

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

## **CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DA PORÇÃO SUL DO GREENSTONE BELT DE GUARINOS, GO**

Alex Joaquim Choupina Andrade Silva

Orientador: Prof.Dr. Luiz Sérgio Amarante Simões

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao  
Programa de Pós-Graduação em Geologia  
Regional, para obtenção do Título de Mestre em  
Geologia.

Rio Claro (SP)  
2011

551.8 Silva, Alex Joaquim Choupina Andrade  
S586c Caracterização estrutural da porção sul do Greenstone Belt de Guarinos, GO / Alex Joaquim Choupina Andrade Silva. - Rio Claro : [s.n.], 2012  
141 f. : il., figs., tabs., fots., mapas + 6 mapa

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Orientador: Luiz Sérgio Amarante Simões

1. Geologia estrutural. 2. Greenstone Belt. 3. Guarinos. 4. Caracterização estrutural. I. Título.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Luiz Sérgio Amarante Simões  
- DNPM / IGCE / UNESP

Prof. Dr. Hardy Jost  
- IG / UNB –

Dr. Marcelo Juliano de Carvalho  
Yamana Gold

Alex Joaquim Choupina Andrade Silva

Rio Claro, 04 de novembro 2011

Resultado: APROVADO

***Descoberta é ver o que todo mundo vê, e pensar o que nunca ninguém pensou.***

**ALBERT SZENT GYORGYI**

***Não sou inteligente e nem intelectual;  
Sou esforçado e aprendo no limite das minhas limitações;  
Aprendo com os erros, ouço os mestres e faço deste o caminho da sabedoria;  
Quando achar que estou sábio;  
Volto a ouvir os mestres, pois é neles que está a verdadeira sabedoria do aprendizado;***

**ALEX JOAQUIM CHOUPINA ANDRADE SILVA**

**Ao cachorro Troçada (*in memorian*), cachorro fenomenal.**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador e amigo Prof. Luiz Sérgio Amarante Simões, pois sem ele não seria possível a realização deste trabalho, que colaborou no aperfeiçoamento do meu aprendizado através de longas e produtivas discussões durante esse tempo de convivência

A minha família pelo apoio, confiança e por não abdicar da ajuda quando solicitada.

A minha namorada Mariana, por me ajudar nos momentos difíceis e por compreensão dos longos dias ausentes. A Carolina Matumotto por me ajudar nas diversas correções do trabalho.

Aos Profs. Nelson Angeli, Peter Haspacher, Norberto Morales, George Luvizotto e Antenor Zanardo pelas discussões e por sempre estarem dispostos a tirarem minhas dúvidas.

Aos colegas que colaboraram nos intensos dias de campo, pois aguentar o sol de Goiás não é fácil, Righeto Lopes (Pirigueto), Erika Sartori, Alex Teixeira (Bomba), Felipe (Sujo).

Aos colegas da República Caenga pelos longos e bons tempos juntos (Mineiro, Petruquio, Cabeção, Calango, Xico, Rolha, Puff, Xororó, Conrando Danger, Pziu, Xaninha e Filé).

Aos funcionários do Departamento de Petrologia e Metalogenia, Vânia, Junior e Adilson pela ajuda sempre prestada.

Em especial a empresa Yamana Gold por todo o suporte que me ofereceram aos geólogos Marcelo Cavaça (Carrera), Vinicius (Bacalhau), Feóla, Vira, Marcio Coppi, Daniela, Renato (Tupã), aos funcionários Tião, Geraldo, Xereca, Mucio, e outros que não me recordo.

Ao CNPQ, pela bolsa de mestrado.

Ao Tom por me dar boas risadas.

Aos demais colegas pelas conversas, mesas de bares e discussões.

# SUMÁRIO

	<b>PÁGINA</b>
ÍNDICE .....	vi
ÍNDICE DE TABELAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMO .....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
1 INTRODUÇÃO .....	20
2 GEOLOGIA REGIONAL .....	28
3 LITOESTRATIGRAFIA .....	43
4 METAMORFISMO .....	78
5 GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	90
6 ANÁLISE DE MICROESTRUTURAS .....	127
7 CONCLUSÕES .....	136
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	138

# ÍNDICE

## PÁGINA

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
1.1 Objetivos .....	20
1.2 Localização e Vias de Acesso.....	21
1.3 Fisiografia .....	22
1.3.1 Clima .....	23
1.4 Métodos .....	23
1.4.1 Levantamento Bibliográfico.....	23
1.4.2 Interpretação de Lineamentos e Bases Topográficas .....	24
1.4.3 Trabalhos de Campo.....	25
1.4.4 Análise Petrográfica e Microtectônica .....	26
1.4.5 Geocronologia U-Pb.....	27
<b>2 GEOLOGIA REGIONAL .....</b>	<b>28</b>
2.1 Os Greenstone Belts da Porção Norte do Maciço de Goiás.....	30
2.2.1 Geologia Estrutural do <i>Greenstone</i> de Guarinos.....	32
2.3 Dados Geocronológicos dos Terrenos Granito-Greenstone Belts.....	37
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
<b>3 – LITOESTRATIGRAFIA.....</b>	<b>43</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	43
3.1.1 Análise de Mapas geológicos da Área.....	46
3.2 Terrenos Gnáissicos .....	49
3.2.1 - Complexo Caiamar .....	49
3.2.2 - Complexo Moquém .....	51
3.3 Greenstone Belt de Guarinos.....	53
3.3.1 Formação Serra do Cotovelo .....	53
3.3.2 Formação Serra Azul .....	55
3.3.3 Unidade A.....	58
3.3.4 Formação Cabaçal .....	60
3.3.5 Formação Aimbé .....	66

3.3.6 Formação São Patricinho.....	70
3.3.7 “Grupo Araxá”.....	72
<b>4 - METAMORFISMO .....</b>	<b>78</b>
4.1. Diagramas P x T.....	88
<b>5 - GEOLOGIA ESTRUTURAL .....</b>	<b>90</b>
5.1 Introdução.....	91
5.2 Quadro Geral das Estruturas em Mapa .....	92
5.3 Critérios para Identificação das Fases de Deformação .....	93
5.4 Principais Domínios.....	97
5.5 Fases de Deformação .....	100
5.5.1 Fase Dn-2.....	100
5.5.2 Fase Dn-1.....	103
5.5.3 Fase Dn.....	106
5.5.4 Fases pós Dn (Dn+1 e Dn+2) .....	122
<b>6 – ANÁLISE DE MICROESTRUTURAS .....</b>	<b>127</b>
6.1 Microestruturas e suas Relações com o Metamorfismo .....	128
<b>7 - CONCLUSÕES .....</b>	<b>136</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>138</b>



## ÍNDICE DE TABELA

Tabela 1. Principais Eventos Deformacionais no <i>greenstone belt</i> de Guarinos. *Lm=Lineação mineral e *Le=Lineação de estiramento .....	35
Tabela 2. Resumo de dados geocronológicos para os terrenos granito- <i>greenstone</i> do Maciço de Goiás. ....	39
Tabela 3.Comparação dos empilhamentos estratigráfico interpretado para o <i>Greenstone Belt</i> de Guarinos. ....	48
Tabela 4. Associações características de rochas pelíticas de zonas barrovianas (modificado de Yardley, 2004) .....	85
Tabela 5. Tabela discriminando detalhadamente a relação cinemática dos principais minerais das paragêneses do metamorfismo principal, destacando os diferentes estágios durante a fase Dn. ....	135

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Mapa de localização e Vias de acesso. Em retângulo preto esta a localização aproximada da área estuda.....	22
Figura 1.2- Imagem de Satélite Alos com traços em amarelos dos principais lineamentos, o polígono em preto identifica a área de estudo.....	25
Figura 2.1A- Mapa Geológico simplificado da porção centro-leste da Província Geotectônica Tocantins. 1 – Bloco arqueano de Crixás-Goiás, 2 – Terrenos Paleoproterozóicos de Almas-Natividade, 3 - Complexos máfico-ultramáficos, 4 – Complexo Anápolis-Itauçu, 5 – Arco Magmático de Goiás (PIMENTEL et al., 2004).....	29
Figura 2.2- Mapa geológico simplificado <i>do greenstone belt</i> de Guarinos (a) e do <i>greenstone belt</i> de Pilar de Goiás. Os mapas identificam as principais zonas de falha descrita pelos autores citado no texto. (Jost e Oliveira, 1991, redesenhado) .....	31
Figura 3.1- Mapa geológico simplificado da área estudada .....	45
Figura 3.2 – A) Foto da paisagem mostrando relevo em geral suave nas áreas de ocorrência do CCa. A linha preta indica o contato aproximado do Complexo Caiamar com a Formação Serra Azul, ao fundo, cujo relevo é caracterizado por morrotes e cristas. B) Afloramento de biotita-gnaiss, em lajedo, típico do Complexo Caiamar. Ponto (Gu-4-2). .....	50
Figura 3.3 – A) Amostra de biotita-gnaiss do Complexo Caiamar ponto (Gu-4-2). B) Fotomicrografia de gnaiss de composição granodiorítica, exibindo granulação média, textura granoblástica. Os cristais de plagioclásio mostram-se parcialmente saussuritizados. Abreviaturass: Pl=Plagioclásio, Bt=Biotita e Qtz=Quartzo (KRETZ, 1983). Base da fotomicrografia - 5mm. ....	50
Figura 3.4 – A) Foto da paisagem mostrando o contraste de relevo acentuado no domínio do GBG mais suavizado n domínio do Complexo Moquém (CM). B) Afloramento de muscovita-biotita-gnaiss do Complexo Moquém (AJM- 117). .....	52
Figura 3.5 – A) Afloramento de muscovita-biotita gnaiss do Complexo Moquém (AJM-106). Detalhe mostrando os cristais de quartzo estirados. B) Fotomicrografia de muscovita-biotita gnaiss do Complexo Moquém (GU-3-106). Abreviaturas: Kfs=K feldspato (KRETZ, 1983). Base da fotomicrografia – 5mm.....	52
Figura 3.6 – A) Bloco de serpentinito da Formação Serra do Cotovelo, (ponto AJM-575). B) Fotomicrografia de serpentinito, com predominância de serpentina 90%, com opacos (magnetita) perfazendo cerca de 10%. As fibras de serpentina possuem tamanhos variados, existindo algumas com máximo de 1mm de comprimento e outras, em maior abundância na rocha, muito finas (submilimétricas) (GU-6-15). Abreviaturass: Ctl=Crisotila, Mag=Magnetita (KRETZ, 1983). Base da fotomicrografia – 1,5mm.....	54
Figura 3.7 – A) Amostra de anfibólio xisto, Act=actinolita (GU-3-83). Rocha de coloração verde escura, estrutura foliada, em lâmina os minerais aciculares aparecem orientados, equigranular, pouco intemperizada. B) Fotomicrografia de actinolita xisto/anfibolito da Formação Serra do Cotovelo (GU-3-83c). A rocha apresenta estrutura xistosa, textura nematoblástica dada pela orientação de cristais de actinolita. Granulação fina, textura inequigranular, com cristais de actinolita e epidoto em meio a matriz de plagioclásio e quartzo. Base da fotomicrografia 5mm. ....	55
Figura 3.8– Foto da paisagem com visada para W, mostrando a feição de relevo que predomina na Formação Serra Azul (GU-3-1) .....	57

Figura 3.9 – Afloramento de anfibólio xisto da Formação Serra Azul, o plano da rocha é marcado pela foliação principal (Sn), mostrando alto mergulho (GU-3-7). .....	57
Figura 3.10 – A) Amostra de mão de anfibólio xisto (GU-3-3). B) Fotomicrografia de epidoto-actinolita anfibólito da Formação Serra Azul, (GU-3-5). Granulação fina, textura inequigranular, com cristais grandes de actinolita e epidoto (Ep) em meio a plagioclásio, titanita, e quartzo. Base da fotomicrografia – 5mm.....	57
Figura 3.11 – A) Amostra de mão de <i>metachert</i> da Formação Serra Azul (GU-5-13), mostrando leve bandamento marcado por maior concentração de opacos. B) Fotomicrografia de <i>metachert</i> ilustrando os aspectos bandado da rocha marcado por variação textural, controlada pela presença de bandas mais ricas em opacos. A cor de interferência dos grãos de quartzo está mais alta porque a lâmina está grossa. Base da fotomicrografia – 1,5mm.....	58
Figura 3.12 – Foto da paisagem tirada em cima da crista de formação ferrífera da subunidade Ca-4, mostrando aproximadamente o contato com a Formação Serra do Cotovelo. ....	62
Figura 3.13 – Foto da paisagem tirada em cima da subunidade Ca-4, mostrando a crista elevada devido aos BIF's. O contato das formações ferríferas desenha uma regra dos "V", mostrando o mergulho da camada para W-SW.....	62
Figura 3.14 – Foto de paisagem tirada de cima da subunidade Ca-2, mostrando as diferenças de relevo entre as subunidades Ca-3 e Ca4.....	63
Figura 3.15 – Foto de paisagem da subunidade Ca-2, mostrando a forma de relevo bem arrasada. A subunidade Ca-4 faz contato com o "Grupo Araxá". O traço em amarelo são as grandes estruturas de dobras antiformal e sinformal caracterizada nesta porção da área de fase Dn-1 (Capítulo 5, Geologia Estrutural).....	63
Figura 3.16 – A) Os gonditos apresentam estrutura compacta em amostra de mão. Rocha de coloração marrom escura, granulação fina, estrutura foliada, equigranular (GU-3-94). B) Em lâmina polida os gonditos apresentam estrutura foliada, com minerais orientados, textura granoblástica, inequigranular, granulação fina. Apresenta forte orientação mineral segundo foliação principal Sn, Grt=granda (espessartita). Base da fotomicrografia – 5mm.....	63
Figura 3.17 – Fotomicrografia de clorita-muscovita-quartzo xistos da subunidade Ca-1. Base da fotomicrografia – 5mm.....	65
Figura 3.18 – Fotomicrografia de biotita xisto da subunidade Ca-1 com raros cristais de anfibólio (Anf) e quantidade elevada de cristais de epidoto. Base da fotomicrografia – 1,5mm .....	65
Figura 3.19 – Fotomicrografia de clorita xisto com cloritas do tipo clinocloro e estrutura crenulada da subunidade Ca-1. Base da fotomicrografia – 5mm.....	66
Figura 3.20 – Fotomicrografia de clorita-anfibólio-quartzo xistos com cristais fortemente orientados e intercalados com material carbonoso da subunidade Ca-1 (Rt)=rutilo, (Ttn)=titanita. Base da fotomicrografia – 1,5mm.....	66
Figura 3.21 – A) Detalhe da amostra de especularita-quartzo xisto da Formação Aimbé (AJM-461). B) Detalhe da amostra de muscovita-magnetita xisto da Formação Aimbé. As bandas claras são níveis de muscovita e as bandas escuras são níveis de muscovita e de magnetita. Os cristais de muscovita sobrecrecem na foliação, identificando um crescimento pós tectônico (AJM-285). ....	68
Figura 3.22 – Os afloramentos para os litotipos da Aimbé são raros sendo mais comum a presença de blocos centimétricos a métricos dispersos I (AJM-279). ....	69
Figura 3.23 – Detalhe da amostra de hematita-clorita-muscovita xisto da Formação Aimbé (AJM-243). Os cristais de hematita com dimensões milimétricas possuem hábitos subedral a euhedral. ....	69

Figura 3.24 – A) Detalhe da amostra de muscovita-magnetita xisto com corte perpendicular ao plano do acamamento primário. As bandas claras são de cristais de muscovita e as bandas cinza são de magnetita com muscovita (AJM-209). As dobras na amostra são interpretadas como de fase Dn+1, pois esta afeta a foliação principal Sn. B) Fotomicrografia da amostra (AJM-209). Os cristais de muscovita sobrecrescem na foliação Sn, identificando um evento tectônico pós Dn. Base da fotomicrografia - 1,5mm. ....	69
Figuras 3.25 – A) Fotomicrografia de nicós paralelos. B) Fotomicrografia de nicós cruzados de clorita-magnetita-quartzo-muscovita xisto com turmalina (AJM-279). Nas muscovita é observado a feição de recristalização tardia após deformação principal Dn, a antiga foliação é marcada por filetes de opacos de forma lenticular. Base da fotomicrografia 1,5mm.....	70
Figura 3.26 – A) Vista parcial da área de ocorrência da unidade São Patricinho, identificando a feição de relevo aplainado (AJM-349) e ausência de afloramentos. B) Foto mostrando solo argiloso, avermelhado e bem espesso que se encontra dentro da Formação Patricinho RGU-518. ....	71
Figura 3.27 – Detalhe do afloramento de clorita-muscovita-quartzo xisto da Fm São Patricinho, a direção da caneta esta paralela à xistosidade da rocha (GU-6-66).....	72
Figura 3.28 – Amostra dispersa no local de muscovita-clorita xisto com porfiroblastos de magnetita, da Fm São Patricinho. As magnetitas apresentam tamanhos milimétricos a centimétricos (AJM-459). ..	72
Figura 3.29 – Foto de paisagem tirada na porção baixa da subunidade Ca-2. O “Grupo Araxá” ocorre nas porções mais elevadas do terreno e sua feição geomorfológica mais comum é na forma de escarpas. ....	74
Figura 3.30 – Afloramento de clorita-muscovita-quartzo xisto da unidade Araxá (AJM-153). A foliação metamórfica Sn esta dobrada pelo evento deformacional Dn+1. ....	74
Figura 3.31 – A) Fotomicrografia de clorita-muscovita-quartzo xisto da unidade Araxá em nicóis paralelos (RGU-35). B) Fotomicrografia em nicóis cruzados. A foliação Sn paralela ao bandamento composicional So, estão dobrados pelo evento deformacional Dn+1. Base da fotomicrografia – 5mm. ....	75
Figura 3.32 – A) Fotomicrografia de biotita-clorita-muscovita xisto com porfiroblastos hipidiomórficos de biotita, crescidas perpendicularmente à foliação (AJM-231). Base da fotomicrografia – 5mm. B) Fotomicrografia de detalhe do porfiroblastos hipidiomórficos de biotita. Observa-se que o pórfiro imprime a foliação metamórfica Sn marcada pelos minerais de muscovita e cristais lenticulares de opaco. Base da fotomicrografia – 1,5mm. ....	75
Figura 3.33 – Afloramento de quartzito da unidade Araxá (AJM-263). A rocha possui bandas centimétrica a métrica de camadas de composição mais micáceas. ....	76
Figura 3.34 – Detalhe do afloramento de muscovita-quartzo xisto com intercalações de xisto carbonoso (AJM-188). ....	76
Figura 3.35 – Mapas geológicos confeccionados para a Faixa Guarinos .....	77
Figura 4.1 – Fotomicrografia de gnaiss granodiorítico, mostrando em seu centro feição retrometamórfica de muscovitização (AJM-117). A) polarizadores paralelos B) cruzados Base da foto – 5mm.....	81
Figura 4.2 – Fotomicrografia de gnaiss milonitizado (polarizadores paralelos) com grande quantidade de cristais de epidoto do tipo clinzoisita próximo à Zona de Cisalhamento Carroça (TF-E-169). Base da foto – 5mm.....	82
Figura 4.3 – Fotomicrografia de muscovita xisto localizado entre os gnaisses do embasamento e metabásicas da base da seqüência <i>greenstone</i> (polarizadores paralelos) (TF-E-333). Base da foto – 5mm.....	82

Figura 4.4 – Fotomicrografia de actinolita xisto da Formação Serra do Cotovelo (Gu-3-81), mostrando alteração de plagioclásio para epidoto. Base da foto – 5mm. ....	83
Figura 4.5 – Fotomicrografia de actinolita anfibolito da Formação Serra Azul (Gu-3-5), mostrando a clorita bordejando a hornblenda e daí sugerindo que uma passa para outra. Base da foto – 5mm. ....	83
Figura 4.6 – Fotomicrografia de biotita-clorita-quartzo xisto da subunidade Ca-1 da Formação Cabaçal (TF-E-229). Polarizadores paralelos evidenciando cristais de biotita e clorita em equilíbrio Base da foto – 5mm. ....	86
Figura 4.7 – Fotomicrografia de muscovita-magnetita xisto da Formação Aimbé (AJM-283). Polarizadores cruzados evidência cristais de muscovita crescidos pós foliação. Os cristais lenticulares de opaco preservam a orientação pretérita da antiga deformação. Base da foto – 1,5mm. ....	86
Figura 4.8 – Fotomicrografia de cloritóide-clorita-muscovita-quartzo xisto da Formação Aimbé de topo (AJM-353). Polarizadores paralelos evidenciando porfitoblastos de cloritóide de até 1cm de comprimento. Base da foto – 5mm. ....	86
Figura 4.9 – Fotomicrografia de <i>metachert</i> da subunidade Ca-2 da Formação Cabaçal (AJM-285). Base da foto 5mm. ....	87
Figura 4.10: Diagrama PT apresentando as fácies metamórficas. A área em verde indica aproximadamente as condições do auge do metamorfismo principal. Legenda: A-E HF, albita-epidoto-hornfels; HB HF, hornblenda-hornfels; PX HF, piroxênio-hornfels.(limites das facies de acordo com Yardley, 2004). ....	89
Figura 4.11: Diagrama P-T mostrando as principais zonas metamórficas. A área em verde representa as condições de metamorfismo para as rochas do GBG e do “Grupo Araxá” (campos de acordo com Hyndman, 1972). ....	89
Figura 5.1 – Figura esquemática das fases deformacionais interpretada para porção sul do <i>greenstone</i> de Guarinos. A foliação Sn, considerada como principal neste trabalho é plano marcador das estruturas pré e pós Dn. A estrutura planar Sn, em geral de baixo ângulo, pertuba as fases antiga e é afetado pelas deformações mais novas. PA=(Plano Axial). ....	96
Figura 5.2 – Mapa ilustrando grandes unidades litoestratigráficas e as divisões em domínios estruturais baseados principalmente na atitude da foliação principal Sn. ....	99
Figura 5.3 – Quartzito com intercalações de xisto carbonoso da Formação Cabaçal Ca-2 (AJM-159). Embora a foto não esteja muito clara, neste ponto é possível observar o So//Sn-2, marcado por camadas mais micáceas dobradas pela fase Dn-1. As medidas do plano axial Dn-1 e da foliação são respectivamente 238/60 e 218/30. ....	101
Figura 5.4 – Afloramento de quartzo-clorita-muscovita xisto com magnetita da Formação Aimbé (AJM-185). A foliação Sn-2 marcado por micas esta sendo crenulado pela foliação principal (Sn), são raros os afloramentos que expõe essa relação de corte. As atitudes no afloramento de Sn-2 e Sn são respectivamente 72/35 e 172/30. ....	101
Figura 5.5 – A) Fotomicrografia com nicóis paralelo de clorita-quartzo-muscovita xisto da unidade Araxá. B) Fotomicrografia com nicóis cruzados de clorita-quartzo-muscovita xisto da unidade Araxá. Foliação Sn-2 preservada na foliação Sn, formando arcos poligonais. Base das fotomicrografias – 1,5mm. ....	102
Figura 5.6 – Estereograma mostrando a orientação preferencial do So//Sn-2. A) Evidência a dispersão de So//Sn-2 delineando a Antiforme Aimbé com eixo de 181/23. B) A dispersão de So//Sn-2 delineia dobras com eixo de atitude 154/13 na porção central do GBG. Essas dobras são originadas na fase deformacional Dn-1. ....	102

Figura 5.7 – Amostra orientada de anfibólio xisto encontrada no Ca-2 da Cabaçal (AJM-418). Bandas milimétricas de quartzo e anfibólio+clorita marcando o So. O plano axial das dobras apresenta atitude 25/80, gerado pela deformação Dn-1. ....	105
Figura 5.8 – Fotomicrografia da amostra anfibólio xisto (AJM 418). Bandas claras marcada por cristais de quartzo e escura por anfibólio e clorita. Base da fotomicrografia 1,5mm. ....	105
Figura 5.9 - Fotomicrografia de clorita-muscovita-quartzo xisto com material carbonoso, da unidade Cabaçal Ca-2 (AJM-286). A clivagem de crenulação da foliação Sn-1 é marcada por muscovita e clorita. Base da foto 1,5mm. ....	105
Figura 5.10 – Figura 5.10 – Fotomicrografia de biotita-muscovita-quartzo xisto da unidade Araxá (AJM-229), mostrando a clivagem de crenulação de Sn-1, dobrada pelo plano tectônico Sn. Essa crenulação (Sn-1) é formada principalmente pela orientação de muscovita e biotita, com septos marcados por muscovitas. Base da foto 1,5mm. ....	105
Figura 5.11 – Os estereogramas das estruturas planares (So//Sn-2) e (Sn) inseridas na grande estrutura Antiformal Aimbé. Observa-se que as orientações preferenciais no flanco E possuem diferentes atitudes, ao contrário do flanco W que apresenta duas orientações preferenciais para Sn. Em W a dispersão de Sn se deve a falha de geração Dn+1 que perturba o plano da foliação principal. Com os pólos da guirlanda gerou-se as orientações preferenciais dos eixos Dn-1 e Dn+1 (coluna da direita). ....	106
Figura 5.12 – Afloramento de formação manganésifera da subunidade Ca-2 da Formação Cabaçal (AJM-126). Dobra de fase Dn com plano axial paralelo à foliação Sn, observada no domínio 1. Neste ponto a atitude do plano Sn e do eixo Dn são, respectivamente, 210/30 e 278/20. ....	108
Figura 5.13 – Afloramento de quartzito micáceo da unidade Araxá (AJM-221). Dobra Dn padrão em S, com plano axial paralelo a foliação Sn. As atitudes do plano e eixo são, respectivamente, 230/35 e 270/28. ....	108
Figura 5.14 – Afloramento de quartzito da unidade Araxá (AJM-416). A dobra apertada da fase Dn com ângulo inter-flancos de aproximadamente 15 graus. ....	109
Figura 5.15 – Amostra orientada de quartzito micáceo da unidade Araxá (AJM-413). Ilustra superposição de dobras da fase Dn-1 por dobras da fase Dn (padrão em laço), evidenciando redobramento de estruturas. ....	109
Figura 5.16 – Afloramento de xisto carbonos da formação Cabaçal Ca-2 (AJM-228). Na rocha são observados cristais de tamanhos centimétrico de granada e sobre a foliação Sn são observadas duas lineações minerais, embora não nítida na foto, uma está marcada por moldes de cristais prismáticos de anfibólio com atitude 230/30 ( <i>down dip</i> ), e segunda estrutura linear marcada por minerais de mica com atitude de 130/03. ....	110
Figura 5.17 – Estereogramas das orientações preferenciais da foliação Sn para os domínios 1 e 2, das unidade do GBG e do “Grupo Araxá”. ....	111
Figura 5.18 – Estereograma de contorno mostrando as orientações preferenciais das lineações minerais observadas para o domínio 1. ....	111
Figura 5.19 – Estereograma de contorno mostrando as orientações preferenciais das lineações de interseção (So//Sn-2 e Sn) paralelo aos eixos de dobras Dn observados no domínio 1. ....	111
Figura 5.20 – Estereograma mostrando as orientações preferenciais das lineações minerais no domínio 2. ....	112
Figura 5.21 – Estereograma mostrando as orientações preferenciais das lineações interseção paralelo a eixo das dobras Dn no domínio 2. ....	112



Figura 5.22 – A) Estereograma mostrando as orientações de Sn no contexto domínio 3. A dispersão em guirlanda permite reconhecer o eixo da fase Dn+1. B) Estereogramas com atitudes preferências da foliação Sn nos flancos W e E da estrutura Antiformal Aimbé, caracterizando a dobra de fase Dn+1.....	113
Figura 5.23 – Afloramento de xisto carbonoso da subunidade Ca-3 da Formação Cabaçal (AJM- 200). A foliação Sn é afetada por deformação pós Dn (Dn+1), eixo e o plano axial desta deformação são respectivamente 170/10 e 90/80.....	114
Figura 5.24 – Afloramento de muscovita-quartzo xisto da unidade Araxá (AJM-162). A foliação Sn também é afetada pela fase Dn+1, eixo e o plano axial desta deformação são respectivamente 178/07 e 260/82.....	114
Figura 5.25 – Afloramento de talco-tremolita-xisto da Formação Serra do Cotovelo (AJM-65). Embora a foto não seja muito nítida, neste local a foliação Sn é dobrada pela fase deformacional Dn+1, que gera foliação plano axial Sn+1. As medidas dos plano Sn e Sn+1 são respectivamente 312/40 e 278/70.....	115
Figura 5.26 – Fotomicrografia de biotita-quartzo-muscovita xisto com turmalina (AJM-110). A foliação Sn é marcada por lamelas de muscovita e são crenuladas pela fase deformacional Dn+1, desenvolvendo uma clivagem de crenulação Dn+1. Durante a fase Dn+1 ocorre a recristalização completa de quartzo e parcial de muscovita.....	115
Figura 5.27 – Veio de quartzo de direção N-S com dimensões decamétricas em muscovita-clorita xisto, no contato entre Formação Serra do Cotovelo e a Formação Aimbé (AJM-69).....	116
Figura 5.28 – Estereograma mostrando as orientações preferenciais de Sn nas porções norte e sul do domínio 4. A variação das medidas de Sn e dos eixos Dn+1 pode estar relacionado a deformação Dn+2.....	116
Figura 5.29 – Estereograma mostrando as duas orientações preferenciais do Sn no contexto do domínio 4. A dispersão das medidas para todo o domínio 4 permite reconhecer o eixo geral da fase Dn+1.....	117
Figura 5.30 – Afloramento de muscovita gnaiss do Complexo Moquém com textura milonítica (AJM-555). A orientação da foliação Sn na zona de falha é de 235/80.....	118
Figura 5.31 – Afloramento de clorita-biotita xisto da sequência <i>greenstone</i> próximo ao contato do Complexo Moquém (AJM-558). A foliação Sn nesta porção apresenta atitude de 245/70, mostrando um padrão lenticularizado indicando um caráter milonítico.....	118
Figura 5.32 – Estereograma de contorno de medidas mostrando a orientação preferencial das lineações minerais e de estiramento para o domínio 5. Identifica-se o predomínio da direção NW –SE sugerindo um movimento de caráter direcional nesta zona de cisalhamento.....	118
Figura 5.33 – Estereograma mostrando a orientação preferencial da foliação Sn para o domínio 5.....	118
Figura 5.34 – Sessão de estereogramas das estruturas de fase Dn nas diferentes unidades.....	121
Figura 5.35 – Afloramento de clorita-quartzo xisto (AJM-100). Rocha intercalada na Formação Serra do Cotovelo, apresentando a relação das foliações Sn e Sn+1.....	124
Figura 5.36 – Afloramento de quartzito da unidade Araxá (AJM-309). A figura esquemática no canto direito da foto ilustra as relações de estruturas encontradas em afloramento. A Dobra Dn+1 com foliação plano axia, definida pela forma alongada de cristais de quartzo.....	124
Figura 5.37 – Estereograma da fase Dn+1 com atitudes de plano axial e da foliação. As dispersões das medidas mostram duas orientações preferências, a mais marcante com atitude 262/81 e outra secundaria com atitude 88/80.....	125

Figura 5.38 – Estereograma da fase Dn+1 com atitudes de eixo e lineação de crenulação .....	125
Figura 5.39 – Afloramento de xisto carbonoso da subunidade Ca-3 da Formação Cabaçal (AJM-491). As lineações de crenulações aparecem no plano da foliação principal Sn e as atitudes dessas estruturas lineares da fase Dn+1 e Dn+2 são respectivamente 175/10 e 220/30 .....	126
Figura 6.1 – A) Fotomicrografia de biotita-clorita-muscovita-quartzo xisto do Araxá (GC-239). B) Fotomicrografia de biotita-muscovita-quartzo xisto da Ca-1 Cabaçal (GC-242). Nas duas unidades é observada a geração de cristais de biotita tardi Dn, crescidos obliquamente à foliação principal. Base das fotomicrografias 1,5mm. ....	129
Figura 6.2 – Fotomicrografia de biotita-sericita xisto com material carbonoso da Ca-1 da Cabaçal (GC – 17). Entende-se que a granada de espessartita nesta situação foi rotacionada durante a geração da foliação Sn, marcada por micas e material carbonoso. Base da fotomicrografia 5,0mm. ....	129
Figura 6.3 – Fotomicrografia de granada-clorita-muscovita xisto da Formação Aimbé (topo) (AJM-357). A) O porfiroblasto de granada com corte próximo ao núcleo, com feição sigmoidal das inclusões de opacos. B) Na borda do cristal (menor tamanho) as inclusões se orientam aproximadamente com foliação externa da matriz. Base das fotomicrografias 5,0mm. ....	131
Figura 6.4 – Fotomicrografia de granada quartzito da Ca-1 da Formação Cabaçal (TG-331). Os cristais de quartzo definem Sn que se amolda ao porfiroblasto de granada evidenciando que essas granadas são pré ou sin Dn. Base da fotomicrografia 5,0mm. ....	131
Figura 6.5 – Fotomicrografia de magnetita-muscovita-quartzo xisto da Formação Aimbé (AJM-138). Nas magnetitas ocorre a formação de sombras de pressão com crescimento de muscovita. Base da fotomicrografia 5mm. ....	132
Figura 6.6 – Fotomicrografia de cloritóide-clorita-muscovita xisto da Formação Aimbé (AJM-176). O porfiroblasto de cloritóide cresce sobre os filetes de opacos que estão orientados segundo a foliação Sn. Observa-se que os filetes de opacos não sofre desvio nas extremidades do cristal. Nota-se também que a muscovita também res cristalizou pós-Dn, pois forma cristais não orientados que sobrecrecem a foliação Sn definida por opacos. Base da fotomicrografia 5mm. ....	134
Figura 6.7 – Fotomicrografia de granada-muscovita-biotita-quartzo xisto do “Grupo Araxá”. Os porfiroblasto de granada pós-Dn com formas euédricas a subeuédricas crescem sobre o plano da foliação principal (Sn). Base da fotomicrografia 1,5mm. ....	134



## RESUMO

Na porção norte do Maciço de Goiás são reconhecidas três faixas *greenstone belt* de idades arqueano/paleoproterozóicas denominadas de Crixás, Guarinos e Pilar de Goiás. A área em estudo está inserida na porção sul do *Greenstone belt* de Guarinos, sendo limitada a oeste e leste, através de contatos tectônicos, pelos gnaisses dos Complexos Caiamar e Moqué, respectivamente. O mapeamento geológico possibilitou uma individualização das unidades litológicas com nova interpretação do empilhamento estratigráfico bem como a caracterização de feições estruturais da área. O empilhamento das unidades foi dividido da base para topo nas formações Serra do Cotovelo (metaultramáfica); Serra Azul (metamáfica); Unidade A (associação de rochas metaultramáficas, metamáficas e psamo-pelíticas); Cabaçal (xistos carbonosos com formações ferríferas e gonditos) subdividida em Ca-1, Ca-2, Ca-3 e Ca-4; Aimbé, com uma subunidade inferior (formações ferríferas bandadas ricas em muscovita) e outra superior (metapelitos associados esporadicamente a formações ferríferas fácies óxidos); e São Patricinho (metapelitos, subordinadamente gonditos). Embora diversos trabalhos da literatura descrevam este empilhamento do *greenstone* de Guarinos como invertido, neste trabalho considera-se a sequência apresentada como normal devido, à ausência de estruturas geopetálicas, que pudessem mostrar a polaridade estratigráfica do pacote, e de estruturas tectônicas que indicassem situação de flanco invertido.

Um pacote de metassedimentos psamopelíticos atribuídos na literatura ao “Grupo Araxá” está sobreposto à sequência vulcanossedimentar através de uma descontinuidade, interpretada neste trabalho como uma discordância estratigráfica e não como falha de empurrão de baixo ângulo, como descrito na literatura. Durante o mapeamento geológico não foram identificadas feições estruturais de comportamento dúctil como milonitização e/ou rúptil como brechação no contato entre o “Grupo Araxá” e os litotipos do *greenstone belt* de Guarinos. A compreensão da geometria e a superposição de estruturas permitiram caracterizar cinco eventos deformacionais, sendo dois pretéritos (Dn-2 e Dn-1) à fase deformacional principal (Dn), reconhecida em todos os litotipos, e dois pós-Dn (Dn+1 e Dn+2). A fase Dn é responsável por uma foliação principal (Sn), bem desenvolvida

nas rochas vulcanossedimentares e nos metassedimentos do “Grupo Araxá”, que apresenta orientação preferencial variada ao longo da área permitindo a individualização de cinco domínios tectônicos e, com isso, a correlação das estruturas nas duas unidades. A fase Dn-2 é responsável pela formação de uma foliação mais antiga (Sn-2) que ocorre paralela ao bandamento composicional So e esta superfície (So//Sn-2) é afetada pela fase Dn-1, delineando grandes dobras como a Antiforme Aimbé, na porção sul do *greenstone*. A deformação Dn+1 mostra uma progressão da intensidade da deformação que aumenta de E para W, culminando na descontinuidade tectônica que separa as unidades Serra do Cotovelo e Serra Azul das demais unidades estratigráficas. A fase Dn+2 ocorre de forma incipiente sendo ainda pouco compreendida, devido à escassez de dados. Neste trabalho levanta-se a hipótese de que Dn+2 seria responsável pela mudança da direção geral do *greenstone belt* de NW, no segmento norte, para NS, no segmento sul.

As rochas apresentam condições de fácies xisto verde, desde a zona da biotita, no sul, até a zona da granada, no norte da área estudada. A análise microtectônica evidencia que os minerais que definem o auge metamórfico apresentam crescimento tardi a pós-Dn, tanto para o *Greenstone* de Guarinos quanto para a sequência metassedimentar do “Grupo Araxá”.

**Palavras-chave:** Greenstone belt de Guarinos, Caracterização Estrutural, Mapa Geológico, Metamorfismo.

## Abstract

In the North portion of the Maciço de Goiás three greenstone belt of Archaean/Paleoproterozoic age are recognized, namely: Crixás, Guarinos and Pilar de Goiás. The study area is located on the southern portion of the Guarinos Greenstone Belt, and is delimited by faults to the west and east with the gneiss of the Caiamar Complex and Moquém Complex, respectively. The geological mapping allowed the individualization of lithological units, new interpretation of the stratigraphic stacking and the description of structural features found in the area. Previous studies describe the stratigraphic stacking of the Guarinos Greenstone Belt as inverted. However, in this work, the stacking is interpreted as normal, due to the lacking of geopetalic and tectonic structures that could indicate top and basis of the sequence. The stratigraphic stacking was divided, from basis to top in Serra do Cotovelo Formation (metaultramafic); Serra Azul Formation (metamafic); Unit A (metaultramafic, metamafic and psammo pelitic association); Cabaçal Formation (carbonous schists with iron formations and gondites), which was subdivided in Ca-1, Ca-2, Ca-3 and Ca-4; Aimbé Formations, which contains a basal (banded iron formations, rich in muscovite) and a top subunit (metapelites, associated with rare iron formations, oxide facies); and São Patricinho Formation (metapelites, with subordinated gondites). Although several studies in the literature describe this stacking of the greenstone Guarinos as inverted, this paper considers the sequence presented as normal due to the lack of *geopetalicas*, which could show the polarity of the stratigraphic package, and tectonic structures to indicate status limb inverted.

A package of metasediments in the literature psammo pelitic assigned to the Group Araxá volcanic sedimentary is superimposed on the sequence through a discontinuity, interpreted this work as a disagreement rather than stratigraphic thrust fault low angle, as described in the literature. During the geological mapping, neither ductile (e.g., mylonites) nor brittle (e.g., breccias) structures were recognized at the contact between the “Araxá Group” and lithotypes of the greenstone belt of Guarinos. The geometry and superposition of structures enabled the characterization of five deformational events, two pre-tectonic (Dn-2 and Dn-1), a main deformational event (Dn), represented by a ubiquitous foliation (Sn) recognized in all outcrops, and two

post-tectonic ( $D_{n+1}$  and  $D_{n+2}$ ).  $S_n$  occurs both in volcano-sedimentary rocks and in metasediments of Araxá Group. The oldest foliation ( $S_{n-2}$ ) recognized in the area occurs parallel to the compositional layering ( $S_0$ ). When affected by  $D_{n-1}$  event,  $S_{n-2}$  traces large scale folds, such as Aimbé Antiform at the southern portion of the greenstone belt. The  $D_{n+1}$  deformation is interpreted as a progressive deformation, which increases in intensity from E to W, culminating on the angular unconformity that separate the ultramafic/mafic rocks from the rest of the stratigraphic stacking. The  $D_{n+2}$  phase occurs incipiently on the greenstone belt rocks and it is still poorly understood due to the lack of data. In this work, it is interpreted that  $D_{n+2}$  is responsible for the actual, NW-SE, morphology of the greenstone belt.

The rocks exhibit greenschist facies conditions, from the biotite zone in the south to the area to garnet zone in the northern study area. The analysis shows that microtectonics minerals that define the peak metamorphic growth have *tardi* to post  $D_n$ , both of Greenstone Guarinos metasedimentary sequence as for the "Group Araxa".

# 1 INTRODUÇÃO

---

Os *greenstone belts* arqueano/paleoproterozóicos de Crixás fazem parte do bloco Arqueano do Maciço Mediano de Goiás, exposto na porção central do cinturão Neoproterozóico da faixa Brasília. São representados por três faixas principais de sequências vulcanossedimentares, conhecidas como *greenstone belts* de Crixás, Guarinos e Pilar de Goiás.

A região é uma importante província aurífera do Brasil, inicialmente explorada por Bandeirantes, e a partir de meados da década de 70 passou a ser alvo de diversos estudos, com enfoque em geoquímica, estratigrafia e geologia econômica. No entanto, somente na década de 90 é que se iniciaram os trabalhos com ênfase em geologia estrutural.

Apesar da região já ter sido alvo de inúmeros trabalhos sobre a geologia dos três *greenstone belts*, ainda restam diversas questões que carecem de melhor entendimento, dentre as quais, a geologia estrutural.

O trabalho apresentado nesta dissertação de mestrado foi realizado nas rochas da porção sul do *greenstone belt* de Guarinos que é limitado a leste e a oeste por gnaisses do Complexo Moquéim e do Complexo Caiamar, respectivamente, estando todo o conjunto exposto abaixo de metassedimentos atribuídos ao “Grupo Araxá”.

São apresentados novos dados cartográficos e de geologia estrutural, com base em inúmeras informações obtidas em etapas de campo e estudos detalhados de microestruturas, que contribuem para uma nova interpretação do empilhamento do *greenstone belt* de Guarinos.

## 1.1 Objetivos

O principal objetivo do presente trabalho é caracterizar a estruturação das rochas na porção sul do *greenstone belt* de Guarinos através de levantamento estrutural detalhado em áreas-chave e análise microtectônica.

Além disso, busca-se identificar e hierarquizar as estruturas da área, indicando-se critérios que permitam distinção entre deformações mais novas das mais antigas.

Por se tratar de uma sequência portadora de mineralizações de ouro, o entendimento do controle estrutural e uma melhor compreensão dos processos tectono-metamórficos envolvidos é de fundamental importância para os trabalhos prospectivos desenvolvidos na região.

## **1.2 Localização e Vias de Acesso**

A área de estudo se localiza na região centro-noroeste do Estado de Goiás, entre os paralelos 14°44' e 14°54' de latitude sul e meridianos 49°46' e 49°36' de longitude oeste, correspondendo uma área de 220,1 Km<sup>2</sup>. A cidade de Itapaci é o principal município na região, situada a cerca de 280 Km de Brasília e 221 Km de Goiânia. Outras localidades menores são Guarinos e Pilar de Goiás que pertence a folha topográfica Itapaci (SD.22-Z-A-VI) de escala 1:100.000.

O sistema viário a partir de Goiânia é feito pela rodovia federal BR-153, na qual segue-se até o acesso da via estadual GO-154, rumando se assim para Pilar de Goiás. Em Pilar de Goiás o acesso à porção norte da área é feita por estrada vicinal.

A partir de Brasília o trajeto é feito pela rodovia estadual DF-95 (Brasília/Ceilândia), BR-70 (Ceilândia/acesso a BR-153), BR-153 (BR-153/acesso a GO-154), GO-154 (GO-154/Pilar de Goiás) (**Figura 1.1**).

Na área de trabalho a diversidade de estradas vicinais deve-se à quantidade de sítios e fazendas, que acabam se interligando entre essas passagens, facilitando assim abrangência no número das descrições durante o trabalho de mapeamento.

Os córregos presentes na área, como Cabaçal, Taquaral, Frio, Burê, Vermelho, Vinagre e como tantos outros sustentam os corpos de maior volume de água, representados pelos rios Moquém e Caiamar.

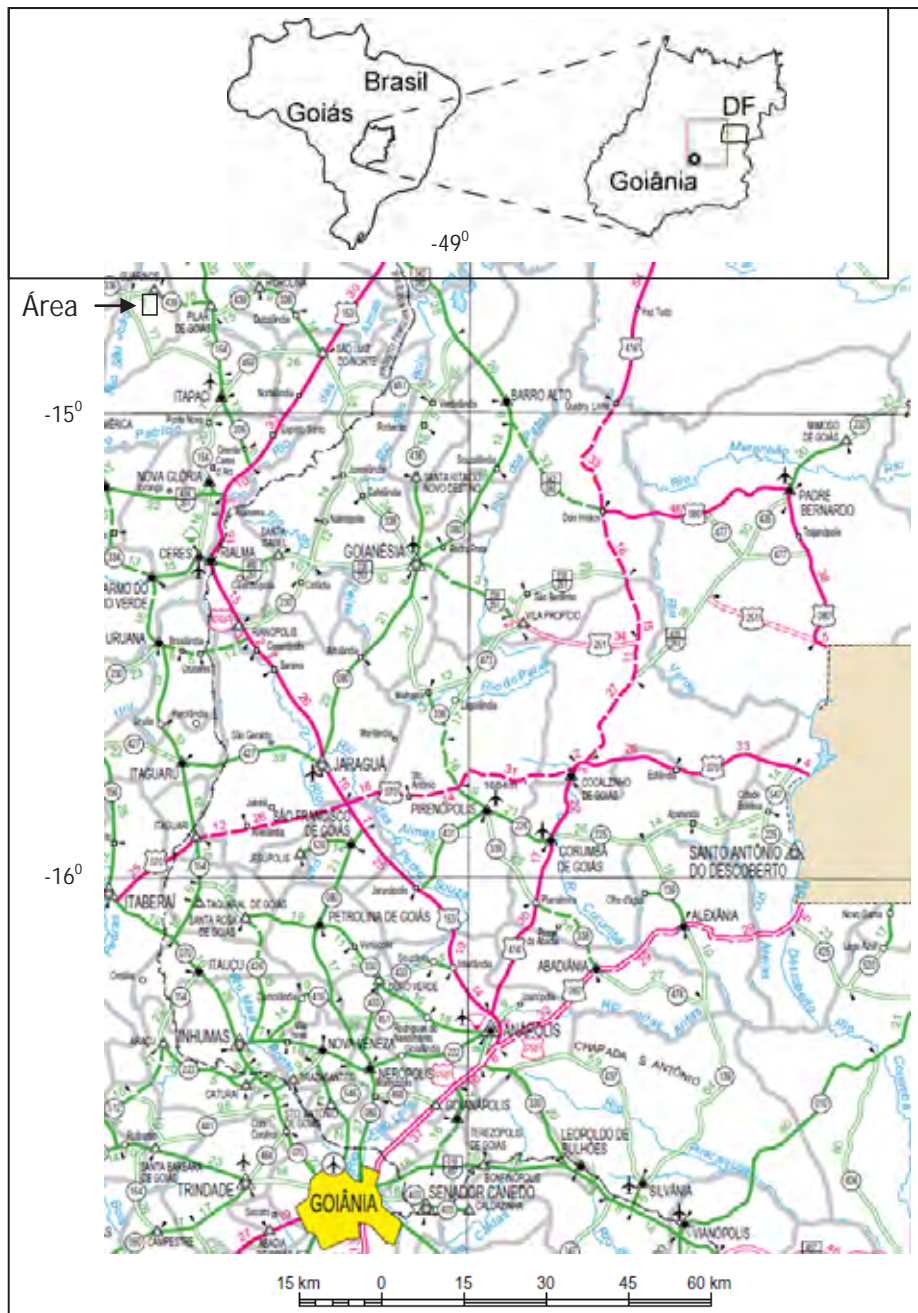


Figura 1.1 – Mapa de localização e Vias de acesso. Em retângulo preto esta a localização aproximada da área estudada.

### 1.3 Fisiografia

O contexto geomorfológico da área de estudo encontra-se no limite entre o Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba e a Depressão do Araguaia. A composição litológica é bastante variada, sendo construída por rochas do tipo granito-*greenstone*



*belt* de idade arqueana/paleoproterozóica e rochas metassedimentares neoproterozóicas do “Grupo Araxá”.

Os terrenos arqueanos/paleoproterozóico sobressaem na paisagem regional, sustentando serras e delineando cristas com direções NS e NW-SE (BRASIL, 1981). Os terrenos granito-gnáissicos ocorrem ora como depressões, e ora em serras. As formas no relevo mais tabulares são representadas pelas rochas metassedimentares do “Grupo Araxá”.

### 1.3.1 Clima

Região de temperaturas elevadas e baixa umidade relativa do ar. Os meses mais quentes do ano são agosto e setembro, com temperaturas médias acima dos 30°C. Nesta época são comuns as queimadas que ocorrem nas serras, favorecidas pelo ar e vegetação secas. A época das chuvas se concentra entre os meses de outubro a fevereiro e o período de inverno se mostra pouco expressivo na região.

## 1.4 Métodos

O trabalho foi dividido em seis etapas para se alcançar os objetivos propostos, sendo eles:

### 1.4.1 Levantamento Bibliográfico

Foram pesquisados artigos em periódicos, dissertações e teses contendo temas que expusessem a geologia regional e local da área, bem como assuntos de interesse conceitual sobre geologia estrutural, caracterização metamórfica, geocronologia, microtectônica e terrenos *greenstone belt*. O levantamento bibliográfico se desenvolveu durante todo o período de execução da dissertação. Também foram pesquisados fóruns na internet para eventuais dúvidas do programa ArcGis 9.3.



#### 1.4.2 Interpretação de Lineamentos e Bases Topográficas

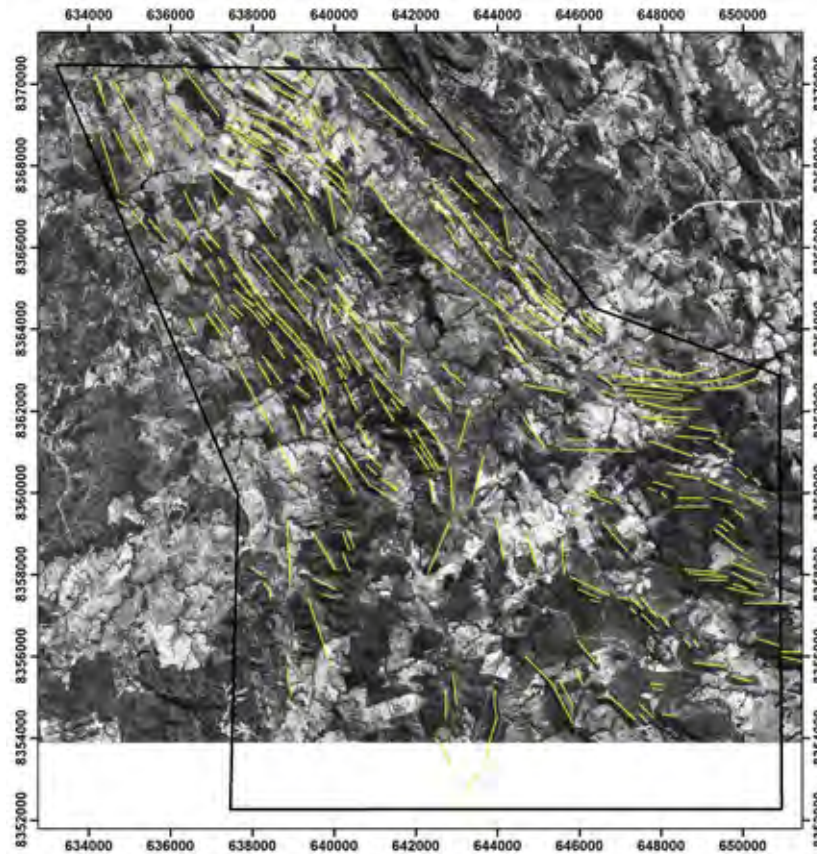
A visualização dos principais lineamentos dentro do contexto estudado ajudou a confeccionar o mapa com as orientações preferenciais. Este mapa veio a orientar nos trabalhos de geologia estrutural.

Na imagem da **Figura 1.2** observa-se a orientação preferencial NW-SE no terreno *greenstone*, com variações de lineamentos NS e EW respectivamente nas porções sul e centro leste. Esses lineamentos na paisagem são indicativos de descontinuidades tectônica, traços de foliações, inclinação de camadas, contatos geológicos e truncamento de camadas, sendo as três últimas feições, em sua maioria, representados por cristas e morrotes de unidades geológicas com dimensões métricas a quilométricas,

As imagens de sensores LANDSAT e SRTM foram obtidas nos sites do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e no SIEG (Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás). Também foram cedidas imagens de satélites ALOS pela empresa Yamana Gold durante o período de mapeamento.

As base topográfica utilizada, folha na escala 1:100.000 (Folha Itapaci SD.22.Z.A.VI) editada pelo DSG (Diretoria de Serviço Geográfico do Exército) foi usada para confecção de um mapa base para uso no campo.

As imagens, juntamente com a folha topográfica, foram trabalhadas na base de dados SIG (Sistema de Informação Geográfica) com a utilização do programa ArcGis 9.3. O conteúdo do *software* é dividido em ArcMap, ArcCatalog e ArcToolbox, com esses três aplicativos pode-se executar tarefas no SIG, incluindo mapeamento, administração de dados, análise geográficas, edição de dados e geoprocessamento.



**Figura 1.2-** Imagem de Satélite Alos com traços em amarelos dos principais lineamentos, o polígono em preto identifica a área de estudo.

### 1.4.3 Trabalhos de Campo

Os trabalhos de campo foram realizados em seis etapas, a primeira iniciada em julho de 2009 e a última em janeiro de 2011. Cada fase teve duração de aproximadamente 20 dias, tendo-se percorrido a maior parte do terreno a pé devido as condições irregulares do terreno e seus difíceis acessos. A infraestrutura e o transporte foram cedidos pela empresa de mineração Yamana Gold que atua com trabalho de exploração nos *greenstones* de Guarinos e Pilar de Goiás. A sede da empresa localiza-se na área rural do município Pilar de Goiás, próxima a rodovia estadual GO/154.

Todas as fases de campo tiveram como principal objetivo o mapeamento de camadas de litotipos, levantamento de dados estruturais, levantamento da geometria das principais estruturas encontradas na região, reconhecimento de domínios

estruturais e coleta de amostras, que foram orientadas em campo e posteriormente utilizadas nos estudos de petrografia e análise de microtectônica. O acervo estrutural, com o importante complemento de informação gerado durante o mapeamento em escala 1:25.000 realizado em 2009 pela disciplina Mapeamento de Áreas Cristalinas por alunos do Curso de Geologia da Unesp, integrou parte dos dados desta dissertação.

Durante as etapas finais de trabalho de campo foram realizados os Trabalhos de Conclusão de Curso dos alunos de graduação Felipe R. Lopes (2010) e Erika S. Bertanha (2010) que resultaram na confecção de dois mapas geológicos na escala 1:10.000, realizados nas porções central e centro sul do greenstone de Guarinos, contando com a co-orientação do mestrando Alex J. C. A. Silva e do Prof. Dr. Luiz Sérgio Amarante Simões. Os dados levantados pelos alunos foram integrados nesta dissertação.

Com a integração dos dados adquiridos nas etapas anteriores com os mapas realizados em 2009 e 2010 elaborou-se Mapa Geológico, Mapa Estrutural e Mapa de Afloramentos Estudados na escala 1:50.000. Entretanto a escala trabalhada em campo se concentrou em 1:25.000.

#### 1.4.4 Análise Petrográfica e Microtectônica

Das amostras coletadas, tanto orientadas como não orientadas, confeccionaram-se lâminas polidas e delgadas, com os objetivos de;

- caracterização litológica e metamórfica;
- avaliação das condições de metamorfismo;
- análise microtectônica, visando o entendimento cinemático e a determinação da relação temporal entre o crescimento dos principais minerais metamórficos e as fases de deformação;
- caracterização dos diferentes tipos e tamanhos de zircões para amostragem geocronológica.

- Foram utilizadas lâminas petrográficas dos trabalhos de conclusão de curso de Erika S. Bertanha, Felipe R. Lopes e as do trabalho de campo de 2009. Essas lâminas possuem as respectivas identificações GC (Guarinos Central) e número do

ponto, RGU (Righeto Guarinos) e número do ponto e GU (Guarinos) seguido do número do grupo mais o número do ponto.

#### 1.4.5 Geocronologia U-Pb

Foram feitas lâminas delgadas das amostras para verificar a ocorrência de zircões e suas feições morfológicas. Comprovada a existência dos cristais de zircão, as amostras foram preparadas no laboratório do DPM (Departamento de Petrologia e Metalôgenia) da Unesp Rio Claro com ajuda do técnico Adilson. Foram selecionadas 5 amostras, 3 de quartzitos e 2 de metaígneas em pontos chaves para análise. As rochas passaram por dois processos de britagem, sendo que o último gerou-se o material bastante pulverulento. Em seguida o material foi peneirado em granulometria de 80 *mesh* para concentração de material pesado através de bateias mecânicas. Os grãos de maior densidade foram separados do leve por meio da substância química bromofórmio, após separação o material denso foi exposto a uma estufa para secagem. A próxima etapa constitui da separação manual dos cristais de zircões com base nas descrições morfológicas dos grãos.

O material separado para análise foi enviado para o laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília. Entretanto, não consideraremos neste trabalho os dados geocronológicos analisados, pois as amostras não foram entregues antes do término da dissertação.

Os dados geocronológicos serão publicados mais adiante em revista internacional.

## 2 GEOLOGIA REGIONAL

---

A área de estudo está inserida na Província Tocantins (ALMEIDA et al., 1977) que integra um sistema orogênico Brasileiro/Pan Africano, formado por três grandes blocos continentais: Amazônico, São Francisco/Congo e Paranapanema (PIMENTEL et al., 2000).

A Província Tocantins é delimitada a oeste pelo Cráton Amazônico a leste pelo Cráton do São Francisco, enquanto os limites norte e sul são encobertos pelos depósitos fanerozóicos das bacias do Parnaíba e Paraná, respectivamente. A província abrange três importantes faixas de dobramentos conhecidas como Araguaia, Paraguai e Brasília (PIMENTEL et al., 2000).

A Faixa Brasília, cinturão orogênico neoproterozóico, é dividida em Zonas Externa e Interna. A Zona Externa é composta por metassedimentos neoproterozóicos dos grupos Paranoá, Canastra, Vazante e Arai, e pelas formações Ibia, Paracatu, Minaçu, Tincuzal e Bambuí, bem como terrenos granito-gnáissicos. A Zona Interna reúne rochas de sequências vulcanossedimentares, metassedimentos do “Grupo Araxá” e corpos ultramáficos, imbricados tectonicamente por rochas do embasamento e zonas de *Mélanges* Ofiolíticas resultado da forte tectônica tangencial que se expressa por *nappes* (FUCK, 1994).

O Arco Magmático está inserido na Faixa Brasília e é predominantemente formado por terrenos neoproterozóicos de arco de ilhas de composição tonalítica a granodiorítico-ortognaisses, associado a rochas vulcanossedimentares e intrusões de granitos e gabros tardi e pós orogênese (PIMENTEL et al., 1999).

O Maciço de Goiás encontra-se inserido na Faixa Brasília, limitado a norte, noroeste e sudoeste por rochas do Arco Magmático de Goiás (PIMENTEL et al., 1997) e a sul e a leste por sequências metassedimentares de idades meso a neoproterozóica, correspondendo respectivamente aos Grupo Serra da Mesa e Araxá (**Figura 2.1A**). É composto por cinco faixas vulcanossedimentares, denominadas Faina, Serra de Santa Rita, Crixás, Guarinos e Pilar de Goiás, limitadas por complexos gnáissicos (Uvá, Caiçara, Anta, Caiamar, Moquém e Hidrolina) (**Figura 2.1B**).



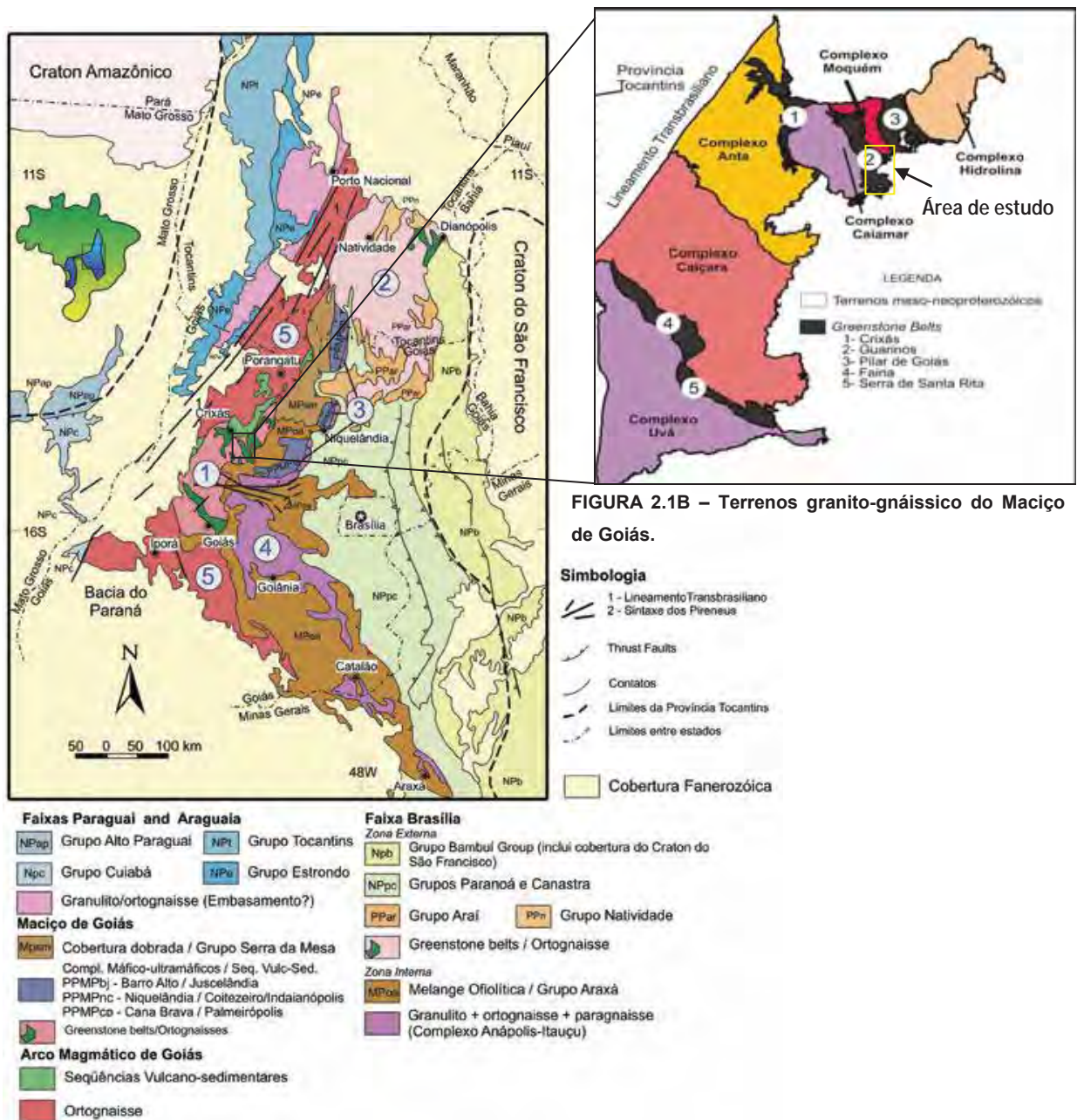


Figura 2.1A- Mapa Geológico simplificado da porção centro-leste da Província Geotectônica Tocantins. 1 – Bloco arqueano de Crixás-Goiás, 2 – Terrenos Paleoproterozóicos de Almas-Natividade, 3 - Complexos máfico-ultramáficos, 4 – Complexo Anápolis-Itaçu, 5 – Arco Magmático de Goiás (PIMENTEL et al., 2004).

Os terrenos supracrustais apresentam uma estratigrafia de *greenstone belt* arqueano/paleoproterozóico, apesar de nem sempre preservarem as sequências estratigráficas. As rochas presentes são: komatiitos associados a metabasaltos,

depósitos químicos basais, seguidos por toleítos de fundo oceânico e coberturas metassedimentares. As rochas graníticas apresentam uma ampla variação de litotipos, ocorrendo desde ortognaisses a granitos, porém dominam os tonalitos, granodioritos e monzogranitos. Para o Complexo Moquém não são descritas relações de intrusão com as sequências supracrustais (GIUSTINA, 2007).

A área de estudo situa-se no contexto da porção norte do Maciço de Goiás, onde ocorrem os *greenstone belts* de Crixás, Guarinos e Pilar de Goiás, cujas principais características geológicas são descritas a seguir.

## **2.1 Os *Greenstone Belts* da Porção Norte do Maciço de Goiás**

Os *greenstone belts* (Crixás, Pilar de Goiás e Guarinos) compreendem três faixas vulcanossedimentares subparalelas, orientadas segundo a direção norte-sul, estendendo-se por cerca de 40 Km de comprimento e de até 20 Km de largura, embora a média esteja entre 4 a 8 Km (MARINI et al., 1984). As faixas são separadas pelos complexos dômicos granito-gnáissicos (Anta, Caiamar, Moquém, e Hidrolina) (DANNI e RIBEIRO, 1978, SABÓIA 1979). As rochas arqueanas afloram no interior de uma janela esculpida em rochas supracrustais do Proterozóico (JOST et al., 1995).

Os contatos entre os complexos granito-gnáissicos e os *greenstone* são inteiramente por extensas zonas de cisalhamento e as foliações presentes nos gnaisses e supracrustais são perfeitamente concordantes (VARGAS, 1992 apud QUEIROZ, 2000). As principais zonas de Cisalhamento da área compreendem a falha de empurrão a sul do Complexo Moquém no contato com *greenstone belt* de Guarinos (JOST et al., 1995), a Zona de Falha Engenho Velho (JOST e FORTES, 2001), a do contato entre o Complexo Moquém e o *greenstone* de Pilar de Goiás (JOST et al., 1994b), denominada de Zona de Cisalhamento Luzelândia, a do contato entre os terrenos arqueanos e proterozóicos, a Zona de Cisalhamento Mandinópolis (JOST et al., 2001) e suas derivadas, a leste pelo complexo Hidrolina e a sul por rochas metassedimentares do “Grupo Araxá” mediante a um contanto tectônico com baixo mergulho (JOST et al., 1994b, JOST et al., 1995) (**Figura 2.2**).

As características principais dos três *greenstone* são apresentadas abaixo, com maior ênfase para o *greenstone* de Guarinos, onde situa-se a área de estudo

Segundo Jost e Oliveira (1991) a estratigrafia do *greenstone* de Pilar de Goiás é dividida da base para topo em Formação Córrego Fundo (metakomatiitos com intercalações de formação ferrífera bandada), Formação Cedrolina (metabasaltos de composição toleítica com intercalações de formação ferrífera bandada), Formação Boqueirão (*meta-chert*, mármores e calci-silicatadas) e Formação Serra do Moinho (filitos carbonosos, sericita-clorita filitos e finas intercalações de formação ferrífera e/ou manganésifera bandadas).

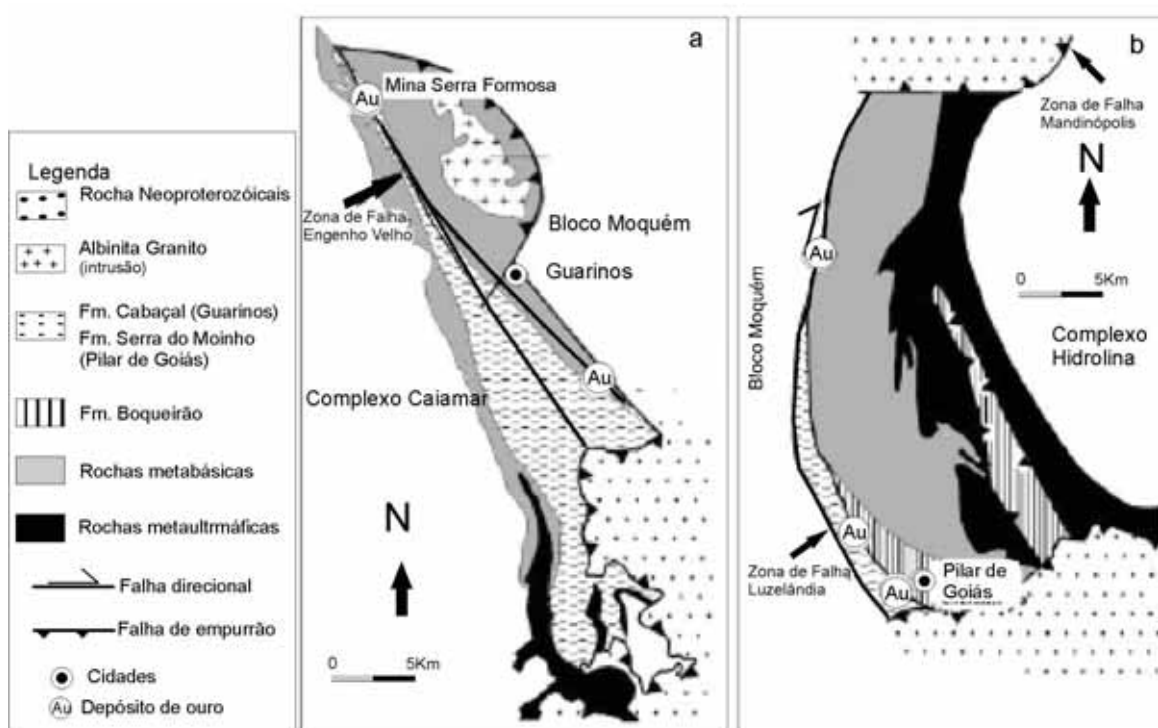


Figura 2.2- Mapa geológico simplificado do *greenstone belt* de Guarinos (a) e do *greenstone belt* de Pilar de Goiás. Os mapas identificam as principais zonas de falha descrita pelos autores citado no texto. (Jost e Oliveira, 1991, redesenhado)

O *greenstone* de Crixás está situado entre os Complexos Anta, a oeste, e Caiamar, a leste. Em sua porção a norte o *greenstone belt* limita-se com rochas do Proterozóico pela Zona de Cisalhamento Mandinópolis.

De acordo com Sabóia (1979) a estratigrafia do *greenstone belt* de Crixás, da base para o topo é: Formação Córrego Alagadinho (metakomatiitos com intercalações de formação ferrífera bandada e diques e soleiras de peridotitos e



piroxenitos), Formação Rio Vermelho (meta-basaltos com intercalações de formação ferrífera e/ou manganésifera bandada e dique e soleiras de gabros e peridotitos) e Formação Ribeirão das Antas (filitos carbonosos com intercalações de *metachert* e lentes de mármore, metagrauvacas, filitos com granadas e localmente filitos com cloritóides).

O *greenstone* de Guarinos limita-se a norte com rochas do Proterozóico por meio da Zona de Cisalhamento Mandinópolis. A leste e oeste limita-se respectivamente, com os Complexo Moquéim e Caiamar. Na porção sul é limitado por rochas metassedimentares do “Grupo Araxá”. O contato com o Complexo Moquéim é de falha de empurrão (JOST et al., 1995) que, de sul para norte, progride de rampa frontal para lateral, retornando para frontal no extremo norte, até a Zona de Cisalhamento Mandinópolis. O Trondhjemitó Santo Antônio é intrusivo no *greenstone* na porção norte de Guarinos (JOST et al., 2001) de idade Rb/Sr mínima de 2,9 Ga (TASSINARI e MONTALVÃO, 1980; MONTALVÃO, 1985; VARGAS, 1992, apud QUEIROZ, 2000).

O empilhamento estratigráfico do *greenstone* de Guarinos da base para topo é composto pelas formações Serra do Cotovelo (metakomatíitos, serpentinitos, talco xistos e filitos carbonosos), Formação Serra Azul (metabasaltos, anfibolitos e intercalações de filitos e xistos carbonosos), Formação São Patricinho (meta-turbiditos derivados de basaltos), Formação Aimbé (formação ferrífera bandada) e Formação Cabaçal (quartzo-sericita, quartzo-sericita-clorita filitos e filitos carbonosos) (JOST e OLIVEIRA, 1991; JOST et al., 1995).

### 2.2.1 Geologia Estrutural do *Greenstone* de Guarinos

A Zona de Cisalhamento Engenho Velho divide em dois domínios o *greenstone belt* de Guarinos, tendo assim certa complexidade (PULZ, 1995, JOST e FORTES, 2001). A zona de falha se estende longitudinalmente na porção central do *greenstone*, com deslocamento direcional a oblíquo e dextral. No extremo sul e a oeste da falha, Sn//So delinea estrutura antiformal com eixo NS sub-horizontal e superfície axial vertical, e, a leste, homoclinal de direção NS e mergulho para oeste. A antiforme na porção oeste contém uma estrutura estratigráfica proposta por Jost e

Oliveira (1991) em posição invertida e a homoclinal consiste apenas de metabasaltos e filitos carbonosos, em arranjo estratigráfico normal de leste para oeste. Na porção norte, ambas estruturas infletem gradualmente para NW e, por efeito da zona de falha, o flanco leste da antiforme gradativamente se adelgaça, com supressão das formações São Patricinho e Aimbé e redução da espessura das formações Serra Azul e Cabaçal (JOST et al., 2001).

Segundo Danni e Ribeiro (1978), e Sabóia (1979), as rochas do *greenstones* de Guarinos e Pilar de Goiás foram afetadas por duas fases deformacionais gerando dobras isoclinais a apertadas. Danni (1988) propôs para esses dois *greenstones* dois antigos eventos de deformação compressiva D1 e D2. Segundo o autor essas feições estruturais estão impressas por foliações plano-axiais S1 e S2 em duas gerações de dobras (isoclinais, recumbentes e apertadas) e a idade desses eventos são anteriores ascensão dos núcleos graníticos.

Segundo Jost et al., (1995), as feições estruturais do *greenstone belt* de Guarinos sugerem que a evolução tectônica das supracrustais ocorreu em pelo menos dois estágios principais, esses estágios contêm evidências de uma progressão de fases iniciais de deformação dúctil para fases subsequentes de deformação rúptil. A primeira fase (Dn) gera a formação de dobras e feições associadas, a segunda fase (Dn+1) se manifesta por falhas e dobras que sobrepõem a primeira fase.

A fase Dn sucedeu após a deposição das rochas supracrustais, gerando estágio dúctil desta deformação, e é caracterizado pela formação de uma xistosidade (Sn), sempre disposta e paralela ao bandamento composicional (So), indicando uma generalizada transposição de So devido à formação de dobras apertadas a isoclinais. Esta deformação foi responsável pela inversão estratigráfica completa das supracrustais com base nas relações de topo e base determinadas a partir de estruturas primárias reliquias da Formação Cabaçal (JOST et al., 1995).

As falhas de fase Dn são subparalelas a ligeiramente diagonais à foliação metamórfica e são responsáveis pela escamação e repetições estratigráficas no interior das supracrustais (JOST et al., 1995). Segundo os autores a fase Dn+1 possui dobras delineadas pelo dobramento Sn//So. A geometria e a posição espacial dessas dobras variam regionalmente. Em toda a região, a superfície axial das

dobras associadas com Dn+1 é uma crenulação (Sn+1) de Sn muito frequente em rochas metassedimentares detríticas, particularmente filitos carbonosos, mas rara em rochas metavulcânicas.

Para Queiroz (2000) o evento Dn-2 é caracterizado pelo soerguimento dos complexos granito-gnáissicos, responsável pela geração de Sn-2 e pela deformação de Sn-3//So. Essa deformação gerou estreitas sinformas de eixos curvilíneos.

A deformação Dn-1 (paleoproterozóica) é dada por transporte tectônico de direção NS e vergência para N (QUEIROZ, 2000). Nessa fase formaram-se dobras isoclinais, apertadas e abertas com vergência para norte. Durante essa fase não se formou uma foliação penetrativa, porém as foliações de idades arqueanas (Sn-3//So e Sn-2) foram rotacionadas. Para a autora o que mais caracteriza a fase Dn-1 são os deslocamentos reversos para norte, movimentos dextrais e sinistrais com direções respectivamente N30W e N30E, movimentos oblíquos com componentes direcionais dextrais e sinistrais com direções respectivas NW e NE. A zona de Cisalhamento Engenho Velho de sentido transcorrente dextral, segundo Queiroz (2000), é gerada na fase Dn-1.

A fase D1 segundo Jost e Fortes (2001) resulta de um evento regional de deformação e metamorfismo envolvendo os três *greenstone belts*, essa fase gera uma foliação metamórfica (S1), paralela ao bandamento original (So), indicando transposição e formação de dobras isoclinais apertadas. Ainda nessa fase ocorre a primeira inversão estratigráfica (JOST et al., 1995; Queiroz 2000, JOST e FORTES 2001) nos *greenstone* de Crixás e Guarinos, uma vez que a estrutura de domos-e-quilhas já afeta sequências supracrustais, parcialmente invertidas (QUEIROZ, 2000).

A tabela 1 descreve sucintamente em ordem cronológica os principais eventos deformacionais identificados no *greenstone belt* Guarinos e descritos pelos diferentes autores citados nesse texto.

Tabela 1. Principais Eventos Deformacionais no *greenstone belt* de Guarinos. \*Lm=Lineação mineral e \*Le=Lineação de estiramento

Autor	Fase	Idade (Ga)	Estruturas/Orientações				Dobras		
			Foliação	*Lm	*Le	Eixo	Tipo	Falha	
(DANNI, 1988)	D1	Arqueana	S1	-	-	N40-60W/10	Isoclinal assimétrica	-	
	D2	Arqueana	S2	-	-	N65-90W/20	Isoclinal assimétrica	-	
(JOST et AA., 1995)	Dn	Arqueana ±2.9	Sn/So= N15W/35SW e N15W/35NE (interferência de Dn+1)	N15W/0 N15W/15NNW N15W/15SSE	N10W/0 N10W/NW N10W/SE	N15W/0 N15W/15NNW N15W/15SSE	Apertadas a isoclinais	Sinistrais oeste, a leste dextrais N10W/30SW (Inversão estratigráfica)	
	Dn+1	?	Sn+1=superfície axial associada a uma crenulação	N15/40SW	N15/40SW		Normais?, apertadas e inversas	Direcionais dextrais nordeste N60E/90	
(QUEIROZ, 2000)	Dn-3	Arqueana ±2.8	Sn-3/So=foliação metamórfica	-	-		Apertadas a isoclinais Domos e quilha	(Inversão estratigráfica)	
	Dn-2	Arqueana ±2.84 a Arqueana ±2.71	Sn-2=Sn-3/So			Curvilíneo	Apertadas a isoclinais Domos e quilha, siniformes		

									Direcionais dextrais N30W e sinistrais N30E, dextral Engenho Velho
Dn-1	Paleoproterozóica	Sn-1= N78W/15 SW Não gerou foliação penetrativa	S07E/11	S07E/11	S07E/11	S20W/19 e N37W/36	Raras - Apertadas a isoclinais	Direcionais dextrais, NS e sinistrais N50W	Desenvolvimento de rampas frontais, laterais e oblíquas (intrusão Trondhjemitico Santo Antonio.
Dn	Neoproterozóica	Sn= N40W/23SW, anastomosada e milonítica	N69W/18	N69W/18	N69W/18	-	Centimétricas a decimétricas, apertadas a isoclinais,	Direcionais dextrais, NS e sinistrais N50W	
Dn+1	Neoproterozóica	Sn+1=clivagem de crenulação, foliação mal desenvolvida N26W/53SW e N22W/30SW	-	-	-	-	Abertas a suaves e menos frequentes que as Dn		
D1	Arqueana	S1//So	-	-	-	--	Isoclinais a apertada	Inversão estratigráfica	
D2		Eventos polifásicos durante a ascensão dos complexos granito-gnaisses	-	-	-	-		Ascensão dos complexos granito-gnaisses	
D3	Paleoproterozóica	Reorientação S1//So					Bainha	Empurrão e direcionais	
D4	Neoproterozóico	-	-	-	-	-	Redobramento de dobras D3, isoclinais	Deformação decrescente para leste, trend de cisalhamento SSE, vergência para leste, falhas de empurrão	

(JOST e FORTES 2001)

### 2.3 Dados Geocronológicos dos Terrenos Granito-*Greenstone Belts*

Os primeiros trabalhos sobre a evolução dos terrenos granito-*greenstone* apresentavam duas vertentes para ascensão dos blocos graníticos. A primeira considerava que o embasamento da sequência *greenstone* era formado por rochas graníticas, enquanto que a outra admitia que a origem das rochas siálicas fosse domos intrusivos na pilha vulcanossedimentar, sendo que essas duas hipóteses consideravam as rochas graníticas e o empilhamento *greenstone* como arqueanas.

Dados de datações pelos métodos Sm-Nd, Rb-Sr, Ar/Ar, Pb/Pb, e U-Pb (TASSINARI e MONTALVÃO, 1980; MONTALVÃO, 1986; ARNDT et al., 1989; VARGAS et al., 1992, apud QUEIROZ, 2000; JOST et al., 1993; PULZ, 1995, FORTES et al., 1997), sugerem que a região se desenvolveu em três estágios tectônicos principais: (i) estágio da bacia, incluindo a deformação e metamorfismo dos *greenstone belts*, seguido pelo magmatismo de granitóides (3,0 GA a 2,4 GA); (ii) intrusão de enxames de diques básicos e dioríticos (ca 2,1 GA); e (iii) empurrão durante o ciclo Brasiliano/Pan-Africano (750 a 500Ma).

Trabalhos posteriores como Fortes et al., (2003) através de datação por método Sm-Nd mostraram que somente a sequência máfica e ultramáfica são arqueanas com idade de 3,0 Ga e as idades modelo de rocha total para os metassedimentos siliciclásticas e químicos são paleoproterozóica com idades entre 2,3 Ga a 2,4 Ga, na sequência *greenstone* de Crixás .

Jost et al., (2008) descrevem que zircões detríticos datados com método U-Pb, em amostras de metagrauvas no *greenstone belt* de Crixás, apresentam idades de 3,3 a 2,2 Ga, Datações U-Pb *SHRIMP* em zircões detríticos de metagrauvas do *greenstone* de Crixás indicaram idades de 2,1 e 2,2 e Ga (TASSINARI et al., 2006). Na base das formações ferríferas da Formação Aimbé do *greenstone* de Guarinos duas populações de zircões da matriz apresentaram dois resultados, um com idade de 2,6 Ga e outro com 2,2 Ga (JOST et al., 2008).

Em amostras de metagrauvas do *greenstone* de Crixás o resultado U-Pb *SHRIMP* e LA-ICP MS em grãos de zircões detríticos evidenciou idades de 3,3 Ga e outra mais nova de 2,2 Ga, que indicam respectivamente idades Arqueana e

Paleoproterozóica (*Rhyaciana*) da área fonte e a idade máxima de 2,2 Ga de deposição (JOST et al., 2010).

Esses dados mostram que tanto as formações ferríferas como os sedimentos de metagrauvasas as idades apresentadas são paleoproterozóicas e não arqueanas, como era descritas em trabalhos anteriores.

Atualmente, entende-se que no geral os terrenos granito-gnáissicos são arqueanos, os metassedimentos da Formação Aimbé do *greenstone* de Guarinos são paleoproterozóicos e restam dúvidas quanto às sequências vulcânicas básicas/ultrabásicas, que apresentam poucos dados de zircões indicando idade arqueana. Caso estes zircões sejam herdados, é possível que toda a sequência seja paleoproterozóica.

Os resultados de datações de diversos trabalhos geocronológicos realizados na região dos *greenstone belts* e gnaisses associados da porção norte do Bloco Arqueano de Goiás são listados na tabela 2.

Tabela 2. Resumo de dados geocronológicos para os terrenos granito-greenstone do Maciço de Goiás.

Domínio	Formação/Rocha	Material	Método	Idades	Interpretação	Autor (es)
Complexo Anta	Tonalito	9 cristais de zircão	U-Pb	3.323 ± 28 Ma	Idade de magmatismo tonalítico com crescimento a partir do núcleo ou modificado no Neoproterozóico, devido a perda de Pb nas bordas	Queiroz (2000)
Complexo Anta	Granodiorito	20 cristais de zircão	U-Pb	2.820 ± 6 Ma	Idade de magmatismo granodiorítico com re-homogeneização neoproterozóica. Idades de núcleos 3.174 ± 4 Ma a 2.948 ± 6 Ma podem indicar núcleos herdados com bordas crescidas durante magmatismo mais jovem	Queiroz (2000)
Complexo Anta	Granito	17 cristais de zircão	U-Pb	2.853 ± 7 Ma	Idade de magmatismo principal	Queiroz (2000)
Complexo Anta	Gnaisse granodiorítico		Sm/Nd - T <sub>dm</sub>	2.9Ga		Queiroz et al., (2008)
Complexo Anta	Granito Chapada		Sm/Nd - T <sub>dm</sub>	2.9Ga		Queiroz et al., (2008)
Complexo Caiamar	Tonalito Tocambira	11 cristais de zircão	U-Pb	2.842 ± 6 Ma	Idade de magmatismo tonalítico, porém apresentam núcleos com idades de 3.048 ± 17 Ma e 3.073 ± 6 Ma indicando xenocristais	Queiroz (2000)
Complexo Caiamar	Granodiorito Águas Claras	18 cristais de zircão	U-Pb	2844 ± 7 Ma	Idade de magmatismo granodiorítico	Queiroz (2000)
Complexo Caiamar	Crixás-Açu Gnaisse	15 cristais de zircão	U-Pb	2817 ± 9 Ma	Idade de magmatismo com 2772 ± 6 Ma metamorfismo	Queiroz et al., (2000)
Complexo Caiamar	Crixás-Açu Gnaisse	titanita	U-Pb	2711 ± 34 Ma	Resfriamento metamórfico, e 2011 ± 15 Ma reflexos Paleoproterozóicos mais jovens.	Queiroz et al., (2000)



Complexo Caiamar	tonalito Crixás Açú	titanita	U-Pb SHRIMP	2.15Ga	Idade metamórfica do tonalito Crixás Açú	Queiroz (2000)
Complexo Caiamar	Gnaiss granodiorítico		Sm/Nd - $T_{dm}$	3.0Ga		Queiroz et al., (2008)
Complexo Caiamar	Tonalito Tocambira		Sm/Nd - $T_{dm}$	2.8Ga		Queiroz et al., (2008)
Complexo Caiamar	Gnaiss tonalítico Crixás Açú		Sm/Nd - $T_{dm}$	2.9Ga		Queiroz et al., (2008)
Complexos Caiçara e Anta	Enxame de diques		Rb-Sr, Ar-Ar and Sm-Nd	2.4–2.3 Ga	Atividade magmática representada pelo enxame de diques nos Complexos Anta e Caiçara.	Tomazzoli, 1997; Correa da Costa, 2003 (apud Queiroz et al., 2008)
Complexo Hidrolina	Gnaiss granítico	14 cristais de zircão	U-Pb	2.785 ± 5 Ma	Idade de magmatismo	Queiroz (2000)
Complexo Moquém	Gnaiss granítico	16 cristais de zircão	U-Pb	2.711 ± 3 Ma	Idade de magmatismo granítico	Queiroz (2000)
Complexo Moquém	Gnaiss granodiorítico	16 cristais de zircão	U-Pb	2.707 ± 4 Ma	Idade de magmatismo granodiorítico, população com idade de 590 ± 10 Ma por reciclagem isotópica.	Queiroz (2000)
Complexo Moquém	Gnaiss granítico	9 cristais de zircão	U-Pb	2.709 ± 6 Ma	Idade de magmatismo granítico.	Queiroz 2000
Complexo Moquém	Granito gnaiss		Sm/Nd - $T_{dm}$	3.0Ga		Queiroz et al., (2008)
Complexo Moquém	Gnaiss granodiorítico		Sm/Nd - $T_{dm}$	3.0Ga		Queiroz et al., (2008)
Greenstone Crixás	Metakomatitos e metabasaltos		Isocronicas Sm-Nd	2825 ± 98 Ma		Arndt et al., 1989 (apud Jost et al., 2008)

Greenstone Crixás	Metakomatilitos e metabasaltos	Rocha total Pb-Pb	2728 ± 140 Ma	Arndt et al., 1989 (apud Jost et al 2008)
Greenstone Crixás (Mina III)	Mineralização de ouro	Idades K–Ar, Rb–Sr and Ar–Ar	600–550 Ma	Fortes 1996 (apud Queiroz et al 2008)
Greenstone Crixás	Metakomatilitos e metabasaltos	Idades Sm-Nd	3.00 ± 0.07 Ga	Fortes et al., 2003 (apud Jost et al 2003)
Greenstone Crixás	Metagrauvascas e filitos carbonosos	Idades Sm-Nd	2.5 to 2.3 Ga	Fortes et al., 2003 (apud Jost et al 2003)
Greenstone Crixás	Metagrauvascas e filitos carbonosos	Zircões detriticos	2212 ± 36 Ma	Idade de área fonte. Tassinari et al., (2006)
Greenstone Crixás	Metagrauvascas	10kg para separação de zircão	3354 ± 40 Ma	Idade magmática de 3354 ± 40, localmente com 3262 ± 19 Ma aureolas metamórficas, 2798 ± 36 Ma eventos magmáticos tardios. Jost et al., (2008)
Greenstone de Guarinos	Formação Alimbé Bifs fácies óxidos	1kg para separação de zircão	2627 ± 19	2232 +39/-36 Ma fácies magnetita (base), 2453 ± 22 Ma fácies hematita (topo), representam eventos magmáticos, a diferença de 200m.y. da fácies hematita interpretados como influência da formação Cabaçal, 2232+39/-36 representam evento magmático contemporâneos a deposição dos BIFs caso suposição de Resende e Jost (1995) que as sericitas ricas em Ba têm derivação de cinzas vulcânicas. Jost et al., (2008)
Greenstone Pilar de Goiás	Diorito	U-Pb SHRIMP	2.15 Ga	Intrusão diorítica no greenstone de Pilar de Goiás Jost et al., 1993 (apud Queiroz 2008)
Greenstone Pilar de Goiás	Metachert	0,2kg rocha total Sm-Nd	2.189 ± 36 Ma	Idade de deposição Jost et al., (2008)

Greenstone Pilar de Goiás	Calcio-silicaticas	0,2kg	rocha total Sm-Nd	2.189 ± 36 Ma	Idade deposicional mínima para os sedimentos quimicos.	Jost et al., (2008)
Supracrustais Pilar de Goiás	Albita Granito Intrusivo	24 cristais de zircão	U-Pb	2.145 ± 12	Idade do metamorfismo.	Queiroz (2000)

# RESULTADOS

## 3 – LITOESTRATIGRAFIA

---

### 3.1 INTRODUÇÃO

Esse capítulo visa à descrição das unidades litoestratigáficas do *greenstone belt* de Guarinos (GBG) e dos litotipos metassedimentares sobrepostos do “Grupo Araxá” que cobre parte da porção sul do *greenstone*. Não menos importante, faremos uma descrição sucinta dos terrenos gnáissicos que limitam o GBG. Coberturas aluvionares quaternárias e depósitos lateríticos ocorrem localmente na área, mas não serão enfocados no presente trabalho.

Jost et al., (1995) descrevem que as estruturas primárias reliquiares nos metassedimentos detríticos e químicos da Formação Cabaçal estariam invertidos, ou seja, a base representada pela Formação Serra do Cotovelo e o topo pela Formação Cabaçal.

Entretanto, com os dados obtidos para porção sul do GBG não é possível adotar a estratigrafia invertida proposta por Jost et al., (1995), devido a ausência de feições geopetálicas caracterizando topo e base e também o não reconhecimento de grandes feições tectônicas que suporte esta interpretação dos referidos autores.

O entendimento que temos para sequência vulcanossedimentar de Guarinos é que o contato das rochas maficas/ultramáficas a oeste mostra ser tectônico, a Formação Aimbé e as unidades superiores são separadas pela unidade Cabaçal por uma descontinuidade que pode ser falha de empurrão ou discordância. A reconstituição desta superfície descontínua (vide seções geológicas e Mapa Geológico) sugere que os diferentes litotipos da Formação Cabaçal estão truncados, evidenciando provavelmente que o empilhamento desta unidade estaria abaixo da descontinuidade.

Os estratotipos da Cabaçal não mostram relação de contato concordante com as formações Aimbé e São Patricinho. Desta forma, interpreta-se que as unidades de topo (Aimbé e São Patricinho) provavelmente tenham depositado em discordância com os litotipos da Cabaçal.

Neste trabalho a formação Cabaçal foi subdividida em Ca1, Ca2, Ca3 e Ca4, tal divisão se deve a composição diferenciada de sedimentos químicos e psamo-pelítico descrito em cada pacote.

A denominação “Grupo Araxá” para os metassedimentos da porção sul do GBG é mantida nesta dissertação devido a trabalhos de diversos autores (DANNI e RIBEIRO, 1978; SABÓIA, 1979; RIBEIRO, 1981; CASTRO e MAGALHÃES, 1984; DANNI, 1988, JOST et al., 1995; LACERDA, 1997 e QUEIROZ, 2000) que correlacionam estas rochas com os mica xisto da faixa Brasília. Já os metassedimentos que ocorrem na porção norte dos três *greenstone* é tratado como Sequência Santa Teresinha, pertencente ao Arco de Mara Rosa (JOST et al., 2001).

Na área estudada, identificou-se nos metassedimentos do “Grupo Araxá” uma variedade de litotipos que ainda não haviam sido descritos na literatura, uma vez que os poucos trabalhos que referem-se a esta unidade são de escala regional e as descrições em geral são simplificadas. O pacote sedimentar de origem plataformal distal é rico em material pelítico com variedades de litotipos micáceos e ocorrências de lentes de quartzito no interior do material metapelítico.

A Unidade Araxá é descrita na literatura como pacote cavalgado sobre a sequência vulcanossedimentar do GBG através de falha de empurrão com baixo ângulo, entretanto neste trabalho não foram observadas feições ou evidências que pudessem caracterizar realmente um plano de falha, tendo em vista a busca de aspectos de cisalhamento, brechação ou até mesmo alteração hidrotermal ao longo do plano de contato. Com os dados obtidos durante o mapeamento a superfície descrita como empurrão será tratada como uma discordância estratigráfica e não estrutural como descrita na literatura, entretanto não se pode afirmar claramente que não houve o cavalgamento pois o contato entre essas duas sequências em campo se encontra bastante mascarado devido a recristalização tardia (em relação à formação da foliação principal da área).

No mapa geológico (**Figura 3.1**) observa-se ora truncamento de camadas ora contato concordante entre GBG e as rochas do “Grupo Araxá”, entende-se que esta relação é dada por uma discordância, embora localmente não seja percebida. Para a descrição dos litotipos abordaremos os seguintes compartimentos litoestratigráficos: Terrenos Gnáissicos, *Greenstone belt* de Guarinos e “Grupo Araxá”.

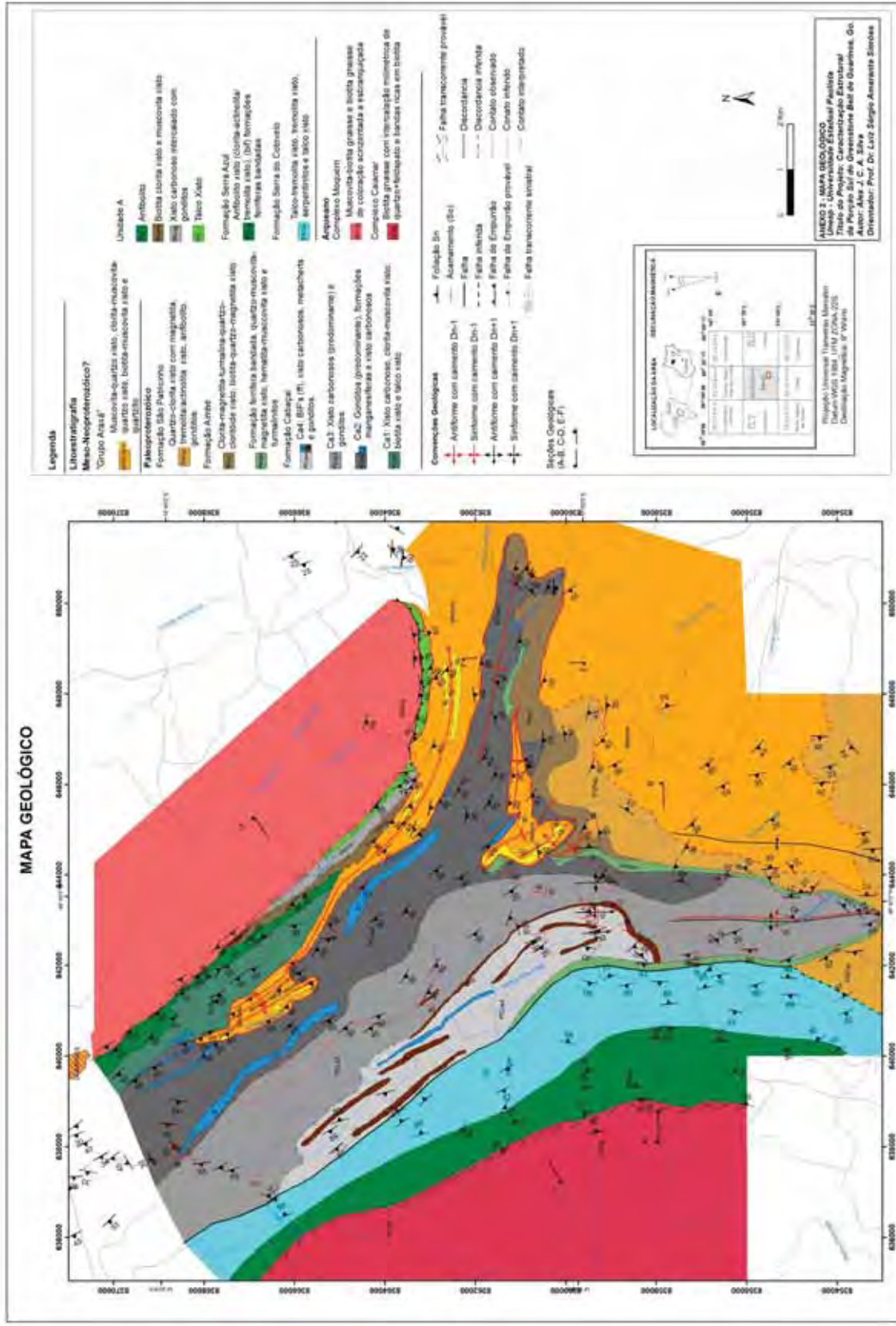


Figura 3.1 - Mapa geológico simplificado da área estudada.

### 3.1.1 Análise de Mapas geológicos da Área

Os trabalhos de geologia que envolvem a descrição da litoestratigrafia com certo detalhe da área estudada no GBG são os mapas confeccionados por Jost e Oliveira (1991), Jost et al., (1995) e Lacerda (1997) (**Figura 3.35**). O primeiro e o terceiro trabalho cobrem todo o GBG, o segundo cobre a parte norte e central do *greenstone*.

O terceiro trabalho é uma integração de dados gerados no Projeto Distrito Mineiro de Crixás-Pilar de Goiás do órgão DNPM/GO (Departamento Nacional de Pesquisa Mineral) desenvolvido por Magalhães (1993), Santos Filho (1994), Lacerda e Lima Jr. (1996) apud Lacerda (1997). Além de várias outras contribuições de mapas geológicos da região (FILHO et al., 1978; SABÓIA et al., 1981; FERREIRA, 1985; DANNI et al., 1985; YAMAOKA et al., 1985; FILHO, R. e FILHO, L. 1985; JOST e FILHO, 1987; JOST et al., 1989 e SOUZA, 1992 apud LACERDA, 1997).

Jost e Oliveira (1991) apresentaram uma nova estratigrafia para as três faixas *greenstones*: Crixás, Guarinos e Pilar de Goiás devido às diferenças peculiares apresentadas em cada sequência.

Lacerda (1997) expõe uma única coluna estratigráfica, chamada de Grupo Pilar de Goiás e que conserva a proposta inicial do Grupo. As Formações presentes nos *greenstones* de Guarinos e Pilar, ausentes em Crixás e que foram nomeadas por Jost e Oliveira (1991) possuem o nome preservado e passam a ser parte do Grupo Pilar de Goiás. Para parte central e sul do GBG Lacerda (1997) enumera as seguintes formações da base para o topo em: Formação Córrego do Alagadinho, Formação Rio Vermelho, Formação Barreiro com exposição da unidade de topo Joana Moreira, Formação São Patricinho, Formação Aimbé, Formação Ribeirão das Antas com as subdivisões Apra1, Apra2, Apra3 e Apra5.

Neste trabalho o nome das formações são correlacionados com os trabalhos de Jost e Oliveira (1991) e Jost et al., (1995) com diferenças na Formação Cabaçal que é subdividida em quatro subunidades (Ca-1, Ca-2, Ca-3 e Ca-4) devido às diferenças dos litotipos observados no empilhamento e a diferenciação também de quatro litotipos observados próximo ao contato com o Complexo Moquém que denominamos neste trabalho como Unidade A.



As subunidades da Formação Cabaçal interpretadas neste trabalho possuem poucas semelhanças com as unidades divididas da Formação Ribeirão das Antas interpretadas por Lacerda (1997). As divisões em Ca-1, Ca-2, Ca-3 e Ca-4 se devem as particularidades de cada uma, apesar de todas apresentarem xisto carbonoso no seu empilhamento, elas apresentam outros tipos de rochas que as diferenciam como Ca-1 que apresenta intercalações de talco xisto junto ao xisto carbonoso e material psamo-pelítico, Ca-2 tendo maior composição de rochas químicas manganesíferas, Ca-3 composta essencialmente por xisto carbonosos e Ca-4 composto também por rochas químicas, mas com concentrações mais elevadas em ferro. As subdivisões feitas por Lacerda (1997) na Formação Ribeirão das Antas segue de outra forma, ao contrario do apresentado neste trabalho.

A Formação Cabaçal definida originalmente por Jost e Oliveira (1991) e separada em dois membros: um inferior e outro superior (JOST et al., 1995). O autor descreve que o membro inferior é composto por filitos carbonosos, sericita xistos, formações ferríferas e manganesíferas e o membro superior consiste de sericita-quartzo-biotita xisto. Esse empilhamento da unidade Cabaçal não é reconhecido no contexto estudado ao contrário do que esta sendo proposto aqui em quatro subdivisões.

As unidades Serra do Cotovelo e Serra Azul descritas por Jost e Oliveira (1991) e Jost et al., (1995), como a base da sequência são correlacionáveis respectivamente com as formações Córrego do Alagadinho e Rio Vermelho apresentadas por Lacerda (1997) e também correlatas neste trabalho.

Os três modelos de sequenciamento estratigráfico apresentado por Jost e Oliveira (1991), Lacerda (1997) e Silva (2011) para o GBG na porção central e sul são expostos tabela 3.



Tabela 3. Comparação dos empilhamentos estratigráficos interpretado para o Greenstone Belt de Guarinos.

JOST e OLIVEIRA, (1991) e JOST et al., (1995)		(LACERDA, 1997)		(SILVA, 2011)	
Litotipos	Litotipos	Unidade	Litotipos	Unidade	Litotipos
Cabaçal	Quartzo-sericita filito, quartzo-sericita-clorita filito, metachert, formações ferríferas	APra5	Metagrauvascas (micaxistos feldspático e filitos carbonosos		
		APra3	Filitos carbonosos localmente granadíferos ou carbonáticos		
		APra2	Intercalações de granadas quartzitos manganíferos e filitos carbonosos		
		APra1	Intercalações de filitos carbonosos, magnetita-antibólio-quartzo xistos (formações ferríferas) e mica xistos feldspáticos	São Patricinho	Solo avermelhado, quartzo-clorita xisto com magnetita, tremolita/actinolita xisto, anfíbolito, gondito
Aimbé	Formações ferríferas, muscovita xisto, metahidrotermalitos	Aimbé	Hematita-muscovita xistos e magnetita-muscovita xistos	Aimbé	Clorita-magnetita-turmalina-quartzo-cloritóide xisto, biotita-quartzo-magnetita xisto
São Patricinho	Clorita xistos, clorita-quartzo xistos, clorita-sericita-quartzo xistos e Bif's	São Patricinho	Clorita-muscovita-quartzo xisto com magnetita		Formação ferrífera bandada, quartzo-muscovita-magnetita xisto, hematita-muscovita xisto e turmalinitos
		Barreiro (Unidade de topo)	(granada-antibólio)-biotita xistos feldspático, (granada)-biotita xistos quartzitos e micaxistos feldspáticos	Ca-4	BIF's, xisto carbonosos, metacherts, gonitos e formações manganíferas
				Ca-3	Xisto carbonosos (predominante) e gonditos
				Ca-2	Gonditos (predominante), formações manganíferas e xisto carbonosos
				Ca-1	Xisto carbonoso, clorita-muscovita xisto, biotita xisto e talco xisto
Serra Azul	Filito carbonosos, metabasaltos, * BIF	Rio Vermelho	Unidade Joana Moreira	Unidade A	Talco xisto, xisto carbonoso com intercalações de gondito, biotita-clorita xisto e muscovita xisto, anfíbolito
Serra do Cotovelo	Filito Carbonosos, metakomatilitos	Córrego do Alagadinho	Serpentinitos, xistos manganesianos	Serra Azul	Anfíbolito xisto, anfíbolitos, lentes de talco xisto
				Serra do Cotovelo	Talco xistos, talco-tremolita xisto, talco-actinolita xisto, clorita-talco xisto, serpentinitos, xistos carbonosos

\* Band iron formation (formação ferrífera bandada)

## 3.2 Terrenos Gnáissicos

Os terrenos gnáissicos correspondem aproximadamente a 20% da área estudada, representados pelo Complexo Caiamar (**CCa**) a oeste e pelo Complexo Moquém (**CM**) a leste.

### 3.2.1 - Complexo Caiamar

Segundo Jost et al., (1994) o Complexo Caiamar (CCa) é composto por gnaisses (Gnaisses Crixás-Açu), tonalitos (Tonalito Tocambira) e granodioritos (Granodiorito Águas Claras). Neste item, descreveremos de forma sucinta os litotipos do CCa em contato com o GBA, desta forma não detalharemos os diferentes litotipos descrito pelo autor.

O CCa está em contato com a Formação Serra Azul a leste (**Figura 3.2A**). O relevo apresenta de forma rebaixada e suavizada com afloramentos em forma de lajedos (**Figura 3.2B**), blocos e matacões dispersos no terreno.

O contato do Complexo Caiamar com a metabásicas do GBG é brusco marcado pela presença de algumas venulações de quartzo e uma foliação milonítica de alto ângulo, indicando caráter tectônico.

Os litotipos observados no CCa são representados por biotita gnaisses, em geral de composição granodiorítica.

O grau de alteraçao nessas rochas varia de baixo a médio, com coloração branco-acinzentada quando são e quando alterada possui tonalidade branca com porções amareladas. O solo gerado pela alteração é areno-argiloso e possui coloração branca a amarelada.

A granulação destas rochas varia de média a grossa (**Figura 3.3A**), sendo compostas predominantemente por (k-feldspato plagioclásio), quartzo, biotita, muscovita, anfibólio, epidoto como minerais acessórios apresenta titanita, zircão e opacos (**Figura 3.3B**). Localmente os cristais de plagioclásio mostram-se parcialmente saussuritizados. O bandamento composicional dos gnaisses é marcado pela intercalação de bandas milimétricas de quartzo+feldspato e bandas

ricas em biotita podendo também ocorrer anfibólio. A textura destas rochas é granoblástica e localmente parte granolepidoblástica.



Figura 3.2 – A) Foto da paisagem mostrando relevo em geral suave nas áreas de ocorrência do CCa. A linha preta indica o contato aproximado do Complexo Caiamar com a Formação Serra Azul, ao fundo, cujo relevo é caracterizado por morrotes e cristas. B) Afloramento de biotita-gnaiss, em lajedo, típico do Complexo Caiamar. Ponto (Gu-4-2).

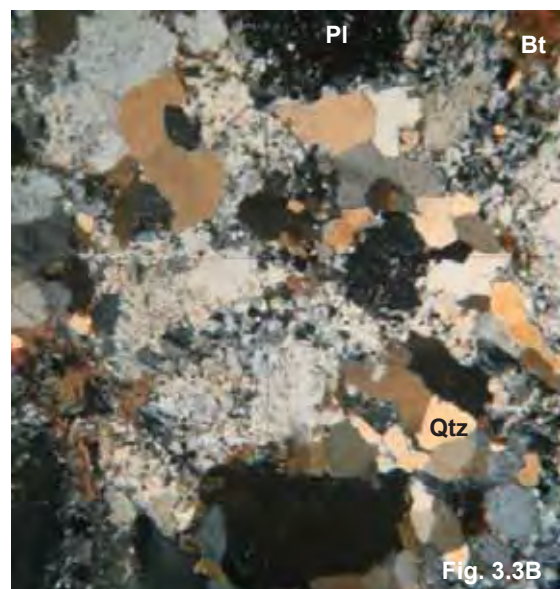
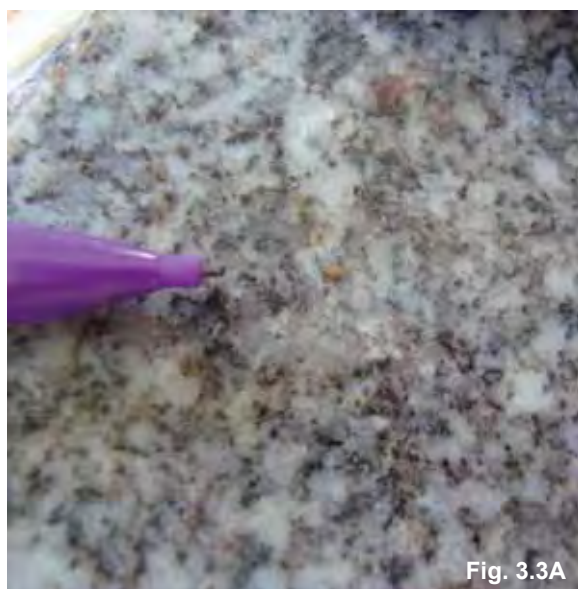


Figura 3.3 – A) Amostra de biotita-gnaiss do Complexo Caiamar ponto (Gu-4-2). B) Fotomicrografia de gnaiss de composição granodiorítica, exibindo granulação média, textura granoblástica. Os cristais de plagioclásio mostram-se parcialmente saussuritizados. Abreviaturas: PI=Plagioclásio, Bt=Biotita e Qtz=Quartzo (KRETZ, 1983). Base da fotomicrografia - 5mm.

### 3.2.2 - Complexo Moquém

Esta unidade ocorre a leste da área, exibindo relevo aplainado (**Figura 3.4A**), que se estende por uma ampla região. Os afloramentos em geral são blocos e matacões dispersos, às vezes encontram-se em drenagens na forma de lajedos (**Figura 3.4B**) e próximo ao contato com o GBG ocorre na forma de cristas de pequenos morrotes.

O contato com o GBG na porção sudeste do Complexo Moquém (CM) é marcado por falha de empurrão oblíqua de baixo ângulo enquanto que na borda leste o contato se segue marcado por zona de cisalhamento transcorrente sinistral.

Os litotipos representativos do CM são muscovita-biotita gnaisse e biotita gnaisse, sendo comum a presença de veios de quartzo em geral centimétricos a decimétricos. Os gnaisses são de coloração acinzentada a esbranquiçada e quando intemperizados passam a rosada ou amarelada. Próximo ao contato com *greenstone* apresenta uma foliação tipo xistosidade bem marcada pelo alinhamento de megacristais de feldspato e lentes alongadas de quartzo. Em locais onde o terreno é mais suave observam-se grãos de quartzo inequigranulares, anedrais de granulação variando de média a grossa, predominantemente grossa e com menor quantidade de feldspato. Já em porções de morraria o gnaisse possui granulometria grossa a muito grossa com grãos de quartzo variando de 1 a 2 cm e cristais subedrais de feldspato com tamanhos centimétrico chegando a porfiroclasto de até 3 cm.

A mineralogia destas rochas é composta por quartzo, k-feldspato, plagioclásio, muscovita, biotita e epidoto, traços de opacos. Em lâminas petrográficas foi constatada baixa deformação dinâmica evidenciado por aspectos blastomilonítico, cristais de quartzo estirados (**Figura 3.5**) e quebrados, com extinção levemente ondulante, e em alguns locais feições que parecem ser de imbricamento mineral. Os cristais de feldspato apresentam geminação forte.



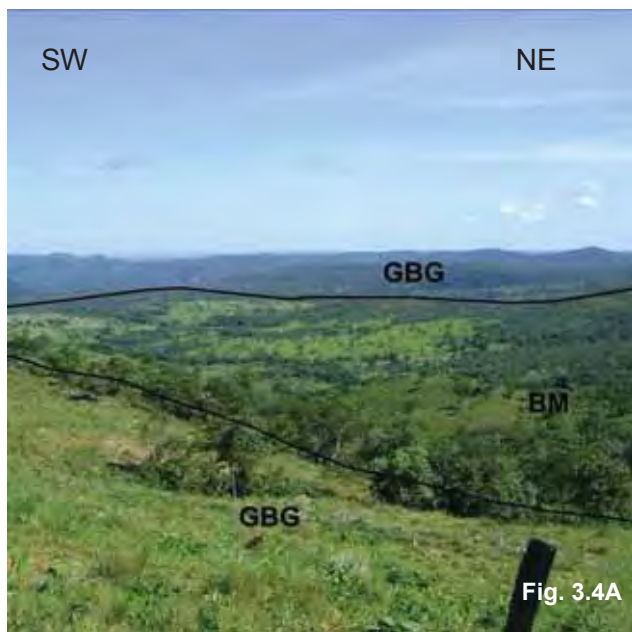


Figura 3.4 – A) Foto da paisagem mostrando o contraste de relevo acentuado no domínio do GBG e suavizado no domínio do Complexo Moquém (CM). B) Afloramento de muscovita-biotita-gnaissse do Complexo Moquém (AJM- 117).

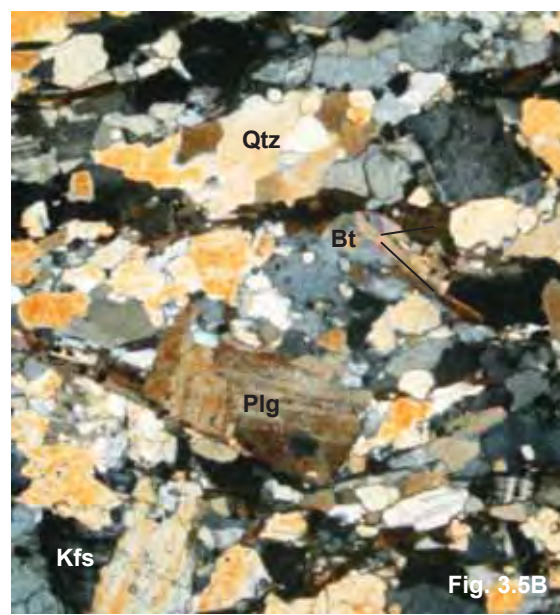


Figura 3.5 – A) Afloramento de muscovita-biotita gnaissse do Complexo Moquém (AJM-106). Detalhe mostrando os cristais de quartzo estirados. B) Fotomicrografia de muscovita-biotita gnaissse do Complexo Moquém (GU-3-106). Abreviaturas: Kfs=K feldspato (KRETZ, 1983). Base da fotomicrografia – 5mm.

### 3.3 *Greenstone Belt* de Guarinos

As unidades individualizadas, do ponto de vista litológico, correspondem, em geral às definições apresentadas por Jost e Oliveira (1991) e Jost et al., (1995) por isso, apesar de ser proposta uma ordenação estratigráfica distinta e criação de subunidades na formação Cabaçal, os nomes das unidades são mantidos, a fim de se evitar uma proliferação de novos nomes.

#### 3.3.1 Formação Serra do Cotovelo

Esta formação ocorre na porção oeste da área e está em contato, provavelmente normal, com a Formação Serra Azul, a oeste, em contato tectônico através de falha subvertical, com as subunidades Ca-4 e Ca-3 da Formação Cabaçal e com as formações Aimbé e São Patricinho, como se pode observar no mapa geológico (**Anexo 2**).

O relevo é relativamente plano, com encostas suaves, sendo boa a densidade de afloramento próximo as drenagens e estes encontram-se em geral com baixo a médio grau de alteração. A coloração das rochas são verde clara (predominantemente) a verde escura. Apresentam intemperismo de baixo a médio grau e o solo originado é marrom-avermelhado.

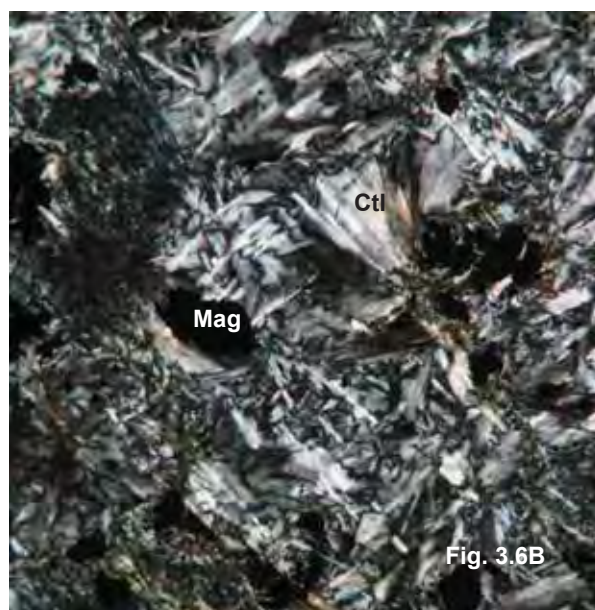
As rochas descritas para unidade são talco xistos, talco-tremolita xisto, talco-actinolita xisto, clorita-talco xisto, serpentinitos, xistos carbonosos e, subordinadamente, anfibólio xistos (com actinolita e/ou tremolita).

Na transição entre a Formação Cabaçal (Ca-4) e a Formação Serra Azul observou-se a ocorrência de rochas composta por muscovita-quartzo xisto intercalando com camadas decimétricas a métricas de quartzitos. Essas rochas parecem ocorrer como lentes dentro da unidade, pois em campo não se identificou a continuidade dessas camadas.

A natureza do protólito é de origem ultramáfico, e as rochas são predominantemente foliadas, sendo a foliação do tipo xistosidade. Esta foliação não é visível em escala de afloramentos nos serpentinitos (**Figura 3.6A**).

Os litotipos com maiores teores de talco e tremolita/actinolita apresentam textura nematoblástica, estrutura xistosa dada pelo alinhamento fibroso (tremolita/actinolita) e micáceos (talco)

Os serpentinitos apresentam na matriz predominância de crisotila com opacos disseminados (**Figura 3.6B**) e, localmente os cristais de tremolita se apresentam em agregados de acículas com até 1,5 mm de comprimento e sem orientação. As fibras de crisotila possuem tamanhos variados, algumas com máximo de 1 mm de comprimento e outras, em maior abundância, submilimétricas.



**Figura 3.6 – A) Bloco de serpentinito da Formação Serra do Cotovelo, (ponto AJM-575). B) Fotomicrografia de serpentinito, com predominância de serpentina 90%, com opacos (magnetita) perfazendo cerca de 10%. As fibras de serpentina possuem tamanhos variados, existindo algumas com máximo de 1mm de comprimento e outras, em maior abundância na rocha, muito finas (submilimétricas) (GU-6-15). Abreviaturas: Ctl=Crisotila, Mag=Magnetita (KRETZ, 1983). Base da fotomicrografia – 1,5mm.**

A ocorrência do anfibólio xisto (**Figura 3.7A**) se dá por pequenas concentrações de blocos, apresenta estrutura levemente bandada ou xistificada em alguns locais, a rocha apresenta um aspecto magmático com cristais de actinolita entremeado por cristais de plagioclásio, sugerindo preservação parcial de textura ofítica. Foi descrita uma lâmina delgada desta rocha, onde identificou-se a seguinte composição mineralógica: actinolita (57%), plagioclásio (37%), quartzo (5%), epidoto (1%) e traços de titanita (**Figura 3.7B**). A mineralogia desta rocha sugere um



protólito ígneo de composição básica. A granulação é fina, textura nematoblástica, estrutura xistosa. Em algumas porções percebe-se que os cristais de actinolita formam arcos poligonais indicando que a foliação principal é uma clivagem crenulação com recristalização após dobramento. A ocorrência de anfibólio xisto no interior de rochas metaultramáficas mostra que as manifestações magmáticas também tiveram contribuição de material básico.



**Figura 3.7 – A) Amostra de anfibólio xisto, Act=actinolita (GU-3-83). Rocha de coloração verde escura, estrutura foliada, em lâmina os minerais aciculares aparecem orientados, equigranular, pouco intemperizada. B) Fotomicrografia de actinolita xisto/anfibolito da Formação Serra do Cotovelo (GU-3-83c). A rocha apresenta estrutura xistosa, textura nematoblástica dada pela orientação de cristais de actinolita. Granulação fina, textura inequigranular, com cristais de actinolita e epidoto em meio a matriz de plagioclásio e quartzo. Base da fotomicrografia 5mm.**

### 3.3.2 Formação Serra Azul

A unidade ocorre na porção oeste e é representada por rochas de composição básica que compreendem anfibólio xisto e anfibolitos, lentes de talco xisto e contribuição de metassedimentos clásticos e químicos. Essa formação está em contato com Complexo Caiamar, a oeste, e a leste com os litotipos metaultramáficos da Formação Serra do Cotovelo. O contato do CCa com as rochas da Serra Azul é marcado por falha de componente provavelmente direcional e que



gera uma forte foliação milonítica de direção NW-SE e vertical, as vezes, apresenta suave mergulho para SW. Afastando-se do contato os litotipos do Complexo Caiamar exibem uma conspícua foliação de baixo ângulo ( $30^{\circ}$  -  $40^{\circ}$ ) mergulhando para SW marcada por biotita e muscovita. Devido aos poucos afloramentos descritos nas proximidades do contato não foi possível afirmar com clareza o sentido de movimentação desta falha.

A forma do relevo na Unidade é relativamente plana, com encostas suaves (**Figura 3.8**), densidade de afloramentos mediana a baixa com presença de blocos e matacões, grau de alteração em geral médio. A coloração das rochas são verde clara e sua alteração e o solo originado é ocre-avermelhado.

Em escala de afloramento foram observadas nos litotipos da Unidade estruturas deformacionais planares como  $S_n$  e  $S_{n+1}$  de alto mergulho (**Figura 3.9**). Essas feições, conforme discutido adiante no capítulo de Geologia Estrutural foram identificadas como originadas nas fases  $D_n$  e  $D_{n+1}$ .

Os anfibólio xistos (**Figura 3.10**) apresentam granulação fina a muito fina, com actinolita/tremolita (47%), epidoto (15%), plagioclásio (20%), clorita (10%), quartzo (5%), opacos (3%) e traços de turmalina.

Em amostra de mão a rocha apresenta estrutura xistosa, textura nematoblástica dada pela orientação de cristais de actinolita definindo as foliações ora de fase  $D_n$  ( $S_n$ ) ora pós  $D_n$  ( $S_{n+1}$ ). Possui granulação fina, textura inequigranular, com cristais grandes de actinolita e epidoto em meio a matriz de plagioclásios e quartzo.

Em lâmina o quartzo pouco presente apresenta-se recristalizado, estirado com extinção. Contatos predominantemente lobulados, ou poligonais.

Os metassedimentos químicos (*metacherts*) ocorrem como intercalações nas rochas metabásicas, possuem textura granular e são geralmente bimodais, mostrando alternância entre as diferentes granulações (**Figura 3.11**) e possuem coloração bege, amarelada e porções esbranquiçadas.

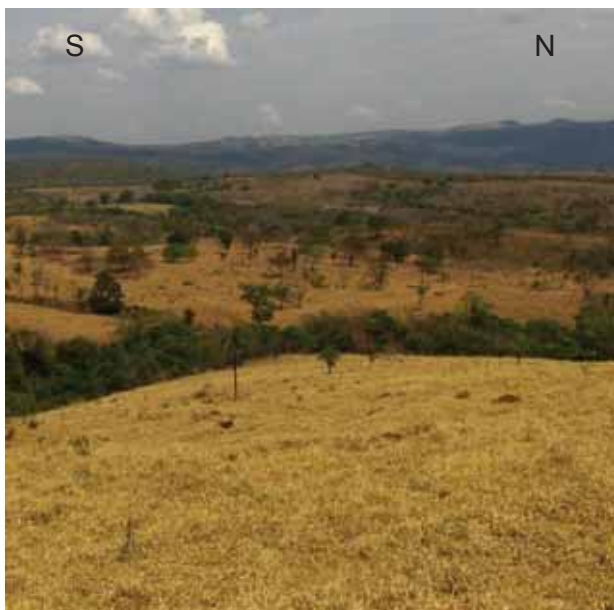


Figura 3.8 – Foto da paisagem com visada para W, mostrando a feição de relevo que predomina na Formação Serra Azul (GU-3-1)



Figura 3.9 – Afloramento de anfibólio xisto da Formação Serra Azul, o plano da rocha é marcado pela foliação principal (Sn), mostrando alto mergulho (GU-3-7).

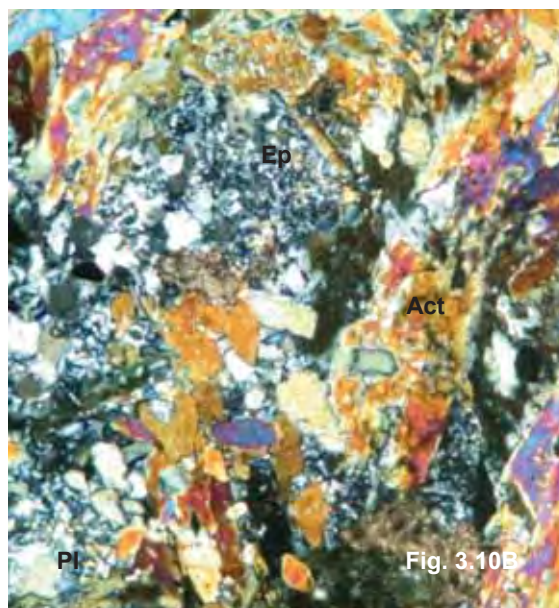


Figura 3.10 – A) Amostra de mão de anfibólio xisto (GU-3-3). B) Fotomicrografia de epidoto-actinolita anfibolito da Formação Serra Azul, (GU-3-5). Granulação fina, textura inequigranular, com cristais grandes de actinolita e epidoto (Ep) em meio a plagioclásio, titanita, e quartzo. Base da fotomicrografia – 5mm.

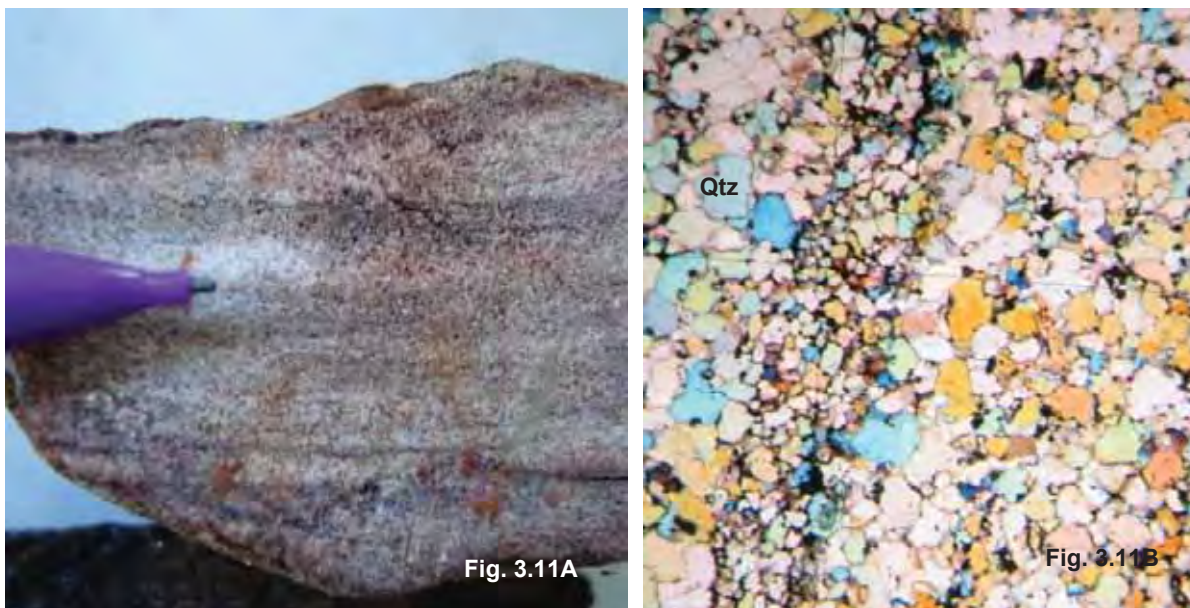


Figura 3.11 – A) Amostra de mão de *metachert* da Formação Serra Azul (GU-5-13), mostrando leve bandamento marcado por maior concentração de opacos. B) Fotomicrografia de *metachert* ilustrando os aspectos bandado da rocha marcado por variação textural, controlada pela presença de bandas mais ricas em opacos. A cor de interferência dos grãos de quartzo está mais alta porque a lâmina está grossa. Base da fotomicrografia – 1,5mm.

### 3.3.3 Unidade A

O mapeamento desta unidade permitiu individualizar quatro litotipos, formado por talco xisto, xisto carbonosos intercalado com gonditos, uma associação de biotita clorita xisto e muscovita xisto e também uma camada de anfibolito. Este conjunto de rochas apresenta direção NW-SE estando em contato por falha direcional com o CM, a leste, e contato estratigráfico com a subunidade Ca1 da Formação Cabaçal e por discordância com os litotipos do “Grupo Araxá”. O entendimento do contato a oeste dos litotipos não é muito conciso devido a falta de detalhamento, porém é nítido em campo o truncamento do anfibolito com a Ca-1 e o “Grupo Araxá”.

Pulz (1995) descreve que a variedade de litotipos nesta porção do GBG seriam produtos de alteração hidrotermal favorecidos pela percolação de fluidos condicionada pela Zona de Cisalhamento Carroça. A autora propõe três zonas de alteração hidrotermal a propilítica, a potássica e a sericítica. A baixa densidade de pontos nesta porção não permitiu o reconhecimento dessas três zonas de alteração

hidrotermal, entretanto se reconhece a dificuldade de delimitar os diferentes litotipos nessa faixa, essa complexidade na distinção das rochas seria condizente com os diversos halos hidrotermais.

A densidade de afloramentos nesta porção é baixa, devido ao vale que se forma entre o CM e a serra Maria Lazará, resultando da ação de uma superfície de aplainamento.

O talco xisto é o litotipo de menor expressão dentro da unidade e geralmente apresentam cores entre verde e ocre quando alterada. A espessura observada em campo é de aproximadamente 100 a 130 metros e está em contato por falha com o CM, sendo que sua continuação a NW é truncada pelo plano tectônico.

O xisto carbonoso é representado por intercalações métricas a centimétricas de gonditos muito maciços e lentes centimétricas de BIF's de coloração cinza escuro. Os gonditos apresentam textura granoblástica, com granulometria muito fina, sendo constituídas por quartzo (25-65%), cummingtonita (10-30%), granada (65%), opacos (até 10%).

Os biotita-clorita xistos e muscovita xistos ocorrem ao longo de uma faixa que se inicia no contato com o anfibolito estendendo-se até as encostas da Serra da Lázara. Sua granulação é fina, e varia de verde-claro a verde-acinzentado, quando rocha são, e ocre-avermelhada quando alterada. Ao microscópio, a textura pode ser descrita como lepidoblástica com domínios granoblásticos. Os minerais predominantes consistem de quartzo, biotita, clorita, muscovita e albita, tendo granada e magnetita em menor quantidade.

O anfibolito representa o principal litotipo dessa unidade e aflora principalmente às margens do Córrego Carroça na porção NW. Próximo ao plano de falha Carroça a rocha no afloramento apresenta feições miloníticas, de colorações que variam do verde-escuro ao verde-acinzentado, ora azulado, assemelhando-se muitas vezes a uma ardósia, quando são, e coloração ocre, quando alterada.

A foliação, no geral, nesta unidade está orientada para N325 com caimentos de 50° para sudoeste, apresentando-se, em alguns casos, crenulada.



### 3.3.4 Formação Cabaçal

Esta formação ocorre em grande parte da área mapeada, estendendo de sul para centro sul do GBG aflorando no núcleo da grande estrutura antiformal Aimbé, de leste a centro leste também representando parte de uma estrutural antiformal e no seguimento NW da porção central do *greenstone* de Guarinos estando a maior concentração dos litotipos da unidade.

Os litotipos de maior proporção reconhecidos durante o mapeamento foram xisto carbonosos com mineralogia de quartzo, biotita, muscovita ou granada (espessartita), BIF's, gonditos. Os outros litotipos observados são quartzo-muscovita xistos com clorita, granada, biotita e magnetita, os quais ocorrem comumente intercalados, brecha composta de material manganesífero com clastos de anfibolito (ponto AJM-58), quartzito, mica xisto e quartzitos muito finos. Os gonditos apresentam em geral uma mineralogia composta por espessartita, quartzo, e óxidos de ferro e ocorrem comumente intercalados nos xistos carbonosos, formando camadas com espessuras centimétricas a decamétricas, quando alteradas a rocha apresenta moldes semicirculares identificando a antiga presença de minerais de granada.

O termo gondito será utilizado aqui de acordo com a definição de Roy (1965): *The true gondite is a metamorphosed equivalent of non-calcareous, manganiferous, arenaceous and argillaceous sediments and consist of spessartite and quartz as essential minerals, commonly with rhodonite and with other manganese silicates.*

A Formação Cabaçal é subdividido, na área do presente estudo, da base para o topo em quatro subunidades, **Ca-1**, **Ca-2**, **Ca-3**, e **Ca-4**, essas são separados das formações sotoposto por discordância estratigráfica ou falha. As subunidades foram separadas através de variedades de litotipos e aspectos geomorfológicos (interpretativos).

A subunidade, **Ca-4**, ocorre na porção oeste da unidade Cabaçal estando em contato por falha com a unidade Serra do Cotovelo (**Figura 3.12**) e a Aimbé (topo). A **Ca-4** é composta por xisto carbonosos, intercalado com camadas decimétricas a decamétricas de *metachert*, formação manganesífera, gonditos e BIF's. Estes BIF's ocorrem nas cristas de serra (**Figura 3.13**) gerando espessas camadas, corpos

lenticulares associado a material carbonoso com intercalações métricas a decimétricas.

As rochas apresentam coloração cinza escura, as vezes preta, apresenta um solo de tonalidade cinza a avermelhada. Foram observadas feições lenticulares de quartzo brechado entre as camadas manganíferas e xistos carbonosos (AJM-77 e AJM-517). As formações manganíferas apresentam granadas do tipo espessartita em aproximadamente 30% da rocha, com tamanhos milimétricos.

O conjunto de rocha formado por formações ferríferas sustentam as cristas de serras na área de ocorrência, com afloramentos preservados nos morros e em drenagens encaixadas. Os litotipos do conjunto **Ca-4** não possuem continuidade para norte, pois as camadas são truncadas pelo plano de falha que divide a sequência máfica/ultramáfica do restante do empilhamento.

São observadas em afloramentos deste conjunto estruturas planares de comportamento dúctil como a foliação Sn, em geral, na porção de ocorrência de Ca-4 Sn está paralelo ao bandamento reliquiar (So), com planos mergulhando para SW (em média 50°-60°). O plano Sn quando próximo do plano de falha apresenta mergulho alto (em média 80°) para SW, o que evidencia essa descontinuidade tectônica como pós Dn. A caracterização dessas estruturas deformacionais será descrita e discutida com mais detalhe no capítulo de geologia estrutural.

A transição para subunidade **Ca-3 (Figura 3.14)** é marcada pelo aumento da frequência de camadas de xisto carbonoso tornando-a mais espessas, representando a subunidade **Ca-3**. O litotipo ocorre numa faixa N-S, com maior representatividade nas porções norte e sul da área estudada, na porção central ocorre um adelgaçamento do xisto carbonoso gerado provavelmente durante deformações pós sedimentação.

Também ocorre neste conjunto muscovita-sericita xistos, gonditos, formações ferríferas semelhantes a da Formação Aimbé, muscovita-hematita xisto (pontos AJM-480 e AJM-481), anfibólio xistos (as vezes ricos em minerais de clorita) (AJM-478 e AJM-479).

Os muscovita-sericita xistos e o anfibólio xistos se concentram mais na porção sul, sendo que esses litotipos ocorrem como lentes de aproximadamente 20-

30 metros de espessura intercaladas aos xistos carbonosos. As rochas formadas por cristais de micas e anfibólio possuem coloração avermelhada.

Nos xisto carbonosos microscopicamente observou-se textura lepidoblástica, com minerais bem orientados e fenômeno de inibição de crescimento mineral causado pelo material carbonoso. As rochas deste conjunto apresentam uma foliação Sn (xistosidade) bem marcada paralela ao bandamento composicional (So), com mergulho alto (em média 60°) para SW, que aumenta para oeste.

A subunidade **Ca-2** é composta principalmente por rochas de sedimentação química do tipo gondito, formações manganíferas e xisto carbonosos. O gondito predominam sobre as demais rochas com aproximadamente 50-60% na subunidade **Ca-2**. As rochas com maior composição de manganês (gondito e formações manganíferas) apresentam em geral alto grau de alteração, dificultando as condições de afloramento na localidade. As melhores exposições dessas rochas são

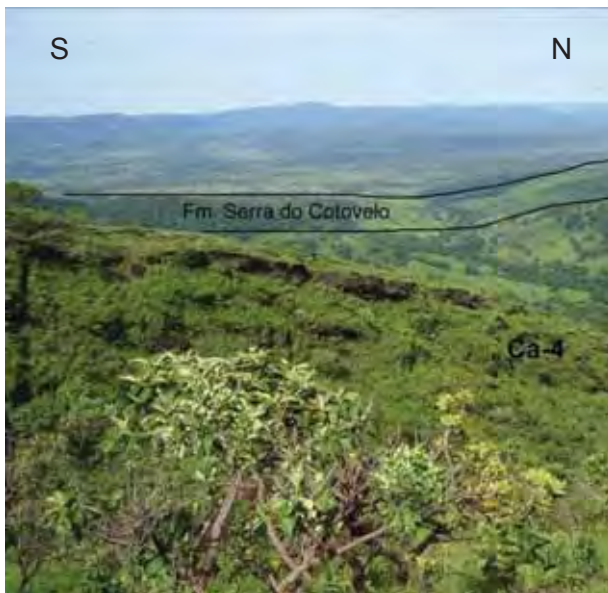


Figura 3.12 – Foto da paisagem tirada em cima da crista de formação ferrífera da subunidade Ca-4, mostrando aproximadamente o contato com a Formação Serra do Cotovelo.



Figura 3.13 – Foto da paisagem tirada em cima da subunidade Ca-4, mostrando a crista elevada devido aos BIF's. O contato das formações ferríferas desenha uma regra dos "V", mostrando o mergulho da camada para W-SW.

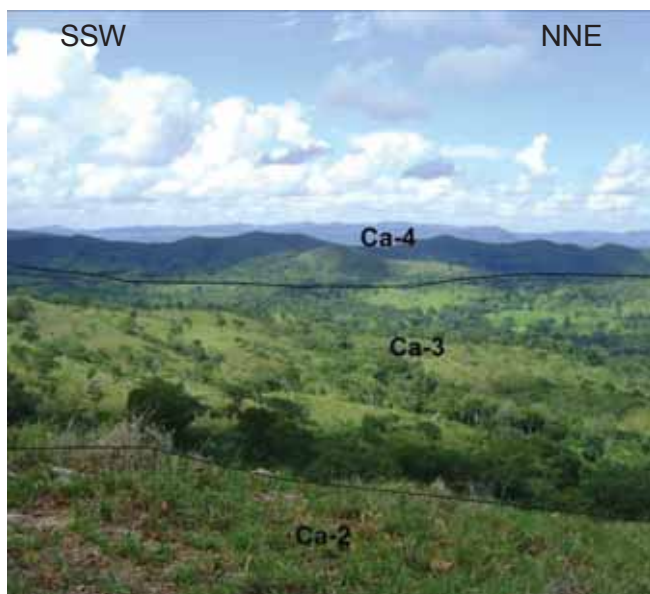


Figura 3.14 – Foto de paisagem tirada de cima da subunidade Ca-2, mostrando as diferenças de relevo entre as subunidades Ca-3 e Ca4.

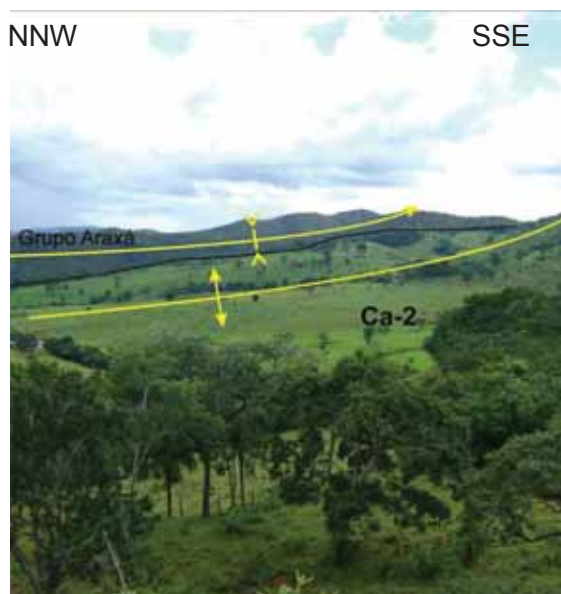


Figura 3.15 – Foto de paisagem da subunidade Ca-2, mostrando a forma de relevo bem arrasada. A subunidade Ca-4 faz contato com o “Grupo Araxá”. O traço em amarelo são as grandes estruturas de dobras antiformal e sinformal caracterizada nesta porção da área de fase Dn-1 (Capítulo 5, Geologia Estrutural)

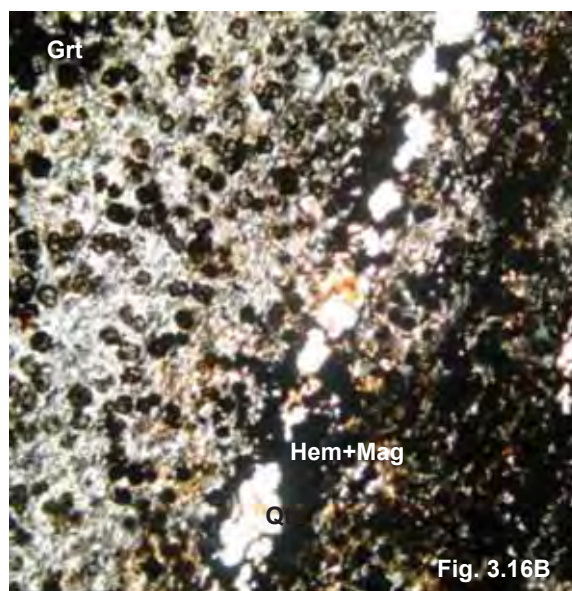


Figura 3.16 – A) Os gonditos apresentam estrutura compacta em amostra de mão. Rocha de coloração marrom escura, granulação fina, estrutura foliada, equigranular (GU-3-94). B) Em lâmina polida os gonditos apresentam estrutura foliada, com minerais orientados, textura



**granoblástica, inequigranular, granulação fina. Apresenta forte orientação mineral segundo foliação principal Sn, Grt=granada (espessartita). Base da fotomicrografia – 5mm.**

descritas em charneira de dobra (**Figura 3.15**) de dimensões métricas a decamétricas (ponto AJM-126 e AJM-158), em corte de estradas e em drenagens na qual o fluxo de água é maior.

O relevo em geral é bastante arrasado com presença de pequenos morrotes de forma aplainada gerando um solo de coloração avermelhada

Os gonditos apresentam estrutura compacta em amostra de mão (**Figura 3.16A**), sendo possível observar bandamento composicional em lâmina polida (**Figura 3.16B**) tem-se a mineralogia de granada (25-45%), quartzo (30%), óxido de Mn/Fe (20-35%), goethita (5-10%), provavelmente produto da alteração das granadas, hematita (5%), biotita (5%) e traços de rutilo. As granadas encontram-se quase totalmente alteradas e corroídas, gerando óxido de Mn. O quartzo é equigranular e tem extinção ondulante.

Nos xistos carbonosos são observados duas foliações metamórficas, uma mais antiga (Sn-1), observada em afloramento localizado Sn-1 ocorre como clivagem de crenulação, e outra, de evento posterior (Sn) gerando feição de xistosidade. Nos gonditos a estrutura planar melhor vista é o bandamento composicional (So), com intercalações milimétricas a decimétricas de minerais micáceos com bandas mais ricas e óxidos de ferro/manganês.

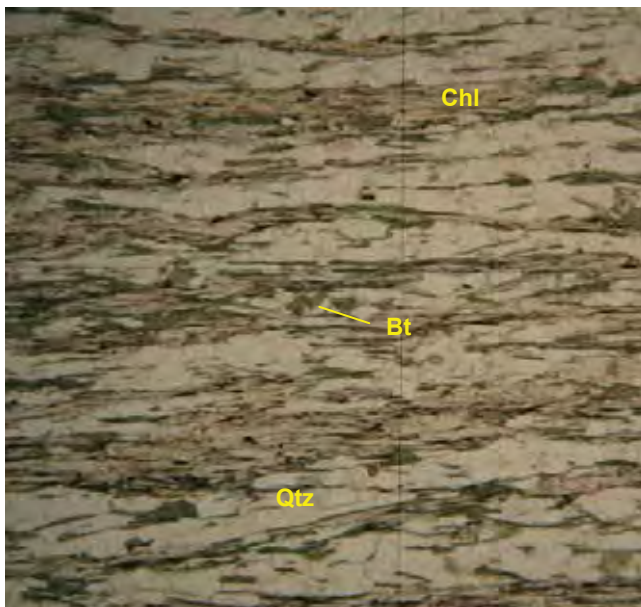
A subunidade **Ca-1** ocorre na porção nordeste da área estudada em uma faixa de direção NW-SE, entre os metassedimentos do “Grupo Araxá” e os gnaisses do Complexo Moquém. Essa subunidade encontra-se sobreposta as rochas metabásica e compreende um segmento composto por ampla diversidade litológica que varia de SE para NW. Foram reconhecidos na porção mais ao sul sequência de clorita-muscovita-quartzo xistos, biotita xistos na porção central, clorita xistos e clorita-anfibólio-quartzo xistos na parte norte; esses litotipos ocorrem intercalados a xistos carbonosos, além de formações manganésíferas, ferríferas e lentes de talco xisto ao longo de toda a faixa. Há um aumento da quantidade de xistos carbonosos no sentido SW, evidenciando desse modo uma variação litológica expressiva e complexa, tanto lateral como longitudinalmente dessa faixa.

- Clorita-muscovita-quartzo xistos possuem coloração verde clara a acinzentada quando são e avermelhada quando alterada, granulação fina a média, textura granolepidoblástica, estrutura foliada tipo xistosa, por vezes crenulada e/ou dobrada e é composta por clorita, muscovita, quartzo e um pouco de feldspato; a biotita quando presente ocorre em pequenas porcentagens (**Figura 3.17**).

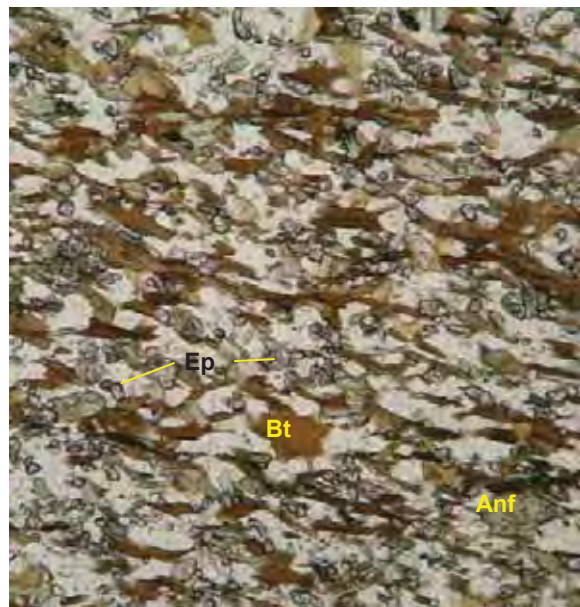
- Biotita xistos são rochas de coloração acinzentada, granulação muito fina a fina, lepidogranoblástica e estrutura xistosa, composta principalmente por biotita, quartzo, feldspato e muito epidoto, por vezes anfibólio e granada (**Figura 3.18**).

- Clorita xistos possuem coloração cinza prateada, granulação muito fina, textura lepidoblástica e estrutura do tipo clivagem de crenulação encontrando-se mais deformada na porção norte da área; é composta quase totalmente por clorita magnésiana (clinocloro – 90%) e pouco quartzo com granadas submilimétricas a milimétrica subordinadas (**Figura 3.19**).

- Clorita-anfibólio-quartzo xistos possuem coloração cinza claro a prateada, granulação fina e se assemelham muito aos clorita xistos da porção norte da área, porém são distintas mineralogicamente por possuírem considerável quantidade de anfibólio (30%) e relativamente pouca clorita (15-20%) (**Figura 3.20**).



**Figura 3.17** – Fotomicrografia de clorita-muscovita-quartzo xistos da subunidade Ca-1. Base da fotomicrografia – 5mm.



**Figura 3.18** – Fotomicrografia de biotita xisto da Ca-1 com raros cristais de anfibólio (Anf) e quantidade elevada de cristais de epidoto. Base da fotomicrografia – 1,5mm.



Figura 3.19 – Fotomicrografia de clorita xisto com cloritas do tipo clinocloro e estrutura crenulada da subunidade Ca-1. Base da fotomicrografia – 5mm.

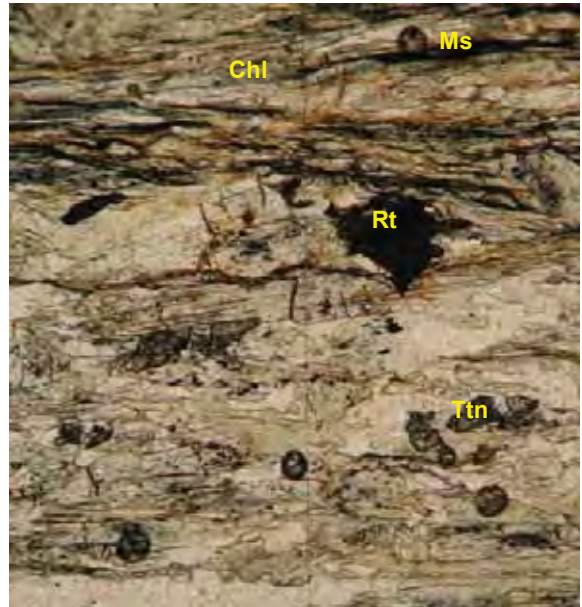


Figura 3.20 – Fotomicrografia de clorita-anfibólio-quartzo xistos com cristais fortemente orientados e intercalados com material carbonoso da subunidade Ca-1 (Rt)=rutilo, (Ttn)=titanita. Base da fotomicrografia – 1,5mm

- Xistos carbonosos que intercalam esses litotipos ocorrem desde finos estratos de poucos centímetros até camadas métricas com formações manganésíferas comumente associadas.

### 3.3.5 Formação Aimbé

A unidade é composta por litotipo principal, que corresponde a uma formação ferrífera bandada de composição incomum constituída por muscovita e magnetita. Localmente ocorrem associadas formações ferríferas com hematita (incluindo specularita). Além da formação ferrífera, encontra-se na porção SE da área um pacote de cloritóide-muscovita xisto, sobreposto às formações ferríferas. O contato da Formação Aimbé com a Formação Serra do Cotovelo, a oeste, é marcado por falha de alto mergulho com caimento para SW (Capítulo 5, Geologia Estrutural), a

leste, o contato do Araxá com as unidades de base e topo da Fm. Aimbé é marcado por discordância.

Neste trabalho individualizou-se duas sequências dentro da unidade, a superior, com rochas mais ricas em material metapelítico metamorfizado que resultam em uma gama mineralógica composta por clorita, muscovita, biotita, cloritóides, turmalina e esporadicamente formação ferrífera fácies óxidos, e a inferior, mais amplamente distribuída desenhando a Antiforme Aimbé e se estendendo até a porção leste da área. As rochas deste nível são essencialmente formações ferríferas bandadas ricas em muscovita, com formações ferríferas rica em specularita na porção de topo (**Figura 3.21**).

A formação Aimbé ocorre como uma estreita faixa de orientação N-S localizada na porção sul da área, que de oeste para leste desenha uma estrutura antiformal (Antiforme Aimbé) e em seguida uma sinforme se estendendo para E até desaparecer sob o “Grupo Araxá”.

Na porção sul, flanco W da Antiforme, ocorrem os truncamentos das Formações Aimbé (base), São Patricinho e Cabaçal (**Ca-4**) com a Fm Serra do Cotovelo por uma falha de fase pós Dn.

As formações ferríferas e variedade dos seus litotipos segundo Resende et al., (1993), Resende e Jost (1994) e Resende (1994) consistem de metassedimentos detríticos e metahidrotermalitos

Para essas rochas raramente são encontrados afloramentos *in situ* e as informações se restringem à presença de blocos centimétricos a métricos (**Figura 3.22**) dispersos gerando pequenas cristas alinhadas no terreno com solo de coloração avermelhada. Em amostra de mão os BIF's apresentam em geral uma estrutura xistosa paralela ao bandamento composicional dado por bandas de espessuras milimétricas ricas em muscovita e camadas mais ricas em magnetita e hematita. Os minerais de composição ferrífera como hematita e magnetita possuem dimensões milimétricas a centimétricas e hábito subedral a euhedral (**Figura 3.23**). Observa-se, por análise microscópica que, em geral, a muscovita na matriz sobrecresce na foliação Sn, indicando recristalização tardi-Dn (**Figuras 3.24**).

As rochas que compõem o nível de topo da Aimbé ocorrem na porção centro leste do mapa geológico (**Anexo 2**), com direção E-W. Os litotipos descritos são



clorita-magnetita-turmalina-quartzo-cloritóide xisto, clorita-quartzo-magnetita xisto, quartzo-magnetita-turmalina-cloritóide xisto. A densidade de afloramentos desses metapelitos é relativamente baixa, em geral os litotipos ocorrem como blocos dispersos, identificando grau de intemperismo médio a alto. Apresentam comumente coloração esverdeada e quando alteradas, coloração avermelhada. Essas apresentam uma forte foliação marcada por uma de xistosidade gerado pelo evento deformacional Dn. Em lamina petrográfica (AJM-279), apresentou composição mineralógica de clorita 30%, muscovita 25%, quartzo 20%, magnetita 20%, 5% turmalina. A foliação Sn é marcada pela orientação dos cristais de muscovita, clorita e por filetes de minerais opacos (**Figuras 3.25**).



**Figura 3.21 – A) Detalhe da amostra de especularita-quartzo xisto da Formação Aimbé (AJM-461). B) Detalhe da amostra de muscovita-magnetita xisto da Formação Aimbé. As bandas claras são níveis de muscovita e as bandas escuras são níveis de muscovita e de magnetita. Os cristais de muscovita sobrecrescem na foliação, identificando um crescimento pós tectônico (AJM-285).**



Figura 3.22 – Os afloramentos para os litotipos da Aimbé são raros sendo mais comum a presença de blocos centimétricos a métrico dispersos (AJM-279).

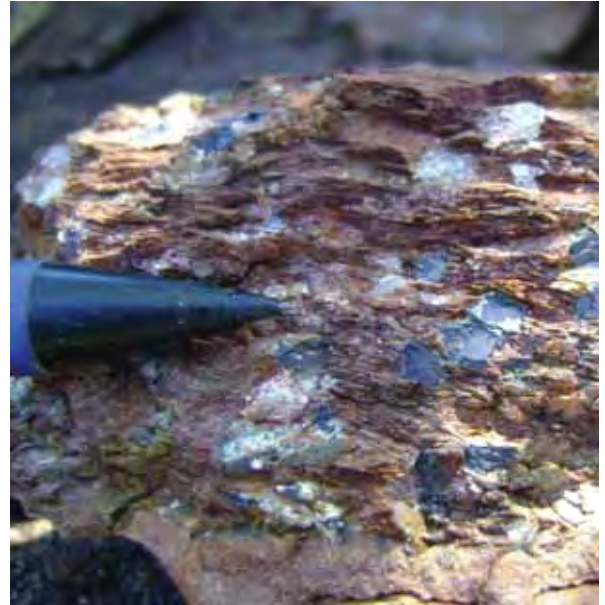


Figura 3.23 – Detalhe da amostra de hematita-clorita-muscovita xisto da Formação Aimbé (AJM-243). Os cristais de hematita com dimensões milimétricas possuem hábitos subedral a euhedral.



Fig. 3.24A

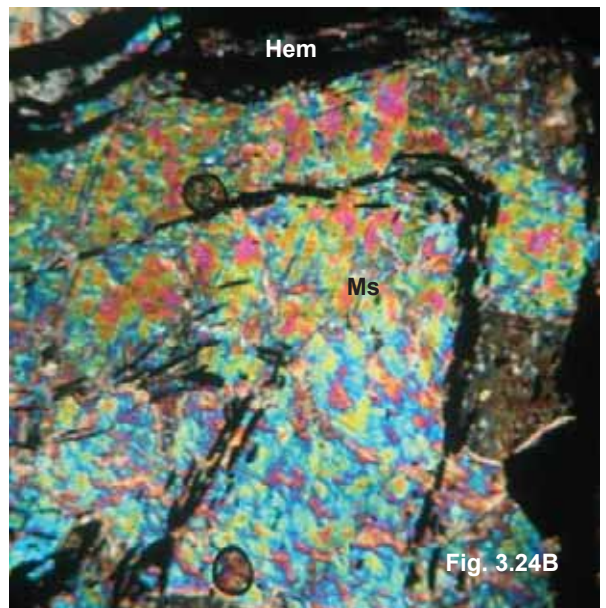
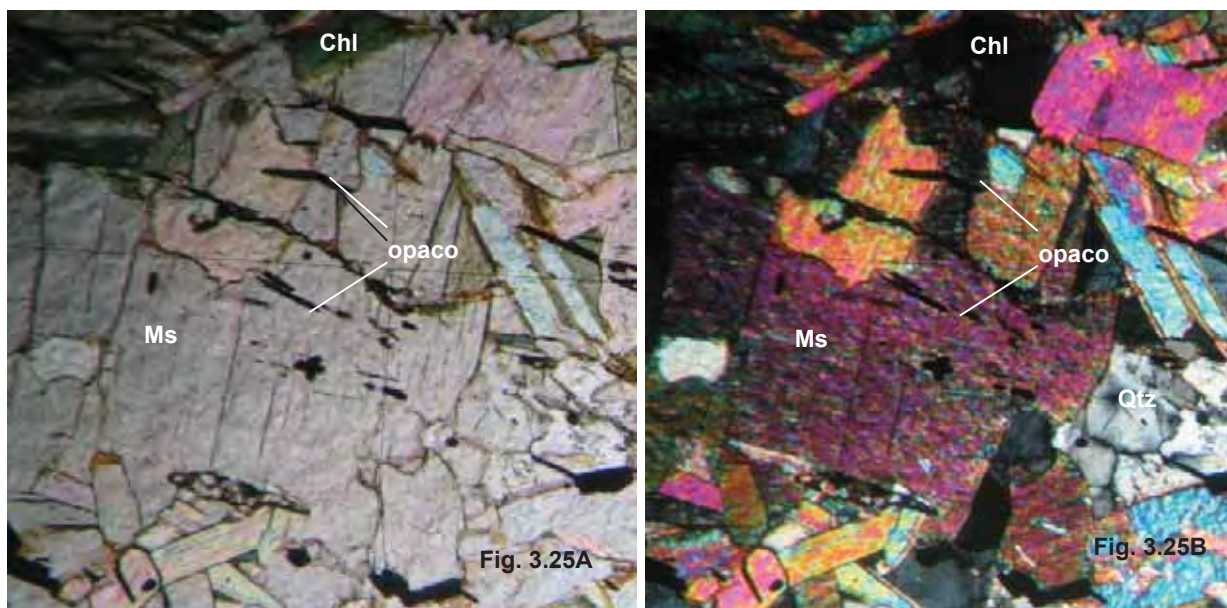


Fig. 3.24B

Figura 3.24 – A) Detalhe da amostra de muscovita-magnetita xisto com corte perpendicular ao plano do acamamento primário. As bandas claras são de cristais de muscovita e as bandas cinza são de magnetita com muscovita (AJM-209). As dobras na amostra são interpretadas como de fase  $D_{n+1}$ , pois esta afeta a foliação principal  $S_n$ . B) Fotomicrografia da amostra (AJM-209). Os cristais de muscovita sobrecrescem na foliação  $S_n$ , identificando um evento tectônico pós  $D_n$ . Base da fotomicrografia - 1,5mm.





**Figuras 3.25 – A) Fotomicrografia de nicós paralelos. B) Fotomicrografia de nicós cruzados de clorita-magnetita-quartzo-muscovita xisto com turmalina (AJM-279). Nas muscovita é observado a feição de recristalização tardia após deformação principal Dn, a antiga foliação é marcada por filetes de opacos de forma lenticular. Base da fotomicrografia 1,5mm.**

### 3.3.6 Formação São Patricinho

A constituição litológica desta unidade é ainda pouco compreendida na área de estudo, pois são raros os afloramentos desta unidade. A área de ocorrência corresponde à da Formação São Patricinho, como descrita por Jost e Oliveira (1991) e Jost et al., (1995), e por isso adotamos esta mesma denominação para esta unidade.

Na porção oeste a Formação São Patricinho faz contato estratigráfico com os litotipos da Aimbé e por falha com a Fm Serra do Cotovelo, a leste, a área de abrangência da Unidade é maior, e é limitada por rochas da Formação Aimbé e por discordância pelos metassedimentos do “Grupo Araxá” (**Anexo 2**).

A unidade na região mapeada encontra-se nas porções mais baixas do terreno, tendo poucos afloramentos devido ao elevado grau de intemperismo. As feições de relevo em geral são suaves com poucos morrotes, sendo sua área de ocorrência coberta por extenso solo de coloração avermelhada (**Figura 3.26**). As rochas são melhores vistas e descritas quando encaixadas na drenagem, onde o

volume de água é maior, as vezes, são encontrados em cortes de estradas ou barrancos.

Os litotipos identificados nos poucos afloramentos encontrados são xistos com variadas porções de muscovita, clorita e quartzo (**Figura 3.27**), subordinadamente sericita, biotita, magnetita e, por vezes plagioclásio e turmalina. Tais rochas possuem coloração verde escura e cinza metálico quando são e laranja-avermelhada quando intemperizadas. Dentro da unidade observou-se rochas de origem química (Formação Manganesífera), cuja análise petrográfica identificou percentagem de 46% quartzo, 36% espessartita, 18% óxido/hidróxido de manganês e material carbonoso variando em torno de 1%.

Foram encontradas em pontos localizados (AJM-211, AJM-212 e AJM-251), na porção leste da Formação São Patricinho, blocos de talco xisto e tremolita/actinolita xisto.



**Figura 3.26 – A) Vista parcial da área de ocorrência da unidade São Patricinho, identificando a feição de relevo aplainado (AJM-349) e ausência de afloramentos. B) Foto mostrando solo argiloso, avermelhado e bem espesso que se encontra dentro da Formação Patricinho RGU-518.**





Figura 3.27 – Detalhe do afloramento de clorita-muscovita-quartzo xisto da Fm São Patricinho, a direção da caneta esta paralela à xistosidade da rocha (GU-6-66).



Figura 3.28 – Amostra dispersa no local de muscovita-clorita xisto com porfiroblastos de magnetita, da Fm São Patricinho. As magnetitas apresentam tamanhos milimétricos a centimétricos (AJM-459).

Também foram descritas na unidade rochas ricas em ferro, na forma de cristais centimétricos de magnetita (**Figura 3.28**). O bandamento composicional se dá por bandas de quartzo alternadas com bandas de clorita e muscovita, marcando bandamento paralelo à xistosidade.

Em amostra de mão as rochas apresentam textura granoblástica e lepdoblástica, estruturas de xistosidade bastante penetrativa, da fase D<sub>n</sub>, as vezes, com crenulação desenvolvidas pelo evento deformacional D<sub>n+1</sub>.

### 3.3.7 “Grupo Araxá”

O plano discordante dos metassedimentos Araxá ocorre com diversas unidades do GBG (**Anexo 2**), estando em geral por cima da sequência vulcanossedimentar. Nos pontos reconhecidos e descritos neste trabalho como contato (pontos AJM-132, 151, 152, 172, 189, 227, 280, 305, 363 418, 434, 448 e 449) não foi reconhecida nenhuma feição que identificasse comportamento dúctil

das rochas como superfície de cavalgamento com estrutura de milonitização, ou até mesmo uma superfície de caráter rúptil apresentando feições de brechação. O que é visto claramente no contato é uma forte foliação metamórfica de evento deformacional  $S_n$  que apresenta as mesmas atitudes nas rochas vulcanossedimentares como nos metassedimentos do “Grupo Araxá”.

A unidade Araxá ocorre na porção sul e se estende para leste, sendo esta a sua maior área de cobertura. Na porção centro-leste aparece sobre a subunidade Ca-2. A leste, próximo ao Complexo Moquém, a sequência ocorre junto a uma grande estrutura sinformal de evento deformacional  $D_{n+1}$  (Capítulo 5, Geologia Estrutural) gerando uma faixa estreita com direção NW.

Os litotipos que compõem essa unidade são metassedimentos micáceos intercalados com lentes de quartzitos, esses por sua vez se destacam no relevo formando escarpas íngremes (**Figura 3.29**) e serras de grande extensão como a da Maria Lázara. A densidade de afloramentos dos diversos litotipos é relativamente alta, facilitando as descrições petrográficas como também as de caráter estrutural.

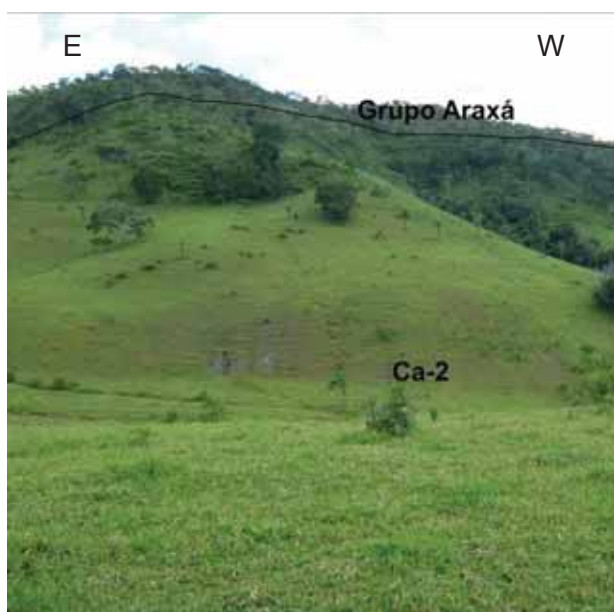
As rochas do “Grupo Araxá” neste trabalho foram classificadas em muscovita-quartzito xisto, com proporções variadas de minerais de clorita, muscovita, quartzo e biotita, quartzo-mica xistos porfiríticos e quartzitos.

Os litotipos predominantes são muscovita-quartzito xisto, clorita-quartzito-muscovita xisto e biotita-clorita-muscovita-quartzito xisto com magnetita, ocorrendo nas porções sul, central e parte da porção centro leste e leste da área.

Os clorita-muscovita-quartzito xisto, com (50-60%) de quartzo, (20-25%) de muscovita, (5-10%) de clorita e menos de 1% de turmalina. A foliação da rocha é marcada por cristais de muscovita e clorita. Nas rochas são reconhecidas a existência de uma fase de deformação  $D_{n+1}$  que crenula a foliação metamórfica  $S_n$ , correspondendo à manifestação em escala microscópica das estruturas ilustradas na **Figura 3.30**.

Os biotita-clorita-muscovita-quartzito xistos ocorrem com granulação fina, estrutura xistosa por bandamento composicional submilimétrico de quartzo e micas, e mineralogia composta de quartzo (40-50%), muscovita (30-50%), clorita (10-20%), biotita (5-10%) e em alguns pontos, magnetita.

Os quartzo-muscovita xisto porfirítico ocorrem no paredão leste e na parte oeste da serra Maria Lázara, este litotipo é interpretado neste trabalho como sendo base dos metassedimentos do “Grupo Araxá”. A rocha típica é um biotita-clorita-muscovita xisto com porfiroblastos hipidiomórficos de biotita, crescidas perpendicularmente à foliação (**Figura 3.32A e B**). Apresenta granulação fina, coloração verde escura quando são e avermelhada quando alterada, apresentam foliação do tipo xistosidade e estrutura granolepidoblástica. Mineralogicamente são compostos, em média, por 30% de quartzo, 25-35% de muscovita, 15% de plagioclásio, 10% de biotita, 2% de opaco, 5-10% de clorita, além de elementos secundários e traços como epidoto, turmalina, rutilo, apatita e alanita. Também são descrito para essa rocha a presença de cristais de carbonato, que quando presentes, perfazem até 20% do volume da rocha. Não foram evidenciadas durante o mapeamento, a não ser a serra Maria Lazara, outros locais que aflorassem quartzo-muscovita xisto porfirítico.



**Figura 3.29** – Foto de paisagem tirada na porção baixa da subunidade Ca-2. O “Grupo Araxá” ocorre nas porções mais elevadas do terreno e sua feição geomorfológica mais comum é na forma de escarpas.



**Figura 3.30** – Afloramento de clorita-muscovita-quartzo xisto da unidade Araxá (AJM-153). A foliação metamórfica  $S_n$  está dobrada pelo evento deformacional  $D_{n+1}$ .



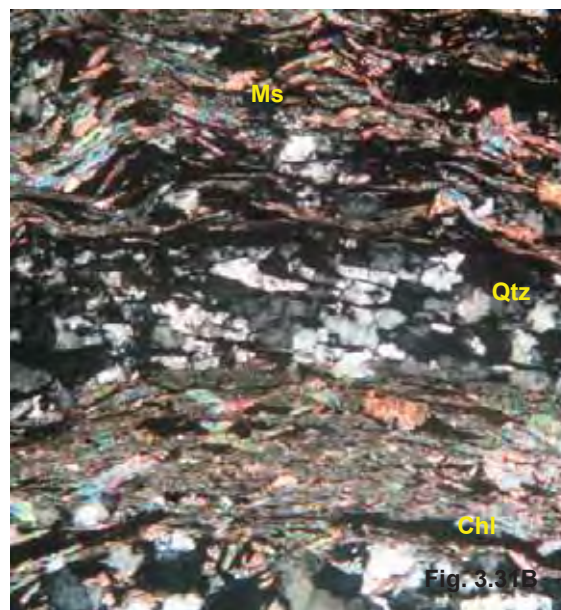
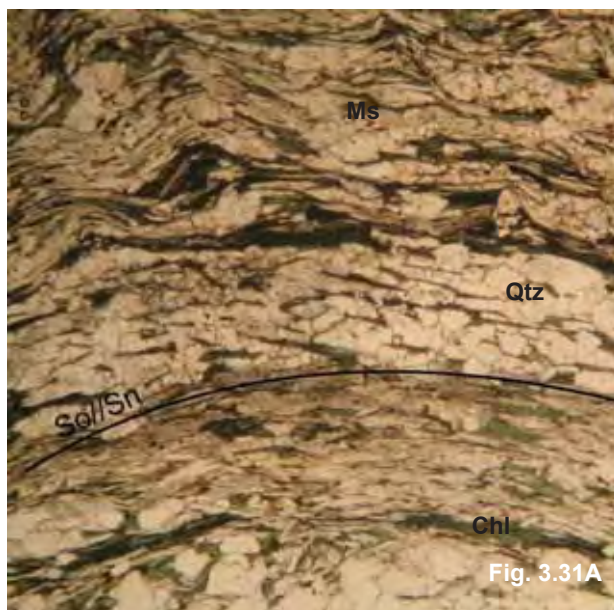


Figura 3.31 – A) Fotomicrografia de clorita-muscovita-quartzo xisto da unidade Araxá em nicóis paralelos (RGU-35). B) Fotomicrografia em nicóis cruzados. A foliação Sn paralela ao bandamento composicional So, estão dobrados pelo evento deformacional Dn+1. Base da fotomicrografia – 5mm.

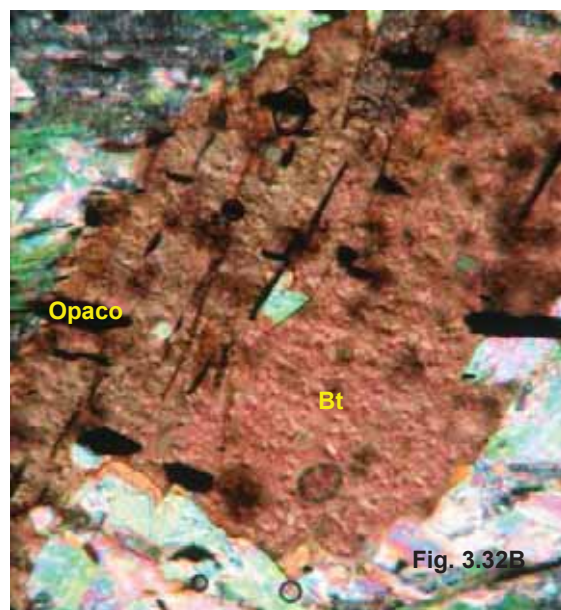
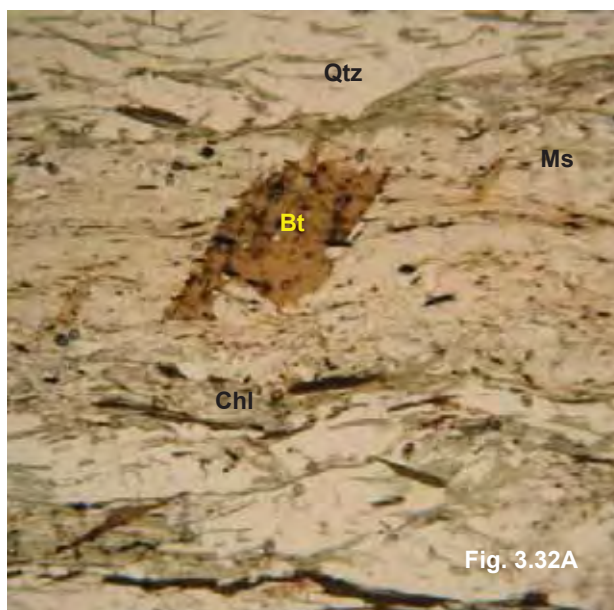


Figura 3.32 – A) Fotomicrografia de biotita-clorita-muscovita xisto com porfiroblastos hipidiomórficos de biotita, crescidas perpendicularmente à foliação (AJM-231). Base da fotomicrografia – 5mm. B) Fotomicrografia de detalhe do porfiroblastos hipidiomórficos de biotita. Observa-se que o pórfiro imprime a foliação metamórfica Sn marcada pelos minerais de muscovita e cristais lenticulares de opaco. Base da fotomicrografia – 1,5mm.



Figura 3.33 – Afloramento de quartzito da unidade Araxá (AJM-263). A rocha possui bandas centimétrica a métrica de camadas de composição mais micáceas.

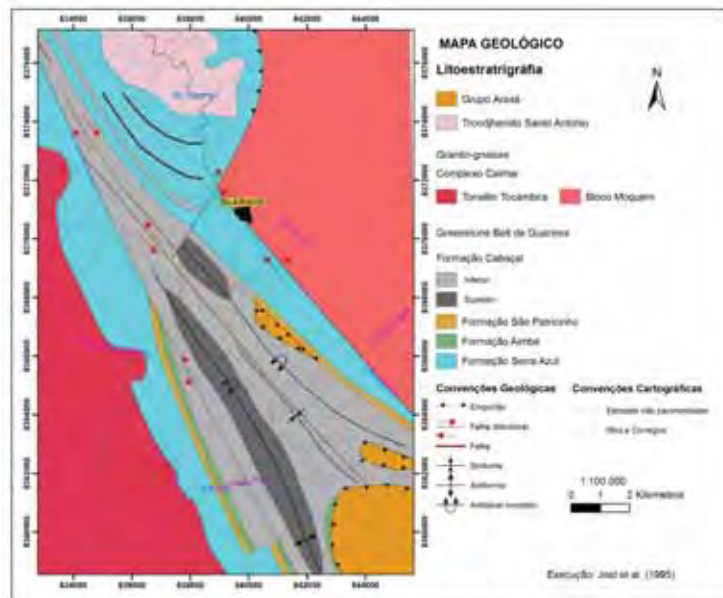


Figura 3.34 – Detalhe do afloramento de muscovita-quartzo xisto com intercalações de xisto carbonoso (AJM-188).

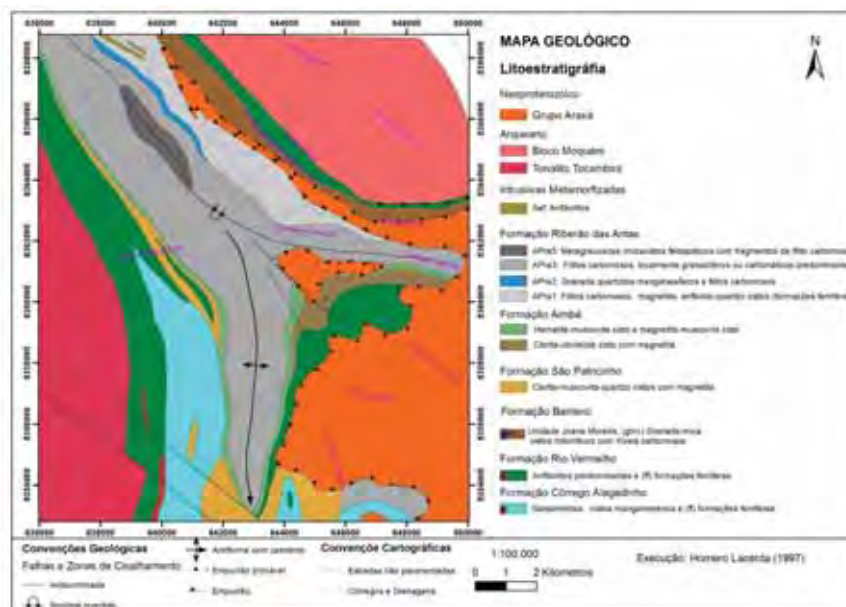
Os quartzitos ocorrem nas porções norte e central da área, na forma de lentes, ora com camadas de espessuras centimétrica a métrica de composição mais micáceas, ora com bandas mais quartzosas variando de decímetro a decamétrica (**Figura 3.33**). Os comprimentos destes quartzitos variam desde poucos metros a até dois quilômetro de extensão aproximadamente, possuem coloração creme a acinzentada, granulação fina, são granoblásticos e possuem foliação do tipo xistosidade.

Ocorrem também em alguns pontos (AJM-124 e AJM-188) intercalações de alguns metros de xisto carbonoso (**Figura 3.34**) semelhante ao descrito para a Formação Cabaçal com os xistos, sendo porém de pouca expressão.

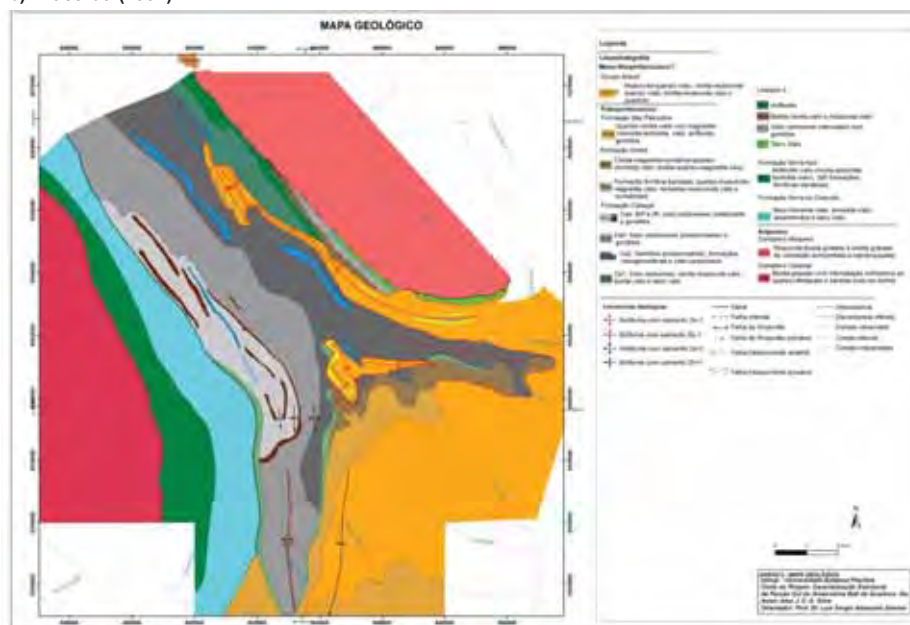




a) Jost et al., (1995)



b) Lacerda (1997)



c) Silva (2011)

Figura 3.35 – Mapas geológicos confeccionados para a Faixa Guarinas



## 4 - METAMORFISMO

---

O metamorfismo que afetou todo conjunto de rochas do GBG, do “Grupo Araxá” é de escala regional, do tipo dínamo-termal sendo responsável pela formação das principais paragêneses nas rochas da região estudada. As paragêneses predominantemente encontradas marcam o auge do metamorfismo da região, sendo atribuídas ao metamorfismo principal (MP). Sobre este conjunto e de caráter mais local e menos frequente, são encontrados minerais neoformados indicando re-equilíbrio em mais baixa temperatura, que são considerados aqui, de forma indivisa, como relacionados ao evento Retrometamórfico (RM)

As paragêneses mineralógicas do metamorfismo principal que afetou tanto o GBG quanto as rochas do “Grupo Araxá”, como apresentado adiante, correspondem às condições da zona da granada da fácies xisto verde.

Nas porções mais internas dos terrenos gnáissicos do CCa e CM observou-se franja de recristalização em microclínio, indicando que as condições metamórficas de fácies anfibolito. Por isso entende-se neste trabalho que estes domínios possuem uma história metamórfica mais complexa, envolvendo pelo menos um evento metamórfico de mais alta temperatura do que o MP que afetou o GBG e o “Grupo Araxá”

Interpreta-se neste trabalho que o auge metamórfico ocorreu durante o evento deformacional Dn, visto que os porfiroblastos que representam as paragêneses de mais alta temperatura mostram relação textural com a foliação Sn que indica crescimentos contemporâneos ao estágio final de Dn. A idade para o auge metamórfico é ainda incerta, necessitando deste modo um método específico para datação.

Jost et al. (1994) e Queiroz (2000) descrevem que os metadiabásios intrudidos nos gnaisses do Complexo Moquém, antes do metamorfismo regional, com assembléia mineralógica de hornblenda em equilíbrio com andesina/labradorita, pouco epidoto, e localmente granada e olivina com textura de coroa, sugere metamorfismo mínimo na fácies anfibolito médio. Os autores relatam que em outras rochas, os indícios de condições de metamorfismo elevado compreende biotita vermelha em gnaisses do CM e restos de hornblenda em gnaisses do CCa.

O retrometamorfismo nos gnaisses para fácies xisto verde é identificado pela saussuritização do plagioclásio e feições de microestruturas nos cristais de quartzo e plagioclásio em baixas temperaturas. Essas microestruturas são evidenciadas através da extinção ondulante no quartzo e pela migração de borda de grão (*bulging*) nos plagioclásios, na qual forma-se uma protuberância no cristal menos deformado que cresce às custas do mais deformado (PASSCHIER e TROUW, 2005). Nos metassedimentos do “Grupo Araxá” alguns cristais de clorita correspondem a pseudofornos de biotita, indicando também o efeito de retrometamorfismo.

A deformação principal (D<sub>n</sub>) que afeta todo o conjunto de rochas da área está associada a paragêneses mineralógicas na fácies xisto verde, o que mascara o metamorfismo mais antigo, atingindo em temperaturas de fácies anfíbolítica.

São descritos para rochas do Araxá e do GBG crescimento tardio de cristais de mica (biotita e muscovita) e granada, demonstrando que o metamorfismo ainda estava agindo sobre as rochas após deformação principal.

O padrão do metamorfismo regional observado na área será descrito em termos de seus efeitos nos diferentes grupos litológicos. Assim, as descrições serão apresentadas para os litotipos:

- Gnaisses
- Metabasaltos/metaultramáficas
- Metapelitos
- Metassedimentos químicos

## Gnaisses

Os gnaisses granodioríticos pertencentes ao Moquém apresentam duas assembléias mineralógicas, uma nas porções mais interna do corpo composta por cristais de quartzo, microclínio, plagioclásio e biotita. Os feldspato potássicos formam porfiroclasto de até 2 cm e apresentam franja de recristalização com agregados de quartzo e muscovita.

A segunda assembléia, ocorre próxima ao contato com GBG representada essencialmente por quartzo, microclínio, muscovita, epidoto e biotita, sendo que a

muscovita aumenta em detrimento da biotita (**Figura 4.1**). A ocorrência de muscovita também se torna maior devido à muscovitização progressiva dos feldspatos.

No evento metamórfico (Dn), os cristais de quartzo foram recristalizados, apresentando extinção ondulante incipiente e tendo contatos amebóides a poligonais, e todos os minerais foram orientados segundo a foliação Sn.

Propõe-se a ocorrência de metamorfismo dínamo-termal no contato entre os gnaisses do CM e as rochas do GBG, ao qual se associa a percolação de fluidos hidrotermais na Zona de Cisalhamento Carroça. Feições em lâmina que evidência esse tipo de metamorfismo é a presença de cristais de quartzo e feldspato estirados e recristalizados numa fase posterior à deformação, tais cristais apresentam deformações intracristalinas como extinção ondulante e bandas de deformação ocorrendo de forma incipiente na tentativa de se restabelecer o equilíbrio metamórfico. Alguns autores como Jost et al., 1995; Pulz, 1995; Queiroz, 2000 descrevem que o metamorfismo associado a Zona de Cisalhamento Carroça é do tipo dinâmico. Essa descontinuidade tectônica segundo os autores seria responsável pela recristalização e neoformação de novos minerais no contato do CM com o GBG. Compreende-se neste trabalho que a Zona de Cisalhamento não atingiria condições metamórficas suficientes (pressão e temperatura) para formação de minerais. Nesse sentido, a falha poderia atuar no metamorfismo através da geração de fraturas e microfraturas que facilitariam o acesso de água, em geral, necessária para reações retrometamórficas.

Próximo ao contato da falha afloram rochas pertencentes ao CM são gnaisses que sofrem processo de muscovitização e localmente saussuritização, mais localmente aparecem rochas pouco comuns, que devem ser produtos mais hidrotermalizados também oriundas do gnaisse.

Os efeitos do retrometamorfismo marcando a desestabilização dos minerais primários são assinalados pelas seguintes mudanças: a) geração de muscovita, a partir de biotita; b) textura de recristalização (*bulging*), que evidência o crescimento intergrãos nas bordas dos cristais de quartzo em baixa temperatura; c) formação de epidoto e muscovita a partir de plagioclásio; d) microboudinage de cristais de plagioclásio com preenchimento de quartzo.

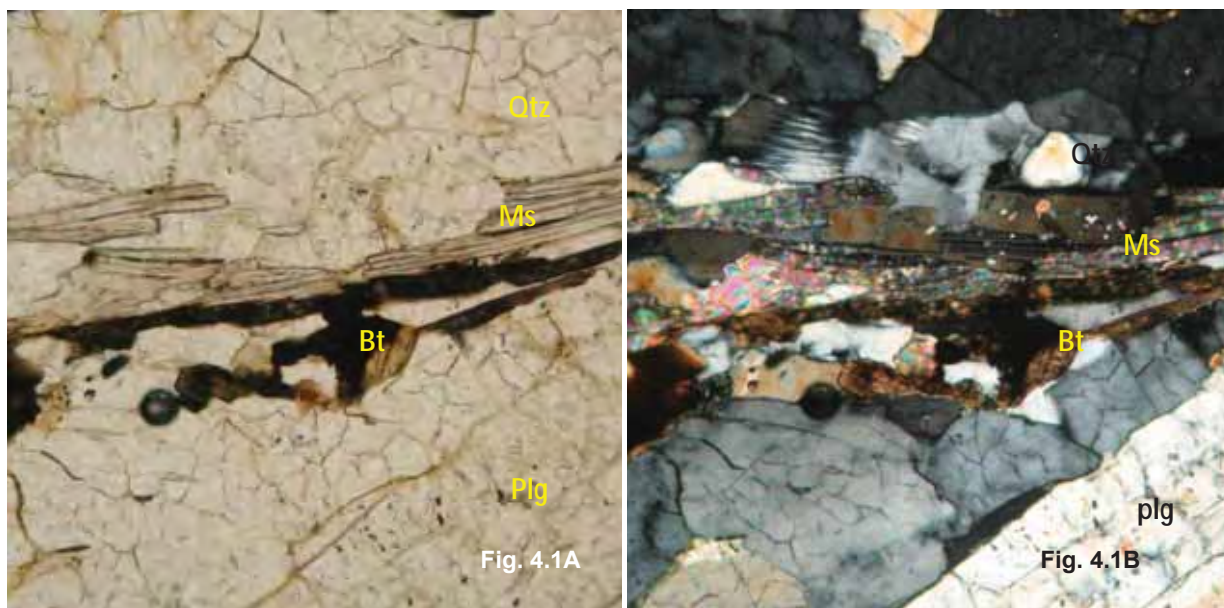


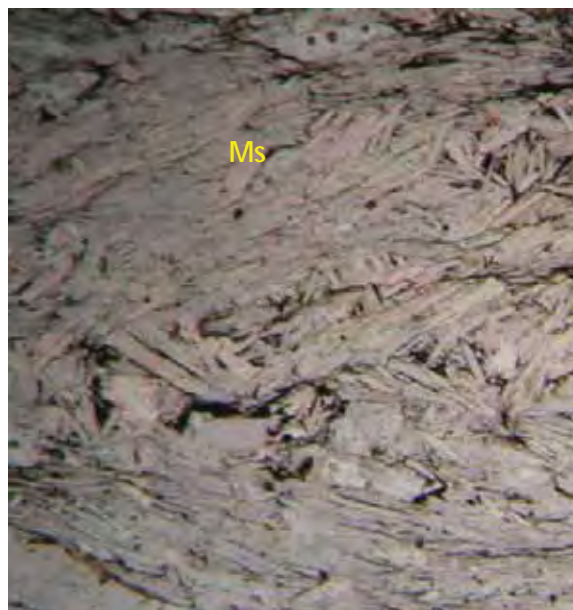
Figura 4.1 – Fotomicrografia de gnaiss granodiorítico, mostrando em seu centro feição retrometamórfica de muscovitização (AJM-117). A) polarizadores paralelos B) cruzados. Base da fotomicrografia – 5mm.

A atuação de hidrotermalismo associado a estes efeitos metamórficos no contato entre CM e GBG é indicada pela presença de grande quantidade de cristais de epidoto do tipo clinzoisita (**Figura 4.2**). O fluido hidrotermal com enriquecimento em cálcio teria percolado pela descontinuidade tectônica, esta seria uma zona para passagem de fluidos. O elemento cálcio provavelmente teria sido retirado de minerais como anfibólio e plagioclásio dos anfibólios xistos que ocorrem, a W da descontinuidade, em contato com os gnaisses do embasamento. Outra evidência da atuação de metamorfismo hidrotermal no contato entre embasamento e supracrustais é a presença de muscovita xistos (**Figura 4.3**) situados entre os gnaisses e os anfibólios xistos e que são interpretados como porções hidrotermalizadas do gnaiss do embasamento por apresentarem paragênese compatível com a de rochas ácidas, já que não condizem com as rochas da sequência *greenstone* adjacente. Com base nas informações descritas acima uma das reações possível para a muscovitização a partir de feldspato potássico seria:

$$3\text{KAlSi}_3\text{O}_8 + \text{H}_2\text{O} = \text{KAl}_2(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_2 + \text{K}_2\text{O} + 6\text{SiO}_2.$$



**Figura 4.2 – Fotomicrografia de gnaiss milonitizado (polarizadores paralelos) com grande quantidade de cristais de epidoto do tipo clinzoisita próximo à Zona de Cisalhamento Carroça (TF-E-169). Base da fotomicrografia – 5mm.**



**Figura 4.3 – Fotomicrografia de muscovita xisto localizado entre os gnaisses do embasamento e metabásicas da base da seqüência *greenstone* (polarizadores paralelos) (TF-E-333). Base da fotomicrografia – 5mm.**

#### Metabásicas/metaultramáficas

As rochas metabásicas são representadas por anfibólio xistos e anfibolitos, com paragênese composta por tremolita/actinolita, epidoto, plagioclásio (albita), clorita, titanita, quartzo e turmalina. Essa assembléia é observada com maior frequência nas porções central e sul (pontos AJM-64, 524, 525), sendo que a norte o anfibólio que predomina é a hornblenda (AJM-534 e 535).

As metabásicas presentes na Formação Serra Azul apresentam no metamorfismo principal assembléia de actinolita + epidoto + clorita ± albita ± quartzo ± tremolita ± hornblenda (porção norte). O aparecimento de actinolita + epidoto na presença de clorita diagnostica início de fácies xisto verde e pode ser formando ao redor de 280° C (BUCHER e FREY, 1994). A ocorrência de finas bordas de hornblenda na actinolita em algumas lâminas sugere condições um pouco mais elevada no metamorfismo. Segundo Yardley (2004), a fácies xisto verde em rochas



metabásicas compreende assembléia de actinolita ± epidoto ± albita ± clorita ± estilpnomelano na zona de temperatura mais baixa, e hornblenda ± actinolita ± albita ± clorita ± epidoto ± granada na zona de temperatura mais elevada. A hornblenda também está presente na fácies anfíbolito, mas torna-se instável em temperaturas baixas, decompondo-se em actinolita, clorita e clinozoisita/epidoto, e a fácies anfíbolito passa, assim, a xisto verde de alto grau. Portanto, pela paragênese encontrada, a fácies de equilíbrio observada é a xisto verde superior. A assembléia mineral, de fato indica temperaturas de 500°C a 550°C.

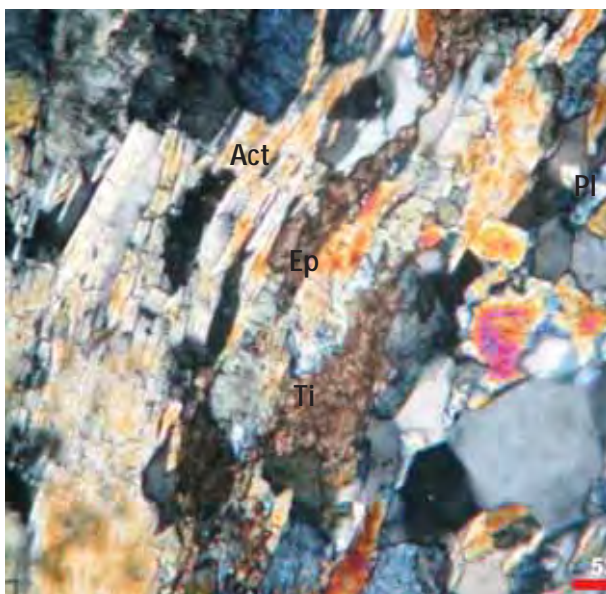


Figura 4.4 – Fotomicrografia de actinolita xisto da Formação Serra do Cotovelo (Gu-3-81), mostrando alteração de plagioclásio para epidoto. Base da fotomicrografia – 5mm.

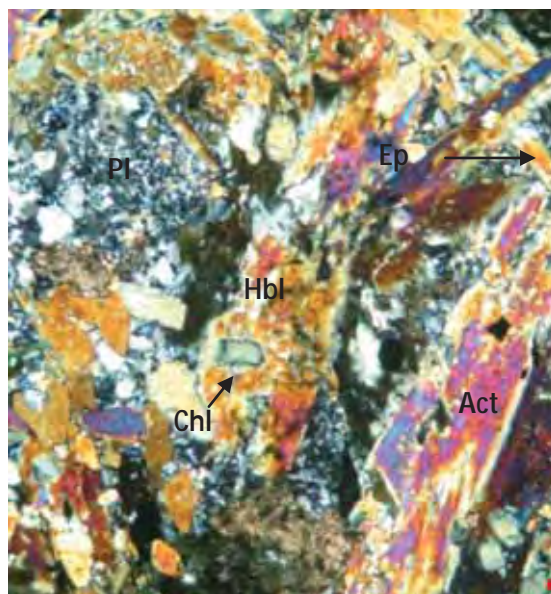


Figura 4.5 – Fotomicrografia de actinolita anfíbolito da Formação Serra Azul (Gu-3-5), mostrando a clorita bordejando a hornblenda e daí sugerindo que uma passa para outra. Base da fotomicrografia – 5mm.

O retrometamorfismo pode ser evidenciado nos metabasaltos pela transformação do plagioclásio cálcico em epidoto e albita (**Figura 4.4**), e anfíbólio passando a clorita e epidoto (**Figura 4.5**). Observa-se, ainda, certa microgranulação dos cristais de plagioclásio (que ocorre, pelo menos, a 400°C) acompanhada recristalização parcial que leva ao desenvolvimento de agregados com texturas poligonizadas. Este retrometamorfismo é interpretado como um evento pós-Dn, pois os cristais de actinolita que definem a foliação Sn estão passando para epidoto. Este fenômeno ocorreu não só nas rochas do GBG, mas também dos litotipos do “Grupo

Araxá” e do Complexo Moquém. A presença de titanita circundada por epidoto pode indicar esgotamento do titânio (vindo, provavelmente, dos anfibólios) em condições de abundância relativa de cálcio e sílica.

As metaultramáficas apresentam como assembléia mineral tremolita/actinolita, talco clorita e, subordinadamente quartzo em forma de micro veios.

#### - Metapelitos

Nas rochas metapelíticas do GBG e nos litotipos do “Grupo Araxá” ocorrem uma gama variada de litotipos. A mineralogia predominantemente é constituída por filossilicatos de pequena granulação, ricos em Al-K e pobres em Ca. Entre eles estão muscovita, clorita, biotita além de quartzo, feldspato, óxidos ferro, sulfetos e matéria carbonosa.

Nestas rochas são encontrados os seguintes minerais metamórficos muscovita, quartzo, biotita, clorita, plagioclásio (albita principalmente), granada (almandina e espessartita), além de turmalina, hematita e óxidos de Fe. Isto indica que a fácies atingida é xisto-verde zona da granada. Na porção norte a assembléia mineralógica dos metassedimentos do Araxá compreende essencialmente de granada (almandina), quartzo, muscovita, biotita, clorita e opacos, já a sul e a leste a granada é ausente. Entende-se que a presença de granada a norte da área no Araxá evidencia o aumento do gradiente metamórfico. Na porção mais a norte, fora da área mapeada, observou-se em lâminas petrográficas paragênese hornblenda + albita nos metassedimentos da Ca2 da Formação Cabaçal. A presença desses minerais indica início de fácies anfíbolito que ocorre em temperaturas ao redor de 500° C (BUCHER & FREY, 1994).

A tabela abaixo mostra as associações minerais típicas das rochas pelíticas em zonas barrovianas.

Tabela 4: Associações características de rochas pelíticas de zonas barrobianas (Yardley, 2004)

Zona	Associação mineral típica
<i>Clorita</i>	Clorita + muscovita fengítica + quartzo + albita ± calcita ± estilpnomelano ± paragonita
<i>Biotita</i>	Biotita + clorita + muscovita fengítica + quartzo + albita ± calcita
<i>Granada</i>	Granada + biotita + clorita + muscovita + quartzo + albita + epidoto + cloritóide

Muscovita, clorita e biotita são os principais minerais lamelares que definem a foliação Sn nas rochas estudadas. A biotita, microscopicamente, apresenta coloração marrom escuro, típica das porções média e superior da fácies xisto-verde, com intenso pleocroísmo, ocorrendo em equilíbrio com cristais de clorita na maioria das lâminas (**Figura 4.6**). Ocorre também como porfiroblastos crescidos em diferentes ângulos com a foliação Sn em rochas do “Grupo Araxá”, indicando recristalização tardi-Dn. Situação semelhante é observada em rochas do *greenstone* da Formação Aimbé, onde a muscovita, principalmente, apresenta recristalização pós Dn (**Figura 4.7**). O quartzo e a albita apresentam-se bem recristalizados na maioria das rochas, com grãos de tamanhos finos a médios, contatos curvilineares a poligonizados, geralmente inequigranulares, orientados e apresentam deformação intracristalina como extinção ondulante e bandas de deformação incipientes.

Na Formação Aimbé de topo, foi identificado cloritóide (AJM-176, 352, 353, **Figura 4.8**). Segundo Andrade Filho (1982), o ambiente favorável à origem de cloritóide deve possuir conteúdo de Fe-Mg alto, alto teor de Al e baixo teor de Na, K e Ca. Persistem em todo intervalo de metamorfismo de baixo grau. Dentre as reações listadas pelo autor, a que faz mais sentido no âmbito em que o mineral está inserido, próximo a formações ferríferas, é:

Hematita + clorita = magnetita + cloritóide + quartzo + H<sub>2</sub>O, sendo que a clorita foi quase inteiramente consumida, visto em algumas rochas da Formação Aimbé.

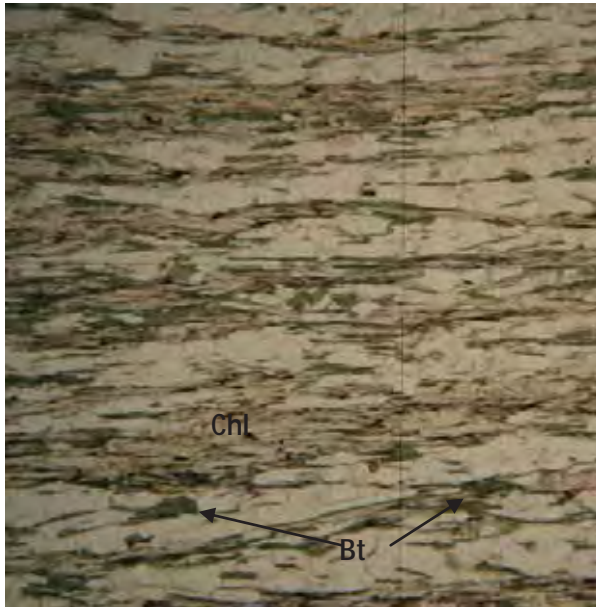


Figura 4.6 – Fotomicrografia de biotita-clorita-quartzo xisto da subunidade Ca-1 da Formação Cabaçal (TF-E-229). Polarizadores paralelos evidenciando cristais de biotita e clorita em equilíbrio. Base da foto – 5mm.

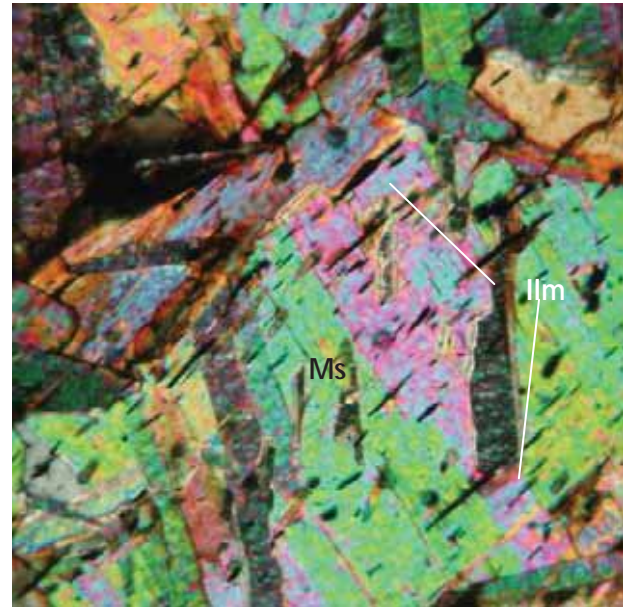


Figura 4.7 – Fotomicrografia de muscovita-magnetita xisto da Formação Aimbé (AJM-283). Polarizadores cruzados evidência cristais de muscovita crescidos pós foliação. Os cristais lenticulares de opaco preservam a orientação pretérita da antiga deformação. Base da foto – 1,5mm.

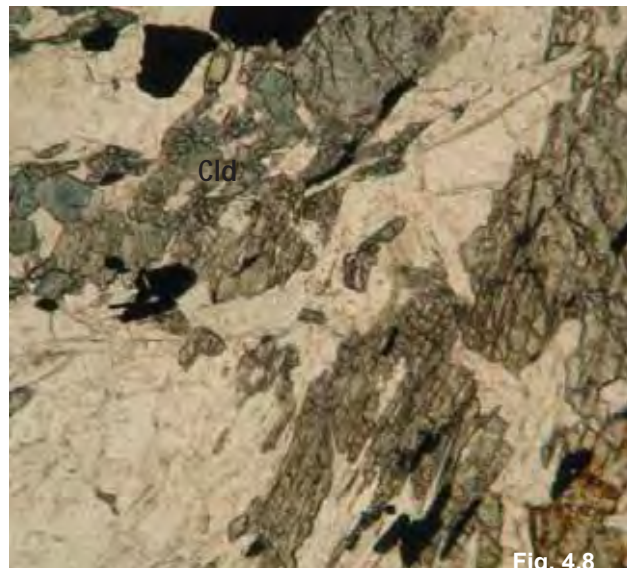


Figura 4.8 – Fotomicrografia de cloritóide-clorita-muscovita-quartzo xisto da Formação Aimbé de topo (AJM-353). Polarizadores paralelos. Porfiroblastos de cloritóide de até 1cm de comprimento, em matriz de quartzo e muscovita. Base da foto – 5mm.



- Metassedimentos químicos

Nas rochas químicas, que ocorrem apenas no GBG, os principais minerais metamórficos encontrados são: granada, quartzo, hematita, magnetita, biotita, muscovita, clorita, turmalina e rutilo.

Os gonditos são constituídos essencialmente de granada (rica em espessartita) e quartzo, resultantes de precipitação química em fundo oceânico e posterior metamorfismo dos sedimentos silicosos ricos em manganês.

As formações ferríferas bandadas são formadas de modo semelhante, com a precipitação do ferro. O *metachert* apresenta recristalização intensa com intercalação de material carbonoso e ocorre em afloramentos dentro da subunidade Ca-2, Ca-3 e Ca-4 da Formação Cabaçal. Os BIF's possuem bandas de magnetita e quartzo (**Figura 4.9**) ou magnetita e micas enquanto que o de facies silicatos são compostos por anfibólios da família da cummingtonita-grunierita (ricos em ferro), granadas e quartzo.

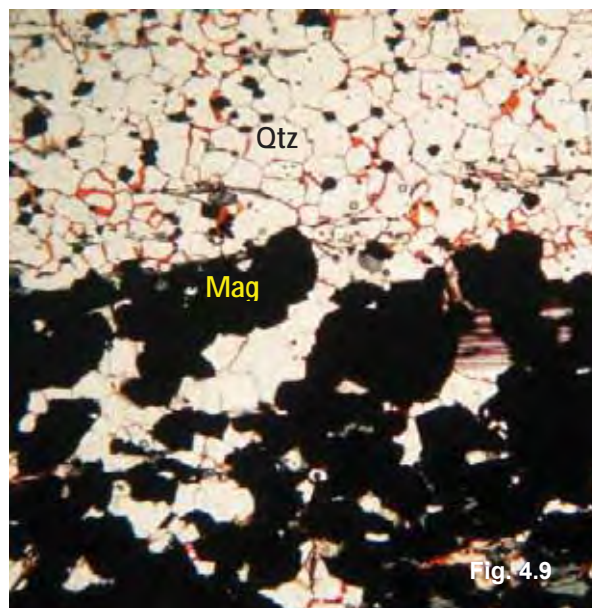


Figura 4.9 – Fotomicrografia de BIF da subunidade Ca-2 da Formação Cabaçal (AJM-285). Base da foto 5mm.



#### 4.1. Diagramas P x T

As paragênese metamórficas descritas acima possibilitam estimar as condições de pressão e temperatura da história metamórfica das rochas estudadas. Para o metamorfismo principal registrado nas rochas do GBG e do “Grupo Araxá”, as condições metamórficas são definidas por:

- a) presença de granada nos metapelitos associada à paragênese clorita + muscovita + quartzo.
- b) presença de cloritóide e ausência de estaurolita.
- c) ocorrência de hornblenda+albita nas rochas metabásicas.

Estas paragêneses indicam que o metamorfismo principal da região estudada alcançou as condições de metamorfismo de fácies xisto verde superior (zona da granada). Minerais indicadores de pressão na foram encontrados na área, entretanto foi identificada a ocorrência de cianita na porção norte do GBG, evidenciando que o regime bórico relativo ao metamorfismo principal é do tipo intermediário.

O retrometamorfismo é caracterizado pela desestabilização de granada, biotita e hornblenda que passam para clorita. Assim as reações retrometamórficas ocorreram principalmente em condições de fácies xisto verde inferior (zona da clorita).

Com relação às rochas do embasamento, identificou-se ampla recristalização de feldspato sugerindo condições metamórficas de fácies anfibolito, representando provavelmente por uma história metamórfica anterior à deposição das rochas do GBG.

As figuras 4.10 e 4.11 mostram o campo estimado para as condições do metamorfismo principal, correspondendo a temperaturas entre 450 e 550 °C e pressões entre 3 e 8 kbar.

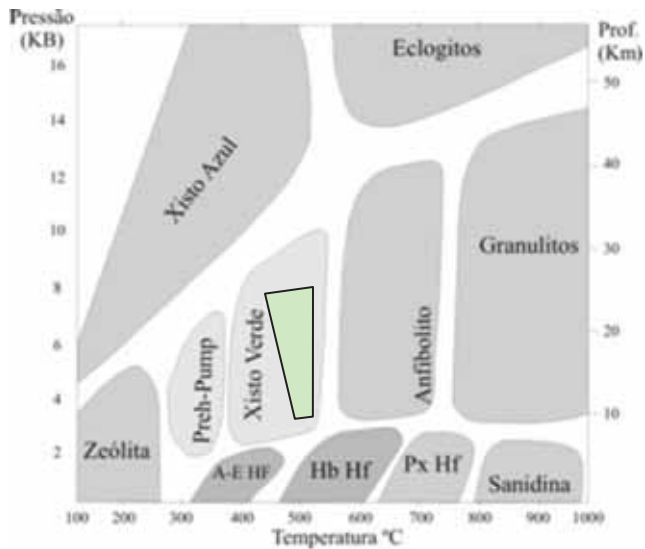


Figura 4.10: Diagrama PT apresentando as fácies metamórficas. A área em verde indica aproximadamente as condições do auge do metamorfismo principal. .Legenda: A-E HF, albita-epidoto-hornfels; HB HF, hornblenda-hornfels; PX HF, piroxênio-hornfels.(limites das fácies de acordo com Yardley, 2004).

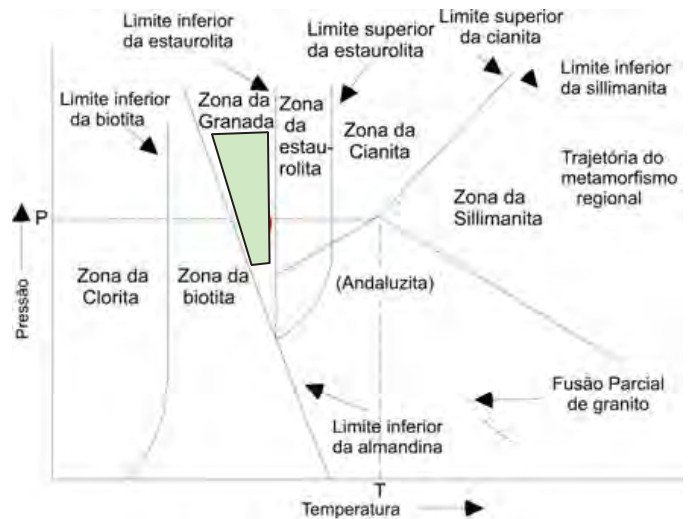


Figura 4.11: Diagrama P-T mostrando as principais zonas metamórficas. A área em verde representa as condições de metamorfismo para as rochas do GBG e do “Grupo Araxá” (campos de acordo com Hyndman, 1972).

## 5 - GEOLOGIA ESTRUTURAL

---

O mapa geológico gerado nesta dissertação ilustra contatos geológicos e feições de dobras que delineiam a forma do GBG. Alguns desses contatos são tectônicos e outros discordâncias estratigráficas, o que traz certa complexidade no entendimento do empilhamento e dobramento das camadas. Desta forma, optou-se aqui, fazer algumas descrições desses delineamentos para que o leitor entenda mais adiante a estruturação deformacional da área mapeada.

O GBG possui três grandes descontinuidades tectônicas, duas dessas são identificadas por ter movimentação tardia, pois afeta o plano principal (Sn) fazendo com que este fique vertical a subvertical nas proximidades da falha. Na porção leste, a Zona de Cisalhamento Carroça separa as rochas vulcanossedimentares dos gnaisses do Complexo Moquém, a oeste, falha interna no *greenstone* limita os litotipos ultramáficos/máficos das Formações Serra do Cotovelo e Serra Azul das outras unidades sotoposto, essas duas falhas são caracterizadas como pós Dn. A terceira é pouco compreendida e está a extremo oeste da área, limitando os gnaisses do Complexo Caiamar com os litotipos da Formação Serra Azul.

O truncamento de contato dos metassedimentos do “Grupo Araxá” com os litotipos do GBG nas porções norte, central e sul do mapa são interpretados como discordâncias estratigráficas e não tectônicas. A hipótese levantada para as diversas discordâncias é que já houvesse nos litotipos vulcanossedimentares grandes estruturas deformadas no acamamento e contatos previamente truncados antes da deposição dos sedimentos psamo-pelíticos do “Grupo Araxá”. Assim, as rochas do GBG serviriam de uma pequena bacia para o preenchimento desses sedimentos, e este material estariam preenchendo regiões de dobras ou até mesmo discordâncias pretéritas?

Nas porções norte e central da área os litotipos do Araxá, em geral, evidenciam plano do acamamento em baixo ângulo, esboçando em mapa padrões que sugerem redobramentos.

## 5.1 Introdução

A compreensão de terrenos polideformados em sequências *greenstone* é difícil, pois o contexto geológico envolve uma gama variada de processos que podem produzir geometria complexa das unidades litológicas, como por exemplo: vulcanismo; sedimentação clástica e química; tectonismo sin e pós sedimentação gerando falhas e ou dobras em diversos períodos; intrusão de rochas graníticas na sequência supracrustal e em seu contorno; além de fragmentação da sequência seguida de amalgamação de diversos terrenos.

Apesar destas dificuldades, alguns trabalhos abordam a geologia estrutural do GBG (DANNI e RIBEIRO, 1978; CASTRO e MAGALHÃES, 1984; DANNI, 1988, PULZ, 1990 e 1995; JOST et al., 1995; LACERDA, 1997; QUEIROZ, 2000; JOST et al., 2001; JOST e FORTES, 2001) e foram desenvolvidos fornecendo um quadro de evolução tectônica para área, mas que ainda carece de melhor entendimento quanto aos aspectos estruturais e cartográficos.

Este capítulo tem como principal objetivo descrever as estruturas encontradas nas rochas do GBG e do “Grupo Araxá”, aflorantes na área estudada, com intuito de caracterizar a geometria dessas estruturas, interpretar o significado tectônico e posteriormente correlacioná-las, podendo assim, formular um quadro mais completo da evolução estrutural desta região.

Seguindo a proposta de Hobbs et al., (1984) e Ramsay e Huber (1997), a utilização de critérios de superposição permite o reconhecimento das diversas gerações de estruturas em áreas tectonizadas. Assim, buscou-se compreender a geologia estrutural da área estudada através da identificação das estruturas, das relações de sobreposição (nas escalas de mapa, afloramento e lâminas) e também pelo estudo da relação deformação x metamorfismo.

Para o entendimento de áreas complexas, seguimos a proposta de Hobbs et al., (1976) que indica a subdivisão em domínios. Esta divisão será abordada com mais detalhe para principal fase deformacional (D<sub>n</sub>), na qual essa deformação gera uma foliação metamórfica (S<sub>n</sub>) muito penetrativa nos litotipos do GBG e nas do “Grupo Araxá”.

Neste trabalho usaremos D para fases de deformação, S para planos (foliação ou plano axial de dobra), L para lineações. Assim, D<sub>n</sub> corresponde à fase

de deformação que gerou a foliação  $S_n$ , que é predominante da área. Para as deformações pré  $D_n$  são utilizados os índices negativos ( $D_{n-2}$  e  $S_{n-2}$ ,  $D_{n-1}$  e  $S_{n-1}$ ) e para fases pós  $D_n$ , positivos ( $D_{n+1}$  e  $S_{n+1}$ ,  $D_{n+2}$ ).

## 5.2 Quadro Geral das Estruturas em Mapa

O mapa geológico gerado nesta dissertação delinea o limite do GBG e mostra contatos geológicos internos que indicam dobras e truncamentos de camadas revelando um padrão estrutural complexo. Alguns desses contatos são tectônicos e outros prováveis discordâncias estratigráficas, o que traz certa dificuldade no entendimento do empilhamento e dobramento das camadas. Desta forma, optou-se aqui, fazer uma descrição do quadro geral das estruturas vistas em mapa para em seguida apresentar uma descrição sistemática das fases de deformação identificadas e suas respectivas estruturas.

O GBG possui três grandes descontinuidades tectônicas, duas dessas são identificadas por ter movimentação tardia, pois afetam o plano de foliação principal ( $S_n$ ), em geral de médio a baixo ângulo de mergulho, fazendo com que este fique vertical a subvertical nas proximidades destas descontinuidades. Na porção leste, uma descontinuidade com direção NW-SE, denominada de Zona de Cisalhamento Carroça (PULZ, 1990; JOST et al., 1995; QUEIROZ, 2000; JOST e FORTES, 2001) separa as rochas vulcanossedimentares dos gnaisses do Complexo Moquém. Na porção oeste, identifica-se uma falha interna no *greenstone* com atitude NW-SE/Subvertical, limita os litotipos ultramáficos/máficos das Formações Serra do Cotovelo e Serra Azul das outras unidades. Essas duas falhas são caracterizadas como pós  $D_n$  pois afetam a foliação principal da área que é identificada em praticamente todos os litotipos encontrados. A terceira descontinuidade é pouco compreendida e está a extremo oeste da área, limitando os gnaisses do Complexo Caiamar com os litotipos da Formação Serra Azul.

Uma outra descontinuidade importante que se destaca no mapa pelo truncamento dos contatos dos litotipos do GBG pelos metassedimentos do “Grupo Araxá” nas porções norte, central e sul da área, é interpretada como discordância estratigráfica e não tectônica, como sugerido por outros autores (DANNI e RIBEIRO,



1978; SABÓIA, 1979; CASTRO e MAGALHÃES, 1984; DANNI, 1988; LACERDA, 1997; QUEIROZ, 2000; JOST e FORTES, 2001). Nesta interpretação, os truncamentos identificados indicariam que as rochas do GBG já estavam pelo menos basculadas antes da deposição dos sedimentos psamo-pelíticos do “Grupo Araxá”. A interpretação levantada por discordância estratigráfica se deve a não evidência segura de um empurrão. Entretanto não se pode descartar totalmente a existência de um provável empurrão devido à falta de evidências seguras.

Nas porções norte e central da área os litotipos do Araxá, em geral, evidenciam plano do acamamento em baixo ângulo, esboçando em mapa padrões que sugerem redobramentos. São dobras de escalas decamétricas a quilométricas, exposto na topografia por mica xisto e quartzitos que delineiam as grandes estruturas. Pela análise das estruturas de superposição constatou-se que as gerações são de fase pré Dn, na qual as estruturas dobradas materializam sinclinais e anticlinais de eixos quase horizontais com direções variando de NW-SE para E-W. Essas estruturas no relevo correspondem a uma *klippe*.

Outra descontinuidade que se percebe no mapa geológico corresponde ao contato basal da Fm. Aimbé, que na porção sudoeste do mapa trunca as camadas de formações ferríferas da subunidade Ca4, bem como os próprios contatos entre as subunidades Ca 4 e Ca 3 (porção W da área) e Ca3 e Ca2 na porção sudeste da área.

Também são identificadas grandes dobras que representam parte da deformação dúctil da área. Como discutido adiante, cada uma destas estruturas corresponde a uma determinada fase de deformação. Destacam-se na área uma grande estrutura Antiformal conhecida como Antiforme Aimbé (JOST et al., 1995) também reconhecida por Lacerda (1997) e Queiroz (2000).

### **5.3 Critérios para Identificação das Fases de Deformação**

A foliação metamórfica Sn é uma xistosidade, às vezes de crenulação, de intensa penetratividade nas rochas do GBG e do “Grupo Araxá”, e é considerada nesta dissertação como marcador das estruturas pré e pós-Dn, ora afetando estruturas pretéritas, ora sendo afetada por estruturas mais novas. As descrições

destas relações de sobreposição são apresentadas em ordem cronológica, da fase mais antiga para mais nova. As deformações caracterizadas como pré Dn são identificadas como Dn-2 e Dn-1.

São identificadas dobras de escala centimétricas, decamétricas e quilométricas com eixos NW-SE e N-S com mergulho de flancos vertical a subvertical. A foliação Sn nessas estruturas intercepta em baixo ângulo os seus flancos, facilitando desta forma o reconhecimento de uma foliação tectônica pretérita. A geração do plano tectônico pré Sn se deu antes do dobramento, por isso a caracterizou como Sn-2. E esta se encontra, em geral, paralelo ao acamamento primário (So//Sn-2). O plano Sn-2 cortado por Sn nos flancos ressalta através de crenulações milimétricas marcada por minerais placóides (clorita e muscovita), como descrito nos pontos AJM-119, 221, 259 333 e 462 e Figura 5.4.

A relação de corte do plano principal (Sn) com os flancos das dobras descritas acima, também demonstra que essas grandes estruturas devem ter se formada antes, portanto a deformação responsável pelo delineamento de So//Sn-2 é caracterizada como Dn-1.

A fase Dn-1 desenha as grandes estruturas dobradas, como a Antiforme Aimbé no *greenstone* e dobras de escala menores na porção central e a noroeste na serra Maria Lázara, envolvendo as rochas do Araxá. A foliação Sn-1 ocorre localmente, mas quando observada está paralela ao plano axial das dobras desta fase. A evidência desta fase como pré Dn se torna nítida em dobras com dimensões centimétricas, onde a o plano axial de Dn-1 é dobrado pela foliação Sn, esta relação de sobreposição pode ser observada na Figura 5.15.

As fases tardias, pós Dn (Dn+1 e Dn+2), afetam a foliação principal por dobras, falhas e lineações de crenulações.

As dobras da fase deformacional Dn+1 são observadas tanto no *greenstone* como nos metassedimentos do Araxá. Na porção central e sul da área estudada, a superfície axial das dobras abertas, associadas a Dn+1, é uma clivagem crenulação (Sn+1) gerada no plano Sn. A oeste esta deformação foi acompanhada de comportamento dúctil e rúptil, evidenciada pela falha que separa as metabásicas/metaultrabásicas do restante do empilhamento *greenstone* e ainda

afetando a foliação  $S_n$ , gerando uma foliação plano axial vertical ( $S_{n+1}$ ) evidenciada pelo apertamento da foliação principal.

Com raras estruturas, a fase deformacional  $D_{n+2}$  é identificada nas rochas do *greenstone*, também afeta a foliação principal  $S_n$  através de dobras abertas e lineações de crenulações.

Essas deformações são descritas com mais detalhe em suas respectivas fases mais adiante. A Figura 5.1 ilustra de forma sucinta as relações de dobras e foliações interpretadas na ordem cronológica dos eventos deformacionais.

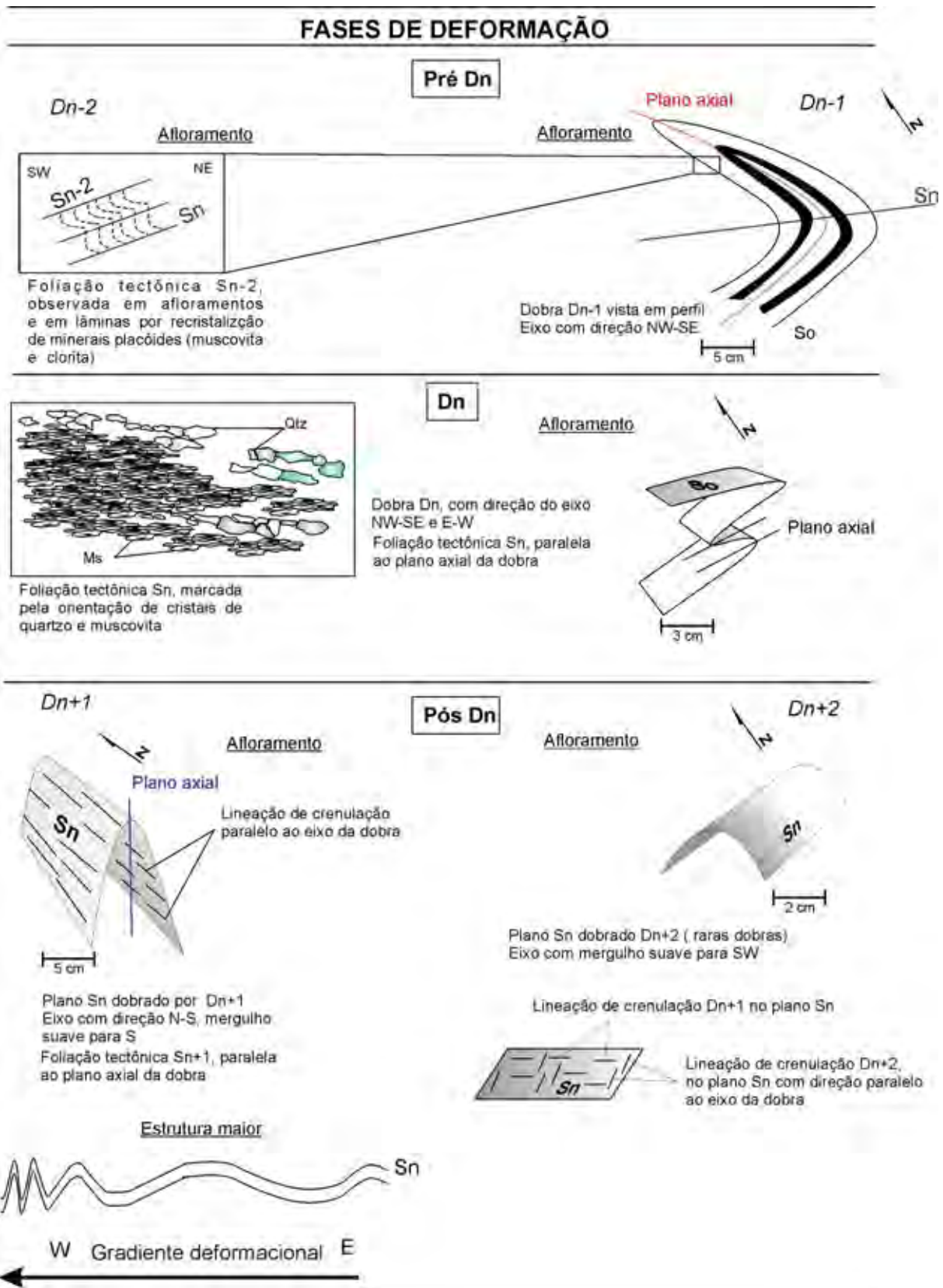


Figura 5.1 – Figura esquemática das fases deformacionais interpretadas para porção sul do *greenstone* de Guarinos. A foliação  $S_n$ , considerada como principal neste trabalho é plano

marcador das estruturas pré e pós Dn. A estrutura planar Sn, em geral de baixo ângulo, perturba as fases antigas e é afetada pelas deformações mais novas.

#### 5.4 Principais Domínios

A geologia estrutural da área estudada abrange os terrenos arqueanos gnáissico do Complexo Moquém (a Leste), e do Complexo Caiamar (a Oeste), a sequência vulcanossedimentar do (GBG) e os metassedimentos do “Grupo Araxá”. Com a finalidade de um melhor entendimento da geometria das estruturas das diferentes fases deformacionais e de suas variações ao longo da área, foram definidos 5 domínios estruturais, com base na orientação da foliação principal e na presença de grandes estruturas (**Figura 5.2**).

O Domínio 1 é caracterizado por atitude preferencial da foliação Sn com mergulhos baixos a médios para SW (231/30), tanto nas rochas do GBG quanto do “Grupo Araxá”. Este setor abrange 30% da área mapeada e delinea a orientação geral do GBG (NW-SE).

O Domínio 2 envolve aproximadamente 15% da área e é definido pela orientação preferencial de Sn (193/32) que apresenta mergulhos voltados mais para sul. Neste domínio o contato basal do “Grupo Araxá”, acompanhado pelos planos de acamamento internos desta unidade, desenha uma grande estrutura antiformal, cujo fechamento situa-se logo a Leste da área. Conforme será apresentado adiante, a análise da relação de corte entre a superfície dobrada e a foliação principal (Sn) indica que se trata de uma dobra pré-Dn, aproximadamente normal com caimento suave para E.

O Domínio D3 abrange 25% da área e é caracterizado pela presença, em sua porção oeste, de uma grande estrutura antiformal normal com caimento suave para sul, conhecida na literatura como Antiforma Aimbé (JOST et al.; 1995). A estrutura é desenhada pelos contatos (base e topo) da formação Aimbé. Neste domínio a atitude da foliação Sn também desenha uma estrutural antiformal definindo uma estrutura pós-Dn. A análise das atitudes do acamamento reliquiar (So) da Formação Aimbé (principalmente com base na regra dos Vs) com a foliação Sn evidência uma relação angular com sobreposição de dobras, na qual Sn mergulha mais suave nos



flancos que o acamamento, assim sugere-se que a antiforma desenhada pela Fm. Aimbé já existia, sendo então uma estrutura pré-Dn. A relação entre Sn e So da estrutura Aimbé será discutida com mais detalhe na fase deformacional Dn-1.

Na porção E também são identificadas dobras pós-Dn, principalmente com base nas medidas de Sn nas rochas do “Grupo Araxá”.

O Domínio 4 distingue-se por apresentar a atitude da foliação Sn em alto ângulo (aproximadamente de 250/83 a 76/82) e por exibir em muitos locais dobras pós-Dn com foliação plano-axial, na forma de uma clivagem de crenulação apertada.

O Domínio 5 corresponde a uma estreita zona onde a foliação principal passa a apresentar alto ângulo de mergulho, ao longo do contato do GBG com o gnaisse do Moqué, que neste local corresponde a uma falha de origem pós Dn denominada Zona de Cisalhamento Carroça.

As deformações descritas para o *greenstone belt* são correlacionáveis com as da unidade Araxá. As estruturas geradas por essas deformações são observadas com dimensões que variam de macroscópicas até microscópica. Com isso abordaremos em conjunto as deformações presentes em ambas sequências.

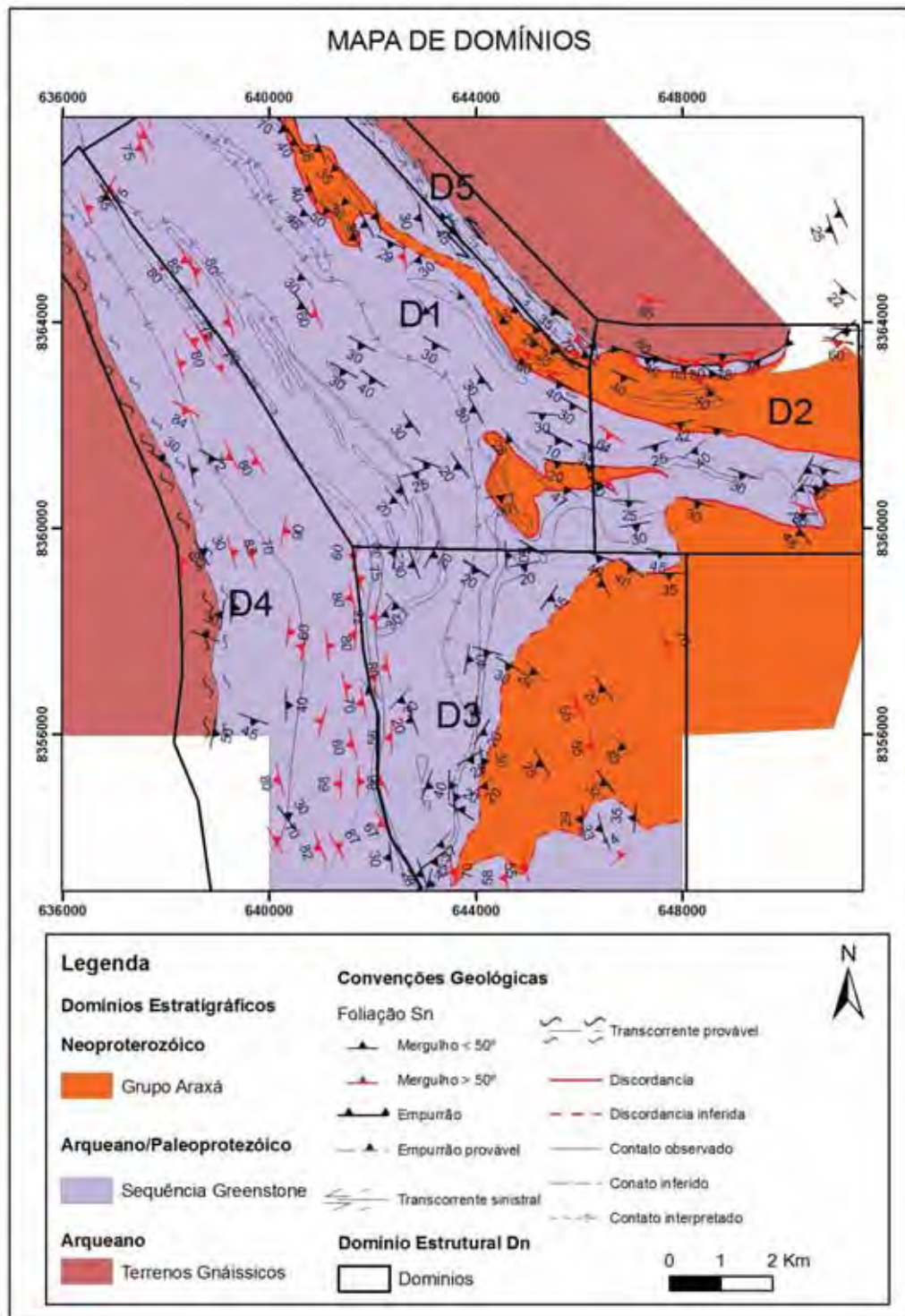


Figura 5.2 – Mapa ilustrando grandes unidades litoestratigráficas e as divisões em domínios estruturais baseados principalmente na atitude da foliação principal S<sub>n</sub>.

## 5.5 Fases de Deformação

O reconhecimento e a caracterização das cinco fases deformacionais encontrada na área estudada são descrita em ordem cronológica abaixo.

### 5.5.1 Fase Dn-2

Essa fase é responsável pela geração de uma foliação mais antiga Sn-2, e que se encontra paralela ao acamamento primário (So). A sua distinção em afloramentos é difícil devido à transposição relacionada ao desenvolvimento da foliação Sn.

A existência dessa fase é evidenciada por dobras com comprimento de onda centimétrico a quilométrica delineada pela fase Dn-1, onde se nota que a superfície dobrada corresponde não só ao bandamento primário So, mas também uma feição planar marcada por micas (Sn-2), igualmente dobrada. Esta foliação tectônica pretérita também é reconhecida em lâminas.

Essa estrutura fica mais bem evidenciada em dobras de fase Dn-1 e Dn, onde no primeiro evento, a posição do plano axial dessas dobras faz ângulo com a foliação dobrada, e no segundo, a envoltória do acamamento So em posição subvertical é cortado por uma superfície axial de baixo ângulo de dobras da fase principal, permitindo assim uma clara distinção entre essas estruturas (**Figura 5.3**). A estrutura metamórfica Sn-2 é descrita com mais frequência nos domínios um, dois e três.

A foliação (Sn-2) encontra-se preservada em alguns locais sendo vista nos xistos (**Figura 5.4**), em microdobras Dn, evidenciada por cristais de muscovita, que formam arco poligonal devido a recristalização tardi-Dn (**Figuras 5.5A e B**) Em rochas como anfibólio xistos os cristais de opacos são os principais minerais a marcarem essa foliação.

Os estereogramas da **Figura 5.6** identificam as concentrações preferenciais So//Sn-2 para Antiforme Aimbé (**Figura 5.6 A**) e as dobras na porção central (**Figura 5.6 B**), essas estruturas planares também são identificadas no mapa estrutural (**Anexo 4**).

Nesta fase não foram encontradas outras estruturas relacionadas a fase Dn-2, como dobras e lineações, provavelmente obliteradas pelas fases posteriores.



Figura 5.3 – Quartzito com intercalações de xisto carbonoso da Formação Cabaçal Ca-2 (AJM-159). Embora a foto não esteja muito clara, neste ponto é possível observar o So//Sn-2, marcado por camadas mais micáceas dobradas pela fase Dn-1. As medidas do plano axial Dn-1 e da foliação são respectivamente 238/60 e 218/30.

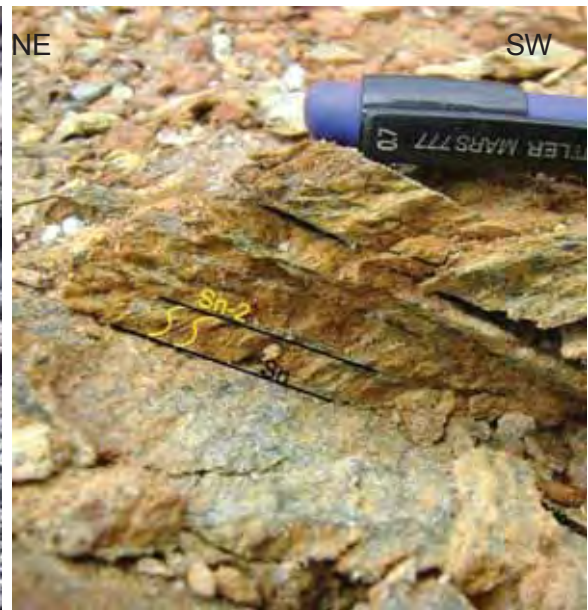


Figura 5.4 – Afloramento de quartzo-clorita-muscovita xisto com magnetita da Formação Aimbé (AJM-185). A foliação Sn-2 marcado por micas esta sendo crenulado pela foliação principal (Sn), são raros os afloramentos que expõe essa relação de corte. As atitudes no afloramento de Sn-2 e Sn são respectivamente 72/35 e 172/30.



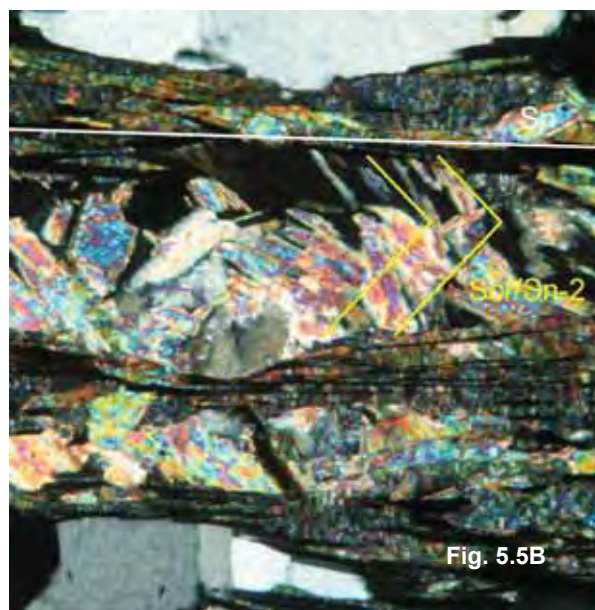
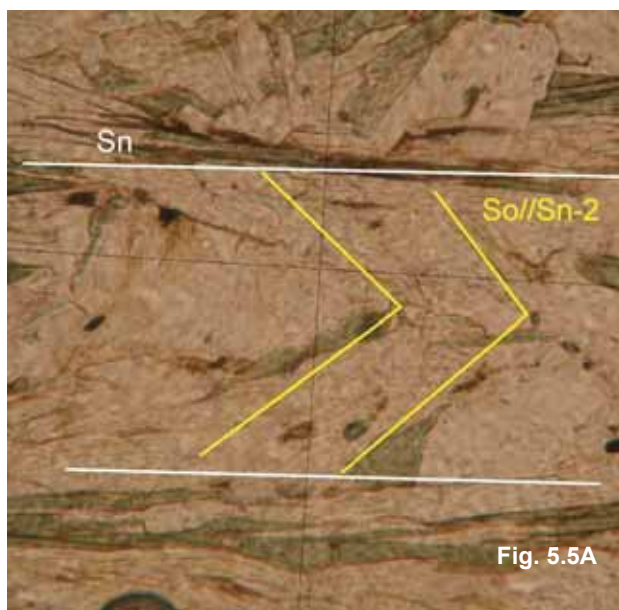


Figura 5.5 – A) Fotomicrografia com nicóis paralelo de clorita-quartzo-muscovita xisto da unidade Araxá. B) Fotomicrografia com nicóis cruzados de clorita-quartzo-muscovita xisto da unidade Araxá. Foliação Sn-2 preservada na foliação Sn, formando arcos poligonais. Base das fotomicrografias – 1,5mm

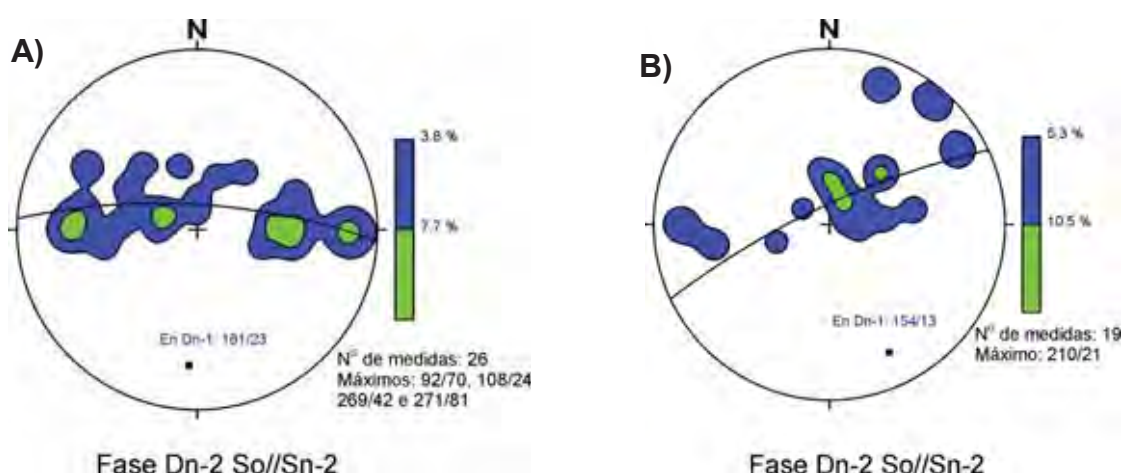


Figura 5.6 – Estereograma mostrando a orientação preferencial do So//Sn-2. A) Evidência a dispersão de So//Sn-2 delineando a Antiforme Aimbé com eixo de 181/23 no domínio 3. B) A dispersão de So//Sn-2 delinea dobras com eixo de atitude 154/13 na porção central do GBG no domínio 1 (vide mapa geológico). Essas dobras são originadas na fase deformacional Dn-1.



### 5.5.2 Fase Dn-1

A estrutura que mais caracteriza esta deformação são dobras delineadas por So//Sn-2 (**Figuras 5.7 e 5.8**) reconhecidas nos domínios um, dois e três.

Esta fase ocorre tanto na sequência *greenstone* como nas rochas do “Grupo Araxá”, nas quais gera dobras de comprimentos de onda até quilométricos que afetam So//Sn-2. Interpretamos que esta deformação é responsável pela geração das grandes estruturas dobradas na área, como a grande Antiforme Aimbé (Anexo 2 Mapa geológico) com eixo N-S, dobras hectométricas parasíticas da Antiforma Aimbé, na porção central com eixos para SSE (**Figuras 5.6A e B**), e a antiforma, a leste, desenhada pelo contato basal do “Grupo Araxá”, com eixo mergulhando suave para E (Anexo2 Mapa Geológico). Na porção norte da área, a norte do garimpo Maria Lázara, as rochas do “Grupo Araxá” desenharam uma estrutura sinformal, acompanhada de um par antiformal/sinformal a oeste. São dobras da fase Dn-1, com planos axiais subverticais e eixos de direção N325, com caimento geral para SE, porém localmente para NW. Para sul esta estrutura sofre uma inflexão onde o eixo passa progressivamente para a direção E-W (ver mapa geológico Anexo 2). Entende-se que esta curvatura do eixo pode estar relacionada a esforços compressivos gerados nas fases pós Dn, que descreveremos adiante.

Nesta fase identifica-se localmente uma foliação metamórfica pré Dn (Sn-1), associada ao plano axial das dobras. A orientação NW-SE com caimento subvertical para NE ou SW do plano Sn-1 é reconhecida em alguns afloramentos (AJM-119, 183, 370, 418) e presente em lâminas petrográficas ocorrendo como clivagem de crenulação desenvolvida por Sn. O plano metamórfico é marcado por orientação preferencial de micas (muscovita, sericita e clorita) (**Figuras 5.9 e 5.10**).

O delineamento da dobra antiformal Aimbé gerado pela fase Dn-1 é baseado em observações feitas em campo juntamente com medidas estruturais nos pontos AJM- 83, 209, 262, 459, 461, 578. Os flancos W e E da grande estrutural antiformal representado pelos contatos das formações Aimbé e São Patricinho mais a foliação Sn-2 apresenta atitudes de alto ângulo com mergulho para oeste e leste, respectivamente de 268/79 e 92/70. A atitude íngreme destes planos identificada

nos afloramentos é confirmada pela regra dos Vs, onde os contatos cortam os vales em traços retilíneos. Essas superfícies de gerações pretéritas são seccionadas pela foliação  $S_n$  com baixo ângulo, sendo este o argumento para interpretá-las como  $D_{n-1}$ . A relação das estruturas  $S_{o//S_n-2}$  com a foliação principal  $S_n$  é melhor compreendida no flanco E, onde a atitude  $S_{o//S_n-2}$  é de  $92/70$ . Nesta mesma porção, o dobramento de  $S_n$  pela fase  $D_{n+1}$  coincide com a direção do mergulho da Antiforme Aimbé para leste, porém o ângulo da foliação  $S_n$  é mais suave, apresentando atitude preferencial de  $112/25$ . No flanco W, esta relação de corte entre acamamento e foliação principal não é nítida, pois as medidas obtidas em alguns afloramentos mostram paralelismo entre os planos ( $S_{o//S_n-2}$  e  $S_n$ ) devido ao plano de falha gerado por  $D_{n+1}$ . A intensidade da deformação pós  $D_n$  gerando uma descontinuidade tectônica no flanco W, favoreceu para essa transposição dos planos. Esse gradiente deformacional será descrito mais adiante nas fases pós  $D_n$ .

O quadro da **Figura 5.11** ilustra os estereogramas com as atitudes preferencias dos pólos de planos de  $S_{o//S_n-2}$  e a foliação  $S_n$  na Antiforme Aimbé, com os pólos das guirlandas identificando os eixos gerados nas fases  $D_{n-1}$  e  $D_{n+1}$ .

Os eixos dessas dobras, fundamentado pelo desenho feito pelas camadas no mapa geológico e estereograma, apresentam mergulhos para sul  $180$  graus na estrutural antiformal Aimbé e as dobras na porção central com eixos de direção variando de  $140 - 150$  graus para SE.

Nesta fase não foram encontradas outras estruturas relacionadas a fase  $D_{n-1}$ , como lineações minerais, estiramento e crenulação.



Figura 5.7 – Amostra orientada de anfibólio xisto encontrada no Ca-2 da Cabaçal (AJM-418). Bandas milimétricas de quartzo e anfibólio+clorita marcando o So. O plano axial das dobras apresenta atitude 25/80, gerado pela deformação Dn-1.

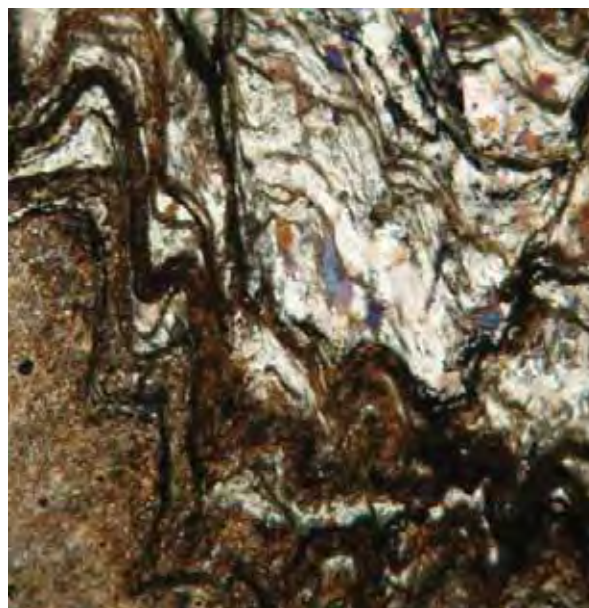


Figura 5.8 – Fotomicrografia da amostra anfibólio xisto (AJM 418). Bandas claras marcada por cristais de quartzo e escura por anfibólio e clorita. Base da fotomicrografia 1,5mm.

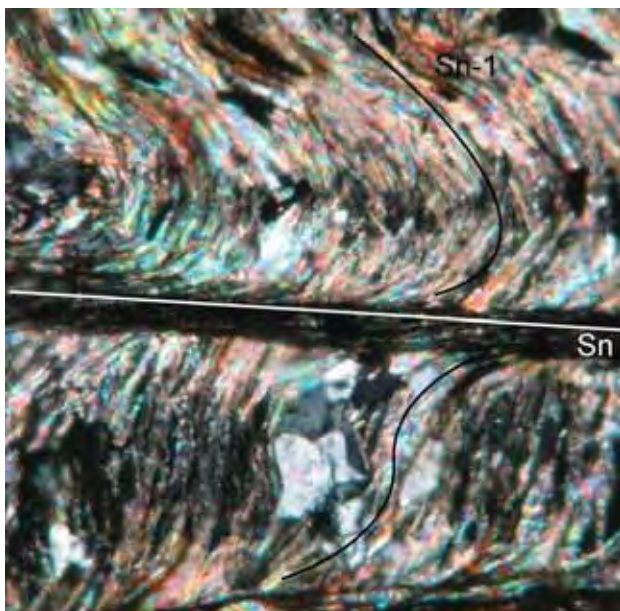


Figura 5.9 - Fotomicrografia de clorita-muscovita-quartzo xisto com material carbonoso, da unidade Cabaçal Ca-2 (AJM-286). A clivagem de crenulação da foliação Sn-1 é

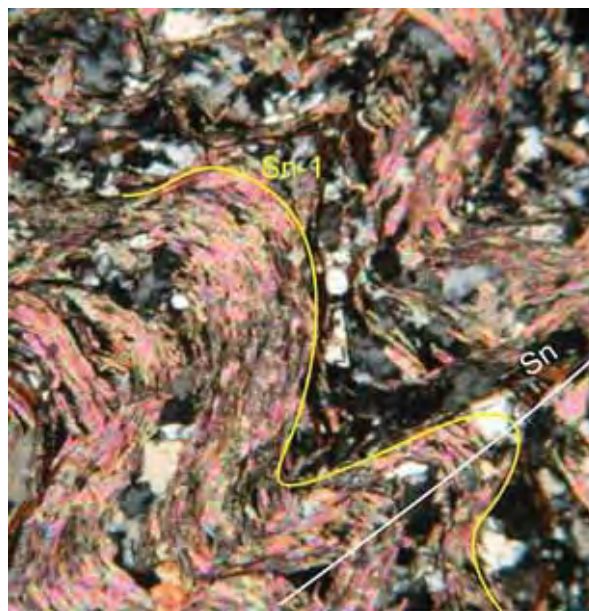


Figura 5.10 – Fotomicrografia de biotita-muscovita-quartzo xisto da unidade Araxá (AJM-229), mostrando a clivagem de crenulação de Sn-1, dobrada pelo plano

marcada por muscovita e clorita. Base da foto 1,5mm

tectônico Sn. Essa crenulação (Sn-1) é formada principalmente pela orientação de muscovita e biotita, com septos marcados por muscovitas. Base da foto 1,5mm.

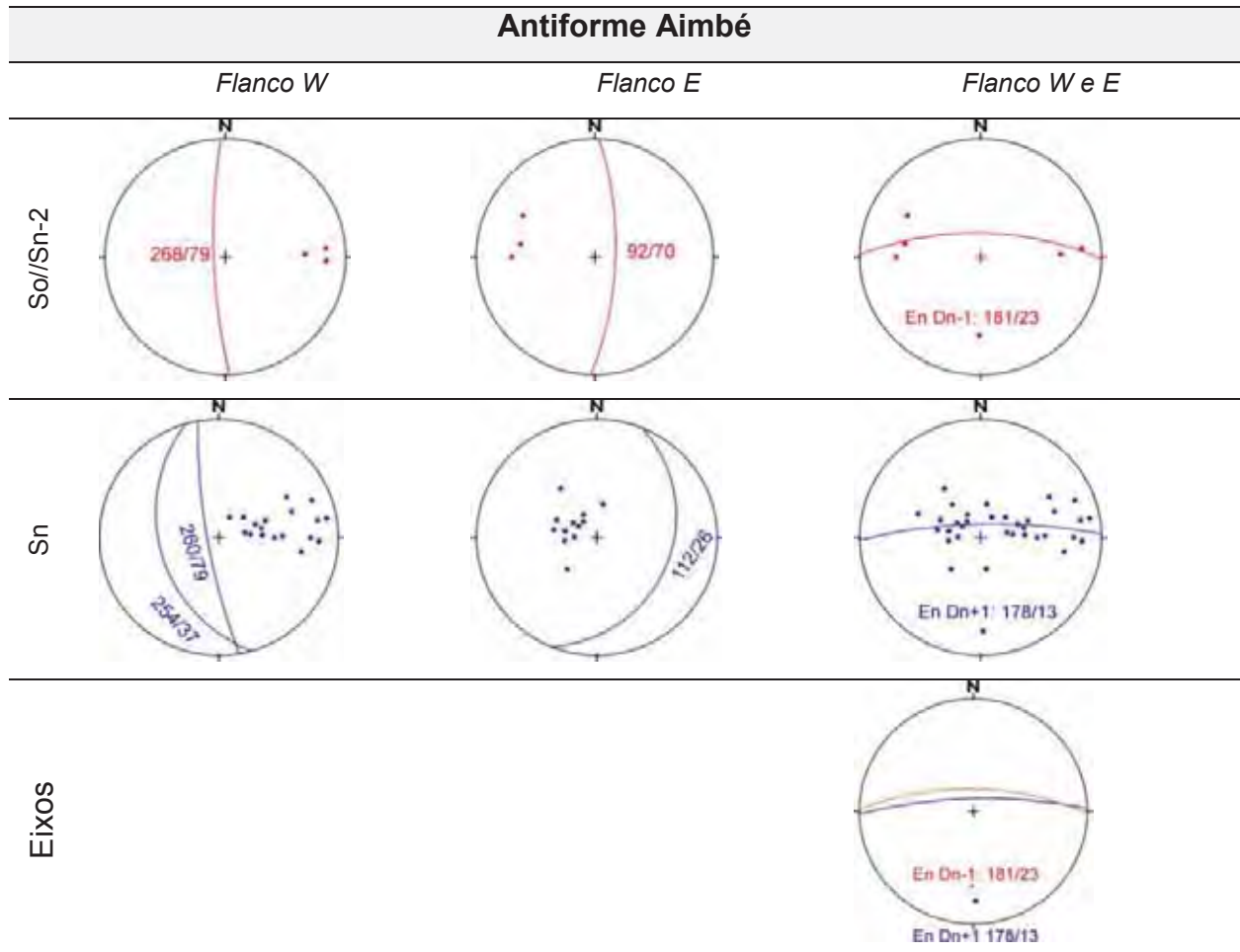


Figura 5.11 – Os estereogramas das estruturas planares (So//Sn-2) e (Sn) inseridas na grande estrutura Antiforma Aimbé. Observa-se que as orientações preferenciais no flanco E possuem diferentes atitudes, ao contrário do flanco W que apresenta duas orientações preferenciais para Sn. Em W a dispersão de Sn se deve à falha de geração Dn+1 que perturba o plano da foliação principal. Com os pólos das guirlandas gerou-se as orientações preferenciais dos eixos Dn-1 e Dn+1 (coluna da direita).

### 5.5.3 Fase Dn

Essa é a principal fase de deformação que afetou a faixa Guarinos e as rochas do Araxá, responsável pela geração da foliação principal da área (Sn), que



está presente em praticamente todos os afloramentos. A deformação também gerou estruturas como dobras e lineações de interseção, de crenulação e mineral, sendo esta última estrutura de difícil visualização nos afloramentos devido à recristalização tardi-Dn ocorrida na região, que mascara a feição linear (vide Capítulo 4 Metamorfismo).

As orientações preferenciais da foliação Sn obtidas através do estereograma de frequência nos domínios 1, 2, 3, 4 e 5 foram respectivamente (232/32), (193/32), (240/25 e 125/25), (250/83 e 76/82) e (219/73 e 232/55) (**Figura 5.1**).

Em geral a foliação nos afloramentos de metapelitos apresenta-se como uma xistosidade, ou, menos frequente, de clivagem de crenulação, marcada pela orientação de cristais de mica, anfibólio, quartzo, feldspato e grafita. Nas rochas metabásicas/ultrabásicas das Formações Serra Azul e Serra do Cotovelo a xistosidade é marcada por cristais de actinolita, tremolita e talco formando texturas lepidonematoblásticas. No domínio 1 nos afloramentos (AJM-497, 498, 499, 500, 501, 502, 506, 507, 509 e 513) da subunidade Ca-4 da Formação Cabaçal o bandamento composicional das formações ferríferas coincide com o plano de xistosidade marcado pela orientação de cristais de mica e grafita. Esse paralelismo entre os planos So e Sn também é evidenciando no domínio 5.

A lineação mineral adjacente à zona de cisalhamento Carroça é formada por cristais de anfibólio com orientação 240/60 (*down dip*) bem marcadas nos anfibólio xistos.

Nos terrenos gnáissicos, fora das discontinuidades tectônicas, a foliação Sn é do tipo xistosidade marcada por cristais de biotita, muscovita, feldspato e quartzo, quando próximo da zona de falha a feição planar é do tipo milonítica sendo comum a presença de feldspato como porfiroclasto com tamanhos de até 1 centímetro (pontos AJM- 117, 528, 557, 562 e 563).

A foliação principal das rochas do “Grupo Araxá” e do *greenstone belt* de Guarinos são muito parecidas e foram atribuídas a um mesmo evento deformacional compressivo (Dn). O estereograma do plano da foliação Sn nos domínios 1 e 2, para as rochas do GBG e do Araxá mostram atitudes preferências (224/32 e 234/35) e (190/38 e 196/33) (**Figura 5.17**). Em ambas sequências os minerais metamórficos que forma a xistosidade indicam metamorfismo na fácies xisto verde zona da



granada. Corroborando ainda para tal semelhança também são identificadas nos mesmos domínios dobras com comprimento de onda centimétricos a decamétricos, fechadas a apertadas, harmônicas, simétricas e assimétricas, inclinada com caimento e possuem a foliação principal ( $S_n$ ) em posição plano axial (**Figuras 5.12 e 5.13**).



**Figura 5.12** – Afloramento de formação manganésifera da subunidade Ca-2 da Formação Cabaçal (AJM-126). Dobra de fase Dn com plano axial paralelo à foliação  $S_n$ , observada no domínio 1. Neste ponto a atitude do plano  $S_n$  e do eixo Dn são, respectivamente, 210/30 e 278/20.



**Figura 5.13** – Afloramento de quartzito micáceo da unidade Araxá (AJM-221). Dobra Dn padrão em S, com plano axial paralelo a foliação  $S_n$ . As atitudes do plano e eixo são, respectivamente 230/35 e 270/28.

Os eixos das dobras Dn no domínio 1 em geral têm direção NW-SE com caimento subhorizontal ora para NW ora para SE. Nos quartzitos do “Grupo Araxá”, na Serra Maria Lázara, as dobras dessa fase são bem evidentes e se caracterizam por serem predominantemente apertadas, com ângulos interflancos menores que 30 graus (**Figura 5.14**). Na **Figura 5.15** observa-se a superposição de dobras das fases Dn e pré-Dn (padrão em laço), evidenciando redobramento de estruturas.

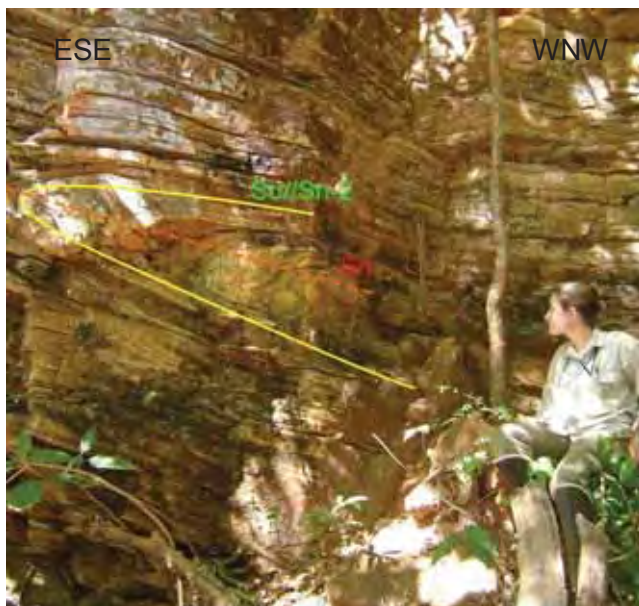


Figura 5.14 – Afloramento de quartzito da unidade Araxá (AJM-416). A dobra apertada da fase Dn com ângulo inter-flancos de aproximadamente 15 graus.

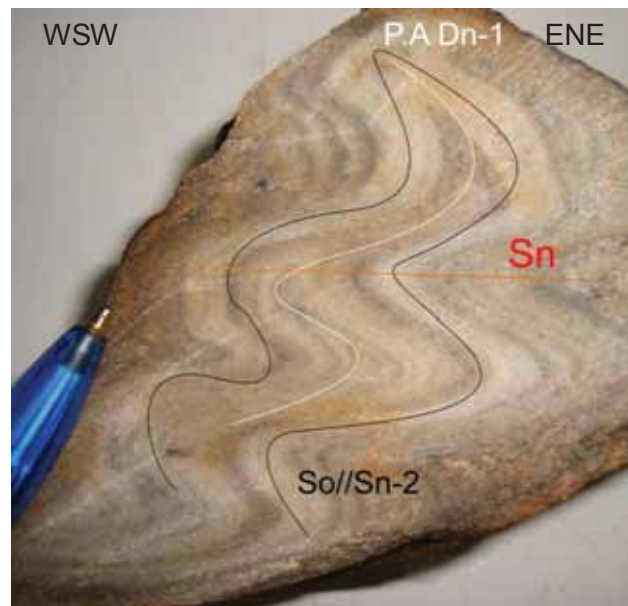


Figura 5.15 – Amostra orientada de quartzito micáceo da unidade Araxá (AJM-413). Ilustra superposição de dobras da fase Dn-1 por dobras da fase Dn (padrão em laço), evidenciando redobramento de estruturas.

As lineações minerais e de estiramento obtidas, definidas por orientação preferencial de cristais de muscovita, e de anfibólio (**Figura 5.16**) para domínio 1 revelam duas concentrações de medidas. Uma (*down dip*) marcada por anfibólio e muscovita com direção NE-SW apresentando atitude preferencial de 229/27, e outra de comportamento direcional, NW-SE, definida por cristais estirados de quartzo e lamelas de muscovita com atitude média de 144/07. O estereograma da **Figura 5.18** mostra o comportamento da orientação destas estruturas lineares, evidenciando dispersão ao longo do plano da foliação principal, Sn, porém com os dois máximos de orientação preferencial, citados acima. Para essa duplicidade das estruturas lineares entende-se que a *dow dip* tenha se formado durante o estágio Dn. Já a lineação direcional gerou-se durante a zona de cisalhamento de fase pós Dn que separaras as rochas do GBG com as do CM. Quando observadas as duas lineações minerais em um mesmo afloramento não se observa relações de corte entre as estruturas.

A intersecção da foliação Sn com So//Sn-2 gera uma lineação de intersecção bem evidente nas charneiras de dobras Dn, principalmente na serra Maria Lázara onde afloram quartzitos com mergulhos íngremes. As atitudes preferenciais dessa estrutura linear para o domínio 1 são 318/19 e 112/04, também ilustrado no estereograma da **Figura 5.19**.

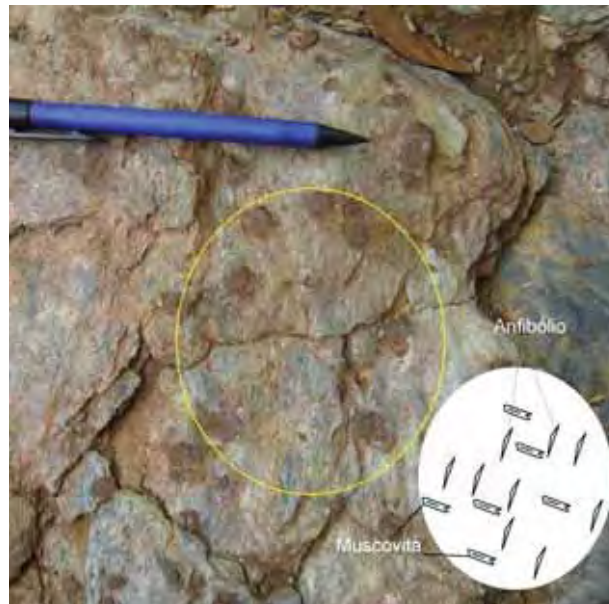
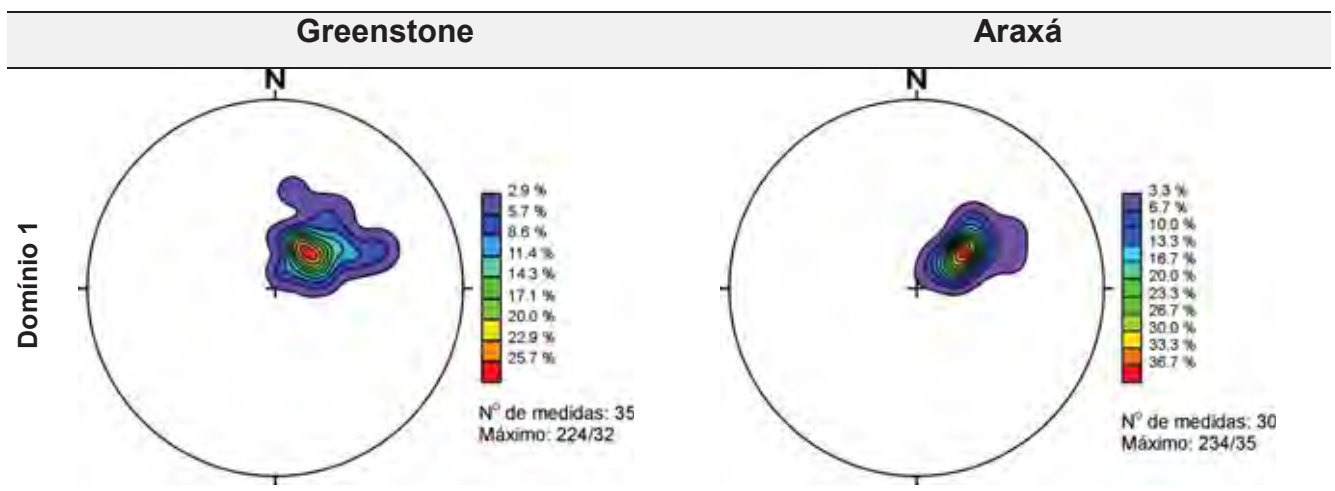


Figura 5.16 – Afloramento de xisto carbonoso da formação Cabaçal Ca-2 (AJM-228). Na rocha são observados cristais de tamanhos centimétrico de granada e sobre a foliação Sn são observadas duas lineações minerais, embora não nítida na foto, uma está marcada por moldes de cristais prismáticos de anfibólio com atitude 230/30 (*down dip*), e segunda estrutura linear marcada por minerais de mica com atitude de 130/03.





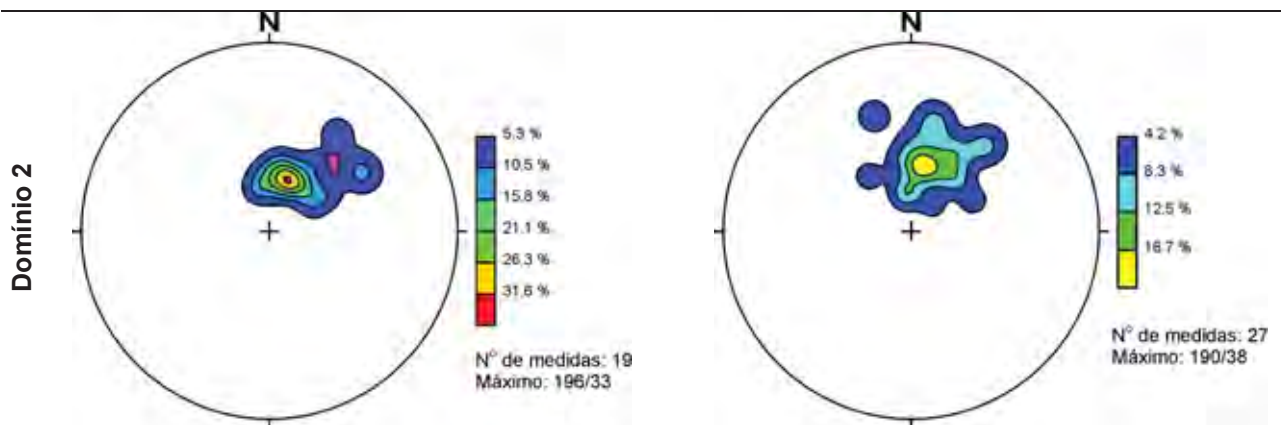


Figura 5.17 – Estereogramas das orientações preferenciais da foliação  $S_n$  para os domínios 1 e 2, das unidade do GBG e do “Grupo Araxá”.

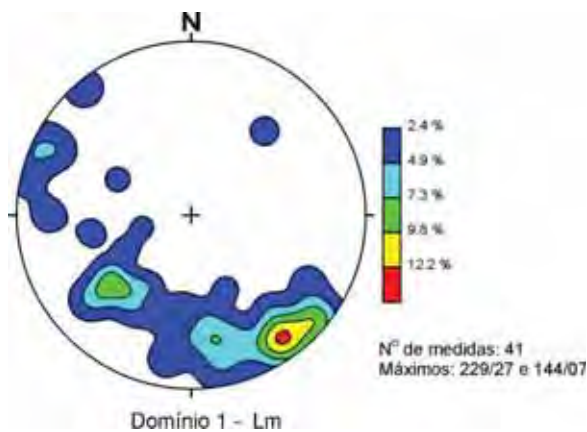


Figura 5.18 – Estereograma de contorno mostrando as orientações preferenciais das lineações minerais observadas para o domínio 1.

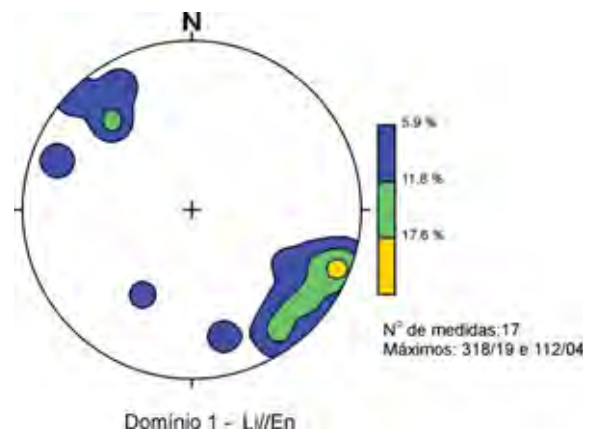


Figura 5.19 – Estereograma de contorno mostrando as orientações preferenciais das lineações de intersecção ( $S_0//S_n-2$  e  $S_n$ ) paralelo aos eixos de dobras  $D_n$  observados no domínio 1.

A foliação  $S_n$  no domínio 2 possui direção aproximadamente E-W (N90-100), mergulhando com ângulos entre 20 e 60 graus para S, sendo a atitude preferencial 190/38 para os litotipos do Araxá e 196/33 para as rochas do GBG (Figura 5.17).

As dobras são semelhantes às descritas no domínio 1, apresentam comprimentos de onda centimétricos a métricos, são fechadas a apertadas, simétricas a assimétricas. Os eixos de dobras  $D_n$ , paralelos à lineação de intersecção ( $S_0//S_n-2$  e  $S_n$ ), neste domínio apresentam atitude preferencial 98/09 e 280/07 e plano axial mergulhando para sul. O estereograma de contorno das medidas dos eixos obtidos em campo é ilustrado na Figura 5.21. O mapa estrutural

(Anexo 4) e os estereogramas mostram que os elementos das dobras Dn (eixos, lineação de interseção e Sn) variam da direção NW-SE Domínio 1 para E-W no domínio 2 (Figuras 5.17, 5.19 e 5.21). A interpretação levantada neste trabalho para o giro do eixo, da lineação e da foliação Sn é que essas estruturas foram afetadas por deformações posteriores (Dn+1 e Dn+2), essas fases de comportamento compressivo acomodaram as estruturas em torno do Complexo Moquém acompanhando o contato curvilíneo do mesmo.

As lineações minerais identificadas principalmente por lamelas de muscovita no plano da foliação principal, não são bem visualizadas neste domínio 2. Foram encontradas em 17 afloramentos, tanto no GBG como no “Grupo Araxá”. As medidas de lineação mineral apresentam atitudes muito variadas com máximos pouco representativos de 338/07, 142/20, 289/14, e 169/15 (Figura 5.20). Os dados mostram que a lineação mineral, de direção NW no domínio 1, se repete no domínio 2 praticamente sem modificação. Já a lineação de interseção e eixos de dobras, com direção NW no domínio 1, passam a apresentar direção aproximadamente EW no domínio 2. Esta diferença geométrica das lineações sugere que a atitude de So antes da formação de Li já era diferente nos dois domínios. No domínio 1 só foi observada uma direção de lineação mineral, talvez devido ao pequeno número de dados e/ou por estar paralela ou subparalela à Li.

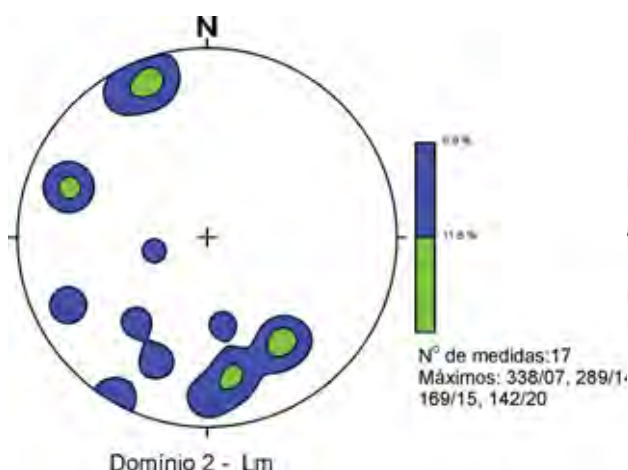


Figura 5.20 – Estereograma mostrando as orientações preferenciais das lineações minerais no domínio 2.

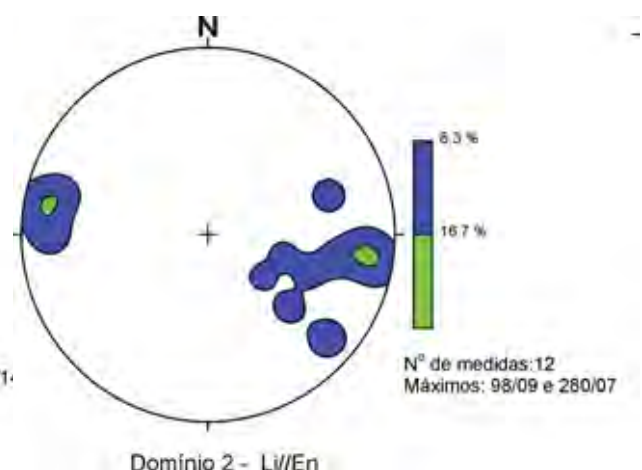
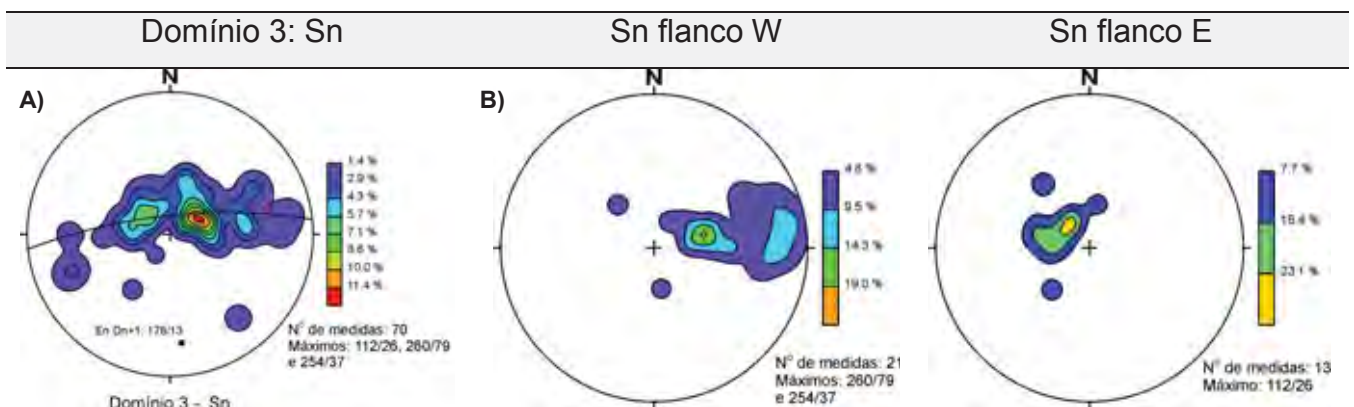


Figura 5.21 – Estereograma mostrando as orientações preferenciais das lineações de interseção paralelo a eixo das dobras Dn no domínio 2.



A foliação Sn no domínio 3 possui atitudes variadas evidenciando a presença de dobras de fase Dn+1 que afetam a foliação principal, como pode ser visto nos estereogramas das **Figura 5.22A e B**. Essa deformação no plano Sn gera dobras com comprimento de onda decimétricos a quilométricos, sendo esta deformação mais intensa a W. Essas dobras, geradas por Dn+1 no plano da foliação principal, afetam tanto a sequência *greenstone* como os metassedimentos do Araxá (**Figuras 5.23 e 5.24**). Essas dobras pós Dn em ambas as unidades apresentam semelhança geométrica e morfológica nas duas sequências neste domínio.

A grande estrutura antiformal Aimbé é descrita em alguns trabalhos como sendo gerada em fase pós Dn (JOST et al.; 1995; QUEIROZ, 2000). Neste trabalho, conforme apresentado no item 5.4.2, a interpretação é de que a Antiforme Aimbé foi gerada na fase Dn-1, deformação responsável pelos grandes dobramentos gerados na área. A foliação Sn, por ser bastante penetrativa nas rochas, mascara o bandamento composicional (So), dificultando o reconhecimento do acamamento primário. A foliação Sn, originalmente seccionando os flancos da grande estrutura numa posição oblíqua, é afetada pela deformação Dn+1 gerando uma estrutura também antiformal, dando assim uma falsa impressão de que a antiforma desenhada pelo plano de acamamento é uma estrutura gerada exclusivamente na fase Dn+1. Na seção geológica E-W pode ser observada a relação geométrica de Sn e So levantada para esta estrutura.



**Figura 5.22 – A) Estereograma mostrando as orientações de Sn no contexto domínio 3. A dispersão em guirlanda permite reconhecer o eixo da fase Dn+1. B) Estereogramas com atitudes preferências da foliação Sn nos flancos W e E da estrutura Antiformal Aimbé, caracterizando a dobra de fase Dn+1.**



Figura 5.23 – Afloramento de xisto carbonoso da subunidade Ca-3 da Formação Cabaçal (AJM- 200). A foliação Sn é afetada por deformação pós Dn (Dn+1), eixo e o plano axial desta deformação são respectivamente 170/10 e 90/80.



Figura 5.24 – Afloramento de muscovita-quartzo xisto da unidade Araxá (AJM-162). A foliação Sn também é afetada pela fase Dn+1, eixo e o plano axial desta deformação são respectivamente 178/07 e 260/82.

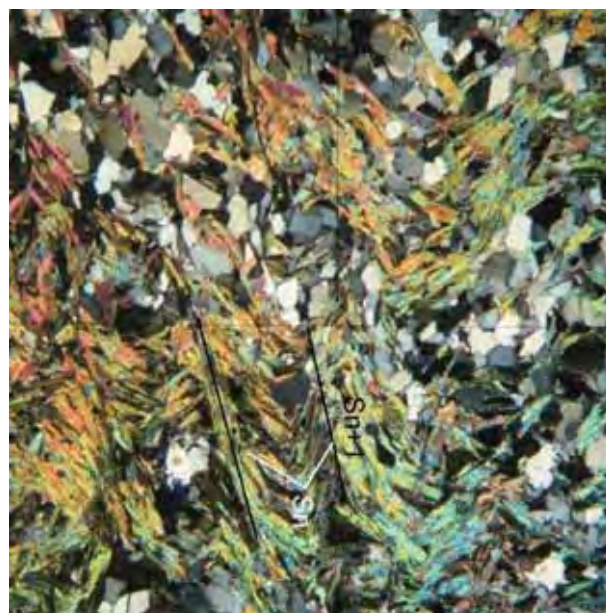
A foliação Sn dentro do Domínio 4 cobre os litotipos das unidades Serrar Azul, Serra do Cotovelo e parte do contato do Complexo Caiamar, apresentando medidas diferente de norte para sul, refletida também na direção geral do GBG que sofre inflexão de NW-SE para N-S.

Nas porções norte e sul da inflexão a foliação principal vista em escala de afloramento torna-se uma clivagem de crenulação apertada da fase Dn+1 que compreende ser Sn+1 (Figuras 5.25 e 5.26). A variação do comportamento da foliação principal Sn do domínio 3 para domínio 4 é entendida como progressão da deformação Dn+1. Enquanto que na porção E estas dobras são abertas a suaves, na porção W da área tornam-se apertadas e, em geral, passam a exibir foliação plano axial subvertical (Sn+1) de direção N-S a sul e NW-SE no norte, sendo frequente a presença de veios de quartzo paralelo ao plano Sn+1 com espessuras desde submilimétricas até métricas (Figura 5.27). Na porção norte da inflexão, ao contrário do sul, não foi reconhecida progressão da deformação Dn+1.

O achatamento do plano  $S_n$  causando dobras apertadas na porção sul e norte do domínio 4, apresentou medidas preferenciais de 282/77 e 77/82 e 251/77 e 75/80, respectivamente (**Figura 5.28**). Assim são definidas duas direções de eixo  $D_{n+1}$ , na porção sul 355/04 e outro a norte com atitude 154/14 (**Figura 5.28**). Apesar dos poucos dados, interpreta-se que essas variações de eixos  $D_{n+1}$  juntamente com delineamento da faixa Guarinos a W está relacionado à fase  $D_{n+2}$ , que, como descrito adiante, está associada a um encurtamento na direção NW-SE. Na porção leste do domínio, os mergulhos são altos e a foliação  $S_n$  é paralela a subparalela à foliação da fase posterior com atitude preferencial de (230/82) nos metabasaltos e metaultramáficas principalmente, tornando-se mais suave e com mergulhos menos variados na parte central (orientação preferencial de 230 e 331) nos xistos carbonosos da subunidade Ca-3 da Formação Cabaçal



**Figura 5.25** – Afloramento de talco-tremolita-xisto da Formação Serra do Cotovelo (AJM-65). Embora a foto não seja muito nítida, neste local a foliação  $S_n$  é dobrada pela fase deformacional  $D_{n+1}$ , que gera foliação plano axial  $S_{n+1}$ . As medidas dos planos  $S_n$  e  $S_{n+1}$  são respectivamente 312/40 e 278/70.



**Figura 5.26** – Fotomicrografia de biotita-quartzo-muscovita xisto com turmalina (AJM-110). A foliação  $S_n$  é marcada por lamelas de muscovita e são crenuladas pela fase deformacional  $D_{n+1}$ , desenvolvendo uma clivagem de crenulação  $D_{n+1}$ . Durante a fase  $D_{n+1}$  ocorre a recristalização completa de quartzo e parcial de muscovita.





Figura 5.27 – Veio de quartzo de direção N-S com dimensões decamétricas em muscovita-clorita xisto, no contato entre Formação Serra do Cotovelo e a Formação Aimbé (AJM-69).

O estereograma da **Figura 5.29** mostra a direção preferencial de Sn no domínio 4.

A variação do ângulo do mergulho de Sn, que torna-se maior do domínio 1 para domínio 4, é percebida nas medidas da foliação Sn plotadas no mapa estrutural (**Anexo 4**) e também na seção geológica SW-NE. O aumento do mergulho se deve a descontinuidade tectônica de fase Dn+1 que separa os dois domínios e faz com que o plano Sn fique perturbado nessa região.

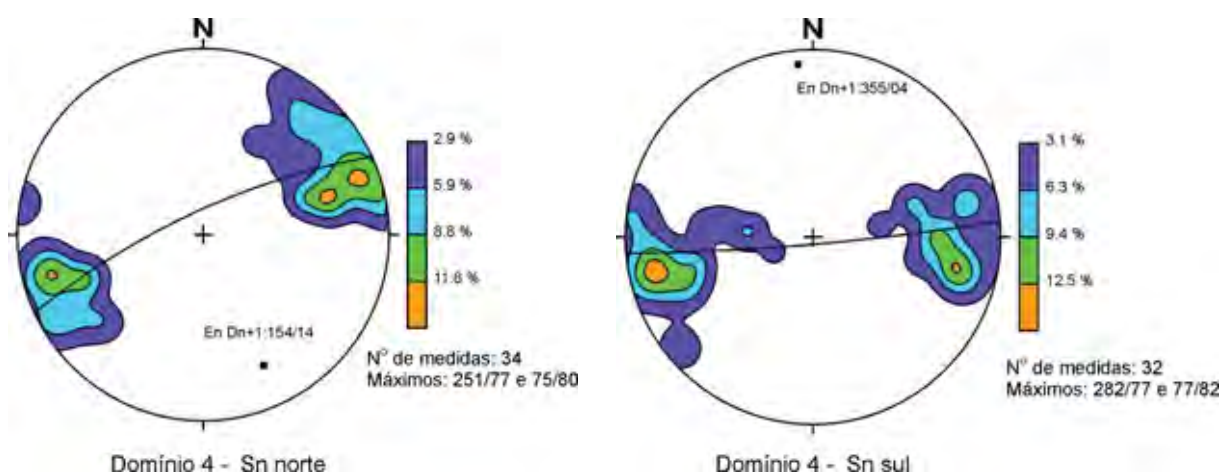
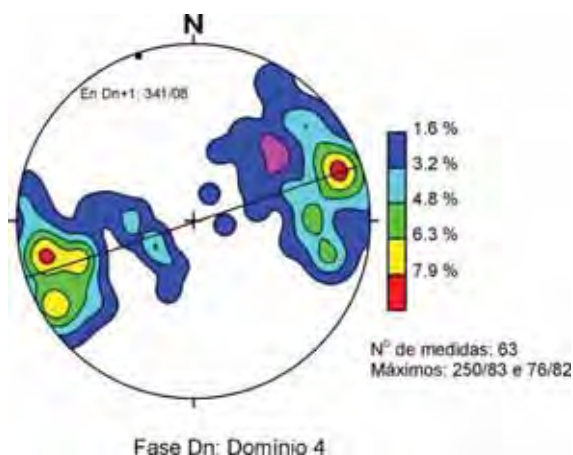


Figura 5.28 – Estereograma mostrando as orientações preferenciais de Sn nas porções norte e sul do domínio 4. A variação das medidas de Sn e dos eixos Dn+1 pode estar relacionado a deformação Dn+2.



**Figura 5.29** – Estereograma mostrando as duas orientações preferenciais do Sn no contexto do domínio 4. A dispersão das medidas para todo o domínio 4 permite reconhecer o eixo geral da fase Dn+1.

No domínio 5 as rochas do GBG estão em contato com as do CM através de uma falha (Zona de Cisalhamento Carroça) pós Dn de comportamento direcional. As lineações de estiramento e mineral são preferencialmente sub-horizontal e os porfiroclasto rotacionado de feldspato indicam que movimento foi, estatisticamente, sinistral. A foliação Sn no domínio 5 é do tipo xistosidade nos litotipos do GBG com cristais orientados de muscovita, anfibólio, biotita, clorita e grafita. No Complexo Moquém a foliação também é uma xistosidade, com aspecto milonítico, com orientação de cristais de muscovita, biotita, quartzo e feldspato (**Figuras 5.30 e 5.31**). Esses minerais também ocorrem orientados no plano de foliação formando lineação mineral e de estiramento. A orientação preferencial destas lineações é 146/12, ora mergulhando para N320, sugerindo que a zona de cisalhamento que ocorre neste domínio tem movimento essencialmente direcional. Algumas poucas medidas mostram orientação *down dip* com atitude média de 217/35 (**Figura 5.32**). Interpreta-se neste trabalho que a lineação *down dip* se formou primeira, pois é a mais comum em outros domínios, ao contrário da lineação direcional que se restringe na região da falha e alguns pontos localizados no domínio 1. Não se identificou feições de sobreposição entre as duas lineações. A orientação preferencial da foliação Sn nesse domínio estrutural é de 219/73 e 232/55 (**Figura 5.33**).

Nos afloramentos observados (AJM-116, 404, 555b, 558, 559, 564, 567 e 568) evidenciou-se que tanto o So quanto Sn, neste domínio mostram-se



paralelizados à Zona de Cisalhamento Carroça que é evidenciada por truncamento de camadas, maior frequência de deformação pós-Dn e feições miloníticas. Entende-se que esta variação do mergulho que progride tanto no Complexo Moquém como nas rochas do (GBG) se deve à inflexão da foliação para o centro da zona de cisalhamento gerada pela fase pós Dn (vide seção geológica NW-SE).



Figura 5.30 – Afloramento de muscovita gnaisse do Complexo Moquém com textura milonítica (AJM-555). A orientação da foliação Sn na zona de falha é de 235/80.



Figura 5.31 – Afloramento de clorita-biotita xisto do GBG próximo ao contato do CM (AJM-558). A foliação Sn nesta porção apresenta atitude de 245/70, mostrando um padrão lenticularizado indicando um caráter milonítico.

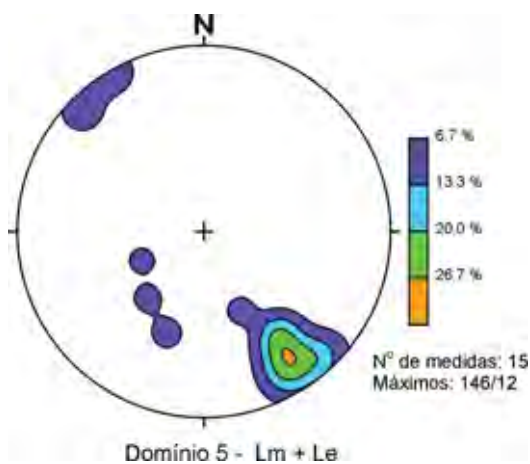


Figura 5.32 – Estereograma de contorno de medidas mostrando a orientação preferencial

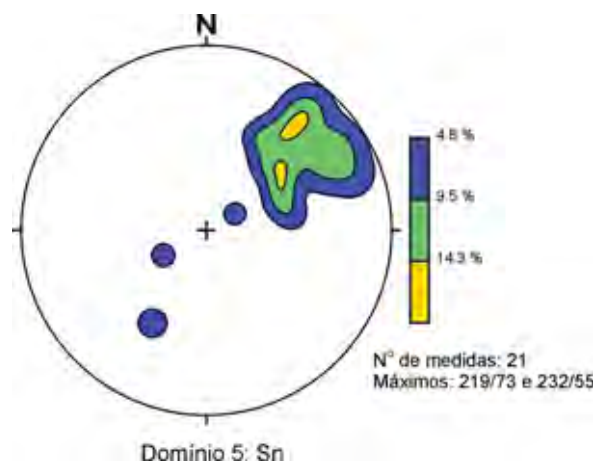
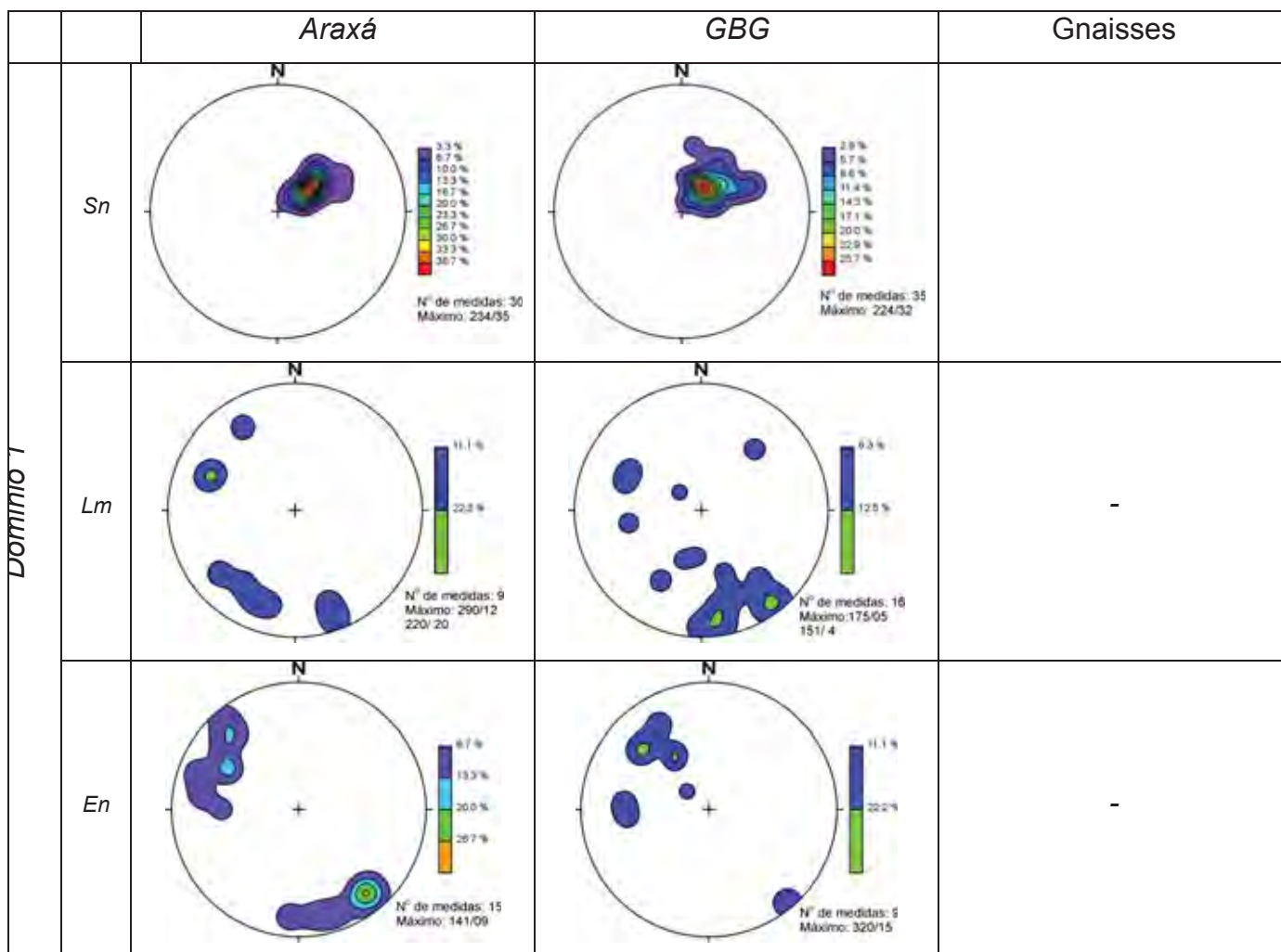


Figura 5.33 – Estereograma mostrando a orientação preferencial da foliação Sn para o

das lineações minerais e de estiramento para o domínio 5.

domínio 5. Identifica-se o predomínio da direção NW-SE sugerindo um movimento de caráter direcional nesta zona de cisalhamento.

O quadro a seguir (Figura 5.34) mostra os estereogramas das atitudes preferenciais da foliação Sn, eixo Dn e das lineações mineral e de estiramento para os cinco domínios caracterizados. As estruturas também foram individualizadas por diferença de unidades litoestratigráficas, sendo separados pelos litotipos do *greenstone*, metassedimentos do “Grupo Araxá” e os gnaisses do Complexo Moquém e do Caiamar. A sessão de estereogramas tem como intuito ilustrar de forma contínua as estruturas de deformação gerado na fase Dn facilitando desta forma a fazer comparações entre os domínios e as unidades litoestratigráficas.



Domínio 2	Sn	<p>N° de medidas: 27 Máximo: 190/38</p>	<p>N° de medidas: 19 Máximo: 196/33</p>	<p>N° de medidas: 10 Máximo: 190/43</p>
	Lm	<p>N° de medidas: 7 Máximo: 195/23</p>	<p>N° de medidas: 6 Máximo: 179/16</p>	<p>N° de medidas: 6</p>
	En	<p>N° de medidas: 6 Máximo: 283/09</p>	<p>N° de medidas: 15 Máximo: 300/06, 280/22 e 123/19</p>	NÃO OBSERVADO
Domínio 3	Sn	<p>N° de medidas: 19 Máximo: 234/23</p>	<p>N° de medidas: 35 Máximo: 112/26, 260/79 e 254/37</p>	-
	Lm	<p>N° de medidas: 5</p>	<p>N° de medidas: 6 Máximo: 195/17</p>	-
	En	DADO NÃO REPRESENTATIVO	DADO NÃO REPRESENTATIVO	

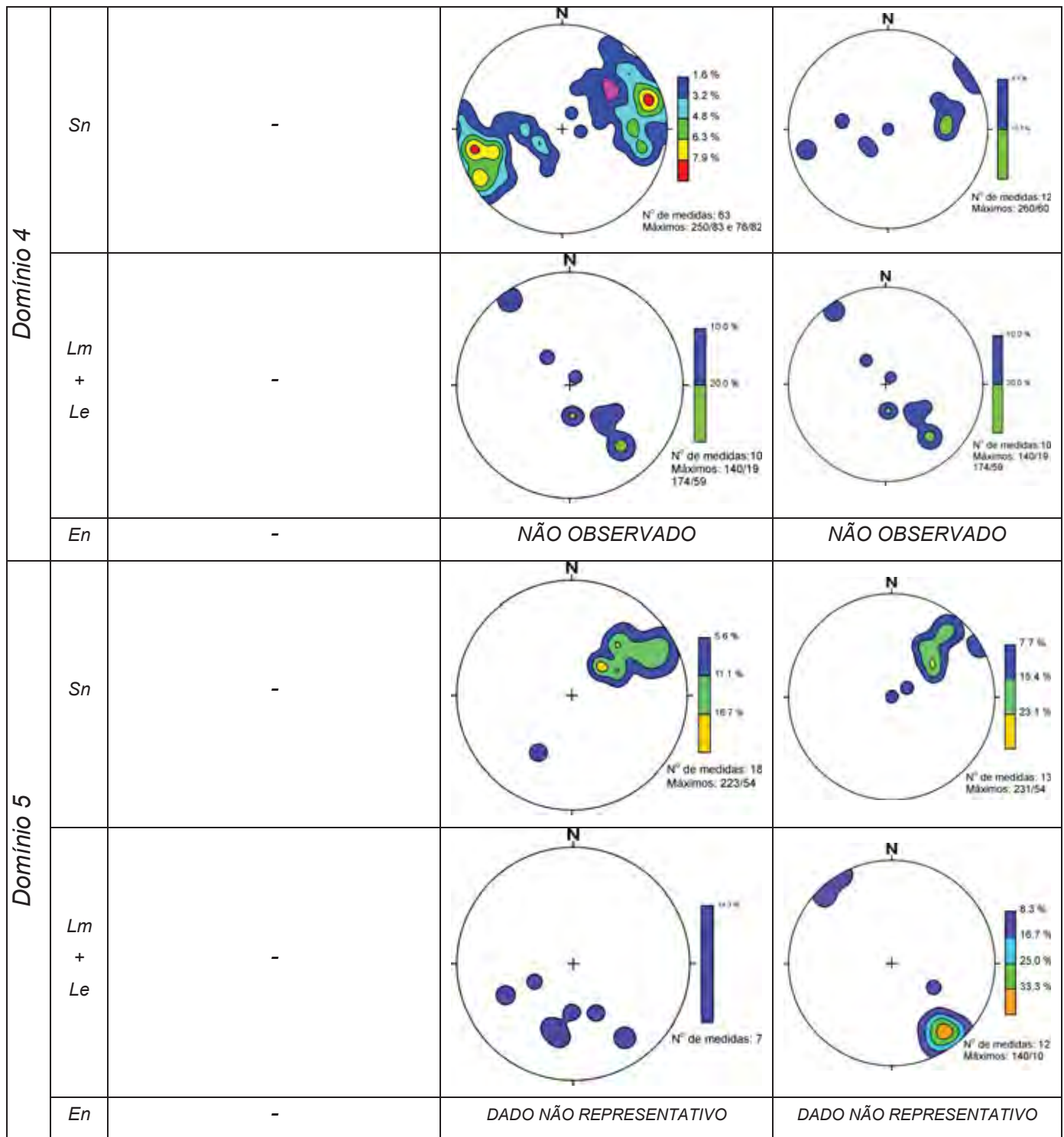


Figura 5.34 – Sessão de estereogramas das estruturas de fase Dn nas diferentes unidades.



#### 5.5.4 Fases pós Dn (Dn+1 e Dn+2)

Essas duas fases são posteriores à deformação principal, pois elas afetam a superfície de Sn gerando estruturas do tipo dobras, foliação plano axial, lineação de crenulação, sendo esta a feição observada na maior parte dos afloramentos e grandes falhas que perturbam a foliação principal. As estruturas relacionadas à Dn+1 ocorrem com maior frequência e são mais perceptíveis nos afloramentos, ao contrario de Dn+2 que é identificada por dobras, com baixa frequência e exposição, e lineação de crenulação vista localmente. As estruturas relacionadas às fases pós Dn são descrita com maior detalhe abaixo.

##### Fase Dn+1

Esta fase gera dobras de comprimento de onda centimétrico a quilométrico, que afetam a foliação principal Sn.

A deformação Dn+1 é de caráter compressivo, responsável pela formação de uma clivagem de crenulação desenvolvida paralelamente aos planos axiais dos dobramentos da foliação Sn, sendo denominada de Sn+1 (**Figura 5.35**), reconhecida em lâminas, e em alguns afloramentos. As variações que ocorrem nas direções da foliação principal Sn são resultado principalmente da interferência desta fase. A clivagem de crenulação ocorre com mais frequência nas rochas metamáficas/metaultramáficas da Formação Serra do Cotovelo e Serra Azul, a oeste da área, enquanto que as dobras com comprimento de onda centimétrico a quilométrico de morfologia aberta e suave são comuns no domínio 1, 2 e 3. Nos quartzitos da serra Maria Lázara os planos axiais das dobras de fase Dn+1 apresentam direção NS com caimento médio de 60 graus ora para E, ora para W. Nessa região também é possível o reconhecimento de superposição de dobras Dn+1 sobre Dn nos quartzitos, na qual o plano axial das dobras Dn é dobrado por Dn+1 gerando dobras abertas (**Figura 5.36**).

As crenulações da foliação Sn, por vezes apertadas e numerosas, são simétricas a assimétricas, ocorrendo preferencialmente nos mica xistos da porção leste, dos litotipos do “Grupo Araxá”.



Em geral estas dobras não apresentam foliação plano axial, entretanto em alguns locais, como por exemplo no Domínio 4, a crenulação  $D_{n+1}$  é mais forte e desenvolve foliação plano axial. Na porção norte do domínio 4,  $S_n$  e  $S_{n+1}$  são dificilmente diferenciáveis, principalmente na porção oeste, pois ocorrem de forma subparalela. A orientação preferencial da foliação de  $S_{n+1}$  e dos planos axiais dessas dobras apresenta atitude 262/81 (**Figura 5.37**).

A descontinuidade tectônica que marca a separação das sequências máficas/ultramáficas das outras unidades é interpretada com produto desta fase deformacional ( $D_{n+1}$ ). Essa descontinuidade é identificada no mapa geológico (**Anexo 2**), onde as camadas das formações São Patricinho, Aimbé e Cabaçal, subunidade Ca-4, são truncadas no plano de falha. A sul, a descontinuidade tectônica sofre inflexão para SW, possivelmente devido a deformação  $D_{n+2}$ .

Próximo à falha tem-se o achatamento da foliação  $S_n$  gerando uma zona de  $S_{n+1}$ , em porções menos deformadas,  $S_{n+1}$  evolui para uma clivagem espaçada, na qual se associam à dobras com comprimento de onda decimétricos.

Essa fase também é responsável pela geração de uma lineação de crenulação ( $L_c$ ), que está paralela ao eixo das dobras  $D_{n+1}$ . A estrutura linear é descrita em diversos afloramentos da área. A orientação dos eixos e da lineação de crenulação desta fase apresenta direção principal N170 com mergulho de 10 graus (**Figura 5.38**).

Também relacionamos a este evento deformacional com a zona de falha direcional NW-SE (Zona de Cisalhamento Carroça) que abrange uma faixa de aproximadamente 150 metros de largura por pelo menos 10 quilômetros de comprimento. Coloca em contato os gnaisses do Complexo Moquém com rochas do *greenstone belt*. As rochas no interior da zona apresentam granulação fina, foliação do tipo xistosidade, em geral milonítica, com alto ângulo de mergulho, por vezes verticalizada, e com direção N310. Nos gnaisses mais afastados do contato a granulação média a grossa definindo uma foliação milonítica com direção também de N310, porém com ângulos de mergulho menores, 50-60 graus. Na porção E da área estudada, a falha com direção NW-SE sofre inflexão para E. A foliação nesta porção apresenta textura mais grossa, pouco milonítica, com direção E-W e mergulho de 50 graus para sul.

Estruturas de comportamento rúptil/dúctil  $D_{n+1}$ , como fraturas possuem direção preferencial N240 com caimento de 75 graus para SE. As lineações de estiramento marcadas por cristais de quartzo e cristais centimétricos de feldspato, com formas assimétricas, são os principais indicadores cinemáticos da zona de cisalhamento (vide mapa geológico anexo 2), com porcentagem de aproximadamente 87,5 % evidência o sentido do movimento sinistral, identificado nos pontos (AJM-404, 528, 555, 556, 562, 563, 565, 566, 570, 571 e 573) e também nos pontos (100, 169, 171 e 173) do trabalho de conclusão de curso de Erika Sartori.

O contato tectônico com os gnaisses do Complexo Caiamar a oeste também é marcado por uma foliação com textura milonítica com direção variando entre N350 e N10 e o mergulho da foliação quando próximo às rochas da Formação Serra Azul apresenta em geral 70 graus para WSW e WNW. Esta feição sugere que também este contato deve ser tectônico e provavelmente associado à fase  $D_{n+1}$ .



Figura 5.35 – Afloramento de clorita-quartzo xisto (AJM-100). Rocha intercalada na Formação Serra do Cotovelo, apresentando a relação das foliações  $S_n$  e  $S_{n+1}$ .

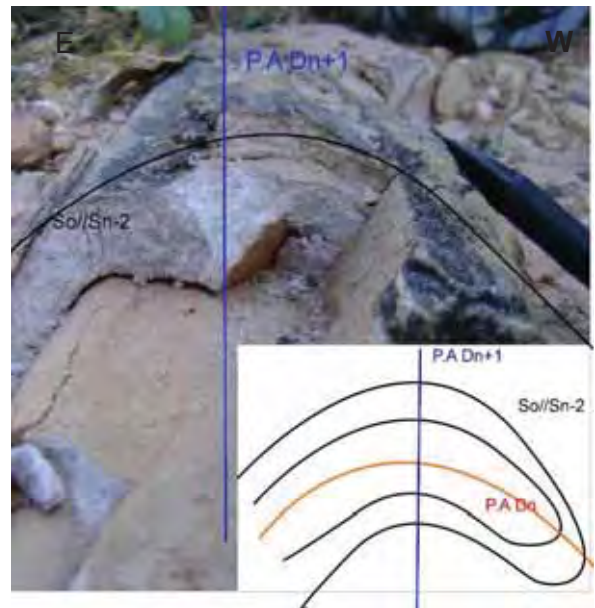


Figura 5.36 – Afloramento de quartzito da unidade Araxá (AJM-309). A figura esquemática no canto direito da foto ilustra as relações de estruturas encontradas no afloramento. A Dobra  $D_{n+1}$  com foliação plano axial, definida pela forma alongada de cristais de quartzo.

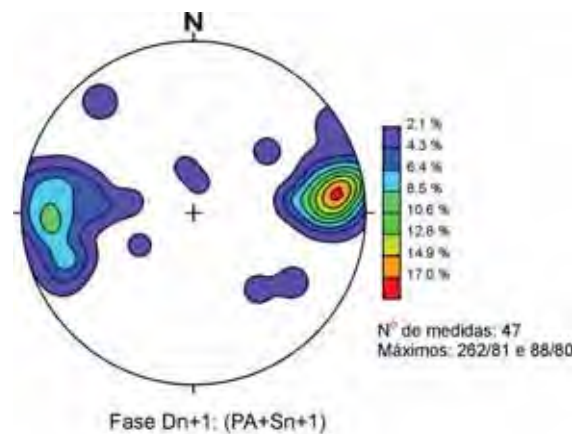


Figura 5.37 – Estereograma da fase Dn+1 com atitudes de plano axial e da foliação. As dispersões das medidas mostram duas orientações preferências, a mais marcante com atitude 262/81 e outra secundária com atitude 88/80.

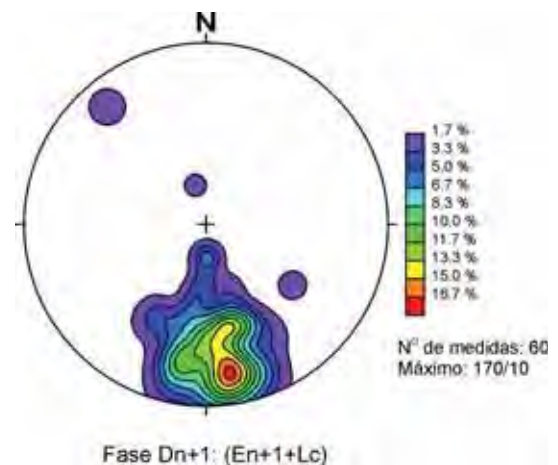


Figura 5.38 – Estereograma da fase Dn+1 com atitudes de eixo e lineação de crenulação. A dispersão dos pontos permite reconhecer o eixo principal desta fase.

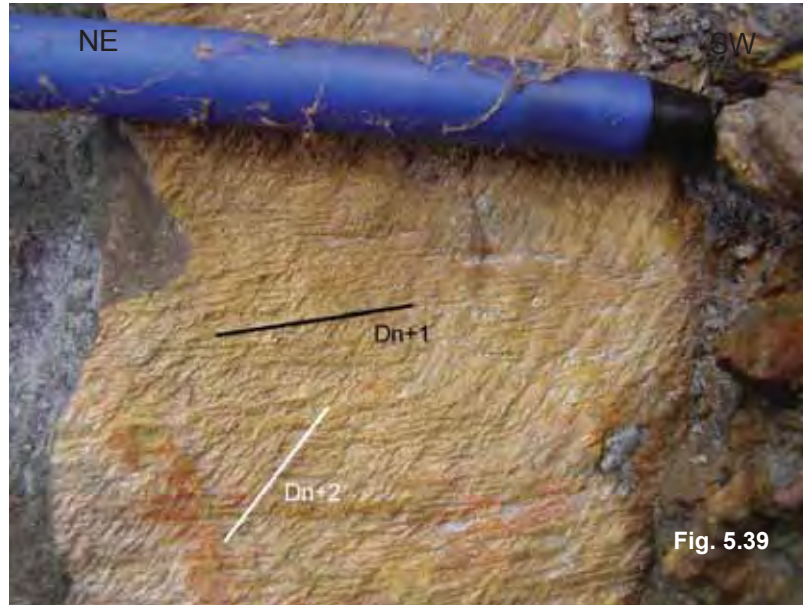
#### Fase Dn+2

Na área estudada, as estruturas relacionadas ao último evento deformacional localmente encontrada foram nos pontos AJM-124, 491, 493, GU-4-70, são feições do tipo dobras abertas e lineações de crenulações afetando o plano da foliação Sn. Não foram encontradas foliações relacionadas a esta fase.

Os eixos das dobras e as lineações de crenulação possuem direção NE-SW (N240-220) e mergulho variando de 30-40 graus (**Figura 5.39**). As dobras desta fase apresentam planos axiais de direção NE a ENE e mergulho vertical a subvertical, que contrasta com a direção preferencial dos planos axiais Dn+1, que é NW.

Esta direção dos eixos Dn+2 implica em um encurtamento aproximadamente NW-SE, por isso, interpreta-se que a inflexão do GBG de Guarinos na porção W da área, que é acompanhada da curvatura da foliação Sn no domínio 4, do plano axial Dn+1 e também na alternância do mergulho do eixo Dn+1 apresentando duplo caimento (**Figuras 5.29**), seja causada por Dn+2.

Em afloramentos não se observou claramente a relação de corte das estruturas Dn+2 com as da fase Dn+1



**Figura 5.39 – Afloramento de xisto carbonoso da subunidade Ca-3 da Formação Cabaçal (AJM-491). As lineações de crenulações aparecem no plano da foliação principal  $S_n$  e as atitudes dessas estruturas lineares da fase  $D_{n+1}$  e  $D_{n+2}$  são respectivamente 175/10 e 220/30**

## 6 – ANÁLISE DE MICROESTRUTURAS

---

Neste capítulo, serão tratadas as principais microestruturas encontradas nos litotipos do GBG e do “Grupo Araxá”. A descrição e a análise de feições microscópica registrada nas rochas desses terrenos ajudam a compreender e a interpretar de melhor forma os diferentes eventos deformacionais ocorridos na área de estudo, além do que, essas feições permitem estabelecer a relação entre o metamorfismo e as diferentes fases de deformação. A nomenclatura e as interpretações das microestruturas estão de acordo com os procedimentos descritos em Passchier & Trouw (2005).

Em função da heterogeneidade da deformação e dos diferentes eventos deformacionais que atuaram nas rochas do GBG e do “Grupo Araxá”, observa-se uma grande variedade de microestruturas, geradas por processos deformacionais distintos. Também serão descritas nesse item algumas feições metamórficas que ocorrem nos dois terrenos, como a formação de cristais tardi-Dn, representados por minerais geralmente bem formados, crescidos obliquamente à foliação principal (Sn).

Tanto no GBG como no “Grupo Araxá” são encontrados porfiroblastos de granada que sobrecrescem a foliação principal, evidenciado pelas trilhas de inclusões que definem uma Si reta contínua com Se (= Sn) e pela foliação externa (Se) que não sofre desvio ou sofre um leve desvio no entorno do cristal.

Cristais de biotita e muscovita aparecem bem recristalizados, às vezes, com textura hipidiomórfica na charneira de dobras Dn que marcam uma foliação mais antiga (pré-Dn) e exibem forte recristalização tardi-Dn formando arcos poligonais. Também são encontrados em ambos terrenos, indicando uma recristalização tardi ou pós-Dn.

Consideraremos para efeito de nomenclatura Si para foliação interna e Se para foliação externa, sendo que esta em geral corresponde à foliação Sn. A foliação interna também será descrita como Sn em algumas situações abaixo.



## 6.1 Microestruturas e suas Relações com o Metamorfismo

Foram confeccionadas 195 lâminas entre delgadas e polidas dos litotipos dos GBG e do “Grupo Araxá”. Do total, 42 lâminas contendo porfiroblastos de biotita, muscovita, granada, cloritóide, hornblenda, ilmenita e turmalina foram separadas para caracterização, interpretação das microestruturas e do metamorfismo.

Os porfiroblasto foram classificados como sin-Dn, sin a tardi-Dn, tardi-Dn, tardi a pós-Dn e pós-Dn para avaliar as questões cinemáticas e metamórficas. Os cristais interpretados como tardi-Dn e tardi a pós-Dn representa 47% das seções e são, em geral, de hornblenda, granada, biotita, cloritóide e muscovita. Este tipo de padrão foi encontrado nos litotipos das subunidades Ca1, Ca2 da Formação Cabaçal, Formação Aimbé e nos metassedimentos do Araxá.

Os porfiroblastos interpretados como tardi-Dn e tardi a pós Dn crescem no estágio final da deformação principal e as características que evidenciam nesta classe são as feições de contorno da foliação externa na borda do cristal, pequena curvatura das inclusões nas extremidades do grão e na porção central do porfiroblasto Si e Se possuem a mesma orientação. Outra feição que evidência tardi-Dn é ausência de giro das inclusões no porfiroblasto (**Figura 6.1A e B**).

De acordo com as paragêneses minerais de hornblenda, granada e biotita gerada durante tardi-Dn nos litotipos do GBG e do “Grupo Araxá”, interpreta-se que o auge do metamorfismo chegou a condições fácies xisto verde zona da granada.

O processo de crescimento mimético (PASSCHIER e TROUW, 2005) é identificado em algumas lâminas marcando o plano da foliação Sn (**Figura 6.2**), que se desenvolve no estágio tardio da fase Dn com o crescimento de cristais alongando de quartzo, muscovita e biotita.

Os porfiroblasto sin-Dn e sin a tardi-Dn são os de menor proporção dentro do contexto das microestruturas, aparecendo em 19% das seções nos litotipos Ca1 e Ca2 da Formação Cabaçal, na Formação Aimbé e nas rochas do “Grupo Araxá”. Foram classificados neste estágio de crescimentos os cristais de granada, cloritóide, biotita, muscovita, hornblenda, turmalina e ilmenita.

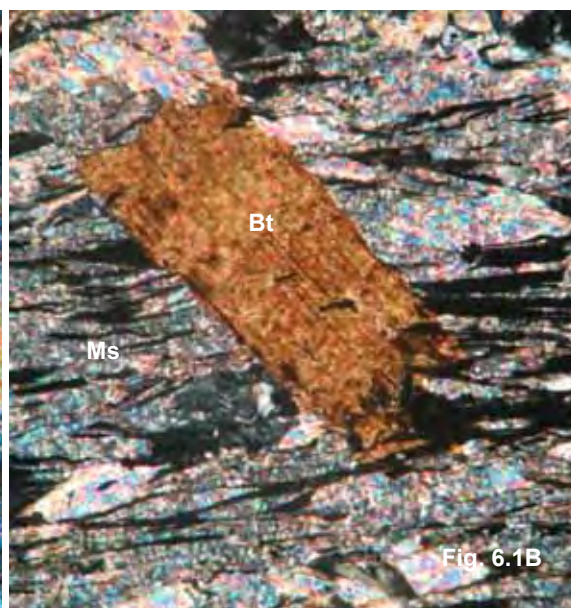
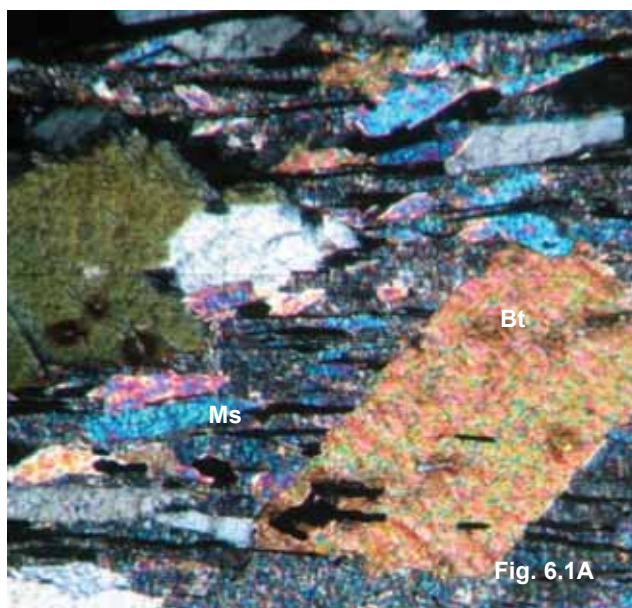


Figura 6.1 – A) Fotomicrografia de biotita-clorita-muscovita-quartzo xisto do Araxá (GC-239). B) Fotomicrografia de biotita-muscovita-quartzo xisto da Ca-1 Cabaçal (GC-242). Nas duas unidades é observada a geração de cristais de biotita tardi Dn, crescidos obliquamente à foliação principal. Base das fotomicrografias 1,5mm.



Figura 6.2 – Fotomicrografia de biotita-sericita xisto com material carbonoso da Ca-1 da Cabaçal (GC – 17). Entende-se que a granada de espessartita nesta situação foi rotacionada durante a geração da foliação Sn, marcada por micas e material carbonoso. Base da fotomicrografia 5,0mm.

As feições que caracterizam ser sin-Dn se devem ao estagio de crescimento do cristal durante a deformação progressiva (BARKER, 1994). As inclusões de opacos e quartzo que definem Si podem rotacionar no processo da deformação formando também uma feição sigmoidal, e este se torna concordante com Se nas bordas do grão (**Figura 6.2**).

As inclusões de opacos impressa em alguns porfiroblasto de granada e cloritóide sin-Dn possuem tamanhos maiores quando comparadas com os da matriz que marcam o plano da foliação Sn. Entende-se que essa diminuição de opacos se deve pela a dissolução de fluidos gerados durante o metamorfismo, culminando em reações na matriz formando outros minerais ou até mesmo reagindo com a borda do porfiroblasto favorecendo seu crescimento.

Em lâminas com porfiroblasto de granada de diferentes tamanhos nos litotipos da Formação Aimbé são identificadas duas relações entre Si e Se. A primeira mostra a forma sigmoidal de Si mostrando aproximadamente 80° giro, devido ao corte no porfiroblasto próximo ao núcleo. A outra relação mostra granadas menores, cuja relação de Si com Se evidencia orientações aproximadamente paralelas. Essa similaridade das foliações mostra que durante o sobrecrescimento do porfiroblasto é registrado na borda do cristal a foliação externa (**Figura 6.3A e B**).

Nas rochas metassedimentares da Formação Cabaçal e do “Grupo Araxá” lamelas de muscovita e biotita apresentam-se recristalizadas marcando a foliação principal, juntamente com esses minerais micáceos observa-se cristais de turmalina e ilmenita orientados no plano Sn, evidenciando que esses últimos se formaram durante Dn.

Nos gonditos da subunidade Ca-1 a forma alongada dos cristais de quartzo da matriz define a foliação Sn que amolda ao contorno das granadas e estas, por sua vez, apresentam inclusões de pequenos cristais de quartzo e material carbonoso (grafita) não orientado, evidenciando que as granadas se formaram posteriormente aos quartzos. O comportamento da foliação no contato com a granada em se amoldar aos contornos da mesma e as inclusões aleatoriamente não registrando uma orientação definida permite considerar que as granadas podem ser atribuídas a uma fase pré-Dn ou até mesmo Dn (**Figura 6.4**).



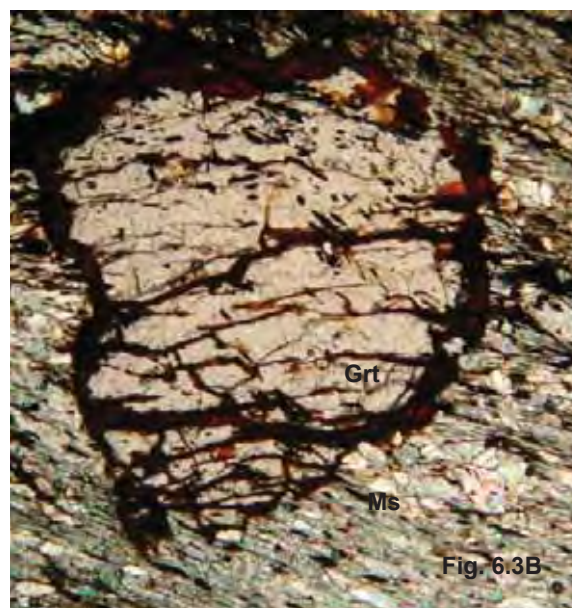
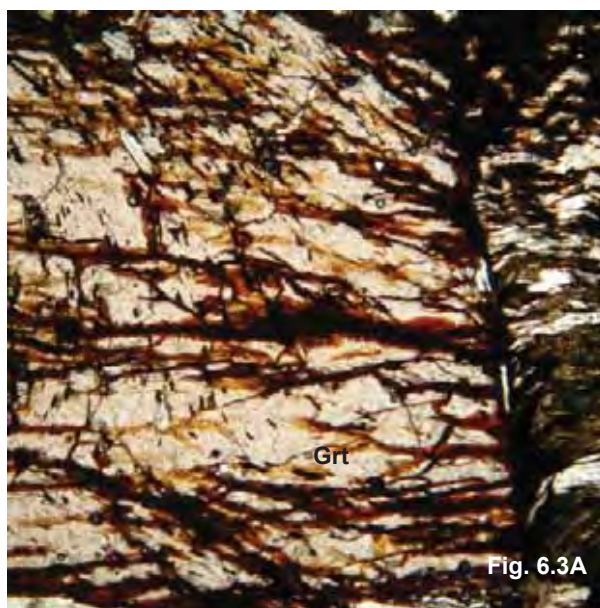


Figura 6.3 – Fotomicrografia de granada-clorita-muscovita xisto da Formação Aimbé (topo) (AJM-357). A) O porfiroblasto de granada com corte próximo ao núcleo, com feição sigmoidal das inclusões de opacos. B) Na borda do cristal (menor tamanho) as inclusões se orientam aproximadamente com foliação externa da matriz. Base das fotomicrografias 5,0mm.

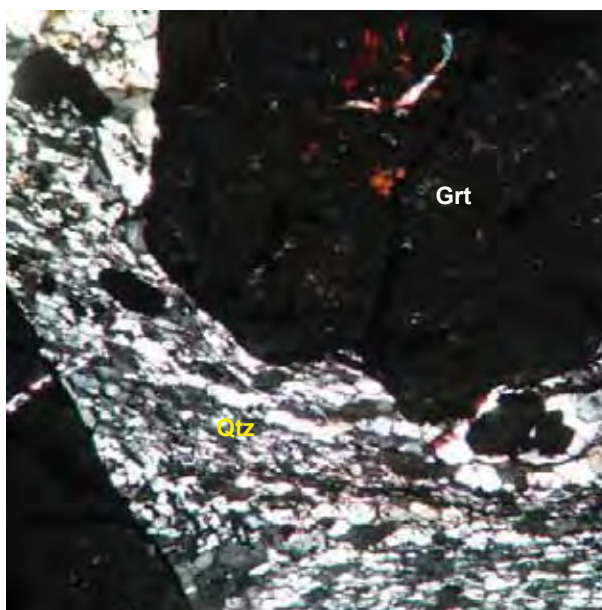


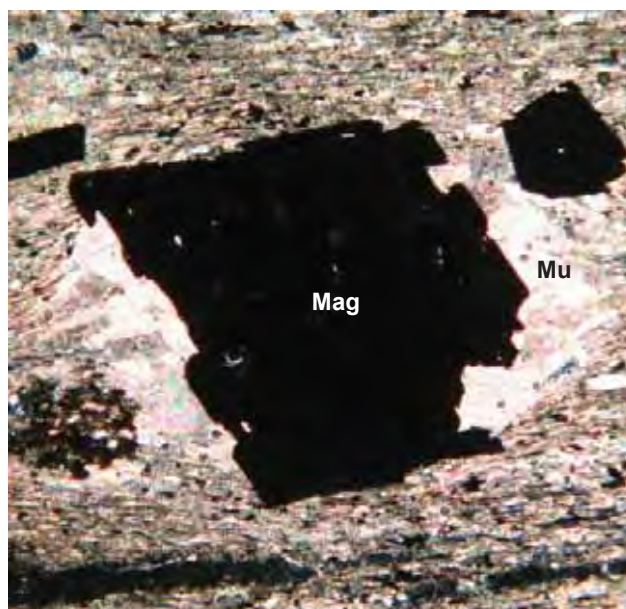
Figura 6.4 – Fotomicrografia de granada quartzito da Ca-1 da Formação Cabaçal (TG-331). Os cristais de quartzo definem Sn que se amolda ao porfiroblastos de granada evidenciando que essas granadas são pré ou sin Dn. Base da fotomicrografia 1,5 mm.

A fase pré Dn é identificado pelos cristais de turmalina, ilmenita e grafita que ocorrem definindo as trilhas de inclusão que desenham dobras Dn e são incluídas

por alguns porfiroblasto da tabela 5. Neste caso devem ser, provavelmente, sin Dn-2, uma vez que Dn-1 em geral não desenvolveu foliação (Capítulo 5,. Geologia.Estrutural). Deduz-se que quartzo e outros minerais como muscovita, clorita e talvez biotita devem ter se formado também durante Dn-2, uma vez que se reconhecem arcos poligonais de micas.

Nos litotipos da Formação Aimbé é comum a ocorrência de franjas de deformação (MÜGGE, 1928; PABST, 1931 apud KOEHN et al., 2000) nos cristais de magnetita. O desenvolvimento das franjas ocorre paralelamente ao plano da foliação principal gerado pela fase Dn. As franjas são formadas por muscovita (**Figura 6.5**), que é mineral que compõe a matriz da rocha. A foliação externa na magnetita aparece curvada, mas ao mesmo tempo na borda do cristal a foliação não está infletida, mas impressa no cristal de magnetita. Como a inflexão em torno do porfiroblasto é pequena está relação sugere que o porfiroblasto deve ter crescido no final de final Dn continuando o seu desenvolvimento até um estágio pós-Dn.

As micas que crescem nas magnetitas são do tipo controlada pelo deslocamento (KOEHN et al., 2000; PASSCHIER e TROUW, 2005), pois as fibras de muscovita crescem paralelamente à direção de deslocamento da matriz durante a deformação.



**Figura 6.5 – Fotomicrografia de magnetita-muscovita-quartzo xisto da Formação Aimbé (AJM-138). Nas magnetitas ocorre a formação de sombras de pressão com crescimento de muscovita. Base da fotomicrografia 5mm.**



Na porção norte da área as rochas pelíticas da subunidade Ca-1 possuem porfiroblastos de hornblenda com inclusões de quartzo formando feição sigmoidal. Nesses cristais o Si apresenta rotação angular de aproximadamente 45° com a foliação Sn. Na porção sul da área essa relação de inclusões de opaco com foliação externa é identificada também em cloritóide da unidade Aimbé.

Os porfiroblastos tardi a pós-Dn e pós-Dn são caracterizados por cristais de granada, muscovita, cloritóide e biotita, ocorrendo com maior frequência nos litotipos da Formação Aimbé e nos metassedimentos do “Grupo Araxá”.

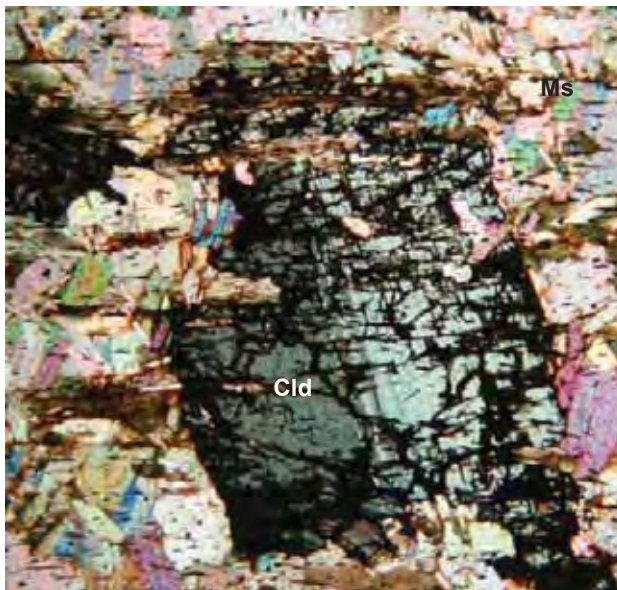
Nesse grupo de porfiroblastos não ocorre inflexão da foliação externa na extremidade dos grãos e as inclusões internas são contínuas com Se, registrando uma orientação paralela entre as foliações, essas feições caracterizam ser pós-tectônico (**Figura 6.6**). Esses cristais sobrecrescem na foliação principal e apresentam formas euédricas a subédricas, e o seu crescimento incorpora parte da matriz, incluindo minerais opacos e quartzo. Apresenta uma foliação interna marcada pela presença de minerais opacos e de quartzo, que é reta em toda a extensão do porfiroblasto, e está em continuidade com a foliação externa.

Os porfiroblastos de cloritóide mostram com frequência a maior dimensão perpendicular ou oblíqua a foliação Sn.

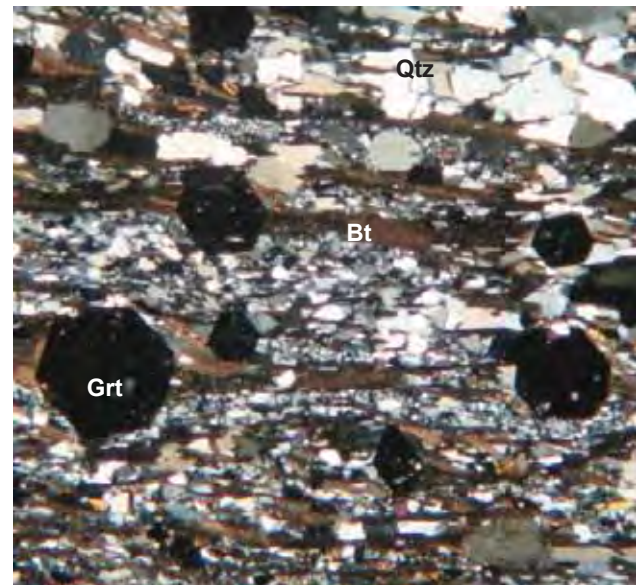
São identificadas duas gerações de biotita nos metassedimentos do “Grupo Araxá”, a primeira ocorre com textura lepidoblástica crescendo paralelamente a foliação Sn, na forma de cristais estreitos e alongados, já a segunda ocorre como porfiroblastos isolados ou em agregados com textura decussada crescendo com o plano de clivagem oblíquo à foliação principal. Essa segunda biotita cresceu após cessar a deformação que originou Sn, e provavelmente em condições térmicas do pico metamórfico local. Os cristais de biotita paralelos à foliação principal não exibem efeitos de deformação interna (ex. extinção ondulante) e por isso são interpretados como resultantes de crescimento mimético à foliação principal e considerado como pós-Dn. Podem representar recristalização de cristais de biotita mais antigos ou neoformação a partir de clorita.

Os porfiroblastos de granada pós-tectônicos crescem sobre a foliação Sn, apresentando formas euédricas a subeuédricas e tamanhos de grãos submilimétricos (0,2 mm) (**Figura 6.7**). Tanto os cristais de biotita como os de

granada crescem em condições de fácies xisto verde superior, não sofrendo perturbações pela deformação principal.



**Figura 6.6 – Fotomicrografia de cloritóide-clorita-muscovita xisto da Formação Aimbé (AJM-176). O porfiroblasto de cloritóide cresce sobre os filetes de opacos que estão orientados segundo a foliação Sn. Observa-se que os filetes não sofrem desvio nas extremidades do cristal e as muscovitas também recristalização tardiamente, pois não se orienta com a deformação. Base da fotomicrografia 5,0mm.**



**Figura 6.7 – Fotomicrografia de granada-muscovita-biotita-quartzo xisto do “Grupo Araxá”. Os porfiroblasto de granada pós-Dn com formas euédricas a subeuédricas crescem sobre o plano da foliação principal (Sn). Base da fotomicrografia 1,5mm.**

Um resumo das relações cinemáticas dos porfiroblastos é apresentado na tabela 5 para as lâminas estudadas. Pode-se notar que tanto para as rochas do GBG quanto para as do “Grupo Araxá”, existe uma ampla predominância do crescimento dos porfiroblasto em estágio tardi a pós-Dn. Desta forma conclui-se que as rochas destas duas unidades apresentam suas paragêneses de mais alto grau relacionadas a um mesmo evento metamórfico, em condições de fácies xisto verde superior e desenvolvidas desde o final até após o término da fase Dn.

Em lâminas que mostravam charneiras de dobras pós Dn alguns porfiroblasto de biotita e muscovita mostraram crescimento sin Dn+1, evidenciando que esses cristais se estenderam até a fase deformacional Dn+1.

Lâmina	Unidade	Mineral	Dn			Dn+1
			Cedo	Sin	Tardi	
AJM 138	Aimbé (base)	Mag Ms				
AJM 152	Araxá	Ms Bt				
AJM 176	Aimbé (topo)	Ms Cld				
AJM 192	Ca2	Mag Ms				
AJM 228	Araxá	Grt				
AJM 229	Araxá	Ms				
AJM 231	Araxá	Bt				
AJM 23B	Ca2	Grt Br				
AJM 247	Aimbé (base)	Ms Bt				
AJM 285	Aimbé (base)	Ms Mag Tur Ilb				
AJM 295	Ca1	Ilb				
AJM 313	Araxá	Ilb				
AJM 357	Aimbé (topo)	Grt				
AJM 379	Aimbé (base)	Cld Ms				
AJM 40	Araxá	Bt				
AJM 44	Araxá	Grt				
AJM 49	Ca1	Bt Ms				
GU-1-3A	Araxá	Grt				
GU-1-84	Araxá	Ms				
GU-1-P 1	Araxá	Bt				
GU-1-P2	Araxá	Bt				
GU-4-15C	São Patricinho	Ilb				
GU-4-29B	Aimbé (base)	Cld Ms				
GU-4-30	Ca2	Ms				
GU-4-95A	Araxá	Ms				
GU-5-32A	Aimbé (base)	Ms				
GU-5-32B	Aimbé (base)	Ms				
GU-6-102A	Araxá	Ms				
R 179	Aimbé (topo)	Tur Bt				
R 325	Aimbé (topo)	Cld				
R 376	São Patricinho	Anfibólio				
RGUA 7	Ca2	Ms Bt Grt				

Tabela 5. Tabela discriminando detalhadamente a relação cinemática dos principais minerais das paragêneses do metamorfismo principal, destacando os diferentes estágios durante a fase Dn.

## 7 - CONCLUSÕES

---

A integração dos dados coletados em campo, análises petrográficas e interpretações, permitiram levantar uma série de conclusões sobre a área mapeada até o momento.

- A interpretação da sequência estratigráfica da área é considerada neste trabalho como empilhamento normal devido, à ausência de estruturas primárias, que pudessem mostrar claramente inversão estratigráfica do pacote, e de estruturas tectônicas que indicassem situação de flanco invertido. As formações Serra do Cotovelo e Serra Azul correspondem a porção basal da Sequência *Greenstone Belt*. Segue-se as subunidades Ca1 a Ca-4, recoberta discordantemente pelas Formações Aimbé e São Patricinho.

- O contato das rochas do GBG com os metassedimentos do “Grupo Araxá” é entendido como uma discordância estratigráfica e não como falha de empurrão de baixo ângulo como descrito por outros autores. Durante o mapeamento não se evidenciou feições estruturais de comportamentos rúpteis ou dúcteis que indicasse superfície de deslocamento tectônico. O que se observa nitidamente em lâminas petrográficas das amostras próximo ao contato é uma recristalização tardia que afeta todo conjunto do GBG e os litotipos do “Grupo Araxá”.

- Para área foram identificadas cinco fases deformacionais, duas mais antigas (Dn-2 e Dn-1), a fase principal (Dn) e duas mais novas (Dn+1 e Dn+2) que afetam a foliação Sn (principal). A Antiforme Aimbé, interpretadas em alguns trabalhos como de origem pós Dn, neste trabalho é caracterizada pela fase Dn-1, deformação responsável pela geração das grandes estruturas dobrada na área.

- A foliação metamórfica Sn é a feição de maior expressão encontrada nas rochas do GBG, nos metassedimentos pelíticos do “Grupo Araxá” e nos terrenos granito-gnaíssico. O comportamento de Sn nessas unidades varia entre os 5 domínios Dn, porém as atitudes preferenciais em cada domínio para os diferentes litotipos se comporta de forma uniforme, evidenciando que esta deformação afetou igualmente todo o conjuntos de rochas.

- Junto à formação de estruturas tectônicas há também deformação metamórfica regional, com a geração de paragêneses características da fácies xisto



verde alto, presentes em toda a porção metassedimentar e metavulcânica, com minerais índice como muscovita, biotita, actinolita, hornblenda e granada (capítulo de Metamorfismo). Foi possível deduzir que houve retrometamorfismo, através de alteração retrógrada dos minerais da paragênese principal, e indicando que a temperatura de reequilíbrio foi menor que 400°C. No domínio Moquém identificou-se que as rochas alcançaram, anteriormente, condições de fácies anfibolito (temperatura em torno de 600°C).

- Análise de feições microestrutural identificou os porfiroblasto mais comuns nos litotipos do GBG e do “Grupo Araxá” que sobrecresce no plano da foliação Sn. Os cristais de granada, biotita, muscovita, cloritóide e anfibólio apresentam estágios de crescimento sin, tardi e pós tectônico. Nos cristais sin tectônicos a foliação interna registra o plano pretérito Sn-2, marcado por inclusões de opacos, quartzo e ilmenita. Nesse tipo de cristal identifica-se também o giro de Si, gerando uma feição sigmoidal, e esta se torna concordante com Se nas bordas do grão. Os tardi tectônico crescem no final da deformação Dn, evidenciando que na extremidade do cristal a foliação Sn se mostra encurvada, feição esta que caracteriza ser deste tipo. Os pós tectônico crescem no plano Sn com ausência da deformação Dn, nesses porfiroblasto.

- O comportamento do transporte tectônico ainda necessita de esclarecimentos e amadurecimento, devido à complexidade da área envolver diversas fases deformacionais. Essas deformações polifásicas podem gerar interpretações distintas sobre o comportamento de movimento, além do que, mascara as estruturas pretéritas dificultando o seu reconhecimento. Na continuidade do trabalho de mestrado pretende-se buscar maiores informações para as lineações minerais e de estiramento, bem como de indicadores cinemáticos, para esclarecer os movimentos tectônicos gerados na porção sul da Faixa Guarinos.



## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

---

- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B. & FUCK, R.R. Províncias Estruturais Brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977, Campina Grande. *Anais ...* Campina Grande: SBG, 1977. p. 363-391.
- ANDRADE FILHO J. F. de. **Relações petrogenéticas nos processos metamórficos**. 1. ed. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1982.185 p.
- ARNDT, N. T.; TEIXEIRA, N. A. & WHITE, W. M. Bizarre geochemistry of komatiites from the Crixás Greenstone Belt. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 101, p. 187-197, 1989.
- BARBOSA, O.; BAPTISTA, M. B.; DYER, R. C.; BRAUN, O. P.G. & COTTA, IC. 1969. Geologia e Inventário dos Recursos Minerais da Região Central do Estado de Goiás – Projeto Brasília. DNPM/PROSPEC. Petrópolis, RJ (publicado pelo DNPM, Série Geologia, N° 18, Seção Geologia Básica, N° 13, Brasília. DF, 1981)
- BARKER, A. J. Interpretation of porphyroblast inclusion trails: limitations imposed by growth kinetics and strain rates. **Journal Metamorphic Geology**, v 12, p. 681–694, 1994
- BUCHER K. & FREY M.. **Petrogenesis of metamorphic rocks**. Springer-Velag, 1994. 318p.
- CAMPOS, D. S. D. **Mapeamento Geológico e Estrutural do Alvo Aurífero Maria Lázara, no Greenstone Belt de Guarinos (Guarinos, GO)**. 2007. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Universidade Estadual Paulista, 2007
- CASTRO, J. H. G. & MAGALHÃES, L. F. Revisão Estratigráfica do Grupo Pilar de Goiás na Faixa Crixás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBG, 1984. p. 2563 - 2576.
- DANNI; J. C. M. & RIBEIRO C.C. Caracterização da sequência vulcano sedimentar de Pilar de Goiás e Guarinos, Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., 1978, Recife. *Anais...* Recife: SBG. 1978. v.2, p.582-596.
- DANNI, J.C.M.; LEONARDOS, O. H. & ANDRADE, G. F. Feições Vulcânicas das Rochas Ultramáficas de Hidrolina, GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Camboriú. *Anais ...* Camboriú: SBG, v4, p.1997-2003.
- DANNI, J. C. M.; DARDENNE, M. A. & FUCK, R. A. Geologia da região da Serra da Santa Rita e Sequência Serra de Cantagalo. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 1., 1981, Goiânia. *Atas...* Goiânia: SBG, 1981. p.265-280.
- DANNI, J.C.M.; JOST, H.; WINGE, M. & ANDRADE, G.F. Aspectos da Evolução dos Terrenos Granito Greenstone: Exemplo da Região de Hidrolina, Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., 1986, Goiânia. *Anais ...*Goiânia: SBG, 1986. p.570-584.
- FORTES, P. T. F.O., PIMENTEL, M.M., SANTOS, R. V., JUNGES, S. Sm-Nd study of the Crixás greenstone belt, Brazil: implications for the age of deposition of the upper sedimentary rocks and associated Au mineralization. **Journal of South American Earth Sciences**, v6, p. 503-512, 2003.
- FUCK, R. A. A faixa Brasília e a Compartimentação Tectônica na Província Tocantins. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO - OESTE, 4., 1994, Brasília. *Anais...*Brasília: SBG, 1994. p.184-187.

GIUSTINA, M. E. S. D. **Geologia e Geocronologia da Sequência Vulcano-Sedimentar Campinanorte do Complexo Uruaçu, Província Tocantins**. 2007. 92f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

HYNDMAN, D. W. **Petrology of the igneous and metamorphic rocks**. New York: McGraw-Hill, 1972. 553p.

HOBBS, B. E., MEANS, B.W.D., WILLIAMS, P.F. **An outline of structural geology**, New York: John-Wiley & Sons, 1976. 571p

JOST, H.; OLIVEIRA, A. Stratigraphy of the greenstone belts, Crixás region, Goiás, central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 4, p. 201-214, 1991.

JOST, H.; PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; DANNI, J. C. M.; HEAMAN, L. Idade U/Pb do Diorito Posselândia, Hidrolina, Goiás. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 23, p. 352-360, 1993.

JOST, H.; CARMELO, A.C. & MENESES, P.R. Litologias, Relações de Contato e Estrutura do Bloco Caiamar, Crixás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE. 4., 1994a, Brasília. *Anais...* Brasília: SBG, 1994, p.18-20.

JOST, H., VARGAS, M. C., FUCK, R. A., KUYUMJIAN, R. M., PIRES, A.C.B. Relações de contato, litologias, geologia estrutural e geofísica do Bloco Arqueano do Moquéim, Crixás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 4., 1994b, Brasília. *Anais ...*Brasília: SBG, 1994, p. 21-23.

JOST, H.; KUYUMJIAN, R.M. & FERREIRA FILHO, C.F. Mapa Geológico 1:25.000 do Greenstone Belt de Guarinos e Terrenos Granito-Gnáissicos Adjacentes, Goiás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO OESTE, 4.,1994c, Brasília. *Anais...* Brasília: SBG, 1994, p. 193-194.

JOST, H.; KUYUMJIAN, R. M.; FREITAS, A. L. S.; COSTA, A. L. L.; NASCIMENTO, C. T. C.; VASCONCELOS, F. M.; GALOTTI NETO, L.; MARTINS, M. C.; CARVALHO, M.N.; CONDÉ, V. C. Geologia da porção norte do greenstone belt de Guarinos, Goiás. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 25, n.1, p. 51-60, 1995.

JOST, H & FORTES, P.T.F.O. Gold deposits and occurrences of the Crixás Goldfield, central Brazil. **Mineralium Deposita**, v. 36, p. 358-376, 2001.

JOST, H.; DUSSIN, I. A.; CHEMALE, F.J.; TASSINARI, C.C.G.; JUNGES, S.; "U-Pb and Sm-Nd constraints for the Paleoproterozoic age of the metasedimentary sequences of the Goiás Archean greenstone belts". In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY. 6., 2008, San Carlos de Bariloche, Argentina, *Resumo* p. 1-4.

JOST, H.; CHEMALE, F.Jr.; DUSSIN, I. A.; TASSINARI, C. C. G.; MARTINS, R. A U-Pb zircon Paleoproterozoic age for the metasedimentary host rocks and gold mineralization of the Crixás greenstone belt, Goiás, Central Brazil. **Ore Geology Reviews**, v 37, p.127-139, 2010.

KOEHN, D.; HILGERS. C.; BONS. P. D.; PASSCHIER. C. W. Numerical simulation of fibre growth in antitaxial strain fringes. **Journal of Structural Geology**, v. 22, p. 1311-1324, Mar. 2000.

KRETZ, R. Symbols for rock-forming minerals. **American Mineralogist**, v. 68, p. 277-279, 1983.

KUYUMJIAN, R. M. **Geologia e Mineralizações Auríferas do Greenstone Belt da Faixa Crixás - Go**. 1981. 67f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1981.

LACERDA, H. Mapa Geológico 1/100.000 do Distrito Mineiro do Greenstone Belt de Crixás-Guarinos-Pilar de Goiás (GO): Versão Preliminar. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO OESTE, 6.,1997, Cuiabá. *Anais...* Cuiabá: SBG, 1997, p.65-67.

MARINI, O. J.; FUCK, R. A.; DARDENNE, M. A.; DANNI, J.C.M. Província Tocantins- setores central e sudeste. In: ALMEIDA, F.F.M. & HASUI, Y. (Coords.) **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo, Edgard Blücher Ltda, 1984. p.205-264.

MARINI, O. J.; BOTELHO, N. F. A Província de Granitos Estaníferos de Goiás. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.16, n.1, p.11 9-131, 1986.

MONTALVÃO, R. M. G. **Evolução geotectônica dos terrenos granitóide-greenstone belts de Crixás, Guarinos, Pilar de Goiás-Hidrolina (Goiás)**. 1985. 372f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.

PASSCHIER, C.W; TROUW, R. **Micro-tectonics**. 2. ed. Berlin: Springer, 2005. 289p

PIMENTEL, M. M.; JOST, H.; FUCK, R. A. O embasamento da Faixa Brasília e o Arco Magmático de Goiás. In: Virgínio Montesso Neto; Celso Dal Ré Carneiro; Benjamim Bley de Brito Neves. (Org.). **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: BECA, 2004. p. 355-368.

PIRES, A. C. B. Identificação Geofísica de Áreas de Alteração Hidrotermal, Crixás-Guarinos, Goiás. **Revista Brasileira de Geociências**, v 25, n. 1, p. 61-68, 1995.

PULZ, G. M. **Geologia do Depósito Aurífero Tipo Maria Lázara (Guarinos - Goiás)**. 1990. 139f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1990.

PULZ, G. M. **Modelos prospectivos para ouro em greenstone belts: Exemplo dos depósitos Maria Lázara e Ogó, na região de Guarinos e Pilar de Goiás, Goiás**. 1995. 189f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1995.

QUEIROZ, C. L. **Evolução tectono-estrutural dos terrenos granito-greenstone belt de Crixás, Brasil Central**. 2000. 209f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

QUEIROZ, C. L. DE ; JOST, H. ; MCNAUGHTON, N. J. ; SILVA, L. C. U-Pb SHRIMP and Sm-Nd geochronology of granite-gneiss complexes and implications for the evolution of the Central Brazil Achean Terrain. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 26, p. 100-124, 2008.

QUEIROZ, C. L.; JOST, H. ; MCNAUGHTON, N. J. U-Pb SHRIMP ages of the Crixás granite-greenstone belt terranes: from Archean to Neoproterozoic. In: Simpósio NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 7., 1999, Lençóis Bahia. *Anais...* São Paulo: SBG,. 1999, p. 35-37.

RAMSAY, J.C.; HUBER, M.I. **The Techniques of Modern Structural Geology. v. 2: Folds and Fractures**. London: Academic Press, 1987. 700p

RESENDE, M. G. **Geoquímica e petrologia da Formação Aimbé, Grupo Guarinos, Goiás**. 1994. 172f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

RESENDE, M. G. ; JOST, H. 1995. Petrogênese das formações ferríferas e metahidrotermalitos da Formação Aimbé, Grupo Guarinos (Arqueano), Goiás. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 41-50.

ROY, S. Comparative Study of the Metamorphosed Manganese Protorees of the World the Problem of the Nomenclature of the Gondites and Kodurites. **Economic Geology**, v. 60, p. 1238-1260, 1965.

SABOIA, L. A. Os Greenstone Belts de Crixás e Goiás - GO. Boletim N° 9 - SBG-NCO - p.44-72. 1979.

SABOIA, L. A. de; TEIXEIRA, NA; CASTRO, I. H. G. de & TEIXEIRA, A. S. Geologia do Greenstone Belt de Crixás (GO) e suas Implicações Geotectônicas. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS, 1., 1979, Salvador. *Anais ...*, Salvador: SBG, 1979. v2, p. 39-50.

SPEAR, F. S., KOHN, M. J., & CHENEY, J. T. P-T paths from anatectic pelite. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 134, p. 17-32, 1999.

TASSINARI, C. G. C. & MONTALVÃO, R. M .G. Estudo geocronológico do greenstone belt de Crixás, GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Camboriú. *Anais...* Camboriú: SBG, 1980. v5, p: 2752-2759.

TASSINARI, C. C. G., JOST, H., SANTOS, J.C., NUTMAN, A.P., BENNELL, M.R. Pb and Nd isotope signatures and SHRIMP U-Pb geochronological evidence of paleoproterozoic age for Mina III gold mineralization, Crixás District, Central Brazil. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 5., 2006, Punta Del Este, Uruguay. *Resumo* pp. 527-529

VALERIANO, C.M. ; DARDENNE, M.A. ; FONSECA, M.A.; SIMÕES, L.S.A.; SEER, H.J. A. Evolução Tectônica da Faixa Brasília. In: MANTESSO NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (Org.). **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 575-592.

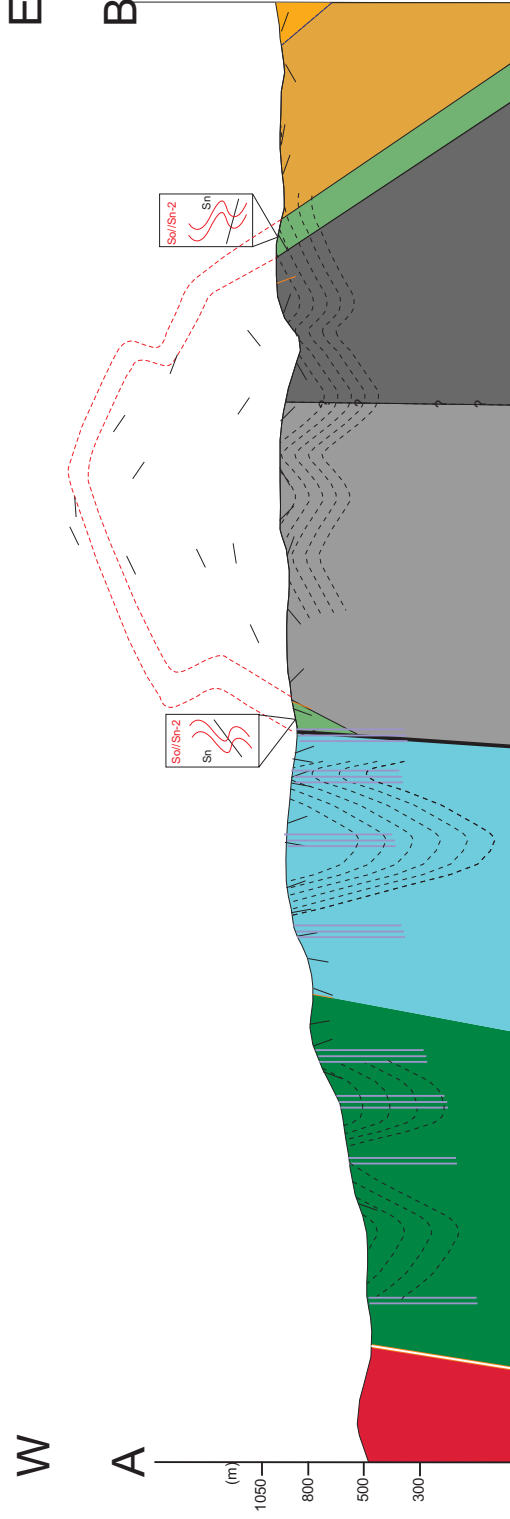
VARGAS, M. C. **Geologia dos Granito-Gnaisses dos Terrenos Granito-Greenstone da Região de Crixás, Guarinos, Pilar de Goiás e Hidrolina, Goiás**. 1992. 172f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1992

YARDLEY B. W. D. **Introdução à Petrologia Metamórfica**. 2 ed. Tradução de R. A. Fuck, Brasília: Universidade de Brasília, 2004. 434 p.

# Seção Geológica

Zona de superfície axial Dn+1

Zona de clivagem de crenulação Sn+1



## Legenda

### Litoestratigrafia

#### Meso-NeoProterozóico?

#### Grupo Araxá

Muscovita-quartzo xisto, clorita-muscovita-quartzo xisto, biotita-muscovita xisto e quartzito

#### Paleoproterozóico

#### Formação São Patrício

Quartzo-clorita xisto com magnetita, tremolita/actinolita xisto, anfibolito, formação manganêsifera

#### Formação Alimbé

Formação ferrífera bandada, quartzo-muscovita-magnetita xisto, hematita-muscovita xisto e turmalinitos

#### Formação Cabeçal

Ca2: Gonditos (predominante) e xisto carbonosos

Ca3: Xisto carbonosos (predominante) e gonditos

#### Formação Serra Azul

Anfibolito xisto (clorita-actinolita/tremolita xisto), (bif) formações ferríferas bandadas

#### Formação Serra do Cotovelo

Talco-tremolita xisto, tremolita xisto, serpentinitos e talco xisto

#### Arqueano

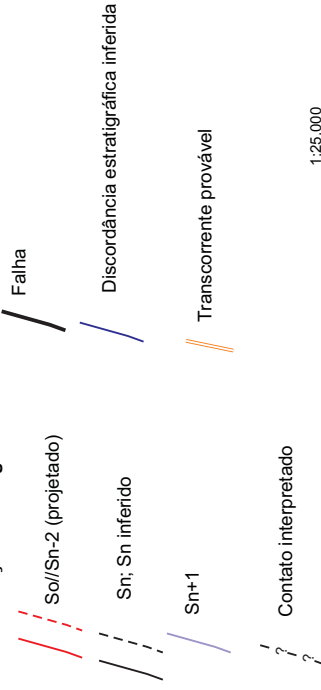
#### Complexo Moquéim

Muscovita-biotita gnaisses e biotita gnaisses de coloração acinzentada a esbranquiçada

#### Complexo Caiamara

Biotita gnaisses com intercalação milimétricas de quartzo+feldspato e bandas ricas em biotita

## Convenções Geológicas



## ANEXO 3 - SEÇÃO GEOLOÓGICA

Unesp - Universidade Estadual Paulista

Título do Projeto: Caracterização Estrutural da Porção Sul do Greenstone Belt de Guarinos, Go.

Autor: Alex J. C. A. Silva

Orientador: Prof. Dr. Luiz Sérgio Amarante Simões



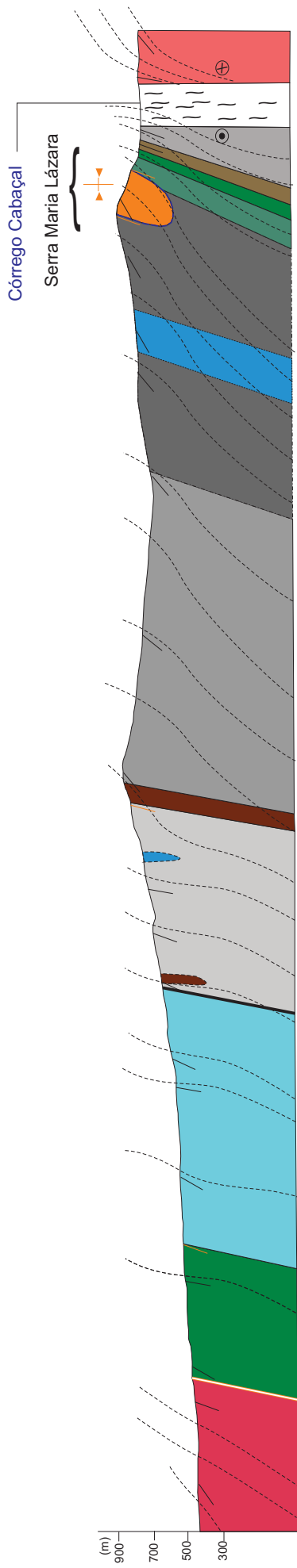
# Seção Geológica

C

SW

D

NE



## Legenda

### Litoestratigrafia

#### Meso-NeoProterozóico?

#### Grupo Araxá

Muscovita-quartzo xisto, clorita-muscovita-quartzo xisto, biotita-muscovita xisto e quartzito

#### Paleoproterozóico

#### Formação Cabaçal

Ca4: BIF's, xisto carbonosos, metacherts e gonditos.

Ca3: Xisto carbonosos (predominante) e gonditos

Ca2: Gonditos (predominante) e xisto carbonosos

Ca1: Xisto carbonoso, clorita-muscovita xisto, biotita xisto e talco xisto

#### Unidade A

Anfibolito

Biotita clorita xisto e muscovita xisto

Xisto carbonoso intercalado com gonditos

## Convenções Geológicas

Sn

So

Transcorrente provável

Falha

Sinforme Dn-1

Falha Transcorrente sinistral

Discordância estratigráfica inferida

Zona de Cisalhamento Carroça

1:25.000

0 1 2 Km

## ANEXO3 - SEÇÃO GEOLÓGICA

Unesp - Universidade Estadual Paulista  
 Título do Projeto: Caracterização Estrutural  
 da Porção Sul do Greenstone Belt de Guarinos, Go.  
 Autor: Alex J. C. Silva  
 Orientador: Prof. Dr. Luiz Sérgio Amarante Simões

## Arqueano

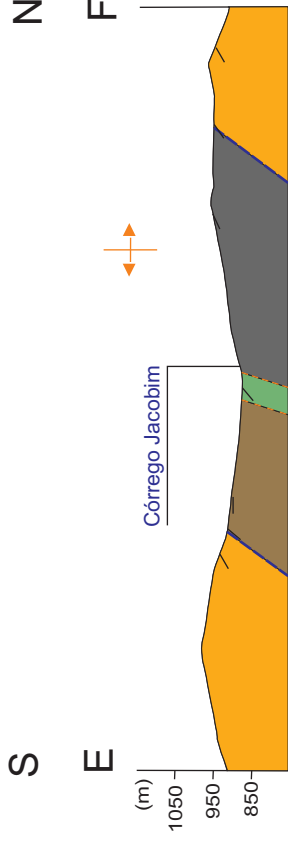
### Complexo Moquéim

Muscovita-biotita gnaisses e biotita gnaisses de coloração acinzentada a esbranquiçada

### Complexo Caiamar

Biotita gnaisses com intercalação milimétrica de quartzo+feldspato e bandas ricas em biotita

# Seção Geológica



## Legenda

### Litoestratigrafia

#### Meso-NeoProterozóico?

#### Grupo Araxá

Muscovita-quartzo xisto, clorita-muscovita-quartzo xisto, biotita-muscovita xisto e quartzito

#### Paleoproterozóico

#### Formação Aimbé

Clorita-magnetita-turmalina-quartzo-cloritóide xisto, biotita-quartzo-magnetita xisto

Formação ferrífera bandada, quartzo-muscovita-magnetita xisto, hematita-muscovita xisto e turmalínitos

#### Formação Cabaçal

Ca2: Gonditos (predominante) e xisto carbonosos

## Convenções Geológicas

Sn

So inferido

Discordância estratigráfica inferida

Antiforme Dn-1

1:25.000



## ANEXO3 -SEÇÃO GEOLÓGICA

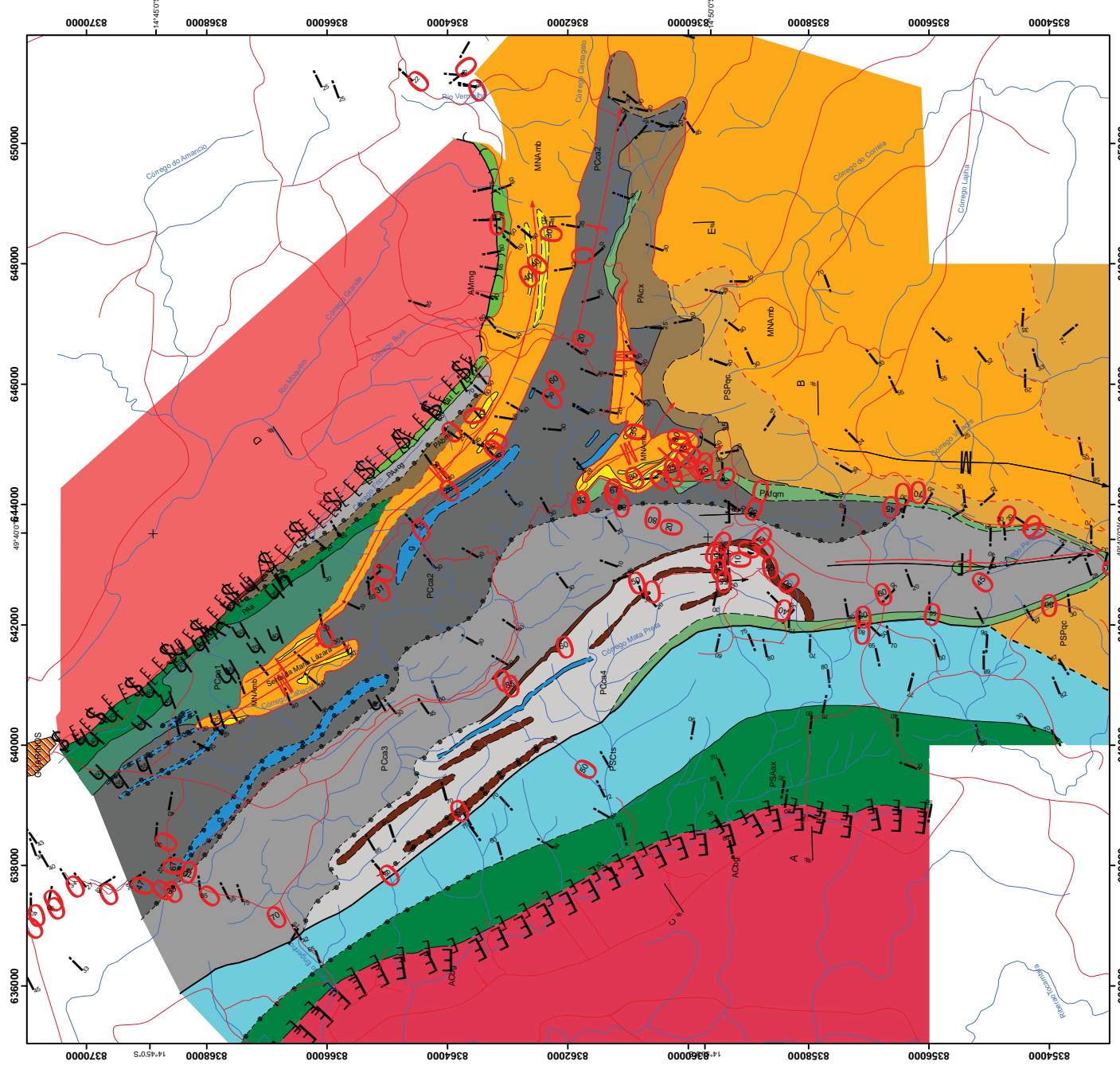
Unesp - Universidade Estadual Paulista

Título do Projeto: Caracterização Estrutural da Porção Sul do Greenstone Belt de Guarinos, Go.

Autor: Alex J. C. A. Silva

Orientador: Prof. Dr. Luiz Sérgio Amarante Simões

# MAPA GEOLÓGICO



## Legenda

### Litoestratigrafia

#### Meso-Neoproterozóico

"Grupo Alaxá"  
 Muscovita-quartzo xisto, clorita-muscovita-quartzo xisto, biotita-muscovita xisto e quartzo

**Paleoproterozóico**  
 Formação São Patrício  
 Quartzito-clorita xisto com magnetita, tremolita/actinolita xisto, anfibolito, gônditos.

Formação Alimbé  
 Clorita-magnetita-turmalina-quartzo-cloritite xisto, biotita-quartzo-magnetita xisto

Formação ferrifera bandada, quartzo-muscovita-magnetita xisto, hematita-muscovita xisto e tumalinitos

Formação Cabeçal  
 Ca4- BIF's (f), xisto carbonosos, metacherts e gônditos.

Ca3: Xisto carbonosos (predominante) e gônditos.

Ca2: Gônditos (predominante), formações margensíferas e xisto carbonosos

Ca1: Xisto carbonoso, clorita-muscovita xisto, biotita xisto e talco xisto

#### Convenções Geológicas

- Antiforme com caimento Dn-1
- Sinforme com caimento Dn-1
- Antiforme com caimento Dn+1
- Sinforme com caimento Dn+1
- Foliação Sh
- Acumamento (So)
- Falha
- Falha inferior
- Falha de Empurrão
- Falha de Empurrão provável
- Falha transcorrente sinistral

#### Seções Geológicas

(A-B, C-D, E-F)

**LOCALIZAÇÃO DA ÁREA**

**DECLINAÇÃO MAGNÉTICA**

SD.22.ZA-II	SD.22.ZA-III	SD.22.ZB-I	SD.22.ZB-II
SD.22.ZA-IV	SD.22.ZA-V	SD.22.ZA-VI	SD.22.ZC-I
SD.22.ZC-II	SD.22.ZC-III	SD.22.ZC-IV	SD.22.ZC-V

Projeção Universal Transverso Mercator  
 Datum: WGS 1984\_UTM\_ZONA\_22S  
 Declinação Magnética: 9° W/ano

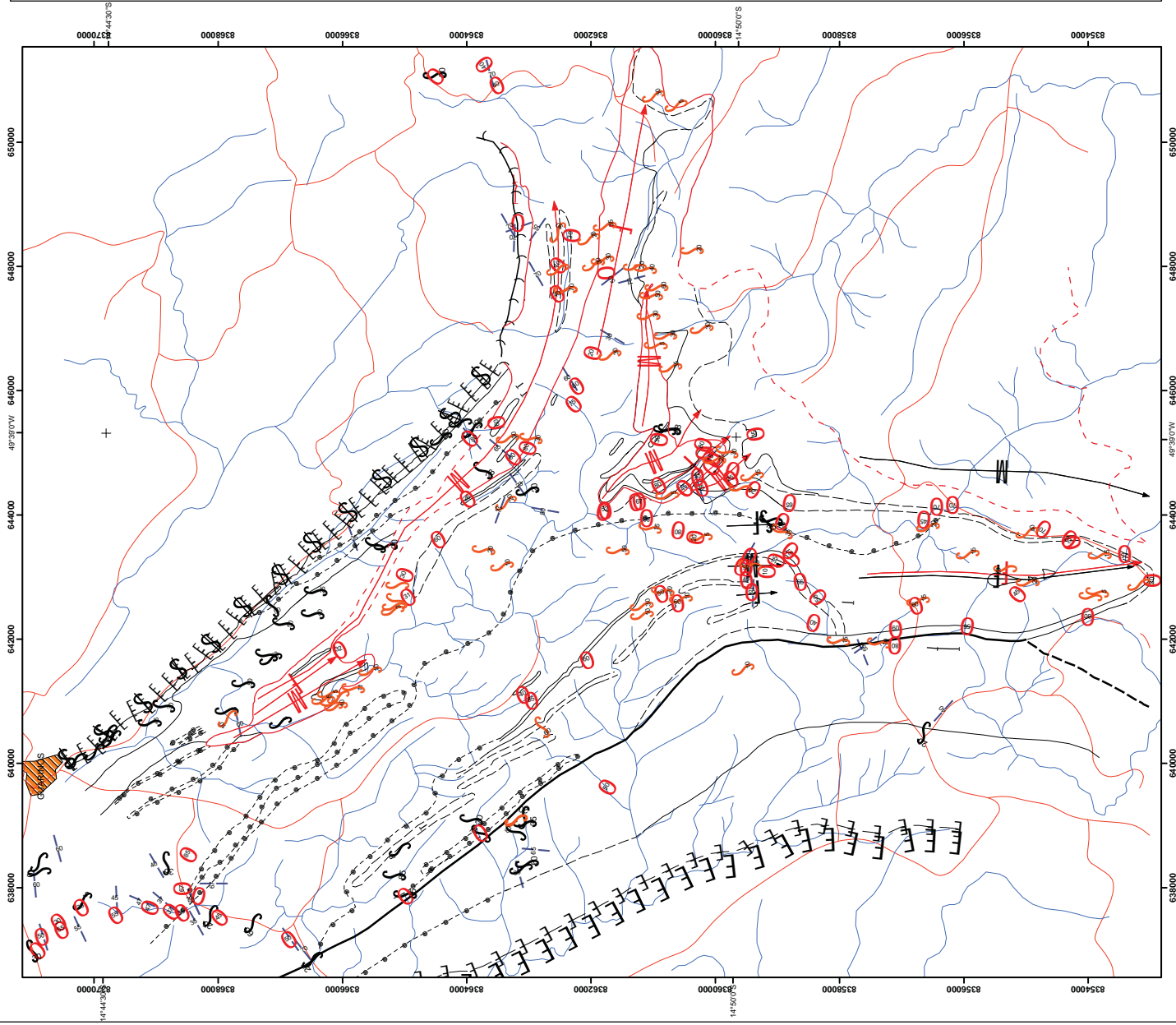


Escala 1:50.000

## ANEXO 2 - MAPA GEOLÓGICO

Unesp - Universidade Estadual Paulista  
 Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
 Laboratório de Geologia Estrutural  
 Autor: Alex J. C. A. Silva  
 Orientador: Prof. Dr. Luiz Sérgio Almaraz Simões

# MAPA ESTRUTURAL



## Legenda

### Convenções Geológicas

- Falha Inferida
- Falha
- Falha de Empurrão
- Falha de Empurrão provável
- Falha Transcorrente sinistral
- Falha Transcorrente provável
- Discordância estratigráfica
- Discordância estratigráfica Inferida
- Contato observado
- Contato Inferido
- Contato Interpretado
- Foliação S<sub>n</sub>
- Acamamento (S<sub>0</sub>)
- Foliação S<sub>n-2</sub>
- Eixo de dobra pós D<sub>n</sub>
- Lineação mineral
- Antiforme com caimento D<sub>n-1</sub>
- Sinforme com caimento D<sub>n-1</sub>
- Antiforme com caimento D<sub>n+1</sub>
- Sinforme com caimento D<sub>n+1</sub>
- Veio de quartzo
- Veio de quartzo com turmalina

### Convenções Cartográficas

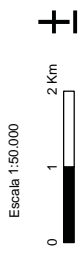
- Diágeneses e Córregos
- Estradas não pavimentadas
- ▨ Perímetro urbano

**LOCALIZAÇÃO DA ÁREA**

**DECLINAÇÃO MAGNÉTICA**

10° 30' W	49° 00' W	49° 30' W	49° 00' W	49° 30' E
S0,2,2-A-II	S0,2,2-A-III	S0,2,2-B-I	14° 00'	14° 30' E
Governador	Santa Tereza	Companhia	União	União
Itapaci	Itapaci	União	União	União
S0,2,2-A-VI	S0,2,2-C-III	S0,2,2-D-I	14° 00' E	14° 30' E
2-A-V	2-A-V	2-A-V	União	União
União	União	União	União	União
Muro Aguião	de Goiás	União	União	União

Projeção Universal Transverso Mercator  
 Datum: WGS 1984\_UTM\_ZONA-22S  
 Declinação Magnética: 9° Wiano

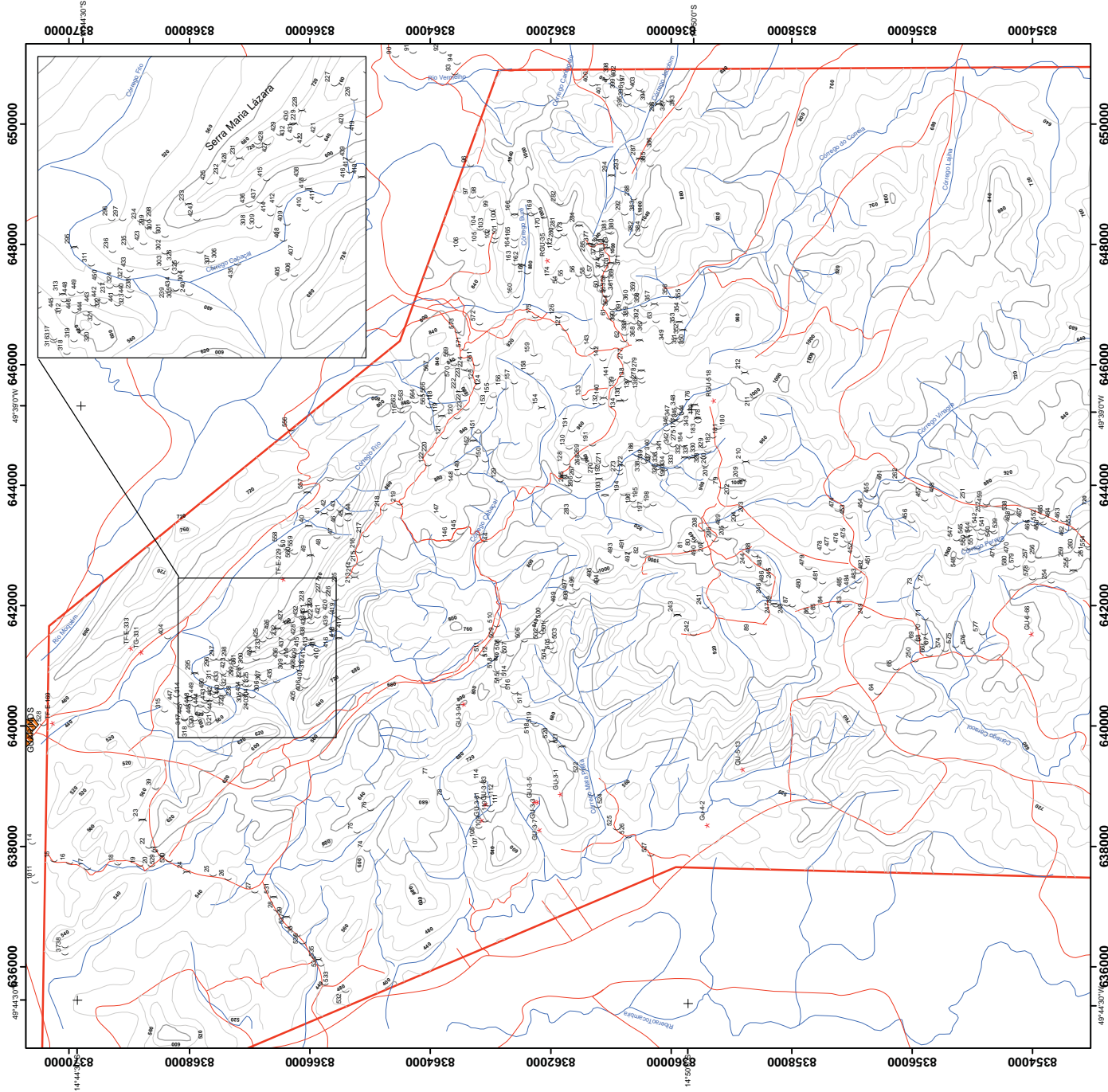


### ANEXO 4 - MAPA ESTRUTURAL

Unesp - Universidade Estadual Paulista  
 Título do Projeto: Caracterização Estrutural  
 da Porção Sul do Greenstone Belt de Guarinos, Go.  
 Autor: Alex J. C. Silva  
 Orientador: Prof. Dr. Luiz Sérgio Amarante Simões



# MAPA DE PONTOS



## Legenda

- ( ) Pontos estudado (Sigla A-JM)
  - ) Pontos com lâminas
  - \* Pontos citado no texto
- Laminas da disciplina campo II -2009
- > Grupo 1 > Grupo 4
  - > Grupo 2 > Grupo 5
  - > Grupo 3 > Grupo 6

## Convenções Cartográficas

- Área do mestrado
- Curvas de nível 40x40 metros
- Curvas de nível 100x100 metros
- Estradas não pavimentada
- Drenagens e Córregos
- Perímetro urbano

## LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

SD22-ZA-I Governador Latorraca	SD22-ZA-VII Itaipava	SD22-ZA-III Santa Teresinha do Oeste	SD22-ZA-IV Comandante Lima
SD22-ZA-VI Aruvoadas	SD22-ZA-III Itaipava	SD22-ZA-III Comandante Lima	SD22-ZA-III Comandante Lima
SD22-ZA-III Comandante Lima	SD22-ZA-III Comandante Lima	SD22-ZA-III Comandante Lima	SD22-ZA-III Comandante Lima

Declinação Magnética: 9° Wiano

Projeção Universal Transverso Mercator  
Datum WGS 1984 - UTM ZONA-22S  
Declinação Magnética: 9° Wiano



Escala 1:50.000  
0 1 2 Km

**ANEXO 1 - MAPA DE PONTO**  
Unesp - Universidade Estadual Paulista  
Instituto de Geografia  
do Parque São Carlos, Guaratinguetá, SP  
Autor: Alex J. C. Silva  
Orientador: Prof. Dr. Luiz Sérgio Amarante Simões