



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPTO. DE GEOLOGIA / PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

EVOLUÇÃO GEOTECTÔNICA DA REGIÃO DE SANTA RITA DO SAPUCAÍ, MG

FELIPE MATTOS TAVARES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA DA UFRJ

RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL
FEVEREIRO DE 2008

EVOLUÇÃO GEOTECTÔNICA DA REGIÃO DE SANTA RITA DO SAPUCAÍ, MG

FELIPE MATTOS TAVARES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SETOR I

ORIENTADOR: PROF. DR. RUDOLPH ALLARD JOHANNES TROUW

APROVADA POR:

Prof. Dr. Rudolph A. J. Trouw, IGEO-UFRJ

Prof^a. Dr^a. Beatriz Duarte, FGEL-UERJ

Prof. Dr. Julio Cezar Mendes, IGEO-UFRJ

Prof. Dr. Ciro Alexandre Ávila, MN-UFRJ

TAVARES, Felipe Mattos

Evolução Geotectônica da Região de Santa Rita do Sapucaí, MG.

XIII, 107p. 29,7cm (Instituto de Geociências – UFRJ, M.Sc.,
Programa de pós-graduação em Geologia (2008))

Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, realizada
no Instituto de Geociências

1. *Nappe* Socorro-Guaxupé

2. Zona de Interferência
tectono-metamórfica

I – IGEO/UFRJ

II – Título (série)

Sumário

Índice de figuras	v
Índice de fotos	vii
Índice de tabelas	x
Agradecimentos	xi
Resumo	xii
Abstract	xiii
1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos e Metas	2
1.2 Metodologia	3
1.2.1 Atividades de Campo	3
1.2.2 Atividades Laboratoriais e de Gabinete	4
1.2.3 Atividades Laboratoriais (química mineral)	5
1.2.4 Nomenclatura	6
1.3 Considerações Acerca da Área de Estudos	7
1.3.1 Localização e Acessos	7
1.3.2 Aspectos Fisiográficos	9
1.3.3 Aspectos Históricos da Ocupação e uso do Solo	11
2 – GEOLOGIA REGIONAL	13
2.1 Embasamento	15
2.2 Seqüências Depositionais Meso-Neoproterozóicas	16
2.3 <i>Nappe</i> Socorro-Guaxupé	19
2.4 Evento Termo-tectômico Brasileiro	21
2.4.1 Zona de Interferência entre as faixas Brasília e Ribeira	21
2.4.1.1 Geologia Estrutural	21
2.4.1.2 Metamorfismo	24
3 – UNIDADES DE MAPEAMENTO	26
3.1 Embasamento Arqueano / Paleoproterozóico	28
3.2 Megasseqüência Andrelândia	32
3.2.1 Unidade Arantina	32
3.3 Complexo Socorro	34

3.3.1 Unidade Piranguinho	35
3.3.2 Unidade Brasópolis	41
3.3.3 Unidade Candelária	49
3.4 Granito Santa Rita do Sapucaí	52
4 – GEOLOGIA ESTRUTURAL	53
4.1 Fase de Deformação D ₁	55
4.2 Fase de Deformação D ₂	56
4.1.1 Estruturas D ₂	57
4.3 Fase de Deformação D ₃	64
4.3.1 Estruturas D ₃	65
4.4 Fase de Deformação D ₄	66
4.4.1 Estruturas D ₄	67
4.5 Contextualização Regional	71
5 – METAMORFISMO	72
5.1 Evento metamórfico M ₁	74
5.1.1 Química Mineral	81
5.2 Evento metamórfico M ₂	95
5.3 Retrometamorfismo	98
5.4 Contextualização regional	100
6 – CONCLUSÕES	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
ANEXOS	
Anexo I – Tabela dos pontos de coleta de dados de campo	
Anexo II – Mapa geológico da região de Santa Rita do Sapucaí	

Índice de Figuras

Figura 1.3a: mapa de localização da área de estudo, com principais vias de acesso (modificado da Folha Rio de Janeiro SF-23 IBGE 1:1.000.000, 1998)	8
Figura 2.1a: Mapa das unidades tectono-estratigráficas do segmento sul da Faixa Brasília e do segmento central da Faixa Ribeira. O retângulo azul representa a localização da área de estudos (modificado de Trouw <i>et al.</i> , 2000b).	14
Figura 2.2a: Mapa geológico da zona de interferência entre as faixas móveis Brasília e Ribeira, no sul de Minas Gerais. Unidades do embasamento: I) greenstone belts, II) Complexo Mantiqueira, MS) Supergrupo Minas; Intrusões Paleoproterozóicas: GR) granitóides, MG) gabróicas. Megassequências Depositionais Proterozóicas: SDT e SDL) São João Del Rei, SDC) Carandaí, SDA) Andrelândia, Unidades da SDA: A1+A2, A3, A4, A5e A6 referem-se às associações de litofácies descritas no texto; GA) granitos anatóticos, NG) Nappe de Guaxupé, JTFS) Sistema de empurrões de Juiz de Fora. Cidades: SJR- São João Del Rei, Ti- Tiradentes, Ba- Barbacena, Lv- Lavras, Car- Carrancas, Lu- Luminárias, CC- Carmo da Cachoeira, TC- três Corações, C- Caxambú, AND- Andrelândia, BJM- Bom Jardim de Minas. Detalhe na parte superior esquerda: Domínios Tectônicos - I) autóctone, II e III) alóctones. (modificado de Trouw <i>et al.</i> , 2000b).	18
Figura 2.2b: Estratigrafia da Megassequência Andrelândia (modificado de Paciullo, 1997).	18
Figura 2.3a: mapa geológico da região da <i>Nappe</i> Socorro-Guaxupé. 1 – bacias tardi-orogênicas; 2 – bacias <i>pull apart</i> ; 3 – suítes charnockíticas e granitóides cálcio-alcalinos; 4 – plútons sieníticos; 5 – intrusões sin-colisionais; 6 – Unidade Migmatítica Superior; 7 – Unidade Diatexítica Intermediária; 8 – Unidade Granulítica Inferior; 9 – Megassequência Andrelândia; 10 – megassequências São João Del Rei e Carandaí; 11, 12, 13 – embasamento arqueano / paleoproterozóico; 14 a 22 – Domínio São Roque; o retângulo azul mostra a localização da área de mapeamento (modificado de Heilbron <i>et al.</i> , 2004)	20
Figura 2.4a: Mapa tectônico da zona de interferência entre as faixas Brasília e Ribeira. A área de estudos está exatamente a SW da área representada (Trouw <i>et al.</i> , inédito).	23
Figura 2.4b: mapa metamórfico da zona de interferência entre as faixas Brasília e Ribeira. A área de estudos está exatamente a SW da área representada (Trouw <i>et al.</i> , inédito).	25
Figura 3.1a: diagrama QAP para classificação das rochas ígneas (Streckeisen, 1967) com as composições das rochas do Embasamento, a partir de contagem modal. 3b – sienogranito, 8 – quartzo-monzonito, 10 – quartzo-diorito / gabro	30
Figura 3.3a: diagrama QAP para classificação das rochas ígneas (Streckeisen, 1967) com as composições das rochas da Unidade Piranguinho. Os pontos representam medidas a partir de contagem modal. As estrelas representam medidas a partir de estimativa visual. 3b – monzogranito, 4 – granodiorito, 5 – tonalito, 7 – quartzo-sienito, 8- quartzo-monzonito, 9 – quartzo-monzodiorito / monzogabro, 10 – quartzo-diorito / gabro, 14 – monzodiorito / monzogabro	37
Figura 3.3b: QAP para classificação das rochas ígneas (Streckeisen, 1967) com as composições por contagem modal da Unidade Candelária. 3b – monzogranito, 8 – quartzo-monzonito	48
Figura 4a: mapa tectônico simplificado da região de Santa Rita do Sapucaí, com medidas representativas de S2 e S3 em destaque	54
Figura 4.2a: Estereograma das atitudes das foliações S ₂ , projeção polar, para 129 medidas. Os tons mais escuros indicam maior densidade de pontos (densidade máxima = 26%, atitude 030/66)	57
Figura 4.2b: Estereograma das atitudes das foliações L ₂ , projeção polar, para 21 medidas. Os tons mais escuros indicam maior densidade de pontos (densidade máxima = 20%, atitude 213/36)	58
Figura 4.2c: Estereogramas das atitudes dos pólos de planos axiais de dobras D ₂ (esquerda), e eixos (direita) projeção, para oito medidas.	59

- Figura 4.3a:** mapa geológico simplificado da *Nappe* Socorro-Guaxupé na região de mapeamento. A fase D2 foi responsável por uma transpressão sinistral a partir de compressão NE-SW. O retângulo preto representa a posição aproximada da área de mapeamento (alterado de Campos Neto, 2000) 64
- Figura 4.4a:** Estereograma das atitudes das foliações S_4 , projeção polar, para 21 medidas. Os tons mais escuros indicam maior densidade de pontos (densidade máxima = 23%, atitude 321/06) 67
- Figura 4.4b:** Mapa simplificado da Zona de Cisalhamento Santa Rita do Sapucaí na área de estudos, indicando as ocorrências de protomilonitos a milonitos anastomosados e milonitos a ultramilonitos 67
- Figura 4.4c:** Estereograma das atitudes das lineações L_4 , para quatro medidas 68
- Figura 5a:** Mapa metamórfico da região de Santa Rita do Sapucaí, com ocorrências documentadas de granulitos de pressão intermediária em destaque 73
- Figura 5.1a:** diagrama P-T M1 das rochas do Embasamento. O possível campo de estabilidade dos minerais metamórficos está em destaque. 76
- Figura 5.1b:** diagrama P-T M1 das rochas da Unidade Arantina, de acordo com a correlação regional, com o campo de estabilidade dos minerais metamórficos está em destaque. 76
- Figura 5.1c:** diagrama P-T das rochas das unidades Piranguinho e Brasópolis e provável trajetória metamórfica. A área laranja representa o campo de estabilidade da assembléia metamórfica do pico M1. A elipse vermelha indica os resultados de P e T obtidos a partir de geotermobarometria para o pico M1. A área rosa representa o campo de estabilidade tardio parcial em fácies anfibolito alto. 76
- Figuras 5.1d-l:** valores de X_{Mg} , Alm%, Prp%, An% e Kfs%, como indicado, para cristais representativos de Opx (d), Cpx (e), Grt (f), Hbl (g), Bt (h), Pl (i, j) e Kfs (l). Os vértices das linhas de composição representam os pontos de coleta de dados (borda – centro – borda e intermediários). Observa-se zonamento composicional discreto a expressivo em todos os grãos. 83
- Figura 5.2a:** diagrama P-T das condições de metamorfismo durante M2 (área em destaque) 95
- Figura 5.3a:** diagrama P-T das condições de retrometamorfismo durante M3 (área em destaque) 98

Índice de Fotos

Fotografia 1.3a: fotomosaico mostrando visão panorâmica da área de estudos a partir de colina em Santa Rita do Sapucaí, com vista para SE; observa-se o relevo arrasado típico da área e um conjunto de serras alinhadas, na porção NW da área	10
Fotografia 3.1a: Bt-Hbl-ortognaisse com textura oftálmica e leitos descontínuos migmatíticos paralelos e oblíquos à foliação (ponto FSR077)	30
Fotomicrografia 3.1b: ortognaisse do embasamento com cristais de Hbl e Bt orientados em uma matriz de Qtz, Kfs e Pl (objetiva de 2,5x, lâmina FSR077)	31
Fotomicrografia 3.1c: ortognaisse do embasamento com cristais de Bt orientados, porfiroblastos de Grt e matriz com Qtz, Kfs e Qts (visada de 2,5x, lâmina FSR044)	31
Fotografia 3.2a: lente de rocha metaltramáfica encaixada em Grt-Bt-paragnaisse migmatizado. Unidade Arantina (Ponto FSR015)	33
Fotomicrografia 3.2b: Aspecto geral do Grt-Bt-paragnaisse em lâmina. A xistosidade é zonal paralela, marcada por Bt e deflete em torno dos porfiroblastos de Grt (lâmina FSR015c, visada de 4x, largura de aprox. 5mm)	33
Fotografia 3.3a: Aspecto bandado dos ortognaises da Unidade Piranguinho. Bandas félsicas e máficas e leitos e bolsões leucossomáticos subparalelos à foliação (Ponto FSR005)	38
Fotografia 3.3b: amostra de ortognaisse da Unidade Piranguinho mostrando textura inequigranular porfírica subordinada a um padrão de de deformação. Fenocristais de Hbl e Pl (augens) (Ponto FSR080)	38
Fotomicrografia 3.3c: Cpx-Hbl-ortognaisse, com intercrescimento estável entre Cpx e Hbl orientados em uma matriz de Qtz e Pl (visada de 2,5x, lâmina FSR003a)	39
Fotomicrografia 3.3d: Opx parcialmente convertido à forma monoclinica (clinoestatita), com extinção oblíqua (visada de 4x, lâmina FSR005)	39
Fotomicrografia 3.3e: textura equigranular em metabasito da Unidade Piranguinho. Cpx, Opx, Hbl, Pl e opacos intercrescidos, mostrando leve orientação (visada de 2,5x, lâmina FSR005)	40
Fotomicrografia 3.3f: paragnaisse com Sil, Grt, Kfs, Qtz, Pl e Bt secundária (bordas de Grt) da Unidade Piranguinho (visada de 2,5x, lâmina FSR085)	40
Fotografia 3.3g: Aspecto bandado do Bt-(±Hbl)-paragnaisse (ponto FSR121)	43
Fotografia 3.3h: intercalação de camadas tabulares de Grt-Bt-paragnaisse, Grt-Sil-Kfs-Bt-paragnaisse e gnaisse calciossilicático (ponto FSR030)	43
Fotografia 3.3i: amostra de Grt-Sil-Kfs-Bt-xisto migmatítico (ponto FSR036)	44
Fotografia 3.3j: Textura inequigranular porfírica subordinada a deformação em amostra do granito Serra da Mangueira (ponto FSR065)	44
Fotomicrografia 3.3l: Opx-Hbl-Bt-paragnaisse com Qtz, Kfs e Pl. Opx, Bt, Hbl e opacos ocorrem orientados. Alguns cristais de Bt cresceram em direções aleatóreas (lâmina FSR033a)	45
Fotomicrografia 3.3m: Aspecto geral do Grt-Bt-paragnaisse em lâmina. Matriz com Qtz (+) e Kfs (-). Duas gerações de Bt, a primeira (marrom) orientada na matriz e a segunda (verde amarronzada) substituindo bordas de Grt (visada de 2,5x, lâmina FSR036a)	45
Fotomicrografia 3.3n: inclusões de Spl em Pl (visada de 10x, lâmina FSR036)	46
Fotomicrografia 3.3o: Grt-Sil-Kfs-Bt-xisto da Unidade Brasópolis. Porfiroblastos de Grt com coroas de Pl. a foliação, marcada por Sil e Bt intercrescidas, deflete ao redor de Grt+coroa de Pl (visada de 1,25, lâmina FSR036y)	46

Fotomicrografia 3.3p: gnaiss calciossilicático visto em lâmina. Intercrescimento de Pl (~An82), Qtz, Cpx e opacos (visada de 2,5x, lâmina FSR030)	47
Fotomicrografia 3.3q: bandamento composicional (Cpx, Hbl) em metabasito da Unidade Brasópolis (visada de 2,5x, lâmina FSR033b)	47
Fotografia 3.3r: textura oftálmica observada em granitóide da Unidade Candelária (Ponto FSR005)	49
Fotografia 3.3s: textura inequigranular porfírica subordinada à deformação em amostra de Hbl-Bt-ortognaisse da Unidade Candelária. Augens de Kfs (Ponto FSR127)	49
Fotomicrografia 3.3t: Aspecto geral dos ortognaises da Unidade Candelária em lâmina, com Kfs, Pl, Qtz, Hbl, Bt e opacos, além de cristal de Zrn (visada de 2,5x, lâmina FSR127a)	50
Fotomicrografia 3.3u: Aspecto parte de fenocristal de Kfs pertítico, com mirmequitização na borda (visada de 2,5x, lâmina FSR070b)	50
Fotografia 3.4a: textura inequigranular porfírica em afloramento do Granito Santa Rita do Sapucaí. Fenocristais idiomórficos de Kfs (Ponto HH001)	52
Fotomicrografia 3.4b: Aspecto geral do Granito Santa Rita do Sapucaí em lâmina. Parte de fenocristal de Kfs pertítico e bandas de deformação anastomosadas com crescimento tardio de Bt (visada de 2,5x, lâmina FSR138a)	52
Fotografia 4.1a: foliação S ₁ crenulada por S ₂ em detalhe de afloramento de ortognaisse do Embasamento (ponto FSR104)	55
Fotografia 4.2a: foliação S2 em paragnaisse migmatítico da Unidade Brasópolis (ponto FSR121)	60
Fotomicrografia 4.2b: foliação S2 em lâmina de metabasito com estratificação composicional (Hbl e Cpx) (visada de 1,25x, lâmina FSR122a)	60
Fotografia 4.2c: foliação milonítica D2 vista em amostra de mão de ortognaisse da Unidade Piranguinho. Planos S/C e indicadores cinemáticos tipo sigma (porfiroclastos mantecados de Pl) indicam movimento <i>up dip</i> em relação à lineação L2 (ponto FSR083)	61
Fotomicrografia 4.2d: banda ultramilonítica D2 em rocha da unidade Candelária, com porfiroclastos de Kfs e fitas de Qtz (visada de 2,5x, lâmina FSR117)	61
Fotomicrografia 4.2e: Qtz poligonalizado em milonito D2 (visada de 10x, lâmina FSR117)	62
Fotomicrografia 4.2f: planos S/C em milonito D2 indicam movimento <i>up dip</i> em relação à lineação L2 (visada de 2,5x, lâmina FSR117)	62
Fotomicrografia 4.2g: indicador cinemático D2 tipo sigma, indicando movimento <i>up dip</i> em relação à lineação L2 (visada de 4x, lâmina FSR117)	63
Fotografia 4.3a: zona de cisalhamento transcorrente sinistral com dobras de arraste associadas cortando ortognaisse migmatítico do Embasamento (ponto FSR077)	65
Fotografia 4.4a: foliação milonítica S4 em afloramento do Granito Santa Rita do Sapucaí (ponto FSR141)	69
Fotomicrografia 4.4b: foliação milonítica S4 em lâmina do Granito Santa Rita do Sapucaí, com indicadores cinemáticos destrais (planos S/C) (visada de 2,5x, lâmina FSR138b)	69
Fotomicrografia 4.4c: indicador cinemático D4 tipo sigma (porfiroclasto mantecado de Kfs), indicando movimento destral, em milonito no Granito Santa Rita do Sapucaí (visada de 2,5x, lâmina FSR138b)	70
Fotomicrografia 5.1a: assembléia metamórfica M1 (Hbl+Bt+Pl) em ortognaisse do Embasamento (visada de 2,5x, lâmina FSR077)	77
Fotografia 5.1b: textura migmatítica estromática pré-M1 deformada por D1 e D2 em ortognaisse do Embasamento (ponto FSR104)	77
Fotomicrografia 5.1c: assembléia metamórfica M1 incompleta (Grt+Bt+Kfs+Pl) no em xisto da Megasseqüência Andrelândia (visada de 2,5x, lâmina FSR015)	78

Fotomicrografia 5.1d: assembléia metamórfica M1 (Opx+Cpx+Hbl+Pl) em ortognaisse da Unidade Piranguinho (visada de 4x, lâmina FSR003a)	78
Fotomicrografia 5.1e: assembléia metamórfica M1 (Grt+Sil+Kfs+Pl+Bt) em xisto da Unidade Brasópolis (visada de 2,5x, lâmina FSR036y)	79
Fotomicrografia 5.1f: intercrescimento estável entre Opx e Hbl com origem atribuída ao pico metamórfico de M1 (visada de 10x, lâmina FSR005)	79
Fotomicrografia 5.1g: Hbl crescida a partir de Cpx, ao longo da foliação S2, atribuída ao reequilíbrio tardio de M1 (visada de 4x, lâmina FSR005)	80
Fotomicrografia 5.1h: coroas de Ttn ao redor de grãos de Ilm em ortognaisse da Unidade Piranguinho (visada de 20x, lâmina FSR093)	80
Fotomicrografia 5.1i: mineralogia metamórfica M1(Cpx+Grt+Pl) do gnaiss calciossilicático (visada de 4x, lâmina FSR030)	92
Fotomicrografia 5.1j: mineralogia metamórfica M1 (Grt+Sil+Kfs+Pl+Bt) do xisto (visada de 4x, lâmina FSR036y)	93
Fotomicrografia 5.1l: mineralogia metamórfica Mi (Opx+Cpx+Grt+Hbl+Pl) em metabasito. Cpx ocorre como inclusões em Opx (visada de 4x, lâmina VAC085c)	93
Fotomicrografia 5.1m: Opx com inclusão de Cpx no metabasito. A linha tracejada indica o perfil químico por amostragens pontuais (5) ao longo do grão (visada de 20x, lâmina VAC085)	94
Fotomicrografia 5.1n: Grt com padrão de inclusões compartimentado em dois domínios, o centro homogenizado durante metamorfismo não mostra orientação aparente, a borda contém inclusões orientadas de Sil. A foliação é defletida nas bordas da granada e o padrão de inclusões evidencia crescimento da borda sin-tectônica em relação a D2. A linha tracejada indica o perfil químico por amostragens pontuais (18) ao longo do grão (visada de 2,5x, lâmina FSR036y)	94
Fotomicrografia 5.2a: crescimento de Hbl a partir de Opx, atribuído a M2, em ortognaisse da Unidade Piranguinho (visada de 10x, lâmina FSR005)	96
Fotomicrografia 5.2c: metabasito da Unidade Brasópolis com crescimento de Bt, Cum e Hbl a partir de Cpx e Opx em fratura percolada por H2O (visada a 10x, lâmina VAC085)	96
Fotomicrografia 5.2b: recristalização de Bt em ortognaisse da Unidade Piranguinho (visada a 4x, lâmina FSR004e)	97
Fotomicrografia 5.2d: crescimento de Cum a partir de Opx (clinoenstatita) em metabasito da Unidade Brasópolis (visada a 20x, lâmina VAC085)	97
Fotomicrografia 5.3a: metabasito da Unidade Brasópolis crescimento retrometamórfico de Bt e Hbl-Act em fratura percolada com H2O (visada de 10x, lâmina FSR005)	99
Fotomicrografia 5.3b: simplectito retrometamórfico com crescimento de Bt fibrosa, Hbl-Act, Act e Chl, em ortognaisse do Embasamento (visada a 4x, lâmina FSR077)	99

Índice de Tabelas

Tabela 3a: composições modais em percentagem (contagem de 250 pontos) de lâminas representativas das litologias encontrados em cada unidade de mapeamento. ogn. – ortognaisse, pgn. – paragnaisse, mb. – metabasito, rch. Sed. – rocha sedimentar, rch. Cal-Sil – rocha calciossilicática, tr – quantidade inferior a 0,3%.	27
Tabela 5.1a: Análises químicas representativas de grãos de Opx.	84
Tabela 5.1b: Análises químicas representativas de grãos de Cpx.	85
Tabela 5.1c: Análises químicas representativas de grãos de Grt.	86
Tabela 5.1d: Análises químicas representativas de grãos de Hbl.	87
Tabela 5.1e: Análises químicas representativas de grãos de Bt.	88
Tabela 5.1f: Análises químicas representativas de grãos de Pl.	89
Tabela 5.1g: Análises químicas representativas de grãos de Kfs.	90

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar ao professor Rudolph A. J. Trouw, que orienta a minha vida acadêmico-científica há seis anos e que muito contribuiu (e oxalá ainda vai contribuir) para a minha formação como cientista e geólogo.

Ao professor Renato de Moraes (IGC USP) pela orientação na tomada, tratamento e interpretação dos dados de química mineral.

Aos professores André Ribeiro e Rodrigo Peternel pelas discussões científicas que muito ajudaram na realização desse trabalho.

Aos mestrandos Hugo Polo e Alexandre Oliveira pela imensa ajuda na contagem modal das rochas.

À mestranda Mariana Zuquim pela leitura crítica desta dissertação e pelas discussões científicas.

Aos mestrandos Gabriel Corrêa de Matos, Rodrigo Vinagre e Vitor Fraga, pelas discussões científicas e pelo acompanhamento em algumas campanhas de campo.

Ao CNPq por fornecer bolsa de mestrado durante o primeiro ano de pesquisa.

Ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM) pelo financiamento das análises de química mineral e pelas seguidas dispensas de trabalho fornecidas a título de treinamento dos quadros.

A todos os professores, alunos e funcionários da geologia UFRJ que estiveram presentes na minha vida acadêmica e que contribuíram de alguma forma para a realização desse trabalho.

Por fim, agradeço aos meus pais, Alfredo S. Tavares e Virginia H. S. Mattos, por todo o amor, confiança e força despendidos na minha criação, o que permitiu a mim alcançar e cumprir mais essa etapa da vida.

RESUMO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA AO PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE
JANEIRO

EVOLUÇÃO GEOTECTÔNICA DA REGIÃO DE SANTA RITA DO SAPUCAÍ, MG

FELIPE MATTOS TAVARES

RIO DE JANEIRO, FEVEREIRO DE 2008

ORIENTADOR: PROF. DR. RUDOLPH ALLARD JOHANNES TROUW

Na borda meridional do paleocontinente São Francisco, no final do Neoproterozóico, foi instalada uma colisão continente-continente E-W (Orógeno Brasília Meridional). Ocorre sobreposto parcialmente um segundo evento colisional, de direção NE-SW (Orógeno Ribeira), configurando padrão de interferência tectono-metamórfica. Este trabalho teve o objetivo de melhorar o entendimento entre as unidades tectono-estratigráficas regionais na região de Santa Rita do Sapucaí, sul de MG. Teve como métodos mapeamento geológico-estrutural na escala 1:50.000, petrografia, microtectônica e química mineral. Na área de estudos, ocorrem sete unidades de mapeamento. O Embasamento corresponde a ortognaisses monzograníticos a tonalíticos relacionados geneticamente ao Transamazônico. A Unidade Arantina é constituída por paragnaisses e quartzitos com lente de metaultrabásito e representa a fácies distal da Megasseqüência Andrelândia. As unidades Piranguinho e Brasópolis correspondem, respectivamente, a ortognaisses quartzo-sieníticos a tonalíticos migmatíticos e metabasitos intercalados com raras lentes de paragnaisses migmatíticos e a paragnaisses migmatíticos de composições predominantemente imaturas e metabasitos, representando a raiz de um arco magmático e sua cobertura sedimentar associada. A Unidade Candelária representa uma suíte monzogranítica a quartzo-monzonítica intrusiva sin-colisional nas unidades Piranguinho e Brasópolis. O Granito Serra da Mangueira é derivado de fusão parcial *in situ* sin-M₁. O Granito Santa Rita do Sapucaí é um corpo intrusivo sin-M₂ encaixado em uma zona de cisalhamento D₄. Quatro fases de deformação foram identificadas: D₁ e D₂ são correlacionáveis à evolução da Faixa Brasília, D₃ e D₄ à Faixa Ribeira. D₁ é reconhecida localmente nos ortognaisses do Embasamento. D₂ é a fase de deformação principal reconhecida na área, representada por uma foliação S₂, uma lineação L₂ e por zonas de cisalhamento de baixo ângulo que estruturam um sistema de *nappes* (Lambari, Varginha e Socorro-Guaxupé) com transporte tectônico aparente para NE. D₃ foi responsável pelo giro sinistral das estruturas D₂ e por megainflexões em escala de mapa da foliação S₂, bem como por zonas de cisalhamento sinistrais, a partir de compressão transpressiva sinistral NE-SW. D₄ gerou a zona de cisalhamento Santa Rita do Sapucaí, de orientação NE-SW e movimentação transcorrente destal, a partir de compressão E-W. Dois eventos metamórficos foram identificados. M₁, associado à evolução da faixa Brasília, é cedo a sin-colisional e foi caracterizado em três domínios: na *Nappe* Lambari (Embasamento), em fácies anfíbolito alto; na *Nappe* Varginha (Unidade Arantina), em fácies granulito de pressão alta; na *Nappe* Socorro-Guaxupé (unidades Piranguinho e Brasópolis), em fácies granulito de pressão intermediária com passagem tardia por fácies anfíbolito alto. A isógrada metamórfica Opx-*in* segue o contato basal da *Nappe* Socorro-Guaxupé, sugerindo que o pico metamórfico foi anterior à colocação final das *nappes*. Análises de geotermobarometria apresentadas neste trabalho apontam valores de T=922 ±111°C / P=10.2 ±3.4kbar, T=961 ±183°C / P=8.9 ±2.1kbar e T=905 ±98°C / P=8.2 ±1.2kbar e representam o auge do metamorfismo na *Nappe* Socorro-Guaxupé, a uma profundidade superior a 25km. M₂, associado à evolução da faixa Ribeira, é sin-tectônico em relação a M₂ e é de fácies anfíbolito alto, se superpondo parcialmente sobre M₁. Um retrometamorfismo de fácies xisto verde afeta todas as rochas estudadas. Durante o Fanerozóico a área passou por um longo período de relativa estabilidade geotectônica. Lineamentos N-S formados por rios e morros alinhados, para os quais não foi reconhecida uma causa nas orogêneses brasileiras, foram interpretados como reflexo de processos de tectônica cenozóica na área de estudos.

ABSTRACT OF MASTERS DISSERTATION PRESENTED TO GEOLOGY POST
GRADUATE PROGRAM FROM FEDERAL UNIVERSITY OF RIO DE JANEIRO

GEOTECTONIC EVOLUTION OF SANTA RITA DO SAPUCAÍ REGION, MG

FELIPE MATTOS TAVARES

RIO DE JANEIRO, FEBRUARY OF 2008

ORIENTING PROFESSOR: PROF. DR. RUDOLPH ALLARD JOHANNES TROUW

A continent-to-continent E-W collision (Southern Brasília Belt) was installed in southern São Francisco paleocontinental margin at Late Neoproterozoic. A NE-SW collision (Ribeira Belt) is partially superposed, characterizing tectono-metamorphic interference. This work had the objective of clarify tectono-stratigraphic relations in Santa Rita do Sapucaí region, southern Minas Gerais state. It was developed by the use of structural-geological mapping (1:50.000), petrography, microtectonics and mineral chemistry. There are seven mapping units in the study area. Alochthonous Basement corresponds to transamazonian monzogranitic to tonalitic migmatitic orthogneisses. Arantina Unit is constituted by paragneisses and intercalated quartzites with metaultrabasites lenses and represents Andrelândia Megasequence distal facies. Piranguinho and Brasópolis units correspond respectively to quartz-sienitic to tonalitic orthogneisses with intercalated metabasites and rare paragneissic lenses, and mainly immature paragneisses with metabasites intercalations, representing magmatic arc roots and its associated sedimentary cover. Candelaria Unit is a syn-collisional intrusive monzogranitic to quartz-monzonitic suite, allocated in Piranguinho and Brasópolis units. Serra da Mangueira granite is a syn-M1 anatexis-derived body. Santa Rita do Sapucaí granite is an intrusive syn-M2 body. Four deformation phases were identified. D1 and D2 are Brasília related, D3 and D4 are Ribeira related. D1 is only locally recognized in Basement. D2 is main deformation phase recognized, with development of foliation (S2), lineation (L2) and apparent top-to-NE *nappe* system (Lambari, Varginha and Socorro-Guaxupé *nappes*). D3 was a transpressive sinistral NE-SW compression that caused sinistral rotation of D2 structures and map-scale S2 megainflexions, as well as sinistral strike-slip shear zones. D4 was an E-W compression that generated dextral strike-slip NE-SW Santa Rita do Sapucaí Shear Zone. It was identified two metamorphic events. M1 is a cedo to syn-collisional Brasília related event, characterized in three domains: high amphibolite facies in Lambari *Nappe* (Basement), high pressure granulite facies in Varginha *Nappe* (Arantina Unit) and intermediate pressure granulite facies with late passage by high amphibolite facies in Socorro-Guaxupé *Nappe* (Piranguinho and Brasópolis Units). Opx-in metamorphic isograd follows basal Socorro-Guaxupé *Nappe* contact, suggesting that M1 peak was earlier than final *nappe* extrusion. Geothermobarometric data presented in this work point $T=922 \pm 111^{\circ}\text{C}$ / $P=10.2 \pm 3.4\text{kbar}$, $T=961 \pm 183^{\circ}\text{C}$ / $P=8.9 \pm 2.1\text{kbar}$ and $T=905 \pm 98^{\circ}\text{C}$ / $P=8.2 \pm 1.2\text{kbar}$, representing M1 peak in Socorro-Guaxupé *Nappe*, in 25km depth or more. M2 is a high amphibolite facies syn-tectonic Ribeira related event, partially superposed over M1. Greenschist facies retro-metamorphism affected all studied rocks. The study area passed by a relatively stable tectonic period during Phanerozoic. N-S hills and rivers lineaments, for which it was not found a neoproterozoic explanation, were interpreted as Cenozoic tectonic process reflex.

1 – INTRODUÇÃO

A geologia do sul do estado de Minas Gerais (MG) é de grande complexidade evolutiva. Nessa região ocorre uma zona de interferência tectono-metamórfica entre as faixas móveis Brasília e Ribeira (Trouw *et al.*, 1994), ambas de idade brasileira.

Para um melhor entendimento da evolução geotectônica regional, bem como para a compreensão do processo de interferência entre as duas faixas móveis, são necessários estudos específicos de mapeamento e caracterização das rochas aflorantes.

Na região de Santa Rita do Sapucaí, sul de MG, as rochas orto e paraderivadas da *Nappe* Socorro-Guaxupé, unidade tectono-estratigráfica relacionada à evolução da Faixa Brasília (Campos Neto e Caby, 1999, 2000, 2004), estão em contato com ortognaisses de um embasamento arqueano / paleoproterozóico e com paragnaisses associados à Megasseqüência Andrelândia (Paciulo *et al.*, 2000).

Esta dissertação aborda o mapeamento geológico da região de Santa Rita do Sapucaí, associado a estudos petrológicos e estruturais das rochas aflorantes. Foi realizada através do Programa de Pós-graduação em Geologia (PPGL) da UFRJ.

A pesquisa se desenvolveu entre março de 2006 e fevereiro de 2008, envolvendo atividades de campo, descrição de lâminas petrográficas, estudos de química mineral, confecção de mapas geológicos, seções transversais e estereogramas, pesquisa bibliográfica e a elaboração deste relatório final.

Para a realização dessa pesquisa, foram recebidos recursos financeiros do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) através de bolsa de mestrado (março/2006 a fevereiro/2007) e do Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

Foram realizadas diversas campanhas de campo para coleta de dados, bem como trabalhos nos laboratórios do Departamento de Geologia da UFRJ, do Departamento de Geologia da CPRM (RJ) e do Instituto de Geociências da USP.

1.1 – Objetivos e Metas

Esse trabalho tem por objetivo melhorar o entendimento da relação entre as rochas da *Nappe* Socorro-Guaxupé, os paragneisses da Megasseqüência Andrelândia e os ortogneisses do embasamento, na região de Santa Rita do Sapucaí, MG, com a finalidade de se compreender a sua evolução geotectônica.

Para tal, efetuou-se as seguintes atividades:

- a) Produção de um mapa geológico, na escala de semi-detalhe (1:50.000) da área de estudos;
- b) Caracterização petrográfica das unidades de mapeamento encontradas, através de descrição de afloramentos, amostras de mão e lâminas delgadas;
- c) Estudo da geologia estrutural, a partir dos dados coletados em campo e de observações da microtectônica;
- d) Caracterização do metamorfismo ocorrido, através de petrografia e geotermobarometria;
- e) Produção de um mapa tectônico e um mapa metamórfico da área de estudos.

Faz-se importante ressaltar que este trabalho está integrado a outros já realizados ou em andamento, adjacentes à área de estudos. Fundamentalmente, os resultados obtidos irão contribuir para o entendimento regional da zona de interferência entre as faixas Brasília e Ribeira.

1.2 – Metodologia

Adotou-se a seguinte sistemática de pesquisa:

- a) Revisão bibliográfica dos trabalhos já publicados sobre o tema, bem como sobre a área de estudos. Inclui-se nessa etapa a consulta a livros sobre petrologia, geologia estrutural e microtectônica, a publicações diversas e a mapas geológicos;
- b) Atividades de campo tomando como referência trabalhos anteriores, com mapeamento geológico na escala de semi-detalle (1:50.000) e coleta de dados estruturais. Amostragem de rochas para análises laboratoriais de petrografia, microtectônica e química mineral;
- c) Atividades de laboratório, com descrição petrográfica e microestrutural de lâminas delgadas de rocha e análises de química mineral (microsonda);
- d) Tratamento dos dados, referindo-se à edição do mapa geológico com o programa ArcGIS, confecção de perfis, seções geológicas e estereogramas e interpretação dos dados de química mineral com auxílio do programa THERMOCALC.

1.2.1 – Atividades de campo

Tais atividades se referem ao mapeamento geológico e estrutural na escala 1:50.000 de uma área com aproximadamente 712 km² na região de Santa Rita do Sapucaí, MG. Este foi realizado durante diversas campanhas que totalizaram 50 dias de trabalho. Utilizaram-se sete cartas topográficas do IBGE, de escala 1:50.000: Santa Rita do Sapucaí, Heliódora, Cristina, Itajubá, Delfim Moreira, Campos do Jordão, Paraisópolis, Conceição dos Ouros e Pouso Alegre, sendo as seis últimas usadas principalmente para fins de localização de acessos para a área de mapeamento.

A metodologia de mapeamento consistiu na elaboração de uma malha não-regular de pontos de coleta de dados geológicos, cujas localizações foram determinadas pelos seguintes critérios objetivos: exposição de rocha não alterada a muito alterada (elevado grau de saprolitização), tipo rochoso ou tipos rochosos

distintos, relevância relativa das estruturas e texturas observadas, densidade relativa de pontos em uma certa área e aspectos geomorfológicos.

Tais pontos correspondem a afloramentos de rocha, que foram descritos detalhadamente em termos de mineralogia, litologias, texturas, estruturas, dimensões, toponímia e localização, com o uso de martelo, lupa, caderneta e lapiseira. Coletaram-se dados estruturais (medidas *dip/dip*) com o auxílio de bússola geológica modelo Brunton e foram realizadas amostragens de rochas para análise laboratorial, muitas referenciadas espacialmente (amostras orientadas). Os 164 pontos de coleta de dados foram georreferenciados com o auxílio do sistema GPS (*Global Positioning System*), utilizando aparelho Garmin Etrex (erro médio de $\pm 10\text{m}$). Alguns aspectos relevantes foram esboçados em croquis e/ou fotografados com câmera digital Sony.

As unidades foram definidas de acordo com as relações geológicas observadas entre os litotipos em conjuntos de pontos espacialmente arranjados. Por critério de extrapolação, assumiu-se que entre dois pontos adjacentes da mesma unidade não havia variação expressiva além da previsível dos litotipos observados.

Durante uma campanha de campo, a informação obtida em cada ponto amostrado contribui para a determinação da localização do próximo ponto de coleta. Dessa forma, foram caracterizadas e investigadas em maior detalhe estruturas de maior relevância, como os contatos entre litotipos, unidades litológicas e litotectônicas distintas, zonas de cisalhamento e empurrões. Os traçados dessas estruturas em mapa obedeceram a critérios de geometria.

Também se fez necessário realizar pontos de coleta ao longo de direções específicas (perfis), em especial ortogonalmente à foliação regional, a fim de observar as variações litológicas e estruturais ao longo de uma mesma unidade ou entre unidades.

Quando possível, foi feita a correlação com as unidades descritas na bibliografia para a mesma região.

1.2.2 – Atividades laboratoriais e de gabinete

Trata-se de todos os trabalhos de preparação das atividades de campo, bem como a geração e tratamento de dados e resultados posteriores às campanhas.

Inicialmente foi feita pesquisa bibliográfica dos trabalhos anteriores acerca da geologia regional e local. Após o retorno os dados coletados eram tratados e compilados.

Algumas amostras de rocha foram selecionadas e geraram lâminas delgadas para análise petrográfica e microestrutural, a fim de contribuir para a caracterização dos litotipos e das fases deformacionais às quais as rochas foram submetidas. A partir dessas lâminas, obteve-se fotomicrografias da mineralogia, texturas e microestruturas presentes.

Os minerais presentes nos litotipos foram identificados megascopicamente e microscopicamente. As diferentes assembléias minerais foram identificadas e se estabeleceram as correlações petrográficas e petrológicas entre estas.

Os dados estruturais obtidos foram agrupados em famílias de acordo com critérios de campo, gerando assim estereogramas distintos com o auxílio do programa StereoNett. Lâminas orientadas espacialmente permitiram a caracterização microestrutural das rochas e determinação de direções de movimentação relativa a partir de micro-indicadores cinemáticos.

O mapa geológico produzido em campo foi digitalizado com o auxílio do programa ArcGIS 9.1 e, a partir deste, elaboradas seções geológicas.

1.2.3 – Atividades Laboratoriais (Química Mineral)

Foram realizadas análises de química mineral em uma série de grãos metamórficos de três lâminas polidas. Estas análises foram feitas com o objetivo de se quantificar as condições de equilíbrio metamórfico existentes nas rochas estudadas, através de geotermobarometria.

As composições químicas foram obtidas no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo com o auxílio de um aparelho de microsonda eletrônica (Jeol JXA-8600) capaz de produzir análises por EDS (*energy dispersive X-ray spectroscopy*) e WDS (*wave-length dispersive X-ray spectrometry*).

As análises feitas foram WDS pontuais, com condições de operação em 15kV, 20nA e feixe com diâmetro de 5-10 μ m. A leitura de dados é feita nos espectrômetros a 40°.

Os dados foram tratados com o auxílio do programa THERMOCALC, que produz uma análise probabilística das possíveis reações metamórficas às quais um conjunto de fases analisadas passou até alcançar a estabilidade. O programa trabalha com a margem de erro de cada reação e monta a elipse de menor erro entre as ditas reações, indicando as condições de pressão (P) e temperatura (T) mais prováveis.

1.2.4 – Nomenclatura

A nomenclatura mineral utilizada neste trabalho foi baseada em Deer *et al.* (1992). Para rochas ígneas foi utilizado o diagrama de Streckeisen (1967). Para as rochas e processos de metamorfismo, Yardley (1994). A nomenclatura de geologia estrutural e microtectônica foi baseada em Davis (1996) e Passchier & Trouw (2005).

As abreviações de minerais utilizados nesta dissertação são as propostos por Kretz (1983) com algumas adaptações.

Act – actinolita	Alm – almandina
Aln – allanita	And – andradita
An – anortita	Ap – apatita
Bt – biotita	Cal – calcita
Chl – clorita	Cpx – clinopiroxênio (diopsídio)
Cum – cummingtonita	Ep – epidoto
Esp – espessartita	Gro – grossulária
Grt – granada	Hbl – hornblendas (<i>sensu lato</i>)
Hbl-Act – hornblenda actinolítica	Hyp – hiperstênio
Ilm – ilmenita	Kfs – alcalifeldspato potássico
Ky – cianita	Ms – muscovita
Ol – olivina	Pl – plagioclásio
Prp – piropo	Qtz – quartzo
Rt – rutilo	Sil – sillimanita
Spl – espinélio	Ttn – titanita
Zrn – zircão	opacos – óxidos e sulfetos diversos

1.3 – Considerações Acerca da Área de Estudos

1.3.1 – Localização e Acessos

A área de estudos tem seus limites nos paralelos $22^{\circ} 15' S$ – $22^{\circ} 30' S$ e nos meridianos $45^{\circ} 30' W$ – $45^{\circ} 45' W$, com área aproximada de 712km^2 (Fig. 1.3a). Equivale à folha topográfica Santa Rita do Sapucaí, (SF-23-Y-B-II-4, IBGE, 1971), a qual se articula com as folhas Heliadora (N), Cristina (NE), Itajubá (E), Delfim Moreira (SE), Campos do Jordão (S), Paraisópolis (SW), Conceição dos Ouros (W) e Pouso Alegre (NW).

Situa-se entre as cidades de Itajubá e Santa Rita do Sapucaí, na mesorregião do Sul e Sudoeste de Minas, estado de Minas Gerais, Brasil. Engloba no seu total o município de Piranguinho e parcialmente os municípios de Santa Rita do Sapucaí, São José do Alegre, Pedralva, Cachoeira de Minas, Conceição dos Ouros, Brasópolis, Paraisópolis, Itajubá e Piranguçu.

Três rodovias asfaltadas atravessam a área. O acesso mais usual é pela BR 459. Pode-se alcançá-la por dois caminhos principais, a partir da BR 116 (Via Dutra), desde o trevo de Lorena, SP, ou a partir da BR 381 (Rod. Fernão Dias), desde o trevo de Pouso Alegre, MG.

As outras duas rodovias asfaltadas, MG 295 e MG 347, ligam a BR 459 a Paraisópolis e a São Lourenço, respectivamente. De Paraisópolis, é possível alcançar Campos do Jordão e a BR 116 através de rodovias estaduais. De São Lourenço, é possível alcançar por rodovia estadual a BR 267, na altura de Caxambu, e seguir até a BR 040 (Rio-BH), na altura de Juiz de Fora.

Uma ampla rede de estradas de terra batida interconecta os diversos distritos rurais e os centros urbanos, possibilitando fácil acesso de carro à maior parte da área de mapeamento.

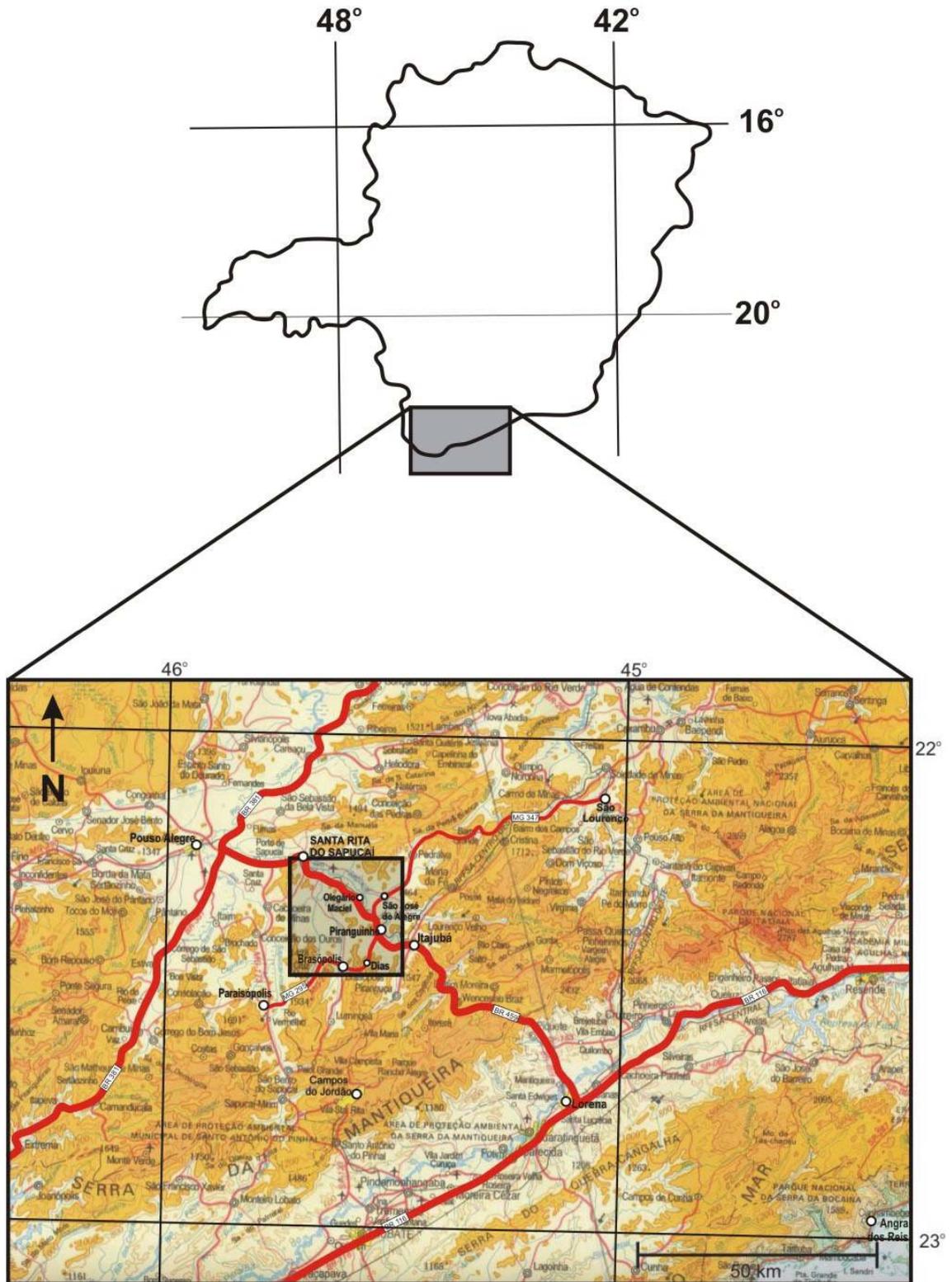


Figura 1.3a: mapa de localização da área de estudo, com principais vias de acesso (modificado da Folha Rio de Janeiro SF-23 IBGE 1:1.000.000, 1998)

1.3.2 – Aspectos Fisiográficos

As informações aqui fornecidas se baseiam nas próprias observações do autor e em dados fornecidos no sítio eletrônico do IBGE (<http://www.ibge.gov.br>).

A área de estudos possui relevo heterogêneo. O ponto mais alto da área é o Pico da Boa Vista, na Serra dos Dias, com 1399m, próximo a Brasópolis. O ponto de menor altitude está nas proximidades da cidade de Santa Rita do Sapucaí, no leito do rio Sapucaí, com cerca de 835m. As altitudes médias variam entre 900 e 1.000m.

Nas partes sul, noroeste e extremo nordeste predominam serras com encostas íngremes, por vezes expondo gigantescos paredões rochosos e outros bons afloramentos. No restante da área predomina um relevo arrasado, com colinas baixas de pequena declividade e vales pouco profundos, entulhados de sedimentos, formando vastas várzeas, planícies de inundação e terraços fluviais, amplamente utilizadas na pecuária e na agricultura (Foto. 1.3a). Os afloramentos nessa parte da área são escassos e na maioria das vezes alterados. Espessos perfis pedogenéticos e/ou colúvios são freqüentemente observados em cortes de estrada, encobrindo as rochas menos alteradas.

As drenagens da área compõem parte da bacia hidrográfica do Rio Grande. O maior e mais volumoso rio é o Sapucaí, de padrão meandrante, que corta transversalmente toda a área. Quase todas as outras drenagens correm na sua direção, com um padrão predominantemente dendrítico. Por vezes observam-se alinhamentos de drenagens, incluindo o próprio rio Sapucaí, fato que freqüentemente está associado às estruturas pré-cambrianas. A maior parte dos cursos d'água nascem nas serras da área ou das suas proximidades.

O clima da região é subtropical, com predomínio de temperaturas amenas durante todo ano (a média anual varia em torno de 20 e 22°C), principalmente devido à orografia. O verão é chuvoso, especialmente entre novembro e fevereiro e o mês mais quente acusa média inferior a 24°C. Já o inverno é a estação mais seca e com temperaturas médias variando entre 12 e 17°C.

A vegetação nativa é muito restrita, visto que a atuação antrópica é comum há séculos, sendo usual a presença de pastos e plantações. No sopé das serras ainda é possível reconhecer a mata nativa, bem como matas ciliares ao longo de alguns riachos.



Fotografia 1.3a: fotomosaico mostrando visão panorâmica da área de estudos a partir de colina em Santa Rita do Sapucaí, com vista para SE; observa-se o relevo arrasado típico da área e um conjunto de serras alinhadas, na porção NW da área.

1.3.3 – Aspectos Históricos da Ocupação e do Uso do Solo

As informações aqui fornecidas se baseiam nas próprias observações qualitativas do autor e em dados fornecidos no sítio eletrônico do IBGE (<http://www.ibge.gov.br>).

Os primeiros habitantes da região foram os índios Purí-Coroados. No fim do século XVII, vieram os bandeirantes, com a descoberta de ouro em aluviões da região. Estes fundaram inicialmente o arraial de Itajibá (mais tarde, Itajubá Velho, depois, Delfim Moreira) e depois, diversas localidades no sul de Minas. A febre do ouro não durou, pelo baixo teor das jazidas, levando os habitantes que não deixaram o local a subsistirem com pecuária e agricultura.

No fim do século XVIII, várias vilas e arraiais estavam instalados, entre eles Brasópolis, Heliódora e Natercia.

A partir do século XIX as terras férteis do sul de Minas passaram a abrigar extensas plantações de café, o que revolucionou o arranjo produtivo regional. A derrubada da mata nativa, rica em madeiras de lei, as novas lavouras e a construção de estradas de ferro (desde 1880) atraíram uma nova leva de imigrantes e escravos. Oligarquias locais formadas pelos grandes produtores rurais passaram a exercer ampla influência política na região e posteriormente no país.

A elite era vanguardista, republicana e descentralizadora. Foi um grupo de senhores dessa região um dos primeiros do país a abolir voluntariamente a escravidão, antes da instalação da Lei Áurea. Durante o período da República Velha, a influência política das oligarquias locais atingiu seu ápice, com a eleição de Wenceslau Braz (natural de Brasópolis, cujo nome atual é em sua homenagem) governador de MG e posteriormente presidente do Brasil.

A ruptura da hegemonia do café, após a crise de 1929 e da revolução de 1930, levou a região a uma decadência crescente, o que resultou em novos arranjos produtivos, com a diversificação das culturas. Em meados do século XX, se deu início o desmantelamento da rede ferroviária regional e a abertura de rodovias, que deram maior visibilidade a alguns municípios.

Em Santa Rita do Sapucaí, se instalou a partir de 1958 a primeira escola técnica em eletrônica da América Latina, semente para a criação do Vale da Eletrônica, pólo industrial que hoje conta com mais de 150 empresas. Em Itajubá, se

instalaram diversas empresas de grande porte, levando a cidade a adquirir grande importância econômica no sul de Minas.

Hoje, na área de estudos, metade da população vive no campo, onde se produz principalmente banana, cana-de-açúcar, café e milho, além da pecuária (leite), em pequenas e médias propriedades. Porém a maior fonte de renda é o setor de serviços, concentrado nos centros urbanos. A indústria do Vale da Eletrônica é outra fonte de renda significativa. Turismo ainda é um setor incipiente, concentrado em poucos hotéis-fazendas, principalmente na região de Brasópolis.

2 – GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudos está localizada regionalmente na Província Mantiqueira (Brito Neves *et al.*, 1999), inserida no Domínio Alóctone III (Ribeiro *et al.*, 1990) da zona de interferência entre as Faixas Brasília e Ribeira (Fig 2a, Trouw *et al.*, 1994). A evolução geotectônica regional está relacionada a processos orogenéticos neoproterozóicos do Evento Termo-tectônico Brasileiro que, junto ao evento Pan-Africano, foi responsável pela aglutinação da porção ocidental do paleocontinente Gondwana (Brito Neves *et al.*, 1999).

Observa-se regionalmente o registro de duas colisões continentais. A primeira se deu entre o paleocontinente Paranapanema e a margem passiva ocidental e meridional do paleocontinente São Francisco, entre 630 e 610 Ma (Faixa Brasília, Dardenne, 2000). A segunda se deu entre o paleocontinente Congo e a margem passiva meridional e oriental do paleocontinente São Francisco, envolvendo também a aglutinação de microplacas, entre 595 e 520 Ma (Faixa Ribeira, Heilbron *et al.*, 2000, Trouw *et al.*, 2000a), estendendo-se até 490 Ma no Domínio Tectônico Cabo Frio (Schmitt, 2001).

No sul de Minas Gerais ocorre um sistema de *nappes* com transporte tectônico para E, instalado durante a Orogênese Brasília, sobre um embasamento arqueano / paleoproterozóico autóctone (Trouw *et al.*, 2000a, Campos Neto e Caby, 1999, Heilbron *et al.*, 2004). Envolve rochas meso-neoproterozóicas da margem passiva do paleocontinente São Francisco (sistemas de *nappes* Luminárias e Liberdade e *klippen* Carrancas, Aiuruoca e Carvalhos, Ribeiro *et al.*, 1995, Paciullo, 1997, Trouw *et al.*, 2000a), lascas tectônicas do embasamento e um conjunto de rochas de um arco magmático associado à evolução do paleocontinente Paranapanema (*Nappe* Socorro-Guaxupé, Campos Neto e Caby, 1999, Trouw *et al.*, 2006, Peternel, 2005). Todo o conjunto sofreu metamorfismo progressivo, com inversão das isógradas metamórficas pelo tectonismo, atingindo desde fácies xisto verde a granulito de alta pressão. A presença de retroeclogitos indica que parte das rochas pode ter alcançado pressões ainda mais elevadas (Trouw *et al.*, 2000b).

Esse sistema de *nappes* e o embasamento foram afetados pela superposição do termo-tectonismo relacionado à Orogênese Ribeira, resultando em dobramentos,

empurrões de alto ângulo e cisalhamentos destrais NE-SW, além de metamorfismo desde fácies xisto verde a granulito de pressão intermediária (Trouw *et al.*, 2000a).

Durante o Fanerozóico, a região ficou relativamente estável (Trouw *et al.*, 2006). No Meso-Cenozóico houve intrusão de diques basálticos associados ao magmatismo da Bacia do Paraná e corpos alcalinos associados à pluma de Tristão da Cunha. Posteriormente, durante o Paleógeno, um evento extensional gerou o Rifte Continental do Sudeste do Brasil, refletido na área pelo basculamento de blocos e a formação de pequenos depósitos sedimentares.

A seguir serão descritos em maior detalhe as três unidades tectono-estratigráficas aflorantes no sul de Minas (Fig. 2.1a), bem como os processos termo-tectônicos brasileiros aos quais foram submetidas.

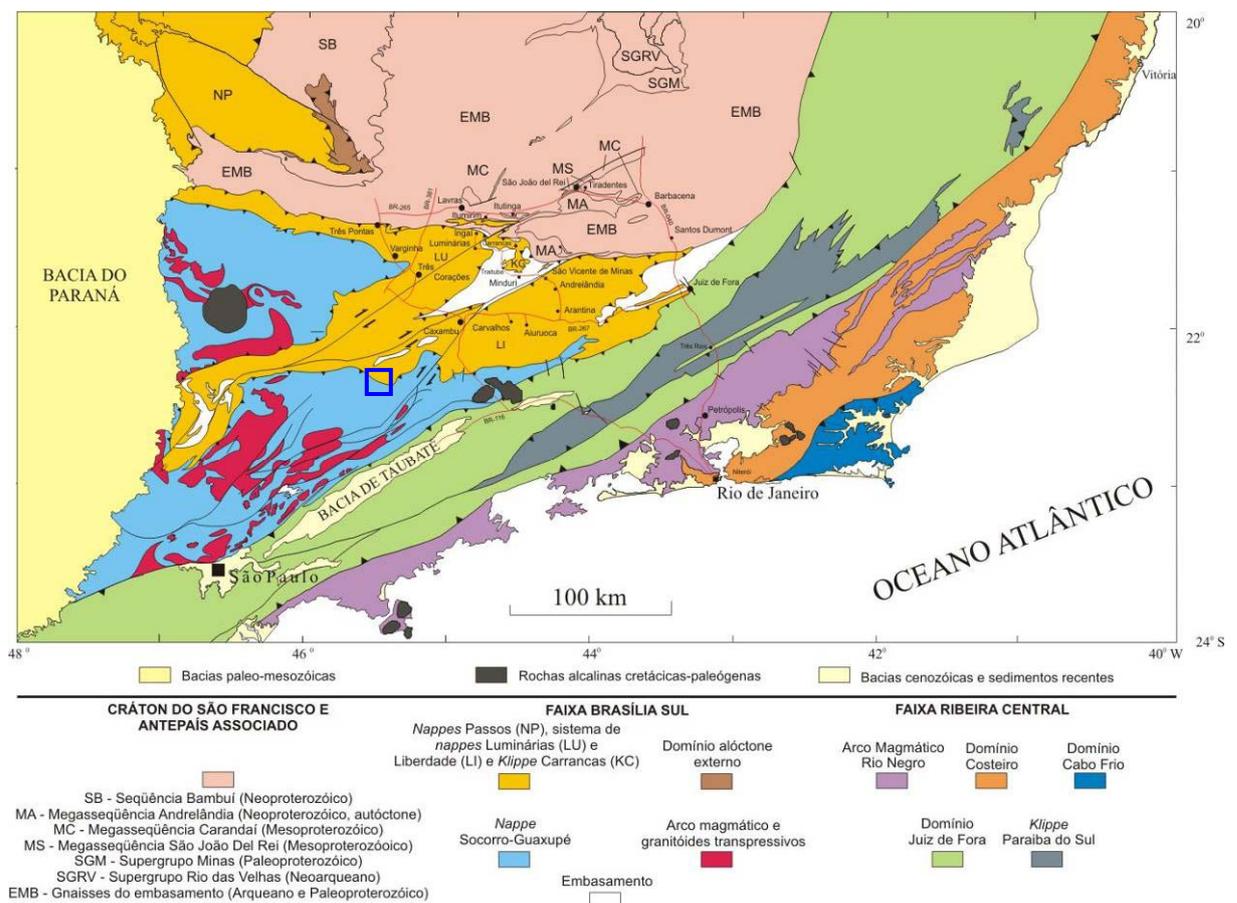


Figura 2.1a: Mapa das unidades tectono-estratigráficas do segmento sul da Faixa Brasília e do segmento central da Faixa Ribeira. O retângulo azul representa a localização da área de estudos (modificado de Trouw *et al.*, 2000b).

2.1 – Embasamento Arqueano / Paleoproterozóico

Trata-se das rochas da borda meridional do Cráton do São Francisco (Almeida, 1977), em posição autóctone e em lascas tectônicas alóctones intercaladas com sucessões metassedimentares neoproterozóicas (Trouw *et al.*, 2000). É formado por núcleos arqueanos granito-gnaissicos migmatíticos, faixas *greenstone*, coberturas sedimentares e diversos plútons paleoproterozóicos, formados a partir de magmatismo Transamazônico associado ao Cinturão Mineiro (Teixeira *et al.*, 2000).

Os núcleos arqueanos correspondem a gnaisses do tipo tonalito – trondhjemito – granodiorito (TTG) com enclaves anfibolíticos e lentes com relictos de formação ferrífera bandada, com idades entre 3,4 (Schrank & Souza Filho, 1998) e 3,2 Ga (Teixeira *et al.*, 1998). Apresentam metamorfismo até fácies granulito. Seus contornos foram parcialmente retrabalhados e metamorfisados no Transamazônico.

As faixas *greenstone* são representadas pelos *Greenstone Belt* Rio das Velhas (Schrank & Souza Filho, 1998), composto por sucessões vulcano-sedimentares de lavas komatiíticas a toleíticas intercaladas com sucessões turbidíticas, e *Greenstone Belt* Barbacena (Pires, 1977) composto por sucessões vulcano-sedimentares separadas por granitóides intrusivos paleoproterozóicos. As coberturas sedimentares se referem principalmente ao Supergrupo Minas (Dorr, 1969). Esse conjunto também foi parcialmente afetado pelo evento Transamazônico.

Os plútons paleoproterozóicos apresentam composições graníticas, granodioríticas, trondhjemíticas, tonalíticas e máficas, com idades variando de 2,25 a 2,10 Ga (Cherman, 2004), com vários graus de migmatização. As lascas tectônicas apresentam composições graníticas a granodioríticas, migmatizadas, com idades de $2,088 \pm 26$ Ga (Peternel, 2000) e 2,1 Ga (Schrank & Souza Filho, 1998).

Bittar (1989) e Almeida (1992) descrevem os ortognaisses alóctones como semelhantes aos da parte autóctone. Descrevem também a ocorrência de corpos metaultramáficos, máficos, rochas calcissilicáticas, quartzitos e gonditos, que possivelmente estão associados a partes de um *greenstone belt* desmembrado.

O conjunto de rochas afetadas durante o Transamazônico foi metamorfisado em condições de até fácies anfibolito em dois eventos distintos (Cherman, 2004).

Posteriormente, parte do Cinturão Mineiro foi deformado e metamorfisado durante a Orogênese Brasileira.

2.2 – Seqüências Depositionais Meso-Neoproterozóicas

Na borda meridional do cráton do São Francisco, a partir da Tafrogênese Estateriana, se instalou um sistema de riftes que participaram do processo de fragmentação do paleocontinente Rodínia (Brito Neves *et al.*, 1996, 1999). Deu-se início à sedimentação de três bacias superpostas por discordâncias regionais, interpretadas como três megasseqüências (Fig. 2.2a): São João Del Rei e Carandaí, (mesoproterozóicas), e Andrelândia (neoproterozóica), sendo a última relacionada à etapa tafrogenética Macaúbas. Tal processo resultou na instalação de uma margem continental passiva no Neoproterozóico (Ribeiro *et al.*, 1995, Paciullo, 1997, Paciullo *et al.*, 1998, Trouw *et al.*, 2000a). Também há registros do desenvolvimento de pequenas bacias sedimentares durante o final do Neoproterozóico associadas a evolução das Faixa Ribeira.

As megasseqüências mesoproterozóicas representam preenchimentos de bacias tipo rifte, separadas por discordâncias angulares. Estão presentes apenas no Domínio Autóctone (Ribeiro *et al.*, 1990) da zona de interferência entre as faixas Brasília e Ribeira.

A Megasseqüência Andrelândia (MsA) é uma sucessão metassedimentar de até 1500m de espessura, com intercalações metamáficas associadas, de idade entre 1,0 e 0,6 Ga (Fig. 2.2b, Paciullo, 1997, Trouw *et al.*, 2000a; Heilbron *et al.*, 2004). Individualiza-se das megasseqüências mesoproterozóicas por discordâncias regionais, reconhecidas em um domínio autóctone e em domínios alóctones. Constitui o sistema de *nappes* da Faixa Brasília. Apresenta metamorfismo desde fácies xisto verde até granulito de alta pressão.

Os litotipos da MsA são variados: filitos, xistos, gnaisses, quartzitos, anfíbolitos, gonditos e gnaisses calciossilicáticos. Uma discordância interna reconhecida no domínio autóctone, na *Klippe* Carrancas e nas *nappes* Luminárias e São Tomé das Letras, permite subdividir a MsA em duas seqüências deposicionais: Carrancas e Serra do Turvo (Trouw *et al.*, 2000a).

A Seqüência Carrancas compreende três associações de litofácies, ou unidades litoestratigráficas:

- **NA₁₊₂**, correspondendo a paragnaisses finos com intercalações de filitos, xistos, anfibolitos, quartzitos e rochas metaultramáficas. Há uma gradação nessa unidade, sendo a base predominantemente composta pelos paragnaisses e o topo constituído principalmente por quartzitos;
- **NA₃**, constituindo quartzitos micáceos e quartzo muscovita xistos;
- **NA₄**, representada por filitos e xistos cinzentos, por vezes grafitosos.

A Seqüência Serra do Turvo abrange apenas uma associação de litofácies ou unidade litoestratigráfica:

- **NA₅**, correspondendo a biotita xistos feldspáticos e granatíferos, transicionais para gnaisses.

Ambas as seqüências gradam lateralmente para outra associação/unidade:

- **NA₆**, formada por uma intercalação de xistos variados, quartzo xistos, quartzitos, paragnaisses, gonditos, rochas calcissilicáticas, anfibolitos e ocorrências restritas de retroeclogitos.

A distribuição regional das litofácies e o caráter geoquímico dos anfibolitos sugerem que a MsA representa o preenchimento de uma bacia de margem continental intraplaca (Paciullo, 1997). As unidades NA₁, NA₂, NA₃, NA₄ e NA₅ representam as fácies proximais. A associação NA₆ é interpretada como a fácies distal, com a ocorrência de rochas derivadas de sedimentação pelágica e hemiplégica, intrusões de magmas tipo MORB e eventuais fluxos turbidíticos.

De acordo com Campos Neto (2004), parte das rochas aqui descritas como pertencentes à Megasseqüência Andrelândia são metagrauvascas e pelitos, correspondendo a depósitos orogênicos tipo *flysch*, associados à evolução da margem ativa do paleocontinente Paranapanema (Terreno Andrelândia). Essa interpretação é baseada principalmente pela comparação de valores Nd_{TDM} e idades de zircões detríticos com possíveis áreas fontes e com as outras rochas metassedimentares do sul de Minas. Porém, critérios de continuidade em campo e de correlação estratigráfica vão contra essa interpretação.

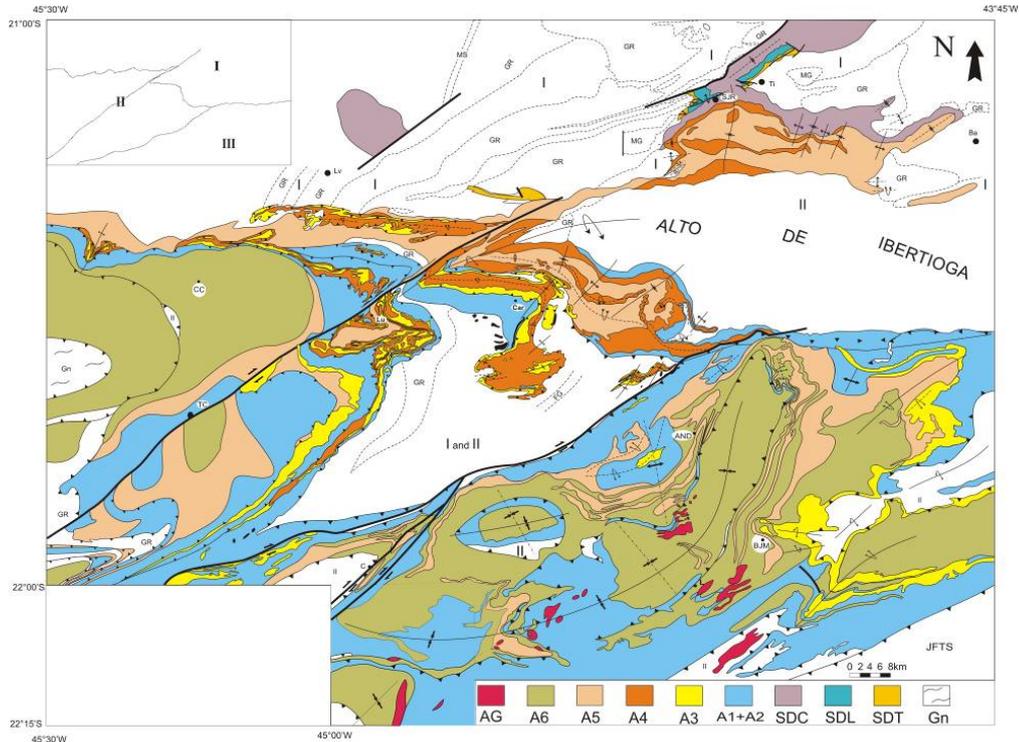
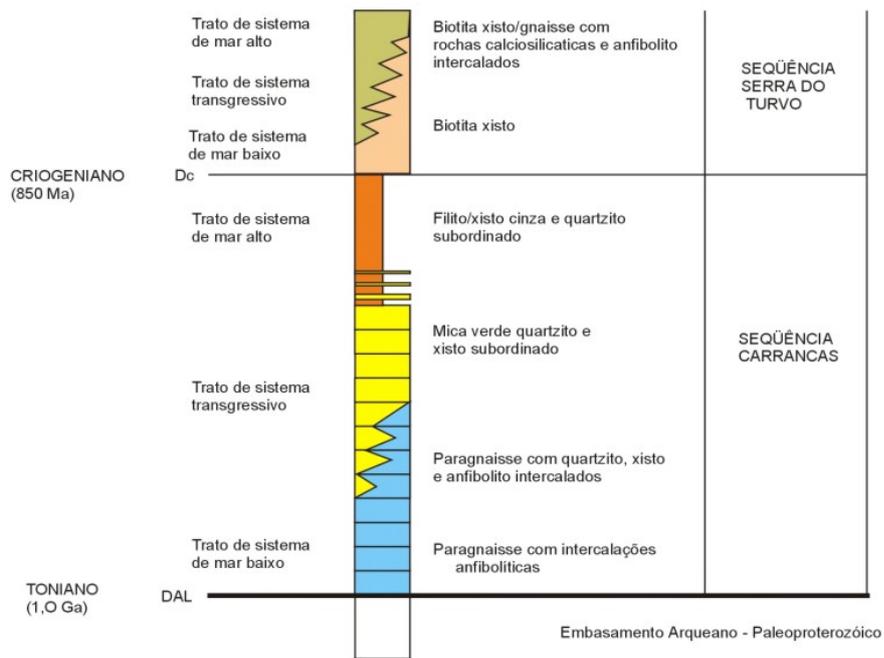


Figura 2.2a: Mapa geológico da zona de interferência entre as faixas móveis Brasília e Ribeira, no sul de Minas Gerais. Unidades do embasamento: I) greenstone belts, II) Complexo Mantiqueira, MS) Supergrupo Minas; Intrusões Paleoproterozóicas: GR) granitóides, MG) gabróicas. Megassequências Depositionais Proterozóicas: SDT e SDL) São João Del Rei, SDC) Carandaí, SDA) Andrelândia, Unidades da SDA: A1+A2, A3, A4, A5e A6 referem-se às associações de litofácies descritas no texto; GA) granitos anatóticos, NG) Nappe de Guaxupé, JFTS) Sistema de empurrões de Juiz de Fora. Cidades: SJR- São João Del Rei, Ti- Tiradentes, Ba- Barbacena, Lv- Lavras, Car- Carrancas, Lu- Luminárias, CC- Carmo da Cachoeira, TC- três Corações, C- Caxambú, AND- Andrelândia, BJM- Bom Jardim de Minas. Detalhe na parte superior esquerda: Domínios Tectônicos - I) autóctone, II e III) alóctones. (modificado de Trouw *et al.*, 2000b).



DAL - discordância angular e litológica; Dc - desconformidade.

Figura 2.2b: Estratigrafia da Megassequência Andrelândia (modificado de Paciullo, 1997).

2.3 – *Nappe Socorro-Guaxupé*

A *Nappe Socorro-Guaxupé* (NSG, Campos Neto e Caby, 1999, 2000, Campos Neto, 2004, Peternel, 2005, Trouw *et al.*, 2006) é uma lasca de 150 km de espessura de rochas orto e paraderivadas, representando a raiz de um arco magmático associado à margem ativa do paleocontinente Paranapanema, empurrada sobre as rochas da Megasseqüência Andrelândia e do embasamento (Campos Neto e Caby, 1995). Divide-se em dois lobos, Guaxupé, ao norte e Socorro ao sul, separados por embasamento e *nappes* da MsA.

De acordo com Campos Neto (2004), é organizada em uma pilha alóctone de três unidades distintas da crosta continental profunda: Unidade Granulítica Basal (UGB), Unidade Diatexítica Intermediária (UDI) e Unidade Migmatítica Superior (UMS). A UGB é composta por Grt-Bt-Opx-(±Cpx-Hbl)-granulito-gnaisses migmatíticos bandados, de composição enderbítica a charno-enderbítica com intercalações de gnaisses gabro-noríticos. Possuem leucossomas anidros hololeucocráticos. No topo, ocorrem ortognaisses granodioríticos a tonalíticos migmatíticos. A UDI é formada por Bt±Grt-diatexitos graníticos rosados, com intercalações de Spl-Bt-Sil-Cdr-Grt-kinzigitos-gnaisses. A anatexia ocorre a partir da quebra de Bt em rochas peraluminosas a metaluminosas. A UMS se constitui de migmatitos estromáticos com protólito sedimentar (metagrauvacas, metapelitos) oriundo de denudação de arco magmático. Essas unidades são cortadas nos níveis inferiores por corpos ígneos da série mangerítica, provenientes da fusão de granulitos, e por granitóides derivados de fusão de crosta inferior e rochas máficas com assinatura geoquímica de zona de subducção nos níveis intermediários. Formam uma série cálcio-alcálica expandida quartzo monzodiorito-granodiorito-granito porfiríticos. No segmento superior, ocorrem granitos peraluminosos tipo S.

Ainda segundo o autor, a atividade de arco ocorreu entre 670 até 625 Ma, quando se iniciou o estágio colisional, com equilíbrio metamórfico entre 615 e 612 Ma e plutonismo pós-colisional sienítico em 612 Ma. A faixa basal de granulitos provavelmente corresponde à sutura entre os paleocontinentes Paranapanema e São Francisco.

Trouw *et al.*, 2006 reconhecem na região de Itajubá três unidades com contatos gradacionais ou bruscos entre si compondo a NSG. A primeira é a Unidade

granulítica basal, com descrição muito semelhante à de Campos Neto (2004). A segunda é a Unidade Ortognaissica Migmatítica Intermediária, constituída por Hbl-Bt-ortognaisses e Bt-ortognaisses, de composição granodiorítica a tonalítica. A terceira é a Unidade Paragnaissica Migmatítica Superior, composta por Sil-Grt-Kfs-paragnaisses e freqüentes corpos graníticos anatóxicos. Também são reconhecidos corpos graníticos gnaissificados, sin-colisionais, encaixados em todas as unidades.

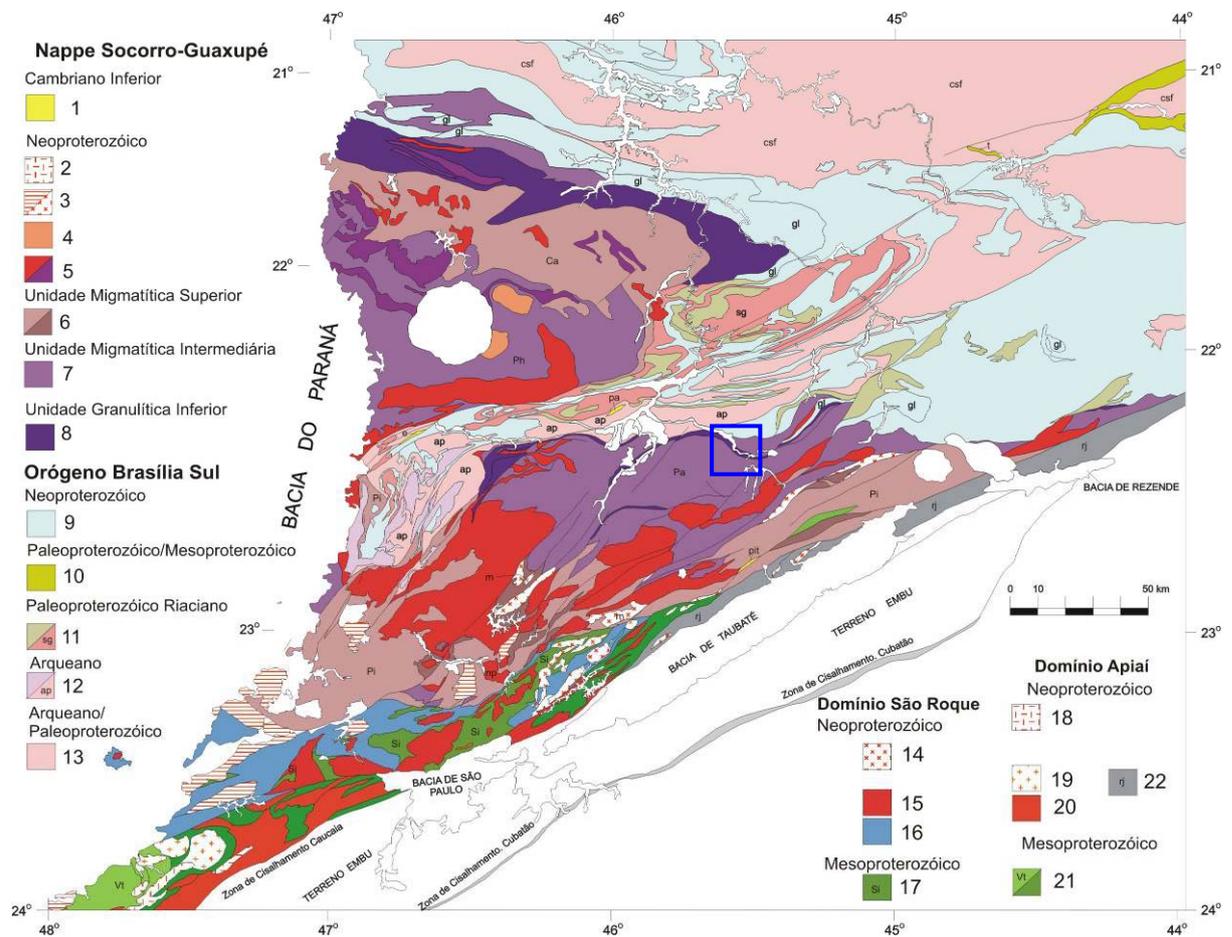


Figura 2.3a: mapa geológico da região da *Nappe* Socorro-Guaxupé. 1 – bacias tardi-orogênicas; 2 – bacias *pull apart*; 3 – suítes charnockíticas e granitóides cálcio-alcalinos; 4 – plútons sieníticos; 5 – intrusões sin-colisionais; 6 – Unidade Migmatítica Superior; 7 – Unidade Diatexitica Intermediária; 8 – Unidade Granulítica Inferior; 9 – Megassequência Andrelândia; 10 – megassequências São João Del Rei e Carandaí; 11, 12, 13 – embasamento arqueano / paleoproterozóico; 14 a 22 – Domínio São Roque; o retângulo azul mostra a localização da área de mapeamento (modificado de Heilbron *et al.*, 2004)

2.4 Evento Termo-tectônico Brasileiro

O Evento Termo-tectônico Brasileiro representa as colisões neoproterozóicas-cambrianas que foram responsáveis pela estruturação do embasamento da Plataforma Sul-Americana (Brito-Neves, 1999). É entendido, em conjunto com a Orogenia Pan-Africana, como o processo fundamental de formação do Gondwana Ocidental.

São diversas as faixas móveis de idade brasileira, entre elas as faixas Brasília e Ribeira. No sul de Minas Gerais ocorre uma zona de interferência entre estas, que será descrita a seguir.

2.4.1 Zona de Interferência entre as faixas Brasília e Ribeira

Uma zona de interferência tectono-metamórfica é uma junção tríplice entre duas faixas móveis, ocorrendo ao se superpor um processo orogenético sobre outro. O registro geológico encontrado na borda meridional do Cráton do São Francisco mostra dois episódios distintos relacionados à orogenia brasileira, um associado ao segmento meridional da Faixa Brasília (670 a 604 Ma) e outro à Faixa Ribeira (590 – 525 Ma) (Trouw *et al.*, 1994, 2000a).

2.4.1.1 Geologia Estrutural

A interferência tectônica pode ser observada pela superposição de dois eventos com características contrastantes. O primeiro, associado à Faixa Brasília (D_B), é resultado de uma subducção para WSW seguida de colisão continente-contidente, resultando em cavalgamentos de baixo ângulo com transporte tectônico de topo para E e um considerável espessamento da crosta (Dardenne, 2000, Trouw *et al.*, 2000). O segundo, associado à Faixa Ribeira (D_R), envolve subducção para SE seguida de colisão continente-contidente, causando cisalhamentos reversos de topo para NW (Fig. 2.4a) (Trouw *et al.*, 2000a).

As estruturas relacionadas à Faixa Brasília são *nappes* onde se reconhecem duas fases deformacionais contínuas (D_{B1} e D_{B2}) responsáveis por dobramentos apertados a isoclinais e com transporte tectônico para E a NE, a partir de compressão E – W. As estruturas relacionadas à Faixa Ribeira retrabalham e por

vezes reorientam as anteriores, aumentando progressivamente sua influência para SSE (Trouw *et al.*, 2000a, Heilbron *et al.*, 2004).

Heilbron *et al.* (2000, 2004) subdividem D_R em quatro fases deformacionais. D_{R1} e D_{R2} são contínuas e responsáveis por cisalhamentos reversos com transporte tectônico para NW e dobras abertas de escala regional, a partir de compressão NW – SE. Uma foliação milonítica com lineação de estiramento foi desenvolvida nessas fases. D_{R3} gerou dobras abertas e cisalhamentos NE – SW transcorrentes destrais de caráter dúctil-rúptil, a partir de compressão E – W. D_{R4} gerou dobras abertas com eixos subhorizontais a partir de compressão E – W e não é bem caracterizada na zona de interferência.

Pode-se dividir a região em três domínios tectônicos, sendo um autóctone, e dois alóctones (Ribeiro *et al.*, 1990). O primeiro é pouco deformado e possui somente estruturas D_B em um ambiente de antepaís, não participando efetivamente da interferência. O segundo, alóctone, possui a predominância de estruturas D_B , com transporte tectônico de topo para E e transcorrências destrais NE – SW, atribuídas a D_R . O terceiro domínio, também alóctone, é onde se dá a interferência de fato, com estruturas D_B parcialmente ou totalmente obliteradas por D_R .

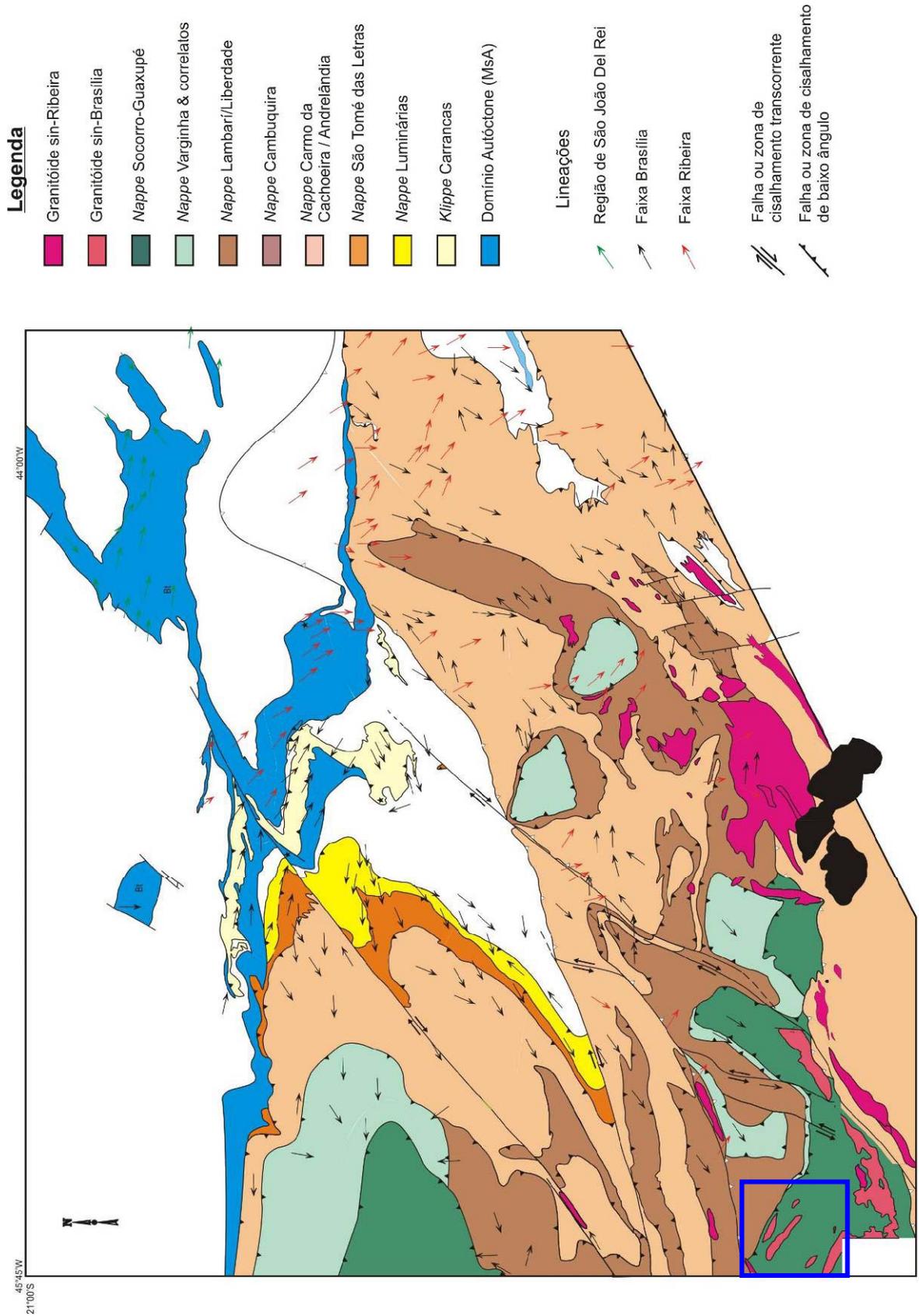


Figura 2.4a: Mapa tectônico da zona de interferência entre as faixas Brasília e Ribeira. A área de estudos está em destaque (Trouw *et al.*, inédito).

2.4.1.2 Metamorfismo

Há uma superposição de eventos metamórficos de dois eventos termo-tectônicos distintos no sul de Minas Gerais (Trouw *et al.*, 2000a; Trouw *et al.*, 2003). A Faixa Brasília, por ter resultado em um grande espessamento da crosta, produziu metamorfismo de alta pressão e temperatura moderada, enquanto que a Faixa Ribeira, com maior atividade magmática, gerou metamorfismo de alta temperatura e pressão moderada (Fig. 2.4b).

O metamorfismo associado à evolução da Faixa Brasília (M_B) segue uma seqüência de pressão mais alta que a barroviana clássica, desde fácies xisto verde até fácies granulito de alta pressão. Também são reconhecidos relictos de retroeclogitos, indicando pressões muito altas e temperaturas moderadas.

Na NSG, ocorreu metamorfismo de fácies anfibolito alto a granulito de pressão e temperatura elevados (Campos Neto e Caby, 1999), evidenciado pela presença de Hyp-gnaisses e Sil-Grt-Cdr-Spl-Kfs-gnaisses, associado ao evento térmico de magmatismo de arco e posterior colisão do Orógeno Brasília.

O metamorfismo associado à Faixa Ribeira (M_R), determina duas isógradas subparalelas à orientação da Faixa Ribeira truncando a isógradas M_B , de sillimanita-*in* e cianita-*out*, definindo uma faixa de ocorrência em desequilíbrio desses dois minerais. Esta é interpretada como a principal interferência M_R sobre M_B . Para sul, ocorrem corpos de leucogranitos tipo S, associados a um processo de anatexia M_R .

Na região da NSG, a superimposição de eventos metamórficos pode ser de difícil reconhecimento, pois ambos eventos atingiram condições de equilíbrio em fácies granulito de alta temperatura. É amplamente observado um metamorfismo retrógrado, associado provavelmente ao resfriamento das rochas.

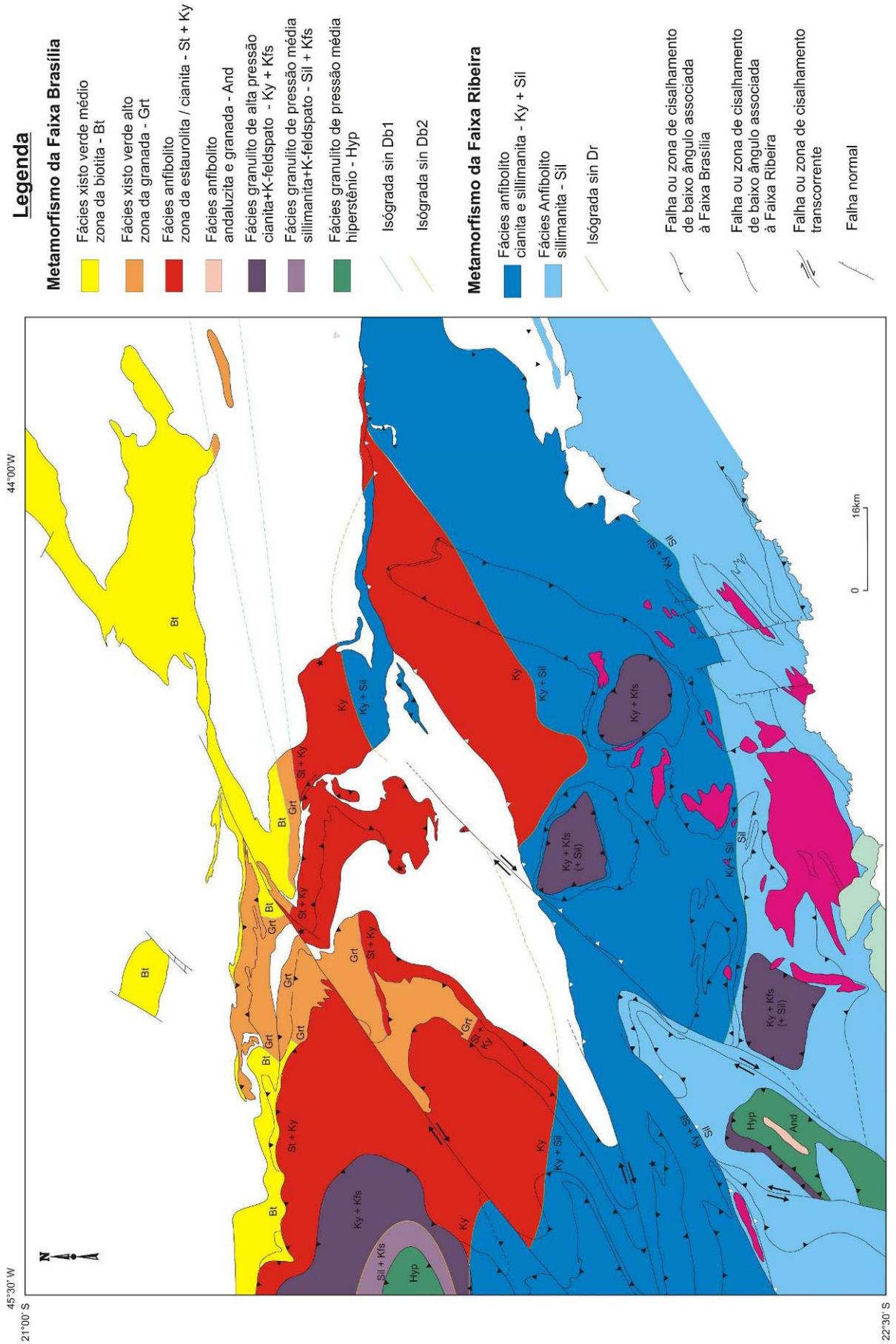


Figura 2.4b: mapa metamórfico da zona de interferência entre as faixas Brasília e Ribeira. A área de estudos está exatamente a SW da área representada (Trouw *et al.*, inédito).

3 – UNIDADES DE MAPEAMENTO

Serão apresentadas nesse capítulo as unidades de mapeamento reconhecidas na área de estudos. Os litotipos observados foram agrupados em seis unidades, de acordo com as observações de campo (Anexo I), petrografia, gênese, cronologia e correlações regionais. A distribuição espacial destas unidades pode ser observada no mapa geológico confeccionado neste trabalho (Anexo II).

Cinco das unidades de mapeamento podem ser agrupadas em três unidades tectono-estratigráficas, separadas por zonas de cisalhamento brasileiras (ver capítulo 4). São estas:

a) **Embasamento** arqueano / paleoproterozóico (indiviso), correspondendo a ortognaisses migmatíticos;

b) **Megassequência Andrelândia** (Unidade Arantina), constituída localmente por Bt-Grt-paragnaisses, quartzitos e metaultrabásito;

c) **Complexo Socorro** (unidades Piranguinho, Brasópolis e Candelária), composto por orto e paragnaisses variados e metabasitos.

A sexta unidade corresponde ao Granito Santa Rita do Sapucaí, que ocorre encaixado em uma zona de cisalhamento correlacionada à fase de deformação D₄ (ver capítulo 4). Sedimentos inconsolidados aluvionares cenozóicos, colúvios e espessas capas de alteração pedogenética recobrem parcialmente todas as unidades mapeadas.

Amostras dos diversos litotipos que compõem as associações foram coletadas e a partir destas confeccionou-se 57 lâminas delgadas para análise petrográfica. A tabela 3a mostra o resumo dos dados de petrografia produzidos.

Unidade	Embasamento			Arantina		Piranguinho						Brasópolis						
	037	044	077	015c	089a	004e	101	005a	075c	085b	036y	036	062	121a	030	033a	135	
Litologia	ogn.	ogn.	mb.	pgn.	qt.	ogn.	ogn.	ogn.	mb.	mb.	pgn.	xisto	pgn.	pgn.	pgn.	pgn.	mb.	mb.
Protólito	granitóide	granitóide	gabróide	rch. Sed.	arenito	granitóide	granitóide	granitóide	gabróide	gabróide	pelito	pelito	rch. Sed.	rch. Sed.	rch. Sed.	rch. Cal-sil	gabróide	gabróide
Qtz	16	25	3	10,1	90	16,5	10,5	13,6	2	1	11,5	15,3	2	8,2	25	10	15,6	1
Pl	24,3	16	43,6	14,2	-	41,4	19,5	31,5	47,2	38	tr	27,3	62	46,5	25	72,2	47	24,7
Kfs	37,6	30	3,6	12,4	6	6	44,5	25,7	-	-	43,3	26,6	13,5	12,2	29	-	-	-
Opx	-	-	-	-	-	13,2	-	1,7	3,8	0,7	-	-	-	-	-	-	5,6	-
Cpx	0,3	-	-	-	-	2	-	9	22,5	7,5	-	-	-	-	-	10,3	10	22
Hbl	10,3	6,3	35	-	-	-	5,5	10	19,2	30,7	-	-	-	10	-	-	11,7	33,7
Grt	-	4,3	-	26,3	-	-	-	tr	-	-	25,8	10,4	6,7	-	-	1,5	-	-
Bt	7,5	11,5	11	35,6	-	16,7	10,2	0,7	-	18	7,8	12,3	14,8	17,7	18	tr	4,6	8,2
Sil	-	-	-	-	-	-	-	tr	-	-	8,7	6,3	-	-	-	-	-	-
Spl	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-	tr	tr	tr	-	-	-	-	-
Rt	-	-	-	tr	-	-	-	0,2	-	-	-	-	tr	-	-	-	-	-
Ttn	tr	1,3	tr	-	-	-	1,7	3,7	tr	-	-	-	tr	-	tr	-	-	0,7
Aln	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	tr	2	1	-	-	-
Chl	tr	-	0,5	-	-	tr	1,7	-	tr	tr	-	-	-	-	-	-	-	-
Act	-	-	0,5	-	-	0,2	0,7	tr	tr	tr	-	-	-	-	-	-	tr	tr
Hbl-Act	-	-	0,5	-	-	-	-	tr	tr	tr	-	-	-	-	-	-	tr	tr
Cum	-	-	-	-	-	tr	-	-	tr	tr	-	-	-	-	-	-	-	-
Ms	-	-	0,4	tr	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-	1	-	-	-	-
Zrn	2	1	0,3	tr	tr	0,5	tr	-	tr	0,2	tr	0,6	tr	tr	tr	tr	0,3	0,2
Ap	tr	1	tr	tr	-	tr	1	-	tr	0,7	-	0,6	tr	tr	tr	tr	0,6	0,2
opacos	2	0,6	1,6	1,4	0,5	3,2	4,5	3,4	5,3	2,2	2,8	0,6	1	2,4	2	6	4,6	9
TOTAL	100	100	100	100	100	99,7	99,8	100	100	99,7	100	100	100	100	100	100	100	100

Unidade	Candelária			Serra da Mangueira		Santa Rita do Sapucaí	
	070b	117	127a	065b		138	
Litologia	ogn.	ogn.	ogn.	granito		granito	
Protólito	granitóide	granitóide	granitóide				
Qtz	8,3	18	15	20,5		30	
Pl	25,3	21,6	28,3	15,0		20	
Kfs	32,6	34,3	20,9	63,5		43	
Hbl	22,9	15	26	-		-	
Grt	-	tr	-	-		-	
Bt	7,3	7,3	6,3	1,0		5	
Ttn	tr	tr	tr	tr		tr	
Chl	tr	0,3	tr	-		-	
Aln	tr	tr	0,6	-		-	
Act	tr	tr	tr	-		-	
Hbl-Act	tr	tr	-	-		-	
Ms	-	-	-	tr		-	
Zrn	0,3	0,6	tr	tr		tr	
Ap	0,3	0,3	0,3	tr		tr	
opacos	3	2,6	2,6	tr		2	
TOTAL	100	100	100	100		100	

Tabela 3a: composições modais em percentagem (contagem de 250 pontos) de lâminas representativas das litologias encontrados em cada unidade de mapeamento. ogn. – ortognaisse, pgn. – paragnaisse, mb. – metabasito, rch. Sed. – rocha sedimentar, rch. Cal-Sil – rocha calciossilicática, tr – quantidade inferior a 0,3%.

3.1 – Embasamento Arqueano / Paleoproterozóico

Corresponde à porção N / NE da área e é limitado por zonas de cisalhamento com a Megasseqüência Andrelândia, o Complexo Socorro e o Granito Santa Rita do Sapucaí. É considerado como um domínio alóctone por correlação regional (Trouw *et al.*, 2006) e engloba diversos litotipos que não foram separados em subunidades durante o mapeamento.

Ocorre em lajedos e paredões em morros, bem como em cortes de estradas de rodagem e de ferro. Porém uma grande área do embasamento, especialmente nas proximidades de Santa Rita do Sapucaí, está encoberta por sedimentos de planície de inundação, por espessas camadas de alteração e por colúvios.

Os litotipos observados são ortoderivados e os mais representativos são: Bt-Hbl-ortognaisse migmatítico, que ocorre próximo ao contato com o Complexo Socorro; e Bt-(±Grt)-(±Hbl)-ortognaisse migmatítico, que ocorre na porção NE da área. Intercalados com estes, ocorrem raros corpos anfíbolíticos lenticulares de espessura centimétrica a decimétrica. A composição dos ortognaisses varia de monzogranítica a tonalítica.

Os Bt-Hbl-ortognaisses apresentam textura oftálmica, derivada de uma textura inequigranular porfirítica, com *augens* de Kfs (microclina) e Pl (oligoclásio) de até 5cm, porém a granulometria é freqüentemente modificada pela deformação (Foto 3.1a). A maior parte dos afloramentos apresenta essa textura homogeneamente, sem um bandamento composicional expressivo. No ponto FSR077 foram observados enclaves gnáissicos de granulometria fina, paralelos à foliação principal.

Nos Bt-(±Grt)-(±Hbl)-ortognaisses ocorre um bandamento composicional centimétrico a métrico, com bandas félsicas predominantemente quartzo-feldspáticas e bandas máficas ricas em Bt ±Hbl. Porém há afloramentos onde somente se reconhece uma textura homogênea.

A maior parte dos ortognaisses se apresenta migmatizada por anatexia. Trata-se, na sua maioria, de migmatitos estromáticos, com leitos leucocráticos (Qtz, Kfs, Pl, ±Bt, ±Hbl) descontínuos, centimétricos a decimétricos, de granulometria média a grossa, ora subparalelos à foliação principal, ora oblíquos. No ponto FSR039 (Anexo I), o grau de fusão parcial alcançou 50%, o que gerou um diatexito com textura nebulítica, no qual é difícil reconhecer as texturas prévias. Em alguns

pontos também se observam injeções de corpos graníticos grossos a muito grossos oblíquos à foliação.

PETROGRAFIA

Os ortognaisses do embasamento apresentam como mineralogia essencial Qtz, Kfs, Pl e Bt. Podem ocorrer também Hbl e/ou Grt como minerais essenciais, além de Ttn, Ap, Zrn, Ms e opacos como acessórios (Fotos 3.1b, c). Act, Chl, Ms e Cal ocorrem como fases secundárias. As composições variam de monzogranítica a tonalítica (Fig. 3.1a).

O Qtz apresenta extinção ondulante, novos grãos e contatos interlobulares, por vezes ocorrendo fitado. Kfs (microclina) e Pl (albita / oligoclásio) apresentam subgrãos, novos grãos e localmente recristalização, além de fracos zonamentos composicionais. Ambos minerais também podem se apresentar fitados, de acordo com o grau de deformação. Também há ocorrência ocasional de mirmequita no contato entre grãos. *Augens* (Kfs e Pl) de até 1cm foram observados em lâmina e apresentam texturas tipo manto-núcleo. Bt e Hbl ocorrem em trilhas, por vezes intercrescidos, marcando a foliação principal. Alguns cristais de Hbl apresentam exolução de opacos ao longo dos planos de clivagem. A Grt ocorre em cristais subidiomórficos, por vezes rodeados por coroas de Pl e/ou Hbl. Ttn, Ap e Zrn ocorrem como cristais isolados, idiomórficos, na matriz. Em lâminas de rochas próximas ao contato com o Complexo Socorro, ocorrem cristais de Ilm bordejados por Ttn xenomórfica. Em algumas lâminas se observou Ms intercrescida estavelmente com Bt e também em substituição de bordas de minerais. Act, Chl e Cal ocorrem substituindo outros minerais.

A xistosidade é espaçada anastomosada, marcada por trilhas e aglomerados minerais. Bandas de deformação reduzem localmente a granulometria da rocha, onde se observa uma matriz fina com porfiroclastos de Kfs, Pl e Hbl. Foliação milonítica foi reconhecida em algumas rochas das bordas do corpo.

Os anfibolitos apresentam Qtz, Pl, Hbl, Bt (essenciais), Ttn, Ap, Zrn e opacos, além de Act, Chl, Cal e Ms(?) substituindo outros minerais.

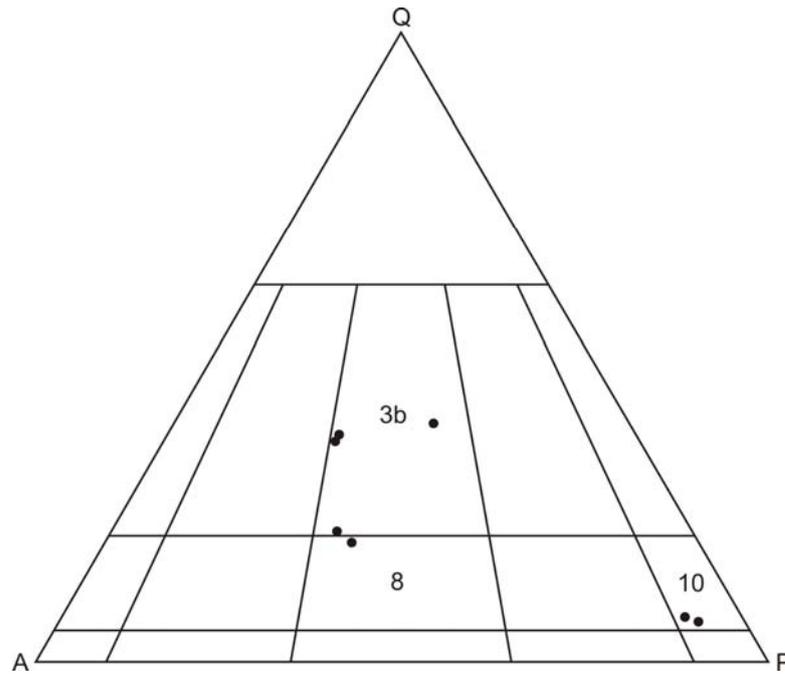
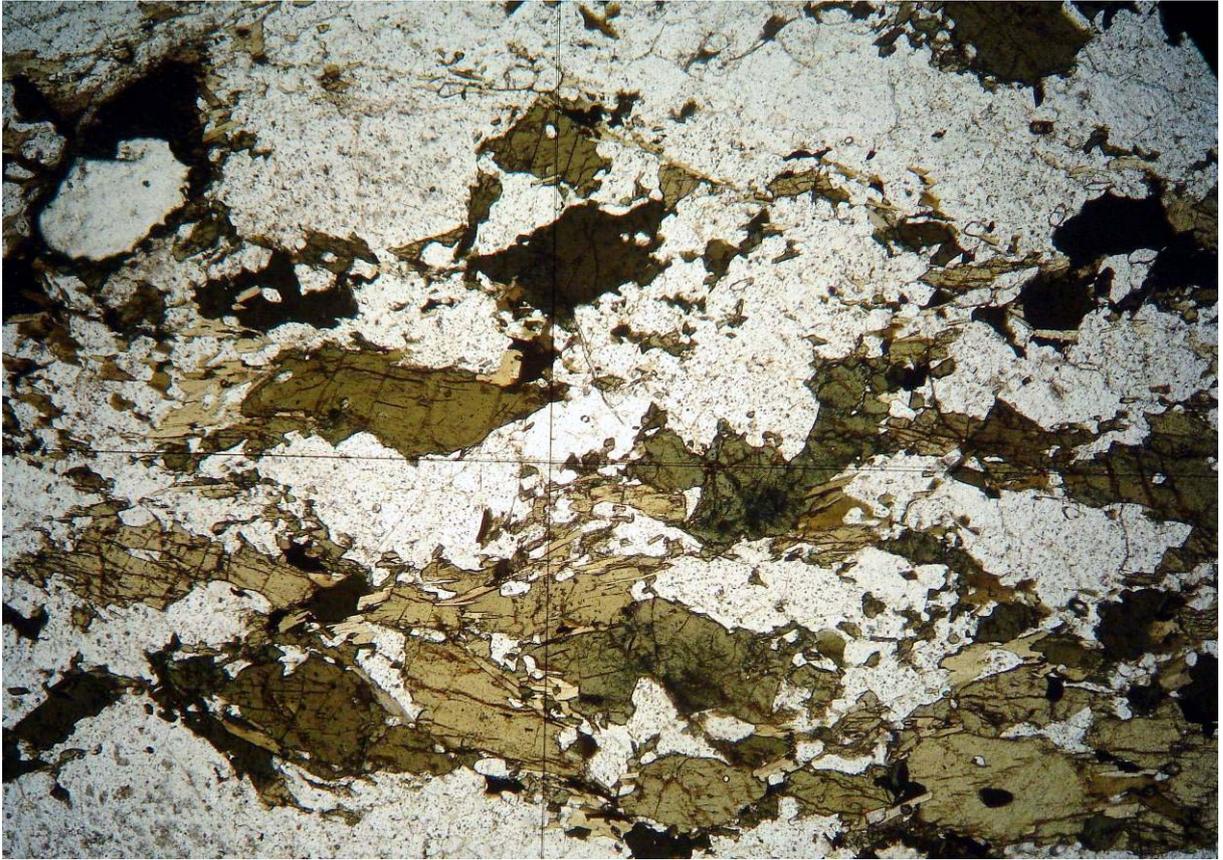


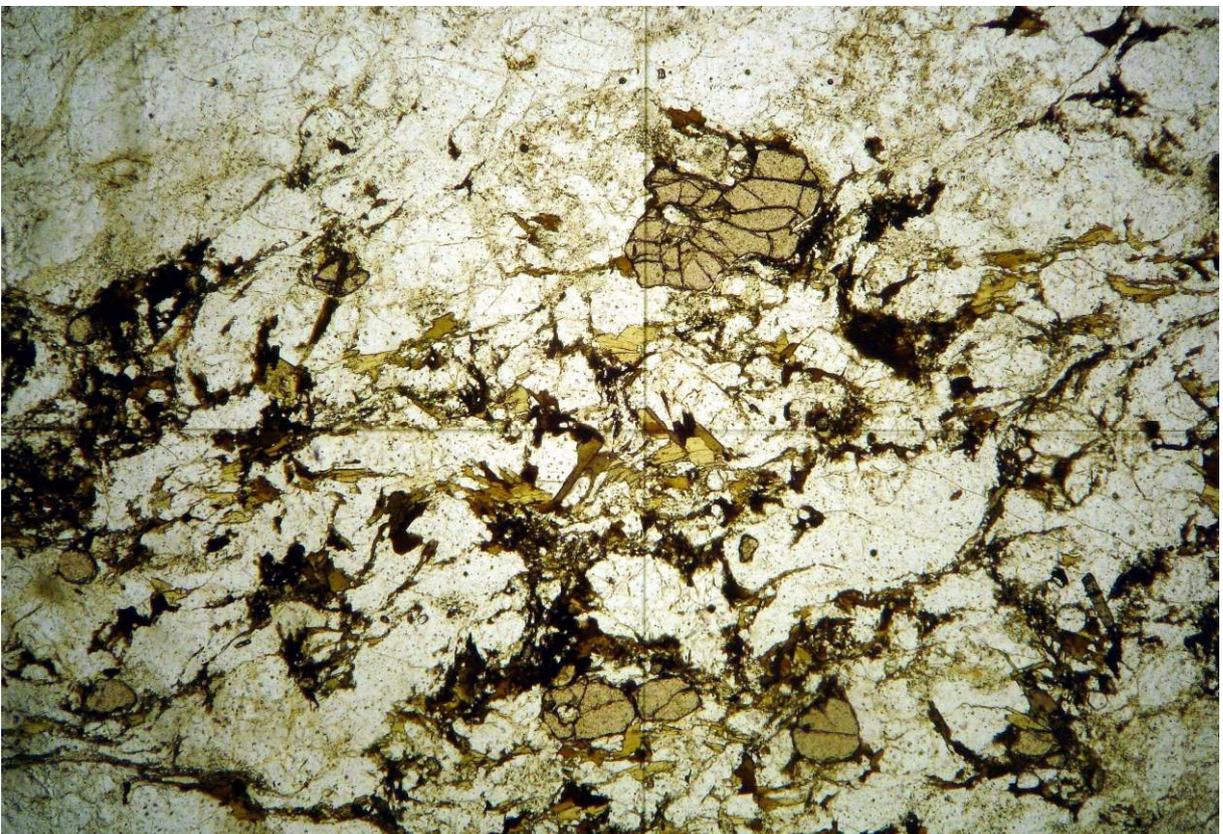
Figura 3.1a: diagrama QAP para classificação das rochas ígneas (Streckeisen, 1967) com as composições das rochas do Embasamento, a partir de contagem modal. 3b – sienogranito, 8 – quartzo-monzonito, 10 – quartzo-diorito / gabro



Fotografia 3.1a: Bt-Hbl-ortognaisse com textura oftálmica e leitos descontínuos migmatíticos paralelos e oblíquos à foliação (ponto FSR077)



Fotomicrografia 3.1b: ortognaisse do embasamento com cristais de Hbl e Bt orientados em uma matriz de Qtz, Kfs e Pl (objetiva de 2,5x, lâmina FSR077)



Fotomicrografia 3.1c: ortognaisse do embasamento com cristais de Bt orientados, porfiroblastos de Grt e matriz com Qtz, Kfs e Qts (visada de 2,5x, lâmina FSR044)

3.2 – Megasseqüência Andrelândia

Trata-se localmente de sucessões metassedimentares intercaladas com rochas metaultramáficas, compondo a Unidade Arantina (associação de fácies NA₆ da Megasseqüência Andrelândia) por correlação regional (Trouw *et al.*, 2006).

3.2.1 – Unidade Arantina

É limitada a N e a S por empurrões com o Embasamento e o Complexo Socorro, aflorando na porção E da área. A espessura dessa unidade não ultrapassa 500m na área de estudos.

Ocorre como pequenos afloramentos em pastos próximos a drenagens, em cortes de estrada de ferro e em blocos soltos nas encostas de morros. Como o rio Sapucaí acompanha o rumo dessa unidade, os afloramentos são raros e espaçados por sedimentos fluviais, dificultando a visualização dos seus limites.

Foram reconhecidos três litotipos pertencentes à unidade: Bt-Grt-paragnaisses, quartzitos e metaultrabásito. Os paragnaisses são corpos tabulares e lenticulares com bandamento composicional marcante (bandas ricas em biotita, xistosos, outras mais quartzo-feldspáticas, granoblásticas e outras intermediárias). Os quartzitos ocorrem intercalados. No ponto FSR 015 (Anexo I) foi observada uma lente decimétrica de metaultrabásito intercalada com Bt-Grt-paragnaisse (Foto 3.2a).

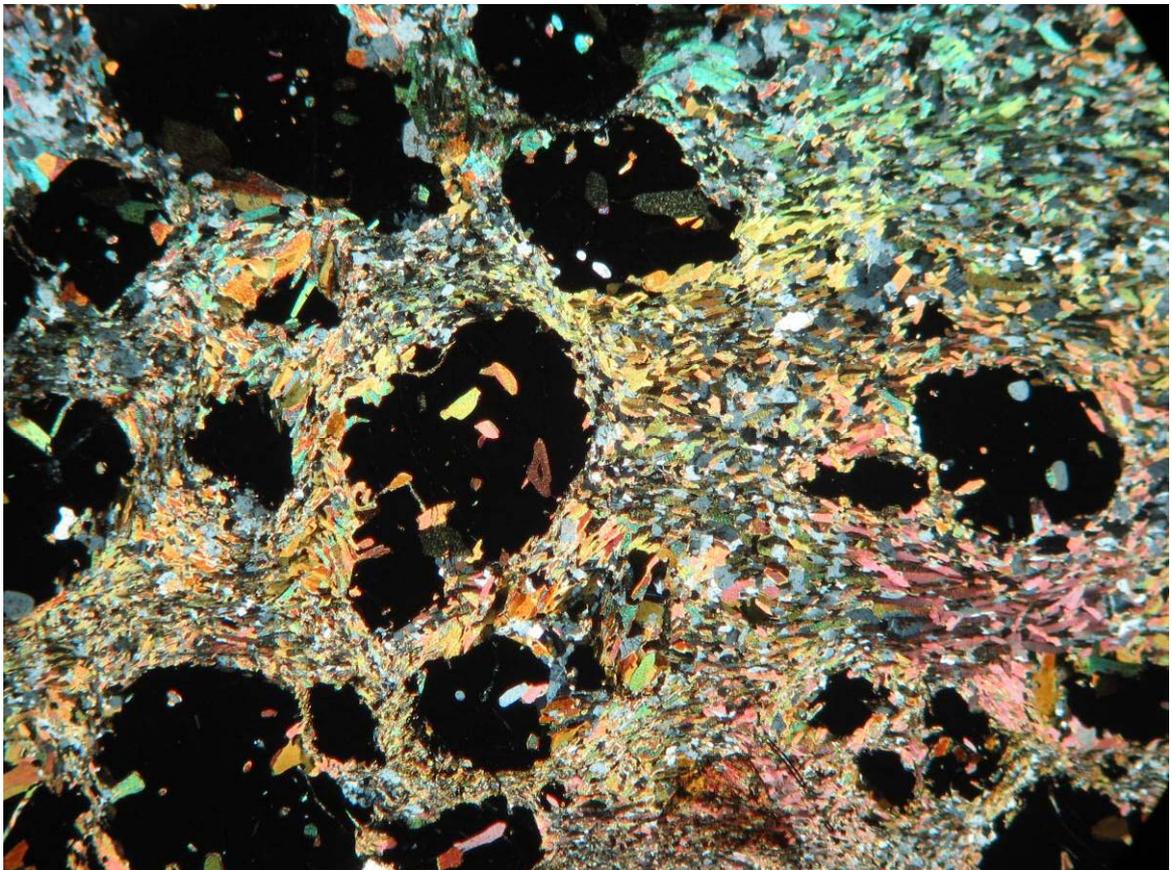
PETROGRAFIA

Os paragnaisses apresentam Qtz, Bt, Grt, Pl, Kfs, Ttn, Zrn, Ap e opacos em uma petrotrama estável (Foto 3.2b), além de Ms secundária. Os quartzitos apresentam Qtz, Kfs, Zrn, opacos e Ms secundária. Observam-se estruturas tipo *box work* nos quartzitos alterados, sugerindo a presença de outro mineral (Grt?, Sil?, Ky?). Também ocorrem coroas de Pl e/ou Bt ao redor de Grt.

Os cristais de Bt ocorrem orientados, intercalados com bandas quartzo-feldspáticas, de acordo com uma xistosidade zonal paralela, por vezes evoluindo para uma foliação protomilonítica a milonítica nas quais há redução de granulometria e porfiroclastos de Grt e Kfs.



Fotografia 3.2a: lente de rocha metaltramáfica encaixada em Grt-Bt-paragnaisse migmatizado. Unidade Arantina (Ponto FSR015)



Fotomicrografia 3.2b: Aspecto geral do Grt-Bt-paragnaisse em lâmina. A xistosidade é zonal paralela, marcada por Bt e defelete em torno dos porfiroblastoa de Grt (lâmina FSR015c, visada de 4x, largura de aprox. 5mm)

3.3 – Complexo Socorro

Corresponde a uma pilha alóctone de rochas plutônicas intrusivas e sucessões metassedimentares intercaladas, que podem ser subdivididas em três unidades de mapeamento: Piranguinho, Brasópolis e Candelária.

A Unidade Piranguinho corresponde a $(\pm\text{Opx})$ - $(\pm\text{Cpx})$ - $(\pm\text{Hbl})$ -Bt-ortognaisses quartzo-sieníticos a tonalíticos migmatizados intercalados com bandas e lentes freqüentes de $(\pm\text{Opx})$ -Cpx-Hbl- $(\pm\text{Bt})$ -metabasitos migmatizados e raras lentes de Grt-Kfs-Sil-Bt-paragnaisses migmatizados.

A Unidade Brasópolis equivale a uma sucessão de rochas paragnaissicas arcoseanas migmatizadas intercaladas com Grt-Kfs-Sil-Bt-paragnaisses migmatizados, gnaisses calciossilicáticos e lentes de $(\pm\text{Opx})$ -Cpx-Hbl- $(\pm\text{Bt})$ -metabasitos migmatizados.

A Unidade Candelária é representada por cinco corpos de Hbl-Bt-ortognaisses intrusivos de uma suíte monzogranítica a quartzo-monzonítica, encaixada nas duas unidades anteriores.

De acordo com os trabalhos anteriores e a relação de continuidade regional, a unidade Piranguinho equivale às unidades Granulítica Basal e Diatexítica Intermediária de Campos Neto e Caby (2000), e à Unidade Ortognaissica Migmatítica Intermediária de Trouw *et al.* (2006). Porém há diferenças que merecem atenção. Neste trabalho não foi possível diferenciar as unidades propostas por Campos Neto e Caby (2000), bem como a descrição proposta por Trouw *et al.* (2006), é incompleta para a área de estudos, visto que não incluiria os granulitos encontrados.

A Unidade Brasópolis pode ser correlacionada pela gênese e associação de litotipos à Unidade Migmatítica Superior de Campos Neto e Caby (2000) e à Unidade Paragnaissica Migmatítica Superior de Trouw *et al.* (2006).

A Unidade Candelária equivale aos plútons sin-orogênicos mencionados por Campos Neto e Caby (2000) e é correlacionável geneticamente, composicionalmente e texturalmente ao granitóide Serra da Água Limpa (Trouw *et al.*, 2006).

3.3.1 – Unidade Piranguinho

Refere-se à unidade basal do Complexo Socorro, que ocorre em uma faixa NW-SE na porção central do mapa. A NE se limita pelo empurrão basal da *Nappe* Socorro com o Embasamento e a Megasseqüência Andrelândia e a SE, está em contato brusco com a Unidade Brasópolis. No extremo NW, é limitada por uma zona de cisalhamento D₄ (ver capítulo 4) com o granitóide Santa Rita do Sapucaí. No seu interior, ainda ocorrem corpos intrusivos da Unidade Candelária. Sua espessura na área de mapeamento alcança até 8,5km.

É observada principalmente em cortes de estrada e em poucos lajedos em topos de morros suaves e raros paredões rochosos (estes ocorrendo na porção SE da área). Grandes áreas da sua porção central e Centro-W estão em evoluído estado de alteração pedogenética, o que confere à maior parte da unidade baixa exposição, com poucos afloramentos, na maioria alterados, em pequenos barrancos escavados nas estradas de terra ou blocos soltos alinhados em pastos.

Trata-se de uma associação de três litotipos: (±Opx)-(±Cpx)-(±Hbl)-Bt-ortognaisses quartzo-sieníticos a tonalíticos bandados, migmatizados (Fig. 3.3a, Foto 3.3a), (±Opx)-Cpx-Hbl-(±Bt)-metabasitos migmatizados e Grt-Kfs-Sil-Bt-paragnaisses migmatizados. O primeiro litotipo é dominante. Intercalado com este, ocorrem lentes e bandas centimétricas a métricas metabasíticas freqüentes, diminuindo gradativamente a quantidade para o topo da unidade. O terceiro litotipo ocorre em raras lentes decamétricas isoladas, intercaladas com os ortognaisses (ponto FSR085, Anexo I).

Os ortognaisses possuem textura equigranular a inequigranular porfirítica, subordinada aos processos deformacionais de redução e/ou homogeneização de granulometria, com fenocristais / porfiroclastos de Pl, Hbl, Opx e Cpx (Foto 3.3b). Foi observado um bandamento composicional na escala de afloramento e na escala de mapa, tratando-se de bandas leucocráticas, bandas intermediárias e bandas máficas, centimétricas a quilométricas. Localmente foi observada textura oftálmica, com *augens* de Pl de até 4cm. Os metabasitos possuem textura equigranular fina a média.

Todo o conjunto sofreu processos de migmatização por anatexia (Foto 3.3a), o que deu origem a uma textura migmatítica estromática sobreposta e por vezes obliterando o bandamento composicional, com leitões leucocráticos (Qtz-Pl-Kfs-±Bt-

$\pm\text{Hbl}-\pm\text{Cpx}-\pm\text{Opx}$) descontínuos de granulometria média a muito grossa, ora paralela à foliação principal, ora oblíqua. Também ocorrem corpos graníticos injetados, de granulometria grossa a muito grossa.

Desde a base até o topo da unidade, ocorrem Opx-ortognaisses e Opx-metabasitos intercalados com as rochas de assembléias minerais sem Opx. É possível mesmo observar a presença ou ausência do mineral em bandamentos composicionais na escala de afloramento. Em lâmina, é possível observar o Opx na petrografia metamórfica estável das rochas.

Porém, não é possível estabelecer limites mapeáveis para essas rochas que, a rigor, possuem composições charnoenderbíticas a enderbíticas e gabronoríticas. Estas ocorrem intercaladas subordinadamente, na escala decimétrica a decamétrica, em ortognaisses monzograníticos a dioríticos e nos $(\pm\text{Cpx}\pm\text{Hbl})$ -metabasitos. É fato que as rochas com Opx são mais freqüentes na base da unidade, porém a sua ocorrência apenas diminui para o topo. Como será visto no capítulo 5, consideraram-se nesse trabalho todas as rochas desta unidade como pertencentes à fácies granulito.

Por essas razões, não se separou a Unidade Piranguinho em unidades Granulítica Basal e Diatexítica Intermediária como propõem Campos Neto e Caby (2000), nem se nomeou como Ortognaissica Migmatítica Intermediária, como propõem Trouw *et al.* (2006).

PETROGRAFIA

Os ortognaisses apresentam assembléia mineral principal composta essencialmente por Qtz, Pl, Kfs, $\pm\text{Opx} \pm \text{Hbl} \pm\text{Cpx} \pm\text{Bt}$. Como acessórios podem ocorrer Ttn, Zrn, Ap, Aln e opacos. Como assembléia secundária, ocorrem ainda traços de Chl, Act e Cum (Foto 3.3c).

Qtz, Kfs (microclina) e Pl (andesina) podem apresentar extinção ondulante, subgrãos, novos grãos e recristalização, ocorrendo mesmo em fitas. Mirmequita é comum nos contatos entre Kfs e Pl. Pertitas e antipertitas são observadas em alguns grãos. Fenocristais / porfiroclastos de Pl são freqüentes. O Opx pode ocorrer na sua forma ortorrômbica usual (enstatita) ou na forma monoclinica (clinoenstatita), por vezes com bordas de substituição (Foto 3.3d). Cpx e Hbl freqüentemente ocorrem intercrescidos com Bt, com relações de substituição entre estes. Ttn, Zrn e Ap

ocorrem como grãos idiomórficos a subidiomórficos na matriz. Aln apresenta relação de crescimento com opacos e Hbl. Chl, Act, Cum e Bt ocorrem substituindo outros minerais, chegando a formar simplectitos evoluídos onde se observam relictos de Cpx e Opx.

Os metabasitos apresentam como mineralogia essencial Pl, Hbl e Cpx. Podem conter como mineralogia essencial ainda Opx (enstatita, clinoenstatita) e Bt. Ocorrem como acessórios Kfs, Qtz, Ttn, Zrn, Ap, Aln e opacos. Como assembléia secundária, ocorrem ainda Act, Hbl-Act, Bt, Chl e Cum em quantidades acessórias (Foto 3.3e).

Em algumas lâminas, é possível observar substituição de Cpx e Opx por Hbl e de Cpx, Opx e Hbl por Bt. Em outras, observa-se intercrescimento estável de Pl-Hbl-Cpx±Opx±Bt. A assembléia secundária composta por Act, Hbl-Act, Bt, Chl e Cum ocorre substituindo bordas de outros minerais (Cpx, Opx, Hbl), chegando a formar simplectitos evoluídos.

Os paragneisses apresentam como mineralogia essencial Qtz, Pl, Kfs, Grt e Bt e podem apresentar como acessórios Spl, Zrn, Ttn e opacos, em uma textura granoblástica. Ocorrem porfiroblastos de até 0,7cm de Grt numa matriz de Bt, Sil, Kfs e Pl. Spl ocorre apenas como inclusões em Pl (Foto 3.3f).

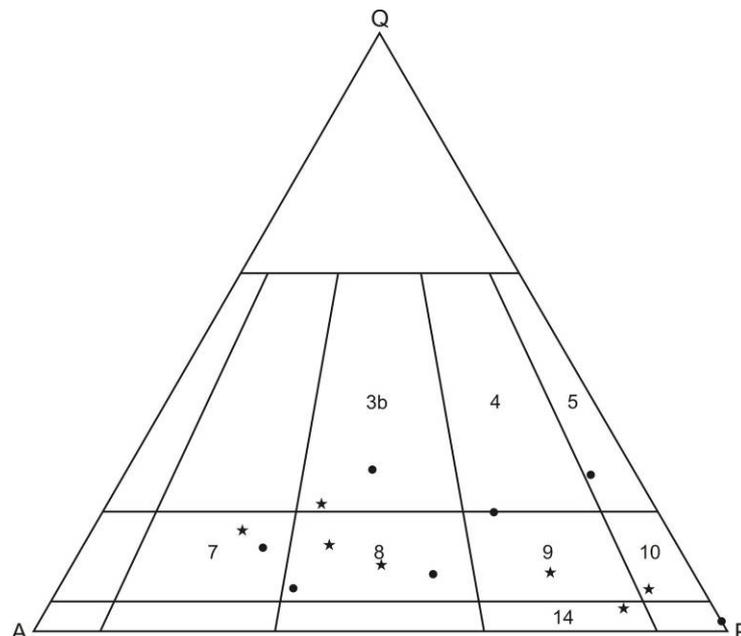


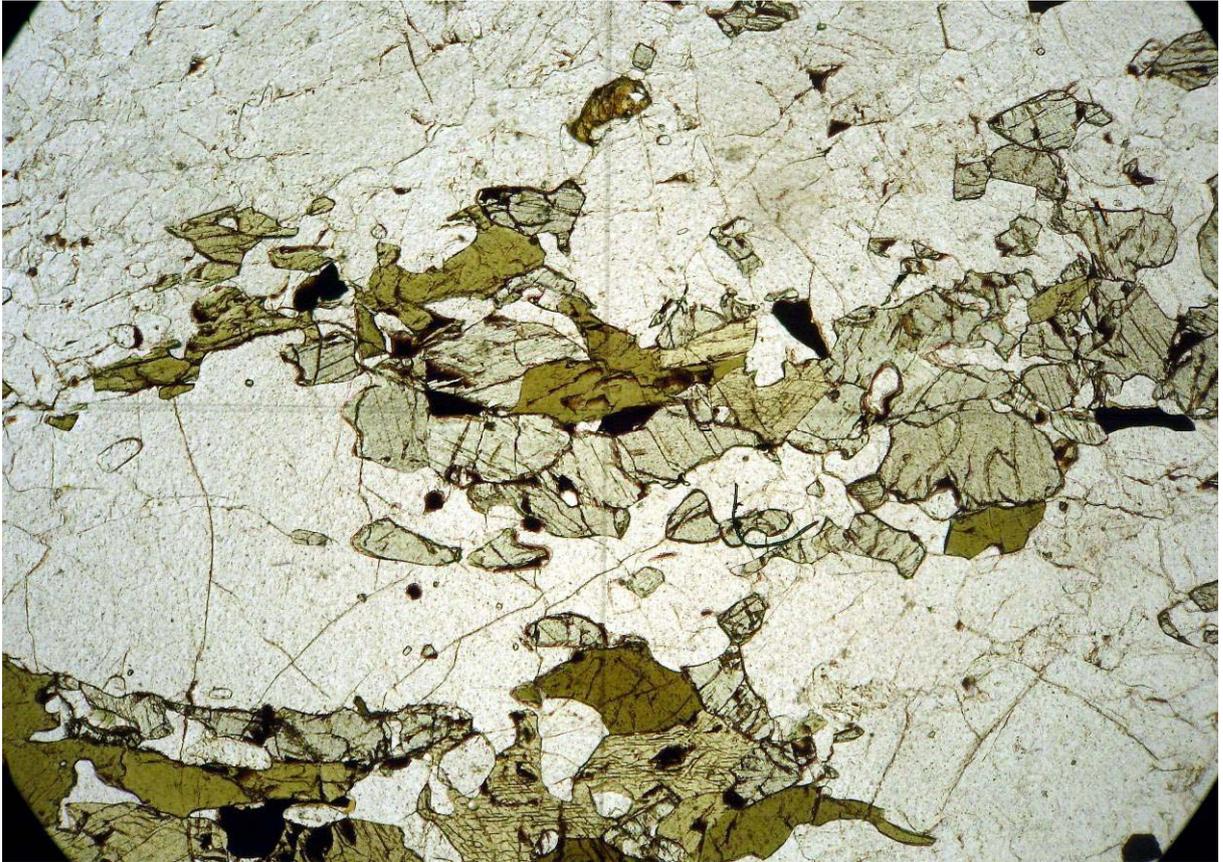
Figura 3.3a: diagrama QAP para classificação das rochas ígneas (Streckeisen, 1967) com as composições das rochas da Unidade Piranguinho. Os pontos representam medidas a partir de contagem modal. As estrelas representam medidas a partir de estimativa visual. 3b – monzogranito, 4 – granodiorito, 5 – tonalito, 7 – quartzo-sienito, 8- quartzo-monzonito, 9 – quartzo-monzodiorito / monzogabro, 10 – quartzo-diorito / gabro, 14 – monzodiorito / monzogabro



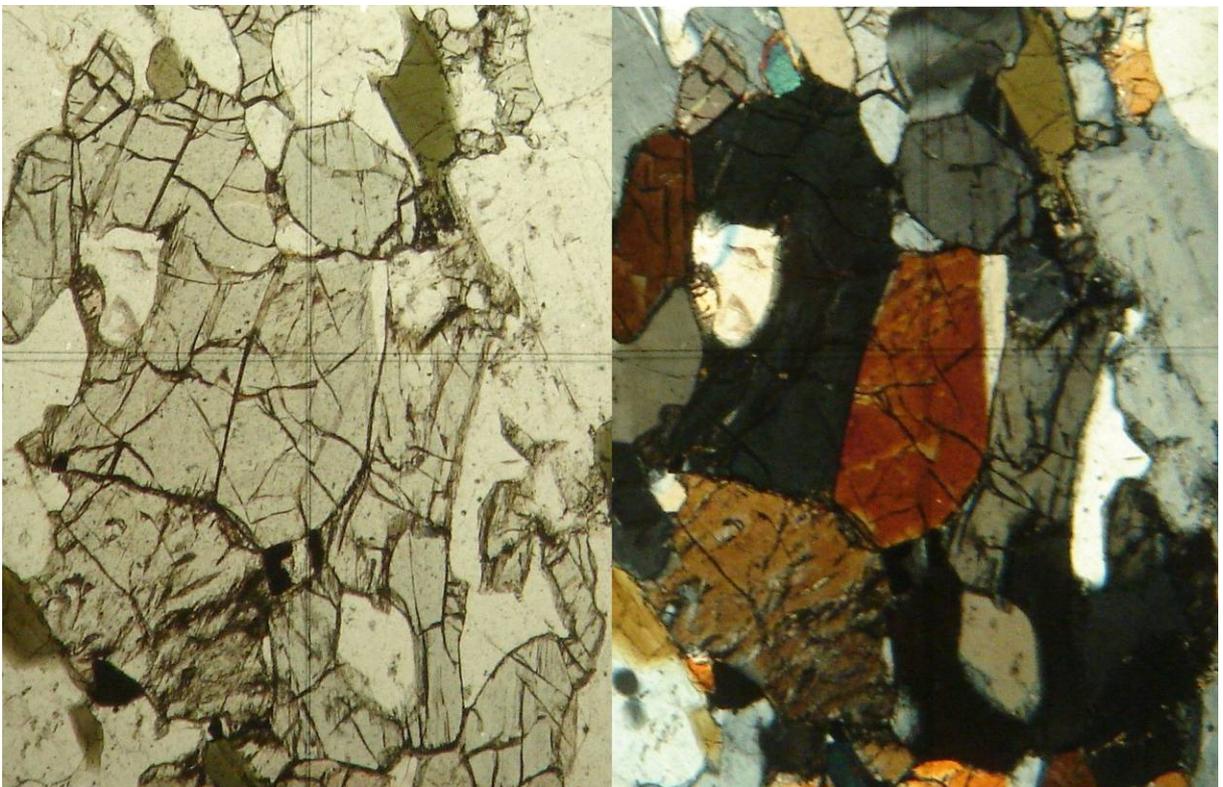
Fotografia 3.3a: Aspecto bandado dos ortognaisses da Unidade Piranguinho. Bandas félsicas e máficas e leitos e bolsões leucossomáticos subparalelos à foliação (Ponto FSR005)



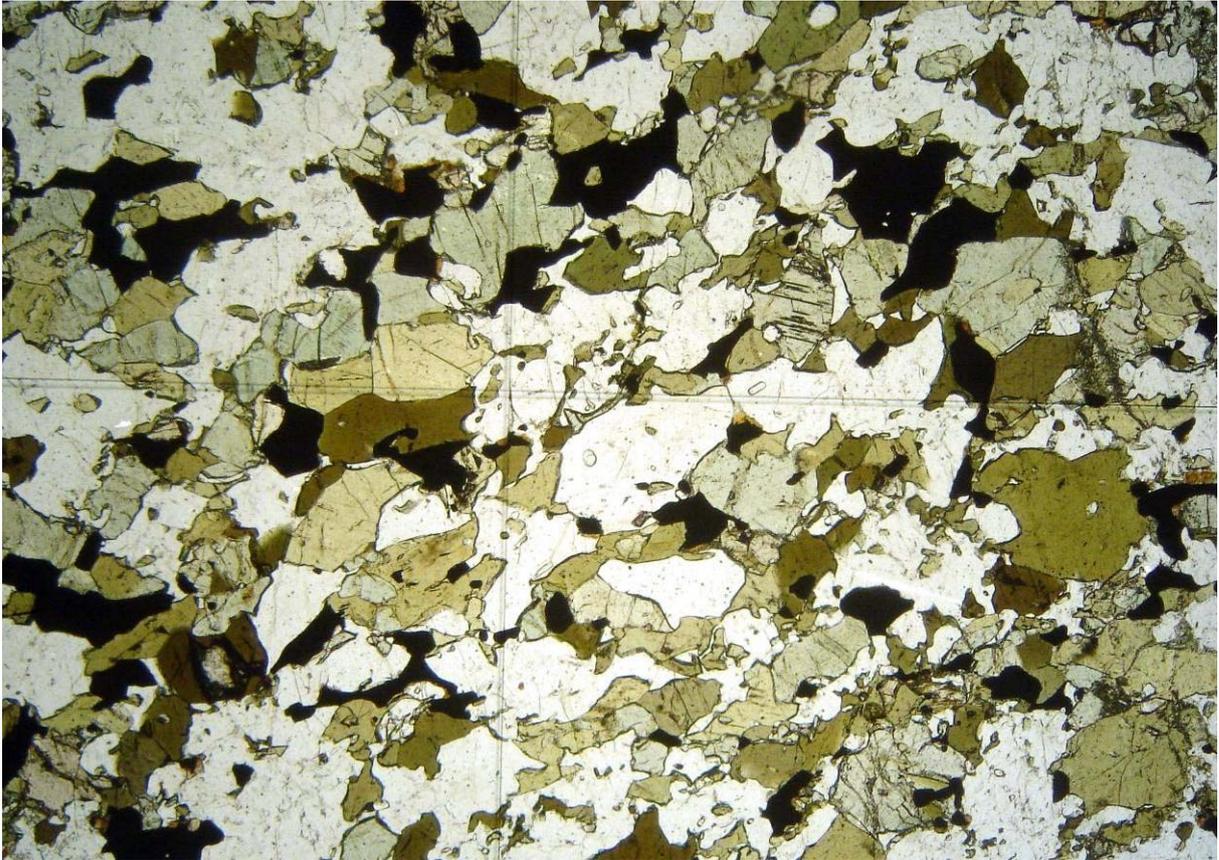
Fotografia 3.3b: amostra de ortognaisse da Unidade Piranguinho mostrando textura inequigranular porfírica subordinada a um padrão de de deformação. Fenocristais de Hbl e Pl (augens) (Ponto FSR080)



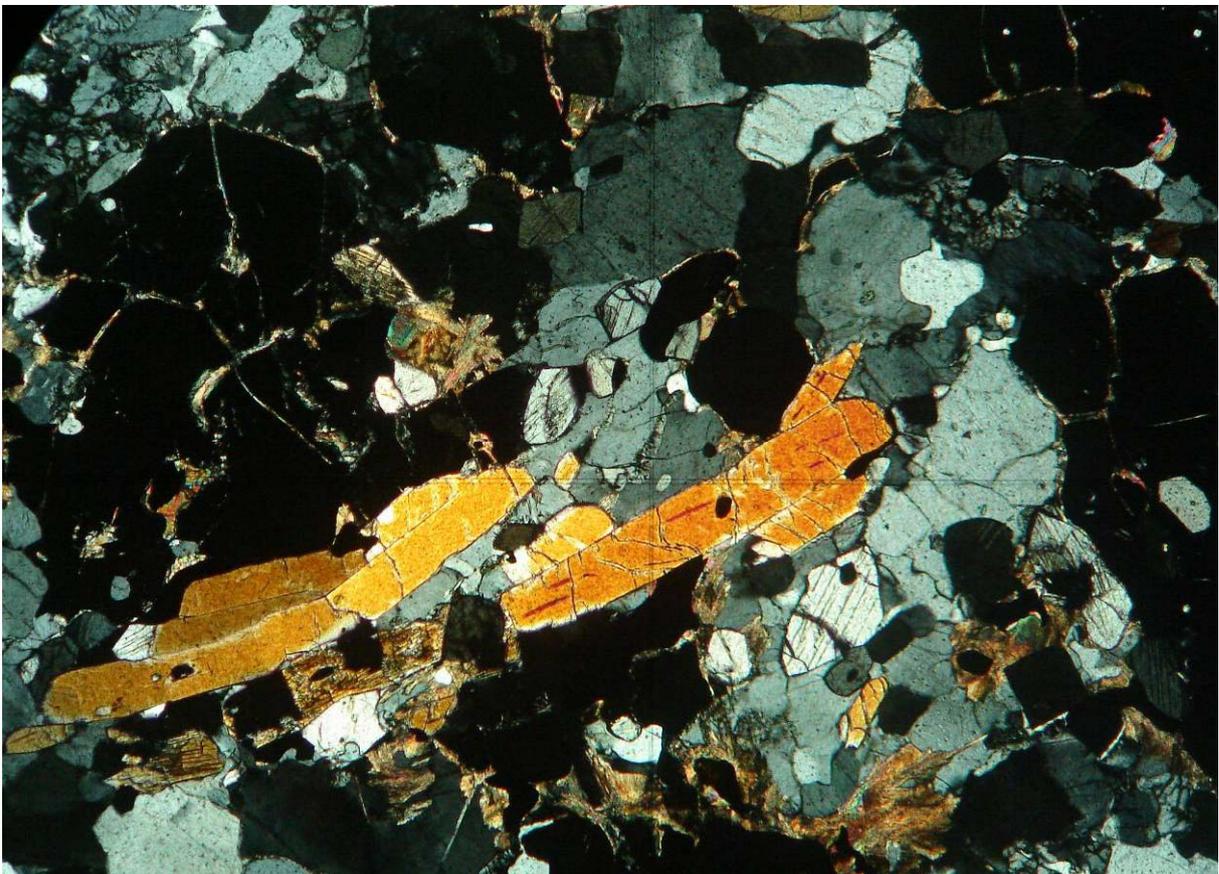
Fotomicrografia 3.3c: Cpx-Hbl-ortogneisse, com intercrescimento estável entre Cpx e Hbl orientados em uma matriz de Qtz e Pl (visada de 2,5x, lâmina FSR003a)



Fotomicrografia 3.3d: Opx parcialmente convertido à forma monoclinica (clinoestatita), com extinção oblíqua (visada de 4x, lâmina FSR005)



Fotomicrografia 3.3e: textura equigranular em metabasito da Unidade Piranguinho. Cpx, Opx, Hbl, Pl e opacos intercrescidos, mostrando leve orientação (visada de 2,5x, lâmina FSR005)



Fotomicrografia 3.3f: paragneisse com Sil, Grt, Kfs, Qtz, Pl e Bt secundária (bordas de Grt) da Unidade Piranguinho (visada de 2,5x, lâmina FSR085)

3.3.2 – Unidade Brasópolis

Esta unidade aflora na porção SW do mapa e está em contato brusco com a Unidade Piranguinho. No seu interior ocorrem intrusões da Unidade Candelária. Sua espessura na área de mapeamento alcança 8km, mas é provável que este número seja maior regionalmente.

Afloram bem na porção S da área, em lajedos ao longo de encostas de morros, em topos de colinas e em cortes de estradas de rodagem e de ferro. Na porção centro-SW, afloram mal, quase sempre encobertos por alterações pedogenéticas. Quando afloram, em barrancos escavados nas estradas de terra, estão alterados a muito alterados.

Ocorrem seis litotipos intercalados em escala de afloramento e de mapa nesta unidade: Bt-(±Hbl)-(±Opx)-paragnaisses migmatizados a diatexíticos, Grt-Bt-paragnaisses migmatizados, Grt-Sil-Kfs-Bt-xistos a paragnaisses, gnaisses calciossilicáticos, (±Opx)-(±Cpx)-Hbl-(±Bt)-metabasitos dioríticos a gabrnóricos migmatizados e Bt-Ms-leucogranitos.

Os Bt-(±Hbl)-(±Opx)-paragnaisses possuem uma estratificação composicional marcante (bandas milimétricas a decimétricas quartzo-feldspáticas a máficas, ricas em Bt-(±Hbl)), granulometria fina a média e uma quantidade superior a 15% de Bt modal (Foto 3.3g). Estes gnaisses gradam lateralmente para Grt-Bt-paragnaisses intercalados com Grt-Sil-Kfs-Bt-xistos a paragnaisses e gnaisses calciossilicáticos (Foto 3.3h, i). Ocorrem intercaladas também lentes centimétricas a decimétricas de (±Opx)-(±Cpx)-Hbl-(±Bt)-metabasitos.

Um processo acentuado de anatexia conferiu textura migmatítica estromática a diatexítica nebulítica para as rochas da Unidade Brasópolis. As rochas mais afetadas foram os Bt-(±Hbl)-paragnaisses, nas quais se reconhecem leitos descontínuos e bolsões nebulíticos de leucossoma granítico, evoluídos a ponto de formar um corpo de granito tipo S (“duas micas”) na Serra da Mangueira (Foto 3.3j).

Próximo ao contato com a Unidade Piranguinho, ao S da área de mapeamento, ocorre nesta unidade uma faixa de rochas metamáficas a metaltramáficas e um corpo de retroeclogito, alinhados na foliação, intercalados com Grt-Sil-Kfs-Bt-xistos.

PETROGRAFIA

Os Bt-(±Hbl)-paragnaisses apresentam como mineralogia essencial Qtz, Bt, Hbl, ±Opx, Pl e Kfs, além de quantidades acessórias ou traços de Ttn, Aln, Zrn e opacos. Possuem uma xistosidade zonal a espaçada marcada por trilhas e aglomerados de Bt±Hbl intercrescidos. Em uma lâmina, foram identificados cristais de Cal substituindo bordas de Pl e Hbl, indicando a interferência de um fluido carbonático (Foto 3.3l).

Os Grt-Bt-paragnaisses apresentam como minerais essenciais Qtz, Grt, Bt, Pl e Kfs (Foto 3.3m). Podem ter como acessórios Spl (incluído em Pl) (Foto 3.3n), Ttn, Zrn, Aln e opacos. Apresentam uma xistosidade espaçada anastomosada. Alguns cristais de Grt apresentam coroas de Pl e/ou Bt.

Os Grt-Sil-Kfs-Bt-xistos a gnaisses contêm como minerais essenciais Qtz, Kfs, Pl, Grt, Sil e Bt. Podem conter como acessórios Spl, Zrn, Ttn, Ap e opacos (Foto 3.3o). Apresentam uma textura granoblástica marcada por porfiroblastos de Grt de até 0,5cm numa matriz onde se reconhece uma xistosidade zonal anastomosada. Como inclusões em Grt ocorrem Sil, Pl, Kfs, Bt e Qtz.

Os gnaisses calciossilicáticos apresentam monótona composição de Pl (An₉₀) e Cpx (diopsídio), com raros cristais de Grt xenomórfica e opacos em quantidade acessória. Uma clivagem descontínua espaçada é marcada por cristais opacos e de Cpx orientados (Foto 3.3p).

Os metabasitos apresentam Pl, ±Hbl, ±Cpx, ±Opx (enstatita, clinoenstatita) como minerais essenciais e podem ter como acessórios Qtz, Kfs, Bt, Ttn, Ap, Zrn e opacos. Como assembléia secundária ocorrem ainda Act, Hbl-Act, Cum e Bt. Os minerais essenciais ocorrem intercrescidos em uma trama estável, por vezes sendo possível observar um bandamento composicional (Cpx-Hbl) (Foto 3.3q). Os minerais secundários ocorrem substituindo a borda de outros grãos e por vezes formando estruturas simplectíticas.

O corpo granítico Serra da Mangueira apresenta como mineralogia principal Kfs, Qtz e Pl, acessórios Bt, Ms, Zrn, Ttn, Ap e opacos. Possui composição sienogranítica e textura inequigranular porfirítica. Uma foliação descontínua e espaçada é marcada por trilhas de Bt e Ms. Bandas de deformação reduzem localmente a granulometria.



Fotografia 3.3g: Aspecto bandado do Bt-(±Hbl)-paragneisse (ponto FSR121)



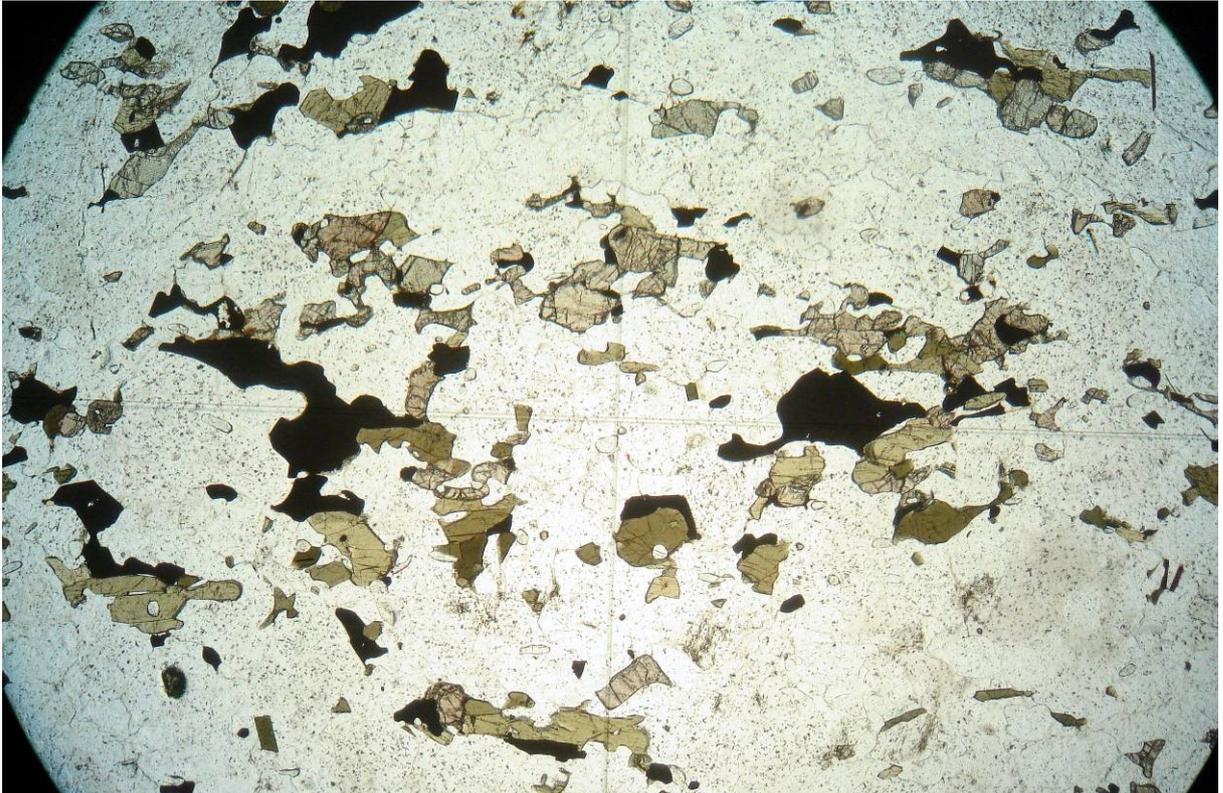
Fotografia 3.3h: intercalação de camadas tabulares de Grt-Bt-paragneisse, Grt-Sil-Kfs-Bt-paragneisse e gnaiss calciosilicático (ponto FSR030)



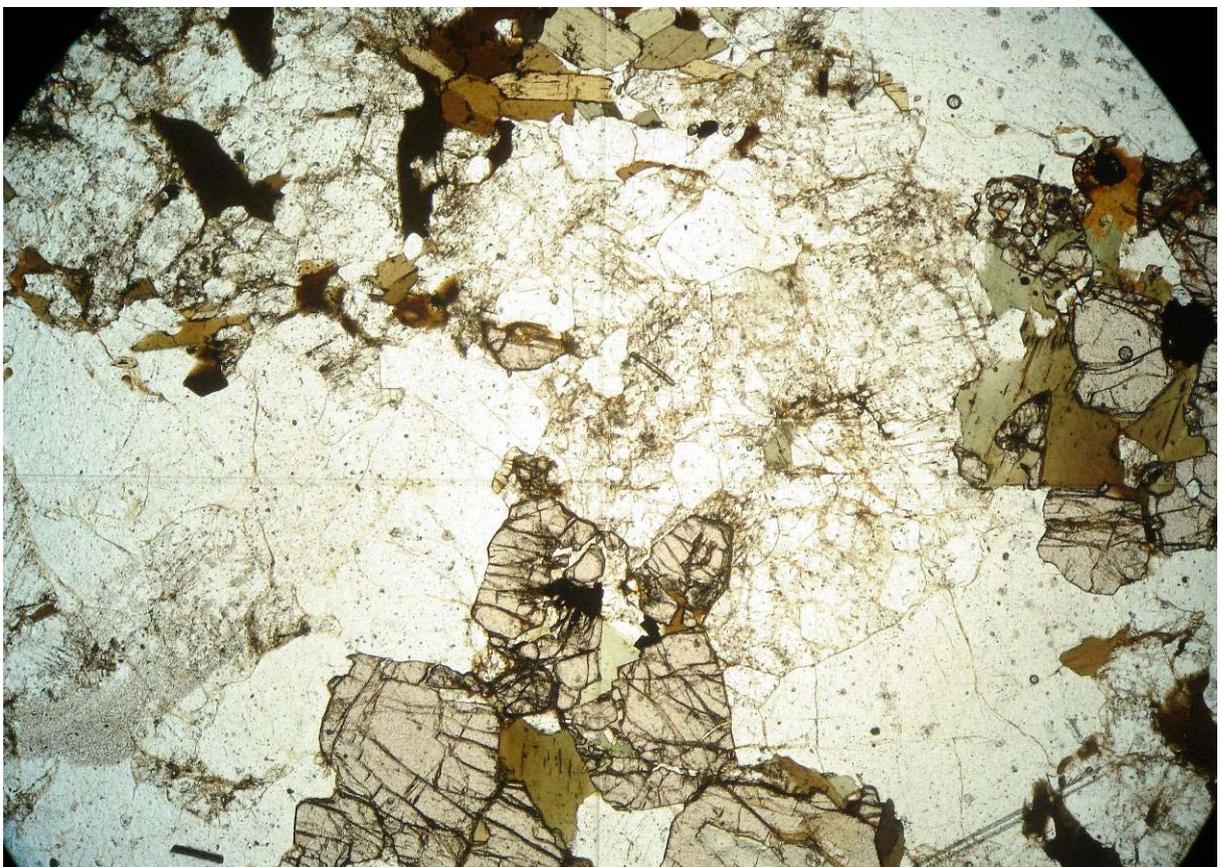
Fotografia 3.3i: amostra de Grt-Sil-Kfs-Bt-xisto migmatítico (ponto FSR036)



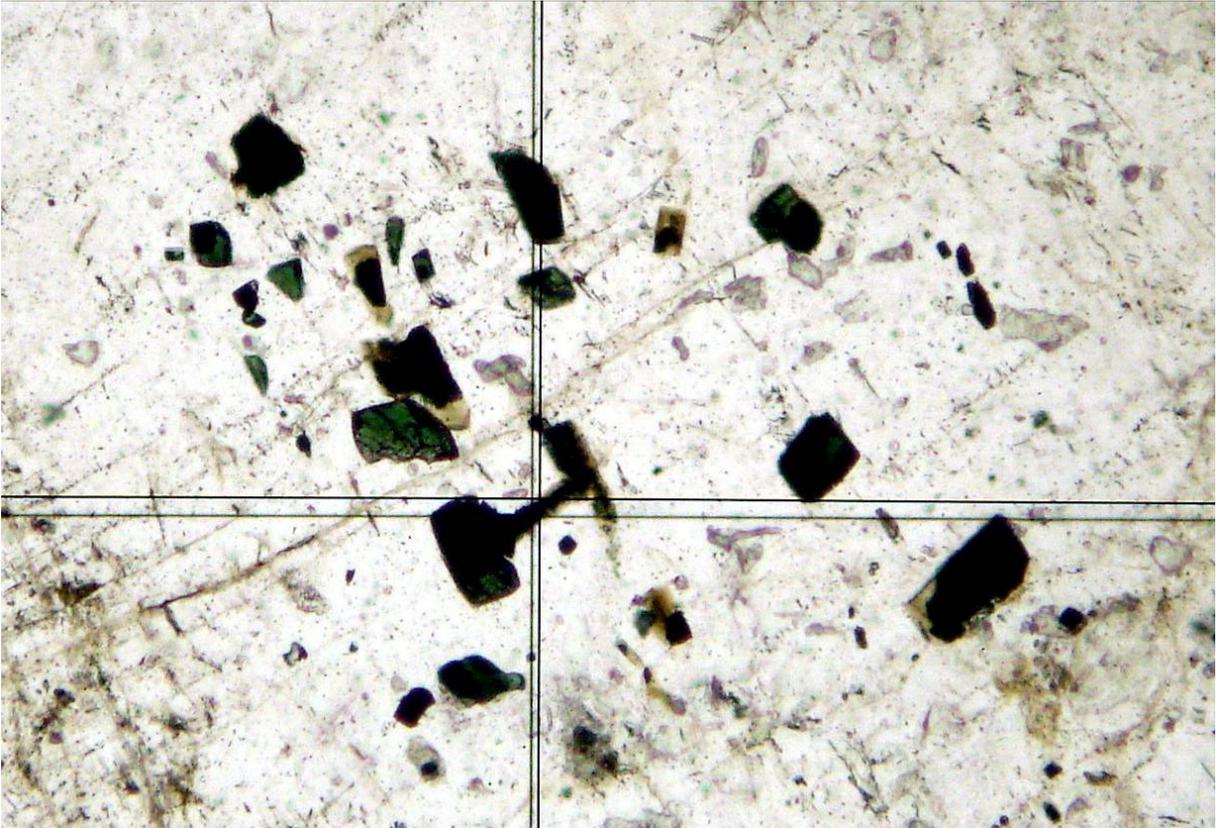
Fotografia 3.3j: Textura inequigranular porfírica subordinada a deformação em amostra do granito Serra da Mangueira (ponto FSR065)



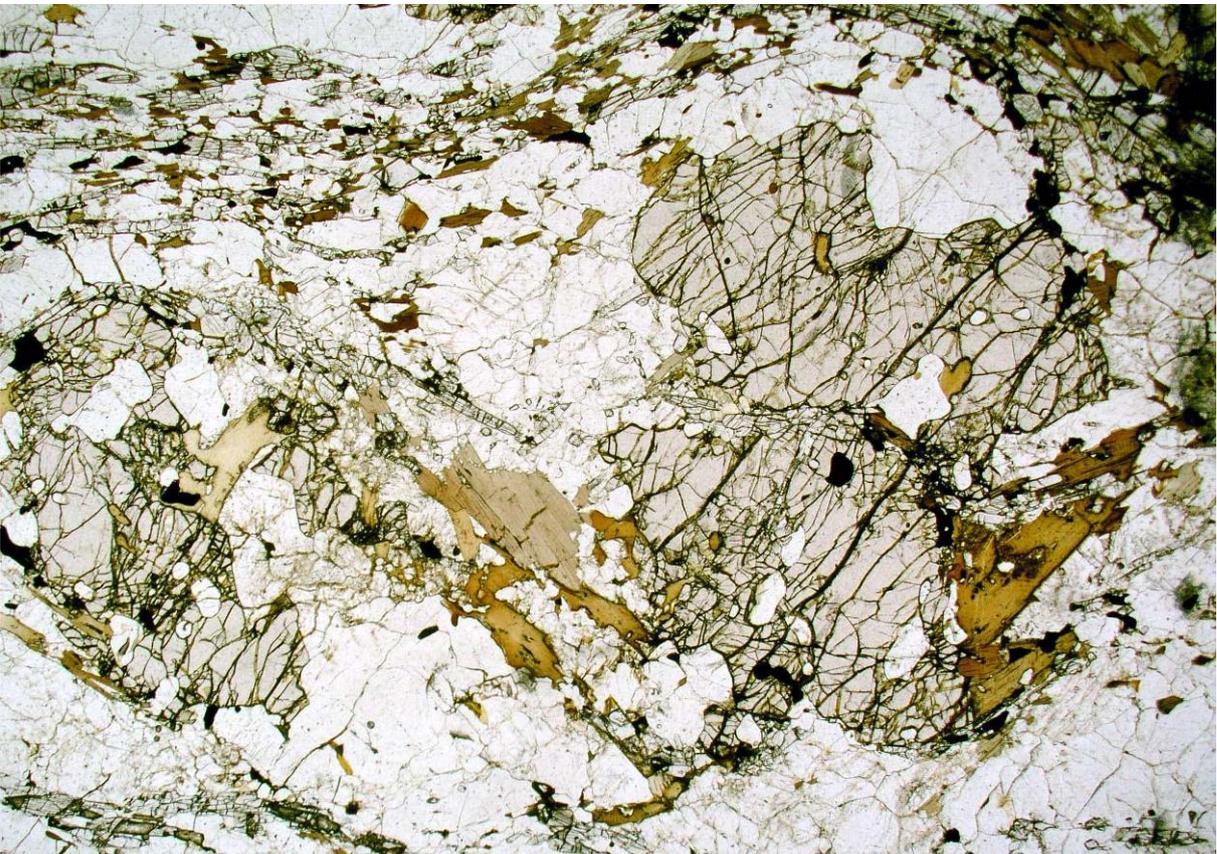
Fotomicrografia 3.3l: Opx-Hbl-Bt-paragneisse com Qtz, Kfs e Pl. Opx, Bt, Hbl e opacos ocorrem orientados. Alguns cristais de Bt cresceram em direções aleatóreas (lâmina FSR033a)



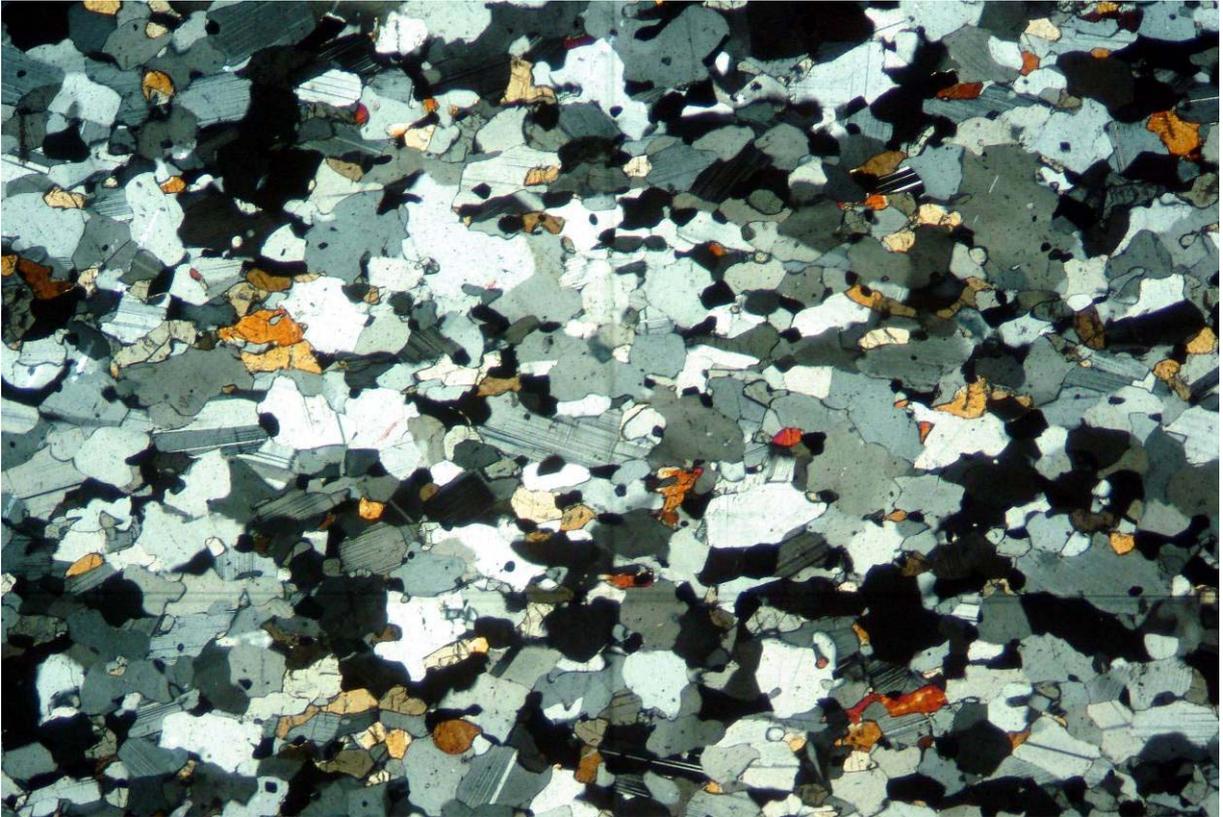
Fotomicrografia 3.3m: Aspecto geral do Grt-Bt-paragneisse em lâmina. Matriz com Qtz (+) e Kfs (-). Duas gerações de Bt, a primeira (marrom) orientada na matriz e a segunda (verde amarronzada) substituindo bordas de Grt (visada de 2,5x, lâmina FSR036a)



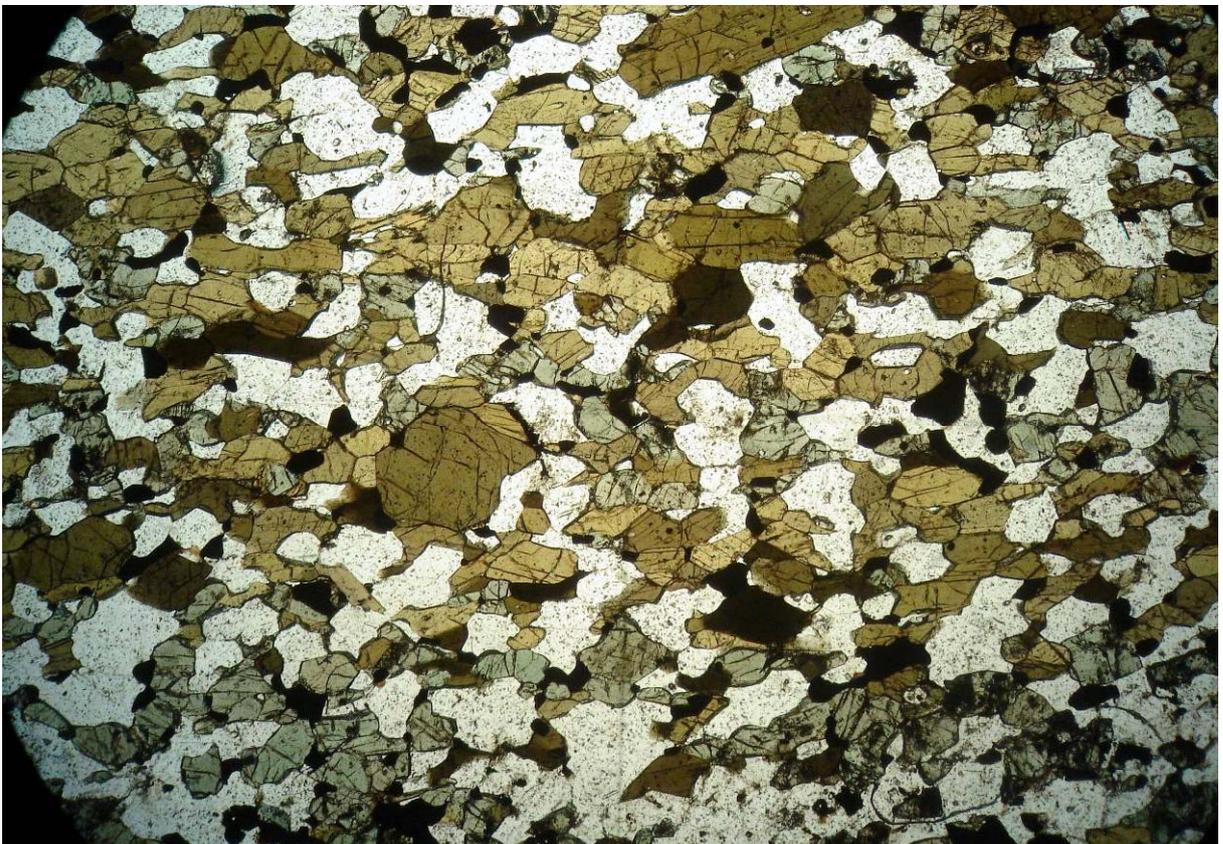
Fotomicrografia 3.3n: inclusões de Spl em Pl (visada de 10x, lâmina FSR036)



Fotomicrografia 3.3o: Grt-Sil-Kfs-Bt-xisto da Unidade Brasópolis. Porfiroblastos de Grt com coroas de Pl. a foliação, marcada por Sil e Bt intercrescidas, deflete ao redor de Grt+coroa de Pl (visada de 1,25, lâmina FSR036y)



Fotomicrografia 3.3p: gnaiss calciosilicático visto em lâmina. Intercrescimento de Pl (~An82), Qtz, Cpx e opacos (visada de 2,5x, lâmina FSR030)



Fotomicrografia 3.3q: bandamento composicional (Cpx, Hbl) em metabasito da Unidade Brasópolis (visada de 2,5x, lâmina FSR033b)

3.3.3 – Unidade Candelária

São corpos intrusivos ortoderivados de 3 até 12 km de extensão encaixados nas unidades Piranguinho e Brasópolis, subparalelos à foliação principal. Ocorrem na porção central e SW da área.

Afloram como pequenas serras alongadas onde ocorrem lajedos e paredões rochosos. Também afloram em barrancos pouco alterados em estradas de terra e ao longo do rio Candelária, em uma série lajedos.

Foram observados ortognaisses intrusivos de uma suíte monzogranítica a quartzo-monzonítica (Fig. 3.3b). Apresentam textura inequigranular porfírica obliterada por uma textura oftálmica, com *augens* de Kfs (microclina) de até 5cm (Fotos 3.3r, s).

PETROGRAFIA

A mineralogia principal inclui Kfs, Pl, Qtz, Hbl e Bt. Ocorrem como acessórios Aln, Ttn, Zrn Ap e opacos (Foto 3.3t). Em algumas rochas foi observada uma associação mineral secundária caracterizada por Chl, Hbl-Act e Act.

Fenocristais de Kfs perítico com estruturas manto-núcleo são freqüentes (Foto 3.3u). Na matriz, ocorrem cristais de Kfs, Pl, Qtz, Hbl e Bt, além de Aln intercrescida com Hbl e opacos, Ttn bordejando cristais de Ilm e cristais isolados de Ap, Zrn e Ttn. Fibras de Chl e Act crescem na borda de Hbl.

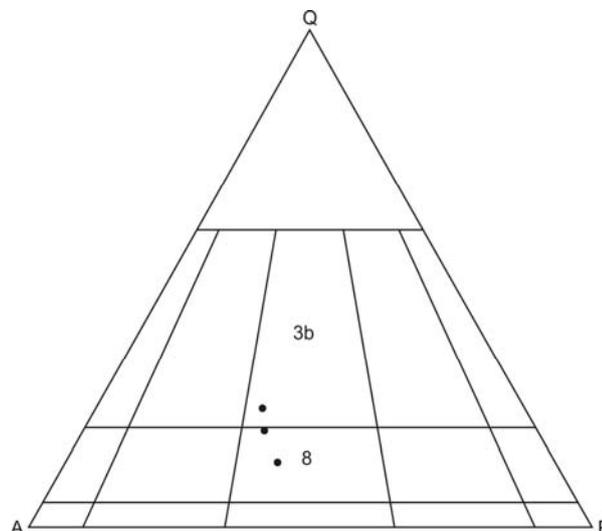


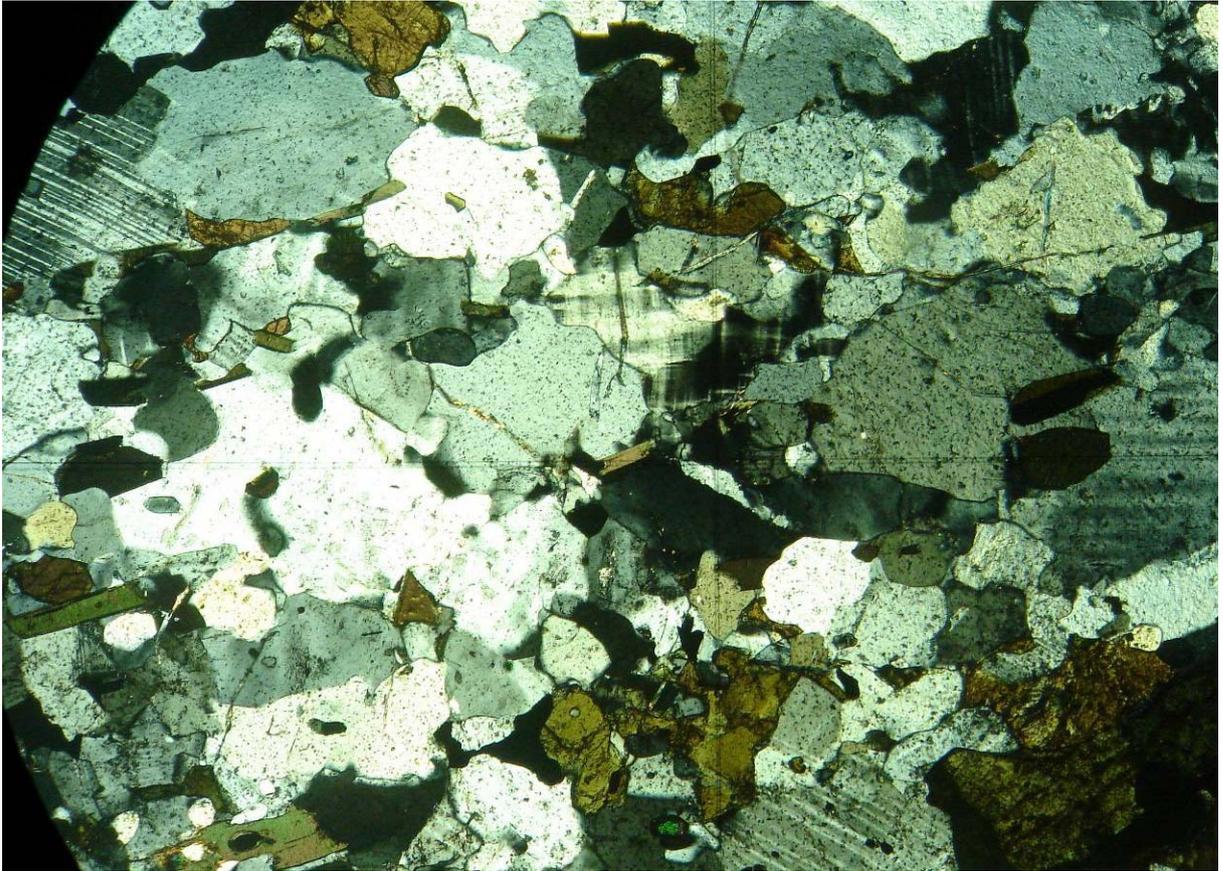
Figura 3.3b: diagrama QAP para classificação das rochas ígneas (Streckeisen, 1967) com as composições por contagem modal da Unidade Candelária. 3b – monzogranito, 8 – quartzo-monzonito



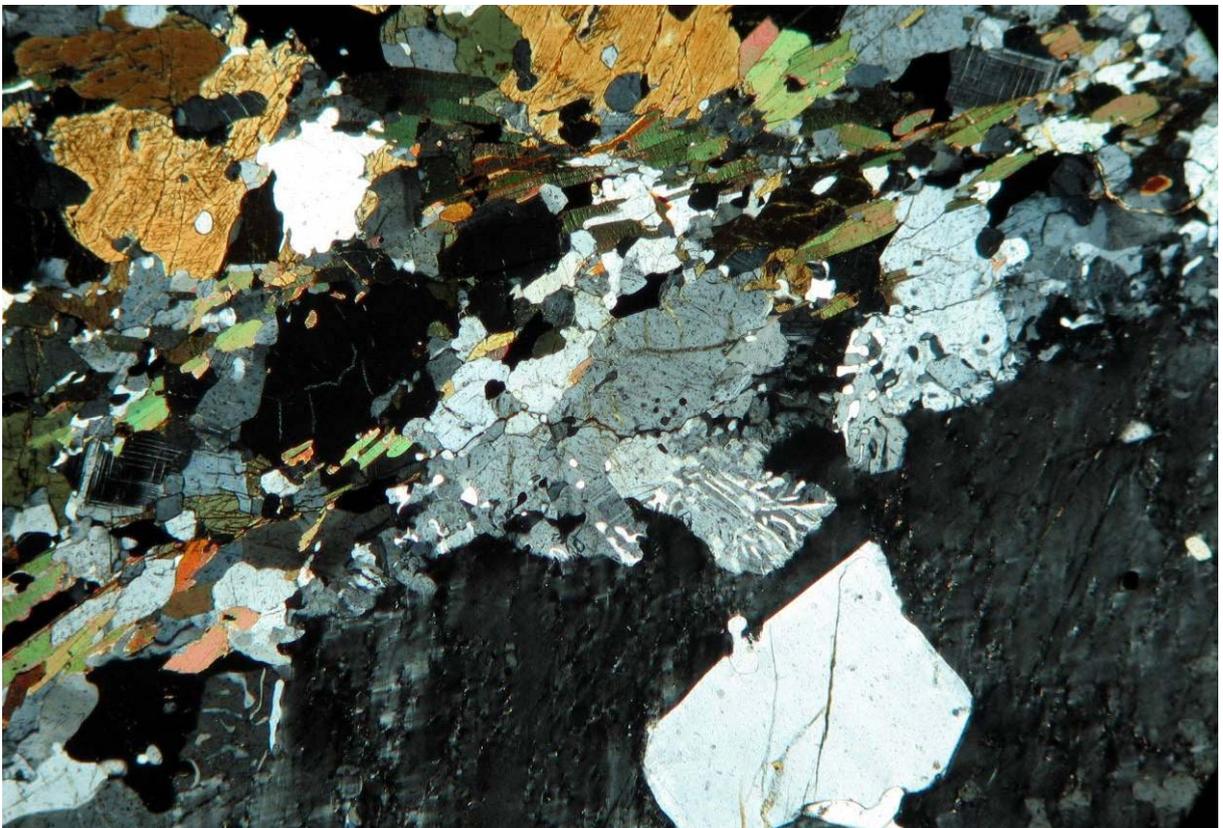
Fotografia 3.3r: textura oftálmica observada em granitóide da Unidade Candelária (Ponto FSR005)



Fotografia 3.3s: textura inequigranular porfírica subordinada à deformação em amostra de Hbl-Bt-ortognaisse da Unidade Candelária. Augens de Kfs (Ponto FSR127)



Fotomicrografia 3.3t: Aspecto geral dos ortognaisses da Unidade Candelária em lâmina, com Kfs, Pl, Qtz, Hbl, Bt e opacos, além de cristal de Zrn (visada de 2,5x, lâmina FSR127a)



Fotomicrografia 3.3u: Aspecto parte de fenocristal de Kfs perítico, com mirmequitização na borda (visada de 2,5x, lâmina FSR070b)

3.4 – Granito Santa Rita do Sapucaí

No extremo NW da área ocorre um corpo granítico de pelo menos 4 km de extensão alongado no sentido NE-SW. Está encaixado em uma zona de cisalhamento D₄ (ver capítulo 4), intrusivo nas rochas do Embasamento e do Complexo Socorro. Aflora em uma serra alongada nas proximidades de Santa Rita do Sapucaí, com excelente exposição de lagedos nas encostas e no topo dos morros.

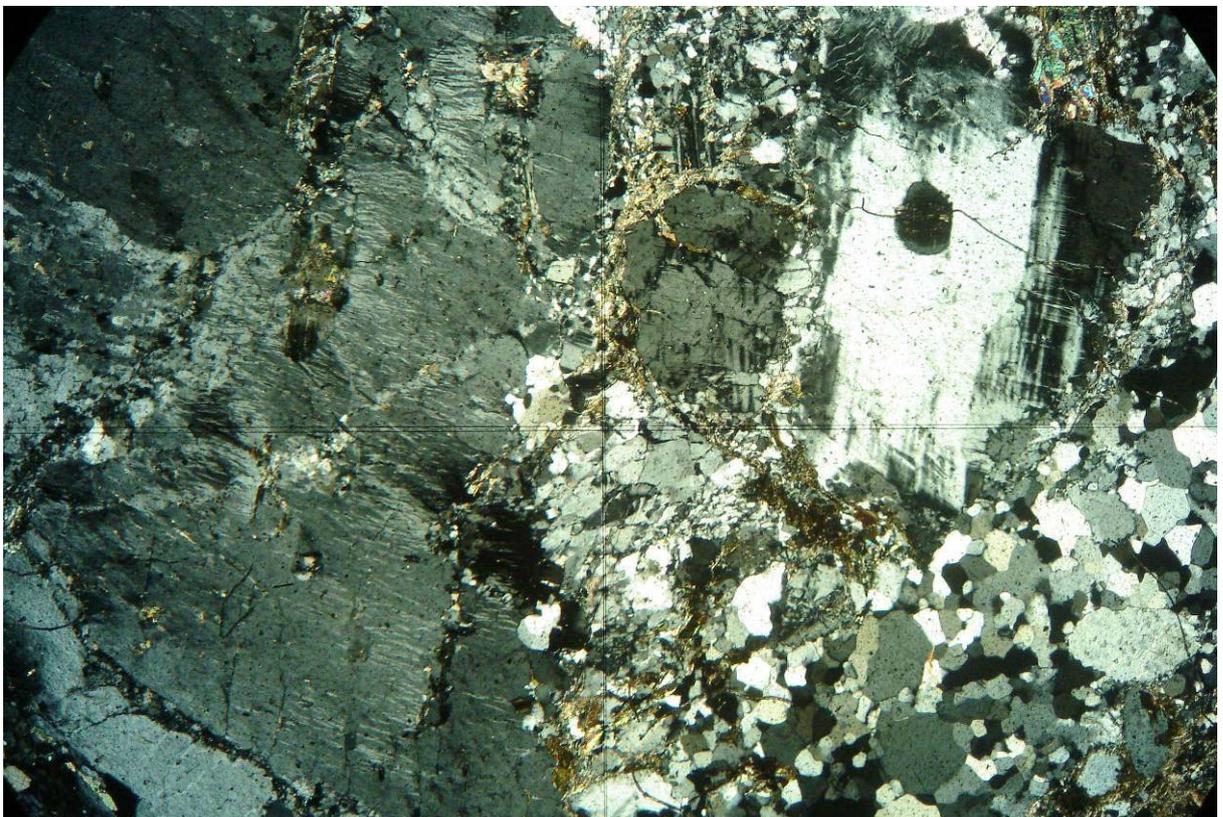
Apresenta composição sienogranítica, textura homogênea inequigranular porfírica com fenocristais / porfiroclastos de Kfs (microclina) de até 2cm (Foto 3.4a). Na sua borda NW, ocorre uma foliação marcada principalmente por fenocristais idiomórficos de Kfs entrecortada por bandas de deformação estreitas anastomosadas, obliterada gradacionalmente para SE, onde se reconhece somente uma foliação protomilonítica a ultramilonítica.

PETROGRAFIA

Apresenta Kfs, Pl, Qtz e Bt como minerais essenciais e Zrn, Aln, Ttn e opacos como acessórios (Foto 3.4b). Qtz, Pl e Kfs apresentam freqüentemente extinção ondulante, subgrãos, novos grãos e recristalização. Pertita foi observada em Kfs. Bt ocorre em aglomerados descontínuos, marcando uma foliação paralela à milonítica. Na borda SE, uma foliação milonítica bem desenvolvida é observada.



Fotografia 3.4a: textura inequigranular porfírica em afloramento do Granito Santa Rita do Sapucaí. Fenocristais idiomórficos de Kfs (Ponto HH001)



Fotomicrografia 3.4b: Aspecto geral do Granito Santa Rita do Sapucaí em lâmina. Parte de fenocristal de Kfs perítico e bandas de deformação anastomosadas com crescimento tardio de Bt (visada de 2,5x, lâmina FSR138a)

4 – GEOLOGIA ESTRUTURAL

Foram reconhecidas quatro fases deformacionais relacionadas a processos orogênicos neoproterozóicos afetando as unidades de mapeamento. Estas foram diferenciadas de acordo com a correlação genética, seqüência cronológica relativa e compatibilidade.

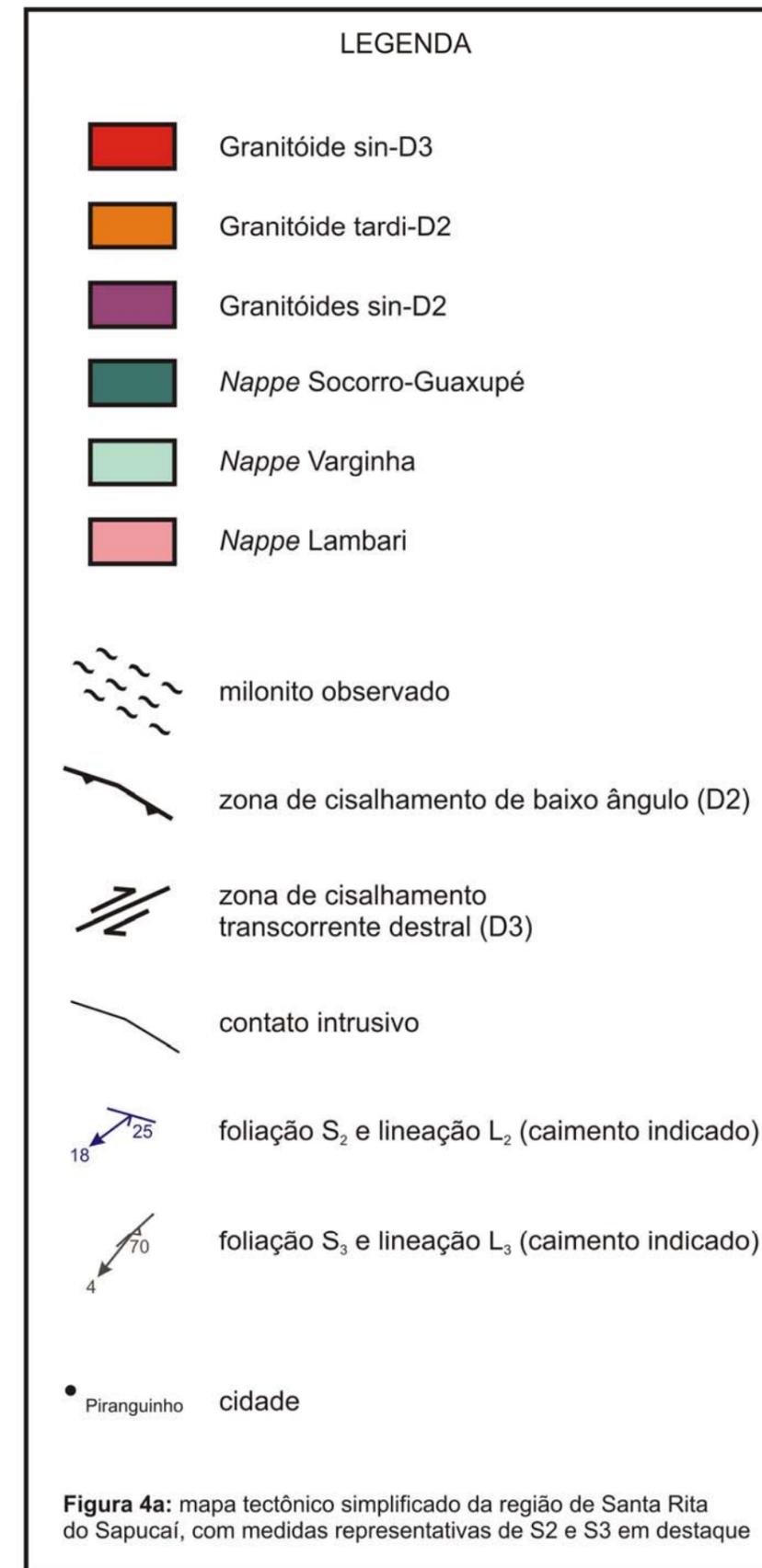
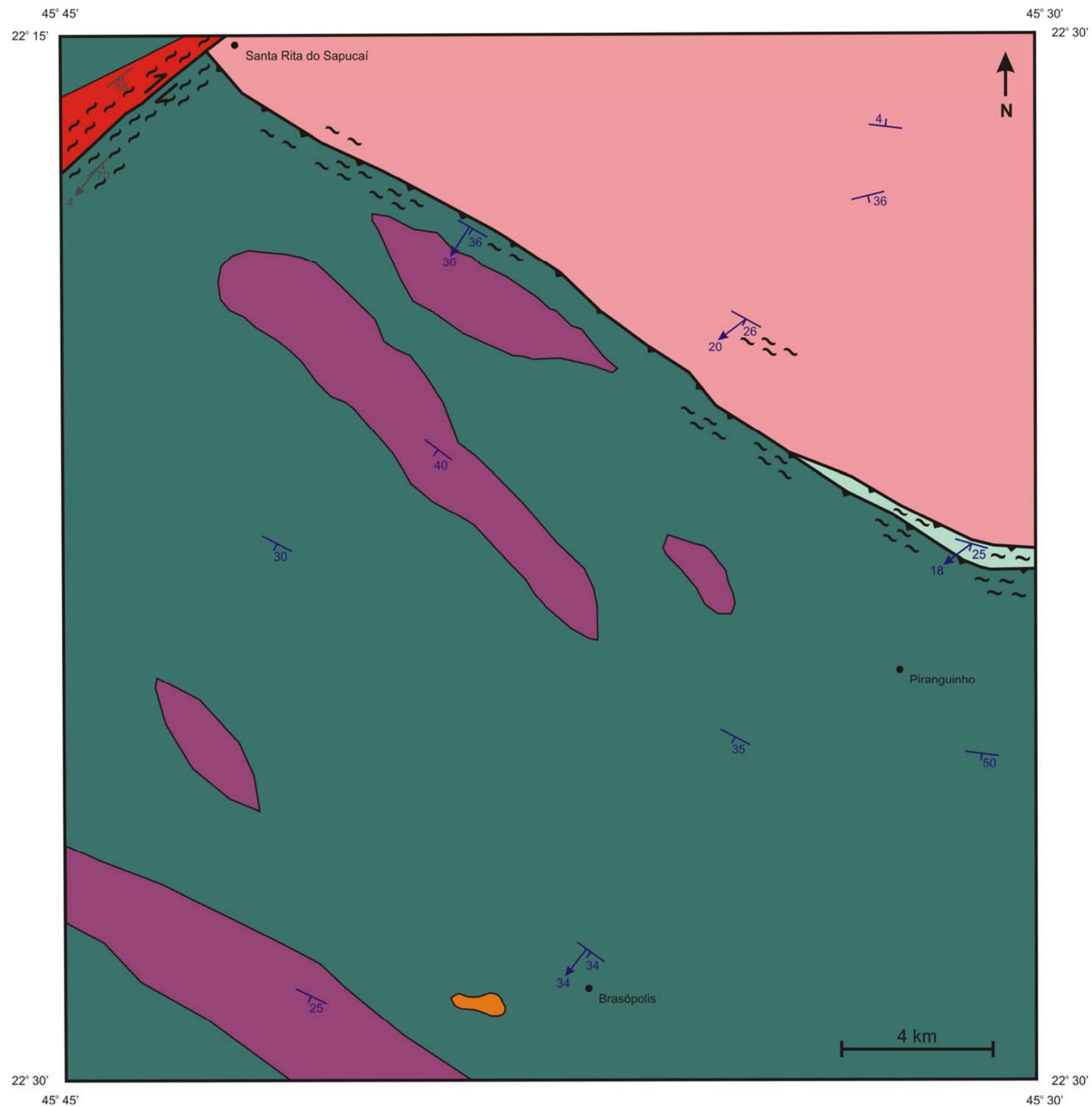
A primeira fase (D_1) ocorre localmente nos ortognaisses do Embasamento.

A segunda fase (D_2), de caráter dúctil-rúptil, obliterou fortemente a primeira e estruturou um sistema de *nappes* com transporte tectônico aparente para NE a partir de compressão NE-SW na área de estudos. Durante D_2 , foram encaixados corpos granitóides sin a tardi-tectônicos.

A terceira fase (D_3) foi responsável pelo giro sinistral de estruturas D_2 em escala de mapa e pela formação de zonas de cisalhamento sinistrais em escala de afloramento, por transpressão sinistral a partir de compressão NW-SE. Durante D_3 , foi encaixado o Granito Santa Rita do Sapucaí.

A quarta fase (D_4) formou zonas de cisalhamento transcorrentes destrais NE-SW na escala de afloramento e mapa, a partir de compressão E-W.

A disposição geral das estruturas estudadas e dos corpos intrusivos associados estão representados na figura 4a.



4.1 – Fase de Deformação D_1

Foram observadas localmente estruturas anteriores à deformação principal (D_2). Trata-se de clivagens crenuladas em domínios micáceos das rochas ricas em Bt do Embasamento.

Pode-se observar que esta clivagem é progressivamente transposta pela foliação principal S_2 (Foto 4.1a). Provavelmente, outras estruturas D_1 também foram rotacionadas ou transpostas por D_2 .



Fotografia 4.1a: foliação S_1 crenulada por S_2 em detalhe de afloramento de ortognaisse do Embasamento (ponto FSR104)

4.2 – Fase de Deformação D₂

Trata-se da fase de deformação principal à qual foram submetidas as rochas do Embasamento, da Megasseqüência Andrelândia e do Complexo Socorro. De caráter dúctil-rúptil, obliterou fortemente a primeira fase (D₁).

Gerou uma xistosidade paralela a anastomosada (S₂), lineação mineral e de estiramento *down dip* (L₂), dobras fechadas a isoclinais e localmente milonitos associados a zonas de cisalhamento de baixo ângulo.

A ocorrência desses milonitos, bem como de contatos em cunha no mapa geológico (Anexo II) entre unidades de diferentes graus metamórficos (ver capítulo 5) denota a presença de um sistema de *nappes* cujo transporte tectônico aparente na área de estudos é para NE, a partir de compressão NE-SW (Fig. 4a).

Sobre a *Nappe* Lambari (Embasamento alóctone) ocorrem empilhadas tectonicamente a *Nappe* Varginha (correspondendo às rochas da Megasseqüência Andrelândia) e a *Nappe* Socorro-Guaxupé (equivalendo às rochas do Complexo Socorro), de acordo com a correlação regional (Trouw *et al.*, 2006).

Em evento tardi-tectônico em relação a D₂ ocorre a colocação do granito Serra da Mangueira, derivado a partir de fusão parcial dos xistos a paragneisses da Unidade Brasópolis, tardiamente em relação a M₁ (ver capítulo 5).

4.2.1 – Estruturas D₂

Foliação Principal (S₂)

Varia, de acordo com o litotipo, entre uma xistosidade zonal a espaçada, paralela a anastomosada, e um bandamento gnáissico. É definida pela orientação preferencial de cristais de Hbl e/ou Bt e subordinadamente Opx, Cpx, Sil, opacos, *augens* de Pl e Kfs e por fitas de Qtz estirado ao longo de superfícies de caimento médio 210°/34° (Fotos 4.2a, b). Em geral a foliação S₂ é paralela ao bandamento composicional das rochas. No Embasamento, foi possível observar uma foliação anterior (S₁) sendo crenulada por S₂. Em zonas de cisalhamento D₂ esta foliação evolui para um milonito que se desenvolve em faixas anastomosadas de espessura até quilométrica. No estereograma (Fig. 4.2a) é possível observar a constância das medidas plotadas. Ocorre um leve arqueamento interpretado como interferência da fase D₃.

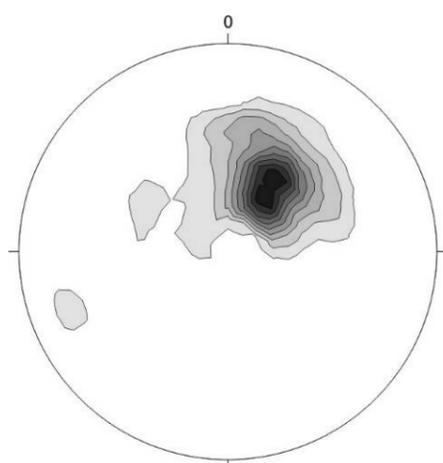


Figura 4.2a: Estereograma das atitudes das foliações S₂, projeção polar, para 129 medidas. Os tons mais escuros indicam maior densidade de pontos (densidade máxima = 26%, atitude 030/66)

Milonitos

Ocorrem em rochas do Embasamento, da *Nappe* Varginha e da base da *Nappe* Socorro-Guaxupé. Foram desenvolvidos nas zonas de cisalhamento D₂ em condições de pressão e temperatura de fácies anfíbolito alto a granulito (ver capítulo 5), o que conferiu caráter dúctil à deformação. Apresentam faixas anastomosadas de espessura milimétrica a quilométrica, com granulometria fina a muito fina e porfiroclastos de Pl e Kfs (por vezes manteados), Opx, Cpx, Hbl e Grt (Fotos 4.2c, d). Os Qtz, Kfs e Pl freqüentemente ocorrem fitados, por vezes recristalizados,

gerando cristais com contatos poligonais (Foto 4.2e). Estruturas tipo *foliation fish* e planos S/C também ocorrem (Foto 4.2f).

Lineação de Estiramento e/ou Mineral (L_2)

Ocorre nas superfícies S_2 , com atitude média *down dip* de $213^\circ/36^\circ$, desenvolvida de acordo com um esforço direcional NE-SW. É de difícil visualização nos ortognaisses, sendo mais evidente onde ocorrem bandas miloníticas e/ou nos xistos a paragnaisses. Trata-se de grãos estirados, principalmente de Qtz e/ou de trilhas de minerais (Hbl, Bt, Sil), orientados segundo o eixo de alongamento. No estereograma (Fig. 4.2b), é possível observar um certo espalhamento arqueado das medidas L_2 . Este fato é interpretado como um giro anti-horário das lineações pela superposição tectônica de D_3 .

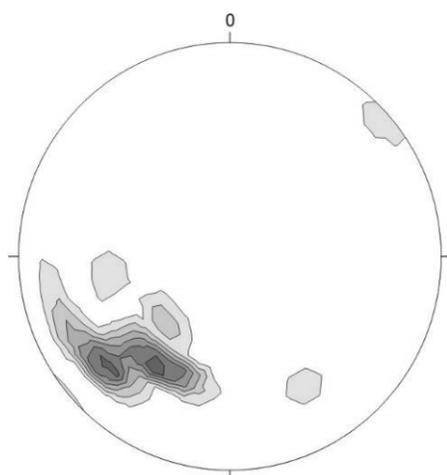


Figura 4.2b: Estereograma das atitudes das foliações L_2 , projeção polar, para 21 medidas. Os tons mais escuros indicam maior densidade de pontos (densidade máxima = 20%, atitude $213/36$)

Dobras

Observou-se em campo dobras abertas a isoclinais não-coaxiais na escala de afloramento com flancos assimétricos e vergência para NE, atribuídas a D_2 . Os planos axiais são subparalelos a S_2 e os eixos oblíquos a ortogonais a L_2 (Fig. 4.2c). Essas estruturas são mais freqüentes nas rochas do embasamento. Em lâmina, processos de recristalização tardia impedem o reconhecimento de dobras, ocorrendo raros arcos poligonais.

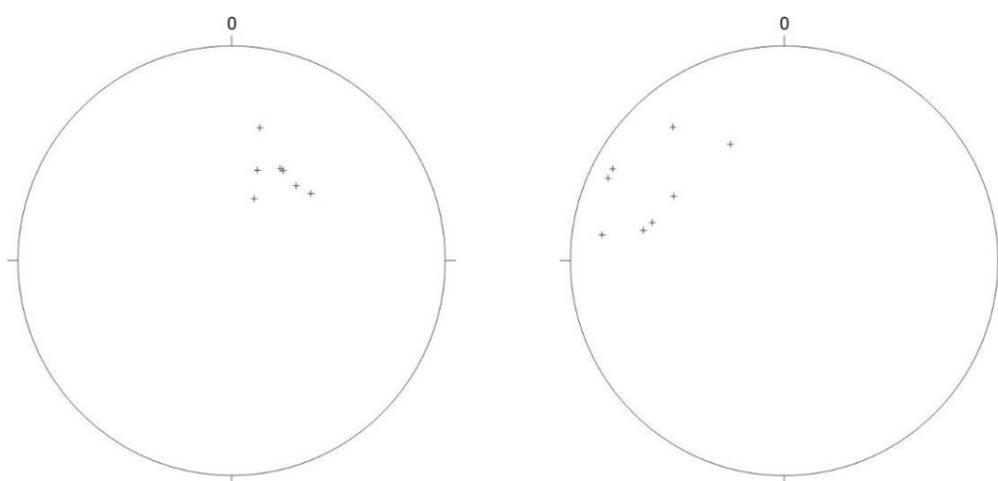


Figura 4.2c: Estereogramas das atitudes dos pólos de planos axiais de dobras D_2 (esquerda), e eixos (direita) projeção, para oito medidas.

Indicadores cinemáticos D_2

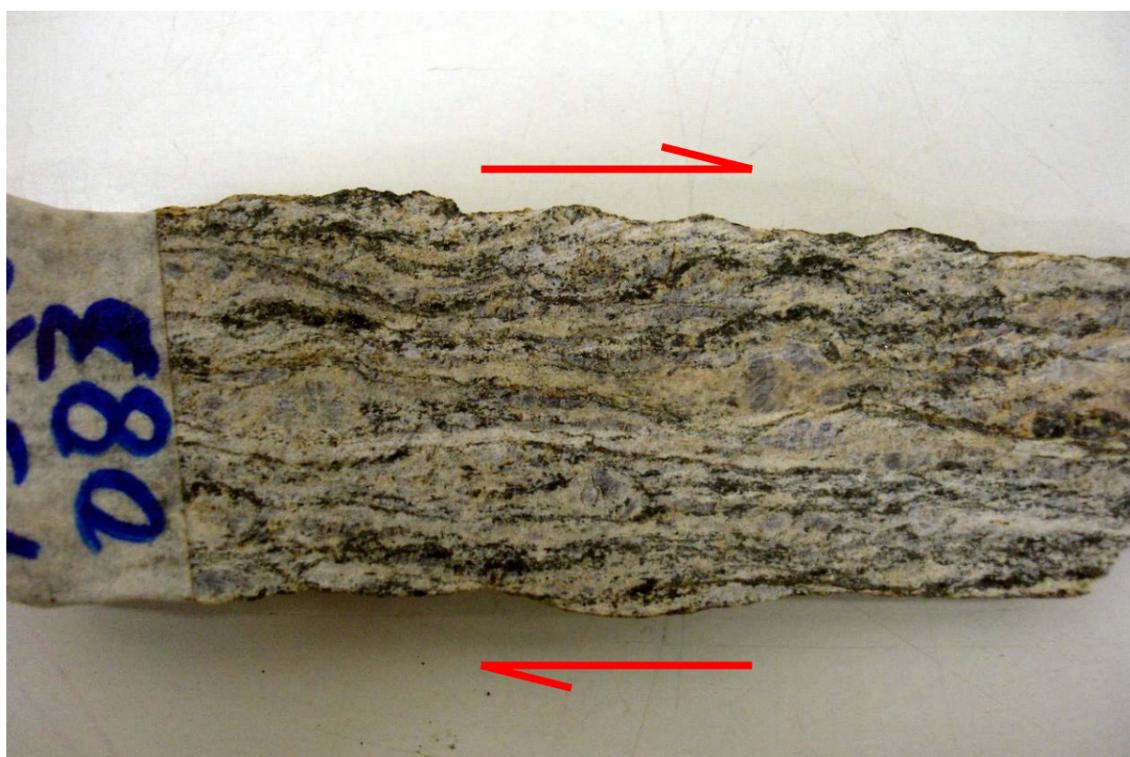
Foram reconhecidos como indicadores cinemáticos D_2 planos S/C e C', aglomerados micáceos tipo *foliation fish*, porfiroclastos manteados de Pl e Kfs e cristais com sombras de pressão assimétricas (Fotos 4.2f, g). Ocorrem principalmente nos milonitos desenvolvidos em zonas de cisalhamento D_2 . Indicam transporte tectônico *up dip* para NE na área de estudos.



Fotografia 4.2a: foliação S_2 em paragneisse migmatítico da Unidade Brasópolis (ponto FSR121)



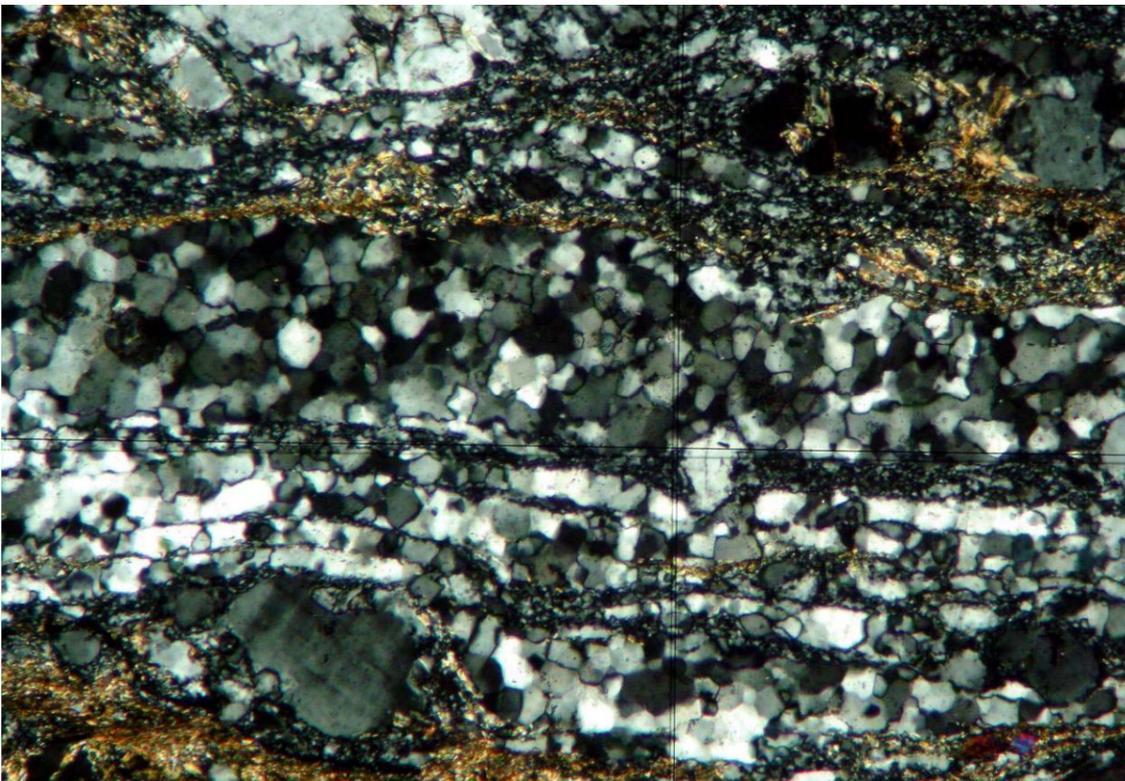
Fotomicrografia 4.2b: foliação S_2 em lâmina de metabasito com estratificação composicional (Hbl e Cpx) (visada de 1,25x, lâmina FSR122a)



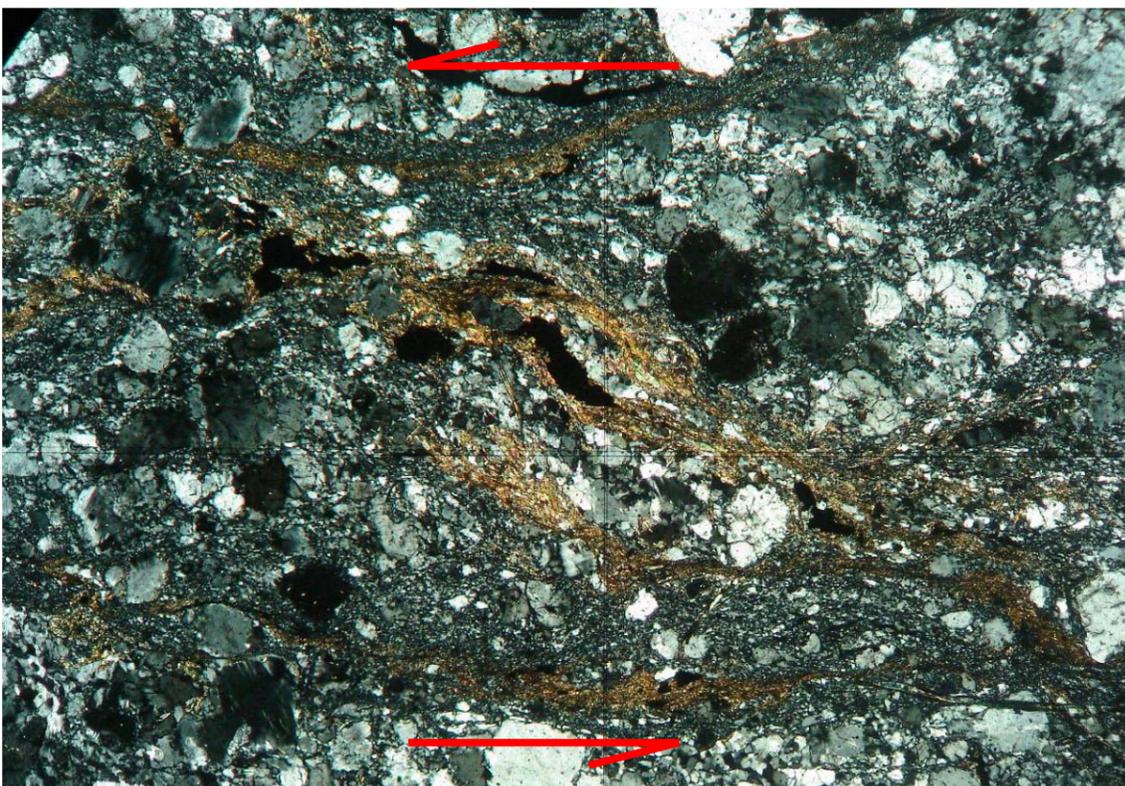
Fotografia 4.2c: foliação milonítica D_2 vista em amostra de mão de ortogneisse da Unidade Piranguinho. Planos S/C e indicadores cinemáticos tipo sigma (porfiroclastos manteasos de Pl) indicam movimento *up dip* em relação à lineação L_2 (ponto FSR083)



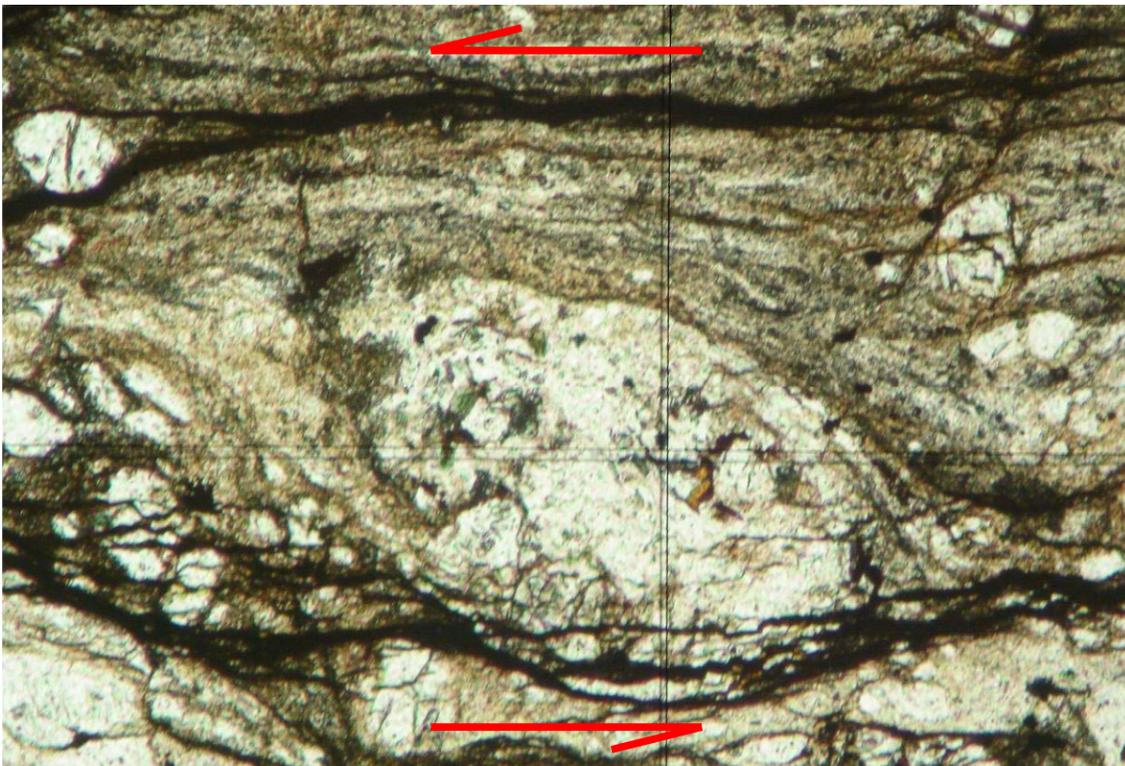
Fotomicrografia 4.2d: banda ultramilonítica D_2 em rocha da unidade Candelária, com porfiroclastos de Kfs e fitas de Qtz (visada de 2,5x, lâmina FSR117)



Fotomicrografia 4.2e: Qtz poligonalizado em milonito D_2 (visada de 10x, lâmina FSR117)



Fotomicrografia 4.2f: planos S/C em milonito D_2 indicam movimento *up dip* em relação à lineação L_2 (visada de 2,5x, lâmina FSR117)



Fotomicrografia 4.2g: indicador cinemático D_2 tipo sigma, indicando movimento *up dip* em relação à lineação L_2 (visada de 4x, lâmina FSR117)

4.3 – Fase de Deformação D₃

A terceira fase de deformação afeta todas as unidades de mapeamento apresentadas. A foliação S₂ girou em escala de mapa (Anexo II) e foi localmente obliterada por estruturas D₃, em regime dúctil-rúptil.

Gerou megadobras em escala regional da foliação S₂, fraturas oblíquas a S₂ com crescimentos minerais, zonas de cisalhamento transcorrentes sinistrais em escala de afloramento com dobras assimétricas associadas e lineação de estiramento de baixo ângulo (L₃). Também é observado regionalmente um giro anti-horário relativo entre as medidas de caimento da foliação S₂ na área de estudos e nas áreas próximas. Nas estruturas D₃, ocorrem encaixados corpos leucossomáticos M₂ (ver capítulo 5). O maior deles, o Granito Santa Rita do Sapucaí, está encaixado em uma estrutura D₄, que provavelmente reativou e obliterou uma estrutura D₃. Essa afirmação é feita com dúvida e necessita de estudo específico para ser esclarecida.

Estas estruturas são coerentes com um modelo de deformação transpressiva sinistral a partir de compressão NW-SE (Fig. 4.3a).

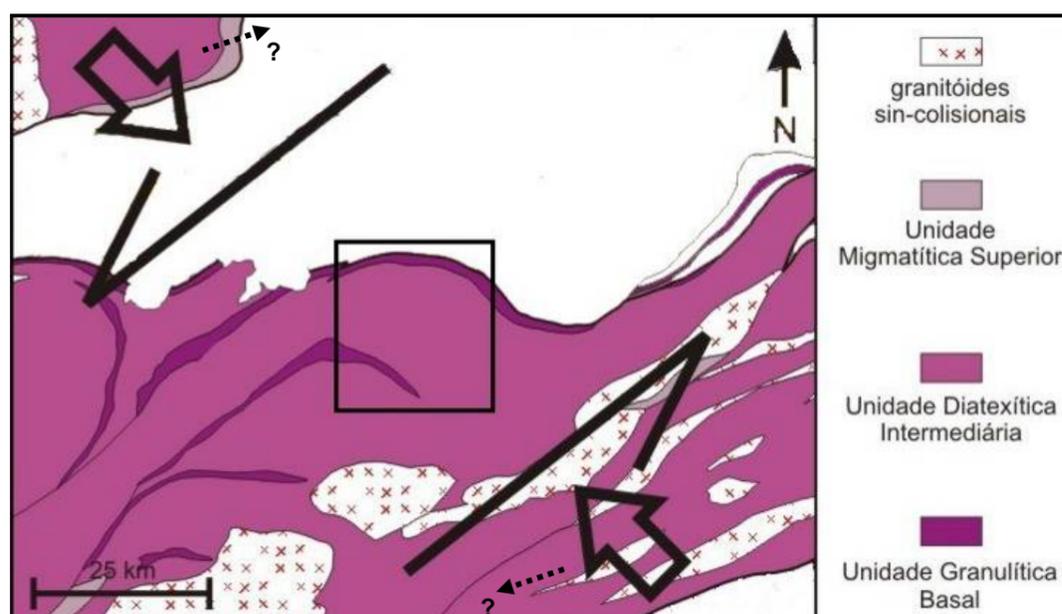


Figura 4.3a: mapa geológico simplificado da *Nappe Socorro-Guaxupé* na região de mapeamento. A fase D₃ foi responsável por uma transpressão sinistral a partir de compressão NE-SW. O retângulo preto representa a posição aproximada da área de mapeamento (alterado de Campos Neto, 2000)

4.3.1 – Estruturas D₃

Dobras

Em escala de mapa (Anexo II), a foliação S₂ se apresenta a E da área de estudos com caimento para SE, cortada pela Zona de Cisalhamento Caxambu (D₄), de direção NW-SE (Trouw *et al.*, 2006). Na borda E da área de estudos, ocorre uma inflexão de S₂, que passa a mergulhar suave a íngreme para SW. No Embasamento, extremo NE da área, a foliação S₂ é subhorizontal. No extremo NW, ocorre a Zona de Cisalhamento Santa Rita do Sapucaí, que oblitera S₂, também na direção NE-SW. De acordo com os mapas regionais de Campos Neto, 2004, a W da área a foliação novamente passa a mergulhar para SE.

Essa configuração sugere em mapa um padrão de megadobras D₃ inflexionando S₂, por vezes mostrando nos flancos zonas de cisalhamentos transcorrentes destrais instaladas (D₄).

Zonas de Cisalhamento

No ponto FSR077 (Anexo I) foi observada uma zona de cisalhamento transcorrente sinistral de espessura milimétrica, com dobras associadas, cortando no sentido NE-SW a foliação S₂. Essa estrutura foi associada a D₃.



Fotografia 4.3a: zona de cisalhamento transcorrente sinistral D₃ com dobras associadas cortando ortognaisse migmatítico do Embasamento (ponto FSR077)

4.4 – Fase de Deformação D₄

Afeta localmente as rochas do Embasamento, da Unidade Piranguinho e o Granito Santa Rita do Sapucaí, obliterando parcialmente D₂ e provavelmente D₃, em um regime dúctil-rúptil.

Gerou zonas de cisalhamento transcorrentes destrais de escala centimétrica a quilométrica com dobras assimétricas associadas, proto a ultramilonitos e lineação mineral e/ou de estiramento de baixo ângulo.

A estrutura essencial associada a D₄ é a Zona de Cisalhamento Santa Rita do Sapucaí (ZCSR), com movimentação transcorrente dextral, no extremo NW da área (Anexo II). Possui orientação NE-SW na área de mapeamento e deflete para ENE-WSW para N, onde se propaga nas rochas do Embasamento (Hugo Polo, informação verbal). Nela ocorre uma faixa de espessura quilométrica de milonitos anastomosados. Neste trabalho não foi possível estimar um deslocamento horizontal médio para este cisalhamento.

A ocorrência de um corpo granítico encaixado na ZCSR indica que a sua evolução inicial está associada a D₃, quando ocorreu o pico metamórfico M₂ (ver capítulo 5), possivelmente envolvendo outra cinemática.

Com mesma orientação, ocorrem zonas de cisalhamento transcorrentes destrais de espessura centimétrica com dobras de arrasto associadas, interpretadas como pertencentes a D₄, nos entornos da ZCSR.

4.4.1 – Estruturas D_4

Foliação Milonítica (S_4)

Ocorre como faixas anastomosadas de espessura centimétrica a quilométrica na ZCSR (Foto 4.4a) e como faixas de espessura centimétrica associadas a dobras de arrasto, com atitude íngreme a subvertical na direção NE-SW (Fig. 4.4a). É definida por bandas de granulometria fina a muito fina com porfiroclastos manteados de Kfs e Pl e fitas de Qtz e Kfs recristalizados e orientação mineral em faixas de aglomerados micáceos muito finos (Foto 4.4b).

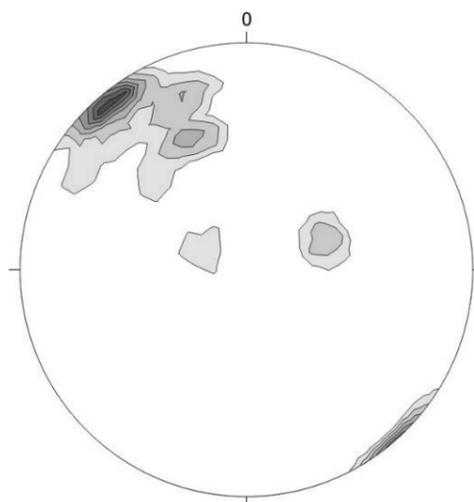


Figura 4.4a: Estereograma das atitudes das foliações S_4 , projeção polar, para 21 medidas. Os tons mais escuros indicam maior densidade de pontos (densidade máxima = 23%, atitude 321/06)

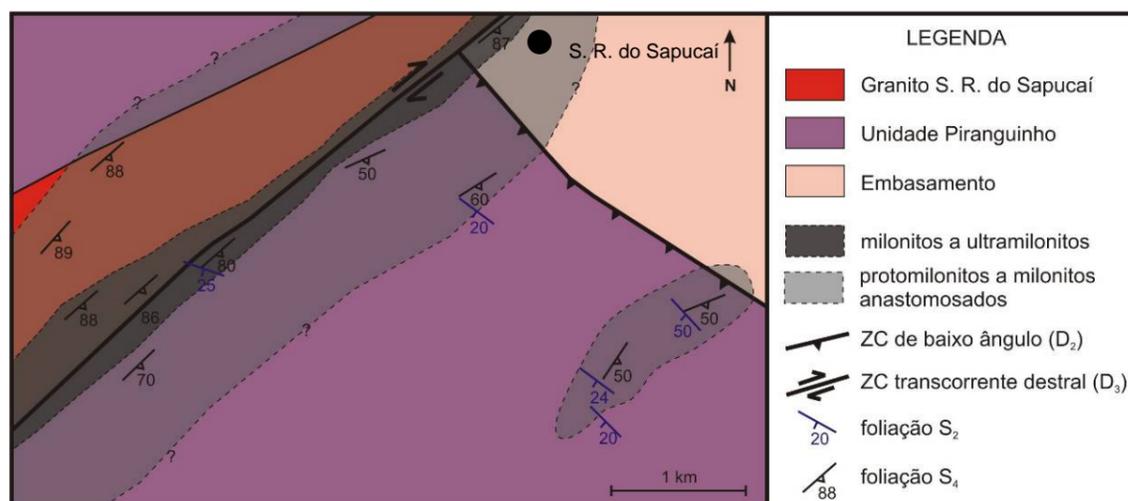


Figura 4.4b: Mapa simplificado da Zona de Cisalhamento Santa Rita do Sapucaí na área de estudos, indicando as ocorrências de protomilonitos a milonitos anastomosados e milonitos a ultramilonitos

Lineação de Estiramento (L_4)

Nas superfícies miloníticas S_4 é possível observar uma lineação de estiramento com caimento suave para SW (Fig. 4.4c). Trata-se de grãos estirados de Qtz orientados segundo um esforço direcional NE-SW.

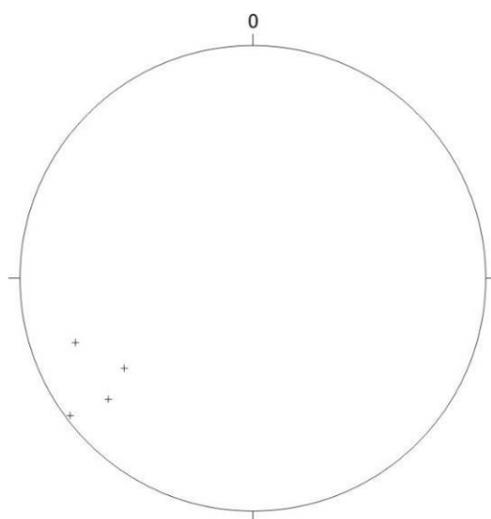


Figura 4.4c: Estereograma das atitudes das lineações L_4 , para quatro medidas

Dobras

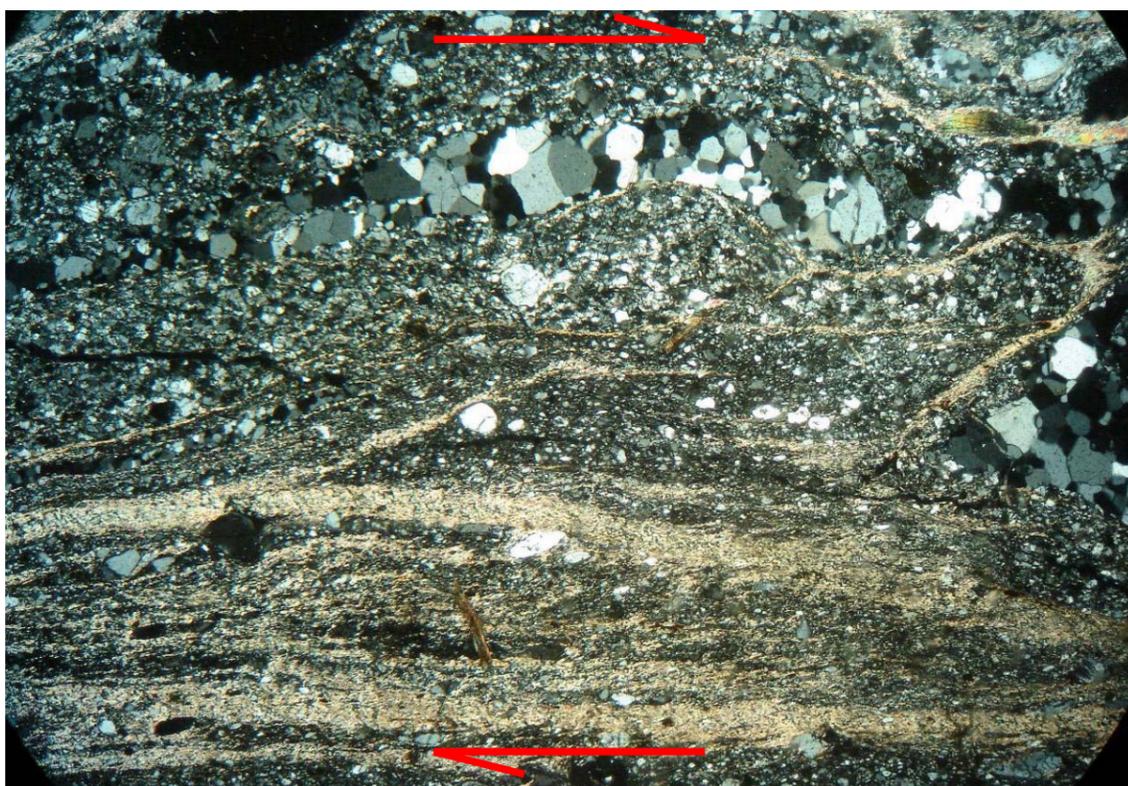
Trata-se, em escala de afloramento, de dobras de arrasto com planos axiais subparalelos a S_4 e eixos ortogonais a L_4 , que ocorrem associadas às bordas de cisalhamentos D_4 .

Indicadores cinemáticos D_4

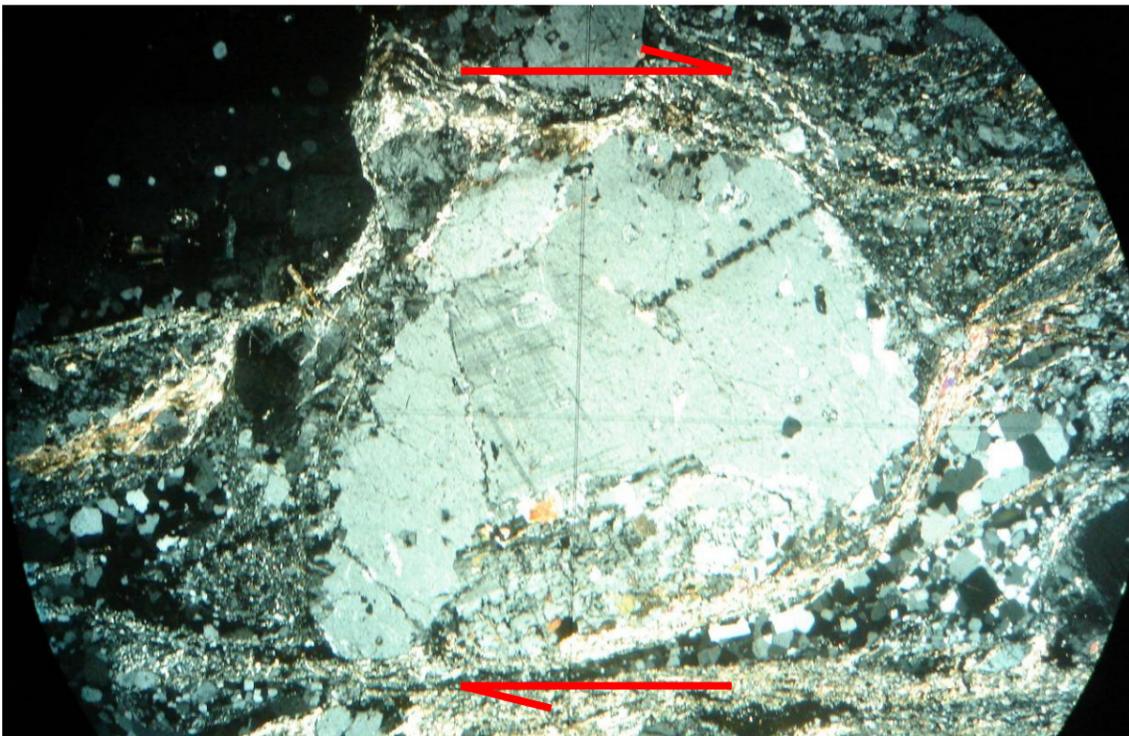
Como em D_2 , foram reconhecidos como indicadores cinemáticos D_4 planos S/C e C' (Foto 4.4c), aglomerados micáceos tipo *foliation fish*, porfiroclastos manteados de Pl e Kfs e cristais com sombras de pressão assimétricas. Foram observados nos milonitos desenvolvidos na ZCSR. Indicam transporte tectônico transcorrente dextral ao longo da direção NE-SW.



Fotografia 4.4a: foliação milonítica S_4 em afloramento do Granito Santa Rita do Sapucaí (ponto FSR141)



Fotomicrografia 4.4b: foliação milonítica S_4 em lâmina do Granito Santa Rita do Sapucaí, com indicadores cinemáticos destrais (planos S/C) (visada de 2,5x, lâmina FSR138b)



Fotomicrografia 4.4c: indicador cinemático D_4 tipo sigma (porfiroclasto manteado de Kfs), indicando movimento destal, em milonito no Granito Santa Rita do Sapucaí (visada de 2,5x, lâmina FSR138b)

4.5 – Contextualização Regional

De acordo com a interpretação regional proposta por Trouw *et al.*, 2000a, as fases de deformação apresentadas nesse trabalho D_1 e D_2 equivalem às fases de deformação DB_1 e DB_2 , respectivamente, associadas à evolução do Orógeno Brasília. Segundo os autores, as duas fases são progressivas e representam transporte tectônico para E a ENE a partir de compressão E-W.

As fases D_3 e D_4 equivalem aos processos orogênicos associados à Faixa Ribeira. D_3 equivale a DR_{1+2} , interpretado como uma compressão NW-SE; D_4 equivale a DR_3 , interpretado como uma compressão E-W.

Nesse trabalho, o transporte tectônico aparente para NE de D_2 provavelmente representa rotação anti-horária durante D_3 .

5 – METAMORFISMO

Foram reconhecidos dois eventos metamórficos superpostos nas rochas da área de estudos, M_1 e M_2 , frutos de dois eventos metamórficos regionais. Ocorre ainda um retrometamorfismo generalizado afetando todas as rochas estudadas.

A caracterização dos eventos M_1 e M_2 foi feita a partir do estudo da paragênese metamórfica dos litotipos em lâmina. Complementarmente, em três rochas da Unidade Brasópolis foi efetuada a caracterização do metamorfismo através de geotermobarometria.

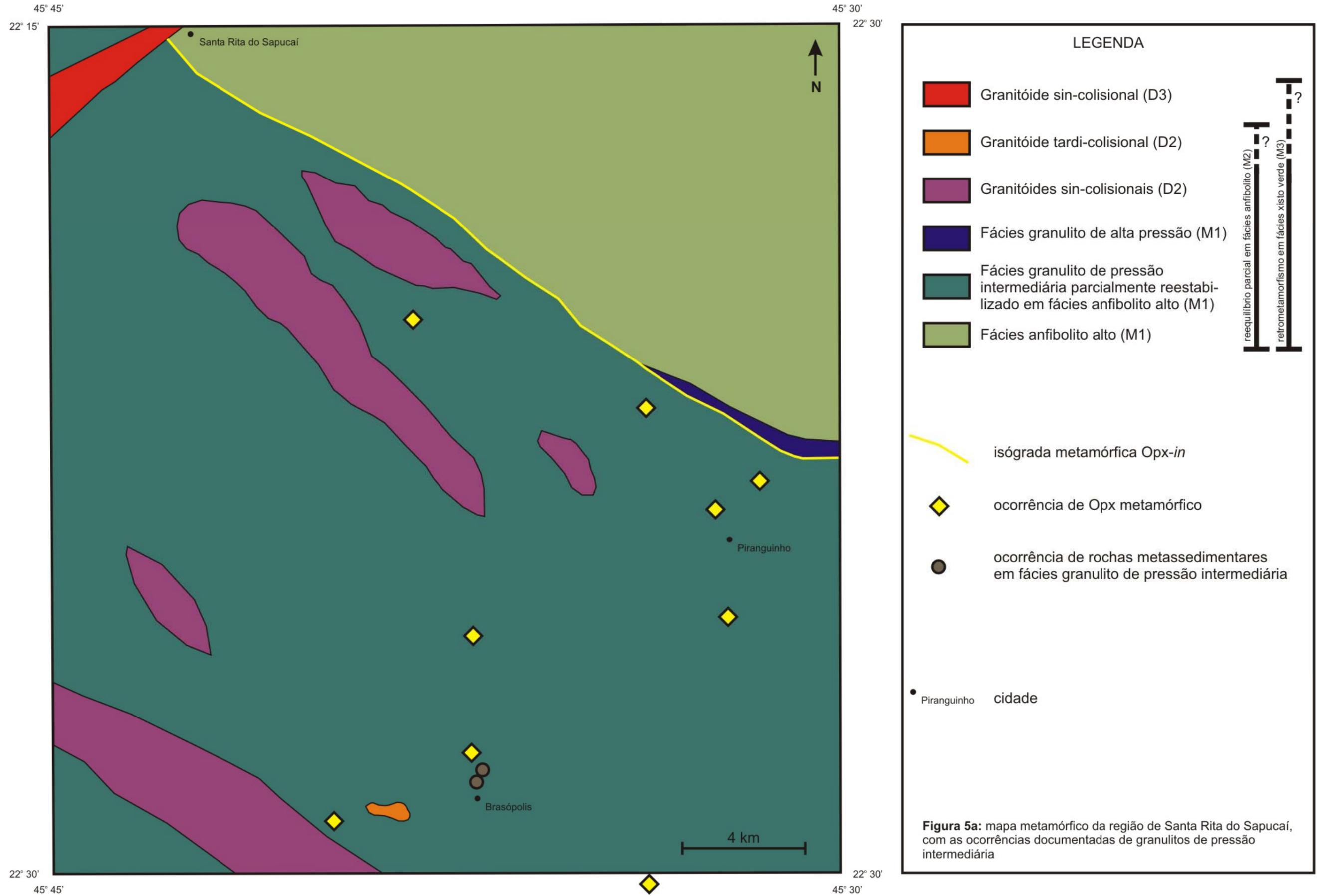
O metamorfismo M_1 é compartimentado de acordo com as unidades tectono-estratigráficas mapeadas. No Embasamento, ocorre em fácies anfibolito alto. Na Megassequência Andrelândia em fácies granulito de alta pressão, de acordo com correlação regional (Trouw *et al.*, 2006). E no Complexo Socorro, ocorrem em fácies granulito de pressão intermediária a anfibolito alto.

O metamorfismo M_2 ocorre superposto em todas as rochas estudadas, à exceção dos granitos Serra da Mangueira e Santa Rita do Sapucaí, e foi caracterizado como de fácies anfibolito alto com importante fase de anatexia associada.

Um retrometamorfismo generalizado é evidenciado pela superposição de uma assembléia de minerais hidratados de fácies xisto verde nas rochas estudadas.

Não foram reconhecidas assembléias metamórficas nos granitos Serra da Mangueira (sin- M_1) e Santa Rita do Sapucaí (sin- M_2). Esse fato é atribuído a uma limitação composicional dessas rochas.

A figura 5a é o mapa metamórfico da região de Santa Rita do Sapucaí, com destaque para as ocorrências de rochas granulíticas de pressão intermediária.



5.1 – Evento Metamórfico M₁

Trata-se das assembléias metamórficas principais reconhecidas amplamente nas rochas estudadas. Ocorrem como petrotramas estáveis de intercrescimentos minerais ou como petrotramas desestabilizadas parcialmente por crescimentos minerais dos metamorfismos superpostos. O metamorfismo M₁ é compartimentado de acordo com as unidades tectono-estratigráficas apresentadas neste trabalho (Anexo II).

Nas rochas do Embasamento, ocorre uma assembléia metamórfica contendo Bt+Hbl+Pl±Grt+Qtz com anatexia associada (Foto 5.1a), caracterizando fácies anfibolito alto (Fig. 5.1a). Porém é possível observar nos ortognaisses textura migmatítica anterior a M₁, associada a um processo metamórfico anterior ao Neoproterozóico (Foto 5.1b).

Nas rochas da Megasseqüência Andrelândia aflorantes na área de estudos não foi possível caracterizar uma assembléia de uma fácies metamórfica específica, ocorrendo nos paragnaisses Bt+Grt+Kfs+Pl+Qtz (Foto 5.1c), sem a presença de Ms estável nessa petrotrama metamórfica. Porém, por correlação regional (Trouw *et al.*, 2006) foi considerada como de fácies granulito de alta pressão (Fig. 5.1b).

Nas rochas do Complexo Socorro, à exceção da Unidade Candelária e do Granito Serra da Mangueira, o pico metamórfico é representado pelas assembléias minerais Opx+Cpx+Hbl+Pl±Grt±Kfs+Qtz nos litotipos ortoderivados (Foto 5.1d) e por Sil+Grt+Kfs+Bt+Pl±Spl+Qtz nos xistos a paragnaisses (Foto 5.1e). Representa condições de estabilidade metamórfica em fácies granulito de pressão intermediária (Fig. 5.1c). Resultados de geotermobarometria apresentados neste trabalho (Item 5.1.1) indicam para o pico metamórfico T média de 900°C e P média de 8.8 kbar. Os litotipos granulíticos ocorrem intercalados em toda a pilha de rochas das unidades Piranguinho e Brasópolis, indicando que todas as rochas passaram por condições semelhantes de P e T, mesmo as que não apresentam as assembléias minerais indicativas.

A maior parte dos ortognaisses e os paragnaisses arcoseanos do Complexo Socorro não apresentam essa assembléia completa. Nos paragnaisses, cuja assembléia metamórfica é Pl+Hbl+Bt+Kfs±Opx±Grt±Spl+Qtz (Foto 5.1f), este fato é atribuído principalmente a uma questão composicional. Já nos ortognaisses e

metabasitos, cuja assembléia metamórfica é $Hbl+Bt+Pl\pm Cpx\pm Grt\pm Kfs+Qtz$ (Foto 5.1g), acredita-se que ainda durante M_1 as rochas tenham passado por um período tardio relativamente estável em fácies anfibolito alto (Fig. 5.1c), evidenciado pela substituição parcial de Cpx e Opx por bordas de Hbl e Bt ricas em titânio, admitindo a presença de uma quantidade mínima de água no sistema, provavelmente derivada da própria fusão parcial *in situ* gerada pelas condições metamórficas. Os litotipos que preservaram as condições de pico metamórfico, na maioria metabasitos, seriam os mais refratários da pilha de rochas.

Ainda durante M_1 , ocorreu um processo de exolução de Ttn a partir de Ilm, processo associado a metamorfismo de alto grau (Foto 5.1h).

As rochas da Unidade Candelária apresentam $Hbl+Bt+Pl+Kfs$ (estruturas manteadas tipo *augen*) recristalizados sob condições de alto grau e provavelmente foram encaixadas durante o estágio de fácies anfibolito alto de M_1 .

A ocorrência de migmatitos associados a M_1 é generalizada, em especial na Unidade Brasópolis. Estes possuem texturas estromática a nebulítica, com leitossomáticos estirados, subparalelos à foliação S_2 e/ou oblíquos, por vezes evidenciando uma foliação tectônica incipiente e localizada.

Em lâmina, é possível observar a petrotrama M_1 crescendo orientada de acordo com S_2 , sendo os minerais metamórficos dessa fase os principais formadores destas superfícies. Em cristais de Grt desenvolvidos durante M_1 nos xistos a paragneisses da Unidade Brasópolis foi reconhecido um padrão de inclusões que indica crescimento mineral cedo a sin- D_2 (Foto 5.1n). Nos milonitos sin- D_2 , é possível observar minerais M_1 como porfiroclastos e nas faixas recristalizadas da matriz fina. Ademais, nos granulitos ortoderivados é comum a presença do Opx (enstatita) convertido na sua forma monoclinica (clinoenstatita), fato atribuído às tensões sofridas após a cristalização do mineral. Esses indícios permitem a interpretação de que M_1 é cedo a sin-tectônico em relação a D_2 .

A isógrada metamórfica *Opx-in* segue o contato basal da *Nappe* Socorro-Guaxupé, o que sugere que o pico metamórfico de M_1 foi anterior à colocação final das *nappes* D_2 (Fig. 5a, Anexo II).

O Granito Serra da Mangueira tem sua gênese relacionada a fusão parcial durante M_1 , sugerindo que o processo térmico de anatexia perdurou até o período tardi-tectônico em relação a D_2 . Este evento termal provavelmente foi responsável

pela recristalização das estruturas D_2 em lâmina, mascarando-as. Porém essa interpretação é feita com dúvida, visto que M_2 também alcançou condições de P e T de fácies anfibolito alto e a recristalização atribuída a essa fase é generalizada.

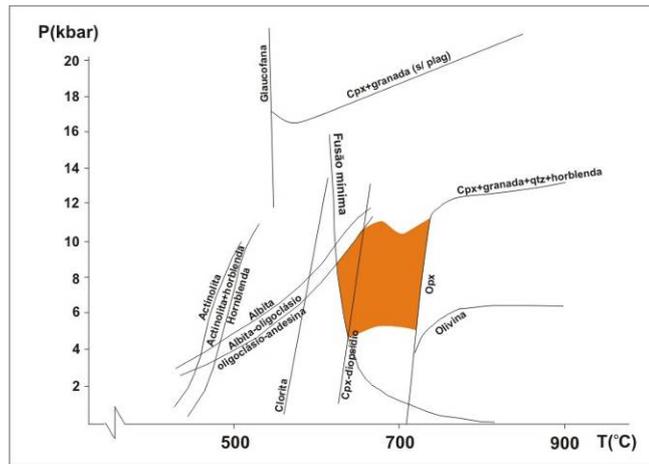


Figura 5.1a: diagrama P-T M_1 das rochas do Embasamento. O possível campo de estabilidade dos minerais metamórficos está em destaque (adaptado de Yardley, 1994).

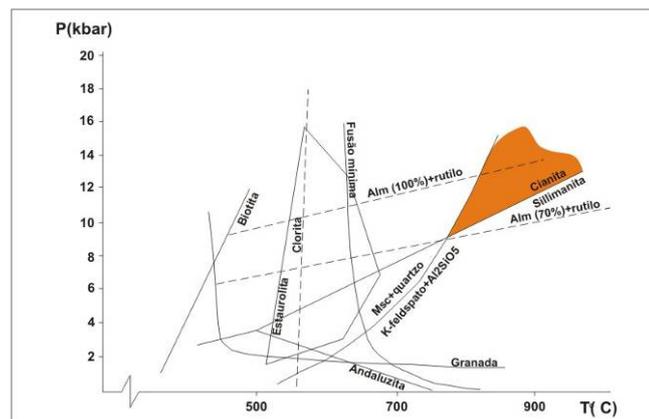


Figura 5.1b: diagrama P-T M_1 das rochas da Unidade Arantina, de acordo com a correlação regional, com o campo de estabilidade dos minerais metamórficos em destaque (adaptado de Yardley, 1994).

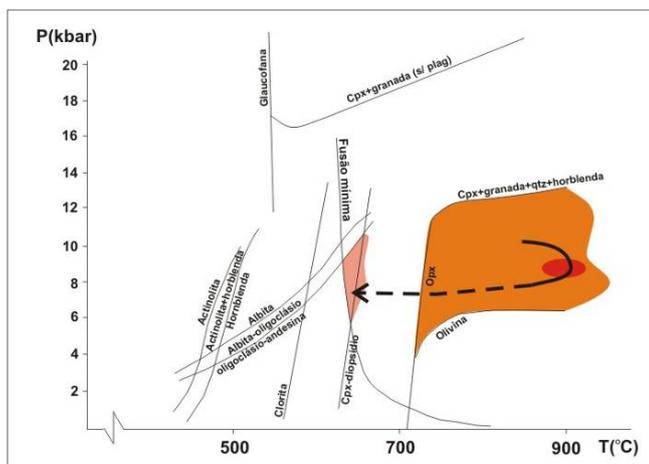


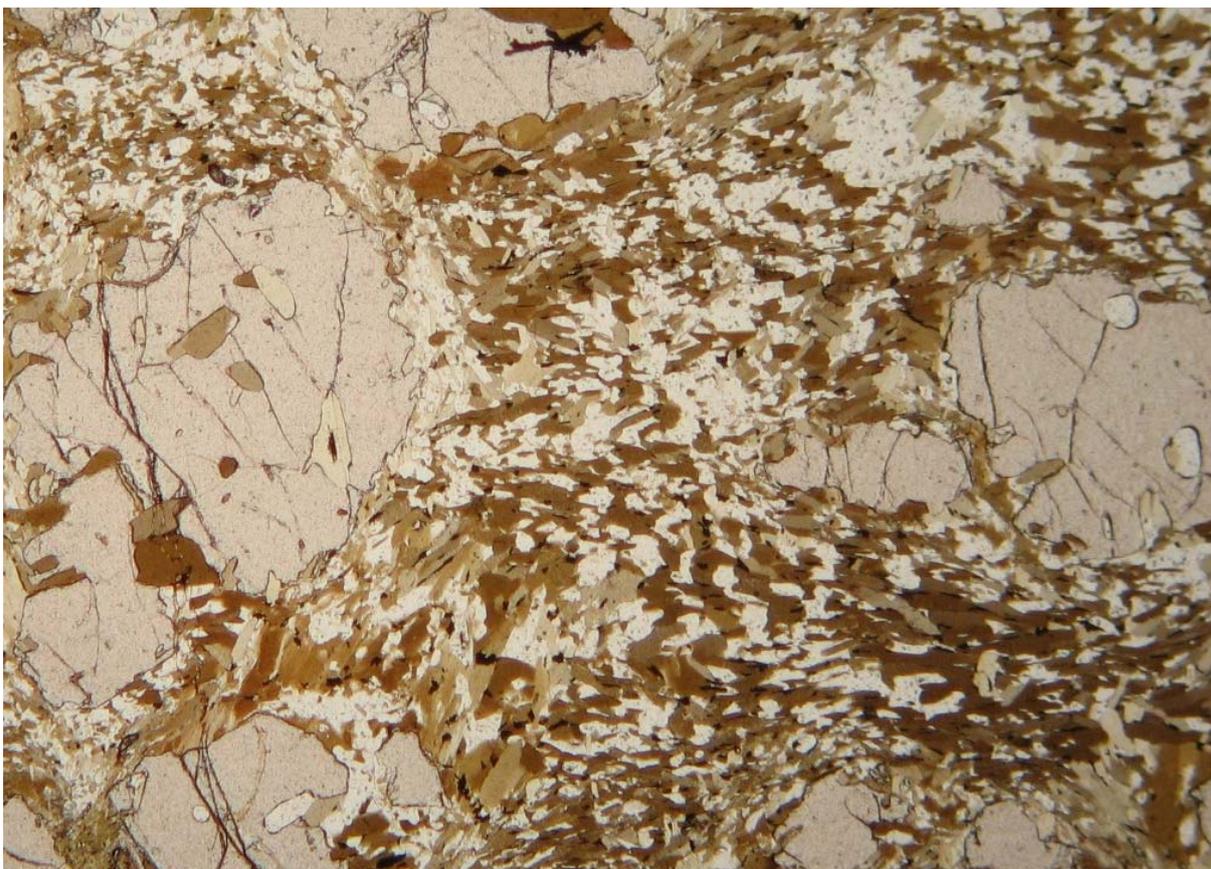
Figura 5.1c: diagrama P-T das rochas das unidades Piranguinho e Brasópolis e provável trajetória metamórfica. A área laranja representa o campo de estabilidade da assembléia metamórfica durante o pico M_1 . A elipse vermelha indica os resultados de P e T obtidos a partir de geotermobarometria para o pico M_1 . A área rosa representa o campo de estabilidade tardia parcial em fácies anfibolito alto (adaptado de Yardley, 1994).



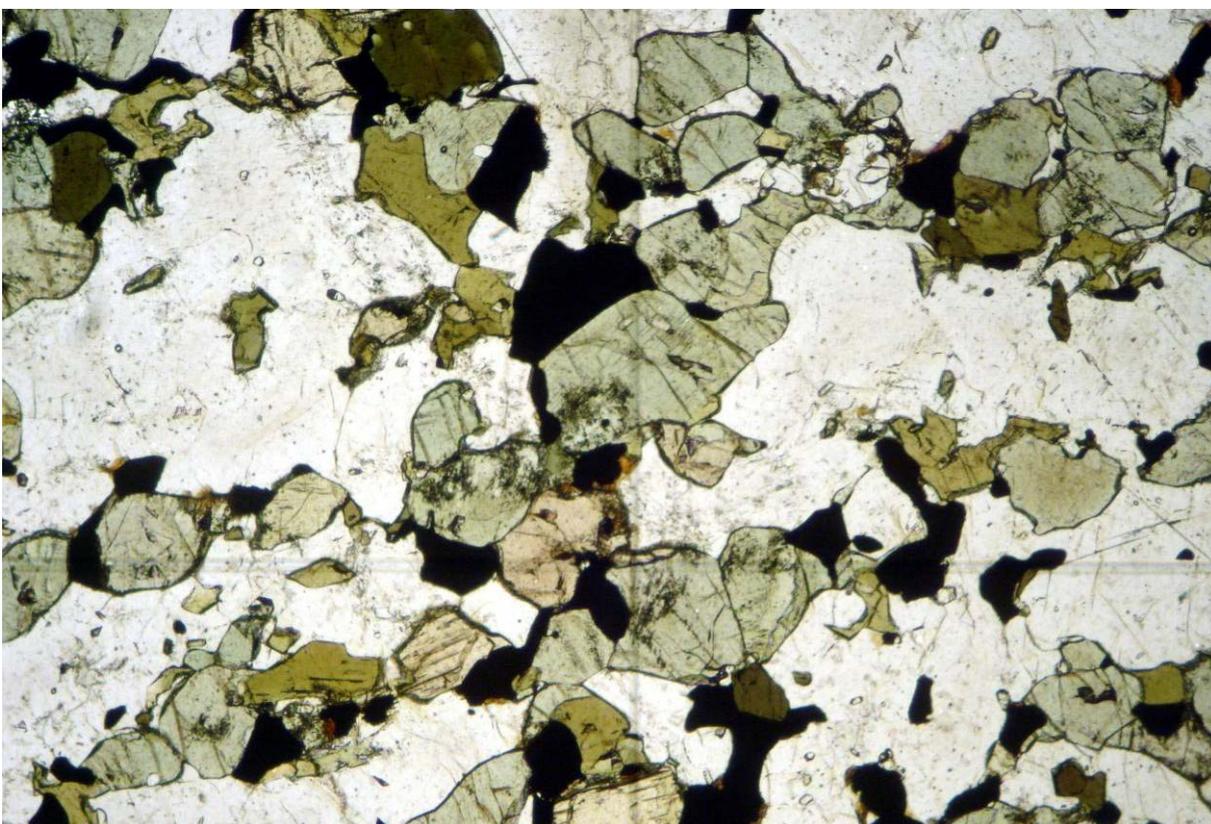
Fotomicrografia 5.1a: assembléia metamórfica M_1 (Hbl+Bt+Pl) em ortogneisse do Embasamento (visada de 2,5x, lâmina FSR077)



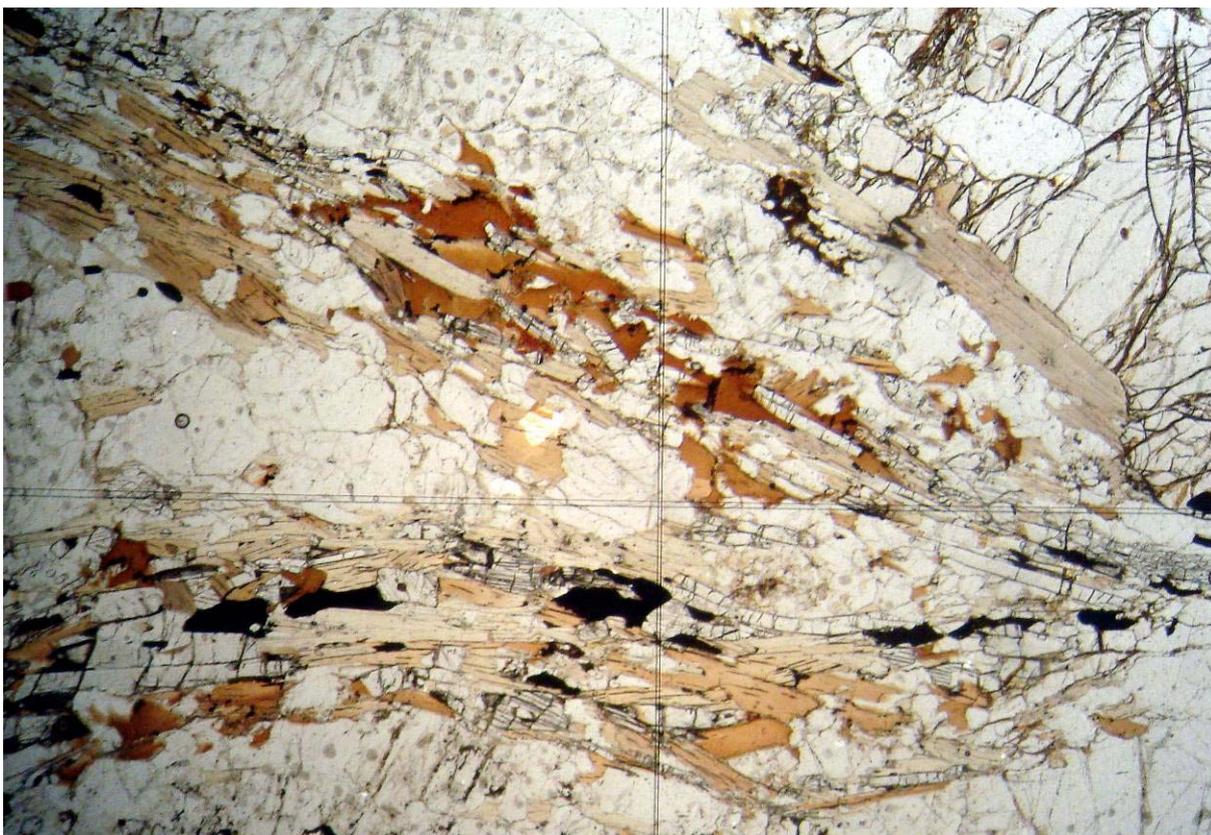
Fotografia 5.1b: textura migmatítica estromatítica pré- M_1 deformada por D1 e D2 em ortogneisse do Embasamento (ponto FSR104)



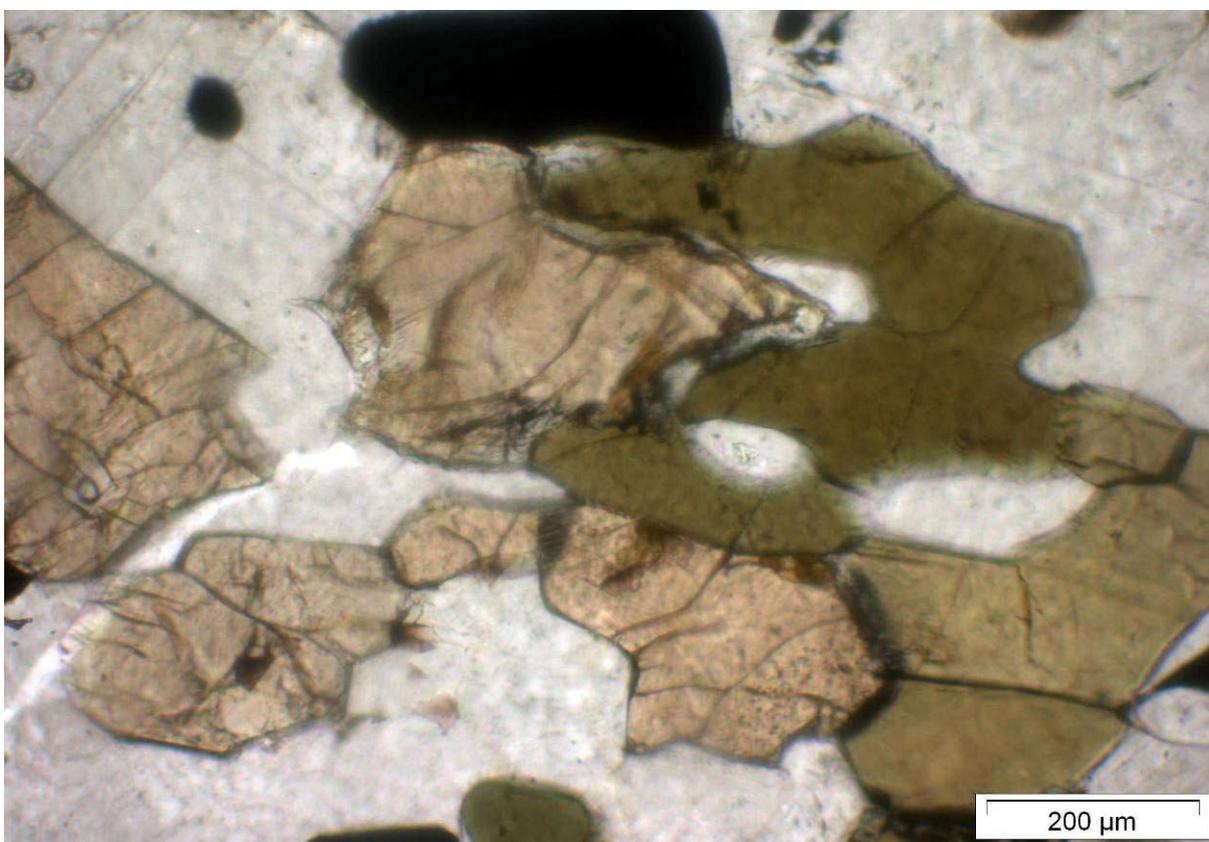
Fotomicrografia 5.1c: assembléia metamórfica M_1 incompleta (Grt+Bt+Kfs+Pl) no em xisto da Megassequência Andrelândia (visada de 2,5x, lâmina FSR015)



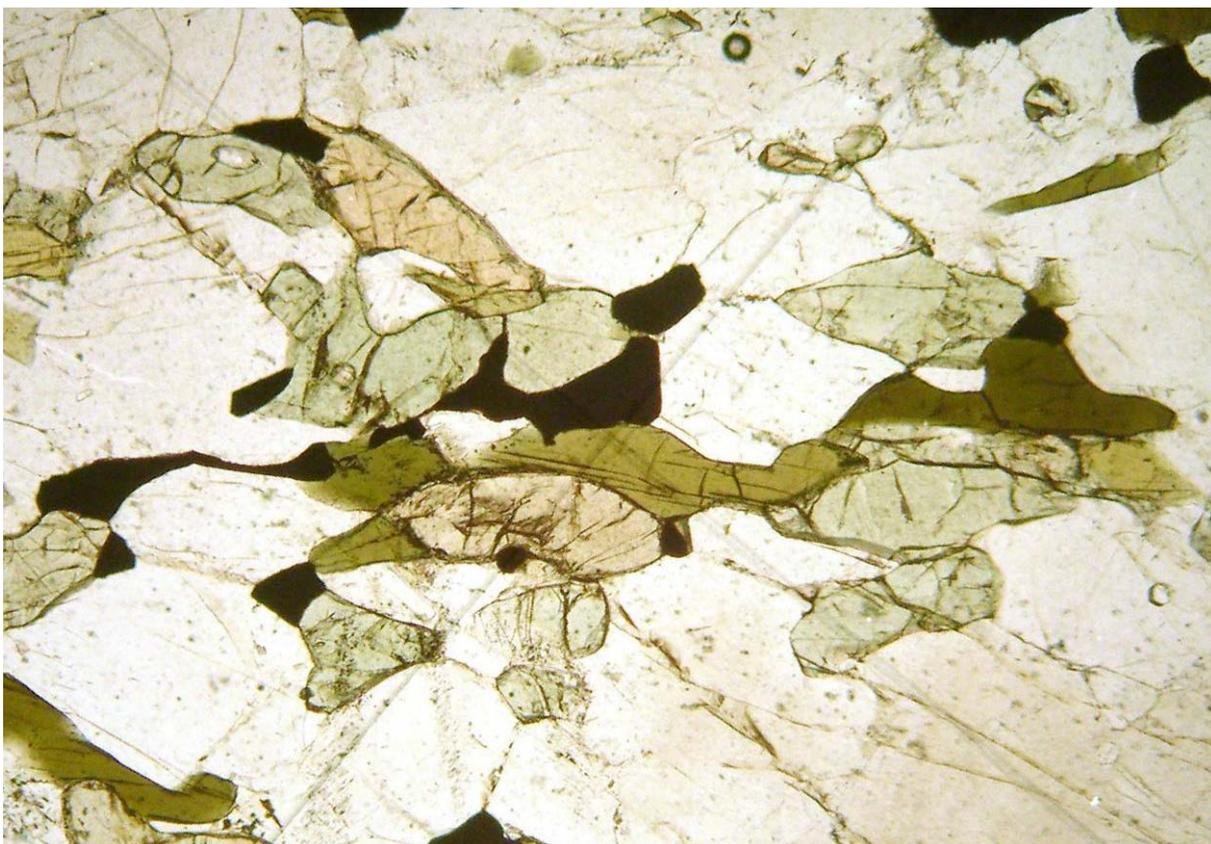
Fotomicrografia 5.1d: assembléia metamórfica M_1 (Opx+Cpx+Hbl+Pl) em ortogneisse da Unidade Piranguinho (visada de 4x, lâmina FSR003a)



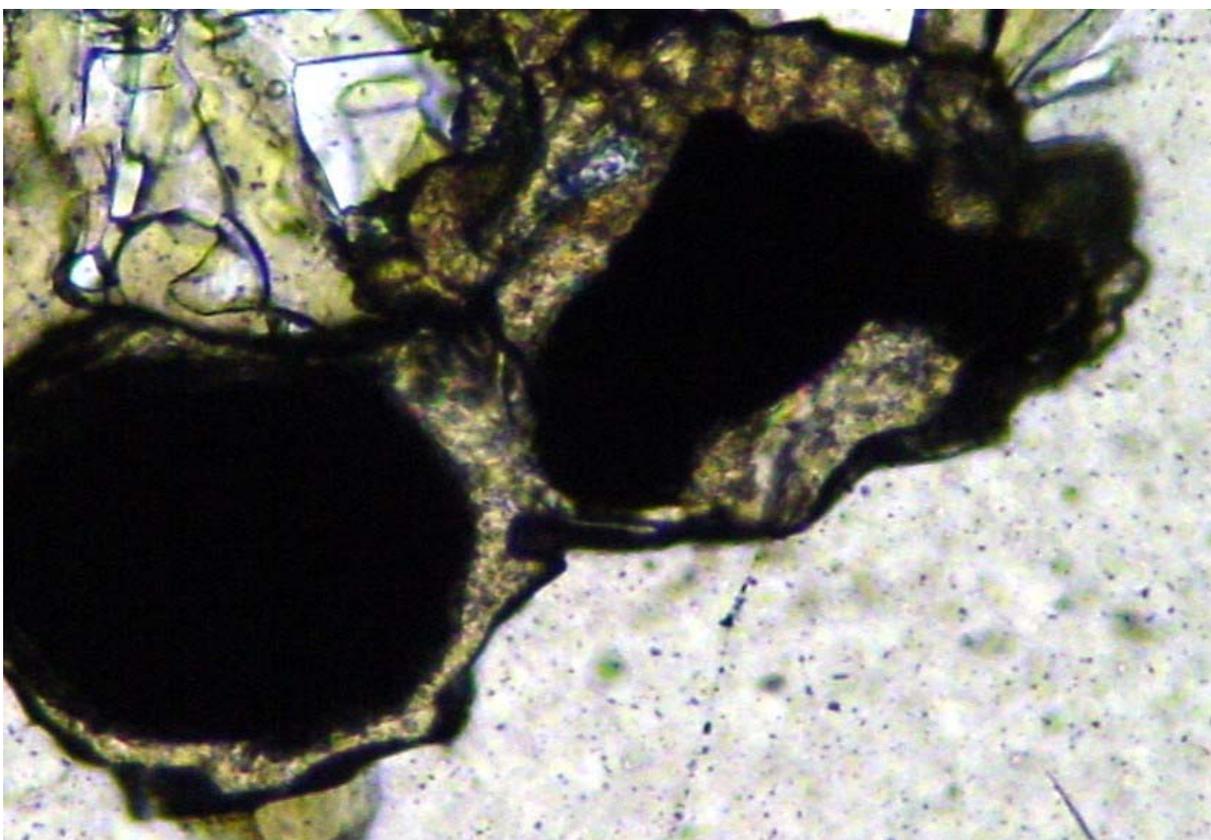
Fotomicrografia 5.1e: assembléia metamórfica M_1 (Grt+Sil+Kfs+Pl+Bt) em xisto da Unidade Brasópolis (visada de 2,5x, lâmina FSR036y)



Fotomicrografia 5.1f: intercrescimento estável entre Opx e Hbl com origem atribuída ao pico metamórfico de M_1 (visada de 10x, lâmina FSR005)



Fotomicrografia 5.1g: Hbl crescida a partir de Cpx, ao longo da foliação S_2 , atribuída ao reequilíbrio tardio de M_1 em fácies anfibolito alto (visada de 4x, lâmina FSR005)



Fotomicrografia 5.1h: coroas de Ttn ao redor de grãos de Ilm em ortognaisse da Unidade Piranguinho (visada de 20x, lâmina FSR093)

5.1.1 – Química Mineral

Três amostras, coletadas na área de mapeamento (FSR030 e FSR036y) e imediatamente a S (VAC085), foram selecionadas para estudos de química mineral por WDS, a fim de se quantificar as condições P-T do metamorfismo M_1 através de geotermobarometria.

As amostras pertencem à Unidade Brasópolis do Complexo Socorro. A primeira (FSR030) é um gnaisse calciossilicático, no qual se analisou Cpx, Grt e Pl (Foto 5.1i). A segunda (FSR036y) é um Grt-Sil-Kfs-Bt-xisto, cujos minerais analisados foram Grt, Kfs, Pl e Bt (Foto 5.1j). A terceira (VAC085) é um Opx-Cpx-Hbl-Grt-metabasito, no qual foram analisados cristais de Opx, Cpx, Pl e Hbl (Foto 5.1l).

Em cada lâmina, foram analisados três a cinco cristais diferentes de cada mineral de interesse. A composição foi mensurada em 2 a 18 pontos em perfil, de acordo com o tamanho do grão. Com esses dados foi possível estabelecer padrões e médias das composições dos minerais estudados, o que permitiu identificar as medidas mais representativas para os cálculos geotermobarométricos.

Enstatita / Clinoenstatita (Opx)

Trata-se do membro magnésiano da solução sólida enstatita – ferrossilita parcialmente convertido para sua forma monoclinica (clinoenstatita) por deformação (Foto 5.1m). Ocorre como porfiroblastos M_1 intercrescidos com Pl, Hbl, Grt e Qtz. Nas bordas de alguns cristais ocorre substituição por Cum. Não há grandes variações químicas do centro ao núcleo dos grãos analisados (Tabela 5.1a, Fig. 5.1d). X_{Mg} varia de 56% (borda) a 54% (centro). Al_2O_3 varia inversamente, de 1,3% (borda) a 1,5-1,7% (centro).

Diopsídio (Cpx)

Refere-se ao membro magnésiano da solução sólida diopsídio – hedembergita. No metabasito, ocorre como inclusões arredondadas em Opx (Foto 5.1m). No gnaisse calciossilicático, ocorre como porfiroblastos subidiomórficos a xenomórficos numa matriz de Pl e Qtz. X_{Mg} varia de 75-79,5% na borda a 69,5-74% no centro, indicando fraco zonamento composicional (Tabela 5.1b, Fig. 5.1e).

Granada (Grt)

No xisto, são essencialmente soluções sólidas almandina – piropo com pequenas contribuições de espessartita, grossulária e andradita. Ocorrem como porfiroblastos de até 0,7cm, com inclusões de Qtz, Kfs, Sil, Pl e opacos. Apresentam zonamento composicional e padrões de inclusões característicos de duas fases de crescimento (Tabela 5.1c, Fig. 5.1f, Foto 5.1n). Nas bordas, as composições são Alm₆₅₋₆₈ Prp₂₈₋₂₅ e no centro Alm₅₈₋₅₉ Prp₃₄₋₃₅. alguns grãos apresentam substituição na borda por Pl e Bt. No gnaisse calciossilicático e no metabasito, têm composições médias Alm₄₀ Prp₂₁ Esp₂₀ Gro₁₈ And₃ e Alm₅₀ Prp₁₉ Esp₁₅ Gro₁₄ And₁, respectivamente. Ocorrem como cristais xenomórficos bordejados por coroas de Pl. Não apresentam variação composicional expressiva dentro de um mesmo grão. Os atuais cristais representam provavelmente os núcleos de química homogenizada que não foram substituídos por Pl, conservando localmente sua composição durante o pico metamórfico.

Hornblenda (Hbl)

O termo “hornblenda” foi utilizado nesse trabalho no seu sentido amplo, designando soluções sólidas entre os anfibólios cálcicos aluminosos. Através da química mineral, foi possível constatar que as hornblendas estudadas são soluções sólidas com proporções semelhantes de hornblenda (*sensu strictu*), pargassita, edenita e tschermaquita. X_{Mg} varia de 62-65% nas bordas a 58-60% no centro dos grãos analisados (Tabela 5.1d, Fig. 5.1g). Al₂O₃ reflete pouca variação composicional, entre 12-12,5% nas bordas e 12,2-12,7% no centro. Ocorrem quantidades de TiO₂ entre 1,5% e 2,5% em todos os grãos analisados, com quantidades mais elevadas nos centros.

Biotita (Bt)

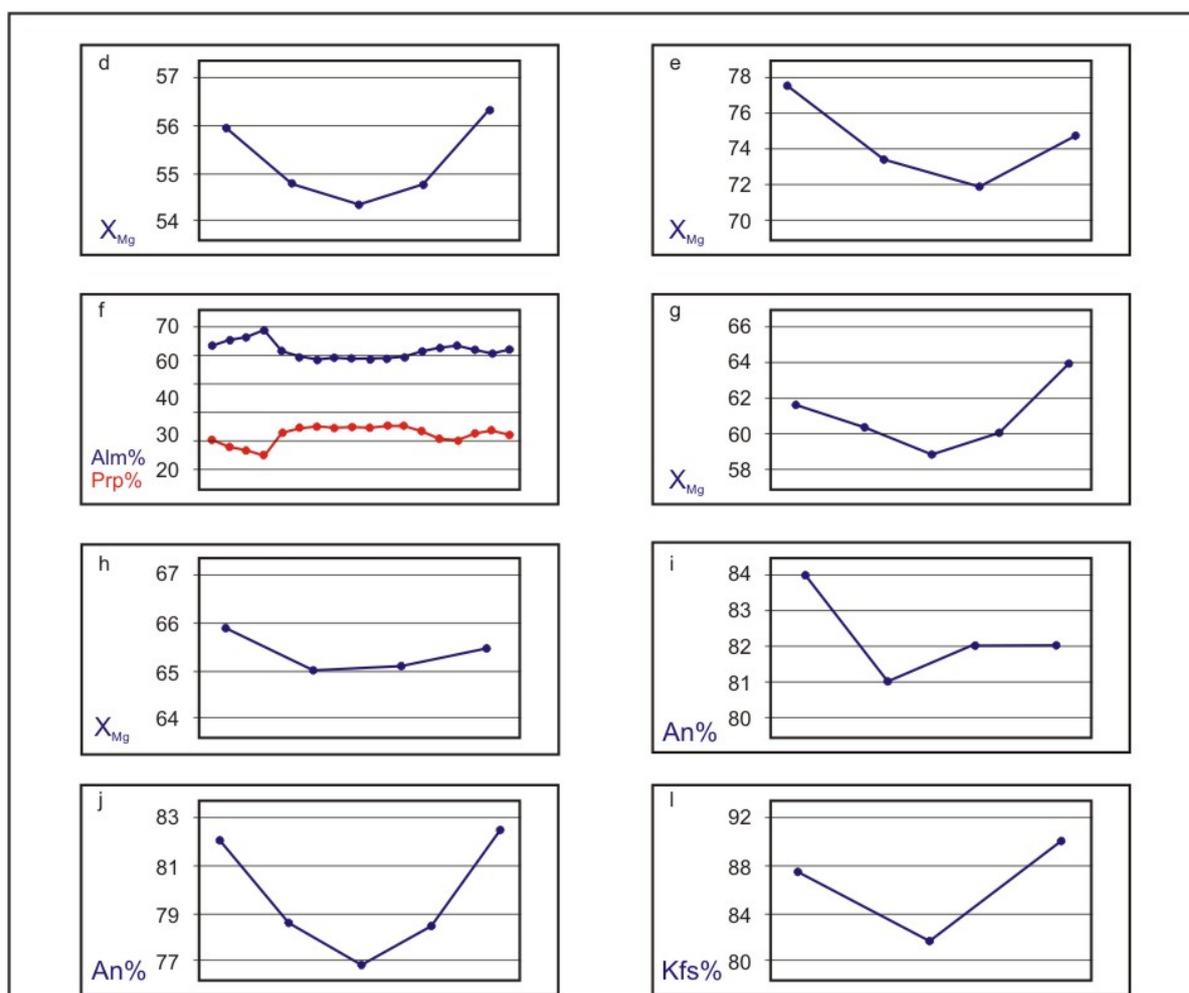
São fases magnesianas da solução sólida flogopita – anita – siderofilita. Ocorrem como porfiroblastos intercrescidos com Sil, Kfs e Pl. Apresentam X_{Mg} relativamente alto, variando entre 54-57% nas bordas e 58-65% no centro dos grãos analisados (Tabela 5.1e, Fig. 5.1h). O teor de TiO₂ também é elevado, entre 3,7% e 4,2%. Al₂O₃ se mostra relativamente constante, com ligeiro incremento do centro para as bordas, entre 16,8% e 17,6%.

Plagioclásio (Pl)

As composições de plagioclásio encontradas variam de oligoclásio a andesina. No xisto, apresentam composição An_{29-30} . No gnaisse calciosilicático, An_{77-93} (Fig. 5.1i), com leve decréscimo do centro à borda. Nestes, a proporção de ortoclásio alcança 1,3%. No metabasito, valores An_{76-84} , também com leve zonamento composicional inverso (Tabela 5.1f, Fig. 5.1j).

Alcalifeldspato potássico (Kfs)

Corresponde aos porfiroblastos de microclina encontrados no xisto. As composições de alcalifeldspato potássico variam de 82% a 90% de X_{Kfs} , com leve zonamento composicional inverso (Tabela 5.1g, Fig. 5.1l).



Figuras 5.1d-l: valores de X_{Mg} , Alm%, Prp%, An% e Kfs%, como indicado, para cristais representativos de Opx (d), Cpx (e), Grt (f), Hbl (g), Bt (h), Pl (i, j) e Kfs (l). Os vértices das linhas de composição representam os pontos de coleta de dados (borda – centro – borda e intermediários). Observa-se zonamento composicional discreto a expressivo em todos os grãos.

amostra posição	VAC085			VAC085			VAC085					
	borda	centro	borda	borda	centro	borda	borda	centro	borda			
SiO ₂	51,12	50,89	50,82	50,15	50,08	50,62	50,2	50,39	50,51	51,03	51,06	50,52
TiO ₂	0,13	0,11	0,04	0,06	0,16	0,1	0,17	0,07	0,09	0,11	0,07	0,12
Al ₂ O ₃	1,5	1,66	1,63	1,72	1,79	1,59	1,4	1,52	1,6	1,5	1,3	1,31
Fe ₂ O ₃	0	0	0	0,24	0,58	0	0	0,69	0,48	0	0	1,15
FeO	25,89	26,18	25,83	25,56	25,24	25,21	25,28	25,11	25,82	26,12	25,72	24,9
MnO	2,54	2,38	2,44	2,43	2,44	2,43	2,5	2,41	2,5	2,54	2,57	2,74
MgO	17,63	17,5	17,59	17,41	17,56	17,44	17,69	17,9	17,55	17,45	17,47	18,03
CaO	0,53	0,66	0,65	0,65	0,76	0,71	0,63	0,52	0,59	0,6	0,59	0,5
Na ₂ O	0	0,03	0,02	0,03	0	0,01	0	0,04	0,01	0	0,05	0
K ₂ O	0	0,01	0	0	0,02	0,01	0	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
total	99,33	99,42	99,01	98,22	98,56	98,13	97,86	98,6	99,12	99,37	98,84	99,18
proporções das fórmulas baseadas em 6 átomos de oxigênio												
Si	1,97	1,962	1,965	1,956	1,946	1,971	1,963	1,955	1,955	1,969	1,977	1,951
Ti	0,004	0,003	0,001	0,002	0,005	0,003	0,005	0,002	0,003	0,003	0,002	0,004
Al	0,068	0,076	0,074	0,079	0,082	0,073	0,065	0,069	0,073	0,068	0,059	0,059
Fe ³⁺	0	0	0	0,007	0,017	0	0	0,02	0,014	0	0	0,033
Fe ²⁺	0,834	0,844	0,835	0,834	0,82	0,821	0,827	0,815	0,836	0,843	0,833	0,804
Mn	0,083	0,078	0,08	0,08	0,08	0,08	0,083	0,079	0,082	0,083	0,084	0,09
Mg	1,012	1,006	1,014	1,012	1,017	1,012	1,031	1,035	1,012	1,003	1,008	1,038
Ca	0,022	0,027	0,027	0,027	0,031	0,03	0,026	0,022	0,025	0,025	0,025	0,021
Na	0	0,002	0,001	0,002	0	0,001	0	0,003	0	0	0,003	0
K	0	0	0	0	0,001	0,001	0	0	0,001	0	0	0,001
total	3,993	3,998	3,997	4	4	3,991	4	4	4	3,994	3,993	4
XMg	54,82	54,38	54,84	54,82	55,36	55,21	55,49	55,95	54,76	54,33	54,75	56,35

Tabela 5.1a: análises representativas de Opx

amostra posição	VAC085			FSR030			FSR030				
	borda	centro	borda	borda	centro	borda	borda	centro	borda		
SiO ₂	50,06	50,56	50,22	50.35	49.32	48.95	50.66	50.54	49.83	50.25	50.39
TiO ₂	0,44	0,47	0,4	0.36	0.34	0.46	0.28	0.3	0.46	0.35	0.44
Al ₂ O ₃	3,38	3,36	3,39	2.81	3.72	3.95	2.99	2.67	3.6	3.42	2.75
Fe ₂ O ₃	2,43	2,06	2,78	2.77	2.91	2.41	1.56	2.74	2.78	2.16	2.84
FeO	9,1	8,77	9,13	6.89	7.92	8.37	7.74	6.17	7.59	7.68	6.75
MnO	1,09	1,03	1,19	1.4	1.33	1.34	1.24	1.26	1.24	1.28	1.32
MgO	11,64	11,78	11,6	13.28	12.24	11.98	12.84	13.1	12.71	12.57	13.33
CaO	21,68	22,24	21,64	21.34	20.87	20.52	21.74	22.11	21.04	21.57	21.46
Na ₂ O	0,33	0,34	0,36	0.26	0.32	0.34	0.23	0.34	0.33	0.3	0.28
total	99,91	100,4	100,43	99.18	98.67	98.07	99.12	98.95	99.3	99.38	99.28
proporções das fórmulas baseadas em 6 átomos de oxigênio											
Si	1,89	1,896	1,887	1.898	1.877	1.876	1.912	1.906	1.88	1.894	1.897
Ti	0,012	0,013	0,011	0.01	0.01	0.013	0.008	0.009	0.013	0.01	0.012
Al	0,15	0,149	0,15	0.125	0.167	0.178	0.133	0.119	0.16	0.152	0.122
Fe ³⁺	0,069	0,058	0,079	0.078	0.083	0.069	0.044	0.078	0.079	0.061	0.08
Fe ²⁺	0,287	0,275	0,287	0.217	0.252	0.268	0.245	0.195	0.239	0.242	0.213
Mn	0,035	0,033	0,038	0.045	0.043	0.043	0.04	0.04	0.04	0.041	0.042
Mg	0,655	0,658	0,65	0.746	0.694	0.684	0.722	0.736	0.715	0.706	0.748
Ca	0,877	0,894	0,872	0.862	0.851	0.842	0.879	0.893	0.85	0.871	0.866
Na	0,024	0,025	0,026	0.019	0.023	0.025	0.017	0.025	0.024	0.022	0.021
total	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
XMg	69,53	70,53	69,37	77,47	73,36	71,85	74,66	79,05	74,95	74,47	77,84

Tabela 5.1b: análises representativas de Cpx

amostra posição	FSR036y						VAC085					
	borda		centro		borda		borda		centro		borda	
SiO ₂	38,15	38,18	38,6	38,67	38,46	38,97	37,54	38,21	38,52	38,32	38,7	37,74
TiO ₂	0,01	0,02	0,04	0,01	0,02	0,01	0,08	0,02	0,08	0,03	0,13	0,05
Al ₂ O ₃	22,05	22,26	22,5	22,77	22,28	22,73	21,7	22,32	22,02	22,06	22,31	21,84
Cr ₂ O ₃	0,04	0	0	0,07	0,04	0,01	0,02	0,02	0,04	0	0	0
Fe ₂ O ₃	0,51	0	1,06	0,45	0,07	0	1,19	0,8	0	0	0,4	0,93
FeO	28,79	31,09	27,45	27,1	29,02	28,31	22,35	22,11	22,41	22,22	22,91	22,56
MnO	1,33	1,48	1,17	1,04	1,13	1,24	7,4	6,52	6,34	6,3	6,65	6,8
MgO	7,83	6,43	8,91	9,05	7,87	8,33	4,14	4,62	4,82	4,7	4,8	4,67
CaO	1,2	1,12	1,31	1,53	1,41	1,26	6,03	6,83	6,71	6,17	6,39	5,77
total	99,85	100,59	100,94	100,64	100,31	100,87	100,32	101,37	100,94	99,8	102,26	100,27
proporções das fórmulas baseadas em 12 átomos de oxigênio												
Si	2,971	2,979	2,953	2,958	2,979	2,985	2,954	2,957	2,99	3,001	2,971	2,96
Ti	0	0,001	0,002	0	0,001	0,001	0,005	0,001	0,005	0,002	0,008	0,003
Al	2,024	2,048	2,029	2,053	2,034	2,052	2,013	2,036	2,015	2,036	2,019	2,02
Cr	0,002	0	0	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,002	0	0	0
Fe ³⁺	0,03	0	0,061	0,026	0,004	0	0,07	0,046	0	0	0,023	0,054
Fe ²⁺	1,875	2,029	1,756	1,734	1,88	1,814	1,471	1,431	1,454	1,455	1,471	1,48
Mn	0,088	0,098	0,076	0,067	0,074	0,081	0,493	0,428	0,417	0,418	0,432	0,452
Mg	0,909	0,748	1,015	1,032	0,909	0,951	0,486	0,533	0,557	0,548	0,55	0,546
Ca	0,1	0,094	0,108	0,125	0,117	0,104	0,508	0,567	0,558	0,518	0,526	0,485
total	8	7,996	8	8	8	7,988	8	8	7,998	7,979	8	8
Alm	63,09	68,34	59,42	58,62	63,09	61,49	49,73	48,36	48,69	49,51	49,38	49,95
Prp	30,59	25,19	34,35	34,89	30,50	32,24	16,43	18,01	18,65	18,65	18,46	18,43
Esp	2,96	3,30	2,57	2,27	2,48	2,75	16,67	14,46	13,97	14,22	14,50	15,25
Gro	1,81	3,17	0,74	2,79	3,58	3,48	13,77	16,91	18,59	17,63	16,53	13,76
Uv	0,10	0,00	0,00	0,19	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,00	0,00	0,00
And	1,46	0,00	2,92	1,25	0,20	0,00	3,36	2,21	0,00	0,00	1,13	2,60

Tabela 5.1c: análises representativas de Grt

amostra posições	VAC085					VAC085			VAC085			
	borda	centro			borda	borda	centro	borda	borda	centro		borda
SiO ₂	42,71	42,85	42,62	42,95	43,12	42,31	41,88	42,45	42,15	42,06	42,38	42,56
TiO ₂	2,06	2,04	2,26	2,06	1,83	1,77	1,96	1,69	1,81	1,88	1,68	1,64
Al ₂ O ₃	11,81	12,29	12,16	11,89	11,84	12,48	12,28	12,34	12,4	12,45	12,47	12,5
Fe ₂ O ₃	2,98	2,73	2,06	2,72	3,96	3,92	3,98	3,96	3,92	4,44	3,76	4,72
FeO	12,1	12,74	13,27	12,86	11,28	11,75	12,18	12,09	12,17	12,06	12,25	10,74
MnO	0,57	0,55	0,49	0,52	0,53	0,55	0,58	0,61	0,59	0,68	0,64	0,57
MgO	10,92	10,9	10,63	10,88	11,22	10,95	10,74	10,9	10,84	10,8	10,8	11,35
CaO	11,56	11,36	11,45	11,5	11,59	11,67	11,5	11,42	11,06	11,38	11,46	11,88
Na ₂ O	0,93	1,21	1,14	1,07	0,83	1,07	1,14	1,17	1,31	1,21	1,19	0,95
K ₂ O	1,12	1,39	1,47	1,33	1,04	1,29	1,44	1,44	1,43	1,52	1,44	1,22
total	96,46	97,78	97,36	97,51	96,85	97,37	97,29	97,67	97,28	98,04	97,7	97,65
proporções das fórmulas baseadas em 23 átomos de oxigênio												
Si	6,394	6,351	6,359	6,386	6,403	6,288	6,256	6,303	6,286	6,239	6,296	6,283
Ti	0,231	0,227	0,253	0,23	0,204	0,198	0,22	0,189	0,203	0,209	0,188	0,182
Al	2,084	2,148	2,14	2,083	2,072	2,186	2,163	2,16	2,18	2,177	2,183	2,175
Fe ³⁺	0,336	0,305	0,231	0,304	0,443	0,438	0,448	0,443	0,44	0,496	0,42	0,524
Fe ²⁺	1,514	1,58	1,656	1,599	1,401	1,46	1,522	1,502	1,517	1,495	1,522	1,326
Mn	0,072	0,069	0,062	0,065	0,067	0,069	0,074	0,077	0,074	0,086	0,081	0,071
Mg	2,436	2,408	2,365	2,411	2,483	2,426	2,392	2,411	2,409	2,387	2,391	2,496
Ca	1,855	1,804	1,831	1,832	1,845	1,858	1,841	1,817	1,768	1,809	1,825	1,878
Na	0,27	0,348	0,33	0,308	0,24	0,309	0,331	0,335	0,378	0,347	0,343	0,271
K	0,215	0,262	0,281	0,252	0,197	0,245	0,274	0,272	0,273	0,287	0,273	0,23
total	15,52	15,605	15,587	15,574	15,503	15,628	15,674	15,661	15,677	15,702	15,666	15,615
XMg	61,67	60,38	58,82	60,12	63,93	62,43	61,11	61,62	61,36	61,49	61,10	65,31

Tabela 5.1d: análises representativas de Hbl

amostra posição	FSR036y			FSR036y			FSR036y					
	borda	centro	borda	borda	centro	borda	borda	centro	borda			
SiO ₂	35,36	35,8	36,39	36,3	35,98	34,99	34,79	35,22	35,83	35,28	35,38	35,88
TiO ₂	4,08	3,87	4,04	3,74	4,29	4,12	4,18	3,82	4	3,7	4,03	3,76
Al ₂ O ₃	17,18	17,31	17,69	17,3	16,76	16,85	16,82	16,84	17,02	17,15	16,87	17,59
FeO	13,21	13,8	13,07	13,49	17,11	16,36	16,27	16,66	15,65	15,69	16,03	15,25
MnO	0,02	0,03	0	0,01	0,03	0,02	0,04	0,02	0,04	0,01	0,03	0,04
MgO	14,32	14,4	13,68	14,34	11,3	11,42	11,76	11,49	12,04	12,16	11,97	12,23
CaO	0,04	0,02	0,04	0,04	0,03	0,01	0,05	0,07	0,07	0,05	0,01	0,02
Na ₂ O	0,18	0,18	0,11	0,14	0,03	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09
K ₂ O	9,37	9,56	9,29	9,44	9,5	9,81	9,45	9,83	9,19	9,49	9,68	9,68
total	93,75	94,97	94,31	94,81	95,03	93,63	93,4	94,03	93,91	93,61	94,06	94,54
proporções das fórmulas baseadas em 11 átomos de oxigênio												
Si	2,667	2,673	2,713	2,704	2,723	2,691	2,678	2,701	2,721	2,697	2,699	2,706
Ti	0,231	0,217	0,227	0,209	0,244	0,238	0,242	0,221	0,228	0,213	0,231	0,213
Al	1,528	1,523	1,555	1,519	1,496	1,528	1,526	1,523	1,524	1,546	1,517	1,564
Fe	0,834	0,862	0,815	0,84	1,083	1,052	1,048	1,068	0,994	1,003	1,023	0,962
Mn	0,001	0,002	0	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,003	0	0,002	0,003
Mg	1,61	1,602	1,52	1,592	1,274	1,309	1,349	1,313	1,362	1,385	1,361	1,376
Ca	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	0,001	0,004	0,006	0,006	0,004	0,001	0,002
Na	0,026	0,026	0,016	0,021	0,005	0,008	0,006	0,009	0,009	0,008	0,009	0,012
K	0,901	0,911	0,884	0,897	0,917	0,963	0,928	0,962	0,89	0,926	0,942	0,931
total	7,802	7,817	7,733	7,787	7,747	7,792	7,784	7,803	7,739	7,785	7,787	7,771
XMg	65,88	65,02	65,10	65,46	54,05	55,44	56,28	55,14	57,81	58,00	57,09	58,85

Tabela 5.1e: análises representativas de Bt

amostra posição	FSR030				FSR036y			VAC085				
	borda	centro	borda	borda	borda	centro	borda	borda	centro	borda		
SiO ₂	46.61	46.82	46.74	46.87	60,38	60,09	60,94	47,35	48,59	48,94	47,4	47,46
TiO ₂	0	0.04	0	0.01	0	0,04	0,03	0	0	0,01	0,01	0,05
Al ₂ O ₃	33.93	33.48	33.48	33.37	24,51	24,89	24,86	34,35	33,15	33,24	33,23	33,98
Fe ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MnO	0.01	0	0.01	0.02	0,01	0	0,01	0,02	0,01	0	0	0,02
MgO	0.01	0	0	0.01	0,02	0	0,01	0	0	0,01	0,01	0
CaO	16.62	16.22	16.49	16.22	5,86	5,92	6,04	17,11	16,34	15,98	16,16	16,87
Na ₂ O	1.79	2.04	2.02	1.96	8,11	8,05	7,89	2,08	2,46	2,66	2,46	1,99
K ₂ O	0.04	0.09	0.09	0.08	0,22	0,25	0,26	0,02	0,05	0,06	0,03	0,04
total	99	98.69	98.83	98.53	99,11	99,25	100,02	100,93	100,61	100,89	99,31	100,4
proporções das fórmulas baseadas em 8 átomos de oxigênio												
Si	2.154	2.169	2.166	2.175	2,707	2,691	2,705	2,152	2,209	2,216	2,184	2,164
Ti	0	0.001	0	0	0	0,001	0,001	0	0	0	0	0,002
Al	1.849	1.829	1.829	1.826	1,295	1,314	1,301	1,841	1,777	1,774	1,805	1,827
Fe ³⁺	0.009	0.011	0.008	0.007	0,001	0,002	0,001	0,006	0,007	0,008	0,011	0,009
Mn	0	0	0	0.001	0	0	0	0,001	0	0	0	0,001
Mg	0.001	0	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0,001	0
Ca	0.823	0.805	0.819	0.807	0,282	0,284	0,287	0,833	0,796	0,775	0,798	0,824
Na	0.16	0.184	0.181	0.176	0,704	0,699	0,679	0,183	0,217	0,233	0,22	0,176
K	0.002	0.005	0.005	0.005	0,013	0,014	0,014	0,001	0,003	0,003	0,002	0,002
total	4.998	5.004	5.008	4.998	5,004	5,006	4,99	5,016	5,009	5,01	5,019	5,004
An%	83,72	81,40	81,90	82,10	28,60	28,89	29,71	81,99	78,58	76,88	78,39	82,40

Tabela 5.1f: análises representativas de PI

amostra posição	FSR036y			FSR036y			FSR036y		
	borda	centro	borda	borda	centro	borda	borda	centro	borda
SiO ₂	63,4	63,86	63,39	63,51	63,42	62,36	62,44	62,37	62,13
TiO ₂	0,03	0,02	0	0,05	0	0	0,08	0,01	0,03
Al ₂ O ₃	18,75	19,17	19	18,96	18,79	18,76	18,66	19,03	18,68
Fe ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MnO	0	0,01	0	0	0,03	0	0	0	0
MgO	0	0,01	0,02	0	0	0	0,01	0,01	0,01
CaO	0,07	0,17	0,07	0,08	0,03	0,15	0,04	0,37	0,03
Na ₂ O	1,85	1,81	1,32	1,2	1,08	1,5	1,48	2,04	1,09
K ₂ O	14,3	14,44	15,05	15,3	15,42	14,59	14,59	13,62	15,17
total	98,41	99,5	98,86	99,12	98,79	97,38	97,31	97,46	97,15
proporções das fórmulas baseadas em 8 átomos de oxigênio									
Si	2,965	2,956	2,958	2,958	2,966	2,954	2,958	2,943	2,956
Ti	0,001	0,001	0	0,002	0	0	0,003	0	0,001
Al	1,034	1,046	1,045	1,041	1,036	1,048	1,042	1,059	1,048
Fe ³⁺	0,002	0	0,003	0,004	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
Mn	0	0	0	0	0,001	0	0	0	0
Mg	0	0,001	0,001	0	0	0	0	0,001	0
Ca	0,003	0,008	0,003	0,004	0,002	0,007	0,002	0,019	0,001
Na	0,168	0,163	0,119	0,108	0,098	0,138	0,136	0,187	0,101
K	0,853	0,853	0,896	0,909	0,92	0,882	0,882	0,82	0,921
total	5,027	5,029	5,026	5,027	5,025	5,032	5,026	5,03	5,03
Kfs%	83,55	83,96	88,28	89,38	90,37	86,47	86,64	81,43	90,12

Tabela 5.1g: análises representativas de Kfs

RESULTADOS

As análises pontuais de química mineral realizadas permitiram reconhecer alguns padrões químicos nas fases estudadas. Considerou-se nesse trabalho que as composições dos núcleos de alguns cristais são representativas daquelas de formação / homogenização durante o pico metamórfico, sendo também as menos prováveis de participarem de processos de reequilíbrio e modificação da composição original tardiamente.

Observou-se que a maioria dos grãos em perfil apresenta um fraco zonamento composicional, fato atribuído às trocas iônicas durante reequilíbrio em P e T diferentes às de formação das fases minerais (Figs. 5.1d-l).

Nas três lâminas estudadas, as assembléias minerais analisadas correspondem ao pico metamórfico M_1 , conjuntamente com Qtz e Sil (quando presente). No entanto, ocorre no metabasito Hbl crescida durante reequilíbrio em fácies anfibólito, a partir de Cpx, reconhecido apenas como inclusões em Opx. Admite-se que parte dos cristais de Hbl estudados seja contemporânea ao pico metamórfico. Ademais, as coroas de Pl em torno dos cristais de Grt indicam que estes minerais provavelmente sofreram alguma modificação composicional durante o estágio de estabilização em fácies anfibólito alto.

Os cálculos de geotermobarometria foram feitos com o auxílio do programa THERMOCALC, levando em consideração a presença de água no sistema metamórfico. Forneceram os seguintes resultados:

Grt-Sil-Kfs-Bt-xisto: $T=922 \pm 111^\circ\text{C}$ e $P=10.2 \pm 3.4\text{kbar}$.

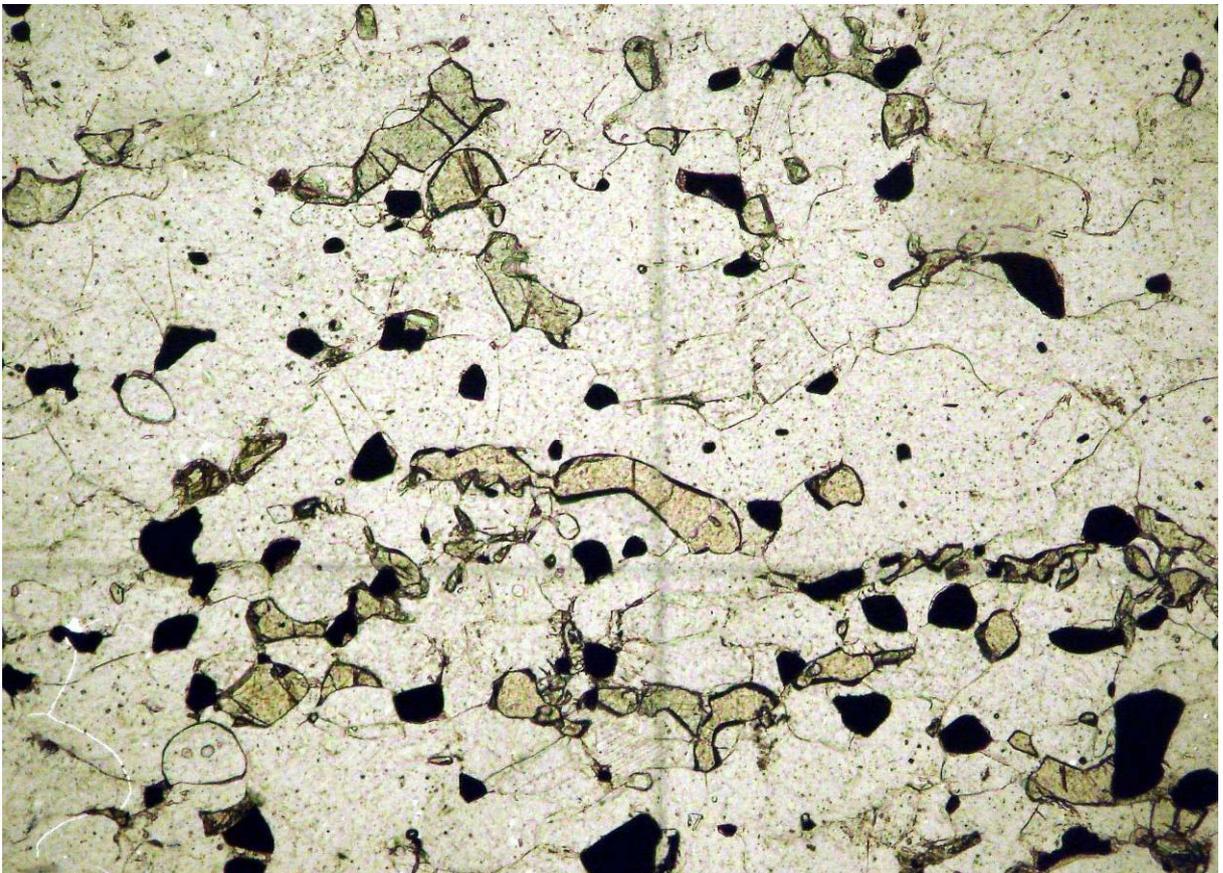
Gnaiss calciossilicático: $T=961 \pm 183^\circ\text{C}$ e $P=8.9 \pm 2.1\text{kbar}$.

Opx-Cpx-Hbl-Grt-metabasito: $T=905 \pm 98^\circ\text{C}$ e $P=8.2 \pm 1.2\text{kbar}$.

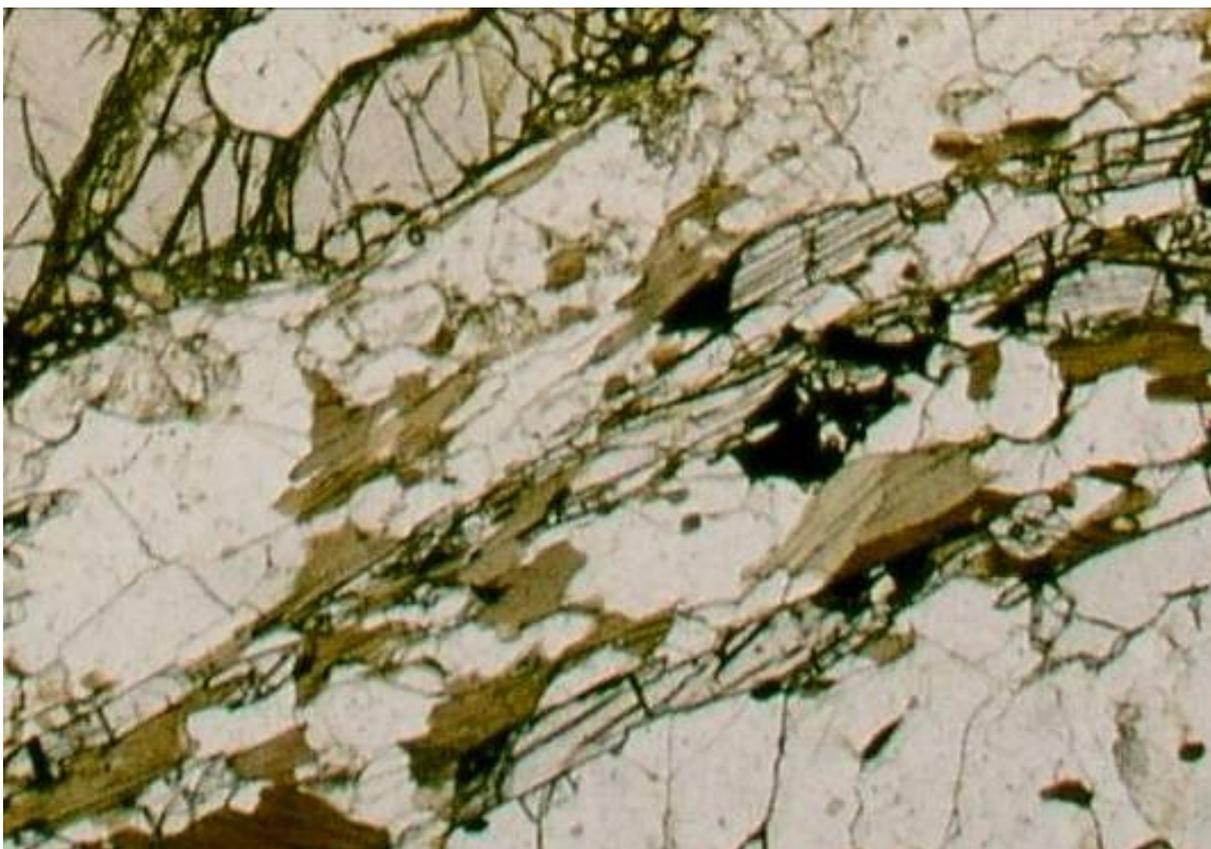
Considerando-se as margens de erro, todos os valores são compatíveis e indicam pico metamórfico em fácies granulito de pressão intermediária. Porém, no metabasito, a presença de Hbl cristalizada ou reequilibrada posteriormente ao pico metamórfico certamente foi responsável por um ligeiro decréscimo em relação ao pico dos valores P-T aqui apresentados.

Em um grão de Grt foi possível distinguir a partir do zonamento composicional duas gerações de crescimento, observadas também pela distinção entre o padrão de inclusões e fases incluídas na borda e no núcleo do cristal (Fig. 5.1f, Foto 5.1n). O contorno do grão original é marcado por inclusões de Qtz e é possível observar a

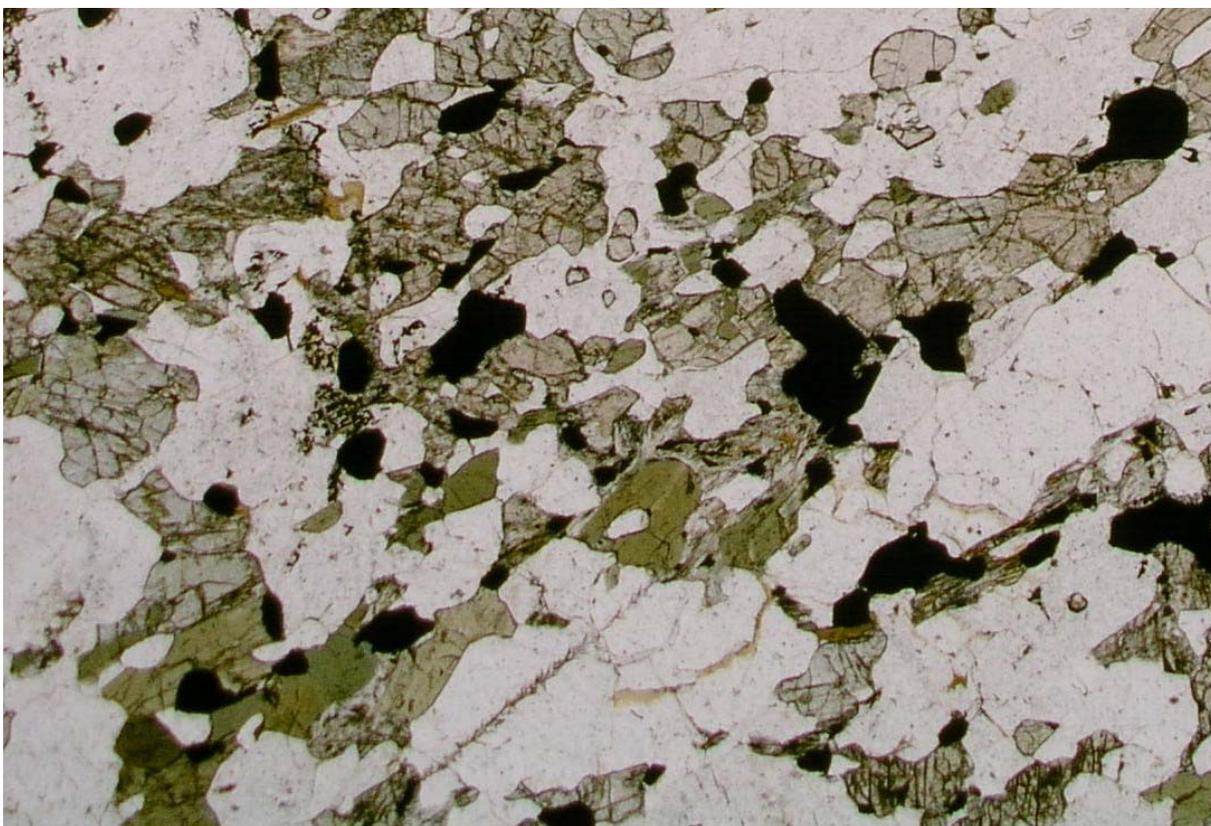
foliação defletida sobre este (pelo padrão de inclusões de Sil) e sobre a sua borda tardia, onde se observam *strain caps* de Sil+Bt bem desenvolvidos. Esse fato sugere que o crescimento foi progressivo durante D₂, o centro formado em estágio cedo-tectônico e posteriormente homogeneizado quimicamente durante o pico M₁, a borda formada sin a tardi-tectônica em relação a D₂, tardiamente em relação ao pico M₁. O crescimento tardio provavelmente ocorreu em fácies anfibolito alto.



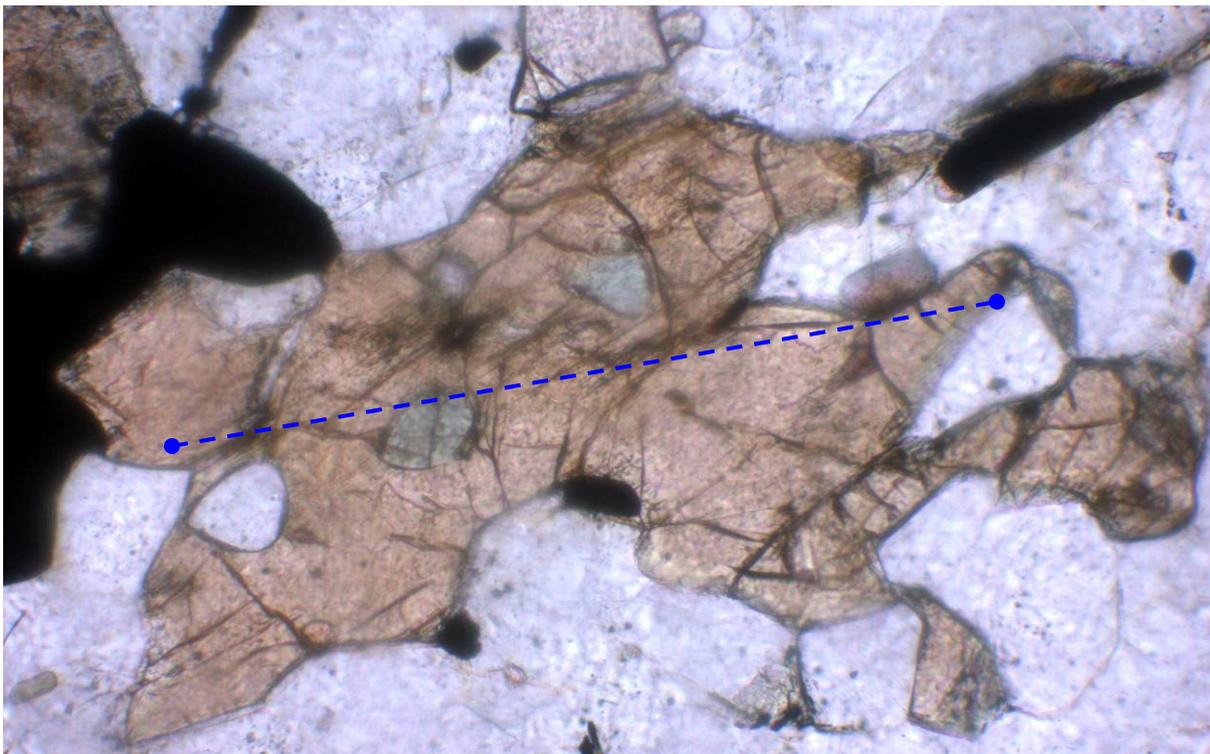
Fotomicrografia 5.1i: mineralogia metamórfica M₁ (Cpx+Grt+Pl) do gnaiss calcossilicático (visada de 4x, lâmina FSR030)



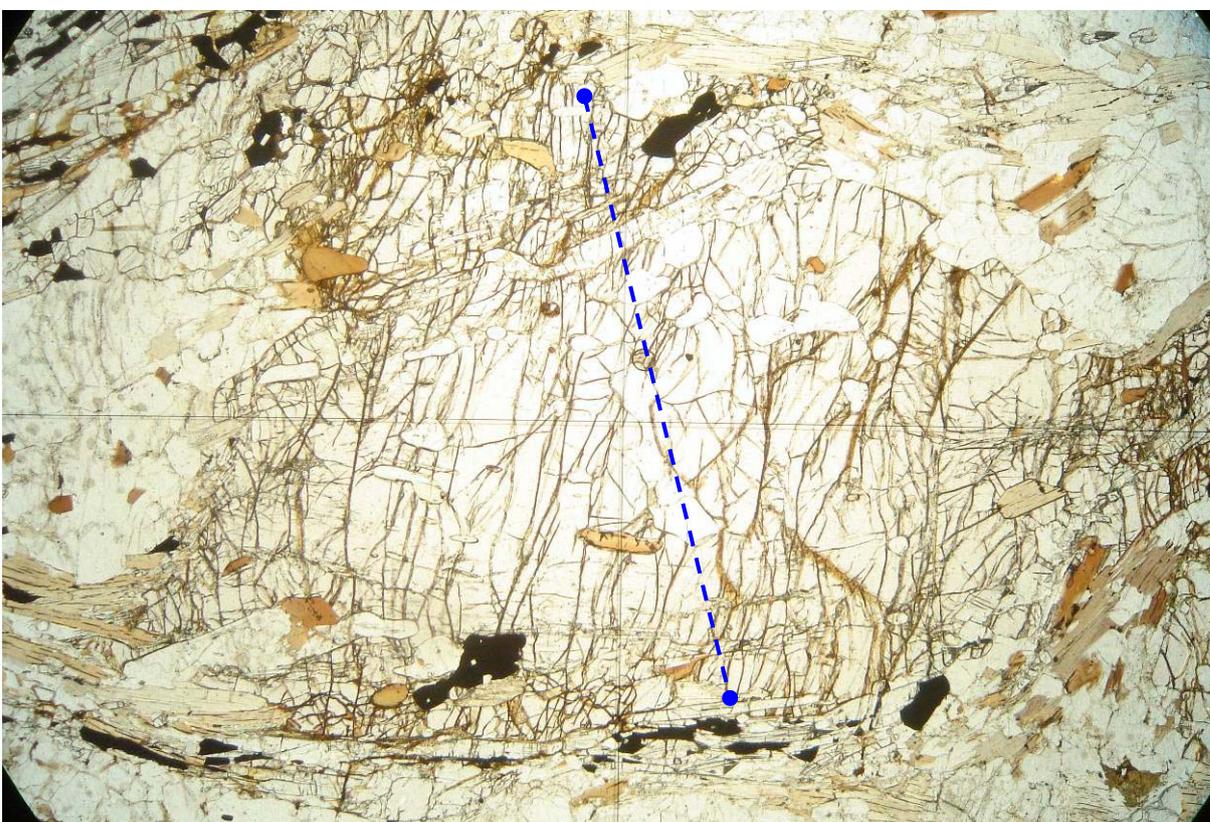
Fotomicrografia 5.1j: mineralogia metamórfica M_1 (Grt+Sil+Kfs+Pl+Bt) do xisto (visada de 4x, lâmina FSR036y)



Fotomicrografia 5.1l: mineralogia metamórfica M_1 (Opx+Cpx+Grt+Hbl+Pl) em metabasito. Cpx ocorre como inclusões em Opx (visada de 4x, lâmina VAC085c)



Fotomicrografia 5.1m: Opx com inclusão de Cpx no metabasito. A linha tracejada indica o perfil químico por amostragens pontuais (5) ao longo do grão (visada de 20x, lâmina VAC085)



Fotomicrografia 5.1n: Grt com padrão de inclusões compartimentado em dois domínios, o centro homogenizado durante metamorfismo não mostra orientação aparente, a borda contém inclusões orientadas de Sil. A foliação é defletida nas bordas da granada e o padrão de inclusões evidencia crescimento da borda sin-tectônica em relação a D_2 . A linha tracejada indica o perfil químico por amostragens pontuais (18) ao longo do grão (visada de 2,5x, lâmina FSR036y)

5.2 – Evento Metamórfico M₂

Observa-se sobreposto a M₁ um segundo conjunto de assembléias metamórficas atribuídas a M₂. Ocorrem na escala de lâmina como faixas descontínuas associadas a fraturas oblíquas a S₂ com crescimentos minerais a partir de bordas de grãos M₁ (Foto 5.2a), bem como recristalização de Bt e Hbl generalizada (Foto 5.2a). Estes crescimentos minerais não chegam a formar uma foliação minimamente evoluída. O evento M₂ ocorre em todas as rochas estudadas, com exceção dos granitos Serra da Mangueira e Santa Rita do Sapucaí.

A assembléia mineral crescida durante M₂ nos ortognaisses e metabasitos do Complexo Socorro é Cum+Hbl+Bt (Fig. 5.2b) crescendo a partir de Cpx e Opx em fraturas com percolação de água (Fotos 5.2b, c), podendo ocorrer estruturas simplectíticas evoluídas. Não foi observada uma assembléia metamórfica M₂ reconhecível nos xistos a paragnaisses. Também atribuída a M₂, em condições anídras, foi observada recristalização generalizada de Hbl e Bt em direções oblíquas a S₂ (Foto 5.2d).

Um importante processo de anatexia atribuído a M₂ gerou migmatitos estromáticos e bolsões leucossomáticos por toda a área de mapeamento, bem como corpos graníticos injetados nos orto e paragnaisses e o Granito Santa Rita do Sapucaí, instalado em uma estrutura D₃ por migração de fluidos anatéticos.

As condições de P e T de M₂ são de fácies anfíbolito alto na área de estudos (Fig. 5.2a). As condições metamórficas foram muito semelhantes às alcançadas durante o estágio tardio de M₁, sendo as superposições de eventos pouco evidentes. M₂ é associado à fase de deformação D₃ apresentada nesse trabalho.

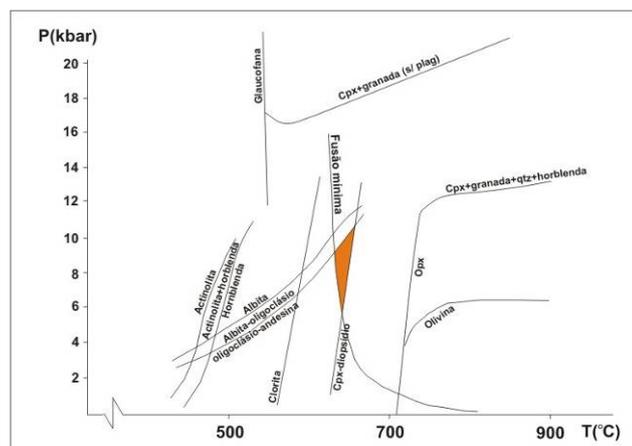
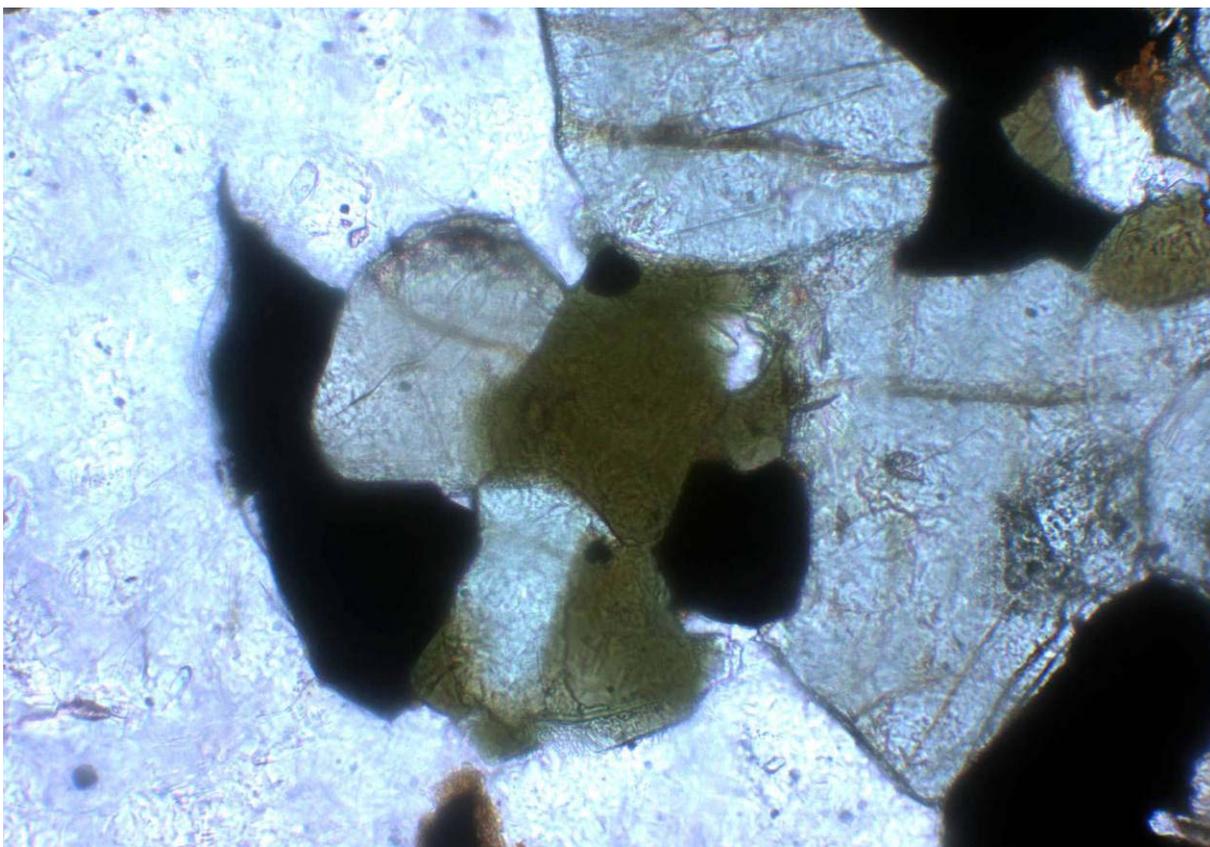
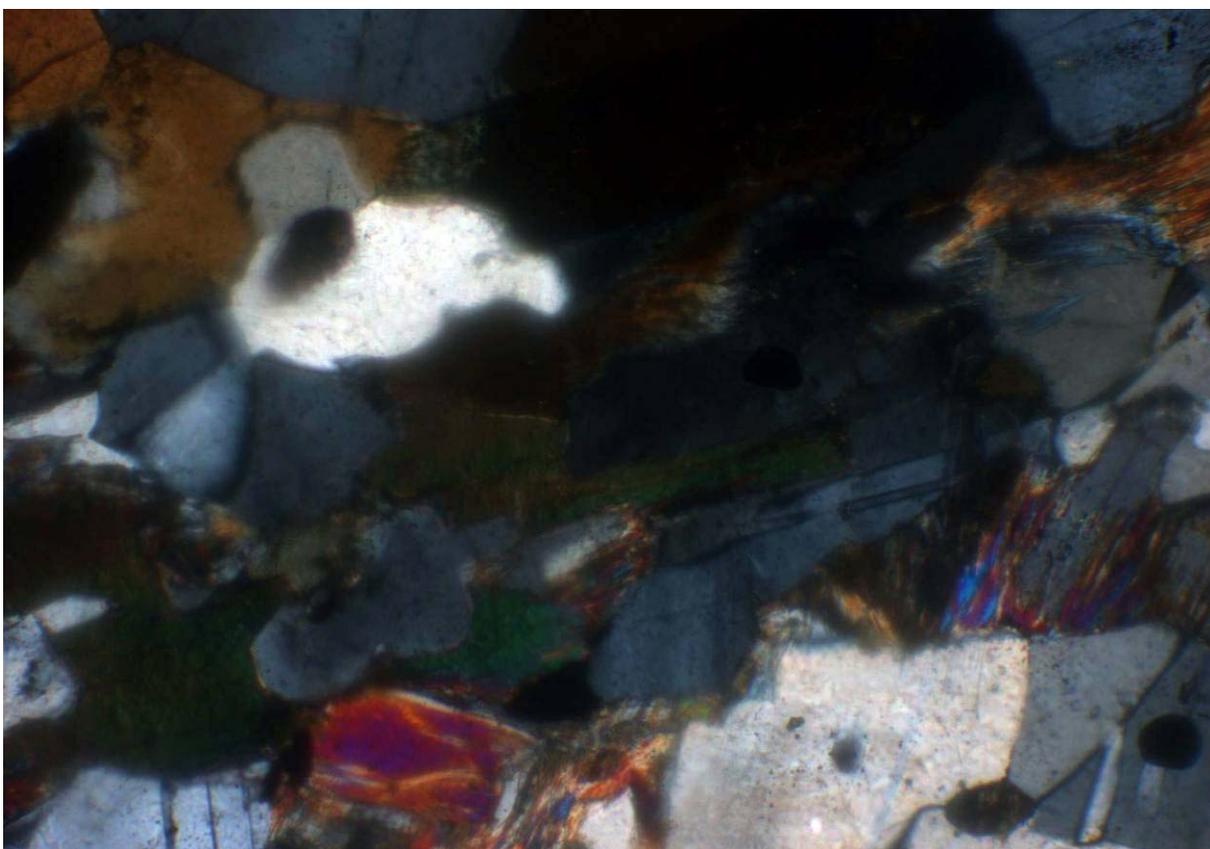


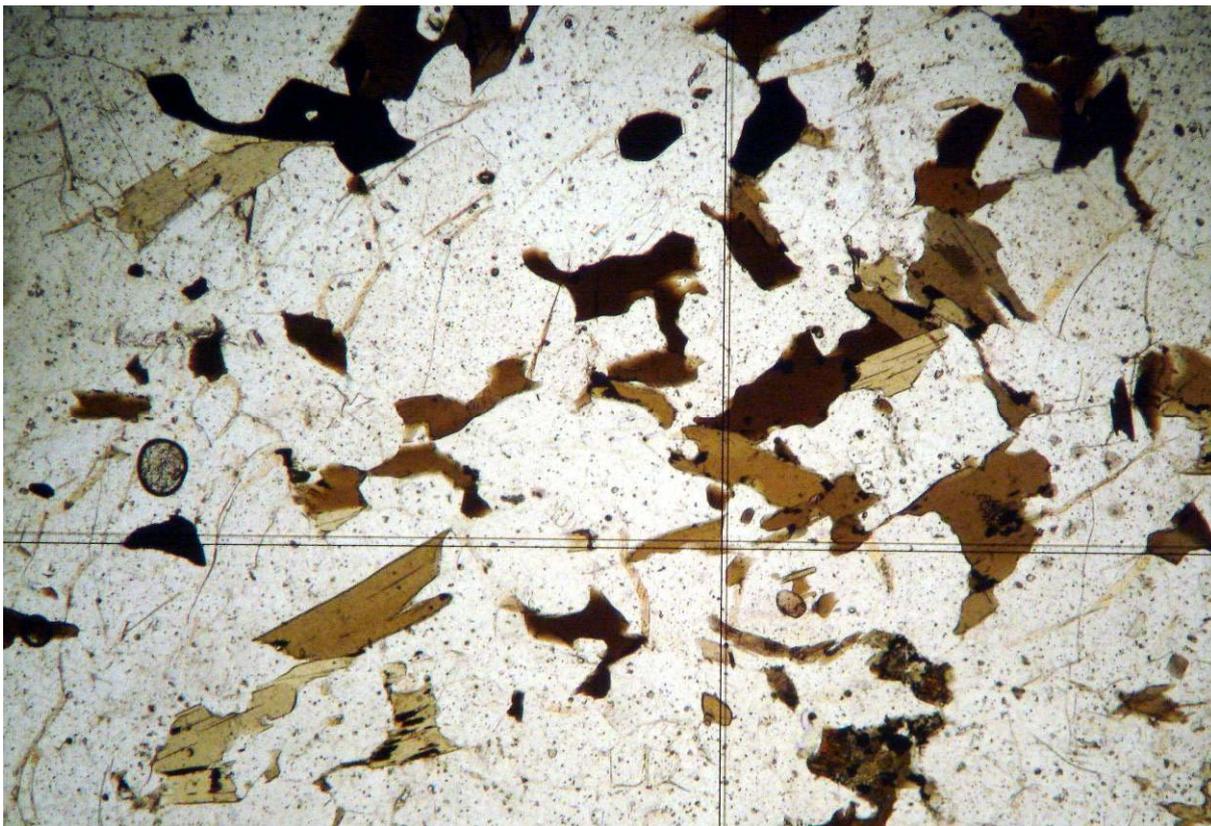
Figura 5.2a: diagrama P-T das condições de metamorfismo durante M₂ (área em destaque)



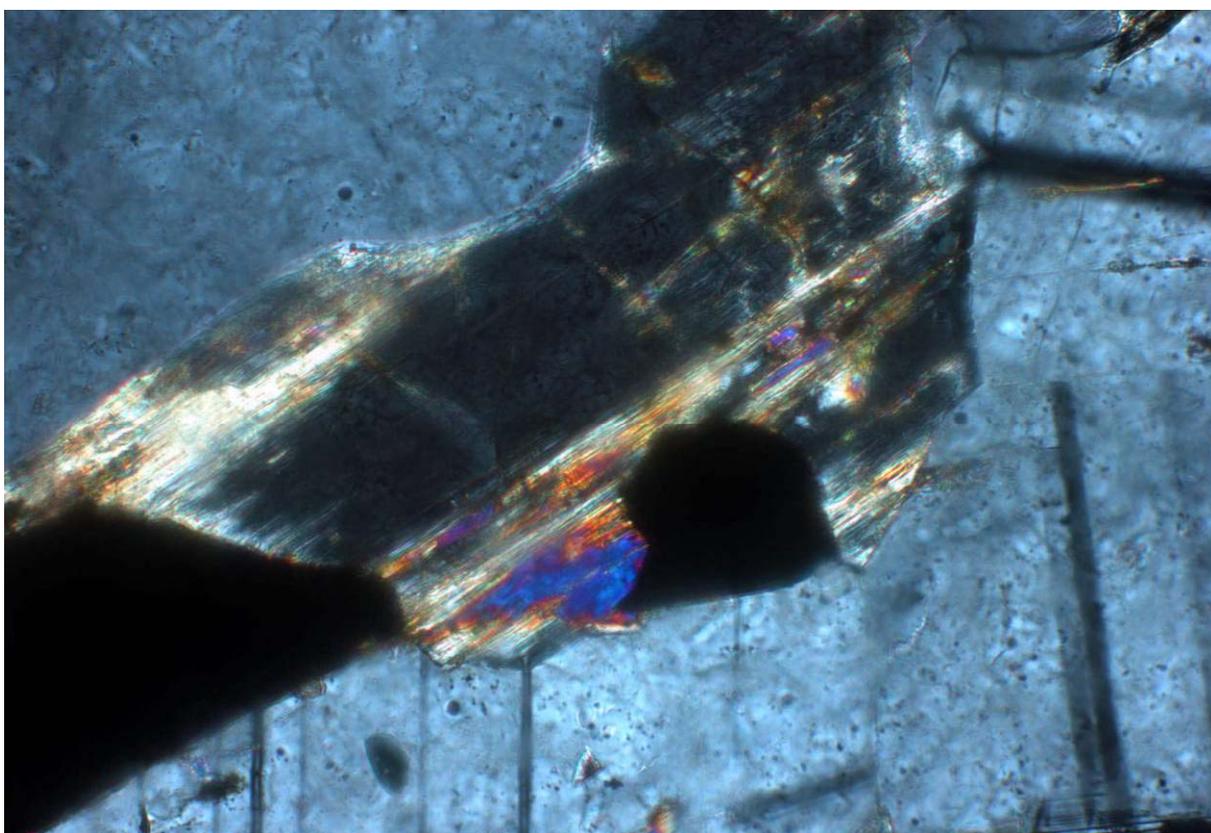
Fotomicrografia 5.2a: crescimento de Hbl a partir de Opx, atribuído a M_2 , em ortognaisse da Unidade Piranguinho (visada de 10x, lâmina FSR005)



Fotomicrografia 5.2c: metabasito da Unidade Brasópolis com crescimento de Bt, Cum e Hbl a partir de Cpx e Opx em fratura percolada por H_2O , durante M_2 (visada a 10x, lâmina VAC085)



Fotomicrografia 5.2b: recristalização de Bt em ortogneisse da Unidade Piranguinho durante M_2 (visada a 4x, lâmina FSR004e)



Fotomicrografia 5.2d: crescimento de Cum a partir de Opx (clinoenstatita) em metabasito da Unidade Brasópolis, durante M_2 (visada a 20x, lâmina VAC085)

5.3 – Retrometamorfismo

Em todas as rochas estudadas, com exceção dos granitos Santa Rita do Sapucaí e Serra da Mangueira, ocorrem associações minerais retrometamórficas superpostas às associações M_1 e M_2 . Foram observadas na escala de lâmina como faixas descontínuas de crescimentos minerais em bordas e coroas de substituição de grãos alterados.

Os crescimentos minerais atribuídos são Act+Hbl-Act+Chl+Bt±Cal (Fotos 5.3a). A ocorrência de Ms retrometamórfica é restrita às rochas do Embasamento e da Megasseqüência Andrelândia. Esses minerais geralmente ocorrem intercrescidos em proporções variadas, chegando a formar simplectitos evoluídos (Foto 5.3b), a partir da substituição parcial ou total de grãos de Opx, Cpx, Hbl, Kfs e Pl.

As fases minerais silicáticas são hidratadas. Verificou-se também a presença de cristais de Cal em alguns intercrescimentos minerais. Estes fatos sugerem que o retrometamorfismo ocorreu na presença de H_2O e localmente de H_2O+CO_2 .

As condições de P e T durante M_3 foram de fácies xisto verde (Fig. 5.3a). Foram atingidas provavelmente durante D_4 , quando a percolação de fluidos foi maior que nos estágios anteriores por ocorrerem zonas de cisalhamento profundas, após o último pico metamórfico (M_2).

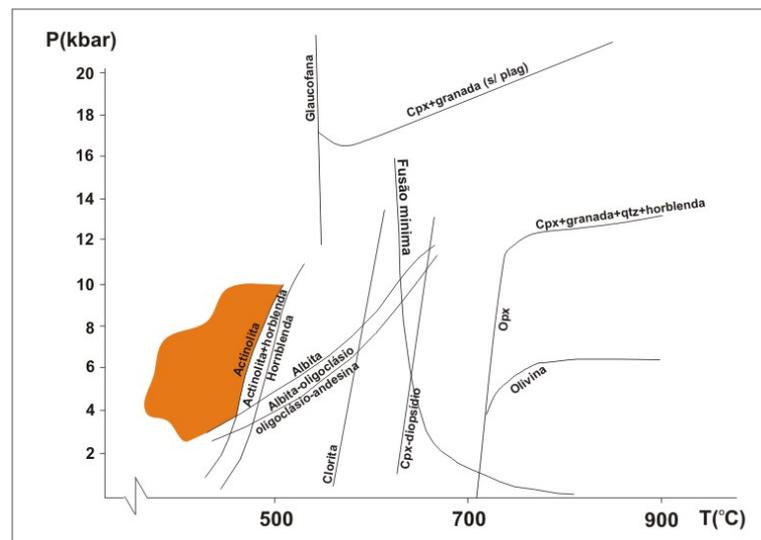
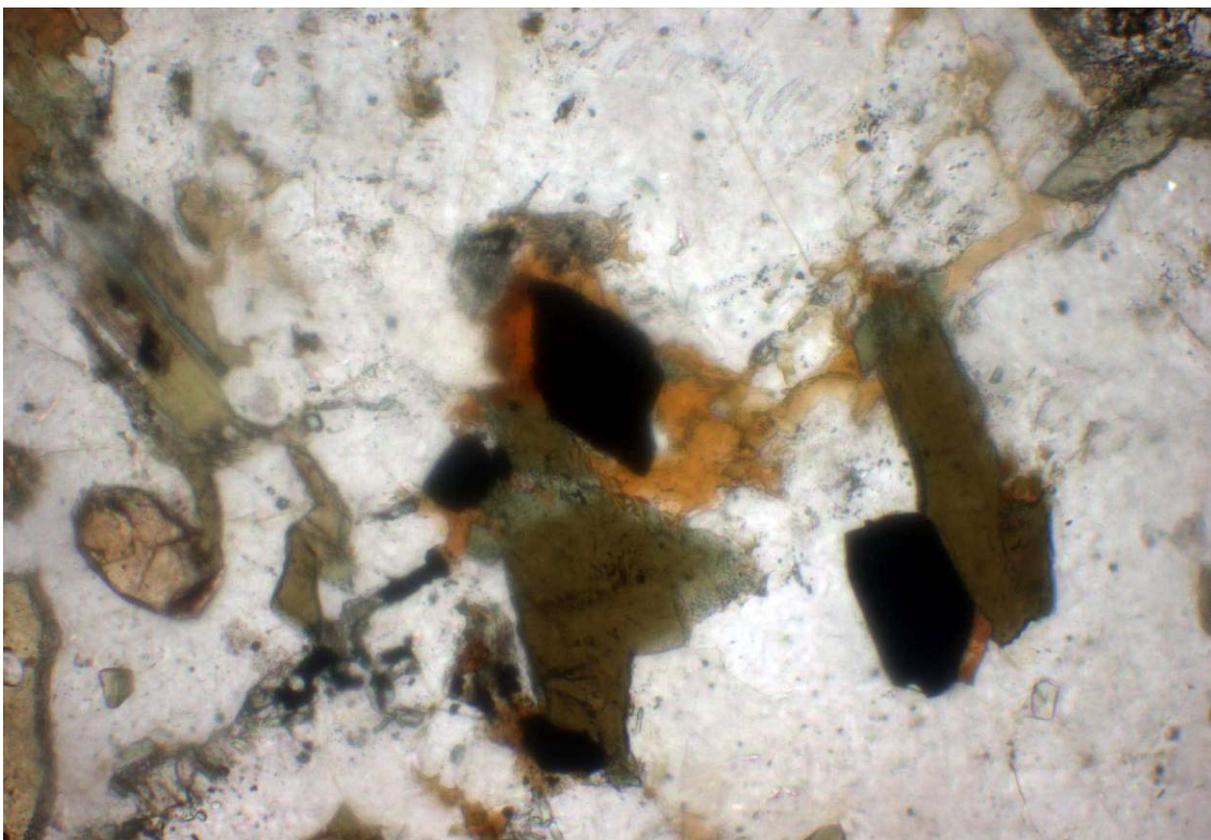
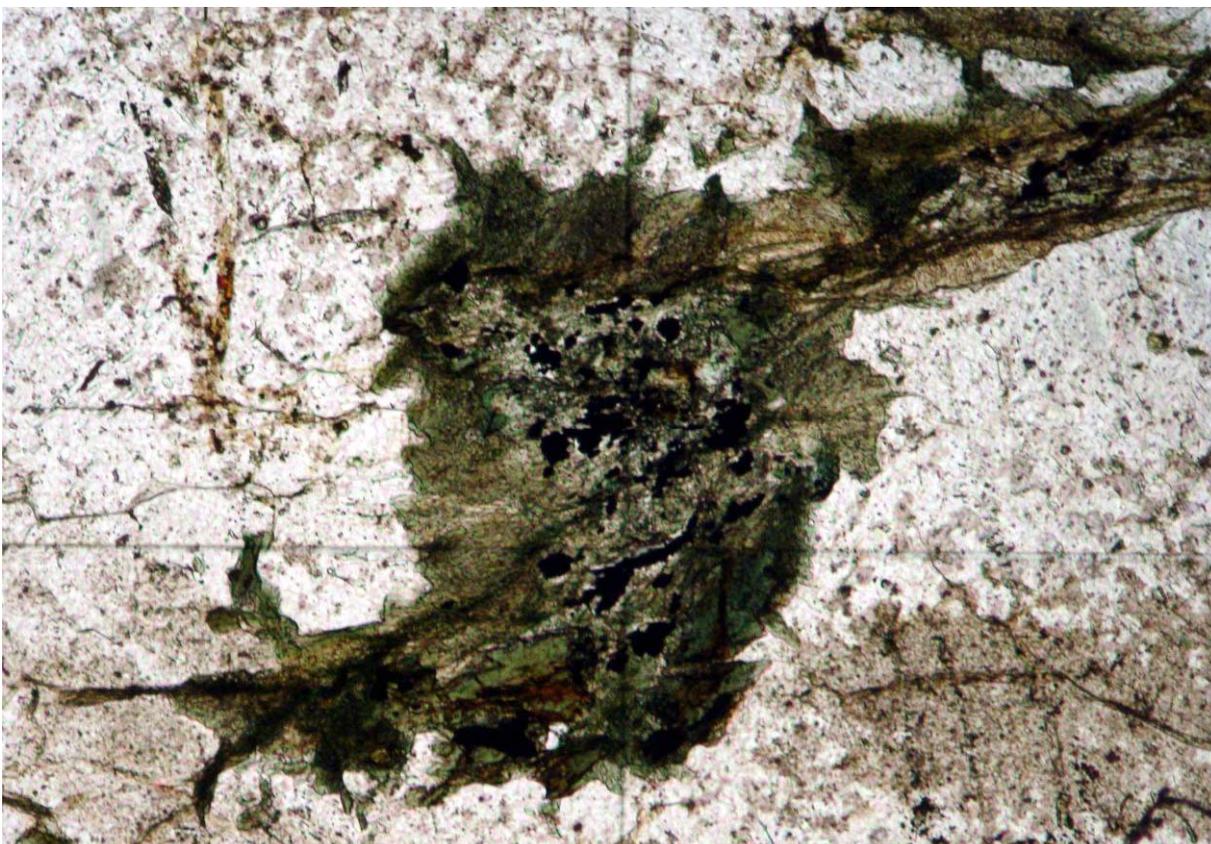


Figura 5.3a: diagrama P-T das condições de retrometamorfismo durante M_3 (área em destaque)



Fotomicrografia 5.3a: metabasito da Unidade Brasópolis crescimento retrometamórfico de Bt e Hbl-Act em fratura percolada com H₂O (visada de 10x, lâmina FSR005)



Fotomicrografia 5.3b: simplectito retrometamórfico com crescimento de Bt fibrosa, Hbl-Act, Act e Chl, em ortogneisse do Embasamento (visada a 4x, lâmina FSR077)

5.4 – Contextualização Regional

De acordo com a interpretação regional proposta por Trouw *et al.*, 2000a, ocorrem no sul de MG dois eventos metamórficos distintos, sendo o primeiro relacionado à Faixa Brasília (MB) e o segundo relacionado à Faixa Ribeira (MR).

Neste trabalho, considerou-se M_1 como correlacionável a MB e M_2 ao pico do metamorfismo MR. O evento M_3 denota um processo retrometamórfico associado ao estágio de deformação DR_3 da Faixa Ribeira.

Os dados de geotermobarometria e petrografia aqui apresentados permitem caracterizar MB no Complexo Socorro como de fácies granulito de pressão intermediária, com passagem tardia em fácies anfíbolito alto.

Campos Neto (2004) apresenta um resumo dos dados de geotermobarometria existentes para a *Nappe* Socorro-Guaxupé. De acordo com o autor, as rochas da Unidade Granulítica Basal atingiram pico metamórfico em $T \sim 850^\circ\text{C}$ e $P \sim 14\text{kbar}$, sob condições de alta pressão. As unidades superiores alcançaram condições máximas de metamorfismo em $T = 900 \pm 50^\circ\text{C}$ e $P = 6,5 \pm 2\text{kbar}$.

Nesse trabalho foram calculados valores de $T = 922 \pm 111^\circ\text{C}$ / $P = 10.2 \pm 3.4\text{kbar}$, $T = 961 \pm 183^\circ\text{C}$ / $P = 8.9 \pm 2.1\text{kbar}$ e $T = 905 \pm 98^\circ\text{C}$ / $P = 8.2 \pm 1.2\text{kbar}$ para o pico metamórfico M_1 . Dentro da margem de erro, os valores encontrados são compatíveis com os apresentados por Campos Neto (2004) para as unidades superiores. Porém os valores de P calculados neste trabalho apontam para um ambiente metamórfico mais profundo que o proposto pelo autor.

6 – CONCLUSÕES

A partir dos dados do mapeamento geológico e das análises laboratoriais, bem como das correlações feitas com as informações descritas na literatura, foram estabelecidas etapas da evolução geotectônica da área de estudos, apresentadas a seguir.

Na região de Santa Rita do Sapucaí, as rochas de idades mais antigas são representadas pelos ortognaisses monzograníticos a tonalíticos do Embasamento. Trata-se de plútons encaixados, deformados e metamorfizados durante a formação do Cinturão Mineiro, de idade transamazônica (Teixeira *et al.*, 2000).

Associado a esse evento, foi possível reconhecer texturas migmatíticas, indicando condições mínimas de metamorfismo em fácies anfibolito alto durante o Transamazônico. As orogenias neoproterozóicas foram responsáveis pela transposição quase completa das estruturas desta faixa móvel.

No início do Neoproterozóico, na borda meridional do paleocontinente São Francisco, foi alojado um sistema de riftes (Brito Neves *et al.*, 1999), processo que culminou na instalação de uma margem passiva com o desenvolvimento de uma bacia marginal (Bacia Andrelândia, Trouw *et al.*, 2000a). As rochas da Unidade Arantina (Megasseqüência Andrelândia) aflorantes na área de estudos representam a fácies distal do preenchimento sedimentar. A ocorrência de metaultrabásito no ponto FSR015 (Anexo I) provavelmente é relacionada ao magmatismo associado à evolução da bacia.

No final do Neoproterozóico, tem-se início a inversão tectônica da Bacia Andrelândia, a partir de subducção para W (Trouw *et al.*, 2000a). A atividade de arco ocorreu associada à margem ativa do paleocontinente Paranapanema e tem início em 670 Ma (Campos Neto, 2004). Na área de estudos, a raiz desse arco é representada pelas suítes quartzo-sienítica a tonalítica e gabróica a gabronorítica da Unidade Piranguinho. A Unidade Brasópolis representa coberturas sedimentares relacionadas ao arco, com composições predominantemente imaturas e lavas associadas.

O processo de colisão continental entre os paleocontinentes São Francisco e Paranapanema (Orógeno Brasília) ocorreu entre 625 e 610 Ma (Trouw *et al.*, 2000a).

Na área de estudos, D_1 e D_2 representam as fases de deformação desse evento, de caráter dúctil-rúptil. Foi responsável pela formação da foliação S_2 e da lineação L_2 , a partir da orientação dos minerais metamórficos sin-tectônicos. Um sistema de *nappes* Brasília foi observado, com transporte aparente para NE (*nappes* Lambari, Varginha e Socorro-Guaxupé). O empurrão basal da *Nappe* Socorro-Guaxupé representa a sutura dessa colisão.

O metamorfismo Brasília, tratado nesse trabalho como M_1 , é cedo a sin-colisional. Foi caracterizado em três domínios distintos: na *Nappe* Lambari (Embasamento), em fácies anfíbolito alto; na *Nappe* Varginha (Unidade Arantina), em fácies granulito de pressão alta; nas unidades Piranguinho e Brasópolis da *Nappe* Socorro-Guaxupé, em fácies granulito de pressão intermediária com passagem tardia por fácies anfíbolito alto. A isógrada metamórfica *Opx-in* segue o contato basal da *Nappe* Socorro-Guaxupé, sugerindo que o pico metamórfico foi anterior à colocação final das *nappes*.

Análises de geotermobarometria apresentadas neste trabalho apontam valores de $T=922 \pm 111^\circ\text{C}$ / $P=10.2 \pm 3.4\text{kbar}$, $T=961 \pm 183^\circ\text{C}$ / $P=8.9 \pm 2.1\text{kbar}$ e $T=905 \pm 98^\circ\text{C}$ / $P=8.2 \pm 1.2\text{kbar}$. Representam o auge do metamorfismo na *Nappe* Socorro-Guaxupé, a uma profundidade superior a 25km, em fácies granulito de pressão intermediária. Provavelmente, a posterior exumação das *nappes* implicou no reequilíbrio parcial das rochas em fácies anfíbolito alto.

Encaixados nas rochas das unidades Piranguinho e Brasópolis ocorrem corpos intrusivos sin-colisionais monzograníticos a quartzo-monzoníticos da Unidade Candelária. O Granito Serra da Mangueira é associado a um processo de fusão parcial *in situ* tardi-colisional ocorrido durante o metamorfismo Brasília.

A partir de 595 Ma, teve início o a Orogênese Ribeira (Heilbron *et al.*, 2000, 2004). Na área de estudos, foram caracterizadas duas fases de deformação atribuídas a essa orogenia (D_3 e D_4).

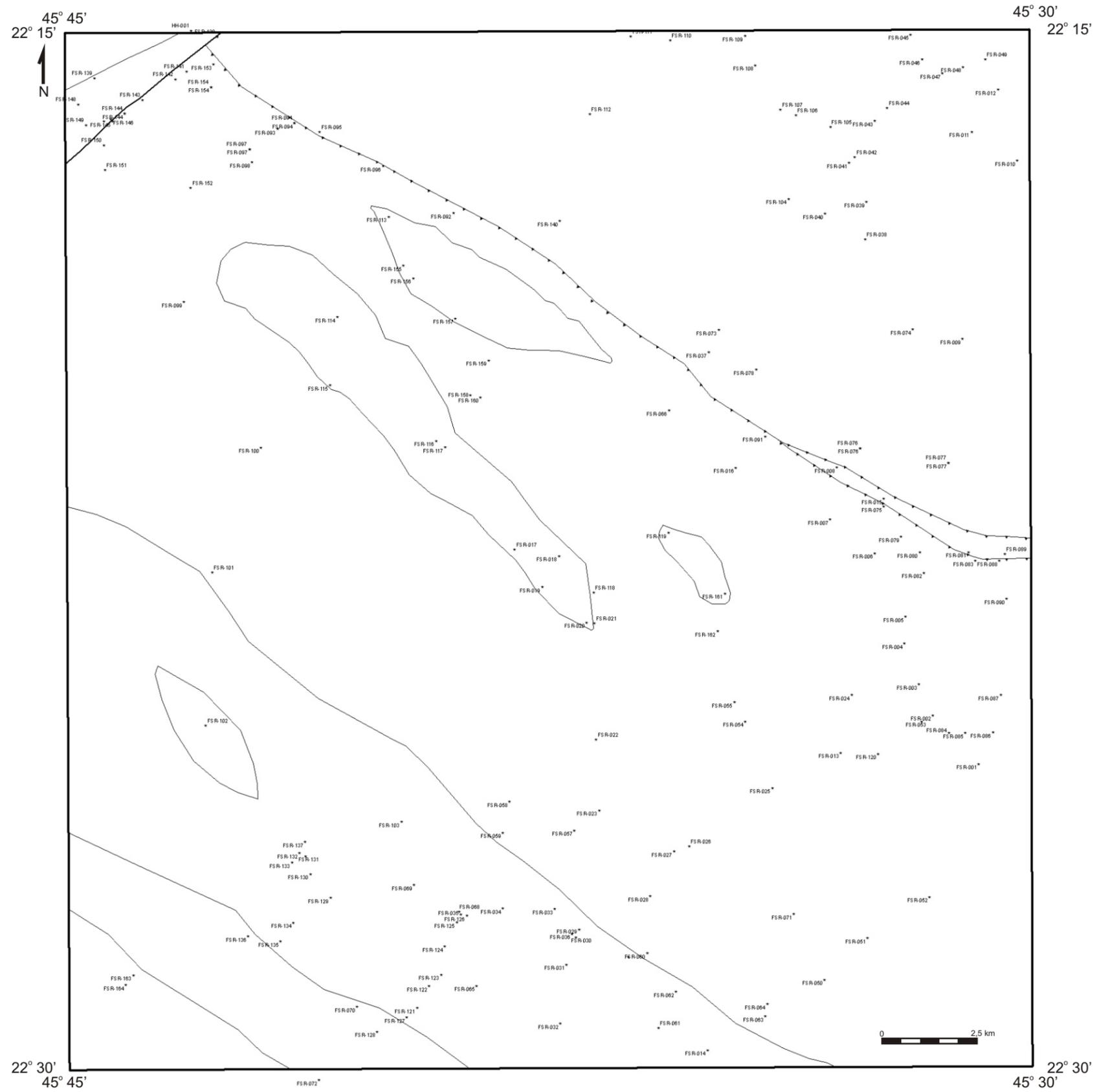
D_3 gerou megainflexões na escala de mapa da foliação S_2 , bem como zonas de cisalhamento transcorrentes sinistrais, a partir de um encurtamento NW-SE. Nesta fase, se instalaram novamente condições P-T de fácies anfíbolito alto, o que proporcionou recristalização generalizada das fases minerais crescidas durante o metamorfismo Brasília na área de estudos. Novos minerais cresceram em fraturas

com percolação de água. Um importante evento de anatexia deste período deu origem ao Granito Santa Rita do Sapucaí.

D₄ gerou a Zona de Cisalhamento Santa Rita do Sapucaí, de orientação NE-SW e movimento transcorrente dextral, a partir de compressão E-W. Foram observadas foliação milonítica S₄ e lineação de estiramento L₄. O retrometamorfismo generalizado ocorrido nas rochas estudadas foi atribuído a este evento Ribeira.

Durante o Fanerozóico, a área estudada passou por um longo período de relativa estabilidade geotectônica. Lineamentos N-S formados por rios e morros alinhados, para os quais não foi reconhecida uma causa nas orogêneses brasileiras, foram interpretados como reflexo de processos de tectônica cenozóica na área de estudos.

MAPA DE PONTOS DE COLETA DE DADOS COM PRINCIPAIS CONTORNOS ESTRUTURAIS MAPEADOS

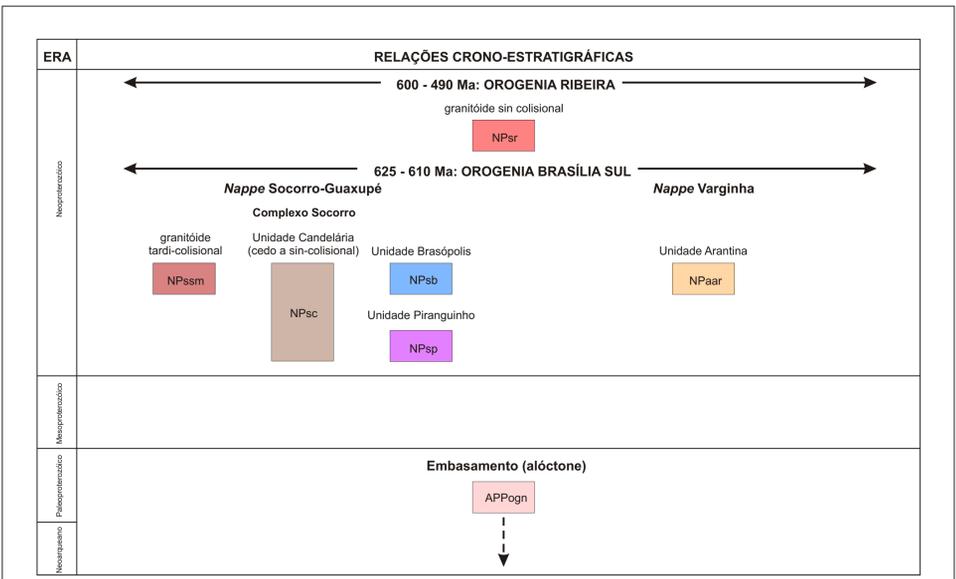
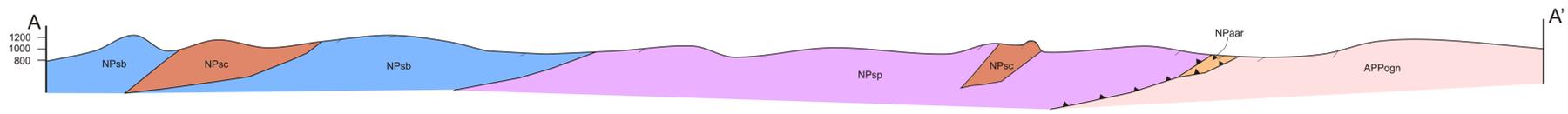
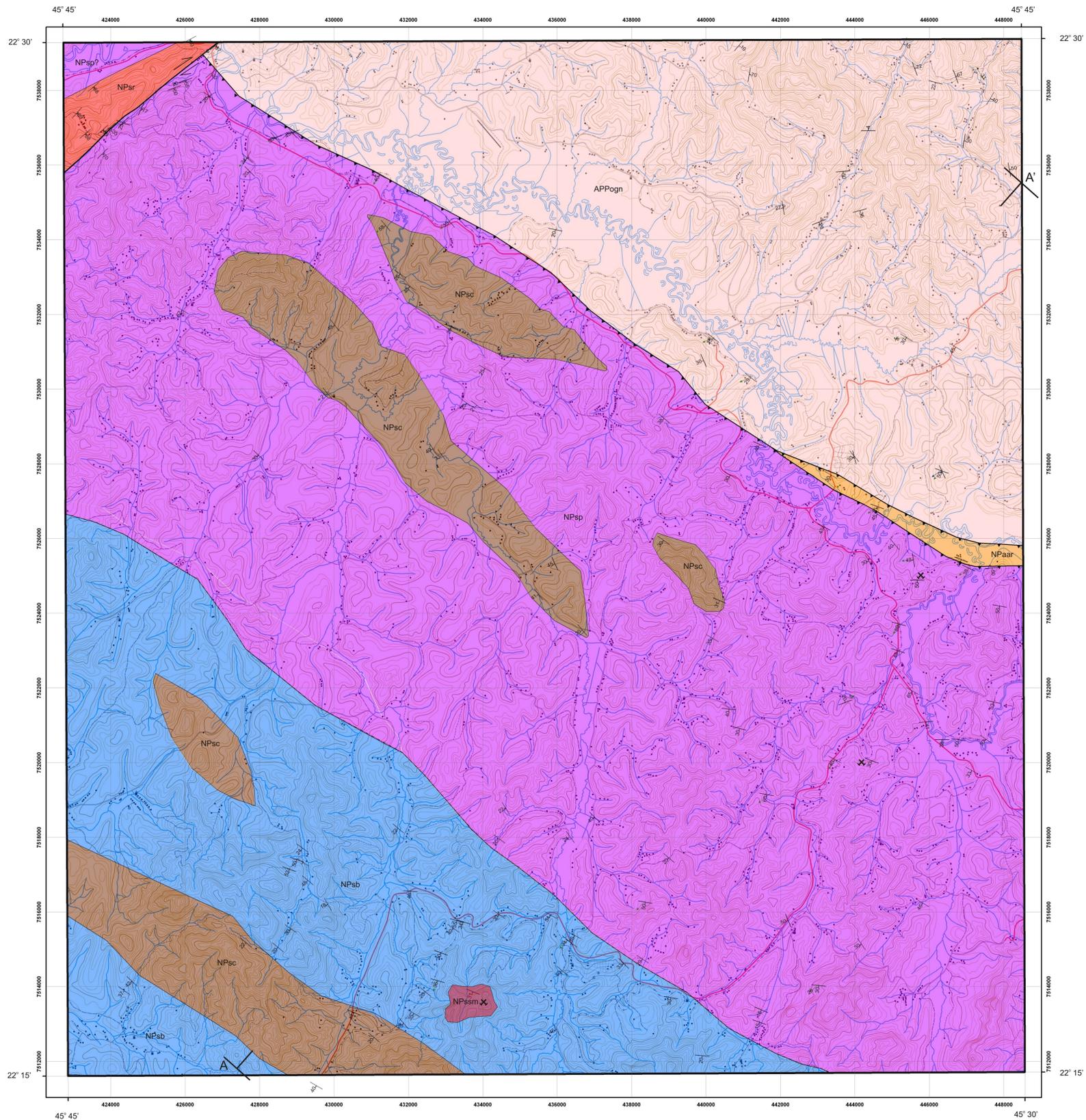


MAPA GEOLÓGICO DA FOLHA SANTA RITA DO SAPUCAÍ, MG



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA / PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

ANEXO II DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO "EVOLUÇÃO GEOTECTÔNICA DA REGIÃO DE SANTA RITA DO SAPUCAÍ, MG
AUTOR: FELIPE MATTOS TAVARES
ORIENTADOR: RUDOLPH ALLARD JOHANNES TROUW



UNIDADES DE MAPEAMENTO

NEOPROTEROZÓICO

- NPsr** Granito Santa Rita do Sapucaí: sienogranito intrusivo, frequentemente milonitizado
- Complexo Socorro**
 - NPssm** Granito Serra da Mangueira: sienogranito com Ms e Bt, intrusivo, com leve foliação tectônica
 - NPsc** Unidade Candelária: Hbl-Bt-ortogneisses intrusivos de composição monzogranítica a quartzo-monzonítica com textura oftálmica
 - NPsb** Unidade Brasópolis: Bt-(±Hbl)-(±Opx)-paragneisses migmatizados a diatexiticos, Gr-Bt-paragneisses migmatizados, Gr-Sil-Kfs-Bt-xistos a paragneisses, gnaisses calciossilicáticos, (±Opx)-(±Cpx)-Hbl-(±Bt)-metabasitos migmatizados e Bt-Ms-leucogranitos
 - NPsp** Unidade Piranguinho: (±Opx)-(±Cpx)-Hbl-Bt-ortogneisses de composição quartzo-sienítica a tonalítica intercalados com (±Opx)-Cpx-Hbl-(±Bt)-metabasitos e raras lentes de Gr-Sil-Kfs-Bt-paragneisse
- Megasequência Andreiândia**
 - NPaar** Unidade Arantina: Bt-Gr-paragneisse com intercalações de quartzitos e metatrabasito

ARQUEANO / PALEOPROTEROZÓICO

- APPogn** ortogneisses migmatíticos de composição monzogranítica a diorítica com intercalações de anfibolitos

METAMORFISMO

- rochas afetadas por metamorfismo pré-M1 (fácies anfibolito alto ou superior)
- rochas afetadas por M1 (fácies anfibolito alto, fácies granulito de alta pressão ou fácies granulito de pressão intermediária reestabilizado em fácies anfibolito alto)
- rochas afetadas por M2 (fácies anfibolito alto)
- rochas afetadas por retemperarismo (fácies xisto verde)

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

	contato intrusivo		atitude de foliação S ₁ (caimento indicado)
	contato brusco		atitude de foliação S ₂ (caimento indicado)
	zona de cisalhamento de baixo ângulo, movimento aparente de topo para NE (D ₁)		direção de lineação L ₁ (caimento indicado)
	zona de cisalhamento transcorrente destal (D ₂)		direção de lineação L ₂ (caimento indicado)

CONVENÇÕES TOPOLÓGICAS

	estrada pavimentada (mão dupla)		edificação
	estrada não-pavimentada		escola
	caminho não-pavimentado		igreja ou capela
	estrada de ferro desativada		hospital
	pista de pouso		pedreira desativada
	rede de alta tensão		cidade ou distrito
	rio (margem simples, margem dupla)		
	curva de nível com altitude indicada (simples, mestra)		

LOCALIZAÇÃO E ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

ESCALA 1:50.000
PROJEÇÃO UTM
A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA VARIA 6° POR ANO

Ponto	UTM E	UTM N	afl.	Un.	Litologia	S2	L2	D2-eixo	D2-Pax	S4	L4
FSR-001	447140	7519773	fresco	P	ortognaisse migmatítico heterogêneo	210 / 33					
lentes anatéticas têm granulometria relativamente mais grossa; algumas bandas com concentração de granadas milimétricas											
FSR-002	445914	7521075	fresco	P	ortognaisse migmatítico heterogêneo, anfibolito	175 / 41					
augens de K-feldspato de até 6cm											
FSR-003	445544	7521902	fresco	P	ortognaisse migmatítico heterogêneo, anfibolito	210 / 65					
bandamento composicional marcante, com bandas mais graníticas ou mais tonalíticas; granada											
FSR-004	445151	7522985	fresco	P	(±Grt)-ortognaisse migmatítico heterogêneo	198 / 43					
bandas ricas em granada, feldspato perítico, sem Al ₂ SiO ₅ (restito ou paragnaisse?)											
FSR-005	445182	7523707	fresco	P	ortognaisse migmatítico heterogêneo, anfibolito	195 / 50	205 / 40				
bandas ricas em granada e K-feldspato, corpos anfibolíticos, banda milonítica; indicadores cinemáticos (planos S/C) com movimento up dip (topo para NE)											
FSR-006	444360	7525395	fresco	P	ortognaisse migmatítico heterogêneo	240 / 30					
banda milonítica, bandas ricas em anfibólio											
FSR-007	443166	7526300	pouco alterado	P	ortognaisse migmatítico heterogêneo	207 / 43					
FSR-008	443351	7527688	muito alterado	MA?	rocha estratificada	210 / 30					
FSR-009	446702	7531116	muito alterado	E	ortognaisse	210 / 45					
FSR-010	448163	7535879	fresco	E	ortognaisse migmatítico	80 / 50					
FSR-011	446948	7536646	fresco	E	bt ortognaisse migmatítico	100 / 30					
FSR-012	447650	7537772	fresco	E	bt ortognaisse migmatítico	120 / 40					
variações granulométricas marcantes; dobras assimétricas											
FSR-013	443453	7520073	fresco	P	ortognaisse migmatítico heterogêneo, anfibolito	208 / 40	208 / 40	298 / 40	208 / 40		
dobra isoclinal, pax paralelo à foliação											
FSR-014	439896	7512139	fresco	B	bt paragnaisse	185 / 20					
quantidade de biotita muito superior aos pontos das outras unidades											
FSR-015	444598	7526851	fresco	MA	bt grt paragnaisse, rocha ultramáfica	200 / 25	230 / 20	320 / 20	200 / 25		
bandamento composicional marcante (bandas c/ +biotita, xistosos, intermediários e outros mais quartzo-feldspáticos); lente decimétrica de rocha ultramáfica											
FSR-016	440645	7527683	pouco alterado	P	ortognaisse migmatítico	210 / 30					
FSR-017	434740	7525502	fresco	C	granitóide porfírico deformado						
FSR-018	435929	7525326	fresco	C	granitóide porfírico deformado	245 / 45					
FSR-019	435482	7524493	pouco alterado	C	granitóide porfírico deformado	233 / 41					
FSR-020	436665	7523547	pouco alterado	C	granitóide porfírico deformado	230 / 20					
FSR-021	436879	7523523	muito alterado	P?	ortognaisse migmatítico, anfibolito						
FSR-022	436919	7520422	fresco	P?	ortognaisse homogêneo						
Lineação de estiramento muito forte, quase um L tectonito											
FSR-023	436999	7518537	alterado	P	ortognaisse migmatítico, anfibolito	225 / 40					
caroços de anfibolito métricos (partes de um boudin?) defletem fortemente a foliação											

Ponto	UTM E	UTM N	afl.	Un.	Litologia	S2	L2	D2-eixo	D2-Pax	S4	L4
FSR-024	443742	7521614	pouco alterado	P	ortognaisse migmatítico heterogêneo	340 / 20	50 / 5				
FSR-025	441625	7519133	alterado	P	ortognaisse migmatítico heterogêneo	190 / 60	220 / 50				
FSR-026	439404	7517582	fresco	P	ortognaisse migmatítico heterogêneo						
FSR-027	439002	7517437	alterado	P	ortognaisse migmatítico	220 / 20					
FSR-028	438366	7516251	fresco	P	ortognaisse migmatítico	190 / 50	225 / 40				
FSR-029	436464	7515361	muito alterado	B	paragnaisse	208 / 35					
estratificação composicional marcante (acentuada pela alteração)											
FSR-030	436374	7515149	alterado	B	grt bt paragnaisse, sil grt bt xisto, gn. Cal-Sil	216 / 45					
litotipos intercalados em estratos centimétricos a decimétricos											
FSR-031	436125	7514422	alterado	B	paragnaisse, anfíbolito	220 / 40					
estratificação composicional marcante (acentuada pela alteração)											
FSR-032	435968	7512845	muito alterado	B?	gnaisse	240 / 45					
FSR-033	435815	7515904	fresco	B	bt paragnaisse, anfíbolito	210 / 54					
estratificação composicional marcada pela maior ou menor concentração de biotita; anfíbolios nas bandas escuras											
FSR-034	434431	7515921	fresco	B	bt paragnaisse	215 / 30					
estratificação composicional marcada pela maior ou menor concentração de biotita; anfíbolios nas bandas escuras											
FSR-035	433301	7515765	alterado	B	bt paragnaisse	195 / 55					
FSR-036	436277	7515238	fresco	B	grt bt paragnaisse, sil grt bt xisto	220 / 34	220 / 34				
FSR-037	439923	7530759	fresco	E	ortognaisse migmatítico homogêneo, anfíbolito	246 / 30					
FSR-038	444103	7533772	fresco	E	ortognaisse migmatítico homogêneo						
FSR-039	444135	7534774	fresco	E	bt ortognaisse migmatítico	165 / 35					
quantidade de leucossoma é muito grande (50%)											
FSR-040	443036	7534460	pouco alterado	E	bt ortognaisse migmatítico	158 / 28					
FSR-041	443677	7535818	alterado	E	bt ortognaisse migmatítico	175 / 50					
FSR-042	443827	7535971	fresco	E	bt ortognaisse migmatítico, anfíbolito						
boudins de anfíbolito; dobras abertas a fechadas, pax paralelo à foliação											
FSR-043	444363	7536931	alterado	E	bt ortognaisse migmatítico c/ grt	0 / 4					
FSR-044	444692	7537283	fresco	E	bt ortognaisse migmatítico c/ grt						
FSR-045	445315	7539237	alterado	E	bt ortognaisse migmatítico c/ grt	120 / 15					
FSR-046	445620	7538578	muito alterado	E	gnaisse, anfíbolito	70 / 72					
FSR-047	446165	7538203	fresco	E	bt ortognaisse migmatítico c/ grt	194 / 22					
augens de feldspato de até 8cm											
FSR-048	446718	7538372	muito alterado	E	bt ortognaisse migmatítico c/ grt	70 / 67					
FSR-049	447307	7538585	fresco	E	bt ortognaisse migmatítico c/ grt		149 / 31				
FSR-050	443024	7514020	fresco	P	ortognaisse migmatítico homogêneo	186 / 30	232 / 25				

Ponto	UTM E	UTM N	afl.	Un.	Litologia	S2	L2	D2-eixo	D2-Pax	S4	L4
FSR-051	444172	7515131	muito alterado	P	ortognaisse migmatítico homogêneo	235 / 30					
FSR-052	445822	7516224	muito alterado	P	ortognaisse migmatítico homogêneo	211 / 46					
FSR-053	445613	7520907	fresco	P	ortognaisse migmatítico heterogêneo						
FSR-054	440899	7520907	muito alterado	P	ortognaisse migmatítico homogêneo	195 / 30					
FSR-055	440610	7521419	fresco	P	ortognaisse migmatítico homogêneo	186 / 40					
FSR-056	437780	7514618	muito alterado	B?	gnaisse	225 / 33					
estratificação composicional marcante (acentuada pela alteração)											
FSR-057	436339	7518001	alterado	P	ortognaisse migmatítico homogêneo	234 / 24					
FSR-058	434604	7518770	alterado	P	ortognaisse migmatítico homogêneo	238 / 22					
FSR-059	434432	7517942	pouco alterado	P?	bt ortognaisse	217 / 20					
bandamento composicional marcado por bandas mais ou menos ricas em biotita											
FSR-060	438287	7514725	muito alterado	P?	gnaisse homogêneo	213 / 29					
FSR-061	438585	7512737	fresco	B	paragnaisse						
FSR-062	439052	7513695	fresco	B	bt paragnaisse	190 / 30					
FSR-063	441435	7513041	pouco alterado	P	ortognaisse migmatítico homogêneo	200 / 15					
quantidade de leucossoma é muito grande (50%)											
FSR-064	441488	7513366	fresco	P	ortognaisse migmatítico homogêneo	203 / 18					
FSR-065	433728	7513852	fresco	SM	granitóide porfirítico, bt paragnaisse	202 / 31					
Granitóide encaixado no paragnaisse, derivado de fusão parcial in situ; lentes melanossomáticas no granitóide											
FSR-066	438867	7529210	fresco	P	ortognaisse migmatítico heterogêneo	221 / 38		385 / 10	221 / 38		
FSR-068	433258	7515831	muito alterado	B	bt paragnaisse, anfíbolito						
foliação bastante irregular											
FSR-069	432059	7516544	muito alterado	B	bt paragnaisse migmatítico	185 / 46					
algumas bandas são bastante biotíticas (xistosas)											
FSR-070	430537	7513296	fresco	C	granitóide porfirítico	203 / 44					
FSR-071	442198	7515766	alterado	P	ortognaisse migmatítico, anfíbolito	247 / 50					
FSR-072	429521	7511337	fresco	C	granitóide porfirítico	210 / 40					
FSR-073	440191	7531359	fresco	E	ortognaisse migmatítico homogêneo	219 / 25	245 / 15				
foliação milonítica em algumas bandas											
FSR-074	445379	7531370	fresco	E	ortognaisse migmatítico homogêneo	210 / 30	260 / 15				
foliação milonítica em algumas bandas											
FSR-075	444601	7526646	fresco	P	ortognaisse migmatítico	215 / 45					
bandas félsicas e máficas intercaladas em escala métrica; foliação milonítica											
FSR-076	443975	7528200	fresco	E	ortognaisse migmatítico homogêneo	230 / 30				255 / 30	
zonas de cisalhamento de espessura milimétrica a centimétrica (255/30)											

Ponto	UTM E	UTM N	afl.	Un.	Litologia	S2	L2	D2-eixo	D2-Pax	S4	L4
FSR-077	446333	7527805	fresco	E	ortognaisse migmatítico, anfíbolito	200 / 50	220 / 38			245 / 30	235 / 33
veios aplíticos pré-deformacionais, enclaves (autólitos) de um material mais fino, leucossoma encaixado em ZCs pós D1											
FSR-078	441190	7530297	fresco	E	ortognaisse migmatítico	217 / 29	245 / 20				
FSR-079	445065	7525835	fresco	P	ortognaisse migmatítico heterogêneo	230 / 40		335 / 40	230 / 40		
intercalação de bandas félsicas e máficas (bt, hbl); dobras apertadas a isoclinais											
FSR-080	445563	7525424	fresco	P	ortognaisse migmatítico, anfíbolito	260 / 42	260 / 42				
FSR-081	446858	7525430	muito alterado	MA	paragnaisse, quartzito, anfíbolito (?)	200 / 40					
FSR-082	445675	7524875	fresco	P	ortognaisse migmatítico homogêneo	180 / 50					
gnaisse máfico, esverdeado, com pouca variação granulométrica; foliação difícil de ver											
FSR-083	447051	7525198	fresco	P	ortognaisse migmatítico homogêneo	205 / 38	230 / 25				
FSR-084	446341	7520604	fresco	P	ortognaisse migmatítico homogêneo, anfíbolito	180 / 38					
FSR-085	446781	7520604	fresco	P	sil grt bt paragnaisse migmatítico	190 / 50					
rocha bastante estratificada, níveis mais quartzosos											
FSR-086	447516	7520616	fresco	P	ortognaisse migmatítico homogêneo	215 / 50					
augens de plagioclásio girados (?) indicam movimento up dip (?)											
FSR-087	447723	7521616	fresco	P	ortognaisse migmatítico homogêneo	192 / 53		367 / 53	192 / 53		
dobras abedidas a apertadas D2											
FSR-088	447690	7525200	fresco	P	ortognaisse migmatítico	175 / 50					
FSR-089	447833	7525380	pouco alterado	MA	quartzito						
FSR-090	447886	7524179	fresco	P	ortognaisse migmatítico	190 / 50					
foliação milonítica em algumas bandas; ZCs oblíquas ao S2											
FSR-091	441434	7528513	pouco alterado	P	ortognaisse migmatítico homogêneo	204 / 40					
foliação milonítica, rocha com mtos porfiroclastos											
FSR-092	433108	7534477	alterado	P	ortognaisse migmatítico homogêneo	230 / 35	230 / 35				
foliação milonítica, alguns níveis biotíticos, lentes quartzosas											
FSR-093	428412	7536726	fresco	P	ortognaisse migmatítico heterogêneo	230 / 50				160 / 70	
bandas grossas leucocráticas c/ textura oftálmica e bandas finas, melanocráticas; ZCs e dobras D4 cortam e/ou redobram dobras D2											
FSR-094	428867	7536871	fresco	P	ortognaisse migmatítico heterogêneo	230 / 45				163 / 72	
bandas grossas leucocráticas c/ textura oftálmica e bandas finas, melanocráticas; ZCs e dobras D4 cortam e/ou redobram dobras D2											
FSR-095	429537	7536642	fresco	E?	ortognaisse migmatítico homogêneo						
FSR-096	431227	7535725	fresco	P	ortognaisse migmatítico homogêneo, anfíbolito	210 / 40	210 / 40	300 / 40	210 / 40		
níveis miloníticos (?)											
FSR-097	427662	7536179	alterado	P	ortognaisse migmatítico	221 / 24	220 / 24			120 / 74	
foliação milonítica (?) D4; fitas de quartzo, matriz escura biotítica, textura oftálmica											
FSR-098	427731	7535829	muito alterado	P	ortognaisse migmatítico	225 / 20					

Ponto	UTM E	UTM N	afl.	Un.	Litologia	S2	L2	D2-eixo	D2-Pax	S4	L4
FSR-099	425911	7532105	alterado	P	ortognaisse migmatítico	210 / 32					
FSR-100	427968	7528219	alterado	P	ortognaisse migmatítico	223 / 30					
FSR-101	426665	7524892	fresco	B?	bt paragnaisse						
rocha fina, biotítica, com um ou outro feldspato tipo augen											
FSR-102	426498	7520797	fresco	C	granitóide porfirítico						
FSR-103	431723	7518234	muito alterado	B?	gnaisse	220 / 22					
leve estratificação composicional											
FSR-104	442061	7534855	fresco	E	bt ortognaisse migmatítico	260 / 27					
S2 (plano de crescimento de bt) está crenulando S1, além de formar dobras abertas a apertadas; leucossoma encaixado em S1; foliação S1 ~ 100/67											
FSR-105	443179	7536777	fresco	E	bt ortognaisse migmatítico						
FSR-106	442255	7537094	fresco	E	bt ortognaisse migmatítico						
FSR-107	441840	7537239	fresco	E	bt ortognaisse migmatítico						
FSR-108	441172	7538417	alterado	E	bt ortognaisse migmatítico	100 / 70					
FSR-109	440894	7539199	pouco alterado	E	bt ortognaisse migmatítico	130 / 10					
FSR-110	438905	7539084	alterado	E	bt ortognaisse migmatítico						
FSR-111	437838	7539194	fresco	E?	ortognaisse homogêneo						
rocha bastante homogênea, raras lentes quartzosas sugerem uma leve foliação											
FSR-112	436751	7537114	muito alterado	E?	ortognaisse homogêneo						
FSR-113	431382	7534375	muito alterado	C	granitóide porfirítico	230 / 58	230 / 58				
FSR-114	430008	7531701	muito alterado	C	granitóide porfirítico	233 / 49					
FSR-115	429819	7529879	pouco alterado	C	granitóide porfirítico	230 / 21	230 / 21				
FSR-116	432651	7528397	alterado	C	granitóide porfirítico	238 / 40					
FSR-117	432890	7528224	fresco	C	granitóide porfirítico	234 / 33					
FSR-118	436856	7524354	alterado	P	ortognaisse migmatítico						
FSR-119	438853	7525941	fresco	C	granitóide porfirítico	215 / 30					
FSR-120	444450	7520045	fresco	P	ortognaisse migmatítico heterogêneo, anfibolito	200 / 30					
FSR-121	432140	7513268	fresco	B	bt paragnaisse migmatítico	210 / 35					
migmatito bem avançado, partes se assemelham ao granitóide do ponto 065, contatos bastante irregulares e por vezes difusos											
FSR-122	432458	7513849	fresco	B	bt paragnaisse migmatítico	220 / 20					
FSR-123	432780	7514154	fresco	B	bt paragnaisse migmatítico	196 / 36	196 / 36	286 / 36	196 / 36		
FSR-124	432874	7514902	alterado	B	bt paragnaisse migmatítico	200 / 30					
FSR-125	433201	7515550	alterado	B	bt paragnaisse migmatítico	215 / 40					
FSR-126	433466	7515725	fresco	B	bt paragnaisse migmatítico	197 / 34					
FSR-127	431862	7513011	fresco	B	bt paragnaisse migmatítico	230 / 20					
FSR-128	431077	7512632	fresco	C	granitóide porfirítico	220 / 20					

Ponto	UTM E	UTM N	afl.	Un.	Litologia	S2	L2	D2-eixo	D2-Pax	S4	L4
FSR-129	429825	7516200	fresco	B	bt paragnaisse migmatítico	240 / 18					
FSR-130	429293	7516837	muito alterado	B	bt paragnaisse migmatítico	220 / 48					
estratificação composicional ressaltada pela alteração											
FSR-131	429160	7517315	alterado	B	bt paragnaisse migmatítico	212 / 37					
FSR-132	428998	7517395	fresco	B	bt paragnaisse migmatítico	199 / 50					
FSR-133	428799	7517139	pouco alterado	B	bt paragnaisse migmatítico	200 / 52					
FSR-134	428835	7515540	muito alterado	B	bt paragnaisse migmatítico	215 / 30					
FSR-135	428494	7515042	fresco	B	bt paragnaisse migmatítico, anfibolito	220 / 20					
FSR-136	427630	7515177	fresco	C	granitóide porfirítico	219 / 22					
FSR-137	429147	7517693	alterado	B	bt paragnaisse migmatítico	216 / 24					
FSR-138	426803	7539177	fresco	SR	granitóide porfirítico					140 / 87	233 / 2
granitóide porfirítico deformado em algumas partes; fenocristais idiomórficos, parte deles amendoada; ZCs cortando o corpo (S2); sulfetos											
FSR-139	423523	7538068	fresco	SR	granitóide porfirítico					140 / 88	
HH-001	426105	7539344	fresco	SR	granitóide porfirítico					152 / 60	
corpo pegmatítico ortogonal à foliação											
FSR-140	435950	7534263	fresco	E	ortognaisse homogêneo	192 / 20					
foliação milonítica; fenocristais de K-feldspato, matriz biotítica											
FSR-141	425987	7538248	fresco	SR	granitóide porfirítico					160 / 55	250 / 20
foliação miloníticaplanos S/C indicam movimento destal											
FSR-142	425682	7538044	pouco alterado	SR	granitóide porfirítico					160 / 50	
foliação miloníticaplanos S/C indicam movimento destal											
FSR-143	424812	7537484	fresco	P	ortognaisse					115 / 17	
FSR-144	424335	7537129	fresco	P	ortognaisse	200 / 25				135 / 47	
aplitos e pegmatitos encaixados em ZCs D4											
FSR-145	424007	7536920	fresco	P	ortognaisse	125 / 35					
FSR-146	423961	7536978	alterado	SR	granitóide porfirítico					140 / 80	
foliação milonítica, ultramilonítica											
FSR-147	423770	7536921	fresco	SR	granitóide porfirítico					140 / 85	
porfitoclastos de feldspato, foliação milonítica											
FSR-148	423086	7537374	fresco	SR	granitóide porfirítico					132 / 89	
parte dos fenocristais está amendoada											
FSR-149	423302	7536813	fresco	SR	granitóide porfirítico					140 / 88	
granulometris fina (bastante deformada), com alguns fenocristais idiomórficos preservados de até 3cm											
FSR-150	423772	7536283	alterado	P	ortognaisse					135 / 70	
FSR-151	423801	7535619	fresco	P	ortognaisse						

Ponto	UTM E	UTM N	afl.	Un.	Litologia	S2	L2	D2-eixo	D2-Pax	S4	L4
matriz fina biotítica, cristais de até 6cm de feldspato											
FSR-152	426090	7535146	fresco	P	ortognaisse migmatítico						
FSR-153	426705	7538445	fresco	P	ortognaisse migmatítico	140 / 20					
FSR-154	426633	7537836	fresco	P	ortognaisse migmatítico	217 / 20		278 / 70		150 / 80	230 / 20
duas gerações de dobras, D2 e D4											
FSR-155	431774	7533075	muito alterado	C	granitóide porfirítico	215 / 25					
FSR-156	432033	7532735	alterado	C	granitóide porfirítico	212 / 40					
FSR-157	433160	7531659	alterado	C	granitóide porfirítico	203 / 26					
FSR-158	433565	7529618	alterado	P	ortognaisse homogêneo	215 / 25					
FSR-159	434051	7530542	fresco	P	ortognaisse migmatítico homogêneo	210 / 25					
FSR-160	433828	7529557	alterado	P	ortognaisse homogêneo	218 / 21					
FSR-161	440358	7524327	fresco	C	granitóide porfirítico	203 / 31					
FSR-162	440163	7523318	fresco	P	ortognaisse migmatítico	210 / 35					
granadas grandes, bastante biotita											
FSR-163	424563	7514134	alterado	B	bt paragnaisse	223 / 42					
FSR-164	424362	7513874	muito alterado	B	bt ortognaisse	216 / 37					

SR: Granito Santa Rita do Sapucaí

SM: Granito Serra da Mangueira

C: Unidade Candelária

B: Unidade Brasópolis

P: Unidade Piranguinho

MA: Megasseqüência Andrelândia (Unidade Arantina)

E: Embasamento (indiviso)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M., 1977. O Cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geociências*, **7**: 349-364.
- ALMEIDA, J.C.H. 1992. Mapeamento geológico da Folha Luminárias - MG (1:50.000), ênfase na análise estrutural dos metassedimentos do Ciclo Andrelândia. Dissertação de Mestrado, IGEO-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 102 p.
- BITTAR, S.M.B. 1989. Mapeamento geológico-estrutural da Folha Caxambú e da parte sul da Folha Luminárias. Dissertação de mestrado, IGEO-UFRJ, Rio de Janeiro, 226p.
- BRITO NEVES, B.B., 1999. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino. *Revista Brasileira de Geociências*, **v. 29(3)**: 370-392.
- CAMPOS NETO, 2004. Migração de Orógenos e Superposição de Orogêneses: Um Esboço da Colagem Brasileira no Sul do Cráton do São Francisco, SE – Brasil. *Geol. USP Ser. Cient.*, **v. 4**, p. 13-40
- CAMPOS NETO, M. da COSTA & CABY, R., 1999. Neoproterozoic high-pressure metamorphism and tectonic constraint from nappe system south of the São Francisco Craton, southeast Brazil. *Precambrian Research*, **v. 97**, p.3-26.
- CAMPOS NETO & CABY, 2000. Lower crust extrusion and terrane accretion in the Neoproterozoic nappes of southeast Brazil. Submitted to *Precambrian Research*
- CHERMAN, A.F. 2004. Geologia, petrologia e geocronologia de Ortognaisses Paleoproterozóicos da borda meridional do Cráton do São Francisco, na região entre Itumirim e Nazareno, Minas Gerais. Tese de Doutorado, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ 259p.
- DARDENNE, M.A. 2000. The Brasília Fold Belt. In: *Tectonic Evolution of South America*. Eds: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. P231-263.
- DAVIS, H. G, 1996. *Structural geology of rocks and regions*. Wiley, 2ª edição, 800p.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A., ZUSSMAN, J., 1992. *Minerais constituintes das rochas: uma introdução*. Fundação Calouste Gulbenkian, 724p.
- DEL LAMA, E.A. 1993. Petrologia das rochas metamórficas de alto grau do Complexo Campos Gerais e correlação com as do Complexo Varginha-Guaxupé - estudos termobarométricos. Dissertação de Mestrado, IGCE-UNESP, Rio Claro, 132p.

- DORR J.V.N 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. U. S. Geol. Surv. Prof. Paper 641-A. U.S. Geological Survey, 1-110.
- FETTER, A.H.; HACKSPACHER, P.C.; EBERT, H.D.; DANTAS, E.L. & TEIXEIRA, W., 2003. Resfriamento final do Ciclo Brasileiro na porção sul da faixa Brasília e a sobreposição da Faixa Ribeira: evidências isotópicas U/Pb em monazita e Ar/Ar em biotita. VIII Simpósio de Geologia do Sudeste, São Pedro, SP, Boletim de resumos, p.42.
- HEILBRON, M.; MOHRIAK, W., VALERIANO, C.M., MILANI, E., ALMEIDA, J.C.H. & TUPINAMBÁ, M. 2000. From Collision to Extension: The Roots of the Southeastern Continental Margin of Brazil. In: Mohriak, W.U. & Talwani, M. (Eds), Atlantic rifts and continental margins. Washington, Am. Geoph. Union, Geoph. Monogr. Ser. 115; 1-32.
- HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.C.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J. & JANASI, V.A., 2004. Província Mantiqueira. In: Geologia do continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Organizadores: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R. & Brito Neves, B.B. São Paulo; BECA, 674p.
- KRETZ, R. 1983. Symbols for rock-forming minerals. American Mineralogist, **68**: 277-279.
- MACHADO N., Noce C.M., Ladeira E.A., Belo de Oliveira O., 1992. *U-Pb Geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero southern São Francisco craton, Brazil*. Geol. Soc. Am. Bull., 104, 1221-1227.
- MACHADO, N., VALLADARES, C., HEILBRON, M. & VALERIANO, C. 1996. U-Pb geochronology of the central Ribeira belt (Brazil) and implications for the evolution of the Brazilian Orogeny. Precambrian Research, v. 79, p.347-361
- PACIULLO, F.V.P. 1997. A Sequência Depositional Andrelândia. Tese de Doutorado. IGEO-UFRJ, Rio de Janeiro, 248p.
- PACIULLO, F.V.P.; RIBEIRO, A.; ANDREIS, R.R. & TROUW, R.A.J. 2000. The Andrelândia basin, a Neoproterozoic intraplate continental margin, southern Brasília. Revista Brasileira de Geociências, **30**(1): 200-202.
- PASSCHIER, C.W. & Trouw, R.A.J. 1996. *Microtectonics*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York. 282 p.

- PIRES, F. R. M., 1977. Geologia do Distrito Manganésífero de Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais. Tese de Mestrado, IG-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 344 p.
- RIBEIRO, A.; PACIULLO, F. V. P.; ANDREIS, R. R.; TROUW, R. A. J. e HEILBRON, M., 1990. Evolução policíclica proterozóica no sul do Cráton do São Francisco : análise da região de São João del Rei e Andrelândia, MG. In: CONGR. BRAS. GEOL, 36. , Natal, 1990. Anais ..., SBG, **6** : 2605-2614 .
- RIBEIRO, A., ANDREIS, R.R., 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. Rev. Bras. Geol., 25 (**4**): 235-248.
- SCHMITT, R.S. 2001. A OROGENIA BÚZIOS - Um evento tectono-metamórfico cambro-ordoviciano caracterizado no Domínio Tectônico de Cabo Frio, Faixa Ribeira, sudeste do Brasil. Tese de Doutorado, UFRJ, R.J; 273p.
- STRECKEISEN, A., 1967. Classification and Nomenclature of Igneous Rocks (Final Report of an Inquiry). *Neues Jahrbuch für Mineralogie*. Stuttgart., Abhandlungen. **v.** 107, p. 144-214.
- TEIXEIRA, W., SABATÉ, P., BARBOSA, J., NOCE, C. M., CARNEIRO, M. A., 2000. Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Craton. Eds: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. P101-138.
- TROUW, R. A.J.; PACIULLO, F. V. P.; RIBEIRO, A. 1994. A Faixa Alto Rio Grande reinterpretada com zona de interferência entre a Faixa Brasília e a Faixa Ribeira. In: Cong. Bras. De Geologia., 38, Balneário Camboriú, SC, 1994. *Bol. res. exp....*, SBG, **v.3**, p. 234-235.
- TROUW, R.A.J., HEILBRON, M., RIBEIRO, A., PACIULLO, F.V.P., VALERIANO, C.M., ALMEIDA, J.C.H., TUPINAMBÁ, M. & ANDREIS, R.R. 2000a. The Central Segment of the Ribeira Belt. In: Tectonic Evolution of South America. Eds: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. P287-310.
- TROUW, R.A.J., RIBEIRO, A., HEILBRON, M., 2000b. Interference between the neoproterozoic Brasília and Ribeira belts, with special emphasis on high pressure granulites. Guide to pre-congress field trip Bft 08. Int. Geol. Congress, Rio de Janeiro.

- TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A. & PACIULLO, F.V.P., 2003. Geologia da Folha Caxambu. *In: Geologia e Recursos Minerais do Sudeste Mineiro. Projeto Sul de Minas-Etapa I (COMIG-UFMG-UFRL-UERJ)*, Relatório final, Companhia Mineradora de Minas Gerais. Coordenadores: Pedrosa-Soares, A.C.; Noce, C.M.; Trouw, R.A.J. & Heilbron, M. p:120-152.
- YARDLEY, B.W.D., 1994. Introdução à Petrologia Metamórfica. Traduzido por Reinhardt A. Fuck, Brasília, Ed. Universitária de Brasília, 340p.