

José Altino Morais Siqueira Campos

**ANÁLISE MICROTTECTÔNICA E METAMÓRFICA NA REGIÃO DAS
SERRAS DE CARRANCAS E DO POMBEIRO, SUL DE MINAS
GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
(Bacharelado em Geologia)

UFRJ
Rio de Janeiro
2009



UFRJ

José Altino Morais Siqueira Campos

**ANÁLISE MICROTTECTÔNICA E METAMÓRFICA NA REGIÃO DAS
SERRAS DE CARRANCAS E DO POMBEIRO, SUL DE MINAS
GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador:

Rudolph Allard Johannes Trouw

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2009

CAMPOS, José Altino Morais Siqueira

Análise Microtectônica e Metamórfica na Região das Serras de Carrancas e do Pombeiro, Sul de Minas Gerais / José Altino Morais Siqueira Campos – Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2009.

x, 15 p.: il.; 30cm

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2009.

Orientador: Rudolph Allard Johannes Trouw

1. Geologia. 2. Geologia Regional e Econômica – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Rudolph, Allard Johannes Trouw. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Análise Microtectônica e Metamórfica na Região das Serras de Carrancas e do Pombeiro, Sul de Minas Gerais.

José Altino Morais Siqueira Campos

ANÁLISE MICROTTECTÔNICA E METAMÓRFICA NA REGIÃO DAS SERRAS DE
CARRANCAS E DO POMBEIRO, SUL DE MINAS GERAIS

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Geologia do Instituto de
Geociências, Universidade Federal do Rio
de Janeiro – UFRJ, apresentado como
requisito necessário para obtenção do grau
de Bacharel em Geologia.

Orientador:

Rudolph Allard Johannes Trouw

Aprovada em: 16.03.2009

Por:

Orientador: Rudolph Allard Johannes Trouw (UFRJ)

André Ribeiro (UFRJ)

Rodrigo Peternel Machado Nunes (DRM-RJ)

Aos meus pais José Altino Campos (*in
memoriam*) e Solange Morais Campos

Agradecimentos

Agradeço a todos que me ajudaram e apoiaram durante esses cinco anos de faculdade, e tornaram essa jornada um tanto quanto mais agradável.

Ao meu professor Rudolph A. J. Trouw, pela orientação, paciência e tantos ensinamentos.

Ao professor André Ribeiro, pela amizade e ensinamentos.

Agradeço imensamente ao amigo geólogo Rodrigo Vinagre, pela ajuda nesse trabalho e pela companhia durante a confecção do mesmo.

Ao amigo Vinícius Vianna também pela companhia e gargalhadas, não só no Fundão, mas em nossa “aventura” em Poço Fundo.

À amiga e parceira Priscila de Souza Santos por compartilhar comigo essa última e longa etapa.

Ao professor Aristóteles Rios Netto, por permitir a realização das fotomicrografias.

À minha família, cujo apoio foi indispensável durante minha graduação.

E, é claro, a toda a turma de 2004, com quem passei por bons e maus momentos durante esses cinco anos.

Resumo

CAMPOS, José Altino Morais Siqueira. **Análise Microtectônica e Metamórfica na Região das Serras de Carrancas e do Pombeiro, Sul de Minas Gerais**. 2009. x, 15 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

O presente estudo baseia-se na análise de 35 lâminas petrográficas da região das serras de Carrancas e do Pombeiro, com a finalidade de aprimorar o entendimento da evolução geotectônica do sul de Minas Gerais. Dados coletados recentemente pela equipe da UFRJ permitiram a elaboração de mapas geológico e metamórfico atualizados. A área está situada na borda meridional do Cráton do São Francisco, na zona de interferência das faixas Brasília e Ribeira. Foram estudados metassedimentos neoproterozóicos da Megassequência Andrelândia, representadas por xistos e filitos da Sequência Carrancas e biotita xistos da Sequência Serra do Turvo. Nas lâminas foram reconhecidas estruturas resultantes de três fases de deformação. A primeira fase, D_1 , gerou uma clivagem ardosiana, identificada pela orientação preferencial de cloritóides e micas, e por padrões de inclusões em porfiroblastos. A fase D_2 causou uma clivagem de crenulação apertada, resultando em alguns casos em uma transposição da foliação S_1 . A fase de deformação D_3 formou uma nova crenulação, deformando S_2 em dobras suaves a fechadas, em alguns casos. Quanto ao metamorfismo, esse trabalho confirmou o crescimento de cloritoide e muscovita durante D_1 , granada desde sin- D_1 até sin- D_2 , e estauroлита sin- D_2 . Observações de uma segunda geração de cloritoide, muscovita e clorita, todos sin- D_3 , atestam a existência de um segundo evento metamórfico em condições de mais baixa temperatura.

Palavras-chave: Microtectônica; Metamorfismo; Carrancas

Abstract

CAMPOS, José Altino Morais Siqueira. **Análise Microtectônica e Metamórfica na Região das Serras de Carrancas e do Pombeiro, Sul de Minas Gerais.** 2009. x, 15 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The present study is based on the petrographic analysis of 35 thin sections of rocks of the region of Carrancas and Pombeiro ranges, aiming to improve the knowledge of the geotectonic evolution of southern Minas Gerais. Data recently collected by a group of UFRJ students allowed the elaboration of new geologic and metamorphic maps. The area is located at the southern border of the São Francisco Craton, in the interference zone between the Brasília and Ribeira belts. The thin sections were cut from schists and phyllites of the Carrancas Sequence and biotite schists of the Serra do Turvo Sequence belonging to the Neoproterozoic Andrelândia Megasequence. Structures belonging to three deformation phases were found in the area. The first one, D_1 , generated a slaty cleavage, identified by the preferential orientation of chloritoids and micas, and by inclusion patterns in porphyroblasts. The D_2 phase caused a tight crenulation cleavage resulting, in some cases, in transposition of S_1 . D_3 generated a new crenulation, folding S_2 in open to tight folds. About the metamorphism, this work confirmed the growth of chloritoid and muscovite during D_1 , garnet growing from syn- D_1 to syn- D_2 and staurolite syn- D_2 . Syn- D_3 chloritoid, muscovite and chlorite confirm the existence of a second metamorphic event at lower temperature conditions.

Key-words: Microtectonics; Metamorphism; Carrancas

Lista de Figuras

Figura 1. Localização da área de estudo, e suas principais vias de acesso. (Fonte: <http://maps.google.com.br>)

Figura 2. Localização das folhas Itumirim e Itutinga no Estado de Minas Gerais, e a articulação das folhas, com a área estudada em destaque.

Figura 3. Mapa tectônico simplificado da zona de interferência entre o extremo sul da Faixa Brasília e o segmento central da Faixa Ribeira (Heilbron *et al.*, 2004). Quadrado em vermelho corresponde à área estudada.

Figura 4. Diagrama relacionando o crescimento dos minerais metamórficos na área com as fases de deformação. São distintas micas brancas, clorita e cloritóide de duas fases.

Figura 5. É possível identificar o plano S_1 dobrado, definida por cloritóides sin- D_1 , formando S_2 , que por sua vez é dobrada por D_3 . É observada também a foliação principal sendo desviada pelo porfiroblasto de granada sin ou pré- D_2 . Xisto da Sequência Carrancas, ponto POM-18, a polarizadores cruzados.

Figura 6. Matriz formada por muscovitas sin- D_1 . Existem também muscovitas tardi-pós- D_3 , exemplos indicados pelas setas. Xisto da Sequência Carrancas, ponto CG-13, a polarizadores cruzados.

Figura 7. Camadas ricas em muscovita formam uma crenulação D_3 do tipo *chevron*, enquanto a camada rica em cloritóide é somente dobrada. Xisto da Sequência Carrancas, ponto POM-18, a polarizadores cruzados.

Figura 8. Clivagem de crenulação S_3 em filito da Sequência Carrancas, ponto PB1-78, a polarizadores cruzados.

Figura 9. Crenulação D_3 em filito grafitoso da Sequência Carrancas. Ponto SC1-63, a polarizadores cruzados.

Figura 10. Cisalhamento destal com falhamento. Quartzo xisto da Sequência Carrancas. Ponto PB3-131, a polarizadores cruzados.

Figura 11. Cloritóide tardi-pós- D_3 deformado formando *stair-stepping* indicando movimento sinistral. Xisto da Sequência Carrancas. Ponto POM-02, a polarizadores cruzados.

Figura 12. Granada fragmentada em *dominó*, indicando cisalhamento destal. Xisto da Sequência Carrancas, ponto POM-13, a polarizadores cruzados.

Figura 13. Granada sin- D_2 com inclusões dobradas de S_1 . Biotita xisto da Sequência Serra do Turvo, ponto ESCAR-5, a polarizadores paralelos.

Figura 14. Granada com inclusões de cloritóides aciculares orientados segundo S_1 . A matriz é rica em cloritóides e muscovitas tardi-pós- D_3 . Xisto da Sequência Carrancas, ponto POM-06, a polarizadores cruzados.

Figura 15. Granada com inclusões de quartzo, do tipo *snow-ball*, com giro de aproximadamente 300° . Xisto da Sequência Carrancas, ponto PB2-136, a polarizadores paralelos.

Figura 16. Granadas com inclusões do tipo *snow-ball* com giros de aproximadamente 360° . Xisto da Sequência Carrancas, ponto PB2-136, polarizadores cruzados.

Figura 17. Porfiroblasto de granada com inclusões do tipo *snow-ball*. Biotita xisto da Sequência Serra do Turvo, ponto SC1-55. Polarizadores paralelos.

Figura 18. Granada do tipo *snow-ball* com inclusões de quartzo e estaurolita (indicados pelas setas). Xisto da Sequência Carrancas. Ponto PB2-136, a polarizadores cruzados.

Figura 19. Inclusões de cianita idiomórfica (?) e estaurolitas idiomórfica e hipidiomórfica em granada bastante substituída. Xisto da Sequência Carrancas, ponto SC1-33, a polarizadores cruzados.

Figura 20. Porfiroblastos de granada pré ou sin- D_2 sem inclusões. Note o desvio da foliação principal em volta da granada. Xisto da Sequência Carrancas, ponto SC1-13, polarizadores paralelos.

Figura 21. Granada sin- D_2 sem inclusões. Foliação S_2 defletindo em volta do porfiroblasto. Xisto da Sequência Carrancas, ponto CG-13. Polarizadores cruzados.

Figura 22. Estaurolitas pré-sin- D_2 seguindo plano de clivagem S_2 . São vistos também cloritóides sin- D_3 . Xisto da Sequências Carrancas, ponto POM-05, polarizadores paralelos.

Figura 23. Cloritóides primários definindo a clivagem S_2 e porfiroblastos maiores de estaurolitas, também orientados segundo a foliação. Note dobras D_3 nessa foliação. Xisto da Sequência Carrancas. Ponto POM-06, polarizadores cruzados.

Figura 24. Porfiroblastos de estaurolita com inclusões S_1 curvilíneas. As inclusões na borda do mineral encontram-se orientadas aproximadamente segundo a S_2 na matriz. Xisto da Sequência Carrancas, ponto CG-15, polarizadores paralelos.

Figura 25. Porfiroblasto de estaurolita com inclusões curvas. Xisto da Sequência Carrancas, ponto SC2-24. Polarizadores cruzados.

Figura 26. Porfiroblastos de estaurolitas, defletindo-a e formando sombra de pressão de quartzo. Possuem inclusões curvas. Xisto da Sequência Carrancas, ponto CG-15, polarizadores paralelos.

Figura 27. Porfiroblasto de estaurolita com inclusões, que desvia levemente em torno do mineral. Xisto da Sequência Carrancas, ponto SC1-31, a polarizadores paralelos.

Figura 28. Porfiroblastos de cianita bem definidas. No cristal do meio nota-se bem as duas direções de clivagem da cianita. Já o superior apresenta extinção ondulante. Xisto da Sequência Carrancas. Ponto ESCAR-3, polarizadores cruzados.

Figura 29. Cianita paralela a S_2 dobrada em dobras D_3 . Filito da Sequência Carrancas, ponto PB1-157, polarizadores cruzados.

Figura 30. Cianita paralela a S_2 dobrada em dobras D_3 . Xisto da Sequência Carrancas, ponto CG-15, polarizadores cruzados.

Figura 31. Filito grafitoso com muscovitas tardias. As setas apontam para exemplares orientados segundo esforço D_3 . Sequência Carrancas, ponto SC1-63, polarizadores cruzados.

Figura 32. Cristais de cloritóides tardios, como pequenas ripas dispersas aleatoriamente sobre a matriz. Xisto da Sequência Carrancas, ponto POM-08, polarizadores paralelos.

Figura 33. Cloritas tardias em biotita xisto da Sequência Serra do Turvo. Ponto ESCAR-5. Polarizadores paralelos.

Figura 34. Cloritóide tardio pseudomorfisando cristal de estaurolita, preservando suas inclusões. Xisto da Sequência Carrancas, ponto POM-08, a polarizadores paralelos.

Sumário

Agradecimentos	v
Resumo	vi
Abstract.....	vii
Lista de Figuras	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos.....	1
1.2. Localização da área	1
1.3. Métodos	1
2. SÍNTESE DA GEOLOGIA REGIONAL	2
3. CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES ESTUDADAS	5
3.1. Sequência Carrancas.....	5
3.2. Sequência Serra do Turvo	7
4. MICROTTECTÔNICA	8
5. METAMORFISMO	10
5.1. Metamorfismo principal	10
5.2. Metamorfismo tardio	11
6. CONCLUSÕES	13
7. REFERÊNCIAS	14
APÊNDICE A – FIGURAS	16
APÊNDICE B – MAPA GEOLÓGICO	23
APÊNDICE C – MAPA DE PONTOS	24
APÊNDICE D – MAPA METAMÓRFICO	25
ANEXO A – MAPA METAMÓRFICO (HEILBRON, 1984)	26

1. INTRODUÇÃO

1.1. Objetivos

O objetivo do trabalho é melhorar o entendimento da evolução geotectônica da área de Carrancas, Minas Gerais. Pretende-se alcançar esse objetivo através da análise microtectônica e metamórfica.

1.2. Localização da área

A área estudada localiza-se nas proximidades da cidade de Carrancas, a sul da rodovia BR-265 (Fig. 1), no estado de Minas Gerais. Compreende as serras de Carrancas e do Pombeiro, abrangendo a porção sul da folha Itutinga (SF-23-X-C-I-4) e sudeste da folha Itumirim (SF-23-X-C-I-3), e uma pequena porção da folha Madre de Deus de Minas (SF-23-X-C-I-5), do IBGE, escala 1:50.000 (Fig. 2).

1.3. Métodos

O método de trabalho utilizado foi a análise e descrição detalhada de 35 lâminas delgadas com a finalidade de determinar microestruturas e associações mineralógicas que caracterizam o metamorfismo atuante na área estudada. O mapa geológico (Apêndice B) é uma compilação dos mapas confeccionados durante trabalhos da disciplina Estágio de Campo III, realizado no ano de 2008. Também nesse Estágio de Campo foram feitas as amostragens para laminação (Apêndice C). Quanto ao mapa metamórfico apresentado (Apêndice D), trata-se de um aperfeiçoamento do mapa apresentado por Heilbron (1984) (Anexo A). O presente trabalho foi feito em parceria com a aluna Priscila de Souza Santos.

2. SÍNTESE DA GEOLOGIA REGIONAL

Do ponto de vista geotectônico, a área estudada está situada na borda meridional do Cráton do São Francisco. A área obteve sua configuração atual durante o Evento Termo-Tectônico Brasileiro (0,7-0,45 Ga.). Está situada na zona de interferência entre o extremo sul da Faixa Brasília e o segmento central da Faixa Ribeira.

A parte sul da Faixa Brasília mostra trend estrutural NNW-SSE e é subdividida em nappes, inferiores e superiores, com empilhamento tectônico com movimento de topo para E-ESE (Fig. 3). As nappes superiores registram metamorfismo que atinge a fácies granulito de pressão relativamente alta. As nappes inferiores apresentam metamorfismo de pressão e temperatura mais baixas. Vários corpos granitóides cálcio-alcálicos estão presentes na nappe superior, a Nappe Socorro-Guaxupé, interpretados como remanescentes de um arco magmático cordilherano (Janasi, 1999).

A Faixa Ribeira apresenta trend estrutural NE-SW, resultando da interação do paleocontinente São Francisco com um arco de ilhas (Arco de Ilhas do Rio Negro) situado a sudeste deste cráton. Esta colisão resultou no empilhamento de terrenos de leste para oeste-noroeste. Os limites entre os compartimentos tectônicos são representados por empurrões com mergulhos íngremes ($>30^\circ$) e por zonas de cisalhamento oblíquas (Heilbron *et al.*, 2004).

As rochas da região apresentam registros de vários eventos deformacionais. As duas primeiras (DB1 e DB2) são relacionadas à evolução da Faixa Brasília. As últimas (DR1+DR2 e DR3), relacionadas à Faixa Ribeira (Ribeiro *et al.*, 1995; Trouw *et al.*, 2000; Heilbron *et al.*, 2004).

A primeira fase deformacional (DB1) foi responsável pelo transporte da *Klippe* Carrancas, com movimento de topo para ESE gerando superfícies de empurrão, foliação subhorizontal (SB1) e lineação (LB1) na direção WNW-ESE. Na maior parte da região essa foliação foi transposta pela posterior, mas ainda se encontra reconhecível na *Klippe* Carrancas (Paciullo, 1997).

A segunda fase deformacional (DB2) deu origem a um sistema de nappes com direção de transporte para E, ENE, estruturado em um sinformal aberto, com eixo de baixo caimento para WSW. O desenvolvimento deste sistema de nappes causou o dobramento da *Klippe* Carrancas em um sinformal fechado com eixo variando de E-W a SE-NW. Durante esta fase desenvolveu-se foliação principal (SB2), geralmente uma clivagem de crenulação, lineações de estiramento mineral (LB2) e dobras fechadas a isoclinais nas rochas envolvidas no sistema de nappes.

As duas fases deformacionais posteriores são contínuas, associadas à Faixa Ribeira (DR1+DR2) e correspondem a uma compressão NW-SE que gerou empurrões para NW e dobras de escala regional, com plano axial NE-SW e eixos com caimento suave para WSW. Durante esse evento a foliação principal foi localmente crenulada e dobrada.

A terceira fase de deformação registrada na Faixa Ribeira (DR3) deu-se devido a uma compressão E-W, gerando dobras abertas com eixo N-S e plano axial vertical com rumo também N-S. Também foram geradas nesta fase zonas de cisalhamento subverticais destrais com direção NE-SW, que truncam e deslocam todas as estruturas pré-existentes (Trouw *et al.* 2007).

Ribeiro *et al.* (1990) identificaram três domínios tectônicos pré-cambrianos: Domínio I, autóctone, correspondente à transição do antepaís do São Francisco para a porção autóctone da zona orogênica; Domínio II, alóctone, onde predomina a

sucessão de nappes e escamas empurradas, geradas pela endentação da Nappe Socorro-Guaxupé e relacionadas à evolução da parte sul da Faixa Brasília, ocorrendo subordinadamente estruturas relacionadas à Faixa Ribeira, como zonas de cisalhamento destrais subverticais e dobras abertas assimétricas com plano axial subvertical, ambos com rumo SW-NE, que deformam as estruturas anteriores; Domínio III, alóctone, representando as zonas de maior interferência entre as Faixas Brasília e Ribeira, identificado por indicadores cinemáticos que registram transporte tectônico para NE sobreposto por outros, indicando transporte para NW.

3. CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES ESTUDADAS

Na área estudada afloram metassedimentos das sequências Carrancas e Serra do Turvo, ambas pertencentes à Megassequência Andrelândia (Paciullo *et al.*, 2000). Esses metassedimentos repousam sobre um embasamento, em discordância litológica e angular, formado por ortognaisses granodioríticos associados a faixas de metassedimentos e metavulcânicas correlacionáveis ao Grupo Barbacena (Ebert, 1956a, 1956b, modificado por Pires, 1977) e de gnaisses migmatíticos de composição tonalítica a granodiorítica (Ribeiro *et al.*, 1995).

3.1. Sequência Carrancas

As rochas da Sequência Carrancas afloram nas serras do Pombeiro e de Carrancas numa estrutura de *klippe* dobrada em sinformal recumbente com o embasamento envolvendo a estrutura. Por baixo da *klippe* afloram biotita xistos da Sequência Serra do Turvo e filitos e quartzitos da própria Sequência Carrancas, em posição autóctone em cima de seu embasamento paleoproterozóico.

A Sequência Carrancas é constituída, da base para o topo, por biotita gnaisses bandados, um quartzito com muscovitas esverdeadas de espessura mapeável (em escala 1:25.000), uma seqüência de intercalações de quartzitos e xistos/filitos grafitosos localmente com cloritóide e granada estaurolita xistos.

Os biotita gnaisses bandados são caracterizados por empilhamentos de camadas delgadas (1-10cm) a médias (10-30cm), de gnaisses cinzentos ou brancos, com variáveis proporções de biotita, separados por anfibolitos ou rochas ultramáficas, e também por filitos ou xistos pelíticos e quartzitos. Os gnaisses são constituídos por quartzo, biotita, plagioclásio, muscovita, epidoto e minerais opacos. Granada, hornblenda e microclina são acessórios esporádicos. Esses gnaisses são

interpretados como paragneisses derivados de arenitos e wackes feldspáticos (Quéméneur *et al.*, 2003). No mapa geológico (Apêndice B), esses paragneisses estão indiferenciados do embasamento, sendo mapeados como mesma unidade.

Os quartzitos com muscovita esverdeada são aflorantes na *Klippe Carrancas*, sustentando as serras de Carrancas e do Pombeiro, chegando a dezenas de metros de espessura. Esses quartzitos são formados, além do quartzo e da muscovita em abundância, por turmalina e minerais opacos e, como traços, rutilo, cloritóide, clorita, cianita e zircão. Estes minerais aparecem dispersos entre grãos de quartzo. A muscovita normalmente constitui lâminas e delgadas intercalações xistosas separando camadas quartzíticas. O acamamento é geralmente paralelo a xistosidade, sendo praticamente o único resquício de estrutura primária. Na base da *Klippe Carrancas* existe uma ocorrência de metaconglomerado, formado por seixos de quartzo de veio, de quartzitos sacaroidais e quartzitos ferruginosos e matriz quartzítica rica em mica esverdeada. O contato desses quartzitos com os xistos e filitos superiores é brusco. Esses quartzitos são interpretados como depósitos de plataforma arenosa rasa. As freqüentes intercalações de lâminas micáceas parecem registrar breves períodos de detenção das correntes e decantação de finos, sugerindo atuação de marés (Quéméneur *et al.*, 2003).

Os filitos e xistos cinzentos superiores são compostos por mica branca, quartzo e minerais opacos, incluindo a grafita, sendo interpretados como metapelitos, além de típicos minerais índices de metamorfismo, conforme sua natureza pelítica e a zona metamórfica em que se encontram. Filitos contendo cloritóide e ou granada ocorrem nas zonas da fácies xisto verde. Xistos e filitos portando estaurolita, cianita e granada caracterizam zonas da fácies anfibolito. Estes metapelitos formam corpos maciços com espessuras até métricas, separados por bancos de quartzitos

micáceos. Os quartzitos constituem camadas tabulares isoladas ou agrupadas em estratos de espessuras até métricas, intercalados nos metapelitos. No domínio autóctone quartzitos são menos frequentes (Quéméneur *et al.*, 2003).

3.2. Sequência Serra do Turvo

As rochas da Sequência Serra do Turvo afloram nas regiões de menor gradiente topográfico, entre as serras de Carrancas e do Pombeiro, no domínio autóctone, junto ao embasamento. Possui uma morfologia característica de morrotes ovalados com cobertura espessa de um solo avermelhado. Os afloramentos frescos são encontrados geralmente no fundo de ravinas, ou como lajedos arredondados que se destacam na topografia (Heilbron, 1984). É composto, em sua maioria, por biotita xistos. Aflora também localmente em uma pequena área na *Klippe* de Carrancas, no núcleo do “cogumelo” de Carrancas.

O biotita xisto é uma rocha escura de aspecto escamoso, devido a uma xistosidade anastomosada. Trata-se de uma rocha bastante homogênea, sendo difícil a identificação de sua estratificação original. São rochas ricas em clorita, mica branca e plagioclásio, podendo ter turmalinas, apatita, carbonatos e minerais opacos como acessórios. A almandina pode estar presente na unidade, quando em fácies xisto verde superior. Na fácies anfíbolito, além da granada, podem ocorrer traços de estauroлита e cianita. Possui também delgados veios lenticulares de quartzo, alguns deles constituindo bons indicadores cinemáticos, por sua forma sigmoidal assimétrica. Localmente possui uma estratificação delgada e textura gnáissica formadas por níveis com maior proporção de feldspatos (Heilbron, 1984; Quéméneur *et al.*, 2003).

4. MICROTTECTÔNICA

A tectônica intensa que afetou toda a área originou uma série de estruturas em diversas escalas. O estudo microtectônico permitiu o reconhecimento de microestruturas relacionadas a três eventos deformacionais, tratadas aqui como D_1 , D_2 e D_3 . Também foi possível posicionar no tempo/espaço o crescimento de minerais metamórficos, correlacionando-os com esses eventos deformacionais (Fig. 4).

A foliação principal observada (S_2), na maioria dos casos, é uma clivagem de crenulação parcialmente obliterada por transposição. É possível notar charneiras das dobras D_2 , apertadas a isoclinais (Figs. 5, 6 e 7) dentro dos quais S_1 pode ser reconhecido como a clivagem ardosiana mais antiga.

Esta foliação (S_2), por sua vez, encontra-se redobrada pela fase de deformação D_3 , em dobras suaves a fechadas (Figs. 5, 6 e 7). Em filitos compostos essencialmente por micas brancas essa fase forma uma crenulação (D_3) (Figs. 7, 8 e 9). Algumas rochas apresentam *shear bands* (Fig. 10) tanto destrais como sinistrais, dos quais não é claro se foram gerados durante D_2 ou D_3 . Algumas rochas da parte oeste da Serra do Pombeiro apresentam forte deformação, com aspecto milonítico, incluindo alguns indicadores cinemáticos (Figs. 11 e 12), provavelmente gerado em D_3 .

Porfiroblastos de granada são comuns na maior parte da área. Alguns deles apresentam padrões de inclusões curvas (Figs. 13 e 14) variando até o do tipo *snow-ball* – essas contendo giros de até aproximadamente 360° (Figs. 15 a 18) – e, mais raro, padrões tabulares e aleatórios. Apresentam inclusões de quartzo, opacos, cloritóide acicular, interpretado como sin- D_1 (Fig. 14), estaurolita (Figs. 18 e 19) e, em menor quantidade, cianita (Fig. 20). Foram encontradas também granadas sem

inclusões (Figs. 20 e 21). Em todos os casos os porfiroblastos de granada defletem a foliação principal (Figs. 20 e 21), às vezes formando uma sombra de pressão não muito significativa. Tais observações levam a afirmar que as granadas são pré a D_2 , com crescimento sin-tectônico a D_1 de algumas, que contem inclusões do tipo *snow-ball*.

Porfiroblastos de estaurolita com inclusões de dobras D_2 abertas, interpretados como sin- D_2 , são presentes em muitas lâminas (Fig. 22). Numa parte do mapa coexistem com cloritóides primários (Fig. 23), caracterizando uma zona de transição entre as fácies xisto verde e anfibolito. Os cristais de estaurolita aparecem orientados segundo o plano S_2 (Figs. 22 a 24), às vezes levemente giradas em relação à foliação, defletindo-a levemente (Figs. 25 a 27), reforçando a interpretação que cresceram durante D_2 . Às vezes essa deflexão da foliação não é muito clara, mas o crescimento sin-cinemático é confirmado pelo padrão de inclusões dobradas das estaurolitas (Fig. 24).

Cloritóides aciculares aparecem geralmente paralelas a foliação S_1 (Figs. 5, 7, 22 e 23), ou como inclusões em granadas, também seguindo S_1 (Fig. 14). Estes cloritóides foram interpretados como sin- D_1 .

A cianita aparece em menor quantidade. Foram observadas cianitas orientadas segundo a foliação principal (Fig. 28), localmente dobradas em D_3 (Figs. 29 e 30). Também foi observado um cristal como inclusão em granada com contorno aparentemente idiomórfico, provavelmente devido ao crescimento da granada (Fig. 19). Pode-se concluir que a cianita cresceu durante D_2 .

São encontrados também cristais de muscovita (Fig. 31), cloritóide (Figs. 14, e 32) e clorita (Fig. 33) de caráter tardio, sobrecrecendo localmente dobras D_3 , às vezes apresentando extinção ondulante, o que leva a crer que são tardi a pós- D_3 .

5. METAMORFISMO

São evidenciados na área dois eventos metamórficos. O primeiro é representado pelo metamorfismo principal, com características básicas de pressão intermediária, atingindo até a fácies anfibolito. É observada ainda uma segunda paragênese metamórfica, na fácies xisto verde, com um caráter tardio em relação às fases de deformação que atuaram na área.

5.1. Metamorfismo principal

O metamorfismo progride, na área, de uma maneira geral, de norte para sul, variando desde a fácies xisto verde, zona de biotita até a fácies anfibolito, com estauroлита e cianita. Com base nas associações mineralógicas nos xistos e filitos, além de outros fatores secundários observados nos quartzitos e gnaisses do embasamento, como a composição aproximada dos plagioclásios, Heilbron (1984) dividiu o metamorfismo principal na área em quatro zonas distintas (Anexo A): a fácies xisto verde foi subdividida em xisto verde médio (zona de biotita) e superior (zona de granada), separadas pela isógrada da almandina-in. A fácies anfibolito é caracterizada pelo aparecimento de estauroлита e localmente cianita. Na Serra do Pombeiro aparece uma zona de transição caracterizada pela presença concomitante de estauroлита e cloritóide primário (Figs. 22 e 23).

A zona de biotita é caracterizada, nos xistos e filitos da Sequência Carrancas, por associações mineralógicas compostas por mica branca, quartzo, opacos, às vezes clorita e cloritóides. Nos biotita xistos da Sequência Serra do Turvo esta zona é caracterizada por associações compostas por biotita, mica branca, clorita, quartzo, plagioclásio e opacos, principalmente.

A zona da granada é marcada pelo aparecimento da almandina. A granada, na fácies xisto verde, foi encontrada em um único ponto isolado, ao norte da área, não sendo possível definir corretamente o comportamento desta isógrada. Assim sendo, a isógrada da almandina-in foi traçada de acordo com Heilbron (1984) e Ribeiro *et al.* (1995).

O presente trabalho confirma a existência da zona de transição xisto verde/anfibolito (Heilbron, 1984), mas, segundo nossos dados, essa zona é mais extensa (Apêndice D). Ela é marcada por associações compostas por mica branca, granada, localmente cianita, e, principalmente, pela existência concomitante de estaurolita e cloritóides aciculares (sin-D₁).

A fácies anfibolito é delimitada pela isógrada cloritoide-out (Serra do Pombeiro) e estaurolita-in (restante da área). É caracterizada por associações contendo, geralmente, mica branca, granada, quartzo e estaurolita. A cianita pode estar presente, assim como a clorita e outros acessórios como turmalina e opacos.

5.2. Metamorfismo tardio

Um metamorfismo tardio, na fácies xisto verde, é evidenciado nos xistos e filitos, sendo caracterizado por cloritóides tardi- a pós-D₃, idiomórficos a hipidiomórficos, de forma retangular e maiores que as cloritóides aciculares sin-D₁, dispersos aleatoriamente na matriz dessas rochas (Figs. 14 e 32). Esses cloritóides tardios geralmente apresentam geminação polissintética, alguns apresentam extinção ondulante, provavelmente fruto do final da deformação D₃. Aparecem também como pseudomorfos de estaurolita, preservando seu padrão de inclusões (Fig. 34). São notáveis também porfiroblastos de muscovitas tardias, dispersos na matriz (Fig. 31). Em algumas lâminas elas aparecem, sobretudo, nas charneiras das

dobras D_2 . Em menor escala pode-se notar cloritas hipidiomórficas, dispostas aleatoriamente na matriz (Fig. 33). Esse metamorfismo tardi a pós- D_3 pode ser produto de uma reativação do metamorfismo na área, podendo ser atribuído e ou concomitante à Zona de Cisalhamento Três Corações, que corta o sudoeste da área na direção NE-SW.

6. CONCLUSÕES

São observadas nas rochas da área estruturas relacionadas a três fases de deformação. Essas fases, aqui tratadas como D₁, D₂ e D₃, correspondem provavelmente às fases de deformação DB1, DB2 e DR1+DR2, de Ribeiro *et al.* (1995), Trouw *et al.* (2000) e Heilbron *et al.* (2004). Ou seja, as duas primeiras fases relacionadas à Faixa Brasília e a última à Faixa Ribeira.

As micas brancas, biotita e granada começaram a crescer durante D₁ e continuaram até a fase D₂. Estaurolita e cianita tem seu crescimento associado à fase deformacional D₂. Clorita e cloritóide cresceram durante D₁ e em um evento posterior, em D₃, juntamente com micas brancas.

Novos dados foram apresentados para o metamorfismo na área, mostrando que a zona de transição da fácies xisto verde e anfibolito é mais extensa do que antes apresentado por Heilbron (1984). Além disso foram observados minerais referentes a um segundo evento metamórfico, de grau mais baixo.

7. REFERÊNCIAS

- EBERT, H. 1956a. *Relatório sobre a atividade durante o ano de 1956. Tectônica do Pré-Cambriano (São João Del Rei)*. In: Relatório Anual do Diretor, ano 1955, DGM, Rio de Janeiro: p. 69-81.
- EBERT, H. 1956b. *A tectônica do sul do Estado de Minas Gerais e regiões adjacentes*. In: Relatório Anual do Diretor, ano 1955, DGM, Rio de Janeiro: p. 97-107 e p. 136-137.
- HEILBRON, M. 1984. *Evolução metamórfica-estrutural da área entre Itutinga e Madre de Deus de Minas Gerais, MG*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 151p.
- HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; CAMPOS NETO, M. C.; SILVA, L. C.; TROUW, R. A. J.; JANASI, V. A. 2004. *Província Mantiqueira*. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.R.; Brito-Neves, B.B. (Org.). *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. 1 ed. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., p. 203-234.
- JANASI, V.A. 1999. *Petrogênese de granitos crustais na Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé (SP-MG): uma contribuição da geoquímica Elemental e isotópica*. São Paulo, IGc-USP, Tese de Livre-Doc., 304p.
- PACIULLO, F.V.P. 1997. *A Seqüência Depositional Andrelandia*. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Tese de Doutorado, 248p.
- PACIULLO, F.V.P.; RIBEIRO, A.; ANDREIS, R.R.; TROUW, R.A.J. 2000. *The Andrelândia Basin, a Neoproterozoic intraplate continental margin, Southern Brasília Belt*. *Revista Brasileira de Geociências*, Rio de Janeiro, v. 30, p. 200-202.
- PIRES, F.R.M. 1977. *Geologia do Distrito Manganésífero de Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais*. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, 344 p.
- QUÉMÉNEUR, J.J.G.; RIBEIRO, A.; TROUW, R.A.J.; PACIULLO, F.V.P.; HEILBRON, M. 2003. *Geologia da Folha Lavras*. In: Pedrosa-Soares, A.C.; Noce, C.M.; Trouw, R.A.J., Heilbron, M. (Coord.). *Geologia e recursos minerais do sudeste mineiro. Projeto Sul de Minas – Etapa I (COMIG-UFMG-UFRJ-UERJ)*, Relatório final, Companhia Mineradora de Minas Gerais. pp.: 259-319.
- RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P.; ANDREIS, R.R.; TROUW, R. A. J.; HEILBRON, M. 1990. *Evolução policíclica ao sul do Cráton do São Francisco: análise da região São João Del Rei - Andrelândia*. In: 36º Congresso Brasileiro de Geologia, 1990, Natal. *Anais do 36º Congresso Brasileiro de Geologia*. Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, v.6, p. 2605-2613.

- RIBEIRO, A.; TROUW, R.A.J.; ANDREIS, R.R.; PACIULLO, F.V.P. & VALENÇA, J.G. 1995. *Evolução das Bacias Proterozóicas e o Termo-tectonismo Brasileiro na Margem Sul do Cráton do São Francisco*. Rev. Bras. Geol., 25 (4): 235-248.
- TROUW, C.C., MEDEIROS, F.F.F., TROUW, R.A.J. 2007. *Evolução tectônica da zona de cisalhamento Caxambu, MG*. Revista Brasileira de Geociências, 37(4): 767-776
- TROUW, R.A.J.; HEILBRON, M.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P.; VALERIANO, C.M.; ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M.; ANDREIS, R.R. 2000. *The Central Segment of the Ribeira Belt*. In: Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomaz Filho, A.; Campos, D.A. Tectonic evolution of south America. Rio de Janeiro, 2000. pp.:287-310

APÊNDICE A – FIGURAS



Figura 1. Localização da área de estudo, e suas principais vias de acesso. (Fonte: <http://maps.google.com.br>)

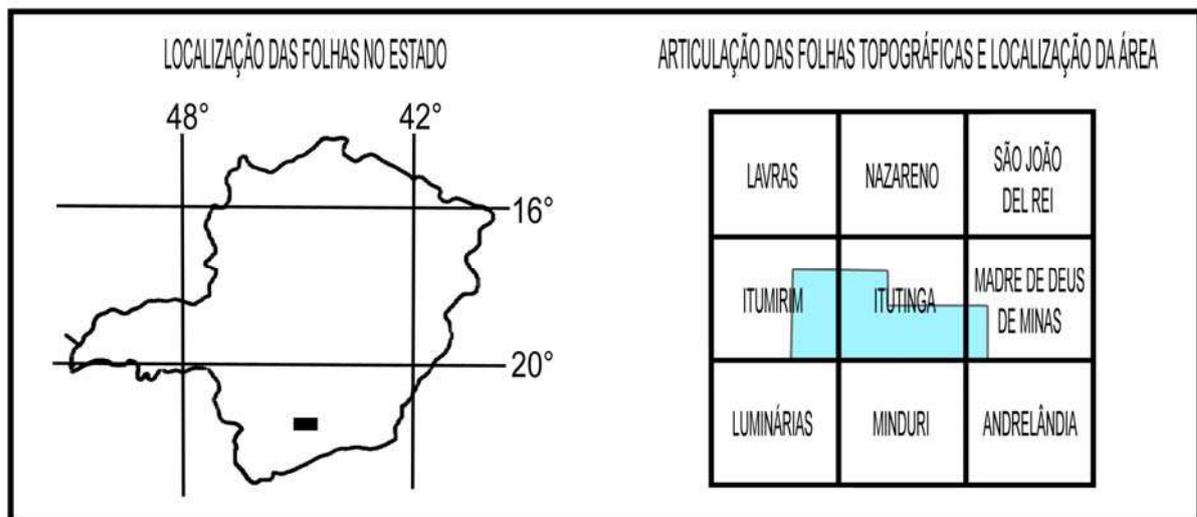
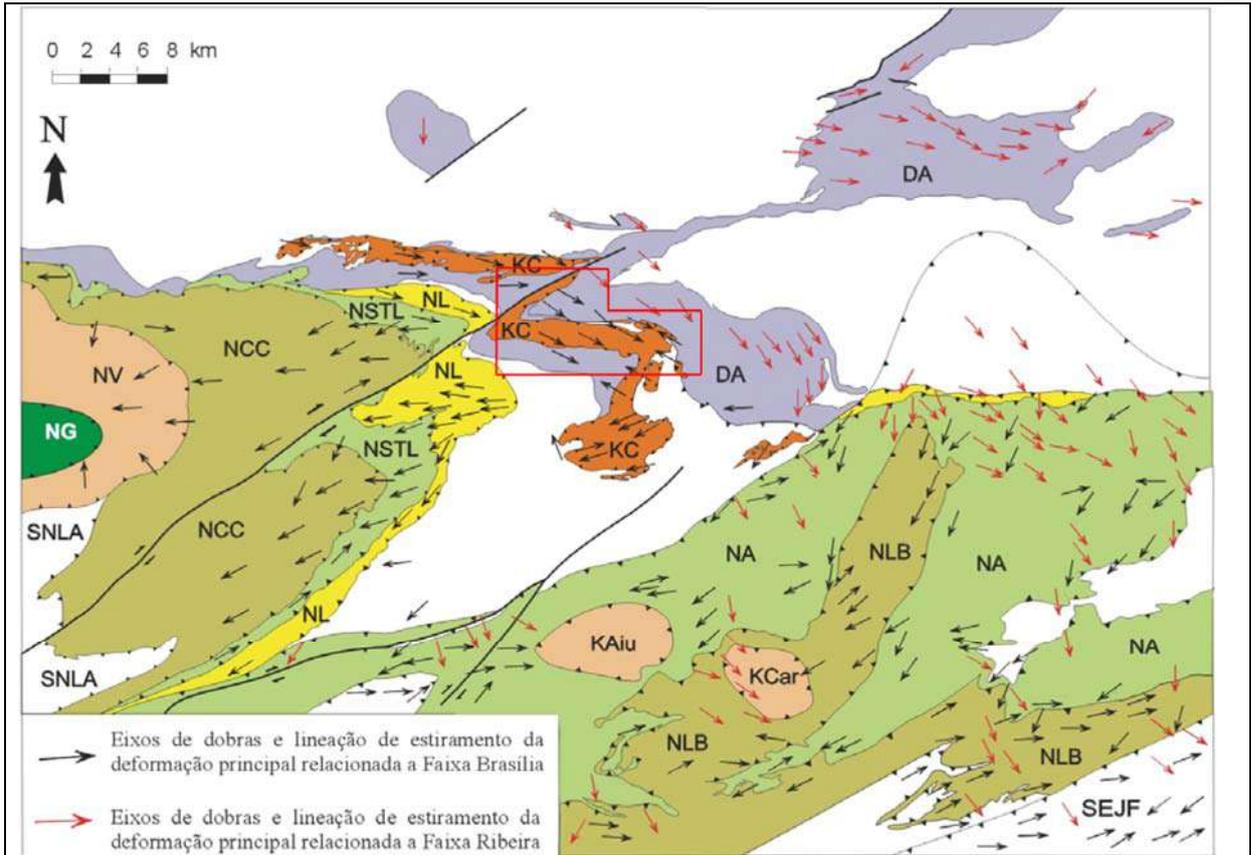


Figura 2. Localização das folhas Itumirim e Itutinga no Estado de Minas Gerais, e a articulação das folhas, com a área estudada em destaque.



DA - domínio autóctone; KC - *klippe* Carrancas; NL - *nappe* Luminárias; NSTL - *nappe* São Tomé das Letras; NCC - *nappe* Carmo da Cachoeira; NV - *nappe* Varginha; NG - *nappe* Guaxupé; SNLA - sistema de *nappes* Lambari; NA - *nappe* Andrelândia; NLB - *nappe* Liberdade; KAiu - *klippe* Aiuruoca; KCar - *klippe* Carvalhos; SEJF - sistema de *nappes* Juiz de Fora

Figura 3. Mapa tectônico simplificado da zona de interferência entre o extremo sul da Faixa Brasília e o segmento central da Faixa Ribeira (Heilbron *et al.*, 2004). Quadrado em vermelho corresponde à área estudada.

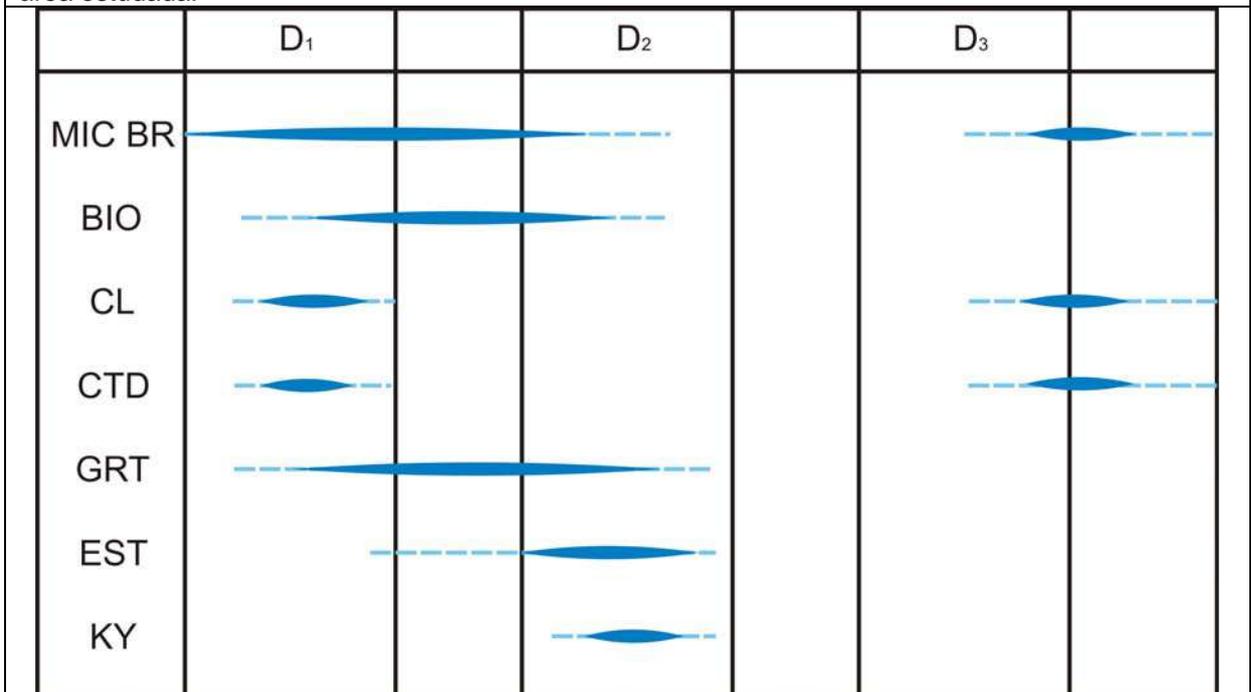


Figura 4. Diagrama relacionando o crescimento dos minerais metamórficos na área com as fases de deformação. São distintas micas brancas, clorita e cloritóide de duas fases.

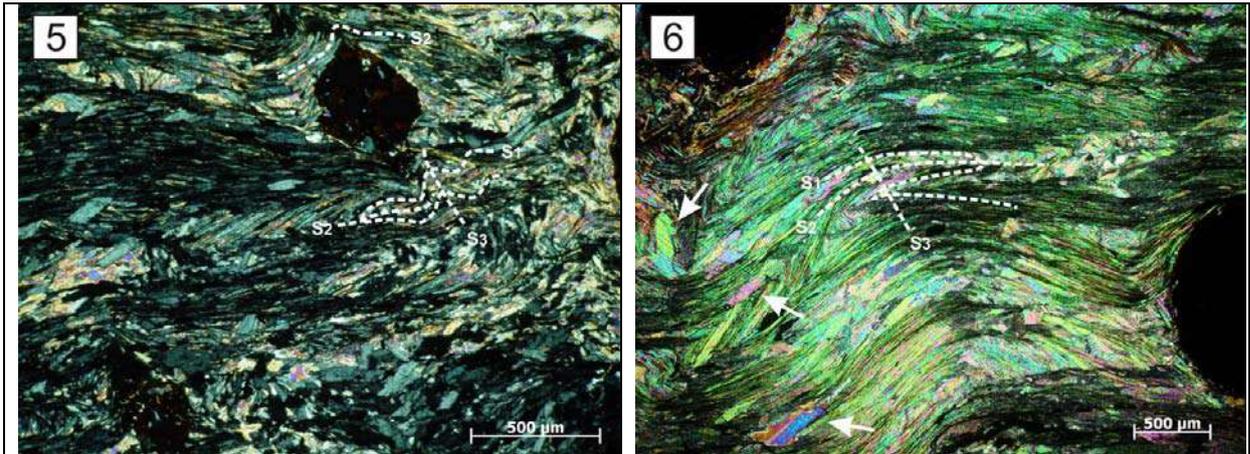


Figura 5. É possível identificar o plano S1 dobrado, definida por cloritóides sin-D1, formando S2, que por sua vez é dobrada por D3. É observada também a foliação principal sendo desviada pelo porfiroblasto de granada sin ou pré-D2. Xisto da Sequência Carrancas, ponto POM-18, a polarizadores cruzados.

Figura 6. Matriz formada por muscovitas sin-D1. Existem também muscovitas tardi-pós-D3, exemplos indicados pelas setas. Xisto da Sequência Carrancas, ponto CG-13, a polarizadores cruzados.

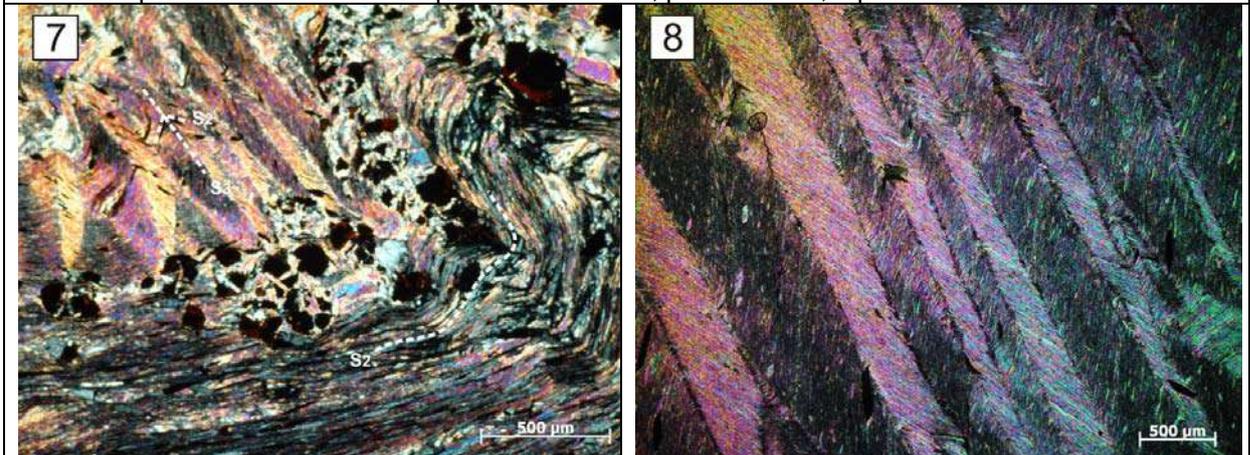


Figura 7. Camadas ricas em muscovita formam uma crenulação D3 do tipo chevron, enquanto a camada rica em cloritóide é somente dobrada. Xisto da Sequência Carrancas, ponto POM-18, a polarizadores cruzados.

Figura 8. Clivagem de crenulação S3 em filito da Sequência Carrancas, ponto PB1-78, a polarizadores cruzados.

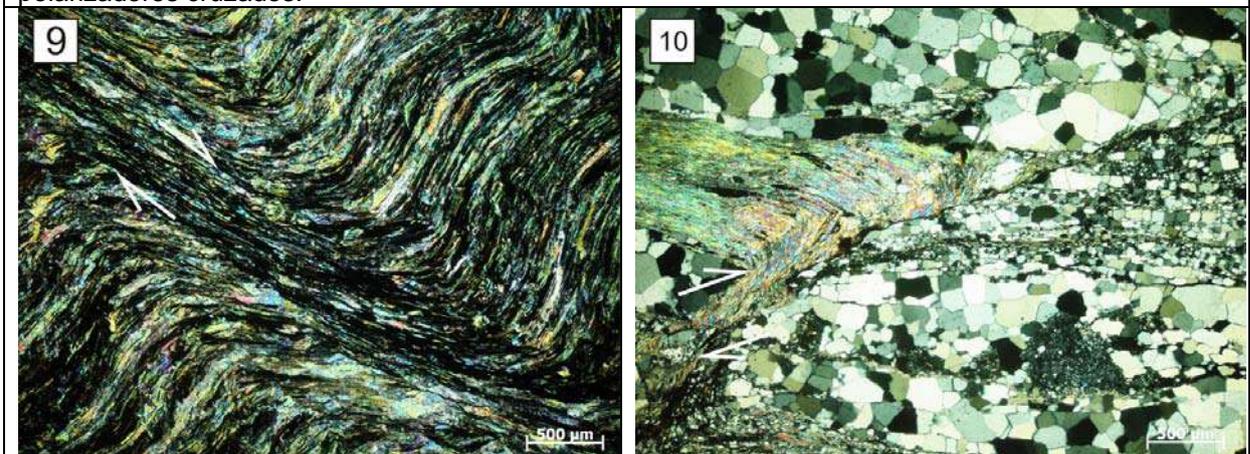


Figura 9. Crenulação D3 em filito grafitoso da Sequência Carrancas. Ponto SC1-63, a polarizadores cruzados.

Figura 10. Cisalhamento destal com falhamento. Quartzo xisto da Sequência Carrancas. Ponto PB3-131, a polarizadores cruzados.

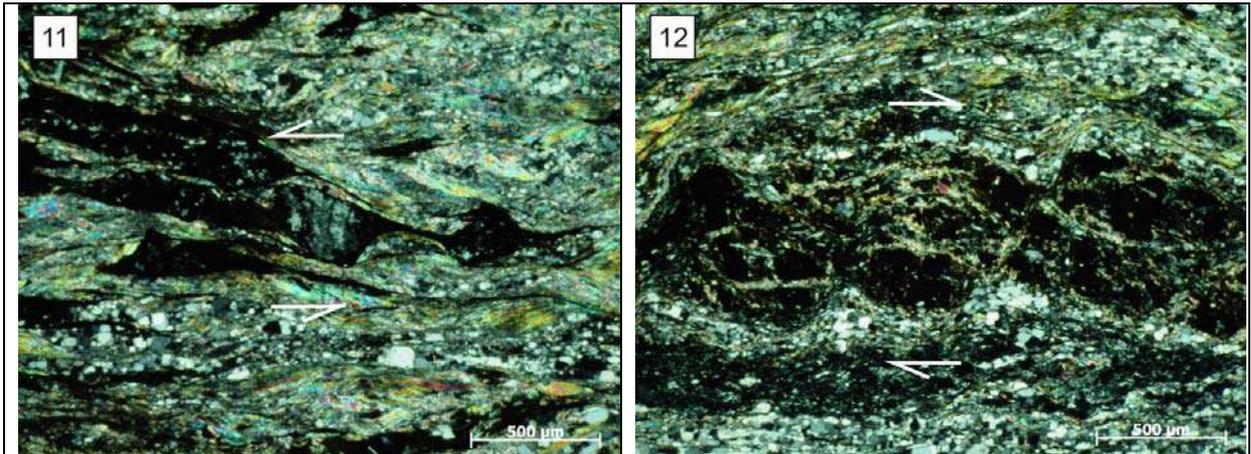


Figura 11. Clorítide tardi-pós-D3 deformado formando stair-stepping indicando movimento sinistral. Xisto da Sequência Carrancas. Ponto POM-02, a polarizadores cruzados.

Figura 12. Granada fragmentada em dominó, indicando cisalhamento destral. Xisto da Sequência Carrancas, ponto POM-13, a polarizadores cruzados.

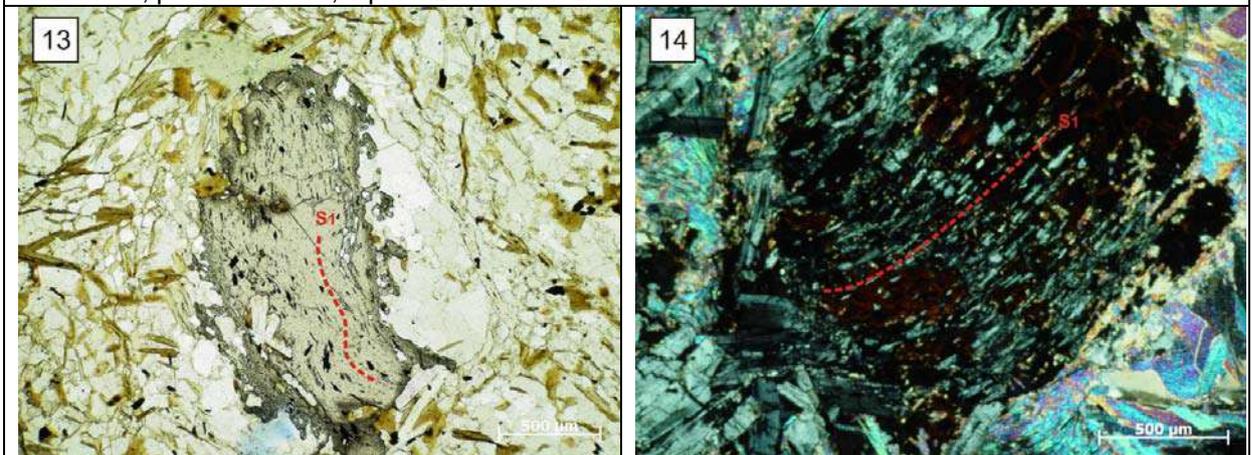


Figura 13. Granada sin-D2 com inclusões dobradas de S1. Biotita xisto da Sequência Serra do Turvo, ponto ESCAR-5, a polarizadores paralelos.

Figura 14. Granada com inclusões de clorítides aciculares orientados segundo S1. A matriz é rica em clorítides e muscovitas tardi-pós-D3. Xisto da Sequência Carrancas, ponto POM-06, a polarizadores cruzados.

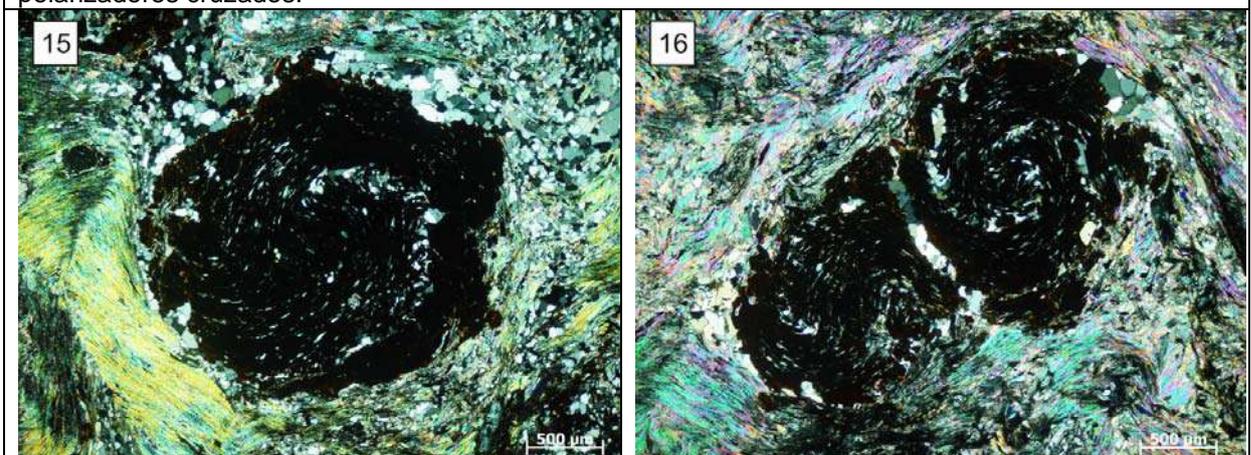


Figura 15. Granada com inclusões de quartzo, do tipo *snow-ball*, com giro de aproximadamente 300°. Xisto da Sequência Carrancas, ponto PB2-136, a polarizadores paralelos.

Figura 16. Granadas com inclusões do tipo *snow-ball* com giros de aproximadamente 360°. Xisto da Sequência Carrancas, ponto PB2-136, polarizadores cruzados.

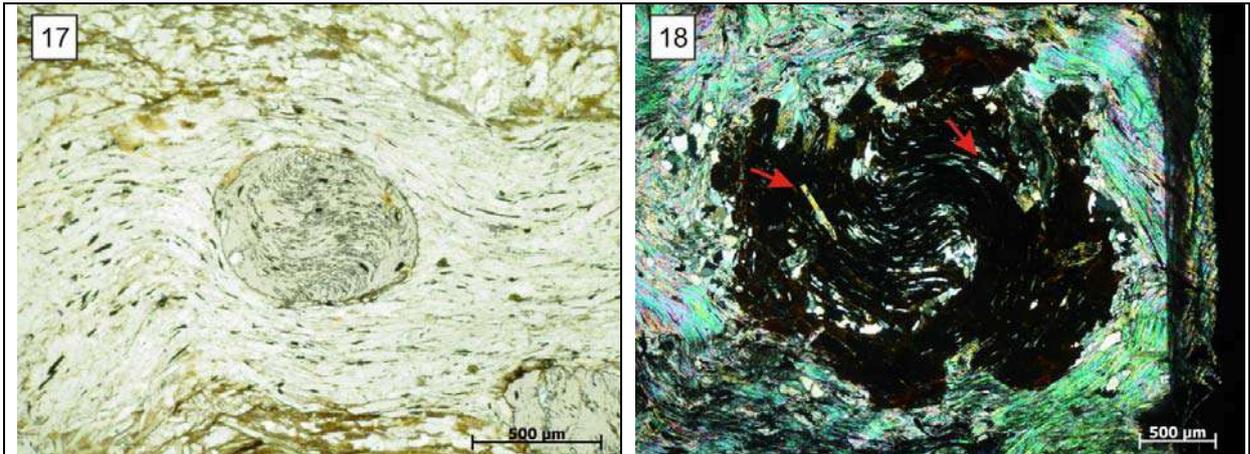


Figura 17. Porfiroblasto de granada com inclusões do tipo *snow-ball*. Biotita xisto da Sequência Serra do Turvo, ponto SC1-55. Polarizadores paralelos.

Figura 18. Granada do tipo *snow-ball* com inclusões de quartzo e estauroлита (indicados pelas setas). Xisto da Sequência Carrancas. Ponto PB2-136, a polarizadores cruzados.

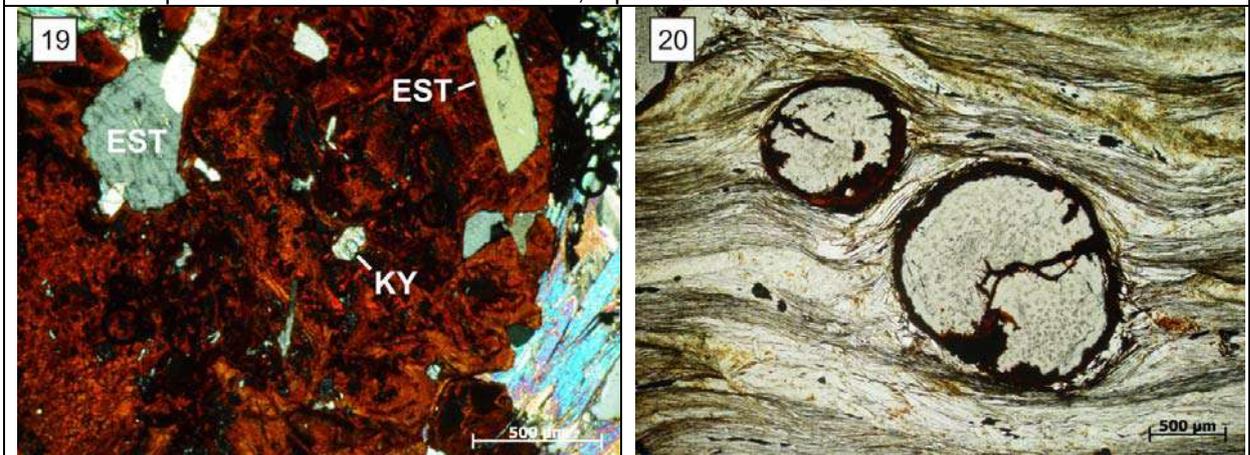


Figura 19. Inclusões de cianita idiomórfica (?) e estauroлитas idiomórfica e hipidiomórfica em granada bastante substituída. Xisto da Sequência Carrancas, ponto SC1-33, a polarizadores cruzados.

Figura 20. Porfiroblastos de granada pré ou sin-D₂ sem inclusões. Note o desvio da foliação principal em volta da granada. Xisto da Sequência Carrancas, ponto SC1-13, polarizadores paralelos.

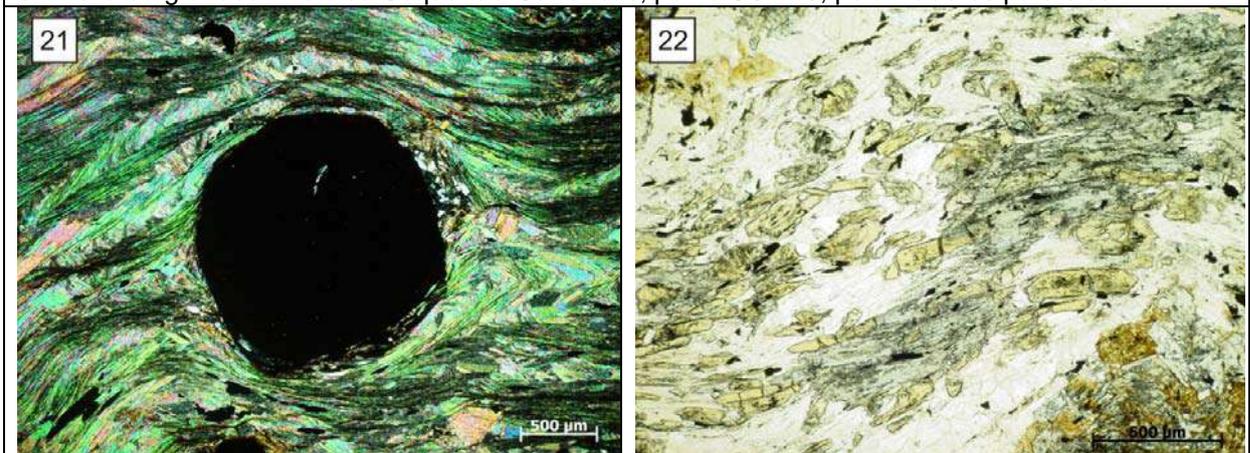


Figura 21. Granada sin-D₂ sem inclusões. Foliação S₂ defletindo em volta do porfiroblasto. Xisto da Sequência Carrancas, ponto CG-13. Polarizadores cruzados.

Figura 22. Estauroлитas pré-sin-D₂ seguindo plano de clivagem S₂. São vistos também cloritóides sin-D₃. Xisto da Sequências Carrancas, ponto POM-05, polarizadores paralelos.

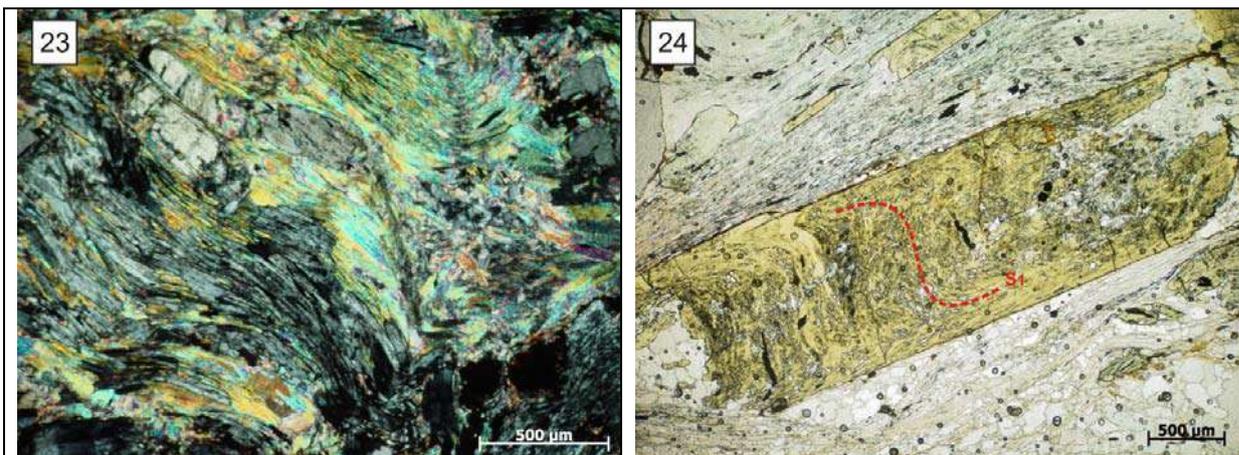


Figura 23. Cloritóides primários definindo a clivagem S_2 e porfiroblastos maiores de estaurolitas, também orientados segundo a foliação. Note dobras D_3 nessa foliação. Xisto da Sequência Carrancas. Ponto POM-06, polarizadores cruzados.

Figura 24. Porfiroblastos de estaurolita com inclusões S_1 curvilíneas. As inclusões na borda do mineral encontram-se orientadas aproximadamente segundo a S_2 na matriz. Xisto da Sequência Carrancas, ponto CG-15, polarizadores paralelos.

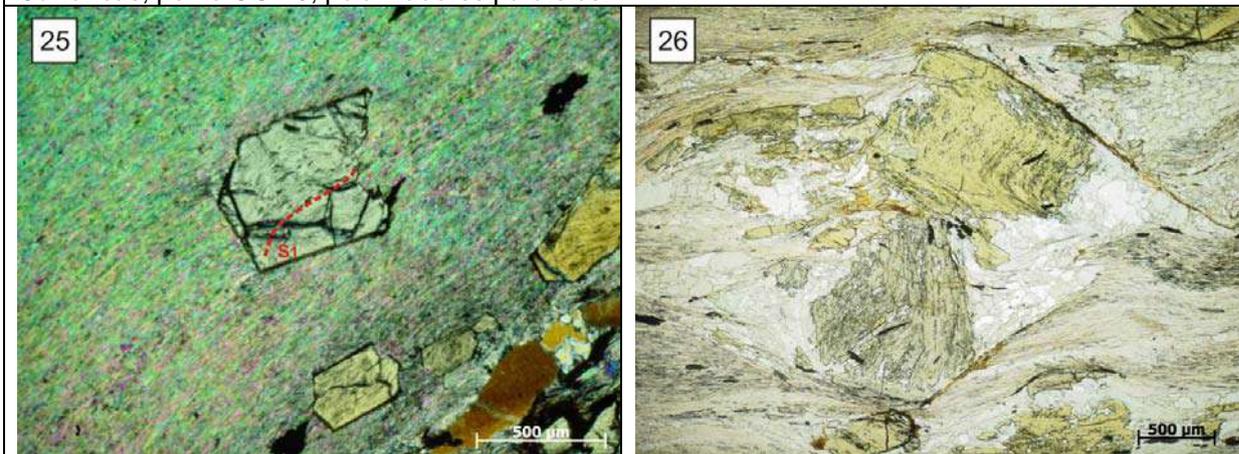


Figura 25. Porfiroblasto de estaurolita com inclusões curvas. Xisto da Sequência Carrancas, ponto SC2-24. Polarizadores cruzados.

Figura 26. Porfiroblastos de estaurolitas, defletindo-a e formando sombra de pressão de quartzo. Possuem inclusões curvas. Xisto da Sequência Carrancas, ponto CG-15, polarizadores paralelos.

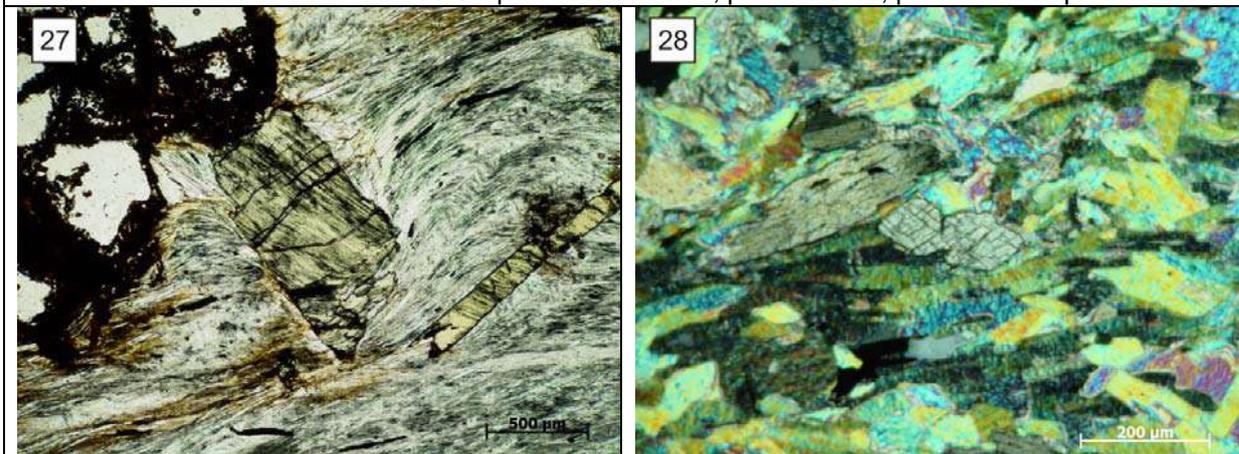


Figura 27. Porfiroblasto de estaurolita com inclusões, que desvia levemente em torno do mineral. Xisto da Sequência Carrancas, ponto SC1-31, a polarizadores paralelos.

Figura 28. Porfiroblastos de cianita bem definidas. No cristal do meio nota-se bem as duas direções de clivagem da cianita. Já o superior apresenta extinção ondulante. Xisto da Sequência Carrancas. Ponto ESCAR-3, polarizadores cruzados.

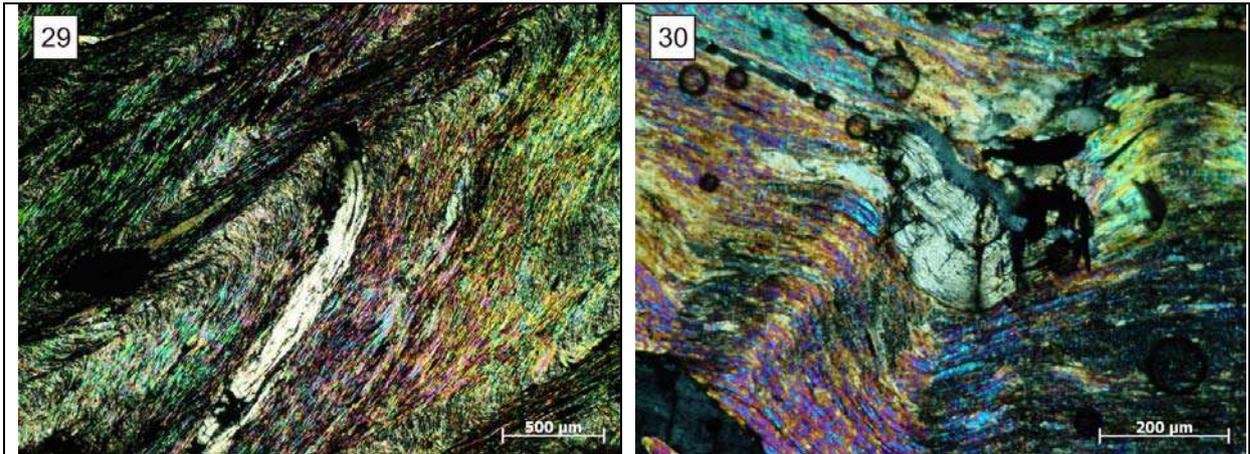


Figura 29. Cianita paralela a S_2 dobrada em dobras D_3 . Filito da Sequência Carrancas, ponto PB1-157, polarizadores cruzados.

Figura 30. Cianita paralela a S_2 dobrada em dobras D_3 . Xisto da Sequência Carrancas, ponto CG-15, polarizadores cruzados.

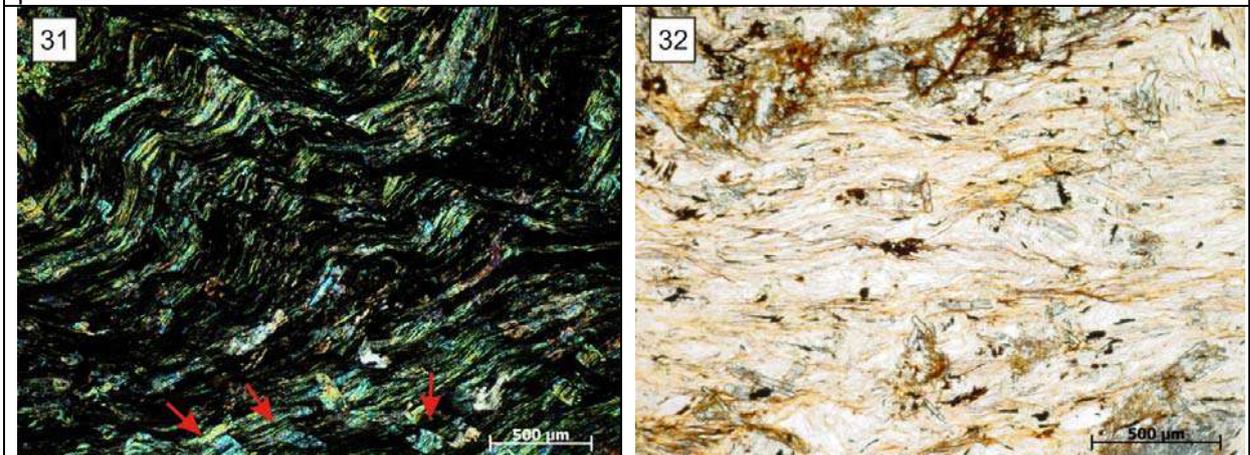


Figura 31. Filito grafitoso com muscovitas tardias. As setas apontam para exemplares orientados segundo esforço D_3 . Sequência Carrancas, ponto SC1-63, polarizadores cruzados.

Figura 32. Cristais de cloritóides tardios, como pequenas ripas dispersas aleatoriamente sobre a matriz. Xisto da Sequência Carrancas, ponto POM-08, polarizadores paralelos.

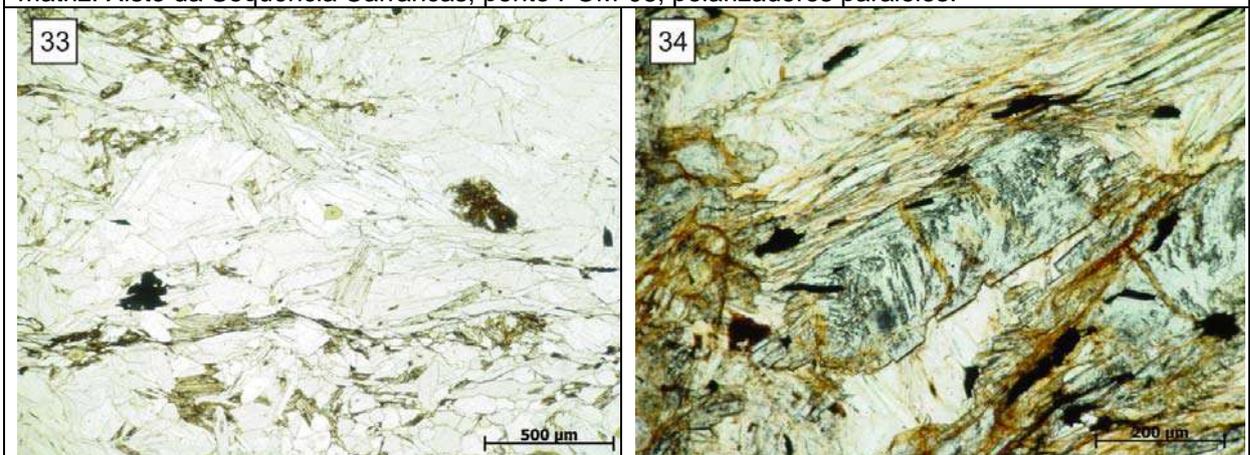
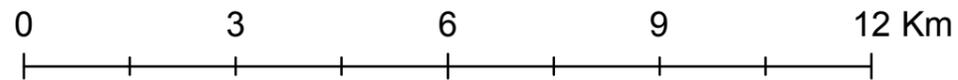


Figura 33. Cloritas tardias em biotita xisto da Sequência Serra do Turvo. Ponto ESCAR-5. Polarizadores paralelos.

Figura 34. Cloritóide tardio pseudomorfizando cristal de estaurolita, preservando suas inclusões. Xisto da Sequência Carrancas, ponto POM-08, a polarizadores paralelos.

APÊNDICE B — MAPA GEOLÓGICO

Escala 1:100.000



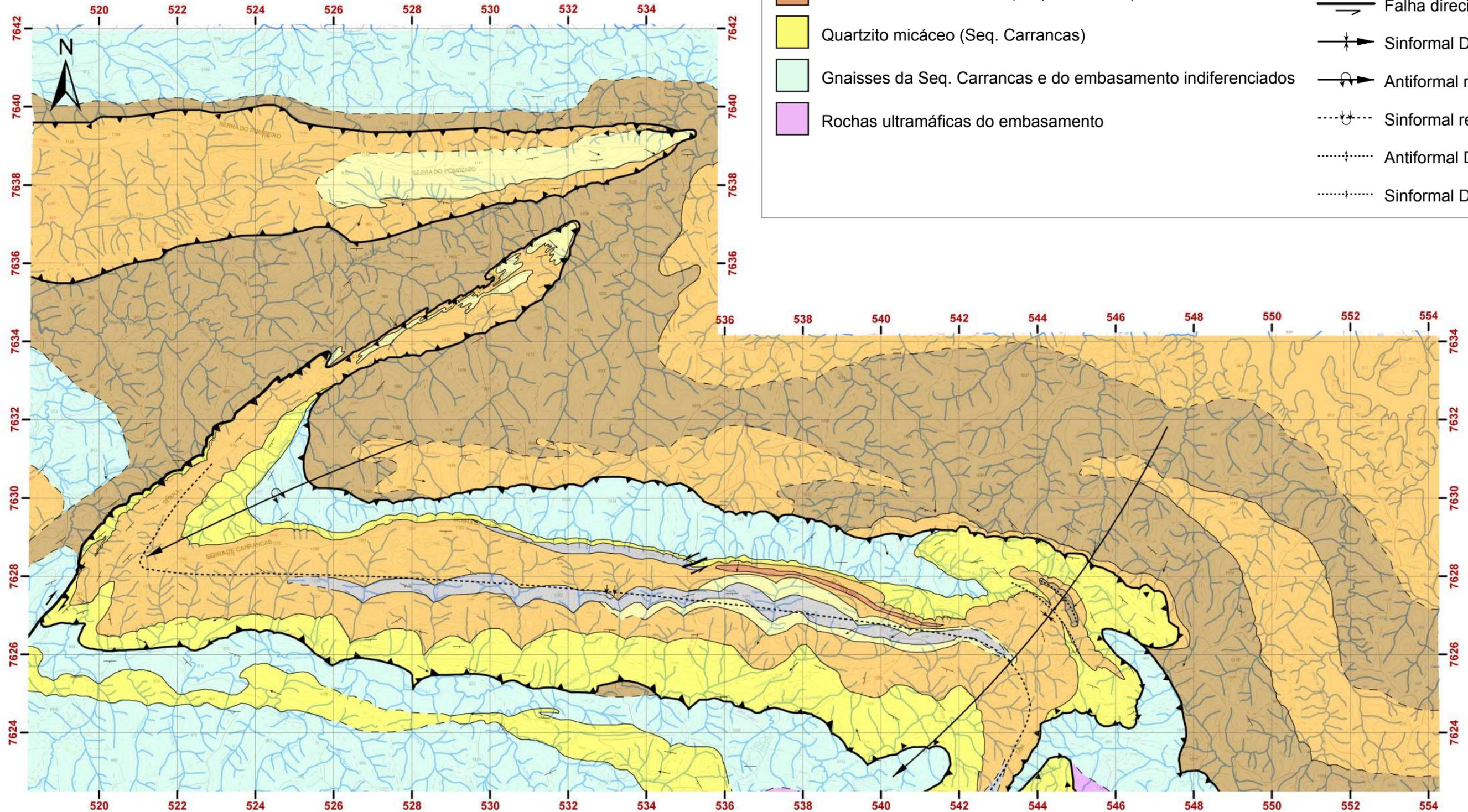
LEGENDA

MEGASSEQUÊNCIA ANDRELÂNDIA

- Biotita xisto (Seq. Serra do Turvo)
- Xistos e filitos cinzentos indiferenciados (Seq. Carrancas)
- Filito grafitoso (Seq. Carrancas)
- Quartzito (Seq. Carrancas)
- Granada estaurolita xisto (Seq. Carrancas)
- Quartzito micáceo (Seq. Carrancas)
- Gnaisses da Seq. Carrancas e do embasamento indiferenciados
- Rochas ultramáficas do embasamento

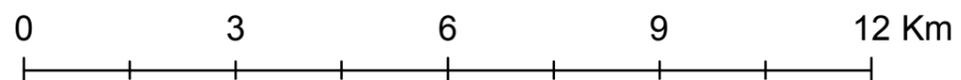
SIMBOLOGIA

- Lineação de estiramento
- Foliação principal
- Contato litológico
- Contato inferido
- Empurrão
- Falha direcional
- Sinformal D₃
- Antiformal revirado D₃
- Sinformal revirado D₂
- Antiformal D₂
- Sinformal D₂



APÊNDICE C — MAPA DE PONTOS

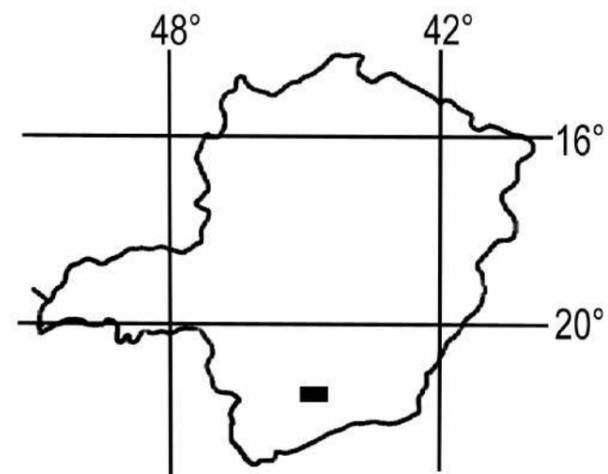
Escala 1:100.000



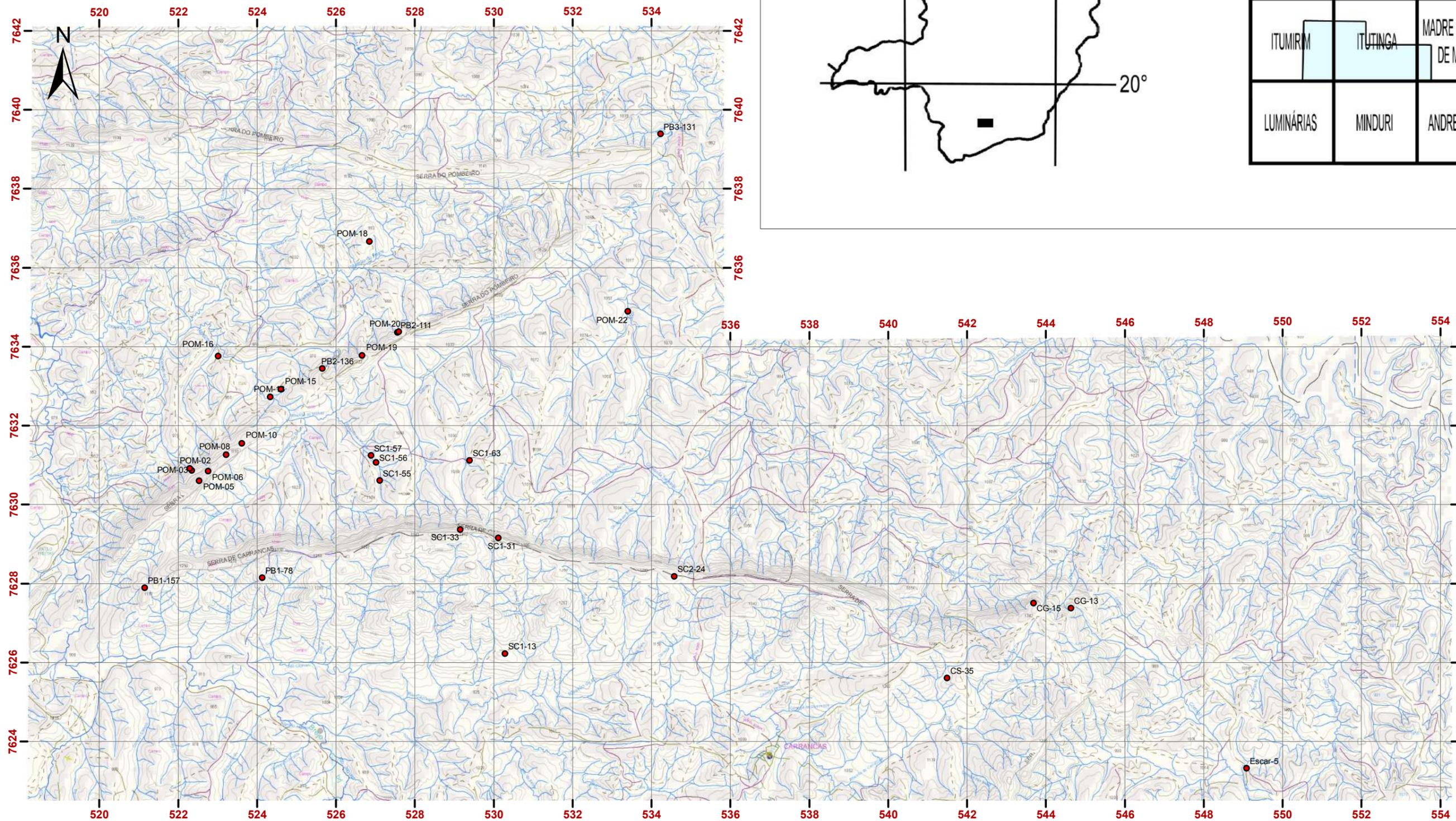
LEGENDA

- Pontos estudados

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

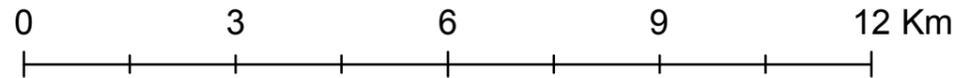


LAVRAS	NAZARENO	SÃO JOÃO DEL REI
ITUMIRIM	ITUTINGA	MADRE DE DEUS DE MINAS
LUMINÁRIAS	MINDURI	ANDRELÂNDIA



APÊNDICE D — MAPA METAMÓRFICO

Escala 1:100.000



LEGENDA

Isógradas Metamórficas

- - - - Almandina in
- Estaurolita in
- - - - - Cloritóide out

Fácies Metamórficas

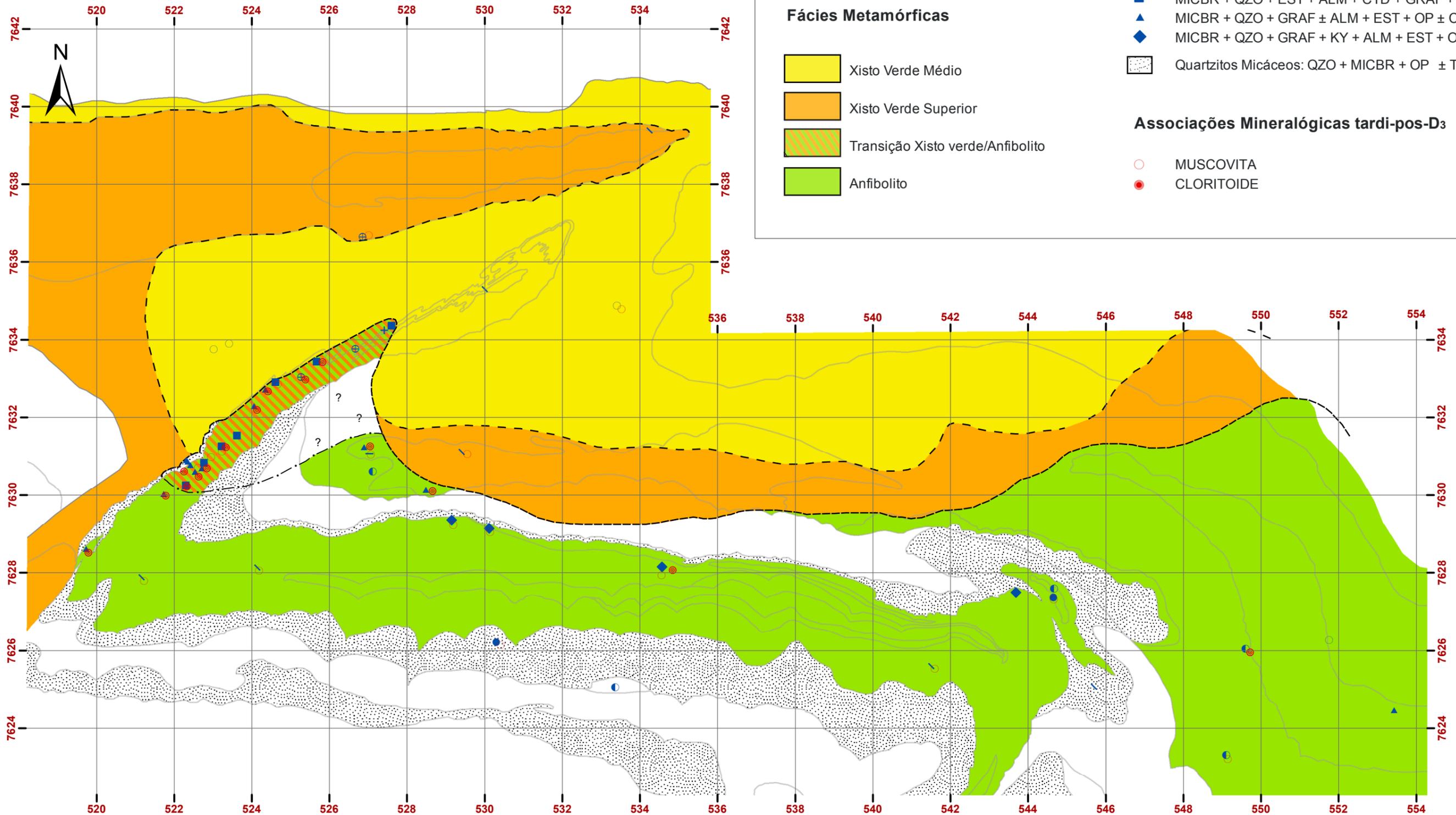
- Xisto Verde Médio
- Xisto Verde Superior
- Transição Xisto verde/Anfibolito
- Anfibolito

Associações Mineralógicas

- \ MICBR + QZO + GRAF + OP
- MICBR + QZO + GRAF + CL + OP
- + MICBR + QZO + GRAF + CTD + OP ± CL
- BIO + MICBR + CL + QZO + PLAG ± CB ± OP ± TURM
- MICBR + QZO + GRAF + ALM + OP ± CL
- ⊕ MICBR + QZO + GRAF + ALM + CTD + OP ± CL
- ⊙ BIO + MICBR + QZO + PLAG + ALM ± CL ± CB ± OP ± TURM
- MICBR + QZO + EST + ALM + CTD + GRAF + OP ± CL
- ▲ MICBR + QZO + GRAF ± ALM + EST + OP ± CL
- ◆ MICBR + QZO + GRAF + KY + ALM + EST + OP ± CL
- Quartzitos Micáceos: QZO + MICBR + OP ± TURM

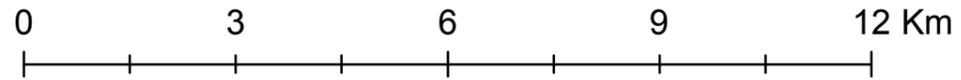
Associações Mineralógicas tardi-pos-D₃

- MUSCOVITA
- CLORITOIDE



ANEXO A — MAPA METAMÓRFICO (HEILBRON, 1984)

Escala 1:100.000



LEGENDA

Isógradas Metamórficas

- - - - Almandina in
- - - - Estaurolita in
- - - - Cloritóide out

Fácies Metamórficas

- Xisto Verde Médio
- Xisto Verde Superior
- Transição Xisto verde/Anfibolito
- Anfibolito

Associações Mineralógicas

- \ MICBR + QZO + GRAF + OP
- MICBR + QZO + GRAF + CL + OP
- + MICBR + QZO + GRAF + CTD + OP ± CL
- BIO + MICBR + CL + QZO + PLAG ± CB ± OP ± TURM
- MICBR + QZO + GRAF + ALM + OP ± CL
- ⊕ MICBR + QZO + GRAF + ALM + CTD + OP ± CL
- ⊙ BIO + MICBR + QZO + PLAG + ALM ± CL ± CB ± OP ± TURM
- MICBR + QZO + EST + ALM + CTD + GRAF + OP ± CL
- ▲ MICBR + QZO + GRAF + ALM + EST + OP ± CL
- ◆ MICBR + QZO + GRAF + KY + ALM + EST + OP ± CL
- A HORN + PLAG + BIO + CL + QZO + EP + OP
- B TREM + PLAG + BIO + TIT + GRAN ± CB + OP
- 1 MIC + PLAG + QZO + BIO + MICBR + EP ± ZI ± AP ± CL
- 2 PLAG + QZO + BIO + MICBR + EP ± CL ± ZI ± AP
- 3 PLAG + MIC + QZO + BIO + MICBR + EP + TIT + CL ± ZI
- 4 HORN + PLAG + EP + OP + BIO ± TIT ± CB ± CL
- 5 MNGRAN + OP + QZO
- Quartzitos Micáceos: QZO + MICBR + OP ± TURM
- KY Cianita nos quartzitos

