

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Geociências

INTEGRAÇÃO METAMÓRFICA E ESTRUTURAL DA
SERRA DE SANTO ANTÔNIO: NEOPROTEROZÓICO DA
BORDA SUL DO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO

Vinícius Tieppo Meira

Orientador: Prof. Dr. Mário da Costa Campos Neto

Co-orientadora: Msc. Elizete Domingues Salvador

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

TF - (2005/36)

SÃO PAULO

2005

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900018049

**Integração Metamórfica e Estrutural da Serra de
Santo Antonio: Neoproterozóico da Borda Sul do
Cráton do São Francisco**

Vinicius Tieppo Meira



Monografia de Trabalho de Formatura

Banca Examinadora

Prof. Dr. Mario da Costa Campos Neto
Prof. Dr. Renato de Moraes
Prof. Dr. Ginaldo Ademar da Cruz Campanha

São Paulo
2005

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Geociências

INTEGRAÇÃO METAMÓRFICA E ESTRUTURAL DA
SERRA DE SANTO ANTÔNIO: NEOPROTEROZÓICO DA
BORDA SUL DO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO

Vinícius Tieppo Meira

Vinícius Tieppo Meira



Mário da Costa Campos Neto
Orientador: Prof. Dr. Mário da Costa Campos Neto

Co-orientadora: Msc. Elizete Domingues Salvador

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

TF - (2005/36)

SÃO PAULO

2005

TF
M514
VT.i

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Geografia

INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLÓGIA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS E TECNOLÓGIA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS E TECNOLÓGIA



Departamento de Ciências e Tecnologia

Departamento de Ciências e Tecnologia
Departamento de Ciências e Tecnologia
Departamento de Ciências e Tecnologia

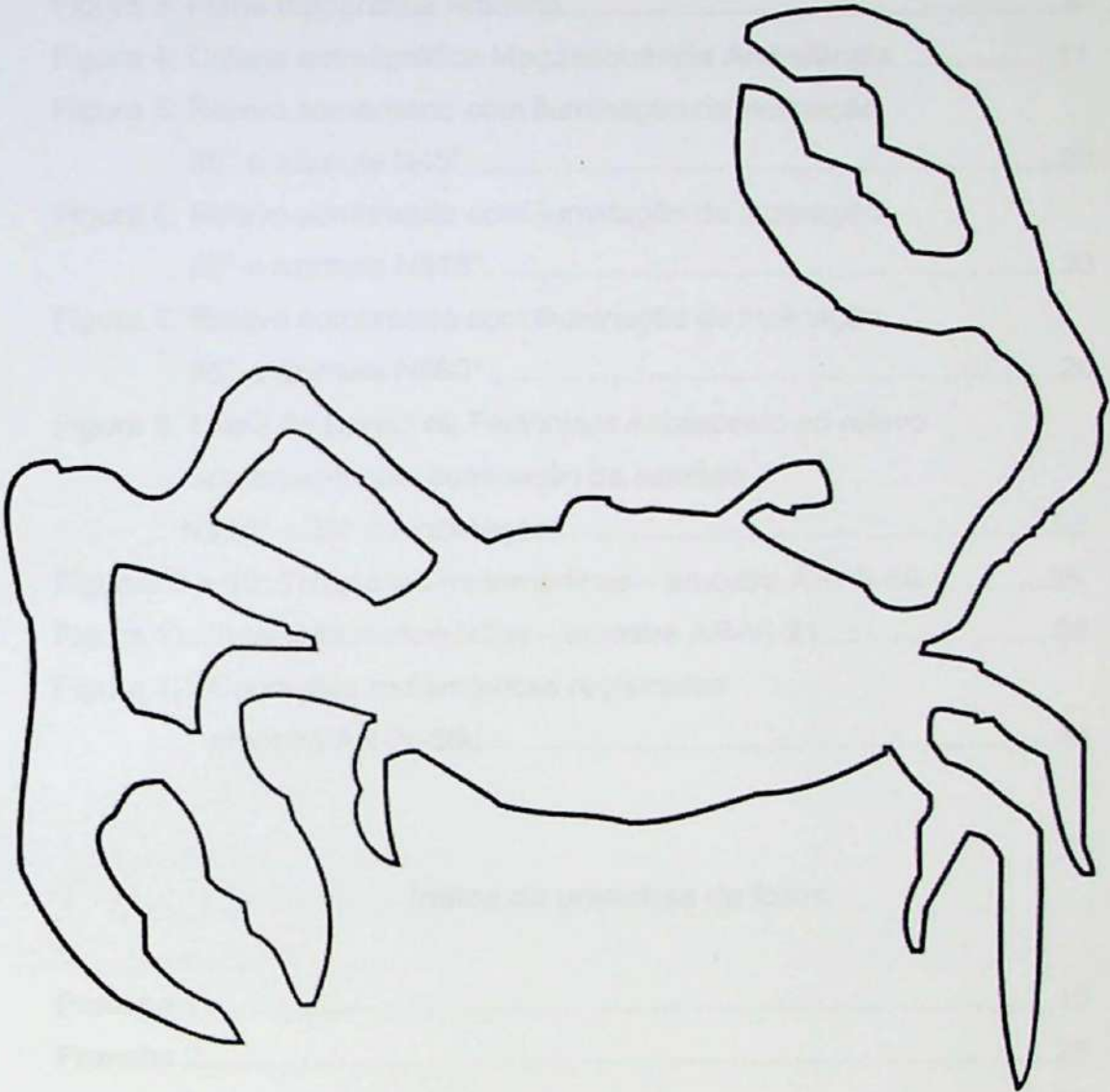
Departamento de Ciências e Tecnologia

Departamento de Ciências e Tecnologia

Departamento de Ciências e Tecnologia

Departamento de Ciências e Tecnologia

Para todos meus irmãozinhos ...



“Um passo à frente e você não está mais no mesmo lugar”

Chico Ciência

Índice de figuras

Figura 1: Mapa tectônico regional.....	2
Figura 2: Mapa de localização e acessos.....	3
Figura 3: Folha topográfica Arantina.....	4
Figura 4: Coluna estratigráfica Megasequência Andrelândia.....	11
Figura 5: Relevo sombreado com iluminação de inclinação 35° e azimute N45°.....	20
Figura 6: Relevo sombreado com iluminação de inclinação 35° e azimute N315°.....	20
Figura 7: Relevo sombreado com iluminação de inclinação 35° e azimute N360°.....	20
Figura 8: Mapa de Domínios Tectônicos sobreposto ao relevo sombreado com iluminação de azimute N315° e 35° de inclinação.....	20
Figuras 9 e 10: Trajetórias metamórficas – amostra AR-VI-60.....	38
Figura 11: Trajetória metamórfica – amostra AR-VI-21.....	39
Figura 12: Condições metamórficas registradas amostra AR-IV-58d.....	41

Índice de pranchas de fotos

Prancha 1.....	15
Prancha 2.....	28
Prancha 3.....	29
Prancha 4.....	32

Índice de estereogramas

Estereogramas 1, 2, 3 e 4.....	23
Estereogramas 5, 6, 7 e 8.....	24
Estereogramas 9, 10 e 11.....	25

Índice de gráficos

Gráficos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.....	36
Gráficos 9, 10 e 11.....	38
Gráficos 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18.....	39

Índice de tabelas

Tabela 1: Resultados obtidos no THERMOCALC.....	38
---	----

Índice de anexos

Anexo 1: Mapa de superfícies de base	
Anexo 2: Mapa de gradiente hidráulico	
Anexo 3: Mapa geológico e perfis, mapa de lâminas e de lineações	
Anexo 4: Descrições sucintas das lâminas delgadas	
Anexo 5: Dados de química utilizados na termobarometria	

Índice

1. Introdução.....	1
2. Objetivos e metas.....	3
3. Metodologia.....	5
4. Desenvolvimento do trabalho.....	6
5. Resultados obtidos.....	6
5.1. Revisão Bibliográfica e Geologia Regional.....	6
5.2. Caracterização das unidades de mapeamento.....	12
5.2.1 Nappe Liberdade.....	12
5.2.2 Nappe Aiuruoca-Andrelândia.....	14
5.2.3 Nappe Carrancas.....	17
5.2.3 Leucogranito.....	17
5.3. Geologia Estrutural.....	18
5.3.1 Análise Morfométrica.....	18
5.3.2 Compartimentação Tectônica.....	21
5.3.3 Microestruturas.....	26
5.4. Metamorfismo.....	30
5.5. Química Mineral e Geotermobarometria.....	33

5.5.1 Nappe Aiuruoca-Andrelândia.....	34
5.5.2 Nappe Liberdade.....	35
6. Conclusões.....	42
7. Referências Bibliográficas.....	44

Resumo

A Serra de Santo Antônio é constituída por *nappes* metassedimentares neoproterozóicas na borda sul do Cráton do São Francisco. Abrange as *nappes* Aiuruoca-Andrelândia e Liberdade seccionadas por rampas laterais oblíquas de movimentação anti-horária.

A Nappe Liberdade é caracterizada por predominância de mica xistos pelíticos porfiroblásticos a cianita e granada, com intercalações subordinadas e pouco espessas (até centena de metros) de gnaisses calciossilicáticos, rochas metamáficas e lascas de rochas ultramáficas, quartzitos e mica xistos grafitosos.

A litoestratigrafia admitida para a Nappe Aiuruoca-Andrelândia na região, constitui uma pilha metamórfica, espessa de 1500 m, base e topo desconhecidos, de xistos pelíticos na base, seguidos por metagrauvacas e por uma série pelito-psamítica superior.

Zonas de cisalhamento direcional, com movimento anti-horário e sin-metamórficas, associadas a dobras fechadas D_3 , compartimentam a Nappe Aiuruoca-Andrelândia. Um empilhamento interno, em escamas de cavalgamento transportadas para N, desenvolveu sob mais baixas temperaturas. Rompem dobras assimétricas D_3 vergentes para NW e são cortadas pelo contato tardio da Nappe Liberdade.

Os metassedimentos da Nappe Aiuruoca-Andrelândia registram trajetórias metamórficas progressivas da fácies xisto verde de alta pressão ($T \sim 510^\circ\text{C}$, $P \sim 10$ Kbar) a condições de fácies anfibolito ($T \sim 640^\circ\text{C}$ e $P \sim 9,8$ Kbar).

Metamáficas da Nappe Liberdade exibem texturas metamórficas sugestivas de condições de fácies eclogito, no entanto registram metamorfismo sin-*nappe* de entrada na fácies granulito de alta pressão ($T \sim 830^\circ\text{C}$ e $P \sim 13,5$ Kbar). Nenhuma destas condições, no entanto, foram obtidas nos metapelitos hospedeiros, registrando apenas uma trajetória retrogressiva em descompressão isotérmica ($T \sim 630^\circ\text{C}$ e P de 9 a 7,8 Kbar) seguida por um fraco aquecimento ($T \sim 660^\circ\text{C}$).

Abstract

The Santo Antonio Ridge is constituted by Neoproterozoic metasedimentary nappes of the southern tip of the São Francisco Craton, including the Aiuruoca-Andrelândia and Liberdade nappes, that are separated by a left-slip oblique ramp.

The Liberdade Nappe is characterized by a dominance of porphyroblastic metapelitic schists with kyanite and garnet, and minor occurrences of up to hundred meters thick layers of calcsiliclastic gnaisses, matamafic and metaultramafic rocks, quartzites and mica schists with graphite.

The lithostratigraphic column of the Aiuruoca-Andrelândia Nappe in the studied region is composed of a metamorphic pile of 1500 m, with unobserved upper and lower contacts, with pelitic schists at the base overlain by metagreywakes and a pelitic and sandy upper succession.

Left-slip, sin-metamorphic directional shear zones related to closed folds of the D₃ phase cut through the Aiuruoca-Andrelândia Nappe. Northward thrust slices have developed under lower temperatures, causing tectonic repetition of the stratigraphy of the Aiuruoca-Andrelândia Nappe. These structures offset the steep limb of northwest vergent D₃ asymmetric folds and are cut by the younger tectonic contact with the Liberdade Nappe.

The metasediments of the Aiuruoca-Andrelândia Nappe record progressive metamorphic paths from high-pressure green schist facies (T~510 °C, P~10 Kbar) to amphibolite facies (T~640 °C, P~9,8 Kbar).

Matamafic rocks of the Liberdade Nappe show metamorphic textures suggestive of eclogite facies, but they record a sin-nappe metamorphism entering the high-pressure granulite facies (T~830°C, P~13,5 Kbar). These high-pressure conditions are not recorded in the host metapelites, which show a retrogressive path caused by isothermic decompression (T~630 °C and P from 9 to 7,8 Kbar), followed by a weak heating (T~660 °C).

Reflexão e agradecimentos

Pensando em escrever os agradecimentos, veio-me uma reflexão bastante oportuna, será que todos proto-geólogos lembram de Drummond neste momento ? “No meio do caminho tinha uma pedra, Tinha uma pedra no meio do caminho...”. Durante esses cinco anos de curso muitos blocos, matacões, barrancos, morros “entraram” na nossa frente e, com muita malemolencia, conseguimos esquivar e tentar entendê-los. “Pedrinhas” dobradas, redobradas, falhadas, mineralizadas, estriadas, alteradas ...

Além das experiências maravilhosas com as “pedras”, há também passagens inesquecíveis que envolvem grandes amigos e grandes pessoas. Cinco anos de convivência “massiva” proporciona muitas risadas.

Nesse momento, totalmente bitolado nas rochas de alta pressão, percebo que tem mais pessoas do que “pedras” no meio do meu caminho. Pessoas essas que quero lembrar e dizer obrigado por estarem juntos nessa eterna caminhada “subindo morros e quebrando pedras”.

Toda minha família, principalmente meus pais (Cláudia e Nelson), irmãos (Rick, Thaty, Nany, Yarinha e Vitinho, incluindo meus sobrinhos lindos Rô e Pepê) meu vô Cláudio e minha vó Vera, Tio Caio, Tita e Tim Tony's, muito obrigado.

Prof. Mário Campos, pela paciência e aprendizado.

Geólogas Mônica e Elizete, muito obrigado, ajuda indispensável!!!!

Vivian, foi muito bom te conhecer.

Turminha do mapeamento em Minas, 2004 (Chuchupe, Lamera e Tampax, sem o trampo de vocês esse trabalho não teria saído), 2002 (Sagui, Delano e Lêndia, dá-lhe Serra de Santo Antônio) e 2005 (galera da casa verde, tricolor campeão!)

A todos irmãos covilianos, Moita, Manolo, 24, Jacu, Coisinha, Rosquinha, Guri, Mongah, Sarita, Titica, Krusty e, principalmente, a D. Amélia (“Amélia que é mulher de verdade...”), o Covil não pode morrer!!!!

A todos funcionários da Geo (sem eles a escola não funciona), em especial Maurão, Angelito, Zé Carlos, Maria, Fino, sempre estão aí pro que der e vier.

Toda galera da CPRM, pessoal ponta firme.

A nova geração de geólogos, Sofia, Oliver, Gabriel, Guilherme...

Os coletivos, pessoal da seleta, geossamba, ENEGE/ENEGEO, comunidade hippie/duende. Valeu Kumelado, Mainha, Joanonha, Lua, Carol e todos outros.... agora vai, força ENEGE!!!!

Os Profs. Nobody, Gianinni e Renato Moraes.

Os irmãos pirajuenses, Segundinho, Boto (família boto), Gustinho, Nara Marri, Yuri, Dema, David, Xuxu, Juneco (os créditos do desenho do carangueijo é seu com certeza!)... e todos outros que não escrevi o nome mas sabem que estão comigo sempre. Bruxão irmão é nós... Irmãozinho Piu! Galera Skateboard.

E toda galera que eu esqueci.

Valeu.

1. Introdução

A seqüência metassedimentar neoproterozóica na borda sul do cráton do São Francisco organiza-se em um sistema diacrônico, *thick-skinned* e de avanço frontal de *nappes*, com transporte agregado de no mínimo 300 km para leste-nordeste (Campos Neto & Caby, 1999; Campos Neto *et al.*, 1999; Campos Neto & Caby, 2000; Trouw *et al.*, 2000). É constituída por unidades alóctones correspondentes a pacotes metamórficos coerentes na identidade das associações litológicas e no gradiente de campo metamórfico. Empilha-se, de oeste-sudoeste, espessa lasca de crosta média-inferior (Nappe Socorro-Guaxupé - granulito-granito-migmatítica), sobre granulitos de alta pressão (Nappe superior Cianita Granulito), estes sobrepostos a extenso e imbricado alóctono de metassedimentos fácies anfibolito-eclogito (Complexo Nappe inferior Metapelítica). Quartzitos e micaxistos de uma série metamórfica de média pressão, correspondem aos alóctones frontais (Complexo Nappe Quartzítica).

A deformação dúctil e o metamorfismo vêm sendo estudados neste sistema de *nappes* (Trouw, 1992; Trouw & Castro, 1996; Trouw *et al.*, 1998; Del Lama *et al.*, 2000; Freitas, 2000; Vilela, 2004; Garcia & Campos, 2003; Santos *et al.*, inédito; Santos, 2004), contribuindo para a integração de um quadro tectônico regional (Trouw *et al.*, 2000; Brito Neves *et al.*, 1999; Campos Neto, 2000; Campos Neto *et al.*, 2004; Paciullo *et al.*, 2002) (Figura1).

A área de estudo compreende a Serra de Santo Antônio localizada entre as cidades de Arantina e Andrelândia, Minas Gerais (Figura 2, localização e acessos). A serra atravessa a metade oriental superior da Folha Arantina - IBGE, 1:50.000 (Figura 3). Trata-se de uma estrutura morfológica linear, orientada nordeste, larga em média de 2,5 km e com 510 m de desnível máximo. Chega a 1490 m de altitude e divide as águas das bacias hidrográficas dos rios Aiuruoca e Grande. Situa-se no *front* da Nappe de alta pressão Aiuruoca-Andrelândia (Campos Neto & Caby, 2000) e foi regionalmente mapeada como gnaisses e xistos feldspáticos tipo-Andrelândia (Paciullo *et al.*, 2002).

Na região da Serra de Santo Antônio encontra-se preservada parte importante da coluna litoestratigráfica do Grupo Andrelândia, em uma complexa relação tectônica (cavalgamentos, zonas de cisalhamento laterais e diversas fases de dobramento) e metamórfica (entrada na zona da sillimanita e presença de estaurolita progressiva e retrogressiva). Morfologicamente o relevo serrano não acompanha as estruturas metamórficas nem as associações litológicas.



Figura 2: Localização e acessos. Retângulo vermelho representa área de estudo.

Uma integração geológica de maior detalhe e correlação com as formas de relevo possibilitarão um avanço na compreensão da estratigrafia, migração da *nappe* e exumação recente da região.

2. Objetivos e metas

Pretende-se com esse trabalho a integração geológica, estrutural e metamórfica da Serra de Santo Antônio. Para tanto esta pesquisa terá por base a análise estrutural dúctil, sin metamórfica, nas escalas macro, meso e microscópica e a análise estrutural rúptil, buscando-se reconhecer um possível controle neotectônico da morfologia. Será realizada petrografia metamórfica detalhada e termobarometria das rochas com paragêneses contrastantes, buscando-se o entendimento da estrutura térmica e da relação das isógradas metamórficas (*estauroлита-in*, *estauroлита-out*, *cianita-out*, *sillimanita in*) com a foliação e com os contatos geológicos.

Os principais resultados esperados são:

- Confecção de mapa e perfis geológicos (1:50.000);
- Reconhecimento e hierarquia das principais fases de deformação dúcteis;
- Petrografia e calibração (termobarometria) de rochas de domínios estruturais distintos (Nappe Liberdade e Nappe Aiuruoca-Andrelândia);
- Análise morfométrica da Serra de Santo Antônio.

3. Metodologia

O trabalho utilizou elementos de cartografia, petrografia, análise química pontual (microsonda eletrônica), análise estrutural dúctil e análise morfométrica.

As bases cartográficas utilizadas foram as cartas topográficas Arantina (SF-23-X-C-V-3 /IBGE - base plani-altimétrica 1:50.000) e Andrelândia (SF-23-X-C-V-2/IBGE – base plani-altimétrica 1:50.000) e o Modelo Digital de Terreno SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) – 90m.

Dados estruturais coletados em campo e descrições petrográficas são as principais ferramentas de trabalho para a análise estrutural e foram descritos segundo Ramsay & Huber (1983 e 1987).

Os estudos de petrografia microscópica com atenção às fases minerais em paragêneses, microestruturas e microtexturas metamórficas, tiveram como referência Spear (1993) e foram acompanhados por uma jornada de microsonda eletrônica (Laboratório de Microsonda do IGc-USP) para análises químicas de fases minerais (clinopiroxênio-anfibólio-granada-ilmenita-plagioclásio-rutilo em metabásica e ilmenita-muscovita-biotita-estaurolita-clorita-plagioclásio-granada em metapelitos). As fórmulas estruturais dos minerais foram calculadas no programa MINPET e os cálculos termobarométricos das fases minerais em equilíbrio químico no programa THERMOCALC (Powell & Holland, 1988).

O destaque das estruturas rúpteis e análise morfométrica tiveram por base o Modelo Digital de Terreno (MDT) SRTM – 90 m e a interpolação de curvas de nível em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (Hiruma & Riccomini, 1999; Grohmann, 2004; Chiessi, 2004; Salvador, 1994), utilizando os Softwares ARCGIS e ENVI. Foram produzidos mapas de Superfícies de Base e Gradiente Hidráulico integrados ao mapa de Lineamentos, visando o reconhecimento de estruturas tectônicas que controlam a paisagem atual. A partir desta análise integrada foram selecionadas áreas onde

estruturas provavelmente influenciam na arquitetura do relevo, para posterior detalhamento de campo e confrontação dos resultados.

4. Desenvolvimento do Trabalho

De um modo geral, as atividades propostas previamente foram concluídas, exceto a etapa de campo que visava o reconhecimento e o detalhamento das estruturas rúpteis. A análise morfométrica possibilita a identificação de prováveis estruturas controladoras do relevo atual. A checagem de campo faz-se necessária para a confirmação dos dados trabalhados.

Dentre os empecilhos para a conclusão do trabalho vale citar o atraso de um mês das atividades na microsonda eletrônica em virtude do reescalonamento do laboratório, o que prorrogou o tratamento dos dados.

5. Resultados obtidos

5.1. Revisão Bibliográfica e Geologia Regional

Áreas arqueano-paleoproterozóicas do Cráton São Francisco são circundadas à oeste e sul por *nappes* envolvendo rifts proterozóicos e sequências de margem continental (*apud* Brito Neves, *et al.* 1995). Esse sistema de *nappes* do Sul do Cráton é denominado Sistema Orogênico Tocantins Meridional e é caracterizado por colisão continental entre as placas São Francisco e Paranapanema (Campos Neto *et al.* 2004)

A evolução dos trabalhos de Ebert (1957,1971) por Ribeiro (*et al.* 1995) estabeleceu para a região do sul de Minas Gerais sucessões proterozóicas na borda meridional do Cráton São Francisco. Sobre embasamento de mais de 1,8 Ga ocorreriam bacias sedimentares intracontinentais mesoproterozóicas: Bacias São João Del Rei e Carandaí, representadas por três ciclos deposicionais, denominados Tiradentes e Lenhero (Bacia São João Del Rei) e Carandaí (Bacia homônima), e uma bacia de margem passiva neoproterozóica: Bacia Andrelândia (ciclo deposicional Andrelândia) (*apud* Paciullo, *et al.* 1993). Em trabalho recente de Paciullo *et al.* 2003 são consideradas três megassequências deposicionais São João Del Rei, Carandaí e Andrelândia. Para a Megassequência Andrelândia é atribuída uma idade neoproterozóica, sendo descritas 6 litofacies distribuídas em duas seqüências metassedimentares: Carrancas e Serra do

Turvo, com presença de rochas metamáficas, metaultramáficas e leucogranitos. Estas sequências recobrem o embasamento e unidades pelíticas mesoproterozóicas (Megassequência Carandaí) nos domínios autóctones e o embasamento gnáissico nos domínios alóctones.

Um evento colisional por volta de 600 Ma, deu origem à Faixa Móvel Brasília, produzindo extensos empurrões que geraram *nappes* com transporte tectônico do topo para leste, e metamorfismo de alta pressão evidenciado por ocorrências locais de retroeclogito e granulitos com cianita; um segundo evento tectônico em torno de 570 Ma, relacionado a Faixa Móvel Ribeira, teria gerado encurtamento crustal com transporte para NNW, ocasionando um metamorfismo de pressão inferior que gerou sillimanita e cordierita, além de corpos graníticos anatéticos. Por fim, as rochas foram submetidas a zonas de cisalhamentos dextrais de orientação NE-SW, geradas em resposta a um renovado encurtamento E-W (Ribeiro, *et al.* 1995).

A divisão das rochas da região segue perspectivas diferentes, uma visando ressaltar relações estruturais e contexto metamórfico e outra procurando relacionar megassequências deposicionais.

Campos Neto & Caby, 1999 separam o sistema de *nappes* da Faixa Móvel Brasília Alto Rio Grande (*apud* Brito Neves, *et al.* 1995) em 4 conjuntos: a) Nappe Socorro-Guaxupé, granulitos e migmatitos alóctones de alta temperatura (*apud* Campos Neto & Figueredo, 1995) b) Nappe superior cianita Granulito de alta pressão (*apud* Vaconcelos, 1991) c) Complexo Nappe inferior metapelítica de alta pressão e media temperatura d) Complexo Nappe Quartzítica com afinidade de margem continental passiva (Ribeiro *et al.*, 1995). Para o Complexo Nappe inferior metapelítica são descritas duas *nappes*: a Carmo da Cachoeira e a Aiuruoca-Andrelândia, compostas por mica-xistos aluminossilicáticos, e Grt-Bt-Pl gnaíse/xisto. Essa segunda litologia é interpretada como uma sequência vulcanoclástica calci-alcalina representando metagrauvacas (*apud* Campos Neto *et al.*, 1990).

No trabalho de Campos Neto *et al.*, 2004 divide-se as *nappes* em: Nappe Socorro-Guaxupé; Terreno Andrelândia, subdividido em *nappes* inferiores e *nappes* superiores; Nappe Lima Duarte e Sistema de Nappes Carrancas. Para o Terreno Andrelândia é considerada a pilha de metassedimentos do Grupo Andrelândia redefinido por Trouw (*apud* Trouw *et al.*, 1983).

A Nappe Socorro-Guaxupé compreende pilha alóctone de três unidades de crosta continental profunda (*apud* Campos Neto & Caby, 2000): Unidade Granulítica Basal é

representada por granada-biotita-ortopiroxênio ($\pm$ clinopiroxênio-anfibólio) granulito gnaisses bandados com gnaisses gabronoríticos. A assinatura química dos granulitos é cálcio-alcalina e composição intermediária, enquanto os granulitos máficos possuem assinatura toleítica (*apud* Campos Neto *et al.*, 1996; Choudhuri *et al.*, 1998; Janasi, 1999); Unidade Diatexítica intermediária possui predomínio de biotita e biotita-granada diatexitos graníticos rosados (*apud* Haddad *et al.*, 1997; Janasi, 1997); Unidade Migmatítica Superior abrange migmatitos estromáticos cujo mesossoma apresenta assinatura química e isotópica de metagrauvacas e metassedimentos (*apud* Janasi, 1999). Ocorrem supersuítas magmáticas em distintos níveis estratigráficos da *nappe*.

As *nappes* superiores do Terreno Andrelândia (Três Pontas-Varginha, Pouso Alto e Klippe Carvalhos) possuem características de regime de alta pressão e alta temperatura. São compostas por: rutilo-(sillimanita)-cianita-granada granulitos com bandamento composicional, herdados de estratificações sedimentares, e subordinadamente ocorrem intercalações de quartzitos, gnaisses cálciossilicáticos e granulitos básicos, além de cianita-granada leucocranitos. As *nappes* inferiores (Carmo da Cachoeira e Aiuruoca-Andrelândia) correspondem a um regime de alta pressão. São constituídas, na base, por quartzitos com intercalações de mica xistos (alguns gnaisses cálciossilicáticos), rutilo-granada-biotita-plagioclásio-quartzo xisto/gnaiss homogêneo (Xisto Santo Antônio de Trouw *et al.*, 1983) intercalado em pacote mais espesso (cerca de 2000m de espessura aparente) de rutilo-aluminossilicato-granada-biotita-muscovita xisto. No topo há uma sequência rítmica xisto-quartzítica e quartzitos impuros. Corpos lenticulares de pequena espessura de metabásicas e gnaisses cálciossilicáticos são comuns. Há exposições locais de rochas antigas do embasamento, controladas por soerguimento tardio imposto por zonas de cisalhamento lateral oblíquas.

Entre as *nappes* superiores e inferiores do Terreno Andrelândia, nas proximidades de Liberdade-MG, ocorre sequência de metapelitos (xistos a granada, aluminossilicato $\pm$ estauroлита, por vezes grafitosos) intercalados a rochas metabásicas (incluindo retoreglogitos), cálciossilicáticas e metaultramáficas, denominada Nappe Liberdade por Trouw *et al.* 2000.

A Nappe Lima Duarte abrange quartzitos muito grossos com textura milonítica, sendo que ortoquartzitos predominam sobre quartzitos impuros com restritos BIF's. Lascas espessas de quartzitos aparecem imbricadas com sillimanita-granada-biotita gnaisses migmatíticos. Na retaguarda da *nappe* há biotita gnaisses e granada-biotita

gnaisses homogêneos. Essas rochas cavalgam a seqüência Carrancas e é cavalgada pela Nappe Aiuruoca-Andrelândia.

O Sistema de Nappes Carrancas é dividido em quatro escamas de cavalgamento sob as *nappes* Aiuruoca-Andrelândia e Lima Duarte. Compreende o Grupo Carrancas (definido por Trouw et al., 1983), a Formação São Tomé das Letras (muscovita quartzitos placosos e magnetita-muscovita-biotita-quartzo gnaisses) e Formação Campestre [(granada)-quartzo-muscovita xisto por vezes grafitosos, lâminas de quartzito e singelos níveis de metacalcário]. Metaultramáficas foram estudadas por Almeida, 1998, evidenciando corpos intrusivos, demarcando zonas de cisalhamento.

Ainda Campos Neto *et al.*, 2004 interpretam a Nappe Socorro-Guaxupé como arco magmático instalado na borda oriental adelgada da placa continental Paranapanema com auge metamórfico de temperatura alta/ultra-alta há 625 ± 5 Ma. O Terreno Andrelândia corresponde a depósitos terrígenos marinhos, pelito-psamíticos distais e provenientes de área fonte continental estável do limite Orosiniano/Estateriano. Períodos de instabilidade orogênica sin-sedimentar controlaram depósitos tipo-*flysch* (grauvacas), oriundos de denudação de altos vulcano-plutônicos cálcio-alcálicos do Criogeniano/Neproterozóico III. Todo esse pacote foi subductado na convergência da litosfera Sanfranciscana sob a Paranapanema. Há a possibilidade das rochas metassedimentares Andrelândia terem sido depositadas em ambiente de antearco, na borda da placa Paranapanema, tendo em vista a analogia química e isotópica dessas rochas com os metassedimentos da Nappe Socorro-Guaxupé. O Grupo Carrancas (metassedimentos do Sistema de Nappes Carrancas) admite deposição em ambientes de margem passiva (evolução sedimentar marinho-transgressiva), porém quartzitos apresentam população modal de Zr detrítico Mesoproterozóico, exóticos ao Cráton São Francisco, o que sugerem áreas fontes em rochas do Terreno Central de Goiás (*apud* Pimentel *et al.*, 1998; Correia *et al.*, 1999) ou em supracrustais da Placa Paranapanema (*apud* Juliani, 2000).

Com relação ao evento tectono-metamórfico, Campos Neto *et al.*, 2004 verificaram que na colisão São Francisco/Paranapanema o equilíbrio metamórfico M_2 registrou polaridade ENE em curto intervalo de tempo, associado à migração das *nappes* e estabilização pós-colisional (idades entre 615 ± 4 a 607 ± 3 Ma). Retroeglogitos e metapelitos do Terreno Andrelândia sugerem soterramento de cerca de 60 Km em zona de subducção e taxa estimada de exumação vertical de aproximadamente 2,2 mm/ano. A subducção ocorreu concomitante a exumação rápida por cavalgamentos, associados à

erosão e denudação tectônica. O posterior metamorfismo de temperatura ultra-alta, em parte da Nappe Lima Duarte pode ser associado a injeções básicas sin-colisionais. Lascas de migmatitos e metaultramáficas do Sistema de Nappes Carrancas apresentam quadro semelhante. Relaxamento térmico colisional acarretou em expressiva anatexia e geração de leucogranitos na retaguarda das *nappes* Aiuruoca-Andrelândia e Lima Duarte perdurando até 590 Ma na primeira e até 580-570 Ma na segunda. A migração térmica do Sistema Orogênico Mantiqueira, superimposto ao protocontinente recém formado, provoca metamorfismo de baixo grau (idades de 555 a 500 Ma) em rochas sedimentares de bacias sucessoras. Essas bacias foram geradas após o resfriamento e a exumação do Orógeno Tocantins Meridional (intervalo de deposição em torno de 570-540 Ma), em ambiente continental-marinho. (Campos Neto *et al.*, 2004).

As Megassequências descritas por Paciullo *et al.*, 2002, dividem-se em São João del Rey (sequências deposicionais Tiradentes, São José, Tejuco e Lenheiro, em ordem estratigráfica), Carandaí (sequências Barroso e Prados) e Andrelândia (sequências Carrancas e Serra do Turvo).

Como a região de estudo se enquadra na Megassequência Andrelândia, não detalharemos as megassequências estratigraficamente inferiores.

A Megassequência Andrelândia associa uma sucessão de rochas metassedimentares e metaígneas máficas, que recobrem o embasamento e unidades pelíticas mesoproterozóicas (Megassequência Carandaí) no domínio autóctone, e o embasamento gnáissico no domínio alóctone. Essas rochas podem apresentar metamorfismo de fácies xisto-verde até fácies granulito. O reconhecimento de uma discordância interna regional permitiu a subdivisão em sequência deposicional Carrancas (inferior) e sequência deposicional Serra do Turvo (superior) (Figura 4).

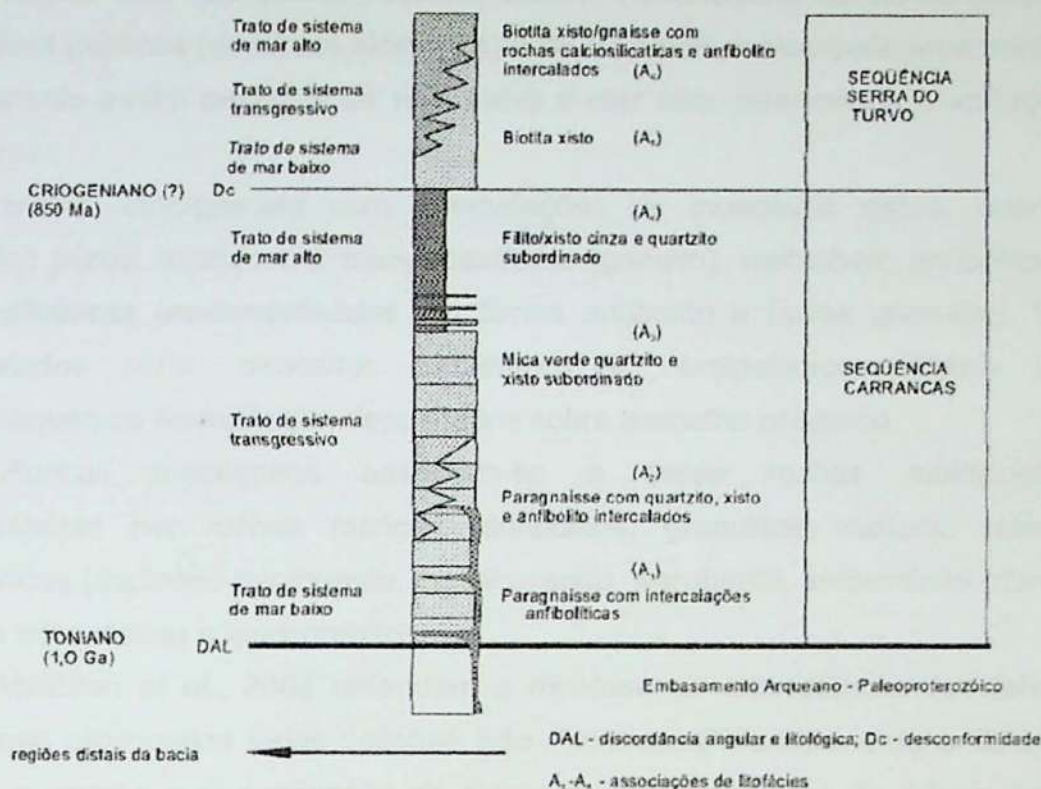


Figura 4: Extraída de Paciullo *et al.*, 2003

Sequência Depositional Carrancas: associações de litofácies (unidades) representadas, da base para o topo, por:

Paragneisses bandados com intercalações de anfibolitos, interpretados como intercalações de arenitos feldspáticos e pelitos, depositados em ambientes parálicos, como depósitos turbidíticos, em trato de sistema de mar baixo, nos primórdios do preenchimento da bacia sedimentar.

Paragneisses, anfibolitos, intercalações de quartzitos e xistos cinzentos, rochas calciosilicáticas, mármore e gonditos, interpretados como parassequências retrogradacionais de trato de sistema transgressivo.

Quartzitos com intercalações delgadas de xistos, ambos ricos em mica esverdeada, interpretados como parassequências agradacionais plataformais (*shoreface*).

Filito/xisto cinzento com intercalações quartizíticas, interpretados como parassequências retrogradacionais depositadas em trato de sistema de mar alto.

Sequência Depositional Serra do Turvo: associações de litofácies feldspáticas, divididas em duas unidades:

Biotita xisto feldspático (unidade basal), interpretados como, na base, depósitos turbidíticos pelíticos (domínios alóctones) e no topo pelitos hemipelágicos transgressivos, configurando assim períodos de mar baixo e mar alto, relacionada a variações glácio-eustáticas.

Biotita xisto/gnaiss com intercalações de muscovita xistos, quartzo xistos, quartzitos puros, micáceos e manganésíferos (gondito), metachert, anfibolitos e rochas calciossilicáticas (metamorfisadas em fácies anfibolito e fácies granulito). Podem ser interpretados como depósitos turbidíticos e hemipelágicos distais dentro da Megassequência Andrelândia, depositados sobre assoalho oceânico.

Rochas metaígneas associam-se a essas rochas metassedimentares, representadas por rochas máficas (anfibolitos, granulitos máficos, retroeclogitos), ultramáficas (espinélio-harzburgito, ortopiroxenito, wersberito, serpentinito (dunito), clorita xistos e talco xistos) e leucogranitos.

Heilbron *et al.*, 2004 defendem a hipótese de interferência das faixas móveis brasileiras provocadas pelas colisões São Francisco/Paranapanema e São Francisco/Congo, e propõe a denominação de Segmento Central (Zona de Interferência com o Orógeno Brasília).

Considerando também a hipótese de interferência, Trouw *et al.* 2000 avalia a Nappe Liberdade como uma estrutura reliquiar do primeiro estágio orogenético, relacionado ao Sistema de Falhas Andrelândia ("The Andrelândia Thrust System").

5.2. Caracterização das unidades de mapeamento

5.2.1 Nappe Liberdade

Unidade Metaultramáfica: carbonato-talco-antofilita fels com olivina (antofilitito) predominante de coloração branco amarelado, níveis de clorita fels porfiroblástico e flogopita-clorita xisto de coloração esverdeada. Para o primeiro litotipo destaca-se antofilita centimétrica fibro-radiada (Prancha 1 - Foto 1 e 2) e para o terceiro a presença de clorita disseminada conferindo aspecto xistoso. Os níveis de clorita fels porfiroblástico e flogopita-clorita xisto possuem antofilita de até 8 cm e distribuem-se preferencialmente nas bordas dos corpos.

A unidade apresenta-se como lentes de dezenas de metros de espessura, na porção sudoeste da área, hospedados, em contato dúctil, por micaxistos da Unidade Metapelítica. Aflora em matacões e blocos na parte superior e arredores da Serra da Garça. Essas rochas foram detalhadas por Almeida 1998.

Unidade Metapelítica: cianita-plagioclásio-granada-biotita-muscovita-quartzo xisto lepidoblástico porfiroblástico, alternando níveis mais quartzo-feldspáticos (granoblásticos), camadas tabulares de quartzito impuro muito grosso e níveis mais micáceos. Em algumas zonas ocorre fibrolita disseminada pela rocha. Lâmina desse xisto (Prancha 1 - Foto 3) apresenta paragênese granada-quartzo-muscovita e diversas relações estruturais e metamórficas que serão discutidas mais à frente.

São subordinadas intercalações submétricas a métricas de granada anfibolito nematoblástico e de camadas centimétricas de rocha calciossilicática bandada. As rochas calciossilicáticas foram observadas em estágio avançado de alteração, destacadas pela alternância de bandas de coloração ocre e branca. As exposições do xisto porfiroblástico apresentam-se freqüentemente alteradas. Os anfibolitos, pouco alterados, afloram em blocos e matacões, possibilitando coleta de amostras frescas para análise microscópica. Nas amostras laminadas foram descritas paragêneses minerais a clinopiroxênio-hornblenda-clinozoisita/epidoto-plagioclásio, coronas de plagioclásio envolvendo granada (Prancha 1 - Foto 4), textura simplectítica com intercrescimento de diopsídio-quartzo-plagioclásio, de plagioclásio-hornblenda envolvendo granada (Prancha 1 – Foto 5) e o predomínio de uma textura nematoblástica conferida pela hornblenda. Coronas de ilmenita em rutilo e de titanita na ilmenita são comuns.

Na porção Norte da área (Leste da Serra de Santo Antônio) essa unidade apresenta uma grande variação de litotipos, aparecendo xistos grafitosos (muscovita-quartzo xisto grafitoso e biotita-quartzo xisto com grafita), (estaurolita)-(aluminossilicato)-granada-muscovita xistos porfiroblásticos e (estaurolita)-(aluminossilicato)-granada-muscovita-biotita xistos porfiroblásticos. Essa heterogeneidade não foi devidamente mapeada pois as variações são sutis, em escala métrica, e condicionadas pela diferença das proporções minerais (variação lateral de fácies).

Essa unidade cavalga em zonas de cisalhamento oblíquo (rampas laterais sinistrais de médio a alto ângulo) todo pacote adjacente (Nappe Aiuruoca-Andrelândia) e possui contato de deslizamento dúctil com corpos metaultramáficos.

5.2.2 Nappe Aiuruoca-Andrelândia

Unidade Xisto Porfiroblástico Basal: representa a base na *nappe* metapelítica Aiuruoca-Andrelândia e corresponde à porção noroeste do mapa. Essa unidade aflora na maioria das vezes alterada, formando solos homogêneos avermelhados. Apresenta contato normal com a Unidade Xisto tipo Santo Antônio e, localmente, com a Unidade Xisto-Quartzítica. Empilha-se por zona de cavalgamento sobre seqüências metapsamíticas na Nappe Carrancas.

Unidade Paragnaissica: granada-muscovita-biotita gnaiss lepidogranoblástico e biotita-muscovita gnaiss. Essas rochas estão dispostas em um corpo tabular de 40 a 50m de espessura e mais ou menos 500m de extensão, aflorando em lajes, blocos e matacões na escarpa da Serra dos Nunes. Esse corpo apresenta-se intercalado tectonicamente na Unidade Xisto-Quartzítica e representa uma pequena lasca tectônica.

Microscopicamente foi descrito quartzo e feldspato em contatos poligonalizados, além de grãos de quartzo com extinção ondulante. Há presença de paragénese microclínio e muscovita (Prancha 1 – Foto 6). Muscovita marca a foliação S_3 , sendo plano-axial da crenulação.

Unidade Xisto tipo Santo Antônio: cianita-granada-plagioclásio-biotita-quartzo xisto, localmente com estauroлита, granoblástico, ora porfiroblástico, cinza homogêneo, com vênulas e ocelos quartzo-feldspáticos. A foliação principal corresponde a S_2 destacada por veios quartzosos estirados, bem como a orientação incipiente de biotita. Há pequenas charneiras rompidas (veios de quartzo) e veios descontínuos. Esta unidade é intrudida por leucogranitos concordantes com a foliação e afetados por dobramentos pós- S_2 , além de intrusões tardias discordantes à foliação S_2 . Ocorre como extensas lajes arredondadas escuras, pouco alteradas, de intenso destaque geomorfológico.

Microscopicamente puderam ser observadas importantes relações entre a geração dos minerais e as fases de deformação, descritas posteriormente.

A lâmina AND-XVI-32 apresenta textura lepidogranoblástica (Prancha 1 – Foto 7 e 8) e representa bem a textura geral da rocha predominante dessa unidade (xisto Santo Antônio típico). É comum neste litotipo a ocorrência de lâminas quartzo feldspáticas alongadas, granoblásticas com contatos poligonais.

Prancha 1

Foto 1: Fotomicrografia com nicóis paralelos. Textura geral de carbonato-talco-antofilita fels, com porfiroblastos de antofilita fibro-radiados (Lâmina AR-IV-59a).

Foto 2: Fotomicrografia com nicóis cruzados. Textura geral de carbonato-talco-antofilita fels, com porfiroblastos de antofilita fibro-radiados (Lâmina AR-IV-59a).

Foto 3: Fotomicrografia com nicóis cruzados. Grt-Ms xisto porfiroblástico (Lâmina AR-IV-205).

Foto 4: Fotomicrografia com nicóis paralelos. Coronas de Pl envolvendo Grt em Cpx-Grt anfibolito (retroeglogito - Lâmina AR-IV-58d).

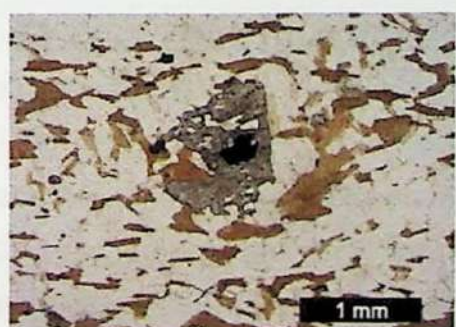
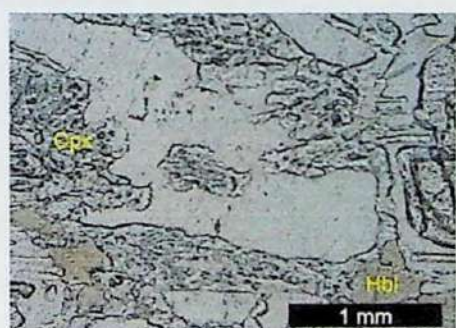
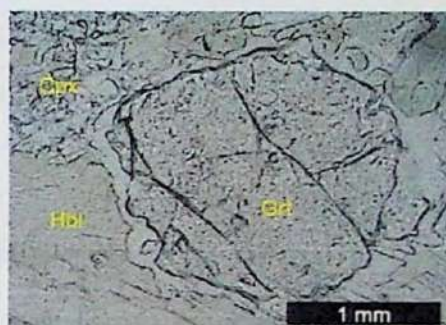
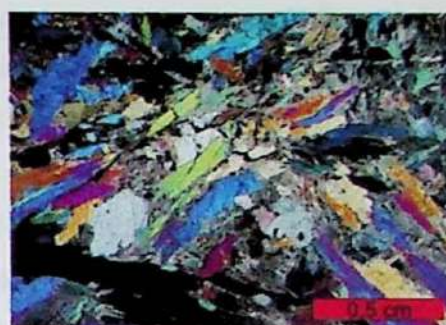
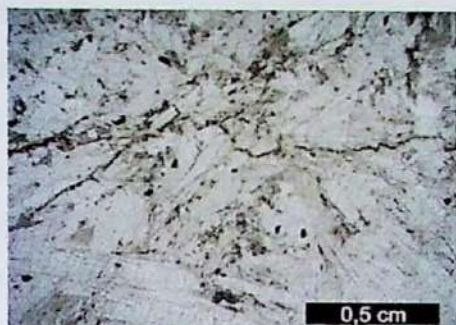
Foto 5: Fotomicrografia com nicóis paralelos. Textura simplectítica com Cpx, Qtz e Pl e Hbl, Qtz e Pl em retroeglogito (Lâmina AR-IV-58d).

Foto 6: Fotomicrografia com nicóis cruzados. Textura geral de Ms gnaiss fino e porfiroblasto de microclínio com textura mortar (Lâmina AR-IV-119c).

Foto 7: Fotomicrografia com nicóis paralelos. Textura geral de Grt-Ms-Pl-Bt-Qtz xisto (xisto tipo santo antônio), (Lâmina AND-XVI-37).

Foto 7: Fotomicrografia com nicóis cruzados. Textura geral de Grt-Ms-Pl-Bt-Qtz xisto (xisto tipo santo antônio), (Lâmina AND-XVI-37).

Prancha 1



Unidade Xisto-Quartzítica: cianita-granada-muscovita-biotita-quartzo xisto lepidoblástico com porfiroblastos de cianita e granada, com lentes métricas a decimétricas de Ms quartzito granoblástico médio grosso. Localmente ocorrem intercalações rítmicas metapelito/psamítica. O xisto aflora geralmente alterado, com coloração vermelha a alaranjada, gerando solos ricos em minerais de cianita e granada com até 3,0 cm. A abundância de minerais micáceos afere à rocha capacidade de registrar bem os eventos deformacionais. Foram hierarquizados três distintos eventos deformacionais: forte foliação S_2 predominante em toda a área, com caimento moderado para SE; forte crenulação com plano axial sub vertical e direção NE-SW, responsável por zonas de intenso dobramento da superfície S_2 ; além de dobras tardias abertas e suaves. As ocorrências desta unidade distribuem-se na porção oeste e norte da área limitada por zonas de cavalgamento e zonas de cisalhamento direcionais (contato entre as *nappes* Liberdade e Aiuruoca-Andrelândia e estrutura em duplex, região do alto da garça até a Cachoeira das Marias) e contato normal sobreposta à Unidade Xisto tipo Santo Antônio

No alto do Vale dos Nunes, próximo ao contato entre o Xisto tipo Santo Antônio, destacam-se veios concordantes à S_2 , onde há ocorrências de cianititos e sillimanititos, com cristais de até 10 cm.

Em lâminas delgadas observaram-se diversas microestruturas interessantes assim como alguns minerais-índice importantes para a interpretação do metamorfismo e suas relações com as fases de deformação. Essas feições serão descritas nos capítulos posteriores.

No geral recebem o nome de (estauroлита)-(aluminossilicato)-granada-biotita-muscovita-quartzo xisto porfiroblástico lepidoblástico inequigranular fino-médio (Prancha 2 – Foto 9).

Unidade Xisto Quartzoso: muscovita-quartzo xisto fino-médio por vezes porfiroblástico com bandas milimétricas lepidoblásticas e granoblásticas com variação de intensidade entre as duas (granolepidoblástico a lepidogranoblástico). Ocorre frequentes intercalações métricas a decamétricas de quartzitos impuros, alguns mapeáveis (Unidade Quartzítica). Trata-se de uma seqüência metapsamítica que grada para seqüências rítmicas metapsamítico/pelíticas lateralmente (Unidade Xisto-Quartzítica) e se encontra estratigraficamente acima da Unidade Xisto tipo Santo Antônio.

Aflora em pequeno corpo na porção centro-oeste da área integrada, próximo a Serra do Turvo. Possui continuidade para oeste não representada neste mapa.

Unidade Quartzítica: muscovita quartzito médio-grosso granoblástico. Ocorre como camadas mapeáveis de espessuras relativamente pequenas. Apresenta textura porfiroblástica localmente, com porfiroblastos de granada de cerca de 3 cm frequentes e porfiroblastos centimétricos de cianita e estauroлита (Ponto AND-XVI-42). Sua estrutura placosa é definida pela foliação S_2 , marcando feições no relevo, a exemplo da crista do divisor de águas entre o Córrego dos Nunes e o Córrego da Jaboticabeira e níveis próximo à crista da Serra de Santo Antônio.

As camadas quartzíticas apresentam boa capacidade para registrar etapas de deformação, como dobras intrafoliais (com plano-axial paralelo a S_2), e também dobras tardias, suaves e abertas. O fato de apresentar foliação bem marcada facilita a identificação de lineações de crescimento de muscovita, e em alguns pontos de cianita. Ocorrem como intercalações em contato normal com a Unidade Xisto-Quartzítica e com a Unidade Xisto tipo Santo Antônio (remediações da Serra de Santo Antônio) correspondendo a contribuições arenosas em meio à bacia sedimentar, resultando em camadas tabulares quartzíticas em meio ao material metapelítico/psamítico. Ocorre também marcando contatos tectônicos em falhas transcorrentes sinistras no alto da serra.

5.2.3 Nappe Carrancas

Corresponde a uma seqüência metapsamítica com predomínio de muscovita-quartzito xisto e intercalações de muscovita quartzitos e quartzitos puros. Apresenta afloramentos muito alterados de coloração amarela a alaranjada. Há intercalações de rochas metabásicas subordinadas.

Ocorre no extremo noroeste da área mapeada e é cavalgado pela seqüência metapelítica/metapsamítica da Nappe Aiuruoca-Andrelândia.

5.2.4 Leucogranito

Trata-se de turmalina-muscovita leucogranito (turmalina sin a tardi cinemático), fanerítico médio-grosso, porções porfiríticas, localmente foliado. Nas porções porfiríticas

destacam-se megacristais de até 10cm de muscovita, cristais de turmalina e feldspato centimétricos.

Ocorre disseminado por toda a área em dimensões variadas, em forma de veios e pequenos corpos, intercalados a outras litologias. Foi observado leucogranito sin e pós-foliação principal (S_2). Veios graníticos aparecem concordantes e discordantes à foliação principal, por vezes dispendo-se paralelo a juntas de fraturamento rúptil. Ocorrem extensas lajes onde aflora este litotipo ígneo, francamente dobrado em conjunto com material metapelítico, dando aspecto gnaissico a essas rochas. Morros onde afloram, em abundância, destacam coloração mais esbranquiçada de solo arenoso muscovítico e pedregulhoso.

Microscopicamente descreve-se turmalina-muscovita leucogranito com granada porfirítico de matriz fanerítica fina e fenocristais de quartzo, microclínio e turmalina. A composição mineralógica estimada apresenta predomínio de quartzo, teores intermediários de muscovita, microclínio e plagioclásio, turmalina e granada como acessórios. A estrutura maciça predomina na amostra descrita microscopicamente.

5.3. Geologia Estrutural

5.3.1 Análise morfométrica

Foram confeccionados dois mapas morfométricos (Superfícies de base e Gradiente hidráulico – Anexos 1 e 2) com a utilização do Modelo Digital de Terreno SRTM-90m e dos Softwares ARCGIS e ENVI.

Linhas de isobase delimitam superfícies de erosão sendo, portanto, relacionadas a estágios de erosão ou a eventos tectono-erosionais, especialmente aqueles mais recentes. A confecção deste mapa seguiu o conceito de Filosofov (1960 in Jaim, 1980), utilizando-se a concepção de Strahler (1952) na hierarquização das drenagens. A rede de drenagem foi extraída automaticamente a partir do MDT com posterior seleção das componentes de segunda ordem.

Mapas de gradientes hidráulicos foram gerados, segundo a proposta de Rodriguez (1993), visando a definição de blocos com características hidráulicas distintas. Segundo a concepção original, atribui-se ao ponto médio de cada drenagem de segunda ordem o

valor do gradiente hidráulico, calculado pela razão entre a diferença de altitude da cabeceira e foz e o comprimento da drenagem. Este valor é utilizado para interpolação e confecção do mapa de isovalores.

Os lineamentos foram extraídos a partir dos relevos sombreados com inclinação de 35° em três azimutes de iluminação (N45°, N315°, N360°). Figuras 5,6 e 7

Os mapas de superfícies de base e gradiente hidráulico foram correlacionados ao mapa de lineamentos (Anexos 1 e 2) com o objetivo de relacionar os diferentes comportamentos morfométricos e possíveis estruturas controladoras.

Analisando o mapa de superfícies de base (Anexo 1) em área mais ampla (escala maior), observa-se uma compartimentação em blocos, com direção geral NS. Notam-se regiões com valores de superfícies de base mais altos (entre 1000 a 1300 m) e valores mais baixos (entre 900 a 980 m), acompanhando, de modo geral, a topografia, competindo valores maiores aos locais mais elevados. Essa compartimentação pode estar controlada por lineamentos de orientação NW (a sul) e NNW. Internamente estes blocos apresentam subdivisões que podem estar relacionadas a estruturas de direções NNE e NE. O mapa localizado (área de estudo – Anexo 1), mostra um provável controle da forma das superfícies de base, acompanhando as estruturas NNW e NE. A região Noroeste e Norte da área são caracterizadas por valores de superfície de base entre 920 e 990 m, subdividida pelas feições NE. As regiões Central e Sul apresentam valores mais altos, variando de 1160 a 1030 m, compartimentadas por lineamentos NNW e NE.

No mapa de gradiente hidráulico (Anexo 2) visualizam-se facilmente a forma das curvas alongadas segundo NE (região SW) e NW (porção NE). Há uma diferenciação no comportamento hidráulico da Serra, mostrando valores altos de gradiente (2,25 a 3,45) para o segmento Sul e valores baixos (1,25 a 2,00) no segmento Norte. Essa segmentação é observada também em relação à orientação da Serra (segmento Sul possui orientação N-S e o Norte, NE) e sua morfologia (segmento Sul apresenta-se recortado, sinuoso enquanto o segmento Norte é contínuo).

Existem duas estruturas marcantes, correspondentes ao Córrego da Cruz e ao Ribeirão da Cachoeira (família de estruturas NNW), que merecem atenção em uma visita de campo. As estruturas da família NE correspondem, grosseiramente, às estruturas dúcteis principais e também merecem ser checadas.

Como não foi possível a checagem de campo para confirmar as tendências apontadas pela análise morfométrica, não houve conclusões acerca do controle neotectônico da serra, ficando para trabalhos posteriores.



Figura 5



Figura 6



Figura 7



Figura 8

Figuras 5, 6 e 7: Imagens de relevo sombreado construídas com 35° de inclinação e azimutes N45°, N315° e N360° respectivamente. Lineamentos extraídos correspondem aos traços pretos contínuos. Polígono vermelho representa área de estudo.

Figura 8: Compartimentos tectônicos.

Legenda

Dominios Tectônicos

- Nappe Carrancas
- Nappe Liberdade
- Domínio 1
- Domínio 2
- Domínio 3

Estruturas

- cavalcamento inferido
- contato inferido
- contato normal inferido
- contato normal mapeado
- - - transcorrente sinistral

5.3.2 Compartimentação Tectônica

Os dados estruturais expressos nesse trabalho se encontram em notação Clar.

A área estudada apresenta domínios estruturais distintos, marcados por truncamento de estruturas e limites tectônicos. A distribuição das principais zonas de cisalhamento permitiu a divisão da Nappe Aiuruoca-Andrelândia em domínios I, II e III, seguidos dos domínios Nappe Liberdade e Nappe Carrancas (Figura 8). O presente trabalho apresenta enfoque nos compartimentos tectônicos Nappe Liberdade e Nappe Aiuruoca-Andrelândia, por apresentar poucos dados do domínio Nappe Carrancas.

A zona de cisalhamento A (ZCA) (corta a área do extremo SW até o extremo NE) limita as *nappes* Aiuruoca-Andrelândia e Liberdade, sobrepondo rochas de nível crustal mais profundo (lascas de rochas metaultramáficas e retroeclogito intercalados em espesso pacote metassedimentar – Nappe Liberdade) e supracrustais metamorfisadas em fácies anfibolito (Nappe Aiuruoca-Andrelândia). Essa estrutura caracteriza-se por uma rampa lateral esquerda de médio ângulo a Sul, passando para transcorrência sinistral de alto ângulo à Norte.

A zona de cavalcamento B (ZCB) (representada no alto da Garça até o Vilarejo Cachoeira das Marias) limita os domínios I e II com direção NE-SW, colocando rochas basais (Unidade Xisto tipo Santo Antônio) sobre rochas e stratigraficamente superiores (Unidade Xisto-Quartzítica) gerando duplicação da estratigrafia.

Os domínios II e III são limitados por uma zona de cisalhamento transcorrente sinistral (ZCC) que atravessa a área também em direção NE-SW, do centro-oeste ao extremo nordeste da área. Ela é responsável pelo rompimento de charneiras anticlinais da D₃.

A Nappe Liberdade está condicionado por dobras tardias, abertas e normais (plano-axial subvertical), com comprimento de onda >> amplitude, principalmente na porção sul, exemplificadas pela dispersão dos pólos dos planos da S₂ no estereograma 1. A guirlanda e o eixo construídos representam o plano AC e o eixo B das dobras abertas pós-S₂, com plano-axial subvertical aproximadamente orientado NS. Analisando ainda o estereograma 1 nota-se outro *trend* de dispersão, associado à outra família de dobras abertas e de eixo próximo a EW.

As lineações minerais e de estiramento têm direções, em geral, NE-SW, caimentos baixos a médios para ambos os quadrantes (Estereograma 2). Associam-se a

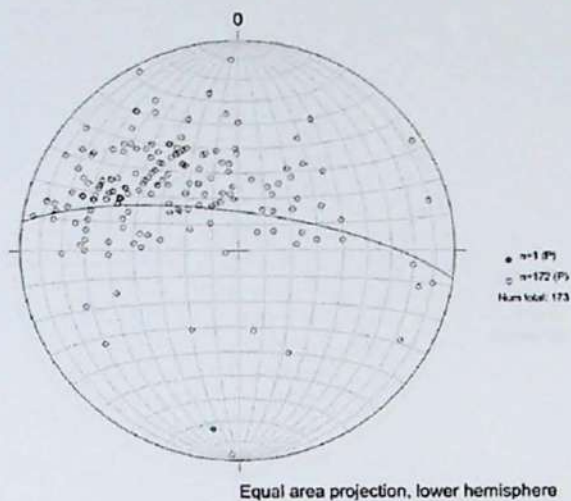
indicadores cinemáticos de topo para NE. Há outro conjunto de lineações minerais (lineação de anfibólio e lineações de muscovita) com caimento moderado para SE. Ocorrem lascas tectônicas de rochas metaultramáficas e nível retroeglogítico.

O Domínio I da Nappe Aiuruoca-Andrelândia, a sul da ZCB, está estruturado em dobras D_3 (sinformas e antiformas – Anexo 3 - Perfil EF) e lascas tectônicas menores sobrepondo unidades basais a unidades de topo (Anexo 3 – Perfil GH). A unidade basal da seqüência aflora em estruturas antiformais de relação amplitude > comprimento de onda. Há figura de interferência envolvendo dobras D_3 e deformação tardia posterior, visível na escala do mapa (figura de interferência “bico do gavião”, centro-norte do domínio). Essa interferência é relacionada à figura do tipo-2, conferindo um arranjo em “cogumelo” das dobras superpostas. Destaca uma fase tardia, pós- D_3 , orientada aproximadamente NS.

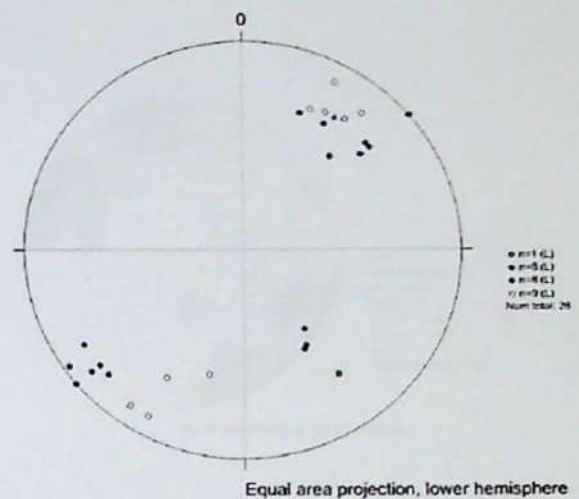
A foliação principal S_2 apresenta orientação média 165/23 (Estereograma 3) e dispersão segundo duas orientações. A principal dispersão permite a construção de um eixo-B com caimento moderado para SW. As dobras que conferiram essa dispersão podem ser interpretadas como cilíndricas pós- S_2 (D_3). O segundo *trend* de dispersão confere eixo-B construído com orientação ESE-WNW e caimento baixo para E, evidenciando uma outra fase tardia de dobramento pós- D_3 .

O estereograma 4 mostra a distribuição das lineações minerais e de estiramento contidas grosseiramente no plano 170/22, próximo à orientação do plano médio da S_2 para esse domínio. A orientação preferencial das lineações minerais de cianita e muscovita tem caimento fraco para SW-WSW e NE-ENE. Ocorre lineação de estiramento com mergulho para SW e para SE. As estruturas NE-SW são sin-metamórfica e devem estar associadas à movimentação das *nappes*. Estruturas SE podem relacionar-se ao imbricamento das pequenas lascas tectônicas observadas no domínio, representando feições de níveis crustais mais rasos.

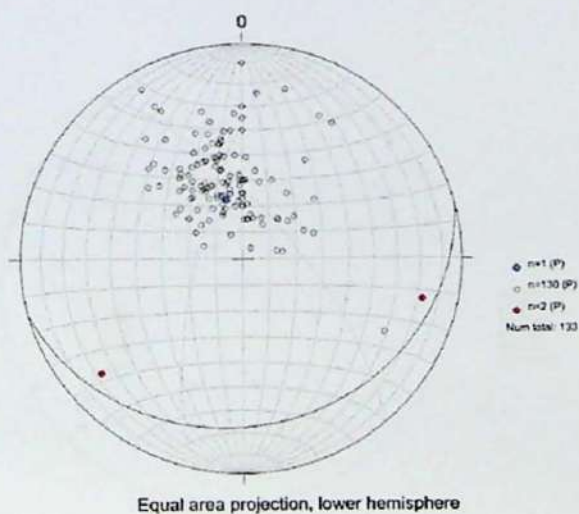
O Domínio II apresenta estruturação semelhante ao Domínio I, com dobras D_3 e dobras abertas posteriores, mas com maior influência de zonas de cisalhamento direcionais e frequente transposição da S_2 pela S_3 (principalmente a leste e norte do domínio) (Anexo 3 – Perfis AB, CD e EF). Associado à transposição das foliações ocorre abundantes intrusões graníticas sin-deformacionais dobradas e colocadas no plano-axial das dobras D_3 .



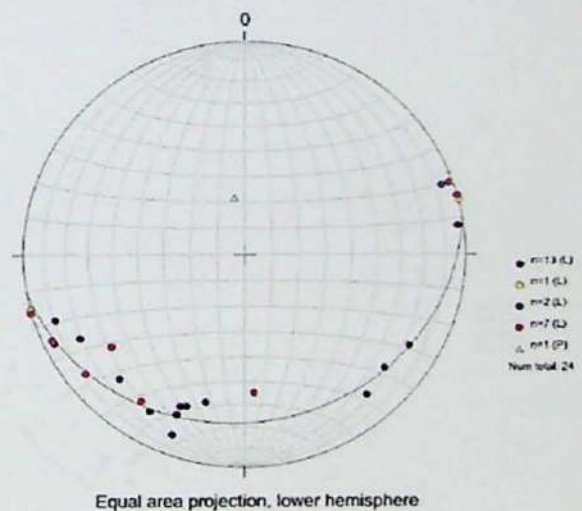
Estereograma 1: Pólos dos planos de S₂ na Nappe Libertade (número total de medidas=172). Círculo cheio azul representa eixo obtido pela guirlanda.



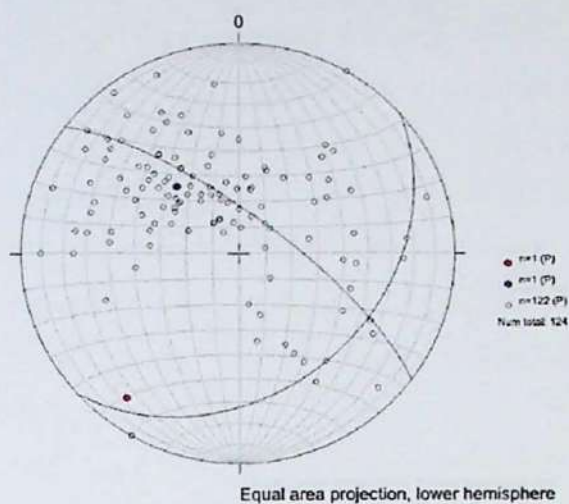
Estereograma 2: Lineações minerais e de estiramento na Nappe Libertade (lineações de Ky em azul, lineações de muscovita em preto, lineação de anfibólio em verde, lineação de estiramento vazado).



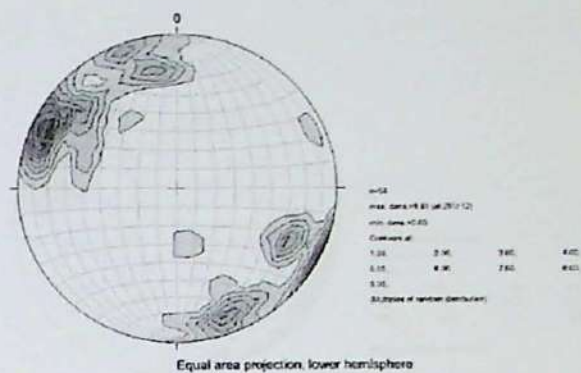
Estereograma 3: Pólos dos planos de S₂ no Domínio 1 (pontos vazados), plano e pólo médios da foliação S₂ (guirlanda com traço contínuo e ponto azul) e guirlandas associadas à dispersão e seus respectivos eixos construídos (traço tracejado e pontos vermelhos (número total de medidas=130).



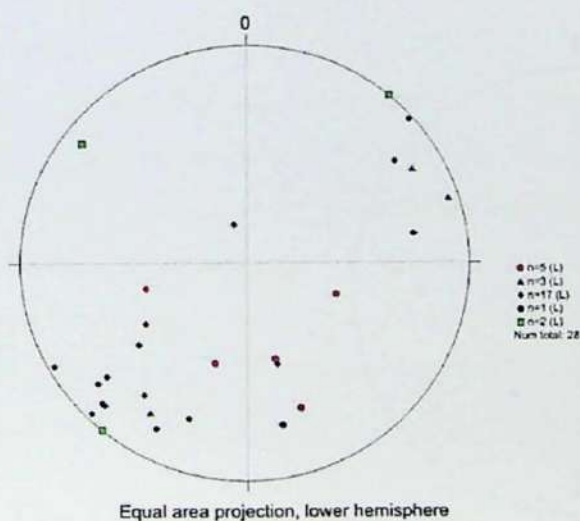
Estereograma 4: Lineações minerais e de estiramento no Domínio 1 (lineações de Ky pontos em azul, lineações de Ms em vermelho, lineação de intersecção em amarelo, lineações de estiramento e mullions em preto, pólo do plano e plano que contém as lineações, representado por triângulo vazado e guirlanda).



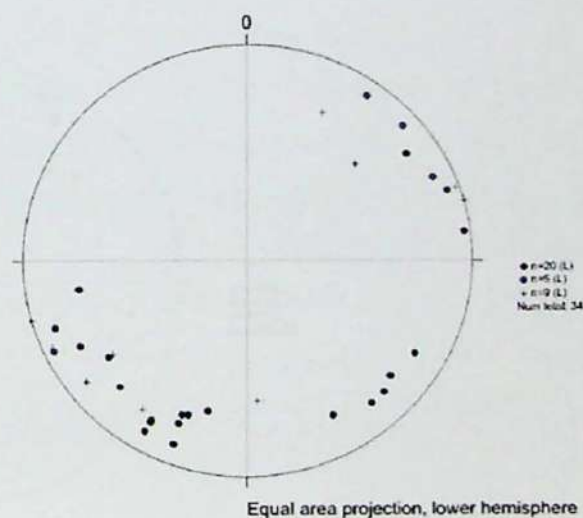
Estereograma 5: Pólos das foliações S₂ no Domínio 2 (pontos vazados), pólo e plano médios da S₂ (ponto azul e guirlanda contínua), plano de dispersão e respectivo eixo construído (guirlanda tracejada e ponto vermelho).



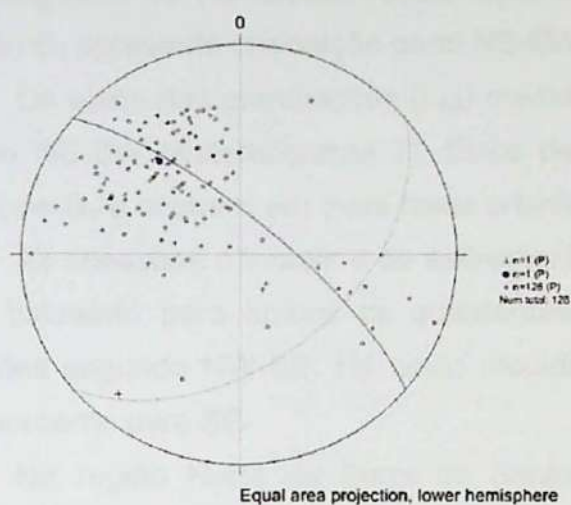
Estereograma 6: Contorno dos pólos de S3 no Domínio 2 (número total=54).



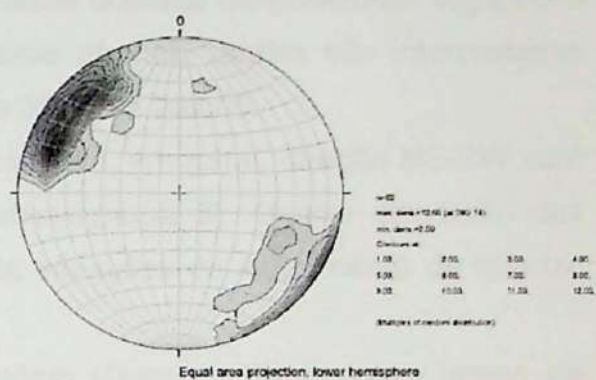
Estereograma 7: Lineações de eixo de dobras do Domínio 2. Ponto azul representa eixo B, triângulo e ponto preto L_{B3} , losango preto eixo B de crenulação e quadrado verde eixo de dobras tardias.



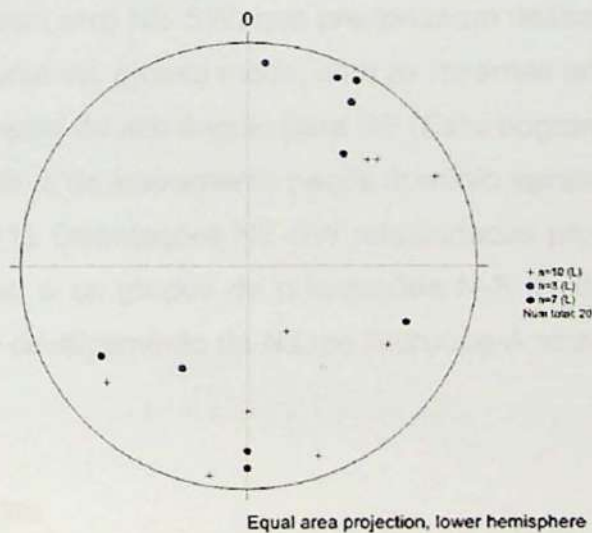
Estereograma 8: Lineações minerais e de estiramento no Domínio 2
(lineações de Ky pontos em azul, lineações de Ms cruz, lineações de estiramento e mullions pontos em preto).



Estereograma 9: Pólos das foliações S₂ no Domínio 3 (pontos vazados), pólo e plano médios da S₂ (ponto azul e guirlanda contínua), plano de dispersão e respectivo eixo construído (guirlanda tracejada e cruz).



Estereograma 10: Contorno dos pólos de S₃ no Domínio 3 (número total=62).



Estereograma 11: Lineações minerais e de estiramento. Pontos azuis lineações de Ky, pontos pretos lineações de Ms e Bt e cruz lineações de estiramento.

De modo geral, a foliação S_2 tem rumo do mergulho para SE (plano médio 138/35) (Estereograma 5) marcando truncamento estrutural no contato com o Domínio I. A foliação S_3 apresenta orientação geral NE-SW com forte caimento (Estereograma 6).

Os eixos das crenulações (L_{B3}) medidos nesse domínio distribuem-se segundo a direção NE-SW (Estereograma 7). Eixos de dobras abertas, tardias são interpretadas como pós- D_3 e ocorrem em duas fases orientadas 307;10 e 202;00.

As lineações minerais e de estiramento possuem, em geral, direção NE-SW com baixo caimento para ambos os quadrantes (Estereograma 8). Ocorre dispersão das lineações segundo NW-SE. Há cinco medidas de lineações de estiramento de quartzo com caimento para SE.

Na região Norte da Serra de Santo Antônio (Domínio III) ocorrem zonas de cisalhamento de alto ângulo de movimentação sinistral, associada à transposição da foliação S_3 em relação à foliação principal regional S_2 , configurando uma zona de charneira das dobras D_3 (Anexo 3 – Perfis AB e CD).

O estereograma 9 exemplifica a distribuição dos pólos dos planos da S_2 , com plano médio definido pela orientação 140/48. Há dispersão dos pólos em duas direções, uma NW-SE e outra, menos evidente, NE-SW. A dispersão NW-SE deve estar relacionada às dobras D_3 , com eixo NE-SW, que predominam nesse domínio.

A foliação S_3 apresenta-se, grosso modo, com as mesmas orientações do domínio II, com predomínio de caimento de alto ângulo para SE (Estereograma 10).

As lineações minerais e de estiramento nesse domínio apresentam três grupos de estruturas (Estereograma 11). Orientações NE-SW relacionadas provavelmente às zonas de cisalhamento direcionais, e os grupos de orientações N-S e com caimento para SE devem relacionar-se com o cavalgamento da Nappe Aiuruoca-Andrelândia sobre a Nappe Carancas.

5.3.3 Microestruturas

Nas descrições petrográficas foram observadas diversas microestruturas que auxiliam o entendimento das estruturas meso e macroscópicas, auxiliando a compreensão das relações estruturais e o metamorfismo.

Identificou-se nas lâminas delgadas três fases de dobramentos e respectivas recristalizações metamórficas. A fase D_1 é definida por reliquias da foliação S_1 , representada por arcos poligonais de micas (antigas dobras D_2), foliações internas na

granada (rutilo-quartzo-biotita-Fe clorita-ilmenita $\pm$ plagioclásio $\pm$ estaurolita $\pm$ cianita) e dobras intrafoliais de cianita. A foliação principal S_2 apresenta-se frequentemente dobrada, em dobras assimétricas a simétricas, fechada a abertas. Plano-axialmente a essas dobras desenvolve-se foliação S_3 .

Exemplos dessas relações serão expostos a seguir:

Na lâmina AR-VI-36 há sillimanita/fibrolita intrafoliarmente dobrada (D_2) e associada à biotita. A foliação principal (S_2) está crenulada e admite muscovita recristalizada no plano-axial S_3 (Prancha 2 – Foto 10 e 11). Em porfiroblastos de granada ocorre foliação interna com orientação diferente da foliação externa e foliação interna (estaurolita, quartzo e opacos) sigmoidal e em continuidade com a foliação externa, sugerindo rotação horária (Prancha 2 – Foto 12).

Nota-se também indicadores cinemáticos em sigmóides assimétricos com rotação anti-horária, definidos por plagioclásio (Prancha 2 – Foto 13).

A lâmina AR-IV-07 apresenta granada (com núcleo poiquiloblástico, inclusões de quartzo, penina e rutilo, e borda euédrica sem inclusões) e fibrolita geradas pós- S_2 , além de foliação oblíqua (S_3) marcada por biotita.

Distintas gerações de granada (pré a sin-cinemática, alongadas na S_2 , e tardi a pós-cinemática, porfiroblástica e idioblástica) podem ser observadas na lâmina AR-IV-205, além de arcos poligonais de muscovita (Prancha 3 – Montagem 1).

Dobras D_3 fechadas são bem dimensionadas na lâmina AND-XVI-22 com estaurolita e cianita na S_3 (Prancha 2 – Foto 14). Crenulações abertas e assimétricas são exemplificadas na lâmina AR-IV-169 (Prancha 2 – Foto - 15). Observa-se além de arcos poligonais de micas, cianita dobrada definindo dobras intrafoliais D_2 com estaurolita e cianita na S_2 (Prancha 3 – Montagem 2).

Na lâmina AR-IV-89a tem-se foliação principal (S_2) marcada por cianita, biotita e granada, além de foliação anterior (arcos poligonais em muscovita). A foliação S_3 é definida por cianita e biotita, com sillimanita substituindo a cianita e preenchendo fendas de tração com quartzo em texturas fibrosas (Prancha 2 – Foto 16).

Prancha 2

Foto 9: Fotomicrografia com nicóis cruzados. Dobras D₃, S₃, e Grt com S_i diferente de S_e, em Grt-St-Ky-Bt-Ms-Qtz xisto (Lâmina AR-VI-48).

Foto 10: Fotomicrografia com nicóis paralelos. Dobras D₃ e Ms na S₃ em Grt-Bt-Ms-Qtz xisto porfiroblástico (Lâmina AR-VI-36).

Foto 11: Fotomicrografia com nicóis cruzados. Dobras D₃ e Ms na S₃ em Grt-Bt-Ms-Qtz xisto porfiroblástico (Lâmina AR-VI-36).

Foto 12: Fotomicrografia com nicóis paralelos. Porfiroblasto de Grt rotacionado sugerindo movimentação horária. Note inclusão de St. (Lâmina AR-VI-36).

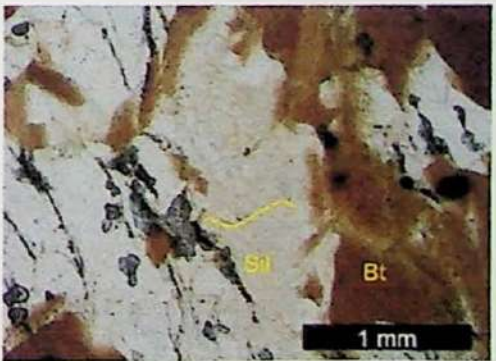
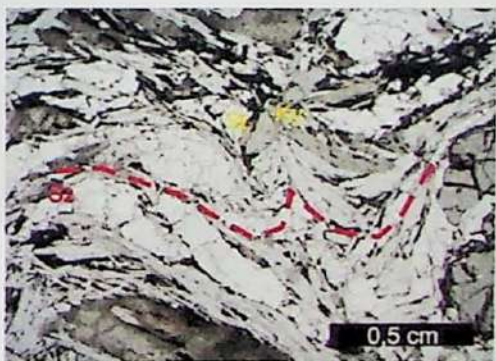
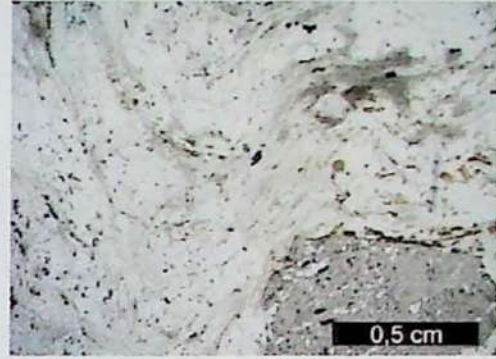
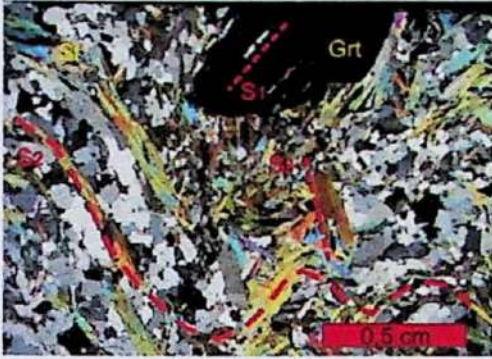
Foto 13: Fotomicrografia com nicóis cruzados. Sigmóide assimétrico indicando movimentação anti-horária em Ms-Qtz xisto com Pl e Grt (Lâmina AND-XVI-14).

Foto 14: Fotomicrografia com nicóis paralelos. Dobras D₃ e Com St e Ky na S₃ (Lâmina AND-XVI-22).

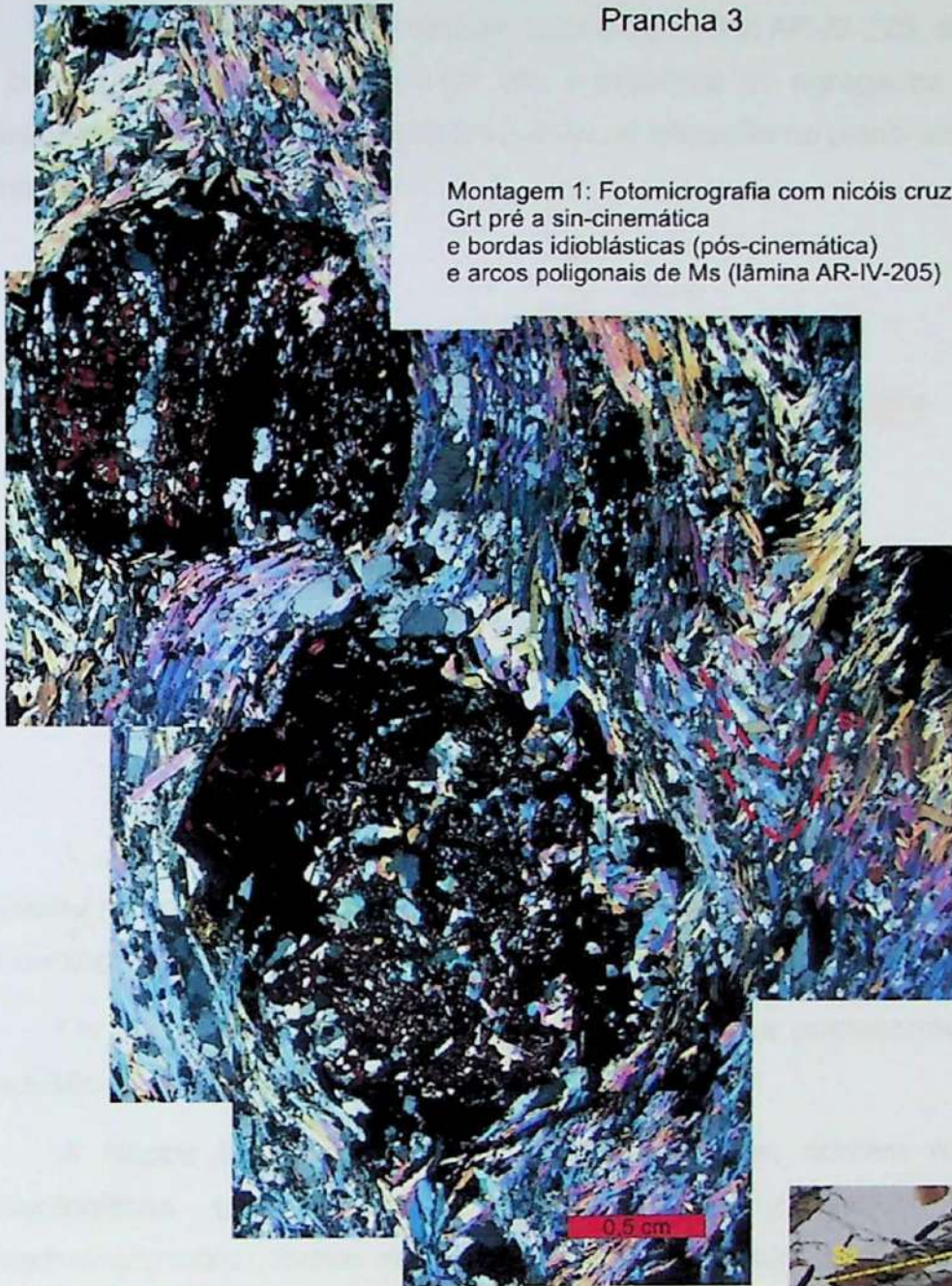
Foto 15: Fotomicrografia com nicóis cruzados. Crenulações abertas e assimétricas (D₃) (Lâmina AR-IV-169).

Foto 16: Fotomicrografia com nicóis paralelos. Fendas de tração preenchidas por Sil fibrosa e Qtz (Lâmina AR-IV-89a).

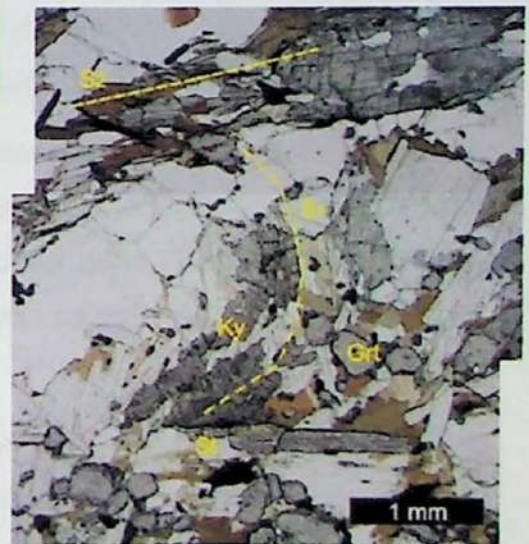
Prancha 2



Prancha 3

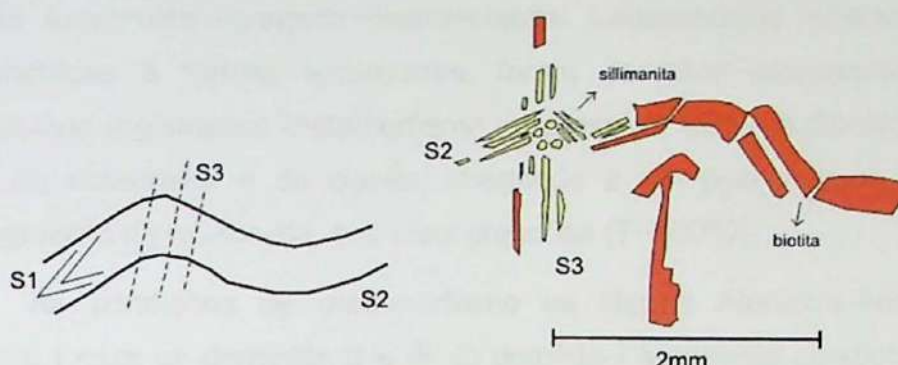


Montagem 1: Fotomicrografia com nicóis cruzados.
Grt pré a sin-cinemática
e bordas idioblásticas (pós-cinemática)
e arcos poligonais de Ms (lâmina AR-IV-205)



Montagem 2: Fotomicrografia com nicóis paralelos.
Ky dobrada definindo dobra D2 com Ky e St na S2.
Grt apresenta arredondada subidioblástica
(lâmina AND-XVI-57)

Inclusão de clorita em granadas ocorre na lâmina AR-IV-225, além de substituição de bordas de granadas por biotita. Há a presença de agregados de fibrolita na S_2 , dobrados pela D_3 e recristalização prismática da silimanita no plano-axial (S_3) e no eixo- B_3 (Desenho esquemático abaixo).



5.4. Metamorfismo

A descrição petrográfica cuidadosa de 44 lâminas delgadas (ver Anexo 4) propiciou relacionar as condições do metamorfismo e as estruturas dúcteis. A discussão das condições de P e T terão por base os domínios tectônicos, separados anteriormente.

Os dados geotermobarométricos serão discutidos posteriormente e ajudarão na conclusão dos processos metamórficos sofridos na área.

A Nappe Liberdade, dominada por metapelitos, contém rochas metabásicas retroeglogíticas (que serão discutidas com maior detalhe no capítulo de geotermobarometria), rochas metaultramáficas e rochas calciossilicáticas.

As rochas metaultramáficas descritas possuem essencialmente antofilita, talco e carbonato, além de um grão de olivina observado (Prancha 4 – Foto 17 e 18). A fase mineral antofilita indica metamorfismo de fácies anfibolito. Almeida (1998), que realizou o estudo do metamorfismo dessas rochas, sugeriu temperaturas máximas entre 700 e 900° C e intervalo de pressão máxima entre 7 e 12 Kbar.

As rochas calciosilicáticas possuem paragênese definida por clinopiroxênio e anfibólio com titanita e granada, hornblenda e epidoto/cliozoisita.

Os metapelitos estudados neste domínio apresentam cianita e estauroлита (porções quimicamente favoráveis) na foliação S_2 e, localmente, na S_3 . Há cianita na S_1 (Prancha 3

– Montagem 2). A associação biotita, cianita e estaurolita (Prancha 4 – Foto 19) indica temperaturas inferiores a 720° C e pressões superiores a 8 Kbar, se em presença da reação $\text{estaurolita} \Rightarrow \text{granada} + \text{biotita} + \text{cianita}$. Leucossomas alterados, com dimensões centimétricas e formas lenticulares, foram descritos localmente na S_2 . Assim, os metapelitos registraram metamorfismo progressivo, fácies anfibolito na interface entre a zona da estaurolita e da cianita, chegando a um pico térmico no limite da quebra incongruente da muscovita, sob altas pressões ($T \sim 750^\circ\text{C}$).

As condições de metamorfismo na Nappe Aiuruoca-Andrelândia variam do domínio I para os domínios II e III. O domínio I apresenta condições de metamorfismo mais brandas em relação aos domínios II e III.

O domínio I possui, na porção oeste, paragênese Mg-clorita, biotita, granada e fibrolita na S_2 , indicando condições de temperatura máxima em torno de 650°C (limite do campo de estabilidade da Mg-clorita), para pressões inferiores a 7 kbar. Em lâmina não foi descrito cianita, porém esse polimorfo está presente no afloramento, em níveis mais aluminosos, sugerindo uma recristalização mais tardia da associação biotita-fibrolita (condições retrogressivas). Na lâmina AR-IV-225, no leste do domínio, descreve-se granada com inclusões de Fe-clorita substituída por biotita, biotita na matrix, cianita na S_2 e sillimanita tardi- S_2 e sin- S_3 . Essas relações são sugestivas de uma trajetória progressiva, pico bórico a cianita e descompressão ao campo da sillimanita, mantido no dobramento D3.

Os domínios II e III caracterizam-se pela manutenção das condições báricas do campo da cianita quando dos dobramentos D₃ (cianita na S_3). Na foliação S_2 a associação biotita, estaurolita e granada (Prancha 4 – Foto 20) representa o consumo parcial de estaurolita ($\text{estaurolita} \Rightarrow \text{granada} + \text{biotita} + \text{cianita}$), indicando temperaturas inferiores a 720° C. Porém ocorre, localmente, muscovita-biotita gnaisse a microclínio, indicativo de condições de quebra incongruente de muscovita, $T \sim 750^\circ\text{C}$ e pressões mínimas de 9 kbar (lâminas AR-IV-119c e AR-IV-89). Inclusões de biotita substituindo clorita (Prancha 4 – Foto 21) e de estaurolita na granada evidenciam reações progressivas pré-cedo S_2 . A substituição local de cianita por sillimanita e a presença de estaurolita idioblástica pós- S_2 /pré- S_3 (Prancha 4 - Foto 22) caracterizam a trajetória retrogressiva do metamorfismo relativo à fase D₂. As reações observadas são:

Prancha 4

Foto 17: Fotomicrografia com nicóis paralelos. Olivina e antofilita em rocha metaultramáfica (Lâmina AR-IV-59a).

Foto 18: Fotomicrografia com nicóis cruzados. Olivina e antofilita em rocha metaultramáfica (Lâmina AR-IV-59a).

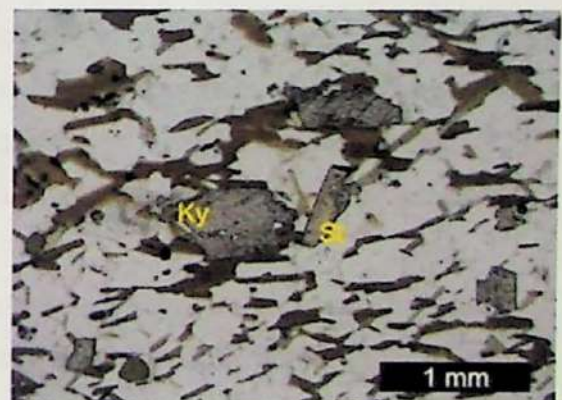
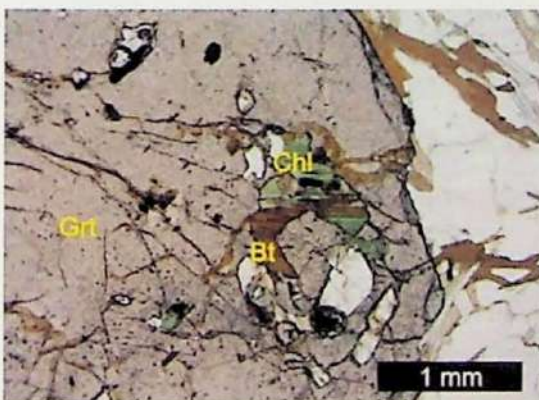
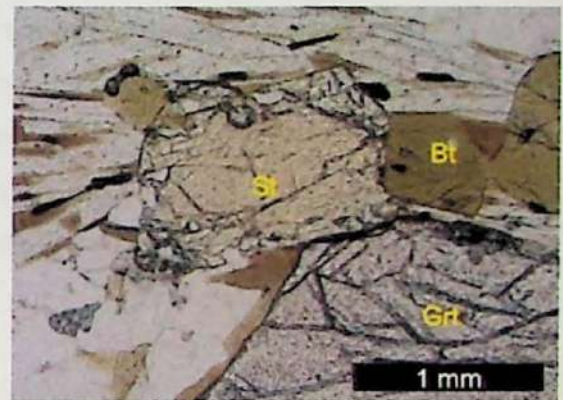
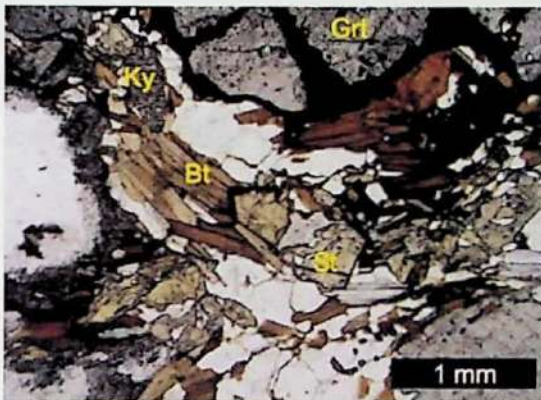
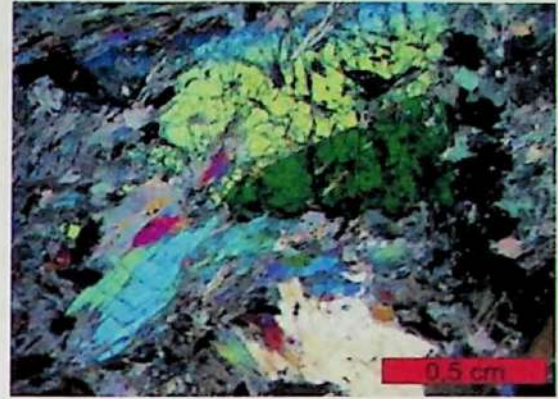
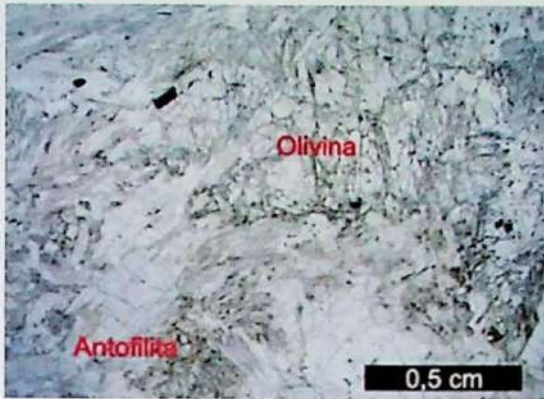
Foto 19: Fotomicrografia com nicóis paralelos. Associação St, Bt e Ky (Lâmina AR-VI-110).

Foto 20: Fotomicrografia com nicóis paralelos. Paragênese St, Grt e Bt (Lâmina AND-XVI-104).

Foto 21: Fotomicrografia com nicóis paralelos. Bt inclusa em Grt, substituindo Chl (Lâmina AND-XVI-104).

Foto 22: Fotomicrografia com nicóis paralelos. Xisto tipo Santo Antônio com Ky e St idioblástica discordante da foliação S₂ (Lâmina AND-XVI-37a).

Prancha 4



estauroлита $\Rightarrow$ granada + biotita + cianita (progressivo)

cianita $\Rightarrow$ sillimanita (retro)

granada + biotita + aluminossilicato $\Rightarrow$ estauroлита (retro)

5.5. Química mineral e Geotermobarometria

Geotermobarometria consiste no conjunto de técnicas utilizadas para estimar as condições de temperatura e pressão ao qual as rochas metamórficas foram submetidas nos diversos estágios do processo metamórfico, buscando recuperar as condições do pico metamórfico.

Conforme discutido por Moraes (1997), os valores P e T são determinados em relação à constante de equilíbrio (K) de reações entre os membros finais dos minerais presentes na rocha (troca de elementos em solução sólida). Apenas os membros finais puros da solução sólida possuem as propriedades termodinâmicas bem conhecidas. Para o cálculo termodinâmico de composições químicas variadas, em solução sólida, é necessário conhecer a relação entre composição e atividade, estabelecendo a concentração termodinamicamente efetiva de cada membro final na solução. O conceito de atividade depende, de maneira complexa, da composição química do mineral, temperatura e pressão.

Dependendo da variação das propriedades físicas envolvidas nas trocas de elementos entre minerais, as reações metamórficas envolvidas podem ser chamadas de geotermômetros ou geobarômetros.

Reações envolvendo grande variação de entropia (ΔS) ou entalpia (ΔH) e com pequena variação de volume ($\Delta V \approx 0$) são denominados geotermômetros. Essas reações são representadas por curvas de alta inclinação no gráfico $P \times T$. Minerais envolvidos trocam elementos com raio iônico semelhantes entre sítios cristalográficos de mesma coordenação.

Geobarômetros são reações entre minerais que envolvem substituições acopladas entre elementos de raios iônicos diferentes em sítios cristalográficos distintos. Há grande variação de volume (ΔV) nessas reações e são representadas por curvas de pequena inclinação no gráfico $P \times T$.

Foram submetidas três lâminas delgadas à análise química pontual, duas provenientes da Nappe Liberdade (metapelito e metabásica) e uma da Nappe Aiuruoca-Andrelândia (metapelito tipo xisto santo antônio). Foi utilizado o equipamento JXA-8600 JEOL do Laboratório de Microscopia Eletrônica do Instituto de Geociências, operando a 15 kV e 20 nA e com tamanho de feixe de 5 a 10 μm . Padrões naturais foram usados para a análise de todos elementos.

A análise química pontual quantitativa de diversos minerais (granada-biotita-muscovita-clorita-estaurolita-plagioclásio-ilmenita para os metapelitos e clinopiroxênio-hornblenda-plagioclásio-granada-ilmenita para a metabásica) visou a verificação do comportamento químico de cada um, em relação às suas características microestruturais, tais como orientação, contato entre grãos e relações temporais de crescimento. Minerais zonados e/ou com inclusões foram as principais relações utilizadas.

As tabelas de dados químicos são apresentadas no Anexo 5. A composição dos membros finais dos minerais estão expressos em unidades por fórmula (pfu).

5.5.1 Nappe Aiuruoca-Andrelândia

A lâmina analisada da Nappe Aiuruoca-Andrelândia (AR-VI-60) corresponde a xisto granoblástico porfiroblástico a biotita, cianita, granada e plagioclásio. Porfiroblastos de granada chegam a 8 mm e alguns possuem foliação interna (S_i) dobrada (dobra isoclinal) e oblíqua à foliação externa, delineada por inclusões ilmenita, rutilo, quartzo, biotita, e plagioclásio, além de cristais de Fe-clorita. Esses domínios de granada cedo- S_2 encontram-se isolados da matrix por uma borda irregular, livre de inclusões. A foliação principal S_2 encontra-se dobrada e com recristalização de biotita, muscovita e de cianita definindo a foliação plano-axial S_3 .

A variação composicional do porfiroblasto de granada obedece parcialmente a um *trend* contínuo, do núcleo para a borda interna do domínio textural a S_i dobrada, representando as trocas iônicas quando do crescimento do porfiroblasto durante os estágios iniciais da foliação S_2 . Neste domínio a granada é uma almandina (Alm), com as composições do núcleo mais ricas no conteúdo em grossulária (Grs) e espessartita (Sps) e a borda em almandina (Alm) e piropo (Prp) (núcleo: Alm 53 – Grs 25 – Prp 3 – Sps 19; borda: Alm 64 – Grs 16 – Prp 10 – Sps 3). Uma concentração na transição entre Alm 68 – 73, Prp 10 – 15 e com forte depleção de Ca e Mn, ocorre fora do *trend* anterior e caracteriza a borda do cristal de granada, pobre em inclusões (Gráficos 1 a 6 – Perfis composicionais de granada e binários entre os membros finais).

Essa variação química e textural do porfiroblasto de granada sugerem um sobrecrecimento espasmódico, não contínuo, provavelmente referente aos estágios tardios de recristalização metamórfica.

A clorita, inclusa na granada, possui alta razão Fe/Fe+Mg.

A composição da muscovita, se inclusa ou na matrix, pouco varia, indicando intensa difusão química nos estágios finais da recristalização metamórfica. Esse processo de difusão é salientado pela variação contínua da composição dos grãos de biotita inclusas na granada, definindo um *trend* de diminuição de Mg e aumento de Fe (Gráfico 7 – Binário Fe²XMg). Os minerais de biotita poligonizados na S₂ possuem maior razão Fe²/Mg, mesmo em relação àqueles poligonizados na S₃.

A variação na composição do plagioclásio (oligoclásio) indica um aumento de Ca em direção às bordas dos porfiroblastos, esta com conteúdo semelhante em anortita (An 24,8) dos grãos poligonizados. Os plagioclásios inclusos na borda sobrecrecida da granada possuem maior conteúdo em cálcio, variando de oligoclásio/andesina (An 28,8) para oligoclásio (An 22,5) (Gráfico 8).

Utilizando-se das composições do núcleo da granada, com as biotitas inclusas e mais preservadas da difusão química (menor razão Fe/Mg) e as composições de núcleo de porfiroblastos de plagioclásio (oligoclásio/albita), juntamente com as fases rutilo+ilmenita+cianita, obtêm-se valores de T~510° C e P~10 Kbar (Tabela 1). As variações obtidas em relação à borda do cristal de granada cedo S₂ (variando a composição do plagioclásio, mais cálcico, em correlação com a depleção de Ca na granada e aumento de Fe nas biotitas inclusas) definem uma trajetória de ligeira descompressão com rebaixamento da temperatura, seguida de um incremento isobárico na temperatura (de T~470° C, P~8,4 Kbar para T~640° C, P~9,8 Kbar) (Figura 9).

Para a borda sobrecrecida da granada utilizaram-se as composições de biotita poligonizada na S₂ (pós-cinemáticas) e na S₃.

Os resultados obtidos (Tabela 1) indicam uma volta às condições de baixa temperatura (T~480° C, P~7,4 Kbar) e trajetória de aumento quase isobárico de temperatura (T~620° C, P~8 Kbar) (Figura 10).

5.5.2 Nappe Liberdade

Os exemplares analisados correspondentes a Nappe Liberdade são: AR-VI-21 (metapélito) e AR-IV-58d (metabásica – retroeglogito).

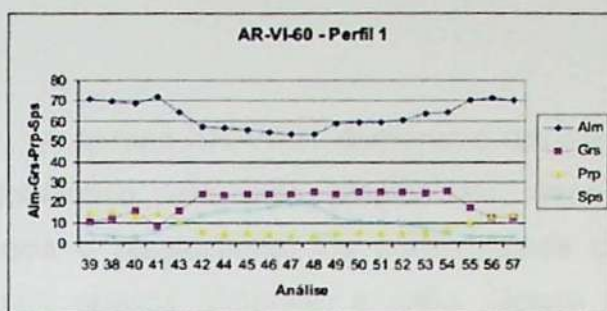


Gráfico 1: Perfil Grt

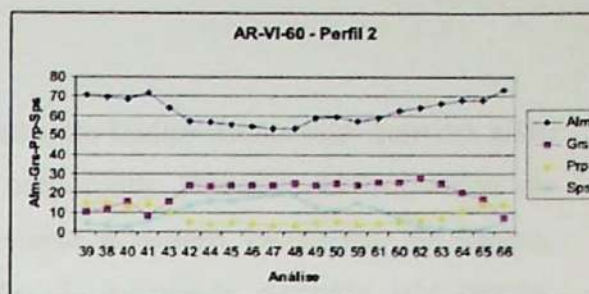


Gráfico 2: Perfil Grt

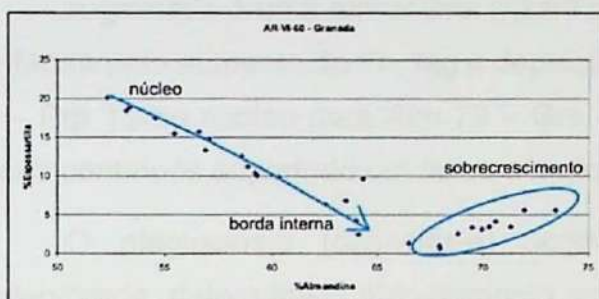


Gráfico 3: Binário AlmXSps. Evidência de *trend* contínuo e outra concentração que sugere sobrecrecimento.

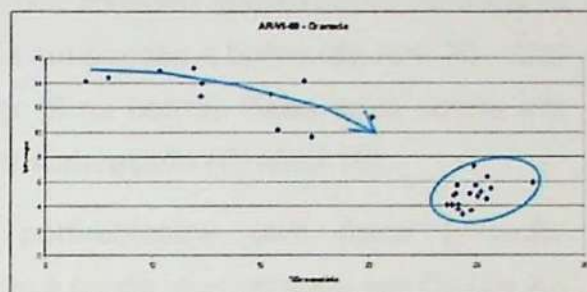


Gráfico 4: Binário GrsXPrp. Evidência de *trend* contínuo e outra concentração que sugere sobrecrecimento.

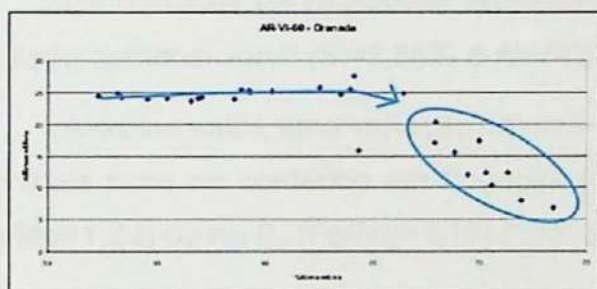


Gráfico 5: Binário AlmXGrs. Evidência de *trend* contínuo e outra concentração que sugere sobrecrecimento.

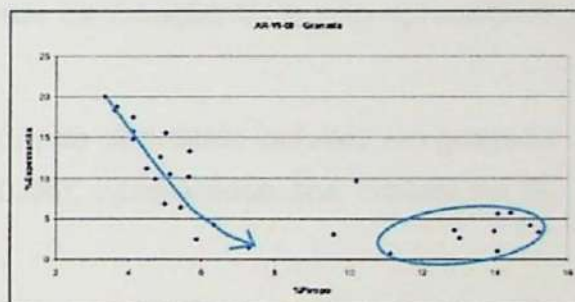


Gráfico 6: Binário PrpXSps. Evidência de *trend* contínuo e outra concentração que sugere sobrecrecimento.

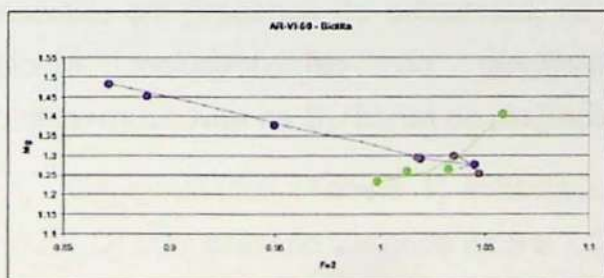


Gráfico 7: Binário Fe₂XMg, biotita. Pontos roxos inclusões em Grt, com seta indicando aumento de difusão química, pontos marrons matrix (S₂) e pontos verdes matrix (S₃)

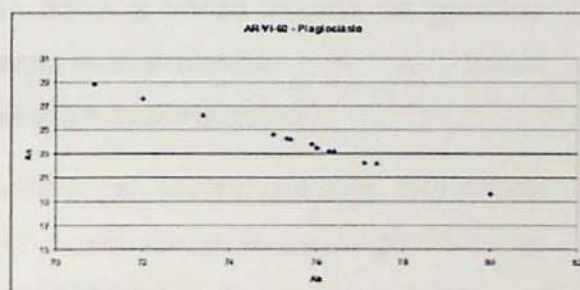


Gráfico 8: Binário AbXAn. Variação de oligoclásio/andesina para oligoclásio.

A lâmina AR-VI-21 demonstra um cianita-granada-biotita-muscovita-quartzo xisto lepidoblástico com rutilo, plagioclásio, ilmenita e estaurolita. Possui porfiroblastos de granada e plagioclásio. Os porfiroblastos de granada admitem inclusões de biotita, quartzo, opacos (ilmenita) e rutilo. Ocorre foliação S_3 incipiente definida por biotita, muscovita e cianita.

A granada é uma almandina (Alm 75) com fraca zonação núcleo/borda (Gráfico 9) conferida pelo aumento do Fe, Mg e depleção de Ca em direção à borda (de Alm 70 – Grs 13 – Prp 13 no núcleo para Alm 79 – Grs 3 – Prp 16 na borda). Essa troca ocorre em *trends* contínuos sugerindo um único evento em descompressão (Gráfico 10).

O plagioclásio (oligoclásio) ocorre em porfiroblastos com fraca zonação núcleo/borda, determinada pelo aumento, em direção à borda, do conteúdo em Ca (de An 13 para An 22) (Gráfico 11). A composição quase albítica do núcleo é sugestiva de alta pressão para temperaturas em fácies anfibolito.

Os minerais de muscovita analisados ocorrem na foliação S_2 e não apresentam variação composicional (Si=2,85% e AlIV=2,5%).

A biotita exibe uma variação na razão Fe/Mg, onde os cristais inclusos em granada são mais ricos no conteúdo em flogopita (Fe/Mg=0,96), comparados aos cristais na S_2 (Fe/Mg=1,24) ou na S_3 (Fe/Mg=1,18) (Gráfico 12).

A estaurolita, presente na matrix sin a tardi- S_2 , possui alta razão Fe/Mg (Fe/Mg=4,4) e baixo conteúdo em Zn (Zn=0,31).

As condições de temperatura e pressão obtidas pelo THERMOCALC, foram possíveis, em presença de estaurolita, na transição entre a borda interna da granada (+biotita inclusa+núcleo do plagioclásio+ilmenita+rutilo+cianita) e a borda (+biotita+muscovita na S_2 +borda do plagioclásio+ilmenita +rutilo+cianita).

Os resultados (Tabela 1) indicam uma trajetória de descompressão isotérmica ($T \sim 630^\circ \text{C}$) com pressão variando de 9 a 7,3 Kbar. Um ligeiro aumento de temperatura na descompressão foi observado ($T \sim 660^\circ \text{C}$, $P \sim 7,8 \text{ Kbar}$) (Figura 11).

A lâmina AR-IV-58d representa clinopiroxênio-granada anfibolito com quartzo, textura nematoblástica principal (marcando foliação S_2), simplectítica (clinopiroxênio - quartzo – plagioclásio e hornblenda – quartzo – plagioclásio) e coronítica definida por plagioclásio envolto na granada. Ocorrem também restos de rutilo envolvido por ilmenita que, por sua vez, contém coronas de titanita.

Tabela 1:

Amostra	T (°C)	erro	P (Kbar)	erro	"fit"
60-B1	642	30	9.8	1.5	1.61
60-B2	638	47	8.9	3.3	1.85
60-BD1	625	75	7.5	1.2	0.48
60-BD2	608	83	8	1.4	1.18
60-BI2	471	11	8.4	0.6	1.04
60-BII	479	53	7.4	1	0.78
60-N	512	25	10.8	1.6	1.75
60-N2	506	19	9.5	0.9	1.3
21-B1	666	15	7.8	0.8	0.96
21-B2	668	15	8	0.8	0.94
21-B3	650	21	7.3	0.9	0.84
21-BI1	627	21	9.1	0.9	0.95
21-BI2	635	21	8.9	0.9	0.91
58-B1	834	72	13.1	1.5	1.73
58-BI2	830	83	13.4	2	1.83
58-BI	857	79	13.4	2	1.79

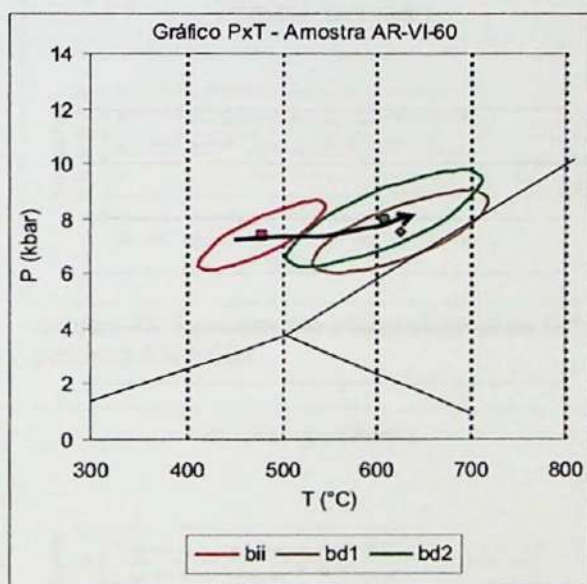


Figura 10: Trajetória para a borda sobrecrecida da Grt.

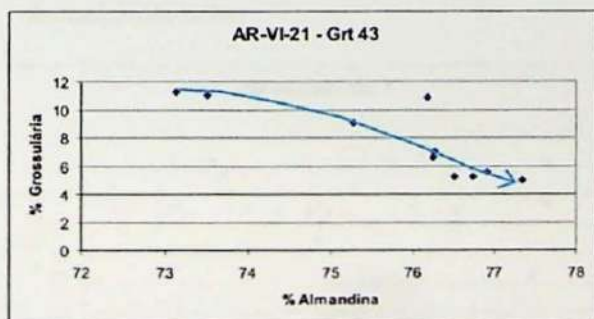


Gráfico 10: Trend contínuo de variação composicional, sugerindo um único evento de decompressão.

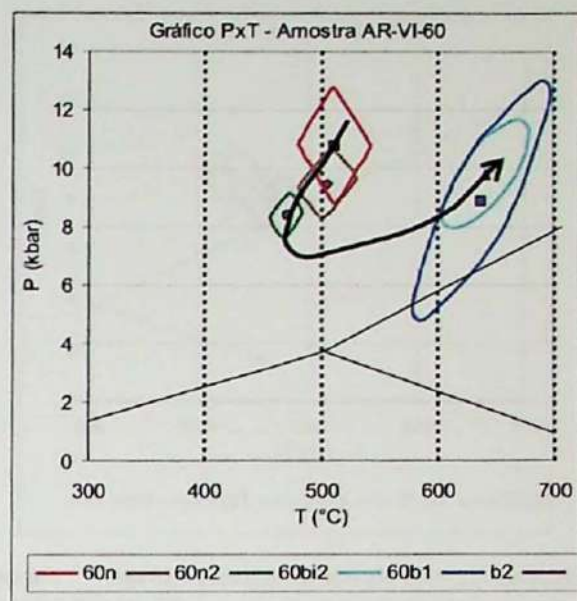


Figura 9: Trajetória metamórfica para o *trend* contínuo do porfiroblasto de Grt.

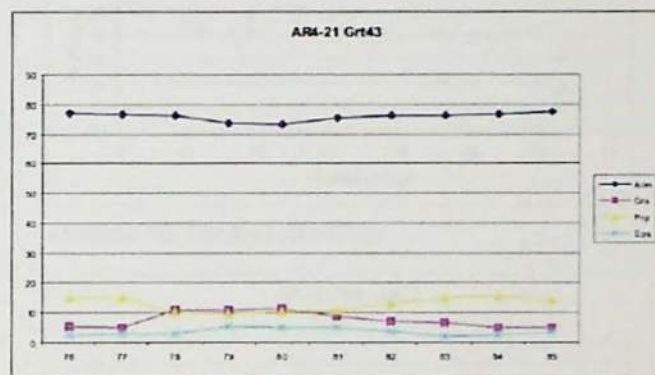


Gráfico 9: Zoneamento composicional núcleo/borda de Grt - amostra AR-VI-21.

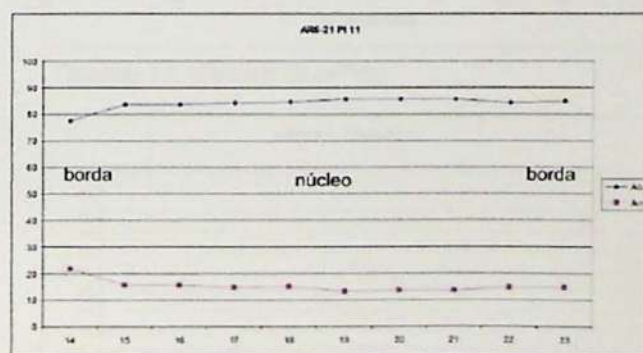


Gráfico 11: Zoneamento composicional de porfiroblasto de PI - amostra AR-VI-21.

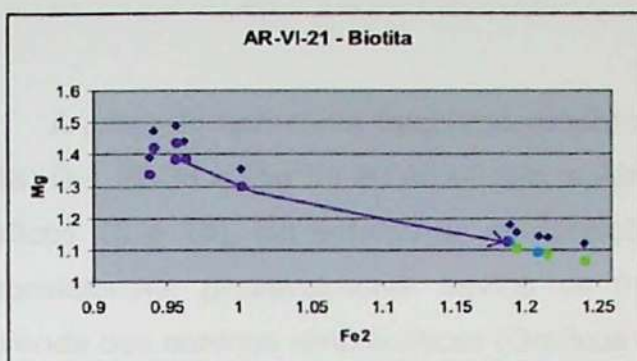


Gráfico 12: Binário Fe-Mg. Minerais de Bt inclusos em Grt (pontos roxos) mais ricos em flogopita do que minerais na matrix S2 (pontos verdes) e polygonizados na S3.

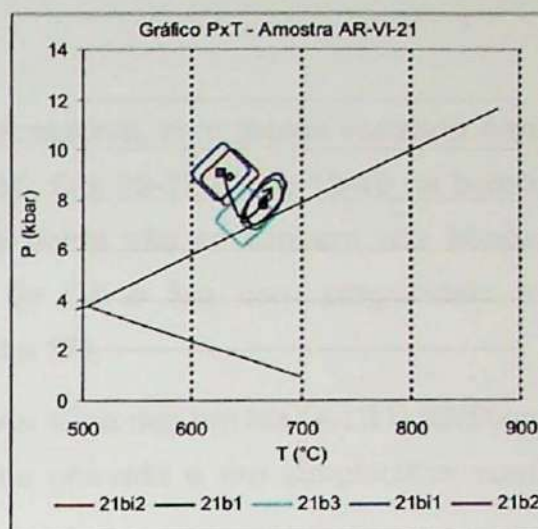


Figura 11: Trajetória metamórfica de decompressão Amostra AR-VI-21.

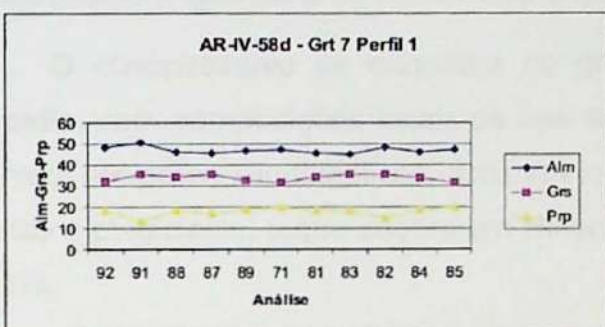


Gráfico 13: Zoneamento composicional de Grt Amostra AR-IV-58d

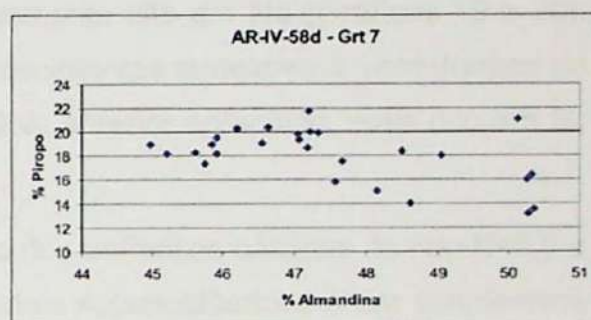


Gráfico 16: Binário Alm-Prp.

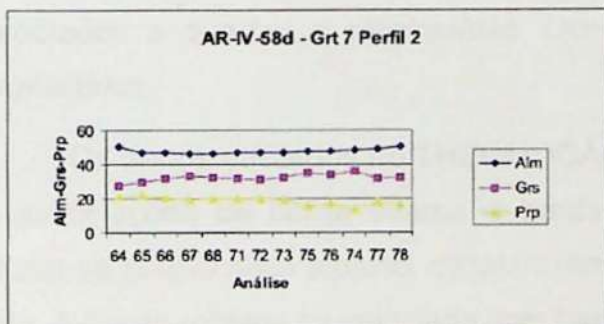


Gráfico 14: Zoneamento composicional de Grt Amostra AR-IV-58d

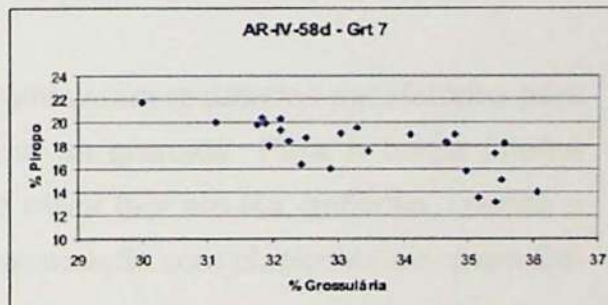


Gráfico 17: Binário Grs-Prp.

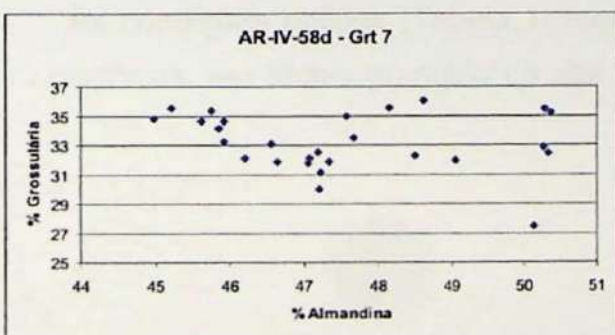


Gráfico 15: Binário Alm-Grs.

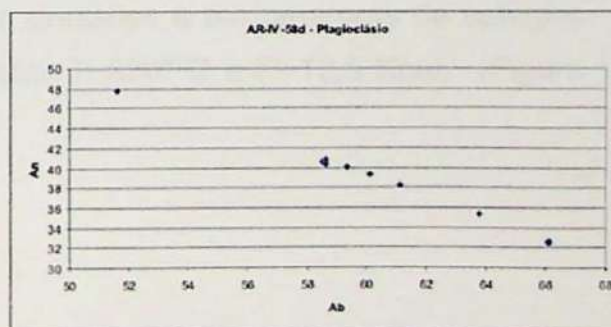


Gráfico 18: Binário Ab-An. Variação composicional do Pl - Amostra AR-IV-58d.

A granada apresenta fraco zoneamento composicional, com teores variando Alm 46-48, Grs 32-36 e Prp 19-20 no núcleo, e Alm 49-50, Grs 29-32 e Prp 13-19 na borda (Gráficos 13 e 14). No entanto as composições de borda não se alinham nos *trends* composicionais, provavelmente devido às trocas de Ca e Mg com plagioclásio e hornblenda das coronas simplectíticas (Gráficos 15, 16 e 17).

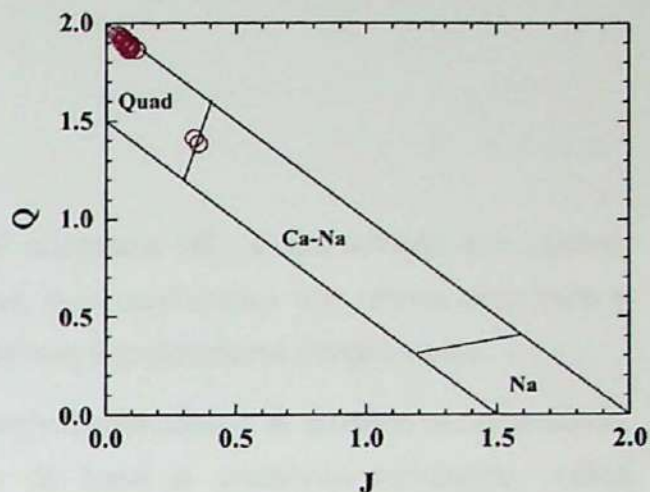
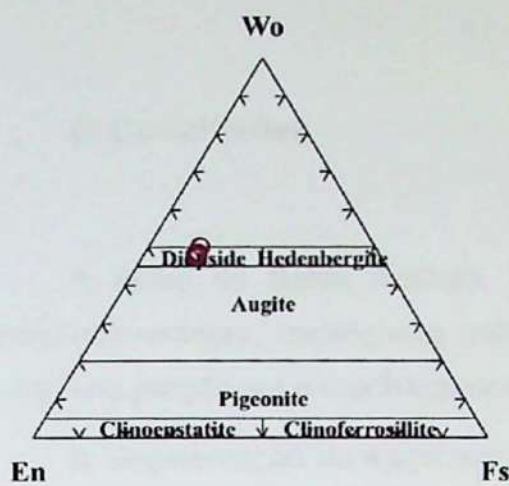
O plagioclásio varia de andesina rica em Ca (An 49) a rica em Na (An 31) (Gráfico 18) ocorrendo principalmente em coronas envolta da granada e em simplectitos com clinopiroxênio e quartzo e/ou hornblenda e quartzo.

O clinopiroxênio se enquadra no grupo de piroxênios cálcicos, no campo do diopsídio, com composições locais de teor relativamente alto em Na (Gráficos 19 e 20). Ocorrem em grãos xenoblásticos, ricos em intercrescimentos lamelares e vermiformes de quartzo e plagioclásio, o que sugere um clinopiroxênio anterior onfacítico, mais rico em Si, Al e Na.

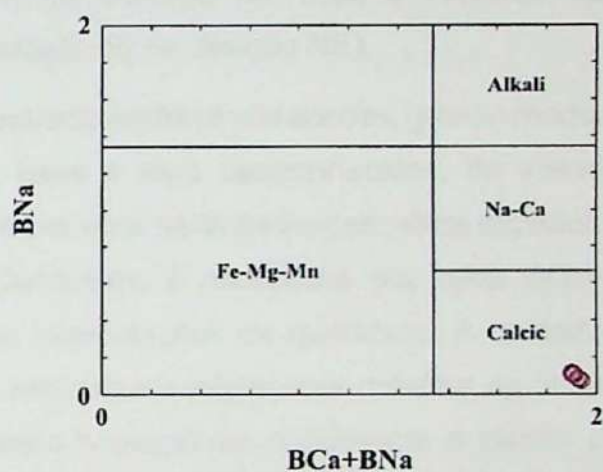
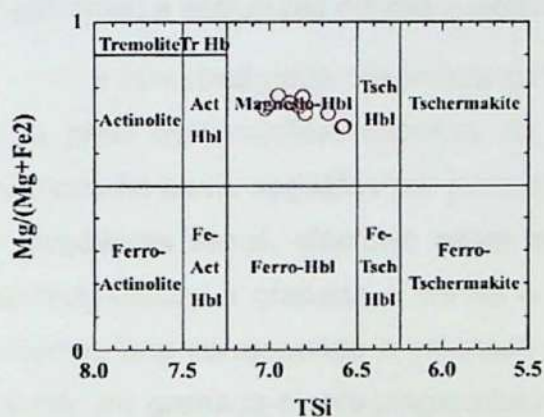
Os anfibólios são Mg-hornblenda, do grupo dos anfibólios cálcicos de $Na+K < 0,5$ e $Ti < 0,5$ (Gráficos 21 e 22). Apresentam-se em cristais subidioblásticos e em simplectitos associados a quartzo e plagioclásio. Ocorre também biotita associada a hornblenda simplectítica.

Os dados utilizados no THERMOCALC, promoveram resultados satisfatórios para as associações de borda interna e borda externa da granada. Para a borda interna utilizou-se plagioclásio albitico, clinopiroxênio com maior teor em Na, anfibólio, imenita e rutilo. A borda externa foi calculada com base na associação com plagioclásio rico em Ca, biotita, anfibólio, clinopiroxênio cálcico, ilmenita e rutilo.

As condições obtidas (Tabela 1) registram pressões e temperaturas de estágios pós eclogíticos, em fácies granulito de alta pressão, $T \sim 830^\circ \text{C}$ e $P \sim 13,5 \text{ Kbar}$. (Figura 12).



Gráficos 19 e 20: Classificação dos piroxênios - Amostra AR-IV-58d



Gráficos 21 e 22: Classificação dos anfibólios - Amostra AR-IV-58d

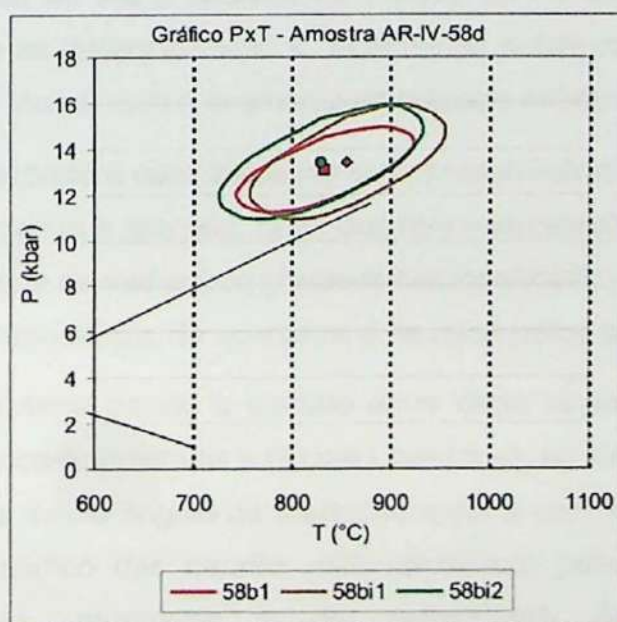


Figura 12: Condições metamórficas registradas em rocha metabásica da Nappe Liberdade Amostra AR-IV-58d

6. Conclusões

A Serra de Santo Antônio, no geral orientada NE, é constituída por rochas metassedimentares, metaígneas subordinadas, que conformam um relevo recortado e sinuoso na porção sul e morfologicamente contínuo e uniforme na porção norte.

A segmentação da serra sugere controle neotectônico. A análise morfométrica, utilizando-se de parâmetros de superfícies de base e gradiente hidráulico, indica anomalias NNW e NE, que poderiam ser correlacionadas às estruturas rúpteis recentes (lineamentos NNW conferidos pela orientação do Córrego da Cruz e Ribeirão da Cachoeira) e estruturas dúcteis proterozóicas (foliação S_2 de direção NE).

A litoestratigrafia observada da Nappe Aiuruoca-Andrelândia admite, grosso modo, uma pilha metamórfica, espessa de 1500 m, base e topo desconhecidos, de xistos pelíticos na base, seguidos por metagrauvacas e por uma série pelito-psamítica superior. A seqüência basal, alóctone sobre o Grupo Carrancas, é constituída por mica xistos porfiroblásticos a granada e cianita e com raras intercalações de quartzitos. A unidade intermediária corresponde a extensas camadas lenticulares (espessura máxima de 1600 m) de um granada-biotita-plagioclásio-quartzo xisto homogêneo, localmente a cianita e estauroлита. A unidade superior, com mica xistos porfiroblásticos a cianita e granada alternados com lentes de até a centena de metros de rochas quartzíticas, ocorre em contato brusco sobre as metagrauvacas e, localmente, sobre os xistos basais, devido às variações laterais de fácies, com a finamento da unidade intermediária.

A Nappe Liberdade é constituída por uma predominância de mica xistos pelíticos e porfiroblásticos, a cianita e granada, onde ocorrem intercalações subordinadas e pouco espessas (até a centena de metros) de gnaisses calciossilicáticos, de rochas metamáficas e lascas de rochas ultramáficas, de quartzitos e de mica xistos grafitosos.

Na região da serra ocorre o contato entre duas *nappes* metamórficas de alta pressão (Nappe Airuoca-Andrelândia e Nappe Liberdade), ao longo de uma rampa lateral esquerda oblíqua, de médio ângulo de mergulho a sul e com forte mergulho a norte. O transporte sin-metamórfico das *nappes* está controlado pela presença de lineações minerais de cianita, muscovita e de estiramento de quartzo, orientadas, preferencialmente, NE-SW e de baixo caimento, associadas a indicadores cinemáticos de de topo para NE.

Zonas de cisalhamento direcional, com movimento anti-horário e associadas a dobras fechadas D_3 , compartimentam a Nappe Aiuruoca-Andrelândia. São zonas de cisalhamento sin-metamórficas, com blastese de cianita, muscovita e biotita, que definem lineações minerais e foliação de alto ângulo de mergulho, plano axial de dobras tidas D_3 . Essas dobras, com comprimentos de onda de aproximadamente 1500 m, são cilíndricas e com eixo-B de fraco caimento para SW. São zonas de cisalhamento que facilitam o avanço tardi-metamórfico da Nappe Liberdade.

Pilhas de escamas de cavalgamento em duplex são observadas na Nappe Aiuruoca-Andrelândia, rompendo dobras D_3 , cilíndricas e com caimento SW, assimétricas e vergentes para NW. São cavalgamentos que admitem transporte de topo para N, sob mais baixas temperaturas, definidos por indicadores cinemáticos associados a uma lineação de estiramento de *ribbons* de quartzo. Lineações NW-SE, de orientação de muscovita, encontram-se presentes. Essas estruturas devem acomodar o transporte metamórfico tardio da Nappe Liberdade, que corta essa pilha de escamas.

As rochas metamórficas da Nappe Liberdade exibem texturas metamórficas sugestivas da presença precoce de clinopiroxênio onfacítico (em associação com granada, rutilo e quartzo), sugerindo condições metamórficas fácies eclogito. Diopsídio, anfibólio e plagioclásio, em texturas de desequilíbrio com granada, registram, no entanto, condições metamórficas sin-*nappe* de entrada na fácies granulito de alta pressão ($T \sim 830^\circ\text{C}$ e $P \sim 13,5$ Kbar).

Os metapelitos desta *nappe*, se apresentam e estruturas (alteradas) que indicam baixo volume de fusão parcial (leucossomas e melanossomas estromáticos e lenticulares, esparsos e espessos do centímetro), em rochas ainda ricas em muscovita, não registram texturas reliquiares daquelas condições extremas de temperatura, ou de pressão. No entanto a presença de porfiroblastos de plagioclásio com núcleos quase albiticos, incompatíveis com temperaturas fácies anfibolitos superior, e de granada com registros de troca de Ca por Fe^{2+} em direção as bordas, são sugestivos de pressões superiores àquelas obtidas para a foliação S_2 . Os metapelitos registraram uma trajetória retrogressiva, parcial, em descompressão isotérmica ($T \sim 630^\circ\text{C}$ e P de 9 a 7,8 Kbar), seguida por um fraco aquecimento ($T \sim 660^\circ\text{C}$), sempre no campo da estauroлита. É possível que as condições de pico térmico tenham sido apagadas nos cálculos de temperatura baseados na troca Fe^{2+} -Mg entre granada e biotita.

Os metassedimentos da Nappe Aiuruoca-Andrelândia encontram-se na fácies anfibolito de alta pressão, no campo da estaurolita e da Mg-Clorita, no topo das escamas e em presença de anatexia sin-S₂ na base. Registram trajetórias metamórficas progressivas, sob condições P-T precoces compatíveis com fácies xisto verde de alta pressão (T~510°C , P~10 Kbar) e acompanhada por um incremento quase-isobárico da temperatura (T~640°C, P~9,8 Kbar). Sobrecrecimentos de granada, em equilíbrio textural com micas poligonizadas na S₂ e na S₃ também registram condições progressivas, de T~480°C e P~7,4 Kbar, para T~620°C e P~8,0 Kbar, indicando um episódio de relaxamento da pressão e da temperatura.

Os cálculos termobarométricos não registraram o pico térmico preservado nas estruturas de fusão parcial por quebra incongruente de muscovita.

As condições semelhantes obtidas para os metapelitos das duas *nappes* são sugestivas de "equilíbrio" pós-cinemático, quando as estruturas já se encontravam justapostas.

Um evento metamórfico fácies eclogito M₁, na Nappe Liberdade, é o registro de um estágio tectônico controlado por subducção, não estando evidente que a pilha da Nappe Aiuruoca-Andrelândia tenha sido tão profundamente soterrada. Por outro lado, o relaxamento da pressão e da temperatura registrado nos metapelitos da Nappe Aiuruoca-Andrelândia sugere dois outros eventos metamórficos, que, no entanto, seriam incompatíveis com a progressão estrutural e petrográfica observada entre as estruturas na S₂ e na S₃.

7. Referências Bibliográficas

Almeida, S., 1998. *Petrologia de rochas ultramáficas associadas ao Grupo Andrelândia e seu embasamento, na região de Liberdade, Arantina, Andrelândia, São Vicente de Minas e Carrancas, MG*. Tese de Doutorado, IGc-USP.

Brito Neves, B.B., Campos Neto, M.C. & Fuck, R.A., 1999. From Rodinia to Western Gondwana: An approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. *Episodes*, **22**: 155-166.

Campos Neto, M.C., 2000. Orogenic Systems from Southwestern Gondwana, an approach to Brasiliano-Pan African Cycle and Orogenic Collage in Southeastern Brazil. *Tectonic Evolution in South America*, p. 335-365.

Campos Neto, M.C., Basei, M.A.s., Vlach, S.R.F., Caby, R., Szabó, G.A.J. & Vasconcelos, P., 2004. Migração de orógenos e superposição de orogêneses: Um esboço da colagem brasileira no sul do Cráton do São Francisco, SE – Brasil. *Geologia USP*, 4 (1): 13-40.

Campos Neto, M.C. & Caby, R., 1999. Tectonic constrain on Neoproterozoic high-pressure metamorphism and nappe system south of São Francisco craton, southeast Brazil. *Precambrian Research*, 97: 3-26.

Campos Neto, M.C. & Caby, R., 2000. Lower crust extrusion and terrane accretion in the Neoproterozoic nappes of southeast Brazil. *Tectonics*, 19: 669-687.

Campos Neto, M.C., Caby, R., Janasi, V.A., Basei, M.A.S., Garcia, M.G.M. & Siga Jr., O., 1999. Transition from continental to intracontinental subduction, south of São Francisco craton: Terrane accretion, metamorphic paths and nappe kinematics. In: SNET, 7. Anais, SBG-BA e ABGP: p. 66-70.

Chiessi, C. M., 2004. *Tectônica cenozóica do maciço alcalino de Passa Quatro (SP-MG-RJ)*. Dissertação de Mestrado, IGc-USP.

Del Lama, E.A., Zanardo, A., Oliveira, M.A.F. e Morales, N., 2000. Exhumation of high-pressure granulites of the Guaxupé Complex, Southeastern Brazil. *Geological Journal*, 35: 231-249.

Freitas, F.C., 2000. *Geotermobarometria e evolução metamórfica das rochas granuíticas da região de Socorro-SP*. Dissertação de Mestrado, IG-USP (inédita): 175 p.

Garcia, M.G.M. e Campos Neto, M.C., 2003. Contrasting metamorphic conditions in the Neoproterozoic collision-related nappes, South of São Francisco Craton, SE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, p. 853-870.

Grohmann, C.H., 2004. *Técnicas de Geoprocessamento aplicadas à análise morfométrica*. Dissertação de Mestrado, IGc-USP.

Hiruma, S.T., & Riccomini, C., 1999. Análise morfométrica em neotectônica: o exemplo do Planalto de Campos de Jordão. *Revista do Instituto Geológico*, 20: 5-19.

Moraes, R., 1997. *Condições e evolução do metamorfismo no Complexo Barro Alto e litogeoquímica do vulcanismo bimodal da Sequência Juscelândia, Goianésia, Goiás*. Tese de Doutorado, Unb. 386p.

Paciullo, F.V.P., Trouw, R.A.J., Ribeiro, A., Simões, L.A. & Lopes, M., 2002. *Mapa Geológico, Folha andrelândia 1:100.000*. UFRJ,UFGM, COMIG.

Powell, R. & Holland, T.J.B., 1988. An internally consistent thermodynamic data set with uncertainties and correlations: 3. Application methods, a worked example and a computer program. *Journal of Metamorphic Geology*, **6**: 173-204.

Ramsay, J.G. & Huber, M.I., 1983 e 1987. *The Techniques of Modern Structural Geology*, Vols. 1 e 2. Academic Press, Oxford.

Ribeiro, A., Trouw, R.A.J., Andreis, R.R., Paciullo, F.V.P., Valença, J.G., 1995. Evolução das bacias proterozóicas e o termo-tectonismo brasileiro na margem sul do cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, **25**: 235-248.

Rodrigues, S.K., 1993. *Neotectônica e sedimentação quaternária na região da "Volta Grande" do Rio Xingu, Altamira, PA*. Dissertação de Mestrado, IGc-USP.

Salvador, E.D., 1994. *Análise neotectônica da região do Vale do Rio Paraíba do Sul compreendida entre Cruzeiro (SP) e Itatiaia (RJ)*. Dissertação de mestrado. IGc-USP.

Jaim, V.E., 1980. *Geotectônica general*. Moscou: Mir Ed., v. 1, 357p.

Santos, L.P., 2004. *Trajetórias metamórficas de ambientes colisionais: Domínios frontais das nappes Aiuruoca-Andrelândia e Lima Duarte, borda sul do Cráton do São Francisco, Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, IGc-USP: 90 p.

Santos, L.P., Campos Neto, M.C. & Carvalho, C.H.G., (inédito). Metamorphic path constrained by metapelitic rocks from the inner Aiuruoca-Andrelândia Nappe, Southern of the São Francisco craton, SE Brazil. *Submetido ao Journal of South American Earth Sciences*.

Spear, F.S., 1993. *Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths*. Mineralogical Society of America, 798 p.

Strahler, A.N., 1952. Dynamic basis of geomorphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, **63**: 923-938.

Trouw, R.A.J., 1992. Evolução tectônica do sul do cráton do São Francisco baseada em análise metamórfica. In: 37º Congresso Brasileiro de Geologia, p. 327.

Trouw, R.A.J. & Castro, E.M., 1996. Significado tectônico de granulitos Brasileiros de alta pressão no sul de Minas Gerais. In: 39º Congresso Brasileiro de Geologia, **6**:145-148.

Trouw, R.A.J., Heilbron, M., Ribeiro, A., Paciullo, F., Valeriano, C.M., Almeida, J.C.H., Tupinambá, M. & Andreis, R.R. 2000. The central segment of Ribeira Belt. *Tectonic Evolution of South America*, Rio de Janeiro, 2000: p. 287-310.

Trouw, R.A.J., Paciullo, F.V.P. & Ribeiro, A., 1998. Tectonic significance of Neoproterozoic high pressure granulites in southern Minas Gerais. . In: 14th International Conference on Basement Tectonics, 1998, Ouro Preto, Brazil, *Abstracts*, p. 69-71.

Trow, R.A.J., Ribeiro, A., Paciullo, F.V.P.. 1983. Geologia estrutural dos grupos São João del Rei, Carrancas e Andrelândia, sul de Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **55** (1): 71-85.

Vilela, L.G.G., 2004. *Petrografia, geotermobarometria e evolução metamórfica de granulitos básicos de alta pressão e rochas transicionais para fácies eclogito na região de Lima Duarte, MG*. Dissertação de Mestrado, IG-USP: 180 p.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo 4

Descrições sucintas das lâminas delgadas

Nappe Liberdade

Unidade Metapelítica:

(AND-XVI-07, AND-XVI-22, AND-XVI-51, AND-XVI-57, AND-XVI-73, AR-VI-04, AR-VI-21, AR-VI-23a, AR-VI-138, AR-VI-142, AR-IV-22, AR-IV-58d, AR-IV-201, AR-IV-205)

AND-XVI-07: Rocha foliada e crenulada com textura lepidoblástica e bandas milimétricas granoblásticas que definem dobras da crenulação. Ocorrem arcos poligonais de muscovita e menor quantidade de biotita. É visível foliação plano-axial da crenulação (S3) localmente. Apresenta porfiroblastos de granada de 1 a 5 mm. Matriz possui granulação inequigranular fina-média que varia de 0,5 a 1,5 mm. Granada apresenta-se idio a subidioblástica. Foliação principal (S2) é definida por muscovita e biotita, assim como a foliação posterior (S3).

granada: 5% muscovita: 40% biotita: 15-20% quartzo: 30%
turmalina: <<5% opacos: 5%

► granada-biotita-muscovita xisto quartzoso lepidoblástico porfiroblástico inequigranular fino-médio.

Minerais	Pré-S2	S2	Pós-S2	S3
Granada		- - - - -	-	
Muscovita	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Biotita	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Quartzo	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -

AND-XVI-22: Rocha foliada com textura lepidoblástica, bandas granoblásticas submilimétricas e porfiroblastos de granada e cianita. Matriz de granulação inequigranular

média (0,5-2 mm) e granada com até 4,5 mm. Foliação principal (S2) é marcada por muscovita e apresenta-se dobrada, com dobras fechadas e foliação plano-axial (S3). Porfiroblastos de granada apresenta foliação interna dobrada. Ocorre cianita e estaurolita concordante à foliação S2 e à foliação S3. Há cianita e estaurolita na borda dos porfiroblastos de granada junto com muscovita. Ocorre estaurolita e cianita em paragênese na S3.

muscovita: 30% quartzo: 35% cianita: 10% estaurolita: <10% granada: 5%
 grafita: ± 5%

► granada-estaurolita-cianita-muscovita-quartzo xisto grafitoso lepidoblástico
 porfiroblástico inequigranular médio.

Minerais	Pré-S2	S2	Pós-S2	S3	Pós-S3
Granada	-	-	-	-	-
Muscovita	-	-	-	-	-
Cianita	-	-	-	-	-
Estaurolita	-	-	-	-	-
Quartzo	-	-	-	-	-

AND-XVI-51: Rocha foliada com textura nematoblástica de granulação inequigranular fina (0,1-1 mm). Foliação marcada por hornblenda, titanita e epídoto/clinozoisita.

hornblenda: 45% epídoto/clinozoisita: 10% titanita: 15% plagioclásio: 30%

► epídoto/clinozoisita-titanita anfibolito nematoblástico inequigranular fino.

AND-XVI-57: Rocha foliada e crenulada. Textura lepidoblástica com bandas irregulares quartzosas (granoblásticas) com maior concentração relativa de porfiroblastos de cianita. Matriz apresenta granulação inequigranular média, variando entre 0,5 e 2 mm, e porfiroblastos de cianita com até 3 mm. Ocorre cianita e muscovita definindo foliação principal (S2) crenulada. Há arcos poligonais de muscovita entre S2 e cianita dobrada em

dobras D2 (intrafoliais). Há estaurolita na S2 em paragênese com a cianita. Ocorre granada subidioblástica em formas arredondadas acompanhando S2, distribuídas nas bandas lepidoblásticas. Ocorre cianita, muscovita e biotita discondantes à foliação principal, provavelmente relacionada à S3 (plano-axial da crenulação). Bordas da cianita apresenta muscovita (reação de substituição).

granada: 10-15% cianita: 10% estaurolita: <5% quartzo: 25-30%
 plagioclásio: <<5% biotita: 15-20% muscovita: 20% opacos: 5-10%

► cianita-granada-biotita-muscovita-quartzo xisto com estaurolita granolepidoblástico porfiroblástico inequigranular médio.

Minerais	Pré-S2	S2	Pós-S2	S3	Pós-S3
Granada	-	—	-		
Muscovita	-	—	-	—	-
Cianita	-	—	-	—	-
Estaurolita		—	-		
Quartzo	-	—		—	-
Biotita	-	—	-	—	-

AND-XVI-73: Rocha foliada, com bandas lepidoblásticas a muscovita e biotita e bandas granoblásticas a quartzo e plagioclásio. Possui granulação inequigranular média. Bandas granoblásticas apresentam megacristais de quartzo com extinção ondulante e plagioclásio, chegando quartzo a 4-5 mm e plagioclásio a 2-3 mm. Bandas lepidoblásticas apresentam aglomerados de muscovita desorientados (polimorfos ?). Ocorre aglomerado sigmoidal de muscovita com restos de cianita no centro (polimorfos de cianita !?). Ocorrem arcos poligonais de muscovita e alguns de biotita. Há biotita e muscovita pós-S2.

muscovita: >30% biotita: >15% quartzo: 35% plagioclásio: <10% opacos: 10%

► biotita-muscovita-quartzo xisto lepidoblástico inequigranular médio.

AR-VI-04: Rocha foliada com textura porfiroblástica lepidoblástica. Apresenta granulação grossa com porfiroblastos de granada e cianita. Ocorre muscovita, biotita e estauroлита idio a subidioblásticos. Há a paragênese biotita, cianita e estauroлита na foliação principal (S2). Porfiroblastos de granada possuem foliação interna dobrada pré-S2, marcada por inclusões de quartzo e biotita, definindo textura poiquiloblástica para o núcleo dos porfiroblastos. Ocorre inclusões de estauroлита e rutilo na borda da granada (região com menos inclusões). Há também inclusões de clorita na granada. Há cianita dobrada com extinção ondulante. Cianita apresenta inclusões de rutilo, quartzo e biotita. Porfiroblasto de granada chega a 1,5-2 cm e de cianita a 0,8-1 cm. Quartzo ocorre com extinção ondulante em níveis amendoados, granoblásticos.

quartzo: 10% muscovita: >15% biotita: 10-15% estauroлита: 5-10%
 cianita: 10-15% granada: 30% turmalina: <5% clorita+rutilo+opacos: <5%

► estauroлита-cianita-granada-biotita-muscovita xisto porfiroblástico inequigranular grosso.

Minerais	S1	Pós-S1	S2	Pós-S2
Granada	-	_____	-	
Muscovita		-	_____	-
Cianita		-	_____	-
Estauroлита		-	_____	-
Quartzo	-	_____		-
Biotita		-	_____	-

AR-VI-21: Rocha foliada e crenulada com bandas lepidoblásticas (ricas em micas), bandas lenticulares/amendoadas granoblásticas (ricas em quartzo) e granulação média. Ocorre quartzo, cianita e muscovita com extinção ondulante. Núcleo da granada possui inclusões de quartzo, biotita e opacos definindo foliação interna diferente da foliação externa (S2). Observam-se inclusões de quartzo arredondadas na granada (reações com líquido??). Ocorre cianita sub a idioblástica na S2 e na S3 (plano-axial da crenulação). Estauroлита e plagioclásio aparecem em pequena quantidade. Além de cianita, há muscovita e biotita na S3.

granada: 10% cianita: 5-10% biotita: 15-20% muscovita: >20%
quartzo: 40% estaurolita: <5% opacos: <5% plagioclásio: <5%

► cianita-granada-biotita-muscovita-quartzo xisto com estaurolita e plagioclásio lepidoblástico e granoblástico inequigranular médio.

Minerais	Pré-S2	S2	Pós-S2	S3	Pós-S3
Granada	- -	—————	-		
Muscovita	- -	—————	-	—————	- - -
Cianita		- ——— -		—————	-
Estaurolita		- ——— -			
Quartzo	-	—————	—————	—————	-
Biotita	- -	—————	-	—————	- - -

AR-VI-23a: Rocha foliada com crenulação incipiente. Apresenta textura granolepidoblástica (predominância de bandas micáceas em relação às bandas ricas em quartzo e plagioclásio) com porfiroblastos de granada. Granulação varia de 0,5 mm (grãos de quartzo e plagioclásio) a 2 mm (grãos de muscovita e biotita) na matriz e porfiroblastos de granada com até 3,5 mm. Porfiroblastos possuem núcleo rico em inclusões (quartzo, clorita, biotita, opacos e rutilo?!). Há inclusões definindo foliação interna dobrada (sin-cinemática ou pré?). Foliação principal (S2) é marcada por micas (muscovita e biotita) sub a idioblásticas e bandas alongadas de quartzo e plagioclásio. Ocorre turmalina, apatita, zircão e opacos como minerais acessórios. Há arcos poligonais definidos principalmente por muscovita.

granada: <10% quartzo: 20-25% plagioclásio (oligoclásio): 10% muscovita: 35%
biotita: 15% turmalina + opacos + clorita + apatita + zircão: 5%

► granada-plagioclásio-biotita-muscovita xisto granolepidoblástico porfiroblástico médio.

Minerais	S1	Pós-S1	S2	Pós-S2	S3
Granada	-	?	-	-	-
Muscovita	-	-	-	-	-
Plagioclásio		-	-	-	
Quartzo		-	-	-	
Biotita	-	-	-	-	-

AR-VI-138: Rocha foliada e dobrada (crenulada) com textura granolepidoblástica porfiroblástica (porfiroblastos de granada, cianita e muscovita). Apresenta granulação média na matriz (0,1-1,5 mm) e porfiroblastos chegado a 4,5 mm (granada). Há granada com inclusões de quartzo, clorita, rutilo e apatita, por vezes marcando dobras de foliação pré-existent (pré foliação principal (S2) = S1). É possível observar arcos poligonais de micas. Foliação principal é marcada por muscovita e biotita, contendo cianita e estaurolita. Crenulação propicia foliação posterior (S3) relativamente incipiente, marcada por muscovita e ainda estaurolita (idioblástica) e cianita?. Ocorre níveis ricos em quartzo e plagioclásio intercalados a níveis lepidoblásticos (ricos em micas). Quartzo apresenta subgrãos e extinção ondulante. Cianita também apresenta extinção ondulante, subidioblástica. Ocorre cianita envolvida por biotita (substituição?).

granada: 5-10% cianita: <10% muscovita: 15% biotita: 20% quartzo: 25%
 plagioclásio: 10% estaurolita: 3% opacos: <5%

► granada-cianita-plagioclásio-muscovita-biotita xisto com estaurolita granolepidoblástico porfiroblástico inequigranular médio.

Minerais	S1	Pós-S1	S2	Pós-S2	S3
Granada	-	————	-		
Muscovita		- ——— -	————	- -	—— - -
Cianita			- ——— -	- -	- - -
Estaurolita			- ——— -		—— - -
Quartzo	-	————	————	- ?	- - -
Biotita	-	- ——— -	————	- -	

AR-VI-142: Rocha com bandamento incipiente e textura granoblástica. Ocorrem bandas descontínuas ricas em hornblenda. Há grãos de granada poiquiloblástica. Possui carbonato?, plagioclásio e quartzo definindo a textura predominante granoblástica. Há titanita e epidoto/clinozoisita. No geral os minerais apresentam-se xenoblásticos a ligeiramente subidioblásticos. Ocorrem opacos idio a subidioblásticos.

quartzo: 40% hornblenda: 20% epidoto/clinozoisita: 15-20% plagioclásio: <5%
granada: 5% titanita + opacos: 5% carbonato?: 5%

► calciossilicática

AR-IV-22b: Rocha bandada com dois tipos de anfibólios (tremolita – incolor e actinolita/hornblenda? – verde pálido) e clinopiroxênio (diopsídio) definindo textura nematoblástica. Há bandas granoblásticas com quartzo, plagioclásio e carbonato. Ocorre intercrescimento de quartzo em plagioclásio. Há titanita sub a idioblástica como inclusões. Clinozoisita aparece substituindo anfibólio e plagioclásio. Há anfibólios discordantes ao bandamento (pós-cinemático). Clinopiroxênio apresenta inclusões de anfibólio, titanita, quartzo e carbonato. Há anfibólio substituindo clinopiroxênio (retrometamorfismo). Ocorre allanita incluída em clinozoisita.

diopsídio: 20% tremolita: 20% actinolita?: 30% clinozoisita: 10% carbonato: <5%
quartzo: ±5% plagioclásio: ±5% titanita: >5% allanita: traço

► calciossilicática

Minerais	S2	Pós-S2	Retro
Diopsídio	- ——— -		
Anfibólios	- ——— -	-	——— -
Clinozoisita		- ——— -	-
Carbonato	- ——— -		
Quartzo	- ——— -	- -	
Plagioclásio	- ——— -	- -	

AR-IV-58d: Rocha foliada com textura nematoblástica marcada por anfibólio (hornblenda) e textura coronítica de plagioclásio na granada. Ocorrem texturas simplectíticas envolvendo clinopiroxênio, quartzo e plagioclásio, e hornblenda, quartzo e plagioclásio. Formas arredondadas das coronas de plagioclásio sugerem reações de minerais (no caso granada) com líquido (fusão parcial?). Hornblenda ocorre subidioblástica de granulação mais grossa que a matriz, chegando a 2,5 mm. Matriz é inequigranular fina-média e varia de <0,1 mm (simplectitos) a 2,5 mm.

AR-IV-201b: Rocha bandada com bandas granoblásticas (quartzo e plagioclásio) e bandas nematoblásticas (diopsídio e hornblenda). Há cristais de granulação mais grossa de quartzo (± 2 mm) com extinção ondulante e outros de granulação mais fina em contatos poligonizados (retos) a côncavo-convexo com plagioclásio. Plagioclásio apresenta grande quantidade de inclusões de zoisita e, subordinadamente, hornblenda. Ocorre também plagioclásio nos interstícios das bandas nematoblásticas. Observa-se clinopiroxênio (diopsídio) com feições de substituição clinopiroxênio $\Rightarrow$ hornblenda e hornblenda $\Rightarrow$ clinopiroxênio (retro). Há titanita, carbonato e granada como acessórios.

plagioclásio: <30% quartzo: 35% hornblenda: >15% diopsídio: 10%
zoisita: >5% titanita + carbonato + granada: <5%

► calciossilicática

Minerais	S2	Pós-S2
Plagioclásio	- - - - -	-
Quartzo	- - - - -	-
Zoisita		- - - - -
Hornblenda	- - - - -	- - - - -
Diopsídio	- - - - -	-

AR-IV-205: Rocha foliada e xistosa, lepidoblástica com porfiroblastos de granada deformados a pouco deformados. Foliação principal (S2) é definida por muscovita, com arcos poligonais de mica (S1) e quartzo granoblástico entre as bandas micáceas. Granada apresenta-se alterada (óxido de Fe) e contém inclusões de muscovita e quartzo. Há turmalina na matriz.

granada: <20% quartzo: ±30% muscovita: ±50% turmalina: <5%

► granada-muscovita xisto porfiroblástico médio-fino.

Minerais	Pré-S2	S2	Pós-S2
Granada	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Muscovita	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Quartzo	- - - - -	- - - - -	- - - - -

Unidade de Metaultramáficas:

AR-IV-59a: Rocha maciça com porfiroblastos de antofilita sem orientação (fibrorradiados). Antofilita apresenta-se subidioblástica com até 8 mm de extensão (ao longo do eixo c), em hábito acicular, com talco intersticial em granulação fina, carbonato (magnesita ou dolomita?) granular sendo substituído e/ou associado a talco. Há cristais subxenoblásticos possivelmente olivina. Ocorrem opacos disseminados em toda lâmina (idio a xenoblásticos), minerais idioblásticos de granulação fina de flogopita (possivelmente) e minerais de coloração dourado/amarelado, sugerindo tratar-se de humita.

antofilita: 60% talco: 20% carbonato: <10% olivina: <5% opacos: <5%
flogopita? + humita?: <<5%

► carbonato-talco-antofilita fels porfiroblástico.

Nappe Aiuruoca-Andrelândia

Unidade Xisto tipo Santo Antônio:

(AND-XVI-32, AND-XVI-37, AND-XVI-77a, AND-XVI-77b, AND-XVI-82a, AND-XVI-88b, AND-XVI-104, AR-VI-60, AR-VI-110, AR-VI-150, AR-VI-160b, AR-IV-7, AR-IV-31a, AR-IV-89, AR-IV-89a, AR-IV-89b, AR-IV-177, AR-IV-169, AR-IV-225)

AND-XVI-32: Rocha foliada com textura lepidoblástica e bandas estiradas ricas em quartzo com extinção ondulante (granoblásticas). Há porfiroblastos de granada. Foliação principal (S2) é definida por biotita e ,secundariamente, muscovita. Foliação principal apresenta-se ondulada. Ocorre turmalina e opacos como acessórios. Granada não se apresenta deformada e possui inclusões de clorita, biotita e muscovita.

granada: 5% muscovita: 5-10% biotita: 25% quartzo: 35-40%
plagioclásio: 15% turmalina + clorita + opacos: 5%

► granada-muscovita-plagioclásio-biotita-quartzo xisto com bandas lepidoblásticas, bandas granoblásticas e porfiroblastos de granada, inequigranular fino-médio.

Minerais	Pré-S2	S2	Pós-S2
Granada		- - - - -	-
Muscovita	- -	- - - - -	- -
Biotita	- -	- - - - -	-

AND-XVI-37a: Rocha foliada com textura lepidogranoblástica. Foliação principal (S2) é marcada por biotita, em leitos descontínuos. Há granada, estaurolita e cianita dispersas na lâmina. Apresenta granulação inequigranular fina, com grãos mais grossos de até 1,5 mm. Ocorre foliação oblíqua relativamente incipiente, com estaurolita, biotita e cianita. Granada aparece xenoblástica. Há clorita, apatita e zircão como minerais acessórios. Quartzo e plagioclásio definem a textura granoblástica.

granada: 5% estaurolita: 5-10% cianita: 5-10% biotita: 25% plagioclásio: 15%
quartzo: 35-40% muscovita + clorita + zircão + apatita: 5% opacos: <5%

► granada-cianita-estaurolita-plagioclásio-biotita-quartzo xisto lepidogranoblástico
inequigranular fino.

Minerais	Pré-S2	S2	Pós-S2	S3	Pós-S3
Granada	-	—	-		
Biotita	-	—	-	—	-
Cianita	-	—	-	—	-
Estaurolita	-	—	-	—	- ?
Quartzo	-	—	—	—	-
Clorita	-	—	-		

AND-XVI-77a: Rocha foliada com textura granoblástica e bandas ricas em micas e porfiroblastos de granada. Foliação principal (S2) é definida por biotita e, secundariamente, muscovita. Há dois tipos de granada, uma poiquiloblástica xenoblástica, estirada segundo S2 e outra subidioblástica com poucas inclusões. Há inclusões de biotita, clorita, quartzo e plagioclásio nos dois tipos de granada. Porfiroblastos chegam a 4 mm, enquanto a matriz é inequigranular fina-média, variando de 0,25 a 1,5 mm. Quartzo e plagioclásio (oligoclásio-andesina) definem textura granoblástica. Há alguns minerais (micas principalmente) discordantes à foliação principal (pós-S2). Observou-se um grão de cianita, além de apatita, zircão e rutilo. Há clorita na borda do grão de granada subidioblástico (retro).

granada: 5% biotita: 20-25% quartzo: 30% plagioclásio: 15-20%
 muscovita: 5-10% cianita: <<5% opacos + zircão + rutilo: 5% clorita: <5%

► granada-muscovita-plagioclásio-biotita-quartzo xisto lepidogranoblástico porfiroblástico inequigranular fino-médio.

Minerais	S2	Pós-S2	S3
Granada	- - — - -		
Muscovita	- - — - -	- - - - -	. ?
Biotita	- - — - -	- - - - -	. ?
Clorita	— -	— -	-

AND-XVI-77b: Mesma rocha da lâmina AND-XVI-77a. Apresenta porfiroblasto de granada subidioblástica com foliação interna ortogonal à foliação externa (S2). Ocorre também granada poiquiloblástica com foliação interna discordante à S2. (geração de granada na S1 ou S3?)

AND-XVI-82a: Rocha foliada com textura lepidoblástica marcada por biotita e bandas granoblásticas ricas em quartzo e plagioclásio. Matriz de granulação fina-média com porfiroblastos de granada de até 4,5 mm e grãos mais grossos de cianita (até 2 mm) e estaurolita (até 1 mm). Granada apresenta foliação interna crenulada diferente da foliação externa S2 (S1 !?). Estaurolita ocorre na S2 e discordante à foliação, sub a idioblástica. Fibrolita ocorre associada a biotita. Há cianita xenoblástica/corroída. Cianita e estaurolita (?) aparecem na S3. Quartzo poligonizados a estirados segundo S2. Há turmalina como acessório. Ocorrem arcos poligonais de biotita.

granada: >5% cianita: ±5% estaurolita: ±5% quartzo: 35-40% plagioclásio: 10%
 muscovita: >5% biotita: <30% turmalina+opacos: 5%

► cianita-estaurolita-granada-muscovita-plagioclásio-biotita-quartzo xisto lepidogranoblástico porfiroblástico inequigranular fino-médio.

Minerais	Pré-S2	S2	Pós-S2	S3	Pós-S3
Granada	- - - - -	- - - - -	- - - - -		
Biotita	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Cianita		- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Estaurolita		- - - - -	- - - - -	- - - - - ?	- - - - - ?
Quartzo	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Muscovita	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -

AND-XVI-82b: Rocha fortemente foliada e xistosa, com textura lepidoblástica e bandas submilimétricas a milimétricas granoblásticas. Há porfiroblastos de estaurolita deformados. Foliação principal (S2) é definida por muscovita com granada idio a subidioblástica alterada (auréola intempérica). Ocorrem arcos poligonais de muscovita, materializando foliação pretérita (S1). Foliação principal apresenta-se anastomosada, moldando os cristais de estaurolita (subidioblástico a xenoblástico). Há turmalina e inclusões de granada, quartzo e opacos na estaurolita.

granada: 10-15% estaurolita: 5% muscovita: 45-50% quartzo: <20%
 turmalina: 5% opacos: 5%

► estaurolita-granada-muscovita xisto lepidoblástico porfiroblástico inequigranular médio.

Minerais	S1	Pós-S1	S2	Pós-S2
Granada			- - - - -	- - - - -
Muscovita	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Quartzo	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Estaurolita			- - - - -	- - - - -

AND-XVI-104: Rocha foliada com textura porfiroblástica e alternância de bandas lepidoblásticas a muscovita e biotita, e bandas granoblásticas a quartzo e plagioclásio. Apresenta granulação fina-média (0,1-2 mm) com porfiroblastos de granada de até 7 mm. Foliação principal é marcada principalmente por muscovita e apresenta-se

ondulada/anastomosada. Ocorre foliação oblíqua posterior incipiente definida por muscovita e biotita. Há inclusões de clorita, opacos, biotita e quartzo nos porfiroblastos de granada. Há reação metamórfica progressiva definida pela associação clorita⇒biotita⇒granada. Ocorre paragênese biotita + estaurolita + granada na foliação principal (S2). Estaurolita ocorre sub a idioblástica, concentrada nas bandas lepidoblásticas. Cianita ocorre subidioblástica na S2 e na S3. Há apatita, turmalina e opacos como acessórios. Há arcos poligonais de muscovita. Quartzo apresenta extinção ondulante e plagioclásio extinção concêntrica.

quartzo: 30-35% plagioclásio: 5-10% granada: 10% biotita: 15% muscovita: 25%
 cianita: <5% estaurolita: 5% clorita + opacos: 5% apatita + turmalina: <5%

► cianita-estaurolita-plagioclásio-granada-biotita-muscovita-quartzo xisto porfiroblástico inequigranular fino-médio.

Minerais	Pré-S2	S2	Pós-S2	S3	Pós-S3
Granada		- - - - -	-		
Biotita	-	- - - - -	- -	- - - - -	- - -
Cianita		- - - - -	- -	- - - - -	-
Estaurolita		- - - - -	- -		
Quartzo	-	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
Clorita	-	- - - - -	-		
Muscovita	- -	- - - - -	- -		

AR-VI-60: Rocha foliada/xistosa com textura porfiroblástica granoblástica com lâminas lepidoblásticas a biotita. Porfiroblastos de granada chegam a 2,25-8 mm e porfiroblasto de cianita a 4,25 mm. Granulação da matriz é inequigranular média (0,1-1 mm). Foliação principal (S2) é definida por biotita e cianita. Há estaurolita idioblástica na S2, pós-biotita. Ocorre foliação posterior incipiente (S3) com crescimento de biotita, muscovita e cianita. Há porfiroblastos de granada com foliação interna dobrada e oblíqua/ortogonal à foliação principal. Ocorrem inclusões de rutilo, quartzo e biotita na cianita, rutilo na biotita e zircão na matriz. Estaurolita apresenta-se corroída por quartzo. Há biotita envolvendo a granada.

granada: <15% biotita: 20-25% quartzo: 30% plagioclásio: 10-15% cianita: 10%
 turmalina: 5% estaurolita: <5% apatita: <5%
 clorita+opacos+zircão+muscovita:<5% rutilo: <5%

► cianita-granada-plagioclásio- biotita-quartzo xisto porfiroblástico granoblástico
 inequigranular médio.

Minerais	Pré-S2	S2	Pós-S2	S3	Pós-S3
Granada	-	-----	-		
Biotita		-	-----	-	-----
Cianita		-	-----	-	-----
Estaurolita		-	-----		
Quartzo	-	-----	-----	-----	-
Plagioclásio	-	-----	-	-----	-

AR-VI-110: Rocha foliada de granulação média inequigranular. Apresenta textura lepidogranoblástica com bandas de predomínio de micas (lepidoblástico) e com predomínio de quartzo e plagioclásio (granoblástica). Apresenta foliação principal S2 crenulada, definida por biotita e muscovita com cianita, estaurolita e fibrolita. Cianita e estaurolita estão em paragênese na S2. Há granada de 1,5-2,2 mm, subidioblástica a xenoblástica com grande quantidade de inclusões (clorita, biotita, quartzo, muscovita e plagioclásio). Estaurolita e cianita ocorrem sub a idioblástica, com aprox. 0,5 mm e 0,1-1 mm respectivamente. Há foliação oblíqua marcada por biotita e muscovita. Fibrolita ocorre associada à biotita.

cianita: >5% estaurolita: <5% granada: 5-10% fibrolita: <5% quartzo: 30%
 plagioclásio: 15% opacos: 5% muscovita: 5-10% biotita: 20%

► fibrolita-estaurolita-cianita-granada-muscovita-plagioclásio-biotita-quartzo xisto
 lepidogranoblástico inequigranular médio.

Minerais	Pré-S2	S2	Pós-S2	S3	Pós-S3
Granada	? - - - - -	- -			
Biotita	? - - - - -	- - - - -	-	- - - - -	- - -
Muscovita	? - - - - -	- - - - -	-	- - - - -	-
Estaurolita		- - - - -	- -		
Quartzo/Plagioclásio	-	- - - - -	- - - - -	- -	
Cianita		- - - - -	- -		
Fibrolita			- - - - -	?	
Clorita	- - - - -				

AR-VI-150: Rocha fortemente foliada com textura lepidoblástica (definido a foliação) e bandas granoblásticas intercaladas (quartzo e plagioclásio). Foliação principal S2 é marcada por biotita e muscovita. Apresenta granulação inequigranular fina-média (0,1-2,25 mm). Granada apresenta granulação mais grossa (1,5-2,25 mm), xenoblástica com grande quantidade de inclusões de quartzo e biotita e foliação interna dobrada (pré-S2). Ocorre estaurolita idioblástica a subidioblástica na S2 e pós-S2 (S3 ?). Foliação principal apresenta-se crenulada. Há muscovita. Biotita e estaurolita? na S3. Há turmalina na S2, apatita na matriz e inclusões de opacos na granada. Ocorrem arcos poligonais de mica.

granada: <10% estaurolita: 5-10% biotita: 25% muscovita: 15-20%
quartzo: >35% plagioclásio: 10% turmalina+opacos+apatita: 5%

► estaurolita-granada-plagioclásio-muscovita-biotita-quartzo xisto lepidogranoblástico
inequigranular fino-médio.

Minerais	Pré-S2	S2	Pós-S2	S3	Pós-S3
Granada	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Biotita	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Muscovita	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Estaurolita	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Quartzo	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Plagioclásio	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -

AR-VI-160b: Rocha foliada com bandas granoblásticas e bandas lepidoblásticas. As bandas granoblásticas apresentam quartzo e plagioclásio. Quartzo apresenta extinção ondulante. Granulação das bandas granoblásticas variam de <1 a 8 mm. Bandas lepidoblásticas possuem biotita, muscovita, cianita e granada. Granada apresenta-se xenoblástica com inclusões de biotita, quartzo e rutilo. Cianita ocorre idioblástica a subidioblástica chegando a 3 mm. Ocorre apatita e turmalina. Há biotita substituindo granada (bordas e centro). S2 é marcada por biotita, cianita e muscovita. Há inclusão de clorita na granada.

granada: <10% cianita: 10-15% biotita: 15-20% muscovita: 5-10% quartzo: 25%
 plagioclásio: >20% clorita: <<5% opacos+apatita+turmalina: <5%

► muscovita-granada-cianita-biotita-plagioclásio-quartzo xisto com bandas granoblásticas e lepidoblásticas inequigranular médio-grosso.

Minerais	Pré-S2	S2	Pós-S2
Granada	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Cianita	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Biotita	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Quartzo	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Plagioclásio	- - - - -	- - - - -	- - - - -

AR-IV-07: Rocha foliada, xistosa de textura lepidogranoblástica com porfiroblastos de granada. Foliação principal é marcada por biotita. Há cristais de biotita perpendiculares à S2 e substituindo granada. Granada apresenta-se com núcleo poiquiloblástico e borda idioblástica sem inclusões. Há bandas granoblásticas com quartzo de extinção ondulante e plagioclásio (oligoclásio). Ocorre clorita (penina, rica em Fe), quartzo e plagioclásio inclusos na granada. Ocorre sillimanita fibrosa intersticiais, pós-cinemáticas associadas a biotita, quartzo e plagioclásio. Na matriz há clorita magnesiana. Paragênese biotita, Mg clorita e granada.

granada: <10% biotita: 30% plagioclásio: <20% quartzo: 40% penina:<<5%
Mg clorita: <<5% apatita+sillimanita+rutilo: <5%

► granada-plagioclásio-biotita-quartzo xisto porfiroblástico lepidogranoblástico
inequigranular fino-médio.

Minerais	Pré-S2	S2	Pós-S2
Granada		- - - - -	-
Plagioclásio	- - - - -	- - - - -	- - -
Quartzo	- - - - -	- - - - -	- - -
Penina	- - - - -	- - - - -	
Mg Clorita	- - - - -	- - - - -	- - -
Biotita		- - - - -	- - -

AR-IV-31a: Rocha foliada/bandada com textura nematoblástica marcada por hornblenda e bandas quartzo-feldspáticas (quartzo e plagioclásio) granoblásticas. Há relação de intercrescimento de quartzo em meio ao plagioclásio formando gotas de quartzo no plagioclásio. Ocorre porfiroblastos de granada com foliação interna paralela à foliação externa alongada segundo a foliação principal S2 (tardi a pós-cinemática) e granada rotacionada (sin-cinemática). Há inclusões de Fe clorita, titanita, zircão e apatita nos porfiroblastos de granada. Há cristais xenoblásticos de hornblenda sendo substituído por quartzo e plagioclásio. Observa-se também restos esqueléticos de granada, substituídas por quartzo e plagioclásio.

quartzo: <25% plagioclásio: >10% hornblenda: >50% granada: <10%
 titanita: <5% Fe clorita+zircão+apatita: <5%

► granada-quartzo anfibolito granonematoblástico porfiroblástico inequigranular médio.

Minerais	Pré-S2	S2	Pós-S2
Granada	? - - -	_____	-
Quartzo	- - - -	_____	-
Plagioclásio	- - - -	_____	-
Hornblenda		- - _____	- .

AR-IV-89: Rocha bandada com bandas duas bandas representadas por: banda leucocrática e banda xistosa. A banda leucocrática (leucossoma) apresenta granada, quartzo, microclínio e plagioclásio com textura fanerítica média-grossa. Quartzo aparece com subgrãos (deformação incipiente), granada ocorre xenomórfica com inclusões de quartzo e biotita. Há biotita de coloração avermelhada a esverdeada. Ocorre apatita como acessórios. A banda xistosa caracteriza-se por duas foliações (S2 e S3) definidas por muscovita e, secundariamente, biotita. S3 é foliação de crenulação (S2 crenulada). Contém microclínio, plagioclásio, muscovita e biotita. Ocorrem texturas de intercrescimento de plagioclásio com quartzo e microclínio com quartzo (gotas de quartzo nos feldspatos).

granada: 5% quartzo: 30% microclínio: 20% plagioclásio: <25%
 muscovita: >10% biotita: <5% apatita+monazita: <<5%

► granito gnaissico

AR-IV-89a: Rocha granoblástica porfiroblástica com quartzo e plagioclásio, foliação principal S2, marcada por biotita e cianita, encontra-se dobrada com foliação posterior plano-axial dessas dobras (com biotita e cianita definindo S3). Porfiroblastos de granada contém inclusões de clorita, quartzo e borda de reação de biotita (retro – biotita substituindo granada). Há sillimanita associada à biotita em texturas simplectíticas e em fendas de tração. Ocorre cianita dobrada com extinção ondulante e com bordas de reação

com sericita e, localmente, sillimanita, além de biotita. Ocorre cristalização de biotita pós-cinemática, sem orientação preferencial (cortes oblíquos e basais).

biotita: >25% quartzo: 35% plagioclásio: 20% cianita: 15% muscovita: 5%
sillimanita: <10% granada: 5% clorita+opacos: traço

► granada-sillimanita-cianita-plagioclásio-biotita-quartzo xisto granoblástico porfiroblástico inequigranular fino-médio.

Minerais	Pré-S2	S2	Pós-S2	S3	Pós-S3
Granada	-	—	-		
Muscovita	-	-	?	-	—
Cianita	-	—	-	—	-
Sillimanita				-	—
Quartzo	-	—	—	—	-
Biotita	-	—	-	—	-

AR-IV-89b: Rocha xistosa com sub a milimétricas bandas quartzosas granoblásticas e bandas ricas em biotita (principalmente) e muscovita. Bandas quartzosas apresentam megacristais de quartzo estirados na S2. Foliação principal apresenta-se dobrada com blastese de biotita e muscovita na S3. Ocorrem arcos poligonais de biotita e muscovita. Há quartzo e plagioclásio inclusos em granada e biotita pós cinemática substituindo borda de granada. Ocorre biotita com halopleocróico causado por inclusão de zircão ou monazita. Há apatita e turmalina como minerais acessórios e sillimanita em pequenos prismas alongados. Granada apresenta-se xenoblástica e porfiroblástica.

biotita: 35% quartzo: 50% plagioclásio: 5% muscovita: <<5%
sillimanita: <<5% granada: 5% zircão+monazita+ turmalina: <<5%

► granada-plagioclásio-biotita-quartzo xisto granoblástico porfiroblástico inequigranular médio.

Minerais	Pré-S2	S2	Pós-S2	S3	Pós-S3
Granada	-	—	- - -		
Quartzo	-	—	—	- -	
Biotita	-	—	-	—	-
Muscovita	-	—	-		

AR-IV-177: Rocha de aspecto maciço, com anfibólio, plagioclásio, quartzo, carbonato e titanita (acessório). Hornblenda apresenta-se idioblástica a subidioblástica formando textura nematoblástica e simplectítica com quartzo. Trata-se de Mg hornblenda, com grande quantidade de inclusões de quartzo e, secundariamente plagioclásio. Plagioclásio encontra-se com grande quantidade de inclusões de quartzo, chegando a poiquiloblástico.

carbonato: <5% quartzo: 15% plagioclásio: 20% hornblenda: <60% titanita: <5%

► Mg hornblenda metacalciossilicática

AR-IV-169: Rocha foliada, xistosa de textura granolepidoblástica, intercalações de bandas granoblásticas e lepidoblásticas. Foliação principal S2 é marcada por muscovita (principalmente), biotita e alguns grãos de quartzo estirados (com extinção ondulante). S2 apresenta-se dobrada, com dobras abertas/suaves e muscovita no plano axial das dobras suaves (S3). As dobras suaves são assimétricas. Há grãos de quartzo em meio a plagioclásio (intercrescimento). Ocorre granada de granulação fina ($\pm 0,4$ mm) subidioblástica a idioblástica pós-micas. Há quartzo alongado também, paralelo a S3.

quartzo: >40% muscovita: 30% plagioclásio: 10% granada: <5%
biotita: <10% zircão+apatita+opacos: >5%

► granada-biotita-plagioclásio-quartzo xisto granolepidoblástico inequigranular fino-médio.

AR-IV-225: Rocha lepidogranoblástica com S2 marcada por granada, biotita, cianita e sillimanita. S2 apresenta-se crenulada com foliação plano-axial (S3) definida por biotita, sillimanita e quartzo estirado. Ocorre arcos poligonais de biotita, assim como dobradas intrafoliarmente. Ocorre quartzo e oligoclásio granoblásticos. Sillimanita ocorre em bandas

substituindo/associada a biotita. Há clorita inclusa na granada. Ocorra apatita, turmalina e opacos como minerais acessórios.

granada: 5% biotita: 20% quartzo: <40% oligoclásio: ~20% sillimanita: <10%
cianita: <5% clorita: <5% muscovita: <5% apatita+opacos+turmalina: <<5%

► cianita-muscovita-granada-sillimanita-plagioclásio-biotita-quartzo xisto granoblástico inequigranular médio.

Unidade Xisto-Quartzítica:

(AND-XVI-14, AND-XVI-41a, AND-XVI-118, AR-VI-36, AR-VI-37, AR-VI-48, AR-VI-72, AR-VI-121, AR-IV-136a)

AND-XVI-14: Rocha foliada anastomosada de textura lepidoblástica e bandas amendoadas granoblásticas. Bandas granoblásticas apresentam porfiroblastos/porfiroclastos(?) de feldspato (plagioclásio ou feldspato alcalino?). Há plagioclásio, mas feldspato alcalino?. Apresenta matriz inequigranular fina-média (0,5-1 mm) e porfiroblastos/porfiroclastos de até 5,5 mm. Foliação é marcada por muscovita formando sigmóides/lentes entre as bandas granoblásticas. Há sigmóides assimétricos sugerindo movimentação sinistral. Há cristalização de muscovita pós-S2 e S3 ?. Ocorrem níveis/bandas com granada de granulação fina (0,1 a 0,5 mm) subidioblástica a idioblástica pós-S2.

quartzo: 40% muscovita: 25-30% plagioclásio + feldspato alcalino ? : 25-30%
granada: 5%

► muscovita-quartzo xisto com plagioclásio e granada granolepidoblástico inequigranular fino a médio porfiroblástico/porfiroclástico ?

AND-XVI-41a: Rocha foliada com foliação dobrada. Textura lepidoblástica com bandas granoblásticas. Ocorre porfiroblastos de granada estirados (forma prismática) com inclusões (corrosão) de quartzo. Granada com até 5 mm. Matriz de granulação média (0,5 a 2 mm). Há estaurolita e cianita na foliação principal S2 marcada por muscovita. Cianita

apresenta-se dobrada (extinção ondulante), sin e pós-S2. Estauroлита subidioblástica (com inclusões de quartzo, textura de corrosão ?) concordante à S2 e alguns grãos discordantes (pós-S2). Ocorre dobra fechada, marcada pela muscovita (D3). Há arcos poligonais de muscovita.

quartzo: 50% muscovita: 30% cianita: $\pm 5\%$ estauroлита: $\pm 5\%$ granada: 5%
opacos: $< 5\%$

► granada-cianita-estauroлита-muscovita-quartzo xisto granolepidoblástico inequigranular fino a médio

AND-XVI-118: Rocha foliada com textura lepidoblástica e bandas granoblásticas com porfiroblastos de granada. Bandas granoblásticas possuem formas lenticulares a sigmoidais. Porfiroblasto de granada sigmoidal xenoblástico com foliação interna dobrada. Granulação inequigranular fina a média (0,5 a 2 mm) e porfiroblasto de granada de 1,2 cm. Foliação marcada por muscovita. Há também muscovita discordante a foliação (pós-Sn). Há inclusão de clorita na granada.

quartzo: 40-45% muscovita: 35% biotita: 5-10% granada: $< 10\%$ opacos + clorita: $< 5\%$

► granada-muscovita-quartzo xisto lepidoblástico porfiroblástico inequigranular fino a médio.

AR-VI-48: Rocha com bandas lepidoblásticas e bandas granoblásticas. Foliação S2 apresenta-se dobrada e é marcada principalmente por muscovita. Cianita e estauroлита estão contidas na foliação principal S2. Há granada porfiroblástica subidioblástica com foliação interna oblíqua à foliação externa. Cianita e estauroлита apresentam-se sub a idioblásticas. Plagioclásio e quartzo granoblásticos em contatos poligonizados.

granada: $< 5\%$ plagioclásio (andesina): $< 5\%$ estauroлита: 5% cianita: 5-10%
biotita: 15-20% muscovita: 20-25% quartzo: $\sim 35\%$ opacos: 5-10%

► granada-plagioclásio-estauroлита-cianita-biotita-muscovita-quartzo xisto lepidoblástico porfiroblástico inequigranular fino-médio.

AR-VI-36: Rocha com foliação principal marcada por muscovita (principalmente) e biotita. Possui textura lepidoblástica porfiroblástica (granada de até 5 mm) e bandas mais ricas em quartzo com textura granoblástica. Contém granulação inequigranular com porfiroblastos de granada de 3-5 mm, matriz média-grossa (0,5-1 mm) formada por muscovita, quartzo, biotita, sillimanita, estaurolita, plagioclásio e acessórios. Foliação principal (S2) apresenta-se dobrada com foliação plano-axial marcada por muscovita e biotita. Granada com foliação interna ondulada (rotacionada) com inclusões de quartzo, estaurolita e opacos (prismáticos e hexagonais) sugerindo movimentação dextral. Ocorre cristais de sillimanita prismática e fibrosa na S2. Há também fibrolita na borda da granada associada a muscovita, biotita e quartzo. Ocorrem opacos prismáticos e granulares.

granada: 10% muscovita: 20% biotita: <10% quartzo: 35-40% estaurolita: <5%
sillimanita: <5% opacos: 5% plagioclásio: <5% turmalina+apatita: <5%

► biotita-granada- muscovita-quartzo xisto com estaurolita, sillimanita e plagioclásio, lepidoblástico porfiroblástico inequigranular médio-grosso.

AR-VI-37: Rocha com estrutura dobrada, textura lepidoblástica porfiroblástica e bandas milimétricas granoblásticas (ricas em quartzo). Foliação principal S2 é marcada por muscovita, com arcos poligonais de muscovita (S1). Apresenta granada porfiroblástica com foliação interna pré-S2 e manteada por fibrolita. Há cianita subidioblástica, concentrada nas bandas quartzosas e disseminada nas bandas micáceas, orientada na S2. Granulação média-grossa da matrix. Turmalina zonada ocorre difundida na rocha. Há estaurolita na S2. Ocorre grafita (opaco). Na borda da granada há fibrolita fina e estaurolita.

granada: 10-15% muscovita: 25-30% biotita: <5% quartzo: 10% grafita: <5%
fibrolita: 10% cianita: <10% turmalina:: <10% estaurolita: <5%
apatita+opacos: <5%

► estaurolita-cianita-fibrolita-granada-muscovita xisto lepidoblástico porfiroblástico inequigranular médio.

AR-VI-72: Rocha foliada e dobrada com textura lepidoblástica porfiroblástica e bandas quartzosas granoblásticas alternadas. Foliação principal S2 apresenta-se dobrada (dobras fechadas) com foliação plano-axial incipiente (S3). S2 é definida por muscovita e S3 contém estaurolita e muscovita. Porfiroblastos de granada apresentam-se deformados (xenoblásticos) com foliação interna oblíqua à foliação externa (S2). Granulação inequigranular média-grossa (0,5-5 mm). Estaurolita apresenta-se idioblástica a subidioblástica (alguns grãos de até 1mm) orientada na S2, S3 e pós-S3 (cristalização estática). Cianita subidioblástica na S2. Ocorre fibrolita em pequena quantidade associada a biotita e granada. Ocorre também biotita envolvendo granada. Há granada pré-S2, e pós-S2.

granada: 10% muscovita: 20% biotita: 10% quartzo: 30-35% cianita: <10%
estaurolita: >10% fibrolita: <5% opacos: <5%

► cianita-estaurolita-granada-biotita-muscovita-quartzo xisto com fibrolita porfiroblástico inequigranular médio-grosso.

AR-VI-121: Rocha foliada e dobrada com textura granoblástica equigranular fina com esparsas lâminas lepidoblásticas marcadas por muscovita e biotita. Foliação principal (S2) apresenta-se dobrada sendo quase totalmente transposta por foliação posterior S3 marcada por cristais maiores de muscovita (1-1,5 mm) de muscovita e grãos menores de biotita (0,1-0,5 mm). Ocorre arcos poligonais de muscovita representando a D3. Há granada em pequena quantidade alterada, de granulação fina (<0,5 mm). Há opacos, zircão e apatita como acessórios. Ocorre plagioclásio na matrix, granoblástico, em paragênese com quartzo e micas.

quartzo: 45-50% plagioclásio: 5% muscovita: 15-20% biotita: <15% granada: <<5%
zircão+apatita+opacos: <5%

► biotita-muscovita-quartzo xisto com plagioclásio e granada granoblástico equigranular fino e bandas lepidoblásticas inequigranular fina-média.

AR-VI-149: Rocha foliada/xistosa com textura lepidoblástica com bandas (lâminas) granoblásticas. Foliação principal S2 apresenta-se crenulada. Porfiroblastos de granada

apresentam foliação interna (pré-S2) crenulada marcada por inclusões de quartzo e estaurolita. Há sillimanita fibrolítica em aglomerados na S2 elipsoidais delineando dobras D2 e D3, assim como associada a micas na S2 e envolvendo granada. Ocorre estaurolita idioblástica a subidioblástica pós-poligonização (tardi-S2). Alguns aglomerados de fibrolita possuem formas sigmoidais assimétricos. Quartzo apresenta extinção ondulante.

quartzo: 35% muscovita: 20-25% biotita: 10% granada: 10% estaurolita: 5%
fibrolita: >10% turmalina: <5%

► estaurolita-granada-fibrolita-biotita-muscovita-quartzo xisto porfiroblástico inequigranular médio-grosso.

AR-IV-136a: Rocha foliada com textura predominante granoblástica e bandas milimétricas micáceas com biotita e muscovita. S2 é marcada por biotita e muscovita e granada xenoblásticas. Há inclusões de quartzo, biotita e clorita na granada. Ocorre biotita e muscovita discordantes da S2 (S3 ou pós-S2?). Textura granoblástica é marcada por quartzo e plagioclásio (andesina-oligoclásio), predominando quartzo. Ocorre opacos, apatita e turmalina como acessórios.

granada: <10% muscovita: <15% plagioclásio: 5% biotita: >20% quartzo: ~50%
apatita+opacos+turmalina: ~5%

► granada-muscovita-biotita-quartzo xisto granoblástico inequigranular médio.

Unidade Paragnaissica:
(AR-IV-119b, AR-IV-119c)

AR-IV-119b: Rocha bandada, nematoblástica com predomínio de hornblenda marcando foliação principal (S2=bandamento). Ocorre diopsídio concentrado em bandas milimétricas, associado à hornblenda e clinozoisita/epidoto. Há labradorita e quartzo granoblásticos intersticiais, recristalizados. Há textura simplectítica envolvendo hornblenda, plagioclásio e/ou quartzo. Ocorre titanita disseminada em toda lâmina, idio a subidioblástica. Há carbonato granoblástico em pequena proporção.

diopsídio: 5-10% hornblenda: 40% quartzo: 20% carbonato: <<5%
labradorita: 5% clinozoisita/epidoto: 15% titanita: <15%

► calciossilicática ou diopsídio-titanita-clinozoisita/epidoto anfibolito.

AR-IV-119c: Rocha bandada, lepidogranoblástica com plagioclásio, microclínio, quartzo e muscovita. Ocorrem grãos maioreslásio e microclínio. Quartzo ocorre poligonizado. Há presença de biotita em pequena proporção. Há intercrescimento de quartzo e plagioclásio. Observa-se grãos idioblásticos de granada esparsos. Ocorrem arcos poligonais de muscovita. Foliação principal (S2) apresenta-se fortemente obliterada com cristalização e poligonização em foliação posterior (S3).

quartzo: ~50% plagioclásio: 10% microclínio: 10% muscovita: 25% biotita: 5%
granada: <<5% apatita: traço

► muscovita gnaiss fino inequigranular.

ANEXO 5

Sample	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60
Analysis	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50					
Location	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25					
Mineral	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt
SiO2	36.87	36.982	37.116	37.073	37.127	37.118	36.689	37.167	37.38	36.629	37.079	37.293	37.538					
TiO2	0	0	0.028	0.074	0.14	0.019	0.112	0.084	0.168	0.14	0.233	0.14	0.178					
Al2O3	21.417	21.64	21.693	21.758	21.243	21.502	21.117	21.461	21.242	20.98	20.869	20.983	21.262					
FeO	30.541	31.059	30.368	32.45	25.215	28.408	25.307	24.637	24.289	23.45	23.903	26.141	26.487					
Cr2O3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
MnO	1.464	1.793	1.133	2.519	5.838	4.213	6.938	6.807	7.677	8.156	8.172	5.555	4.46					
MgO	3.749	3.692	3.23	3.653	1.406	2.525	1.031	1.248	1.026	0.905	0.908	1.218	1.413					
CaO	4.103	3.552	5.349	2.808	8.341	5.456	8.251	8.333	8.297	8.286	8.692	8.336	8.701					
Total	98.14	98.72	98.92	100.34	99.31	99.24	99.45	99.74	100.08	98.55	99.86	99.67	100.04					
TSi	2.984	2.98	2.982	2.952	2.991	2.988	2.963	2.983	2.998	2.984	2.984	3.001	3.001					
TAI	0.016	0.02	0.018	0.048	0.009	0.012	0.037	0.017	0.002	0.016	0.016	0	0					
Sum_T	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.001	3.001					
AlVI	2.025	2.034	2.034	1.992	2.006	2.026	1.971	2.012	2.004	1.997	1.962	1.988	2.002					
Ti	0	0	0.002	0.004	0.008	0.001	0.007	0.005	0.01	0.009	0.014	0.008	0.011					
Sum_A	2.025	2.034	2.036	1.996	2.014	2.027	1.978	2.017	2.014	2.006	1.976	1.996	2.013					
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Fe2	2.067	2.093	2.04	2.161	1.699	1.912	1.709	1.654	1.629	1.598	1.609	1.759	1.771					
Mg	0.452	0.444	0.387	0.434	0.169	0.303	0.124	0.149	0.123	0.11	0.109	0.146	0.168					
Mn	0.1	0.122	0.077	0.17	0.398	0.287	0.475	0.463	0.521	0.563	0.557	0.379	0.302					
Ca	0.356	0.307	0.46	0.24	0.72	0.471	0.714	0.717	0.713	0.723	0.749	0.719	0.745					
Sum_B	2.975	2.966	2.964	3.005	2.986	2.973	3.022	2.983	2.986	2.994	3.024	3.003	2.986					
Sum_cat	8	8	8	8.001	8	8	8	8	8	8	8	8	8					
O	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12					
Alm	69.469	70.578	68.821	71.934	56.893	64.321	56.561	55.449	54.554	53.369	53.196	58.588	59.295					
Gross	11.957	10.341	15.53	7.975	24.111	15.827	23.626	24.028	23.875	24.16	24.782	23.936	24.955					
Pyrope	15.201	14.955	13.048	14.435	5.655	10.191	4.108	5.007	4.108	3.672	3.602	4.866	5.639					
Spess	3.373	4.127	2.601	5.656	13.341	9.661	15.705	15.516	17.464	18.8	18.42	12.61	10.112					

Sample	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60
Analysis	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63				
Location	25	25	23	23	23	23	23	25	25	23	23	23	23				
Mineral	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt
SiO2	36.788	37.01	37.007	37.288	36.995	37.028	37.148	36.945	36.909	37.324	37.37	36.982	37.409				
TiO2	0.14	0.149	0.196	0.122	0.102	0.009	0.158	0.102	0.065	0.159	0.14	0.282	0.197				
Al2O3	20.95	21.324	21.287	21.392	21.395	21.312	21.237	20.932	21.249	21.345	21.351	21.445	21.504				
FeO	25.907	27.046	28.407	28.628	31.616	32.049	31.243	23.638	25.432	27.789	26.43	28.825	29.847				
Cr2O3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
MnO	4.516	4.385	3.03	1.876	1.378	1.564	1.508	8.932	6.468	2.792	4.947	1.086	0.612				
MgO	1.255	1.191	1.253	1.587	2.431	3.254	3.484	0.846	1.026	1.354	1.133	1.476	1.835				
CaO	8.611	8.769	8.615	8.904	6.124	4.306	4.266	8.588	8.404	8.905	8.915	9.682	8.725				
Total	98.17	99.87	99.79	99.8	100.04	99.52	99.04	99.98	99.55	99.67	100.29	99.78	100.13				
TSi	2.998	2.969	2.971	2.983	2.958	2.97	2.988	2.971	2.975	2.994	2.985	2.957	2.979				
TAI	0.002	0.031	0.029	0.017	0.042	0.03	0.012	0.029	0.025	0.006	0.015	0.043	0.021				
Sum_T	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
AlVI	2.009	1.983	1.984	1.998	1.972	1.984	2	1.954	1.991	2.01	1.993	1.977	1.996				
Ti	0.009	0.009	0.012	0.007	0.006	0.001	0.01	0.006	0.004	0.01	0.008	0.017	0.012				
Cr	2.018	1.992	1.996	2.005	1.978	1.985	2.01	1.96	1.995	2.02	2.001	1.994	2.008				
Sum_A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Fe2	1.766	1.814	1.907	1.915	2.114	2.15	2.102	1.59	1.714	1.864	1.766	1.928	1.988				
Mg	0.152	0.142	0.15	0.189	0.29	0.389	0.418	0.101	0.123	0.162	0.135	0.176	0.218				
Mn	0.312	0.298	0.206	0.127	0.093	0.106	0.103	0.608	0.442	0.19	0.335	0.074	0.041				
Ca	0.752	0.754	0.741	0.763	0.525	0.37	0.368	0.74	0.726	0.765	0.763	0.829	0.745				
Sum_B	2.982	3.008	3.004	2.994	3.022	3.015	2.991	3.039	3.005	2.981	2.999	3.007	2.992				
Sum_cat	8	8	8	7.999	8	8	8.001	7.999	8	8.001	8	8.001	8				
O	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12				
Alm	59.216	60.31	63.484	63.953	69.961	71.299	70.294	52.302	57.05	62.533	58.888	64.112	66.451				
Gross	25.216	25.052	24.666	25.483	17.361	12.273	12.297	24.345	24.152	25.673	25.448	27.589	24.887				
Pyrope	5.113	4.734	4.992	6.32	9.589	12.904	13.973	3.337	4.103	5.431	4.5	5.852	7.283				
Spess	10.455	9.903	6.858	4.245	3.088	3.524	3.436	20.016	14.695	6.363	11.164	2.446	1.38				

Sample	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar5-21	Ar5-21	Ar5-21	Ar5-21	Ar5-21	Ar5-21	Ar5-21	Ar5-21	Ar5-21	Ar5-21	Ar5-21	Ar5-21	Ar5-21	Ar5-21
Analysis	64	65	66	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73				
Location	23	23	23	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28				
Mineral	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt
SiO2	37.326	37.568	37.243	37.266	37.784	37.566	37.424	37.36	37.603	37.723	37.377	37.432	37.29				
TiO2	0.094	0	0.019	0.009	0.037	0.111	0.056	0	0.084	0.028	0.009	0.018	0				
Al2O3	21.63	21.841	21.752	21.942	21.77	21.859	21.658	21.595	21.575	21.871	21.525	21.657	21.828				
FeO	30.633	31.106	32.632	34.095	33.067	30.959	30.645	32.01	30.454	31.9	32.587	33.198	33.35				
Cr2O3	0	0	0	0.016	0.004	0.01	0.009	0	0	0	0.012	0.009	0.021				
MnO	0.32	0.444	2.45	1.636	1.558	2.055	2.068	2.132	1.956	1.964	1.772	1.613	1.497				
MgO	2.817	3.618	3.511	3.47	3.63	3.327	3.187	3.504	3.323	3.352	3.839	3.681	3.827				
CaO	7.105	6.097	2.395	1.676	2.573	3.782	4.18	3.217	4.202	3.424	2.514	2.304	2.121				
Total	99.93	100.67	100	100.14	100.45	99.73	99.32	99.92	99.27	100.28	99.71	99.93	99.93				
TSi	2.969	2.958	2.978	2.981	3.005	3.004	3.006	2.988	3.019	3.003	2.993	2.993	2.979				
TAI	0.031	0.042	0.022	0.019	0	0	0	0.012	0	0	0.007	0.007	0.021				
Sum_T	3	3	3	3	3.005	3.004	3.006	3	3.019	3.003	3	3	3				
AlVI	1.995	1.983	2.027	2.049	2.039	2.059	2.049	2.021	2.04	2.05	2.022	2.033	2.032				
Ti	0.006	0	0.001	0.001	0.002	0.007	0.003	0	0.005	0.002	0.001	0.001	0				
Cr	2.001	1.983	2.028	0.001	0	0.001	0.001	0	0	0	0.001	0.001	0.001				
Sum_A	0	0	0	2.051	2.041	2.067	2.053	2.021	2.045	2.052	2.024	2.035	2.033				
Fe2	2.038	2.048	2.182	2.281	2.199	2.07	2.059	2.141	2.045	2.123	2.182	2.22	2.228				
Mg	0.334	0.425	0.419	0.414	0.43	0.397	0.382	0.418	0.398	0.398	0.458	0.439	0.456				
Mn	0.022	0.03	0.166	0.111	0.105	0.139	0.141	0.144	0.133	0.132	0.12	0.109	0.101				
Ca	0.606	0.514	0.205	0.144	0.219	0.324	0.36	0.276	0.361	0.292	0.216	0.197	0.182				
Sum_B	3	3.017	2.972	2.95	2.953	2.93	2.942	2.979	2.937	2.945	2.976	2.965	2.967				
Sum_cat	8.001	8	8	8.001	7.999	8.001	8.001	8	8.001	8	8	8	8				
O	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12				
Alm	67.951	67.893	73.429	77.34	74.455	70.656	70.004	71.873	69.622	72.089	73.318	74.863	75.103				
Gross	20.192	17.049	6.904	4.821	7.41	11.028	12.205	9.254	12.307	9.913	7.209	6.628	6.054				
Pyrope	11.139	14.077	14.083	14.031	14.57	13.535	12.978	14.025	13.542	13.503	15.397	14.797	15.363				
Spess	0.719	0.982	5.584	3.759	3.553	4.75	4.785	4.848	4.529	4.495	4.038	3.684	3.414				

Sample	AR5-21	AR5-21	AR5-21	AR5-21	AR5-21	AR5-21	AR5-21	AR5-21	AR5-21	AR5-21	AR5-21	AR5-21	AR5-21	AR5-21	AR5-21	AR5-21	AR5-21
Analysis	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86				
Location	28	28	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43				
Mineral	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt
SiO2	37.92	37.435	37.516	37.452	37.765	37.497	37.045	37.225	37.555	37.673	37.134	37.071	37.245				
TiO2	0	0.037	0	0.009	0.028	0.046	0.046	0.12	0	0.018	0.018	0	0				
Al2O3	21.781	21.842	21.752	21.928	21.843	21.624	21.277	21.695	21.66	21.743	22.102	21.685	21.531				
FeO	32.891	34.102	34.118	33.285	33.697	32.279	31.24	32.851	32.788	34.228	34.019	34.049	30.958				
Cr2O3	0	0	0.008	0.005	0.049	0.071	0.031	0	0	0.002	0	0.011	0.04				
MnO	1.13	1.547	1.06	1.342	1.287	2.364	2.135	2.106	1.637	0.973	1.041	1.522	1.596				
MgO	3.998	3.67	3.767	3.692	2.456	2.407	2.498	2.646	3.095	3.763	3.888	3.484	3.377				
CaO	1.93	1.128	1.919	1.78	3.79	3.86	3.791	3.076	2.365	2.316	1.819	1.735	3.637				
Total	99.67	99.76	100.14	99.51	100.92	100.85	98.91	100.04	99.13	100.73	100.02	99.56	99.18				
TSi	3.032	3.004	2.994	3.006	3.005	3.007	3.028	2.997	3.034	2.989	2.963	2.983	3.016				
TAI	0	0	0.006	0	0	0	0	0.003	0	0.011	0.037	0.017	0				
Sum_T	3.032	3.004	3	3.006	3.005	3.007	3.028	3	3.034	3	3	3	3.016				
AlVI	2.051	2.064	2.038	2.073	2.047	2.042	2.048	2.054	2.061	2.02	2.04	2.037	2.053				
Ti	0	0.002	0	0.001	0.002	0.003	0.003	0.007	0	0.001	0.001	0	0				
Cr	0	0	0.001	0	0.003	0.004	0.002	0	0	0	0	0.001	0.003				
Sum_A	2.051	2.066	2.039	2.074	2.052	2.049	2.053	2.061	2.061	2.021	2.041	2.038	2.056				
Fe2	2.199	2.289	2.277	2.234	2.242	2.164	2.135	2.212	2.215	2.271	2.27	2.291	2.096				
Mg	0.477	0.439	0.448	0.442	0.291	0.288	0.304	0.318	0.373	0.445	0.463	0.418	0.408				
Mn	0.077	0.105	0.072	0.091	0.087	0.161	0.148	0.144	0.112	0.065	0.07	0.104	0.109				
Ca	0.165	0.097	0.164	0.153	0.323	0.332	0.332	0.265	0.205	0.197	0.156	0.15	0.316				
Sum_B	2.918	2.93	2.961	2.92	2.943	2.975	2.959	2.949	2.905	2.978	2.959	2.963	2.969				
Sum_cat	8.001	8	8	8	8	8.031	8.04	8.01	8	7.999	8	8.001	8.041				
O	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12				
Alm	75.378	78.115	76.903	76.507	76.179	73.513	73.141	75.275	76.264	76.251	76.733	77.342	71.573				
Gross	5.667	3.31	5.517	5.226	10.827	11.043	11.274	9.03	7.047	6.604	5.256	5.015	10.648				
Pyrope	16.333	14.986	15.136	15.127	9.897	9.772	10.425	10.808	12.833	14.943	15.633	14.107	13.917				
Spess	2.623	3.589	2.42	3.124	2.947	5.453	5.063	4.888	3.856	2.195	2.378	3.502	3.737				

Sample	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D
Analysis	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
Location	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7
Mineral	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt
SiO2	38.708	39.042	38.873	38.41	38.553	39.14	38.646	38.783	38.486	38.875	38.946	39.252	39.027
TiO2	0.115	0.23	0.077	0.124	0.038	0.057	0.086	0.144	0.134	0.029	0.048	0.134	0.153
Al2O3	22.273	22.113	22.38	21.991	22.111	22.409	22.206	22.36	22.879	22.437	22.408	22.554	22.467
FeO	21.357	21.238	22.088	22.623	24.17	22.521	22.053	21.82	21.634	21.697	22.094	21.117	23.405
Cr2O3	0.094	0.093	0.082	0.027	0.085	0.051	0.092	0.051	0.134	0.089	0.046	0.044	0.017
MnO	0.456	0.809	0.787	0.714	0.428	0.435	0.483	0.53	0.625	0.59	0.727	0.683	0.617
MgO	4.412	5.193	4.854	3.831	3.361	4.813	4.244	4.467	5.294	5.424	4.895	5.025	5.51
CaO	12.68	11.345	11.746	12.413	12.588	11.242	11.683	12.328	11.663	11.034	11.512	11.963	10.024
Total	100.16	100.07	100.89	100.16	101.38	100.69	99.51	100.49	100.89	100.18	100.7	100.77	101.26
TSi	2.992	3.013	2.981	2.985	2.972	3.01	3.012	2.988	2.942	2.992	2.992	3.005	2.983
TAI	0.008	0	0.019	0.015	0.028	0	0	0.012	0.058	0.008	0.008	0	0.017
Sum_T	3	3.013	3	3	3	3.01	3.012	3	3	3	3	3.005	3
AlVI	2.019	2.01	2.003	1.997	1.98	2.029	2.038	2.017	2.002	2.026	2.019	2.033	2.005
Ti	0.007	0.013	0.004	0.007	0.002	0.003	0.005	0.008	0.008	0.002	0.003	0.008	0.009
Cr	0.006	0.006	0.005	0.002	0.005	0.003	0.006	0.003	0.008	0.005	0.003	0.003	0.001
Sum_A	2.032	2.029	2.012	2.006	1.987	2.035	2.049	2.028	2.018	2.033	2.025	2.044	2.015
Fe2	1.38	1.371	1.417	1.47	1.558	1.448	1.438	1.406	1.383	1.397	1.42	1.352	1.496
Mg	0.508	0.597	0.555	0.444	0.386	0.552	0.493	0.513	0.603	0.622	0.561	0.574	0.628
Mn	0.03	0.053	0.051	0.047	0.028	0.028	0.032	0.035	0.04	0.038	0.047	0.044	0.04
Ca	1.05	0.938	0.965	1.033	1.04	0.926	0.976	1.018	0.955	0.91	0.948	0.981	0.821
Sum_B	2.968	2.959	2.988	2.994	3.012	2.954	2.939	2.972	2.981	2.967	2.976	2.951	2.985
Sum_cat	8	8.001	8	8	7.999	7.999	8	8	7.999	8	8.001	8	8
O	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Alm	46.5	46.322	47.413	49.097	51.732	49.019	48.925	47.318	46.379	47.066	47.714	45.814	50.124
Gross	35.088	31.422	32.055	34.43	34.257	31.196	32.93	34.097	31.632	30.398	31.713	33.121	27.452
Pyrope	17.124	20.19	18.573	14.821	12.823	18.674	16.784	17.268	20.231	20.974	18.844	19.434	21.035
Spess	1.006	1.787	1.711	1.569	0.928	0.959	1.085	1.164	1.357	1.296	1.59	1.501	1.338

Sample	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D
Analysis	65	66	67	68	71	72	73	74	75	76	77	78	79					
Location	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7					
Mineral	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt
SiO2	39.181	38.913	38.93	39.469	38.849	38.761	38.704	38.846	38.676	38.582	38.725	38.786	38.116					
TiO2	0.038	0	0.019	0.077	0.153	0.086	0.144	0.125	0.086	0.077	0.01	0.124	0.067					
Al2O3	22.614	22.514	22.603	22.418	22.411	22.411	22.543	22.311	22.169	22.414	22.501	22.134	22.117					
FeO	22.018	21.572	21.027	21.601	21.853	21.915	21.904	22.29	21.837	22.323	23.1	23.225	23.553					
Cr2O3	0.008	0.029	0.007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
MnO	0.478	0.488	0.571	0.649	0.613	0.775	0.697	0.612	0.756	0.641	0.464	0.383	0.456					
MgO	5.691	5.287	5.018	5.321	5.175	5.201	5.043	3.595	4.071	4.594	4.756	4.245	3.537					
CaO	10.927	11.524	11.907	11.72	11.519	11.275	11.664	12.903	12.527	12.234	11.738	11.68	12.837					
Total	100.98	100.33	100.12	101.26	100.57	100.42	100.7	100.68	100.12	100.87	101.29	100.58	100.68					
TSi	2.989	2.989	2.998	3.006	2.982	2.981	2.969	3.001	2.997	2.962	2.962	2.997	2.951					
TAI	0.011	0.011	0.002	0	0.018	0.019	0.031	0	0.003	0.038	0.038	0.003	0.049					
Sum_T	3	3	3	3.006	3	3	3	3.001	3	3	3	3	3					
AlVI	2.021	2.026	2.048	2.011	2.009	2.01	2.006	2.03	2.02	1.989	1.988	2.011	1.968					
Ti	0.002	0	0.001	0.004	0.009	0.005	0.008	0.007	0.005	0.004	0.001	0.007	0.004					
Cr	0	0.002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Sum_A	2.023	2.028	2.049	2.015	2.018	2.015	2.014	2.037	2.025	1.993	1.989	2.018	1.972					
Fe2	1.405	1.386	1.354	1.376	1.403	1.409	1.405	1.44	1.415	1.433	1.477	1.501	1.525					
Mg	0.647	0.606	0.576	0.604	0.592	0.596	0.577	0.414	0.47	0.526	0.542	0.489	0.408					
Mn	0.031	0.032	0.037	0.042	0.04	0.05	0.045	0.04	0.05	0.042	0.03	0.025	0.03					
Ca	0.893	0.949	0.983	0.956	0.947	0.929	0.959	1.068	1.04	1.006	0.962	0.967	1.065					
Sum_B	2.976	2.973	2.95	2.978	2.982	2.984	2.986	2.962	2.975	3.007	3.011	2.982	3.028					
Sum_cat	7.999	8.001	7.999	7.999	8	7.999	8	8	8	8	8	8	8					
O	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12					
Alm	47.202	46.637	45.905	46.197	47.04	47.214	47.062	48.616	47.566	47.663	49.059	50.332	50.364					
Gross	29.988	31.832	33.283	32.112	31.767	31.121	32.107	36.055	34.959	33.466	31.938	32.429	35.167					
Pyrope	21.748	20.375	19.528	20.285	19.857	19.974	19.315	13.977	15.807	17.485	18.005	16.399	13.482					
Spess	1.038	1.069	1.263	1.406	1.336	1.691	1.517	1.352	1.668	1.386	0.998	0.841	0.988					

Sample	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D	Ar4-58D
Analysis	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92				
Location	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7				
Mineral	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt				
SiO2	38.563	38.471	38.461	38.94	38.819	38.834	38.795	38.996	38.922	38.82	38.772	38.397	37.48				
TiO2	0.048	0.201	0.143	0	0.211	0.019	0.096	0.096	0.105	0.096	0.067	0.095	0.219				
Al2O3	22.215	22.064	22.346	22.142	22.357	22.341	22.362	22.272	22.548	22.728	22.342	22.222	21.666				
FeO	23.112	21.216	22.509	20.666	21.51	22.149	22.119	21.423	21.62	22.025	20.874	23.112	22.475				
Cr2O3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
MnO	0.391	0.661	0.583	0.489	0.5	0.421	0.75	0.724	0.595	0.654	0.593	0.529	0.393				
MgO	4.129	4.778	3.951	4.656	4.994	5.213	4.914	4.544	4.799	5.045	4.937	3.383	4.781				
CaO	11.798	12.577	12.959	12.684	12.491	11.648	11.895	12.946	12.741	12.202	12.602	12.711	11.655				
Total	100.26	99.97	100.95	99.58	100.88	100.63	100.93	101	101.33	101.57	100.19	100.45	98.67				
TSi	2.989	2.973	2.959	3.017	2.97	2.979	2.973	2.986	2.967	2.951	2.984	2.98	2.942				
TAI	0.011	0.027	0.041	0	0.03	0.021	0.027	0.014	0.033	0.049	0.016	0.02	0.058				
Sum_T	3	3	3	3.017	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
AlVI	2.017	1.982	1.984	2.021	1.985	1.997	1.991	1.995	1.991	1.986	2.009	2.011	1.945				
Ti	0.003	0.012	0.008	0	0.012	0.001	0.006	0.006	0.006	0.005	0.004	0.006	0.013				
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Sum_A	2.02	1.994	1.992	2.021	1.997	1.998	1.997	2.001	1.997	1.991	2.013	2.017	1.958				
Fe2	1.498	1.371	1.448	1.339	1.377	1.421	1.417	1.372	1.378	1.4	1.343	1.5	1.476				
Mg	0.477	0.551	0.453	0.538	0.57	0.596	0.561	0.519	0.545	0.572	0.566	0.391	0.56				
Mn	0.026	0.043	0.038	0.032	0.032	0.027	0.049	0.047	0.038	0.042	0.039	0.035	0.026				
Ca	0.98	1.041	1.068	1.053	1.024	0.957	0.977	1.062	1.041	0.994	1.039	1.057	0.98				
Sum_B	2.981	3.006	3.007	2.962	3.003	3.001	3.004	3	3.002	3.008	2.987	2.983	3.042				
Sum_cat	8.001	8	7.999	8	8	7.999	8.001	8.001	7.999	7.999	8	8	8				
O	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12				
Alm	50.262	45.61	48.153	45.21	45.843	47.336	47.185	45.734	45.902	46.552	44.967	50.284	48.513				
Gross	32.871	34.64	35.517	35.55	34.106	31.893	32.509	35.408	34.656	33.041	34.78	35.43	32.231				
Pyrope	16.006	18.31	15.067	18.157	18.973	19.86	18.686	17.292	18.163	19.008	18.959	13.12	18.396				
Spess	0.861	1.439	1.263	1.083	1.079	0.911	1.62	1.565	1.279	1.4	1.294	1.166	0.859				

Sample	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d
Analysis	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38					
Location	55	55	55	61	61	61	61	50	50	50	50	52					
Mineral	Anf	Anf	Anf	Anf	Anf	Anf	Anf	Anf	Anf	Anf	Anf	Anf	Anf	Anf	Anf	Anf	Anf
SiO2	47.952	46.042	49.492	47.156	48.828	45.337	48.357	41.953	35.973	42.194	49.346	48.405					
TiO2	0.354	0.382	0.256	0.265	0.305	0.353	0.206	1.574	3.999	1.606	0.286	0.916					
Al2O3	10.913	13.159	8.796	12.719	10.267	13.34	10.877	17.092	17.089	17.512	9.791	10.948					
FeO	11.845	12.695	11.611	11.474	11.388	11.852	11.552	12.147	14.402	12.683	10.502	9.627					
MnO	0.103	0.086	0.042	0.084	0.072	0.079	0.101	0.079	0.029	0.084	0.082	0.101					
MgO	14.15	12.669	14.89	13.721	14.838	12.586	14.466	11.307	14.164	11.098	15.415	15.259					
CaO	12.142	12.072	12.127	12.183	11.843	12.003	11.877	11.625	0.245	11.676	11.84	12.186					
Na2O	1.213	1.375	0.969	1.28	1.158	1.413	1.261	1.957	0.097	1.939	1.236	1.304					
K2O	0.46	0.603	0.313	0.561	0.449	0.622	0.443	0.967	8.018	1.013	0.369	0.452					
F	0.104	0.037	0	0	0	0.116	0.149	0.004	0	0	0.075	0					
Cl	0.019	0.006	0	0	0.004	0.007	0.013	0	0.008	0	0.007	0					
Total	99.25	99.13	98.5	99.44	99.15	97.71	99.3	98.71	94.02	99.81	98.95	99.2					
TSi	6.802	6.584	7.033	6.667	6.888	6.576	6.835	6.079	5.449	6.056	6.956	6.815					
TAI	1.198	1.416	0.967	1.333	1.112	1.424	1.165	1.921	2.502	1.944	1.044	1.185					
Sum_T	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8					
CAI	0.625	0.8	0.505	0.785	0.594	0.855	0.646	0.996	0.546	1.015	0.581	0.63					
CTi	0.038	0.041	0.027	0.028	0.032	0.039	0.022	0.172	0.456	0.173	0.03	0.097					
CMg	2.992	2.701	3.154	2.892	3.12	2.722	3.048	2.442	3.197	2.374	3.239	3.203					
CFe2	1.09	1.228	1.062	1.061	0.938	1.208	0.982	1.195	0	1.226	0.859	0.883					
CMn	0.006	0.005	0.003	0.005	0.004	0.005	0.006	0.005	0.002	0.005	0.005	0.006					
Sum_C	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5					
BFe2	0.066	0.065	0.069	0.067	0.094	0.058	0.088	0.086	0.976	0.091	0.094	0.07					
BMn	0.006	0.005	0.003	0.005	0.004	0.005	0.006	0.005	0.002	0.005	0.005	0.006					
BCa	1.845	1.85	1.846	1.846	1.79	1.865	1.799	1.805	0.04	1.795	1.788	1.838					
BNa	0.082	0.08	0.082	0.082	0.112	0.072	0.107	0.104	0.013	0.109	0.113	0.086					
Sum_B	2	2	2	2	2	2	2	2	1.032	2	2	2					
ANA	0.251	0.301	0.185	0.269	0.205	0.326	0.239	0.446	0.015	0.431	0.225	0.27					
AK	0.083	0.11	0.057	0.101	0.081	0.115	0.08	0.179	1.549	0.185	0.066	0.081					
Sum_A	0.334	0.411	0.242	0.37	0.286	0.441	0.318	0.625	1.565	0.616	0.292	0.351					
Sum_cat	15.334	15.411	15.242	15.37	15.286	15.441	15.318	15.625	15.596	15.616	15.292	15.351					

Sample	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d
Analysis	1	10	11	12	13	15	16	18	20	21	22	23						
Location	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
Mineral	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx
SiO2	54.214	54.014	55.466	55.851	53.913	54.55	53.767	53.532	54.416	54.52	54.521	52.976						
TiO2	0	0.14	0.12	0.11	0.07	0	0.02	0.05	0.05	0.11	0.02	0.1						
Al2O3	1.344	1.641	8.953	9.105	2.29	1.253	2.733	2.219	1.693	0.786	2.453	2.879						
FeO	7.066	6.963	5.253	4.952	7.286	6.892	7.077	6.977	6.949	7.226	7.114	7.07						
Cr2O3	0.118	0.032	0.002	0.014	0	0.069	0.084	0.071	0.096	0	0.006	0.002						
MnO	0.043	0.099	0.061	0.071	0.076	0.076	0.043	0.102	0.074	0.093	0.094	0.098						
MgO	13.877	13.945	9.886	9.697	13.667	14.259	13.537	13.951	13.746	14.467	13.801	13.532						
CaO	23.214	23.488	18.154	17.874	23.359	23.8	23.029	22.33	22.811	23.638	23.058	23.038						
Na2O	0.431	0.528	2.4	2.502	0.612	0.424	0.59	0.823	0.609	0.312	0.606	0.637						
K2O	0.025	0.003	0.072	0.066	0.018	0.003	0.002	0	0	0.007	0.003	0.007						
Total	100.33	100.85	100.37	100.24	101.29	101.33	100.88	100.06	100.44	101.16	101.17	100.34						
TSi	2.003	1.983	2.027	2.042	1.971	1.993	1.973	1.974	2.006	1.998	1.984	1.952						
TAI	0	0.017	0	0	0.029	0.007	0.027	0.026	0	0.002	0.015	0.048						
TFe3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
M1Al	0.058	0.054	0.385	0.392	0.069	0.047	0.091	0.07	0.073	0.032	0.089	0.077						
M1Ti	0	0.004	0.003	0.003	0.002	0	0.001	0.001	0.001	0.003	0.001	0.003						
M1Fe2	0.174	0.178	0.073	0.076	0.184	0.175	0.166	0.159	0.167	0.175	0.161	0.176						
M1Cr	0.003	0.001	0	0	0	0.002	0.002	0.002	0.003	0	0	0						
M1Mg	0.764	0.763	0.538	0.529	0.745	0.777	0.74	0.767	0.755	0.79	0.749	0.743						
M2Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
M2Fe2	0.045	0.035	0.088	0.075	0.039	0.036	0.051	0.056	0.047	0.047	0.055	0.041						
M2Mn	0.001	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003						
M2Ca	0.919	0.924	0.711	0.7	0.915	0.932	0.905	0.882	0.901	0.928	0.899	0.91						
M2Na	0.031	0.038	0.17	0.177	0.043	0.03	0.042	0.059	0.044	0.022	0.043	0.046						
M2K	0.001	0	0.003	0.003	0.001	0	0	0	0	0	0	0						
Sum_cat	3.999	4	3.997	3.997	3.999	4	4	4	4	4	4	4						
Ca	48.29	48.525	50.347	50.652	48.541	48.493	48.562	47.241	48.105	47.772	48.689	48.54						
Mg	40.166	40.085	38.148	38.235	39.516	40.424	39.718	41.067	40.334	40.681	40.099	39.67						
Fe2_Mn	11.544	11.39	11.505	11.113	11.943	11.083	11.72	11.692	11.562	11.547	11.751	11.79						
JD1	1.658	1.946	10.953	11.563	2.295	1.548	2.208	3.06	2.274	1.146	2.249	2.392						
AE1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
CFTS1	0.178	0.048	0.004	0.026	0	0.102	0.128	0.108	0.146	0	0.009	0.003						

Sample	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d
Analysis	1	10	11	12	13	15	16	18	2	20	21	22	23				
Location	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	55	s/f	s/f				
Mineral	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx
CTTS1	0	0.199	0	0	0.1	0	0.029	0.072	0	0.11	0.128	0.029	0.145				
CATS1	0	0.689	0	0	1.299	0.366	1.405	0.595	0	0	0.653	0.806	1.639				
WO1	47.345	46.721	44.889	44.841	46.088	47.332	45.962	45.1	46.923	47.185	46.97	46.297	45.669				
EN1	39.528	39.369	34.015	33.868	38.658	39.847	38.869	39.878	39.465	40.274	38.984	39.258	38.785				
FS1	11.291	11.028	10.139	9.702	11.561	10.804	11.399	11.188	11.192	11.285	11.197	11.352	11.368				
Q	1.902	1.901	1.41	1.38	1.882	1.919	1.863	1.864	1.871	1.94	1.894	1.864	1.871				
J	0.062	0.075	0.34	0.355	0.087	0.06	0.084	0.118	0.087	0.044	0.08	0.086	0.091				
WO	48.29	48.525	50.347	50.652	48.541	48.493	48.562	47.241	48.105	47.772	48.689	48.15	48.54				
EN	40.166	40.085	38.148	38.235	39.516	40.424	39.718	41.067	40.334	40.681	39.75	40.099	39.67				
FS	11.544	11.39	11.505	11.113	11.943	11.083	11.72	11.692	11.562	11.547	11.562	11.751	11.79				
WIEF	96.857	96.202	80.586	79.578	95.599	96.968	95.691	94.072	95.558	97.769	95.951	95.62	95.367				
JD	3.143	3.798	19.414	20.422	4.401	3.032	4.309	5.928	4.442	2.231	4.049	4.38	4.633				

Sample	Ar4-58d		Ar4-58d		Ar4-58d		Ar4-58d		Ar4-58d		Ar4-58d		Ar4-58d	
Analysis	24	25	26	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	9
Location	s/f	s/f	s/f	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	46
Mineral	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx
SiO2	53.834	54.445	59.565	54.071	54.071	54.015	53.849	53.865						
TiO2	0	0.03	0.01	0.04	0.04	0.01	0.05	0.09						
Al2O3	1.511	1.778	25.417	0.974	0.974	1.744	1.286	2.102						
FeO	6.953	7.249	0.149	6.941	6.941	7.168	7.53	6.948						
Cr2O3	0.074	0.154	0	0.043	0.043	0.068	0.101	0.071						
MnO	0.099	0.084	0	0.123	0.123	0.119	0.087	0.155						
MgO	14.017	13.788	0.02	14.349	14.349	14.102	14.031	13.737						
CaO	23.461	23.327	7.474	23.711	23.711	23.106	23.349	22.789						
Na2O	0.484	0.549	7.419	0.383	0.383	0.665	0.445	0.646						
K2O	0	0	0.158	0.002	0.002	0.016	0	0.015						
Total	100.43	101.4	100.21	100.64	100.64	101.01	100.73	100.42						
TSi	1.984	1.99	2.122	1.989	1.989	1.976	1.983	1.984						
TAI	0.016	0.01	0	0.011	0.011	0.024	0.017	0.016						
TFe3	0	0	0	0	0	0	0	0						
M1Al	0.049	0.067	1.067	0.031	0.031	0.052	0.038	0.076						
M1Ti	0	0.001	0	0.001	0.001	0	0.001	0.002						
M1Fe2	0.178	0.177	0	0.179	0.179	0.177	0.187	0.165						
M1Cr	0.002	0.004	0	0.001	0.001	0.002	0.003	0.002						
M1Mg	0.77	0.751	0	0.787	0.787	0.769	0.77	0.754						
M2Mg	0	0	0.001	0	0	0	0	0						
M2Fe2	0.036	0.045	0.004	0.034	0.034	0.043	0.045	0.049						
M2Mn	0.003	0.003	0	0.004	0.004	0.004	0.003	0.005						
M2Ca	0.926	0.914	0.285	0.935	0.935	0.906	0.921	0.9						
M2Na	0.035	0.039	0.513	0.027	0.027	0.047	0.032	0.046						
M2K	0	0	0.007	0	0	0.001	0	0.001						
Sum_cat	4	4	3.993	4	4	3.999	4	3.999						
Ca	48.404	48.36	98.108	48.202	48.202	47.723	47.829	48.029						
Mg	40.238	39.772	0.365	40.587	40.587	40.526	39.991	40.283						
Fe2_Mn	11.358	11.868	1.527	11.211	11.211	11.75	12.181	11.688						
JD1	1.778	2.021	64.121	1.397	1.397	2.468	1.625	2.447						
AE1	0	0	0	0	0	0	0	0						
CFTS1	0.111	0.231	0	0.064	0.064	0.101	0.15	0.108						

Sample	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d
Analysis	24	25	26	4	6	7	9	
Location	s/f	s/f	s/f	46	46	46	46	
Mineral	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx	
CTTS1	0	0.043	0	0.056	0.014	0.071	0.13	
CATS1	0.765	0.469	0	0.2	0.192	0.332	0.681	
WO1	46.744	46.706	35.2	47.302	46.329	46.565	46.056	
EN1	39.586	39.022	0.131	40.099	39.603	39.396	39.399	
FS1	11.016	11.509	0.548	10.881	11.293	11.861	11.179	
Q	1.911	1.887	0.291	1.935	1.894	1.923	1.868	
J	0.069	0.078	1.025	0.055	0.094	0.064	0.092	
WO	48.404	48.36	98.108	48.202	47.723	47.829	48.029	
EN	40.238	39.772	0.365	40.587	40.526	39.991	40.283	
FS	11.358	11.868	1.527	11.211	11.75	12.181	11.688	
WEF	96.512	96.043	22.1	97.259	95.264	96.806	95.304	
JD	3.488	3.957	77.9	2.741	4.736	3.194	4.696	

Sample	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60
Analysis	22	31	32	33	37	23	24	26	29	30	16	17	18
Location	15	6	6	6	14	15	15	18	36	36	36	11	11
Mineral	Ms	Ms	Ms	Ms	Ms	Chl	Chl	Chl	Chl	Chl	Bt	Bt	Bt
SiO2	46.119	46.184	45.263	45.608	45.371	29.604	25.021	22.953	21.273	21.988	36.199	36.451	36.46
TiO2	0.259	0.785	0.716	0.865	0.339	0.278	0.028	0.036	0	0.09	1.671	1.806	1.763
Al2O3	33.625	34.924	34.961	34.923	35.471	20.373	21.649	21.565	21.833	22.157	19.478	19.134	19.175
FeO	2.395	1.1	0.951	1.145	0.828	28.717	23.245	35.072	36.479	38.118	16.536	16.351	15.7
MnO	0.008	0.018	0.012	0	0.001	0.095	0.149	0.242	0.367	0.345	0.023	0.084	0.051
MgO	0.682	0.754	0.728	0.717	0.574	6.412	15.861	6.334	4.219	3.989	11.123	11.214	10.901
CaO	0	0	0	0.004	0	0.027	0.014	0.013	0.053	0.05	0.032	0.007	0.035
Na2O	0.395	1.339	1.327	1.292	1.356	0.059	0.02	0.036	0.121	0.071	0.309	0.241	0.304
K2O	10.056	8.874	8.854	8.801	8.877	1.405	0.009	0.025	0.027	0.028	8.029	8.634	8.44
F	0.043	0	0.017	0	0.078	0.119	0.179	0.048	0	0	0.08	0	0.116
Cl	0.018	0.006	0.027	0	0.014	0.001	0.003	0.024	0.025	0.016	0.015	0	0.022
BaO	0.038	0.586	0.531	0.493	0.463	0.042	0	0	0.025	0.03	0.252	0.134	0.263
Total	93.64	94.57	93.39	93.85	93.37	87.13	86.18	86.35	84.42	86.88	93.75	94.06	93.23
Si	2.848	2.807	2.786	2.792	2.789	6.361	5.323	5.219	5.028	5.065	2.74	2.752	2.771
AlIV	2.446	2.499	2.534	2.518	2.568	1.639	2.677	2.781	2.972	2.935	1.26	1.248	1.229
Sum_T	5.294	5.306	5.32	5.31	5.357	8	8	8	8	8			
AlVI	0	0	0	0	0	3.517	2.747	2.994	3.105	3.075	0.476	0.453	0.487
Ti	0.012	0.036	0.033	0.04	0.016	0.045	0.004	0.006	0	0.016	0.095	0.103	0.101
Fe2	0.124	0.056	0.049	0.059	0.043	5.161	4.136	6.67	7.211	7.343	1.047	1.032	0.998
Mn	0	0.001	0.001	0	0	0.017	0.027	0.047	0.073	0.067	0.001	0.005	0.003
Mg	0.063	0.068	0.067	0.065	0.053	2.054	5.03	2.147	1.487	1.37	1.255	1.262	1.235
Ca	0	0	0	0	0	0.006	0.003	0.003	0.013	0.012	0.003	0.001	0.003
Na	0.047	0.158	0.158	0.153	0.162	0.025	0.008	0.016	0.055	0.032	0.045	0.035	0.045
K	0.792	0.688	0.695	0.687	0.696	0.385	0.002	0.007	0.008	0.008	0.775	0.831	0.818
Ba	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0.007	0.004	0.008
Cations	6.332	6.323	6.333	6.324	6.337	19.21	19.957	19.89	19.952	19.923	7.704	7.726	7.698
CF	0.017	0	0.007	0	0.03	0.162	0.241	0.069	0	0	0.038	0	0.056
CCl	0.004	0.001	0.006	0	0.003	0.001	0.002	0.019	0.02	0.012	0.004	0	0.006
O	12	12	12	12	12	36	36	36	36	36	12	12	12
Fe_FeMg	0.66	0.45	0.42	0.48	0.45	0.72	0.45	0.76	0.83	0.84	0.45	0.45	0.45
Mg_FeMg	0.34	0.55	0.58	0.52	0.55	0.28	0.55	0.24	0.17	0.16	0.55	0.55	0.55

Sample	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21
Analysis	19	20	21	25	27	28	34	35	36	39	40	41	42
Location	11	11	11	19	27	27	4	4	2	11	11	55	55
Mineral	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Ms	Ms	Ms	Ms
SiO2	35.623	35.32	36.443	36.061	35.738	36.19	36.299	36.556	37.072	46.225	45.616	46.37	46.267
TiO2	1.826	1.372	1.653	1.701	1.56	1.728	1.477	1.381	1.568	0.937	0.778	0.998	0.839
Al2O3	18.776	19.252	19.319	19.042	19.052	19.523	20.002	19.763	19.444	34.008	34.998	34.29	34.517
FeO	16.104	16.589	16.005	14.954	16.318	16.151	14.253	13.995	16.377	1.268	0.892	1.088	0.996
MnO	0	0.082	0.075	0.049	0.018	0.038	0.035	0.045	0.021	0.031	0	0	0.028
MgO	11.334	12.324	11.18	12.176	11.187	11.471	13.047	13.359	11.669	0.924	0.597	0.825	0.741
CaO	0.062	0.029	0	0.01	0.057	0	0	0.001	0	0	0	0	0
Na2O	0.245	0.232	0.273	0.21	0.331	0.288	0.333	0.326	0.291	1.148	1.27	1.119	1.106
K2O	8.117	7.525	8.722	8.698	8.473	8.42	8.565	8.564	8.811	9.365	9.306	9.181	9.277
F	0.189	0.034	0	0.015	0.139	0.181	0.043	0.281	0.066	0	0.035	0.162	0.083
Cl	0.042	0.026	0	0.013	0.003	0	0.014	0	0.008	0	0	0.008	0
BaO	0.095	0.164	0.189	0.341	0.202	0.187	0.26	0.273	0.17	0.256	0.252	0.168	0.121
Total	92.41	92.95	93.86	93.27	93.08	94.18	94.33	94.54	95.5	94.16	93.74	94.21	93.97
Si	2.739	2.695	2.754	2.737	2.735	2.729	2.707	2.723	2.756	2.825	2.795	2.827	2.824
AlIV	1.261	1.305	1.246	1.263	1.265	1.271	1.293	1.277	1.244	2.447	2.526	2.462	2.481
Sum_T										5.272	5.321	5.289	5.305
AlVI	0.439	0.425	0.473	0.439	0.452	0.463	0.464	0.457	0.458	0	0	0	0
Ti	0.106	0.079	0.094	0.097	0.09	0.098	0.083	0.077	0.088	0.043	0.036	0.046	0.039
Fe2	1.035	1.058	1.012	0.949	1.045	1.019	0.889	0.872	1.018	0.065	0.046	0.055	0.051
Mn	0	0.005	0.005	0.003	0.001	0.002	0.002	0.003	0.001	0.002	0	0	0.001
Mg	1.299	1.402	1.26	1.378	1.276	1.29	1.451	1.483	1.293	0.084	0.055	0.075	0.067
Ca	0.005	0.002	0	0.001	0.005	0	0	0	0	0	0	0	0
Na	0.037	0.034	0.04	0.031	0.049	0.042	0.048	0.047	0.042	0.136	0.151	0.132	0.131
K	0.796	0.732	0.841	0.842	0.827	0.81	0.815	0.814	0.836	0.73	0.728	0.714	0.722
Ba	0.003	0.005	0.006	0.01	0.006	0.006	0.008	0.008	0.005	0.01	0.01	0	0
Cations	7.72	7.742	7.731	7.75	7.751	7.73	7.76	7.761	7.741	6.342	6.347	6.311	6.316
CF	0.092	0.016	0	0.007	0.067	0.086	0.02	0.132	0.031	0	0.014	0.062	0.032
CCI	0.011	0.007	0	0.003	0.001	0	0.004	0	0.002	0	0	0.002	0
O	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Fe FeMg	0.44	0.43	0.45	0.41	0.45	0.44	0.38	0.37	0.44	0.44	0.46	0.42	0.43
Mg FeMg	0.56	0.57	0.55	0.59	0.55	0.56	0.62	0.63	0.56	0.56	0.54	0.58	0.57

Sample	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21
Analysis	44	46	49	50	51	51	38	43	45	47	48	52	53	54				
Location	57	57	60	60	60	60	11	57	57	60	60	32	33	33				
Mineral	Ms	Ms	Ms	Ms	Ms	Ms	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt
SiO2	45.976	46.534	46.216	46.611	45.747	35.978	35.468	36.031	35.789	35.663	36.876	36.638	36.601					
TiO2	0.799	1.126	0.827	1.027	0.608	1.446	2.218	2.202	1.987	1.607	1.593	0.068	0.155					
Al2O3	34.732	34.332	35.051	34.453	35.154	19.142	18.89	18.869	19.19	19.3	19.278	20.447	19.944					
FeO	0.93	1.002	1.11	0.957	1.05	18.726	19.471	19.244	19.075	18.734	14.99	15.999	15.273					
MnO	0	0.027	0	0	0	0	0.044	0.036	0.014	0	0.019	0.077	0.04					
MgO	0.704	0.794	0.649	0.682	0.598	10.176	9.865	10.115	10.111	10.413	12.444	12.128	12.861					
CaO	0	0	0	0	0	0.01	0.018	0	0.026	0	0	0	0.013					
Na2O	1.211	1.102	1.359	1.078	1.261	0.283	0.323	0.315	0.34	0.329	0.339	0.068	0.185					
K2O	9.209	9.18	8.906	9.183	9.092	8.221	8.244	8.62	8.197	8.619	8.422	9.128	9.1					
F	0.004	0.202	0	0	0.11	0.377	0.1	0	0.244	0.494	0.529	0.481	0.487					
Cl	0.004	0	0.011	0	0.007	0	0.012	0.009	0.009	0	0.016	0.009	0.028					
BaO	0.169	0.072	0.09	0.193	0.138	0	0.075	0.007	0.121	0.14	0.056	0.09	0.015					
Total	93.74	94.37	94.22	94.18	93.77	94.36	94.73	95.45	95.1	95.3	94.56	95.13	94.7					
Si	2.812	2.829	2.808	2.834	2.799	2.742	2.703	2.719	2.712	2.707	2.758	2.742	2.745					
AlIV	2.502	2.458	2.508	2.467	2.533	1.258	1.297	1.281	1.288	1.293	1.242	1.258	1.255					
Sum_T	5.314	5.287	5.316	5.301	5.332													
AlVI	0	0	0	0	0	0.46	0.399	0.396	0.424	0.432	0.456	0.544	0.506					
Ti	0.037	0.051	0.038	0.047	0.028	0.083	0.127	0.125	0.113	0.092	0.09	0.004	0.009					
Fe2	0.048	0.051	0.056	0.049	0.054	1.193	1.241	1.215	1.209	1.189	0.938	1.001	0.958					
Mn	0	0.001	0	0	0	0	0.003	0.002	0.001	0	0.001	0.005	0.003					
Mg	0.064	0.072	0.059	0.062	0.055	1.156	1.121	1.138	1.142	1.178	1.388	1.353	1.438					
Ca	0	0	0	0	0	0	0.002	0	0.004	0.004	0.002	0.003	0					
Na	0.144	0.13	0.16	0.127	0.15	0.001	0.001	0	0.002	0	0	0	0.001					
K	0.719	0.712	0.69	0.712	0.71	0.042	0.048	0.046	0.05	0.048	0.049	0.01	0.027					
Ba	0	0	0	0	0	0.799	0.802	0.83	0.792	0.835	0.804	0.871	0.871					
Cations	6.326	6.304	6.319	6.298	6.329	7.734	7.744	7.752	7.737	7.778	7.728	7.791	7.813					
CF	0.002	0.078	0	0	0.043	0.182	0.048	0	0.117	0.237	0.25	0.228	0.231					
CCI	0.001	0	0.002	0	0.001	0	0.003	0.002	0.002	0	0.004	0.002	0.007					
O	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12					
Fe_FeMg	0.43	0.41	0.49	0.44	0.5	0.51	0.53	0.52	0.51	0.5	0.4	0.43	0.4					
Mg_FeMg	0.57	0.59	0.51	0.56	0.5	0.49	0.47	0.48	0.49	0.5	0.6	0.57	0.6					

Sample	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d
Analysis	55	56	57	49	50	51	
Location	47	47	26	50	50	50	
Mineral	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	
SiO2	36.758	36.668	36.868	36.283	37.302	36.742	
TiO2	1.257	1.151	1.045	3.511	3.624	3.977	
Al2O3	19.432	19.501	19.577	15.978	15.945	15.824	
FeO	15.451	15.432	15.158	14.487	13.783	14.222	
MnO	0.029	0	0	0.022	0.049	0.02	
MgO	13.473	12.988	13.304	14.383	14.801	14.272	
CaO	0.024	0	0.002	0.371	0.126	0.093	
Na2O	0.259	0.325	0.274	0.1	0.122	0.09	
K2O	8.626	8.544	8.584	8.208	8.847	8.988	
F	0.273	0.151	0.443	0.079	0.068	0.115	
Cl	0.022	0.033	0.019	0.001	0	0.032	
BaO	0.052	0	0.135	0.702	0.748	0.686	
Total	95.66	94.79	95.41	94.12	95.42	95.06	
Si	2.721	2.733	2.736	2.74	2.771	2.753	
AlIV	1.279	1.267	1.264	1.26	1.229	1.247	
AlVI	0.415	0.445	0.447	0.161	0.166	0.149	
Ti	0.07	0.065	0.058	0.199	0.203	0.224	
Fe2	0.957	0.962	0.941	0.915	0.856	0.891	
Mn	0.002	0	0	0.001	0.003	0.001	
Mg	1.487	1.443	1.472	1.619	1.639	1.594	
Ba	0.002	0	0.004	0.021	0.022	0.02	
Ca	0.002	0	0	0.03	0.01	0.007	
Na	0.037	0.047	0.039	0.015	0.018	0.013	
K	0.815	0.812	0.813	0.791	0.838	0.859	
Cations	7.787	7.774	7.774	7.752	7.755	7.758	
CF	0.128	0.071	0.208	0.038	0.032	0.054	
CCl	0.006	0.008	0.005	0	0	0.008	
O	12	12	12	12	12	12	
Fe_FeMg	0.39	0.4	0.39	0.36	0.34	0.36	
Mg_FeMg	0.61	0.6	0.61	0.64	0.66	0.64	

[illegible]

Sample	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21
Analysis	12	13	14	15	16	17	18	19	2	20	21	22	23							
Location	6	6	11	11	11	11	11	11	6	11	11	11	11							
Mineral	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg
SiO2	65.391	63.435	62.836	63.836	64.566	64.79	64.704	65.219	64.726	65.722	64.932	63.939	64.51							
Al2O3	21.862	23.043	23.159	22.204	22.2	21.937	22.009	21.798	21.768	21.772	22.01	22.474	22							
TiO2	0	0	0	0	0.09	0	0.08	0	0.05	0.03	0	0	0.02							
Fe2O3	0	0	0	0.018	0	0	0	0.066	0.084	0.106	0	0.074	0.079							
MnO	0.039	0	0	0.02	0	0.006	0	0	0.02	0	0	0.015	0							
MgO	0	0	0.001	0	0.017	0	0.008	0.004	0.015	0	0	0.014	0							
CaO	2.96	4.364	4.577	3.227	3.291	3.137	3.157	2.82	2.937	2.849	2.857	3.065	3.11							
Na2O	9.771	9.164	8.992	9.409	9.616	9.684	9.778	9.977	9.768	9.924	9.914	9.582	9.93							
K2O	0.08	0.063	0.069	0.109	0.14	0.121	0.092	0.128	0.079	0.129	0.089	0.118	0.088							
Total	100.1	100.07	99.63	98.82	99.92	99.68	99.83	100.01	99.45	100.53	99.8	99.28	99.74							
Si	2.872	2.8	2.788	2.843	2.846	2.86	2.854	2.869	2.864	2.875	2.862	2.836	2.85							
Al	1.131	1.198	1.21	1.165	1.152	1.141	1.143	1.129	1.134	1.122	1.142	1.174	1.145							
Fe3	0	0	0	0.001	0	0	0	0.002	0.003	0.003	0	0.002	0.003							
Ti	0	0	0	0	0.003	0	0.003	0	0.002	0.001	0	0	0.001							
Mn	0.001	0	0	0.001	0	0	0	0	0.001	0	0	0.001	0							
Mg	0	0	0	0	0.001	0	0.001	0	0.001	0	0	0.001	0							
Ca	0.139	0.206	0.218	0.154	0.155	0.148	0.149	0.133	0.139	0.134	0.135	0.146	0.147							
Na	0.832	0.784	0.774	0.813	0.822	0.829	0.836	0.851	0.838	0.842	0.847	0.824	0.851							
K	0.004	0.004	0.004	0.006	0.005	0.007	0.005	0.007	0.004	0.007	0.005	0.007	0.005							
Cations	4.979	4.992	4.994	4.983	4.987	4.985	4.991	4.991	4.986	4.984	4.991	4.991	5.002							
X	4.003	3.998	3.998	4.009	4.001	4.001	4	4	4.003	4.001	4.004	4.012	3.999							
Z	0.976	0.994	0.996	0.974	0.986	0.984	0.991	0.991	0.983	0.983	0.987	0.979	1.003							
Ab	85.3	78.9	77.7	83.6	83.5	84.2	84.4	85.9	85.4	85.7	85.8	84.3	84.8							
An	14.3	20.7	21.9	15.8	15.7	15	15.1	13.4	14.2	13.6	13.7	14.9	14.7							
Or	0.4	0.4	0.4	0.6	0.8	0.7	0.5	0.7	0.4	0.7	0.5	0.7	0.5							

Sample	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21
Analysis	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	4	5
Location	5	5	5	5	5	5	6	54	54	54	6	6
Mineral	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg
SiO ₂	63.436	65.052	65.633	63.803	64.031	63.921	64.68	64.958	63.112	64.094	64.696	64.711
Al ₂ O ₃	22.882	21.801	21.765	22.536	22.656	22.248	22.013	21.721	23.114	22.318	21.912	21.565
TiO ₂	0	0	0.08	0.03	0.03	0	0	0.04	0.03	0	0.05	0.07
Fe ₂ O ₃	0.022	0	0.045	0	0	0.014	0	0.04	0	0.047	0.109	0.031
MnO	0	0.006	0.029	0.029	0.02	0.044	0	0	0.047	0	0	0.004
MgO	0.02	0	0.008	0.007	0.005	0	0	0.018	0.006	0	0	0.009
CaO	4.033	2.773	2.722	3.642	3.683	3.406	3.135	2.894	4.468	3.375	3.152	2.845
Na ₂ O	9.192	10.181	10.174	9.525	9.595	9.374	9.622	9.933	8.998	9.646	9.856	9.884
K ₂ O	0.076	0.092	0.087	0.119	0.059	0.08	0.091	0.072	0.042	0.065	0.076	0.104
Total	99.66	99.91	100.56	99.69	100.08	99.09	99.54	99.68	99.82	99.54	99.85	99.22
Si	2.809	2.866	2.872	2.824	2.823	2.841	2.858	2.867	2.794	2.837	2.854	2.87
Al	1.193	1.131	1.123	1.175	1.176	1.164	1.146	1.129	1.205	1.164	1.139	1.126
Fe ₃	0.001	0	0.001	0	0	0	0	0.001	0	0.002	0.004	0.001
Ti	0	0	0.003	0.001	0.001	0	0	0.001	0.001	0	0.002	0.002
Mn	0	0	0.001	0.001	0.001	0.002	0	0	0.002	0	0	0
Mg	0.001	0	0.001	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0.001
Ca	0.191	0.131	0.128	0.173	0.174	0.162	0.148	0.137	0.212	0.16	0.149	0.135
Na	0.789	0.87	0.863	0.817	0.82	0.808	0.824	0.85	0.772	0.828	0.843	0.85
K	0.004	0.005	0.005	0.007	0.003	0.005	0.005	0.004	0.002	0.004	0.004	0.006
Cations	4.988	5.003	4.997	4.998	4.998	4.982	4.981	4.99	4.988	4.995	4.995	4.991
X	4.003	3.997	3.999	4	4	4.005	4.004	3.998	4	4.003	3.999	3.995
Z	0.985	1.006	0.998	0.998	0.998	0.977	0.977	0.992	0.988	0.992	0.996	0.992
Ab	80.2	86.5	86.6	81.9	82.2	82.9	84.3	85.8	78.3	83.5	84.6	85.8
An	19.4	13	12.9	17.4	17.5	16.6	15.1	13.8	21.5	16.1	15	13.6
Or	0.4	0.5	0.5	0.7	0.3	0.5	0.5	0.4	0.2	0.4	0.4	0.6

Sample	Ar6-21		Ar6-21		Ar6-21		Ar6-21		Ar6-60		Ar6-60		Ar6-60		Ar6-60		Ar6-60		Ar6-60		Ar6-60		Ar6-60		Ar6-60	
Analysis	6		7		8		9		1		10		11		12		13		14		15		2		22	
Location	6		6		6		6		22		44		36		36		36		36		36		22		22	
Mineral	Plg		Plg		Plg		Plg		Plg		Plg		Plg		Plg		Plg		Plg		Plg		Plg		Plg	
SiO2	64.962		65.146		64.677		64.336		62.3		62.443		60.572		63.371		62.956		62.491		61.478		61.466		61.392	
Al2O3	22.105		22.191		22.221		22.052		23.23		22.664		23.974		22.855		22.836		22.99		23.935		23.382		23.897	
TiO2	0		0		0.03		0		0.04		0.06		0.01		0.05		0.05		0		0		0.02		0	
Fe2O3	0		0.063		0		0		0.038		0		0.261		0.066		0.079		0.071		0.041		0.011		0	
MnO	0		0.001		0		0		0		0		0.039		0		0.048		0		0		0		0	
MgO	0		0		0		0.004		0.008		0.006		0		0.009		0.007		0.001		0		0.017		0	
CaO	3.01		3.144		3.362		3.217		4.802		4.549		5.962		4.705		4.775		4.962		5.651		4.953		5.49	
Na2O	9.903		9.736		9.662		9.47		8.722		8.783		8.099		9.053		8.657		8.863		8.162		8.485		8.496	
K2O	0.112		0.113		0.082		0.092		0.067		0.086		0.058		0.118		0.097		0.087		0.072		0.074		0.072	
Total	100.09		100.39		100.03		99.17		99.21		98.59		98.98		100.23		99.51		99.47		99.34		98.41		99.35	
Si	2.857		2.856		2.847		2.854		2.778		2.798		2.72		2.798		2.797		2.782		2.742		2.764		2.741	
Al	1.145		1.146		1.152		1.152		1.22		1.196		1.268		1.188		1.195		1.205		1.257		1.238		1.256	
Fe3	0		0.002		0		0		0.001		0		0.009		0.002		0.003		0.002		0.001		0		0	
Ti	0		0		0.001		0		0.001		0.002		0		0.002		0.002		0		0		0.001		0	
Mn	0		0		0		0		0		0		0.001		0		0.002		0		0		0		0	
Mg	0		0		0		0		0.001		0		0		0.001		0		0		0		0.001		0	
Ca	0.142		0.148		0.159		0.153		0.229		0.218		0.287		0.223		0.227		0.237		0.27		0.239		0.263	
Na	0.844		0.828		0.825		0.814		0.754		0.763		0.705		0.775		0.746		0.765		0.706		0.74		0.735	
K	0.006		0.006		0.005		0.005		0.004		0.005		0.003		0.007		0.005		0.005		0.004		0.004		0.004	
Cations	4.994		4.986		4.989		4.978		4.988		4.982		4.993		4.996		4.977		4.996		4.98		4.987		4.999	
X	4.552		4.554		4		4.006		4		3.986		3.997		3.99		3.997		3.989		4		4.003		3.997	
Z	0.992		0.982		0.989		0.972		0.988		0.986		0.996		1.006		0.98		1.007		0.98		0.984		1.002	
Ab	85.1		84.3		83.4		83.7		76.4		77.4		70.9		77.1		76.3		76		72		75.3		73.4	
An	14.3		15.1		16.1		15.7		23.2		22.1		28.8		22.2		23.2		23.5		27.6		24.3		26.2	
Or	0.6		0.6		0.5		0.5		0.4		0.5		0.3		0.7		0.5		0.5		0.4		0.4		0.4	

Sample	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60	Ar6-60
Analysis	4	5	6	7	8	9		
Location	22	22	22	45	44	44		
Mineral	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg
SiO2	62.565	62.066	61.966	61.597	63.253	61.395		
Al2O3	23.392	23.472	23.259	23.641	22.84	23.141		
TiO2	0.14	0	0.04	0.01	0	0.06		
Fe2O3	0.073	0.053	0.06	0.034	0	0		
MnO	0	0.016	0	0.011	0	0		
MgO	0	0.004	0.004	0	0	0		
CaO	4.98	4.824	5.007	5.152	4.02	4.803		
Na2O	8.572	8.492	8.613	8.704	9.045	8.579		
K2O	0.069	0.052	0.068	0.089	0.077	0.081		
Total	99.79	98.98	99.02	99.24	99.24	98.06		
Si	2.773	2.772	2.77	2.752	2.811	2.77		
Al	1.221	1.234	1.225	1.244	1.195	1.23		
Fe3	0.002	0.002	0.002	0.001	0	0		
Ti	0.005	0	0.001	0	0	0.002		
Mn	0	0.001	0	0	0	0		
Mg	0	0	0	0	0	0		
Ca	0.237	0.231	0.24	0.247	0.191	0.232		
Na	0.737	0.735	0.747	0.754	0.779	0.751		
K	0.004	0.003	0.004	0.005	0.004	0.005		
Cations	4.979	4.978	4.989	5.003	4.98	4.99		
	4.001	4.008	3.993	3.997	4.006	4.002		
Z	0.978	0.97	0.991	1.006	0.974	0.988		
Ab	75.4	75.9	75.4	75	80	76		
An	24.2	23.8	24.2	24.6	19.6	23.5		
Or	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5		

Sample	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21	Ar6-21
Analysis	58	59	60	61	62	63	
Location	17	17	17	51	51	51	
Mineral	St	St	St	St	St	St	
SiO2	26.943	26.914	27.472	27.647	27.647	27.815	
TiO2	0.729	0.528	0.624	0.422	0.547	0.528	
Al2O3	53.355	53.158	53.311	53.719	53.002	52.922	
FeO	11.976	11.448	11.872	12.132	12.373	12.525	
MnO	0.072	0.071	0.096	0.084	0.127	0.068	
MgO	1.541	1.412	1.528	1.592	1.579	1.554	
CaO	0	0	0.005	0.02	0.047	0	
Na2O	0.095	0.124	0.054	0.128	0.034	0.073	
K2O	0.028	0.004	0.002	0	0	0	
Cr2O3	0.063	0	0.012	0.07	0	0.021	
ZnO	2.993	3.075	2.859	2.801	2.571	2.611	
Total	97.8	96.73	97.83	98.61	97.93	98.12	
Si	3.941	3.969	4.005	4.002	4.03	4.049	
AlIV	4.059	4.031	3.995	3.998	3.97	3.951	
AlVI	5.131	5.201	5.158	5.159	5.13	5.121	
Ti	0.08	0.059	0.068	0.046	0.06	0.058	
Fe2	1.465	1.412	1.447	1.469	1.508	1.525	
Cr	0.007	0	0.001	0.008	0	0.002	
Mn	0.009	0.009	0.012	0.01	0.016	0.008	
Mg	0.335	0.31	0.332	0.344	0.343	0.337	
Ca	0	0	0.001	0.003	0.007	0	
Na	0.027	0.035	0.015	0.036	0.01	0.021	
K	0.005	0.001	0	0	0	0	
Zn	0.32	0.33	0.31	0.3	0.28	0.28	
Cations	15.38	15.357	15.344	15.375	15.354	15.352	
O	24	24	24	24	24	24	

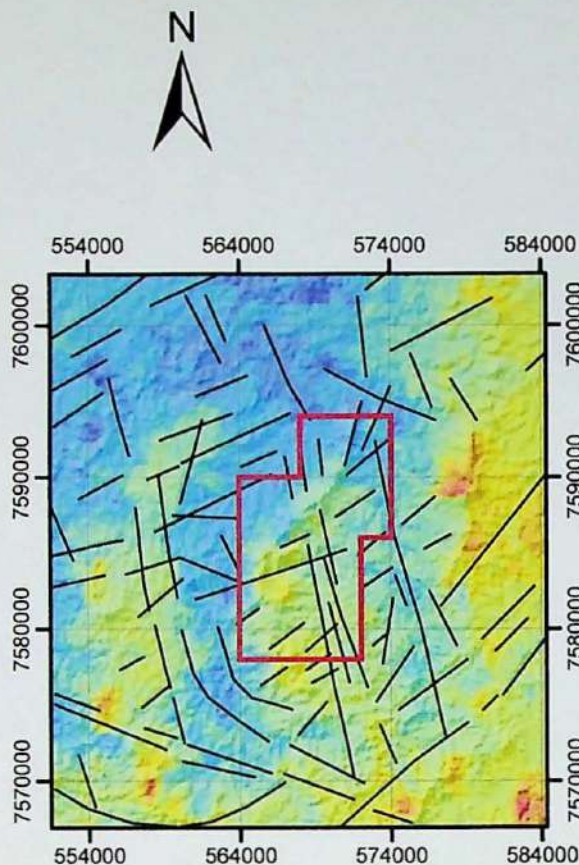
DOAÇÃO

IGC-USP

Data: 24/03/06

Sample	Ar6-60	Ar6-21	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d	Ar4-58d
Analysis	67	87	93	94	95	96	
Location	23	44	52	52	52	52	
Mineral	Ilm	Ilm	Ilm	Ilm	Ilm	Ilm	
SiO2	0.043	0.059	0.014	0.025	0.014	0.003	
TiO2	50.738	52.004	53.72	52.785	52.34	52.785	
Al2O3	0.022	0	0	0.039	0.014	0.003	
FeO	46.346	47.793	45.981	45.691	46.1	45.238	
Cr2O3	0	0	0.039	0.079	0.053	0.055	
MnO	0.102	0.388	0.548	0.463	0.498	0.533	
MgO	0.551	0.497	1.856	1.842	1.877	1.856	
CaO	0.061	0.013	0	0.051	0.028	0.064	
Total	97.86	100.75	102.16	100.98	100.92	100.54	
Si	0.002	0.003	0.001	0.001	0.001	0	
Al	0.001	0	0	0.002	0.001	0	
Ti	1.971	1.966	1.978	1.968	1.958	1.975	
Fe2	2.002	2.008	1.882	1.894	1.917	1.882	
Cr	0	0	0.002	0.003	0.002	0.002	
Mn	0.004	0.017	0.023	0.019	0.021	0.022	
Mg	0.042	0.037	0.135	0.136	0.139	0.138	
Ca	0.003	0.001	0	0.003	0.001	0.003	
Cations	4.025	4.032	4.021	4.026	4.04	4.022	

Mapa de Superfícies de Base



Escala 1: 500.000

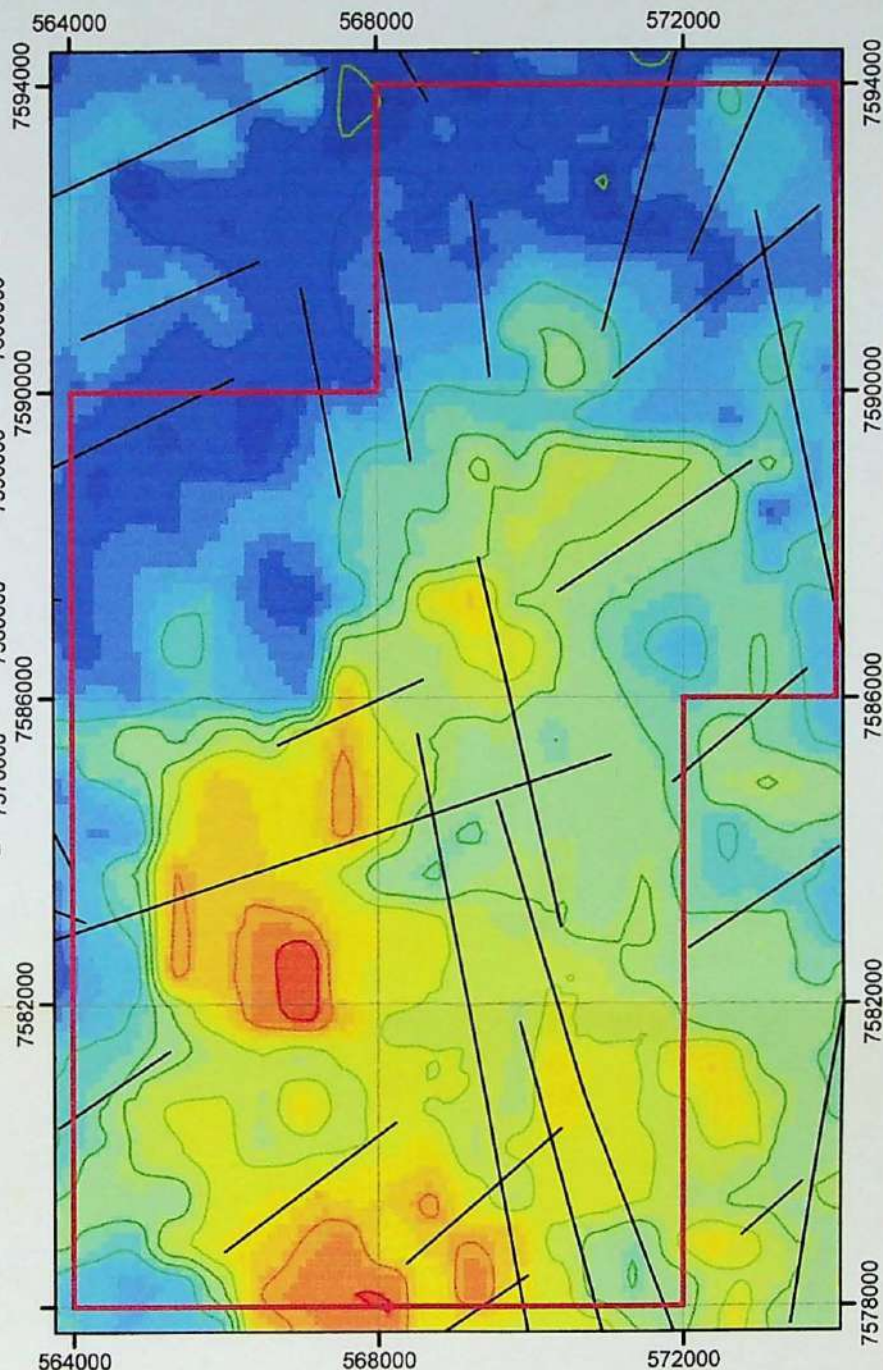
Legenda

Superfícies de Base

Valores

808 - 834	1.015 - 1.039
835 - 859	1.040 - 1.065
860 - 885	1.066 - 1.091
886 - 911	1.092 - 1.116
912 - 937	1.117 - 1.142
938 - 962	1.143 - 1.168
963 - 988	1.169 - 1.193
989 - 1.014	1.194 - 1.219
	1.220 - 1.244
	1.245 - 1.270
	1.271 - 1.296
	1.297 - 1.322
área de estudo	
Lineamentos	

Mapa de superfícies de base e lineamentos sobreposto ao relevo sombreado com iluminação de azimute N315° e inclinação de 35° em área mais ampla (acima) e mapa de superfície de base com contorno de isosuperfícies e lineamentos em área mais restrita, englobando a área estudada (à direita).



Escala 1:100.000

Legenda

Superfícies de Base

Valores

Contorno das superfícies de base

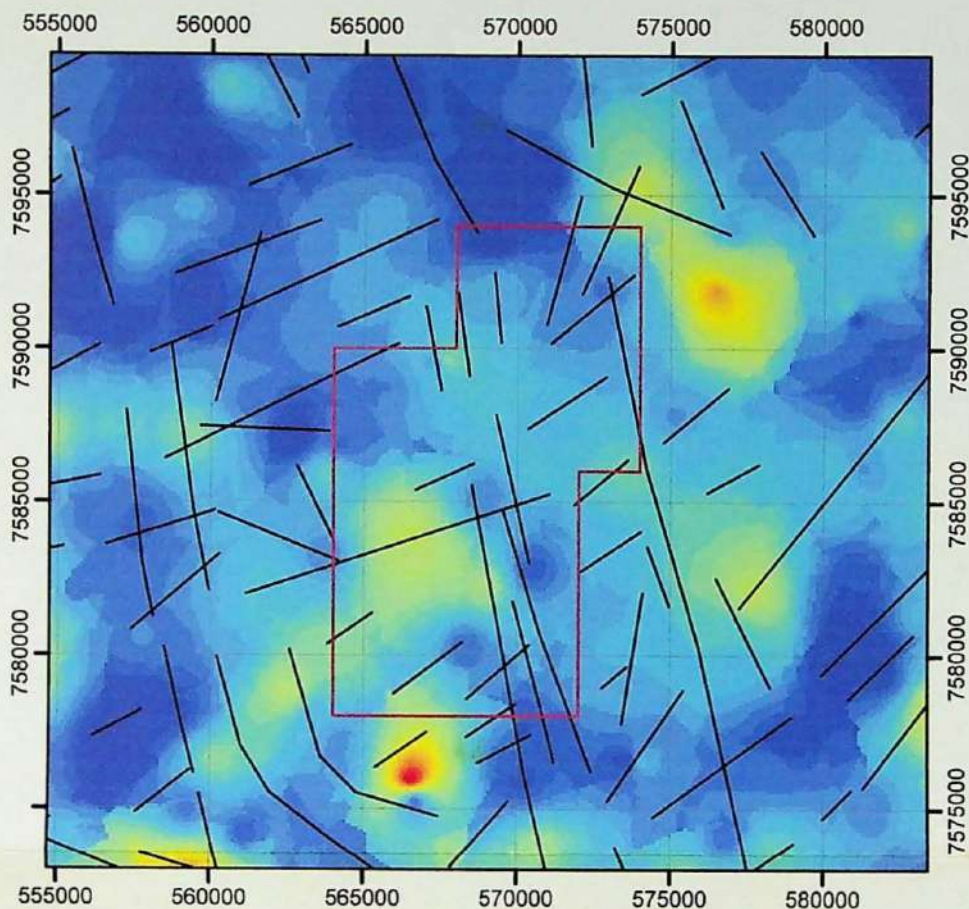
950
975
1000
1025
1050
1075
1100
1125
1150

área de estudo

Lineamentos

808 - 914	1.028 - 1.043
915 - 927	1.044 - 1.059
928 - 939	1.060 - 1.075
940 - 953	1.076 - 1.091
954 - 965	1.092 - 1.105
966 - 979	1.106 - 1.119
980 - 995	1.120 - 1.133
996 - 1.011	1.134 - 1.149
1.012 - 1.027	1.150 - 1.165
	1.166 - 1.183
	1.184 - 1.200

Mapa de Gradiente Hidráulico



Escala 1:250.000

0 2.5 5 10 Kilometros

Legenda

Gradiente Hidráulico

Valores		
0,07 - 0,30	1,66 - 1,87	3,74 - 3,91
0,31 - 0,47	1,88 - 2,00	3,92 - 4,09
0,48 - 0,65	2,01 - 2,23	4,10 - 4,27
0,66 - 0,83	2,24 - 2,41	4,28 - 4,45
0,84 - 0,97	2,42 - 2,59	4,46 - 4,68
0,98 - 1,10	2,60 - 2,78	4,69 - 4,86
1,11 - 1,29	2,79 - 2,96	4,87 - 5,04
1,30 - 1,47	2,97 - 3,14	5,05 - 5,22
1,48 - 1,65	3,15 - 3,37	5,23 - 5,41
	3,38 - 3,55	5,42 - 5,59
	3,56 - 3,73	5,60 - 5,77
		5,78 - 6,00

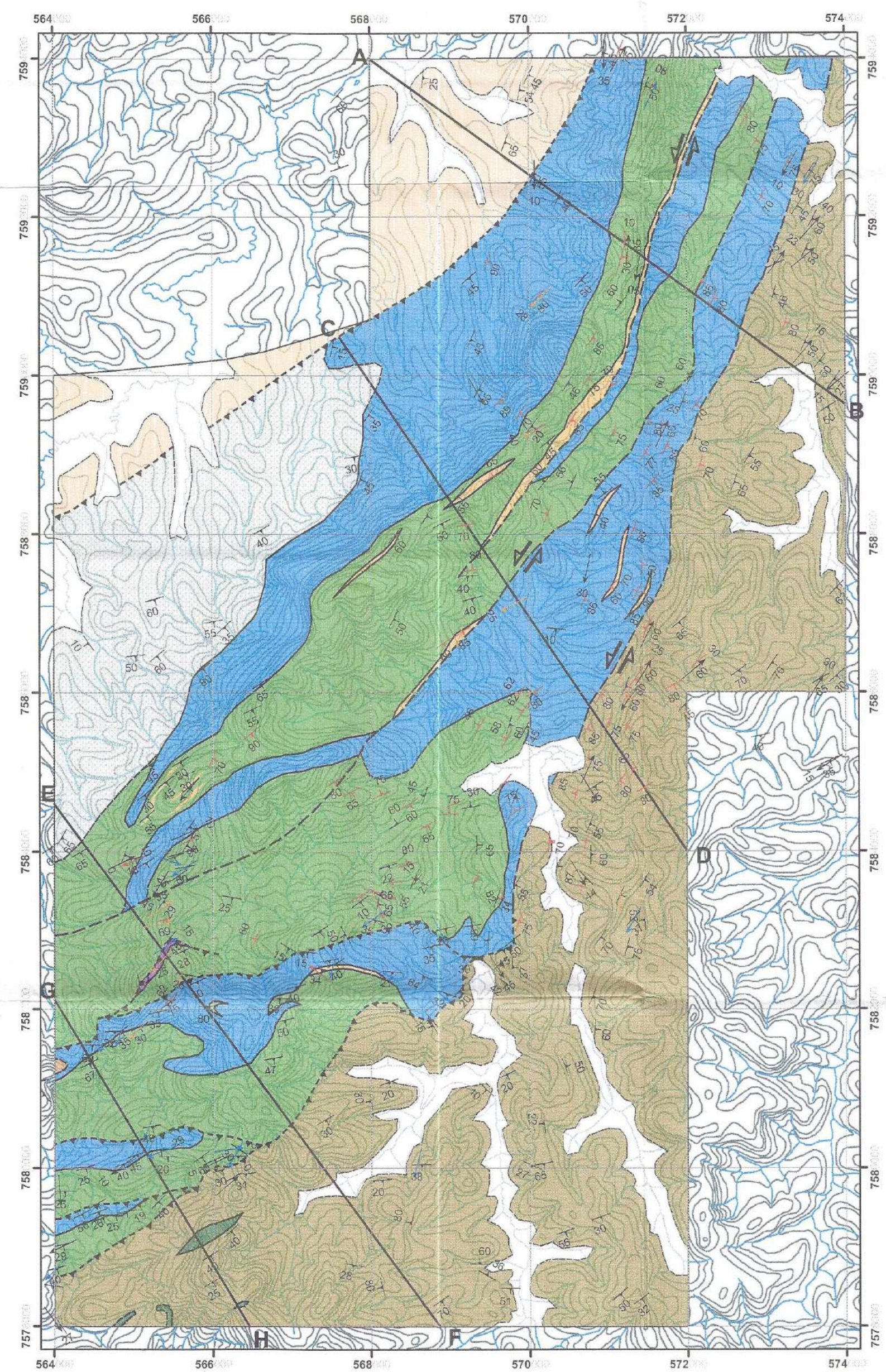
Área de estudo
Lineamentos

Mapa de gradiente hidráulico e lineamentos em região ampla que contém a área de estudo.

Mapa Geológico - Serra de Santo Antônio - MG

Integração metamórfica e estrutural da Serra de Santo Antônio:
Neoproterozóico da borda sul do Cráton do São Francisco

TF - 2005/36
Vinícius Tieppo-Meira



Legenda

Unidades Geológicas

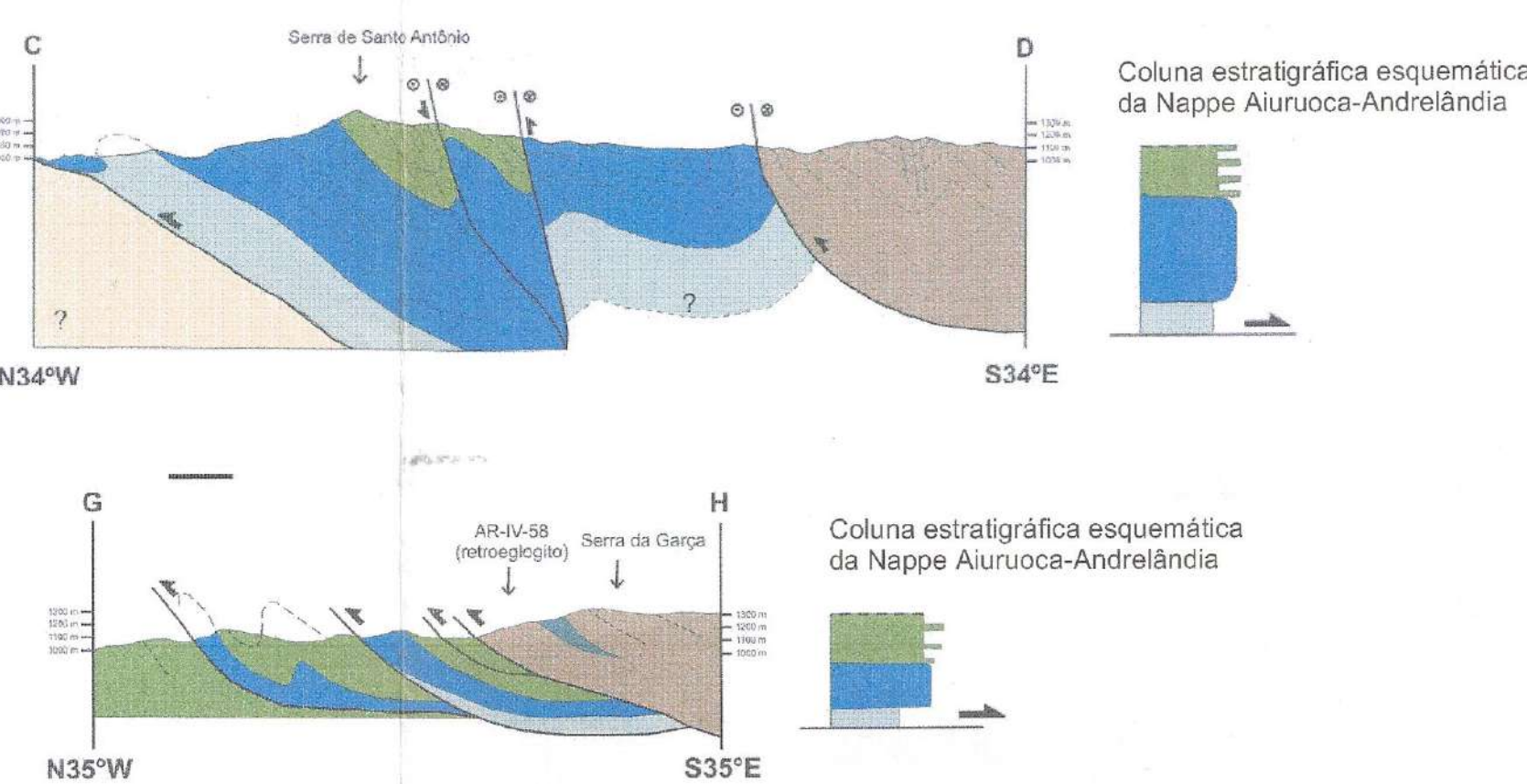
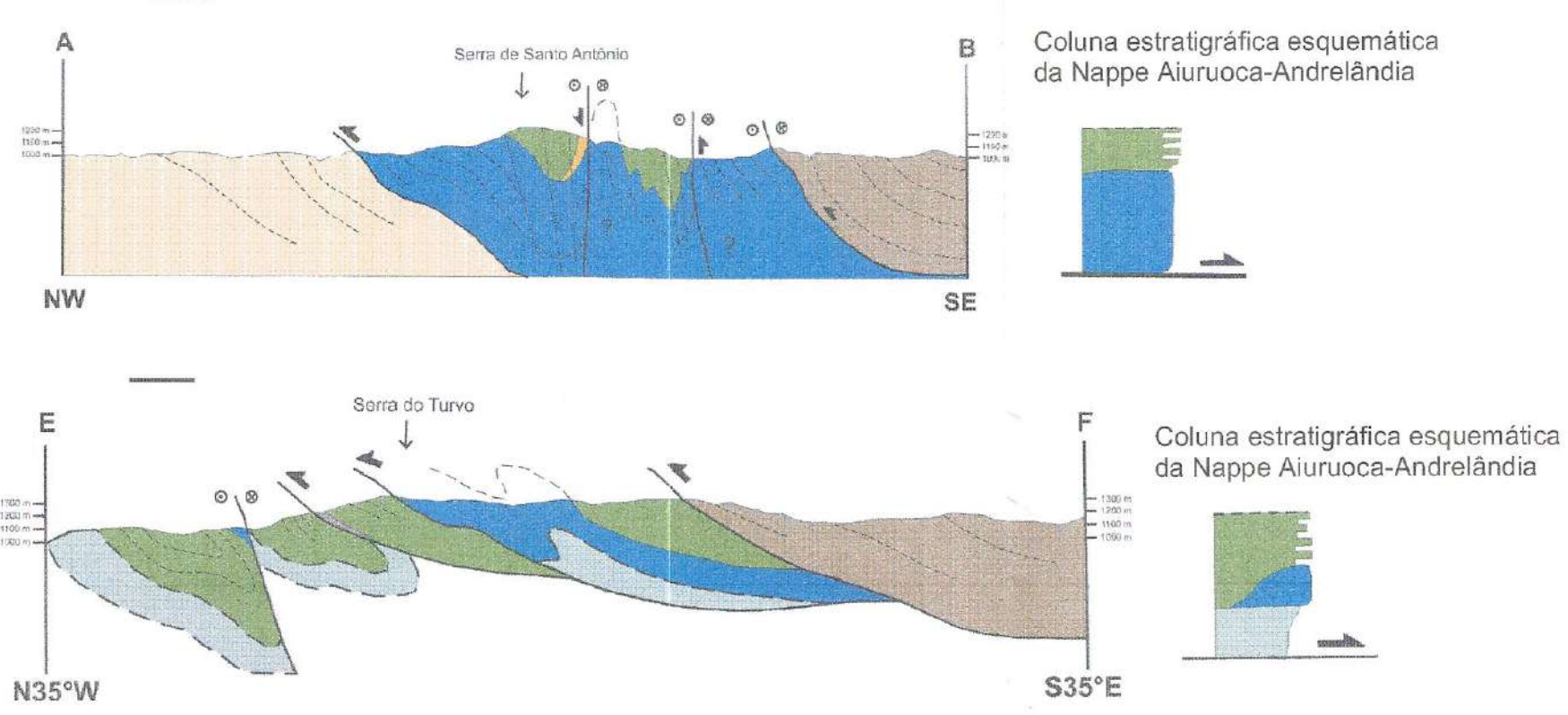
- aluvião
- Nappe Liberdade
 - Unidade Metapelítica
 - Unidade Metaultramáfica
- Nappe Carrancas
 - Sequência Metapsamítica
- Nappe Aiuruoca-Andrelândia
 - Unidade Xisto-Quartzítica
 - Unidade Xisto Quartzoso
 - Unidade Quartzítica
 - Unidade Paragnaissica
 - Unidade Xisto tipo Santo Antônio
 - Xisto Porfiroblástico Basal

Convenções Geológicas

- Estruturas
 - Zona de cavalgamento inferida
 - Falha transcorrente sinistral
 - contato inferido
 - contato normal inferido
 - contato normal mapeado
 - A — B Perfil
- Lineação mineral
- Lb (Dobras abertas)
- Lb (Crenulação)
- Lineação de estiramento
- Foliação S2
- Foliação S3
- Drenagens
- Topografia

BASE PLANI-ALTIMÉTRICA IBGE 1:50.000
FOLHA ARANTINA
Curvas altimétricas: 20 m

2005

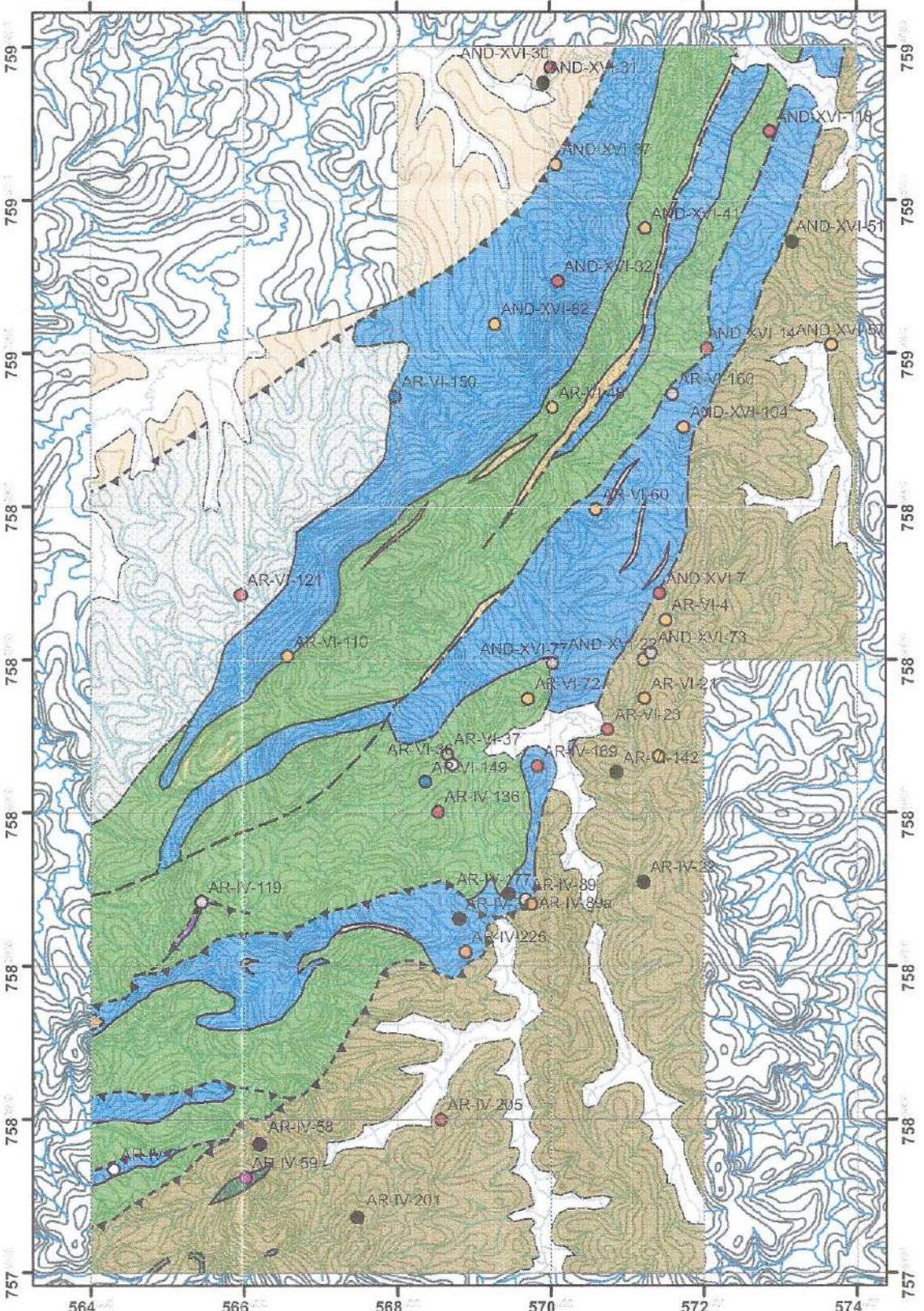


Mapa das lâminas delgadas descritas e respectivos minerais-índice

Legenda

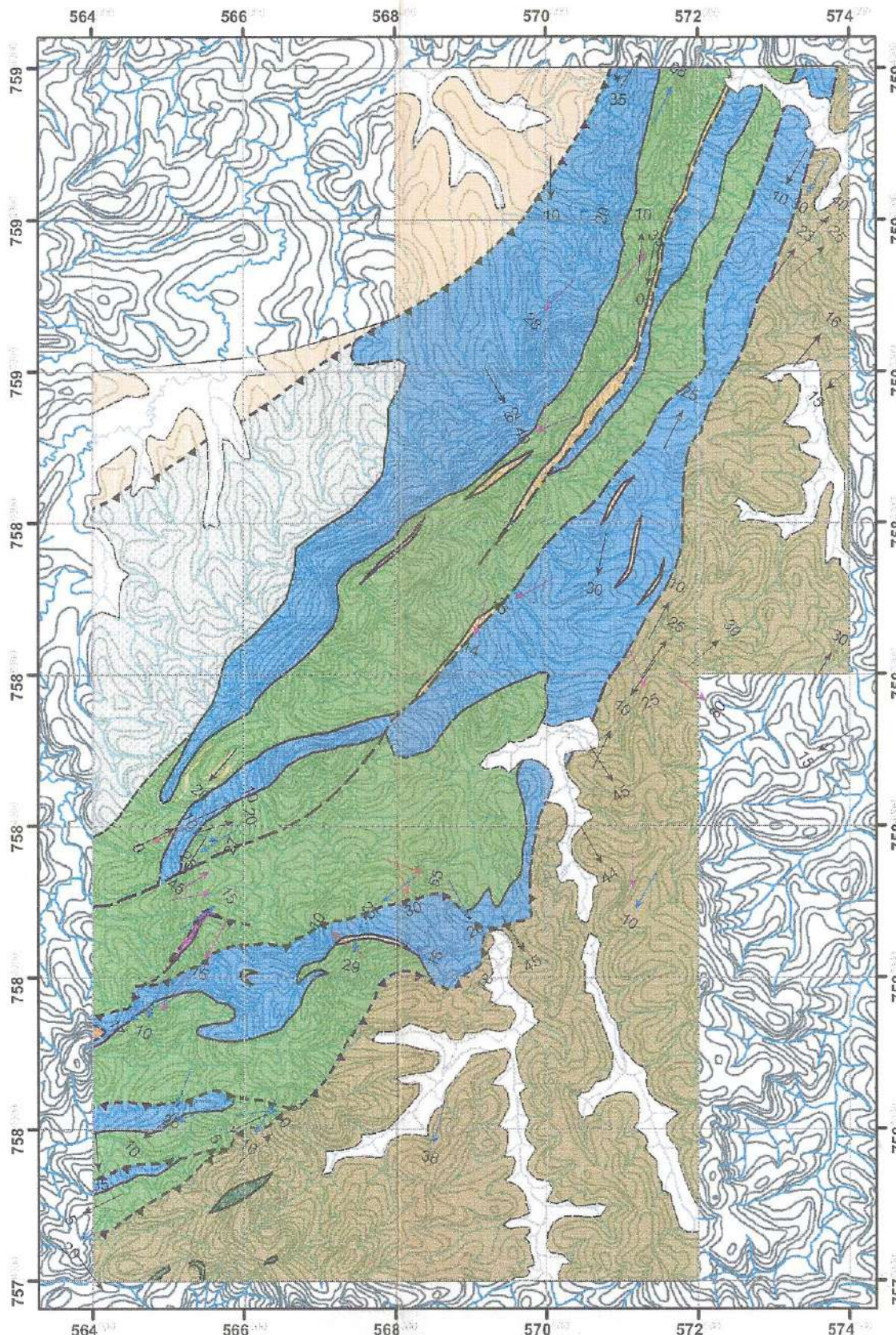
Lâminas minerais-índice

- Antofilita
- Cpx
- Cpx-Hbl
- Hbl
- FK
- Grt
- Ky
- Ky-Sil
- Ky-St
- MgChl-Grt
- Sil
- Sil-Ky-St
- Sill-St
- St



Escala 1:75.000

Mapa de lineações



- Lineação mineral
- Lb (Dobras abertas)
- Lb (Crenulação)
- Lineação de estiramento

Escala 1:75.000

