágio final de colmatação da bacia (Delgado *et al.*, 2003).

Durante o Sideriano (Paleoproterozóico) inicia-se uma tafrogênese (discutida no item 7.5), que evoluiu até o desenvolvimento de bacias de margem passiva (Alkmim & Marshak, 1998 *apud* Delgado *et al.*, 2003). Essas sequências, após o fechamento do oceano (comentado no item 7.5), são aderidas ao continente e nomeadas como Supergrupo Minas (excluindo Grupo Sabará) e Grupo Itacolomi (Barbosa, 1965; Dalton de Souza *et al.*, 1979 *apud* Delgado *et al.*, 2003).

Após o evento tectono-termal, forma-se uma bacia às margens do orógeno, onde foram depositados os sedimentos que hoje compõem as rochas do Grupo Itacolomi, composto por metaconglomerado, quartzito, metarcóseo, filito e xisto (Delgado *et al.*, 2003). No Estateriano termina o regime transtraccional, e inicia-se um regime extencional (Delgado *et al.*, 2003). Esta tafrogênese foi responsável pela ruptura da crosta continental e pela formação de um sistema de ríftes intracontinentais (Figura 11), sucedido por intrusões e extrusões de rochas félsicas, piroclásticas e vulcanoclásticas, seguidas por sedimentação psamítica em ambiente continental (Delgado *et al.*, 2003). A tafrogênese abriu no território brasileiro diversos sistemas de ríftes, localmente expandidos, formando bacias onde se depositaram os sedimentos que hoje formam as rochas do Supergrupo Espinhaço (Brito Neves, 2002 *apud* Delgado *et al.*, 2003).

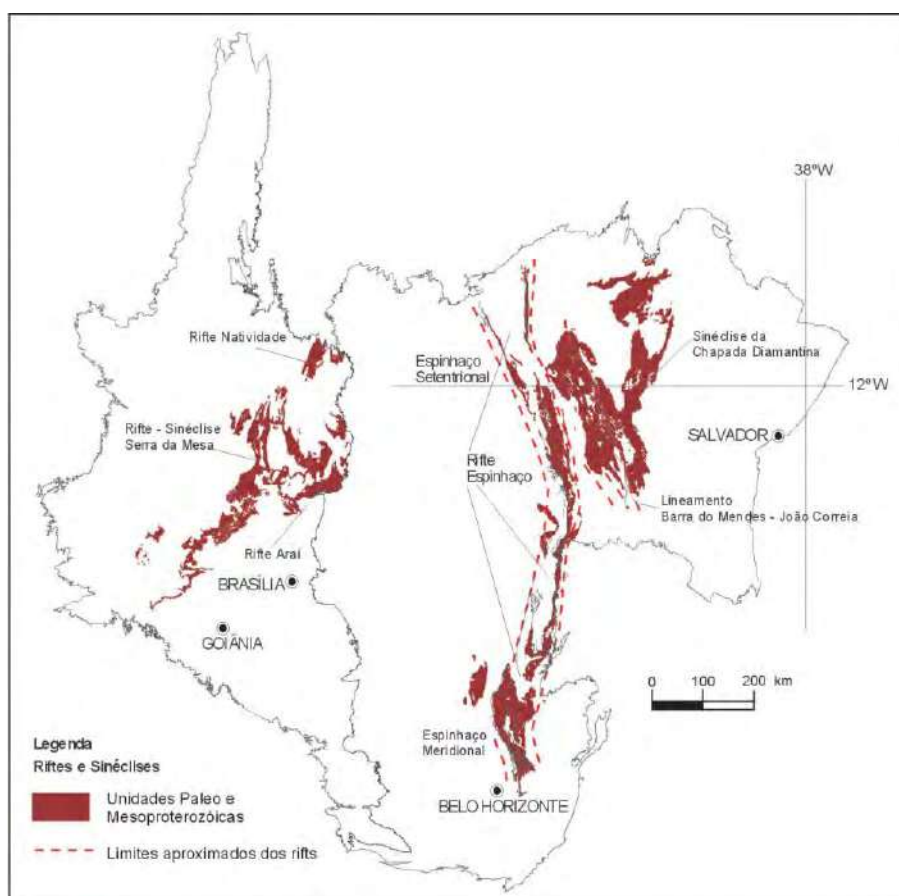


Figura 11 - Ríftes e sinéclises paleo- mesoproterozóicos das províncias São Francisco e Tocantins. (Delgado *et al.*, 2003).

7.9 – MEGASSEQUÊNCIAS SÃO JOÃO, CARANDAÍ E ANDRELÂNDIA

No limite sul do cráton São Francisco, sobre o embasamento Arqueano - Paleoproterozóico, se desenvolveram as bacias sedimentares continentais paleo - mesoproterozóicas São João Del Rei e Carandaí e uma bacia de margem passiva neoproterozóica, a Bacia Andrelândia (Ribeiro *et al.*, 1995).

A Bacia São João Del Rei foi gerada por extensão e adelgaçamento crustal (Ribeiro *et al.*, 1995). Inicialmente houve uma invasão de um mar plataformal raso sobre o embasamento, que originou as sucessões quartzíticas (Ribeiro *et al.*, 1990 *apud* Ribeiro *et al.*, 1995). Subseqüente a essa deposição foi implementado um sistema deposicional fluvial entrelaçado distal, que foi gradualmente substituído por facies proximais, com freqüentes conglomerados (Ribeiro *et al.*, 1995).

Uma depressão propiciou uma nova e rápida invasão marinha e a parcial redeposição dos detritos produzidos pelos processos de erosão subaérea (Ribeiro *et al.*, 1995). Estes depósitos formaram a sucessão correspondente ao Ciclo Depositional Carandaí, que apresenta-se pouco deformado e com baixo grau de metamorfismo (Ribeiro *et al.*, 1995). A sedimentação tranqüila e a ausência de atividades ígneas associadas mostram que a evolução da Bacia Carandaí aconteceu durante um período de estabilidade tectônica (Ribeiro *et al.*, 1995).

A reativação das falhas que antes deram origem aos sistemas fluviais na bacia São João Del Rei e ao graben Carandaí provocaram novo soerguimento do embasamento ao sul das antigas bacias (Ribeiro *et al.*, 1995). Aconteceram então novos processos de erosão do embasamento e o primeiro ciclo deposicional da bacia Andrelândia, representado por paragnaises basais (Ribeiro *et al.*, 1995). Sobre essa sequência há sequências de quartzitos, paragnaises e xistos, interpretados como resultado de avanços do mar raso plataformal sobre os sedimentos anteriormente depositados, relacionado a um trato de sistema transgressivo. Segundo Ribeiro *et al.* (1995), essas sequências participaram de sucessivos episódios de deformação e metamorfismo brasileiros, que podem ter relação com a faixa móvel Ribeira.

8 – GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA

8.1 – INTRODUÇÃO

A evolução geológica da área estudada foi bastante complexa, envolvendo unidades arqueanas e paleoproterozoicas, onde as unidades paleoproterozóicas estão relacionadas a um conjunto de arcos magmáticos que foram reunidos sob a designação de Cinturão Mineiro. As rochas estudadas foram divididas em sete conjuntos (**Anexo I – Mapa geológico**), representados por:

- 1 – Sequência *greenstone belt*: representada por rochas metaultramáficas, metamáficas e metassedimentares, bem como por gnaisses e epidiositos;
- 2 – Ortognaisse granítico São Tiago e pegmatitos: representado por um grande corpo gnáissico com diversos litótipos associados, bem como pegmatitos, cujas idades correspondem a 2701 ± 38 Ma (leucossoma) e 2667 ± 43 Ma (mesossoma) (Toledo *et al.*, 2010) ou a 2050 ± 12 Ma (Silva *et al.*, 2002);
- 3 – Sequência metassedimentar: representada por BIFs, gonditos, quartzo xistos e quartzitos, que devido à idade máxima de deposição de cerca de 2,4 Ga dos BIFs (Teixeira *et al.*, 2011) foi correlacionada ao Supergrupo Minas;
- 4 – Ortognaises tonalíticos Bandeira e Serra e ortognaisse trondhjemítico Canoas (com pegmatitos associados): corpos compostos por feldspato e quartzo, onde a biotita pode alcançar até cerca de 15% nos gnaisses tonalíticos e <10% no gnaisse trondhjemítico. Estes corpos não haviam sido individualizados anteriormente nos trabalhos regionais e o ortognaisse tonalítico Bandeira é intrusivo nas rochas anfibolíticas da sequência *greenstone belt*, bem como pegmatitos correlacionados ao mesmo cortam as BIFs;
- 5 - Rochas metafélsicas: são representadas por um metandesito que aflora unicamente no ponto ST-190;
- 6 – Granitóides e pegmatitos: rochas compostas por feldspato, quartzo e rara biotita, que não apresentam foliação aparente. São intrusivas na sequência *greenstone belt* e no ortognaisse trondhjemítico Canoas;
- 7 – Diques noríticos: envolve dois afloramentos que podem corresponder a único corpo, que é intrusivo no ortognaisse tonalítico Serra;
- 8 – Diques de metadiabásio e diabásio: sob essa designação foram reunidos pelo menos seis corpos intrusivos tabulares distintos (metadiabásios e diabásio). O dique de metadiabásio é intrusivo no ortognaisse granítico São Tiago, enquanto que os de diabásio cortam as rochas da sequência *greenstone belt*, do ortognaisse granítico São Tiago, da sequência metassedimentar (quartzitos) e o ortognaisse tonalítico Bandeira.

Rochas pertencentes à sequência *greenstone belt* afloram por toda a porção central da área estudada (**Anexo I – Mapa geológico**) e reúnem uma série de tipos litológicos distintos, incluindo rochas metaultramáficas (serpentinito, talco xisto, cloritito, anfibolititos e metapiroxenito), metamáficas (anfibolito), metassedimentares (filitos e xistos granadíferos) e gnaisses (bandado e homogêneo). Porém esses litótipos não foram individualizados em mapa, com exceção de dois corpos (um contínuo e outro descontínuo) de rochas metaultramáficas de direção geral NNE – SSW.

O corpo denominado na presente monografia de ortognaisse granítico São Tiago foi anteriormente descrito em diversos trabalhos (Quéméneur & Baraud, 1982 e 1983; Pires & Porto Jr, 1986; Quéméneur & Garcia, 1993), porém, em nenhum deles, sua cartografia geológica e seus limites em relação ao granitóide Ritápolis haviam sido bem definidos (**Anexo I – Mapa geológico**), bem como o mesmo não foi individualizado dos demais corpos gnáissicos mais novos;

Posicionados estratigraficamente sobre as rochas do *greenstone belt*, ocorrem litótipos metassedimentares representados por quartzitos, xistos, gonditos e BIFs, os quais afloram próximo ao contato com o ortognaisse granítico São Tiago (**Anexo I – Mapa geológico**). Cabe destacar que esses corpos ainda não haviam sido individualizados nos estudos anteriormente realizados na região (**Anexo I – Mapa geológico**), bem como corpos pegmatíticos associados aos mesmos cortam as rochas da sequência metassedimentar (BIFs e quartzitos)

Em relação aos ortognaisses Canoas, Bandeira e Serra, caracterizou-se que os mesmos apresentam variações tanto em campo, quanto petrográficas, onde o ortognaisse Canoas apresenta composição tonalítica, porém com índice de cor inferior a 10, enquanto os ortognaisses Bandeira e Serra apresentam índice de cor entre 10 e 15. Cabe destacar que estes corpos ainda não haviam sido individualizados nos estudos anteriormente realizados na região (**Anexo I – Mapa geológico**), bem como corpos pegmatíticos associados ao ortognaisse tonalítico Bandeira cortam as rochas da sequência metassedimentar (BIFs e quartzitos)

Diques do granitóide Ritápolis afloram em pequenos corpos circulares por vezes alongados de até 2 quilômetros de diâmetro (**Anexo I – Mapa geológico**) e cortam a sequência *greenstone belt* e os ortognaisses. Apresentam composição monzogranítica a sienogranítica, variam de hololeucocráticos a leucocráticos (IC: 5-15) e são compostos por quartzo, microclina, plagioclásio (oligoclásio) e biotita₁, enquanto os minerais acessórios são representados por allanita, zircão, apatita e minerais opacos e os secundários por sericita, biotita₂, epidoto₂, clorita e moscovita. Corpos pegmatíticos associados a este granitóide cortam as rochas da sequência *greenstone belt*, bem como os ortognaisses São Tiago e Canoas.

Por fim, diques de diabásio e norito ocorrem na área, com direções principais NW – SE e NE – SW, com espessuras variando desde pouco mais de 1 metro, até algumas dezenas de metros (Anexo I – Mapa geológico). Estes são facilmente visualizados nas imagens de aeromagnetometria feitas pela CODEMIG (Figura 12).

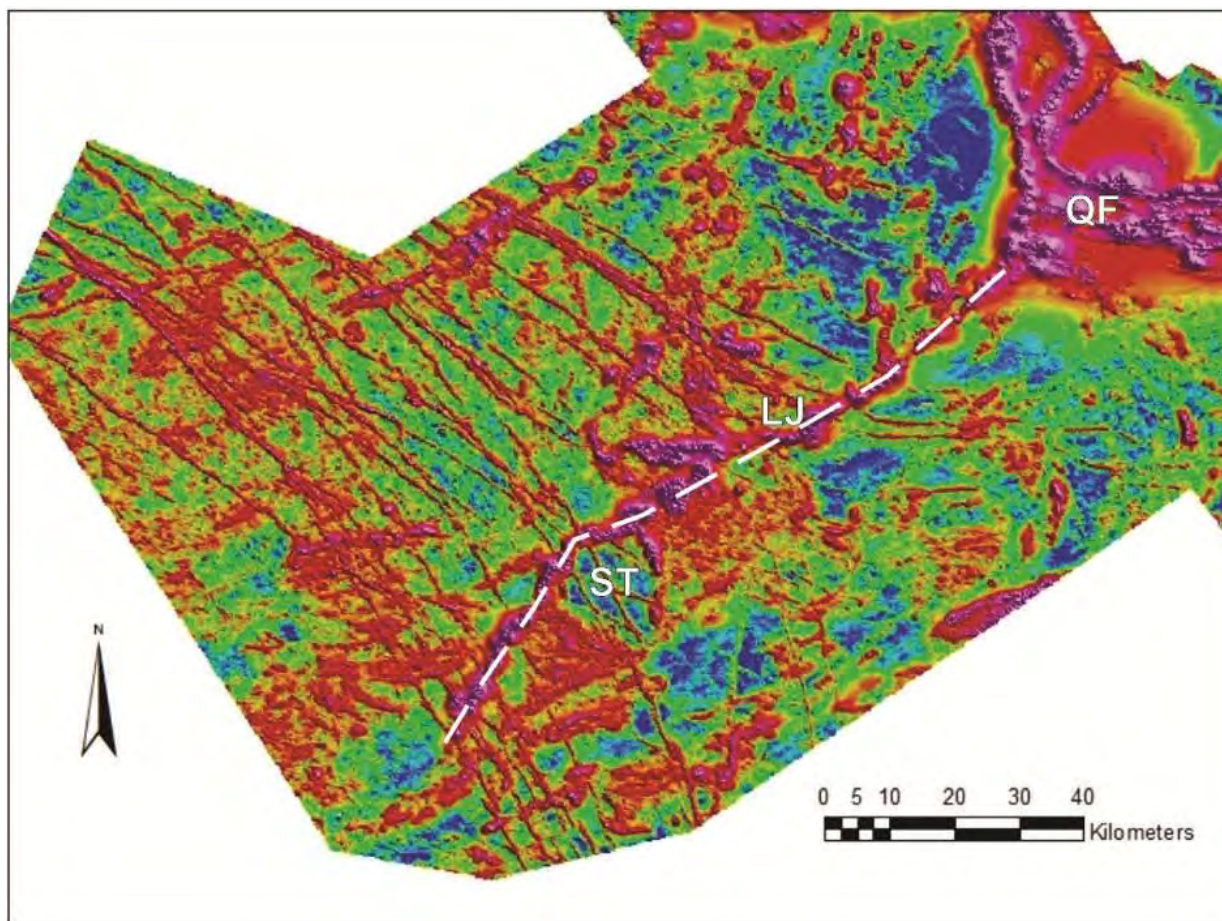


Figura 12: Imagem de aeromagnetometria gerada a partir do levantamento aerogeofísico da CODEMIG (2000) destacando a área estudada. ST – Ortognaisse granítico São Tiago. LJ – Lineamento Jeceaba. QF – Quadrilátero Ferrífero.

8.2 – SEQUÊNCIA *GREENSTONE BELT*

A sequência *greenstone belt* estudada é composta por diversos tipos litológicos, dentre os quais se destacam rochas metaultramáficas, metamáficas, metassedimentares e os hidrotermalitos que foram gerados a partir da alteração hidrotermal de rochas da sequência *greenstone*.

8.2.1 – Rochas metaultramáficas

As rochas metaultramáficas são representadas por serpentinitos, talco-xistos, clorititos e anfibolititos e foram reunidas em mapa com os demais litótipos do *greenstone*. Porém dois corpos de rochas metaultramáficas foram individualizados em mapa sob forma de faixas alongadas com *strike* NNE-SSW (Anexo I – Mapa geológico). As rochas metaultramáficas ocorrem tanto em blocos frescos *in situ*, quanto em blocos parcialmente alterados ou em saprólitos. Nos blocos frescos foi possível se caracterizar a presença de acamamento primário preservado (Figura 13).

Os serpentinitos apresentam coloração variando de verde oliva a cinza (Figura 14), são compostos predominantemente por serpentinita e podem apresentar talco, o que deixa a rocha sedosa ao toque.



Figura 13 - Bloco de rocha metaultramáfica “*in situ*” apresentando acamamento primário (Ponto ST-124).

Os talco xistos possuem estrutura xistosa e são compostos essencialmente por talco, com esse mineral evidenciando a xistosidade da rocha. Os clorititos são rochas compostas basicamente por minerais do grupo da clorita e foram encontrados sempre muito alterados (Figura 15).

Os anfibolititos são rochas compostas por mais de 90% de anfibólio (correspondem a antigos piroxenitos), que foram modificados por processos metamórficos/hidrotermais onde todo o piroxênio foi transformado em anfibólio. Na região foram encontrados dois tipos desta rocha: um composto essencialmente por hornblenda e o outro composto essencialmente por actinolita.



Figura 14 – Bloco “*in situ*” de serpentinito fresco com cor desde esverdeada até cinza (Ponto ST-139).



Figura 15 - Blocos de cloritito fortemente alterado intempericamente (Ponto ST-166).

8.2.2 – Rochas metamáficas

Assim como as rochas metaultramáficas, os litótipos metamáficos estão associados à sequência *greenstone belt* estudada (Anexo I – Mapa geológico). Estes ocorrem normalmente em blocos alterados ou em saprólitos (Figura 16), o que dificulta o estudo dos mesmos, bem como a obtenção de medidas de foliação e a individualização em mapa. Essas rochas foram

metamorfisadas na facies anfibolito e são compostas principalmente por hornblenda e plagioclásio.



Figura 16 - Saprólito amarronzado de rocha metamáfica muito alterada (Ponto ST-201).

8.2.3 – Rochas metassedimentares

O *greenstone belt* também é composto por uma unidade metassedimentar que pode variar em composição desde xistos até filitos, incluindo gnaisses. Essas rochas ocorrem principalmente em forma de blocos (Figura 17) ou em raros afloramentos, predominando as exposições em saprólitos.



Figura 17 - Amostra de gnaisse associado à unidade metassedimentar do *greenstone belt* (Ponto ST-122).

Os gnaisses possuem foliação marcante e são compostos por quartzo, feldspato e biotita enquanto os xistos são encontrados muito alterados, sendo compostos por mica, feldspato e quartzo.

Os filitos estão muito alterados e ocorrem normalmente em afloramentos de beira de estrada (Figura 18). Estas rochas possuem foliação bem marcada, coloração de alteração que varia de rósea a arroxeadada e ocorrem como xenólitos no ortognaisse tonalítico Bandeira (Figura 19).



Figura 18 – Bloco “*in situ*” de um filito arroxeadado muito alterado no leito da estrada (Ponto ST-191).



Figura 19 - Xenólito de filito no ortognaisse tonalítico Bandeira (Ponto ST-238).

8.2.4 – Rochas formadas por hidrotermalismo

Foram encontrados em alguns pontos da região fragmentos de uma rocha denominada de epidósito devido à mesma ser composta, quase que exclusivamente, por minerais da

família do epidoto, juntamente com quartzo e/ou minerais máficos (Figuras 20 e 21). Esta rocha foi formada pela alteração hidrotermal de outras rochas do *greenstone belt* e seu protólito permanece como uma incógnita, mas pode envolver mais de um tipo litológico.



Figura 20 - Amostra de epidoto com coloração fortemente esverdeada.



Figura 21 - Epidoto alterado, onde se destaca a presença de quartzo (Ponto ST-438).

8.3 – ORTOGNASSE GRANÍTICO SÃO TIAGO

O ortognaisse granítico São Tiago é um corpo muito citado na geologia da região (Quéméneur & Baraud, 1983; Pires & Porto Jr., 1986; Quéméneur & Garcia, 1993), porém raros dados descritivos sobre o mesmo podem ser encontrados. Neste sentido, Quéméneur & Baraud (1982) reuniram sob a designação de batólito São Tiago diversos corpos graníticos (plutons Ritápolis, Cassiterita e Tabuões), que afloram no entorno da cidade de São Tiago. Porém no presente trabalho, bem como na monografia de Stohler (2011) optou-se pela utilização de ortognaisse granítico São Tiago para denominar as rochas gnáissicas que afloram na cidade de São Tiago, bem como no entorno da mesma, separando-as dos ortognaises tonalítico Bandeira e Serra e do ortognaisse trondhjemitico Canoas, bem como daquelas do granitóide Ritápolis. Porém, mesmo após seu desmembramento, o ortognaisse granítico São Tiago continua com dimensões batolíticas, cuja borda leste está em contato por falhas com o *greenstone belt* da área estudada (Anexo I – Mapa geológico).

Os últimos dados geocronológicos deste corpo revelam idades de 2667 ± 43 Ma para mesossoma e 2701 ± 38 Ma para leucossoma (Toledo *et al.*, 2010), enquanto Silva *et al.* (2002) obtiveram idade de 2050 ± 12 Ma para rochas da sua borda leste.

8.3.1 – Aspectos de campo

O ortognaisse granítico São Tiago compreende pelo menos três tipos diferentes de rochas: *i*) gnaisse bandado; *ii*) veios félsicos hololeucocráticos; e *iii*) veios pegmatíticos hololeucocráticos. Destaca-se que estes três litótipos encontram-se intimamente relacionados e que por terem sido deformados conjuntamente, apresentam aspecto migmatítico (Figura 22). Neste contexto propõe-se que a estrutura migmatítica do corpo em questão estaria associada à intrusão de fases graníticas e pegmatíticas tardias, devido a ausência de um possível melanossoma. Estas fases tardias truncam a foliação pré-existente no gnaisse e todo o conjunto (incluindo o gnaisse) foi deformado e dobrado.

O ortognaisse granítico São Tiago ocorre em lajedos, grandes blocos *in situ*, cortes de estrada e saprólitos, sendo possível de se observar seu bandamento característico e o truncamento do mesmo por fases graníticas e pegmatíticas tardias. O gnaisse é representado por bandas félsicas e máficas com marcante foliação anostomosada e granulação média (Figura 23), onde as bandas félsicas são leucocráticas, graníticas e compostas por quartzo, feldspato e rara biotita, enquanto as bandas máficas são mesocráticas, granodioríticas e mais enriquecidas em biotita (Figura 24). Destaca-se que tanto as bandas máficas, quanto as félsicas são cortadas pelos veios félsicos hololeucocráticos e pelos veios pegmatíticos hololeucocráticos (Figura 23).



Figura 22 – Afloramento de ortogneisse granítico São Tiago evidenciando seu aspecto migmatítico (Ponto ST-65).

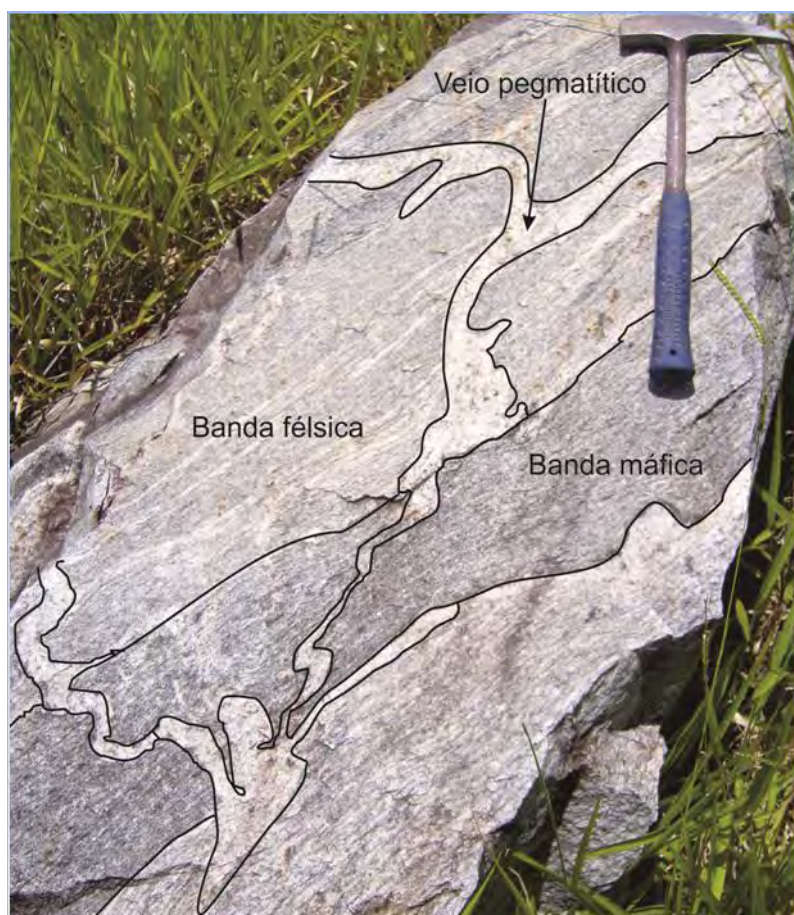


Figura 23 - Bloco do ortogneisse granítico São Tiago mostrando a presença do litótipo bandado (banda félsica e banda máfica) e do veio pegmatítico hololeucocrático cortando tanto as banda máfica, quanto a banda félsica (Ponto ST-03).



Figura 24 - Saprólito do ortognaisse granítico São Tiago onde se destaca a presença das bandas máficas e félsicas (Ponto ST-05).

Os veios félsicos hololeucocráticos (**Figura 25**) apresentam granulação média, composição granítica, foliação metamórfica dada pela orientação dos grãos de quartzo e feldspato e são compostos por quartzo e feldspato (com rara biotita). Os veios pegmatíticos hololeucocráticos (**Figura 23**) apresentam granulação variando de média a muito grossa, composição granítica e também estão foliados.

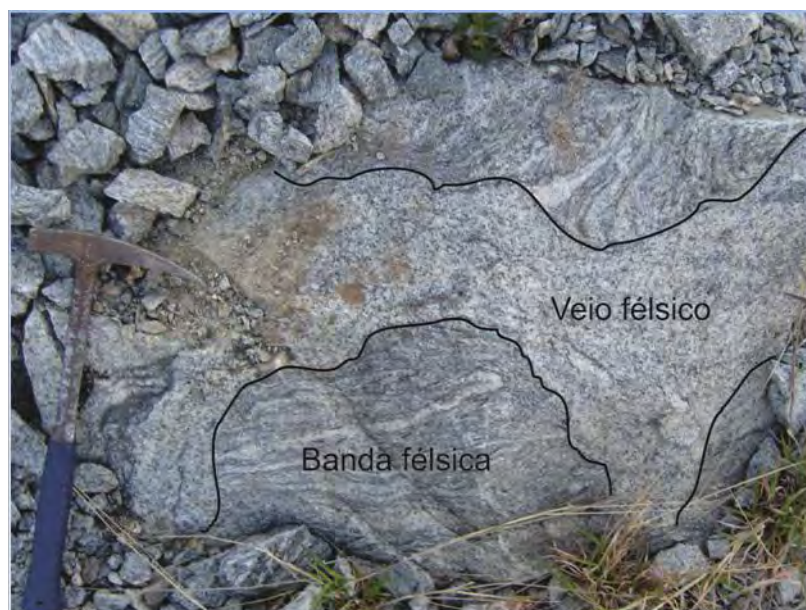


Figura 25 – Ortognaisse granítico São Tiago mostrando sua parte bandada, sendo cortada por um veio félsico hololeucocrático (ST-65).

8.4 – SEQUÊNCIA METASSEDIMENTAR

A sequência metassedimentar é composta por BIFs, gonditos, xistos granadíferos e quartzitos, se posicionando estratigraficamente sobre a sequência *greenstone belt*, caracterizando-a como mais nova. Em termos gerais, a sequência metassedimentar pode ser subdividida em rochas de origem química e rochas de origem clástica.

8.4.1 – Rochas de origem química

Duas rochas formadas por precipitação química estão presentes na área estudada e correspondem aos gonditos e as formações ferríferas bandadas (BIFs), rochas estas com grande importância econômica, pois em 2009 a companhia Vale do Rio Doce fez dois furos na região, com o propósito de possivelmente alcançar as camadas manganésíferas (Figura 26).



Figura 26 - Furo de sondagem da companhia Vale do Rio Doce localizado nas coordenadas 0554016/7689962 (Ponto ST-164).

O gondito é uma rocha quartzo-espersatítica formada pelo metamorfismo de sedimentos manganésíferos (Ferreira, 1980), encontrando-se na área sempre fortemente alterada, sendo desta forma composta quase que exclusivamente por pirolusita e psilomelana (Figura 27).

Os BIFs da região são representados por precipitados químicos com estrutura acamadada, intercalando níveis essencialmente quartzosos com níveis compostos por óxido de ferro (magnetita/martita e hematita). Devido a esta composição podemos classificar os BIFs como da facies óxido (Figura 28). São encontrados alterados em cortes das estradas secundárias, normalmente associado ao pacote metassedimentar e aos gondito. Em termos estratigráficos o BIF é cortado por pegmatitos (Figura 29), que podem estar correlacionados tanto ao ortognaisse tonalítico Bandeira, quanto ao granitóide Ritápolis.



Figura 27 – Afloramento em corte de estrada mostrando o gndito alterado intempéricamente com a substituição da granada manganésífera por pirolusita/psilomelana (Ponto ST-174).



Figura 28 - Detalhe dos níveis de quartzo e dos níveis de óxido de ferro no BIF (Ponto ST-152).



Figura 29 - Pegmatito cortando o BIF em corte de estrada (Ponto ST-152).

8.4.2 – Rochas de origem clástica

Neste conjunto foram reunidos quartzitos, quartzo xistos, mica quartzitos e xistos quartzosos que ocorrem na serra Bandeira (melhores exposições), bem como um xisto granadífero. Essas rochas foram deformadas em pelo menos duas fases, onde a primeira gerou a xistosidade e a segunda, uma crenulação (Figura 30). Os xistos granadíferos são compostos por mica, feldspato e granada (Figura 31), sendo encontrados como blocos fortemente alterados ou saprólitos.



Figura 30 - Afloramento de mica quartzito com acamamento dobrado pela segunda fase de deformação (Ponto ST-151).



Figura 31 – Bloco alterado de xisto granadífero, onde se destaca a presença de grãos de granada com até 1cm de tamanho (Ponto ST-165).

8.5 – ORTOGNAISSE TONALÍTICO SERRA

O ortogneisse tonalítico Serra foi inicialmente interpretado como parte do ortogneisse granítico São Tiago por apresentar, em campo, feições similares a este corpo. Porém os estudos petrográficos apontaram para a presença de diferenças marcantes entre estes, ocasionando durante, o estudo, a individualização do mesmo (Anexo I – Mapa geológico).

8.5.1 – Aspectos de campo

Este corpo possui pequenas dimensões, mas seus principais afloramentos são formados por grandes lajedos, seja na encosta de morros (Figura 32) ou nas margens das drenagens. O ortogneisse tonalítico Serra apresenta aspecto gnáissico, encontra-se deformado (possui pelo menos duas fases de deformação), onde as dobras da primeira fase são apertadas e estão redobradas por dobras abertas da segunda fase (Figura 33). Sua composição é essencialmente granítica, estando representada por quartzo, feldspato e biotita.

O ortogneisse tonalítico Serra é cortado por pequenos veios félsicos (podem estar relacionados ao início de uma fase de anatexia do mesmo), por pegmatitos e por veios de quartzo (Figura 34). Os grãos de feldspato perderam sua forma primária tabular e estão com bordas arredondadas, típica feição associada à deformação, assim como o quartzo nos veios está orientado segundo a direção da foliação.



Figura 32 - Lajedo do ortogneisse tonalítico Serra em encosta de morro (Ponto ST-173).

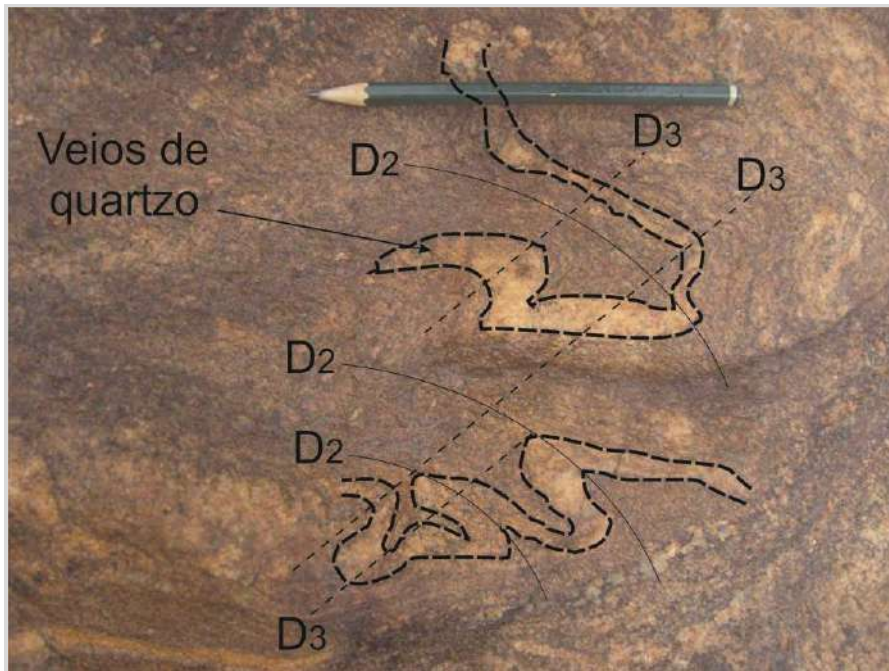


Figura 33 - Ortognaisse tonalítico Serra fortemente deformado onde é possível de se observar a presença de duas fases de deformação (Ponto ST-173).



Figura 34 – Ortognaisse tonalítico Serra com veios de quartzo alongados segundo a direção da foliação (Ponto ST-172).

8.6 – ORTOGNAISSE TONALÍTICO BANDEIRA

O ortogneisse tonalítico Bandeira recebeu essa designação por ser uma rocha quartzo-feldspática homogênea (granitóide), estar deformado com o desenvolvimento de uma foliação penetrativa, ter composição petrográfica tonalítica, apresentar xenólitos de rochas máficas correlacionadas à sequência encaixante e por aflorar próximo à serra Bandeira, ponto geográfico da região. Em mapa, este corpo possui formato irregular e está em contato com as rochas da sequência *greenstone belt* (Anexo I – Mapa geológico).

8.6.1 – Aspectos de campo

O ortogneisse tonalítico Bandeira é constituído principalmente por quartzo, plagioclásio e biotita, tendo, como acessórios, hornblenda, pirita e epidoto e possui composição tonalítica. Seus principais minerais estão orientados segundo a foliação metamórfica (*strick* geral NNE-SSW, com mergulho variando de 20° a sub-vertical), que está dobrada conforme pode ser observado na Figura 35 conjuntamente com um pegmatito.



Figura 35 - Ortogneisse tonalítico Bandeira com foliação metamórfica dobrada juntamente com um pegmatito (ponto ST-136).

Este corpo aflora em grandes lajedos (Figura 36), mas também pode ser encontrado em blocos *in situ* e, mais comumente, em cortes bastante alterados, porém com estruturação e feições reliquias preservadas, que foram designados de saprólitos. O ortogneisse tonalítico Bandeira possui diversos xenólitos de rochas esverdeadas, com granulação muito fina que, provavelmente, correspondem a um litótipo máfico do *greenstone* (Figura 37). A forma subarredondada do xenólito indica que o mesmo foi parcialmente absorvido pelo magma durante a cristalização do protólito do ortogneisse, que corresponde a um tonalito.



Figura 36 - Lajedo formando uma cachoeira no ortognaisse tonalítico Bandeira (ponto ST-217).



Figura 37 - Xenólito de rocha máfica no ortognaisse tonalítico Bandeira (ponto ST-197).

8.6.2 – Petrografia

O ortognaisse tonalítico Bandeira é composto por quartzo, plagioclásio, biotita e hornblenda (**Tabela 5**), apresenta hornblenda, zircão, apatita, allanita e minerais opacos como acessórios e sua composição modal plota no diagrama QAP (Streckeisen, 1976) no campo dos tonalitos/trondhjemitos (**Figura 38**). No entanto podemos indicar que trata-se de um tonalito, pois seu índice de cor varia entre 8 e 15 (**Figura 39**), que segundo Barker (1979) impossibilita que o mesmo seja classificado como trondhjemito, pois este teria que apresentar índice de cor inferior a 10. Sua textura é granonematoblástica (**Figura 40**), apresentando porções com granulação fina, outras com granulação média e algumas na transição entre ambas.

Tabela 5 – Análise modal das lâminas estudadas do ortogneisse tonalítico Bandeira.

BANDEIRA	Plagioclásio	Microclina	Quartzo	Biotita	Hornblenda	secundários e acessórios
ST-136a	60%	0%	26%	10%	0%	4%
ST-186a	60%	0%	22%	12%	1%	5%
ST-186b	58%	0%	23%	13%	2%	4%
ST-187	61%	0%	30%	8%	1%	0%
ST-195	48%	0%	33%	7%	0%	12%
ST-197	65%	0%	20%	10%	0%	5%
ST-199a	58%	0%	30%	7%	0%	5%
ST-200	61%	0%	25%	4%	0%	10%
ST-206a	61%	0%	19%	13%	2%	5%
ST-207b	62%	0%	23%	10%	0%	5%
ST-224b	65%	0%	20%	10%	1%	4%
ST-224c	66%	0%	30%	2%	0%	2%
ST-230b	58%	0%	30%	7%	0%	5%
ST-203b1	58%	0%	30%	6%	1%	5%
ST-237a	60%	0%	25%	7%	0%	8%
ST-242a	60%	0%	28%	7%	1%	4%

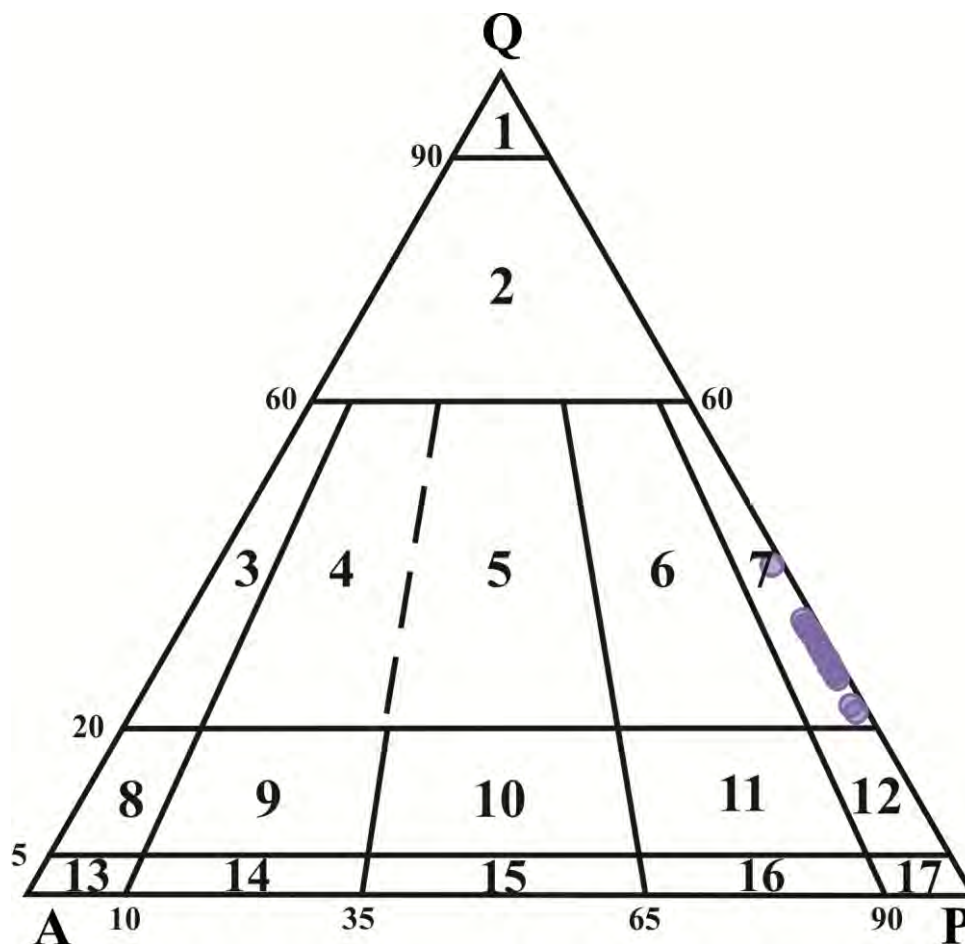


Figura 38 - Plotagem da análise modal das lâminas do ortogneisse tonalítico Bandeira. 1 - Quartzolito. 2 - Granitóide rico em quartzo. 3 - Alkali-feldspato granito. 4 - Sienogranito. 5 - Monzogranito. 6 - Granodiorito. 7 - Tonalito-trondhjemitito. 8 - Quartzo alcali-feldspato sienito. 9 - Quartzo sienito. 10 - Quartzo monzonito. 11 - Quartzo monzodiorito ou quartzo monzogabro. 12 - Quartzo diorito ou quartzo gabro. 13 - Alkali-feldspato sienito. 14 - Sienito. 15. Quartzo monzonito. 16 - Monzodiorito ou monzogabro. 17 - Diorito ou gabro.

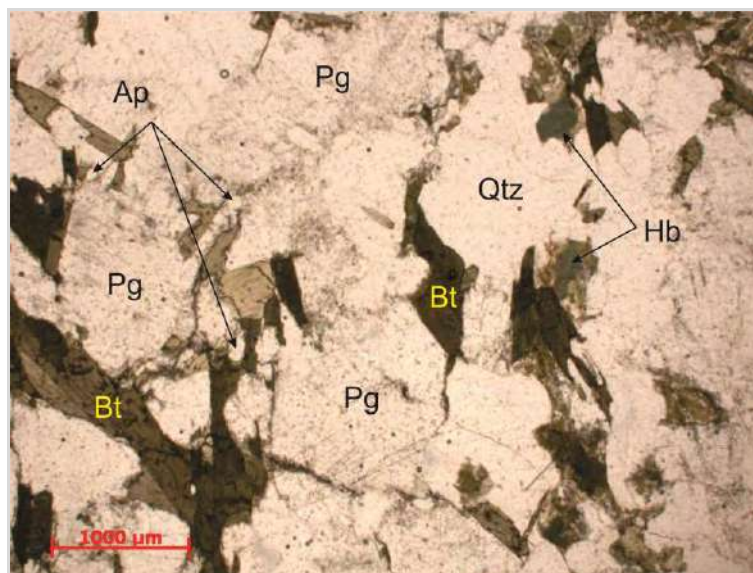


Figura 39 - Lâmina do ortogneisse tonalítico Bandeira mostrando índice de cor que caracteriza o referido corpo como leucocrático (Ponto ST-206a). Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita; Hb = hornblenda; Ap = apatita.

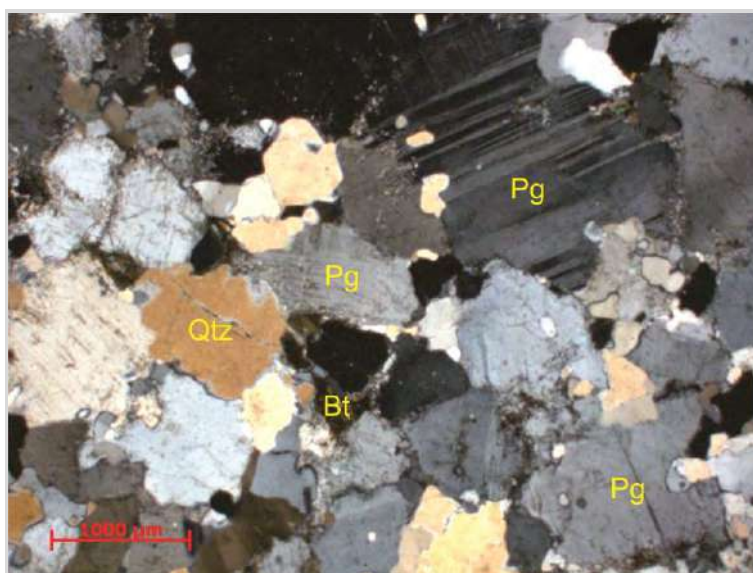


Figura 40 - Textura granonematoblástica do ortogneisse tonalítico Bandeira (ponto ST-136a). Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita.

Este corpo possui uma diferença composicional bem marcada que nos permite dividi-lo em duas facies. A primeira foi denominada de facies à biotita, pois apresenta como principal mineral máfico a biotita ígnea, além de tender a uma granulação fina (**Figura 41**), enquanto a segunda foi denominada de facies à hornblenda, por ter como principais minerais máficos a hornblenda e a biotita, ambas ígneas, sendo que esta última se apresenta parcialmente substituída por biotita metamórfica. As rochas das duas facies mostram tendência à variação da granulação entre fina e média (**Figura 42**).

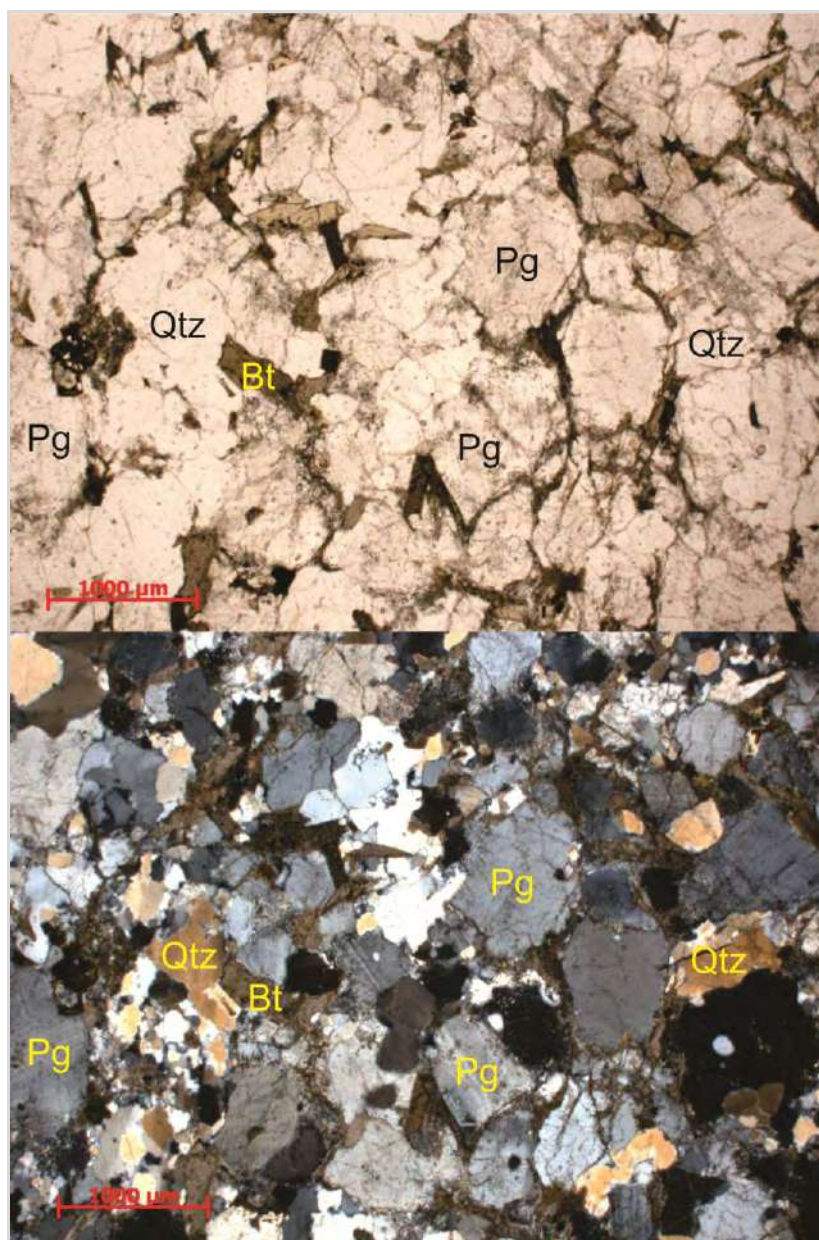


Figura 41 - Imagem com nicol descruzado (acima) e cruzado (abaixo) do ortogneisse tonalítico Bandeira na facies à biotita, a qual apresenta granulação fina (ponto ST-207a). Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita.

Em termos gerais, os minerais acessórios não mudam de uma facies para outra e são representados por zircão, apatita, allanita e minerais opacos. Porém todo o corpo sofreu transformações metamórficas-hidrotermais que propiciaram o crescimento de minerais secundários, como biotita, muscovita, sericita, zoisita, clinozoisita, epidoto e titanita.

O mineral predominante na rocha é o plagioclásio, perfazendo cerca de 60% da moda e apresentando inclusões de apatita, zircão, allanita e minerais opacos.. Este ocorre em grãos hipidiomórficos que variam de finos a médios, estando quase sempre alterado para sericita e epidoto. O quartzo perfaz em média 20 a 30% da moda, ocorre sempre em grãos xenomórficos, com hábito granular, extinção ondulante (Figura 43) e com inclusões de apatita, zircão e minerais opacos.

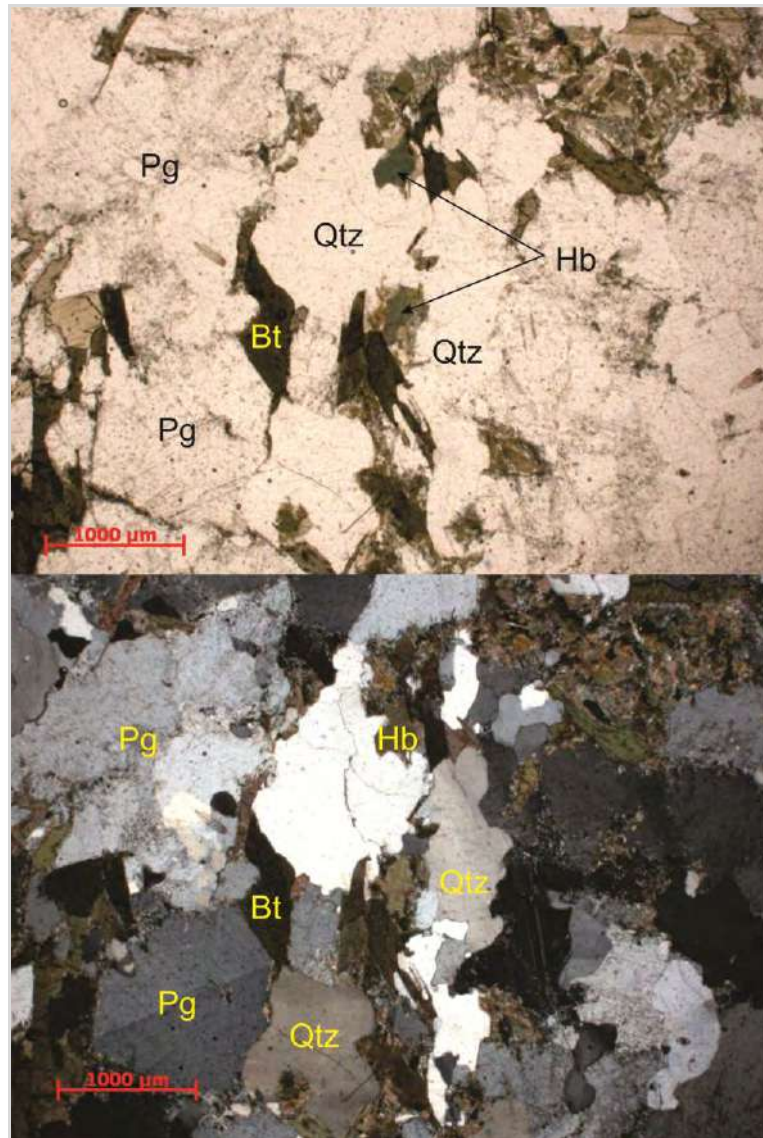


Figura 42 - Imagem com nicol descruzado (acima) e cruzado (abaixo) do ortogneisse tonalítico Bandeira na fácies à hornblenda, que apresenta granulação média (ponto ST-206a). Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita; Hb = hornblenda.

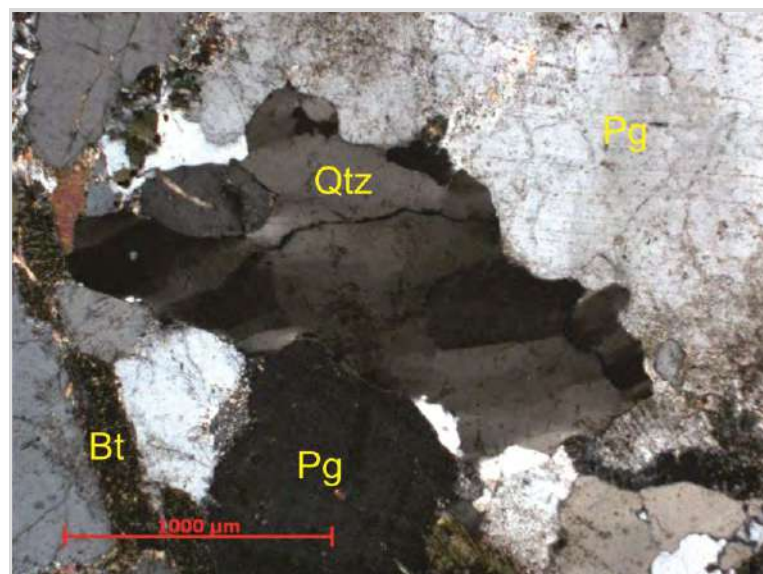


Figura 43 - Quartzo com extinção ondulante em lâmina do ortogneisse tonalítico Bandeira (ponto ST-187). Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita.

O ortognaisse tonalítico Bandeira possui três tipos diferentes de biotita: a primeira é ígnea, apresenta forma hipidiomórfica e tamanho de aproximadamente 1 mm, sempre portando inclusões de allanita (Figura 44). A segunda é metamórfica, apresenta forma xenomórfica e ocorre sempre sobrecrecida à biotita ígnea ou à hornblenda (Figura 45), muitas vezes substituindo ambas completamente (formando um aglomerado de pequenos grãos). O terceiro tipo de biotita possui cor esverdeada, substitui a biotita ígnea na sua borda. Os três tipos de grãos da biotita perfazem entre 7 e 13% da moda da rocha, e comumente apresentam-se orientadas segundo a foliação metamórfica.

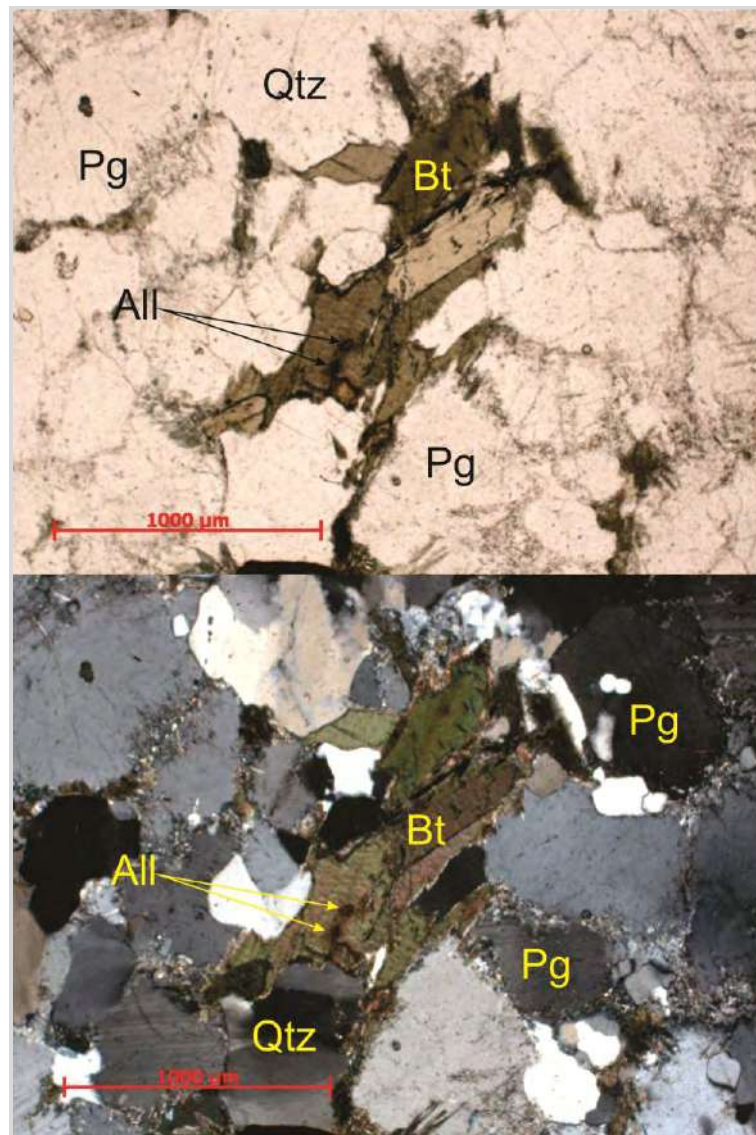


Figura 44 - Imagem com nicóis descruzados (acima) e cruzados (abaixo) do ortognaisse tonalítico Bandeira mostrando biotita ígnea hipidiomórfica, com inclusão de allanita (ponto ST-186a). Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita; All = allanita.

A biotita ígnea pode, ainda, ser substituída por epídoto e titanita, que crescem aproveitando seus planos de clivagem e, em alguns casos, a titanita pode envolver quase que por completo a biotita (Figura 46).

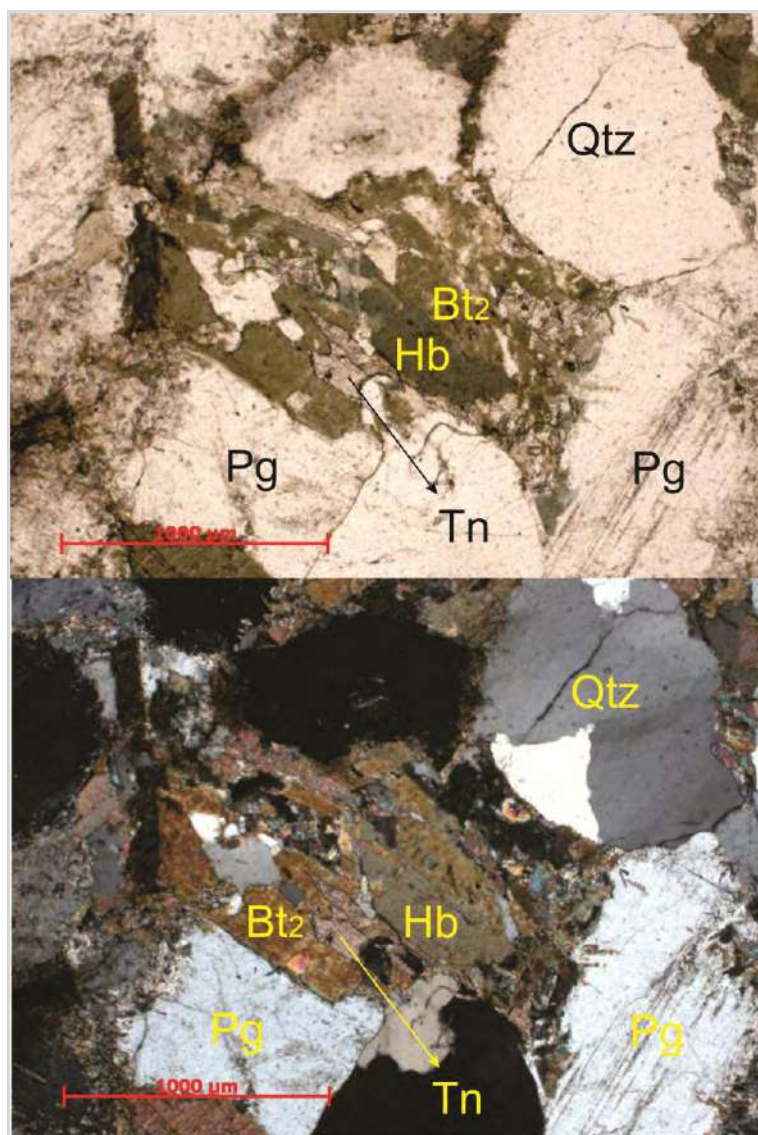


Figura 45 - Imagem com nicois descruzados (acima) e cruzados (abaixo) do ortogneisse tonalítico Bandeira mostrando grãos de biotita metamórfica substituindo a hornblenda primária (ponto ST-224b). Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt₂ = biotita metamórfica, Hb = hornblenda, Tn = titanita.

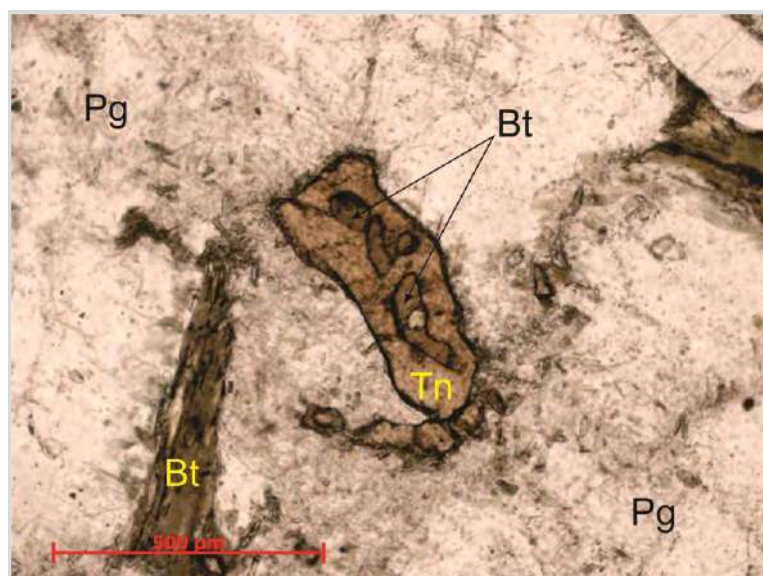


Figura 46 – Grãos de biotita envolvidos por titanita, no ortogneisse tonalítico Bandeira (ponto ST-136a). Pg = plagioclásio; Bt = biotita; Tn = titanita.

A hornblenda apresenta planos de clivagem formando ângulos de 60° entre si e encontra-se parcialmente substituída pela biotita, ficando representada em apenas 1 ou 2% na moda (Figura 45). Neste contexto seus cristais aparentam ser hipidiomórficos e com tamanho variando de 1 a 2 mm.

O zircão ocorre em cristais idiomórficos, menores que 0,1 mm, sem zonamento aparente ou arredondamento. É representado na rocha como mineral traço, assim como a apatita, que é observada, em cristais idiomórficos levemente maiores que o zircão (com cerca de 0,2 mm), os quais estão inclusos principalmente no plagioclásio (Figura 47).

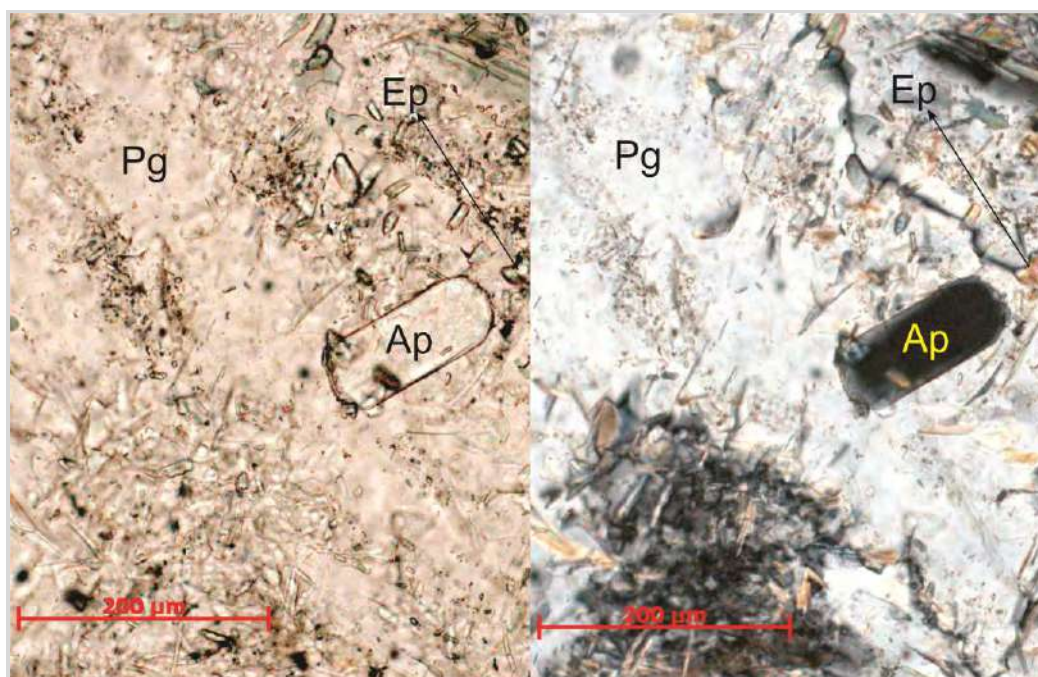


Figura 47 - Imagem com nicóis descruzados (esquerda) e cruzados (direita) do ortogneiss tonalítico Bandeira mostrando grão de apatita incluído no plagioclásio (ponto ST-136a).

A allanita ocorre em grãos hipidiomórficos com tamanho inferior a 0,1 mm e está normalmente incluída na biotita ígnea (Figura 44). Os minerais opacos podem ser subdivididos em dois tipos: o primeiro é idiomórfico, apresenta hábito prismático, tamanho de até 0,2 mm e em alguns casos apresenta epidoto em suas bordas. O segundo é xenomórfico, possui tamanho máximo de 1 mm e é substituído por titanita (Figura 48).

Entre os minerais secundários temos a sericita que cresce sobre o plagioclásio sob a forma de pequenos cristais hipidioblásticos, com menos de 0,1 mm, os quais estão espalhados de forma aleatória em seu interior, enquanto a muscovita cresce substituindo a biotita em suas bordas. Os minerais do grupo do epidoto ocorrem em grãos xenoblásticos e podem ser divididos em: pistacita, que comumente aparece associada à biotita e aos minerais opacos idiomórficos, substituindo o primeiro a partir dos seus planos de clivagem e envolvendo o segundo; e a zoizita/clinozoizita que está em associação com o plagioclásio, crescendo junto com a sericita.

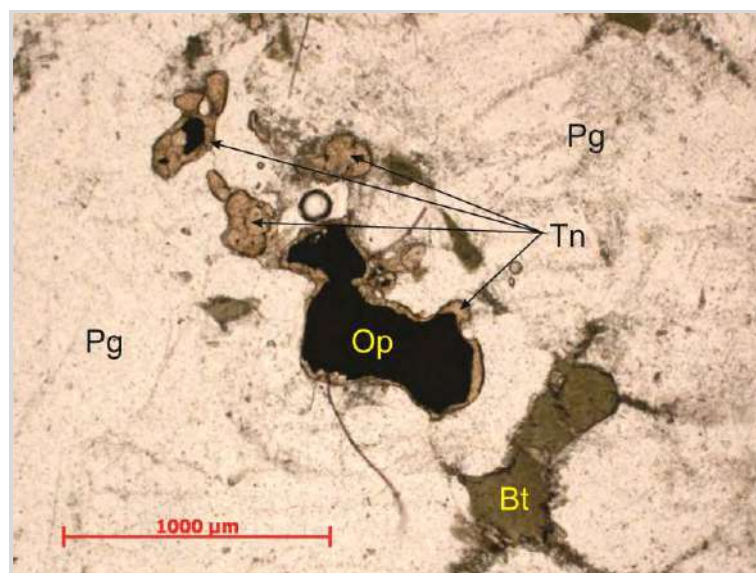


Figura 48 - Mineral opaco envolvido por titanita (diferentes níveis de substituição) no ortogneisse tonalítico Bandeira (ponto ST-136a). Pg = plagioclásio; Bt = biotita; Op = minerais opacos; Tn = titanita.

No ortogneisse tonalítico Bandeira ocorrem dois tipos diferentes de titanita: uma associada aos minerais opacos, envolvendo-os e os substituindo, muitas vezes por completo (Figura 48); e a outra associada com a biotita, podendo envolvê-la e substituí-la quase por completo (Figura 46).

Contando a história de cristalização deste corpo, podemos apontar que os primeiros minerais a se formarem corresponderam a apatita, zircão, allanita e os minerais opacos idiomórficos. A cristalização dos minerais essenciais pode ser dividida em duas partes que estariam relacionadas a facies à hornblenda e a facies à biotita.

Na facies à hornblenda inicia-se a cristalização por hornblenda ígnea, sendo seguida simultaneamente por biotita e plagioclásio (oligoclásio). Por fim o quartzo encerra o processo de cristalização desta facies. Na facies à biotita a cristalização tem início pela biotita que se forma quase simultaneamente com o plagioclásio (oligoclásio), vindo a seguir o quartzo.

Todo este conjunto (facies à hornblenda e facies à biotita) foi afetado por pelo menos um evento metamórfico-hidrotermal, onde ocorreu a sericitização e epidotização do plagioclásio, gerando respectivamente sericita e zoizita/clinozoizita, enquanto que a biotita é reestruturada conjuntamente com o epídoto (pistacita) e a titanita, enquanto a muscovita cresce em suas bordas. Os minerais opacos idiomórficos apresentam epídotos (pistacita) no seu entorno, enquanto os minerais opacos xenomórficos foram quase que completamente substituídos por titanita. Na facies à hornblenda ocorre ainda a substituição desta por biotita. No final deste evento, tanto na facies à hornblenda quanto na facies à biotita transcorreu o crescimento de uma biotita (de baixa temperatura) nas bordas tanto da hornblenda ígnea, quanto da biotita ígnea, e da biotita metamórfica.

8.6.3 – Geoquímica

Para a caracterização geoquímica deste corpo foram utilizadas 9 análises químicas, sendo 7 realizadas no Laboratório de Fluorescência de Raios-X da Universidade de São Paulo (USP – amostras ST-136a, ST-186a, ST-206a, ST-207b, ST-224b, ST-230b₁ e ST-242a) e 2 no Laboratório de Fluorescência de Raios-X da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ – amostras ST-197 e ST-206b). Todas as amostras foram analisadas para elementos maiores, menores e traços (Tabela 6), sendo que a seleção destas foi baseada principalmente em critérios de campo e petrográficos, como descrito na capítulo 4.

Tabela 6 – Resultados das análises químicas das amostras do ortogneisse tonalítico Bandeira.

Óxidos	ST-136a	ST-186a	ST-206a	ST-207b	ST-207b*	ST-224b	ST-230b ₁	ST-242a	ST-197	ST-206b
SiO ₂	68,46	67,96	64,70	68,94	69,18	63,79	70,57	67,13	68,56	69,66
TiO ₂	0,36	0,37	0,42	0,36	0,35	0,49	0,32	0,35	0,18	0,33
Al ₂ O ₃	15,83	15,66	17,32	15,40	15,41	17,80	15,04	16,56	16,35	16,39
FeO _t	3,44	3,49	3,94	3,39	3,35	3,97	2,98	2,95	3,10	2,47
MnO	0,05	0,06	0,05	0,04	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,02
MgO	0,78	1,03	1,14	0,88	0,88	1,26	0,76	0,78	0,76	0,69
CaO	3,31	3,24	3,80	3,19	3,16	3,86	3,09	3,75	3,49	2,98
Na ₂ O	5,22	5,26	5,60	4,93	4,93	5,83	5,02	5,70	5,68	5,42
K ₂ O	1,16	1,21	1,29	1,08	1,08	1,37	1,07	0,95	0,77	1,55
P ₂ O ₅	0,14	0,14	0,15	0,12	0,13	0,15	0,11	0,13	0,10	0,09
Loi	0,38	0,46	0,64	0,38	0,38	0,46	0,40	0,54	0,83	0,42
Total	99,12	98,87	99,06	98,71	98,89	99,04	99,39	98,89	99,87	100,01
Ba	771	731	982	785	802	937	521	602	653	2060
Ce	70	78	95	102	108	50	61	35	-	-
Co	23	42	28	23	21	28	44	52	11	8
Cr	14	<13	<13	15	17	17	<13	<13	5	10
Cu	34	<5	9	<5	<5	10	<5	<5	-	-
Ga	21	19	23	19	20	23	19	19	29	27
La	57	87	55	73	68	28	61	169	-	-
Nb	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	22	18
Nd	<14	23	19	16	17	<14	<14	43	-	-
Ni	5	5	7	5	7	9	<5	6	38	39
Pb	11	9	7	<4	4	5	5	6	-	-
Rb	73	71	43	36	36	49	28	32	74	73
Sc	<14	<14	<14	<14	<14	<14	<14	<14	-	-
Sr	752	734	882	620	621	826	737	874	891	1465
Th	17	12	10	15	14	<7	7	<7	-	-
U	5	3	3	4	3	3	<3	<3	-	-
V	36	43	57	42	43	27	22	39	22	41
Y	14	13	12	34	34	13	10	178	26	21
Zn	52	67	61	59	58	76	53	39	74	68
Zr	153	152	159	151	151	100	123	138	206	260
Cl	<50	<50	<50	61	52	125	<50	<50	-	-
F	729	559	<500	<500	<500	564	<500	<500	-	-
S	<550	<550	<550	<550	<550	<550	<550	<550	-	-

Obs: *: repetição de análise devido a rotina do laboratório. -: não analisado.

A norma CIPW das amostras do ortogneisse tonalítico Bandeira foi calculada a partir do software GCDkit (Tabela 7) e nela podemos destacar o alto percentual de albita (sempre acima de 43%), enquanto anortita varia entre 14 e 19% e o ortoclásio entre 5 e 8% mostrando que o magma primário seria cálcio-alcálico rico em Na₂O. Podemos destacar também a presença de hiperistênio e coríndon normativos.

Tabela 7 – Norma CIPW das amostras. Q = quartzo, C = coríndon, Or = ortoclásio, Ab = albita, An = anortita, Hy = hiperistênio, Il = ilmenita, Tn = titanita, Ru = rutilo e Ap = apatita.

Min.	ST-136a	ST-186a	ST-206a	ST-207b	ST-207b*	ST-224b	ST-230b1	ST-242a	ST-197	ST-206b
Q	27,06	25,96	18,81	29,83	30,11	15,76	31,07	22,76	25,27	25,78
C	0,32	0,15	0,17	0,64	0,73	0,07	0,28	0,00	0,07	0,61
Or	7,19	7,53	8,07	6,72	6,71	8,56	6,58	5,88	4,74	9,43
Ab	46,34	46,88	50,15	43,94	43,83	52,14	44,24	50,55	50,09	47,21
An	16,27	15,97	18,92	15,84	15,58	19,20	15,22	17,60	17,36	14,61
Hy	2,04	2,70	3,01	2,31	2,30	3,32	1,97	2,04	1,97	1,77
Il	0,11	0,13	0,11	0,09	0,09	0,13	0,09	0,11	0,11	0,04
Tn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	0,00	0,00
Ru	0,32	0,32	0,38	0,33	0,32	0,45	0,29	0,02	0,13	0,32
Ap	0,35	0,35	0,38	0,30	0,32	0,37	0,27	0,32	0,25	0,22
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

A partir dos diagramas de Harker (Figura 49) caracteriza-se a diminuição do conteúdo de MgO, FeO_t, TiO₂, K₂O, Al₂O₃, Na₂O, CaO e P₂O₅ em relação ao aumento de SiO₂, onde os quatro primeiros seriam controlados pela cristalização da biotita, hornblenda e minerais opacos, enquanto o Al₂O₃, Na₂O e CaO entrariam associados ao fracionamento do plagioclásio e P₂O₅ ao de apatita. Por não apresentar feldspato potássico o *trend* do K₂O tende a ser negativo, diferenciando-o das suítes cálcio-alcálicas típicas que apresenta *trend* positivo deste óxido. No diagrama de Shand (1943) podemos observar que as amostras ficam próximas do limite entre os campos dos corpos peraluminosos/metaluminosos (Figura 50), enquanto no diagrama TAS de Cox *et al.* (1979), as amostras variam de granitos a granodioritos (Figura 51), pois este não distingue as rochas ricas em potássio das ricas em sódio. No diagrama triangular dos feldspatos de O'Connor (1965), as amostras plotam nos campos dos tonalitos e trondhjemitos (Figura 52), pois as mesmas apresentam elevado enriquecimento em Na₂O, bem como baixo conteúdo de K₂O.

No diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971) as rochas do ortogneisse tonalítico Bandeira tendem a se alinharem segundo o *trend* da série cálcio-alcálica (Figura 53), com empobrecimento em FeO_t e MgO, enquanto no diagrama de Barker & Arth (1976) estas posicionam próximo ao *trend* evolutivo das rochas trondhjemiticas mostrando marcante enriquecimento de Na₂O em relação a K₂O (Figura 54).

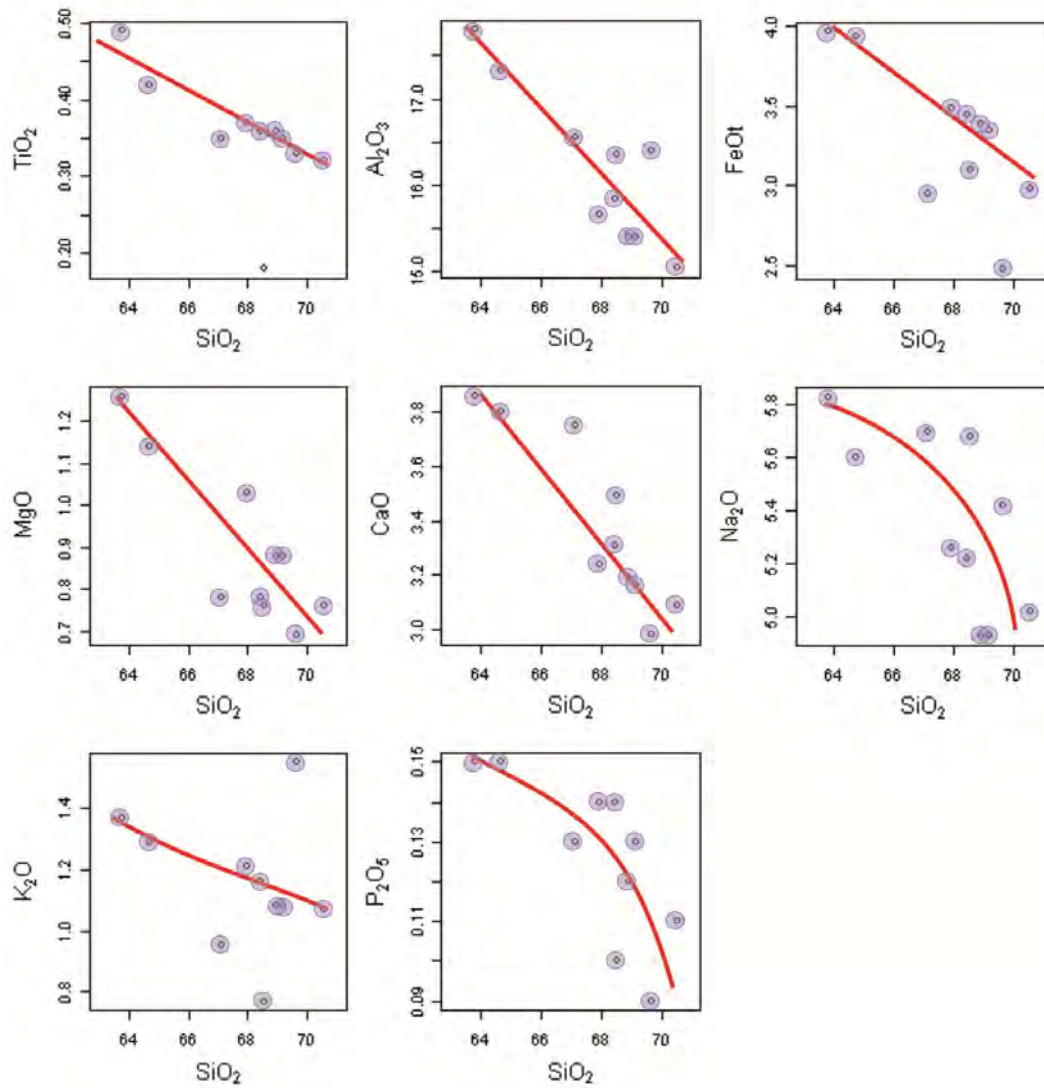


Figura 49 – Diagramas de Harker para as amostras do ortogneisse tonalítico Bandeira, com seu possível *trend* (interpretado) marcado por uma linha vermelha.

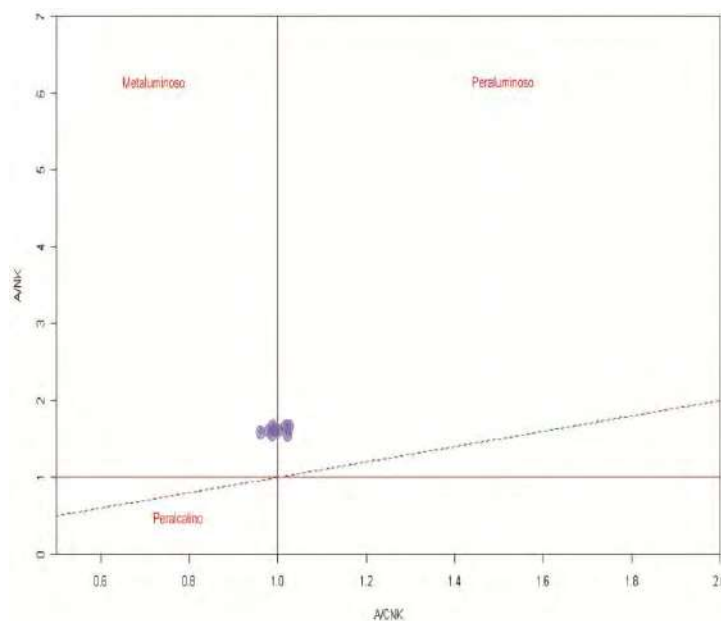


Figura 50 – Diagrama de Shand (1943) para as amostras do ortogneisse tonalítico Bandeira, onde $A/NK = Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$ e $A/CNK = Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$.

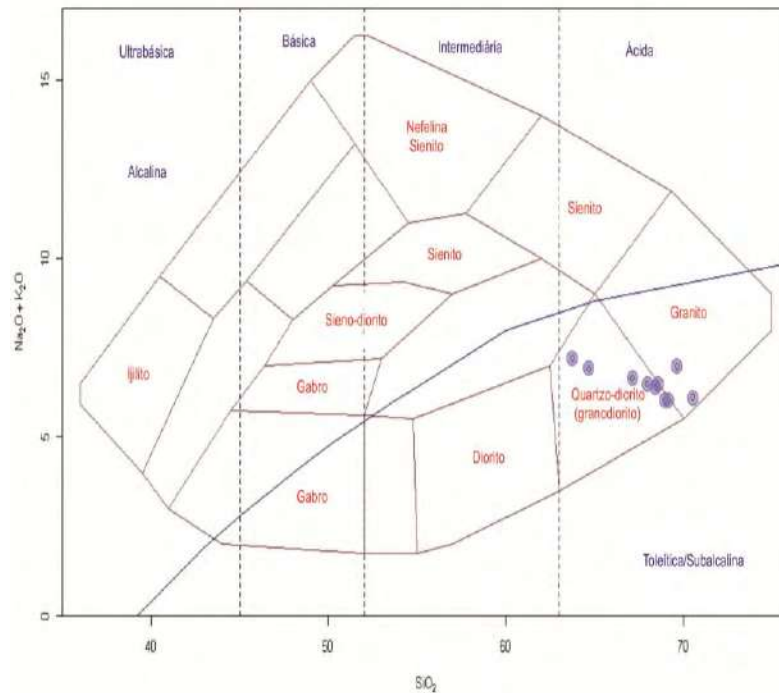


Figura 51 – Diagrama TAS (Cox *et al.*, 1979) para as amostras do ortogneisse tonalítico Bandeira.

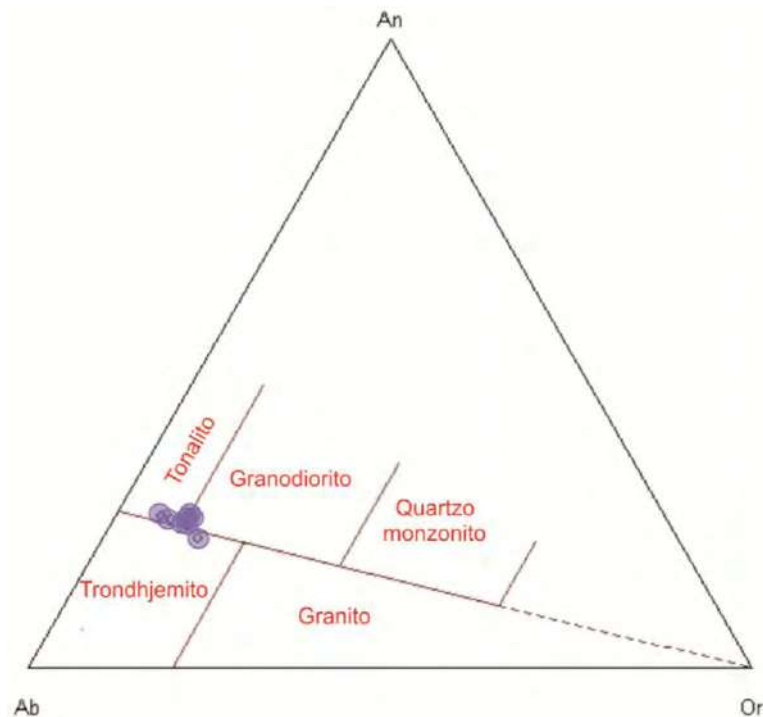


Figura 52 - Diagrama triangular dos feldspatos de O'Connor (1965) para as amostras do ortogneisse tonalítico Bandeira, onde Ab = albita, An = anortita e Or = ortoclásio (todos normativos).

Apesar de sua química ser muito condizente com a de um trondhjemito, como aqueles descritos por Barker (1979), sua petrografia exclui a possibilidade das rochas do ortogneisse tonalítico Bandeira de pertencerem a este grupo, pois as mesmas apresentam em sua grande maioria um índice de cor superior a 10.

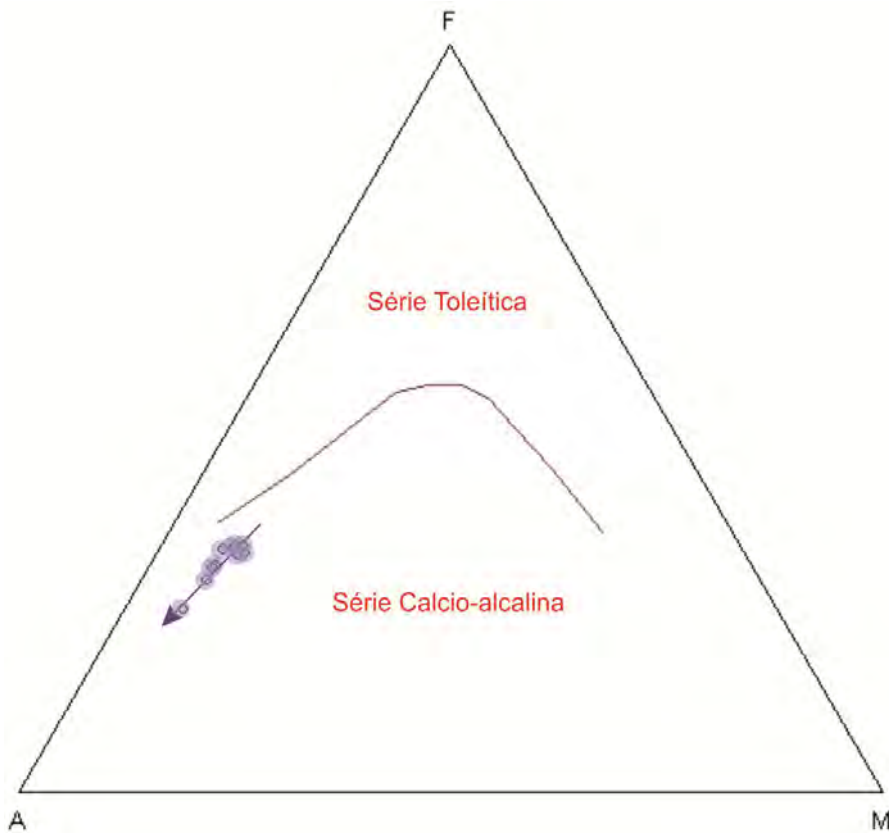


Figura 53 - Diagrama AFM de Irvine & Baragar (1971) para as amostras do ortognaisse tonalítico Bandeira.

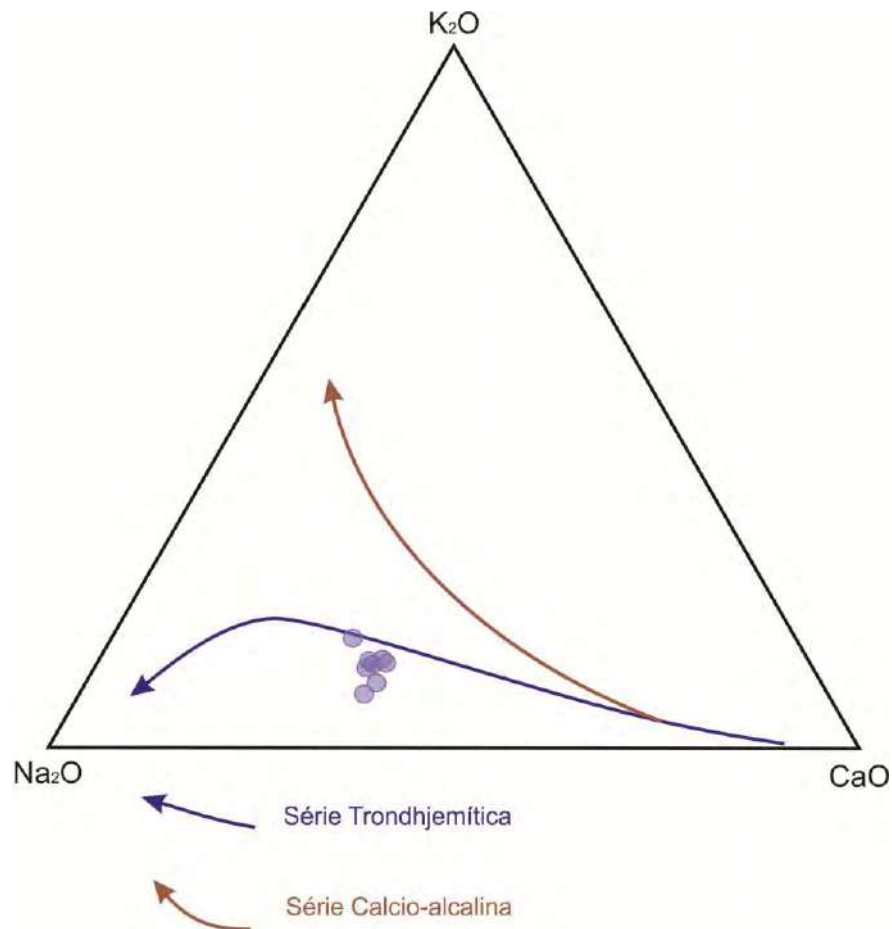


Figura 54 – Diagrama de Barker & Arth (1976) para as amostras do ortognaisse tonalítico Bandeira.

Segundo o diagrama $[Y+Nb] \times Rb$ de Pearce *et al.* (1984) as amostras do ortognaisse tonalítico Bandeira plotam no campo dos corpos de arco vulcânico, com apenas uma amostra anômala, situada entre o campo dos granitos intraplaca e o dos granitos orogênico (Figura 55). No diagrama $SiO_2 \times Al_2O_3$ (Barker, 1979) as amostras estudadas plotam no campo dos trondhjemitos de alto Al_2O_3 ou continentais (Figura 56).

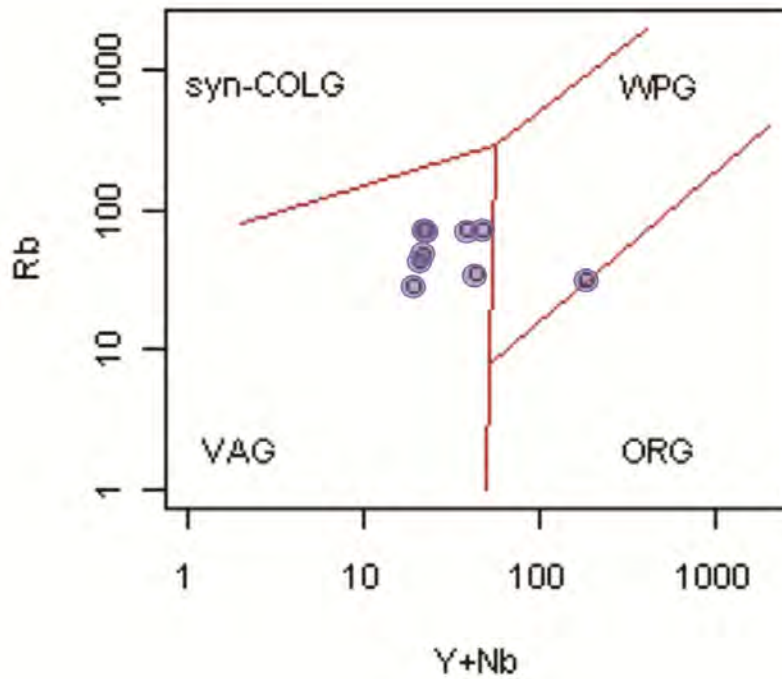


Figura 55 - Diagrama $[Y+Nb] \times Rb$ de Pearce *et al.* (1984) para as amostras do ortognaisse tonalítico Bandeira. VAG = granito de arco vulcânico; ORG = granito orogênico; WPG = granito intraplaca; syn-COLG = granito sin-colisional.

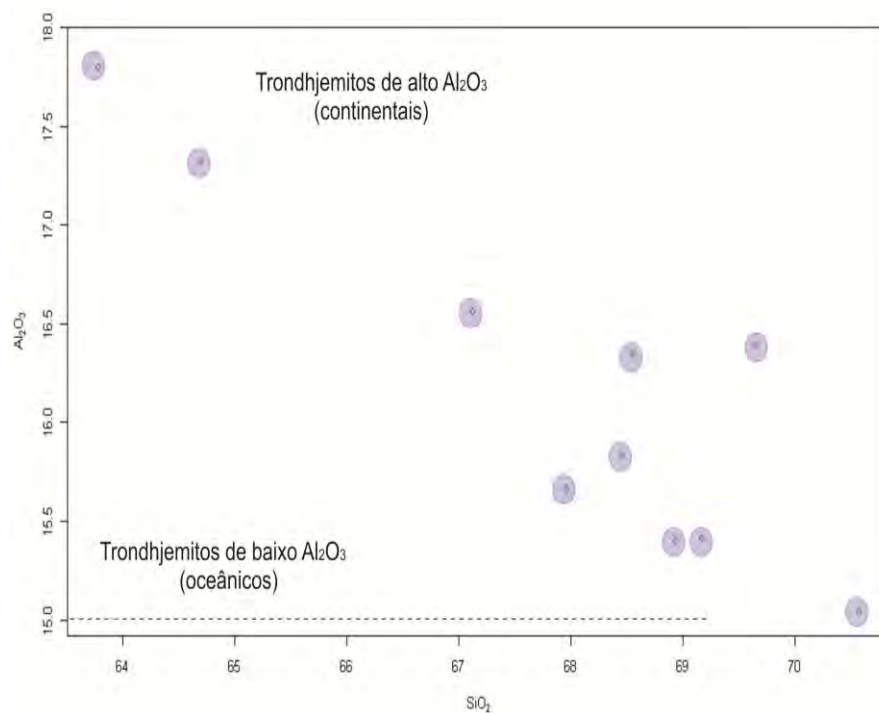


Figura 56 - Diagrama $SiO_2 \times Al_2O_3$ de Barker (1979) para as amostras do ortognaisse tonalítico Bandeira.

8.7 – ORTOGANISSE TRONDHJEMÍTICO CANOAS

O ortognaisse trondhjemítico Canoas foi assim designado por: ser homogêneo; apresentar composição petrográfica tonalítica; índice de cor abaixo de 10 (neste caso trondhjemítico); possuir uma foliação metamórfica muito incipiente, gerada por uma deformação regional; e por aflorar principalmente próximo do povoado de Canoas. Este corpo possui em mapa formato aproximadamente circular e está envolvido por rochas da sequência *greenstone belt*.

8.7.1 – Aspectos de campo

Esse corpo possui foliação incipiente e anastomosada devido a seu baixo índice de cor (Figura 57), sendo por isso foi classificado como ortognaisse. A foliação é marcada tanto pelo arranjo planar dos minerais máficos, quanto pelos grãos alongados de plagioclásio e quartzo.



Figura 57 - Raro ponto do ortognaisse trondhjemítico Canoas onde sua foliação fica evidente (ponto ST-127).

Em alguns afloramentos podemos observar minerais da família do epidoto, como o próprio e a allanita, porém sua mineralogia essencial é representada basicamente por plagioclásio, quartzo e biotita, formando uma textura aparentemente equigranular (Figura 58), com granulação variando de fina a média.

Esse corpo aflora em grandes lajedos, mas, em sua maior parte, ocorre sob a forma de blocos *in situ* que podem variar amplamente de tamanho (Figura 59) ou como saprólitos. Este se distingue dos demais gnaisses presentes na área por seu baixo índice de cor que varia de 4 a 10.



Figura 58 - Amostra do ortogneisse trondhjemitico Canoas mostrando granulação muito semelhante (ponto ST-122).



Figura 59 - Blocos do ortogneisse trondhjemitico Canoas (ponto ST-262).

8.7.2 – Petrografia

As lâminas do ortogneisse trondhjemitico Canoas se situam no campo dos tonalitos/trondhjemitos (Figura 60), possuem um baixo índice de cor, e em sua maior parte não chegando a 10 (Figura 61), com exceção de três amostras. Sua textura é predominantemente granoblástica heterogranular (Figura 62), e localmente granonematoblástica, destacando-se a presença de foliação metamórfica incipiente evidenciada pelo alinhamento espaçado dos grãos de biotita (Figura 63). Todo o conjunto foi metamorfizado e apresenta minerais que cresceram durante esse processo, como titanita, minerais do grupo do epídoto e sericita.

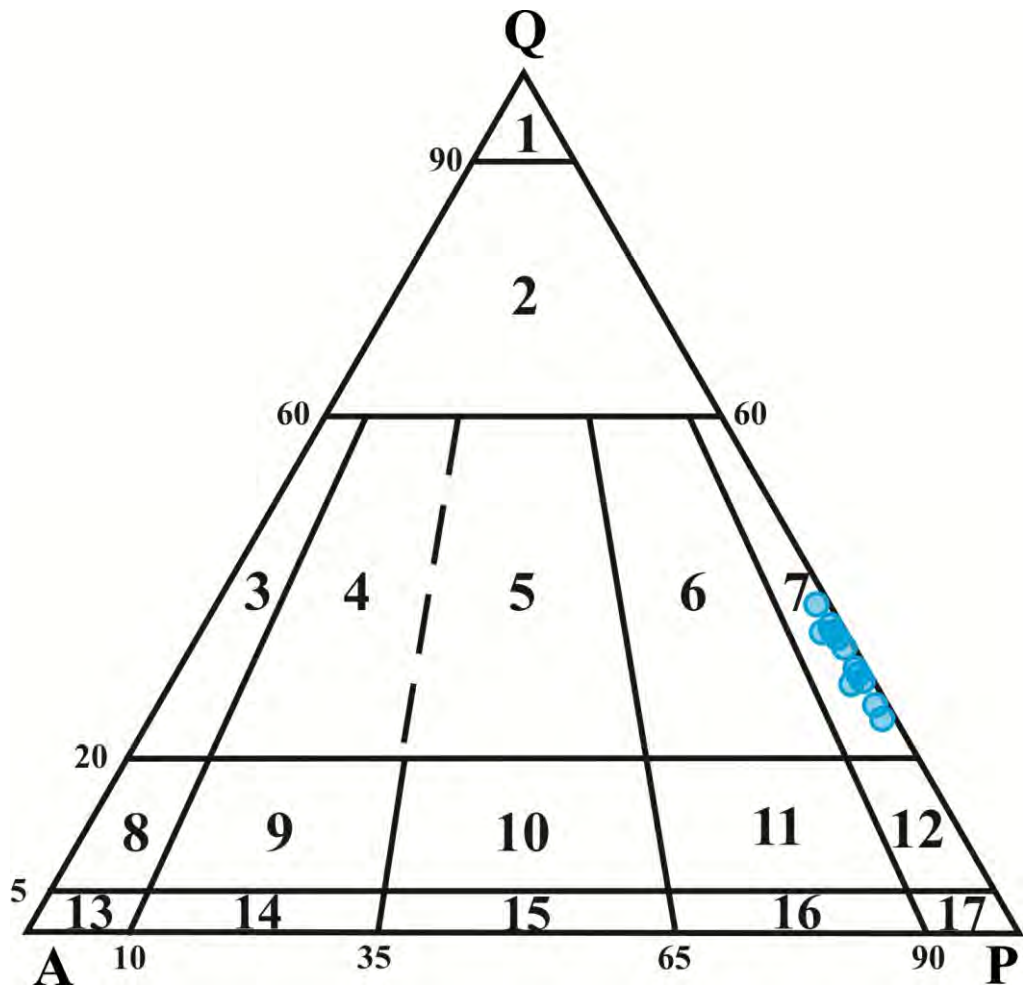


Figura 60 – Plotagem da análise modal das lâminas do ortogneisse trondhjemítico Canoas. 1 - Quartzolito. 2 - Granitóide rico em quartzo. 3 - Alkali-feldspato granito. 4 - Sienogranito. 5 - Monzogranito. 6 - Granodiorito. 7 - Tonalito-trondhjemito. 8 - Quartzo alcali-feldspato sienito. 9 - Quartzo sienito. 10 - Quartzo monzonito. 11 - Quartzo monzodiorito ou quartzo monzogabro. 12 - Quartzo diorito ou quartzo gabro. 13 - Alkali-feldspato sienito. 14 - Sienito. 15 - Quartzo monzonito. 16 - Monzodiorito ou monzogabro. 17 - Diorito ou gabro.

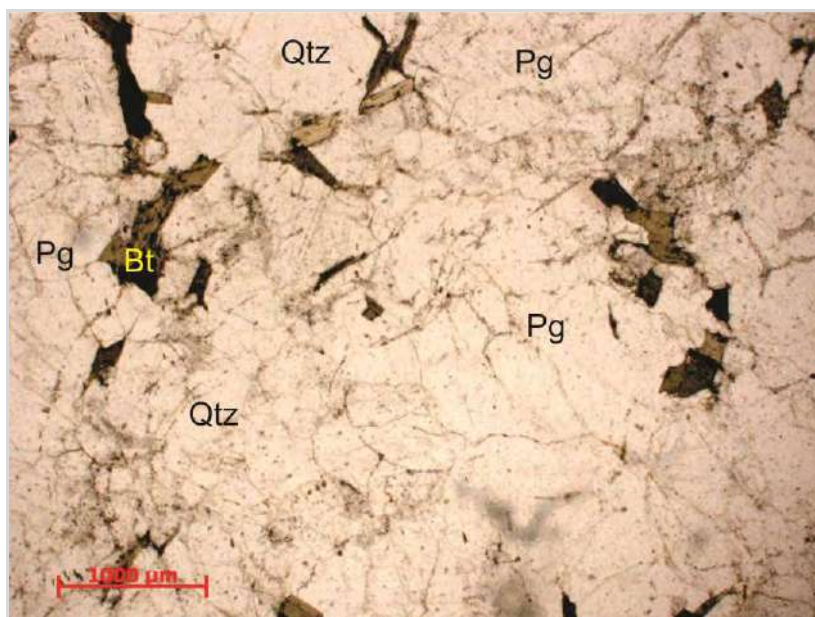


Figura 61 – Índice de cor extremamente baixo de uma amostra do ortogneisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-103). Nicol descruzado. Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita.

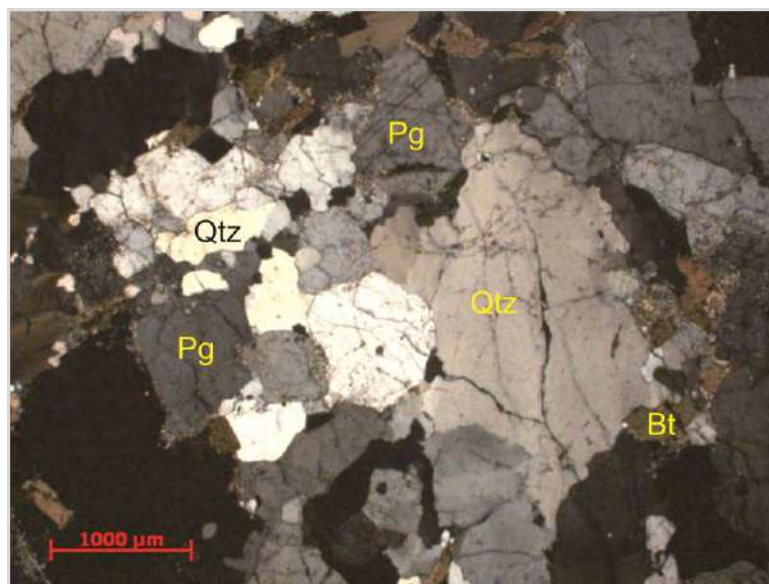


Figura 62 – Textura granoblástica heterogranular do ortogneisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-104). Nicol cruzado. Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita.

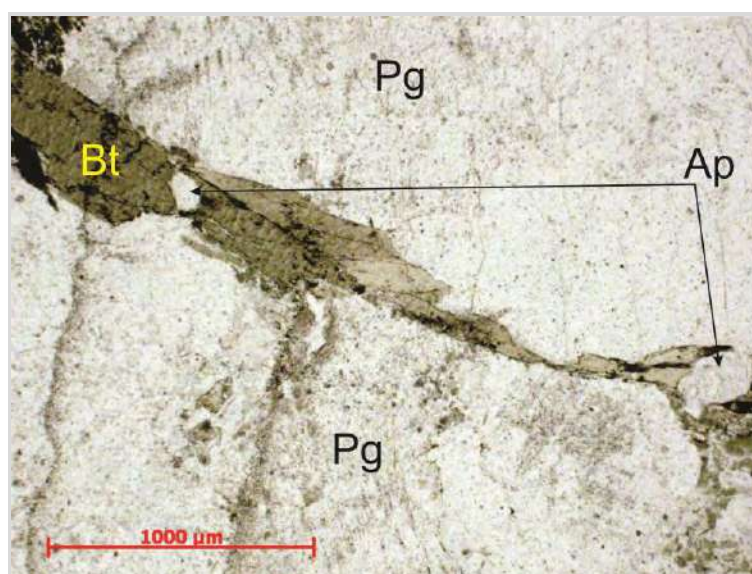


Figura 63 - Alinhamento de grãos de biotita que evidenciam uma foliação metamórfica no ortogneisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-105). Nicol descruzado. Pg = plagioclásio; Bt = biotita; Ap = apatita.

O ortogneisse trondhjemítico Canoas é predominantemente constituído por plagioclásio e quartzo (Tabela 8), tendo como minerais acessórios biotita, zircão, apatita, allanita e minerais opacos, enquanto titanita, epidoto, (clino)zoizita e sericita são minerais secundários.

O plagioclásio perfaz em torno de 60 a 65% da moda, apresenta geminação polissintética (Figura 64) e, localmente, geminação de Carlsbad. Seus cristais são hipidiomórficos, apresentam inclusões de apatita, zircão, titanita, allanita e minerais opacos, estão normalmente sericitizados (Figura 65) e epidotizados, sendo que muitas vezes a alteração para sericita encontra-se localizada, preferencialmente, nas bordas dos grãos, evidenciando um zonamento composicional normal (Figura 66).

Tabela 8 – Composição modal das lâminas do ortogneisse trondhjemítico Canoas.

CANOAS	Plagioclásio	Microclina	Quartzo	Biotita	Hornblenda	Acessórios e secundários
ST-12a	67%	0%	20%	11%	0%	2%
ST-27	69%	2%	26%	3%	0%	0%
ST-29	59%	0%	36%	2%	0%	3%
ST-34a	58%	2%	32%	5%	0%	3%
ST-34b	65%	0%	28%	4%	0%	3%
ST-34c	65%	0%	30%	2%	0%	3%
ST-37	68%	0%	27%	2%	0%	3%
ST-103	66%	0%	25%	7%	0%	2%
ST-104	63%	0%	22%	13%	0%	2%
ST-105	64%	0%	25%	8%	0%	3%
ST-119	62%	0%	23%	12%	0%	3%
ST-134	63%	0%	32%	2%	0%	3%
ST-259	60%	0%	36%	1%	0%	0%
ST-262	61%	0%	34%	2%	0%	3%
ST-264	61%	0%	30%	6%	0%	3%
ST-265	61%	0%	32%	4%	0%	3%
ST-266	59%	0%	32%	5%	0%	4%

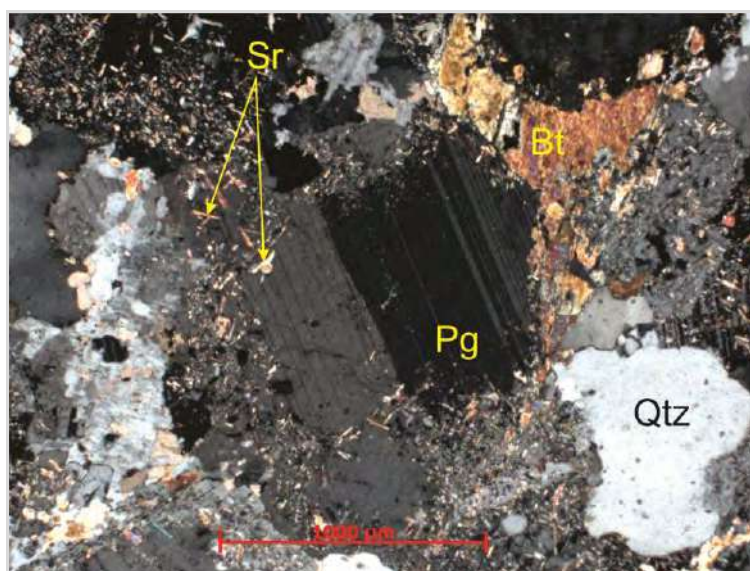


Figura 64 – Grão de plagioclásio zonado com geminação polissintética parcialmente apagada no centro e com sericita nas suas bordas. Ortogneisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-262). Nicol cruzado. Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Bt = biotita; Sr = sericita.

O quartzo varia modalmente de 25 a 30%, mostra quase sempre extinção ondulante (Figura 67), pode ser encontrado algumas vezes recristalizado (Figura 68) e com forma alongada na direção da foliação. Seus cristais apresentam inclusões de apatita, zircão, titanita e minerais opacos.

A biotita varia de 2 a 13% da moda e apresenta cristais hipidiomórficos, com hábito micáceo. Encontra-se em paragênese metamórfica com os minerais da família do epidoto e com a titanita (Figura 69), bem como é sobrecrecida por muscovita (Figura 69) e por clorita (Figura 70) em suas bordas.



Figura 65 – Plagioclásio fortemente sericitizado no ortogneisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-37). Nicol cruzado. Qtz = quartzo; Sr = sericita.

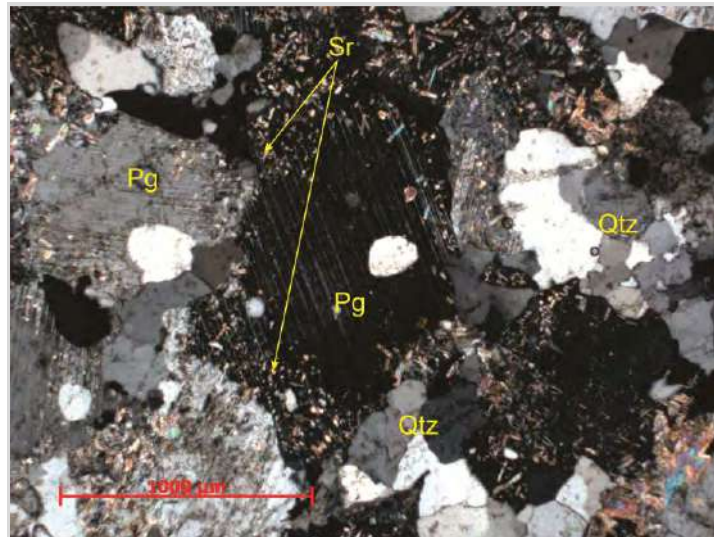


Figura 66 - Plagioclásio com geminação polissintética e zoneamento composicional evidenciado pela alteração preferencial nas bordas para sericita no ortogneisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-259). Nicol cruzado. Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo; Sr = sericita.

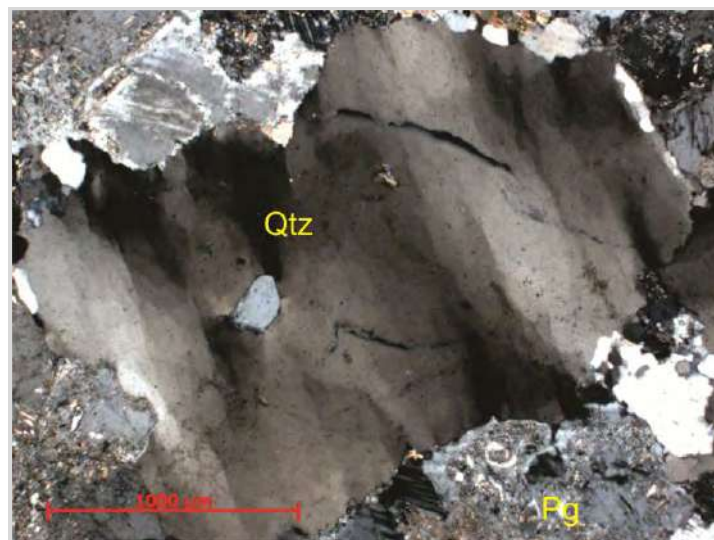


Figura 67 - Quartzo apresentando bandas de deformação (extinção ondulante) no ortogneisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-134). Nicol cruzado. Pg = plagioclásio; Qtz = quartzo.

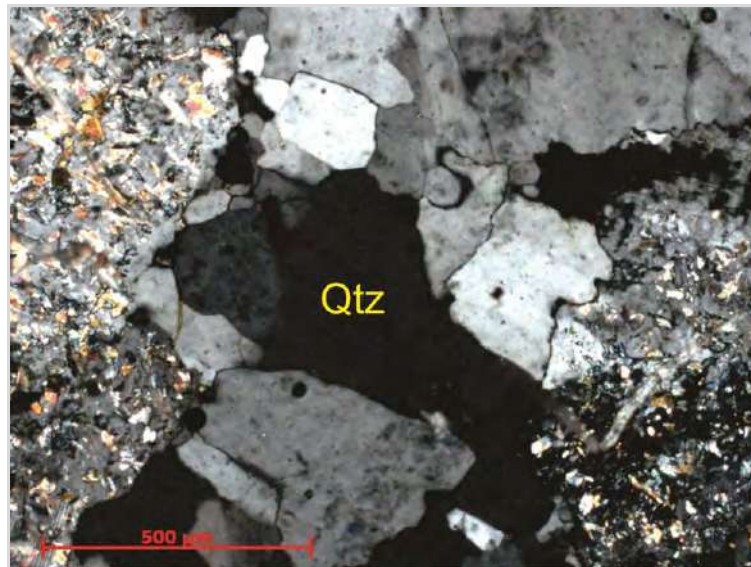


Figura 68 – Grão de quartzo em processo avançado de recristalização, onde se observa o desenvolvimento inicial de sub-grãos. Ortognaisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-29). Nicol cruzado. Qtz = quartzo.

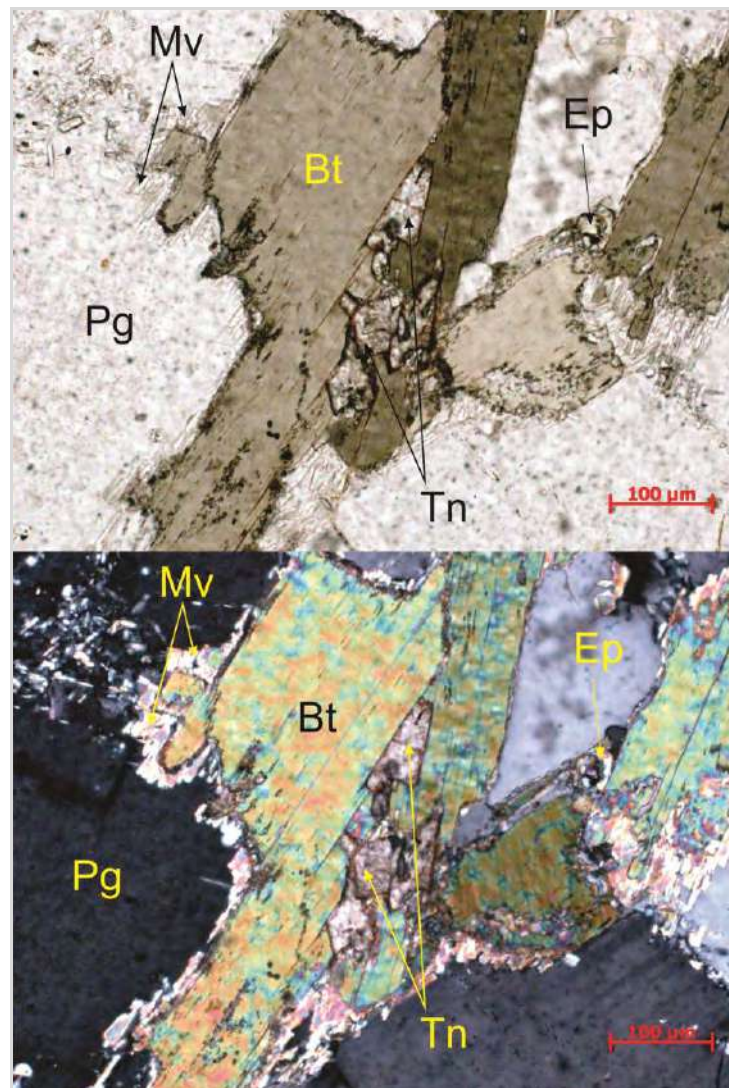


Figura 69 - Biotita ígnea com forma hipidiomórfica em paragénses com epidoto e titanita metamórfica. Destaca-se o crescimento em suas bordas de muscovita. Ortognaisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-119). Nicol descruzado (acima) e cruzado (abaixo). Pg = plagioclásio; Bt = biotita; Mv = muscovita; Tn = titanita; Ep = epidoto.

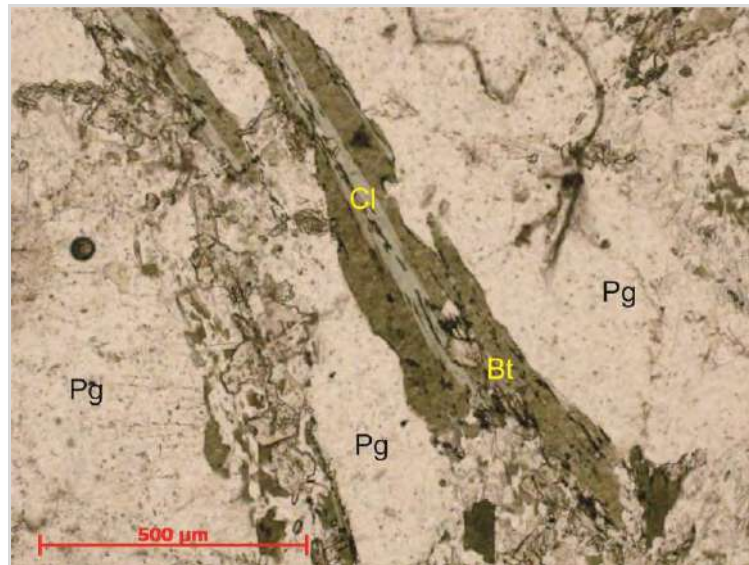


Figura 70 - Biotita com crescimento de clorita em suas clivagens. Ortognaisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-34a). Nicol descruzado. Pg = plagioclásio; Bt = biotita; Cl = clorita.

O zircão é um mineral traço (menos de 1%), apresenta cristais idiomórficos (**Figura 71**), com zonamento ígneo e tamanho máximo de 0,1 mm. A apatita ocorre em grãos maiores (0,5 mm) e, em algumas lâminas, pode ultrapassar 1% da moda, mas em termos gerais é um mineral traço, que aparece sempre em cristais idiomórficos de hábito granular ou prismático (**Figura 72**), sendo um dos primeiros minerais a se cristalizar.

A allanita está presente em quase todas as lâminas e ocorre em cristais idiomórficos de até 1 mm, sempre acompanhada de uma textura metamíctica (**Figura 73**). Já os minerais opacos perfazem 1% da moda e correspondem a dois tipos distintos: o primeiro é idiomórfico, com faces bem definidas, formando quadriláteros e apresentando epidoto no seu entorno (**Figura 74**). O segundo é xenomórfico, apresenta titanita em sua borda (**Figura 75**), evidenciando a presença de titânio em sua estrutura, podendo ser uma ilmenita ou uma titanomagnetita.

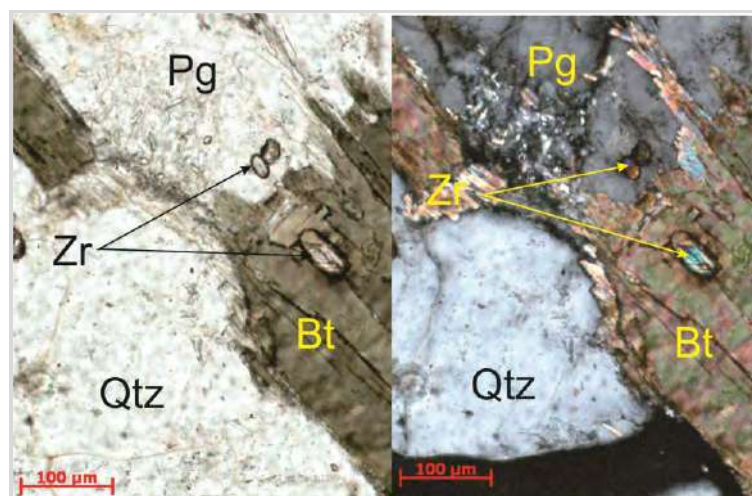


Figura 71 - Zircão ígneo incluído na biotita e no plagioclásio. Ortognaisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-103). Nicol descruzado (esquerda) e cruzado (direita). Pg = plagioclásio; Qtz = quartz; Bt = biotita; Zr = zircão.

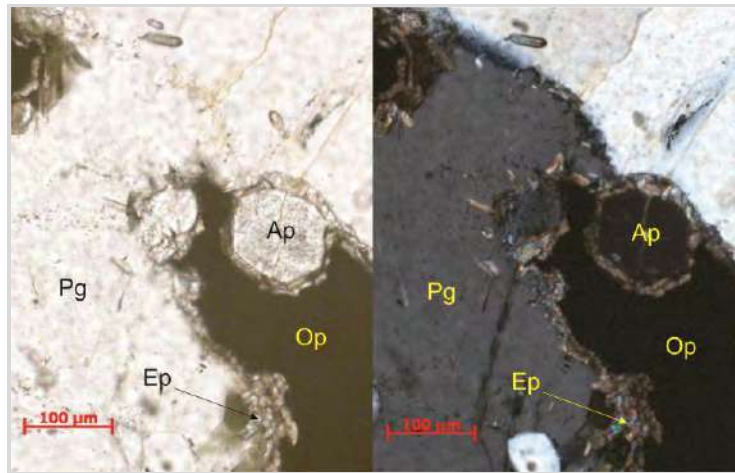


Figura 72 - Apatita idiomórfica parcialmente incluída em mineral opaco, evidenciando que sua cristalização foi anterior a este. Ortognaisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-104). Nicol descruzado (esquerda) e cruzado (direita). Pg = plagioclásio; Ap = apatita; Op = minerais opacos; Ep = epídoto.

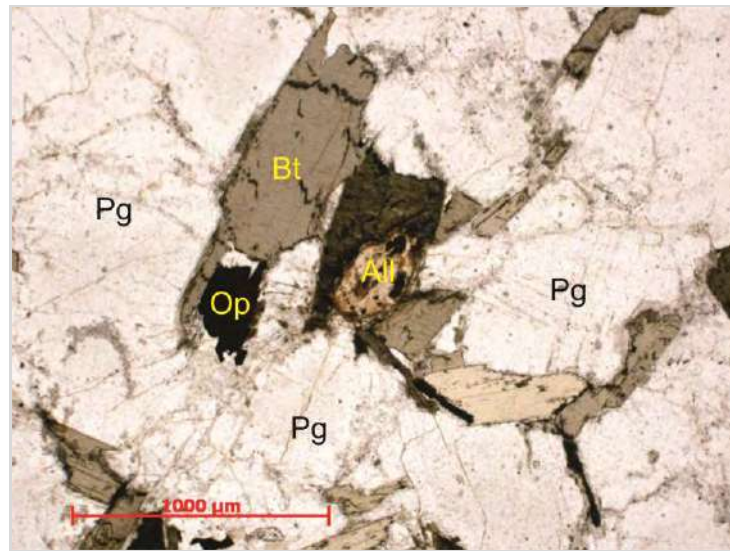


Figura 73 - Allanita com estrutura metamítica. Ortognaisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-119). Nicol descruzado. Pg = plagioclásio; Op = minerais opacos; Bt = biotita; All = allanita.

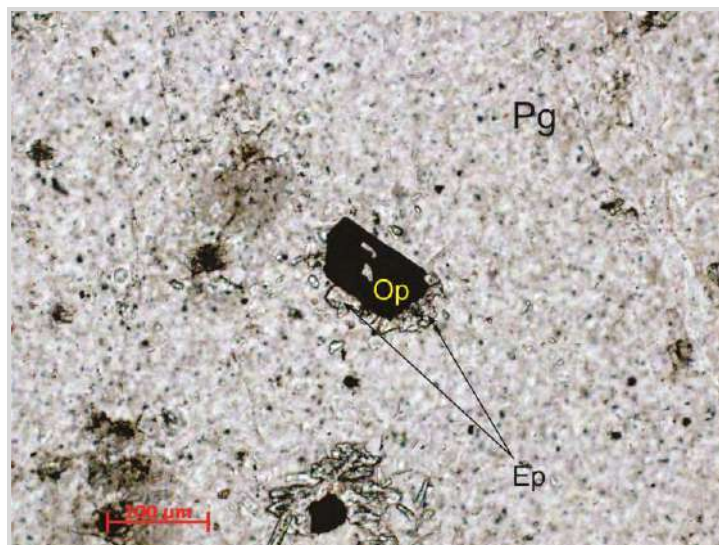


Figura 74 - Cristal idiomórfico de mineral opaco com epídoto ao seu redor. Ortognaisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-105). Nicol descruzado. Pg = plagioclásio; Op = minerais opacos; Ep = epídoto.

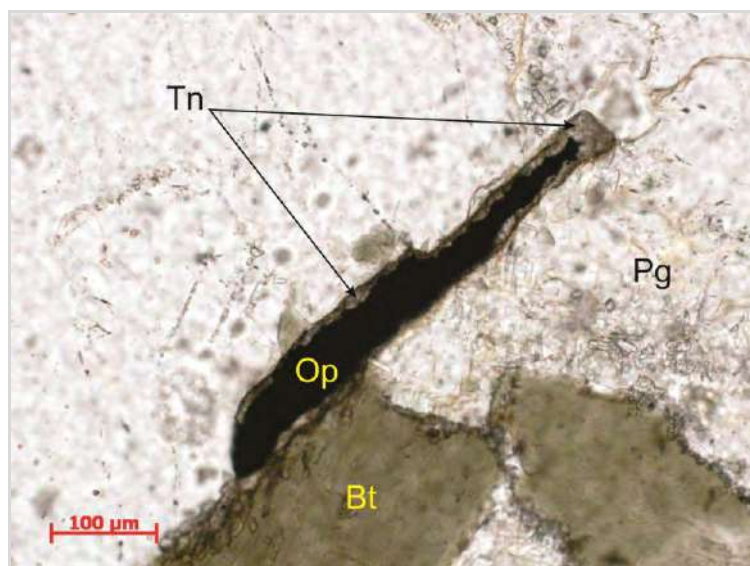


Figura 75 - Mineral opaco com titanita desenvolvendo em suas bordas de titanita. Ortognaisse trondhjemítico Canoas (ponto ST-104). Nicois descruzados. Pg = plagioclásio; Bt = biotita; Op = minerais opacos; Tn = titanita.

A sericita se desenvolve sobre o plagioclásio (Figuras 65 e 66), principalmente nas bordas deste, bem como a muscovita cresce nas bordas da biotita (Figuras 69). Já o epídoto (pistacita) ocorre associado a biotita, crescendo em seus planos de clivagem, ou se desenvolvendo no entorno dos minerais opacos idiomórficos (Figura 74).

Assim como o epídoto, a titanita pode ser sub-dividida em dois tipos, devido à associação com diferentes minerais. O primeiro tipo ocorre associado com a biotita (Figura 69) crescendo ao longo da clivagem da mesma, enquanto o segundo está associado com minerais opacos (Figura 75), crescendo em seu entorno.

Em termos gerais o processo de cristalização do protólito do ortognaisse trondhjemítico Canoas foi iniciado pela formação de zircão e de apatita, que foram seguidos pelos minerais opacos e allanita. A partir deste ponto temos a cristalização de plagioclásio apresentando um típico zonamento composicional com variações no conteúdo de anortita (An) sempre no campo do oligoclásio, seguida por biotita. Por fim, o quartzo formou-se nos interstícios da rocha a qual pode ser designada de tonalito ou trondhjemito.

Propõe-se que o corpo em questão foi afetado por pelo menos dois eventos metamórficos - hidrotermais, sendo que o primeiro proporcionou algumas mudanças em sua estrutura e mineralogia, representadas pelo desenvolvimento da foliação metamórfica e o crescimento de sericita sobre o plagioclásio, da muscovita no entorno da biotita e de minerais opacos xenomórficos também associados a biotita. Ao final o crescimento de clorita ao longo dos planos de clivagem da biotita.

No segundo evento tem o crescimento de epídoto (pistacita) e titanita em paragênese com a biotita, e o desenvolvimento de epídoto na borda dos minerais opacos idiomórficos. Os

opacos crescidos durante o primeiro evento também são afetados pelo segundo, com o crescimento de titanita em seu entorno, aproveitando o titânio destes e o cálcio do plagioclásio.

8.7.3 – Geoquímica

Para a caracterização geoquímica do ortognaisse trondhjemítico Canoas foram utilizadas 10 análises químicas, sendo 8 realizadas no Laboratório de Fluorescência de Raios-X da Universidade de São Paulo (USP – amostras ST-12a, ST-12b, ST-29, ST-34b, ST-104, ST-105 e ST-119) e 2 no Laboratório de Fluorescência de Raios-X da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ – amostras ST-259 e ST-265). As amostras foram analisadas para elementos maiores, menores e traços (Tabela 9), sendo que a seleção destas foi baseada principalmente em critérios de campo e petrográficos, como descrito no capítulo 4.

A norma CIPW foi calculada a partir do software GCDkit (Tabela 10) e nela podemos destacar o alto percentual de albita (sempre acima de 42%), enquanto anortita varia entre 13 a 19% e o ortoclásio entre 3 e 11% mostrando que o magma primário seria cálcio-alcálico rico em Na₂O. Podemos destacar também a presença de coríndon em todas as amostras, com exceção da ST-29 e ST-34b.

Em termos gerais, o ortognaisse trondhjemítico Canoas apresenta conteúdo de SiO₂ variando de 63,87 a 74,83%, destacando-se que as amostras ST-12b (corpo pequeno – Anexo I – Mapa Geológico) e ST 259 (borda sudoeste da Serra de São Miguel) são anormalmente enriquecidas em SiO₂. Neste contexto, essas duas amostras poderiam não fazer parte do ortognaisse trondhjemítico Canoas. Cabe ainda destacar o baixo conteúdo de FeO_t + MgO (entre 1,78 e 5,27%), de K₂O (0,58 a 1,75%), de Rb (20 a 100 ppm) e elevados valores de Na₂O (4,69 a 5,81%), de Ba (402 a 1249 ppm) e de Sr (646 a 1052 ppm). O conteúdo mais elevado de CaO das amostras ST-29 e ST 34b pode estar relacionado à assimilação de rochas da sequência *greenstone belt*, porém somente uma das mesmas (ST-34b) é extremamente anômala em Y, podendo indicar a presença de xenotímio.

A partir dos diagramas de Harker (Figura 76) caracteriza-se que o MgO, FeO_t, TiO₂, K₂O, Al₂O₃, CaO e P₂O₅ apresentam *trend* negativo em relação a SiO₂, onde os quatro primeiros seriam controlados pela cristalização da biotita e minerais opacos, enquanto o Al₂O₃, Na₂O e CaO estariam associados ao fracionamento do plagioclásio e o P₂O₅ e o CaO estariam associados a apatita. O *trend* positivo para Na₂O e negativo para K₂O aponta para uma evolução semelhante a das suítes trondhjemíticas que, tipicamente, não apresentam feldspato potássico, diferenciando-a das suítes cálcio-alcálicas.

No diagrama de Shand (1943) podemos observar que as amostras ficam próximas do limite entre os campos peraluminoso/metaluminoso (Figura 77), enquanto no diagrama TAS

de Cox *et al.* (1979) as amostras variam de granitos a granodioritos (Figura 78), pois este não distingue as rochas ricas em potássio das ricas em sódio. Porém no diagrama triangular dos feldspatos de O'Connor (1965), as amostras plotam nos campos dos trondhjemitos e granodioritos (Figura 79).

Tabela 9 – Resultados das análises químicas das amostras do ortogneisse trondhjemítico Canoas.

Óxidos	ST-12a	ST-12b	ST-12b*	ST-29	ST-104	ST-105	ST-105*	ST-119	ST-34b	ST-259	ST-265
SiO ₂	66,04	74,28	74,20	68,32	63,87	70,03	70,05	68,51	67,13	74,83	70,77
TiO ₂	0,43	0,11	0,11	0,24	0,57	0,30	0,29	0,32	0,28	0,12	0,26
Al ₂ O ₃	16,33	14,22	14,17	16,45	17,78	15,83	15,73	16,36	16,33	14,29	15,68
FeO _t	4,17	1,92	1,92	2,50	4,17	2,56	2,55	2,83	2,85	1,56	2,55
MnO	0,04	0,02	0,02	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,06	0,02	0,04
MgO	1,09	0,07	0,09	0,50	1,10	0,62	0,61	0,62	0,85	0,22	0,57
CaO	3,27	2,67	2,66	3,99	3,34	2,90	2,91	2,94	3,82	2,17	3,03
Na ₂ O	4,69	4,98	4,92	5,00	5,81	5,38	5,38	5,69	5,05	4,94	5,17
K ₂ O	1,75	0,58	0,58	1,14	1,61	1,06	1,06	1,14	1,43	1,01	0,95
P ₂ O ₅	0,20	0,07	0,07	0,09	0,20	0,10	0,09	0,11	0,11	0,02	0,09
Loi	0,84	0,44	0,46	0,76	0,48	0,36	0,40	0,44	0,94	1,08	0,83
Total	98,85	99,35	99,19	99,04	98,97	99,16	99,10	98,99	98,85	100,26	99,93
Ba	870	402	415	579	1117	747	756	1234	715	1249	774
Ce	168	73	35	42	109	70	84	103	35	-	-
Co	51	61	60	46	45	21	21	58	28	5	8
Cr	11	13	13	13	13	13	13	13	20	5	32
Cu	7	5	5	5	6	5	5	14	6	-	-
Ga	21	18	16	19	25	20	20	20	18	29	28
La	124	29	34	42	54	53	56	135	742	-	-
Nb	9	9	9	9	9	9	9	9	9	23	22
Nd	39	14	14	14	14	14	14	30	319	-	-
Ni	5	5	5	5	5	5	5	5	6	42	39
Pb	7	4	5	6	9	4	4	5	8	-	-
Rb	96	20	20	40	74	47	45	25	52	80	100
Sc	14	14	14	14	14	14	14	14	14	-	-
Sr	677	646	646	867	1022	834	835	1001	819	1009	1052
Th	16	14	13	7	24	9	9	16	10	-	-
U	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	-
V	39	27	18	19	44	27	35	43	43	17	27
Y	12	5	5	19	15	5	5	14	133	21	22
Zn	67	19	19	52	66	43	42	38	56	56	71
Zr	172	95	96	135	273	128	127	151	127	212	281
Cl	64	50	50	50	88	50	50	50	50	-	-
F	562	500	500	500	846	500	500	500	500	-	-
S	550	550	550	550	550	550	550	550	550	-	-

Obs: *: repetição de análise devido a rotina do laboratório. -: não analisado.

Tabela 10 – Norma CIPW das amostras analisadas. Q = quartzo, C = coríndon, Or = ortoclásio, Ab = albita, An = anortita, Hy = hyperistênio, Il = ilmenita, Tn = titanita, Ru = rutilo e Ap = apatita.

	ST-12a	ST-12b	ST-12b*	ST-29	ST104	ST-105	ST-105*	ST-119	ST-34b	ST-259	ST-265
Q	25,57	38,62	38,96	27,00	16,62	28,91	28,92	25,22	24,47	38,21	31,07
C	1,34	0,74	0,80	0,00	0,94	0,83	0,68	0,72	0,00	1,19	0,90
Or	11,02	3,53	3,54	7,03	10,09	6,51	6,51	7,04	8,89	6,09	5,82
Ab	42,29	43,44	43,00	44,17	52,12	47,30	47,34	50,30	44,95	42,83	45,28
An	15,89	13,18	13,16	19,91	16,18	14,27	14,40	14,48	18,58	10,93	14,94
Hy	2,89	0,18	0,23	1,30	2,90	1,60	1,58	1,61	2,23	0,56	1,47
Il	0,09	0,04	0,04	0,11	0,09	0,07	0,06	0,07	0,13	0,03	0,08
Tn	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00
Ru	0,41	0,09	0,09	0,15	0,56	0,28	0,27	0,29	0,06	0,11	0,22
Ap	0,51	0,17	0,17	0,22	0,50	0,25	0,22	0,27	0,28	0,04	0,22
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

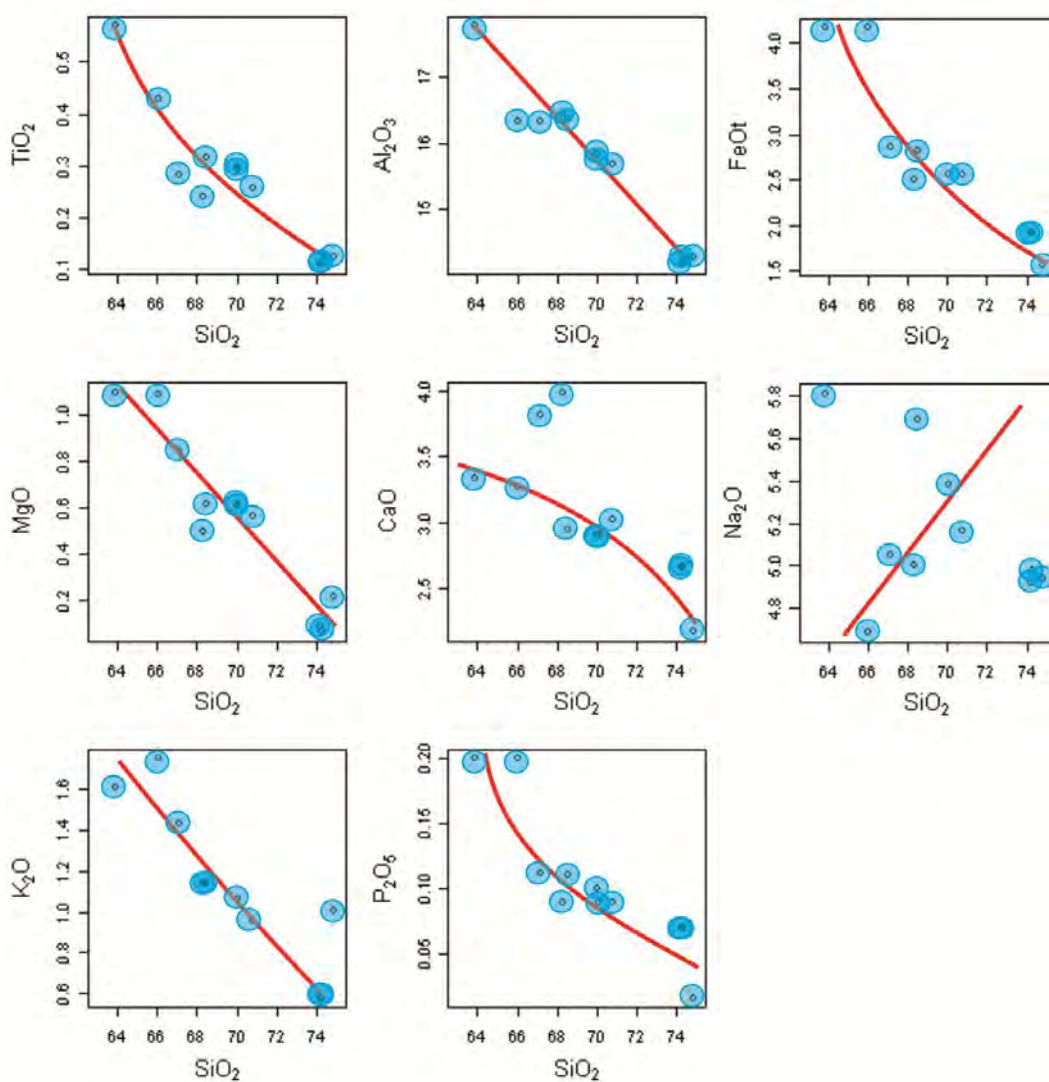


Figura 76 – Diagrama de Harker para as amostras do ortogneiss trondjemítico Canoas, com seu possível *trend* (interpretado) marcado por uma linha vermelha.

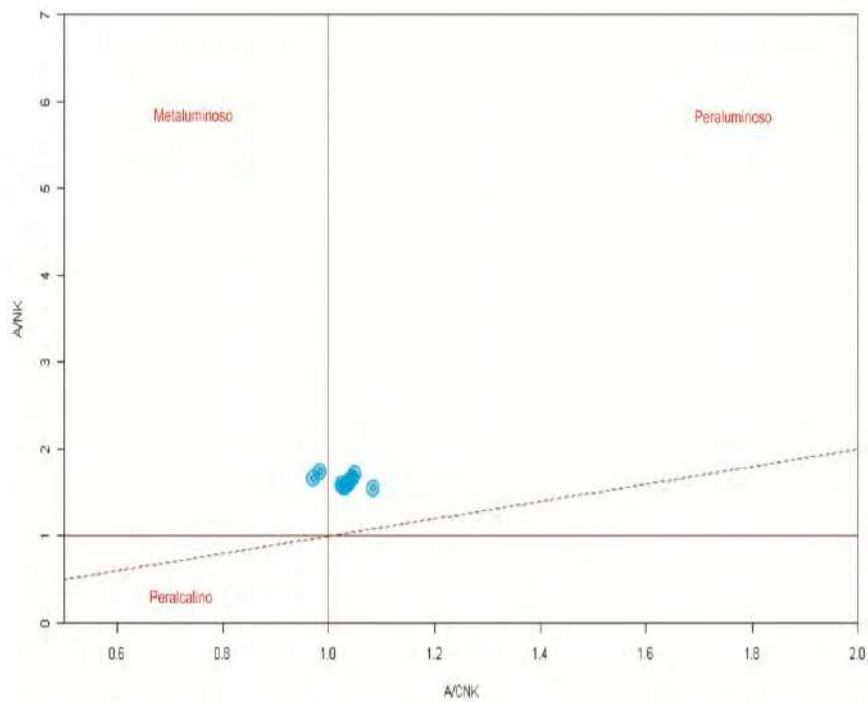


Figura 77 – Diagrama de Shand (1943) para as amostras do ortognaisse trondhjemítico Canoas, onde $A/NK = Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$ e $A/CNK = Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$.

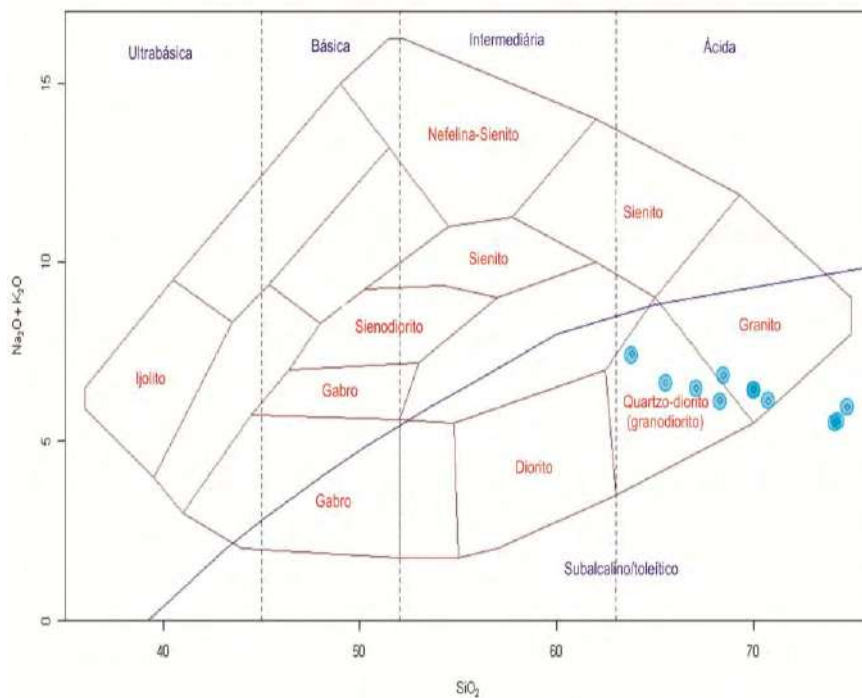


Figura 78 – TAS (Cox *et al.*, 1979) para as amostras do ortognaisse trondhjemítico Canoas.

No diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971) as rochas tendem a se alinharem segundo o *trend* da série cálcio-alcalina (Figura 80), com empobrecimento em FeO_t e MgO , enquanto no diagrama de Barker & Arth (1976) estas posicionam próximos ao *trend* evolutivo das rochas trondhjemíticas mostrando marcante enriquecimento de Na_2O em relação a K_2O (Figura 81). Em termos gerais, a composição química do ortognaisse trondhjemítico Canoas é condizente com a de um trondhjemito, como descrito por Barker (1979), com um percentual

de SiO_2 entre 67 e 74%, Na_2O acima de 4,6% e K_2O abaixo de 1,7%. Esses dados são correlacionados pelo índice de cor das mesmas que atinge valor máximo de 13. Portanto pode-se sugerir que esse corpo pertença a série trondjemítica.

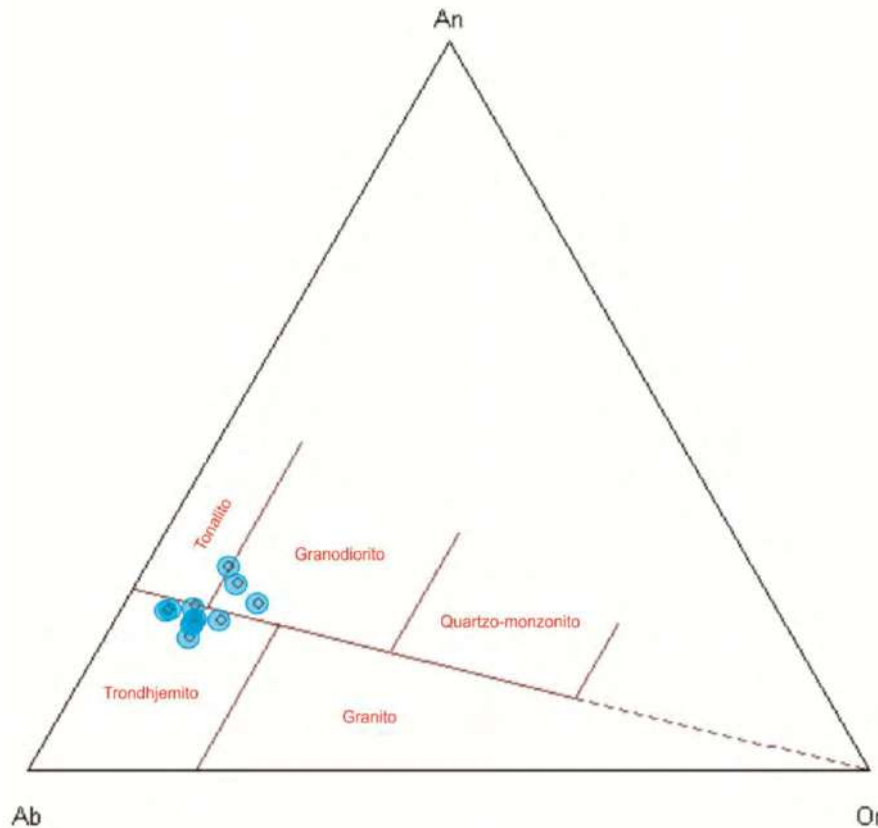


Figura 79 - Diagrama triangular dos feldspatos de O'Connor (1965) para as amostras do ortogneisse trondjemítico Canoas, onde Ab = albita, An = anortita e Or = ortoclásio (todos normativos).

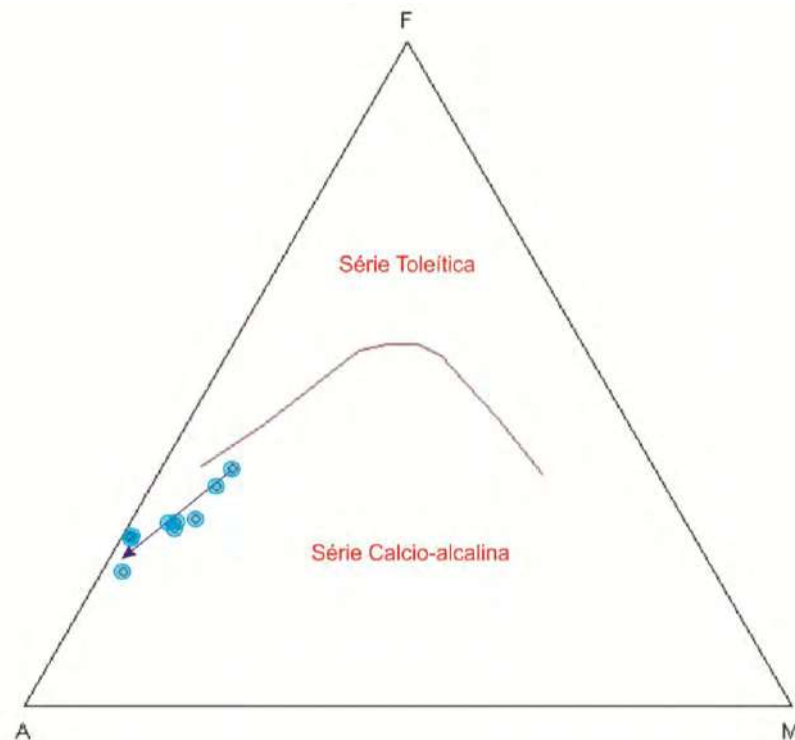


Figura 80 - Diagrama AFM de Irvine & Baragar (1971) para as amostras do ortogneisse trondjemítico Canoas.

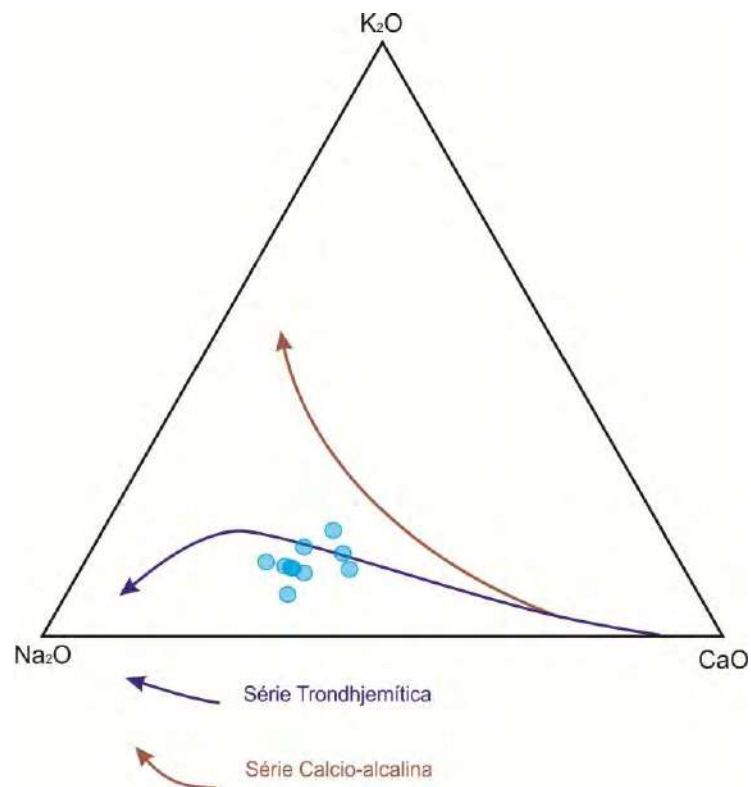


Figura 81 – Diagrama de Barker & Arth (1976) para as amostras do ortogneisse trondhjémítico Canoas.

Segundo o diagrama $[Y+Nb] \times Rb$ de Pearce *et al.* (1984) as amostras do ortogneisse trondhjémítico Canoas plotam no campo dos corpos de arco vulcânico, com apenas uma amostra anômala ($Y = 134$ ppm), situada no campo dos granitos intraplaca (**Figura 82**). No diagrama $SiO_2 \times Al_2O_3$ (Barker, 1979) as amostras estudadas plotam no campo dos trondhjemitos de alto Al_2O_3 ou continentais (**Figura 83**).

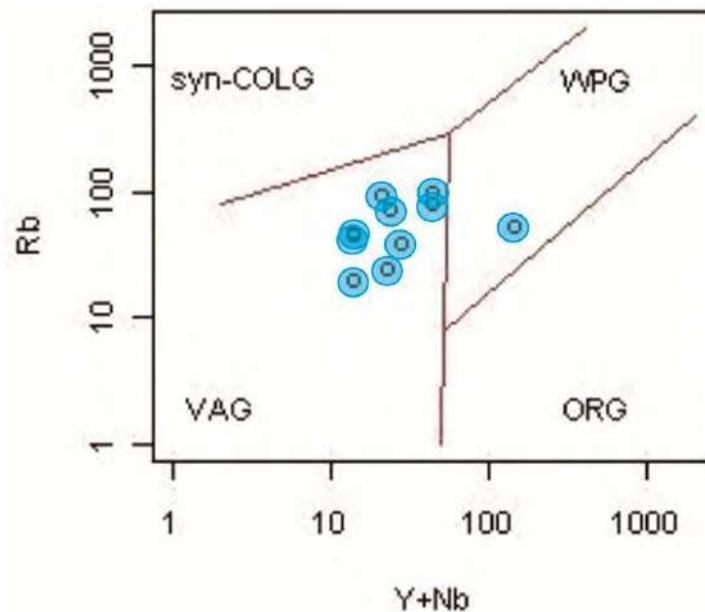


Figura 82 - Diagrama $[Y+Nb] \times Rb$ de Pearce *et al.* (1984) para as amostras do ortogneisse trondhjémítico Canoas. VAG = granito de arco vulcânico; ORG = granito orogênico; WPG = granito intraplaca; syn-COLG = granito sin-colisional.

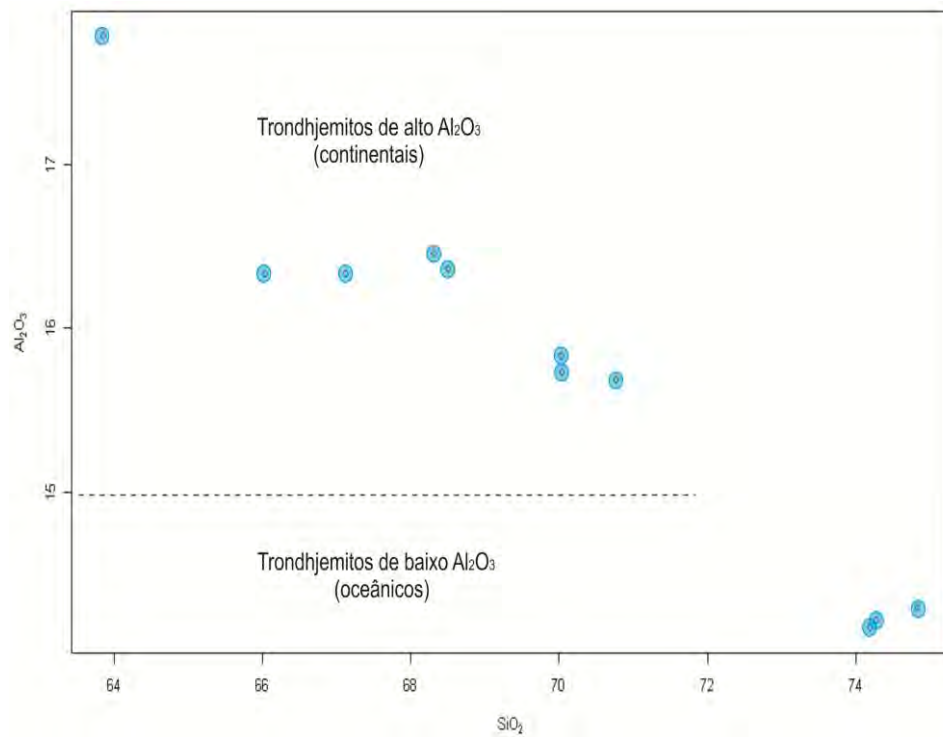


Figura 83 - Diagrama $SiO_2 \times Al_2O_3$ de Barker (1979) para as amostras do ortognaisse trondhjemítico Canoas.

8.8 – METANDESITO

Foi encontrado somente um afloramento de metandesito na região estudada, o qual apresenta uma foliação bem marcada (Figura 84), com a presença de vários planos penetrativos. Esta rocha possui matriz fina, esverdeada, destacando-se a presença de fenocristais euédricos e milimétricos de feldspato. O metandesito está em contato com um granitóide e foram identificados diversos pedaços deste último no metandesito (Figura 85). Estes fragmentos podem ser interpretados como estando associados a uma possível brecha magmática ou serem xenólitos do granitóide no metandesito (que, neste caso, teria que corresponder a um corpo subvulcânico).



Figura 84 – Planos paralelos que marcam a foliação no metandesito (ponto ST-190).

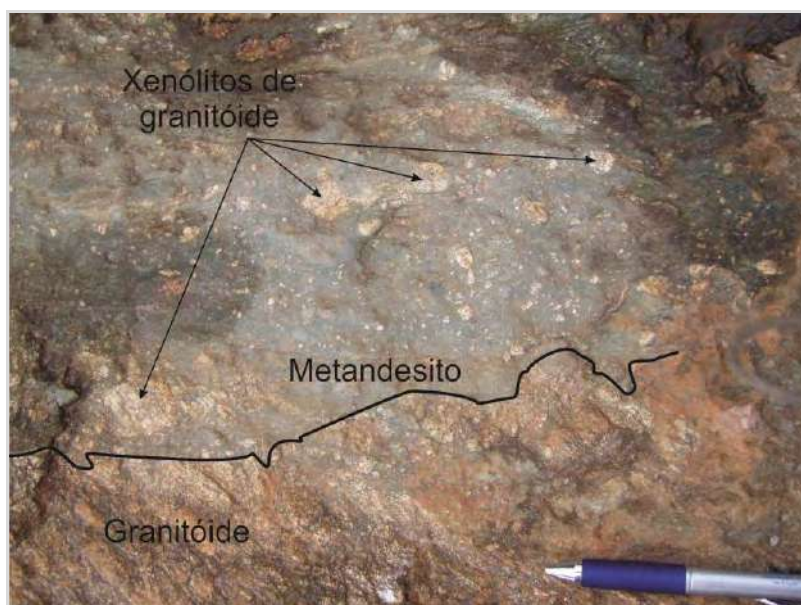


Figura 85 - Contato entre o metandesito e o granitóide, onde foram caracterizados fragmentos do granitóide inclusos no andesito (ponto ST-190).

8.9 – GRANITÓIDES

Todo o conjunto de rochas, tanto do *greenstone belt*, como os ortognaisses são cortados por corpos graníticos alongados segundo a direção NNE-SSW, que podem apresentar até 2 km de comprimento e 600 m de largura. Esses corpos foram correlacionados a facies média do granitóide Ritápolis, que aflora a sudeste e a leste da área estudada. Segundo Souza (2009) o granitóide Ritápolis seria intrusivo no "gnaisse São Tiago". Porém os dados de campo obtidos apontam que os gnaisses mapeados por Souza (2009) e designados de "gnaisse São Tiago" corresponderiam, na realidade, as rochas do ortognaisse trondhjemítico Canoas. Desta maneira admite-se que o granitóide Ritápolis seria intrusivo no ortognaisse trondhjemítico Canoas (Figuras 86 e 87).

Estes corpos possuem composição granítica, granulação média (Figura 88), foliação incipiente (quase imperceptível nos afloramentos) e são compostos por quartzo, microclina, plagioclásio e biotita. A principal forma de exposição dessas rochas é em saprólitos e em grandes blocos semi arredondados *in situ* (Figura 89), os quais não favorecem ao mensuramento das estruturas de forma confiável.

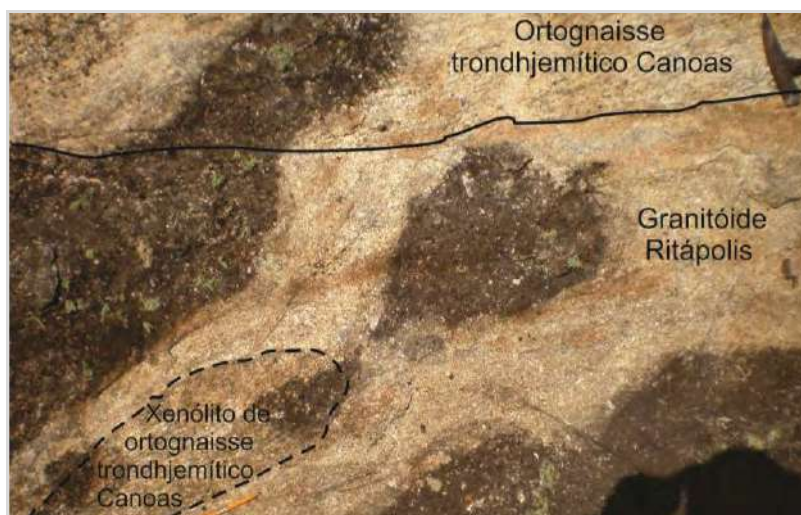


Figura 86 – Xenólito do ortognaisse trondhjemítico Canoas no granitóide Ritápolis próximo ao contato entre ambos.

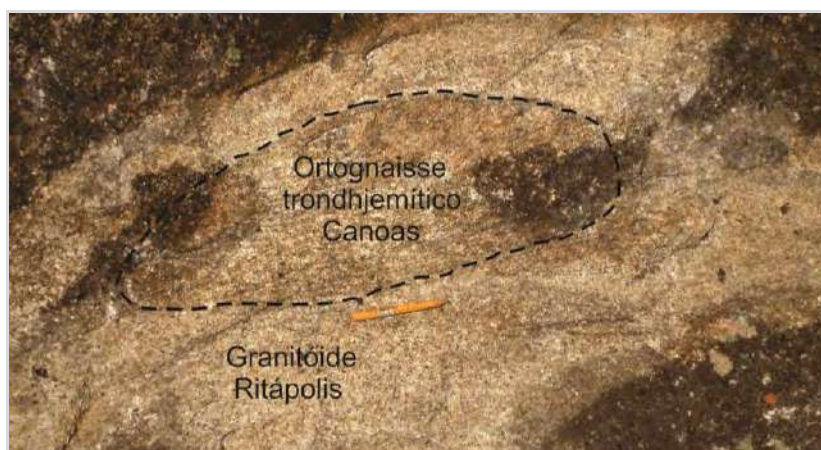


Figura 87 – Detalhe do xenólito do ortognaisse trondhjemítico Canoas no granitóide Ritápolis.



Figura 88 - Amostra do granitóide, referente ao ponto ST-126.



Figura 89 - Blocos *in situ* do granitóide, ponto ST-126.

8.10 – VEIOS E PEGMATITOS

Os pegmatitos cortam quase todos os corpos estudados e são cortados por veios de quartzo ou veios de epidoto que estão encaixados em falhas e fraturas existentes na região.

8.10.1 – Pegmatitos

Três gerações de pegmatitos são encontradas na região: a primeira associada ao ortognaisse granítico São Tiago, e, inclusive, encontra-se dobrada com este; a segunda está associada ao ortognaisse tonalítico Bandeira, enquanto a terceira geração está associada ao granitóide Ritápolis e nitidamente corta a fase pegmatítica relacionada ao ortognaisse granítico São Tiago, além de não ser observada dobrada (Figura 90). Todas as gerações apresentam textura gráfica (Figura 91) e possuem granulações que variam de média a muito grossa.

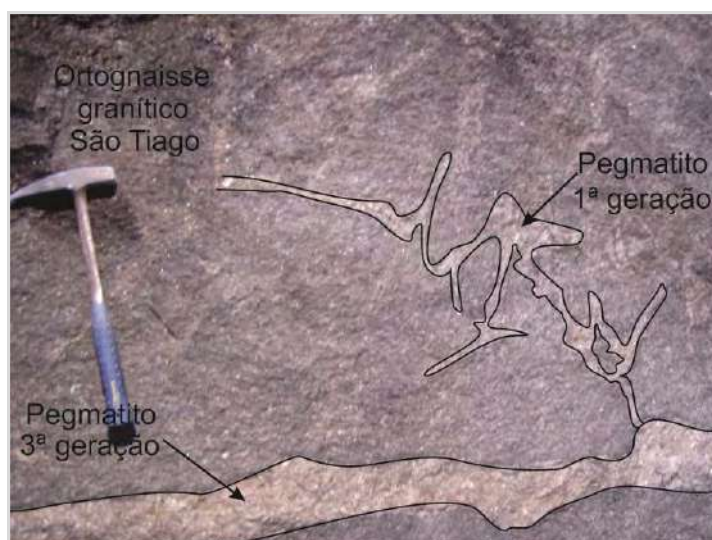


Figura 90 – Duas gerações de corpos pegmatíticos cortando o ortognaisse granítico São Tiago. A primeira geração mais velha está deformada e dobrada, enquanto a terceira geração mais nova corta a mais antiga (ponto ST-03).



Figura 91 – Pegmatito com textura gráfica cortando o ortognaisse tonalítico Bandeira, referente à segunda geração (ponto ST-197).

A composição mineralógica dos pegmatitos é representada por quartzo, feldspato potássico e raro plagioclásio, sendo que a segunda geração pode apresentar ainda magnetita naqueles pontos onde a granulação é muito grossa ou onde se observa um zonamento do mesmo, formando um núcleo quartzoso (Figura 92).



Figura 92 - Pegmatito com núcleo quartzoso cortando o ortognaisse tonalítico Bandeira, referente à segunda geração (ponto ST-217).

8.10.2 – Veios de quartzo ou epidoto

Os veios de quartzo e epidoto aproveitaram os planos de fraqueza existentes na região, os quais estariam relacionados a um evento de deformação rúptil. Todos os veios possuem tendência de orientação NNW-SSE e são muito comuns na área, podendo ser observados em quase todos os lajedos. Os veios são inclusive posteriores aos pegmatitos (Figuras 93 e 94).



Figura 93 - Veio de epidoto cortando pegmatito encaixado no ortognaisse tonalítico Bandeira. Destaca-se ainda a presença de uma expressiva zona de epidotização no contato entre o pegmatito e o veio (ponto ST-199).

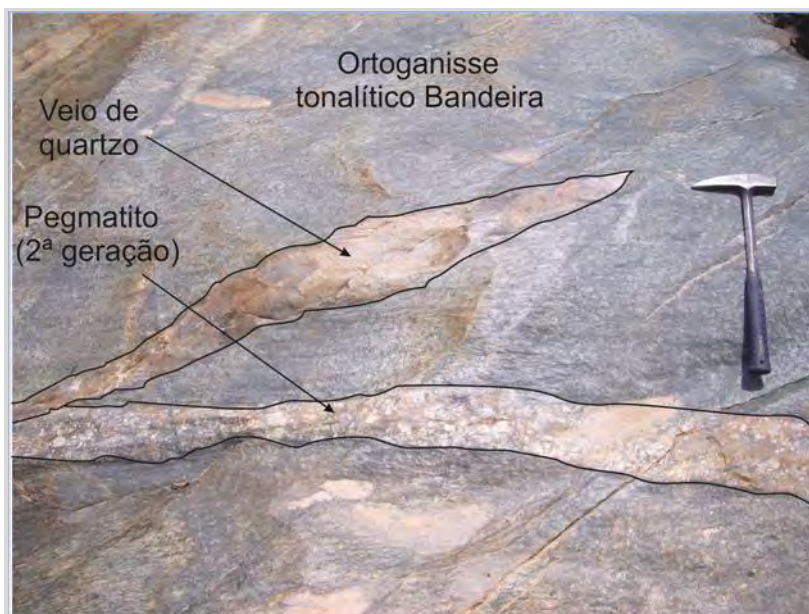


Figura 94 - Veio de quartzo cortando pegmatito encaixado no ortognaisse tonalítico Bandeira (ponto ST-217).

8.11 – DIQUE DE NORITO

Apresenta-se pontualmente na área mapeada em blocos métricos *in situ*, cortando apenas o ortognaisse tonalítico Serra, o que nos deixa dúvida com relação a sua posição temporal em relação às demais rochas. Os diques apresentam cor escura, granulação média e são compostos por plagioclásio e piroxênio em cristais aciculares e tabulares (Figura 95). Em uma lâmina petrográfica foi observada substituição parcial do ortopiroxênio por um anfibólio (Figura 96).



Figura 95 - Bloco de norito com os cristais aciculares aparecendo na superfície, ponto ST-70.

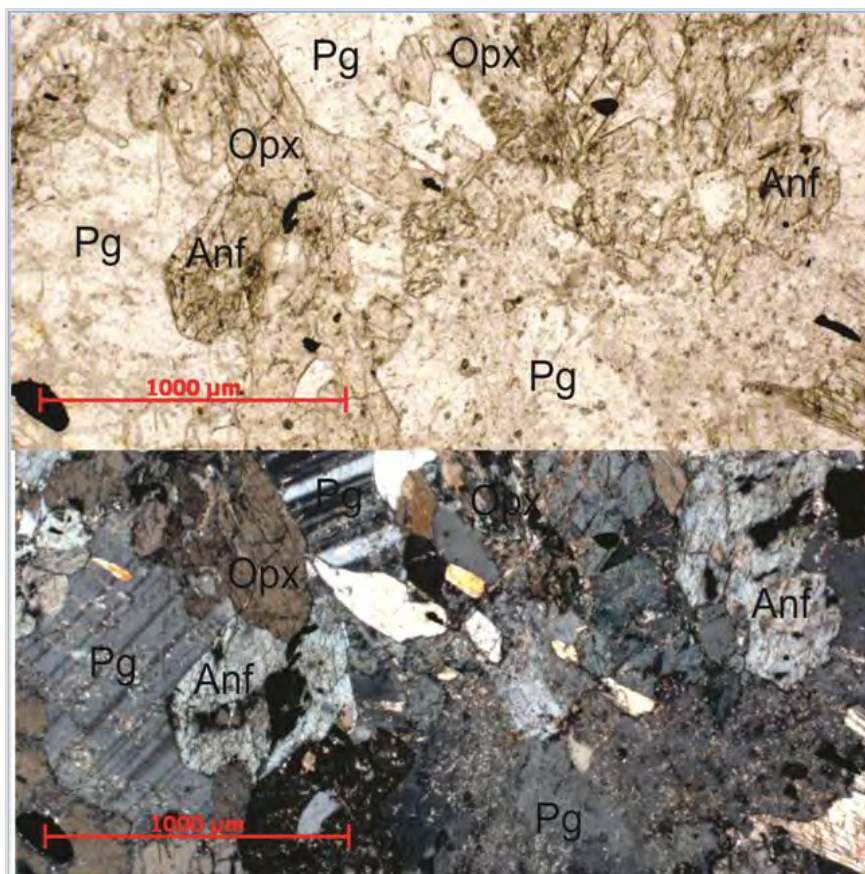


Figura 96 – Norito composto por plagioclásio, ortopiroxênio e anfibólio, com nicóis des cruzados (acima) e cruzados (abaixo). Pg = plagioclásio; Opx = ortopiroxênio; Anf = anfibólio.

8.12 – DIQUES DE DIABÁSIO E METADIABÁSIO

Os diques de diabásio possuem *strike* ENE-WSW, cortam todos os corpos da região e apresentam cerca de 10 m de largura, estendendo-se por mais de 2 km. Apresentam granulação muito fina, tipicamente subvulcânica, com coloração esverdeada e ausência de fenocristais (Figura 97). São encontrados em blocos *in situ*, com tamanhos que variam de centímetros a até 3 m (Figura 98).



Figura 97 - Bloco de diabásio mostrando matriz homogênea, onde se destaca a ausência de fenocristais (ponto ST-144).



Figura 98 - Blocos de diabásio alinhados apontando para o *strike* do dique (ponto ST-145).

Foram feitas três lâminas desta rocha para melhor classificá-la, e nelas pode-se observar uma composição gabróica, com textura subofítica e granulação muito fina, confirmando que os mesmos são diabásios (Figura 99).

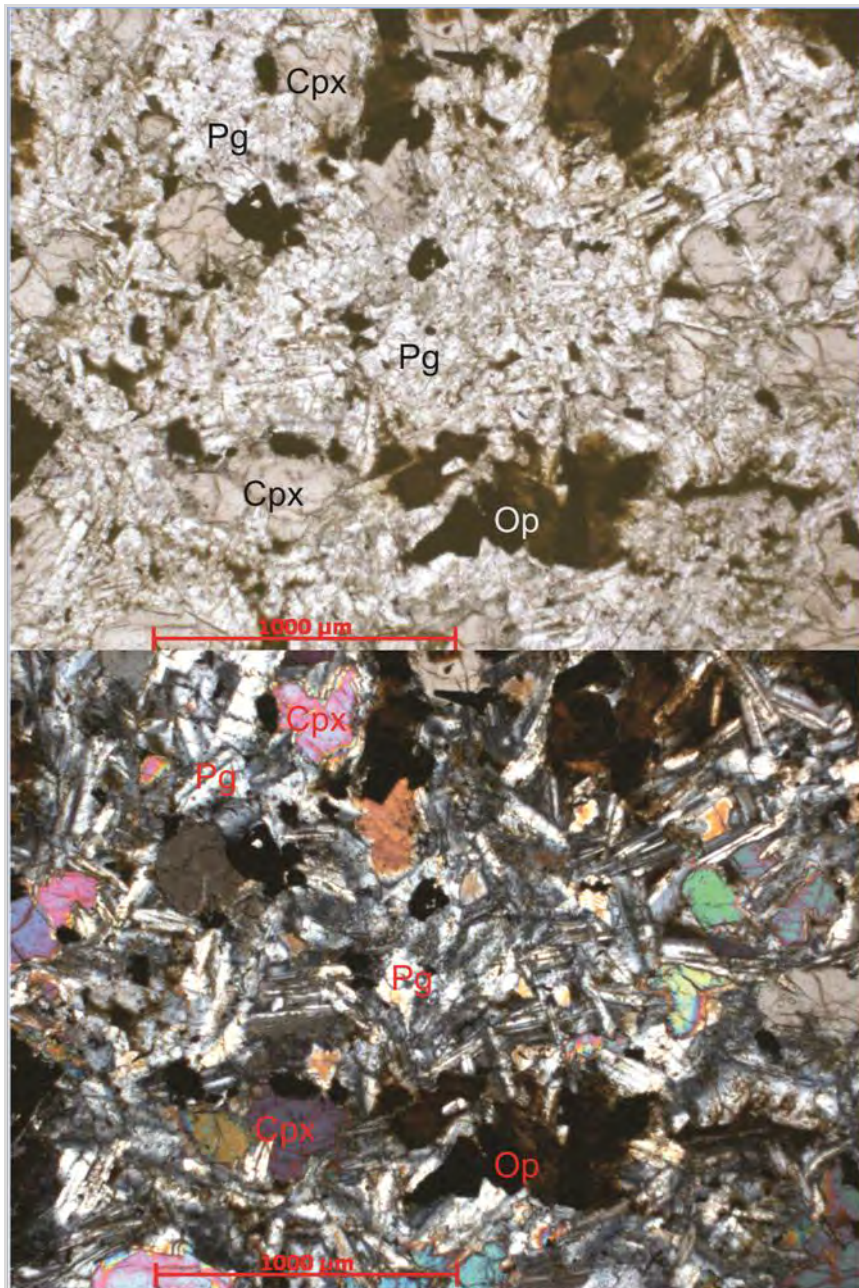


Figura 99 – Diabásio com textura subofítica e granulação muito fina (ponto ST-156). Pg = plagioclásio; Cpx = clinopiroxênio; Op = minerais opacos.

9 – GEOLOGIA ESTRUTURAL

Optou-se pelo entendimento da evolução estrutural da área estudada a partir da caracterização das principais feições deformacionais de cada unidade de mapeamento. A sequência *greenstone belt* estudada apresenta pelo menos uma fase de deformação, que é responsável pela foliação NNE-SSW (Figura 100), porém a falta de afloramentos e o estado de alteração intempérica das rochas dificultaram a visualização de outras fases de deformação, que precederiam a mesma.

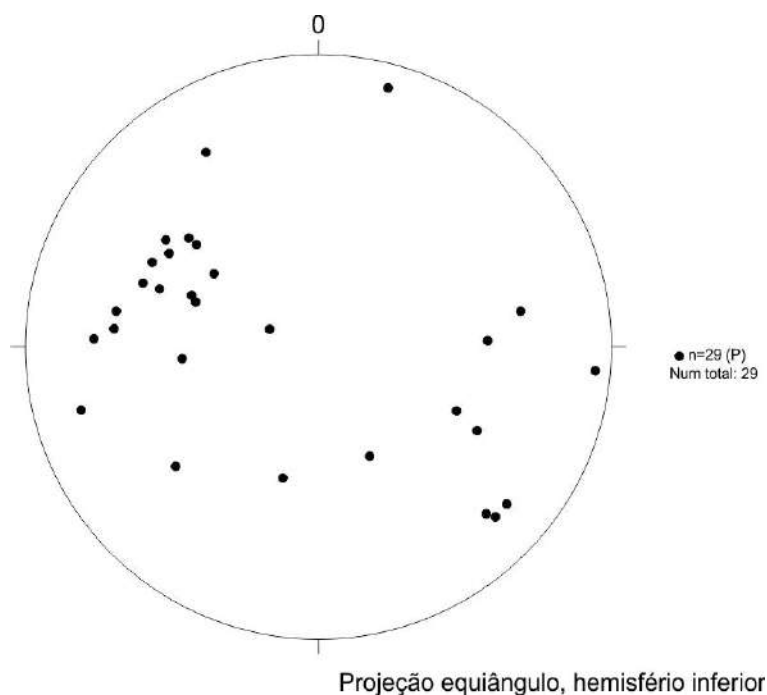


Figura 100 - Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação obtidos nas rochas da sequência *greenstone belt* segundo Stohler (2011).

Segundo Stohler (2011), o ortogneisse granítico São Tiago apresenta pelo menos três fases deformacionais representadas por: *i*) foliação e bandamento gnáissico (D_1) (Figura 101); *ii*) Dobras apertadas a isoclinais (D_2) (Figura 102) subparalelas a D_1 ; *iii*) Dobras abertas (D_3) (Figura 103), que deformam suavemente as fases anteriores. Ocorrem ainda zonas de cisalhamento, que cortam o ortogneisse granítico São Tiago, podendo as mesmas serem dextrais ou sinistrais, onde foram definidas 3 direções principais: E-W, NW-SE, e NNE-SSW.

O contato entre o ortogneisse granítico São Tiago e as rochas do *greenstone belt* (Anexo I – Mapa geológico) foi interpretado como associado a falhas, onde o bloco leste encontra-se rebaixado em relação ao bloco oeste. A presença dessa falha foi inferida devido à ausência de contato, em campo, entre as duas unidades, bem como a ausência de xenólitos da sequência *greenstone belt* no ortogneisse granítico São Tiago.

Caracterizou-se que, no ortognaisse tonalítico Bandeira, a foliação têm direção principal NE-SW (Figura 104), enquanto no ortognaisse tonalítico Serra, têm direção N-S (Figura 105). Não foram feitas medidas de foliação no ortognaisse trondhjemítico Canoas, pois a falta de afloramentos e o elevado estado de alteração intempérica, bem como a falta de minerais marcadores de foliação impediram uma análise mais acurada dos esforços tectônicos atuantes neste corpo.

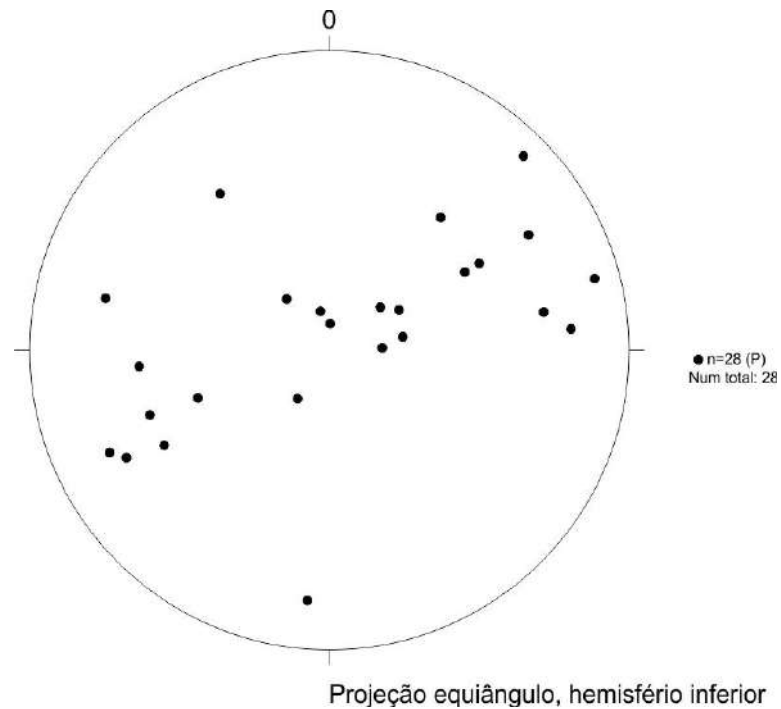


Figura 101 - Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação D_1 obtidos no ortognaisse granítico São Tiago segundo Stohler (2011).

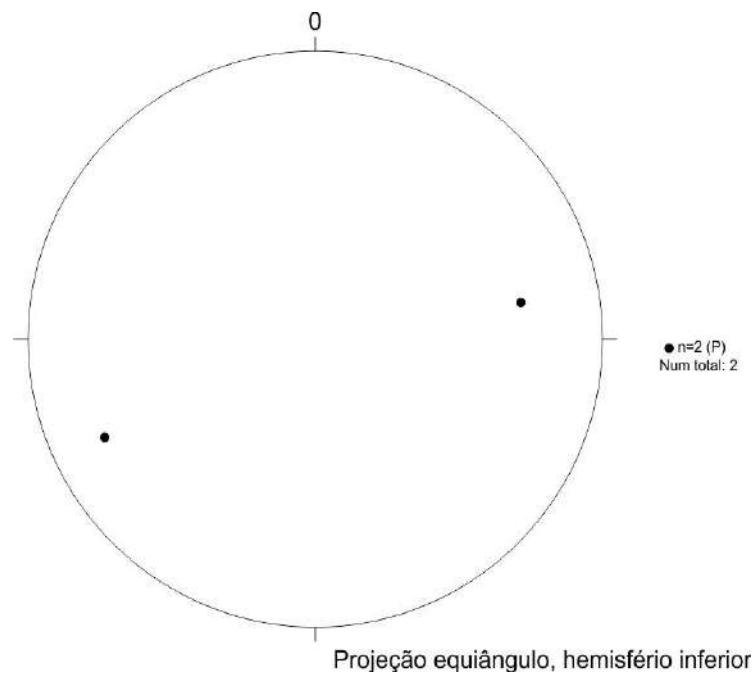
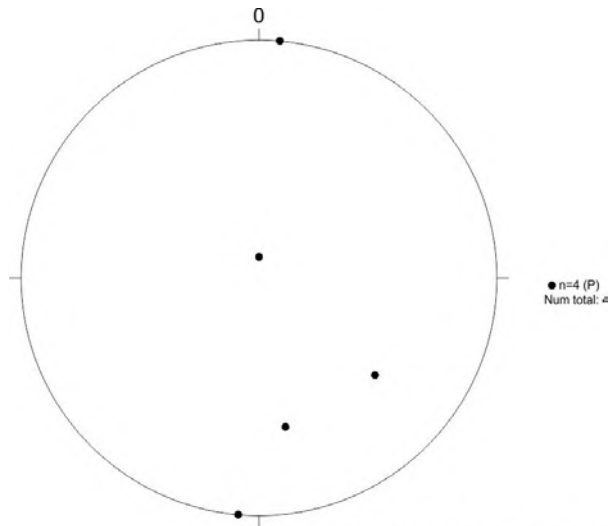
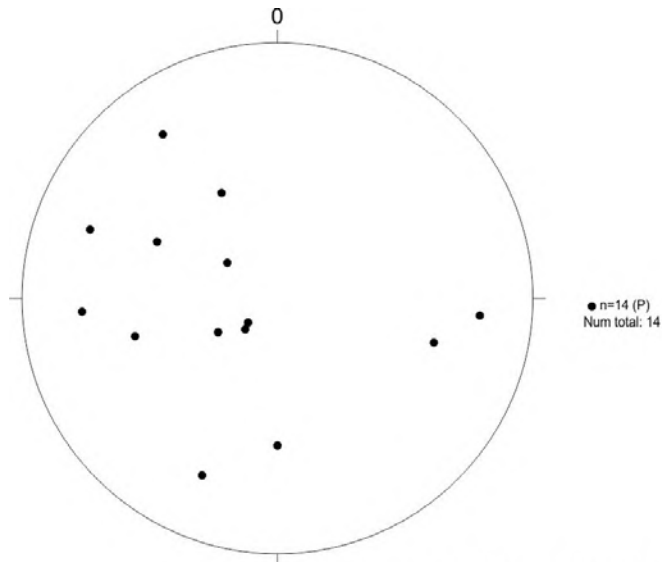


Figura 102 - Estereograma mostrando os pólos dos planos das dobras D_2 obtidos no ortognaisse granítico São Tiago segundo Stohler (2011).



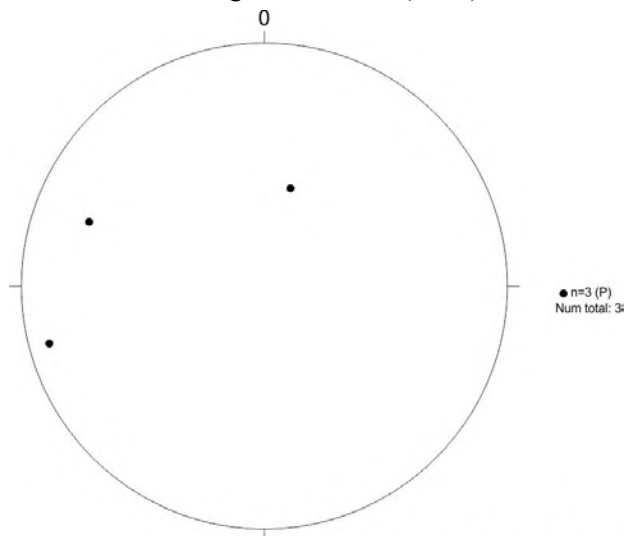
Projeção equiângulo, hemisfério inferior

Figura 103 - Estereograma mostrando os pólos dos planos das dobras D_3 obtidos no ortognaisse granítico São Tiago segundo Stohler (2011).



Projeção equiângulo, hemisfério inferior

Figura 104 - Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação obtidos no ortognaisse tonalítico Bandeira segundo Stohler (2011).



Projeção equiângulo, hemisfério inferior

Figura 105 - Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação obtidos no ortognaisse tonalítico Serra segundo Stohler (2011).

O granitóide Ritápolis não apresenta nenhuma estrutura de deformação visível, assim como os diques de diabásio e norito. Porém, os pegmatitos associados ao granitóide Ritápolis estão dobrados de acordo com a deformação D_3 , presente no ortognaisse granítico São Tiago, evidenciando, então, a presença de uma fase de deformação (D_3) posterior a intrusão do granitóide Ritápolis.

As duas primeiras fases de deformação observada nos afloramentos são referentes a um evento de formação destes corpos, no Sideriano ou no final do Neoarqueano, anterior à formação do cinturão Mineiro, pois o corpo mais antigo datado possui idade de 2701 ± 38 Ma. em leucossoma (U/Pb – SHRIMP) apresenta-se deformado por estas fases. A terceira fase de deformação observada pode ser associada ao evento de formação do cinturão Mineiro, no Riacciano (Figura 106), obliterando grande parte das estruturas anteriores na região, mas as deixando bem preservadas na área estudada. Os diques de diabásio intrudem com *strike* quase E-W, aproveitando a estruturação imposta pelo evento Riacciano, sendo, no mínimo, de mesma idade.

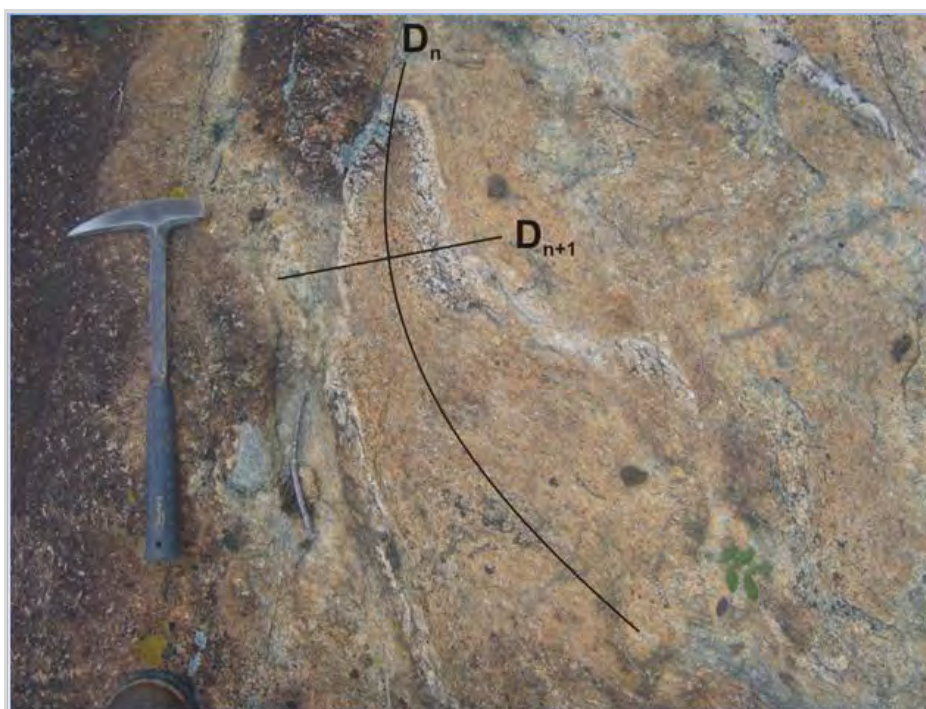


Figura 106 - Pegmatito dobrado em duas fases de deformação distintas (ST-195).

Na área de trabalho da presente monografia foram observadas diversas falhas de pequeno porte, com rejeito aparente sinistral (Figura 107), que deslocam os pegmatitos e veios de quartzo.



Figura 107 – Veio de quartzo afetado por uma falha sinistral (ST-217).

10 – DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

O mapeamento geológico entre as cidades de São Tiago e Resende Costa permitiu a identificação de oito unidades litoestratigráficas (**Anexo I – Mapa geológico**):

- 1 – Uma sequência *greenstone belt*, representada por rochas metaultramáficas, metamáficas, metafélicas e metassedimentares, bem como por gnaisses e epidositos;
- 2 – Ortognaisse granítico São Tiago que corresponde a um grande corpo gnáissico com diversos litótipos associados (e pegmatitos), cujas idades de cristalização correspondem a 2701 ± 38 Ma (leucossoma) e 2667 ± 43 Ma (mesossoma) (Toledo *et al.*, 2010);
- 3 – Uma sequência metassedimentar, representada por BIFs, gonditos e quartzitos, com idade máxima de deposição de 2,4 Ga (Teixeira *et al.*, 2011);
- 4 – Ortognaises tonalíticos Bandeira e Serra e ortognaisse trondhjemítico Canoas (com pegmatitos associados). São corpos compostos por feldspato e quartzo, onde a biotita pode alcançar até cerca de 15% nos gnaisses tonalíticos e ocorre com proporção inferior a 10% no gnaisse trondhjemítico;
- 5 - Rochas metafélicas representadas por um metandesito que aflora unicamente no ponto ST-190;
- 6 – Granitóides e pegmatitos, compostos por feldspato, quartzo e rara biotita. Estes são intrusivos na sequência *greenstone belt* e no ortognaisse trondhjemítico Canoas;
- 7 – Diques noríticos compostos por plagioclásio, ortopiroxênio e anfibólio, que são intrusivos no ortognaisse Serra;
- 8 – Diques máficos que reúnem pelo menos seis corpos intrusivos tabulares distintos, que podem ser de metadiabásio e de diabásio. O dique de metadiabásio é intrusivo no ortognaisse granítico São Tiago e os diques de diabásio são intrusivos nas rochas da sequência *greenstone belt*, no ortognaisse granítico São Tiago, nas rochas da sequência metassedimentar (quartzitos) e no ortognaisse tonalítico Bandeira.

10.1 – RELAÇÕES DE CAMPO

Na área estudada foram encontrados quatro ortognaises que podem ser diferenciados e assemelhados por suas estruturas, índice de cor, composição petrográfica e feições geoquímicas (**Tabela 11**). Caracterizou-se que todos os quatro ortognaises são envolvidos por rochas da sequência *greenstone belt*, que é composta por anfibolitos, serpentinitos, gnaisses, xistos, filitos e epidositos. Esta unidade foi considerada como a mais antiga na área mapeada por ser encontrada como xenólitos no ortognaisse tonalítico Bandeira (**Figura 19**) e por ser cortada por diversos pegmatitos, associados tanto ao ortognaisse granítico São Tiago (idade de 2701 ± 38 Ma), quanto aos ortognaises Bandeira, Canoas e ao granitóide Ritápolis. Neste

caso a sequência *greenstone belt* estudada foi correlacionada ao *greenstone belt* Rio das Velhas, que corresponderia à faixa vulcano-sedimentar arqueana da borda meridional do cráton São Francisco. Porém estudos mais detalhados a respeito devem ser realizados.

Em termos gerais, o ortogneisse granítico São Tiago é o único corpo que apresenta estrutura migmatítica e bandamento composicional, sendo desta maneira considerado como o ortogneisse mais antigo da área. Essa proposta é corroborada pela idade de cristalização obtida por Toledo *et al.* (2010) de 2701 ± 38 Ma para o leucossoma e 2667 ± 43 Ma para o mesossoma.

Tabela 11 – Comparações de campo, petrográfica e geoquímica entre os ortogneisses da presente monografia.

Litologia	Ortogneisse tonalítico Bandeira	Ortogneisse trondhjémítico Canoas	Ortogneisse granítico São Tiago	Ortogneisse tonalítico Serra
Estrutura	Foliação marcante	Foliação incipiente	Migmatítica e bandamento	Foliação obliterada
Índice de cor	Leucocrático	Hololeucocrático	Leucocrático a hololeucocrático*	Leucocrático
Tipo de feldspato	Plagioclásio	Plagioclásio	Plagioclásio e Microclina*	Plagioclásio
Máficos predominantes	Biotita e hornblenda	Biotita	Biotita*	Biotita
Série magmática	Trondhjémítica	Trondhjémítica	Cálcio - alcalina de alto K*	<i>Sem dados</i>
Diagrama de O'Connor (1965)	Tonalito	Trondhjémito	Granito*	<i>Sem dados</i>
Diagrama de Shand (1943)	Peraluminoso a metaluminoso	Peraluminoso a metaluminoso	Peraluminoso*	<i>Sem dados</i>

* : Dados de Stohler (2011)

O ortogneisse tonalítico Serra possui índice de cor mais elevado que os demais ortogneisses, granulação fina, foliação marcante (onde esta se encontra claramente dobrada por duas fases de deformação) e é cortado por um dique de norito. Pinese *et al.* (1997) obtiveram idade modelo Sm-Nd de 2.658 ± 44 Ma para um enxame de diques noríticos que ocorrem na região de Lavras – Bom Sucesso (leste da área estudada). Neste caso, se o dique mapeado for da mesma geração dos corpos da região de Lavras, admite-se que o ortogneisse tonalítico Serra teria que estar relacionado ao Arqueano e seria de idade próxima ao ortogneisse granítico São Tiago.

Em relação à unidade metassedimentar (composta pelos BIFs, quartzitos e gonditos), admite-se que a mesma seria mais velha que os ortogneisses Bandeira e Canoas, pois se

observou que os BIFs são cortados por pegmatitos correlacionados aos ortognaisses Bandeira e Canoas. Teixeira *et al.* (2011) propuseram que a idade máxima de deposição dos BIFs associados a essa unidade seria de 2,4 Ga (obtida a partir de grãos de zircão detrítico). Neste sentido os BIFs não poderiam fazer parte da sequência *greenstone belt* que seria mais velha que 2,7 Ga (vide texto acima). Neste sentido, os BIFs somente poderiam ser correlacionados às rochas do Supergrupo Minas.

Caracterizou-se que diques e apófises do granitóide Ritápolis cortam as rochas da sequência *greenstone belt* e o ortognaisse trondhjemítico Canoas, possuindo inclusive xenólitos do mesmo (Figuras 86 e 87). Ávila (2000) apresentou uma idade mínima de cristalização para esse corpo de 2121 ± 7 Ma.

Em termos gerais, o ortognaisse tonalítico Bandeira possui índice de cor intermediário (entre hololeucocrático e leucocrático), granulação variando de fina a média e foliação bem marcada, enquanto o ortognaisse trondhjemítico Canoas apresenta índice de cor mais baixo (predominantemente hololeucocrático), granulação fina a média e foliação incipiente (Tabela 11). Esses corpos apresentam contatos irregulares com a sequência *greenstone belt*, bem como o primeiro possui xenólitos de rochas anfíbolíticas dessa sequência. De forma semelhante, pegmatitos correlacionados aos ortognaisses Bandeira e Canoas cortam os BIFs da unidade metassedimentar com idade máxima de deposição de 2,4 Ga. Como o ortognaisse Canoas é cortado por diques do granitóide Ritápolis, admite-se que o protólito desses dois gnaisses teriam cristalizado entre 2,4 e 2,1 Ga.

Em relação aos diques de diabásio e metadiabásio, caracterizou-se que os mesmos não apresentam evidências de terem sido afetados pelos eventos deformacionais e metamórficos presentes nos demais corpos. Dessa forma, sugere-se que estes estariam associados à quebra de Gondwana e a abertura do Oceano Atlântico.

10.2 – PETROGRAFIA

O ortognaisse tonalítico Bandeira é leucocrático (Figura 39), apresenta foliação metamórfica, textura predominantemente granolepidoblástica e localmente inequigranular seriada (Figura 40), enquanto o ortognaisse trondhjemítico Canoas é hololeucocrático (Figura 61), possui foliação incipiente e textura predominantemente granoblástica, sendo localmente granolepidoblástica (Figura 62). Em termos gerais, o ortognaisse tonalítico Bandeira pode ser dividido em duas facies, quanto a sua composição (facies à biotita e facies à hornblenda), enquanto o ortognaisse trondhjemítico Canoas apresenta biotita como mineral máfico predominante.

A cristalização do protólito do ortognaisse tonalítico Bandeira inicia-se com apatita, zircão, allanita e os minerais opacos idiomórficos. Estes minerais foram seguidos por plagioclásio (oligoclásio) e biotita, respectivamente, sendo que na facies à hornblenda temos ainda a cristalização desta. Por fim o quartzo cresce nos interstícios da rocha. De forma semelhante, a cristalização do protólito do ortognaisse trondhjemítico Canoas inicia-se com a formação de zircão, apatita, minerais opacos e allanita. O plagioclásio (oligoclásio) se forma apresentando um zonamento composicional normal, sendo acompanhado da formação de biotita. Por fim o quartzo se cristaliza nos interstícios da rocha.

Ambos os ortognaisses foram afetados por pelo menos dois eventos metamórficos-hidrotermais, onde no primeiro ocorreu a sericitização e epidotização do plagioclásio, reestruturação da biotita e crescimento do epídoto (pistacita) e da titanita, bem como os minerais opacos são substituídos no seu entorno por epídoto (pistacita) ou por titanita. No segundo evento ocorre o crescimento de biotita de baixa temperatura nas bordas tanto da biotita ígnea, como da metamórfica, sendo acompanhada do crescimento de clorita nos planos de clivagem da biotita.

10.3 – GEOQUÍMICA

O ortognaisse tonalítico Bandeira plota no diagrama TAS no campo dos granitos e dos granodioritos, o que não condiz com os resultados obtidos pela análise modal. Essa diferença está associada ao elevado conteúdo em SiO_2 das rochas estudadas, bem como o diagrama de Cox *et al.* (1979) utilizar $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ na ordenada, não distinguindo rochas com enriquecimento somente em Na_2O , daquelas com enriquecimento em K_2O . Para tentar resolver esse problema, foi utilizado o diagrama de O'Connor (1965) que classificou as rochas do ortognaisse Bandeira como tonalíticas (em concordância com a caracterização petrográfica). O elevado conteúdo de Na_2O propicia a correlação do mesmo à série trondhjemítica, porém o seu índice de cor é incompatível com o de um trondhjemito. Em relação ao ortognaisse trondhjemítico Canoas ocorreu o mesmo problema, porém no diagrama de O'Connor (1965) as rochas deste corpo plotam no campo dos trondhjemitos ao invés do campo dos tonalitos (condizente com sua petrografia, que apresenta índice de cor menor que 10).

Segundo Barker (1979), um trondhjemito precisa apresentar os seguintes critérios químicos:

- i) ter entre 68,0 e 75,0% de SiO_2 (o Canoas possui entre 64 e 74% e o Bandeira entre 65 e 70%);

- ii) possuir mais de 15% de Al_2O_3 , no caso de SiO_2 em torno de 70% ou menos de 15,0% no caso de SiO_2 em torno de 75% (o Canoas possui de 14 a 17% e o Bandeira entre 15 e 18%);
- iii) Apresentar a soma de $\text{FeO}_t + \text{MgO}$ menor que 3,4% (o Canoas possui de 2 a 5%, mas predominantemente abaixo de 3,4%, e o Bandeira entre 3 e 5%);
- iv) A razão entre FeO_t/MgO deve variar entre 2 e 3 (o Canoas apresenta entre 3 e 5%, com anomalia em três amostras, que apresentam razão de até 27%, e o Bandeira entre 3 e 5%);
- v) O percentual de CaO varia entre 1,5 e 3,0%, sendo que trondhjemitos cálcicos podem variar acima de 4,4 e 4,5% (o Canoas possui de 2 a 4% e o Bandeira entre 3 e 4%);
- vi) O conteúdo de Na_2O tem que variar entre 4,0 e 5,5% (o Canoas possui de 4,7 a 5,8% e o Bandeira entre 4,9 e 5,8%);
- vii) Os teores de K_2O devem ser abaixo de 2,5% (o Canoas possui valores abaixo de 1,7% e o Bandeira abaixo de 1,4%).

De acordo com o padrão descrito acima, o protólito do ortognaisse Canoas pode ser classificado como um trondhjemito, enquanto o do ortognaisse Bandeira por apresentar índice de cor mais elevado foi classificado como um tonalito. Em termos gerais, os ortognaisses tonalítico Bandeira e trondhjemítico Canoas possuem características geoquímicas muito semelhante, podendo ambos estar associados à formação em arcos vulcânicos continentais (alto Al_2O_3) ou oceânicos.

10.4 – CONTEXTO REGIONAL

Segundo os dados obtidos, os ortognaisses tonalítico Bandeira e trondhjemítico Canoas teriam uma idade de cristalização entre 2,1 e 2,4 Ga, e neste caso poderiam estar associados à evolução riaciana do Cinturão Mineiro ou se forem mais antigos, poderiam estar associados à evolução sideriana deste mesmo cinturão, semelhante ao proposto por Ávila *et al.* (2011) para o ortognaisse trondhjemítico Resende Costa, que apresenta idade de cristalização de 2.358 ± 10 Ma. Neste caso, os dois corpos estariam associados a um arco magmático mais antigo dentre os descritos para o Cinturão Mineiro.

11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmim F.F. 2004. O que faz de um cráton um cráton? O cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. *In: V.M. Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B.B. Neves (eds). Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* Beca, São Paulo, p.17-35.
- Almeida F.F.M. 1977. O cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7:349-364.
- Almeida F.F.M. 1981. O cráton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco. *In: Simpósio sobre o cráton do São Francisco e suas faixas marginais, Salvador, Anais*, p.363-391.
- Ávila C.A. 2000. *Geologia, petrografia e geocronologia de corpos plutônicos Paleoproterozóicos da borda meridional do Cráton São Francisco, região de São João Del Rei, Minas Gerais.* Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 401 p.
- Ávila C. A., Valença J. G., Moura C. A. V., Pereira R. M., Klein V. C. 2003. Geoquímica e idade do trondhjemitó Cassiterita, borda meridional do cráton do São Francisco, Minas Gerais. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro*, v.61, n.4, p.267-284.
- 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., Dussin I. A., Souza V. H. P., Bongiolo E. M., Vasques F. S. G. 2011. Implicação tectônica da caracterização geoquímica e da idade sideriana do ortognaisse Resende Costa, estado de Minas Gerais. *In: 12º Simpósio de Geologia do Sudeste, Friburgo, Anais*, p. 48.
- Barbosa J. S. F., Sabaté P. 2004. Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco Cráton, Bahia, Brazil: geodynamic features. *Precambrian Research*, 113:1-27.
- Bard J. B. 1985. *Microestruturas de rocas magmáticas y metamórficas.* Barcelona, Masson, 181p.
- Barker F., Arth J. G. 1976. Generation of trondhjemitic-tonalitic liquids and Archean bimodal trondhjemitic-basalt suites. *Geology*, 4:596–600.
- Barker F. 1979. Trondhjemitic: definition environment and hypotheses of origin. *In: Barker F. (eds). Trondhjemites, Dacites, and Related Rocks.* Elsevier, New York, p.1-12.

- Cherman A.F. 2004. Geologia, petrografia e geocronologia de ortognaisses paleoproterozoicos da borda meridional do cráton São Francisco, na Região entre Itumirim e Nazareno, Minas Gerais. Dissertação de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 259 p.
- Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG). 2000. *Airbone Geophysical Survey Minas Gerais – Brazil*. 1.ed., Minas Gerais, Target Multimídia, 1 CD-ROM.
- Delgado M. I., Souza J. D., Silva L. C., Filho N. C. S., Santos R. A., Pedreira A. J., Guimarães J. T., Angelin L. A. A., Vasconcelos A. M., Gomes I. P., Filho J. V. L., Valente C. R., Perrotta M. M., Heineck C. A. 2003. Geologia do Escudo Atlântico. In: Bizzi L. A., Schobbenhaus C., Gonçalves J. H. (eds). *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. CPRM, Brasília, p.227-334.
- Didier J., Barbarin B. 1991. The different types of enclaves in granites – Nomenclature. In: Didier J & Barbarin B. (eds.) *Enclaves and Granite Petrology*. Netherlands, Elsevier, p.19-23.
- Guimarães E.H.A. 2010. *Anfibolitos do greenstone belt Rio das Mortes e diques de metagabro-diabásio da região de Resende Costa, estado de Minas Gerais*. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 100 p.
- Heilbron M., Duarte B. P., Valeriano C. M., Simonetti A., Machado N., Nogueira J. R. 2010. O Evolution of reworked Paleoproterozoic basaltenic rocks within the Ribeira belt (Neoproterozoic), SE-Brazil, based on U-Pb geochronology: Implications of paleogeographic reconstructions of the São Francisco-Congo paleocontinent. *Precambrian Research*, **178**:136-148.
- Noce C.M., Teixeira W., Quéméneur J.J.G., Martins V.T.S., Bolzachini E. 2000. Isotopic signatures of Paleoproterozoic granitoids from the southern São Francisco Craton and implications for evolution of the Transamazonian Orogeny. *Journal of South American Earth Sciences*, **13**:225-239.
- Noce C.M., Pedrosa-Soares A. C., Silva L. C., Alkimim F. F. 2007. O embasamento arqueano e paleoproterozóico do orógeno Araçuaí. *Geonomos*, **15**(1):17-23.
- Irvine T. N., Baragar W. R. A. 1971. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, Ottawa, **8**(5):523-548.
- O'Connor J. T. 1965. A classification of quartz-rich igneous rocks based of feldspar ratios. *United States Survey, Professional Paper*, Denver, **525-B**:79-84.

- Pearce J. A., Harris N. B. W., Tindle A. G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Jour. Petrol.*, **25**(4):956-983.
- Pedreira J. F. M. A. J., Misi A., Motta A. C., Sá J. H. S. 1984. Província São Francisco. *In:* Almeida F.F.M. & Hasui Y (eds). *O Pré-cambriano do Brasil*. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, p.46-122.
- Petri S., Coimbra A.M., Amaral G., Ponçano W.L. 1986. Guia de Nomenclatura Estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, **16**(4):376-415
- Pinese J. P. P., Teixeira W., Quéméneur J. J. G., Piccirillo E. M., Petrini R., Bellieni G. 1997. Geochemistry and isotope geology of the basic-noritic dykes in the southern part of the São Francisco cráton. *In:* South-Américan Symposium on Isotope Geology, Brasil, Anals, p.240-241.
- Pires F.R.M., Porto Jr. R. 1986. A mineralização de Sn-Ta-Nb-Li e o granito Santa Rita, São João del Rey, Minas Gerais. *In:* XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia, Goiânia, *Anais*, V.5 p.2023-2034.
- Quéméneur J., Baraud E.R. 1983. Estrutura do embasamento arqueano e geologia econômica da área pegmatítica de São João del Rei – MG. *In:* II Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Belo Horizonte, *Anais*, p.449-460.
- Quéméneur J., Garcia D. 1993. Os Maciços de Tabuões e Ritápolis na região de São João del Rei, granitóides transamazônicos com a associação granito trondhjemitó-pegmatito. *In:* VII Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Belo Horizonte, *Anais*, Bol. 12, p.105-107.
- Ribeiro A., Trouw R. A. J., Paciullo F. V. P., Valença J.G. 1995. Evolução das bacias proterozóicas e o termo-tectonismo brasileiro na margem sul do cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, **25**(4):235-248.
- Souza A.N. 2007. *Mapeamento faciológico do granitóide Ritápolis e geoquímica preliminar da fácies média, região de Ritápolis – Cassiterita – São Tiago, Minas Gerais*. Monografia de graduação, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 71p.
- Souza A.N. 2009. *Evolução petrográfica e geoquímica do granitóide Ritápolis, borda meridional do cráton São Francisco*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 118p.
- Stohler R. C.. 2011. *Mapeamento geológico, petrografia e geoquímica preliminar do ortognaisse granítico São Tiago, estado de Minas Gerais*. Monografia de graduação, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 123p.
- Streckeisen A. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth-Science Review*, **12**:1-33.

- 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 A. M., Noce C. M., Machado N., Sato K., Taylor P. N. 1996. Pb, Sr and Nd isotope constraints on the Archean evolution of gneissic-granitoid complexes in the southern São Francisco Cráton, Brazil. *Precambrian Research*, **78**:151-164.
- Teixeira W., Sabaté P., Barbosa J., Noce C.M., Carneiro M.A. 2000. Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco craton, Brazil. *In*: U.G.
- Teixeira W., Ávila C. A., Dussin I. A., Bongioiolo E. M. 2011. Geocronologia U/Pb ICPMS-LA em zircão detrítico da sequência metassedimentar a leste de São Tiago: implicações para evolução do supergrupo Minas, cráton do São Francisco. *In*: 12º Simpósio de Geologia do Sudeste, Friburgo, *Anais*, p. 42.
- Toledo C.L.B., Silva A.M., Hackspacher P.C., Beghelli Jr. L.P. 2010. Novas evidências para a arquitetura de domos e quilhas na borda meridional do cráton São Francisco. *In*: 45º Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, *Anais*, p. 91.
- Trouw R. A. J., Heilbron M., Ribeiro A., Paciullo F. V. P., Valeriano C. M., Almeida J. C. H., Tupinambá M., Andreis R. R. 2000. The central segmento of the Ribeira belt. *In*: Cordani U. G., Milani E. J., Thomaz Filho A., Campos D. A. (eds). *Tectonic Evolution of South America, 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, pp.287-310, 854 pp.*
- Vasques F. S. G. 2007. *Mapeamento geológico de rochas metamáficas e metassedimentares do greenstone belt Rio das Mortes na região de São Tiago – Cassiterita e estudo petrográfico e geoquímica de diques metabásicos e de diabásio*. Monografia de graduação, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 63p.
- Vasques F.S.G. 2009. *Mapeamento geológico, petrografia, geoquímica das rochas anfíbolíticas do greenstone belt Rio das Mortes e estudo de diques metabásicos e de gabro-diabásio, região de Cassiterita – Ritópolis, Estado de Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 109 p.
- Williams H., Turner F., Gilbert C.M. 1970. Petrografia. *In*: Textura e classificação de rochas ígneas (eds.) USP, p.13-38.



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



Autor: Filipe Vidal Cunha Santa Rosa Soares de Oliveira
Orientadores: Ciro Alexandre Ávila e Éverton Marques Bongioiolo

Legenda Litoestratigráfica

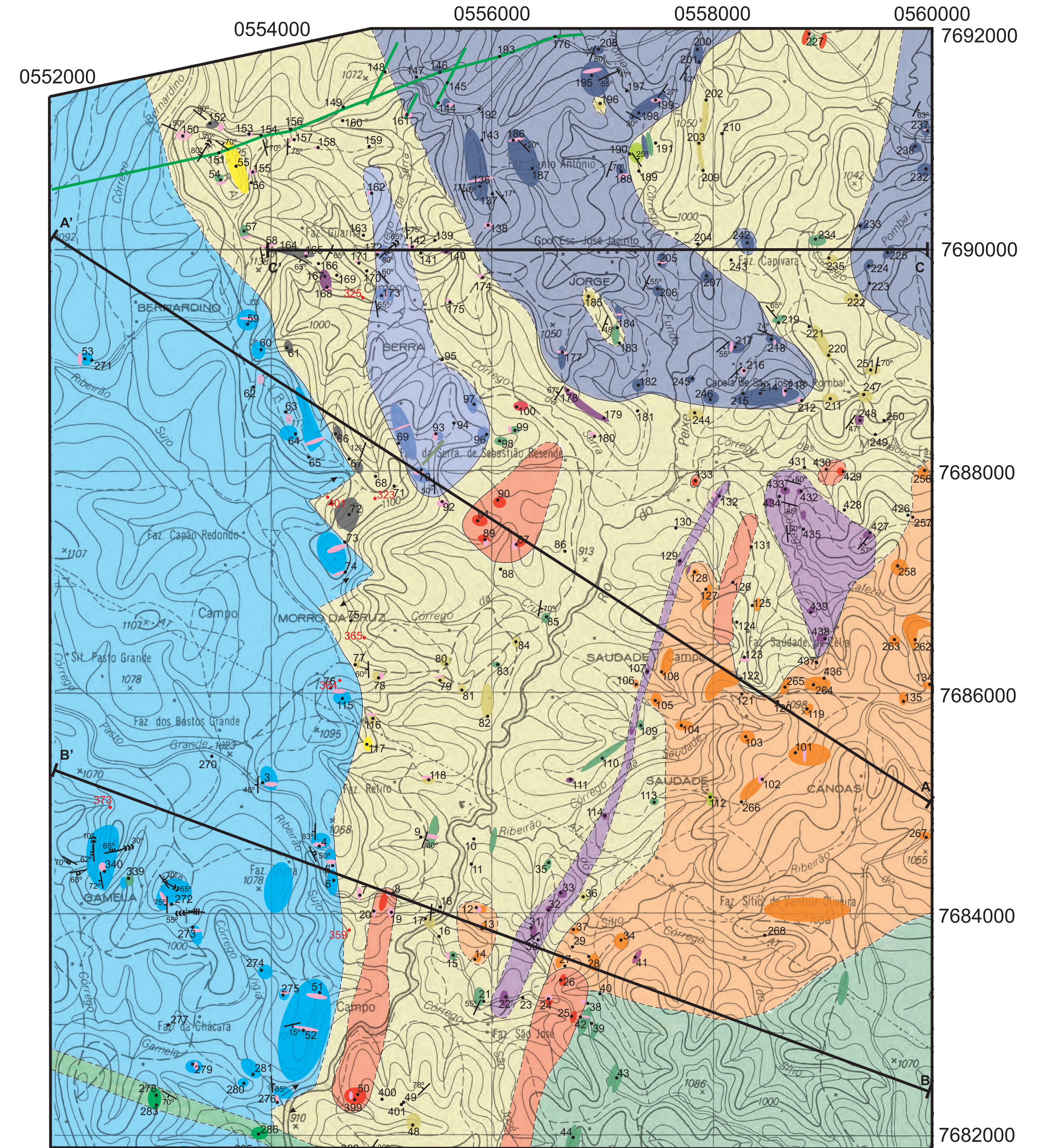
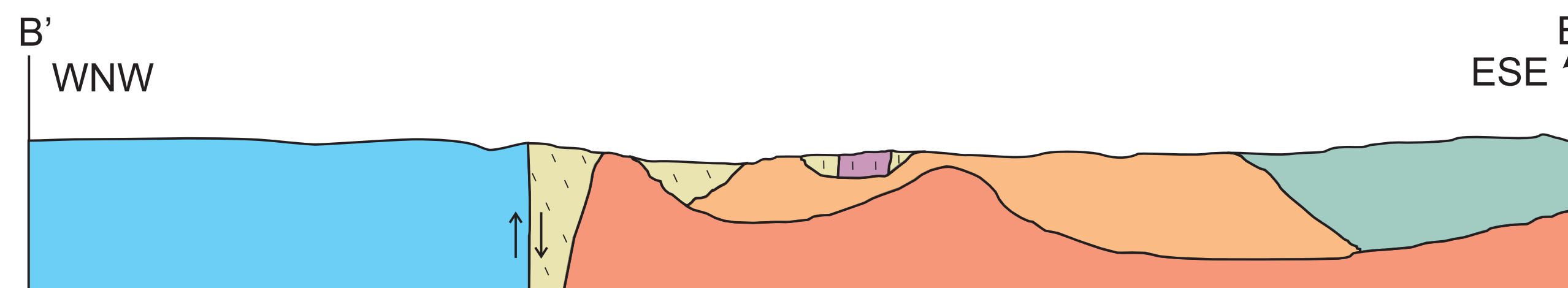
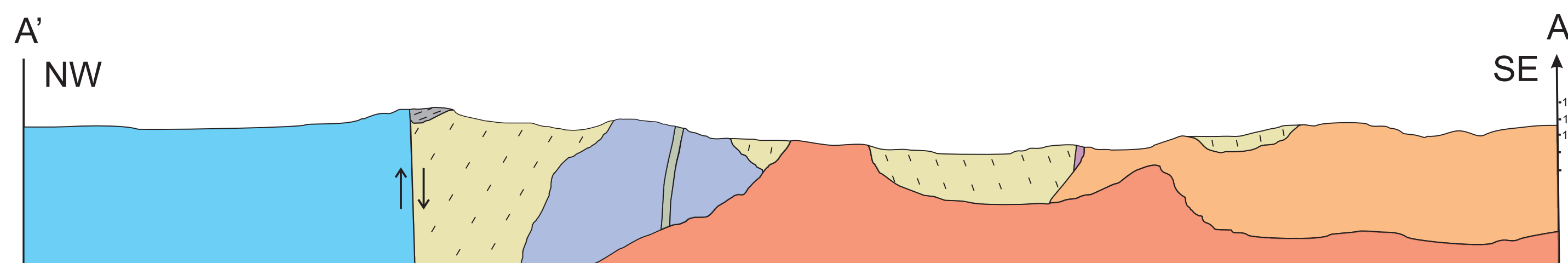
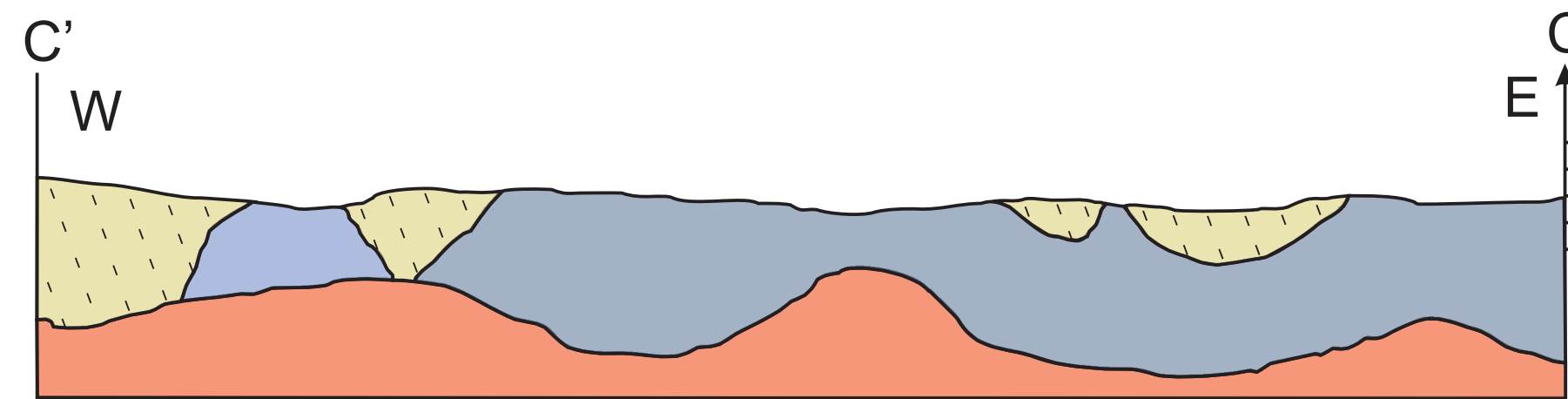
- Pegmatitos Indiferenciados
- Corpos plutônicos félsicos sem foliação**
- Ritápolis
- Rochas metafélsicas**
- Metandesito
- Corpos plutônicos félsicos foliados**
- Ortognaisse trondhjemitico Canoas
- Ortognaisse tonalítico Bandeira
- Ortognaisse tonalítico Serra
- Sequência metassedimentar**
- Quartzito e quartzo xisto
- BIF e Gondito
- Ortognaisse granítico São Tiago**
- Ortognaisse granítico São Tiago
- Sequência Greenstone Belt**
- Rochas metassedimentares, metafélsicas, metamáficas, metaultramáficas e gnaisses indiferenciados
- Rochas metamáficas**
- Anfibolito
- Rochas metaultramáficas**
- Clorito, talco xisto, serpentinito e tremolito

Diques de Diabásio-Metadiabásio

Dique de Norito

Legenda Estrutural

- Contato
- Contato Inferido
- Ponto geológico 'ST-267'
- Acamamento sedimentar com mergulho de 45°
- Foliação metamórfica Sn com mergulho de 45°
- Foliação metamórfica Sn com mergulho de 90°
- Eixo de dobras Dn com mergulho de 45°
- Foliação metamórfica Sn+1 com mergulho de 45°
- Eixo de dobras Dn+1 com mergulho de 45°
- Foliação metamórfica Sn+2 com mergulho de 45°
- Foliação metamórfica Sn+2 com mergulho de 90°
- Eixo de dobras Dn+2 com mergulho de 45°
- Movimentação transcorrente em falha
- Seção geológica
- Movimento de falha inferido



Anexo II - Mapa de Pontos



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
Instituto de Geociências
Departamento de Geologia



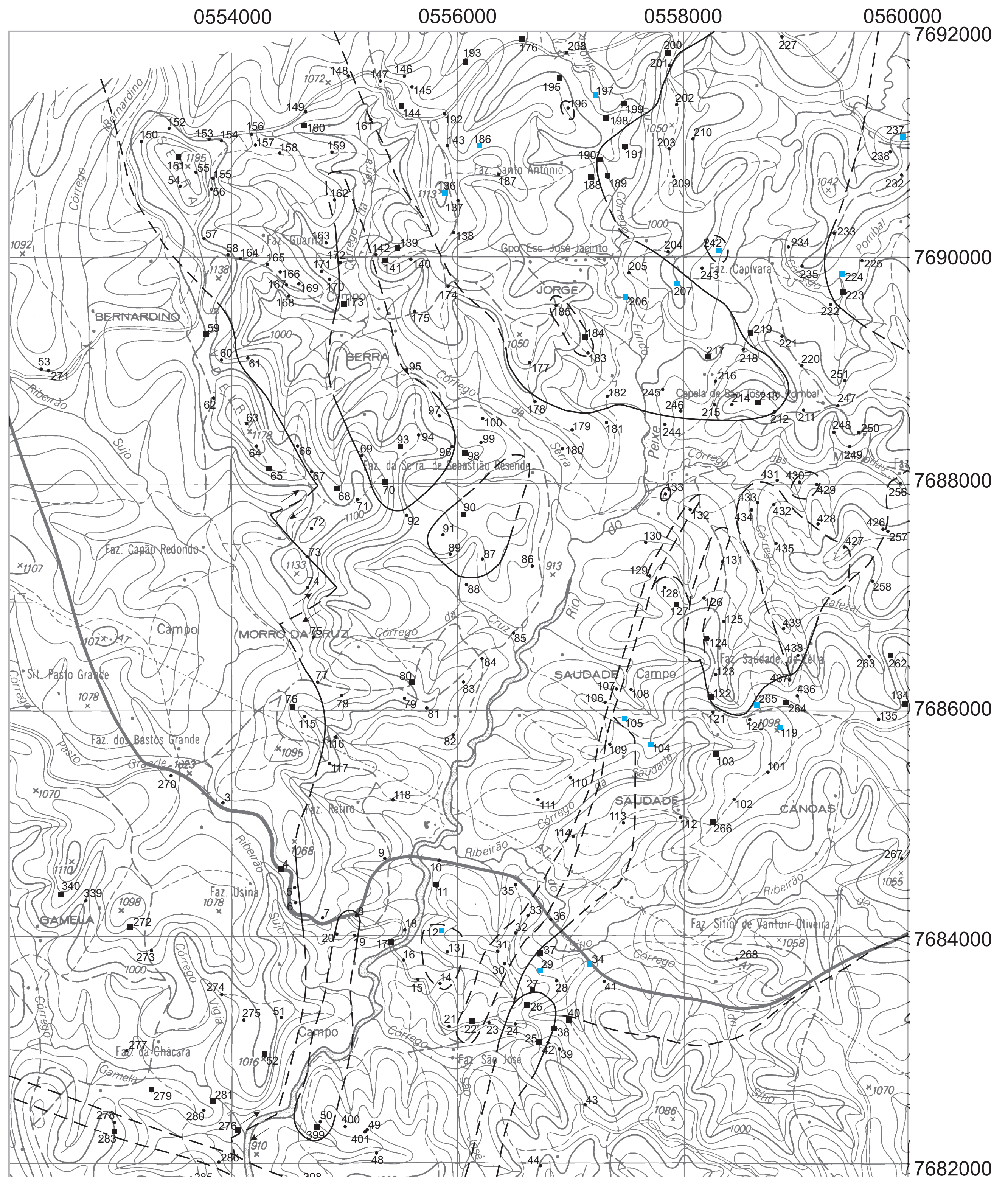
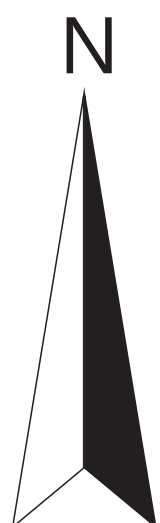
Autor: Filipe Vidal Cunha Santa Rosa Soares de Oliveira
Orientadores: Ciro Alexandre Ávila
Everton Marques Bongioiolo

Legenda

- Cidade de São Tiago
- Hidrografia
- Altimetria
- Estrada sem pavimentação
- Rodovia
- Caminho
- Trilha
- Ponte
- Linha de energia elétrica
- Construção
- Igreja
- Escola

Legenda Estrutural

- Contato
- Contato Inferido
- 267 Ponto geológico 'ST-267'
- 3 Ponto geológico com lâmina petrográfica
- 6 Ponto geológico com análise química
- Movimentação transcorrente em falha



Ponto	Coordenadas UTM		Litologia	Foliação	Amostra	Descrição
ST-01	551802	7688950	-	-	-	Saída da cidade de São Tiago.
ST-02	551925	7688554	Desconhecida	-	-	Saprólito com xenólito marrom de granulação fina composto de quartzo e caolinita.
ST-03	553934	7685155	Ortognaise granítico São Tiago	Sn=270/45	-	Lajedo de gnaise bandado. Bandas claras formadas por quartzo e feldspato, podendo conter allanita, e as escuras por biotita. Presença de mais de uma fase de pegmatitos.
ST-04	554389	7684703	Ortognaise granítico São Tiago	Sn=271/83	-	Lajedo de gnaise composto por quartzo, feldspato e biotita. Possui zona de cisalhamento 65/50. Truncada por pegmatitos.
ST-05	554482	7684597	Ortognaise granítico São Tiago	-	-	Saprólito de gnaise e de anfibólito. Um pegmatito cortando o gnaise.
ST-06	554523	7684368	Ortognaise granítico São Tiago	-	-	Lajedo de gnaise com xenólitos de anfibólito.
ST-07	554771	7684146	Anfibólito + Pegmatito + Tremolítico + Gnaise	Sn=295/57	-	Saprólito de diversas rochas.
ST-08	555079	7684317	Granitóide	-	-	Saprólitos de pegmatitos de até 3m de espessura e veios de quartzo com orientação 263/12 cortando o granitóide.
ST-09	555352	7684672	Gnaise + Anfibólito + Pegmatito	Sn=110/60	-	Corte de estrada com alternância de gnaise e anfibólito (ambos alterados), e presença de pegmatitos decimétricos e pouco frequentes.
ST-10	555783	7684680	Anfibólito + Gnaise	-	-	Anfibólito e gnaise muito alterados próximo à ponte sobre o rio do Peixe.
ST-11	555871	7684501	Gnaise + Epidosito + Pegmatito	-	-	Blocos de Gnaise com pegmatitos e epidositos.
ST-12	555843	7684093	Ortognaise trondhjemítico Canoas + Pegmatito	-	1 petrografia + 3 geoquímica	Bouder de gnaise com pegmatitos. Os pegmatitos possuem magnetitas de até 1cm.
ST-13	555875	7683891	Ortognaise trondhjemítico Canoas + Pegmatito	-	-	Blocos de Gnaise com pegmatitos que possuem magnetitas e um mineral amarelo pulverolento.
ST-14	555805	7683561	Ortognaise trondhjemítico Canoas	-	-	Afloramento dentro de uma vossoroca de gnaise.
ST-15	555654	7683629	Anfibólito + Pegmatito	-	-	Rochas alteradas na estrada. Anfibólito e um pegmatito com 1m de espessura.
ST-16	555481	7683814	Gnaise	-	-	Blocos de gnaise.
ST-17	555421	7683896	Gnaise Anfibolítico	Sn=275/87	-	Lajedo de gnaise bandado com níveis anfibolíticos (até 40cm) e foliação 275/87. Próximo a ponte sobre o rio do Peixe.
ST-18	555530	7684124	Gnaise	-	-	Lajedo de gnaise com epidoto e pirita limonitizada.
ST-19	555102	7684105	Granitóide + Pegmatito	-	-	Pegmatito com foliação intrudido no granitóide.
ST-20	554931	7684069	Granitóide + Pegmatito	-	-	Blocos de granitóide com pegmatitos associados.

ST-21	556054	7683207	Gnaiss + Anfibolito + Pegmatito	Sn=295/55	-	Saprólito de gnaiss com bandas anfibolíticas e pegmatitos na estrada.
ST-22	556054	7683229	Ultramáfica	-	-	Blocos com variação composicional de rochas ultramáficas.
ST-23	556262	7683277	Gnaiss	-	-	Saprólito de gnaiss em vossoroca.
ST-24	556521	7683268	Granitóide + Pegmatito	-	-	Saprólito de granitóide com pegmatito o cortando.
ST-25	556690	7683105	Granitóide	-	-	Blocos de granitóide fino.
ST-26	556582	7683390	Granitóide	-	-	Blocos de granito fino com epidoto e foliação incipiente.
ST-27	556702	7683553	Granitóide + Ortognaiss trondhjemítico Canoas	-	1 petrografia	Blocos de granitóide e gnaiss, provavel contato.
ST-28	556802	7683615	Ortognaiss trondhjemítico Canoas	-	-	Lajedo e blocos de gnaiss.
ST-29	556728	7683658	Ortognaiss trondhjemítico Canoas	-	1 petrografia + 1 geoquímica	Blocos de gnaiss fino próximo a drenagem.
ST-30	556459	7683681	Ultramáfica	-	-	Saprólito com foliação marcante 325/90, possivelmente um serpentinito.
ST-31	556397	7683839	Ultramáfica	-	-	Blocos de serpentinito com talco.
ST-32	556508	7684140	Ultramáfica	Sn=150/75	-	Blocos de xisto ultramáfico.
ST-33	556581	7684287	Ultramáfica	-	-	Blocos de ultramáfica.
ST-34	557046	7683763	Ortognaiss trondhjemítico Canoas	-	3 petrografia + 1 geoquímica	Afloramento de gnaiss na estrada com epidoto e pirita.
ST-35	556500	7684496	Gnaiss + Anfibolito + Pegmatito	-	-	Afloramento em corte de estrada com intercalação de gnaiss e anfibolito com pegmatitos e veios de epidoto.
ST-36	556752	7684221	Gnaiss + Anfibolito + Metabasito	-	-	Corte de estrada alterado com intercalação de gnaiss e anfibolito sendo cortado por um dique de metabasito que trunca a foliação gnaissica. Os diques são subverticais (1,5m) 50/90 e strick 140-320.
ST-37	556775	7683785	Ortognaiss trondhjemítico Canoas	-	1 petrografia	Blocos de gnaiss.
ST-38	556840	7683194	Ultramáfica + Gnaiss + epidosito	-	-	Blocos de ultramáfica com talco. Provavel contato com o gnaiss, que está associado ao epidosito.
ST-39	556834	7683074	Anfibolito + Ultramáfica	-	-	Contato do anfibolito com a ultramáfica na estrada, ambos alterados.
ST-40	556894	7683315	Desconhecida	-	-	Bloco na estrada, provavel protólito do epidosito.
ST-41	557203	7683599	Anfibolito + Ultramáfica	-	-	Blocos na estrada.
ST-42	556723	7683122	Ultramáfica + Granitóide + Pegmatito	-	-	Contato da ultramáfica (foliação 304/35) com o granito fino. Um pegmatito corta a ultramáfica.
ST-43	557055	7682594	Ultramáfica	-	-	Saprólito ao longo da estrada.
ST-44	556681	7682048	Ultramáfica	-	-	Blocos na estrada.
ST-45	556434	7681705	Filonito Ultramáfico	-	-	Ao lado da estrada, rocha maciça e muito alterada.
ST-46	556200	7681701	Granitóide	-	-	Bloco de granitóide médio pouco alterado.

ST-47	555115	7681669	Anfibolito + Desconhecida.	-	-	Rocha com bandamento de quartzo e um anfibolito.
ST-48	555275	7682174	Desconhecida.	-	-	Rocha com bandamento de quartzo muito alterada na fazenda próximo ao lago.
ST-49	555151	7682356	Filonito granítico ou gnaissico	Sn=315/78	-	Afloramento um pouco alterado.
ST-50	554838	7682331	Granitóide	-	-	Lajedo de granito com provável xenólito de gnaisse.
ST-51	554499	7683278	Ortognaisse granítico São Tiago	-	-	Lajedo de gnaisse, provável contato.
ST-52	554335	7682954	Ortognaisse granítico São Tiago	Sn=167/15	-	Lajedo de gnaisse próximo ao rio dos Peixes, este não possui níveis anfibolíticos.
ST-53	552179	7688985	Ortognaisse granítico São Tiago + Pegmatito	-	-	Saprólito de gnaisse com pegmatitos na estrada de São Tiago - Resende Costa.
ST-54	553451	7690687	BIF + Pegmatito	-	-	Blocos de BIF e de pegmatito, próximo há blocos de granitóide médio.
ST-55	553691	7690651	Quartzito	-	-	Afloramento na crista do morro, apresenta micas verdes.
ST-56	553736	7690367	Quartzito	-	-	Afloramento na crista do morro, apresenta micas verdes.
ST-57	553735	7690070	BIF + Pegmatito	-	-	Afloramento no leito da estrada, com intercalações de BIF e pegmatito.
ST-58	553907	7690005	Quartzito + Gnaisse	Sn=180/70	-	Blocos de quartzito do lado esquerdo da estrada e afloramento de gnaisse no lado direito.
ST-59	553822	7689390	Ortognaisse granítico São Tiago + Pegmatito	-	-	Lajedo de gnaisse com vários pegmatitos com xenólitos do gnaisse.
ST-60	553882	7688983	Anfibolito	-	-	Blocos de anfibolito ao lado da estrada.
ST-61	554140	7689052	BIF + Gondito	-	-	Blocos de BIF e gondito ao lado da estrada.
ST-62	553810	7688740	Ortognaisse granítico São Tiago	-	-	Afloramento a beira da estrada.
ST-63	554109	7688486	Ortognaisse granítico São Tiago	-	-	Blocos de gnaisse ao lado da estrada.
ST-64	554135	7688311	Ortognaisse granítico São Tiago	-	-	Grande lajedo de gnaisse ao lado da estrada.
ST-65	554325	7688157	Ortognaisse granítico São Tiago + Pegmatito	-	-	Lajedo de gnaisse com vários pegmatitos.
ST-66	554553	7688280	BIF + Gondito	-	-	Saprólito de BIF e gondito.
ST-67	554687	7688017	Gondito	So=290/12	-	Afloramento na beira da estrada de gondito.
ST-68	554977	7687931	Xisto + Gnaisse	-	-	Blocos de xisto alterado, pouco acima da drenagem blocos gnaisse na encosta do morro.
ST-69	555103	7688207	Ortognaisse tonalítico Serra	-	-	Grande lajedo de gnaisse na encosta do morro.
ST-70	555376	7687995	Ortognaisse tonalítico Serra + Norito	-	-	Grande lajedo de gnaisse na beira da estrada, mais ao lado blocos de Norito.
ST-71	555122	7687813	Gnaisse + Anfibolito	-	-	Possível contato do gnaisse com o anfibolito na estrada.
ST-72	554727	7687733	BIF	-	-	Blocos de BIF na encosta do morro.

ST-73	554627	7687376	BIF	-	-	Saprólito de BIF perto de uma drenagem na beira da estrada.
ST-74	554623	7687089	Ortognaisse granítico São Tiago	-	-	Blocos no morro de gnaiss.
ST-75	554700	7686670	Anfibolito	-	-	Solo típico de anfibolito no meio do pasto.
ST-76	554506	7686085	Ortognaisse granítico São Tiago	-	-	Grande lajedo na beira da estrada.
ST-77	554767	7686216	Xisto	Sn=268/60	-	Afloramento no leito da estrada.
ST-78	554977	7686155	Anfibolito + Pegmatito	-	-	Intercalações de anfibolito e pegmatito.
ST-79	555489	7686149	Anfibolito + Pegmatito	-	-	Intercalações de anfibolito e pegmatito.
ST-80	555585	7686246	Anfibolito	-	-	Blocos na encosta do morro, presença de muito epidoto substituindo o plagioclásio.
ST-81	555783	7686008	Anfibolito + Pegmatito	-	-	Afloramento de anfibolito no leito da estrada, sendo cortado por pegmatito.
ST-82	555937	7685830	Granitóide	-	-	Blocos de granitóide fino na encosta do morro.
ST-83	556079	7686246	Anfibolito	-	-	Blocos no leito da estrada.
ST-84	556204	7686466	Metamáfica	-	-	Blocos de metamáfica na beira da estrada.
ST-85	556531	7686674	Metamáfica	Sn=100/70	-	Blocos e afloramento no leito da estrada.
ST-86	556695	7687223	Metamáfica	-	-	Blocos na encosta do morro.
ST-87	556266	7687329	Granitóide	-	-	Blocos na encosta do morro.
ST-88	556089	7687075	Metamáfica	-	-	Blocos na encosta do morro.
ST-89	555939	7687349	Granitóide + Pegmatito	-	-	Blocos na encosta do morro de granitóide sendo cortado por pegmatito.
ST-90	556071	7687679	Granitóide	-	-	Blocos no alto do morro.
ST-91	555956	7687445	Anfibolito	-	-	Blocos no alto do morro.
ST-92	555541	7687675	Anfibolito e Pegmatito	-	-	Blocos na encosta do morro de anfibolito sendo cortado por pegmatito.
ST-93	555484	7688296	Ortognaisse tonalítico Serra	-	-	Blocos na encosta do morro.
ST-94	555668	7688388	Metamáfica	-	-	Afloramento no leito da estrada.
ST-95	555668	7688861	Xisto	-	-	Afloramento no morro ao lado da estrada.
ST-96	555796	7688291	Ortognaisse tonalítico Serra	-	-	Afloramento na beira da estrada.
ST-97	555888	7688381	Anfibolito	-	-	Blocos ao longo da estrada.
ST-98	556014	7688252	Anfibolito	-	-	Afloramento na drenagem na encosta do morro.
ST-99	556139	7688241	Anfibolito	-	-	Blocos no alto do morro ao lado da voçoroca.
ST-100	556205	7688562	Granitóide	-	-	Blocos ao lado do pasto perto da estrada.
ST-101	558795	7685483	Ortognaisse trondjemítico Canoas	-	-	Lajedo na encosta do morro ao lado da estrada.
ST-102	558425	7685272	Ortognaisse trondjemítico Canoas	-	-	Afloramento na beira da estrada.
ST-103	558318	7685662	Ortognaisse trondjemítico Canoas	-	1 petrografia	Blocos no alto do morro.

ST-104	557722	7685794	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	1 petrografia + 1 geoquímica	Pequeno lajedo ao lado da estrada.
ST-105	557465	7685910	Ortognaisse trondhjemítico Canoas + Anfibolito	-	1 petrografia + 1 geoquímica	Grandes blocos de gnaisse ao lado da trilha, ao longo da trilha há blocos de anfibolito.
ST-106	557345	7686132	Gnaisse	-	-	Blocos na encosta do morro.
ST-107	557406	7686209	Ultramáfica	-	-	Afloramento na encosta do morro perto da drenagem.
ST-108	557570	7686218	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	-	Blocos na encosta do morro.
ST-109	557372	7685749	Anfibolito	-	-	Afloramento no leito da estrada e logo abaixo na encosta do morro.
ST-110	557070	7685439	Anfibolito	-	-	Afloramento no leito da estrada.
ST-111	556741	7685250	Ultramáfica	-	-	Afloramento na beira da estrada.
ST-112	557986	7685139	Anfibolito	-	-	Blocos ao lado da estrada.
ST-113	557465	7685084	Metamáfica	-	-	Afloramento ao lado da estrada.
ST-114	557028	7684986	Ultramáfica	-	-	Afloramento na encosta do morro ao lado da estrada.
ST-115	554561	7686012	Ortognaisse granítico São Tiago	-	-	Blocos ao lado da estrada.
ST-116	554843	7685822	BIF	-	-	Afloramento no leito da estrada.
ST-117	554810	7685596	Quartzito + BIF + Gondito + Xisto	-	-	Afloramento na beira da estrada.
ST-118	555399	7685288	BIF + Gnaisse	-	-	Blocos de BIF ao lado da estrada e pouco mais acima um lajedo de gnaisse.
ST-119	558836	7685886	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	1 petrografia + 1 geoquímica	Pequeno lajedo no alto do morro ao lado da estrada..
ST-120	558593	7685953	Metamáfica	-	-	Afloramento no leito da estrada.
ST-121	558271	7685999	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	-	Saprólito na beira da estrada.
ST-122	558177	7686136	Ultramáfica + Anfibolito + Gnaisse	-	-	Blocos na encosta do morro.
ST-123	558298	7686379	Gnaisse	-	-	Afloramento ao lado da estrada.
ST-124	558238	7686655	Ultramáfica	-	-	Afloramento na encosta do morro na beira da estrada.
ST-125	558401	7686768	Gnaisse	-	-	Afloramento na encosta do morro perto da drenagem.
ST-126	558196	7686926	Granitóide	-	-	Blocos e lajedos na encosta do morro perto da estrada.
ST-127	557951	7686891	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	-	Vários blocos no alto do morro.
ST-128	557852	7687075	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	-	Vários blocos no alto do morro.
ST-129	557750	7687145	Ultramáfica + Anfibolito	-	-	Afloramento de Ultramáfica na estrada perto do contato com anfibolito.
ST-130	557696	7687416	Anfibolito	-	-	Blocos alterados na encosta do morro próximo ao Rio do Peixe.

ST-131	558370	7687251	Granitóide	-	-	Mudança na coloração do solo, logo a frente afloramento de granitóide.
ST-132	558080	7687767	Ultramáfica + Metamáfica	-	-	Afloramento na beira da estrada.
ST-133	557858	7687817	Granitóide	-	-	Blocos na encosta do morro.
ST-134	559936	7686017	Ortognaiss trondhjemítico Canoas	-	1 petrografia	Lajedo na encosta do morro perto da drenagem.
ST-135	559770	7685877	Ortognaiss trondhjemítico Canoas	-	-	Voçoroca no saprólito de gnaiss.
ST-136	555817	7690480	Ortognaiss tonalítico Bandeira	Sn=275/77	1 petrografia + 1 geoquímica	Lajedo no alto do morro com foliação bem marcada, cortado por pegmatitos e veios de quartzo.
ST-137	555969	7690450	Ortognaiss tonalítico Bandeira	-	-	Pequeno lajedo na encosta do morro ao lado da estrada.
ST-138	555905	7690228	Ortognaiss tonalítico Bandeira	-	-	Saprólito ao lado da estrada.
ST-139	555478	7690046	Ultramáfica	-	-	Blocos na encosta do morro próximo a uma plantação.
ST-140	555548	7689919	Ultramáfica	-	-	Blocos na encosta do morro.
ST-141	555366	7689906	Anfibolito	-	-	Blocos na encosta do morro.
ST-142	555244	7689949	Ortognaiss tonalítico Serra	Sn=086/75	-	Blocos na drenagem descendo a encosta do morro.
ST-143	555827	7690977	Ortognaiss tonalítico Bandeira	-	-	Blocos ao lado da estrada.
ST-144	555436	7691298	Diabásio	-	-	Blocos ao longo de uma reta na encosta do morro.
ST-145	555525	7691479	Diabásio	-	-	Blocos ao longo da encosta do morro.
ST-146	555417	7691540	Ortognaiss tonalítico Bandeira	-	-	Pequeno lajedo na encosta do morro próximo à drenagem.
ST-147	555337	7691480	Ortognaiss tonalítico Bandeira + Diabásio	-	-	Contato de gnaiss e do dique de diabásio visto em saprólito e em blocos alterados.
ST-148	555046	7691568	Diabásio	-	-	Blocos próximo à estrada.
ST-149	554614	7691307	Diabásio	-	-	Blocos próximo à estrada.
ST-150	553200	7690957	Pegmatito + Quartzito	Sn=180/85	-	Afloramento ao lado da estrada de quartzito, na base da serra, cortado por varios veios esverdeados.
ST-151	553622	7690859	Quartzito	Sn=042/70	-	Alto da serra.
ST-152	553465	7691146	BIF	-	-	Saprólito ao lado da estrada.
ST-153	553743	7691039	BIF	-	-	Saprólito ao lado da estrada.
ST-154	553875	7691004	Granitóide	Sn=075/60	-	Lajedo no morro ao lado da estrada, próximo á serra.
ST-155	553792	7690668	Pegmatito	-	-	Saprólito na beira da estrada velha na base da serra.
ST-156	554011	7691030	Diabásio	-	-	Blocos na beira da estrada velha.
ST-157	554134	7691034	Pegmatito + Rocha metassedimentar	Sn=092/75	-	Saprólito na beira da estrada velha.
ST-158	554381	7690889	Gondito + Metamáfica	-	-	Afloramento de gondito na estrada velha e mais a frente afloramento de rocha metamáfica.
ST-159	554896	7690913	Metassedimentar	-	-	Afloramento no leito da estrada velha.

ST-160	554619	7691141	Granitóide	Sn/195/45	-	Lajedo na encosta do morro perto de uma drenagem.
ST-161	555166	7691379	Diabásio + Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Blocos de diabásio e saprólito de sua encaixante, o gnaisse .
ST-162	554890	7690506	Ortognaisse tonalítico Serra	-	-	Blocos de granulação fina no pasto.
ST-163	554812	7690107	Anfibolito	-	-	Blocos de anfibolito.
ST-164	554016	7689962	BIF + Xisto + Pegmatito	Sn=080/62	-	Rocha bandada com quartzo e magnetita, cortada por um pegmatito. Um xisto em contato com essa rocha.
ST-165	554274	7689894	Xisto granadinífero	Sn=207/65	-	Saprólito de um xisto com granada e muscovita.
ST-166	554377	7689807	Xisto + Anfibolito	Sn=110/65	-	Blocos alterados de xisto fino. A SE blocos de anfibolito alterado. Mais a SE rochas Ultramáficas alteradas, uma de coloração marrom e outra vermelha e com muita mica.
ST-167	554489	7689672	Ultramáfica	-	-	Blocos de rocha ultramáfica com muita mica.
ST-168	554442	7689576	Ultramáfica + Pegmatito	-	-	Blocos de rocha Ultramáfica com muita mica, cortada por pegmatitos.
ST-169	554578	7689772	Filito	Sn=125/65	-	Afloramento de diversos tipos de filitos com tonalidades variando de cinza a amarelo.
ST-170	554795	7689703	Ultramáfica	Sn=075/80	-	Afloramento de ultramáfica composta por mica.
ST-171	554785	7689762	Ortognaisse tonalítico Serra + Pegmatito	Sn=110/75	-	Blocos de gnaisse e de pegmatitos.
ST-172	554883	7689876	Ortognaisse tonalítico Serra	-	-	Cachoeira com lajedos.
ST-173	554940	7689533	Ortognaisse tonalítico Serra	Sn=240/60	-	Grande lajedo no alto do morro.
ST-174	555904	7689673	Metamáfica + Gondito	-	-	Blocos alterados de metamáfica na estrada próximo a fazenda. A SW blocos de gondito na estrada.
ST-175	555589	7689455	Anfibolito + Filito + Pegmatito	-	-	Saprólito de filito roxo cortado por pegmatito. A SW blocos pouco alterados de anfibolito.
ST-176	556510	7691919	Diabásio	-	-	Blocos na estrada.
ST-177	556615	7689006	Ortognaisse tonalítico Bandeira + Pegmatito	-	-	Saprólito de gnaisse na estrada cortado por pegmatito.
ST-178	556652	7688716	Ultramáfica	Sn=302/67	-	Saprólito na estrada de rocha fina folhiada e sedosa de cor branca.
ST-179	557037	7688425	Ultramáfica	-	-	Blocos alterados de ultramáfica na estrada próximo a torre.
ST-180	556925	7688292	Ultramáfica	-	-	Saprólito na estrada de ultramáfica.
ST-181	557388	7688556	-	-	-	Planície aluvial perto do rio do peixe.
ST-182	557346	7688763	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Saprólito na beira da estrada próximo ao rio do peixe.
ST-183	557153	7689036	Metamáfica	-	-	Blocos no leito da estrada.
ST-184	557122	7689212	Metamáfica + Ortognaisse tonalítico Bandeira	Sn=110/48	-	Saprólito de metamáfica com contato com o gnaisse no leito da estrada e lajedo de gnaisse do outro lado da drenagem.
ST-185	556840	7689532	Filito	Sn=095/70	-	Saprólito no leito da estrada.

ST-186	556206	7690985	Ortognaisse tonalítico Bandeira	Sn=046/20	2 petrografia + 1 geoquímica	Lajedo na encosta do morro. O gnaisse é cortado por veios de quartzo, pegmatitos e por uma rocha afanítica.
ST-187	556363	7690716	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	1 petrografia	Lajedo ao lado da estrada.
ST-188	557238	7690514	Ortognaisse tonalítico Bandeira	Sn=110/35	-	Lajedo perto do descampado, próximo à drenagem.
ST-189	557329	7690657	Anfibolito	Sn=105/30	-	Afloramento no leito da drenagem.
ST-190	557208	7690869	Andesito + Granitóide	Sn=055/25	-	Cachoeira ao lado da estrada, com contato de andesito e do granitóide, tendo o andesito xenólitos de granitóide.
ST-191	557492	7690902	Veio de quartzo	-	-	Mineração desativada de extração de quartzo em veios.
ST-192	555842	7691257	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Pequenos blocos ao lado da estrada São Tiago-Resende Costa.
ST-193	556059	7691734	Diabásio	-	-	Blocos alterados do dique na encosta do morro ao lado da estrada São Tiago-Resende Costa.
ST-194	556284	7692163	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Lajedo ao lado da drenagem e na drenagem.
ST-195	556875	7691619	Ortognaisse tonalítico Bandeira + Pegmatito	Sn=286/65	1 petrografia	Lajedo na encosta do morro ao lado da drenagem, cortado por pegmatitos e veios de epidoto.
ST-196	556978	7691288	Filito	Sn=260/70	-	Afloramento na drenagem na encosta do morro.
ST-197	557218	7691431	Ortognaisse tonalítico Bandeira + Pegmatito	-	1 petrografia + 1 geoquímica	Blocos na drenagem. O gnaisse é cortado por veios de quartzo e epidoto e pegmatitos.
ST-198	557368	7691273	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Blocos na encosta do morro ao lado do córrego.
ST-199	557485	7691395	Ortognaisse tonalítico Bandeira + Pegmatito	Sn=125/27	1 petrografia	Lajedo em cachoeira no córrego Fundo. É cortado por veios de epidoto e pegmatitos.
ST-200	557804	7691813	Ortognaisse tonalítico Bandeira		1 petrografia	Blocos na encosta do morro, próximo à drenagem.
ST-201	557857	7691743	Anfibolito	Sn=122/62	-	Saprólito no leito da estrada.
ST-202	557884	7691316	Metamáfica	-	-	Saprólito no leito da estrada.
ST-203	557804	7690967	Metamáfica	-	1 petrografia	Blocos alterados no leito da estrada.
ST-204	557829	7690009	Metamáfica	-	-	Saprólito no leito da estrada.
ST-205	557549	7689833	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Lajedo e blocos na encosta do morro. O gnaisse é cortado por pegmatitos.
ST-206	557453	7689655	Ortognaisse tonalítico Bandeira	Sn=115/55	1 petrografia + 2 geoquímica	Cachoeira no córrego fundo. Presença de xenólitos de anfibolito e pegmatitos.
ST-207	557993	7689785	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	1 petrografia + 1 geoquímica	Blocos na encosta do morro, próximo à estrada.
ST-208	556921	7691870	Pegmatito + Filito + Ortognaisse tonalítico Bandeira	Sn=110/65	-	Saprólito de filito e de gnaisse. O filito é cortado por um pegmatito.

ST-209	557917	7690892	Metamáfica	-	-	Blocos no leito da estrada, ao lado da plantação de eucalipto.
ST-210	558049	7690947	Metamáfica	-	-	Blocos no leito da estrada, ao lado da plantação de eucalipto.
ST-211	559074	7688635	Metamáfica	-	-	Blocos no leito da estrada, perto da capela.
ST-212	558780	7688593	Ortognaisse tonalítico Bandeira + Filito	-	-	Blocos de gnaiss na encosta do morro, mais acima há blocos de filito.
ST-213	558619	7688616	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Lajedo na encosta do morro.
ST-214	558418	7688693	Anfibolito + Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Blocos de anfibolito e gnaiss na encosta do morro.
ST-215	558224	7688644	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Blocos na encosta do morro, próximo à estrada.
ST-216	558272	7688952	Xisto + Ortognaisse tonalítico Bandeira	Sn=130/60	-	Saprólito de xisto no leito da estrada, mais acima saprólito de gnaiss.
ST-217	558200	7689047	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Cachoeira no córrego fundo. Cortado por pegmatitos e veios de epidoto.
ST-218	558504	7689153	Ortognaisse tonalítico Bandeira + Metamáfica	Sn=023/74	-	Afloramento e blocos na drenagem na beira da estrada, mais a frente blocos de rocha metamáfica.
ST-219	558646	7689471	Anfibolito	Sn=050/65	-	Saprólito na beira da estrada.
ST-220	558987	7688996	Metamáfica	-	-	Saprólito no leito da estrada, indo para a capela.
ST-221	558828	7689338	Metamáfica	-	-	Saprólito no leito da estrada, indo para a capela.
ST-222	559268	7689585	Metamáfica	-	-	Blocos no leito da estrada, próximo à estrada.
ST-223	559409	7689714	Ultramáfica + Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Blocos na encosta do morro na parte de cima da estrada. Do outro lado da estrada, lajedo de gnaiss.
ST-224	559422	7689829	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	2 petrografia + 1 geoquímica	Cachoeira no córrego do pombal, perto da estrada. Há partes mais finas e partes mais máficas.
ST-225	559573	7689971	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Blocos no leito da estrada.
ST-226	558481	7692168	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Blocos de gnaiss alterados na estrada.
ST-227	558832	7691928	Ortognaisse tonalítico Bandeira + Anfibolito	-	-	Blocos de gnaiss. Do outro lado do morro blocos de anfibolito.
ST-228	559061	7692000	Ortognaisse tonalítico Bandeira + Anfibolito	-	-	Blocos de gnaiss alterado próximo a blocos de anfibolito alterados.
ST-229	559312	7692229	Granitóide + Anfibolito	Sn=155/62	-	Saprólito de metamáfica cortado por pegmatito e apófises graníticas.
ST-230	559897	7692318	Ortognaisse tonalítico Bandeira	Sn=145/76	1 petrografia + 1 geoquímica	Saprólito de gnaiss com possível xenólito de anfibolito.
ST-231	560420	7691342	Metamáfica + Ortognaisse tonalítico Bandeira + Filito	-	-	Saprólito de rocha fina foliada próximo a estrada. Na estrada saprólito de gnaiss com xenólito de metamáfica.

ST-232	559932	7690747	Ortognaisse tonalítico Bandeira + Pegmatito + Metamáfica	-	-	Blocos alterados de gnaisse na estrada e de pegmatitos. A sul, blocos de metamáfica.
ST-233	559332	7690300	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Saprólito de gnaisse na estrada cortado por pegmatitos.
ST-234	558978	7691078	Metamáfica	Sn=310/80	-	Blocos alterados de metamáfica na estrada.
ST-235	559066	7689837	Metamáfica	-	-	Blocos alterados de metamáfica.
ST-236	560132	7691219	Metamáfica	-	-	Blocos alterados de metamáfica.
ST-237	559955	7691017	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	1 petrografia	Lajedo com gnaisse grosso, aparentemente cortado por gnaisse fino.
ST-238	559791	7690875	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Blocos de gnaisse grosso.
ST-239	560150	7691992	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Blocos ao longo da encosta do morro.
ST-240	560139	7691796	Ortognaisse tonalítico Bandeira + Metamáfica	-	-	Blocos de gnaisse no leito da drenagem e blocos de metamáfica na encosta do morro.
ST-241	559977	7692835	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Lajedo e blocos na fazenda com cerca branca.
ST-242	558367	7690150	Ortognaisse tonalítico Bandeira + Metamáfica	-	1 petrografia + 1 geoquímica	Blocos de gnaisse na encosta do morro e blocos de metamáfica mais acima.
ST-243	558196	7689941	Metamáfica	-	-	Blocos alterados na encosta do morro, perto do rio do peixe.
ST-244	557847	7688529	Metamáfica	-	-	Blocos alterados na encosta do morro.
ST-245	557848	7688812	Metamáfica	-	-	Blocos alterados na encosta do morro.
ST-246	557986	7688605	Ortognaisse tonalítico Bandeira	-	-	Blocos e lajedo na encosta do morro.
ST-247	559338	7688627	Metamáfica	-	-	Blocos alterados na encosta do morro ao lado da estrada perto da capela.
ST-248	559364	7688344	Ultramáfica	Sn=125/47	-	Afloramento alterado na encosta do morro.
ST-249	559507	7688321	Metamáfica	-	-	Blocos alterados na encosta do morro.
ST-250	559579	7688507	Metamáfica	-	-	Blocos alterados no leito da estrada.
ST-251	559558	7688844	Metamáfica	Sn=100/70	-	Saprólito no leito da estrada velha, perto da capela.
ST-252	560705	7688760	Granitóide	-	-	Lajedo na encosta da serra de São Miguel.
ST-253	560775	7688153	Granitóide	-	-	Lajedo na encosta da serra de São Miguel.
ST-254	560327	7688058	Granitóide	-	-	Lajedo e blocos na drenagem.
ST-255	560116	7688131	Ortognaisse trondhjemítico Canoas + Metamáfica	-	-	Blocos de gnaisse alterados no leito da estrada, mais a frente blocos de rocha metamáfica alterada.
ST-256	559829	7687839	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	-	Blocos na drenagem.
ST-257	559802	7687563	-	-	-	Solo marrom escuro no meio do pasto.
ST-258	559697	7687144	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	-	Lajedo na encosta do morro próximo à drenagem.

ST-259	560622	7687649	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	1 petrografia + 1 geoquímica	Blocos na drenagem.
ST-260	560415	7686674	Filito	-	-	Blocos alterados no leito da estrada.
ST-261	560067	7686323	Metamáfica + Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	-	Blocos alterados no leito da estrada.
ST-262	559862	7686418	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	1 petrografia	Blocos na encosta do morro ao lado da drenagem.
ST-263	559610	7686465	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	-	Blocos na encosta do morro ao lado da voçoroca.
ST-264	558909	7686071	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	1 petrografia	Blocos.
ST-265	558619	7686021	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	1 petrografia + 1 geoquímica	Blocos na encosta do morro perto da estrada.
ST-266	558296	7685030	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	1 petrografia	Lajedo na encosta do morro perto da estrada.
ST-267	559979	7684756	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	-	Saprólito na beira da estrada.
ST-268	558444	7683777	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	-	Saprólito na beira da estrada.
ST-426	559833	7687502	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	-	Blocos próximo a estrada.
ST-427	559404	7687409	Ultramáfica	Sn=130/57	-	Blocos de ultramáfica alterada.
ST-428	559175	7687588	Epidosito	-	-	Blocos muito alterados de cor amarronzada.
ST-429	559163	7687942	Granitóide	-	-	Blocos de rocha sem foliação e composição granítica.
ST-430	559054	7687975	Granitóide	-	-	Blocos de rocha sem foliação e composição granítica.
ST-431	558860	7687933	Epidosito	-	-	Blocos muito alterados de cor amarronzada.
ST-432	558803	7687776	Ultramáfica	-	-	Blocos de ultramáfica alterada.
ST-433	0558709	7687768	Ultramáfica	Sn=015/50	-	Blocos de ultramáfica alterada.
ST-434	558685	7687645	Ultramáfica	Sn=195/85	-	Blocos de ultramáfica alterada.
ST-435	558889	7687407	Ultramáfica	Sn=080/50	-	Blocos de ultramáfica alterada.
ST-436	559015	7686094	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	-	Grandes blocos de gnaiss.
ST-437	558955	7686287	Ortognaisse trondhjemítico Canoas	-	-	Lajedo de gnaiss.
ST-438	559021	7686469	Epidosito	-	-	Blocos muito alterados de cor amarronzada.
ST-439	558932	7686727	Ultramáfica	-	-	Blocos de ultramáfica alterada.