



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

## **MAPEAMENTO GEOLÓGICO NA ESCALA 1:50.000 DA ÁREA A LESTE DA CIDADE DE BAEPENDI, MG**

**FELIPE MATTOS TAVARES**

MONOGRAFIA SUBMETIDA AO CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, COMO REQUISITO  
OBRIGATÓRIO DA DISCIPLINA "TRABALHO FINAL DE CURSO" (IGL108/RUD)

RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL  
DEZEMBRO DE 2005

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO NA ESCALA 1:50.000 DA ÁREA A LESTE DA  
CIDADE DE BAEPENDI, MG**

**FELIPE MATTOS TAVARES**

MONOGRAFIA SUBMETIDA AO CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, COMO REQUISITO  
OBRIGATÓRIO DA DISCIPLINA “TRABALHO FINAL DE CURSO” (IGL108/RUD).

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SETOR I

ORIENTADOR: PROF. DR. RUDOLPH ALLARD JOHANNES TROUW

APROVADA POR:

---

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

---

Prof. Dr. André Ribeiro, UFRJ

---

Prof. Msc. Felipe F. F. Medeiros, UFRJ

TAVARES, Felipe Mattos

Mapeamento geológico na escala 1:50.000 da área a leste da cidade de Baependi, MG.

XII, 64p. 29,7cm (Instituto de Geociências – UFRJ, *B.Sc.*, Curso de Graduação em Geologia, 2005)

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

1. Megassequência Andrelândia    2. Zona de Interferência tectono-metamórfica

I – IGEO/UFRJ

II – Título (série)

## Sumário

Índice de figuras	v
Índice de fotografias	vi
Índice de fotomicrografias	vii
Índice de tabelas	ix
Agradecimentos	x
Resumo	xi
Abstract	xii
<b>1 – INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos	1
1.2 Metodologia	2
1.2.1 Atividades de campo	2
1.2.2 Atividades laboratoriais e de gabinete	2
1.3 Considerações acerca da área de mapeamento	3
1.3.1 Localização e acessos	3
1.3.2 Aspectos fisiográficos	5
1.3.3 Aspectos sócio-ambientais	5
<b>2 – GEOLOGIA REGIONAL</b>	<b>6</b>
2.1 Evolução geotectônica	6
2.2 Embasamento	9
2.3 Megasseqüência Andrelândia	10
2.3.1 Estratigrafia	10
2.3.2 Interpretação paleoambiental	11
2.4 Evento Termo-tectômico Brasileiro	13
2.4.1 Zona de Interferência entre as faixas Brasília e Ribeira	13
2.4.1.1 Geologia Estrutural	13
2.4.1.2 Metamorfismo	15
<b>3 – UNIDADES DE MAPEAMENTO</b>	<b>16</b>
3.1 Unidade Na <sub>1+2</sub> : Biotita Gnaiss	18
3.1.1 Petrografia	19
3.2 Unidade Na <sub>5</sub> : Biotita Xisto	21
3.2.1 Petrografia	23



3.3 Unidade Na <sub>6</sub> : Granada Muscovita Xisto	26
3.3.1 Petrografia	29
3.3.2 Retroeclogito (Na <sub>6r</sub> )	35
3.3.3 Muscovita Gnaiss (Na <sub>6n</sub> )	37
3.3.4 Associação Muscovita Biotita Xisto com Granada – Muscovita Biotita Gnaiss – Biotita Xisto a Gnaiss Anatético com Granada (Na <sub>6a</sub> )	38
<b>4 – GEOLOGIA ESTRUTURAL</b>	<b>41</b>
4.1 Fases de deformação D <sub>1</sub> e D <sub>2</sub>	42
4.1.1 Foliação principal (S <sub>2</sub> )	42
4.1.2 Lineação mineral e/ou de estiramento (L <sub>2</sub> )	44
4.1.3 Dobras (D <sub>2</sub> )	46
4.1.4 Indicadores cinemáticos	48
4.2 Fase de deformação D <sub>3</sub>	50
4.3 Contextualização regional	52
<b>5 – METAMORFISMO</b>	<b>53</b>
5.1 Evento metamórfico M <sub>1</sub>	54
5.1.1 Retroeclogito	57
5.2 Evento metamórfico M <sub>2</sub>	58
5.3 Contextualização regional	59
<b>6 – CONCLUSÕES</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>62</b>
<b>ANEXOS</b>	
Anexo I – Tabela dos pontos de coleta de dados de campo (resumida)	
Anexo II – Mapa geológico	
Anexo III – CD-ROM:	
- Mapa geológico interativo (ArcGIS)	
- Tabela dos pontos de coleta de dados de campo (completa)	
- Descrição das lâminas petrográficas	
- Relatório em meio digital	

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.3a:</b> Mapa de localização da área de estudos, em azul, com principais vias de acesso destacadas (modificado da Folha Rio de Janeiro SF-23 IBGE 1:1.000.000, 1998)	4
<b>Figura 2.1a:</b> Mapa das unidades tectono-estratigráficas do segmento sul da Faixa Brasília e do segmento central da Faixa Ribeira. O retângulo indica a posição das figuras 2.3b, 2.4a e 2.4b (modificado de Trouw <i>et al.</i> , 2000).	8
<b>Figura 2.3a:</b> Estratigrafia da Megassequência Andrelândia (Paciullo, 1997).	12
<b>Figura 2.4b:</b> 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. O polígono azul representa a área de estudos (modificado de Trouw <i>et al.</i> , 2000).	12
<b>Figura 2.4a:</b> Mapa tectônico da zona de interferência entre as faixas Brasília e Ribeira. O polígono azul representa a área mapeada nesse trabalho (Trouw <i>et al.</i> , inédito).	14
<b>Figura 2.4b:</b> mapa metamórfico da zona de interferência entre as faixas Brasília e Ribeira. O polígono azul representa a área mapeada nesse trabalho (Trouw <i>et al.</i> , inédito)	15
<b>Figura 4.1a:</b> Estereograma das atitudes das foliações S <sub>2</sub> , projeção polar, para 341 medidas. Os tons mais escuros indicam maior densidade de pontos (densidade máxima = 14%, atitude 120/24).	42
<b>Figura 4.1b:</b> Estereograma das medidas de lineações L <sub>2</sub> , projeção polar, para 66 medidas. Os tons mais escuros indicam maior densidade de pontos (densidade máxima = 16%, atitude do Maximo 78/12).	44
<b>Figura 4.1c:</b> Estereograma das medidas de eixos de dobras D <sub>2</sub> , projeção polar, para 7 medidas.	46
<b>Figura 4.2a:</b> Estereograma das medidas de eixos de dobras D <sub>3</sub> , projeção polar, para 5 medidas.	50
<b>Figura 5.1a:</b> gráfico P-T com campos de estabilidade das rochas na área estudada. Em laranja, a parte oeste da área, onde não houve fusão parcial. Em vermelho, a parte leste da área, onde ocorre anatexia incipiente. À direita da linha vermelha tracejada, o campo mais provável de posição das rochas no gráfico.	55
<b>Figura 5.1.1a:</b> Diagrama P-T-t mostrando as trajetórias retrógradas de amostras de retroclogitos a partir de dados geotermobarométricos (ART-A3-34; CR-22B; CR-22-3; AR-11-4) pertencentes à unidade Na <sub>6</sub> da MsA. Os campos e a trajetória em destaque se referem ao corpo inserido na área estudada (modificado de Trouw <i>et al.</i> , 2000).	57
<b>Figura 6a:</b> correlação entre o metamorfismo e as fases deformacionais na área estudada.	61

## Índice de Fotografias

<b>Fotografia 3.1a:</b> afloramento de biotita gnaiss (Na <sub>1+2</sub> ) com estratificação composicional característica e dobras isoclinais (ponto FMM-314, Anexo I).	18
<b>Fotografia 3.2a:</b> Afloramento de biotita xisto em encosta de morro. Há um dique de pegmatito encaixado na direção da foliação (ponto FMM-279, Anexo I).	22
<b>Fotografia 3.2b:</b> aspecto do biotita xisto, com granada conspícua e a foliação marcada principalmente pelos veios de quartzo (ponto FMM-038, Anexo I).	22
<b>Fotografia 3.3a:</b> aspecto do granada muscovita xisto em afloramento. Há uma foliação nítida marcada por micas e uma profusão de granadas de até 1,2 cm (ponto FMM-027).	27
<b>Fotografia 3.3b:</b> afloramento alterado de granada muscovita xisto. Os níveis mais esbranquiçados tendem a quartzo xisto (ponto FMM-006, Anexo I).	28
<b>Fotografia 3.3c:</b> intercalação de granada muscovita xisto com níveis quartzíticos. É possível observar uma dobra isoclinal que aumenta a espessura aparente da camada de quartzito, próxima ao cabo do martelo (ponto FMM-113, Anexo I).	28
<b>Fotografia 3.3.4a:</b> banda quartzo-feldspática com concentração de biotita nas bordas em muscovita biotita gnaiss, da associação Na <sub>6a</sub> (ponto FMM-277, Anexo I).	39
<b>Fotografia 3.3.4b:</b> granadas com sombras de pressão assimétricas em lajedo de biotita xisto a gnaiss anatético (ponto FMM-281, Anexo I).	39
<b>Fotografia 4.1a:</b> granada muscovita xisto com lineação mineral marcada por cristais alinhados de muscovita e cianita (ponto FMM-234, Anexo I).	45
<b>Fotografia 4.1b:</b> veio de quartzo em biotita xisto, visto em planta (película de quartzo), com lineação de estiramento (ponto FMM-212, Anexo I).	45
<b>Fotografia 4.1c:</b> Dobras D <sub>2</sub> decimétricas, fechadas a isoclinais, com planos axiais acompanhando foliação S <sub>2</sub> . Quartzito micáceo da unidade Na <sub>6</sub> (ponto FMM-131, Anexo I).	47
<b>Fotografia 4.1d:</b> Veios de quartzo deformados em biotita xisto, indicando movimento sinistral (ponto FMM-021, Anexo I).	48
<b>Fotografia 4.2a:</b> ondulações D <sub>3</sub> afetando a foliação S <sub>2</sub> em quartzito da unidade Na <sub>6</sub> (afloramento FMM-144, Anexo I).	51

## Índice de Fotomicrografias

<b>Fotomicrografia 3.1a:</b> bandamento composicional em lâmina de biotita gnaiss. Os grãos de biotita (verdes) estão concentrados em uma banda milimétrica (lâmina FMM-044, Anexo III).	20
<b>Fotomicrografia 3.1b:</b> grão de microclina idiomórfico girado, de granulometria muito maior que a da matriz (lâmina FMM-044, Anexo III).	20
<b>Fotomicrografia 3.1c:</b> nível rico em allanitas com borda de crescimento de epidoto (lâmina FMM 044, Anexo III).	20
<b>Fotomicrografia 3.2a:</b> aspecto geral do biotita xisto. A foliação é marcada pela biotita e desvia em torno da granada. Cristais de cianita acompanham a foliação. Na matriz, ainda ocorre quartzo e plagioclásio (lâmina FMM-010b, Anexo III).	24
<b>Fotomicrografia 3.2b:</b> granada de forma amendoada, com eixo maior orientado de acordo com a foliação. Apresenta inclusões de quartzo, biotita e rutilo. Logo acima da granada, um cristal de biotita sendo substituído por clorita (lâmina FMM-010b, Anexo III).	24
<b>Fotomicrografia 3.2c:</b> granada com padrão de inclusões em S, incorporado durante o crescimento do cristal. Próximo ao centro, há uma inclusão de biotita parcialmente substituída por clorita, de cor verde (lâmina FMM-023, Anexo III).	24
<b>Fotomicrografia 3.2d:</b> biotita com inclusões de zircão envoltos por halos pleocróicos (lâmina FMM-127, Anexo III).	24
<b>Fotomicrografia 3.2e:</b> prisma de cianita deformado (cinza), com extinção ondulante, acompanhando a foliação marcada por cristais de biotita (lâmina FMM-010b, Anexo III).	25
<b>Fotomicrografia 3.2f:</b> agulhas submilimétricas de sillimanita, ocorrendo em pequenos tufo no biotita xisto (lâmina FMM-103, Anexo III).	25
<b>Fotomicrografia 3.2g:</b> cristais de estauroilita, alinhados na foliação marcada pelas biotitas (lâmina FMM-023, Anexo III).	25
<b>Fotomicrografia 3.2h:</b> prisma de turmalina idiomórfico, apresentando zonamento composicional (lâmina FMM-103, Anexo III).	25
<b>Fotomicrografia 3.3a:</b> aspecto geral do granada muscovita xisto. A foliação, marcada pelas micas, deflete na borda da granada. No canto esquerdo, alguns cristais de cianita com a clivagem característica desse mineral (lâmina FMM-027, Anexo III).	32
<b>Fotomicrografia 3.3b:</b> granada girada, com parte da sua sombra de pressão incorporada ( <i>snowball</i> ). Giro em relação à matriz de 315° (Lâmina FMM-032, Anexo III).	32
<b>Fotomicrografia 3.3c:</b> quartzito micáceo, foliação dobrada (lâmina FMM 005a, Anexo III).	32
<b>Fotomicrografia 3.3d:</b> granada tipo <i>snowball</i> com giro de 225° em quartzo xisto. O cristal tem aproximadamente 1 cm (lâmina FMM 005b, Anexo III).	32
<b>Fotomicrografia 3.3e:</b> granada alongada com inclusões de quartzo, muscovita, estauroilita e opacos (lâmina FMM-010b, Anexo III).	33
<b>Fotomicrografia 3.3f:</b> bandamento composicional em muscovita biotita gnaiss, definido pela concentração de biotita (lâmina FMM 014a, Anexo III).	33
<b>Fotomicrografia 3.3g:</b> aspecto geral do muscovita biotita gnaiss visto em lâmina. Há ocorrência de quartzo, plagioclásio, microclina, muscovita e biotita. É possível observar mirmequita no contato entre microclina e plagioclásio. (lâmina FMM 014a, Anexo III).	33
<b>Fotomicrografia 3.3h:</b> granada em meta-precipitado químico com padrão de inclusões herdado por pseudomorfismo (lâmina FMM 007e, Anexo III).	33
<b>Fotomicrografia 3.3i:</b> cristais de cummingtonita geminados e quartzo com extinção ondulante. A cummingtonita apresenta inclusões de quartzo e opacos nessa visada (lâmina FMM-007e, Anexo III).	34
<b>Fotomicrografia 3.3j:</b> Aspecto geral do anfibolito. Os prismas de hornblenda e de titanita estão alinhados de acordo com a foliação (Lâmina FMM-052, Anexo III).	34

<b>Fotomicrografia 3.3.2a:</b> aspecto geral do retroeclogito, com quartzo, granada, cpx, plagioclásio e hornblenda (lâmina FMM-007, Anexo III).	36
<b>Fotomicrografia 3.3.2b:</b> granada com borda de plagioclásio zonado e com geminação polissintética (Lâmina FMM-007f, Anexo III).	36
<b>Fotomicrografia 3.3.2c:</b> clinopiroxênio mostrando intercrescimento simplectítico com hornblenda (lâmina FMM-007, Anexo III).	36
<b>Fotomicrografia 3.3.2d:</b> cristais de ilmenita rodeados por titanita, em textura de exolução (lâmina FMM-007, Anexo III).	36
<b>Fotomicrografia 3.3.4a:</b> ocorrência de mirmequita em biotita xisto a gnaiss anatético (lâmina FMM-080, Anexo III).	40
<b>Fotomicrografia 3.3.4b:</b> nível quartzo-feldspático em biotita xisto a gnaiss anatético. Há microclina e, em menor quantidade, plagioclásio (Lâmina FMM-218, Anexo III).	40
<b>Fotomicrografia 4.1a:</b> charneira de dobra $D_2$ em quartzito micáceo. As camadas quartzíticas estão separadas por lâminas de muscovita ( $S_0/S_1$ ), crenuladas por $S_2$ , em arcos poligonais ( $S_1$ subhorizontal, $S_2$ vertical). Nota a recristalização de quartzo e mica indicando temperatura relativamente alta durante $D_2$ . Lâmina FMM-064, Anexo III.	43
<b>Fotomicrografia 4.1b:</b> granada com padrão de inclusões herdado de foliação $S_1$ no núcleo e inclusões de $S_2$ na borda. O cristal tem aproximadamente um cm de diâmetro (lâmina FMM-032, Anexo III).	43
<b>Fotomicrografia 4.1c:</b> Foliação $S_1$ (horizontal) crenulada por $S_2$ (vertical) em granada muscovita xisto. As muscovitas fazem arcos poligonais, evidenciando recristalização sin ou pós-deformacional (lâmina FMM-027, Anexo III).	43
<b>Fotomicrografia 4.1d:</b> dobras $D_2$ em quartzito micáceo. A foliação $S_2$ (horizontal) é marcada por muscovitas, que fazem arcos poligonais evidenciando recristalização sin ou pós-deformacional (lâmina FMM-05a, Anexo III).	47
<b>Fotomicrografia 4.1e:</b> <i>mica fish</i> parcialmente recristalizado indicando movimento dextral em granada muscovita xisto (lâmina FMM-032, Anexo III).	49
<b>Fotomicrografia 4.1f:</b> granada com sombra de pressão assimétrica, indicando movimento sinistral. Biotita xisto (lâmina FMM-016, Anexo III).	49
<b>Fotomicrografia 4.1g:</b> Faixas de granulometria sensivelmente diferente, resultante de uma concentração de <i>strain</i> . Acima e abaixo, planos S/C (movimento sinistral). Lâmina FMM-103, Anexo III.	49
<b>Fotomicrografia 4.1h:</b> planos S/C em biotita xisto, indicando movimento sinistral. Nos planos S/C, houve preservação de um maior número de cristais de muscovita, onde o <i>strain</i> é menos intenso (lâmina FMM-103, Anexo III).	49
<b>Fotomicrografia 4.1e:</b> ondulação $D_3$ em muscovita biotita xisto, dobrando uma estrutura $D_2$ (lâmina FMM-014a, Anexo III).	51
<b>Fotomicrografia 5.1a:</b> granada com inclusões de cianita (lâmina FMM-032, Anexo III).	56
<b>Fotomicrografia 5.1b:</b> granada amendoada com inclusões de rutilo e quartzo (lâmina FMM-010b, Anexo III).	56
<b>Fotomicrografia 5.1c:</b> cristal de clorita com posição discordante à foliação, substituindo parcialmente biotita (lâmina FMM 010b, Anexo III).	56
<b>Fotomicrografia 5.2b:</b> cristal de cianita com substituição parcial por sillimanita (lâmina FMM-010b, Anexo III).	58

## Índice de Tabelas

**Tabela 3a:** valores médios a partir de estimativa visual da composição mineralógica dos litotipos presentes na área de mapeamento, obtidos a partir da petrografia de lâminas delgadas (numero de lâminas indicado entre parênteses). A abreviação "tr" (traço) se refere à ocorrência do mineral em quantidade inferior a 1%. 17

**Tabela 5a:** mineralogia metamórfica dos litotipos paraderivados analisados. A abreviação "tr" (traço) se refere às ocorrências inferiores a 1%. O numero de lâminas analisadas é indicado entre parênteses. 53

## Agradecimentos

Agradeço a todos os meus amigos, que tanto me apoiaram e ajudaram a realizar este trabalho. Dentre tantos, gostaria de destacar alguns:

- O professor Rudolph A. J. Trouw, que orienta a minha vida acadêmico-científica há quatro anos e que muito contribuiu para a minha formação como geólogo;

- Os professores André Ribeiro, Fabio Paciullo e Felipe Medeiros, bem como o Dsc. Rodrigo Peternel, pelas discussões científicas que me ajudaram na realização desse trabalho;

- Todos os meus colegas de turma, especialmente Leonardo “Osama” Gomes que me acompanhou nas atividades de campo e em tantas outras empreitadas durante a faculdade; o mestrando Camilo Trouw e os outros colegas de curso que também me acompanharam nas atividades de campo desse trabalho;

- A Dsc. Angélica Cherman e a doutorando Aracy Senra pela companhia nos longos dias de análises ao microscópio;

- Heloisa Helena, ou simplesmente Helô, dona do bar Kanaxuê em Baependi, uma das pessoas mais bonitas que eu já tive o prazer de conhecer; todas as outras pessoas maravilhosas que eu conheci na cidade mais simpática do sul de Minas;

- O meu irmão de sangue Bernardo Tavares e os meus outros irmãos Augusto Rücker, Eduardo Teixeira e Felipe Longo, que nunca entenderam o meu trabalho mas sempre me ajudaram muito, simplesmente pelo fato de estarem por perto.

Gostaria de agradecer também ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro ao projeto.

Não posso deixar de expressar também minha gratidão a todos os proprietários e proprietárias de sítios de Baependi que permitiram a minha entrada nas suas terras, viabilizando assim a realização do meu trabalho.

E a todos os professores, alunos e funcionários técnico-científicos 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, acima de tudo meus amigos, que sempre acreditaram em mim e me incentivaram, os quais eu admiro e amo. Dedico esse trabalho a vocês, por tudo que já fizeram pela minha formação como uma pessoa melhor.

RESUMO DA MONOGRAFIA APRESENTADA AO CURSO DE GRADUAÇÃO EM  
GEOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, COMO  
REQUISITO OBRIGATÓRIO DA DISCIPLINA “TRABALHO FINAL DE CURSO”  
(IGL108/RUD)

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO NA ESCALA 1:50.000 DA ÁREA A LESTE DA  
CIDADE DE BAEPENDI, MG**

**FELIPE MATTOS TAVARES**

RIO DE JANEIRO, DEZEMBRO DE 2005

ORIENTADOR: PROF. DR. RUDOLPH ALLARD JOHANNES TROUW

A geologia do sul do estado de Minas Gerais possui grande complexidade evolutiva. Trata-se de um embasamento arqueano-paleoproterozóico e uma cobertura de sucessões metassedimentares meso-neoproterozóicas estruturadas no contexto de uma zona de interferência entre as Faixas Brasília e Ribeira, ambas de idade Brasiliana. O presente trabalho se refere ao mapeamento de uma área a leste da cidade de Baependi, sul de MG. Foram reconhecidas três unidades de mapeamento principais, correlacionadas à Megasseqüência Andrelândia: biotita gnaisse ( $Na_{1+2}$ ), biotita xisto ( $Na_5$ ) e granada muscovita xisto ( $Na_6$ ). A presença de xistos transicionais entre as unidades  $Na_5$  e  $Na_6$  e variações laterais de fácies indicam que o contato entre ambas é ao menos em parte gradacional. Há registro de três fases deformacionais na área estudada: as duas primeiras são progressivas ( $D_1+D_2$ ) e geraram a foliação principal, lineações e dobras fechadas a isoclinais; a terceira fase ( $D_3$ ) causou ondulações e dobras abertas a apertadas, reorientando estruturas anteriores. Indicadores cinemáticos sugerem transporte tectônico para E ou NE, em um regime compressional E-W durante  $D_1+D_2$  e para NNW, a partir de compressão NNW-SSE durante  $D_3$ . No sul da área há um sinclinal  $D_3$  que redobra estruturas  $D_1+D_2$ , resultando num padrão de interferência em laço entre os dobramentos. Em termos de metamorfismo, definiram-se na área dois eventos superpostos. O primeiro ( $M_1$ ), de pressão relativamente alta e temperatura moderada, resultou em uma assembléia mineral característica de fácies anfíbolito médio a alto. A presença de corpos mapeáveis de uma associação de xistos e gnaisses anatéticos ( $Na_{6a}$ ) indica fusão incipiente para leste. A ocorrência de nódulos de retroeclogito no nordeste da área ( $Na_{6r}$ ), associado à evolução de  $M_1$ , indica que pelo menos parte das rochas mapeadas passou por campos de pressão muito mais elevados. O segundo evento ( $M_2$ ), de pressão mais baixa, foi o responsável pelo crescimento de sillimanita em desequilíbrio com cianita do primeiro evento. As fases  $D_1+D_2$  são temporalmente correlacionáveis ao evento  $M_1$  e são associados à evolução da Faixa Brasília. A fase  $D_3$  é correlacionável a  $M_2$  e estão ligados à evolução da Faixa Ribeira.



ABSTRACT OF MONOGRAPH PRESENTED TO THE UNDERGRADUATE COURSE OF GEOLOGY FROM FEDERAL UNIVERSITY OF RIO DE JANEIRO, AS OBRIGATORY FULFILLMENT OF REQUIREMENTS FROM THE DISCIPLINE "TRABALHO FINAL DE CURSO" (IGL108/RUD)

**GEOLOGICAL MAPPING 1:50.000 OF THE AREA EAST OF THE CITY OF BAEPENDI, MG**

**FELIPE MATTOS TAVARES**

RIO DE JANEIRO, DECEMBER OF 2005

SUPERVISOR: PROF. DR. RUDOLPH ALLARD JOHANNES TROUW

The geology of the southern part of Minas Gerais state in Brazil has a complex evolution. There is an archean-paleoproterozoic basement and a meso-neoproterozoic metasedimentary cover structured in the context of an interference zone between the Brasília and Ribeira belts, both of Brasiliano age. This study presents geological mapping of an area east of the city of Baependi, in the southern part of Minas Gerais. Three main mapping units were recognized, correlated with the neoproterozoic Andrelândia Megasequence: biotite gneiss ( $Na_{1+2}$ ), biotite schist ( $Na_5$ ) and garnet muscovite schist ( $Na_6$ ). The occurrence of transitional schists between  $Na_5$  and  $Na_6$  and also lateral facies variations indicate that the contact among these units is at least in part gradational. Three deformational phases are recorded: the first and second are progressive ( $D_1+D_2$ ) and are responsible to the generation of the main foliation, lineation and tight to isoclinal folds; the third phase ( $D_3$ ) formed gentle to close folds that reorient old structures. Kinematic indicators suggest tectonic transport to E or NE in a compressive E-W regime during  $D_1+D_2$  and to NNW in a compressive NNW-SSE regime in  $D_3$ . In the south of the area there is a  $D_3$  syncline that refolds  $D_1+D_2$  structures, resulting in a type 3 interference pattern. In terms of metamorphism, two superposed events were defined. The first one ( $M_1$ ) is of relatively high pressure and moderate temperature, which resulted in a characteristic mineral assemblage of medium to high amphibolite facies. The occurrence of mappable bodies of an anatectic schists-gneisses association ( $Na_{6a}$ ) indicates the formation of incipient melt in the eastern part. The occurrence of retroeclogite nodules in the northeast of the area ( $Na_{6r}$ ), associated with  $M_1$ , indicates that at least part of the studied rocks has passed through much higher pressures. The second event ( $M_2$ ) was responsible for the sillimanite growth in disequilibrium with  $M_1$  kyanite and is of lower pressure. The deformational phases  $D_1+D_2$  are temporally correlative to the  $M_1$  metamorphic event, associated to Brasília Belt evolution. The  $D_3$  phase is correlative to event  $M_2$ , related to Ribeira Belt evolution.

## 1 – Introdução

A geologia do sul do estado de Minas Gerais possui grande complexidade evolutiva. Nesta região afloram rochas da Megasseqüência Andrelândia (1.0 a 0.6 Ga) e um embasamento arqueano-paleoproterozóico, deformadas e metamorfisadas no contexto de uma zona de interferência entre as faixas móveis Brasília e Ribeira (Trouw *et al.*, 2000b; Trouw *et al.*, 2003; Heilbron *et al.*, 2004). Para o seu melhor entendimento, necessita de estudos de detalhe.

Este relatório refere-se ao mapeamento de uma área a leste da cidade de Baependi, sul de MG. Trata-se de um trabalho de conclusão do curso de geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, sob a orientação do professor Rudolph Allard Johannes Trouw. Foram recebidos recursos financeiros do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através de bolsa de iniciação científica do programa PIBIC UFRJ.

O trabalho se desenvolveu entre setembro de 2004 e dezembro de 2005, envolvendo atividades de campo, descrição de lâminas petrográficas, confecção de mapa e seções geológicas, pesquisa bibliográfica e a elaboração deste relatório final. Resultados parciais desta pesquisa foram previamente apresentados nas Jornadas de iniciação científica da UFRJ, de 2004 e 2005.

### 1.1 Objetivos

Esse trabalho tem por objetivo a contribuição ao conhecimento da geologia da zona de interferência entre as faixas Brasília e Ribeira, bem como elucidar questões acerca da evolução tectono-metamórfica das rochas da Megasseqüência Andrelândia.

Para tanto, pretende-se esclarecer a relação entre as fácies metamórficas que ocorrem na área de mapeamento, bem como as estruturas tectônicas e os contatos litológicos.

Paralelamente, também é objetivo a prática e treinamento de conhecimentos adquiridos durante o curso de graduação em geologia da UFRJ, especialmente acerca do mapeamento geológico e todas as metodologias para a sua confecção e entendimento.

## 1.2 Metodologia

### 1.2.1 Atividades de campo

Tais atividades referem-se ao mapeamento geológico e estrutural detalhado na escala 1:50.000 de uma área com 100 km<sup>2</sup> a leste da cidade de Baependi, MG. Este foi realizado durante cinco campanhas que totalizaram 30 dias de trabalho. Utilizaram-se quatro cartas topográficas do IBGE, de escala 1:50.000: Caxambu, Aiuruoca, Alagoa e Pouso Alto, sendo as três últimas usadas principalmente para fins de localização de acessos para a área de mapeamento.

A metodologia de mapeamento consistiu na identificação das unidades litológicas descritas na literatura, descrição dos litotipos, determinação de contatos litológicos, coleta de dados estruturais (medidas *dip/dip*) e petrográficos e amostragem de rochas para análise laboratorial. Foram usados também dados de geomorfologia na determinação de algumas estruturas e contatos litológicos.

Os 372 pontos de coleta de dados foram georreferenciados com o auxílio do sistema GPS (*Global Positioning System*). Consistem de afloramentos de rocha em diversos graus de preservação, desde fresco a muito alterado, visitados a partir de caminhamentos pela área de mapeamento. Alguns aspectos relevantes foram esboçados em croquis e/ou fotografados.

### 1.2.2 Atividades laboratoriais e de gabinete

Trata-se de todos os trabalhos de preparação para as atividades de campo, bem como a geração 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 textura, mineralogia e microestruturas presentes.

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

## **1.3 Considerações acerca da área de mapeamento**

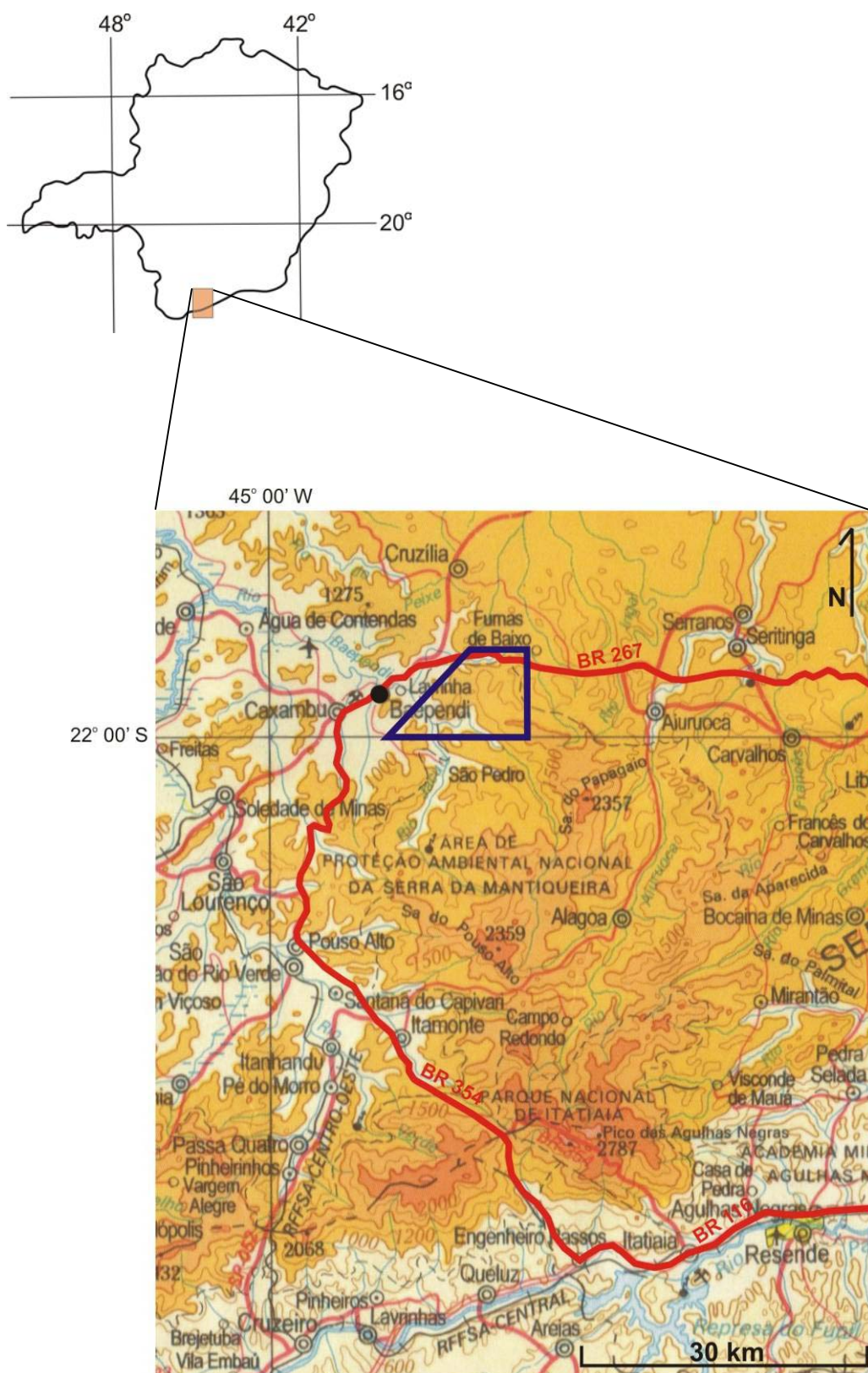
### **1.3.1 Localização e acessos**

Em termos geológicos, a área mapeada está na borda meridional do Cráton do São Francisco, na zona de interferência tectono-metamórfica entre as faixas Brasília e Ribeira, de idade brasileira (ver cap. 2).

A área de estudos possui cerca de 100 km<sup>2</sup> e está situada a leste da cidade de Baependi, MG, entre o rio Gamarra e a BR 267 (Fig. 1.3a). Está dentro da folha Caxambu (IBGE 1:50.000), na fronteira com as folhas Aiuruoca e Pouso Alto. A maior parte pertence ao município de Baependi e uma pequena região ao município de Aiuruoca.

O acesso ao local pode ser feito por dois caminhos principais a partir do Rio de Janeiro: via BR 116 até a cidade de Engenheiro Passos, a partir dali via BR 354 até Caxambu e finalmente de Caxambu até Baependi; ou via BR 040 até Juiz de Fora e a partir dali via BR 267 até Baependi. Esse último caminho possui atualmente sérios problemas de conservação, especialmente no trecho entre Juiz de Fora e Aiuruoca.

A partir da cidade de Baependi, é possível acessar a área por uma série de estradas de terra e pela própria BR 267, no limite norte. As estradas de terra levam a pequenos bairros rurais, como Rego D'água, Mato Dentro, Belém, Índia, São Pedro e Gamarra, que estão presentes na área ou em suas adjacências.



**Figura 1.3a:** Mapa de localização da área de estudos, em azul, com principais vias de acesso destacadas (modificado da Folha Rio de Janeiro SF-23 IBGE 1:1.000.000, 1998)

### **1.3.2 Aspectos Fisiográficos**

Em termos gerais, a região do município de Baependi possui um relevo suave, com altitudes médias entre 900 e 1.000 m. Algumas cristas de quartzitos marcam os pontos mais altos, enquanto que outros metassedimentos com menor potencial de preservação são erodidos e formam vales pouco profundos. Uma serra ocorre na área e tem extensão considerável, a serra da Gamarra, ou do Aiuruoca, ou do Papagaio. É nela que ocorre o ponto mais alto da área (1.470 m) e também o ponto mais alto da região, a SE da área mapeada, o pico do Papagaio (2.293 m).

As drenagens da área compõem parte da bacia hidrográfica do Rio Grande, que desemboca no Rio Paraná. Trata-se de uma região com uma imensa profusão de nascentes, especialmente ao longo do sopé da serra da Gamarra. As drenagens de maior relevância que ocorrem são os rios Gamarra, São Pedro, Baependi e o ribeirão Furnas. O rio Baependi, de maior porte, se forma a partir da junção dos rios Gamarra e São Pedro, recebendo posteriormente também as águas do ribeirão Furnas.

O clima da região é subtropical, com predomínio de temperaturas amenas durante todo ano (a média anual varia em torno de 19 e 18°C), principalmente devido à orografia. O verão é chuvoso, especialmente entre novembro e fevereiro e o mês mais quente acusa média inferior a 22°C. Já o inverno é a estação mais seca e com temperaturas médias variando entre 10 e 15°C.

A vegetação nativa é muito restrita, visto que a atuação antrópica é intensa há séculos, sendo freqüente a presença de pastos e pequenas plantações. No sopé da serra da Gamarra ainda é possível reconhecer a mata nativa, bem como as matas ciliares ao longo dos riachos. No topo dos morros mais altos é possível reconhecer vegetação mais arbustiva e menos exuberante.

### **1.3.3 Aspectos sócio-ambientais**

O município de Baependi é o mais antigo do sul de Minas Gerais, ocupado inicialmente no contexto da rota do ouro do interior mineiro a Parati, RJ. Trata-se, portanto, de uma região com ocupação colonial que teve início no século XVII.

A área de mapeamento está quase totalmente situada na zona rural deste município, uma região caracterizada pela presença de pequenas vilas (ou bairros) e

muitos sítios e chácaras, onde vive uma população de baixa renda. Sua produtividade beira a subsistência, havendo roças de milho e cana, plantações de café, criação de gado leiteiro e uma intensa produção de artesanato, atualmente a maior fonte de renda local.

Trata-se também da fronteira norte da Área de Proteção Ambiental (APA) da Mantiqueira, cujos limites são a BR 267 ao norte e o vale do rio Baependi a oeste. Esta unidade de conservação, em conjunto com outras próximas aos limites dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, compõe o corredor da Mantiqueira, de grande importância para conservação do bioma da Mata Atlântica.

Uma unidade de conservação como a APA pressupõe a convivência sustentável com a população rural. Porém, esta possui modos de produção antigos, pouco eficientes e muitas vezes antagônicos às normas da APA. Matas ciliares e olhos d'água ocasionalmente sofrem desmatamento, principalmente por desconhecimento. Grandes quantidades de pastos com uso mínimo estão por toda a região. O IBAMA, órgão gestor da unidade, não possui mecanismos de levar educação ambiental aos donos de sítios e tem como única regulação a autuação com multa a partir de denúncias.

Atualmente, o cenário é muito propício ao êxodo rural, levando a um empobrecimento crescente do campo. Famílias que há 40 anos atrás viviam da produção rural estão hoje migrando para os limites da cidade, onde se concentram galpões de produção de artesanato. É comum o trabalho infantil e a jornada de trabalho superior à regulamentada. O preço de cada peça produzida é incrivelmente baixo, por ser determinado pelos poucos atravessadores que os trazem aos grandes centros.

O cenário também é propício a uma continuada e lenta degradação ambiental, especialmente em relação às nascentes do rio Gamarra, na serra da Gamarra. Infelizmente, não há perspectiva de mudança enquanto não houver atuação governamental em parceria com as populações locais para um desenvolvimento sócio-ambiental sustentável.

## 2 – Geologia Regional

A região está inserida em uma zona de interferência tectono-metamórfica entre as faixas Brasília e Ribeira, associadas ao Evento Termo-tectônico Brasileiro, que margeiam a borda meridional do Cráton do São Francisco (Trouw *et al.*, 1994). Será feita a seguir uma síntese da evolução geotectônica regional, bem como uma breve apresentação dos litotipos do embasamento e a definição acerca da Megasseqüência Andrelândia e dos aspectos estruturais e de metamorfismo da zona de interferência.

### 2.1 Evolução geotectônica

O Cráton do São Francisco (Almeida, 1977) é uma região da litosfera continental espessa, com raiz mantélica antiga, que não se envolveu no Evento Termo-tectônico Brasileiro. Seus limites são as faixas móveis Brasília, Ribeira, Rio Preto, Riacho do Pontal, Sergipana e Araçuaí. A leste, tem limite na margem continental.

Na sua borda meridional, a partir da Tafrogênese Estateriana, se instalou um sistema de riftes que participaram do processo de fragmentação do paleocontinente Rodínia (Heilbron *et al.*, 2004). Deu-se início à sedimentação de três bacias superpostas por discordâncias regionais, interpretadas como três megasseqüências meso-neoproterozóicas: São João Del Rei, Carandaí e Andrelândia, esta última relacionada à etapa tafrogenética Macaúbas. Tal processo resultou na instalação de uma margem continental passiva no Neoproterozóico (Trouw *et al.*, 2000a).

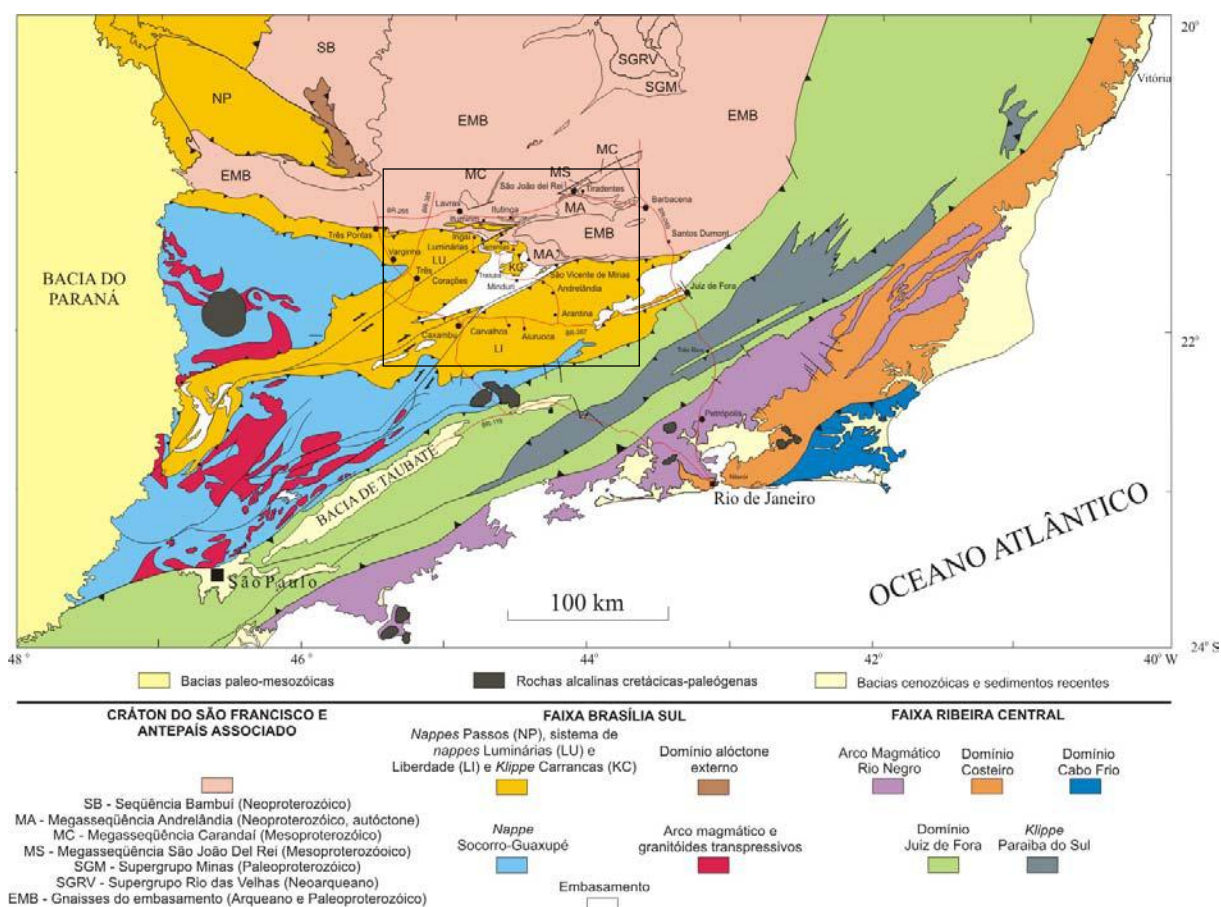
Durante o evento termo-tectônico Brasileiro houve a inversão orogênica dessas bacias, com a formação da Faixa Brasília e da Faixa Ribeira. Essas duas representam a colisão continental da paleoplaca São Francisco–Congo com Amazônia e Paranapanema (Trouw *et al.*, 2003). Esse processo está inserido em uma dinâmica de tectônica global que resultou na formação do paleocontinente Gondwana, no fim do Neoproterozóico e início do Cambriano.

No sul de Minas Gerais ocorre uma zona de interferência tectono-metamórfica, entre essas duas faixas móveis (Fig. 2.1a). As rochas das megasseqüências proterozóicas e lascas tectônicas do embasamento estão estruturadas em um sistema de *nappes* com transporte tectônico para E, associadas



à evolução da Faixa Brasília. O metamorfismo regional desta varia de fácies xisto verde a granulito de pressão relativamente alta, relacionado à formação das *nappes*. Isoladamente também são reconhecidos relictos de retroeclogitos, indicando pressões altas e temperaturas moderadas. A superposição do termo-tectonismo relacionado à Faixa Ribeira resultou em dobramento intenso e cisalhamentos destrais NE-SW, além de metamorfismo na fácies anfíbolito a granulito, de pressão intermediária (Trouw *et al.*, 2003).

Durante o Fanerozóico, a região ficou relativamente estável. No Meso-Cenozóico, diques basálticos associados ao magmatismo da Bacia do Paraná e corpos alcalinos associados à pluma de Tristão da Cunha se encaixaram nas rochas do embasamento e das megasseqüências proterozóicas. Posteriormente, durante o Cenozóico, um evento extensional gerou o Rife Continental do Sudeste do Brasil, refletido na área pelo basculamento de blocos e a formação de pequenos depósitos sedimentares (Trouw *et al.*, 2003).



**Figura 2.1a:** Mapa das unidades tectono-estratigráficas do segmento sul da Faixa Brasília e do segmento central da Faixa Ribeira. O retângulo indica a posição das figuras 2.3b, 2.4a e 2.4b (modificado de Trouw *et al.*, 2000b).

## 2.2 Embasamento

A norte e nordeste da área mapeada há um embasamento arqueano-paleoproterozóico considerado autóctone, onde predominam rochas ortoderivadas (ortognaisses migmatíticos, rochas metaultramáficas e anfibolitos), com ocorrência restrita de corpos paraderivados (paragnaisses, quartzitos manganésíferos e rochas calcissilicatadas) (Bittar, 1989; Trouw *et al.*, 2003).

Os ortognaisses têm predominantemente composição granodiorítica a tonalítica e estão parcialmente migmatizados por anatexia ou por injeção. Os outros litotipos ocorrem intercalados, por vezes constituindo corpos com vários quilômetros de extensão. Parte desses possivelmente constituiu um *greenstone belt* de idade arqueana.

A leste e a oeste da área ocorrem lacas tectônicas associadas ao transporte das *nappes* da Faixa Brasília (a leste, na base da *klippe* Aiuruoca) ou ao movimento da Zona de Cisalhamento Caxambu (a oeste) (Trouw *et al.*, 2003; Medeiros, 2004; Trouw, 2004).

Essas rochas foram afetadas por um metamorfismo associado ao evento Transamazônico, de fácies anfibolito de pressão média a alta e parcialmente pelo metamorfismo brasileiro.

## 2.3 Megasseqüência Andrelândia

A Megasseqüência Andrelândia, ou MsA, é uma sucessão metassedimentar com intercalações meta-ígneas máficas associadas (Fig. 2.3a), de idade neo-proterozóica (1.0 a 0.6 Ga) (Trouw *et al.*, 2000a; Heilbron *et al.*, 2004). Individualiza-se das megasseqüências mesoproterozóicas por discordâncias regionais (Fig. 2.3b), reconhecidas em um domínio autóctone. Também está presente em domínios alóctones, constituindo o sistema de *nappes* da Faixa Brasília (Trouw *et al.*, 2003). Apresenta metamorfismo desde fácies xisto verde até granulito de alta pressão.

### 2.3.1 Estratigrafia

Os litotipos da MsA são variados: filitos, xistos, gnaisses, quartzitos, anfíbolitos, gonditos, meta-precipitados químicos e rochas calcissilicáticas. 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 (Heilbron *et al.*, 2004).

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

- **Na<sub>1+2</sub>**, correspondendo a paragneisses finos com intercalações de filitos, xistos, anfíbolitos, quartzitos e rochas metaultramáficas. Há uma graduação nessa unidade, sendo a base predominantemente composta pelos paragneisses e o topo constituído principalmente por quartzitos;
- **Na<sub>3</sub>**, constituindo quartzitos micáceos e quartzo muscovita xistos;
- **Na<sub>4</sub>**, representada por filitos e xistos cinzentos, por vezes grafitosos.

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

- **Na<sub>5</sub>**, correspondendo a biotita xistos feldspáticos e granatíferos, transicionais para gnaisses.

Ambas as seqüências gradam lateralmente para outra associação/unidade:

- **Na<sub>6</sub>**, formada por uma intercalação de xistos variados, quartzo xistos, quartzitos, paragneisses, gonditos, meta-precipitados químicos, rochas calcissilicáticas, anfíbolitos e ocorrências restritas de retroeclogitos.

### 2.3.2 Interpretação paleoambiental

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).

Nesse contexto, a unidade Na<sub>1+2</sub> representa a sedimentação de fase rifte, arco-seana e imatura, com intercalação de corpos ígneos máficos e possivelmente lavas félsicas e sedimentos vulcanogênicos. A continuidade do processo de rifteamento levou a uma inundação marinha, representada pelo aumento gradacional na quantidade de quartzitos para o topo. A unidade Na<sub>3</sub> está associada a um ambiente costeiro e Na<sub>4</sub> denota um afogamento continuado da paleoplataforma.

A associação Na<sub>5</sub> representa deposição relacionada a glaciação (chuva de sedimentos por degelo em ambiente marinho), com ocorrência de seixos pingados de granitóides do embasamento na área de Madre de Deus, MG.

A associação Na<sub>6</sub> é interpretada como a fácies distal das seqüências Carrancas e Serra do Turvo, com a ocorrência de rochas derivadas de sedimentação pelágica e hemi-pelágica, intrusões de magmas tipo MORB e eventuais fluxos turbidíticos.

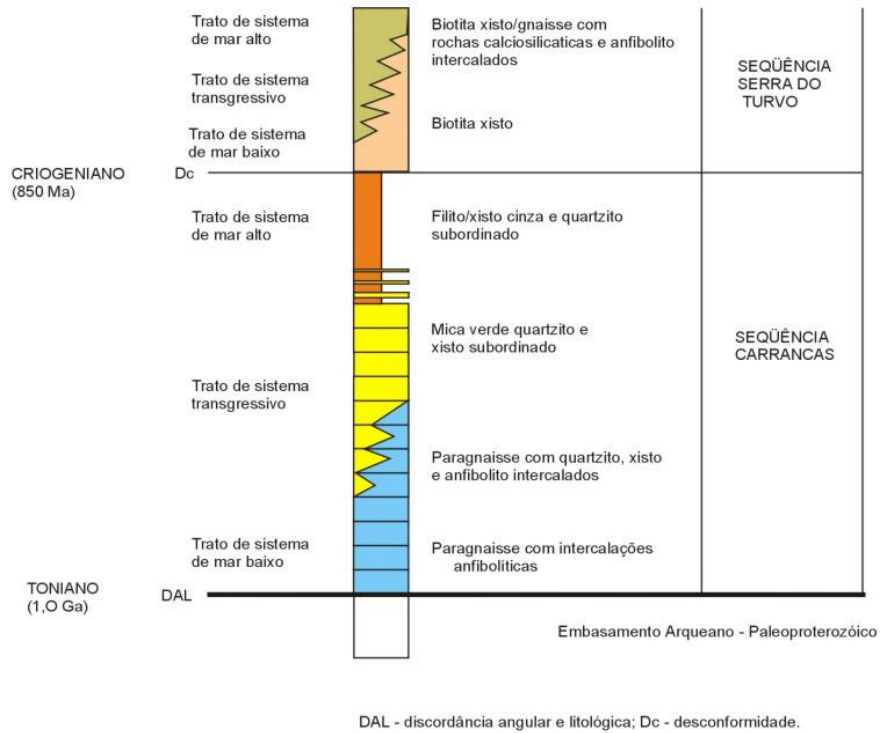


Figura 2.3a: Estratigrafia da Megassequência Andrelândia ( modificado de Paciullo, 1997).

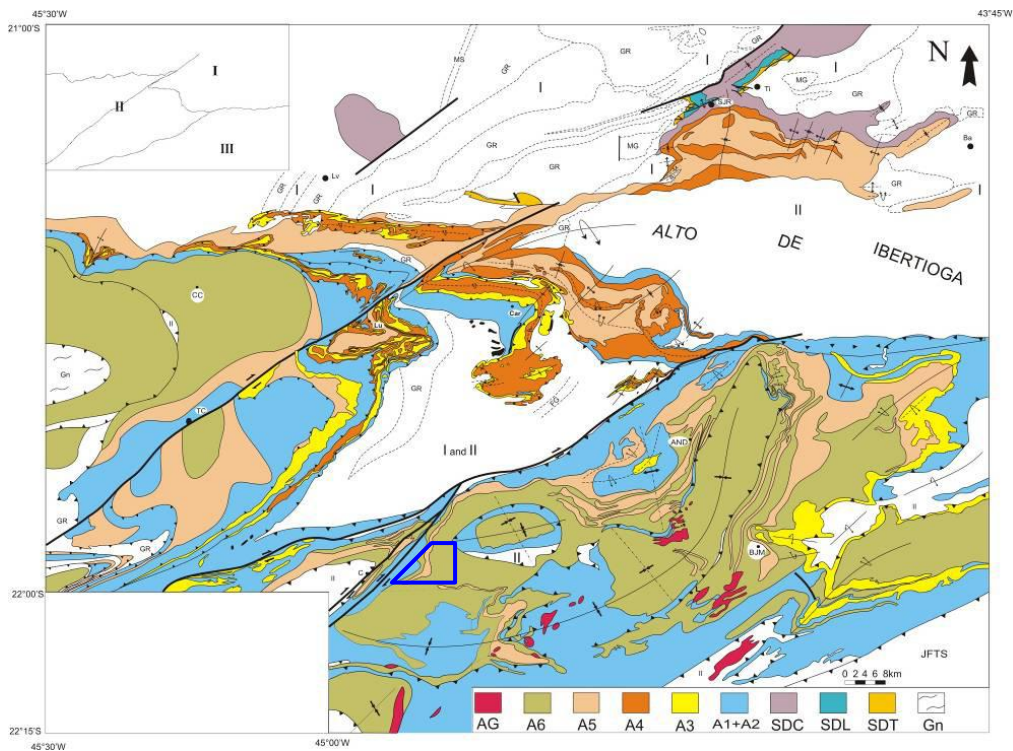


Figura 2.3b: Mapa geológico da zona de interferência entre as faixas móveis Brasília e Ribeira, no sul de Minas Gerais. Unidades do embasamento: I) greenstone belts, II) Complexo Mantiqueira, MS) Supergrupo Minas; Intrusões Paleoproterozóicas: GR) granitóides, MG) gabróicas. Megassequências Depositionais 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 anatéticos, 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. O polígono azul representa a área de estudos (modificado de Trouw *et al.*, 2000b).

## 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 ao segmento central da Faixa Ribeira (590 – 525 Ma) (Trouw *et al.*, 2003).

#### 2.4.1.1 Geologia Estrutural

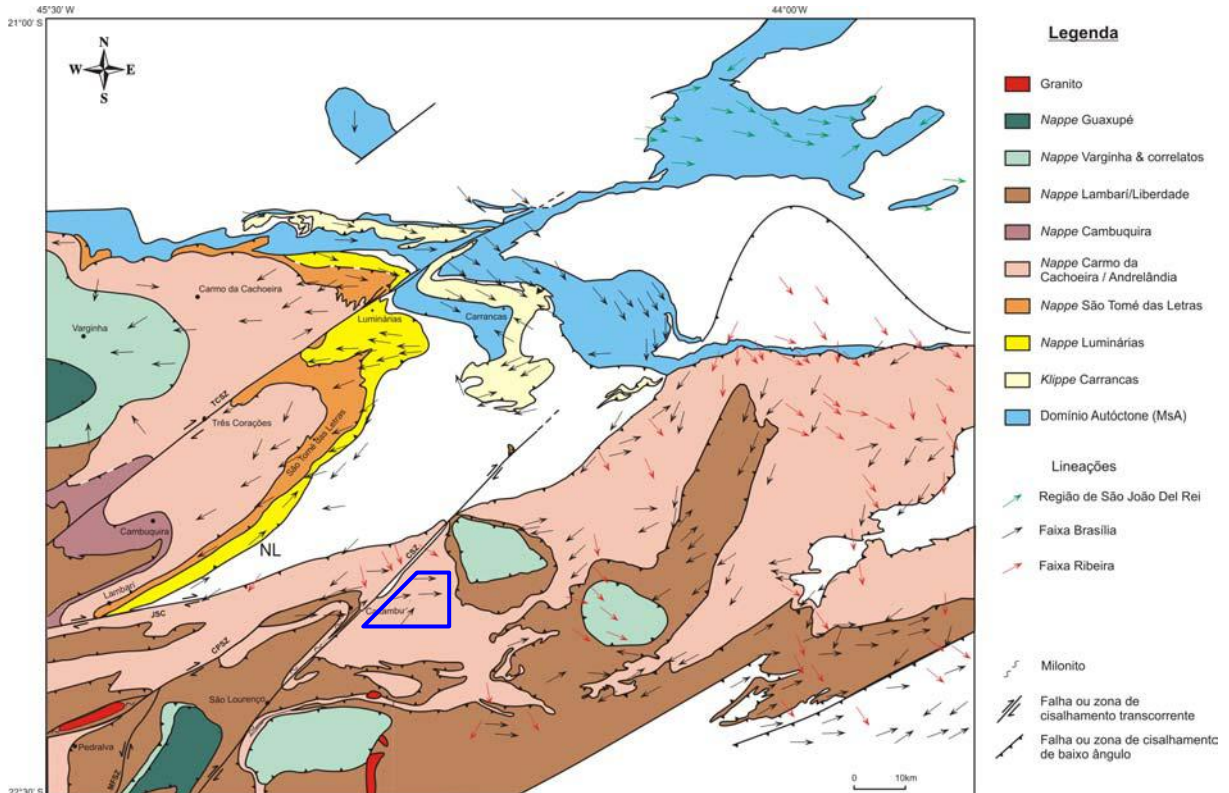
A interferência tectônica pode ser observada pela superposição de dois eventos com características contrastantes. O primeiro, associado à Faixa Brasília ( $D_B$ ), é resultado de uma subducção para WSW seguida de colisão continente-contidente, resultando em cavalgamentos de baixo ângulo com transporte tectônico de topo para E e um considerável espessamento da crosta (Dardenne, 2000, Trouw *et al.*, 2003). O segundo, associado à Faixa Ribeira ( $D_R$ ), envolve subducção para SE seguida de colisão continente-contidente, causando cavalgamentos de alto ângulo de topo para NW (Fig. 2.4a) (Trouw *et al.*, 2003).

Pode-se dividir a região em três domínios, sendo um autóctone, e dois alóctones. O primeiro é pouco deformado e possui somente estruturas  $D_B$ , 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 e onde se situa a área de mapeamento.

Nesse terceiro domínio, as estruturas relacionadas à Faixa Brasília são as próprias *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 ou NE. As estruturas relacionadas à Faixa Ribeira retrabalham e por vezes reorientam as anteriores, aumentando progressivamente sua influência para SSE. Trata-se de cisalhamentos e dobramentos com planos axiais íngremes e vergência para NW ou NNW. Também ocorrem transcorrências destrais NE-SW, associadas a  $D_R$ .



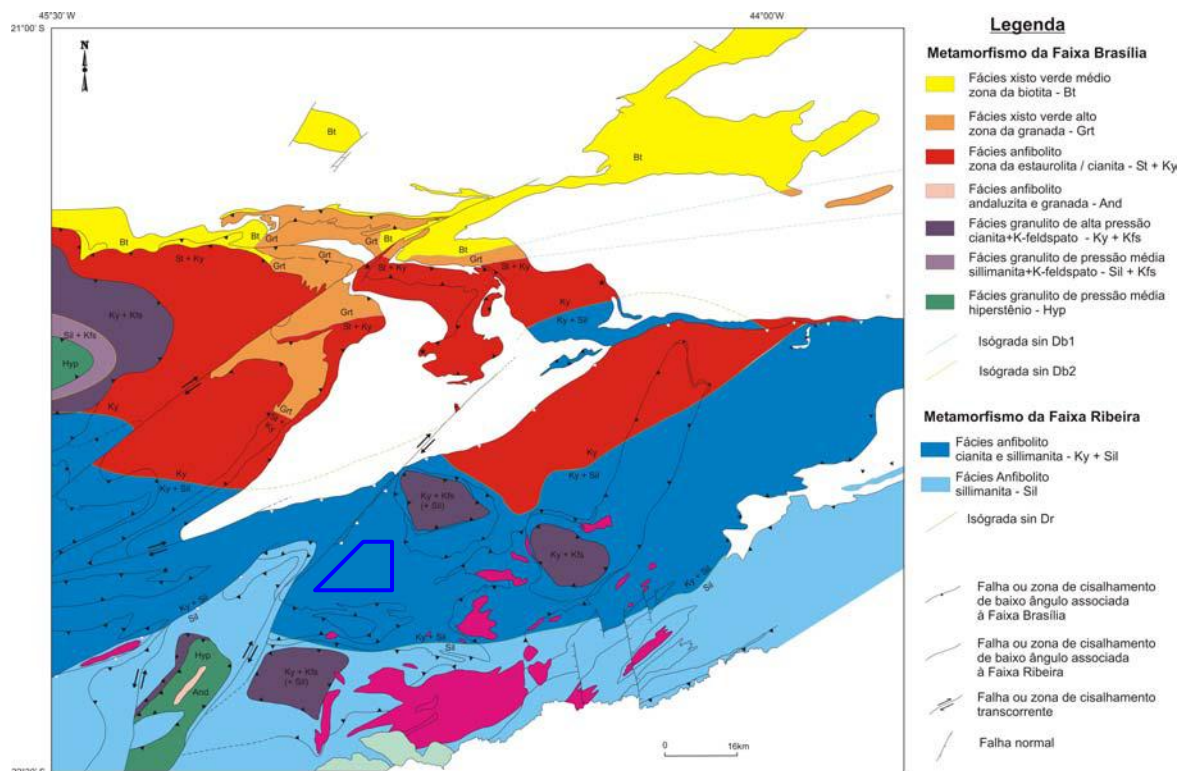
**Figura 2.4a:** Mapa tectônico da zona de interferência entre as faixas Brasília e Ribeira. O polígono azul representa a área mapeada nesse trabalho (Trouw *et al.*, inédito).

### 2.4.1.2 Metamorfismo

Há uma clara superposição de eventos metamórficos 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, nas proximidades de empurrões, indicando pressões muito altas e temperaturas moderadas. Apesar de o metamorfismo ter atingido fácies granulito, não é freqüente a anatexia.

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  $M_R$ .



**Figura 2.4b:** mapa metamórfico da zona de interferência entre as faixas Brasília e Ribeira. O polígono azul representa a área mapeada nesse trabalho (Trouw *et al.*, inédito).



### 3 – Unidades de Mapeamento

Serão apresentados a partir deste capítulo os resultados do mapeamento geológico da área estudada (Anexo II). As rochas aflorantes pertencem à Megasseqüência Andrelândia e foram agrupadas em três unidades de mapeamento principais, de acordo com as propostas por Trouw *et al.* (2003).

Trata-se das unidades Na<sub>1+2</sub> (biotita-gnaïsse), Na<sub>5</sub> (biotita xisto com granada e feldspato) e Na<sub>6</sub> (granada muscovita xisto com intercalações de quartzito, quartzo xisto, muscovita biotita xisto, muscovita biotita gnaïsse, meta-precipitado químico, rocha calcissilicática e anfíbolito). Dentro desta última unidade ainda foi possível individualizar corpos mapeáveis de uma associação de xistos e gnaïsses anatéticos (Na<sub>6a</sub>) e ocorrências isoladas de muscovita gnaïsse (Na<sub>6n</sub>) e retroeclogito (Na<sub>6r</sub>). Todas essas unidades serão descritas detalhadamente nesse capítulo.

Amostras dos diversos litotipos que compõem as associações foram coletadas e a partir destas confeccionou-se 30 lâminas delgadas para análise petrográfica. A Tabela 3a apresenta os resultados acerca da mineralogia de cada litotipo.

	Na1+2	Na5	Na6									
	biotita gnaïsse (1)	biotita xisto (9)	grd. musc. xisto (3)	quartzito (2)	quartzo xisto (2)	meta-ppt. químico (2)	musc. biot. xisto (2)	musc. biot. gnaïsse (2)	biotita xisto anatético (3)	anfíbolito (1)	retroeclogito (2)	muscovita gnaïsse (1)
<b>Quartzo</b>	35%	35%	28%	78%	58%	22%	37%	30%	32%	14%	8%	30%
<b>Plagioclásio</b>	15%	23%	13%	3%	tr	-	20%	13%	20%	15%	9%	tr
<b>K-Feldspato</b>	40%	1%	tr	5%	tr	-	2%	25%	17%	-	-	50%
<b>Biotita</b>	7%	28%	13%	4%	3%	-	15%	13%	15%	-	-	5%
<b>Muscovita</b>	tr	1%	33%	11%	30%	-	18%	20%	8%	-	-	15%
<b>Granada</b>	-	7%	10%	tr	10%	50%	10%	-	8%	-	28%	-
<b>Cianita</b>	-	4%	3%	-	-	-	tr	-	1%	-	-	-
<b>Sillimanita</b>	-	tr	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Estauroлита</b>	-	tr	tr	-	tr	-	-	-	-	-	-	-
<b>Clinopiroxênio</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15%	-
<b>Hornblenda</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65%	38%	-
<b>Cummingtonita</b>	-	-	-	-	-	25%	-	-	-	-	-	-
<b>Epidoto</b>	2%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Zoizita</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%	-	-
<b>Allanita</b>	1%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Apatita</b>	-	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Turmalina</b>	-	tr	tr	-	-	-	-	-	tr	-	-	-
<b>Zircão</b>	tr	tr	tr	tr	tr	-	-	-	tr	-	-	-
<b>Rutilo</b>	-	tr	tr	-	tr	tr	tr	-	tr	-	1%	-
<b>Titanita</b>	-	tr	tr	-	-	-	-	-	-	3%	2%	-
<b>Clorita</b>	-	tr	tr	-	-	tr	tr	-	-	-	-	-
<b>Opacos</b>	tr	tr	tr	tr	tr	3%	tr	tr	tr	2%	2%	tr

**Tabela 3a:** valores médios a partir de estimativa visual da composição mineralógica dos litotipos presentes na área de mapeamento, obtidos a partir da petrografia de lâminas delgadas (numero de lâminas indicado entre parênteses). A abreviação "tr" (traço) se refere à ocorrência do mineral em quantidade inferior a 1%.

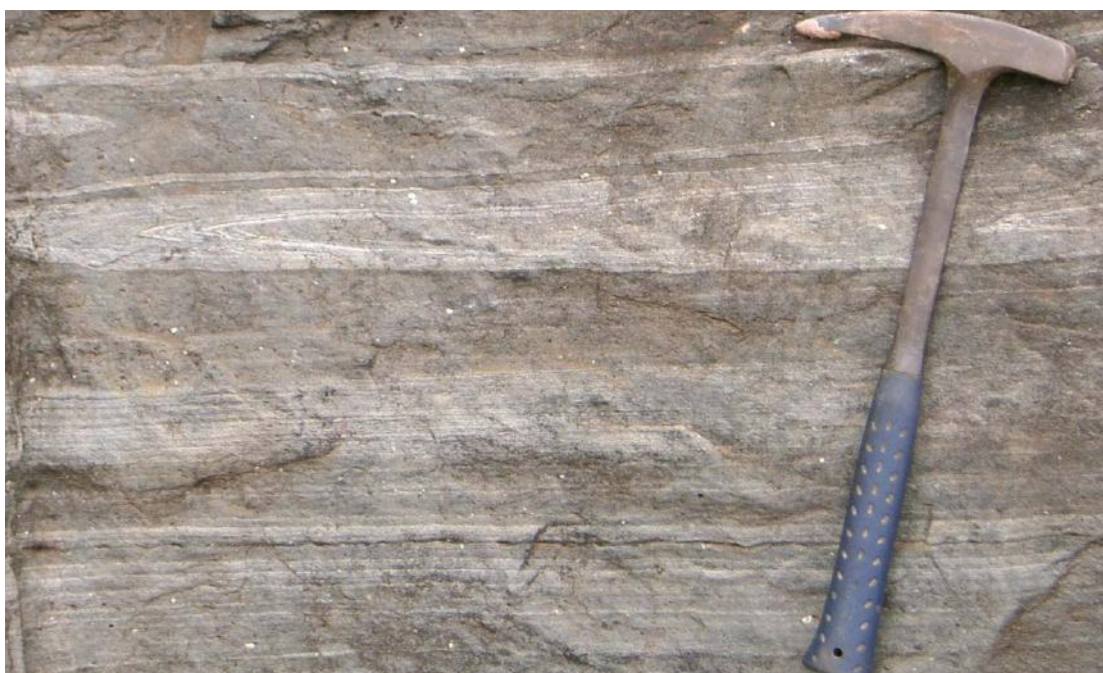
### 3.1 Unidade Na<sub>1+2</sub>: Biotita Gnaiss

Trata-se da associação de litofácies basal da Megassequência Andrelândia, ocorrendo ao longo da fronteira NE-SW da área. Nessa unidade ocorrem intercalações de níveis centimétricos a decimétricos de quartzito micáceo.

A área de ocorrência do biotita gnaiss é via de regra de relevo pouco acidentado, com morros relativamente baixos e vales rasos, de baixa declividade. O nível de exposição dessa unidade é baixo, havendo poucos afloramentos dentro da área de estudo, sendo que a maioria se apresenta em elevado grau de alteração. É possível, contudo, observar alguns lajedos de rocha fresca escurecidos pelo intemperismo (Foto 3.1a), além de poucas cristas quartzíticas alinhadas de acordo com o *strike* da foliação.

O biotita gnaiss apresenta uma laminação (<1 cm) marcante, aparentemente tabular, bem como granulometria fina a muito fina (<100 µm). Quando fresco, ocorre em camadas de tons cinza escuro até branco, pela maior ou menor concentração de biotita. Quando alterado, as bandas podem adquirir as mais variadas tonalidades, como amarelo pálido, laranja, ocre, rosa, roxo e branco.

Os quartzitos não são comuns na área de mapeamento, sendo mais freqüentes para oeste, onde há inclusive um corpo mapeável (Trouw, 2004). Têm cor branca e são compostos predominantemente por quartzo e muscovita.



**Fotografia 3.1a:** afloramento de biotita gnaiss (Na<sub>1+2</sub>) com estratificação composicional característica e dobras isoclinais (ponto FMM-314, Anexo I).

### 3.1.1 Petrografia

Será descrita a seguir a petrografia do biotita gnaisse a partir do estudo de uma lâmina. Os quartzitos dessa unidade não foram amostrados.

#### **Biotita gnaisse**

Apresenta uma composição predominantemente quartzosa-feldspática (ver tabela 3a) e granulometria muito fina a fina. É possível observar um bandamento composicional, pela maior ou menor concentração de grãos de biotita (fotomicrografia 3.1a). Estes também marcam a foliação na rocha.

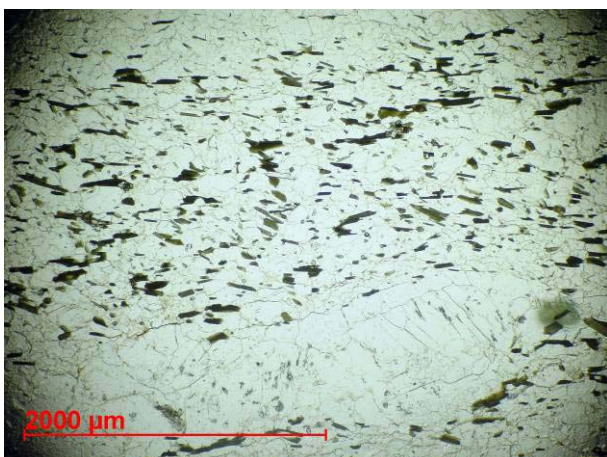
O quartzo apresenta extinção ondulante e bandas de deformação.

A microclina ocorre em grãos irregulares, frequentemente apresentando geminação tartan. Na lâmina FMM-044 (Anexo III) foi observado um grão de cerca de 3mm, muito maior que a granulometria da matriz, subidiomórfico, possivelmente indicando uma origem ígnea, apresentando um giro relativo à foliação (fotomicrografia 3.1b).

A biotita apresenta cor de pleocroísmo verde e cristais orientados de acordo com a foliação.

A allanita ocorre concentrada em alguns níveis, rodeada por epidoto que aparentemente cresceu a partir desses grãos (fotomicrografia 3.1c).

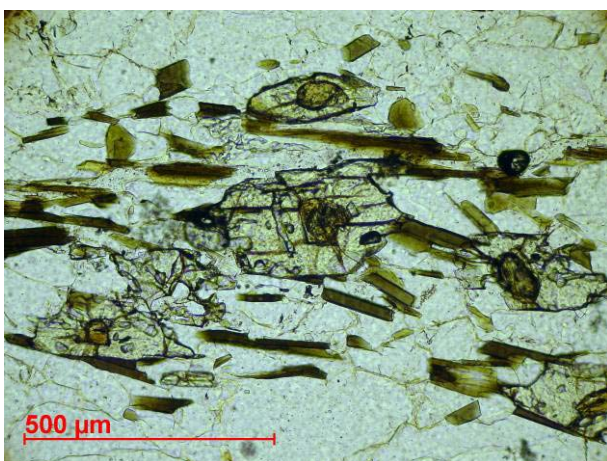
A muscovita e o zircão possuem ocorrência menor que 1%. Este último possui forma granular, aparentemente de origem detrítica.



**Fotomicrografia 3.1a:** bandamento composicional em lâmina de biotita gnaiss. Os grãos de biotita (verdes) estão concentrados em uma banda milimétrica (lâmina FMM-044, Anexo III).



**Fotomicrografia 3.1b:** grão de microclina idiomórfico com giro sinistral, de granulometria muito maior que a da matriz (lâmina FMM-044, Anexo III).



**Fotomicrografia 3.1c:** nível rico em allanitas com borda de crescimento de epidoto (lâmina FMM 044, Anexo III).

### 3.2 Unidade Na<sub>5</sub>: Biotita Xisto

O biotita xisto é caracterizado pela presença de granada e plagioclásio. Ocorre diretamente sobre o biotita gnaisse da unidade Na<sub>1+2</sub>, havendo no ponto FMM-169 (anexo I) um contato brusco entre ambas. Aflora no segmento central e na parte sul da área, intercalado por dobras com a unidade superior.

Há uma grande quantidade de afloramentos, sendo freqüente a exposição de áreas consideráveis de rocha cinza escura fresca. São geralmente lajedos lisos de rocha homogênea em encostas de morros com escarpas íngremes (foto 3.2a). Dependendo do grau de alteração, é possível encontrar afloramentos de um saprolito acinzentado ou avermelhado, no qual se ressaltam as micas.

É interessante observar que essa unidade aparentemente possui elevado potencial para sofrer erosão, visto que a sua ocorrência mais comum é nas mais marcantes quebras de relevo da área. Porém, a quantidade de afloramentos frescos é muito maior que a de alterados.

O biotita xisto apresenta um aspecto homogêneo característico, com uma grande quantidade de granadas de até 1,0 cm e uma matriz rica em biotita, quartzo e plagioclásio (foto 3.2b). É freqüente a ocorrência de lentes centimétricas a decimétricas de quartzo monocristalino, orientadas de acordo com a foliação. Estas lentes se apresentam deformadas, por vezes servindo como indicadores cinemáticos.

A foliação, pelo caráter homogêneo da rocha e escassez de muscovita, não é muito clara, sendo marcada principalmente pela biotita e reforçada pelos veios de quartzo. Por vezes, aparenta ser anastomosada pela grande concentração de granadas e conseqüente desvio da foliação no entorno destas.

Ocasionalmente é possível reconhecer certa estratificação composicional, com níveis mais ou menos ricos em muscovita, especialmente em direção ao topo da unidade. Esse aumento na quantidade de muscovita é causado aparentemente pelo fato desse contato ser ao menos em parte gradacional.





**Fotografia 3.2a:** Afloramento de biotita xisto em encosta de morro. Há um dique de pegmatito encaixado na direção da foliação (ponto FMM-279, Anexo I).



**Fotografia 3.2b:** aspecto do biotita xisto, com granada conspícua e a foliação marcada principalmente pelos veios de quartzo (ponto FMM-038, Anexo I).



### 3.2.1 Petrografia

O biotita xisto (fotomicrografia 3.2a) apresenta mineralogia variada (Tabela 3a). Os minerais mais freqüentes são quartzo, plagioclásio, granada, biotita e cianita. Há ocorrência de muscovita, em quantidades restritas, com aumento para o topo da unidade. Outros minerais que podem ocorrer são K-feldspato, sillimanita, estauroлита, rutilo, turmalina, zircão, apatita, titanita, clorita e minerais opacos.

O quartzo apresenta extinção ondulante, bandas de deformação e formação de subgrãos. Ocorre em grãos irregulares ou em lentes, sendo raras as ocorrências de grãos recristalizados, restritos às sombras de pressão de granadas.

O plagioclásio ocorre em grãos irregulares, com geminação polissintética freqüente. Alguns possuem zonamento composicional. Também é comum a ocorrência de grãos deformados com extinção ondulante e geminação descontínua.

A granada ocorre como porfiroblastos de até 1 cm, com desvio de foliação no seu entorno. Sua forma pode ser arredondada ou amendoada (fotomicrografia 3.2b), orientada de acordo com a foliação. Possui inclusões de rutilo, quartzo, plagioclásio, clorita, cianita, biotita e opacos. Alguns grãos apresentam padrões de inclusões que denotam a um giro relativo em relação à matriz (fotomicrografia 3.2c).

A biotita possui um pleocroísmo castanho a marrom e define os planos de foliação, apresentando-se geralmente em feixes onde é possível reconhecer arcos poligonais. É comum inclusões de zircão com halo pleocróico (fotomicrografia 3.2d).

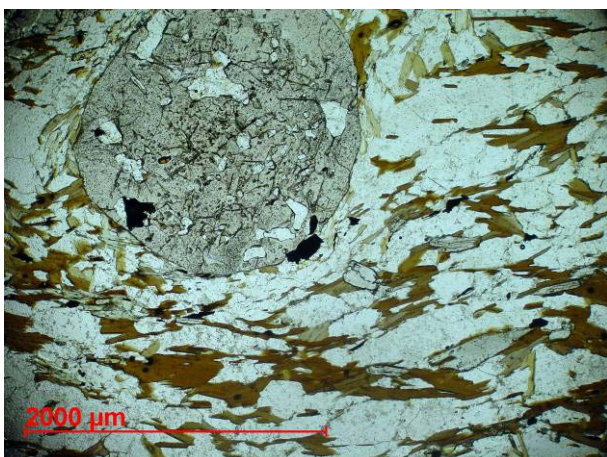
A cianita se apresenta em prismas alongados, geralmente orientados de acordo com a foliação. Observa-se freqüentemente deformação, caracterizada por grãos recurvados com extinção ondulante (fotomicrografia 3.2e).

A sillimanita ocorre como agulhas submilimétricas, concentradas em pequenos tufos, nas mesmas lâminas de ocorrência de cianita (fotomicrografia 3.2f).

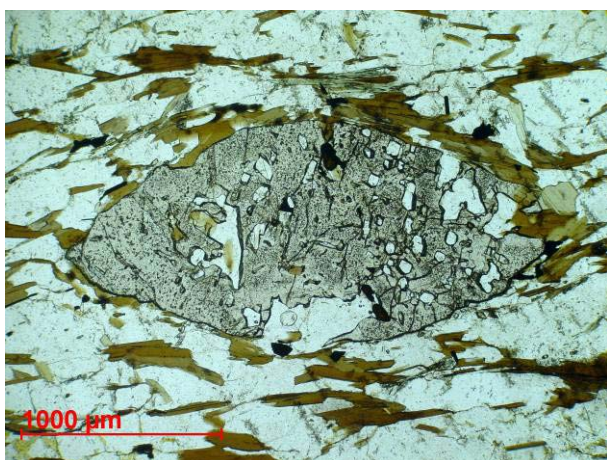
A estauroлита aparece em poucas lâminas, com quantidades pequenas de grãos idiomórficos de pleocroísmo amarelado (fotomicrografia 3.2g).

Os cristais de turmalina são idiomórficos e usualmente acompanham a foliação (fotomicrografia 3.2h). Os grãos de zircão são arredondados e provavelmente têm origem detrítica. As cloritas podem ocorrer como inclusões nas granadas ou substituindo biotita na matriz, sendo as primeiras de pleocroísmo verde muito mais intenso.

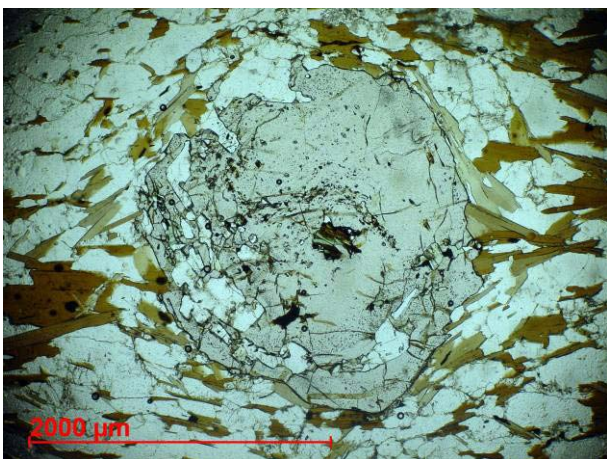




**Fotomicrografia 3.2a:** aspecto geral do biotita xisto. A foliação é marcada pela biotita e desvia em torno da granada. Cristais de cianita acompanham a foliação. Na matriz, ainda ocorre quartzo e plagioclásio (lâmina FMM-010b, Anexo III).



**Fotomicrografia 3.2b:** granada de forma amendoada, com eixo maior orientado de acordo com a foliação. Apresenta inclusões de quartzo, biotita e rutilo. Logo acima da granada, um cristal de biotita sendo substituído por clorita (lâmina FMM-010b, Anexo III).

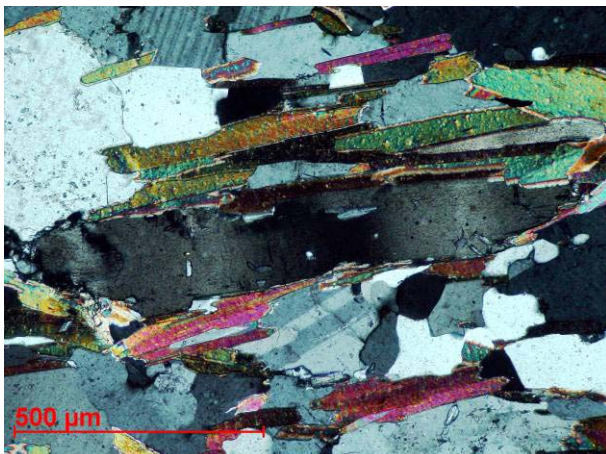


**Fotomicrografia 3.2c:** granada com padrão de inclusões em S, incorporado durante o crescimento do cristal. Próximo ao centro, há uma inclusão de biotita parcialmente substituída por clorita, de cor verde (lâmina FMM-023, Anexo III).

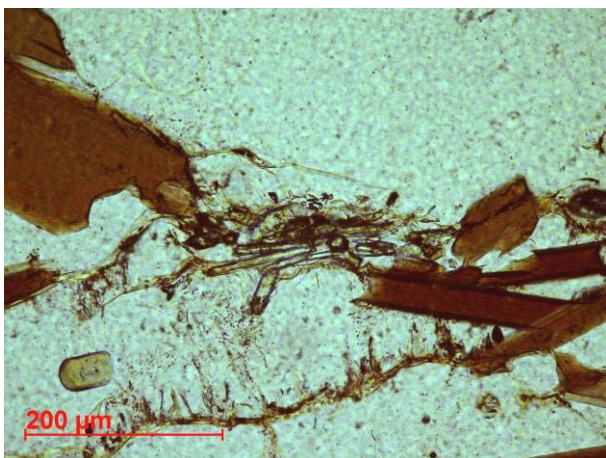


**Fotomicrografia 3.2d:** biotita com inclusões de zircão envoltos por halos pleocróicos (lâmina FMM-127, Anexo III).

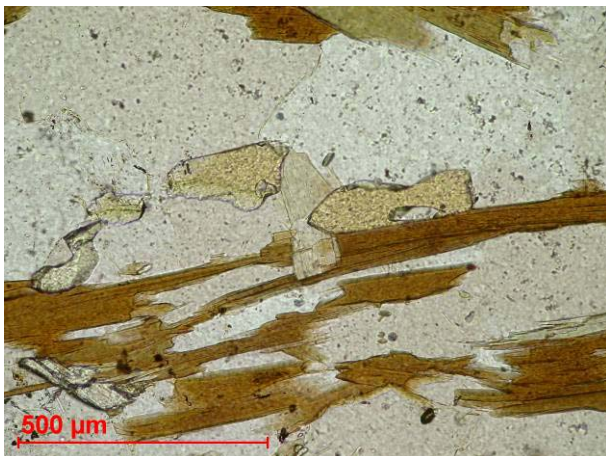




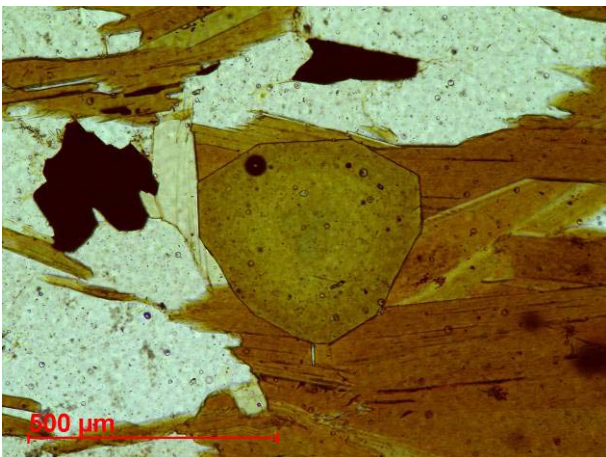
**Fotomicrografia 3.2e:** prisma de cianita deformado (cinza), com extinção ondulante, acompanhando a foliação marcada por cristais de biotita (lâmina FMM-010b, Anexo III).



**Fotomicrografia 3.2f:** agulhas submilimétricas de sillimanita, ocorrendo em pequenos tufos no biotita xisto (lâmina FMM-103, Anexo III).



**Fotomicrografia 3.2g:** cristais de estaurolita, alinhados na foliação marcada pelas biotitas (lâmina FMM-023, Anexo III).



**Fotomicrografia 3.2h:** prisma de turmalina idiomórfico, apresentando zonamento composicional (lâmina FMM-103, Anexo III).

### 3.3 Unidade Na<sub>6</sub>: Granada Muscovita Xisto

Trata-se da associação interpretada como de fácies distal da MsA (Paciullo, 1997). Está em contato ao menos em parte gradacional com a unidade Na<sub>5</sub>. Ocorre em praticamente toda a área, desde o segmento central (intercalada por dobras com a unidade Na<sub>5</sub>) até a fronteira do mapeamento, a leste. O topo desta unidade não aflora na área estudada, entretanto, a leste ela está coberta, através de um contato tectônico, por ortognaisses migmatíticos da *klippe* Aiuruoca.

Corresponde a um granada muscovita xisto (foto 3.3a) com intercalações centimétricas a métricas de quartzito micáceo, quartzo xisto, muscovita biotita xisto, muscovita biotita gnaiss, meta-precipitado químico, rochas calcissilicáticas e anfibolito. Também há uma ocorrência de retroeclogito (item 3.3.2) e outra de muscovita gnaiss (item 3.3.3). Uma associação de muscovita biotita xisto, muscovita biotita gnaiss e biotita xisto, parcialmente afetada por anatexia, forma corpos de escala mapeável dentro da unidade (item 3.3.4).

O granada muscovita xisto aflora na maior parte da área alterado (foto 3.3b), estando os melhores pontos de observação em cortes da BR 267 ou em barrancos de estradas de terra. Os quartzitos e quartzo xistos, por outro lado, têm exposição melhor e formam cristas orientadas de acordo com o *strike* da foliação, muitas vezes no topo de morros sustentando o relevo. Muscovita biotita xisto, muscovita biotita gnaiss e biotita xisto a gnaiss anatóxico têm boa exposição, com afloramentos pouco alterados ou frescos ao longo de encostas de morros. Os outros litotipos ocorrem associados aos afloramentos de granada muscovita xisto.

O litotipo predominante na unidade é o próprio granada muscovita xisto, de granulometria grossa, apresentando uma foliação característica, marcada por muscovita e por vezes cristais tabulares de cianita. Há ocorrência de granadas de até 2 cm, com desvio de foliação à sua volta.

Os quartzitos micáceos e quartzo xistos ocorrem em camadas centimétricas a métricas. Por vezes aparentam ter espessuras maiores, pelo fato de se apresentarem repetidos por dobras (foto 3.3c).

Na base da unidade há ocorrências restritas de muscovita biotita xisto com granada, um litotipo que se aproxima textural e composicionalmente ao biotita xisto da unidade Na<sub>5</sub>, porém com granulometria maior e maior quantidade de muscovita,



semelhante ao granada muscovita xisto. Esse litotipo foi definido como transicional entre as unidades e corrobora com a idéia de o contato ser gradacional.

Há também ocorrências de muscovita biotita gnaiss, uma rocha com bandamento composicional marcado pela maior ou menor quantidade de micas e por vezes apresentando lentes quartzo-feldspáticas associadas a anatexia incipiente. Outro litotipo com características semelhantes é o biotita xisto a gnaiss anatético com granada, que será tratado mais a fundo no item 3.3.5.

Rochas calcissilicáticas e meta-precipitados químicos ocorrem sob a forma de nódulos ou lentes de tamanho decimétrico a métrico no granada muscovita xisto. Os meta-precipitados químicos são rochas muito densas, sem foliação aparente, observada apenas em blocos alinhados. Ao sofrerem intemperismo geram pequenos corpos lateríticos ricos em manganês.

Anfibolitos formam camadas tabulares de até 7 m de espessura. São rochas ortoderivadas que provavelmente compunham diques, derrames de lava e/ou *sills* encaixados nas rochas sedimentares pretéritas da Bacia Andrelândia.



**Fotografia 3.3a:** aspecto do granada muscovita xisto em afloramento. Há uma foliação nítida marcada por micas e uma profusão de granadas de até 1,2 cm (ponto FMM-027).





**Fotografia 3.3b:** afloramento alterado de granada muscovita xisto. Os níveis mais esbranquiçados tendem a quartzo xisto (ponto FMM-006, Anexo I).



**Fotografia 3.3c:** intercalação de granada muscovita xisto com níveis quartzíticos. É possível observar uma dobra isoclinal que aumenta a espessura aparente da camada de quartzito, próxima ao cabo do martelo (ponto FMM-113, Anexo I).



### 3.3.1 Petrografia

Será detalhada a seguir a petrografia de cada litotipo da unidade Na<sub>6</sub>. As composições médias destes podem ser observadas na tabela 3a.

#### **Granada muscovita xisto**

Possui granulometria grossa e mineralogia freqüente composta por quartzo, plagioclásio, granada, biotita, muscovita e cianita (fotomicrografia 3.3a). Também pode ter K-feldspato, sillimanita, estaurolita, turmalina, rutilo, titanita, zircão e minerais opacos, todos em quantidades menores que 1%.

O quartzo aparece como grãos irregulares na matriz ou em fitas alongadas separadas por níveis de muscovita. Apresenta extinção ondulante e subgrãos.

O plagioclásio ocorre freqüentemente com geminação polissintética, deformado e com extinção ondulante, em grãos irregulares na matriz.

As granadas apresentam-se como porfiroblastos com inclusões de rutilo, quartzo, muscovita, biotita, cianita e opacos. A foliação deflete no seu entorno. Algumas têm sombras de pressão assimétricas e padrões de inclusão que indicam giro relativo de até 315° (fotomicrografia 3.3b).

A biotita e a muscovita marcam a foliação e por vezes fazem arcos poligonais, sendo consideravelmente maior a quantidade de muscovita. É comum a ocorrência de zircões inclusos em biotitas formando halos pleocróicos.

A cianita se apresenta como prismas idiomórficos ou hipidiomórficos orientados de acordo com a foliação, por vezes deformados. Agulhas de sillimanita ocorrem como tufos na matriz, sem orientação aparente.

Turmalina e titanita ocorrem como cristais idiomórficos orientados de acordo com a foliação. Zircões arredondados denotam a uma origem detrítica.

#### **Quartzito micáceo**

Possui monótona composição de quartzo (predominantemente), plagioclásio, K-feldspato, muscovita e biotita. Pode apresentar também granada e zircão.

O quartzo ocorre parcialmente recristalizado, com subgrãos, contatos interlobados e em grãos poligonais. É comum também extinção ondulante. O plagioclásio e o K-feldspato ocorrem como grãos irregulares a alongados. A

muscovita e subordinadamente a biotita marcam a foliação, por vezes apresentando arcos poligonais e ondulações (fotomicrografia 3.3c). Os zircões têm forma arredondada relacionada à sua origem detrítica.

### **Quartzo xisto**

Sua mineralogia é semelhante à dos quartzitos, variando apenas as proporções. Quartzo, muscovita, granada e biotita compõem a mineralogia principal. Também ocorrem plagioclásio, K-feldspato, estauroлита, rutilo e zircão.

O quartzo ocorre com extinção ondulante e subgrãos, parcialmente recristalizado, separado em faixas por muscovita e biotita que marcam a foliação. Estas micas freqüentemente fazem arcos poligonais e ondulações.

Granadas tipo *snowball* podem ocorrer (fotomicrografia 3.3d), bem como formas mais alongadas. Na lâmina FMM-011, ocorre uma granada com inclusões de estauroлита (fotomicrografia 3.3e). Os zircões têm forma arredondada.

### **Muscovita biotita xisto com granada**

Apresenta como mineralogia principal quartzo, plagioclásio, K-feldspato, muscovita, biotita e granada. Ocorrem também cianita, rutilo, zircão, clorita e minerais opacos.

O quartzo apresenta extinção ondulante e textura de subgrãos. Por vezes, forma fitas separadas por micas ou lentes monominerálicas. Plagioclásio e K-feldspato ocorrem como grãos irregulares, com geminações freqüentes e apresentando ocasionalmente mirmequita nos contatos. Também têm extinção ondulante.

Granadas ocorrem como porfiroblastos e geralmente apresentam formas idiomórficas a hipidiomórficas. Têm inclusões de rutilo, quartzo, biotita, muscovita e opacos.

A muscovita e a biotita marcam a foliação. As amostras analisadas apresentam certa variação na quantidade desses dois minerais, porém a muscovita é sempre predominante. Fazem alguns arcos poligonais e ocasionalmente marcam ondulações da foliação. Zircões arredondados podem ocorrer inclusos nas biotitas, apresentando halos pleocróicos. Cloritas ocorrem substituindo cristais de biotita.

### **Muscovita biotita gnaiss**

Trata-se de uma rocha com quartzo, plagioclásio, K-feldspato, biotita, muscovita e minerais opacos. Possui um bandamento composicional, definido pela maior ou menor concentração de biotita (fotomicrografia 3.3f).

O quartzo apresenta extinção ondulante, subgrãos e por vezes recristalização. Nas lâminas referentes aos afloramentos do leste da área, pode formar lentes com K-feldspato (microclina) e plagioclásio. Quando estes últimos estão em contato, é comum a ocorrência de mirmequita (fotomicrografia 3.3g).

Muscovita e biotita marcam a foliação e fazem alguns arcos poligonais.

### **Meta-precipitado químico**

É uma rocha na qual não se reconhece uma foliação nítida, a não ser pela ocorrência de níveis tabulares de quartzo. É composta por quartzo, granada, cummingtonita e minerais opacos. Também pode ocorrer rutilo e clorita.

O quartzo apresenta extinção ondulante e textura de subgrãos. Ocorre nos interstícios entre cristais de cummingtonita e granada ou em lâminas.

Granada ocorre em grande quantidade. Possui inclusões de rutilo, quartzo e minerais opacos. Alguns grãos apresentam padrões de inclusão anômalos, provavelmente herdados por pseudomorfismo (fotomicrografia 3.3h).

Cummingtonita ocorre com textura poiquilítica, havendo inclusões de quartzo, opacos e granadas pequenas. Os cristais têm uma geminação semelhante à polissintética dos plagioclásios (fotomicrografia 3.3i).

Os minerais opacos podem se apresentar rodeando cristais amarelados de rutilo, numa textura de substituição. Estes são provavelmente ilmenitas.

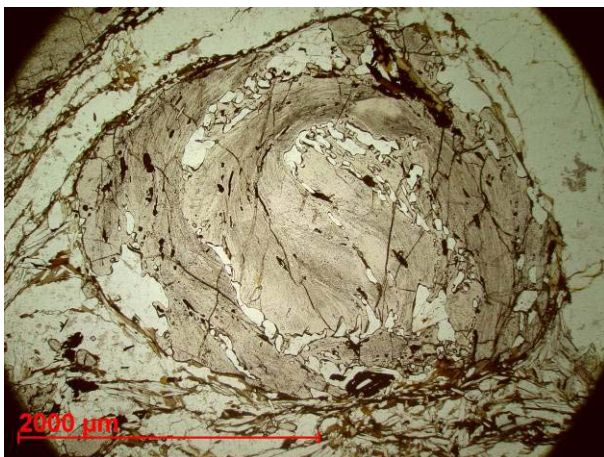
### **Anfibolito**

Tem mineralogia monótona, composta por hornblenda, plagioclásio, quartzo, titanita, zoizita e minerais opacos. Os cristais de hornblenda estão orientados de acordo com a foliação, bem como os prismas idiomórficos de titanita (fotomicrografia 3.3j). Em uma seção da lâmina há uma concentração de prismas idiomórficos de zoizita, sem orientação aparente.

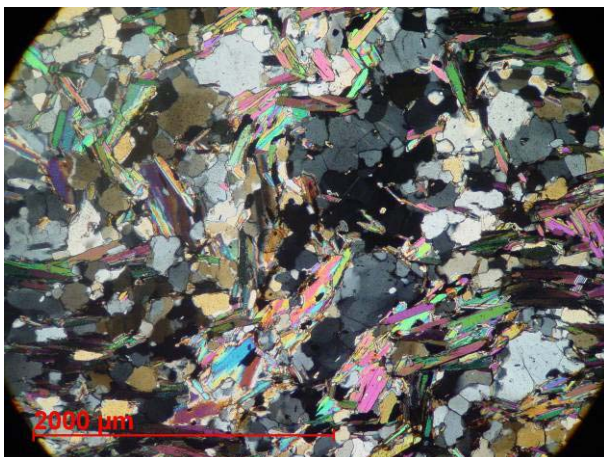




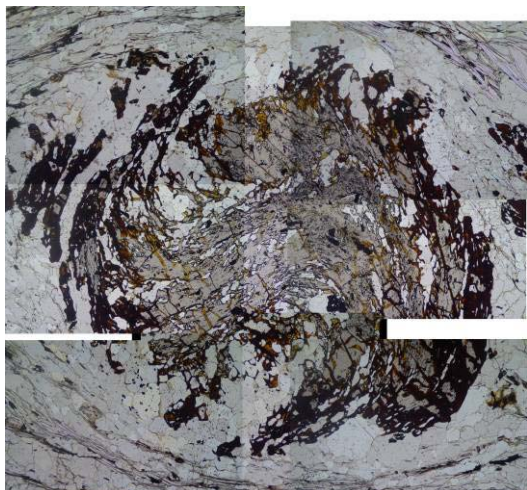
**Fotomicrografia 3.3a:** aspecto geral do granada muscovita xisto. A foliação, marcada pelas micas, deflete na borda da granada. No canto esquerdo, alguns cristais de cianita com a clivagem característica desse mineral (lâmina FMM-027, Anexo III).



**Fotomicrografia 3.3b:** granada girada, com parte da sua sombra de pressão incorporada (*snowball*). Giro sinistral em relação à matriz de  $315^\circ$  (Lâmina FMM-032, Anexo III).

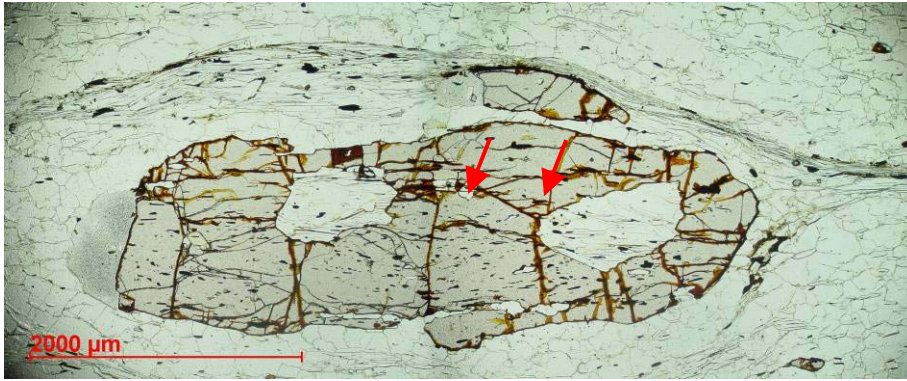


**Fotomicrografia 3.3c:** quartzito micáceo com foliação dobrada (lâmina FMM 005a, Anexo III).

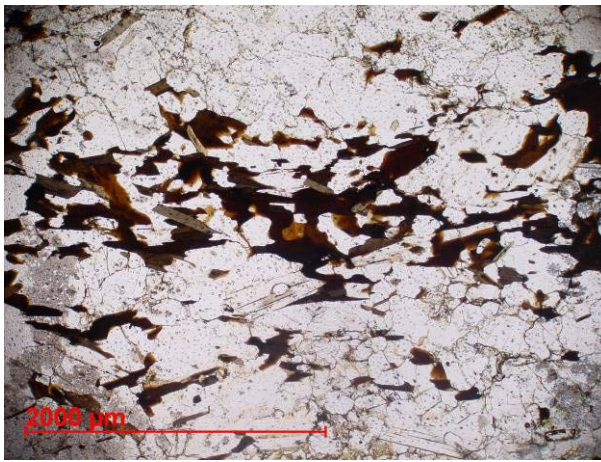


**Fotomicrografia 3.3d:** granada tipo *snowball* com giro sinistral de  $225^\circ$  em quartzo xisto. O cristal tem aproximadamente 1 cm (lâmina FMM 005b, Anexo III).

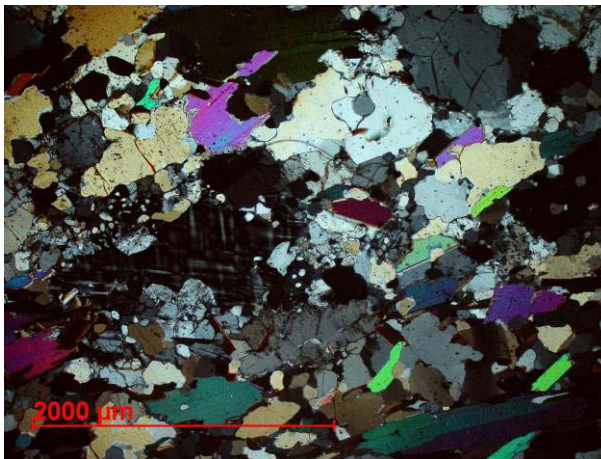




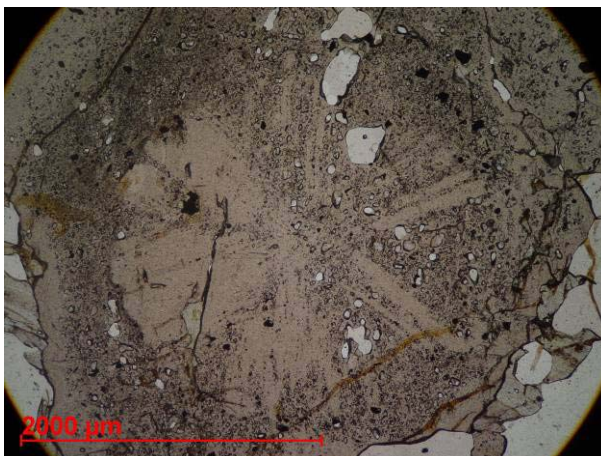
**Fotomicrografia 3.3e:** granada alongada com inclusões de quartzo, muscovita, estauroлита (indicada com setas vermelhas) e opacos (lâmina FMM-010b, Anexo III).



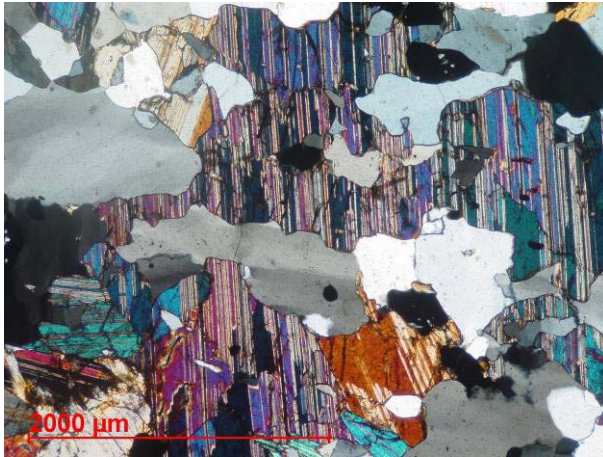
**Fotomicrografia 3.3f:** bandamento composicional em muscovita biotita gnaíse, definido pela concentração de biotita (lâmina FMM 014a, Anexo III).



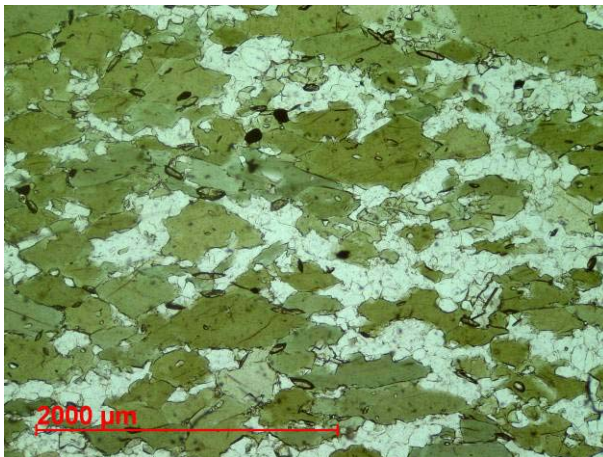
**Fotomicrografia 3.3g:** aspecto geral do muscovita biotita gnaíse visto em lâmina. Há ocorrência de quartzo, plagioclásio, microclina, muscovita e biotita. É possível observar mirmequita no contato entre grãos de microclina e plagioclásio. (lâmina FMM 014a, Anexo III).



**Fotomicrografia 3.3h:** granada em meta-precipitado químico com padrão de inclusões herdado por pseudomorfismo (lâmina FMM 007e, Anexo III).



**Fotomicrografia 3.3i:** cristais de cummingtonita geminados e quartzo com extinção ondulante. A cummingtonita apresenta inclusões de quartzo e opacos nessa visada (lâmina FMM-007e, Anexo III).



**Fotomicrografia 3.3j:** Aspecto geral do anfibolito. Os prismas de hornblenda e de titanita estão alinhados de acordo com a foliação (Lâmina FMM-052, Anexo III).

### 3.3.2 Retroeclogito (Na<sub>6r</sub>)

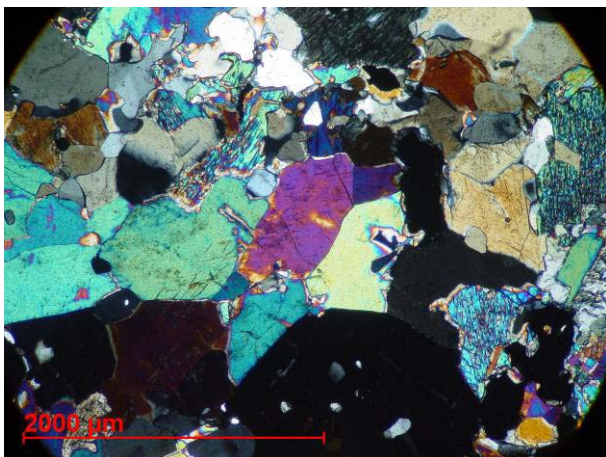
No extremo nordeste da área, inserida na unidade de mapeamento Na<sub>6</sub>, há uma ocorrência de nódulos de retroeclogito (provavelmente de tamanho decimétrico a métrico). Trata-se de uma rocha meta-máfica, com quartzo, granada, clinopiroxênio, hornblenda, plagioclásio (secundário) e subordinadamente rutilo, titanita e minerais opacos (fotomicrografia 3.3.2a). Tem coloração verde-escura (clinopiroxênio) com pontos avermelhados (granadas), não possui foliação aparente e é muito densa.

Em lâmina, é possível observar que as granadas têm bordas de plagioclásio secundário (fotomicrografia 3.3.2b) e os clinopiroxênios fazem um intercrescimento simplectítico com as hornblendas (fotomicrografia 3.3.2c) e com plagioclásio (corpos amebóides de plagioclásio e quartzo), quando não totalmente substituídos. Os cristais de plagioclásio apresentam zonamento composicional e geminação polissintética.

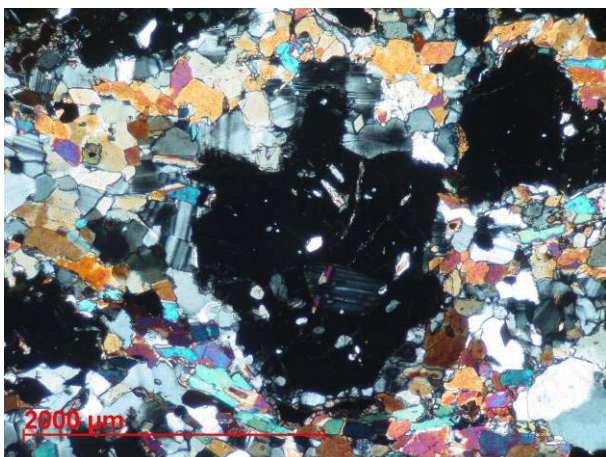
É comum a ocorrência de cristais de rutilo bordejados por opacos (provavelmente ilmenita) e titanita, em uma textura de substituição (fotomicrografia 3.3.2d).

Trata-se de uma associação mineral típica de retrometamorfismo de rochas máficas em fácies eclogito, que será tratado no capítulo 5. Os minerais que compunham a rocha original (eclogito) foram parcialmente substituídos por hornblenda e plagioclásio.

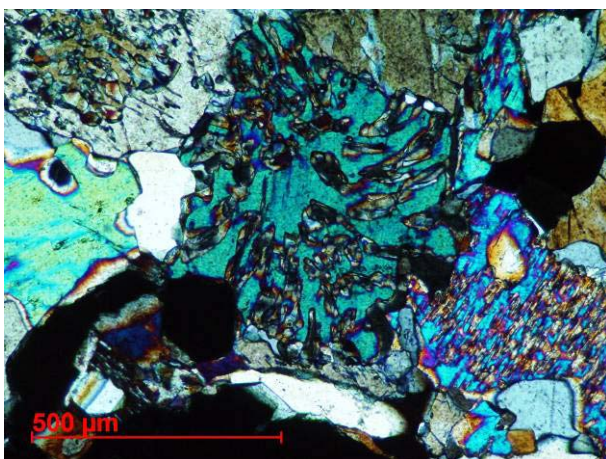




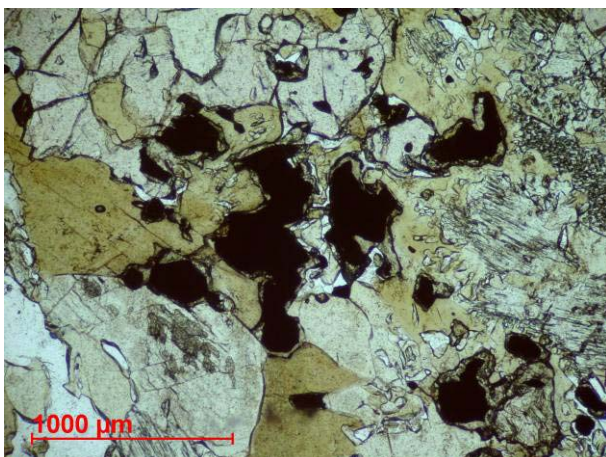
**Fotomicrografia 3.3.2a:** aspecto geral do retroeclogito, com quartzo, granada, cpx, plagioclásio e hornblenda (lâmina FMM-007, Anexo III).



**Fotomicrografia 3.3.2b:** granada com borda de plagioclásio zonado e com geminação polissintética (Lâmina FMM-007f, Anexo III).



**Fotomicrografia 3.3.2c:** clinopiroxênio mostrando intercrescimento simplectítico com hornblenda (lâmina FMM-007, Anexo III).



**Fotomicrografia 3.3.2d:** cristais de ilmenita rodeados por titanita, em textura de exolução (lâmina FMM-007, Anexo III).

### 3.3.3 Muscovita Gnaiss (Na<sub>6n</sub>)

Na parte norte da área, em um corte na BR 267, ocorre um corpo pequeno de muscovita gnaiss, com bandamento forte, alternando camadas mais ricas ou menos ricas em muscovita e biotita. Interpretou-se esse corpo como um paragneiss associado à unidade Na<sub>6</sub>.

Em lâmina, é possível reconhecer em abundância quartzo, microclina e muscovita, além de uma pequena proporção de biotitas com pleocroísmo verde. Também ocorrem plagioclásio e minerais opacos. A foliação é marcada por micas isoladas ou alinhadas em feixes.

### **3.3.4 Associação Muscovita Biotita Xisto com Granada – Muscovita Biotita Gnaissé – Biotita Xisto a Gnaissé Anatético com Granada (Na<sub>6a</sub>)**

Na parte leste da área, na escarpa da serra da Gamarra e adjacências, observou-se a ocorrência de uma associação de xistos e gnaisses de escala mapeável, contida na unidade Na<sub>6</sub>. Trata-se de um corpo descontínuo, sendo o contato por vezes diretamente com a unidade Na<sub>5</sub> ou com o granada muscovita xisto. É um contato irregular, visto que além de dobramentos há também variação lateral de fácies entre ambos e provavelmente gradação do biotita xisto da unidade Na<sub>5</sub> para essa associação.

Ocorrem os seguintes litotipos: muscovita biotita xisto com granada, muscovita biotita gnaissé e biotita xisto a gnaissé anatético com granada. Este último ocorre apenas nessa associação e apresenta evidências de anatexia incipiente. O muscovita biotita xisto que ocorre nesse corpo também pode apresentar indícios de fusão parcial, bem como o muscovita biotita gnaissé possui maior quantidade de veios anatéticos que os demais (foto 3.3.4a).

#### **Biotita xisto a gnaissé anatético com granada**

Esse litotipo, restrito ao corpo Na<sub>6a</sub>, possui características texturais semelhantes às do biotita xisto da unidade Na<sub>5</sub>. Apresenta o mesmo estilo de afloramento, veios de quartzo orientados de acordo com a foliação, bem como mineralogia semelhante (ver tabela 3a). Porém com diferenças marcantes.

A foliação é nítida, por apresentar certo bandamento composicional (camadas mais ou menos ricas em micas); ocorrem granadas de até 3 cm (foto 3.3.4b) e há uma quantidade modal maior de muscovita e níveis quartzo-feldspáticos associados a anatexia. Nas bordas desses níveis leucocráticos é comum uma concentração maior de biotita, provavelmente causada durante o processo de fusão parcial.

Em lâmina, é reconhecida a seguinte mineralogia: quartzo, plagioclásio, K-feldspato, biotita, muscovita, granada e cianita. Também pode ocorrer rutilo, turmalina, zircão e minerais opacos. São comuns lentes quartzo-feldspáticas (fotomicrografia 3.3.4a).

Muscovita e biotita marcam a foliação e por vezes apresentam arcos poligonais. No contato entre plagioclásio e K-feldspato é comum ocorrência de mirmequita (fotomicrografia 3.3.4b). As granadas geralmente aparecem fraturadas.



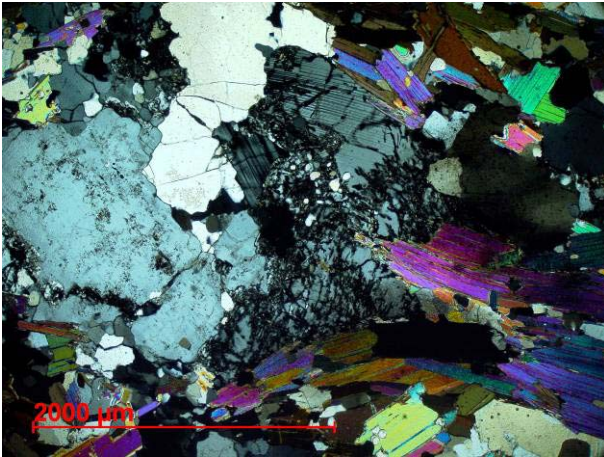


**Fotografia 3.3.4a:** banda quartzo-feldspática com concentração de biotita nas bordas em muscovita biotita gnaiss, da associação  $Na_{6a}$  (ponto FMM-277, Anexo I).

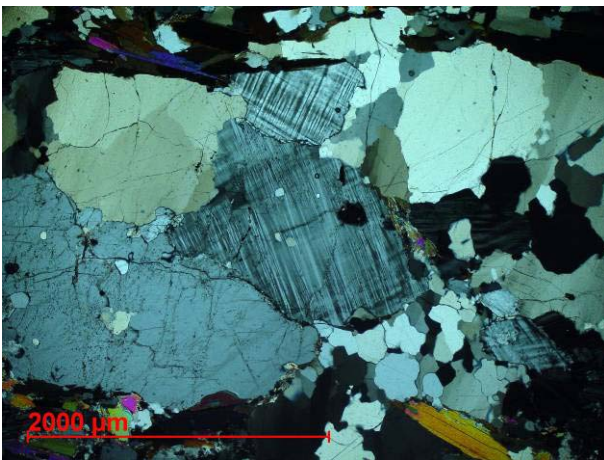


**Fotografia 3.3.4b:** granadas com sombras de pressão assimétricas em lajedado biotita xisto a gnaiss anatético (ponto FMM-281, Anexo I).





**Fotomicrografia 3.3.4a:** ocorrência de mirmequita em biotita xisto a gnaise anatético (lâmina FMM-080, Anexo III).



**Fotomicrografia 3.3.4b:** nível quartzo-feldspático em biotita xisto a gnaise anatético. Há microclina e, em menor quantidade, plagioclásio (Lâmina FMM-218, Anexo III).

## 4 – Geologia Estrutural

Três fases deformacionais foram reconhecidas na área estudada. As duas primeiras são contínuas e serão descritas em conjunto ( $D_1+D_2$ ). Representam o transporte tectônico para E ou NE, em um regime compressional E-W. A terceira possui estruturas que representam transporte tectônico para NNW, a partir de compressão NNW-SSE, que gerou ondulações e dobras abertas a apertadas.

## 4.1 Fases de deformação $D_1$ e $D_2$

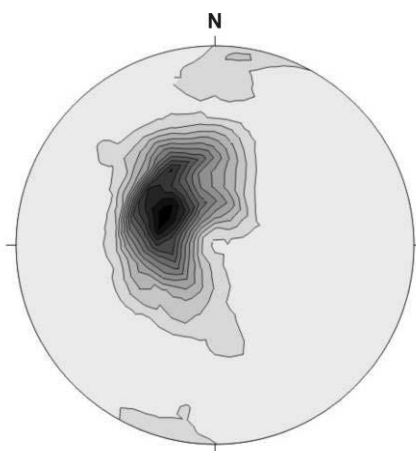
As estruturas da primeira fase ( $D_1$ ) estão quase totalmente transpostas pela segunda ( $D_2$ ). Localmente encontram-se em charneiras de dobras  $D_2$  (Fotomicrografia 4.1a) relictos de uma clivagem mais antiga,  $S_1$ , que também pode estar preservada em padrões de inclusões de granadas (Fotomicrografia 4.1b). Em algumas lâminas delgadas, observaram-se domínios restritos onde se reconheceu uma foliação  $S_1$  crenulada por  $S_2$  (Fotomicrografia 4.1c).

A segunda fase gerou a foliação principal  $S_2$ , de baixo mergulho, lineações *down dip*, além de dobras apertadas a isoclinais. O conjunto de lineações e indicadores cinemáticos diversos indicam transporte tectônico para E ou ENE.

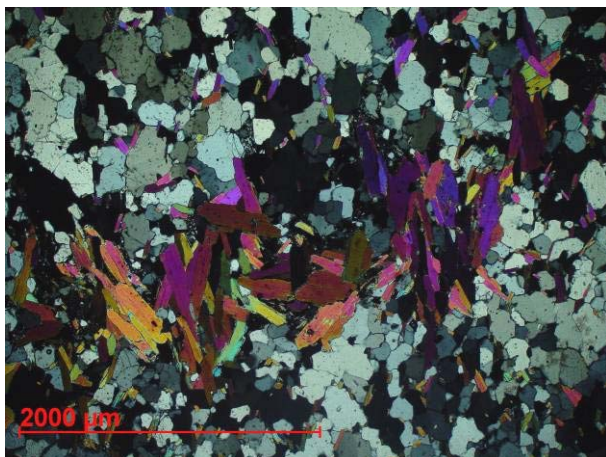
### 4.1.1 Foliação principal ( $S_2$ )

Trata-se de uma xistosidade definida nos litotipos metassedimentares principalmente por orientação preferencial de muscovita e biotita e nos anfibolitos por hornblenda. Em algumas lâminas pode ser definida como uma clivagem de crenulação apertada, caracterizando a xistosidade como produto de transposição de uma foliação anterior ( $S_1$ ).

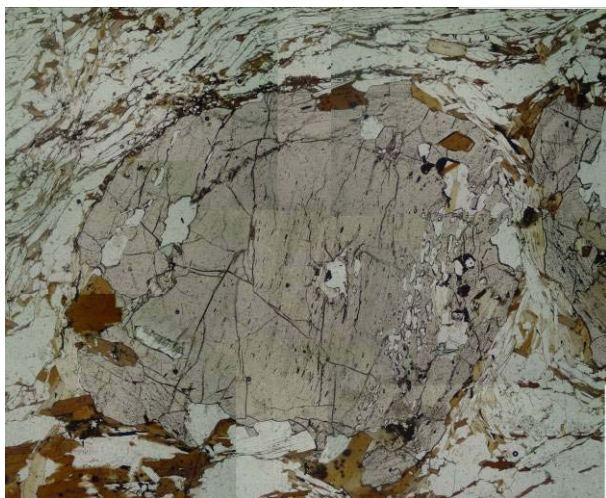
Possui preferencialmente ângulo de mergulho baixo na direção E a ESE (Fig. 4.1a). Porém, devido à deformação  $D_3$  pode ocorrer com mergulho mais íngreme em direções diversas.



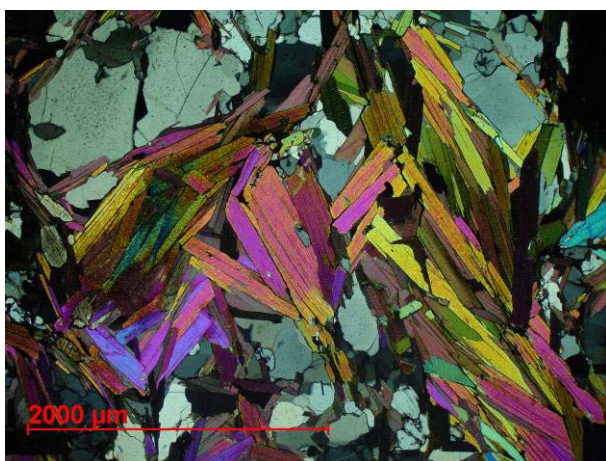
**Figura 4.1a:** Estereograma das atitudes das foliações  $S_2$ , projeção polar, para 341 medidas. Os tons mais escuros indicam maior densidade de pontos (densidade máxima = 14%, atitude 120/24).



**Fotomicrografia 4.1a:** charneira de dobra  $D_2$  em quartzito micáceo. As camadas quartzíticas estão separadas por lâminas de muscovita ( $S_0/S_1$ ), crenuladas por  $S_2$ , em arcos poligonais ( $S_1$  subhorizontal,  $S_2$  vertical). Nota a recristalização de quartzo e mica indicando temperatura relativamente alta durante  $D_2$ . Lâmina FMM-064, Anexo III.



**Fotomicrografia 4.1b:** granada com padrão de inclusões herdado de foliação  $S_1$  no núcleo e inclusões de  $S_2$  na borda. O cristal tem aproximadamente um cm de diâmetro (lâmina FMM-032, Anexo III).



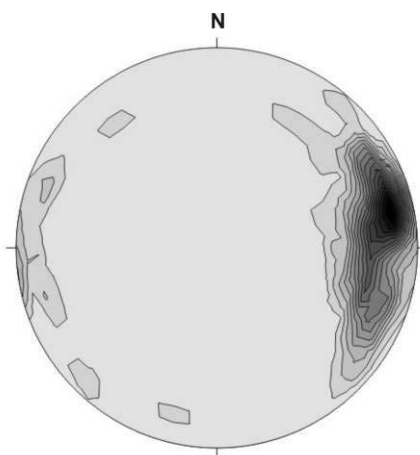
**Fotomicrografia 4.1c:** Foliação  $S_1$  (horizontal) crenulada por  $S_2$  (vertical) em granada muscovita xisto. As muscovitas fazem arcos poligonais, evidenciando recristalização sin ou pós-deformacional (lâmina FMM-027, Anexo III).

#### 4.1.2 Lineação mineral e/ou de estiramento ( $L_2$ )

Lineações minerais são geralmente resultado do alinhamento do eixo cristalográfico maior dos cristais segundo uma direção preferencial. Lineações de estiramento são causadas pelo alongamento de grãos ou agregados de grãos em uma direção. Ambas são fruto de uma deformação com o eixo de maior estiramento (X) acentuada (Passchier & Trouw, 1996).

Em todos os litotipos mapeados foram reconhecidas lineações minerais, principalmente pela orientação de micas e cianitas (Foto 4.1a) ou de estiramento, principalmente de quartzo (Foto 4.1b). A primeira é mais evidente nos granada muscovita xistos, quartzitos, quartzo xistos e muscovita biotita xistos. A segunda é clara nos veios de quartzo associados aos biotita xistos da unidade  $Na_5$  e nos quartzitos. Porém isso não restringe a ocorrência dessas estruturas a tais litotipos.

O caimento é quase sempre suave, *down dip* ou próximo ao ângulo de mergulho máximo da foliação. A frequência maior de direção é E – ENE (Fig. 4.1b). Ocorrem também lineações com caimento para SE, devido a ondulações e dobramentos  $D_3$ .



**Figura 4.1b:** Estereograma das medidas de lineações  $L_2$ , projeção polar, para 66 medidas. Os tons mais escuros indicam maior densidade de pontos (densidade máxima = 16%, atitude do Máximo 78/12).





**Fotografia 4.1a:** granada muscovita xisto com lineação mineral marcada por cristais alinhados de muscovita e cianita (ponto FMM-234, Anexo I).



**Fotografia 4.1b:** veio de quartzo em biotita xisto, visto em planta (película de quartzo), com lineação de estiramento (ponto FMM-212, Anexo I).



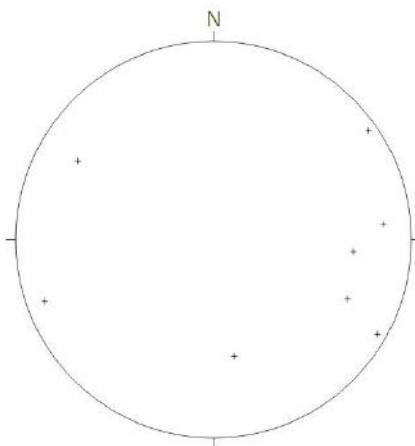
### 4.1.3 Dobras ( $D_2$ )

São observados dobramentos  $D_2$  desde a escala microscópica até a escala de mapa. São dobras fechadas a isoclinais, com superfícies axiais paralelas à foliação  $S_2$  e eixos com caimento subparalelo a  $L_2$  (Fig. 4.1c).

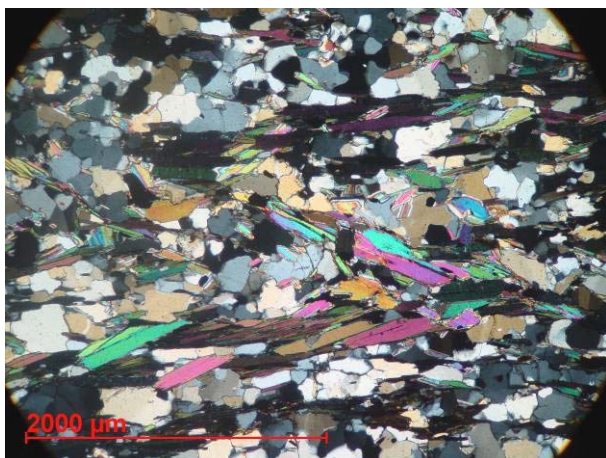
Em lâmina, observam-se freqüentemente arcos poligonais formados por micas (Fotomicrografias 4.1 b, d), interpretados como charneiras de crenulações  $D_2$  recristalizadas.

Em afloramento, dobras apertadas a isoclinais em quartzitos e quartzo xistos são freqüentes (Foto 4.1c), com charneiras bicudas, bem como dobras assimétricas marcadas por veios de quartzo nos biotita xistos.

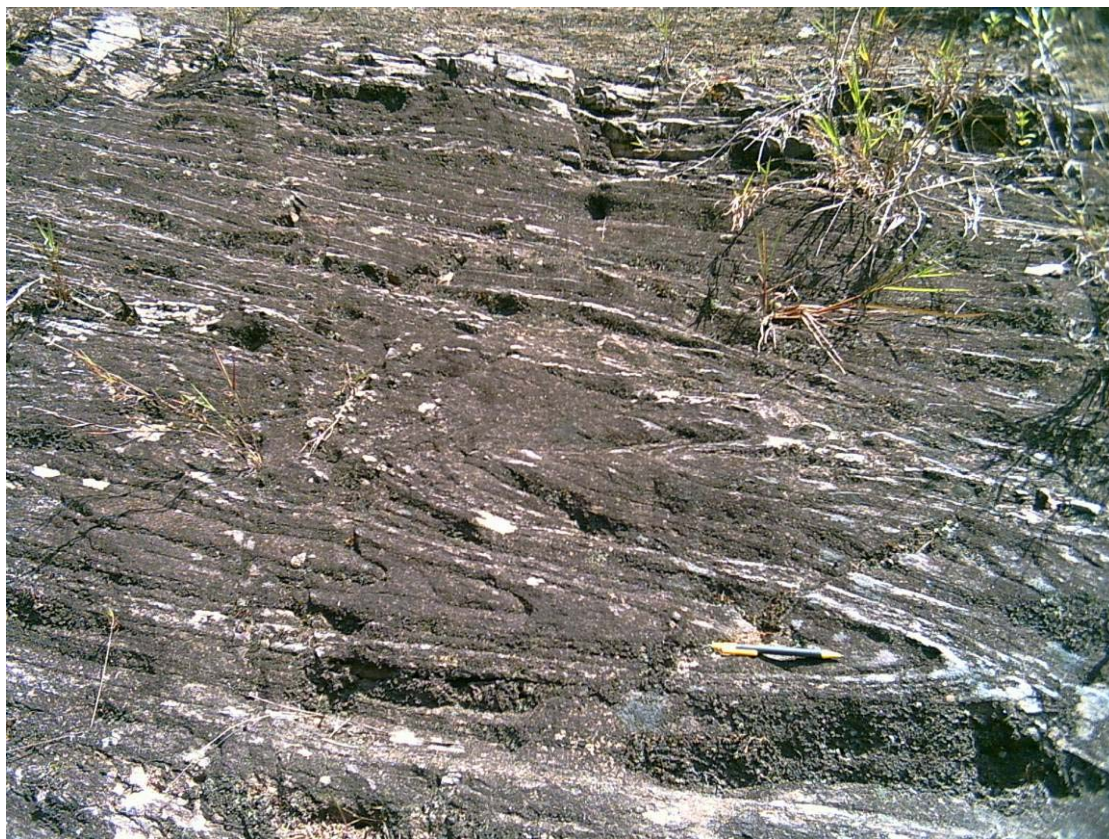
Em mapa (Anexo II), observa-se um padrão de sinclinais e anticlinais revirados, marcados por repetição de unidades e narizes de dobras fechadas. As superfícies axiais estão onduladas por redobramentos posteriores, resultando num padrão de dobras com eixos de caimento variado.



**Figura 4.1c:** Estereograma das medidas de eixos de dobras  $D_2$ , projeção polar, para oito medidas.



**Fotomicrografia 4.1d:** dobras  $D_2$  em quartzito micáceo. A foliação  $S_2$  (horizontal) é marcada por muscovitas, que fazem arcos poligonais evidenciando recristalização sin ou pós-deformacional (lâmina FMM-05a, Anexo III).



**Fotografia 4.1c:** Dobras  $D_2$  decimétricas, fechadas a isoclinais, com planos axiais acompanhando a foliação  $S_2$ . Quartzito micáceo da unidade  $Na_6$  (ponto FMM-131, Anexo I).



#### 4.1.4 Indicadores cinemáticos

Ocorrem na área mapeada vários indicadores cinemáticos. São veios de quartzo deformados em escala de afloramento (Fig. 4.1d) e, em escala microscópica, *mica fish* (Fotomicrografia 4.1e), granadas com sombra de pressão assimétrica (Fotomicrografia 4.1f) e do tipo *snowball*, além de planos S/C. Estes últimos foram observados em lâminas delgadas de amostras orientadas.

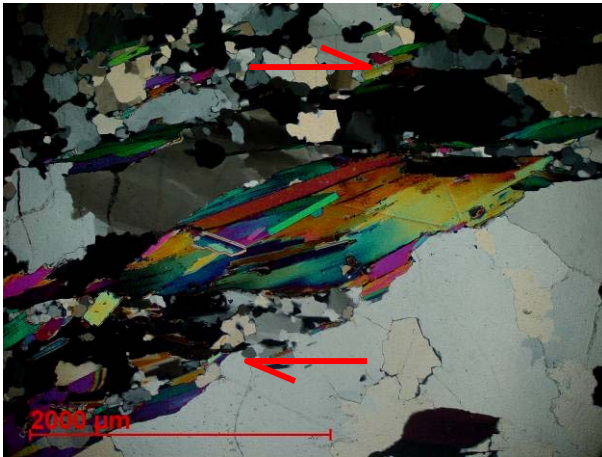
Infelizmente, como a recristalização por metamorfismo é grande e há deformação D<sub>3</sub>, nem todos indicadores são confiáveis. Entretanto, em cinco casos bastante claros foi possível definir um transporte tectônico de topo para E ou ENE, ou seja, *down dip* em relação às lineações. Isso é mais evidente na parte norte da área, onde a deformação D<sub>3</sub> produziu apenas ondulações.

Em duas lâminas (FMM-103 e FMM-127, Anexo III), foram observadas faixas de deformação concentrada, com variação marcante na granulometria (Fotomicrografia 4.1g). Nessas mesmas lâminas, a ocorrência de planos S/C é marcante (Fotomicrografia 4.1h).

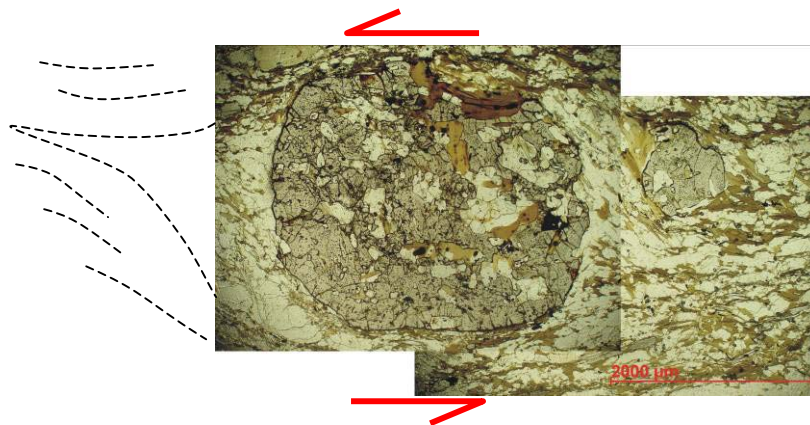


**Fotografia 4.1d:** Veios de quartzo deformados em biotita xisto, indicando movimento sinistral (ponto FMM-021, Anexo I).

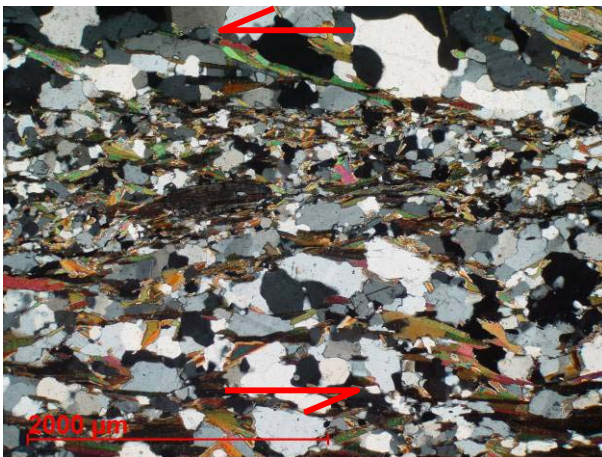




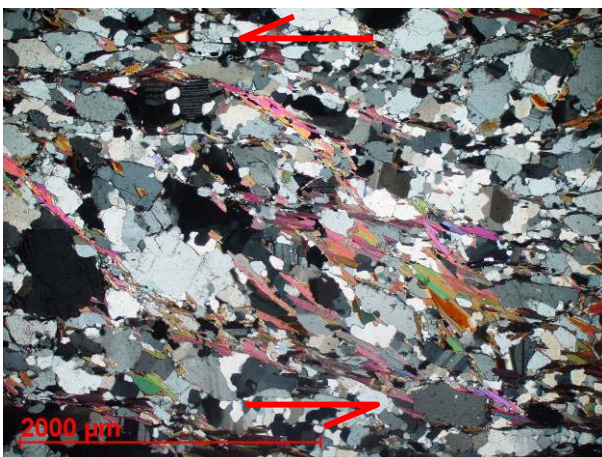
**Fotomicrografia 4.1e:** *mica fish* parcialmente recristalizado indicando movimento destal em granada muscovita xisto (lâmina FMM-032, Anexo III).



**Fotomicrografia 4.1f:** granada com sombra de pressão assimétrica, indicando movimento sinistral. Biotita xisto (lâmina FMM-016, Anexo III).



**Fotomicrografia 4.1g:** Faixas de granulometria sensivelmente diferente, resultante de uma concentração de *strain*. Acima e abaixo, planos S/C (movimento sinistral). Lâmina FMM-103, Anexo III.

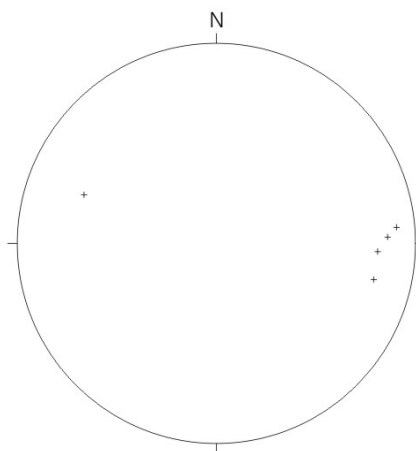


**Fotomicrografia 4.1h:** planos S/C em biotita xisto, indicando movimento sinistral. Nos planos S/C, houve preservação de um maior número de cristais de muscovita, onde o *strain* é menos intenso (lâmina FMM-103, Anexo III).

## 4.2 Fase de deformação $D_3$

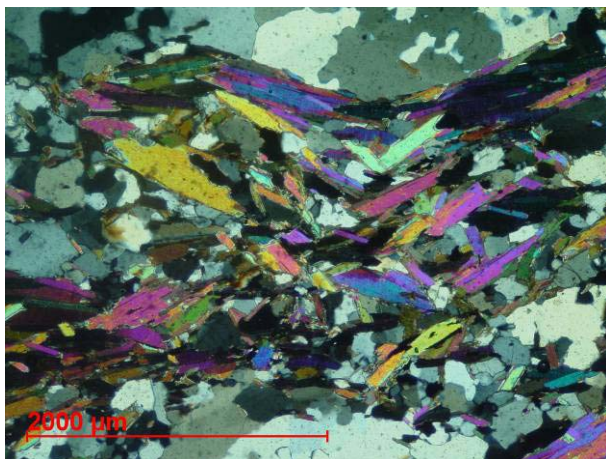
Na área mapeada, gerou crenulações, ondulações em escala de lâmina (Fotomicrografia 4.2a), afloramento (Foto 4.2a) e mapa, bem como dobras abertas a fechadas, reconhecidas principalmente pelas feições de grande escala. Não se reconhece, porém, uma foliação nova associada a essa fase, havendo apenas reorientação das foliações  $S_2$ . Também não é observada recristalização das estruturas associadas a  $D_3$ .

Essas estruturas têm planos/superfícies axiais íngremes a oblíquos, de direção E – W a ENE – WSW e eixos com caimento baixo a subhorizontal (Fig. 4.2a). Por toda a área mapeada, observa-se que as atitudes da foliação  $S_2$  são reorientadas por  $D_3$ , especialmente na parte sul, onde há um sinclinal na escala de mapa (Anexo II). Este tem forma aparentemente cúspide, com plano axial mergulhando íngreme para sul, variando de suave (E) a fechada e revirada (W).



**Figura 4.2a:** Estereograma das medidas de eixos de dobras  $D_3$ , projeção polar, para cinco medidas.





**Fotomicrografia 4.1e:** ondulação  $D_3$  em muscovita biotita xisto, dobrando uma estrutura  $D_2$  (lâmina FMM-014a, Anexo III).



**Fotografia 4.2a:** ondulações  $D_3$  afetando a foliação  $S_2$  em quartzito da unidade  $Na_6$  (afloramento FMM-144, Anexo I).

### 4.3 Contextualização regional

A região a leste de Baependi se encontra na zona de interferência tectônica entre as faixas móveis Brasília e Ribeira. Regionalmente é possível reconhecer três fases deformacionais distintas, sendo as duas primeiras associadas à Faixa Brasília ( $D_{B1}$ ,  $D_{B2}$ ) e a terceira à Faixa Ribeira ( $D_R$ ) (Trouw *et al.*, 2000a, Trouw *et al.*, 2003). Neste trabalho, observou-se três fases,  $D_1$ ,  $D_2$  e  $D_3$ .

As duas primeiras, progressivas, são correlacionáveis às fases  $D_{B1}$ , e  $D_{B2}$ , respectivamente. Estão associadas ao transporte tectônico da *Nappe* Andrelândia. Este esforço é compressivo, de direção E-W e movimento de topo para leste, assim como as fases  $D_1$  e  $D_2$  desse trabalho.

A terceira fase,  $D_3$ , é correlacionável aos movimentos tectônicos da Faixa Ribeira ( $D_R$ ), que regionalmente é interpretada como resultado de uma compressão NW-SE, com transporte tectônico de topo para NW.

## 5 – Metamorfismo

Nesse trabalho, caracterizou-se a área estudada como sendo de fácies anfibolito médio a alto (Yardley, 1994), com anatexia incipiente na parte leste, com ocorrência de cianita e sillimanita. Por tal fato, reconheceu-se dois eventos metamórficos superpostos,  $M_1$  e  $M_2$ . Também foi possível chegar a uma correlação tentativa entre as fases deformacionais e os eventos metamórficos.

A caracterização dos eventos  $M_1$  e  $M_2$  foi feita a partir do estudo da mineralogia metamórfica principal dos litotipos paraderivados em lâmina (Tabela 5a).

A ocorrência de retroeclogito nos pontos FMM-007 e FMM-371 (Anexo I) distingue-se do metamorfismo das demais rochas e será tratado à parte, no item 5.1.1.

		clorita	muscovita	biotita	granada	estauroлита	cianita	sillimanita
Na1+2	Biotita gnaïsse (1)	-	tr	7%	-	-	-	-
Na5	Biotita xisto (9)	tr	1%	28%	7%	tr	4%	tr
Na6	Granada musc. xisto (3)	tr	33%	13%	10%	tr	3%	tr
	Quartzito micáceo (2)	-	11%	4%	tr	-	-	-
	Quartzo xisto (2)	-	30%	3%	10%	tr	-	-
	Meta-ppt. químico (2)	tr	-	-	50%	-	-	-
	Muscovita biotita xisto (2)	tr	18%	18%	10%	-	tr	-
	Musc. biotita gnaïsse (2)	-	20%	13%	-	-	-	-
	Biotita xisto anatético (3)	-	8%	15%	8%	-	1%	-
	Muscovita gnaïsse (1)	-	15%	-	-	-	-	-

**Tabela 5a:** mineralogia metamórfica dos litotipos paraderivados analisados. A abreviação “tr” (traço) se refere às ocorrências inferiores a 1%. O numero de lâminas analisadas é indicado entre parênteses.

## 5.1 Evento metamórfico M<sub>1</sub>

Este evento atingiu fácies anfibolito médio a alto (Fig. 5.1a), com fusão parcial incipiente. No extremo NE, reconheceu-se uma ocorrência de retroeclogito, evidenciando que pelo menos parte das rochas estudadas atingiu campos de pressão ainda superiores ao estimado para fácies anfibolito. Alguns aspectos e relações entre os minerais índices de metamorfismo serão descritas a seguir:

- a) A muscovita ocorre em praticamente todos os litotipos, salvo nos meta-precipitados químicos. No entanto, é estável até fácies granulito, portanto a sua presença não contribui de forma esclarecedora ao entendimento do metamorfismo. Contudo, seus grãos apresentam, em conjunto com biotita, arcos poligonais.
- b) A estaurolita tem ocorrência muito restrita, estando concentrada nas lâminas do sudeste da área de mapeamento. Na lâmina FMM-011 (Anexo III), observaram-se cristais desse mineral inclusos em um grão alongado de granada (Fotomicrografia 3.3e).
- c) A maioria dos cristais de cianita ocorrem orientados pela foliação e deformados. Na lâmina FMM-032 (Anexo I), observou-se cristais deste mineral inclusos em um porfiroblasto de granada (Fotomicrografia 5.1a).
- d) As granadas ocorrem como porfiroblastos e, como mencionado, podem incluir alguns dos minerais índices, como muscovita, biotita, estaurolita e cianita. Outras inclusões comuns são rutilo (Fotomicrografia 5.1b), clorita (geralmente substituindo biotita), quartzo, plagioclásio e opacos. É comum as inclusões preservarem no seu padrão de orientação estruturas anteriores ou contemporâneas ao crescimento dos cristais de granada.
- e) Na parte leste da área, alguns litotipos apresentam lentes quartzo-feldspáticas de composição granítica, com 32% de quartzo, 18% de plagioclásio e 50% de microclina (Fotomicrografia 3.3.5b), interpretadas como resultantes de um processo de anatexia incipiente.
- f) Os cristais de clorita são secundários, ocorrendo com orientação discordante à foliação e substituindo a mineralogia metamórfica principal, especialmente a biotita (Fotomicrografia 5.1c).



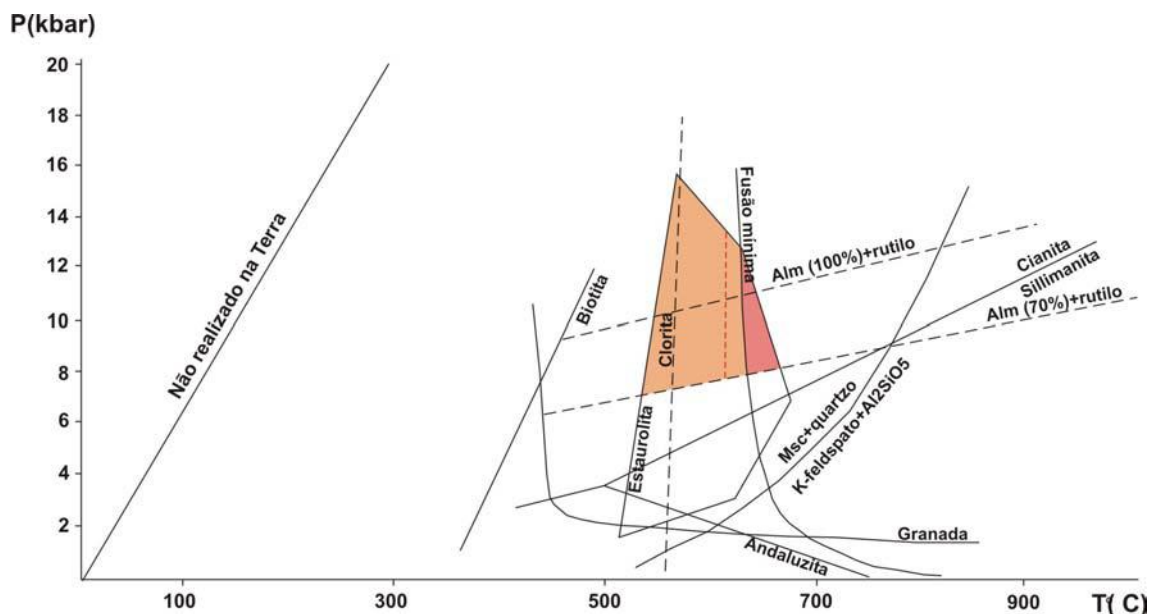
Corpos meta-máficos apresentam mineralogia anfibolítica. Dados de áreas adjacentes afirmam que o plagioclásio presente é oligoclásio (Peternel, 2000; Trouw, 2004), caracterizando mais uma vez a fácies metamórfica.

A partir dessas observações, algumas considerações podem ser feitas. A presença de muscovitas e biotitas estruturadas em arcos poligonais caracteriza dobras  $D_2$  recristalizadas (Fotomicrografias 4.1c e 4.1d).

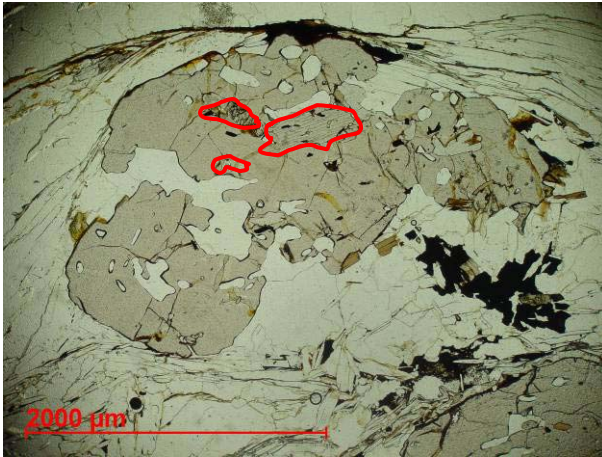
O crescimento de granada provavelmente iniciou-se durante a fase deformacional  $D_1$  e continuou até os estágios finais. A cianita provavelmente cresceu durante  $D_2$ , estando estruturada de acordo com a sua foliação. A presença de grãos de rutilo inclusos nessas granadas indica uma posição de pressão pretérita relativamente alta dessas rochas no gráfico P-T.

É provável que a área esteja próxima a uma isógrada estaurólita-out. A ocorrência na parte leste de fusão parcial incipiente reforça essa idéia. A clorita é interpretada como retrometamórfica.

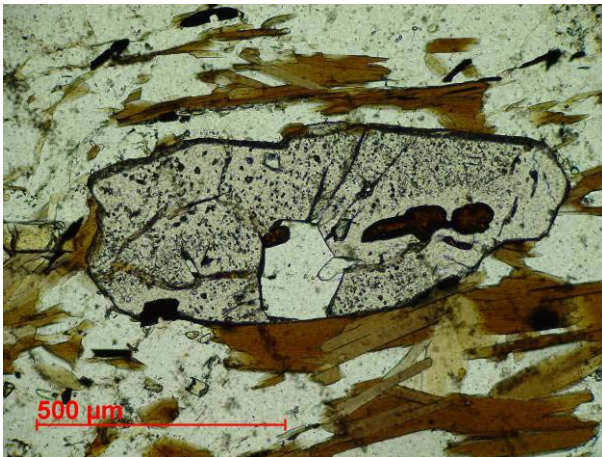
A partir dessas informações, inferem-se temperaturas entre 600 e 680° e pressões entre 8 e 14 kbar para o metamorfismo  $M_1$ .



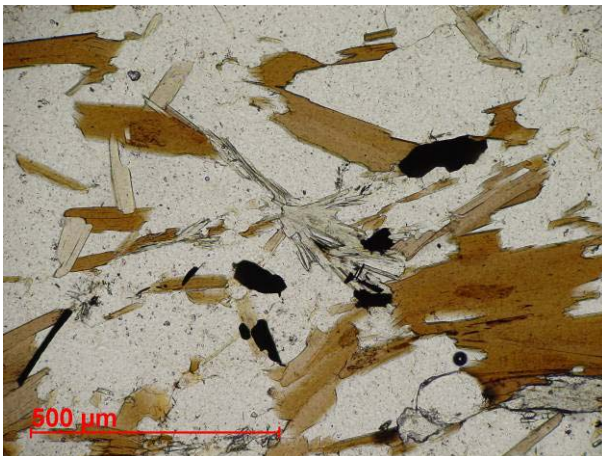
**Figura 5.1a:** gráfico P-T com campos de estabilidade das rochas na área estudada. Em laranja, a parte oeste da área, onde não houve fusão parcial. Em vermelho, a parte leste da área, onde ocorre anatexia incipiente. À direita da linha vermelha tracejada, o campo mais provável de posição das rochas no gráfico.



**Fotomicrografia 5.1a:** granada com inclusões de cianita, ressaltadas em vermelho (lâmina FMM-032, Anexo III).



**Fotomicrografia 5.1b:** granada amendoada com inclusões de rutilo e quartzo (lâmina FMM-010b, Anexo III).



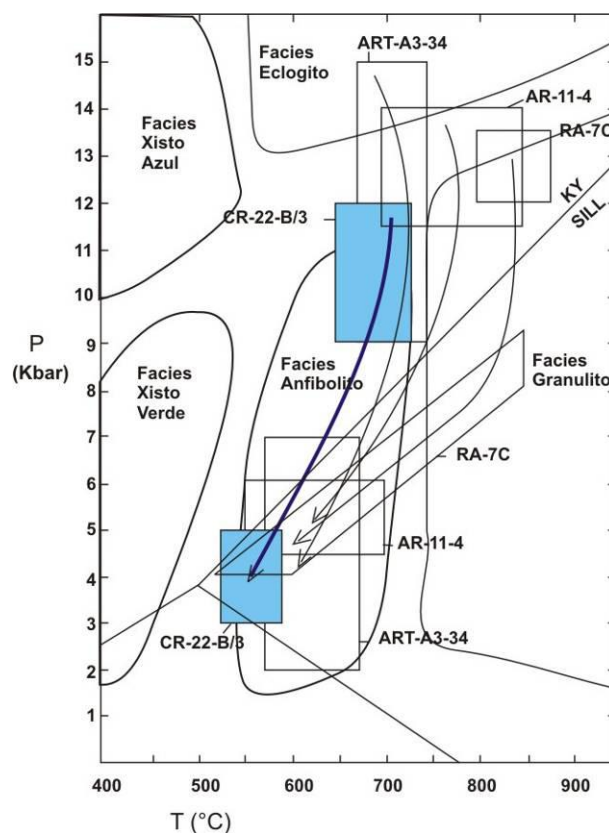
**Fotomicrografia 5.1c:** cristal de clorita com posição discordante à foliação, substituindo parcialmente biotita (lâmina FMM 010b, Anexo III).

### 5.1.1 Retroeclogito

No extremo nordeste da área mapeada ocorrem xistos e gnaisses da unidade Na6 com corpos lentiformes de tamanho decimétrico a métrico de rocha meta-máfica determinado como retroeclogito. Sua composição mineralógica inclui granadas com bordas de plagioclásio zonado secundário, clinopiroxênio com intercrescimento simplectítico de hornblenda e quartzo.

Entende-se esse corpo como um retroeclogito pelo fato do clinopiroxênio não ser mais onfacita pela exolução de hornblenda e pela presença secundária de bordas de plagioclásio nas granadas. Essa desestabilização química está associada a um processo de retrometamorfismo desse corpo de fácies eclogito para fácies anfibolito, de acordo com Trouw *et al.*, 2000b (Fig. 5.1.1a).

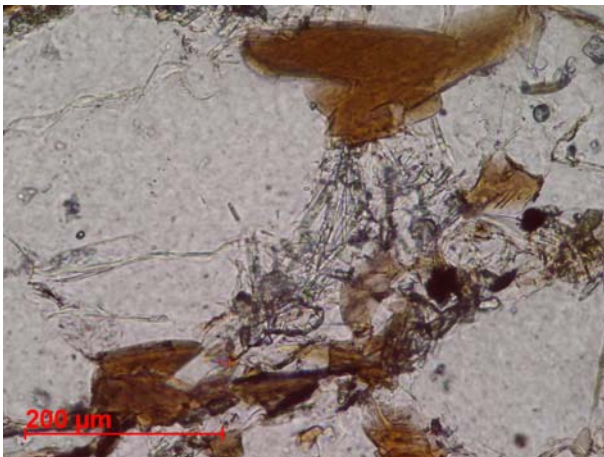
A leste deste ponto, a cerca de 2 km, ocorre um contato entre a MsA e uma lasca tectônica de embasamento associada à *klippe* Aiuruoca, através de uma falha de empurrão. É interessante fazer essa observação pois ocorrências desse litotipo em outros lugares da região se encontram também próximos a tais estruturas.



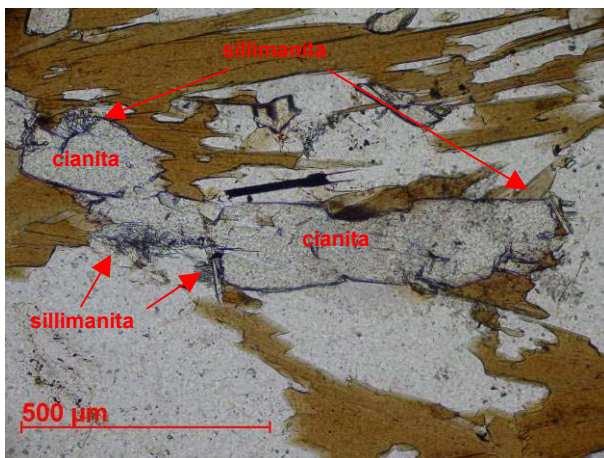
**Figura 5.1.1a:** Diagrama P-T-t mostrando as trajetórias retrógradadas de amostras de retroeclogitos a partir de dados geotermobarométricos (ART-A3-34; CR-22B; CR-22-3; AR-11-4) pertencentes à unidade Na<sub>6</sub> da MsA. Os campos e a trajetória em destaque se referem ao corpo inserido na área estudada (modificado de Trouw *et al.*, 2000).

## 5.2 Evento metamórfico M<sub>2</sub>

Caracteriza-se pela ocorrência de sillimanita coexistindo com cianitas do evento M<sub>1</sub>. As quantidades são restritas e, quando ocorre, não segue nenhuma direção preferencial de crescimento (Fotomicrografias 3.2f, 5,2a), o que aparentemente significa que seu crescimento é tardi a pós tectônico em relação à Faixa Ribeira. Em uma lâmina (FMM 010b, Anexo III) foi identificado um cristal de cianita que aparentemente está parcialmente substituído por agulhas de sillimanita (Fotomicrografia 5.2b).



**Fotomicrografia 5.2a:** agulhas de sillimanita, sem orientação preferencial aparente (lâmina FMM-023, Anexo III).



**Fotomicrografia 5.2b:** cristal de cianita com substituição parcial por sillimanita (lâmina FMM-010b, Anexo III).



### 5.3 Contextualização regional

A área estudada está inserida em um contexto de superposição de dois eventos metamórficos distintos. O primeiro é associado à Faixa Brasília ( $M_B$ ) e regionalmente é interpretado como sendo de pressão alta e temperatura moderada a alta, variando de fácies xisto verde até granulito de alta P e com ocorrências conspícuas de retroeclogitos. O segundo é relacionado à Faixa Ribeira ( $M_R$ ), de temperatura mais elevada e pressão moderada (Trouw *et al.*, 2003).

Esse trabalho caracterizou dois eventos metamórficos,  $M_1$  e  $M_2$ , que são correlacionáveis aos eventos regionais  $M_B$  e  $M_R$ , respectivamente.

$M_1$  é um metamorfismo de fácies anfibolito médio (parte leste) a alto (parte oeste), de pressão relativamente alta, evidenciada pelas inclusões de rutilo nas granadas. Tem associado uma ocorrência de retroeclogito, evidenciando pressões mais altas para pelo menos parte das rochas da área.  $M_2$  refere-se ao crescimento de sillimanita nessas mesmas rochas, em um evento de pressão mais baixa.

## 6 – Conclusões

A partir dos resultados acerca do mapeamento geológico, petrografia, geologia estrutural e metamorfismo, é possível chegar às seguintes conclusões.

Afloram na área as seguintes unidades de mapeamento: Na<sub>1+2</sub> (Biotita gnaiss), Na<sub>5</sub> (Biotita xisto), Na<sub>6</sub> (Granada muscovita xisto), Na<sub>6a</sub> (associação de xistos e gnaisses anatéticos), Na<sub>6r</sub> (retroeclogito) e Na<sub>6n</sub> (muscovita gnaiss). De acordo com os trabalhos acerca da geologia regional, interpretou-se essas unidades como associações de litofácies da Megassequência Andrelândia (Trouw *et al.*, 2003).

Identificou-se com o mapeamento um contato gradacional entre as associações Na<sub>5</sub> e Na<sub>6</sub>. Evidenciou-se isso principalmente pela presença de xistos transicionais entre ambas, bem como a partir de variações laterais de fácies.

As rochas estão deformadas em dois conjuntos de estruturas distintos, caracterizados como fases deformacionais. D<sub>1+2</sub> é responsável pela foliação principal e por dobras fechadas a isoclinais, bem como por um conjunto de lineações *down dip* e indicadores cinemáticos, que em conjunto indicam transporte tectônico para E ou NE. D<sub>3</sub> causou ondulações e redobramentos suaves a fechados, com planos axiais E–W íngremes a oblíquos e eixos subhorizontais. Essas fases deformacionais foram correlacionadas às fases regionais da zona de interferência, D<sub>B1</sub>, D<sub>B2</sub> (Faixa Brasília) e D<sub>R</sub> (Faixa Ribeira), respectivamente (Trouw *et al.*, 2003).

Os resultados do mapeamento geológico-estrutural evidenciaram um padrão de estruturas mais complicado do que o descrito em trabalhos anteriores. No sul da área há um sinclinal D<sub>R</sub> que redobra estruturas D<sub>B</sub>, resultando num padrão de interferência em laço entre os dobramentos.

O metamorfismo também foi caracterizado por uma superposição de dois eventos, M<sub>1</sub> e M<sub>2</sub>. O primeiro, de fácies anfíbolito médio (para W) a alto (para E) com ocorrência de um retroeclogito que evidencia pressões muito mais altas para pelo menos parte das rochas, foi associado ao metamorfismo da Faixa Brasília (M<sub>B</sub>), de pressão mais alta. O segundo, caracterizado pelo crescimento de sillimanita em desequilíbrio com as cianitas do evento M<sub>B</sub>, foi caracterizado como associado à Faixa Ribeira e reflete a interferência metamórfica (Trouw *et al.*, 2003).

A associação da evolução das fases deformacionais com o crescimento da mineralogia metamórfica, de acordo com os resultados deste trabalho, está esboçada na Figura 6a.

	D1	D2		D3	
Muscovita	—————		- - - -	- - - - -	
Biotita	—————		- - - -	- - - - -	
Granada	———				
Estaurolita		———	- - - -		
Cianita		———			
Sillimanita				—————	
Clorita	- - - - -			- - - - -	—————

**Figura 6a:** correlação entre o metamorfismo e as fases deformacionais na área estudada.

## Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F. F. M., 1977. O Cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geociências*, **7**: 349-364.
- 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*, **29**(3): 370-392.
- 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.
- 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. & Briti Neves, B.B. São Paulo; BECA, 674p.
- MEDEIROS, F.F.F., 2004. Cinemática da Zona de Cisalhamento de Caxambu, na área entre Caxambu e Cruzília, sul de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, UFRJ, Rio de Janeiro, 129p.
- PACIULLO, F.V.P. 1997. A Sequência Depositional Andrelândia. Tese de Doutorado. IGEO-UFRJ, Rio de Janeiro, 248p.
- PASSCHIER, C.W. & TROUW, R.A.J. 1996. *Microtectonics*. Springer-Verlag, Berlim Heidelberg New York. 282 p.
- PETERNEL, R. 2000. Evolução estrutural e metamórfica de um sistema de nappes na região de Três Corações, sul de Minas Gerais. Tese de Mestrado, IGEO-UFRJ, Rio de Janeiro, 120p.
- TROUW, C.C. 2004. Mapeamento parcial da Zona de Cisalhamento Caxambu e suas implicações no contexto tectônico Fanerozóico do Sudeste Brasileiro. Monografia de graduação, IGEO-UFRJ, Rio de Janeiro, 83p.
- 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.

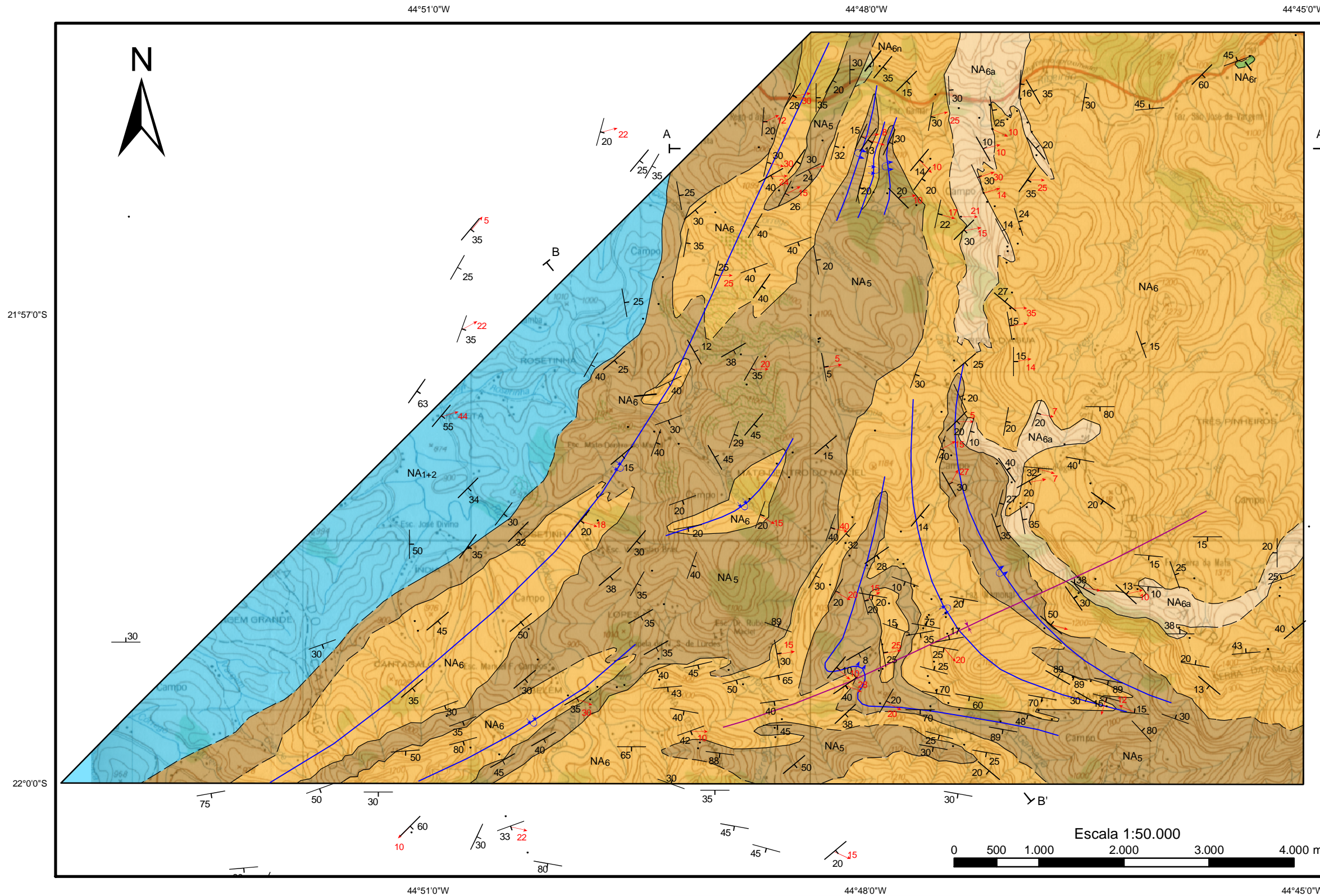
# Mapa geológico da região a leste de Baependi, MG



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CCMN - INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Autor: Felipe Mattos Tavares  
Orientador: Rudolph Allard Johannes Trouw

Anexo II da monografia "MAPEAMENTO GEOLÓGICO NA ESCALA 1:50.000 DA ÁREA A LESTE DA CIDADE DE BAEPENDI, MG"



### LEGENDA

**Litologia**

Megassequência Andrelândia

- NA<sub>6</sub> Granada muscovita xisto com intercalações de quartzo xisto, quartzito micáceo, muscovita biotita xisto, muscovita biotita gnaiss, meta-precipitado químico e anfibolito
- NA<sub>6n</sub> Muscovita gnaiss
- NA<sub>6a</sub> Muscovita biotita gnaiss, muscovita biotita xisto, biotita xisto anatético
- NA<sub>6r</sub> Granada muscovita xisto, retroeclogito, hornblenda gnaiss
- NA<sub>5</sub> Biotita xisto com granada
- NA<sub>1+2</sub> Biotita gnaiss com intercalações de quartzito micáceo

**Estruturas**

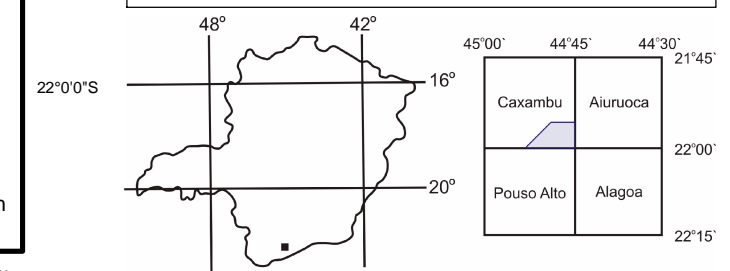
- Foliosações S2
- Lineações

**Dobras**

- D2: Anticlinal revirada
- D2: Sinclinal revirada
- D3: Sinclinal

**Contatos**

- observado
- inferido
- Pontos de coleta de dados, com medidas omitidas ou sem medidas
- Seções geológicas



Base topográfica retirada da folha Caxambu 1:50.000 do IBGE, 1975

