



UFRJ

**Bruno Raphael Barbosa Melo de Carvalho**

**GEOLOGIA ESTRUTURAL, MICROTTECTÔNICA E METAMORFISMO NA  
*KLIPPE* CARRANCAS, SUL DE MINAS GERAIS**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
Geologia**

**Bruno Raphael Barbosa Melo de Carvalho**

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2010



UFRJ

**GEOLOGIA ESTRUTURAL, MICROTTECTÔNICA E METAMORFISMO NA  
*KLIPPE CARRANCAS, SUL DE MINAS GERAIS***

Trabalho Final 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: André Ribeiro

Co-orientador: Rudolph Trouw

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2010

Carvalho, Bruno Raphael Barbosa Melo de

Geologia estrutural, microtectônica e metamorfismo, na *Klippe* Carrancas, sul de Minas Gerais / Bruno Raphael Barbosa Melo de Carvalho - Rio de Janeiro: UFRJ / IGEO, 2009.  
xvi, 55f.

Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2010.

Orientador: André Ribeiro, Co-orientador: Rudolph Trouw

1. Estrutural 2. Microtectônica 3. Metamorfismo 4. *Klippe* Carrancas

Bruno Raphael Barbosa Melo de Carvalho

GEOLOGIA ESTRUTURAL, MICROTTECTÔNICA E METAMORFISMO, NA  
*KLIPPE CARRANCAS, SUL DE MINAS GERAIS*

Trabalho Final 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  
Geólogo.

Orientador: André Ribeiro

Co-orientador: Rudolph Trouw

Aprovada em:

Por:

---

Orientador: André Ribeiro (UFRJ)

---

Renata da Silva Schmitt (UFRJ)

---

Monica da Costa Pereira Lavalley Heilbron (UERJ)

*A Deus, aos meus pais,  
ao meu irmão e a  
Carol.*

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por todas as bênçãos que recebi e que promoveram meu sucesso em todos os lugares por onde andei.

Gostaria de agradecer aos meus pais, Tereza e Carvalho, e ao meu irmão, Alexandre, pois sem o apoio, dedicação, carinho e confiança deles este momento seria incerto.

A minha namorada Caroline, meu amor, sempre incentivando e presente em todos os momentos.

Agradeço aos meus amigos, de maneira especial aos que participaram desta caminhada juntos, dividindo histórias e brincadeiras, durante momentos incomensuráveis ao longo das viagens sem fim.

Agradeço ao professor e amigo André por todos os ensinamentos e inestimável ajuda até os dias de hoje. Ao professor Rudolph também por seus ensinamentos. Em especial ao saudoso professor e amigo Joel por todos os seus conselhos, histórias e sabedoria transmitidas a mim e que nunca esquecerei.

**O que fazemos em vida, ecoa na eternidade.**

## Resumo

Carvalho, Bruno Raphael Barbosa Melo de. **Geologia estrutural, microtectônica e metamorfismo na *Klippe* Carrancas, sul de Minas Gerais**. 2010. xvi, 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

A *Klippe* Carrancas é uma estrutura regional formada durante a Orogênese Brasileira e nela podem ser reconhecidas três fases de deformação, D1, D2 e D3. D1 gerou empurrões para sudeste, lineação de estiramento com caimento médio de 25 graus para sudeste e dobras apertadas com planos axiais de baixo mergulho para sudeste e eixo curvo. D2 gerou dobras assimétricas fechadas até apertadas com vergência para noroeste, planos axiais com mergulho médio de 45 graus para sudoeste-sudeste e eixos de baixo caimento para sudoeste-sudeste. D3 formou dobras abertas com planos axiais íngremes de traço norte-sul e eixos suaves para sul ou norte.

A *klippe* inclui três unidades metassedimentares neoproterozóicas, da base para o topo, quartzitos com muscovita esverdeada, cloritóide filitos que passam a estaurólita xistos, ambos com intercalações de quartzitos e filitos grafitosos e, a terceira unidade, biotita xisto. O metamorfismo é bem registrado nos filitos e xistos, cuja matriz contém quartzo, mica branca e minerais opacos, e no biotita xisto que contém também plagioclásio.

Os filitos na parte norte da *klippe* contém cloritóide, clorita e granada, caracterizando fácies xisto verde superior. A transição para fácies anfíbolito é uma zona onde coexistem cloritóide e estaurólita. Ao sul os filitos passam a xistos de fácies anfíbolito com granada e estaurólita. Cianita aparece em veios e depois nos estaurólita xistos. Mica branca, clorita e cloritóide substituem granada e estaurólita e sobrecrescem crenulações D3, caracterizando retro-metamorfismo tardi-D3 em fácies xisto-verde. No biotita xisto ocorre oligoclásio-andesina, granada, estaurólita e cianita sin-D2, e mica branca e clorita tardi a pós D3. Ocorrem também diminutos cristais de sillimanita, possivelmente, também associados a D3. Nas sucessões para-autóctones sob a *klippe* destaca-se estaurólita e cianita D2, durante D3 cresceu cloritóide e depois granada.

Cloritóide, clorita e mica branca definem uma clivagem ardosiana D1 nos filitos que é dobrada e transposta para uma clivagem de crenulação ou xistosidade D2 com estaurólita e cianita. A fase D1 pode ser atribuída à evolução da Faixa Brasília, D2 a Faixa Ribeira e D3 vinculado a uma compressão regional leste-oeste.

**Palavras-chave:** geologia estrutural; microtectônica; metamorfismo; Faixas Neoproterozóicas; Carrancas sul de Minas Gerais.

### *Abstract*

Carvalho, Bruno Raphael Barbosa Melo de. **Structural geology, microtectonics and metamorphism in the Carrancas Klippe, southern of Minas Gerais.** 2010. xvi, 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The Carrancas Klippe is a regional structure constituted of neoproterozoic metasedimentary units deformed and metamorphosed during the Brasiliano Orogeny. Three deformation phases, D1, D2 and D3, were recognized. D1 generated thrusting to southeast and associated stretching lineation and tight folds. Axial planes and lineations dip to the southeast and the fold axes are curved. D2 generated tight to close asymmetrical folds with axial planes dipping 45 degrees to southwest and axes plunging with low angles to southwest-southeast. Steep north-south trending axial planes and low angle axes dipping to north or south characterize the open D3 folds and crenulations.

The klippe includes three metasedimentary units, from base to top, greenish mica quartzite, chloritoid phyllite grading to staurolite schist with quartzite and gray phyllite intercalations, and biotite schist. At the northern part of the klippe garnet chloritoid phyllites characterize high greenschist facies. The coexistence of chloritoid and staurolite defines a transition zone to the amphibolite facies. To the south of this zone the phyllites grade to amphibolite facies schists with garnet and staurolite. Kyanite appears first in quartz veins and then, to the east in the schists. White mica, chlorite and chloritoid overgrew garnet, staurolite and D3 crenulations recording late-D3 greenschist facies retrometamorphism. In the biotite schist oligoclase-andesine, garnet, staurolite and kyanite are related to D2 and white mica and chlorite are late to post D3. The biotite schist also contains fine sillimanite probably related to sin D3 metamorphism.

D2 garnet and staurolite, D3 chloritoid and garnet, occur in the autochthonous metapelites underlying the klippe. A D1 slaty cleavage with chloritoid, chlorite and white mica in the phyllites is crenulated and transposed to a D2 schistosity in the schists with staurolite e kyanite.

The D1 deformation phase can be related to the evolution of the Brasília Belt and the D2 deformation phase to the Ribeira Belt. The late D3 deformation phase records an east-west regional crustal shortening.

**Key-words:** structural geology; microtectonics; metamorphism; Neoproterozoic belts, Carrancas klippe, southern Minas Gerais State.

## ÍNDICE

Agradecimentos	vi
Resumo	vii
<i>Abstract</i>	viii
<b>ÍNDICE</b>	ix
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	x
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b>	xi
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	xii
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	1
1.1. Objetivo	1
1.2. Metodologia	1
1.2. Localização da área	2
<b>2. GEOLOGIA REGIONAL</b>	4
2.1 Megassequências proterozóicas	9
2.1.1 Megasequência Andrelândia	9
<b>3. UNIDADES LITOLÓGICAS NA <i>KLIPPE</i> CARRANCAS E NO AUTÓCTONE ADJACENTE</b>	12
3.1 Embasamento	12
3.2 Unidades da Megassequência Andrelândia	12
3.2.1 Paragneisses, filitos, xistos, quartzitos, anfíbolitos e rochas metaultramáficas	12
3.2.2 Quartzito com mica esverdeada	13
3.2.3 Cloritóide filito, granada estauroлита xisto, filito cinza e quartzito	15
3.2.4 Biotita xisto	16
<b>4. GEOLOGIA ESTRUTURAL</b>	19
4.1 Terceira fase de deformação – D3	21
4.2. Segunda fase de deformação – D2	24
4.3. Primeira fase de deformação – D1	29
<b>5. MICROTTECTÔNICA</b>	33
<b>6. METAMORFISMO</b>	42
<b>7. CONCLUSÕES</b>	49
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	50
<b>9. ANEXOS</b>	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1 As folhas do IBGE 1:50.000 utilizadas nos trabalhos de campo e 2  
escritório.
- Figura 2 Localização geográfica e acesso à área de Carrancas. Google Maps, 2  
2009.
- Figura 3 O sistema de serras que compõem a *Klippe* Carrancas. A oeste a 3  
*Nappe* Luminárias. Imagem do satélite Landsat 7  
(<http://worldwind.arc.nasa.gov>)
- Figura 4 Mapa tectônico regional com o empurrão basal da *Klippe* Carrancas 5  
em vermelho. Rosa- zona de antepaís e Cráton do São Francisco  
(CSF) com limite convencional em linha preta tracejada. Marrom-  
Unidades da Serra da Pimenta. . Extremo sul da Faixa Brasília: em  
laranja *nappes* inferiores (Passos-Luminárias) e em azul *nappes*  
superiores (Socorro-Guaxupé). Vermelho- granitóides associadas a  
Faixa Brasília. Verde- Faixa Ribeira e roxo- Arco magmático Rio  
Negro. Amarelo- Bacia do Paraná e amarelo claro- bacias do Rift  
Continental do Sudeste Brasileiro. Preto- Maciços Alcalinos.  
Modificado de Truow *et al.* (2000) e Heilbron *et al.* (20??).
- Figura 5 Mapa geológico simplificado do sul de Minas. Branco- 6  
embasamento. Amarelo e verde na área de Tiradentes- unidades da  
Megassequência São João del Rei. Roxo- Megassequência  
Carandaí. Megassequência Andrelândia, da base para o topo: Azul  
(A1+A2) - paragnaises, quartzitos, filitos, xistos, anfibolitos e  
rochas metaultramáficas, Amarelo (A3) – quartzitos com mica  
esverdeada, Laranja (A4)- filitos, xistos, quartzitos, Marrom (A5)-  
biotita xistos, Verde musgo (A6) – xistos, paragnaises, anfibolitos,  
rochas metaultramáficas, gonditos, rochas calcissilicatadas.  
Vermelho- gnaisses e verde – gnaisses e granulitos da *Nappe*  
Guaxupé. Modificado de Paciullo (1997) e Paciullo *et al.* (2000).
- Figura 6 Mapa metamórfico regional incluindo a região sul de Minas Gerais e 7  
a *Klippe* Carrancas. 1- embasamento. Fácies e zonas metamórficas:  
2- xisto verde com biotita, 3- anfibolito com cianita, 4- anfibolito

com cianita e sillimanita, 5- anfibolito com sillimanita e 6- granulito com cianita. 8- ocorrências de retro-eclogito, 9 e 10- lineação de estiramento e 11- localização em relação ao cráton. Mapa de Trouw *et al.* (2000).

- Figura 7 Sistema de *nappes* no sul de Minas Gerais. Branco- embasamento e azul escuro- domínio parautoctone. Amarelo claro- *Klippe* Carrancas. *Nappes*: amarelo- Luminárias, laranja- São Tomé das Letras, lege- Carmo da Cahoeira/Andrelândia, marrom- Lambari/Liberdade, azul esverdeado- Varginha e *klippes* correlatas. Verde escuro- *Nappe* Guaxupé e vermelho- granitóide brasileiros. No canto sudoeste, em tons de verde e roxo unidades tectônicas da Faixa Ribeira. Preto- maciços alcalinos do Cretáceo e Cenozóico. Setas- lineações de estiramento atribuídas as faixas Brasília em preto e Ribeira em vermelho. Modificado de Paciullo *et al.* (2000, 2003). 8
- Figura 8 Carta estratigráfica das sequências proterozóicas do sul de Minas Gerais. Cruz vermelha- embasamento. Sequências deposicionais quartzíticas de São João Del Rei: Ti- Tiradentes, Sj- São José, Tj- Tejuco e L- Lenheiro. Megassequência Carandaí com as sequências carbonática Barroso em azul e pelítica Prados em rosa. Megassequência Andrelândia: sequência Carrancas com as unidades em azul- A1+A2, paragnaisses, quartzitos, filitos, xistos, anfibolitos, rochas metaultramáficas. Amarelo- A3, quartzitos com mica esverdeada. Laranja, A4- filitos, xistos, quartzitos. Sequência Serra do Turvo laranja claro. Unidade A6- xistos, paragnaisses, metachert e gonditos, rochas calcissilicatadas, anfibolitos e rochas metaultramáficas. Au- ocorrências de ouro. Fácies metamórficas: xv- xisto verde, A- anfibolito e G- granulito. Sm- foliação principal. Carta de André Ribeiro, inédito. 10
- Figura 9 Figura 8. Painel esquemático mostrando a provável distribuição das unidades das sequências Carrancas e Serra do Turvo, Megassequência Andrelândia. Na1 a Na6- unidades da Megassequência Andrelândia. MFs- superfície de inundação marinha e Mxfs- superfície de inundação máxima. Tratos de sistema: Ls- de 11

mar baixo, Tst- transgressivo, Hs- de mar alto. Fonte: André Ribeiro, inédito.

- Figura 10 Afloramento típico de paragnaisse bandado da unidade A1+A2, 13  
rocha alterada em voçorocas e cortes de estradas.
- Figura 11 Sucessão de quartzitos em acamamento tabular delgado e bancos 14  
espessos na Cachoeira da Fumaça, Carrancas.
- Figura 12 Metaconglomerado quartzítico da unidade A3 com seixos de quartzo 15  
formando lineação de estiramento D1 (cf. Geologia Estrutural) na  
base da klippe, área do cogumelo de Carrancas.
- Figura 13 Intercalações milimétricas a métricas de filito cinza e quartzito na 16  
estrada que leva a cidade de Carrancas.
- Figura 14 Lajedo de biotita xisto a norte do “cogumelo de Carrancas”. 17
- Figura 15 Afloramento do biotita xisto na forma de disco voador enterrado, a 18  
oeste da Serra do Pombeiro.
- Figura 16 Registro de três fases de deformação em metapelitos da unidade A4: 20  
foliação D1 dobrada por D2 e redobrada por D3 em a) muscovita  
xisto na Serra de Carrancas e b) cloritóide filito na Serra da  
Estância.
- Figura 17 Suave dobra D3 em quartzito na sucessão para-autóctone no sul da 21  
Serra de Carrancas, estrada Carrancas-Minduri.
- Figura 18 Dobras D3 suaves e abertas com plano axial quase norte sul e eixos 22  
de baixo caimento para sul na a) na Serra do Pombeiro e b) na Serra  
de Carrancas.
- Figura 19 Estereogramas de igual área, com projeção no hemisfério inferior, 23  
mostrando eixos (L3) e superfícies axiais (S3) de dobras D3 a)  
na Serra do Pombeiro e b) na confluência das serras das Bicas e  
Carrancas (“cogumelo de Carrancas”).
- Figura 20 Estereogramas de igual área, com projeção no hemisfério inferior, 25  
mostrando eixos (L2) e superfícies axiais (S2) de dobras D2 a) na  
Serra do Pombeiro, b) na Serra da Estância e c) na Serra de  
Carrancas.

Figura 21	Dobras D2 na Serra do Pombeiro em a) assimétrica com vergência para noroeste e em b) zona de charneira.	26
Figura 22	Dobras D2 no “cogumelo de Carrancas” em a) definida pelo contato entre quartzito da unidade A3 e xisto da unidade A4 e b) assimétrica com vergência para nordeste.	27
Figura 23	Clivagem de crenulação D2 transpondo clivagem ardosiana S1 mostrada em detalhe na foto b. Granada estaurolita xisto da unidade A4 na Serra de Carrancas.	28
Figura 24	Dobra D1 em escala de afloramento em a) flanco em pé de dobra D2 na Serra do Pombeiro e b) com assimetria contrária a D2 em flanco invertido e deitado de dobra D2 na Cachoeira da Fumaça, Serra de Carrancas.	30
Figura 25	Lineação de estiramento L1 em quartzitos da unidade A4 a) na Serra da Estância e b) dobrada por D2 na Serra do Pombeiro.	31
Figura 26	Estereogramas de igual área, com projeção no hemisfério inferior, mostrando eixos (L1) e superfícies axiais (S1) de dobras D1 a) na Serra do Pombeiro, b) na Serra da Estância e c) na Serra de Carrancas.	32
Figura 27	<i>Foliation fish</i> indicando movimento destral de topo para norte no biotita xisto da unidade A5. (Ponto: P9-3-77A).	35
Figura 28	Muscovita definindo a clivagem de crenulação S2 em xisto A4. Nas charneiras formaram-se arcos poligonais, posteriormente a clivagem foi dobrada por D3. (Ponto: CG-13A).	36
Figura 29	Mica branca interpretada como tardi-D3 sobre muscovita que define a foliação S2 em xisto da unidade A5. (Ponto: C9-2-61A)	36
Figura 30	Clorita tardi-D3 com geminação polissintética sobre foliação S2 dobrada por D3. Biotita xisto da unidade A5. (Ponto: CN-9-139)	37
Figura 31	Cloritóide tardi-D3 com geminação polissintética sobre crenulações D3. (Ponto: PB1-64)	37
Figura 32	Estaurolita sin-D2 com inclusões de crenulação D2 aberta. (Ponto: CN9-18)	38
Figura 33	Estaurolita e cianita sin-tardi-D2 sobrecrecidos a crenulação D2.	38

	(Ponto: CN9-18)	
Figura 34	Estauroлита sin-D2 com geminação em cruz. (Ponto: CN9-96)	39
Figura 35	Granada sin-D1 do tipo <i>snow-ball</i> com rotação de aproximadamente 360°. (Ponto: PB2-136)	39
Figura 36	Figura 36. Inclusão de cloritóide tardi-D3 em granada indicando o aparecimento de granada tardia D3. Ponto: CN9-18, xisto A4 para-autóctone a nordeste da Serra de Carrancas.	40
Figura 37	Granada pós-D3 com inclusão de cloritóide tardi-D3 que substitui estauroлита sin-D2. Ponto: CN9-18, xisto A4 para-autóctone a nordeste da Serra de Carrancas.	40
Figura 38	Feixes de sillimanita tardi-D3 não orientados sobre a foliação principal S2 indicando seu provável crescimento pós-D2. (Ponto: C9-2-61C)	41
Figura 39	Gráficos P-T para a associação mineralógica de cada fácies: A – cloritóide e granada; B – granada e estauroлита C – granada, estauroлита e cianita; D– cloritóide, granada, clorita e estauroлита; E – cloritóide, granada e estauroлита .	44
Figura 40	Mapa de isógradas metamórficas mostrando a superposição de metamorfismo M1 em fácies xisto verde por metamorfismo M2 em fácies anfíbolito	45
Figura 41	Isógrada cloritóide M3-out nos filitos e xistos da unidade A4.	46
Figura 42	Isógradas granada-in (M1 ou M2) e sillimanita M3-in nos biotita xistos da unidade A5.	47
Figura 43	Todas isógradas metamórficas na <i>Klippe</i> Carrancas e no domínio autóctone adjacente.	48

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Tabela mostrando siglas e áreas das lâminas descritas. As áreas correspondem às serras do Pombeiro (PB1, PB2, P9-2 e P9-3), Carrancas (Escar, SC e C9-2), das Bicas (BS e BN) e confluência das serras das Bicas e Carrancas ou “cogumelo de Carrancas” (CS, CG, CN-9 e CS-9) e podem ser localizadas no mapa de pontos (Anexo 3).	33
----------	--	----

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- Anexo 1 Mapa e seções geológicas regionais
- Anexo 2 Tabela mostrando associação mineralógica das amostras
- Anexo 3 Mapa de pontos mostrando amostras laminadas
- Anexo 4 Tabela mostrando o crescimento de minerais metamórficos em relação as fases de deformação

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo caracterizar o metamorfismo e as fases de deformação na *Klippe* Carrancas, e correlacionar ambos a evolução tectônica das faixas neoproterozóicas Brasília e Ribeira.

## 1.2 Metodologia

Consistiu em análise bibliográfica, mapeamento geológico estrutural, seções geológicas locais e regionais e análise microtectônica e do metamorfismo.

Foram 50 dias de trabalhos de campo realizados em janeiro, fevereiro e julho de 2008 e julho de 2009, cobrindo uma área de aproximadamente 200Km<sup>2</sup>. O mapa foi feito em escala 1:25.000, com detalhe 1:12.500 em áreas chaves como nas serras do Pombeiro, Estância e na confluência das serras das Bicas e Carrancas, área esta também conhecida como “cogumelo de Carrancas”. As bases topográficas utilizadas foram as cartas 1:50.000 Itumirim (SF-23-X-C-I-3) e Itutinga (SF-23-X-C-I-4) disponibilizadas no site do IBGE e Minduri (SF-23-X-C-I-5; Fig. 1). No restante da *klippe* foram feitas seções de reconhecimento utilizando a base geológica de trabalhos anteriores, publicados e inéditos.

Foram coletadas dezenas de amostras, a maioria orientada, que resultou em 70 lâminas petrográficas descritas em microscópio Zeiss modelo Axioplan II, com o foco em análise metamórfica e microtectônica. Com os dados petrográficos e de campo foram elaborados, além de mapa geológico, um mapa de isógradas metamórficas.

Para a confecção dos mapas, seções e outras ilustrações foram utilizados os programas ArcGIS<sup>®</sup> versão 9.2 e 9.3, e CorelDRAW<sup>®</sup> Graphics Suite X4, sendo os dados de campo obtidos com GPS Garmin<sup>®</sup> eTrex e 12-channel em coordenadas UTM e *datum* Córrego Alegre.

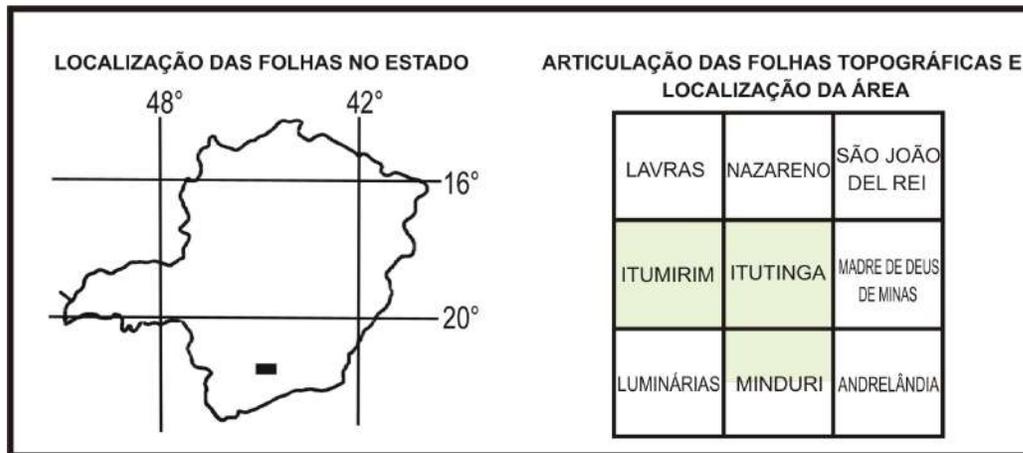


Figura 1. As folhas do IBGE 1:50.000 utilizadas nos trabalhos de campo e escritório.

### 1.3 Localização da área

Carrancas foi base de apoio e do Rio de Janeiro pode ser alcançada pela BR-040 e depois BR-265, ou pela BR-116 até Engenheiro Passos e daí a Caxambu, Cruzília e Carrancas (Fig. 2). A *Klippe* Carrancas localiza-se no sul de Minas Gerais constituindo um sistema montanhoso de Lavras até Minduri, incluindo as serras do Faria, Campestre, Estância, Pombeiro, Carrancas, Bicas e Chapada das Perdizes (Fig. 3).



Figura 2. Localização geográfica e acesso à área de Carrancas. Google Maps, 2009.

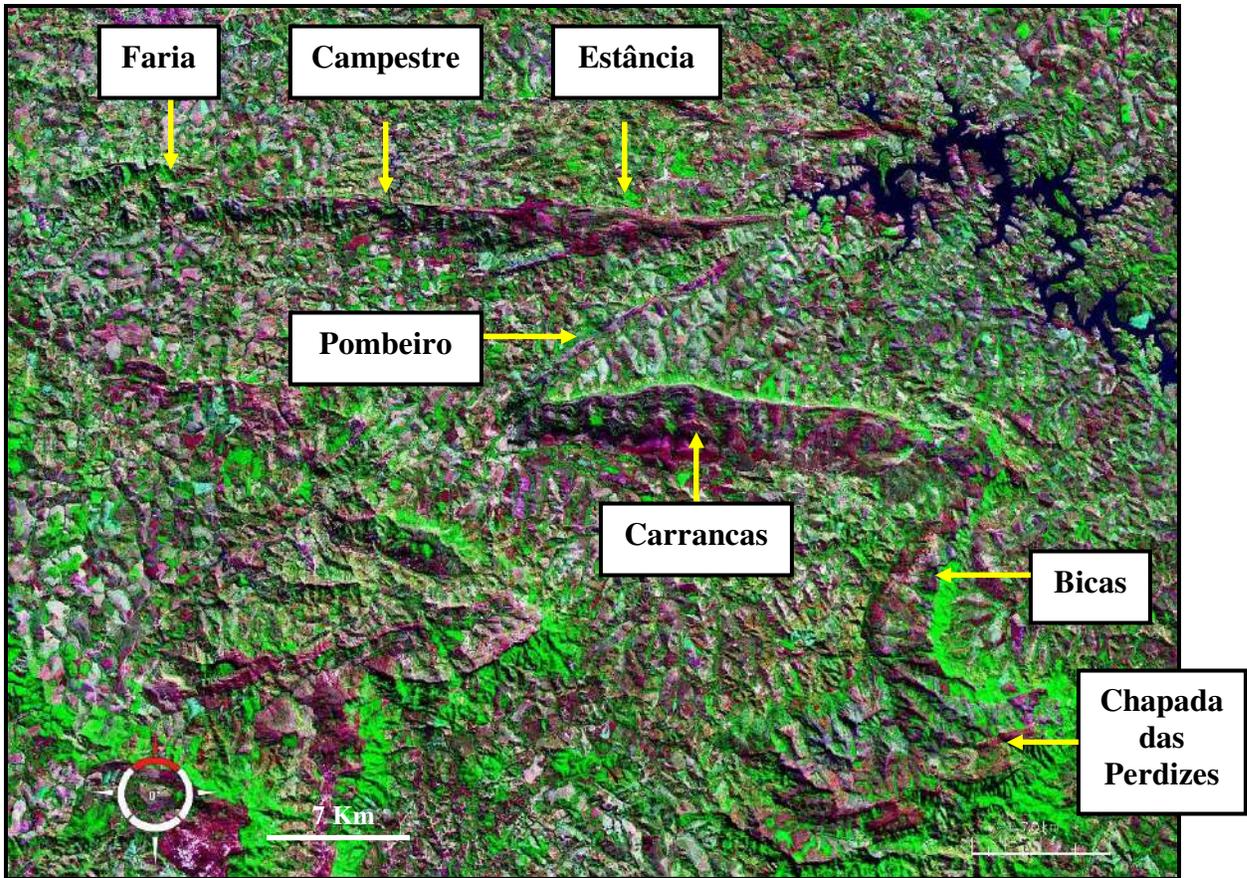


Figura 3. O sistema de serras que compõem a *Klippe* Carrancas. A oeste a *Nappe* Luminárias. Imagem do satélite Landsat 7 (<http://worldwind.arc.nasa.gov>).

## 2. GEOLOGIA REGIONAL

A *Klippe* Carrancas é a estrutura basal do sistema de *nappes* no extremo sul da Faixa Brasília (Fig. 4). A estrutura é constituída por sucessões metassedimentares da Sequência Carrancas, Megassequência Andrelândia. Na região da *klippe*, sul de Minas Gerais (Fig. 5), ocorrem duas grandes unidades de rochas metamórficas precambrianas, diques de diabásio e sedimentos cenozóicos.

A unidade precambriana mais antiga, o embasamento, inclui complexos gnáissicos, faixas greenstone e plutons de metagabros, metadioritos e metagranitóides. Metagranitóides com idades em torno de 2.0 Ga constituem os corpos mais novos.

A unidade precambriana mais nova é constituída por sucessões metassedimentares proterozóicas, com rochas metaígneas ultramáficas, máficas e félsicas associadas. Estas unidades foram incluídas nos grupos São João Del Rei e Andrelândia por Ebert (1971) e em sequências deposicionais que constituem três megassequências. Estas são, da base para o topo, a Megassequência São João Del Rei com as sequências Tiradentes, São José, Tejuco e Lenheiro; Megassequência Carandaí incluindo as sequências Prados e Barroso, e Megassequência Andrelândia com as sequências Carrancas e Serra do Turvo (Paciullo, 2000).

Durante a Orogenêse Brasiliana estas unidades foram deformadas e metamorfisadas em grau variado, de fácies xisto verde a granulito (Fig. 6). As unidades aparecem em domínios tectônicos autóctones e alóctones (Fig. 7). Nos domínios alóctones foram identificados sistemas de *nappes* com transporte tectônico de topo para sudeste e com transporte tectônico de topo para norte e noroeste. Zonas de cisalhamento subverticais destrais tardias cortam as estruturas mais antigas.

O registro fanerozóico inclui maciços sieníticos alcalinos, diques e stocks associados, diques básicos subalcalinos e depósitos aluviais do Cenozóico. Sedimentos fluviais, depósitos de talus e colúvios constituem unidades neógenas.

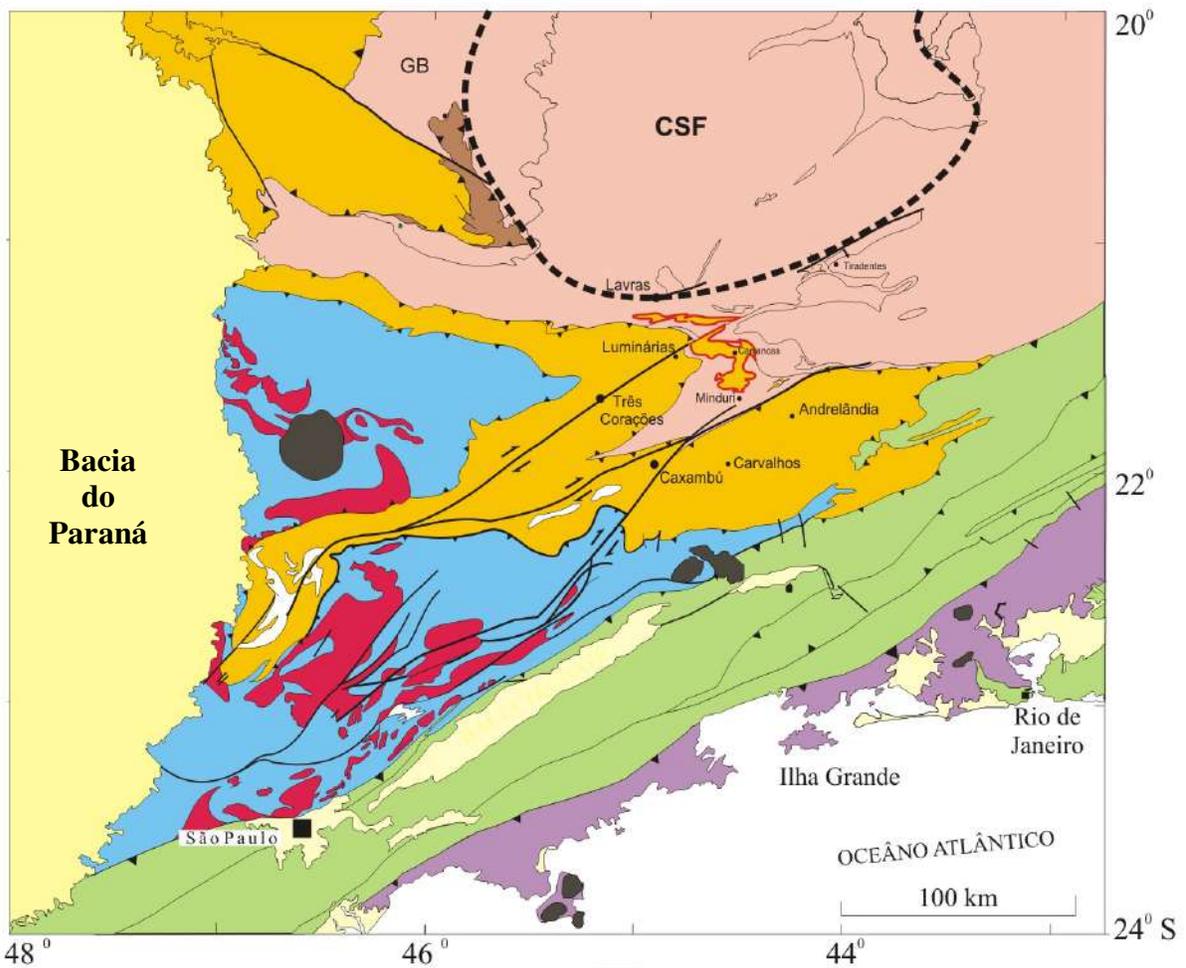


Figura 4. Mapa tectônico regional com o empurrão basal da *Klippe* Carrancas em vermelho. Rosa- zona de antepaís e Cráton do São Francisco (CSF) com limite convencional em linha preta tracejada. Marrom- Unidades da Serra da Pimenta. . Extremo sul da Faixa Brasília: em laranja *nappes* inferiores (Passos-Luminárias) e em azul *nappes* superiores (Socorro-Guaxupé). Vermelho- granitóides associadas a Faixa Brasília. Verde- Faixa Ribeira e roxo- Arco magmático Rio Negro. Amarelo- Bacia do Paraná e amarelo claro- bacias do Rift Continental do Sudeste Brasileiro. Preto- Maciços Alcalinos. Modificado de Truow *et al.* (2000) e Heilbron *et al.* (2004).

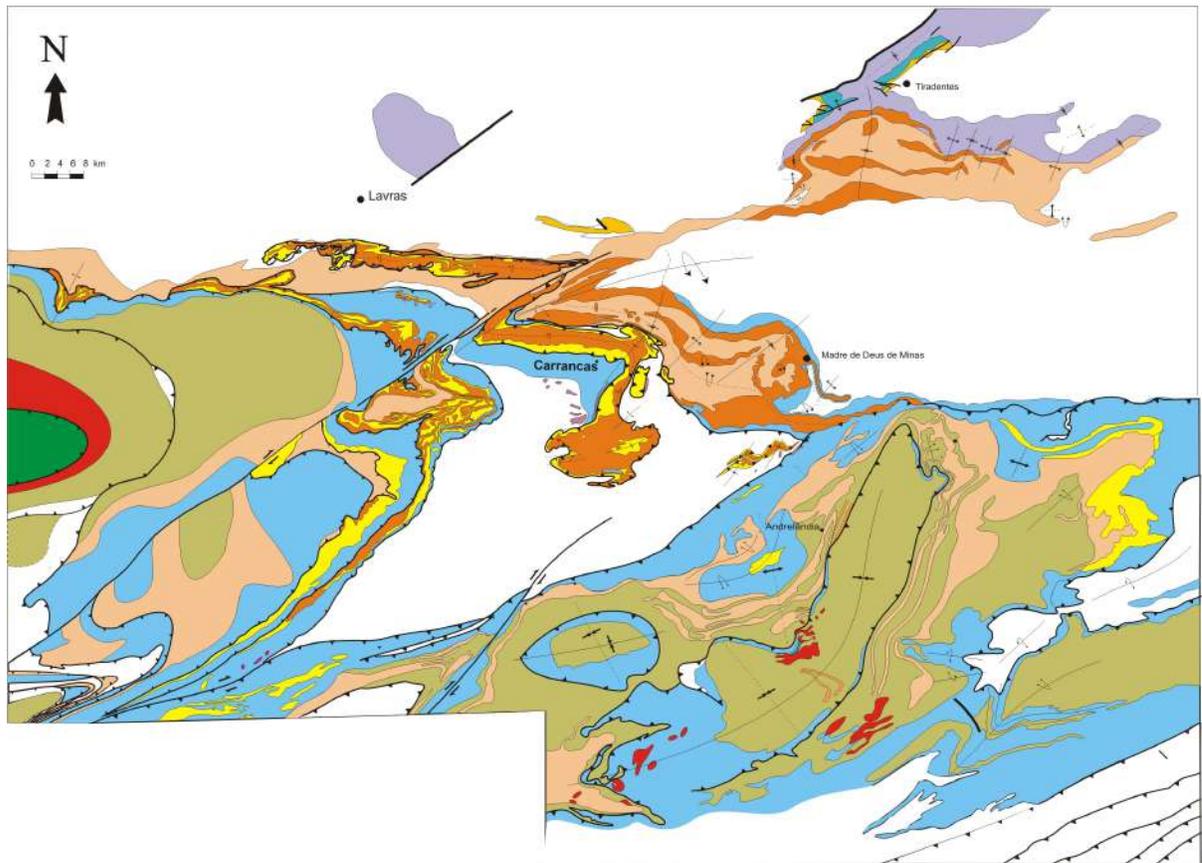


Figura 5. Mapa geológico simplificado do sul de Minas. Branco- embasamento. Amarelo e verde na área de Tiradentes- unidades da Megassequência São João Del Rei. Roxo- Megassequência Carandaí. Megassequência Andrelândia, da base para o topo: Azul (A1+A2) - paragnaisses, quartzitos, filitos, xistos, anfibolitos e rochas metaultramáficas, Amarelo (A3) – quartzitos com mica esverdeada, Laranja (A4)- filitos, xistos, quartzitos, Marrom (A5)- biotita xistos, Verde musgo (A6) – xistos, paragnaisses, anfibolitos, rochas metaultramáficas, gonditos, rochas calcissilicatadas. Vermelho- gnaisses e verde – gnaisses e granulitos da Nappe Guaxupé. Modificado de Paciullo (1997) e Paciullo *et al.* (2000).

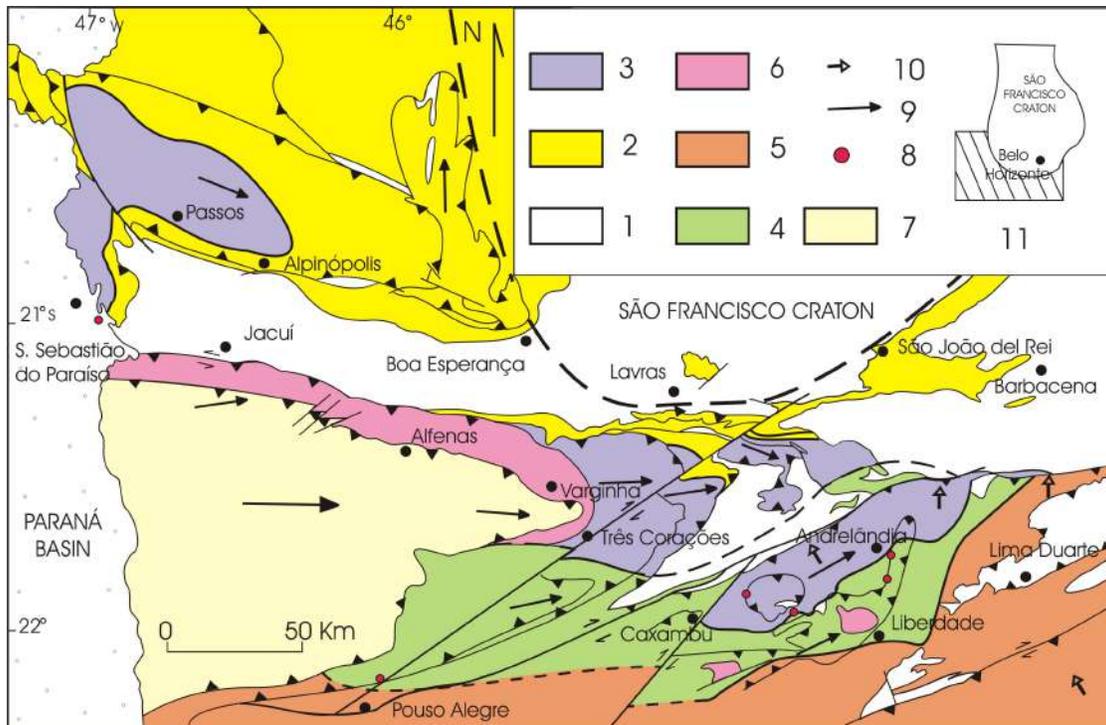


Figura 6. Mapa metamórfico regional incluindo a região sul de Minas Gerais e a *Klippe Carrancas*. 1- embasamento. Fácies e zonas metamórficas: 2- xisto verde com biotita, 3- anfibolito com cianita, 4- anfibolito com cianita e sillimanita, 5- anfibolito com sillimanita e 6- granulito com cianita. 8- ocorrências de etro-eclogito, 9 e 10- lineação de estiramento e 11- localização em relação ao cráton. Mapa de Trouw *et al.* (2000).

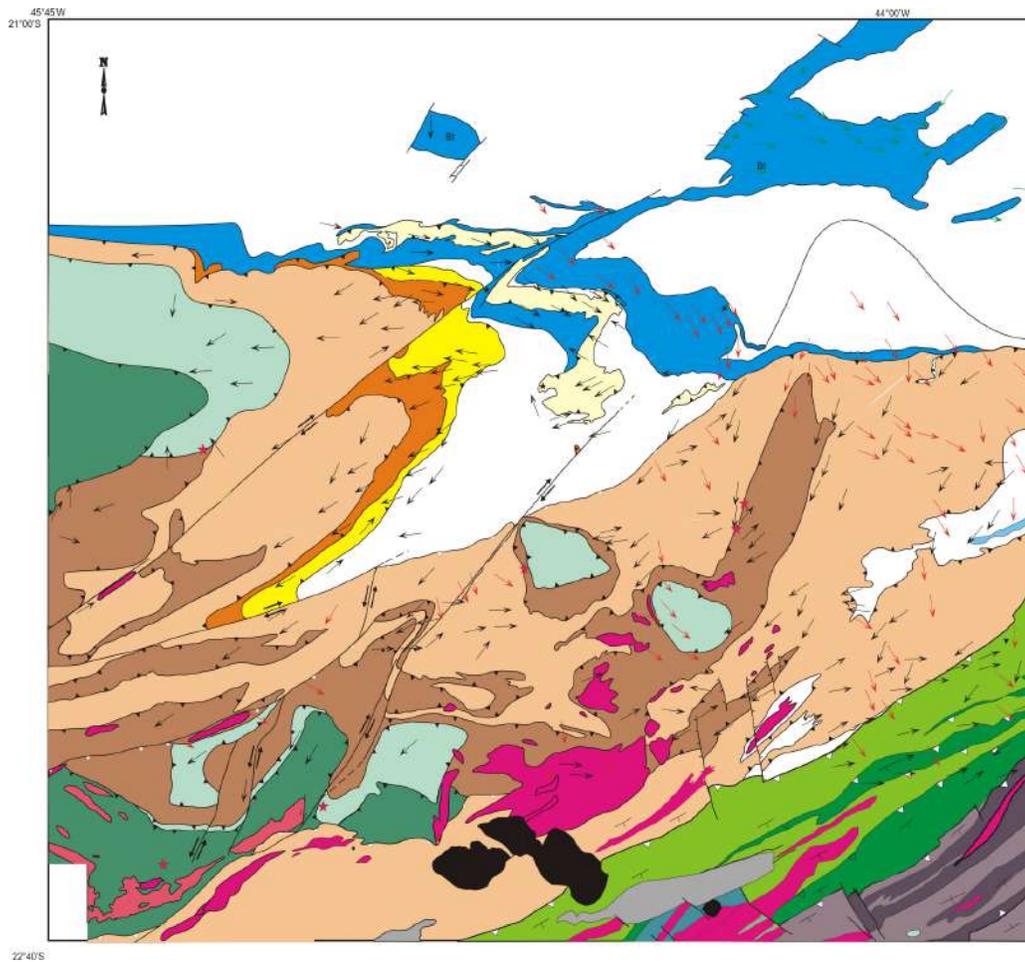


Figura 7. Sistema de nappes no sul de Minas Gerais. Branco- embasamento e azul escuro- domínio parautoctone. Amarelo claro- *Klippe* Carrancas. *Nappes*: amarelo- Luminárias, laranja- São Tomé das Letras, Bege- Carmo da Cahoeira/Andrelândia, marrom- Lambari/Liberdade, azul esverdeado- Varginha e *klippes* correlatas. Verde escuro- *Nappe* Guaxupé e vermelho- granitóide brasileiros. No canto sudoeste, em tons de verde e roxo unidades tectônicas da Faixa Ribeira. Preto- maciços alcalinos do Cretáceo e Cenozóico. Setas- lineações de estiramento atribuídas as faixas Brasília em preto e Ribeira em vermelho. Modificado de Paciullo *et al.* (2000, 2003).

## 2.1 Megassequências proterozóicas

As seqüências proterozóicas registram três eventos geotectônicos relacionados à formação das bacias São João Del Rei de provável idade Paleoproterozóica, Carandaí, mesoproterozóica ou neoproterozóica e Andrelândia, neoproterozóica (Fig.8). Zircões detríticos forneceram idades de rochas fonte em torno de 1.0Ga para um filito no domínio autóctone a norte de Carrancas (Valladares *et al.* 2001; Valeriano *et al.* 2004) e de cerca de 640Ma em biotita xisto na região de São Lourenço (Trouw C., 2008).

### 2.1.1 Megaseqüência Andrelândia

Esta megasseqüência é uma sucessão metassedimentar com intercalações de corpos metaígneos máficos e metaultramáficos, que alcança espessura mínima na ordem de 1000m. Inclui duas seqüências, Carrancas e Serra do Turvo, separadas por uma superfície interpretada de período glacial segundo Ribeiro *et al.*(1995), Paciullo (1997), e Paciullo *et al.* (2000).

A Seqüência Carrancas contém quatro unidades A1, A2, A3 e A4 (Fig. 9). A unidade basal ou A1 é formada por paragneisses com intercalações de anfibolitos toleíticos de ambiente intraplaca continental e MORB transicional (Paciullo, 1997). A segunda unidade A2 inclui paragneisses e intercalações de quartzitos, filitos, xistos e anfibolitos. Usualmente as duas unidades são mapeadas em conjunto, aparecem com a sigla A1+A2 nos mapas (Quemeneur *et al.*, 2003; Paciullo *et al.*, 2003, Trouw *et al.* 2003) e foram denominadas de Unidade São Vicente. A terceira unidade, A3, é uma sucessão de quartzitos conhecida como quartzito mica verde ou Formação São Tomé das Letras segundo Trouw *et al.* (1980). Sobre estes quartzitos ocorrem filitos, xistos e quartzitos da unidade A4 ou Formação Campestre de Trouw *et al.* (1980). A Formação Santo Antonio, unidade A5 é constituída por uma espessa sucessão de biotita xistos feldspáticos. Em uma pedreira próxima a Madre de Deus de Minas ocorrem fragmentos isolados de granitóides interpretados como seixos pingados segundo Ribeiro *et al.* (1995) e Paciullo (1997). Para o topo a sucessão torna-se mais pelítica, predominando biotita xistos e biotita filitos que no domínio autóctone cobrem litofácies das seqüências Carrancas, Prados e embasamento.

Uma sexta unidade, A6, corresponde a facies de ambiente marinho profundo correlata das outras unidades conforme mostrado na figura 8. É constituída por xistos e

gnaisse pelíticos e semipelíticos, anfibolitos, rochas metaultramáficas, gnditos e rochas calcissilicáticas. Localmente ocorrem também retro-ecolgitos. A descrição e interpretação destas unidades podem ser encontradas em Paciullo *et al.* (2000, 2003), Quemeneur *et al.* (2003) e Trouw *et al.* (2003).

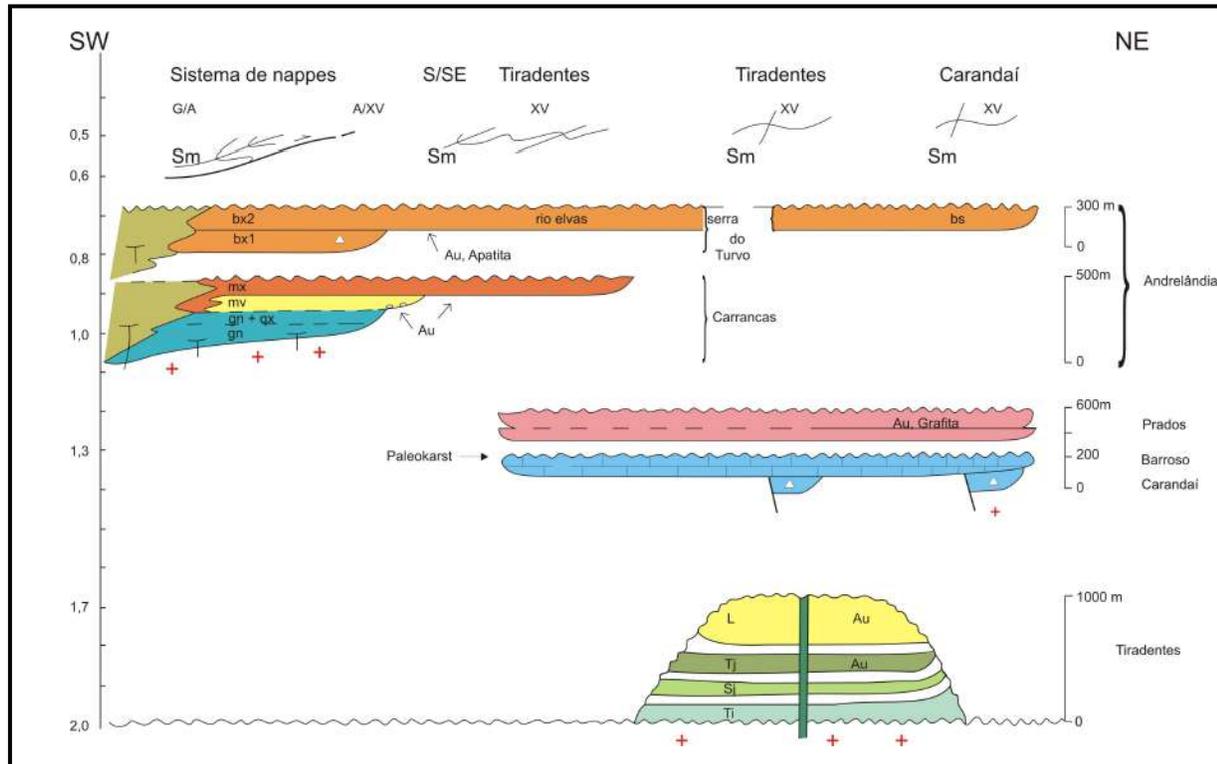


Figura 8. Carta estratigráfica das seqüências proterozóicas do sul de Minas Gerais. Cruz vermelha- embasamento. Sequências deposicionais quartzíticas de São João del Rei: Ti- Tiradentes, Sj- São José, Tj- Tejuco e L- Lenheiro. Megassequência Carandaí com as seqüências carbonática Barroso em azul e pelítica Prados em rosa. Megassequência Andrelândia: seqüência Carrancas com as unidades em azul- A1+A2, paragnaisses, quartzitos, filitos, xistos, anfibolitos, rochas metaultramáficas. Amarelo- A3, quartzitos com mica esverdeada. Laranja, A4- filitos, xistos, quartzitos. Sequência Serra do Turvo laranja claro. Unidade A6- xistos, paragnaisses, metachert e gnditos, rochas calcissilicadas, anfibolitos e rochas metaultramáficas. Au- ocorrências de ouro. Facies metamórficas: xv- xisto verde, A- anfibolito e G- granulito. Sm- foliação principal. Carta estratigráfica segundo André Ribeiro, inédito.

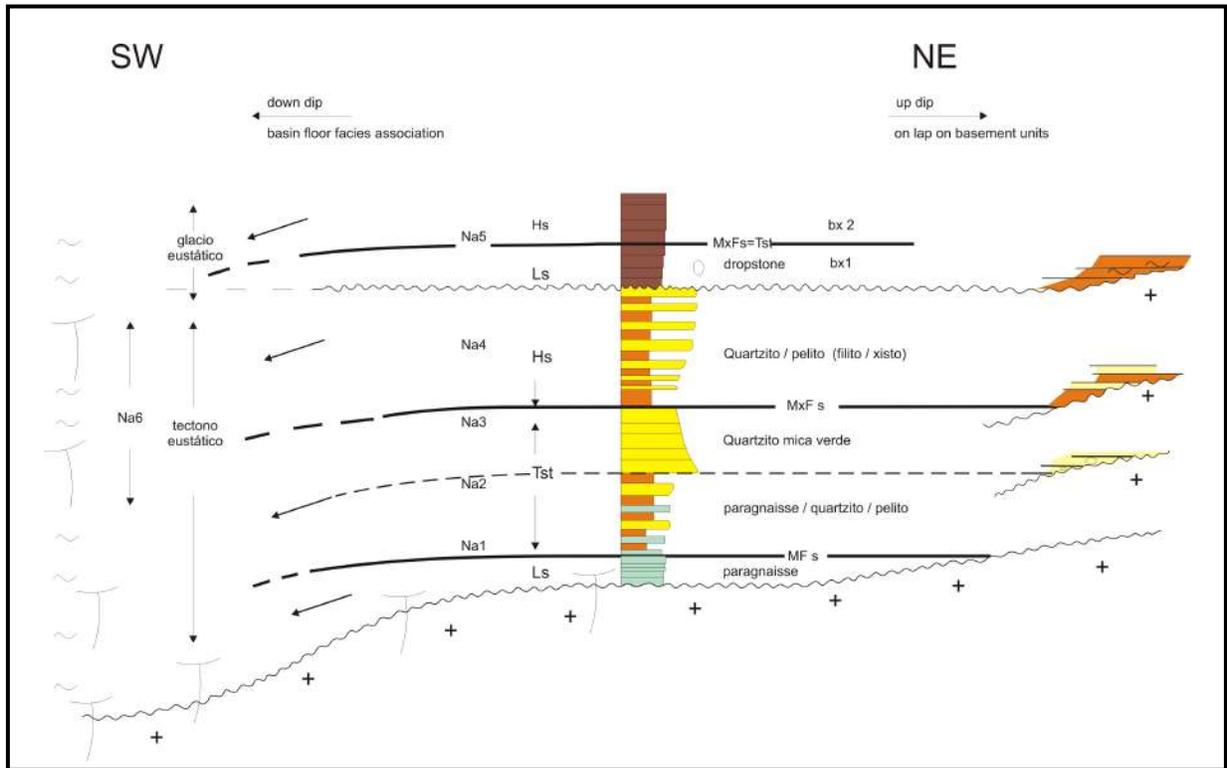


Figura 9. Painel esquemático mostrando a provável distribuição das unidades da Megassequência Andrelândia. Na1 a Na4- unidades da Sequência Carrancas, Na5- biotita xistos (bx) da Sequência Serra do Turvo. Na6- facies interpretadas como de águas profundas relativas às unidades Na1 até Na5. MFs- superfície de inundação marinha e MxFs- superfície de inundação máxima. Tratos de sistema: Ls- mar baixo, Tst- transgressivo, Hs- mar alto. Fonte: André Ribeiro, inédito.

### **3. UNIDADES LITOLÓGICAS NA *KLIPPE* CARRANCAS E NO AUTÓCTONE ADJACENTE**

A *klippe* é constituída por quartzitos, filitos e xistos. Nas sucessões para-autóctones adjacentes afloram paragnaisses, quartzitos, filitos, xistos, anfibolitos e rochas metaultramáficas. Na base da *klippe*, entre a *klippe* e as sucessões parautóctones ocorrem lascas de embasamento com ortognaisse, anfibolito e gondito. Ao norte da Serra da Estância afloram ortognaisses e lentes de rochas ultramáficas do embasamento considerado autóctone (Fig. 5, 7 e anexo 1).

#### **3.1 Embasamento**

Ortognaisses afloram na parte norte da área em grandes lajedos de rochas frescas e semifrescas. São metagranitóides graníticos e granodioríticos. Encaixadas nestes granitóides ocorrem lentes de rochas metaultramáficas, geralmente clorita xistos muito alterados. Estas rochas foram estudadas por Heilbron (1984, 1985). Unidades similares ocorrem também a sul da *klippe* na área de Minduri (Paciullo, 1980). Descrições e interpretações aparecem também em Quemeneur *et al.* (2003) e Trouw *et al.* (2003). O estudo do embasamento foge ao assunto da monografia. No campo foram apenas marcados os contatos com as sucessões autóctones e os afloramentos descritos sumariamente. Na área da Serra do Pombeiro (anexo 1) aflora um metagranitóide maciço com fenocristais de feldspato branco e xistosidade definida por biotita. Na lasca tectônica na base da Serra de Carrancas observamos ortognaisse migmatítico, anfibolito, rochas metaultramáficas e gondito. Gnaisses a leste da Serra das Bicas também parecem constituir parte do embasamento.

#### **3.2 Unidades da Megassequência Andrelândia**

##### **3.2.1 Paragnaisses, filitos, xistos, quartzitos, anfibolitos e rochas metaultramáficas**

Esta unidade, A1+A2 da Sequência Carrancas, tem aproximadamente de 280 metros de espessura mínima, medidos na seção que corta a Serra do Pombeiro (cf. Geologia Estrutural). Aflora quase sempre alterado também na baixada ao sul da Serra de Carrancas

e a oeste da Serra das Bicas (Fig. 10, anexo1). Predomina um gnaiss fino a médio, com bandamento composicional definido por camadas tabulares delgadas (1-10 cm) mais ou menos ricas em biotita. Intercalações de bancos centimétricos a métricos de quartzitos micáceos são freqüentes. Corpos decimétricos a métricos de muscovita biotita xistos e, mais raros, de clorita talco xistos, clorititos e anfibolitos também ocorrem. A estratificação e as intercalações de rochas metassedimentares sugerem um protólito sedimentar para o gnaiss. Segundo o Professor Ciro Ávila do Museu Nacional (informação verbal), granada, estauroлита e cianita encontrados em saprólitos na baixada adjacente a Serra das Bicas parecem confirmar que pelo menos parte do gnaiss é de origem sedimentar. Possivelmente são plagioclásio arenitos e arcóseos como já mencionado por Paciullo (1987) e Paciullo *et al.* (2000).



Figura 10. Afloramento típico de paragnaiss bandado da unidade A1+A2, rocha alterada em voçorocas e cortes de estradas.

### 3.2.2 Quartzito com mica esverdeada

Com cerca de 170 metros de espessura inferidos de seções geológicas, corresponde à unidade A3 da Sequência Carrancas (Fig. 5, 8, 9). A unidade é constituída por quartzitos

com muscovita esverdeada e minerais opacos. Os quartzitos formam camadas delgadas (1-10cm) e espessas (> 1m) que se empilham em bancos métricos (Fig. 11), muitas vezes separados por níveis de xistos com muscovita esverdeada. Na base *klippe*, no “cogumelo de Carrancas”, ocorrem camadas centimétricas de metaconglomerados quartzíticos (Fig. 12) formando estratos com até cerca de 8m de espessura (vide figura 24 em Quemeneur *et al.* 2003)



Figura 11. Sucessão de quartzitos em acamamento tabular delgado e bancos espessos na Cachoeira da Fumaça, Carrancas.



Figura 12. Metaconglomerado quartzítico da unidade A3 com seixos de quartzo formando lineação de estiramento L1 (cf. Geologia Estrutural) na base da *klippe*, área do “cogumelo de Carrancas”.

### 3.2.3 Cloritóide filito, granada estaurolita xisto, filito cinza e quartzito

Correspondem a unidade A4 da Sequência Carrancas (Fig. 5, 8, 9). A unidade é constituída por xistos de origem pelítica e quartzitos, alcançando no total, aproximadamente 320 metros de espessura na *klippe*. O cloritóide filito é uma rocha cinzenta fina, maciça, com foliação definida por mica branca e cloritóide. O granada estaurolita xisto em geral é uma rocha maciça, cinzenta rica em muscovita e minerais opacos, em geral com xistosidade anastomosada entorno de porfiroblastos de granada e estaurolita. Alteradas elas apresentam-se em cores avermelhadas. Ocorre uma passagem gradual entre o cloritóide filito e o estaurolita xisto, resultado de metamorfismo. Estes metapelitos serão mais bem descritos nos itens metamorfismo e microtectônica. O filito cinza deve sua cor provavelmente, a material grafitoso. São raros os porfiroblastos de granada e estaurolita e as micas finas, comumente definem clivagem de crenulação. Este filito aparece em intercalações milimétricas a métricas em espessura, tanto nos xistos quanto

nos quartzitos (Fig. 13). Forma também uma camada mapeável no núcleo da sinformal D1 da *klippe*. Os quartzitos são rochas quartzo micáceas que aparecem em bancos centimétricos a métricos intercalados nos xistos e filito grafitoso.



Figura 13. Intercalações milimétricas a métricas de filito cinza e quartzito na estrada que leva a cidade de Carrancas.

#### 3.2.4 Biotita xisto

Trata-se da unidade A5 da Megassequência Andrelândia. Ocorre no domínio paraautóctone e na *klippe*, onde mostra espessura mínima de cerca de 100 metros. Aflora em lajedos pretos (Fig. 14) e também com a forma de “disco voador enterrado” (Fig. 15), sempre apresentando veios de quartzo centimétricos. Trata-se de muscovita biotita xisto homogêneo, com xistosidade anastomosada ou em escamas. A presença de clorita, muscovita, biotita, plagioclásio, granada, estauroilita, cianita e sillimanita tornam essa rocha importante na definição de isógrads metamórficas, como será visto nos itens de metamorfismo e microtectônica.



Figura 14. Lajedo de biotita xisto a norte do “cogumelo de Carrancas”.



Figura 15. Afloramento do biotita xisto na forma de “disco voador enterrado”, a oeste da Serra do Pombeiro.

#### 4. GEOLOGIA ESTRUTURAL

Ebert (1971) reconheceu dois eventos deformacionais de extensão regional no sul de Minas Gerais os quais denominou de Araxáides com rumo principal de foliação NW-SE e Paraibáides, com rumo NE-SW. Moutinho da Costa e colaboradores no final da década de sessenta (relatórios de Estágio Campo, UFRJ) identificaram um padrão de redobramento do tipo cogumelo na confluência das serras das Bicas e Carrancas. A estrutura foi depois estudada por Dayan e Batista Filho (1984) e Dayan *et al.* (1987). O reconhecimento de três fases de deformação e da própria *klippe* apareceu nas dissertações de Paciullo (1980) e Ribeiro (1980), condensadas em Trouw *et al.* (1980), Ribeiro (1983) e Paciullo (1983). Estes autores denominaram as três fases de deformação de D1, D2 e D3. A nomenclatura e os conceitos de geologia estrutural embutidos foram então usados em uma série de trabalhos de graduação e mestrado orientados por Rudolph Trouw no sul de Minas Gerais. Apareceram também em diversas publicações, entre elas Trouw *et al.* (1982), Ribeiro e Heilbron (1982). Na *Klippe* Carrancas destaca-se a dissertação de Heilbron (1984), resumida em Heilbron (1985), que mapeou e interpretou isógradas metamórficas na *Klippe* Carrancas e nas unidades autóctones sob a *klippe*. Depois na década de noventa vieram os trabalhos de Ribeiro *et al.* (1990, 1995), Trouw *et al.* (1994), Heilbron *et al.* (199X) onde as fases de deformação foram relacionadas à evolução das faixas Brasília e Ribeira. O presente trabalho retoma estas pesquisas e adota também o conceito das três fases de deformação na *Klippe* Carrancas e unidades para-autóctones sob a *klippe*. Porém mostra modificações e avanços no conhecimento de geologia estrutural, metamorfismo e distribuição de isógradas. As três fases podem ser reconhecidas em escala microscópica ((Fig. 16a,b) mapa e seções geológicas regionais (Anexos 1).

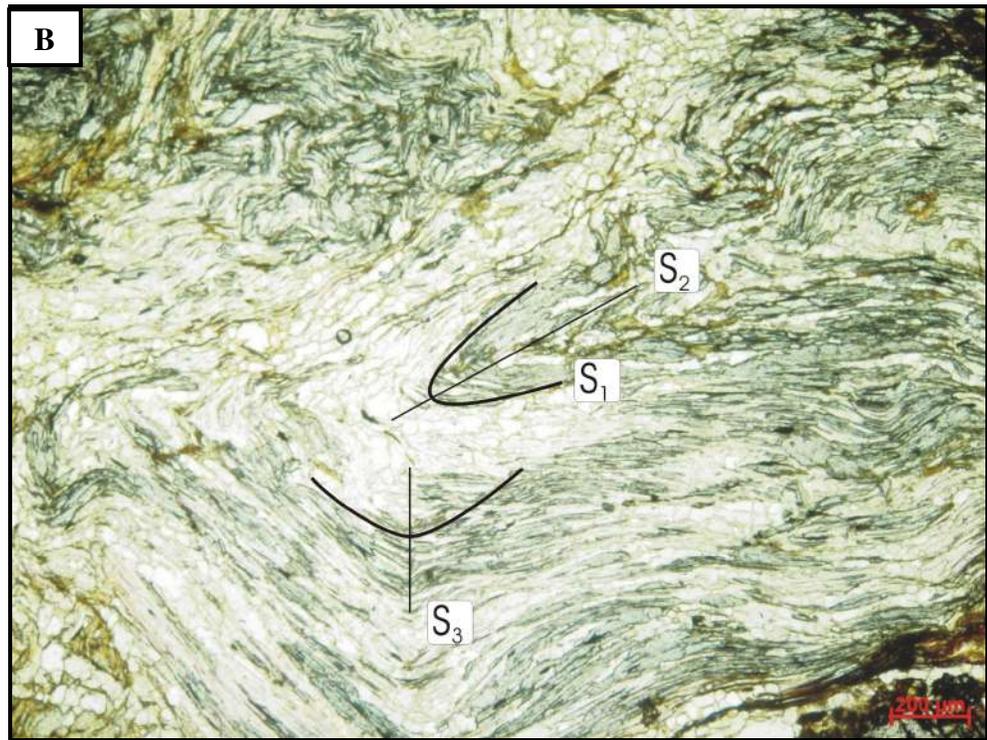
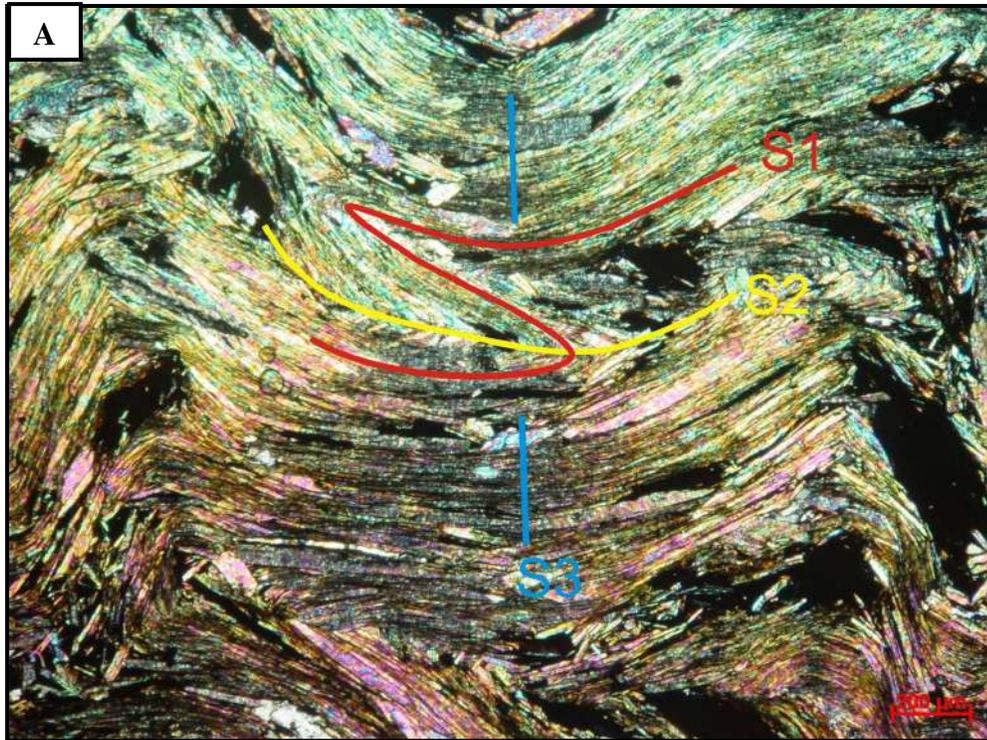


Figura 16. Registro de três fases de deformação em metapelitos da unidade A4: foliação D1 dobrada por D2 e redobrada por D3 em a) muscovita xisto na Serra de Carrancas e b) cloritóide filito na Serra da Estância.

#### 4.1 Terceira fase de deformação – D3

Crenulações e dobras abertas com comprimentos de onda de centenas de metros caracterizam a terceira fase de deformação, D3. Estas dobras são suaves ou abertas na maior parte da *klippe* e no domínio para-autóctone (Fig. 17 e 18). Os planos axiais são íngremes de traço norte-sul e os eixos tem caimento suave para sul conforme mostra os estereogramas na figura 19. Em geral não ocorre uma clivagem S3, mas segundo Ribeiro (1980, 1983) nas serras do Faria em Lavras e Campestre em Itumirim, as dobras D3 são fechadas até apertadas com planos axiais e eixos em torno de 150/70, e localmente ocorre clivagem S3 espaçada em quartzito e de crenulação em filito.

As atitudes de crenulações e dobras D3 suaves e abertas sugerem encurtamento leste-oeste. As dobras apertadas na área Lavras-Itumirim registram deformação mais intensa, talvez relacionadas a cisalhamento leste-oeste dextral na nesta área. O assunto ainda é matéria de estudo.



Figura 17. Suave dobra D3 em quartzito na sucessão para-autóctone no sul da Serra de Carrancas, estrada Carrancas-Minduri.



Figura 18. Dobras D3 suaves e abertas com plano axial quase norte sul e eixos de baixo caimento para sul na a) na Serra do Pombeiro e b) na Serra de Carrancas.

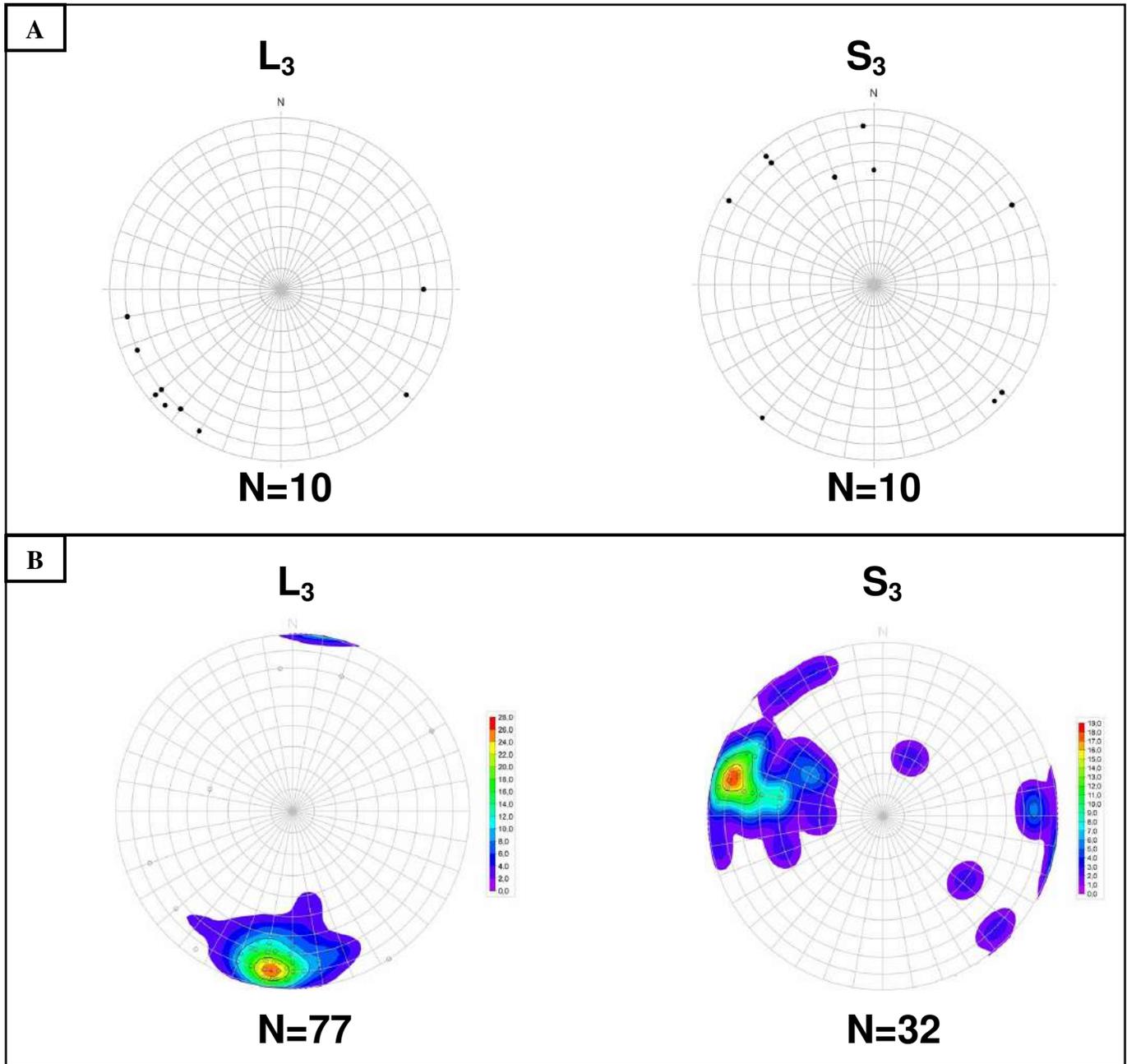


Figura 19. Estereogramas de igual área, com projeção no hemisfério inferior, mostrando eixos (L<sub>3</sub>) e superfícies axiais (S<sub>3</sub>) de dobras D<sub>3</sub> a) na Serra do Pombeiro e b) na confluência das serras das Bicas e Carrancas (“cogumelo de Carrancas”).

## 4.2. Segunda fase de deformação – D2

Esta fase de deformação está registrada por dobras com comprimentos de onda de dezenas a centenas de metros (Anexos 1). São dobras assimétricas fechadas conforme a classificação de ângulos entre flancos de Hobbs *et al.* (1976). Os planos axiais têm mergulho médio em torno de 45 graus para sudoeste-sudeste e eixos de baixo caimento para sudoeste na área da Serra do Pombeiro e para sudeste na Serra de Carrancas (Fig. 20). A assimetria definida por flancos curtos íngremes e flancos compridos suaves indica vergência para noroeste e, no “cogumelo de Carrancas” para nordeste (Fig. 21, 22 e anexo 1). As variações nas atitudes dos elementos D2 refletem o dobramento de superfícies pré-D2 curvas e o redobramento por D3.

Em geral a lineação relacionada à D2 são eixos de dobras e crenulações (Fig. 20). Lineação de estiramento e de interseção de planos S2 com superfícies de acamamento e foliação antiga S1, foram observados localmente. A foliação principal reconhecida em lâminas delgadas e muitas vezes também no campo, tanto nas rochas da *klippe* como do domínio para-autóctone está relacionada à D2. Trata-se de clivagem de crenulação apertada que comumente transpõem a foliação antiga atribuída a D1 (Fig. 23).

A vergência das dobras da fase D2 e indicadores cinemáticos tipo *shear bands* como planos S e C, e S e C' mostrados no item microtectônica, indicam movimentos tectônicos para norte, noroeste e nordeste. Em conjunto a orientação das estruturas D2 é compatível com o sentido de movimento tectônico da Faixa Ribeira (Heilbron *et al.*, 2000, 2004).

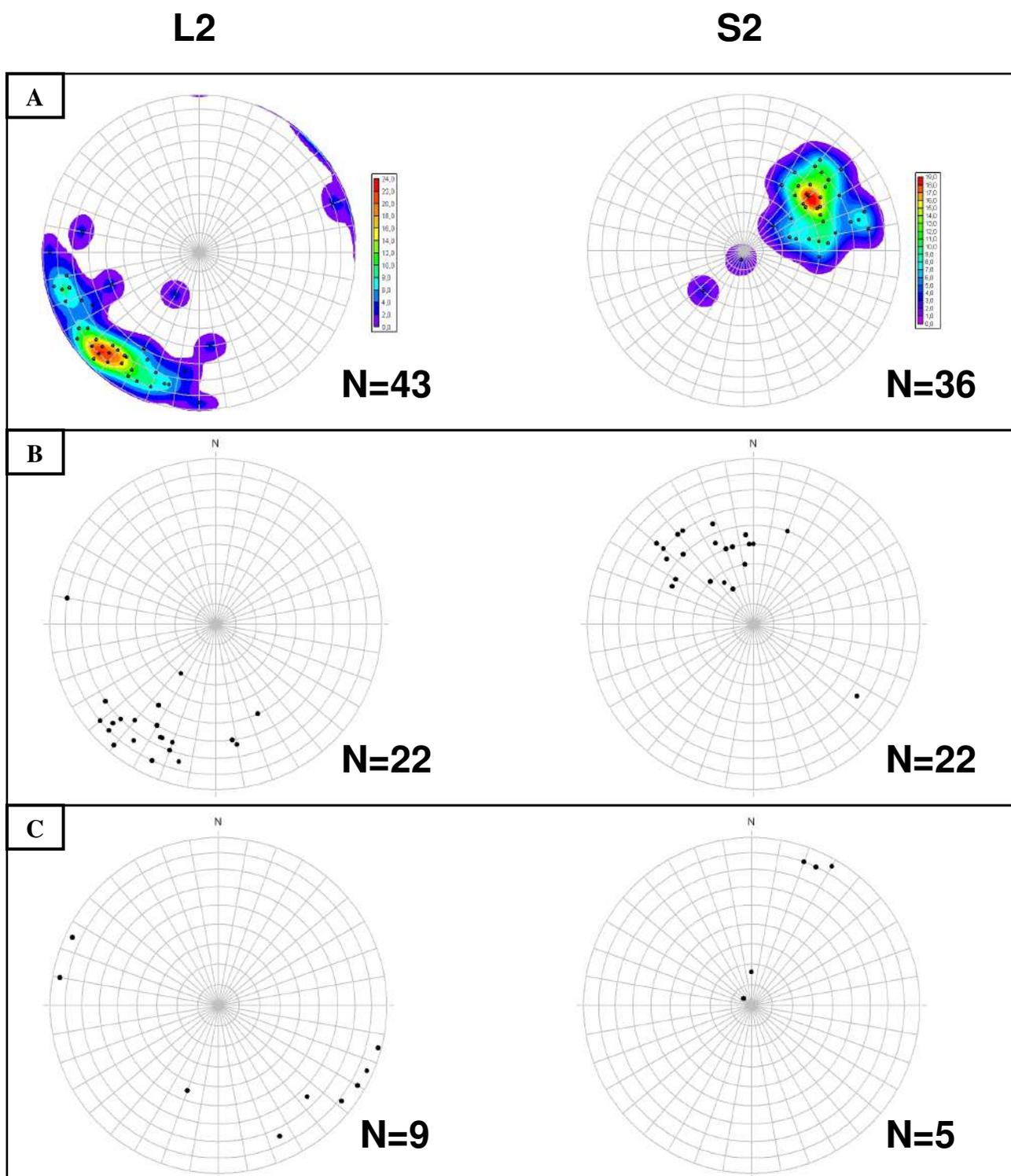


Figura 20. Estereogramas de igual área, com projeção no hemisfério inferior, mostrando eixos (L2) e superfícies axiais (S2) de dobras D2 a) na Serra do Pombeiro, b) na Serra da Estância e c) na Serra de Carrancas.



Figura 21. Dobras D2 na Serra do Pombeiro em a) assimétrica com vergência para noroeste e em b) zona de charneira.



Figura 22. Dobras D2 no “cogumelo de Carrancas” em a) definida pelo contato entre quartzito da unidade A3 e xisto da unidade A4 e b) assimétrica com vergência para nordeste.

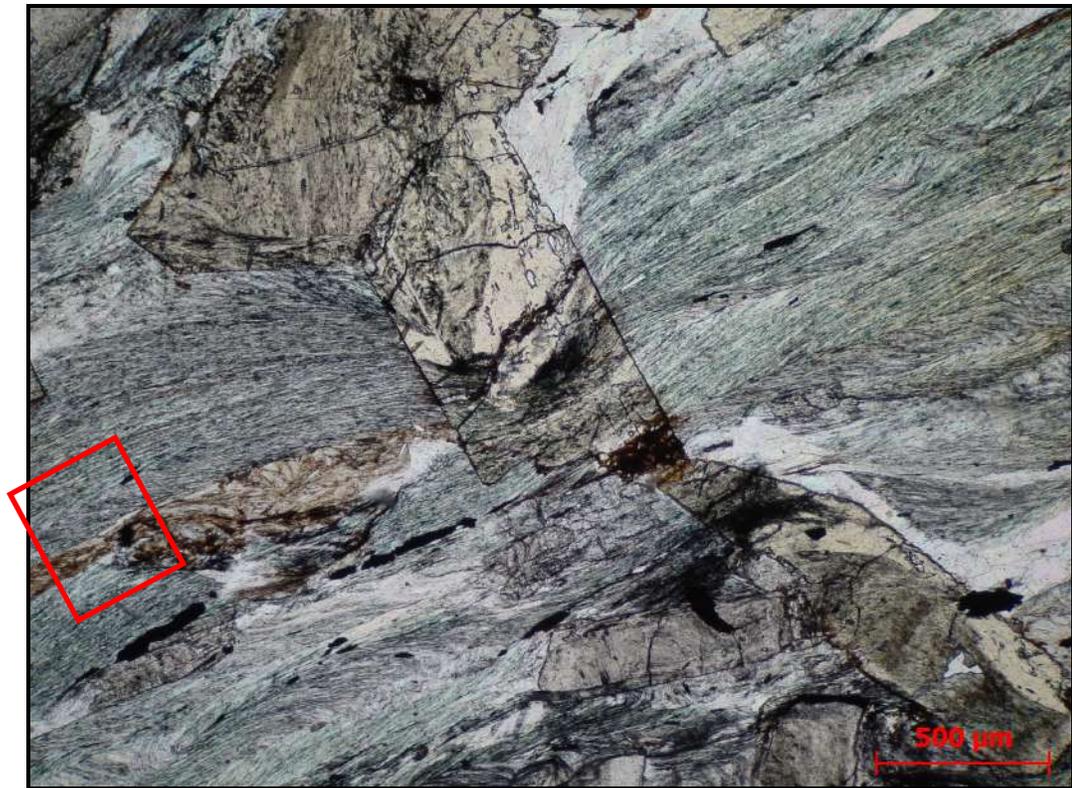


Figura 23. Clivagem de crenulação D2 transpondo clivagem ardosiana S1 mostrada em detalhe na foto b. Granada estaroulita xisto da unidade A4 na Serra de Carrancas.

### 4.3. Primeira fase de deformação – D1

A repetição das unidades quartzito A3 e sucessões da unidade A4 definem um grande sinformal revirado que se estende por toda a *Klippe* Carrancas (Fig.7, anexo 1). Esta estrutura foi dobrada por D2 e por D3 e, portanto, considerada como da primeira fase de deformação D1. Grandes dobras D1 aparecem nas seções geológicas (anexo 1), mas em afloramentos são raras (Fig. 24). Ao microscópio a fase D1 é representada por uma clivagem ardosiana (Fig. 16) ou xistosidade fina que, na maioria das rochas, foi transposta por D2 (Fig. 23). As atitudes da dobra D1 parecem ser responsáveis pela morfologia singular da *klippe*. Os planos axiais das dobras D1 mergulham para sudeste na Serra da Estância e para sudoeste nas serras do Pombeiro e Carrancas. Os eixos são curvos, mas a lineação de estiramento L1 mostra constante caimento para sudeste nas serras de Carrancas e Estância e aparece dobrada nas serras das Bicas e Pombeiro (Fig. 25, 12). As atitudes de foliação e lineação da fase de deformação D1 são mostradas em estereogramas na figura 26.

Como, provavelmente, o eixo da dobra D1 de megaescala era originalmente curvo, nas serras da Estância e Carrancas o eixo D1 e L1 se manteve perpendicular ao sentido de movimento D2. Já nas serras do Pombeiro e Bicas o eixo D1 e L1 foi dobrado por D2. As suaves e abertas dobras D3 pouco modificaram as atitudes de D1 e D2.

A atitude da forte lineação de estiramento L1 e granada girada na Serra do Campestre (Trouw *et al.*, 2008) indicam que as estruturas da fase D1 resultaram de transporte tectônico para leste e sudeste. O empurrão que deu origem a klippe deve ser contemporâneo ao dobramento com eixo curvo da fase D1. Estas atitudes das estruturas D1 indicam que esta fase de deformação e a colocação da *Klippe* Carrancas podem ser relacionadas à evolução da Faixa Brasília como já interpretado por Paciullo *et al.* (2000).



Figura 24. Dobra D1 em escala de afloramento em a) flanco em pé de dobra D2 na Serra do Pombeiro e b) com assimetria contrária a D2 em flanco invertido e deitado de dobra D2 na Cachoeira da Fumaça, Serra de Carrancas.



Figura 25. Lineação de estiramento L1 em quartzitos da unidade A4 a) na Serra da Estância e b) dobrada por D2 na Serra do Pombeiro.

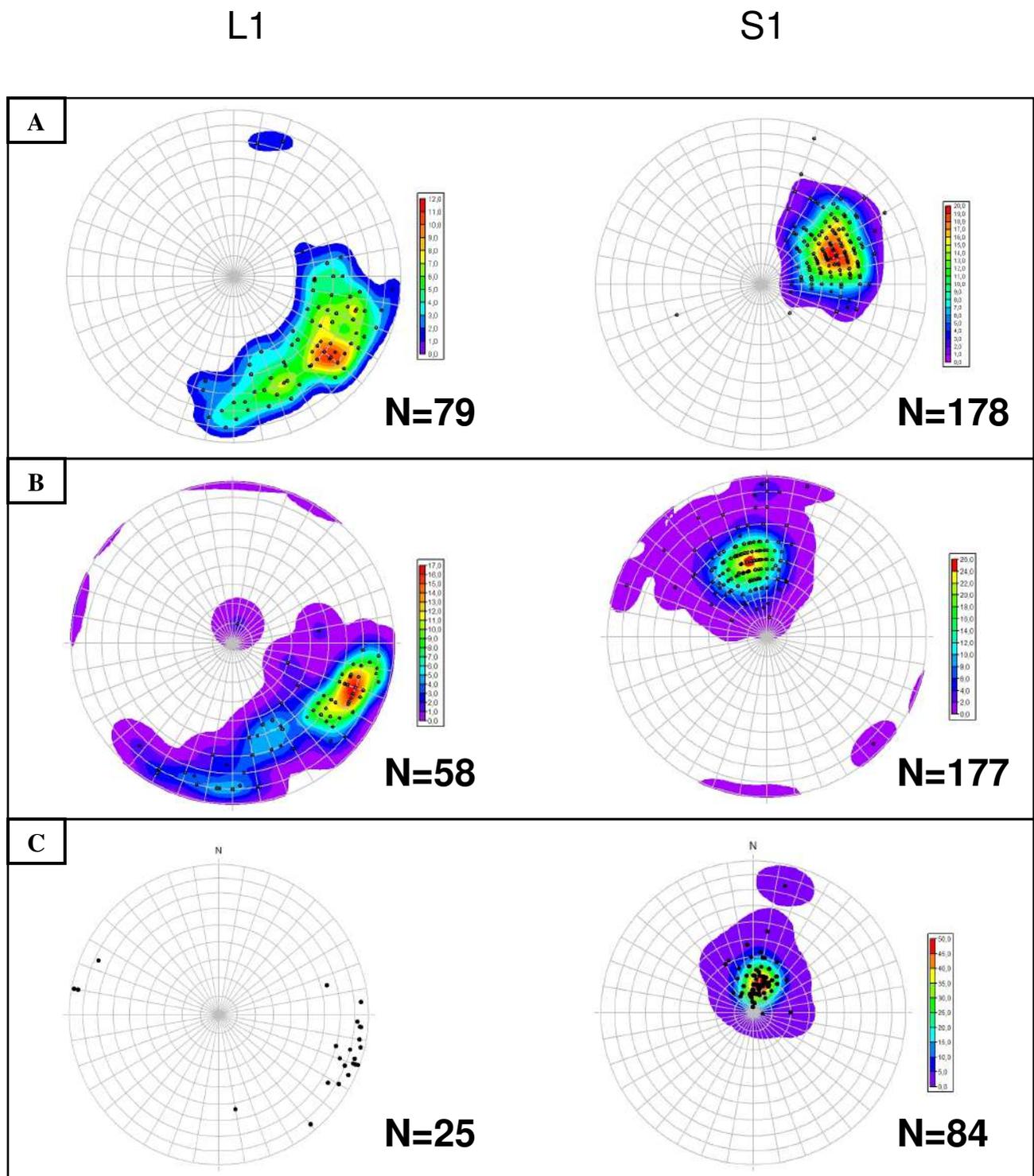


Figura 26. Estereogramas de igual área, com projeção no hemisfério inferior, mostrando eixos (L1) e superfícies axiais (S1) de dobras D1 a) na Serra do Pombeiro, b) na Serra da Estância e c) na Serra de Carrancas.

## 5. MICROTTECTÔNICA

O estudo microtectônico foi realizado em de três grupos de amostras. O primeiro grupo inclui amostras da Serra do Pombeiro cuja sigla inicial POM. O segundo e terceiro grupos incluem amostras de outras áreas da *klippe* e do domínio para-autóctone, denominadas com as siglas C de Carrancas, 08 e 09, respectivamente (Tabela 1 e anexo 2).

**Tabela 1** – Tabela mostrando siglas e áreas das lâminas descritas. As áreas correspondem às serras do Pombeiro (PB1, PB2, P9-2 e P9-3), Carrancas (Escar, SC e C9-2), das Bicas (BS e BN) e confluência das serras das Bicas e Carrancas ou “cogumelo de Carrancas” (CS, CG, CN-9 e CS-9) e podem ser localizadas no mapa de pontos (Anexo 3).

C-08		C-09	
Sigla	Área	Sigla	Área
CG	Cogumelo Norte	CN-9	Cogumelo Norte
CS	Cogumelo Sul	CS-9	Cogumelo Sul
PB1	Pombeiro 1	P9-3	Pombeiro 3
PB2	Pombeiro 2	P9-2	Pombeiro 2
Escar	Estágio Carrancas	BS	Bicas Sul
SC	Serra de Carrancas	BN	Bicas Norte
		C9-2	Serra de Carrancas 2

As estruturas das três fases de deformação (D1, D2 e D3) identificadas no campo correspondem a microestruturas observadas nas lâminas delgadas. A análise microtectônica permitiu relacionar estas microestruturas ao crescimento de minerais metamórficos como mostra o anexo 4.

A fase de deformação D1 gerou uma clivagem ardosiana S1 definida principalmente por minerais de hábito micáceo como clorita, muscovita e biotita, e de hábito prismático como cloritóide. A foliação S1 também é observada em trilhas de minerais opacos e quartzo, inclusas em granada e estauroлита. Durante a fase D1 cresceram cloritóide e granada nos filitos da unidade A4 e biotita nos xistos da unidade A5. Clorita e muscovita são outros minerais contemporâneos à fase D1 (Anexo 4). A fase D2 é representada pela foliação principal, S2, nas rochas da *klippe* e do domínio para-autóctone. A foliação S2 é uma clivagem de crenulação apertada que transpõem total ou parcialmente a clivagem ardosiana S1. Granada, estauroлита e cianita cresceram durante D2 (Anexo 4). Localmente

podem ser observados também indicadores cinemáticos como *shear bands* (S e C; S e C') e *foliation fish* (Fig. 27), comuns no biotita xisto. A fase D3 gerou crenulação aberta e suave e foi contemporânea ao crescimento de clorita, cloritóide e muscovita, sillimanita.

Como visto acima, existem três etapas de crescimento de mica branca. A mica fina contemporânea a fase D1 aparece ao longo da clivagem ardosiana S1. Durante a transposição de S1 por S2 ocorreu recristalização e a mica branca praticamente define a clivagem de crenulação S2. Nas charneiras das crenulações as micas formam arcos poligonais (Fig. 28). Mica branca ocorre também sobre a foliação S2 (Fig. 29) e sobre crenulações D3 com leve extinção ondulante indicando seu crescimento tardi a pós-D3.

A clorita é um dos minerais que define a clivagem S1, junto com mica branca e cloritóide. Portanto, é um mineral sin-D1. Também se observa clorita com leve extinção ondulante sobre crenulações D3. Neste caso é um mineral tardi - a pós-D3 (Fig. 30).

O cloritóide também cresceu em dois momentos distintos, sin-D1 e tardi a pós-D3. O mineral ocorre ao longo da clivagem ardosiana S1 nos filitos da unidade A4. Nos xistos A4 aparece em trilhas de clivagem S1 inclusas em granada e estaurolita. Num segundo momento é evidente o cloritóide tardio sobre crenulações D3, com leve extinção ondulante mostrando seu crescimento tardi a pós D3 (Fig. 31 e Anexo 4).

A estaurolita é sin-D2. Apresenta inclusões de crenulação D2 aberta (Fig. 32) e de clivagem crenulação S2. Além disso, a clivagem S2 foi apertada contra o mineral. Portanto a estaurolita cresceu no início de D2 (cedo-sin D2) e continuou se formando até quando S2 transpôs S1 (sin-D2), mas parou de crescer antes do final de D2 (sin-tardi-D2) (Fig. 33). Localmente as estaurolitas possuem geminação em cruz (Fig. 34).

A cianita aparece ao longo da xistosidade de crenulação S2 e deve ser um mineral que se formou durante D2 (sin-D2) e também no final de D2 (sin-tardi-D2) (Fig. 33).

Observam-se também três fases de crescimento da granada, sin-D1, sin-D2 e tardi-D3. Granada com inclusões de clivagem S1 giradas mostram sua formação durante a fase D1. . Em três lâminas delgadas foi identificada granada sin-D1 do tipo *snow-ball* com rotação de aproximadamente 360° (Fig. 35). Estes porfiroblastos funcionam como indicadores cinemáticos e no caso mostram movimentos tectônico sin-D1 de topo para leste e sudeste.

Granada com inclusões de crenulações abertas D2 são interpretadas como cedo-sin D2 e outras com inclusões de clivagem de crenulação S2 podem ser sin-D2. Inclusões de estauroлита sin-D2 também mostram o crescimento de granada tarde-D2. De qualquer modo, a foliação S2 é apertada contra estes porfiroblastos de granada indicando que eles pararam de crescer antes do final de D2. Ocorrem ainda porfiroblastos com inclusões de cloritóide tardi-D3 indicando o aparecimento de granada tardia em relação a D3 (Fig. 36, 37).

A biotita ocorre ao longo da foliação S1 nos biotita xistos A5 e pode ser então interpretada como um mineral sin-D1 nesta unidade. A sillimanita também só foi encontrada no biotita xistos. Aparece em feixes não orientados de minerais muito finos sobre a foliação principal S2 indicando seu provável crescimento pós-D2 (Fig. 38).

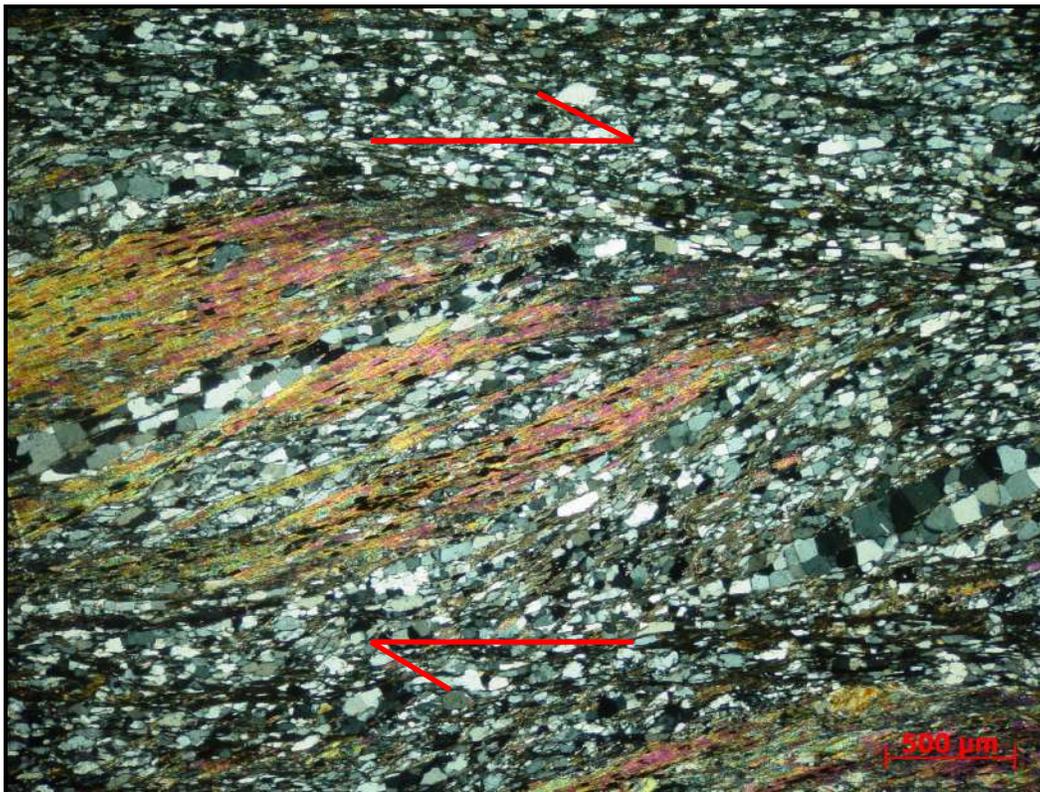


Figura 27. *Foliation fish* indicando movimento dextral de topo para norte no biotita xisto da unidade A5. (Ponto: P9-3-77A).

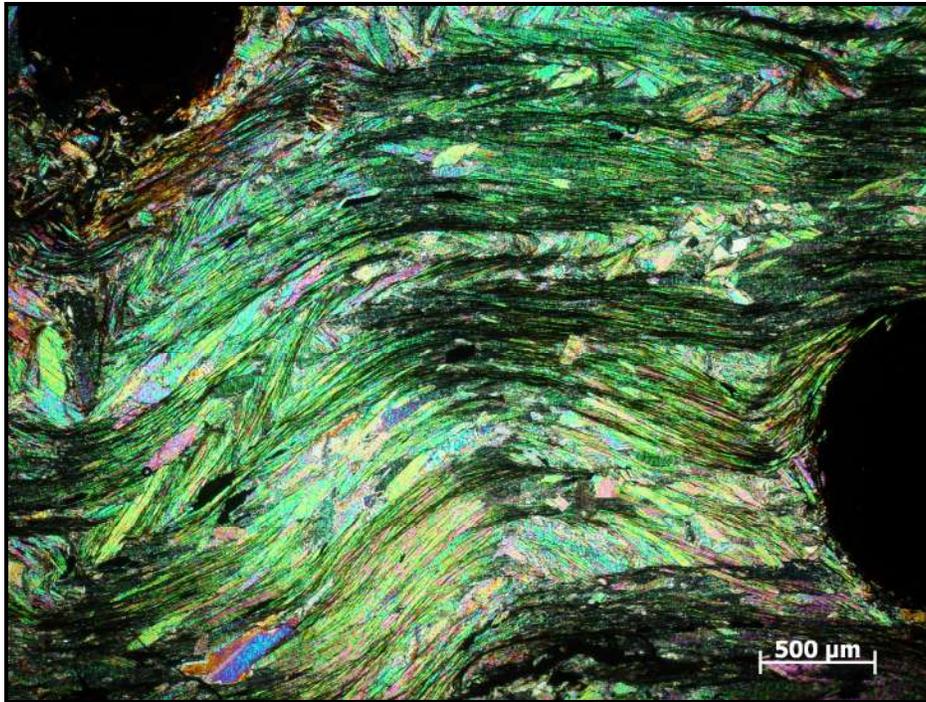


Figura 28. Muscovita definindo a clivagem de crenulação S2 em xisto A4. Nas charneiras formaram-se arcos poligonais, posteriormente a clivagem S2 foi dobrada por D3. (Ponto: CG-13A).

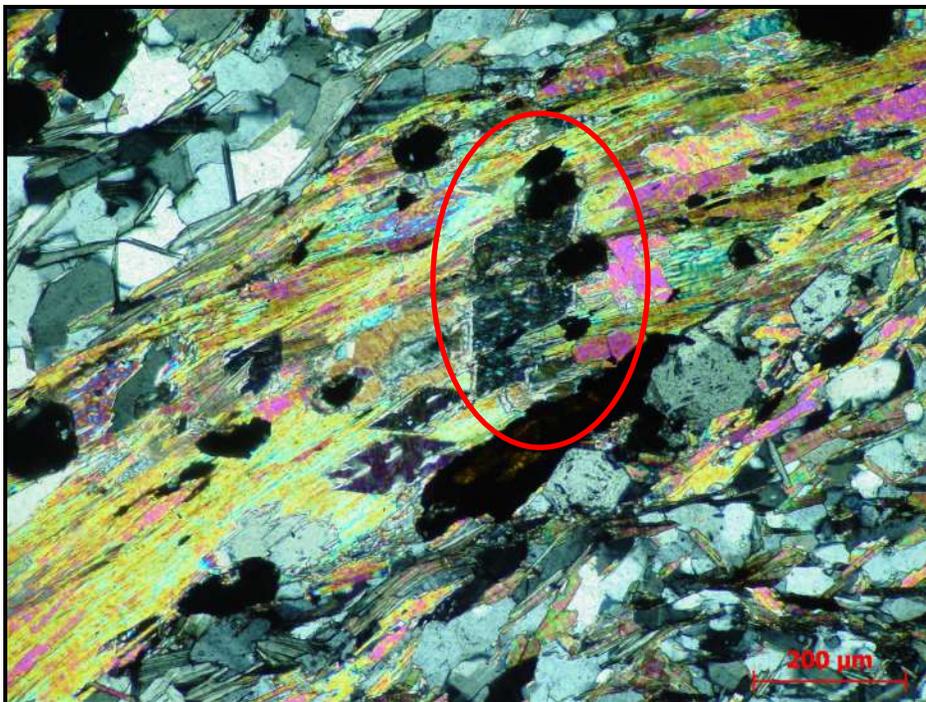


Figura 29. Mica branca interpretada como tardi-D3 sobre muscovita que define a foliação S2 em xisto da unidade A5. (Ponto: C9-2-61A)

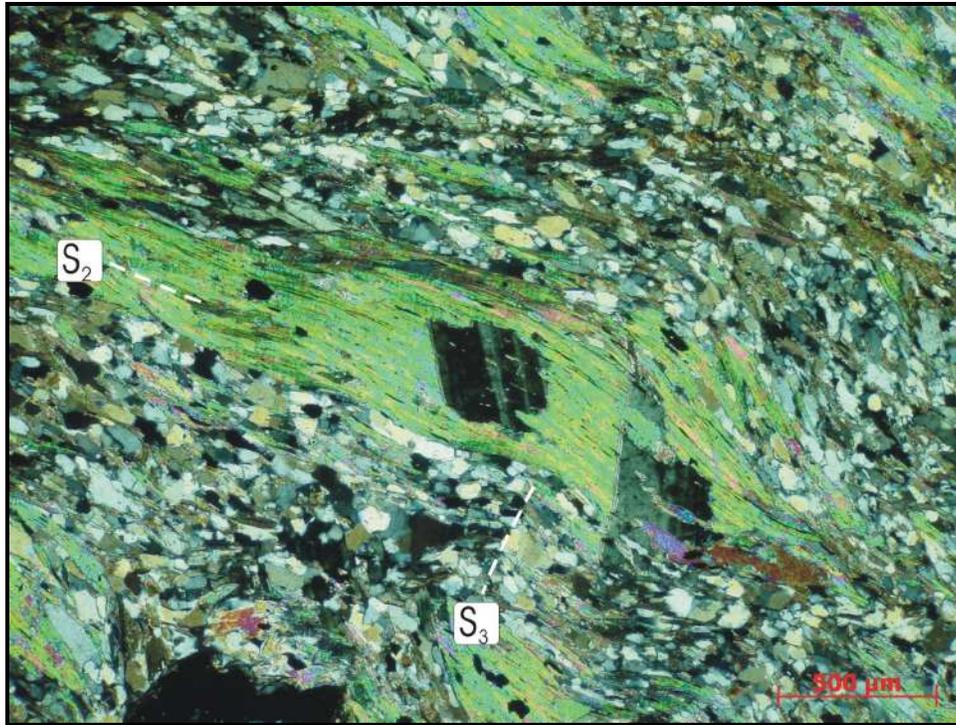


Figura 30. Clorita tardi-D3 com geminação polissintética sobre foliação S2 dobrada por D3. Biotita xisto da unidade A5. (Ponto: CN-9-139)

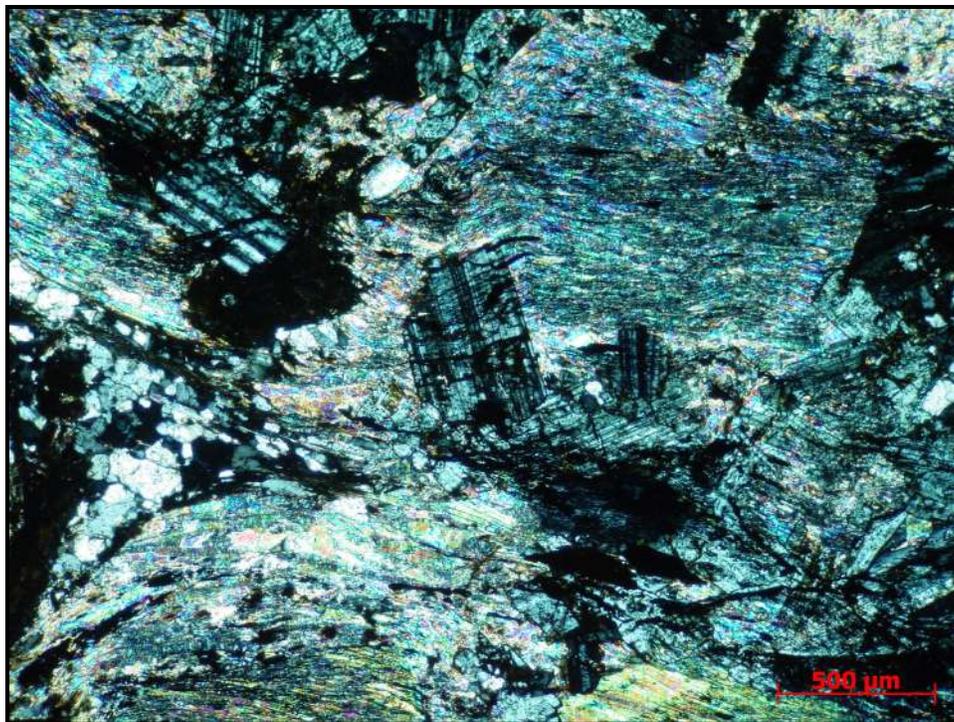


Figura 31. Cloritóide tardi-D3 com geminação polissintética sobre crenulações D3. (Ponto: PB1-64)

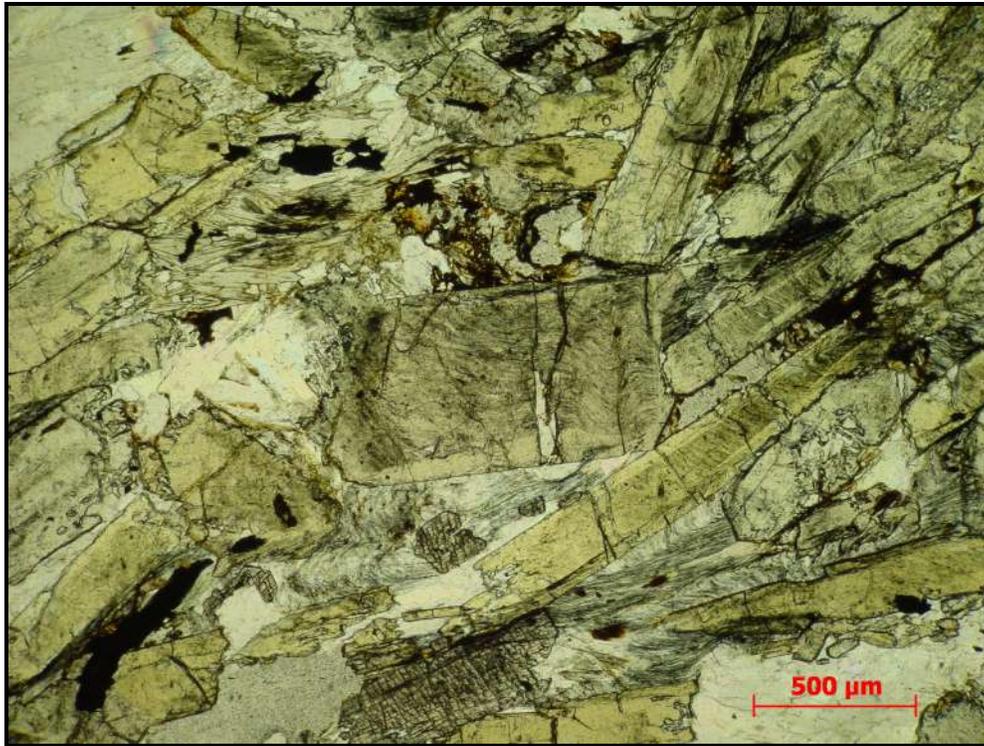


Figura 32. Estaurolita sin-D2 com inclusões de crenulação D2 aberta. (Ponto: CN9-18)

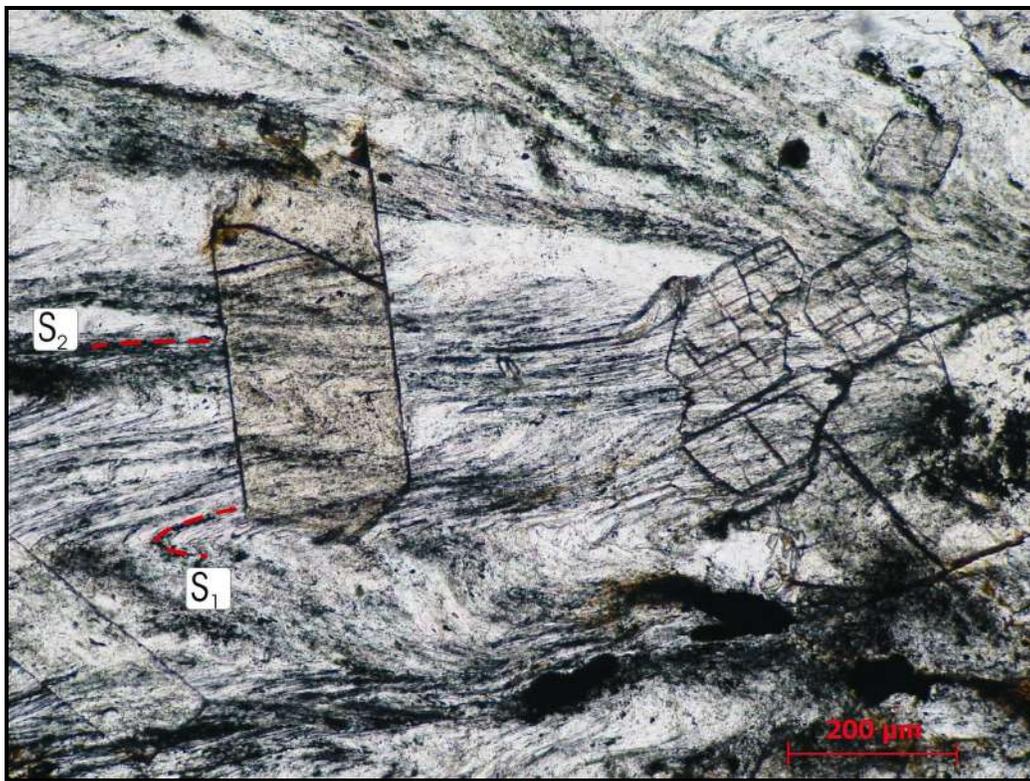


Figura 33. Estaurolita e cianita sin-tardi-D2 sobre a crenulação D2. (Ponto: CN9-18)

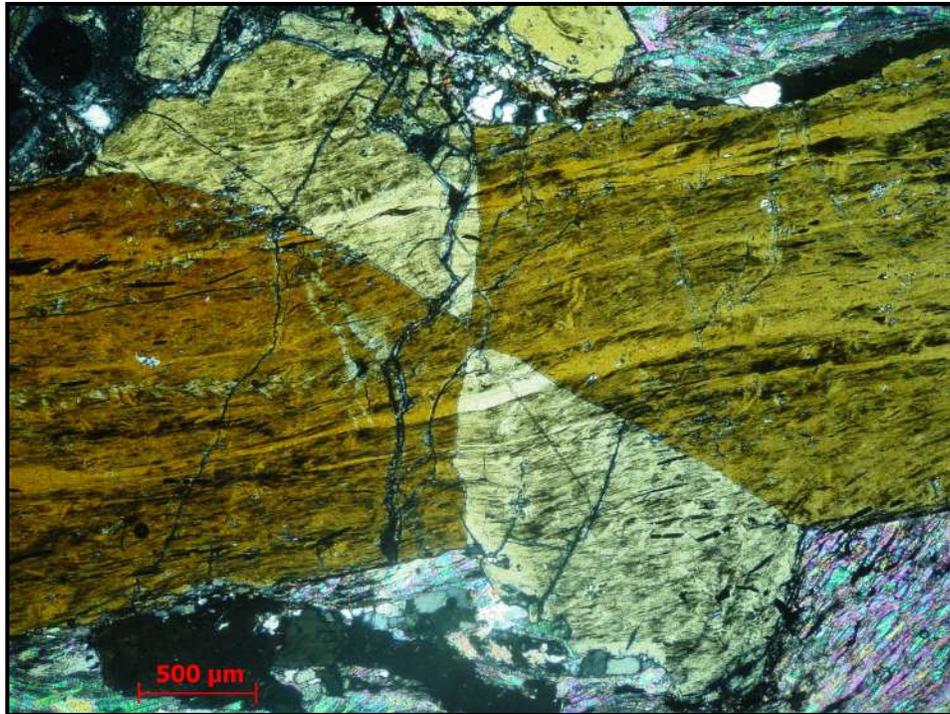


Figura 34. Estaurolita sin-D2 com geminação em cruz. (Ponto: CN9-96)

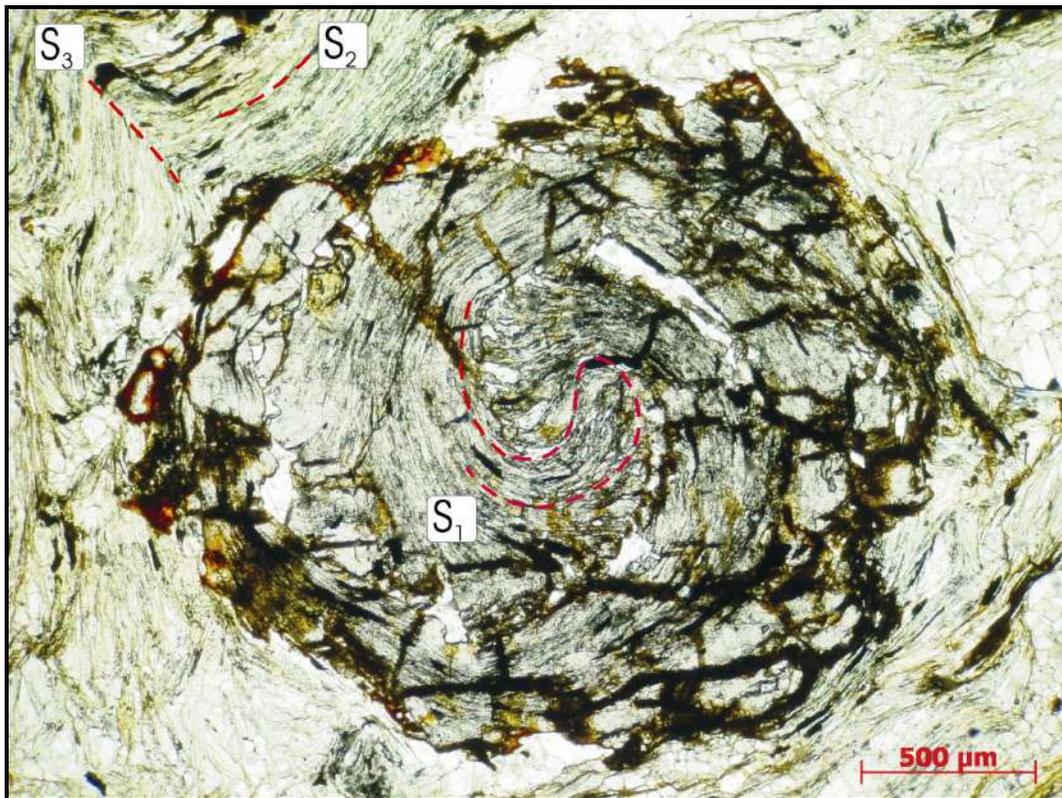


Figura 35. Granada sin-D1 do tipo *snow-ball* com rotação de aproximadamente 360°. (Ponto: PB2-136)



Figura 36. Inclusão de cloritóide tardi-D3 em granada indicando o aparecimento de granada tardia D3. Ponto: CN9-18, xisto A4 autóctone a nordeste da Serra de Carrancas.

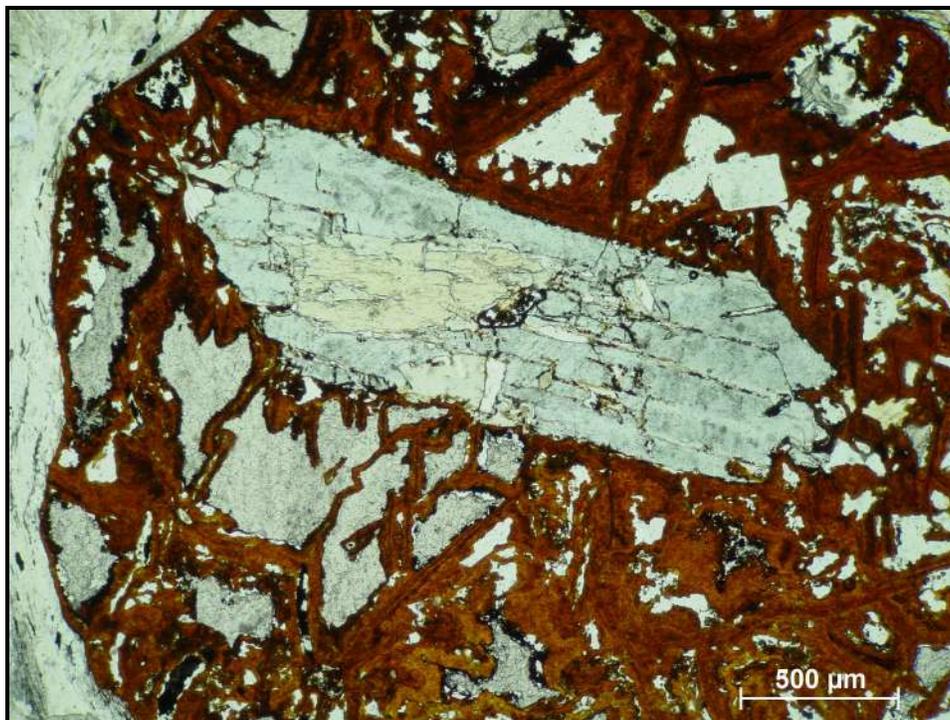


Figura 37. Granada pós-D3 com inclusão de cloritóide tardi-D3 que substitui estaurolita sin-D2. Ponto: CN9-18, xisto A4 autóctone a nordeste da Serra de Carrancas.



Figura 38. Feixes de sillimanita tardi-D3 não orientados sobre a foliação principal S2 indicando seu provável crescimento pós-D2. (Ponto: C9-2-61C)

## 6. METAMORFISMO

Como visto no item anterior, microtectônica, as relações entre foliações e minerais metamórficos permitem identificar três eventos metamórficos distintos. Clorita, muscovita e cloritóide definem a foliação S1 nos filitos e xistos A4 e clorita e biotita no biotita xisto da unidade A5. Granada no filito da unidade A4 contém inclusões de S1 mostrando também seu crescimento durante D1. Esta associação mineral contemporânea a fase de deformação D1 registra condições metamórficas de fácies xisto-verde, zona da granada (Fig. 39a). Como a fase D1 é atribuída à evolução da Faixa Brasília este metamorfismo M1 também deve ser relacionado a esta faixa.

Os típicos minerais metamórficos que caracterizam o segundo evento são granada, estaurólita e cianita nos sin-D2, como mostra a microtectônica. Ocorreu também a recristalização de micas e outros minerais. Estaurólita em metapelitos indica fácies anfíbolito, e cianita pressão intermediária a alta (Fig. 39b,c). Este metamorfismo M2 é contemporâneo a fase de deformação D2 por sua vez interpretada como relacionada a evolução da Faixa Ribeira (vide Geologia Estrutural).

Uma zona de transição com associações metamórficas M1 e M2 ocorre na Serra do Pombeiro (Fig. 39d,e). Esta zona pode ser interpretada também como a faixa de superposição de eventos metamórficos Brasília (M1) e Ribeira (M2).

O terceiro evento metamórfico, M3, está relacionado a terceira fase de deformação, D3, cujas estruturas registram uma compressão leste-oeste (cf. Microtectônica e Geologia Estrutural) nos estágios finais da orogênese. Durante este evento ocorreu o crescimento de clorita, cloritóide, e muscovita sin-tardi-D3 nos filitos e xistos da unidade A4, tanto na klippe como domínio para-autóctone. Em xisto A4 neste último domínio, a nordeste da Serra de Carrancas, ocorre também granada com inclusões de cloritóide tardi ou pós-D3 (Fig. 38). Portanto, esta granada foi associada a D3. Estes minerais são compatíveis com condições metamórficas de fácies xisto verde superior, zona da granada (Fig. 39). Os minerais de M3 sobrecrecem associações de fácies anfíbolito, portanto o metamorfismo M3 pode ser caracterizado como retro-metamorfismo.

Ocorre ainda escassa sillimanita em biotita xisto no domínio para-autóctone (pontos CN9-16 e Escar-01, Anexo 4), na *klippe* (CG-139, CN9-10) e no sul da Serra de Carrancas (SC2-70, C9-2-61A,B e C). A relação da sillimanita com a foliação é duvidosa, pois o

mineral cresceu em feixes aleatórios (Fig. 38). Como a sillimanita pode crescer em fácies xisto verde é possível que esteja relacionada ao retro-metamorfismo M3.

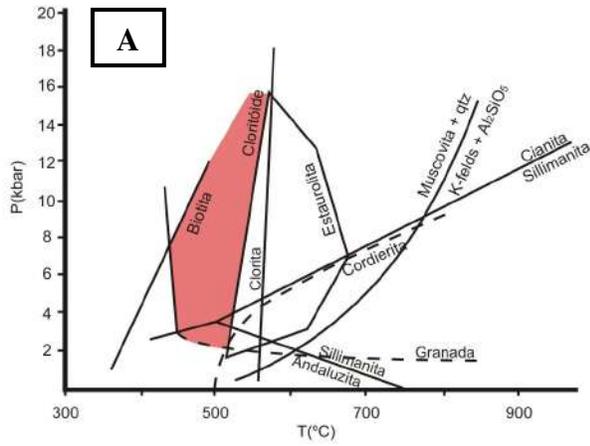
Com base na microtectônica e associações de minerais metamórficos foi possível criar os mapas de isógradadas. Nos metapelitos da unidade A4 a passagem de fácies xisto verde M1 para fácies anfibolito M2 é uma zona de transição onde coexistem cloritóide M1 e estauroлита M2, como já havia mostrado Heilbron (1983, 1985). Existe ainda uma subzona onde o cloritóide M1 somente ficou preservado como inclusão em granada M1, não ocorre na matriz dos metapelitos (Fig. 40). Na fácies anfibolito ocorre também cianita que aparece em veios de quartzo e logo na matriz dos xistos ao longo da foliação S2.

Sobre a associação M1 de fácies anfibolito ocorrem clorita, muscovita, e cloritóide M3 de fácies xisto verde. Este retro-metamorfismo é bem evidenciado pela isograda cloritóide M3-in (Fig. 41). Existe ainda a granada mencionada acima que somente foi encontrada em um ponto.

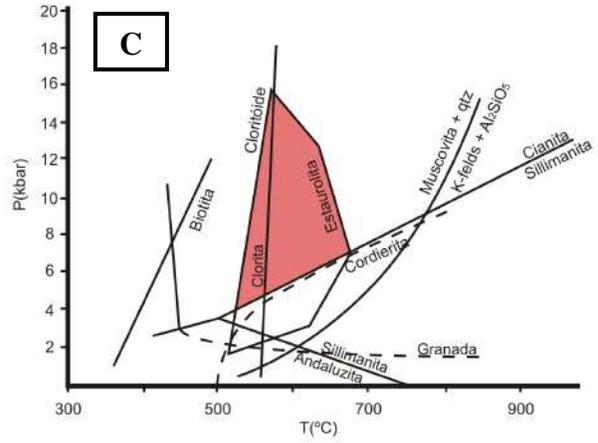
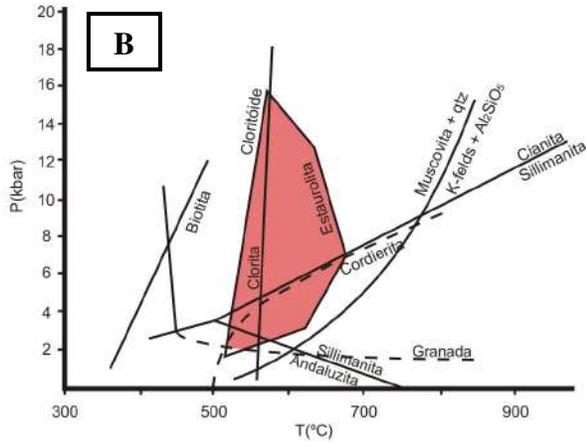
No biotita xisto foi possível mapear as isógradadas de granada-in e sillimanita-in (Fig. 42). Porém as relações entre estes minerais e foliação não são conclusivas. A granada pode ser tanto M1 como M2. A sillimanita, como mencionado, provavelmente vincula-se a M3.

É importante ressaltar ainda que devido a protólitos com composições químicas distintas foram marcados duas isógradadas de granada, uma nos filitos e xistos da unidade A4 e outra nos biotita xistos da unidade A5 (Fig. 43). Portanto, as rochas destas unidades respondem de maneira diferente as mesmas condições metamórficas.

## FACIES XISTO VERDE



## FACIES ANFIBOLITO



## FACIES XISTO VERDE / ANFIBOLITO

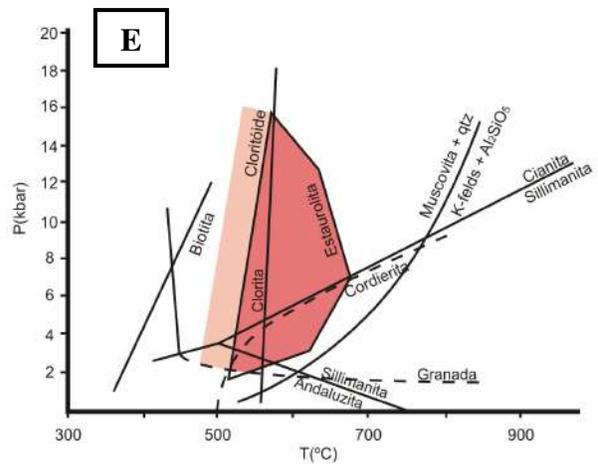
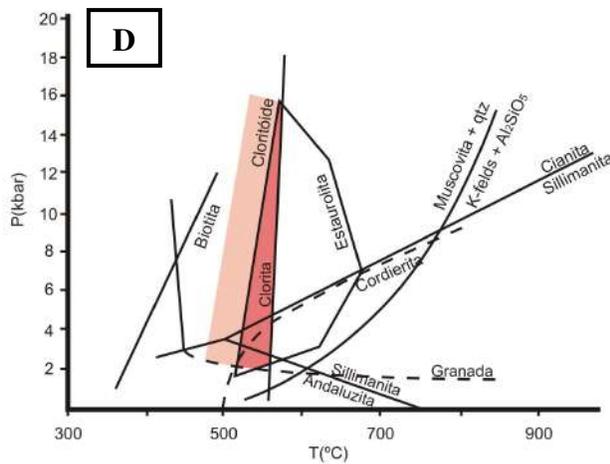


Figura 39. Gráficos P-T para a associação mineralógica de cada fácies: A – cloritóide e granada; B – granada e estaurólita C – granada, estaurólita e cianita; D– cloritóide, granada, clorita e estaurólita; E – cloritóide, granada e estaurólita

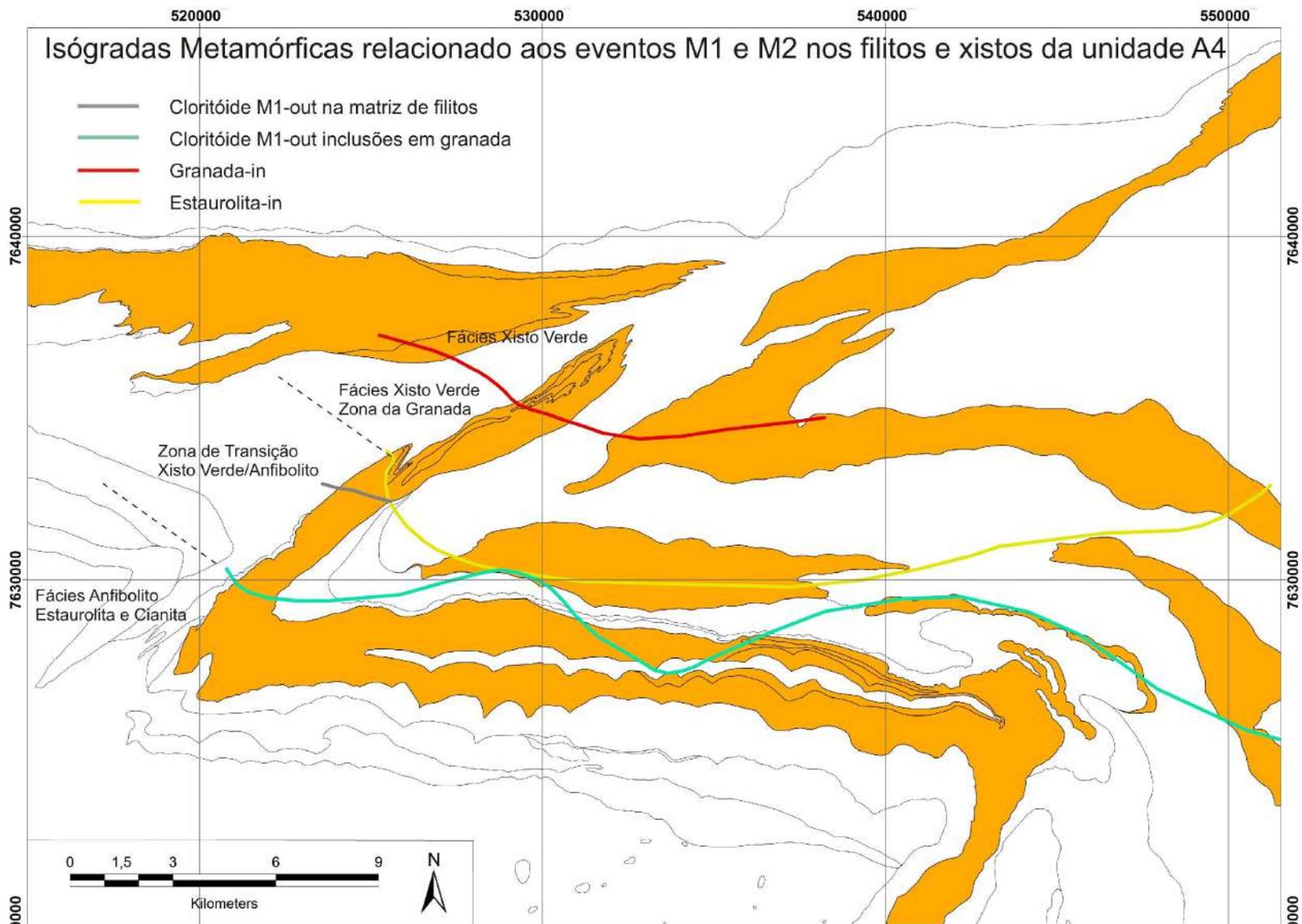


Figura 40. Mapa de isógradas metamórficas mostrando a superposição de metamorfismo M1 em fácies xisto verde por metamorfismo M2 em fácies anfibolito

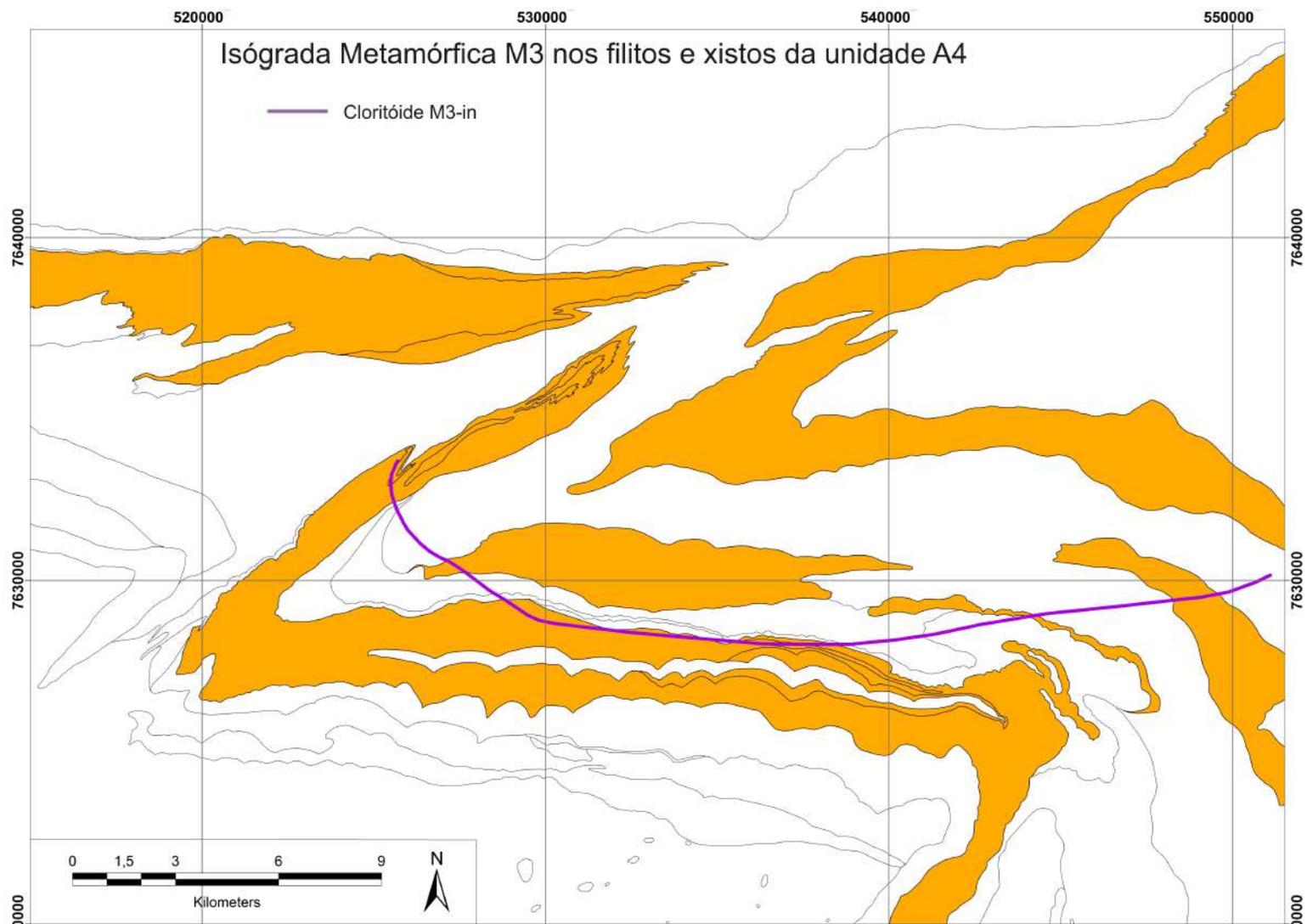


Figura 41. Isógrada cloritóide M3-out nos filitos e xistos da unidade A4.

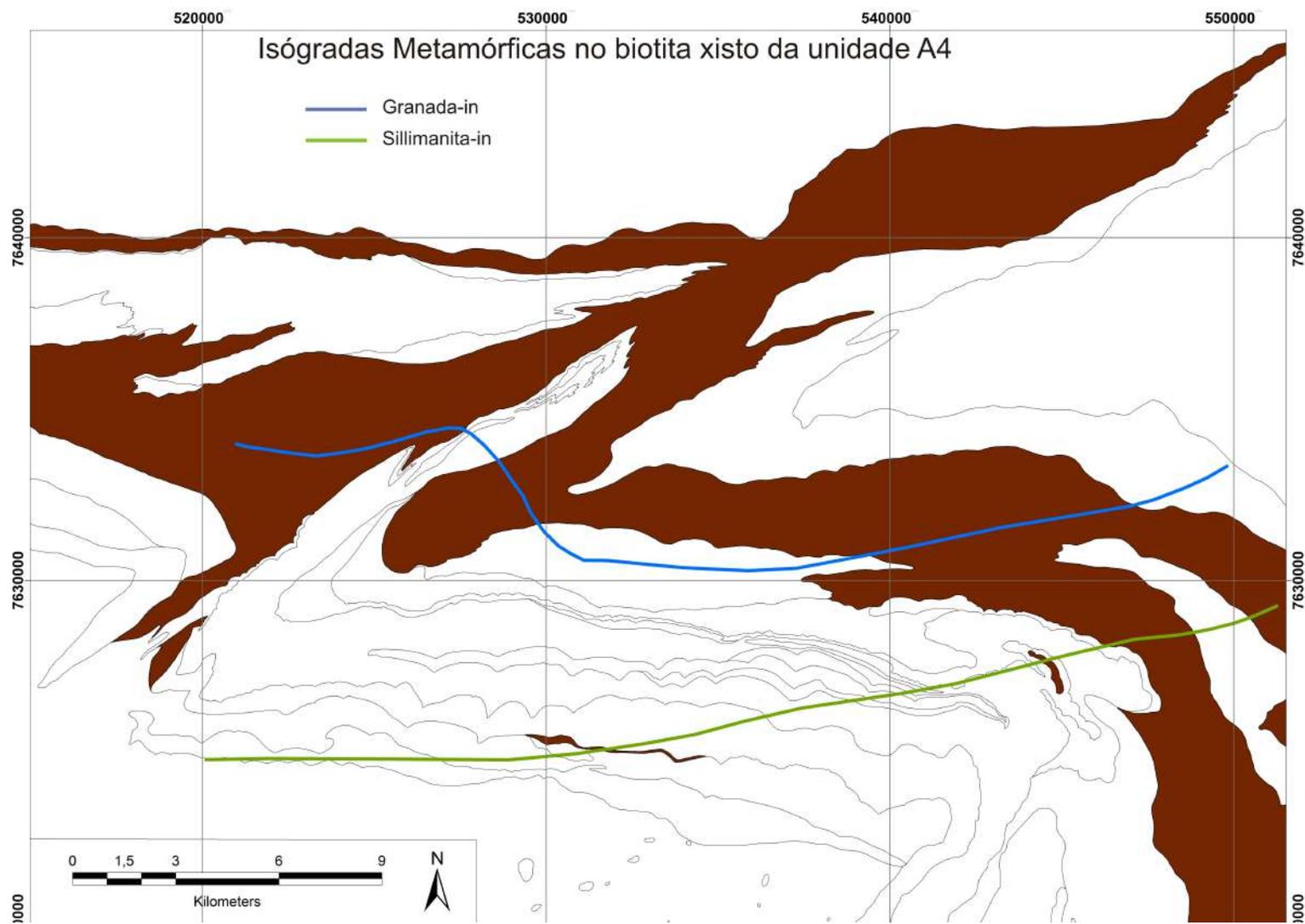


Figura 42. Isógradas granada-in (M1 ou M2) e sillimanita M3-in nos biotita xistos da unidade A5.

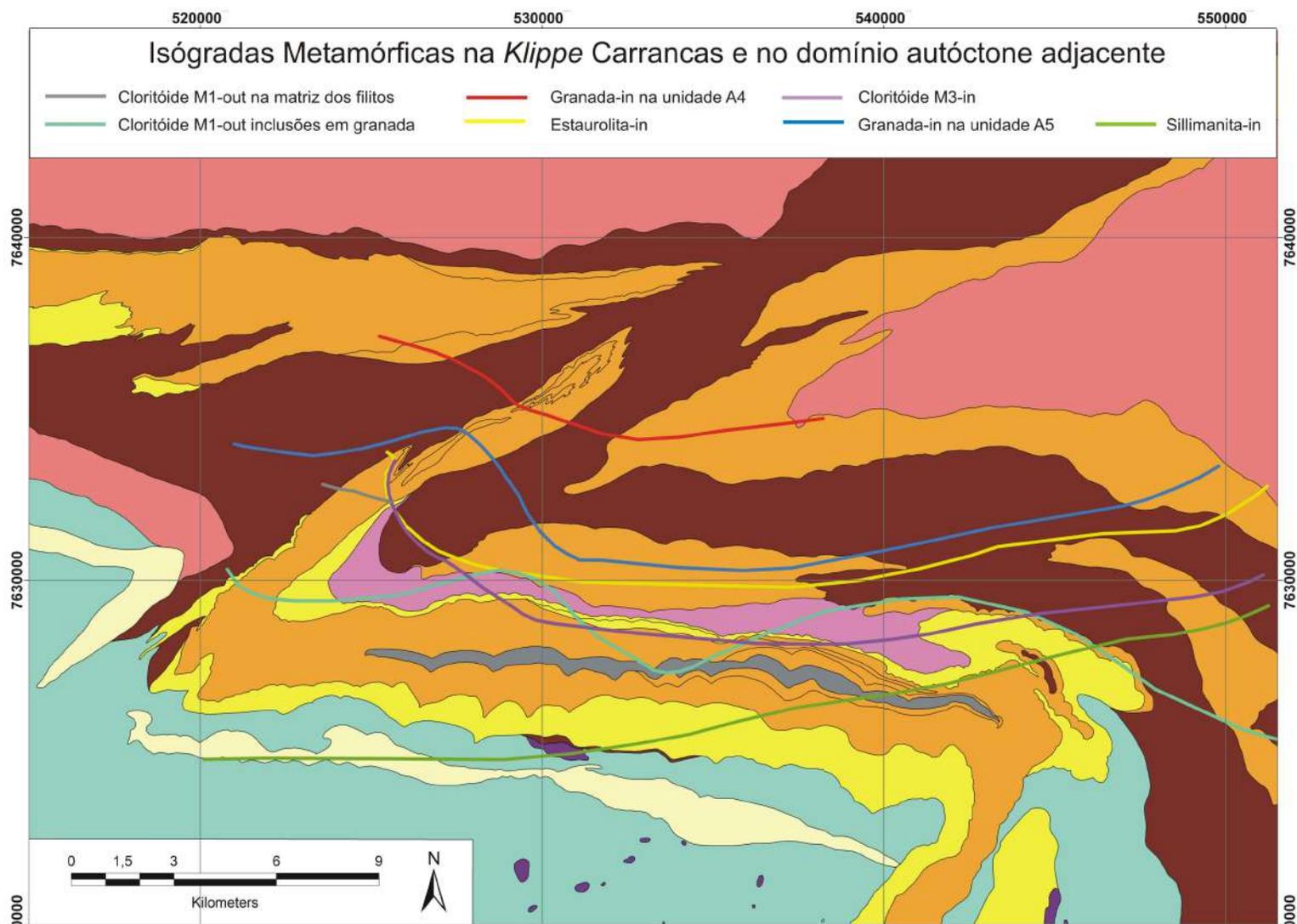


Figura 43. Todas isógradas metamórficas na *Klippe* Carrancas e no domínio autóctone adjacente.

## 7. CONCLUSÃO

A *Klippe* Carrancas é a estrutura basal de um sistema de *nappes* no sul de Minas Gerais, considerado parte do extremo sul da Faixa Brasília. A estrutura é constituída por sucessões de quartzitos, filitos e xistos da Sequência Carrancas e biotita xisto da Sequência Serra do Turvo, Megassequência Andrelândia. Na *klippe* e no domínio autóctone subjacente podem ser reconhecidas três fases de deformação, D1, D2 e D3. A estrutura D1 é uma dobra-falha apertada com plano axial de baixo mergulho para sudeste e eixo curvo que define a geometria da *klippe*. Indicadores cinemáticos e lineação de estiramento registram empurrão para sudeste. A foliação S1 é uma clivagem ardósiana contemporânea ao metamorfismo com cloritóide e granada definindo fácies xisto verde superior. A fase D2 está representada por dobras assimétricas fechadas até apertadas com eixos de baixo caimento para sudoeste-sudeste e com planos axiais e assimetria indicando vergência para noroeste ou nordeste. A foliação S2 é uma clivagem de crenulação que transpõe S1, contemporânea com crescimento de estauroлита e cianita que registram metamorfismo de fácies anfibolito em pressão intermediária a alta. A fase D3 formou dobras abertas com planos axiais íngremes de traço norte-sul e eixos suaves para sul ou norte. Clorita, muscovita, cloritóide e granada registram retro-metamorfismo em fácies xisto verde superior.

O padrão estrutural gerado pela deformação das estruturas D1 pela fase D2 e a superposição de metamorfismo de fácies anfibolito sin-D2 sobre associações minerais de fácies xisto verde sin-D1, resultam da complexa paleogeografia e diacronismo dos eventos geológicos durante a colisão do Paleocontinente São Francisco contra massas continentais adjacentes a sudoeste, sul e sudeste. Por sua orientação as estruturas das fases D1 e D2 e o metamorfismo associado a estas fases têm sido atribuídos à evolução das faixas Brasília e Ribeira, respectivamente. A fase D3 e o retro-metamorfismo associado registram um encurtamento crustal leste-oeste durante os episódios finais da Orogênese Brasileira na região considerada.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dayan, H. & Batista Filho, J. 1984. Caracterização de fabrics tridimensionais nos rods de quartzo da base da Serra de Carrancas, SE de Minas Gerais. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais*, Rio de Janeiro, p. 3371-3392.
- Dayan, H.; Batista Filho, J.; Fonseca M.S. & Mansur, R.L. 1987. Determinação do estado de deformação finita em quartzitos das Serras de Carrancas e das Bicas, SE de Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira Ciências*, 59 (3): 203-211.
- Ebert, H. 1971. Os Paraíbiades entre São João Del Rei, MG e Itapira, SP, e a bifurcação entre Paraíbiades e Araxaiades. *Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Rio Claro, SP.* (Boletim Especial 1). Publicado "in memoriam" pela SBG, Núcleo São Paulo, p. 72-103.
- Heilbron M. 1984. *Evolução metamórfico-estrutural da área entre Itutinga e Madre de Deus de Minas, MG.* Inst. de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 151 p.
- Heilbron M. 1985. O metamorfismo da área entre Itutinga e Madre de Deus de Minas - MG. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA MINAS GERAIS*, 3, Belo Horizonte, MG, *Anais*, 5: 219-234
- Heilbron, M.; Machado, Nuno. 2003. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira belt (SE Brazil). *Precambrian Research*<sup>JCR</sup>, Amsterdam, 125(1-2), p. 87-112.
- Heilbron, M.; [Soares, A. C. P.](#); [Campos Neto, M.](#); [Silva, L. C.](#) ; [Trouw, R](#) ; [Janasi, V.](#) M.; 2004. Província Mantiqueira. *In: Virgino Mantesso-Neto; Andrea Bartorelli; Celso Dal Ré Carneiro; Benjamin Bley de Brito Neves. (Org.). Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* 1ª ed. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 1, p. 203-234.

- Pacciullo, F.V.P. 1997. *A seqüência deposicional Andrelândia*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 248p.
- Pacciullo, F.V.P.; Ribeiro, A.; Andreis, R.R. & Trouw, R.A.J. 2000. The Andrelândia Basin, southern Minas Gerais State, Brazil. *In: 31<sup>th</sup> INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS*, Rio de Janeiro, Brazil.
- Pacciullo, F.V.P.; Trouw R.A.J. & Ribeiro, A. 2003. Geologia da Folha Andrelândia. *In: Geologia e Recursos Minerais do Sudeste Brasileiro*. Companhia Mineradora de Minas Gerais (COMIG); Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Governo de Minas Gerais, 1(4):
- Peternel, R.; Trouw, R.A.J. & Schmitt, R.S. 2005. Interferência entre duas faixas móveis neoproterozóicas: o caso das faixas Brasília e Ribeira no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 35: 297-310.
- Quéméneur, J.; Ribeiro, A.; Pacciullo, F.V.P.; Trouw, R.A.J.; Heilbron, M.L. & Valença, J.G. 2003. Geologia da Folha Lavras. *In: Geologia e Recursos Minerais do Sudeste Brasileiro*. Companhia Mineradora de Minas Gerais (COMIG); Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Governo de Minas Gerais, 2 (7):
- Ribeiro A. 1980. *Mapeamento geológico-estrutural da área de Itumirim, Minas Gerais*. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 57p.
- Ribeiro, A. & Heilbron, M. 1982. Estratigrafia e metamorfismo dos Grupos Carrancas e Andrelândia, sul de Minas Gerais. *In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA*, 32, Salvador, BA. *Anais*, Salvador, p. 177-186.
- Ribeiro, A. 1983. Mapeamento Geológico-Estrutural na Folha Itumirim, Sul de Minas Gerais. *In: SIMPÓSIO GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 2, Belo Horizonte, 1983. Bol., Belo Horizonte, MG, p. 461-468.

- Ribeiro A. & Heilbron M. 1982. Estratigrafia e metamorfismo dos grupos Carrancas e Andrelândia, sul de Minas Gerais. *In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA*, 32, Salvador, 1982. *Anais*, Salvador, p: 177-186.
- Ribeiro, A.; Paciullo F.V.P.; Andreis R.R.; Trouw R.A.J. & Heilbron M. 1990. Evolução policíclica proterozóica no sul do Cráton do São Francisco: análise da região de São João Del Rei e Andrelândia, MG. *In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA.*, 36, Natal, 1990. *Anais*, Natal, p. 2605-2614.
- Ribeiro A.; Andreis R.R.; Trouw R.A.J.; Paciullo F.V.P. & Valença J.G. 1995. Evolução das bacias proterozóicas e o termo-tectonismo brasileiro na margem sul do cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geociências*, 25 (4): 235-248.
- Santos, L.P.; Campos Neto, M.C. & Grohmann, C.H. 2004. Metamorphic path constrained by metapelitic rocks from the inner Aiuruoca-Andrelândia nappe, south of the São Francisco craton, SE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 16: 725-741.
- Santos, P.S. 2009. *Análise microtectônica e metamórfica de rochas situadas nas serras de Carrancas e Pombeiro, sul de Minas Gerais*. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia, 56p.
- Trouw, R.A.J.; Ribeiro, A. & Paciullo, F.V.P. 1980. Evolução estrutural de uma área a sudeste de Lavras, MG. *In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA*, 31, Camboriú, SC, *Anais*, Camboriú, p: 2773-2784.
- Trouw R.A.J.; Ribeiro A.; Paciullo F.V.P.; Chrispim S.J. & Dayan, H. 1982. Análise da Deformação de uma área a SE de Lavras, MG. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 32, Salvador, *Anais*, Salvador, p: 234-235.

- Trouw R.A.J.; Ribeiro A. & Paciullo F.V.P. 1994. A faixa Alto Rio Grande reinterpretada como a zona de interferência entre a Faixa Móvel Brasília e a Faixa Móvel Ribeira. *In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 38, Camboriú, SC, 1994. Boletim de Resumos Expandidos, Camboriú, p: 234-235.*
- Trouw, R. A. J.; Ribeiro, A.; Paciullo, F. V. P. & Heilbron, M. 2000b. Interference between the Neoproterozoic Brasília and Ribeira Belts, with special emphasis on high pressure granulites. Pre-Congress Field Trip. *In: 31th International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil, August 6-17, 2000, Field Trip Bft 08, 45p.*
- Trouw, R.A.J.; Ribeiro, A. & Paciullo, F.V.P. 2003. Geologia da Folha Caxambu. *In: Geologia e Recursos Minerais do Sudeste Brasileiro. Companhia Mineradora de Minas Gerais (COMIG); Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Governo de Minas Gerais.*
- Trouw, R.A.J.; Tavares, F.M. & Robyr, M. 2008. Rotated garnets: a mechanism to explain the high frequency of inclusion trail curvature angles around 90° and 180°. *Journal of Structural Geology. 30: 1024-1033.*
- [Trouw, R.A.J.](#); Trouw, C.C.; Peternel, R. & Tohver, E. 2008. Novas idades SHRIMP de zircões da Zona de Interferência entre as Faixas Brasília e Ribeira. *In: 44° Congresso Brasileiro de Geologia, 2008, Curitiba. Anais, 1. p.29*
- Valeriano, C.M.; Pimental, M.M.; Heilbron, M.; Almeida, J.C.H. & Trouw, R.A. J. 2008. Tectonic evolution of the Brasília Belt, Central Brazil, and early assembly of Gondwana. *West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region, London, Geological Society of London, Special Publications, p. 197-210.*

Valladares, C. S.; Machado, N.; Ribeiro, A.; Paciullo, F. V. P.; [Heilbrom, M.](#) & Gauthier, G. 2001. Ages of detrital zircon from siliciclastic successions of the Brasilia belt, southern border of the São Francisco craton, Brazil: implications for the evolution of proterozoic basins. *In: III SOUTH-AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY*, 3, Pucon, Chile.

[Valeriano, Claudio de Morisson](#); Machado, N.; Simonetti, A; Valladares, C. S.; Seer, H. & Simões, L. S. A. 2004. U-Pb Geochronology of the southern Brasilia Belt (SE-Brazil): sedimentary provenance, Neoproterozoic orogeny and assembly of West-Gondwana. *Precambrian Research* <sup>JCR</sup>, 130 (1-4): 27-55.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Mapa e seções geológicas regionais.

**Anexo 2.** Tabela mostrando associação mineralógica das amostras coletadas.

**Anexo 3.** Mapa de pontos mostrando amostras laminadas.

**Anexo 4.** Tabela mostrando o crescimento de minerais metamórficos em relação as fases de deformação

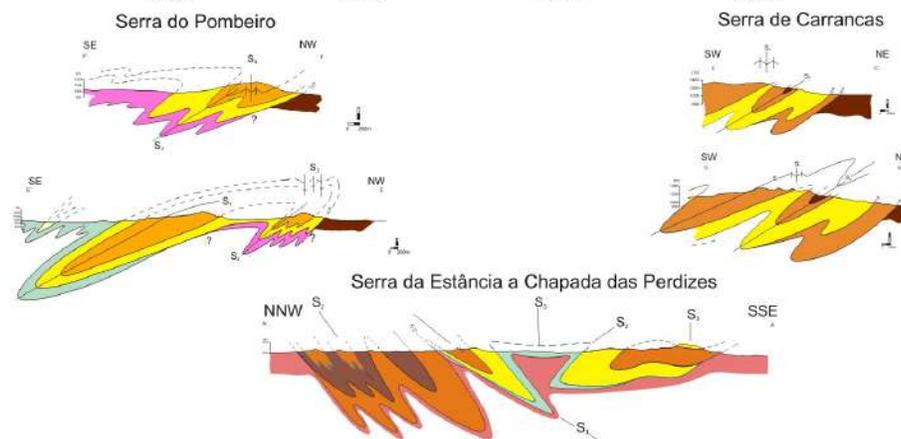
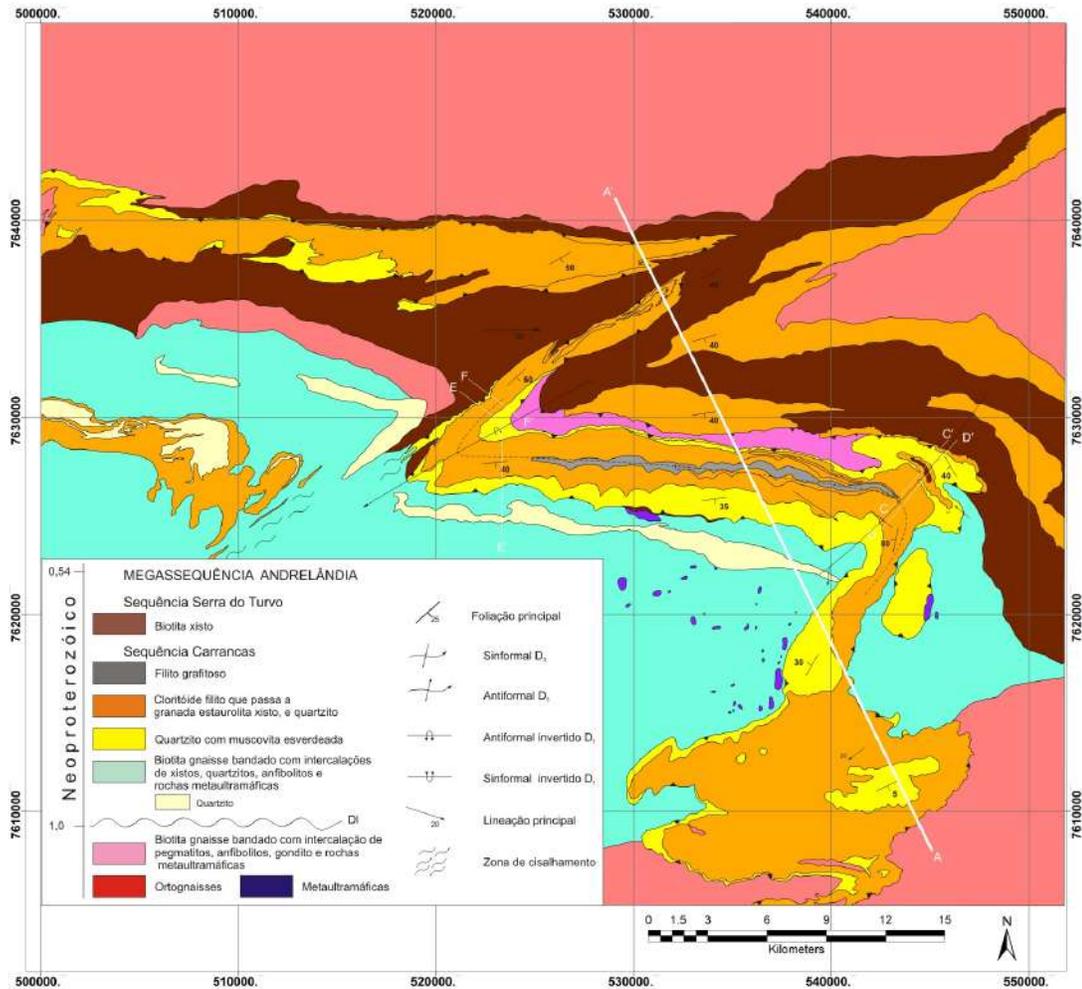


	D1			D2			D3			
	Cedo-D1	Sin-D1	Tardi-D1	Cedo-D2	Sin-D2	Tardi-D2	Cedo-D3	Sin-D3	Tardi-D3	
Muscovita	—	—	—						—	>D3
Clorita	—	—	—						—	>D3
Cloritóide	—	—	—						—	>D3
Biotita	—	—	—							
Granada	—	—	—	—	—	—	—		—	>D3
Estauroлита				—	—	—				
Cianita					—	—				
Sillimanita									—	>D3

Anexo 4. Tabela mostrando as etapas de crescimento de minerais metamórficos.

# Mapa Geológico da parte leste da *Klippe Carrancas*

Bruno Rapahel Barbosa Melo de Carvalho  
Trabalho de Conclusão de Curso - 2010  
Departamento de Geologia - IGEO/UFRJ



Anexo 1. Mapa e seções geológicas na parte leste da Klippe Carrancas.